

人
と
自
然

23

2012
平成24年

人と自然 (Humans and Nature)

第23号

原著論文

服部 保・南山典子・黒田有寿茂：日本の照葉自然林の群落体系	1
宇野拓実・宇野政美・和田年史：兵庫県新温泉町の砂浜海岸におけるスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因	31
松原典孝・先山 徹：堆積層解析に基づいた兵庫県香美町下浜の県指定天然記念物“漣痕化石”の再検討	39
前畑晃也・江崎保男：兵庫県におけるカワウ <i>Phalacrocorax carbo</i> 個体群の確立	53

報 告

三谷雅純：DAISYによるコミュニケーション障がい者にもわかりやすい展示解説の試み	61
石田弘明・武田義明・塩谷智也・服部 保：ニホンジカが淡路島論鶴羽山のアカガシ林に与えた影響	69
宮原 義一・高原 嘉人・紙上 慎平：ニュースバル放射光実験棟のエネルギー節減と温度安定化のための調査研究	81
衣笠 淳・大沼宏一・川上徳子・柿木俊介：氷ノ山（兵庫県養父市大屋町域）で確認されたコウモリ類3種	95

資 料

小林文夫・Roland WERNLI：ジュラ山地南部とサレーブ山地(フランス)のジュラ紀後期から白亜紀前期(Kimmeridgian期からBarremian期)の有孔虫化石(英文)	101
菅森義晃・小泉奈緒子：国崎コンプレックスの苦鉄岩質の起源	129
「人と自然」投稿規定	137
「人と自然」投稿カード	139

編集委員会

委員長：三谷雅純 委員：小林文夫／太田英利／藤井俊夫／武田重昭

Editorial Board, Editor-in-chief: Masazumi MITANI.

Editors: Fumio KOBAYASHI, Hidetoshi OTA, Toshio FUJII, Shigeaki TAKEDA.

日本の照葉自然林の群落体系

服部 保^{1)*}・南山典子¹⁾・黒田有寿茂^{1)*}

Phytosociological system of the natural lucidophyllous forests in Japan

Tamotsu HATTORI ^{1)*}, Noriko MINAMIYAMA ¹⁾ and Asumo KURODA ^{1)*}

Abstract

A phytosociological study on the lucidophyllous forests in Japan was made on the following standpoints.

1 The lucidophyllous forests throughout Japan were composed of 1063 species (incl. subspecies and varieties).

2 Iriomotejima Island, Okinawajima Island, Amamioshima Island, Yakushima Islands and southern Kyushu were recognized the distribution center of the component species.

3 The component species were classified into eight groups of the geographical distribution.

4 The distributional responses of the component species along the environmental gradients were examined based on the direct gradient analysis.

5 The correlation between number of component species and area of islands in the Nansei Islands was related by a highly significant linear regression.

6 The geographical distribution of the component species was studied from the viewpoint of the refuge during the maximum stage of the last glacial and the migration from the refugia during the postglacial period.

7 The number of component species of fragmented lucidophyllous forests preserved in the precincts of shrines and temples had a high positive correlation with the area.

As a result, it was ascertained that the class *Camellietea japonicae* included the following three orders, seven alliances and twenty five associations which were recognized natural vegetation.

Camellietea japonicae Miyawaki et Ohba 1963

I *Psychotrio-Castanopsietalia lutchensis* Hattori et Nakanishi 1983

1 *Psychotrio-Castanopsion lutchensis* Miyawaki et al. 1971

(i) *Adinandro yaeyamensis-Castanopsietum lutchensis* Miyawaki et al. 1971

(ii) *Osmantheto-Pleioblastetum linearis* Suzuki 1979

(iii) *Illicio anisati-Castanopsietum lutchensis* Miyawaki et al. 1971

(iv) *Ilici dimorphophyllae-Symplocosetum confusae* Suzuki 1979

(v) *Lasiantho-Castanopsietum lutchensis* Miyawaki et Ohba 1963

2 *Psychotrio manilensis-Diospyrion maritimae* Niiro et al. 1974

II *Ardisio-Castanopsietalia sieboldii* (Miyawaki et al. 1971) Hattori et Nakanishi 1983

1 *Castanopsion sieboldii* Suzuki 1952

(i) *Hydrangeo-Castanopsietum sieboldii* Ohno et al. 1963

(ii) *Myrsino-Castanopsietum sieboldii* Suzuki 1951

(iii) *Symploco lucidae-Castanopsietum sieboldii* Nakanishi et al. 1979

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境再生研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Ecological Restoration, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

* 兼任：兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

- (iv) *Symploco glaucae*-*Castanopsietum sieboldii* Miyawaki et al. 1971
- (v) *Photinio*-*Castanopsietum cuspidatae* Nakanishi et al. 1973
- (vi) *Arachniodo*-*Castanopsietum sieboldii* Miyawaki et al. 1971
- (vii) *Carici*-*Castanopsietum sieboldii* Ohba 1971
- (viii) *Ardisio*-*Castanopsietum sieboldii* Suzuki et Hachiya 1951
- (ix) *Epimedio*-*Castanopsietum sieboldii* Hattori et al. 1979
- 2 *Machilion thunbergii* (Suzuki 1966) stat. nov.
 - (i) *Arisaemato ringentis*-*Machiletum thunbergii* Miyawaki et al. 1971
 - (ii) *Polysticho*-*Machiletum thunbergii* Suzuki et Wada 1949
- 3 *Cleyero-Quercion salicinae* (Suganuma 1965) Miyawaki et Suzuki 1975
 - (i) *Illicio-Distylietum racemosum* Suzuki 1951
 - (ii) *Cleyero-Quercetum salicinae* Suzuki et Wada 1949
 - (iii) *Aucubo-Quercetum salicinae* Sasaki 1958
 - (iv) *Daphniphylo-Trochodendretum aralioidis* Ohba 1971
- 4 *Pittosporion tobira* Nakanishi et Suzuki 1973
 - (i) *Planchonello-Litsetum japonicae* Miyawaki et al. 1974
 - (ii) *Crepidastro-Cinnamometum daphnoidis* Nakanishi et Nakagoshi 1975
 - (iii) *Pittosporo-Quercetum phillyraeoidis* Suzuki et Hachiya 1951
 - (iv) *Cyrtomio-Litsetum japonicae* Miyamoto 1963
 - (v) *Euonymo-Pittosporetum tobira* Miyawaki et al. 1971
- III *Boninio-Machiletalia boninensis* Ohba et Suganuma 1977

Key words : Association, *Camellietea japonicae*, *lucidophyllous forest*, Plant sociology

はじめに

日本の照葉樹林の植物社会学的研究は相沢陽一、藤原一絵、服部 保、福嶋 司、今井 勉、伊藤秀三、上條隆志、香室昭円、河野耕三、小林圭介、南川 幸、宮城康一、宮本 巖、宮脇 昭、中西弘樹、中西 哲、新納義馬、野本宣夫、大場達之、大野照好、奥富 清、佐々木好之、里見信生、清水寛厚、塩見隆之、菅沼孝之、須股博信、鈴木邦雄、鈴木時夫、田川日出夫、寺田仁志、山中二男、矢野悟道、矢頭献一などの多くの研究者によって群落単位がまとめられ、鈴木時夫、宮脇 昭、服部保の各々による照葉樹林の群落体系も発表された。多くの群集や上級単位が記載されたのは1960年代から1980年代にかけてであり、その後は照葉樹林の植物社会学的研究は減少し、新たな体系も発表されていない。1980年代以降、最近までの約30年間は植物社会学的研究は少なかったものの、照葉樹林構成種に関する植物分類学上の新たな成果がたくさん発表され、また照葉樹林の自然性・分布・種多様性・成立要因・植生遷移に関する研究、照葉樹林構成種の全体像や生活形組成に係わる研究、孤立化した照葉樹林の種数-面積関係の研究、照葉樹林の着生植物についての研究などによる多くの成果が集積している。

本論文では、第一段階として照葉樹林や照葉樹林構成種に係わる多くの成果を収集し、照葉樹林構成種の種多様性、種多様性の維持要因、シイ・カシ・タブ林の成立要因、照葉樹林構成種の分布要因などを明らかにして、照葉樹林の群落体系を修正するための基礎的な情報をまとめた。

第二段階として既発表の群集および上級単位を一覧表にまとめ、また照葉樹林についての3つの群落体系の改訂状況を整理した。

第三段階として、第一、二段階の情報をもとに照葉樹林の群落体系を修正した。以上の結果を報告する。

調査方法

1 照葉樹林構成種

(1) 調査概要

照葉樹林構成種の種多様性、地理的分布などについて既発表論文をもとに検討し、それらを取りまとめた。

(2) 照葉樹林構成種数

服部・南山 (2001)、服部ほか (2002)、Hattori et al. (2004)、服部 (2011) に基づいて、照葉樹林構成種の都府県別分布一覧表を作成し、構成種的生活形別の種数を

算出した。

(3) 照葉樹林構成種の地理的分布

上述の一覧表に基づき、照葉樹林構成種の地理的分布を重ね合わせて、種数分布の等値線図を作成した。九州本土以北に分布する照葉樹林構成種については服部(1985)に従って同じような地理的分布をする種を、いくつかの地理的分布群としてまとめた。

(4) 気温条件に対する照葉樹林構成種の種数分布、構成種の出現頻度分布、優占種の分布

照葉樹林構成種の都府県別一覧表をもとに、各都府県の照葉樹林構成種数と各都府県の最寒月の月平均気温

(もっとも気温値が高い観測所の値)との関係を調査した。服部(1985)、服部ほか(1980)に基づいて個々の構成種や優占種の気温条件に対する分布をまとめた。

(5) 降水量、積雪、潮風、微地形条件に対する照葉樹林構成種の分布

服部(1985)、Hattori and Nakanishi(1985)等の文献をもとに、降水量、積雪、潮風、微地形に対する照葉樹林構成種の分布をまとめた。

(6) 島の面積と照葉樹林構成種数の関係

服部ほか(投稿中)に基づき、南西諸島における島の種数と面積との関係をまとめた。

表1 生活形別照葉樹林構成種数および各生活形の代表種。

生活形 (大区分)	生活形 (小区分)	種数	主な照葉樹林構成種
高木	照葉高木	42	イチイガシ, コジイ, ツクバネガシ
	常緑針葉高木	5	イヌマキ, カヤ, ナギ
	常緑高木ヤシ	4	ノヤシ, ビロウ, ヤエヤマヤシ
	照葉高木 (絞殺木)	4	アコウ, ガジュマル, ギランイヌビワ
小高木	照葉小高木	85	サカキ, シキミ, トキワガキ
	常緑針葉小高木	1	イヌガヤ
低木	照葉低木	156	アリドオシ, ヒサカキ, ルリミノキ
	半常緑広葉低木	4	トカラアジサイ, ヤクシマアジサイ
	常緑低木ヤシ	2	クロツグ, シュロ
	木生シダ	5	クロヘゴ, ヒカゲヘゴ, ヘゴ
つる	照葉つる	55	キツタ, サネカズラ, テイカカズラ
	夏緑つる	1	シマサルナシ
地生多年草	常緑地生シダ	267	イノデ, オオイタチシダ, ベニシダ
	冬緑地生シダ	3	オオハナワラビ, シチトウハナワラビ
	常緑地生ラン	82	エビネ, シュンラン, ナギラン
	夏緑地生ラン	13	アオフタバラン, ムカゴサイシン
	冬緑地生ラン	5	アオジクキヌラン, ヤエヤマヒトツボクロ
	常緑カンアオイ	54	アツミカンアオイ, カンアオイ, ミヤコアオイ
	常緑多年草	76	オモト, ハナミョウガ, ハラン
	夏緑多年草	31	マムシグサ, ムサシアブミ, ユキモチソウ
	着生	常緑着生シダ	70	カタヒバ, ノキシノブ, マメツタ
夏緑着生シダ		1	シノブ
冬緑着生シダ		3	アオネカズラ, タイワンアオネカズラ
常緑着生ラン		36	ナゴラン, フウラン, ムギラン
夏緑着生ラン		1	オサラン
着生低木		4	アクシバモドキ, シシンラン, ヤドリコケモモ
腐生	腐生ラン	33	ナヨテンマ, マヤラン, ムヨウラン,
	腐生 (その他)	16	ウエマツソウ, タカクマソウ, ホンゴウソウ
寄生	半寄生低木	5	オオバヤドリギ, ヒノキバヤドリギ, マツグミ
	寄生 (その他)	9	キイレツチトリモチ, ツチトリモチ, ヤッコソウ
合計		1073	

(7) 植物歴史地理条件と照葉樹林構成種の分布

約2万年前の最終氷期最寒冷期に多くの地域で照葉樹林は消滅したが、九州以北の太平洋岸では半島域には残存し、後氷期にそれらの避難地より各地に分布拡大を行ったと考えられている(前田, 1980; 服部, 1985; 服部ほか, 1987)。服部(1985)は照葉樹林構成種の現在の分布とそれらの種の寒さへの抵抗力をもとに、最寒冷期における避難地の植物相を推定している。この結果をもとに各々の種の最寒冷期の分布をまとめた。

(8) 人の土地利用条件による照葉樹林の自然性

照葉孤立林に係わる研究(石田ほか, 1998; 服部・石田, 2000)、八丈島や桜島における照葉樹林の土地利用に関する研究(服部ほか, 2012a, b)、照葉樹林の着生植物についての研究(服部ほか, 2007a, b, 2009)、照葉原生林、照葉自然林、照葉二次林、照葉人工林の比較研究(服部, 2010b)をもとに、残存する照葉樹林の自然性や種組成・種多様性が人為条件によってどの程度影響を受けているのかをまとめた。

2 照葉樹林の群集と上級単位

(1) 群集

植物社会学的調査方法に基づいてまとめられた群集について、文献検索を行って名称、発表年、著者名等を整理した。

(2) 上級単位

(1)と同様に上級単位についても文献検索によって整理した。また、鈴木、宮脇、服部の3研究グループの照葉樹林の群落体系について、各グループごとに年の経過に伴う体系の改訂状況をとりまとめた。

調査結果

1 照葉樹林構成種

(1) 照葉樹林構成種数

国内の生活形別照葉樹林構成種数(合計1073種)および各生活形の代表種を表1に示す。照葉樹林の骨格を形成する照葉樹は297種と3割に達せず、地生多年草が531種、着生植物が115種と各々5割、1割以上に達した。

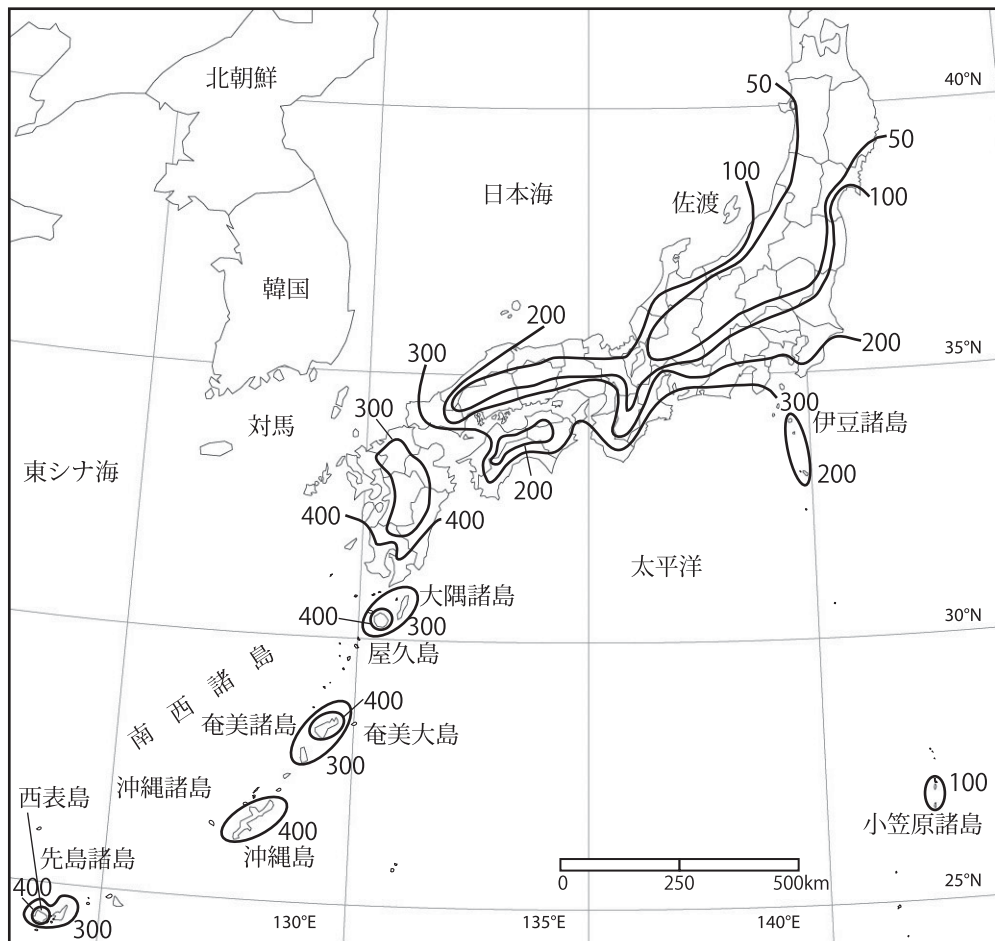


図1 照葉樹林構成種の種数分布等値線。数値は種数。総照葉樹林構成種数は1073種。服部ほか(投稿中)より引用。

(2) 照葉樹林構成種の地理的分布

国内に分布する照葉樹林構成種数の地理的分布等値線図（種多様性の地理的分布図）を図1に示す。400種以上の種が分布する照葉樹林の核として、西表島、沖縄島、奄美大島、屋久島、九州南部の5地域が示された。

九州以北に分布する照葉樹林構成種は、地理的分布によって①ショウベンノキ群（ギョクシンカ、シマイズセンリョウ、アデクなど。九州南部に分布）、②コバンモチ群（コバンモチ、ツゲモチ、ミサオノキなど。紀伊半島南部まで分布）、③ヤマビワ群（ヤマビワ、ヤマモガシ、ミミズバイなど。静岡県御前崎付近まで分布）、④ホルトノキ群（ホルトノキ、タイミンタチバナ、バクチノキなど。房総半島南部まで分布）、⑤カナメモチ群（カナメモチ、ソヨゴ、タラヨウなど。瀬戸内沿岸を中心に分布）、⑥サザンカ群（サザンカ、クロキ、ナンゴクアオキなど。九州より中国地方西部に分布）、⑦モクレイシ群（モクレイシ、ハクサンボク、サンゴジュなど。九州と伊豆諸島周辺に隔離分布）、⑧ヒイラギ群（ヒイラギなど。本州を中心に分布）などの地理的分布群にまとめられた（服部，1985）。気温条件に対応していない地理的分布群としては⑤、⑥、⑦、⑧があげられた。

(3) 気温条件に対する種多様性、出現頻度、優占度の分布

図2に各都府県における最寒月の月平均気温と分布する照葉樹林構成種数の関係を示す。照葉樹林構成種数（種多様性）は気温条件と強い相関（相関係数0.87, $P < 0.028$ ）が認められた。

各照葉樹林構成種の気温条件に対する出現頻度分布は服部（1985）によってまとめられているように、高温域に頻度分布の中心をもつモクタチバナ、アオノクマタケラン、中温域に中心をもつクロキ、イスノキ、低温域に中心をもつアカガシ、ハイノキなどに区分された。

気温条件に対する照葉樹林の林冠木の優占度分布は、服部ほか（1980）にまとめられているように、高温域ではシイ類が優占し、低温域ではカシ類にかわるといった大きな違いが認められた。

(4) 各種環境条件に対する分布

降水量の多少に対して分布量に大きな差が認められたのはタブノキのみであった（服部，1985）。タブノキは瀬戸内沿岸の少降水量域にはほとんど分布が認められなかった。その要因としてタブノキの実生は夏期の少降水

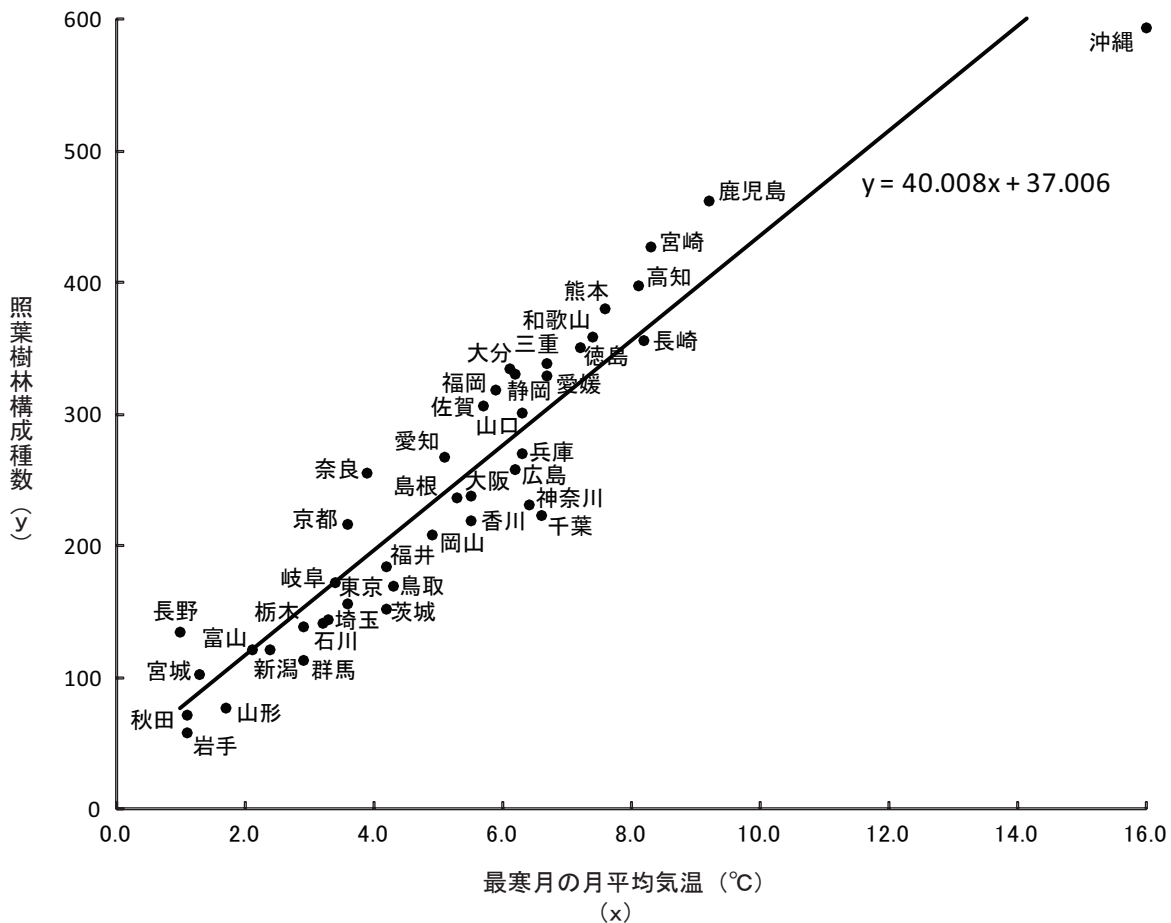


図2 各都府県の照葉樹林構成種数と最寒月の月平均気温との関係。照葉樹林構成種数は都府県単位で算出。気温は各都府県における最も気温値の高い観測所の最寒月の月平均気温値を使用。

量条件に耐性を持たないためとされている(服部, 1985)。

積雪条件に対して分布が大きく制限される種としてカナメモチ, ナナメノキ, タラヨウ, リンボク, アラカシ, ヒイラギ, クロバイ, マンリョウなどがあげられた(服部, 1985)。逆にトキワイカリソウ, ハイイヌガヤ, チャボガヤなどの日本海要素とよばれる種が裏日本側の照葉樹林内に定着していた(服部, 1985)。

潮風条件に対する抵抗力をもとに服部(1985)は構成種を区分した。最も抵抗力のある種としてヒサカキ, マサキ, トベラ, マルバグミ, ウバメガシ, タブノキ, ヤブニッケイなど, 抵抗力のある種としてヤブツバキ, モチノキ, テイカカズラ, モッコク, ヤマモモなど, やや抵抗力のある種としてイヌマキ, スダジイ, アラカシなど, 抵抗力のない種としてウラジロガシ, アカガシ, アオキ, ルリミノキ, イチイガシ, ツクバネガシなどがまとめられた。林冠構成種の潮風条件に対する抵抗力は, タブノキ>シイ類>カシ類の順であった(Hattori and Nakanishi, 1985)。

微地形条件に対する照葉樹林構成種の分布については服部ほか(2003)によって宮崎県綾原生林の結果がまとめられた。斜面下部に生育の中心を持つ種としてフユイチゴ, ヘラシダ, ガンゼキラン, キジノオシダ, オオサンショウソウ, コバノカナワラビなど, 斜面中部の種としてコ克蘭, アオキ, イズセンリョウ, ホソバカナワラビなど, 斜面上部の種としてマルバベニシダ, ツルグミ, クロキ, イスノキ, ウラジロガシなどが示された。

(5) 種数と面積との関係

服部ほか(投稿中)は南西諸島において照葉樹林構成種の種多様性は, 島の面積との相関があると報告した。両者の関係は $y_1=44.154x^{0.3312}$ ($R^2=0.5772$, y_1 は種数の対数, x は面積の対数), $y_2=73.742\ln(x)-93.56$ ($R^2=0.6795$, y_2 は種数, x は面積の対数)で示された。面積の広い西表島, 沖縄島, 奄美大島, 屋久島の種多様性は特に高かった(図3)。

(6) 植物歴史地理条件

服部(1985), 服部ほか(1987)に基づく, 九州以北における照葉樹林の最終氷期最寒冷期の避難地として a九州南端, b足摺岬, c室戸岬, d潮岬, e伊豆半島南端または伊豆諸島, f房総半島南端などがあげられた。aには(2)照葉樹林構成種の地理的分布で示した①, ②, ③, ④, ⑥, ⑦群が, bには②, ③, ④, ⑥, cには②, ③, ④, ⑤, ⑧, dには②, ③, ④, ⑤, ⑧, eには④, ⑦, fには④, ⑧の種群が避難したと推定した。

南西諸島においては, 最終氷期最寒冷期の避難地の存在やそれによる照葉樹林構成種の後氷期における地理的分布への影響を確認できなかった。

(7) 照葉樹林の自然性

照葉樹林の着生植物の研究によって, 原生状態の照葉樹林内には多数の着生植物の生育が認められること, 着生植物の生育していない照葉樹林は伐採などの土地利用の影響を強く受けている二次林であることが明らかとなった(服部ほか, 2007a, b, 2009)。

照葉原生林と照葉各種樹林の比較研究によって, 社寺林といえども多くの種を欠落させており, 社寺林の種組成は必ずしも自然性や立地条件を反映していないことが示された(Ishida et al., 2005a, b;服部ほか, 2010b)。また, 社寺林を孤立林としてとらえ, その孤立林の種数と面積との間には強い正の相関関係があることを石田ほか(1998), 服部・石田(2000)は報告した(図4)。社寺林の存在自体が土地利用の結果であり, さらに, その面積も人によって決定されていることから, 社寺林の種組成に土地利用が大きく関与していると認められた。

八丈島や桜島の溶岩地帯の植生遷移の研究において, これらの地域の遷移は一次遷移ではなく, 畑地利用や薪炭利用後の二次遷移や偏向遷移であること, 特にタブノキ林は二次遷移上のものであることを服部ほか(2012a, b)がまとめた。

南西諸島の隆起石灰岩上に成立するガジュマル, オオバギ, リュウキュウガキなどから構成される樹林は夏緑樹の混生, 林冠の未発達状態, 人の利用等から考えて二次林と認められた。

2 植生単位

(1) 群集

報告されている群集について年代順に整理し, 表2に示す。群集名は合計93であった。群集名に使用されている植物名はタブ, イスといったように省略されていても論文に記されている種名を記述した。2種名連記の群集名については, 国語としての伝統的な表記方法である上層の種-下層の種の順に統一した。

(2) 上級単位

報告されている上級単位名について群集名と同様に整理し, 表3に示す。上級単位名の合計は36であった。

群団以上の植生単位名の改訂状況を3研究グループ別に図5に示す。図5のAでは植物名の変更による単位名の変更, 先取性によりオーダー名の修正, タブノキ群団の新設が改訂の内容であった。図5のBではウラジロガシ林に関する亜群団名が改訂された。図5のCではオーダー, 群団の名称, 位置づけ, それらの植生単位の内容も各論文ごとに大きく改訂されていた。

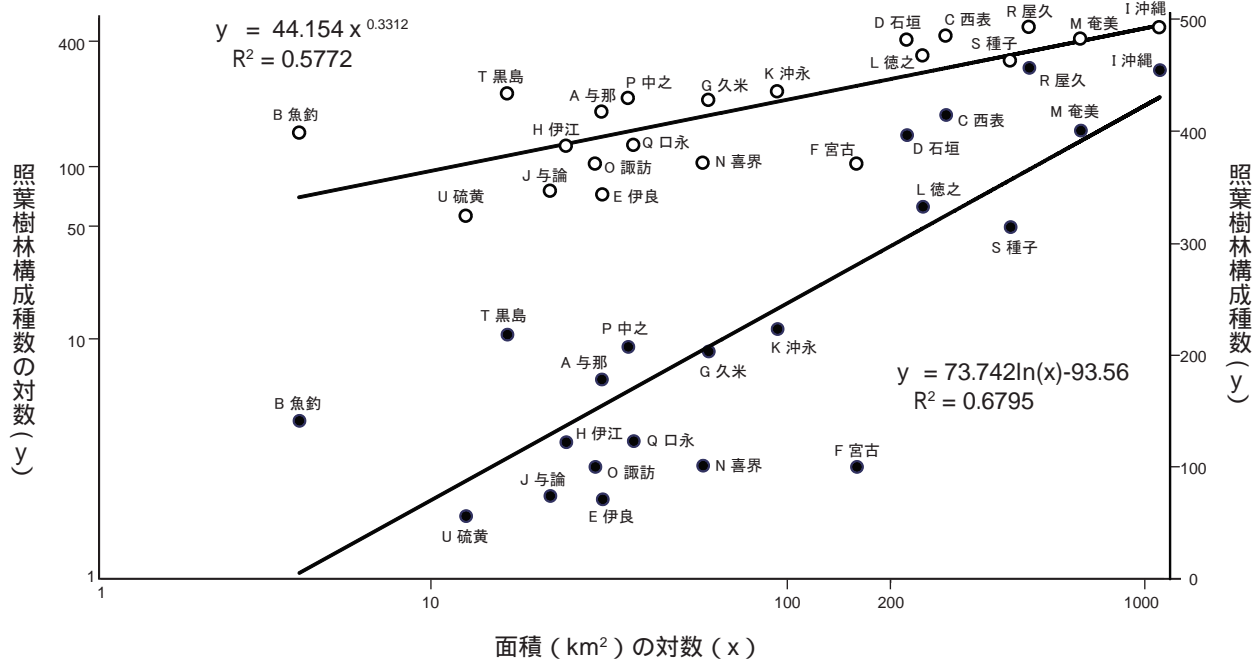


図3 南西諸島における照葉樹林構成種数と島の面積との関係。○は両対数，●は片対数。服部ほか（投稿中）より引用

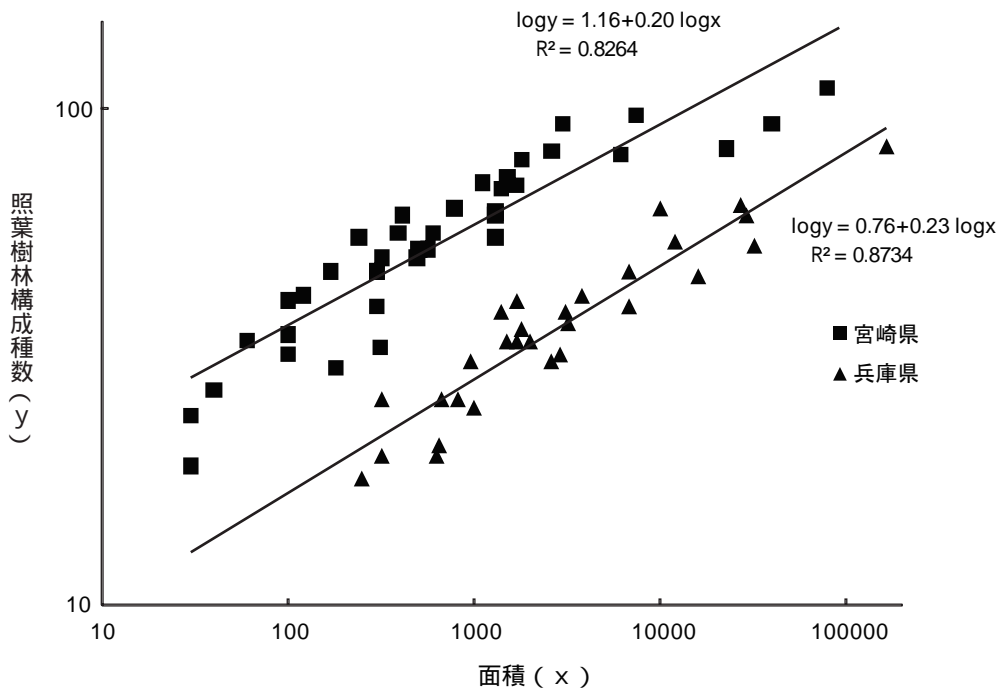


図4 宮崎県と兵庫県に於ける社寺林における照葉樹林構成種数と面積との関係。

考 察

1 照葉樹林の群落分類に係わる基礎的情報

(1) 照葉樹林の種組成の特徴

照葉樹林の群落分類を行う前に、照葉樹林構成種の分布要因に関する情報を整理した。

図1, 2に示したように九州本土以北の照葉樹林構成種は低温によって分布が制限されるため、北上あるいは山地を上昇するごとに構成種は減少し、種組成の単純化が進む。このように分布の制限要因としては低温が第一であるが、それ以外に少降水量(タブノキ)、積雪(アラカシ)、潮風(カシ類)などによっても分布が抑制される。したがって、各地域の照葉樹林の種組成は、どのような種(種群)が欠落しているのか(どのような種(種群)が残っているのか)ということの特徴づけられる。

一方、南西諸島の照葉樹林は図3に示したように、島の面積の減少によって構成種数は少なくなり、種組成の単純化が進む。したがって、南西諸島の小さな島の種組成は近くの大島の種組成より、どのような種(種群)が欠落したのかということの特徴づけられる。また、南西諸島全体として土地利用が進んでいるため、原生林、自然林は稀であり、特に小さな島ではその傾向が著しい。

(2) 微地形条件と種組成

宮崎県綾町の綾原生林の調査結果(服部ほか, 2003)をみると、原生状態の樹林が保全されている所では微地形の違いによって種組成は大きく変化した。しかし、人手の加わった小面積の樹林が散在するような所では微地形自体が不明確であり、微地形に対応した種組成の変化はとらえにくい。また、地形、海拔、地質、気候条件などによっても同じような微地形に対して反応する種が異なり、適湿な土壌条件下に生育するとされるタブノキが実際には各種土壌条件下に見られるように微地形条件に対して一定の対応を示すような種は稀である。前述した低温、潮風といった条件に反応する種群よりは微地形条件に反応する種群は不明確で、群集の標徴種、識別種として抽出しにくいと考えられる。

(3) 林冠優占木と環境条件

低温や潮風によって種組成が単純化するだけでなく、林冠木の優占種も単純化することは結果の(4)に示した。宮崎県綾原生林のような好条件下ではシイ類、カシ類、タブノキ、マテバシイ、カゴノキ、ヤブニッケイ、モチノキ、イスノキなどの林冠木が混交する。低温化すると混交状態からウラジロガシとアカガシなどの優占林(カシ型)に、潮風条件下ではタブノキなどの優占林(タブ型)に移行する。好条件下の「シイ・カシ・タブ混交型」、低温下の「カシ型」、潮風下の「タブ型」の3優占型は

種組成も異なっており、環境条件との対応も明確であるので、群集以上の上級単位設定において3優占型の区分は重要な検討課題となろう。

(4) 照葉樹林の自然性

神社、寺院に成立している樹林は自然植生とみなされ、自然性を反映した種組成を有すと考えられてきた。しかし、石田ほか(1998, 2001)、服部・石田(2000)による社寺林における面積と種多様性の研究から、一部の大面積の社寺林を除いて、社寺林の多くは小面積化による種組成の単純化という影響を受けていることが明らかとなった(図4)。また、原生状態の照葉樹林が残されている宮崎県綾町において原生林、社寺林(自然林)、二次林(里山林)の種組成を比較した結果、原生林に比較して二次林の種組成は非常に単純化していること、社寺林も着生植物を欠落させるなどの種組成の単純化が生じていることなどが報告されている(Ishida et al., 2005a, b)。

照葉型の原生林・自然林の群落分類において、原生林のほとんど分布していない本州等では社寺林の調査は欠かすことができないが、単純化の著しい社寺林は分析対象から省いた。

南西諸島の照葉樹林の自然性をみると、奄美大島や屋久島の一部の樹林を除いてほとんどすべてが薪炭林利用されてきた里山林(照葉二次林)であった。沖縄島北部のシーカンシ林は、戦後保全されたことによって自然性はかなり回復したが、南部の隆起石灰岩上の照葉樹林はその後も利用の続いた明らかな照葉二次林と認められた。

(5) 植物歴史地理条件

現在の環境条件では説明不可能なカナメモチ、クロキ、ナンゴクアオキ、ハクサンボクなどの照葉樹林構成種の地理的分布を最終氷期最寒冷期の避難地の位置と後氷期のそれらの避難地からの分布拡大(約300km)という仮説で服部(1985)、服部ほか(1987)は説明した。Aoki et al. (2006)はDNAを用いて、その仮説が成立することを報告した。照葉樹林構成種の地理的分布に現在の環境条件だけではなく、歴史地理的な条件が反映しているとする、植物群落(群集)の成立にも、その条件が当然反映していると考えられる。植物歴史地理条件も加えた植物群落の区分という視点を本論文では重視した。

2 照葉樹林の群落分類

(1) 群 集

固有種をもつ南西諸島や伊豆諸島の照葉樹林を除いて、九州本土以北の照葉樹林の群集は、その群集にのみ出現する標徴種をもたないが、考察1で示したように各々の群集は特定の種群の残存あるいは欠落、すなわち種群の組合せによって特徴づけられている。照葉樹林の群落分

表2 照葉樹林における既発表の群集名、記載された年順に配置、括弧内の文献は原記載の論文を補完する論文、その他に示した二次林等の記載は本論文の著者が判定、

群集名	文献	原記載地	その他
タブーイノデ群集	鈴木・和田 1949	房総半島	
スタジューコバナカナワラビ群集	鈴木・和田 1949	房総半島	
ウラジロガシーサカキ群集	鈴木・和田 1949	房総半島	
タブーベラ群集	鈴木・和田 1949	房総半島	鈴木1948は群叢
タブーホソバカナワラビ群集	鈴木・蜂屋 1951	伊豆半島	
スタジューヤブコウジ群集	鈴木・蜂屋 1951	伊豆半島	
ウバメガシトベラ群集	鈴木・蜂屋 1951	伊豆半島	海岸林
モミーシキミ群集	鈴木・蜂屋 1951(鈴木 1961)	伊豆半島	
スタジュータイミンタチバナ群集	鈴木 1951	大隅半島	
イスーシキミ群集	鈴木 1951	大隅半島	
コジュークロバイ群集	野本 1953	足摺岬他	
アラカシーナンテン群集	Yamanaka 1955(山中 1966)	四国	二次林
ヒメズリハ群集	鈴木・森 1957	兵庫県六甲山地	二次林
ウラジロガシーヒメアオキ群集	佐々木 1958	鳥取県三徳山	山地林
シラカシーヒサカキ群集(仮称)	山崎 1959(組成表なし)	宮城県	
ツブラジューサカキ群集	南川・矢頭 1962	鈴鹿山地	矢頭1955は群叢
カゴノキ群集	Yamanaka 1962	四国	二次林
スタジューヤクシマアジサイ群集	大野ほか 1963(講演要旨)	屋久島	
ハマビワーオニヤブソテツ群集	宮本 1963	山口県	海岸林
スタジューケハダハリミノキ群集	Miyawaki und Ohba 1963	奄美大島	
スタジューアマミテンナンショウ群集	Miyawaki und Ohba 1963	奄美大島	
スタジューアオバナハインキ群集	Miyawaki und Ohba 1963	沖永良部島	
ヤマグルマーイワナンテン群集	宮脇ほか 1964	箱根	土地の極相
アカガシーミヤマシキミ群集	鈴木・須股 1964	大分県	山地林
ウラジロガシーイス群集	Suganuma 1965	九州・四国	
ウラジロガシーヒイラギ群集	Suganuma 1965	本州	
ウラジロガシーコカンスゲ群集	Suganuma 1965	中国	
ウバメガシーコシダ群集	今井 1965	西南日本	二次林
イチイガシ群集(仮称)	鈴木 1966(鈴木・鈴木 1973)	西南日本	
タブーヤブラン群集	鈴木 1966	九州	
タブーイワヒトデ群集	鈴木 1966	南九州	
スタジューモクタチバナ群集	鈴木 1966	屋久島	
シラカシ群集	宮脇・大場 1966(講演要旨)	関東	二次林
ケヤキーイロハモミジ群集	宮脇・藤原 1970	大阪府箕面市	夏緑林
ワダンノキ群集	山崎 1970	小笠原諸島	低木林
シマイスノキーコバナアカテツ群集	山崎 1970	小笠原諸島	低木林
モクタチバナーコクモウクジャク群集	山崎 1970	小笠原諸島	
アラカシーリュウノヒゲ群集(仮称)	鈴木・福嶋 1970(鈴木・鈴木 1973)	大分県	二次林
タブームサシアブミ群集	宮脇ほか 1971	西南日本太平洋岸	
スタジューホソバカナワラビ群集	宮脇ほか 1971	伊豆・房総半島	
スタジューミズパイ群集	宮脇ほか 1971	九州・四国他	
シリブカガシーシイモチ群集	宮脇ほか 1971	九州・中国	
トベラマサキ群集	宮脇ほか 1971	本州	海岸林
スタジューリュウキュウアオキ群集(仮称)	宮脇ほか 1971	奄美大島	二次林
オキナワウラジロガシ群集	Miyawaki et al. 1971	西表島	
ホソバタブーヤマビワソウ群集	Miyawaki et al. 1971	西表島	
スタジューケナガエサカキ群集	Miyawaki et al. 1971	西表島	
スタジューオキナワシキミ群集	Miyawaki et al. 1971	沖縄島	
スタジューオオシマカンスゲ群集	大場 1971	御蔵島	
ヤマグルマーズリハ群集	大場 1971	御蔵島	
マルバニッケイーホソバワダン群集(仮称)	中西・鈴木 1973(Nakanishi and Nakagoshi 1975)	九州	海岸林
コジューカナメモチ群集	中西ほか 1973(講演要旨)(Nakanishi and Hattori 1979)	兵庫県瀬戸内沿岸	
スタジューギョクシンカ群集	宮脇ほか 1974	奄美大島	二次林
ハマビワーアカテツ群集	宮脇ほか 1974	奄美大島	海岸林
アカギーオオバギ群集	Miyawaki und Suzuki 1976	沖縄県	二次林
クロヨナーガジュマル群集	Miyawaki und Suzuki 1976	奄美〜与那国	二次林
サルカケミカンーカタヒバ群集	Miyawaki und Suzuki 1976	沖縄本島	二次林
ムニンヒメツバキーコバガシ群集	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
ムニンヒメツバキーシマオオタニワタリ群集	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
ウドノキーシマホルトノキ群集	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
モクタチバナーセキモンノキ群集	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
オガサワラビロウータコノキ群集	大場・菅原 1977	小笠原諸島	二次林
シイーカナメモチ群集	中西ほか 1977	近畿	
コジュークロキ群集	須股 1977	大分県	
ピロウーアカハダクスノキ群集	宮脇ほか 1978	与那国島	二次林
ミヤマシロバイーアマミヒイラギモチ群集	鈴木 1979	奄美大島	山地林
マテバシイーオキナワテシヨウソウ群集	鈴木 1979	沖縄本島	二次林
リュウキュウチクナータオレノキ群集	鈴木 1979	石垣・西表島	山地林
シイークロキ群集	中西ほか 1979	九州・中国	
シートキワイカリソウ群集	服部ほか 1979	裏日本	
スギータカサゴシダ群集	佐々木 1980	屋久島	土地の極相
イチイガシールミノキ群集	藤原 1981b(組成表なし)	九州・四国・本州	
シラカシーツクバネガシ群集	藤原 1981b(組成表なし)	九州・四国・本州	
ホルトノキ群集	藤原 1981b(組成表なし)	九州・四国・本州	二次林

表2 つづき

群集名	文献	原記載地	その他
アラカシーオオバジャノヒゲ群集	藤原 1981b(組成表なし)	中部	二次林
モミーコガクウツギ群集	藤原 1981b(組成表なし)	九州・四国・本州	山地林
アラカシーナナメノキ群集	藤原 1981b(組成表なし)	中国	二次林
トガサワラ群集	藤原 1981b(組成表なし)	四国	土地的
ダイトウビロウーダイトウセイシボク群集	新納・宮城 1981	大東島	二次林
ガジュマルーダイトウワダン群集	新納・宮城 1981	大東島	二次林
ホソバタバアブラチャン群集	Ohno 1981	九州	二次林
コバナアカテツームニンアオガンピ群集(仮称)	奥富ほか 1981(奥富ほか 1983)	小笠原諸島	
チギーオオバシロテツ群集	奥富ほか 1982	小笠原諸島	
モクタチバナテリハコブガン群集	奥富ほか 1983	小笠原諸島	
スダジイークロキ群集	服部・中西 1983	九州・中国	
アラカシーヒメユズリハ群集	服部・中西 1983	近畿	二次林
スダジイーコバンモチ群集(仮称)	服部・中西 1983	九州	
コジイーサザンカ群集(仮称)	服部・中西 1983	九州	
スダジイトキワイカリソウ群集	服部・中西 1983	裏日本	
タブノキーヒメアオキ群集(仮称)	服部・中西 1983	裏日本	
スダジイーアカハダクスノキ群集	大野 1989	与那国島	二次林
タブノキーアワダン群集	大野 1989	石垣・西表島	二次林
イスノキーリュウキュウクロウメドキ群集	藤原 1989	沖縄本島	二次林

表3 照葉樹林の群落体系における既発表の上級単位。記載された年順に配置。括弧内の文献は原記載の論文を補完する論文。

上級単位名	文献	原記載地	その他
タブ群団	中野 1942(組成表・解説なし)	日本	
クス群団	中野 1942(組成表・解説なし)	台湾	
スダジイ群団	鈴木 1952(Suzuki 1953)(組成表なし)	九州一本州	
ウバメガシ群団(仮称)	山崎 1959(組成表なし)	西日本	
ヤブツバキクラス	Miyawaki und Ohba 1963	奄美大島	
スダジイーカクレミノオーダー	Miyawaki und Ohba 1963	奄美大島	
スダジイーアマシバ群団	Miyawaki und Ohba 1963	奄美大島	
スダジイオーダー	大野ほか 1963(講演要旨)	屋久島	
ウラジロガシーサカキ亜群団	Suganuma 1965	九州一本州	山地林
ウバメガシ亜群団	今井 1965	九州	ウバメガシ林
典型亜群団	鈴木 1966(組成表なし)	九州一本州	
タブ亜群団	鈴木 1966(組成表なし)	九州一本州	
ウラジロガシーヒメアオキ亜群団	鈴木 1966(組成表なし)	日本海側	
クスーカシクラス群	鈴木 1966(組成表なし)	日本-台湾	
ヤブツバキオーダー	小田・須股 1966	本州-東北	
スダジイーリュウキュウアオキ群団	宮脇ほか 1971	南西諸島	
スダジイーヤブコウジ群団	宮脇ほか 1971	屋久島-東北	
トベラ群団	中西・鈴木 1973	九州-東北	海岸林
ウラジロガシ亜群団	鈴木・鈴木 1973	九州-東北	山地林
リュウキュウガキーナガミボチョウジ群団	新納ほか 1974	先島諸島・沖縄	石灰岩
ウラジロガシーサカキ群団	宮脇・鈴木 1975(宮脇ほか 1978)	九州-東北	山地林
テリハコブガシーオオバシロテツオーダー	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
テリハコブガシーオオバシロテツ群団	大場・菅原 1977	小笠原諸島	
クスノハカエデーナガミボチョウジ群団	Miyawaki und Suzuki 1976	先島諸島・沖縄	石灰岩
カシーシキミオーダー	藤原 1980	屋久島	
スダジイーイズセンリョウ群団	藤原 1980(藤原 1981b)	屋久島-東北	
アカガシーシラカシ群団	藤原 1980(藤原 1981b)	九州-東北	
ウバメガシーシャリンバイ群団	藤原 1980(藤原 1981b)	九州-東北	海岸林
スダジイータイミンタチバナオーダー	藤原 1980(藤原 1981b)	沖縄-本州南	
アカガシーシキミオーダー	藤原 1981a(藤原 1981b)	九州一本州	山地林
クスノハガシワーリュウキュウガキオーダー	藤原 1981b	先島諸島・沖縄	石灰岩
コバナアカテツームニンアオガンピ亜群団	奥富ほか 1981	小笠原諸島	
スダジイーリュウキュウアオキオーダー	服部・中西 1983(服部 1985)	南西諸島	
スダジイーヤブコウジオーダー	服部・中西 1983(服部 1985)	屋久島-東北	
モクタチバナテリハコブガン亜群団	奥富ほか 1983	小笠原諸島	
タブノキ群団	本論文	九州一本州	

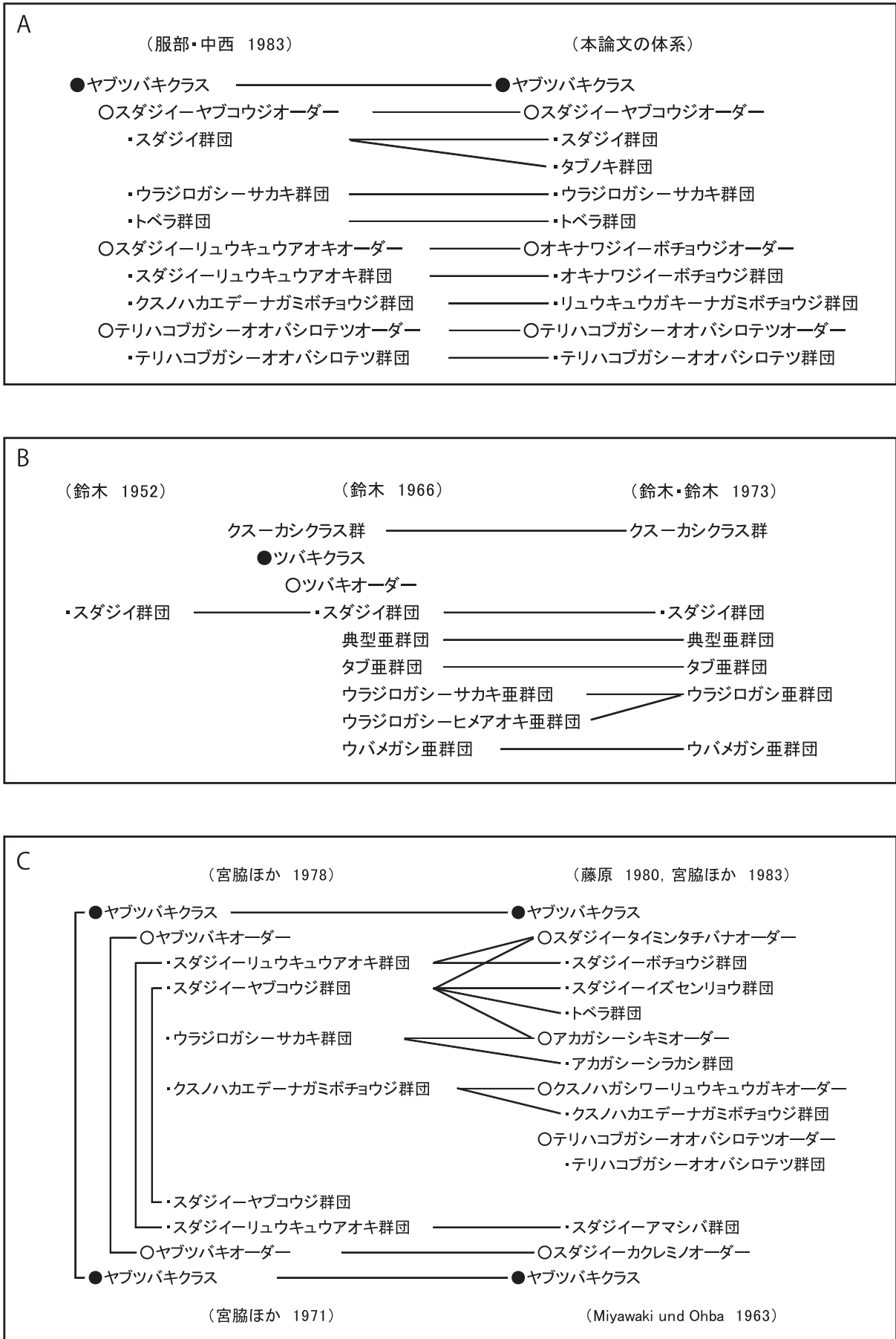


図5 服部ほか (A), 鈴木時夫ほか (B), 宮脇ほか (C) による照葉樹林の群落体系の改訂状況。

類においては、このようにいくつかの種群の組合せによってお互いに区分され、また一定の環境要因との対応がある群落を群集として位置づけた。

照葉樹林の群集は表2に示したように非常に多く記載されている。組成表のない群集名のみでの記載、仮称としての記載など多くの問題をもつ群集名ではあるが、ある地域の群集の名称については、記載されている標徴種・識別種の内容が異なっても、種組成が類似しておれば、先取性を尊重して、最初にその地域で記載された群集名を採用した。

本論文では原生状態あるいは自然性の高い照葉原生・自然林を対象とし、照葉二次林の群集については今回対象外とした。

(2) 上級単位

国内の照葉樹林における植物群落分類上の最上級単位はヤブツバキクラスとしてまとめられ (Miyawaki und Ohba, 1963), ヤブツバキクラスは多くの研究者によって認められている。一方、オーダー以下の体系については研究者間、あるいは同じ研究者であっても年の経過によって体系は大きく異なっている。このようなオーダー、群団の違い、すなわち異なった体系が報告されるのは様々な環境条件を反映するいろいろな種群の重視 (種群の重みづけ) の仕方が違っていることによる。たとえば宮脇ほか (1971) では、屋久島を地理的分布の北限とする南西系の種群と屋久島を分布の南限とする本土系の種群を重視し、屋久島を境界として南西諸島と本土の照葉樹林に二分したが、宮脇ほか (1983) では本州の関東地方の沿岸部まで北上する南西系の種群と内陸・山地に分布する本土系の種群を重視して、南西諸島から関東の沿岸域まで含めた地域と本土の内陸域の照葉樹林に二分している。種群の重みづけや種群の抽出には群集分類と同じように客観的な方法が存在しないため、どちらの体系が正しいかという判断はできない。種組成の類似性や相観と環境条件との対応から考えて、より理解しやすい体系が望ましいものと考えた。

本論文では奄美諸島以南と大隅諸島以北間の照葉樹林の種組成や植物相の差およびオキナワジイとオキナワラジロガシ (奄美諸島以南) に対してスダジイとカシ類 (大隅諸島以北) という優占種の違いなどを重視して、各々オキナワジイ・ボチョウジオーダー、スダジイ・ヤブコウジオーダーに区分した (小笠原諸島はテリハコブガシ・オオバシロテツオーダーにまとめた)。

オキナワジイ・ボチョウジオーダーは原生・自然性 (二次林も含む) のオキナワジイ・ボチョウジ群団と二次性で隆起石灰岩地に多いリュウキュウガキ・ナガミボチョウジ群団に区分した。

スダジイ・ヤブコウジオーダーの区分は「シイ・カシ・タブ混交型」、「カシ型」、「タブ型」の種組成・優占種・環境条件がよく対応しているので、スダジイ群団、ウラジロガシ・サカキ群団、タブノキ群団にそれぞれ位置づけた (海岸林はトベラ群団とした)。

3 照葉樹林の群落体系

小笠原諸島を除く国内の照葉原生林、照葉自然林を対象として、群落体系をまとめた。調査地点は表4にまとめた。総合常在度表にはオキナワジイ・ボチョウジ群団 (付表1)、スダジイ群団 (付表2)、タブノキ群団 (付表3)、ウラジロガシ・サカキ群団 (付表3) に所属する群集を示した。頁数の関係で1群集1地点となり、標徴種・識別種が欠落している地点もあるが、他地域の同群集にはこれらの種は含まれている。

ヤブツバキクラス

Camellietea japonicae Miyawaki et Ohba 1963

原記載: Miyawaki und Ohba (1963)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: ヤブツバキ, ヒサカキ, ネズミモチ, ツルグミ, ヤブニッケイ, シロダモ, ヤブラン, キヅタ, イタビカズラ, サカキ, サネカズラ, タブノキ, モチノキ, ムベ, マメヅタ, ノキシノブなど

分布: 南西諸島, 小笠原諸島, 九州・四国・本州の暖温帯域, 朝鮮半島南部沿岸域。国内の北限は青森県深浦町浜野。

その他: 本クラスは3オーダーに区分。

I オキナワジイ・ボチョウジオーダー (旧名スダジイ・ボチョウジオーダー, スダジイ・リュウキュウアオキオーダー)

Psychotrio-Castanopsietalia lutchensis Hattori et Nakanishi 1983

原記載: 服部・中西 (1983)

関連文献: 宮脇ほか (1971), 服部 (1985)

標徴種・識別種: アカテツ, アカミズキ, アカメイヌビワ, アマミアラカシ, アワダン, オオシイバモチ, クロツグ, ナガミボチョウジ, ハマイヌビワ, ヒイラギズイナ, ヒメサザンカ, ヒメツバキ, ヒョウタンカズラ, ホソバムクイヌビワなど分布: 先島諸島より奄美諸島まで。

その他: 服部・中西 (1983), 服部 (1985) は本オーダーの分布域を屋久島以南としていたが、種組成を再検討した結果、奄美・大隅間の組成差が大隅・九州本土間より大きいことから、本オーダーの分布域を奄美諸島以南に訂正。奄美諸島以南のスダジイがオキナワジイと分類されたことによってオーダー名を変更。

1 オキナワジイーボチョウジ群団 (旧名スダジイーボチョウジ群団, スダジイーリュウキュウアオキ群団)

Psychotrio-Castanopsis lutchensis Miyawaki et al. 1971

原記載: 宮脇ほか (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983), 鈴木 (1979), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: オキナワジイ, オキナワウラジロガシなど

分布: 先島諸島より奄美諸島までの砂岩, 頁岩, 粘板岩などの非石灰岩地域.

その他: 宮脇ほか (1971), 服部 (1985) などは本群団の分布を先島諸島より屋久島までとしていたが, 本論文では奄美諸島以南に訂正. 本群団はオキナワジイ, オキナワウラジロガシなどの優占するシイ・カシ・タブ混交型の照葉原生・自然・二次林. オキナワジイの優占林とオキナワウラジロガシ優占林の種組成は区分できず, 各島ごとに1群集にまとめた. 石垣島・西表島, 沖縄本島, 奄美大島・徳之島にのみ各々自然植生としての群集を認めた. その他の島のオキナワジイ, オキナワウラジロガシ林はすべて二次植生. 島の面積が小さく, 土地利用も進んでおり, これらの小島の樹林は単純化が著しい.

(i) オキナワジイーケナガエサカキ群集 (旧名スダジイーケナガエサカキ群集)

Adinandro yaeyamensis-Castanopsietum lutchensis Miyawaki et al. 1971

原記載: Miyawaki et al. (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983), 鈴木 (1979)
標徴種・識別種: ケナガエサカキ, ナガバクロバイ, イリオモテハイノキ, イリオモテヒメラン, ギランイヌビワ, サキシマヒサカキ, バイケイラン, ホザキヒメラン, ヤエヤマコンテリギ, ヤエヤマシキミ, タイワンオガタマ, マルヤマカンコノキ, アカハダノキ, ヤエヤマヒサカキなど

分布: 西表島の中央部, 石垣島の一部.

その他: 両島に残されている本群集は原生状態ではないが, 種多様性は高く, 自然林とみなした (特に西表島の仲間川源流部, 浦内川源流部). 与那国島の照葉樹林はすべて単純化の進んだ二次林であり, 本群集には含まれない.

(ii) リュウキュウチクーシマモクセイ群集 (旧名リュウキュウチクーナタオレノキ群集)

Osmantheto-Pleioblastetum linearis Suzuki 1979

原記載: 鈴木 (1979)

関連文献: 新納ほか (1974), 宮城・宮城 (1978), 島袋ほか (1985)

標徴種・識別種: オモロカンアオイ, キバナシスラン, モノドラカンアオイ, シマモクセイ, リュウキュウチク, ヤエヤマヒイラギなど

分布: 西表島古見岳・御座岳, 石垣島於茂登岳の山頂部.

その他: 本群集は台風や冬季の季節風による強風条件下に発達するリュウキュウチクの優占する低木林.

表4 総合常在度表に示した調査地, 群集名, 文献.

調査地 番号	群集名 略号	地名	群集名	文献
1	A	沖縄県西表島横断道	オキナワジイーケナガエサカキ群集	本論文
2	B	沖縄県西表島古見岳, 石垣島於茂登岳	リュウキュウチクーシマモクセイ群集	本論文
3	C	沖縄県沖縄島北部	オキナワジイーシキミ群集	大野(1989)
4	D	鹿児島県奄美大島神屋国有林	オキナワジイーアマミテンナンショウ群集	本論文
5	E	鹿児島県奄美大島湯湾岳	ミヤマシロバイーアマミヒイラギモチ群集	本論文
6	F	鹿児島県屋久島尾之間	スダジイーヤクシマアジサイ群集	服部ほか(2009)
7	G	宮崎県綾町綾南川	スダジイータイムンタチバナ群集	服部ほか(2003)
8	H	大分県大野川流域	スダジイークロキ群集	須股(1977)
9	I	和歌山県・三重県南部	スダジイーミズバイ群集	服部ほか(1981)
10	J	兵庫県東南部	コジイーカナメモチ群集	中西ほか(1977)
11	K	東京都御蔵島, 八丈島	スダジイーオオシマカンスゲ群集	服部ほか(2012a)
12	L	千葉県房総半島南部	スダジイーホソバカナワラビ群集	宮脇ほか(1981)
13	N	鳥取県, 兵庫県(日本海沿岸)	スダジイートキワイカリソウ群集	服部ほか(1979b)
14	M	関東地方一帯	スダジイーヤブコウジ群集	藤原(1986)
15	O	宮崎県串間市市木石波	タブノキームサシアブミ群集	服部ほか(2010a)
16	P	宮城県石巻市	タブノキーイノデ群集	服部ほか(2010a)
17	P	秋田県日本海沿岸部	タブノキーイノデ群集	服部ほか(2010a)
18	Q	鹿児島県湧水町栗野岳	イスノキーシキミ群集	服部ほか(2008)
19	Q	鹿児島県屋久島白谷雲水峡	イスノキーシキミ群集	服部ほか(2009)
20	R	和歌山県田辺市大塔山系	ウラジロガシーサカキ群集	水野(2002)
21	S	兵庫県香美町三川山	ウラジロガシーヒメアオキ群集	中西・西本(1981)

(iii) オキナワジイーシキミ群集 (旧名スタジイーオキナワシキミ群集)

Illicio anisati-Castanopsietum lutchensis Miyawaki et al. 1971
原記載: Miyawaki et al. (1971)

関連文献: 鈴木 (1979), 宮脇ほか (1971, 1983)

標徴種・識別種: リュウキュウナガエサカキ, オキナワカナワラビ, オキナワヒメラン, オキナワセッコク, オキナワテンナンショウ, オナガサイシン, クニガミヒサカキ, ナガバハグマ, ヒナカンアオイ, ヤブミョウガラ

ン, アオバナハイノキ, ヤンバルミミズバイなど

分布: 沖縄本島北部の西銘岳, 与那覇岳など。
その他: 沖縄本島には原生状態の樹林は存在しないが, 二次林より遷移が進み, 自然性がかなり回復した本群集の植分が沖縄本島北部に分布している。植物名の変更により群集名を変更。本群集はかつては沖縄本島全域に分布。

(iv) ミヤマシロバイーアマミヒイラギモチ群集

Ilici dimorphophyllae-Symplocosetum confusae Suzuki 1979
原記載: 鈴木 (1979)

関連文献: 宮脇ほか (1983)

標徴種・識別種: ミヤマシロバイ, アマミヒイラギモチ, アマミフユイチゴ, マメヒサカキ, ミヤビカンアオイなど

分布: 奄美大島湯湾岳, 徳之島井之川岳の山頂部。

その他: 本群集は湯湾岳や井之川岳山頂部に分布する低木林。

(v) オキナワジイーケハダリミノキ群集 (旧名スタジイーケハダリミノキ群集)

Lasiantho-Castanopsietum lutchensis Miyawaki et Ohba 1963
原記載: Miyawaki und Ohba (1963)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983), 鈴木 (1979)

標徴種・識別種: アマミテンナンショウ, アマミセイシカ, アマミアオネカズラ, ヒメアリドオシ, ヒメナベワリ, フジノカンアオイ, ミヤマハシカンボク, キノエササラン, オサラン, オオバカンアオイなど

分布: 奄美大島, 徳之島の国有林。

その他: 奄美大島, 徳之島の照葉樹林の大半は二次林だが, 金作原・神屋・三京国有林等に残存する本群集の植分は原生状態に近い。

2 リュウキュウガキナーナガミボチョウジ群団

Psychotrio manilensis-Diospyrion maritimae Niiro et al. 1974
原記載: 新納ほか (1974)

関連文献: Miyawaki und Suzuki (1976)

標徴種・識別種: リュウキュウガキなど

分布: 先島諸島より奄美諸島までの南西諸島。

その他: 本群団は石灰岩上に成立するシイ, カシ類の欠落する照葉二次林。薪炭利用などの土地利用の結果, 成立した二次植生の群団で, かつては自然植生とされていた。二次林としてのいくつかの群集に区分されるが, 本論文では自然植生の群集を対象としたのでそれらを省いた。Miyawaki und Suzuki (1976) はクスノハカエデーナガミボチョウジ群団を記載したが, 先取性により本群団名を採用。

II スタジイーヤブコウジオーダー

Ardisio-Castanopsietalia sieboldii (Miyawaki et al. 1971)
Hattori et Nakanishi 1983

原記載: 服部・中西 (1983)

関連文献: 宮脇ほか (1971), 服部 (1985)

標徴種・識別種: ヤブコウジ, アラカシ, ベニシダ, シュンラン, テイカカズラ, オオイトチシダ, ナガバジャノヒゲ, ジャノヒゲ, ヤマイタチシダ, アセビ, イノデ, オニカナワラビ, ヤブミョウガ, ナワシログミ, ヤツデなど

分布: 屋久島以北, 東北地方以南。

その他: 宮脇ほか (1971) は屋久島以北の照葉樹林をスタジイーヤブコウジ群団として記載。服部・中西 (1983) はそれをオーダーに変更し, 2群団を認めたが, 本論文では3群団を認めた。

1 スタジイ群団

Castanopsion sieboldii Suzuki 1952

原記載: 鈴木 (1952)

関連文献: Suzuki (1953), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: スタジイ, コジイ, タブノキ, モチノキ, ムベ, ヤツデ, モッコク, クロガネモチ, カクレミノ, ヒメユズリハ, ヤマモモ, クチナン, イズセンリョウ, アリドオシ, ジュズネノキ, イヌマキ, イタビカズラ, イチイガシ, クロバイ, ヤブランなど

分布: 屋久島以北, 福島県・新潟県以南。

その他: 本群団は強い潮風の影響下と照葉樹林帯の上部を除いた立地に広がるコジイ, スタジイ, マテバシイ, シリブカガシ, イチイガシ, ツクバネガシ, シラカシ, アカガシ, タブノキ, イスノキなどの照葉高木が混交するシイ・カシ・タブ混交型の照葉原生・自然・二次林。自然性の高い植分ほど多様な高木種を含む。潮風適応型がタブノキ群団, 低温適応型がウラジロガシ・サカキ群団。以下に示した群集は照葉原生・自然林に位置づけられるものを示した。

(i) スタジイーヤクシマアジサイ群集

Hydrangeo-Castanopsietum sieboldii Ohno et al. 1963

原記載: 大野ほか (1963)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983)

標徴種・識別種: ヤクシマアジサイ, オキナワテイカカズラ, サクラツツジ, ホコザキベニシダ, ヤクカナワラビ, ヤクシマシュスランなど

分布: 屋久島, 種子島.

その他: 屋久島の照葉樹林のほとんどは二次林で, 本群集には含まれない. 自然性の高い本群集に位置づけられる植分はきわめて稀. 屋久島の尾之間に分布する本群集の植分は自然性および種多様性が高い.

(ii) スダジイータイミンタチバナ群集

Myrsino-Castanopsietum sieboldii Suzuki 1951

原記載: 鈴木 (1951)

関連文献: 鈴木 (1966), 鈴木・鈴木 (1973)

標徴種・識別種: ハナカガシ, アデク, カカツガユ, シロヤマゼンマイなど

分布: 九州中南部の低地帯, 四国の西南部.

その他: 宮崎県綾町などに原生状態の本群集が残存. 最終氷期最寒冷期に九州南部に避難していた植物群に本群集は由来する. ホルトノキ群, ヤマビワ群, ショウベンノキ群, サザンカ群, コバンモチ群などの多くの種群を含む本群集の種多様性は高い.

(iii) スダジイークロキ群集

Symploco lucidae-Castanopsietum sieboldii Nakanishi et al. 1979

原記載: 中西ほか (1979)

関連文献: 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: クロキ, サザンカ, マテバシイ, シイモチ, シリブカガシ, ナンゴクアオキなど

分布: 九州中北部より山口県, 鳥取県西部, 広島県, 岡山県西部まで.

その他: 最終氷期最寒冷期に九州南端に避難していた植物群のうち, 高温域を好む種を除いた植物より構成される群集. スダジイータイミンタチバナ群集の単純化した群集. サザンカ群によって特徴づけられる. 特にクロキ, ナンゴクアオキが特徴.

(iv) スダジイーミミズバイ群集

Symploco glaucae-Castanopsietum sieboldii Miyawaki et al. 1971

原記載: 宮脇ほか (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983)

標徴種・識別種: ミミズバイ, ヤマビワ, コバンモチ, カンザブrouノキ, ヤマモガシ, ルリミノキ, ミサオノキ, ツゲモチ, トキワガキなど

分布: 高知県・徳島県南部, 淡路島南部, 大阪府南部, 紀伊半島沿岸部, 静岡県御前崎.

その他: 最終氷期最寒冷期に紀伊半島南端に避難していた植物群に本群集は由来する. ホルトノキ群, ヤマビワ群, カナメモチ群によって特徴づけられる.

(v) コジイーカナメモチ群集

Photinio-Castanopsietum cuspidatae Nakanishi et al. 1973

原記載: 中西ほか (1973)

関連文献: 中西ほか (1977), 岸本ほか (1978), Nakanishi and Hattori (1979), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)
標徴種・識別種: カナメモチ, ナナメノキ, タラヨウ, リンボク, ソヨゴ, シャシャンボなど

分布: 岡山県東部より兵庫県, 大阪府, 京都府, 滋賀県, 奈良県, 和歌山県, 三重県, 岐阜県を経て静岡県西部までの瀬戸内側や内陸部に分布. 日本海側には分布しない. その他: 本群集は最終氷期最寒冷期に紀伊半島南端に避難していた植物群のうち, 高温域を好む種を除いた植物より構成される. 本群集はスダジイーミミズバイ群集の構成群よりホルトノキ群, ヤマビワ群が欠落し, カナメモチ群のみが残った単純化した群集. 瀬戸内沿岸部にはタブノキの欠落した乾燥適応型が分布.

(vi) スダジイーホソバカナワラビ群集

Arachniodo-Castanopsietum sieboldii Miyawaki et al. 1971

原記載: 宮脇ほか (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983)

標徴種・識別種: タイミンタチバナ, ホルトノキ, ツルコウジ, ハナミョウガ, ホソバカナワラビ, コバノカナワラビ, フウトウカズラ, オガタマノキ, バリバリノキ, カギカズラ, サカキカズラ, バクチノキなど

分布: 伊豆半島・房総半島の南部.

その他: 最終氷期最寒冷期に伊豆・房総半島南端あるいは伊豆諸島に避難していた植物群に本群集は由来する. ホルトノキ群によって特徴づけられる.

(vii) スダジイーオオシマカンスゲ群集

Carici-Castanopsietum sieboldii Ohba 1971

原記載: 大場 (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983) 服部ほか (2012a)

標徴種・識別種: オオシマカンスゲ, ハチジョウシュスラン, シマテンナンショウ, オオキリシマエビネ, ハチジョウモクセイ, シマササバラ, ハチジョウウラボシ, ハチジョウベニシダなど

分布: 伊豆諸島. 御蔵島と八丈島の一部に本群集の発達した植分が残存.

その他: ハクサンボク, モクレイシなどの九州から隔離分布する種 (モクレイシ群) を含むこと, カシ類を欠くことも特徴の一つ.

(viii) スダジイヤブコウジ群集

Ardisio-Castanopsietum sieboldii Suzuki et Hachiya 1951

原記載: 鈴木・蜂屋 (1951)

関連文献: 鈴木 (1952, 1966), 宮脇ほか (1971, 1978, 1983)

標徴種・識別種: スダジイ群団の中の典型群集で, 識別種はない。

分布: 御前崎および伊豆・房総半島南端を除く, 静岡県より福島県までの沿岸や内陸部。

その他: スダジイ群団の中ではもっとも単純化の進んだ群集。最終氷期最寒冷期に伊豆・房総半島南端に避難していた植物群のうち, 高温域を好む種を除いた植物より構成される群集。本群集はスダジイ・ホソバカナワラビ群集の構成群よりホルトノキ群が欠落し, 単純化した群集。

(ix) スダジイトキワイカリソウ群集

Epimedio-Castanopsietum sieboldii Hattori et al. 1979

原記載: 服部ほか (1979a)

関連文献: 服部ほか (1979b, 1980), 相沢ほか (1981), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: トキワイカリソウ, チマキザサ, ヒメアオキ, チャボガヤ, ハイイヌガヤ, チュウゴクザサ, アツミカンアオイ, ムラサキマユミなど

分布: 鳥取県東部より新潟県南部までの日本海沿岸および滋賀県湖北地方。

その他: 最終氷期最寒冷期に紀伊半島南端に避難していた植物群のうち, 高温域を好む種や積雪条件を嫌う種を除いた照葉樹林構成種と多雪に適応した日本海要素によって特徴づけられる群集。

2 タブノキ群団

Machilion thunbergii (Suzuki 1966) stat. nov.

基準群集: タブノキ・イノデ群集

関連文献: 鈴木 (1966)

標徴種・識別種: タブノキ, ホルトノキ, カゴノキ, ヤブニッケイなど

分布: 自然植生としてのタブノキ群団の分布は強い潮風条件下にある屋久島・種子島より太平洋岸の九州, 四国, 本州の東北部に至る臨海部, 冬季の季節風を強く受ける九州西岸から本州の裏日本の臨海部および滋賀県北部の竹生島など。半自然植生あるいは遷移途中相としてのタブノキ群団に含まれる群落は八丈島, 桜島などの各地に分布。

その他: 鈴木 (1966) によってタブ亜群団として記載された単位を, 今回タブノキ群団と位置づけた。潮風条件の厳しい立地にはカシ類, シイ類が欠落し, 潮風に耐性をもつタブノキの他, ホルトノキ, カゴノキ, ヤブニ

ケイなどの高木が優占するタブ型 (服部, 1992, 1993) の本群団が成立する。なお, 沿岸域に分布するトベラ群団は低木林で, タブノキ群団の前面に成立する。照葉樹林の北限域は本群団のみが分布する。斜面下部といった地形条件は本群団の成立要因ではない。タブ群団は中野 (1942) によって記載されているが, 組成表がないこと, 種組成についての説明がないことなどによって無効名とした。なお, 中野 (1942) のタブ群団は国内の照葉樹林全体を指す (ヤブツバキクラスに該当)。

(i) タブノキームサシアブミ群集

Arisaemato ringentis-Machiletum thunbergii Miyawaki et al. 1971

原記載: 宮脇ほか (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983), 服部ほか (2010a)
標徴種・識別種: モクタチバナ, ショウベンノキ, シラタマカズラ, アオノクマタケラン, オオイワヒトデ, ギョクシンカなど

分布: 鹿児島県 (屋久島, 種子島など), 宮崎県, 長崎県, 高知県 (宿毛市, 沖ノ島, 足摺岬, 室戸岬), 和歌山県南部。

その他: ブナ科が優占せず, クスノキ科などが優占。日本列島南部の太平洋沿岸に点在する。

(ii) タブノキ・イノデ群集

Polysticho-Machiletum thunbergii Suzuki et Wada 1949

原記載: 鈴木・和田 (1949)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983), 服部ほか (2010a)
標徴種・識別種: イノデなど

分布: 愛知県より岩手県までの太平洋沿岸, 山口県より青森県までの日本海沿岸および滋賀県北部の竹生島。

その他: 東北地方の照葉樹林の北限域には本群集のみが分布。スダジイ・ヤブコウジオーダーの中ではもっとも単純化の進んだ群集。

3 ウラジロガシ・サカキ群団

Cleyero-Quercion salicinae (Suganuma 1965) Miyawaki et Suzuki 1975

原記載: 宮脇・鈴木 (1975)

関連文献: Suganuma (1965), 宮脇ほか (1978), 服部・中西 (1983), 服部 (1985)

標徴種・識別種: ウラジロガシ, アカガシなど

分布: 屋久島および九州・四国・本州の照葉樹林帯上部。
その他: スダジイ・ヤブコウジオーダーの中では低温適合型の群団。本群団の分布上限ではブナクラスに, 分布下限ではスダジイ群団に続く。スダジイ・ヤブコウジオーダーの中では低温のために単純化が進んでいる。潮風に耐性がないため照葉樹林北限地帯となる東北地方の臨海

部には成立できない。Suganuma (1965) が記載したウラジログシ-サカキ亜群団を宮脇・鈴木 (1975) が群団に変更した。

(i) **イスノキ-シキミ群集** (旧名イスノシキミ群集)

Illicio-Distylietum racemosum Suzuki 1951

原記載: 鈴木 (1951)

関連文献: Suganuma (1965)

標徴種・識別種: イスノキ, ハイノキ, サザンカなど

分布: 屋久島の山地部, 九州の照葉樹林帯上部。

その他: ウラジログシ, アカガシの優占するカシ型の照葉樹林。自然性の高い樹林ではフウラン, マメヅタラン, ムギラン, セッコク, シノブ, ボウランなどの着生植物が多い。Suganuma (1965) はウラジログシ-イスノキ群集としたが, 先取性を尊重して同群集名とした。

(ii) **ウラジログシ-サカキ群集**

Cleyero-Quercetum salicinae Suzuki et Wada 1949

原記載: 鈴木・和田 (1949)

関連文献: 鈴木 (1952)

標徴種・識別種: ヒイラギなど

分布: 四国・本州 (裏日本側を除く) の照葉樹林帯上部。

その他: 和歌山県などに本群集の良好な植分が残存。Suganuma (1965) のウラジログシ-ヒイラギ群集は本地域のカシ型群集名としてふさわしいが, 先取性によりウラジログシ-サカキ群集とした。

(iii) **ウラジログシ-ヒメアオキ群集**

Aucubo-Quercetum salicinae Sasaki 1958

原記載: 佐々木 (1958)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983)

標徴種・識別種: ヒメアオキ, チャボガヤ, ハイイヌガヤ, ムラサキマユミなど

分布: 島根県より新潟県の低山地 (裏日本側の多雪地)。

その他: 日本海要素を含む多雪地のカシ型の照葉樹林。裏日本側ではブナ林が低海拔 (最寒月の月平均気温 1℃) まで下降し, カシ林と接続。

(iv) **ヤマグルマ-ユズリハ群集**

Daphniphylo-Trochodendretum aralioidis Ohba 1971

原記載: 大場 (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983)

標徴種・識別種: ヤマグルマ, ユズリハなど

分布: 伊豆諸島の御蔵島, 八丈島。

その他: 山頂部に発達する風衝型の群集。

4 **トベラ群団**

Pittosporion tobira Nakanishi et Suzuki 1973

原記載: 中西・鈴木 (1973)

関連文献: 宮脇ほか (1983), 服部・中西 (1983)

標徴種・識別種: トベラ, マサキ, シャリンバイなど

分布: 海岸の断崖や風衝地。

その他: 本群団は海岸の風衝低木林としてまとめられる。

(i) **ハマビワ-アカテツ群集**

Planchonello-Litsetum japonicae Miyawaki et al. 1974

原記載: 宮脇ほか (1974)

関連文献: 宮脇ほか (1983)

標徴種・識別種: アカテツ, ハマイヌビワ, ハマヒサカキ, シバニッケイ, サクラランなど

分布: 沖縄諸島, 奄美諸島。

その他: 本群集はトベラ群団, スダジ-ヤブコウジオーダーに所属させたが, オキナワジ-ボチョウジ群団, オキナワジ-ボチョウジオーダーへの所属も検討課題である。

(ii) **マルバニッケイ-ホソバワダン群集**

Crepidastro-Cinnamometum daphnoidis Nakanishi et Nakagoshi 1975

原記載: Nakanishi and Nakagoshi (1975)

関連文献: 中西・鈴木 (1973), 藤原 (1981a), 宮脇ほか (1983), 服部・中西 (1983)

標徴種・識別種: マルバニッケイ, ホソバワダン

分布: 屋久島, 種子島, 口永良部島, 大隅半島, 薩摩半島, 男女諸島。

その他: 中西・鈴木 (1973) は本群集を仮称として報告。

(iii) **ウバメガシ-トベラ群集**

Pittosporo-Quercetum phillyraeoidis Suzuki et Hachiya 1951

原記載: 鈴木・蜂屋 (1951)

関連文献: 宮脇ほか (1971, 1978, 1983), 中西・鈴木 (1973)

標徴種・識別種: ウバメガシ, マルバグミ, ハマヒサカキなど

分布: 屋久島の沿岸の一部, 四国・紀伊半島・伊豆半島の沿岸域, 瀬戸内海沿岸域。

その他: 内陸部に発達するウバメガシ-コシダ群集 (今井, 1965; 中西1980) は二次林。

(iv) **ハマビワ-オニヤブソテツ群集**

Cyrtomio-Litsetum japonicae Miyamoto 1963

原記載: 宮本 (1963)

関連文献: 須股ほか (1969), 宮脇ほか (1971, 1978, 1983),

中西・鈴木 (1973), 鈴木・鈴木 (1973) 服部・中西 (1983)

標徴種・識別種: ハマビワなど

分布: 北九州, 中九州 (大分県日豊海岸), 山口県, 島根県の日本海沿岸, 四国西南部 (宿毛市沖ノ島, 大月町

柏島, 伊方町佐田岬など).

その他: 瀬戸内沿岸部には分布していない.

(v) トベラーマサキ群集

Euonymo-Pittosporum tobira Miyawaki et al. 1971

原記載: 宮脇ほか (1971)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983), 服部・中西 (1983)

標徴種・識別種: トベラ群団の典型群集のため識別種はない.

分布: 中部地方より東北地方の太平洋沿岸および中国地方より東北地方の日本海沿岸.

その他: 本群集はトベラ群団の中でもっとも単純化の進んだ群集.

III テリハコブガシオオバシロテツオーダー

Boninio-Machiletalia boninensis Ohba et Suganuma 1977

原記載: 大場・菅原 (1977)

関連文献: 宮脇ほか (1978, 1983)

標徴種・識別種: シマホルトノキ, オガサワラボチョウジ, ヒメフトモモなど

分布: 小笠原諸島.

その他: 本オーダーは固有種が多いが, それらの種は日本列島の照葉樹林構成種の対応種 (変種, 亜種など) であるので, 本オーダーをヤブツバキクラスに含めた. 本オーダーには多くの群集が記載されている.

謝 辞

本論文をまとめるにあたり, 神戸大学発達科学部 武田義明様, 兵庫県立人と自然の博物館 石田弘明様, 橋本佳延様にはたいへんお世話になりました. 皆様に深く御礼を申し上げます.

本研究には日本学術振興会平成20~23年度科学研究費補助金 (基盤研究(C);課題番号20510218) の一部を使用しました.

要 旨

国内の照葉樹林についての群落生態学的研究を以下の観点から行い, それらの成果を参考に照葉樹林の群落体系をまとめた.

- 1 照葉樹林を構成する種の全体像
- 2 照葉樹林構成種の分布中心地 (西表島, 沖縄本島, 奄美大島, 屋久島, 九州南部)
- 3 地理的分布による照葉樹林構成種の区分 (8地理的分布群の抽出)
- 4 各種環境条件に対する照葉樹林構成種の分布
- 5 南西諸島における照葉樹林構成種数と面積との関

係

6 照葉樹林構成種の最終氷期最寒冷期の避難地と後氷期の避難地からの分布拡大

7 照葉樹林への土地利用の影響

国内の照葉樹林はヤブツバキクラスにまとめられ, 同クラスはオキナワジイ-ボチョウジオーダー, スダジイ-ヤブコウジオーダー, テリハコブガシオオバシロテツオーダーに区分された. オキナワジイ-ボチョウジオーダーとスダジイ-ヤブコウジオーダーに含まれる照葉自然林の群団, 群集は以下のとおりである.

ヤブツバキクラス

I オキナワジイ-ボチョウジオーダー

1 オキナワジイ-ボチョウジ群団

- (i) オキナワジイ-ケナガエサカキ群集
- (ii) リュウキュウチク-シマモクセイ群集
- (iii) オキナワジイ-シキミ群集
- (iv) ミヤマシロバイ-アマミヒイラギモチ群集
- (v) オキナワジイ-ケハダリミノキ群集

2 リュウキュウガキ-ナガミボチョウジ群団

II スダジイ-ヤブコウジオーダー

1 スダジイ群団

- (i) スダジイ-ヤクシマアジサイ群集
- (ii) スダジイ-タイミンタチバナ群集
- (iii) スダジイ-クロキ群集
- (iv) スダジイ-ミミズバイ群集
- (v) コジイ-カナメモチ群集
- (vi) スダジイ-ホソバカナワラビ群集
- (vii) スダジイ-オオシマカンスゲ群集
- (viii) スダジイ-ヤブコウジ群集
- (ix) スダジイ-トキワイカリソウ群集

2 タブノキ群団

- (i) タブノキ-ムサシアブミ群集
- (ii) タブノキ-イノデ群集

3 ウラジログシ-サカキ群団

- (i) イスノキ-シキミ群集
- (ii) ウラジログシ-サカキ群集
- (iii) ウラジログシ-ヒメアオキ群集
- (iv) ヤマグルマ-ユズリハ群集

4 トベラ群団

- (i) ハマビワ-アカテツ群集
- (ii) マルバニッケイ-ホソバワダン群集
- (iii) ウバメガシ-トベラ群集
- (iv) ハマビワ-オニヤブソテツ群集
- (v) トベラ-マサキ群集

文 献

- 相沢陽一ほか（1981）柏崎地方の植生。「柏崎の植物」,
柏崎市教育委員会, 柏崎, pp. 69-100.
- Aoki K., Matsumura T., Hattori, T. and Murakami N. (2006)
Chloroplast DNA phylogeography of *Photinia glabra*
(Rosaceae) in Japan. *American Journal of Botany*, **93**,
1852-1858.
- 藤原一絵（1980）常緑広葉樹林. 宮脇 昭（編著）, 日
本植生誌屋久島, 至文堂, 東京, pp. 97-106.
- 藤原一絵（1981a）常緑広葉樹林. 宮脇 昭（編著）,
日本植生誌九州, 至文堂, 東京, pp. 79-114.
- 藤原一絵（1981b）日本の常緑広葉樹林の群落体系－I.
横浜国立大学環境研紀要, **7**, pp. 67-133.
- 藤原一絵（1986）常緑広葉樹高木林. 宮脇 昭（編著）,
日本植生誌関東, 至文堂, 東京, pp. 129-145.
- 藤原一絵（1989）琉球列島隆起石灰岩地常緑広葉樹林.
宮脇 昭（編著）, 日本植生誌沖縄・小笠原, 至文
堂, 東京, pp. 269-284.
- 服部 保（1985）日本本土のシータブ型照葉樹林の群
落生態学的研究. 神戸群落生態研究会報告, **1**, 1-98.
- 服部 保（1992）タブノキ型林の群落生態学的研究, I
タブノキ林の地理的分布と環境. 日本生態学会誌, .
42, 215-230.
- 服部 保（1993）タブノキ型林の群落生態学的研究, II
タブノキ型林の地理的分布と立地条件. 日本生態学
会誌, **43**, 99-109.
- 服部 保（2011）環境と植生30講, 図説生物学30講. 朝
倉書店, 東京. 159 p.
- 服部 保・浅見佳世・小館誓治・石田弘明・南山典子・
赤松弘治（2003）宮崎県綾町川中における微地形条
件に対する照葉樹林構成種及び種多様性の分布. 植
生学会誌, **20**, 31-42.
- 服部 保・石田弘明（2000）宮崎県中部における照葉樹
林の樹林面積と種多様性, 種組成の関係. 日本生態
学会誌, **50**, 221-234.
- 服部 保・石田弘明・小館誓治・南山典子（2002）照葉
樹林フロラの特徴と絶滅のおそれのある照葉樹林構
成種の現状. 日本造園学会誌, **65**, 609-614.
- 服部 保・岩切康二・南山典子・黒木秀一・黒田有寿茂
（2010b）宮崎神宮社叢の種多様性の特性. 保全生
態学研究, **15**, 47-59.
- 服部 保・岸本 浩・中西 哲（1979a）但馬地方のシイ
型自然林. 神戸大学教育学部研究集録, **61**, 35-45.
- 服部 保・南山典子（2001）九州以北の照葉樹林フロラ.
人と自然, **12**, 91-104.
- Hattori, T., Minamiyama, N., Hashimoto, Y. and Ishida, H.
（2004）Flora of the lucidophyllous forest in Japan.
Nature and Human Activities, **8**, 13-47.
- 服部 保・南山典子・石田弘明・橋本佳延（2009）鹿児
島県屋久島における照葉樹林の種組成および種多様
性. 人と自然, **20**, 1-14.
- 服部 保・南山典子・岩切康二・石田弘明・橋本佳延・
栃本大介（2010a）タブ型照葉樹林の種組成および
種多様性. 人と自然, **21**, 121-131.
- 服部 保・南山典子・岩切康二・栃本大介（2012b）照葉
樹林帯の植生一次遷移－特に桜島の溶岩原について
－. 植生学会誌, **29**, 27-39.
- 服部 保・南山典子・黒田有寿茂・橋本佳延・石田弘明
（投稿中）南西諸島の照葉樹林における植物相と種
多様性.
- 服部 保・南山典子・松村俊和（2008）北限と上限の照
葉樹林の種組成と種多様性の比較. 植生学会誌, **25**,
25-35.
- 服部 保・南山典子・栃本大介・石田弘明・黒田有寿茂
（2012a）八丈島における照葉樹林の成立要因－特
に土地利用について－. 植生学会誌, **29**, 27-39.
- 服部 保・中西 哲（1983）日本の照葉樹林の群落体系
について. 神戸大学教育学部研究集録, **71**, 123-157.
- Hattori, T. and Nakanishi, S. (1985) On the distributional limits
of the lucidophyllous forest in the Japanese Archipelago.
Botanical Magazine Tokyo, **98**, 317-333.
- 服部 保・中西 哲・中川誠巳・新井洋子（1981）東海
地方のシイ型自然林について. 神戸大学教育学部研
究集録, **67**, 9-30.
- 服部 保・中西 哲・西川淳子・若井純子（1980）若狭
湾－伊勢湾低地帯のシイ型自然林について. 神戸大
学教育学部研究集録, **65**, 47-69.
- 服部 保・中西 哲・武田義明（1987）近畿地方におけ
る照葉樹林主要構成種の地理的分布, 特に後氷期の
分布拡大について. 日本生態学会誌, **37**, 1-10.
- 服部 保・武田義明・中西 哲（1979b）裏日本北限地
帯のシイ型自然林. 神戸大学教育学部研究集録, **62**,
59-85.
- 服部 保・栃本大介・岩切康二・南山典子・橋本佳延
（2007a）宮崎県綾町川中の照葉樹林における着生
植物の種多様性. 植生学会誌, **24**, 73-83.
- 服部 保・栃本大介・岩切康二・南山典子・橋本佳延
（2007b）鹿児島県栗野岳の照葉樹林における着生
植物の種多様性と種組成. 人と自然, **18**, 29-38.
- 服部 保・栃本大介・南山典子・橋本佳延・澤田佳宏・
石田弘明（2009）九州南部の照葉樹林における維管
束着生植物の種多様性および種組成. 植生学会誌,
26, 49-61.
- 今井 勉（1965）西南日本におけるウバメガシ林の植物
社会学的考察. 日本生態学会誌, **15**, 160-170.

- 石田弘明・服部 保・小館誓治 (2001) 日本海側における孤立化した照葉樹林の樹林面積と種多様性, 種組成の関係. 植物地理・分類研究, **49**, 149-161.
- Ishida, H., Hattori, T. and Takeda, Y. (2005a) Comparison of species composition and richness among primeval, natural, and secondary lucidophyllous forests on Tsushima Island, Japan. *Vegetation Science*, **22**, 1-14.
- Ishida, H., Hattori, T. and Takeda, Y. (2005b) Comparison of species composition and richness between primary and secondary lucidophyllous forests in two altitudinal zones of Tsushima Island, Japan. *Forest Ecology and Management*, **213**, 273-287.
- 石田弘明・服部 保・武田義明・小館誓治 (1998) 兵庫県南東部における照葉樹林の樹林面積と種多様性, 組成の関係. 日本生態学会誌, **48**, 1-16.
- 岸本 浩・平野幸代・服部 保・中西 哲 (1978) 北四国のシイ型とカゴノキ型の森林. 神戸大学教育学部研究集録, **60**, 17-36.
- 前田保夫 (1980) 縄文の海と森. 蒼樹書房, 東京, 267p.
- 宮城康一・宮城朝章 (1978) 石垣島於茂登岳のリュウキュウチク林の植生および群落構造. アサヒナキマドラセリ調査報告, 沖縄県教育委員会, 那覇, pp. 19-36.
- 南川 幸・矢頭献一 (1962) 鈴鹿山脈森林植生の植物群落学的研究 (第2報). 三重大学農学部学術報告, **25**, 61-97.
- 宮本 巖 (1963) 島根県及び長門海岸のハマビワ林. 島根県益田高等学校高津川総合学術調査報告, 島根県立益田高等学校, 益田, pp. 57-59.
- 宮脇 昭・藤原一絵 (1970) 明治の森箕面国定公園の植生調査報告書. 大阪府土木部, 大阪, 58 p.
- 宮脇 昭・藤原一絵・原田 洋・楠 直・奥田重俊 (1971) 逗子市の植生. 逗子市教育委員会, 逗子, 151 p.
- 宮脇 昭・藤原一絵・箕輪隆一・村上雄秀 (1981) 富津周辺の植生. 横浜植生学会, 横浜, pp. 135.
- 宮脇 昭・井上香世子・佐々木寧・藤原一絵・本多マサ子・原田 洋・新納義馬・大野啓一・井手久登・鈴木邦雄・大野隼夫 (1974) 奄美名瀬市の植生. 名瀬市, 名瀬, 92 p.
- Miyawaki, A. und Ohba, T. (1963) Castanopsis sieboldii-Wälder auf den Amami-Inseln. *Science Report of the Yokohama National University II*, **9**, 31-48.
- 宮脇 昭・大場達之 (1966) シラカン群集に関する考察. 第13回日本生態学会大会講演要旨集, 日本生態学会, B1.
- 宮脇 昭・大場達之・村瀬信義 (1964) 丹沢山塊の植生. 丹沢大山学術調査報告書, 神奈川県, 横浜, pp. 53-102.
- 宮脇 昭・奥田重俊・望月陸夫 (1978) 日本植生便覧. 至文堂, 東京, 850 p.
- 宮脇 昭・奥田重俊・望月陸夫 (1983) 改訂日本植生便覧, 至文堂, 東京, 872 p.
- 宮脇 昭・鈴木邦雄 (1975) 熊野灘・浦神半島の植生. 横浜植生学会, 横浜, 102 p.
- Miyawaki, A. und Suzuki, K. (1976) Über Psychotrio manillensis-Acerion oblong. *Bulletin of the Institute of Environmental Science and Technology, Yokohama National University*, **2**, 153-169.
- 宮脇 昭・鈴木邦雄・藤原一絵・宮城康一 (1978) 与那国島の植生. 財団法人観光資源保護財団, 東京, 61 p.
- Miyawaki, A., Suzuki, K., Harada, H., Sasaki, Ya., Shimabukuro, H. and Shigematsu, T. (1971) *Pflanzensoziologische studien über die Waldvegetation auf den Iriomote-Insel (Okinawa-Inseln)*. Annual reports of the JIBP-CT (P) of the fiscal year 1970, pp. 62-64.
- 水野泰邦 (2002) 大杉谷・黒蔵谷の森林植生. 大塔山系大杉大小屋国有林・黒蔵谷国有林自然環境調査報告書, 和歌山県自然環境研究会, 田辺, pp. 38-46.
- 中西弘樹 (1980) ウバメガシ-コシダ群集について. ヒコビア, **8**, 365-374.
- Nakanishi, H. and Nakagoshi, N. (1975) Coastal vegetation in Yakushima Island, Southern Japan. *Bull. Biol. Soc. Hiroshima Univ.*, **41**, 7-16.
- 中西弘樹・鈴木兵二 (1973) 日本南部海岸林植生の群落体系. ヒコビア, **6**, 265-271.
- Nakanishi, S. and Hattori, T. (1979) A Castanopsis type association of the Setouchi district in southwestern Japan. *Bull. Yokohama Phytosoc. Soc. Japan*, **16**, 113-140.
- 中西 哲・服部 保・梶原洋一・藤村美幸 (1979) 山陰地方のシイ型自然林について. 神戸大学教育学部研究集録, **62**, 37-58.
- 中西 哲・西本 孝 (1981) 中国山地の森林帯-三川山のウラジロガシ林とブナ林の垂直分布を手がかりとして. ヒコビア別巻, **1**, 413-424.
- 中西 哲・武田義明・服部 保 (1977) 播磨西部地域の植生. 中西 哲 (編), 播磨西部地域植生調査報告書, 播磨西部地域植生調査研究会, 神戸, pp. 70-144.
- 中西 哲・矢野悟道・杉田隆三 (1973) 兵庫県瀬戸内内陸部の自然林について. 第20回日本生態学会大会講演要旨集, 日本生態学会, A18.
- 中野治房 (1942) 本邦森林植物群落の組成. 植物学雑誌, **56**, 186-190.
- 新納義馬・宮城康一 (1981) 南・北大東島の植生. ヒコビア別巻, **1**, 467-475.
- 新納義馬・宮城康一・新城和治・島袋 暁 (1974) 八重山群島の植生. 池原貞雄 (編), 琉球列島の自然とその保護に関する基礎的研究 (1), pp. 5-36.
- 野本宣夫 (1953) 四国西南部の暖帯林植生. 東京大学農

- 学部演習林報告, **45**, 121-143.
- 小田 毅・須股博信 (1966) 霧島山の植物社会と植生図
図示. 日本生態学会誌, **16**, 149-157.
- 奥富 清・日置佳之・北山兼弘・角広 寛 (1983) 小笠
原の植生. 小野幹雄・奥富 清 (編), 小笠原の固
有植物と植生, pp. 97-268.
- 奥富 清・井関智裕・日置佳之 (1981) 小笠原父島列島・
母島列島の植生. 東京植生研究会, 東京, 69 p.
- 奥富 清・井関智裕・角広 寛・北山兼弘 (1982) 北硫
黄島・硫黄島の植生. 東京植生研究会, 東京, 73 p.
- 大場達之 (1971) 御蔵島の植生. 神奈川県立博物館研究
報告, **1** (4), 26-52.
- 大場達之・菅原久夫 (1977) 母島と父島の植物群落. 小
笠原・母島道路計画にともなう自然環境調査報告書,
pp. 3-68.
- Ohno, K. (1981) Pflanzensoziologische Forschungen über die
Schluchtwälder des Camellietea japonicae-Bereiches in
Südwest-Japan. *Hikobia Supplement*, **1**, 83-90.
- 大野啓一 (1989) 南西諸島非石灰岩常緑広葉樹林. 宮脇
昭 (編著), 日本植生誌沖縄・小笠原, 至文堂,
東京, pp. 255-269.
- 大野照好・奥富 清・堀川芳雄・宮脇 昭・中西 哲・
関 太郎 (1963) 屋久島の植物群落学的研究 (3)
シイ林群落の研究. 第10回日本生態学会大会講演要
旨集, 日本生態学会, 7-8.
- 佐々木寧 (1980) スギ林. 宮脇 昭 (編著), 日本植生
誌屋久島, 至文堂, 東京, pp. 85-97.
- 佐々木好之 (1958) 三徳山 (鳥取県) における森林植生
の植物群落生態学の研究. 広島大学生物学会誌, **8**,
16-28.
- 島袋 曠・宮城朝章・新城和治・宮城康一・天願敏男・
日越国昭 (1985) 西表島古見岳の植生. 西表島天然
記念物緊急調査報告書II, 沖縄県教育委員会, 那覇,
pp. 73-107.
- Suganuma, T. (1965) Revision of the
Sakakieto-Cyclobalanopsidetum stenophyllae and related
association in Japan. *Botanical Magazine Tokyo*, **78**,
129-137.
- 須股博信 (1977) 大野川流域の植生 (2) 下流域および
別府湾沿岸の常緑広葉樹林. 「大野川-自然・社会・
教育-」, 大分大学教育学部, pp. 113-134.
- 須股博信・真柴茂彦・鈴木時夫 (1969) 日豊海岸の植物.
「日豊海岸学術調査報告書」, 大分県・宮崎県, pp.
41-57.
- 鈴木邦雄 (1979) 琉球列島の植生学. 横浜国立大
学環境科学センター紀要, **5**, 87-160.
- 鈴木時夫 (1948) 房総伊豆半島の暖帯林植生について.
日本林学会昭和23年春季大会講演要旨, 15-18.
- 鈴木時夫 (1951) 大隅半島の暖帯林植生. 東京大学農学
部演習林報告, **41**, 57-73.
- 鈴木時夫 (1952) 東亜の森林植生. 古今書院, 東京, 132p.
- Suzuki, T. (1953) The forest climaxes of East Asia. *Japanese
Journal of Botany*, **14**, 1-12.
- 鈴木時夫 (1961) モミ-シキミ群集について. 大分大学
学芸部研究紀要 (自然科学), **10**, 57-72.
- 鈴木時夫 (1966) 日本の自然林の植物社会学的体系の概
観. 森林立地, **8** (8), 1-12.
- 鈴木時夫・福嶋 司 (1970) 雨乞岳の植生図示. 大分大
学教育学部紀要, **3**, 39-54.
- 鈴木時夫・蜂屋欣二 (1951) 伊豆半島の森林植生. 東京
大学農学部演習林報告, **39**, 145-169.
- 鈴木時夫・森 尚 (1957) 六甲山の極盛相森林. 大分大
学学芸部研究紀要 (自然科学), **6**, 29-58.
- 鈴木時夫・須股博信 (1964) 大分県天然記念物御岳原生
林の研究. 大分大学研究紀要 (自然), **2** (4), 82-96.
- 鈴木時夫・鈴木和子 (1973) 暖帯 (暖温帯) の植物社会.
佐々木好之 (編), 「植物社会学」, 共立出版, 東京,
pp. 18-24.
- 鈴木時夫・和田克之 (1949) 房総半島南部の暖帯林植生.
東京大学農学部演習林報告, **37**, 115-134.
- Yamanaka, T. (1955) Studies on the limestone vegetation in
Shikoku, Japan. *Research Reports of Kochi University*,
4 (2), 1-12.
- Yamanaka, T. (1962) Warm temperate forests in Shikoku
(Forest climaxes in Shikoku, Japan 2). *Research Reports
of Kochi University, Natural Science I*, **11** (1), 1-8.
- 山中二男 (1966) アラカシーナンテン群集について. 高
知大学学術研究報告 (自然科学I), **15** (2), 11-19.
- 山崎 敬 (1959) 日本列島の植物分布. 自然科学と博物
館, **26**, 1-19.
- 山崎 敬 (1970) 小笠原諸島の高等植物. 小笠原の学術・
天然記念物調査報告書, 文部省・文化庁, p. 95-124.
- 矢頭献一 (1955) 伊勢平野南部の森林生態 I・伊勢市高
倉山. 三重大学農学部学術報告, **9**, 151-165.

付表1 (1) ヤブツバキクラス, オキナワジューボチョウジオーダー, オキナワジューボチョウジ群団に属する5群集 (A: オキナワジューケナガエサカキ群集, B: リュウキュウチクーシマモクセイ群集, C: オキナワジューシキミ群集, D: オキナワジューアマミテンナンショウ群集, E: ミヤマシロバイーアマミヒイラギモチ群集) の総合常在度表. 番号1, 2, 4, 5の調査面積は100㎡に統一. 括弧内は平均被度 (%) を示し, +は0.01%未満. 調査地については表4参照.

調査地番号		1	2	3	4	5	
群集名略号		A	B	C	D	E	
平均調査面積 (㎡)		100	100	235	100	100	
調査区数		13	5	34	55	6	
階層	平均高(m)	高木層(T1)	16.3±1.8	9.0±1.2	13.7	18.7±2.0	7.7±1.0
		亜高木層(T2)	12.3±1.6	-	9.0	13.7±1.5	-
		第1低木層(S1)	7.7±0.5	6.3±1.9	-	8.0±0.0	6.3±0.5
		第2低木層(S2)	2.0±0.0	1.9±0.2	3.4	2.1±0.2	2.0±0.0
		草本層(H)	0.5±0.1	0.7±0.1	0.8	0.6±0.1	0.5±0.0
	平均植被率 (%)	高木層(T1)	71.5±17.4	38.8±19.3	77.6	87.2±10.7	50.5±22.8
		亜高木層(T2)	43.6±11.6	-	51.7	35.3±18.1	-
		第1低木層(S1)	56.5±14.6	65.0±22.4	-	48.2±17.7	75.0±10.5
		第2低木層(S2)	51.2±14.3	69.0±19.5	37.6	25.3±11.8	51.7±14.7
		草本層(H)	29.6±17.8	49.0±14.7	28.8	13.5±9.1	36.7±19.9
平均高木層構成高木DBH(cm)		39.8±20.4	19.4±8.4 ¹⁾	-	45.8±16.8	13.0±3.9	
平均高木層構成高木個体数		3.5±1.5	5.8±3.4 ¹⁾	-	3.8±1.6	10.8±3.3	
総出現種数		178	132	228	188	91	
総照葉樹林構成種数		152	108	169	164	75	
種多様性(平均全出現種数)		68.8±6.11	66.0±11.49	52.6	46.7±6.37	54.8±4.62	
種多様性(平均照葉樹林構成種数)		61.8±5.34	53.6±9.84	-	45.2±6.04	47.3±3.50	
オキナワジューケナガエサカキ群集標微種・識別種							
<i>Archidendron lucidum</i>	アカダバキ	IV (1.00)	I (0.01)	.	.	.	
<i>Symplocos liukuensis</i> var. <i>iriomotensis</i>	イリオモテハイノキ	IV (4.75)	I (0.20)	.	.	.	
<i>Malaxis bancanoides</i>	イリオモテヒメラン	II (0.02)	III (0.14)	.	.	.	
<i>Michelia compressa</i> var. <i>formosana</i>	タイワンオガタマ	IV (2.85)	I (0.02)	.	.	.	
<i>Freycinetia formosana</i>	ツルアダン	V (12.26)	V (10.20)	.	.	.	
<i>Ilex maximowicziana</i>	ナガバノイヌツゲ	IV (0.37)	IV (0.74)	.	.	.	
<i>Hydrangea yayeyamensis</i>	ヤエヤマコンテリギ	III (0.84)	I (1.00)	.	.	.	
<i>Illicium anisatum</i> var. <i>tashiroi</i>	ヤエヤマシキミ	V (4.31)	IV (4.10)	.	.	.	
<i>Bredia yaeyamensis</i>	ヤエヤマノボタン	II (0.05)	I (1.00)	.	.	.	
<i>Heterotropa gelasina</i>	エカホサイシン	V (0.20 )	.	.	.	.
<i>Ficus variegata</i>	キラノイヌヒワ	I (1.15 )	.	.	.	.
<i>Adinandra yaeyamensis</i>	ケナガエサカキ	I (0.77 )	.	.	.	.
<i>Rhododendron latouchaeae</i>	セイシカ	II (0.48 )	.	.	.	.
<i>Saurauia tristyla</i>	タカサゴシラタマ	I ( + )	.	.	.	.
<i>Ophiorrhiza japonica</i> var. <i>tashiroi</i>	ナガバノイヌモリ	I (0.02 )	.	.	.	.
<i>Symplocos prunifolia</i> var. <i>tawadae</i>	ナガバノクハク	II (0.52 )	.	.	.	.
<i>Glochidion rubrum</i>	ヒラミカンノキ	III (0.70 )	.	.	.	.
<i>Bridelia balansae</i>	マルヤマカンコノキ	III (1.46 )	.	.	.	.
<i>Bridelia balansae</i>	マルヤマカンコノキ	III (1.46 )	.	.	.	.
<i>Eurya yaeyamensis</i>	ヤエヤマヒサカキ	IV (0.52 )	.	.	.	.
<i>Eria ovata</i>	リュウキュウセッコク	II (0.15 )	.	.	.	.
リュウキュウチクーシマモクセイ群集標微種・識別種							
<i>Heterotropa dissita</i>	オモロカンアイ	.	III (0.26)	.	.	.	
<i>Anoetochilus formosanus</i>	キバナシユスラン	.	II (+)	.	.	.	
<i>Eurya sakishimensis</i>	サキシマヒサカキ	.	II (0.30)	.	.	.	
<i>Heterotropa monodoriflora</i>	モドランカンアイ	.	I (+)	.	.	.	
<i>Pleioblastus linearis</i>	リュウキュウチク	.	IV (23.30)	.	.	.	
オキナワジューシキミ群集標微種・識別種							
<i>Symplocos liukuensis</i>	アオバナハイノキ	.	.	I	.	.	
<i>Dendrobium okinawense</i>	オキナワセッコク	.	.	I	.	.	
<i>Eurya zigzag</i>	クニガミヒサカキ	.	.	I	.	.	
<i>Arachniodes dimorphophylla</i>	ホサキカナワラビ	.	.	II	.	.	
<i>Microlepidia hookeriana</i>	ヤンバルフモトシダ	.	.	I	.	.	
<i>Symplocos stellaris</i>	ヤンバルミズハイ	.	.	II	.	.	
<i>Hydrangea liukuensis</i>	リュウキュウコンテリギ	.	.	II	.	.	
<i>Dryopteris hasseltii</i>	リュウキュウシダ	.	.	I	.	.	
<i>Adinandra ryukyensis</i>	リュウキュウナガエサカキ	.	.	III	.	.	
オキナワジューアマミテンナンショウ群集標微種・識別種							
<i>Polypodium amamanum</i>	アマミアオネカスラ	.	.	.	I (0.01)	.	
<i>Rhododendron amamiense</i>	アマミセイシカ	.	.	.	I (0.06)	.	
<i>Arisaema heterocephalum</i>	アマミテンナンショウ	.	.	.	I (+)	.	
<i>Heterotropa lutchuensis</i>	オオバカンアイ	.	.	.	II (0.02)	.	
<i>Blastus cochinchinensis</i>	ミヤマハシカンボク	.	.	.	V (17.87)	.	
ミヤマシロバイーアマミヒイラギモチ群集標微種・識別種							
<i>Ilex dimorphophylla</i>	アマミヒイラギモチ	.	.	.	.	I (+)
<i>Rubus amamanus</i>	アマミユイチゴ	.	.	.	.	II (0.03)
<i>Smilax biflora</i>	ヒメカカラ	.	.	.	.	V (0.43)
<i>Eurya emarginata</i> var. <i>minutissima</i>	マヒサカキ	.	.	.	.	IV (1.53)
<i>Heterotropa celsa</i>	ミヤヒカンアイ	.	.	.	.	V (0.07)
<i>Symplocos confusa</i>	ミヤマシロバイ	.	.	.	I (0.04)	IV (2.17)	
<i>Balanophora yuwanensis</i>	ユワンツトリモチ	.	.	.	.	I (+)
オキナワジューケナガエサカキ群集およびオキナワジューシキミ群集識別種							
<i>Cibotium barometz</i>	タカラワラビ	.	.	II	.	.	
<i>Habenaria stenopetala</i>	テツオサキソウ	I ( + )	.	.	.	.
<i>Epipremnum pinnatum</i>	ハバカスラ	II (0.22 )	.	.	.	.
<i>Tutcheria virgata</i>	ヒサカキサザンカ	IV (1.93)	I (0.40)	II	.	.	
<i>Ficus irisana</i>	ムクイヌヒワ	I (0.04 )	.	.	.	.
<i>Euonymus tashiroi</i>	ヤンバルムコミ	.	III (0.12)	III	.	.	
<i>Asplenium australasicum</i>	リュウキュウトリノシダ	V (1.24 )	.	.	.	.
オキナワジューシキミ群集およびオキナワジューアマミテンナンショウ群集識別種							
<i>Symplocos microcalyx</i>	アマシハ	.	.	II	III (1.63)	V (4.37)	
<i>Glochidion acuminatum</i>	ウラジロカンコノキ	.	.	II	V (0.26)	III (0.15)	
<i>Michelia compressa</i>	オガタマノキ	.	.	I	.	.	
<i>Illicium anisatum</i>	シキミ	.	.	III	II (0.70)	V (25.17)	
<i>Cinnamomum okinawense</i>	ニッケイ	.	.	II	.	.	
<i>Dryopteris koidzumiana</i>	ホコサキヘシダ	.	.	III	III (0.19)	V (0.92)	
<i>Ilex maximowicziana</i> var. <i>kanehirae</i>	ムツヤガラ	.	.	III	II (0.33)	IV (0.52)	
<i>Damnacanthus biflorus</i>	リュウキュウアトドオン	.	.	II	I (0.02)	IV (0.21)	

付表 1 (2)

調査地番号	1	2	3	4	5
<i>Fatsia japonica</i> var. <i>liukuensis</i>	リュウキュウヤツテ	.	.	.	.
オキナワジイーボチヨウジオーダーおよびオキナワジイーボチヨウジ群団標微種・識別種					
<i>Pouteria obovata</i>	アカテツ	I (0.04)	.	.	.
<i>Wendlandia formosana</i>	アカミズキ	III (1.51)	II (0.54)	III	V (3.84)
<i>Ficus benguetensis</i>	アカメイスビウ	II (1.58)	I (1.20)	I	.
<i>Quercus glauca</i> var. <i>amamiana</i>	アマミアラカン	.	.	I (0.07)	II (0.83)
<i>Eurya osimensis</i>	アマミヒサカキ	.	.	II (0.52)	.
<i>Ilex warburgii</i>	オオソイハモチ	III (1.52)	.	IV	II (1.51)
<i>Lasianthus obliquinervis</i>	オオハルリミノキ	II (0.10)	.	I	.
<i>Ligustrum liukuense</i>	オキナワイボタ	.	I (0.40)	II	III (0.05)
<i>Quercus miyagii</i>	オキナワウラジロカン	.	.	II	II (1.76)
<i>Castanopsis sieboldii</i> subsp. <i>lutchuensis</i>	オキナワシイ	V (61.01)	IV (14.24)	V	V (63.15)
<i>Ainsliaea macroclindiooides</i> var. <i>okinawensis</i>	オキナワテイショウソウ	II (0.54)	I (0.02)	I	.
<i>Vaccinium wrightii</i>	ギーマ	II (0.58)	.	.	III (0.29)
<i>Glochidion lanceolatum</i>	キールカンコノキ	.	.	I	.
<i>Arenga engleri</i>	クログツ	.	I (0.02)	.	.
<i>Cyathea podophylla</i>	クロヘゴ	V (28.58)	V (30.12)	IV	II (0.60)
<i>Bulbophyllum makinoanum</i>	シコウラン	I (+)	.	.	.
<i>Cinnamomum doederleinii</i>	シハニツクイ	III (1.35)	II (0.90)	II	I (+)
<i>Randia canthioides</i>	シマミサオノキ	IV (3.54)	III (0.40)	V	V (5.98)
<i>Pileostegia viburnoides</i>	シマユキカスラ	I (0.01)	I (0.02)	II	III (0.14)
<i>Marsdenia tinctoria</i> var. <i>tomentosa</i>	ソメモカスラ	I (+)	.	I	.
<i>Lasianthus cyanocarpus</i>	タイワツルミノキ	IV (0.35)	I (0.01)	I	.
<i>Lindsaea merrillii</i>	トラノオホノグウシダ	II (0.35)	III (0.14)	.	.
<i>Symplocos nakaharae</i>	ナカハラクロキ	II (0.74)	.	II	I (0.02)
<i>Meliosma squamulata</i>	ナンバンアワブキ	.	.	IV	I (0.02)
<i>Goodyera grandis</i>	ナンバンキンギンソウ	.	I (0.04)	.	.
<i>Ficus virgata</i>	ハマイスビウ	I (0.03)	.	.	.
<i>Itea oldhamii</i>	ヒラキスズナ	.	.	.	I (0.03)
<i>Thelypteris simplex</i>	ヒツバコウモリシダ	III (9.31)	.	.	.
<i>Camellia lutchuensis</i>	ヒメサザンカ	IV (2.71)	IV (3.70)	IV	.
<i>Schima wallichii</i>	ヒメツバキ	I (0.77)	.	III	III (10.08)
<i>Coptosapelta diffusa</i>	ヒョウタンカスラ	I (+)	.	I	.
<i>Nephrolepis biserrata</i>	ホウヒカンジュ	I (0.22)	.	.	.
<i>Angiopteris palmiformis</i>	ホリハリュウビンタイ	.	.	.	I (+)
<i>Rhynchotechum discolor</i>	ヤマビワソウ	I (+)	.	.	.
<i>Diospyros maritima</i>	リュウキュウカキ	I (+)	.	.	.
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>australiukuensis</i>	リュウキュウツルマサキ	.	I (0.06)	.	I (0.03)
<i>Osmanthus marginatus</i>	リュウキュウモクセイ	V (2.37)	IV (1.04)	I	.
ヤブツノバキクラス標微種・識別種					
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	II (2.32)	.	I	IV (2.97)
<i>Kadsura japonica</i>	サネカスラ	II (0.12)	III (0.28)	I	III (0.13)
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	I (+)	I (0.04)	I	I (0.04)
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	V (12.24)	I (0.30)	IV	III (4.21)
<i>Elaeagnus glabra</i>	ツルグミ	.	.	I	I (+)
<i>Lepisorus thunbergianus</i>	ノキンソフ	.	.	I	IV (0.03)
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	.	II (0.60)	II	II (0.16)
<i>Lemnaphyllum microphyllum</i>	マメツタ	II (0.02)	IV (0.16)	I	V (0.16)
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	IV (0.23)	II (0.16)	V	I (0.03)
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	I (0.11)	II (0.46)	II	.
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	I (+)	.	II	I (0.07)
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	II (1.31)	III (6.60)	IV	II (0.18)
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニツクイ	I (0.23)	III (3.84)	IV	I (0.09)
屋久島以南に分布する照葉樹林構成種					
<i>Symplocos cochinchinensis</i>	アオバナノキ	I (0.03)	.	I	.
<i>Vittaria zosterifolia</i>	アマモシラン	II (0.11)	.	I	I (0.02)
<i>Codonacanthus pauciflorus</i>	アリモリソウ	.	III (0.22)	I	.
<i>Trachelospermum gracilipes</i> var. <i>liukuense</i>	オキナワテイカスラ	III (0.06)	V (1.12)	II	I (+)
<i>Selaginella doederleinii</i>	オニクマコケ	III (0.05)	I (1.20)	III	III (0.02)
<i>Cephalomanes obscurum</i>	オニホラコケ	II (0.01)	.	.	II (+)
<i>Goodyera hachijoensis</i> var. <i>matsumurana</i>	カコメラン	I (+)	II (+)	I	I (+)
<i>Diplazium donianum</i>	キノホリシダ	I (+)	III (3.60)	I	I (+)
<i>Lasianthus fordii</i> var. <i>pubescens</i>	ケハダールミノキ	III (0.47)	.	II	.
<i>Thelypteris triphylla</i>	コウモリシダ	II (1.50)	I (+)	II	.
<i>Rhododendron tashiroi</i>	サクラツツジ	.	.	V	III (1.85)
<i>Hoya carnosa</i>	サクララン	IV (0.08)	I (0.10)	II	V (0.29)
<i>Ardisia quinquegona</i>	シシアクチ	V (11.15)	V (1.38)	IV	V (3.08)
<i>Asplenium nidus</i>	シマオオニワタリ	.	III (0.28)	.	IV (1.00)
<i>Tricalysia dubia</i>	シロミスズ	IV (1.78)	.	II	I (0.05)
<i>Liparis plicata</i>	チケイラン	I (+)	.	.	I (+)
<i>Calanthe furcata</i>	ツルラン	I (+)	.	I	I (+)
<i>Desmodium laxum</i> subsp. <i>leptopus</i>	トキワヤブハキ	II (0.02)	IV (0.06)	II	.
<i>Diplazium incomptum</i>	ニセシケチシダ	.	I (0.10)	I	II (0.20)
<i>Morinda umbellata</i>	ハナカサノキ	III (0.46)	III (0.10)	I	II (0.05)
<i>Diplazium pullingeri</i>	ハンコウシダ	.	.	.	I (0.04)
<i>Blechnum orientale</i>	ヒリュウシダ	III (0.79)	IV (3.40)	III	I (0.16)
<i>Psychotria rubra</i>	ホトチウシ	V (3.78)	IV (3.70)	V	V (2.34)
<i>Lasianthus wallichii</i>	マルハルリミノキ	V (1.15)	V (1.54)	II	.
<i>Elaeagnus liukuensis</i>	リュウキュウツルグミ	I (+)	.	I	.
<i>Desmodium laxum</i> subsp. <i>laterale</i>	リュウキュウスズヒトハキ	III (0.07)	I (0.20)	.	.
<i>Euonymus lutchuensis</i>	リュウキュウユミ	IV (0.70)	II (0.28)	II	.
<i>Ilex liukuensis</i>	リュウキュウモチ	IV (2.58)	I (0.02)	I	II (0.75)
<i>Lasianthus fordii</i>	リュウキュウマルミノキ	IV (0.64)	V (2.18)	IV	I (+)
<i>Calanthe lyroglossa</i>	レンギョウエヒネ	I (0.02)	I (0.60)	II	.
南西諸島より本土まで分布する照葉樹林構成種					
<i>Alpinia intermedia</i>	アオノマタラン	V (2.27)	V (3.20)	V	III (0.17)
<i>Syzygium buxifolium</i>	アデク	IV (6.50)	III (0.50)	IV	IV (2.58)
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	IV (8.99)	IV (2.86)	V	V (23.74)
<i>Ficus nipponica</i>	イタビカスラ	III (0.05)	I (0.02)	.	I (0.13)
<i>Neolitsea aciculata</i>	イサカシ	IV (1.24)	V (3.98)	IV	III (1.03)
<i>Podocarpus macrophyllum</i>	イヌマキ	IV (0.60)	III (0.34)	I	III (1.14)
<i>Loxogramme salicifolia</i>	イワヤナキシダ	.	.	I	I (+)

付表 1 (3)

調査地番号	1	2	3	4	5
<i>Crepidomanes minutus</i>	ウチゴケ	・	・	I (+)	・
<i>Lindsaea chienii</i>	エダウチホシグウシダ	II (0.34)	III (0.04)	IV	III (0.05) I (0.08)
<i>Damnacanthus indicus</i> var. <i>major</i>	オオアリトオン	・	III (1.00)	II	・
<i>Asplenium antiquum</i>	オオタコウタリ	・	・	I	I (0.11)
<i>Stephanotis lutchuensis</i>	オキナワシタキヅル	I (+)	I (+)	・	I (0.02)
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	II (0.62)	IV (3.98)	V	I (1.51) V (0.49)
<i>Saccolabium japonicum</i>	カンシキラン	II (0.01)	・	I	II (+)
<i>Selaginella involvens</i>	カタヒバ	・	・	I	II (0.17)
<i>Ctenitis subglandulosa</i>	カヅモウイノデ	・	・	I	II (0.83)
<i>Marsdenia tomentosa</i>	キシヨラン	I (+)	・	・	I (0.03)
<i>Tarena gracilipes</i>	キョクシソカ	II (0.15)	・	IV	I (0.02)
<i>Cyathea hancockii</i>	ウサマルハチ	・	・	I	I (0.01)
<i>Gardenia jasminoides</i>	クチナシ	I (0.31)	II (0.16)	I	I (0.20) III (0.05)
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	I (0.91)	・	・	I (0.25)
<i>Symplocos prunifolia</i>	クロバイ	・	・	II	II (1.94) V (14.70)
<i>Alocasia odora</i>	クワズイモ	・	I (0.02)	I	I (+)
<i>Arachniodes sporadosora</i>	コバノカナワラビ	III (0.75)	V (3.20)	I	III (0.15) II (0.07)
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コバンモチ	IV (0.71)	IV (2.20)	V	III (4.34) V (3.63)
<i>Anodendron affine</i>	サカキカズラ	II (0.02)	・	I	I (0.03)
<i>Camellia sasanqua</i>	サザンカ	I (+)	I (0.20)	I	I (0.08) III (0.28)
<i>Viburnum awabuki</i>	サンゴジュ	・	・	I	I (0.05)
<i>Vittaria flexuosa</i>	シシラン	I (+)	・	・	I (+)
<i>Maesa tenera</i>	シマイスセリヨウ	・	・	II	I (0.15)
<i>Actinidia rufa</i>	シマサルナン	・	・	I	I (0.04)
<i>Goodyera viridiflora</i>	シマユスラン	I (+)	I (+)	・	・ I (+)
<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>umbellata</i>	シヤリンバイ	II (0.85)	I (0.02)	II	I (0.11)
<i>Turpinia ternata</i>	シヨウベンノキ	III (0.12)	I (0.02)	III	I (1.39)
<i>Psychotria serpens</i>	シラタマカズラ	IV (0.23)	III (0.04)	IV	V (0.57) V (2.33)
<i>Lindsaea orbiculata</i> var. <i>commixta</i>	シシエダウチホシグウシダ	I (0.03)	I (0.01)	I	II (0.05) V (0.75)
<i>Cheiropleuria bicuspis</i>	スシヒツバ	I (3.65)	I (0.02)	I	I (0.02)
<i>Sarcandra glabra</i>	センリョウ	V (1.96)	III (3.20)	III	II (0.28) V (3.25)
<i>Myrsine seguinii</i>	タイミンタチハナ	IV (2.68)	II (1.00)	IV	IV (5.54) V (46.23)
<i>Plagiogyria adnata</i>	タカサコキジノオ	・	・	II	II (0.07) V (1.55)
<i>Ilex goshiensis</i>	ツゲモチ	V (1.07)	I (0.62)	III	I (0.31)
<i>Goodyera foliosa</i> var. <i>commelinoides</i>	ツユクサユスラン	I (+)	I (0.02)	I	・
<i>Ardisia pusilla</i>	ツルコウジ	IV (1.05)	I (0.60)	II	・
<i>Crepidomanes auriculata</i>	ツルホラゴケ	I (0.13)	・	・	II (0.04)
<i>Lycopodium serratum</i>	トウゲシバ	・	・	・	I (+) III (+)
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワカキ	・	・	III	II (1.03)
<i>Tylophora japonica</i>	トキワカモメヅル	IV (0.04)	I (0.20)	II	II (0.08)
<i>Calanthe gracilis</i>	トウサラン	III (0.10)	V (0.54)	III	・
<i>Pittosporum tobira</i>	トベラ	・	・	I	I (0.19)
<i>Podocarpus nagi</i>	ナギ	I (0.77)	・	I	III (0.90) IV (0.32)
<i>Cymbidium lancifolium</i>	ナギラン	・	・	I	I (+)
<i>Lycopodium hamiltonii</i>	ナンカクラン	I (+)	・	I	I (+)
<i>Aucuba japonica</i> var. <i>ovoidea</i>	ナンゴクアオキ	・	・	・	II (0.40) IV (0.22)
<i>Microsorium buergerianum</i>	ヌカホシクハララン	・	IV (0.26)	I	I (+)
<i>Ophiopogon jaburan</i>	ノシラン	・	・	I	・ V (0.24)
<i>Viburnum japonicum</i>	ハクサンホウ	I (0.08)	IV (1.44)	III	・
<i>Litsea acuminata</i>	ハリハリノキ	II (0.35)	IV (2.88)	III	III (3.32) I (+)
<i>Pyrrosia lingua</i>	ヒツバ	IV (0.32)	・	・	II (0.11)
<i>Ficus stipulata</i>	ヒメイチビ	・	・	I	III (0.05)
<i>Tainia laxiflora</i>	ヒメトケンラン	・	・	I	・ V (0.02)
<i>Listera japonica</i>	ヒメフタバラン	・	・	I	I (+)
<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメユスリハ	IV (2.78)	II (4.14)	III	II (0.34) V (0.54)
<i>Diplazium dilatatum</i>	ヒロハノキリシダ	・	・	I	III (5.95)
<i>Piper kadzura</i>	フウトウカズラ	I (0.04)	・	・	IV (0.23)
<i>Schefflera octophylla</i>	フカノキ	V (2.72)	V (9.74)	V	III (5.01) IV (0.47)
<i>Bolbitis subcordata</i>	ヘツカシダ	II (0.15)	IV (5.80)	I	III (0.31)
<i>Diplazium subsinuatum</i>	ヘラシダ	II (0.04)	・	I	II (+)
<i>Hymenophyllum polyanthos</i>	ホリハコケシノブ	・	・	・	I (+) II (0.01)
<i>Machilus japonica</i>	ホリハタバ	II (0.41)	II (0.61)	III	IV (2.71)
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> var. <i>ellipticus</i>	ホルトノキ	V (0.52)	IV (2.64)	I	IV (4.95) V (6.05)
<i>Psilotum nudum</i>	マツハラ	I (+)	・	・	I (+)
<i>Symplocos glauca</i>	ミズバイ	IV (1.48)	III (2.30)	III	I (0.04) III (0.47)
<i>Diplazium mettenianum</i>	ミヤマノコキリシダ	・	I (0.01)	II	I (0.03)
<i>Ardisia sieboldii</i>	モクダチハナ	V (2.25)	V (10.72)	III	V (13.42) III (0.17)
<i>Microtropis japonica</i>	モクレイシ	IV (0.59)	III (0.26)	II	I (0.11)
<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	モッコク	III (2.05)	I (0.16)	II	II (0.46)
<i>Antidesma japonicum</i>	ヤマヒハツ	IV (2.35)	V (0.90)	IV	IV (1.04) V (0.63)
<i>Helicia cochinchinensis</i>	ヤマモカシ	II (0.09)	・	II	I (0.07)
<i>Myrica rubra</i>	ヤマモモ	II (3.18)	・	III	I (0.66) V (5.62)
<i>Colysis wrightii</i>	ヤリノホクリハラ	・	・	I	I (0.01)
<i>Liparis formosana</i>	ユウコクラン	I (0.04)	III (0.06)	I	I (+)
<i>Dryopteris sordidipes</i>	ヨコレイタチシダ	III (0.49)	I (0.20)	II	IV (1.17)
<i>Skimmia japonica</i> var. <i>lutchuensis</i>	リュウキュウミヤマシキミ	I (+)	II (0.32)	II	・ V (1.85)
<i>Angiopteris lygodifolia</i>	リュウビシタ	III (2.70)	II (0.22)	I	III (0.21)

1調査地にのみ出現した標微種、識別種以外の種。1:アツバキノホリシダ(II), イヌタマシダ(I), オオサンショウソウ(I), オキナワムヨウラン(I), カンシノホラゴケ(I), ハマヒサカキ(II), ヒノキハヤドリギ(I), ヨウラクヒバ(I), 2:ガジュマル(I), 3:アミシダ(I), イフダケキノホリシダ(I), ウツルカンダ(I), オキナワクシヤク(I), オリヅルシダ(I), カキバカンコノキ(I), カンラン(I), ケチカカズラ(I), コウザキシダ(I), コクテンギ(I), サシラン(I), サツマイナモリ(I), シヤシヤンボ(I), スリトラノオ(I), ヘゴ(I), ホリハカナワラビ(I), ホルトカズラ(I), マチバシイ(I), ヤマビワ(II), リュウキュウホラゴケ(I), 4:アオガネシダ(III), アコウ(I), イソヤマアオキ(I), オオイチビ(I), オオハヤドリギ(I), オサラン(I), カゲロウラン(I), カノノキ(I), キバナメッコク(II), キンリョウソウ(I), クロムヨウラン(I), サンカクホシグウシダ(I), シノブ(III), シヤクショウソウ(I), チャボイナモリ(I), ナガハマイタチシダ(I), ナコラン(II), ハイホシゴケ(I), ハクチノキ(I), ハスノハカズラ(I), ヒメアリトオン(II), ヒメナヘワリ(I), ヒモラン(I), ヒロハミヤマノコキリシダ(I), フウラン(I), ホウラン(I), マメヅラン(II), ヤクカナワラビ(I), ヤクシマアサユスラン(I), ヤッコソウ(I), 5:コウヤクシノブ(IV)。

1): 5調査区のうち4区の値。

付表 2 (1) ヤブツバキクラス、スタジューヤブコウジオーダー、スタジュー群団に属する9群集 (F:スタジューヤクシマアジサイ群集, G:スタジュータイミンタチバナ群集, H:スタジュークロキ群集, I:スタジューミズバイ群集, J:コジューカナメモチ群集, K:スタジューオオシマカンスゲ群集, L:スタジューホソバカナワラビ群集, M:スタジュートキワイカリソウ群集, N:スタジューヤブコウジ群集) の総合常在度表. 番号6, 11の調査面積は100㎡に, 番号7は225㎡に統一. 括弧内は平均被度 (%) を示し, +は0.01%未満, 調査地については表4参照.

調査地番号		6	7	8	9	10	11	12	13	14	
群集名略号		F	G	H	I	J	K	L	N	M	
平均調査面積 (㎡)		100	225	-	267	189	100	243	233	244	
調査区数		9	26	35	25	30	12	18	23	27	
階層	平均高(m)	高木層(T1)	18.8±2.0	21.7±3.8	-	20.0	17.9	16.9±1.7	15.1	19.7	18.4
		亜高木層(T2)	13.0±1.8	13.3±2.3	-	10.2	10.6	12.3±1.6	8.0	11.4	9.7
		第1低木層(S1)	7.8±0.7	7.9±0.8	-	5.9	5.1	7.7±0.7	-	6.0	-
		第2低木層(S2)	2.0±0.0	2.2±0.3	-	2.1	2.0	2.0±0.0	3.6	2.0	3.7
		草本層(H)	0.6±0.1	0.5±0.2	-	0.4	0.5	0.6±0.1	0.6	0.4	0.7
	平均植被率(%)	高木層(T1)	72.8±19.9	79.6±11.7	-	84.8	86.0	79.0±18.5	85.2	74.8	82.9
		亜高木層(T2)	40.6±18.5	43.6±25.1	-	47.4	45.7	45.4±15.7	31.3	44.7	39.7
		第1低木層(S1)	43.9±17.8	52.3±21.0	-	53.9	40.2	32.5±6.9	-	44.8	-
		第2低木層(S2)	18.7±7.9	25.4±8.2	-	54.7	61.3	23.6±14.7	38.1	58.3	43.1
		草本層(H)	56.7±23.6	27.8±25.0	-	58.0	46.1	58.3±21.1	56.4	54.3	38.4
平均高木層構成高木DBH(cm)		73.1±48.1	-	-	-	-	55.3±19.9	-	-	-	
平均高木層構成高木個体数		2.4±1.0	4.9±2.6	-	-	-	3.2±1.6	-	-	-	
総出現種数		137	155	100	162	170	87	188	231	196	
総照葉樹林構成種数		124	137	65	120	76	73	90	64	61	
種多様性(平均全出現種数)		59.9±8.7	54.1±8.84	27.5	47.4	36.1	37.7±4.31	42.9	49.0	29.1	
種多様性(平均照葉樹林構成種数)		56.6±9.2	51.9±8.54	-	-	-	34.3±3.96	-	-	-	
スタジューヤクシマアジサイ群集の標徴種・識別種											
<i>Diplazium donianum</i> var. <i>aphanoneuron</i>	アツバキ/ホリシダ	III (1.61 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trachelospermum gracilipes</i> var. <i>liukiense</i>	オキナワテカスラ	IV (0.25 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Selaginella doederleinii</i>	オニクラモク	II (0.02 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Farfugium hiberniflorum</i>	カンツワフキ	III (0.09 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhododendron tashiroi</i>	サクラツツジ	III (2.89 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hoya carmosa</i>	サクララン	V (0.63 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ardisia quinquegona</i>	シリアケチ	IV (1.32 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asplenium nidus</i>	シマオオタマフタ	IV (0.61 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calanthe furcata</i>	ツルラン	IV (0.38 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calanthe gracilis</i>	トクサラン	II (0.02 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Symplocos tanakae</i>	ヒロハノミズバイ	II (0.84 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris koidzumiana</i>	ホコザキベニシダ	II (0.22 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Psychotria rubra</i>	ボトコウジ	IV (0.71 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erycibe henryi</i>	ホルトカスラ	II (0.06 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arachniodes amabilis</i> var. <i>amabilis</i>	ヤクシマワラビ	III (8.67 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hydrangea graosseserrata</i>	ヤクシマアジサイ	V (0.77 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Goodyera hachijoensis</i> var. <i>yakushimensis</i>	ヤクシマユスラン	IV (0.03 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ilex liukiensis</i>	リュウキュウモチ	II (1.63 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lasianthus fordii</i>	リュウキュウルミノキ	V (2.85 )	.	.	.	.	.	.	.	.
スタジュータイミンタチバナ群集の標徴種											
<i>Quercus hondae</i>	ハナカガン	.	II (2.58 )	.	.	.	.	.	.	.
スタジューヤクシマアジサイ群集およびスタジュータイミンタチバナ群集の識別種											
<i>Ficus superba</i>	アコウ	II (6.67 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Syzygium buxifolium</i>	アテウ	II (0.28)	I (0.02 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Colysis pothifolia</i>	オオイトヒトデ	IV (0.66 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Maclura cochinchinensis</i>	カカツカク	.	II (0.04 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tarenna gracilipes</i>	キョウシンカ	IV (0.52 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Maesa tenera</i>	シマイスンリョウ	III (0.81 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Turpinia ternata</i>	ショウベンノキ	IV (10.08 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Psychotria serpens</i>	シラタマカスラ	V (0.53 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Osmunda banksiifolia</i>	シロヤマセンマイ	.	II (0.29 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Oreocnide pedunculata</i>	ハドノキ	II (0.11)	I ( + )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Diplazium dilatatum</i>	ヒロハノキ/リンダ	IV (3.17 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schefflera octophylla</i>	フカノキ	V (15.33 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ardisia sieboldii</i>	モクダチバナ	V (21.71 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Antidesma japonicum</i>	ヤマヒハツ	III (0.43 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Liparis formosana</i>	ユウコラン	V (0.26 )	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris sordidipes</i>	ヨコレイタチシダ	III (4.83 )	.	.	.	.	.	.	.	.
F, G, Hの識別種											
<i>Woodwardia japonica</i>	オオカゲマ	.	.	II	.	.	.	.	.	.
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	II (0.03)	II (0.54)	V	.	.	.	.	I	.
<i>Camellia sasanqua</i>	サザンカ	II (0.79)	I (0.58 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viburnum awabuki</i>	サンゴシユ	.	I (0.02 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aucuba japonica</i> var. <i>ovoidea</i>	ナンゴクアオキ	I (0.22)	I (0.04)	I	.	.	.	.	.	.
<i>Lithocarpus edulis</i>	マテハンシ	IV (6.58)	II (3.10 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Microtropis japonica</i>	モクレイシ	I (0.03 )	.	.	.	.	V (6.37)	.	.	.
スタジュータイミンタチバナ群集およびスタジュークロキ群集の識別種											
<i>Ilex buergeri</i>	シイモチ	.	I (+)	I	.	.	.	.	.	.
<i>Lithocarpus glabra</i>	シラフカガシ	.	IV (2.26)	I	.	.	.	.	.	.
F, G, Iの識別種											
<i>Asplenium wilfordii</i>	アオガネシダ	I (0.01)	II (0.02 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Colysis elliptica</i>	イトヒトデ	.	I (+)	.	I	.	.	.	.	.
<i>Xylosma congestum</i>	クストイゲ	.	I ( + )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Elaeocarpus japonicus</i>	コハンモチ	II (4.11)	IV (1.80)	II	I	.	.	.	.	.
<i>Lasianthus japonicus</i> var. <i>satsumensis</i>	サツマルミノキ	II (0.04)	II (0.14 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ilex goshiensis</i>	ツゲモチ	III (0.51)	II (0.14)	.	I	.	.	.	.	.
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワカキ	IV (1.51)	II (0.58 )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Randia cochinchinensis</i>	ミサオノキ	II (0.12)	I ( + )	.	.	.	.	.	.	.
<i>Symplocos glauca</i>	ミスズバイ	III (0.57)	III (0.89)	.	V	.	.	.	.	.
<i>Meliosma rigida</i>	ヤマビワ	V (6.15)	IV (7.85)	I	II	.	.	.	.	.
<i>Helicia cochinchinensis</i>	ヤマモガシ	I (0.17)	I (0.04)	I	III	.	.	.	.	.
<i>Angiopteris lygodifolia</i>	リュウビソウ	III (2.17 )	.	.	.	.	III (1.01)	.	.	.
<i>Lasianthus japonicus</i>	ルミノキ	I (0.03)	II (0.10)	.	III	.	.	.	.	.

付表 2 (2)

調査地番号		6	7	8	9	10	11	12	13	14
G, H, Iの識別種										
<i>Symplocos theophrastaefolia</i>	カンザブドウキ	.	V (3.08)	I	II	.	.	.	.	.
コジイ-カナメモチ群集の標徴種・識別種										
<i>Photinia glabra</i>	カナメモチ	.	.	.	II	IV	.	.	.	.
<i>Pittosporum illiciooides</i>	コヤスノキ	.	.	.	.	I	.	.	.	.
<i>Vaccinium bracteatum</i>	シヤンヤンホ	I (+)	I (0.14)	II	I	III	.	I	II	.
<i>Ilex pedunculosa</i>	ソコ	.	.	I	I	III	.	.	III	.
<i>Ilex latifolia</i>	タコヨウ	.	I (1.00)	I	I	II	.	.	I	.
<i>Gardenia multiflora</i>	トセカスラ	.	.	.	.	I	.	.	.	.
<i>Ilex chinensis</i>	ナメノキ	.	.	II	I	II	.	.	.	.
スダジイ-オオシマカンスゲ群集の標徴種・識別種										
<i>Calanthe izu-insularis</i>	オオキリシマエヒネ	.	.	.	.	.	I (0.02)	.	.	.
<i>Carex oshimensis</i>	オオシマカンスゲ	.	.	.	.	.	IV (9.68)	.	.	.
<i>Liparis formosana</i> var. <i>hachijoensis</i>	シマササバラ	.	.	.	.	.	III (0.11)	.	.	.
<i>Arisaema negishii</i>	シマテンナンショウ	.	.	.	.	.	III (0.11)	.	.	.
<i>Lepisorus hachijoensis</i>	ハチジョウウラボシ	.	.	.	.	.	I (+)	.	.	.
<i>Goodyera hachijoensis</i>	ハチジョウシュラン	.	.	.	.	.	I (+)	.	.	.
<i>Tropidia nipponica</i> var. <i>hachijoensis</i>	ハチジョウネツタイラン	.	.	.	.	.	I (+)	.	.	.
<i>Dryopteris caudipinna</i>	ハチジョウヘニシダ	.	.	.	.	.	V (6.33)	.	.	.
F, G, I, K, Lの識別種										
<i>Michelia compressa</i>	オガタノキ	I (0.11)	I (0.04)	.	II	I	I (0.07)	.	.	.
<i>Uncaria rhynchophylla</i>	カキカスラ	II (1.23)	I (+)	.	II	.	.	.	.	.
<i>Anodendron affine</i>	サカキカスラ	II (0.16)	III (0.08)	.	II	.	I (0.03)	I	.	.
<i>Sarcandra glabra</i>	センリョウ	IV (0.07)	III (0.27)	.	IV	II	I (+)	I	.	.
<i>Myrsine seguinii</i>	タミミナチバナ	V (4.27)	V (14.66)	I	V	.	II (1.54)	II	.	.
<i>Ardisia pusilla</i>	ツルコウジ	III (0.15)	IV (1.79)	I	IV	.	.	.	.	.
<i>Prunus zippelliana</i>	ハクチノキ	.	.	.	.	.	.	I	.	.
<i>Alpinia japonica</i>	ハナミョウガ	.	IV (0.39)	I	V	.	.	I	.	.
<i>Litsea acuminata</i>	バリハリノキ	II (1.35)	IV (0.56)	.	I	.	III (1.72)	.	.	.
<i>Ficus stipulata</i>	ヒメイトビ	IV (0.12)	IV (0.08)	.	I	.	.	.	.	.
<i>Piper kadzura</i>	フウトウカスラ	IV (1.45)	III (0.24)	.	II	.	V (2.27)	III	.	.
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> var. <i>ellipticus</i>	ホルトノキ	.	.	I	II	.	III (1.07)	II	.	.
スダジイ-トキワイカリソウ群集の標徴種・識別種										
<i>Heterotropa nipponica</i> var. <i>rigescens</i>	アツカンアオイ	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Sasa palmata</i>	チマキササ	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Torreya nucifera</i> var. <i>radicans</i>	チャボカヤ	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Sasa veitchii</i> var. <i>hirsuta</i>	チュウゴクササ	.	.	.	.	.	.	.	I	.
<i>Epimedium sempervirens</i>	トキワイカリソウ	.	.	.	.	.	.	.	V	.
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> var. <i>nana</i>	ハイヌカヤ	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Euonymus lanceolatus</i>	ムラサキユミ	.	.	.	.	.	.	.	II	.
スダジイ群団標徴種・識別種										
<i>Damnacanthus indicus</i>	アリオオン	V (1.32)	V (3.29)	II	V	I	V (2.75)	IV	.	.
<i>Maesa japonica</i>	イズセンリョウ	IV (0.94)	V (2.79)	I	V	I	.	III	.	.
<i>Ficus nipponica</i>	イビカスラ	II (0.02)	IV (0.07)	II	III	III	V (0.80)	IV	II	I
<i>Quercus gilva</i>	イチイカシ	.	III (23.78)	I	II	.	.	I	.	.
<i>Podocarpus macrophyllus</i>	イヌマキ	.	II (0.60)	I	V	I	I (0.46)	IV	.	.
<i>Damnacanthus indicus</i> var. <i>major</i>	オオアリオオン	.	III (0.22)	.	III	I	.	I	.	.
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	I (+)	I (0.02)	II	IV	IV	V (23.30)	V	I	.
<i>Litsea coreana</i>	カゴノキ	.	III (0.48)	III	.	III	.	II	II	I
<i>Gardenia jasminoides</i>	クチナシ	II (0.08)	.	III	III	I	.	I	.	.
<i>Ilex rotunda</i>	クロハネモチ	III (1.18)	III (0.04)	I	III	I	.	III	.	I
<i>Symplocos prunifolia</i>	クロハイ	.	II (0.14)	.	III	I	I (2.08)	.	I	.
<i>Arachniodes sporadosora</i>	コハノカナワラビ	V (2.56)	V (6.75)	I	.	.	III (2.08)	IV	I	.
<i>Pyrrosia lingua</i>	ヒツバ	IV (0.78)	II (0.04)	.	II	I	V (2.30)	.	.	.
<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメスリハ	IV (3.35)	V (2.08)	II	II	I	I (0.84)	II	.	.
<i>Diplazium subsinuatum</i>	ヘラシダ	IV (0.34)	II (6.42)	.	II	.	V (9.67)	I	.	.
<i>Arachniodes aristata</i>	ホリハノカナワラビ	II (2.78)	III (5.67)	II	.	.	.	II	I	.
<i>Temstroemia gymnanthera</i>	モッコク	I (0.83)	IV (1.50)	II	I	I	III (0.38)	.	.	I
<i>Liriope platyphylla</i>	ヤブラン	.	.	III	III	III	.	III	III	II
<i>Myrica rubra</i>	ヤマモモ	.	I (0.62)	I	I	I	I (0.83)	II	.	.
スダジイ-ヤブコウジオーダー標徴種・識別種										
<i>Quercus acuta</i>	アカカシ	II (3.39)	III (12.71)	I	I	.	.	II	I	II
<i>Goodyera foliosa</i> var. <i>maximoviciana</i>	アケボノシュラン	II ( + )	.	.	.	.	III (0.32)	.	.	.
<i>Quercus glauca</i>	アラカシ	.	III (4.80)	V	IV	V	.	IV	II	I
<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	イヌカヤ	.	III (0.14)	.	I	I	.	II	.	.
<i>Polystichum polyblepharum</i>	イデ	.	.	.	I	.	I (0.03)	I	II	I
<i>Calanthe discolor</i>	エビネ	.	.	.	I	I	I (+)	I	.	I
<i>Dryopteris pacifica</i>	オオイタシダ	.	I (+)	III	I	I	.	III	I	.
<i>Plagiogyria euphlebia</i>	オオキジノ	.	I (0.04)	.	I	.	.	.	.	.
<i>Ophiopogon planiscapus</i>	オオハシヤヒゲ	.	.	.	.	.	.	II	.	I
<i>Desmodium laxum</i>	オオハスビトハギ	.	II (+)	.	I	.	.	II	.	.
<i>Rohdea japonica</i>	オモト	.	.	.	I	I	.	I	.	.
<i>Torreya nucifera</i>	カヤ	.	I (0.02)	.	II	.	.	II	I	I
<i>Plagiogyria japonica</i>	キジノシダ	.	I (+)	.	I	I	.	.	III	.
<i>Dryopteris lacera</i>	クマワラビ	.	.	.	.	I	.	I	.	I
<i>Castanopsis cuspidata</i>	コジイ	.	V (37.41)	V	II	IV	.	.	I	.
<i>Ophiopogon japonicus</i>	シヤヒゲ	.	.	.	.	I	.	IV	.	IV
<i>Cymbidium goeringii</i>	シムラン	.	III (+)	II	I	IV	.	III	III	I
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スダジイ	V (41.86)	I (3.92)	I	IV	.	V (76.38)	V	V	V
<i>Tsuga sieboldii</i>	ツガ	.	I (1.46)	.	I	I	.	.	.	.
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	テイカカスラ	.	V (1.22)	V	V	IV	V (13.72)	V	V	II
<i>Dryopteris nipponensis</i>	トウコウシダ	.	.	.	I	I	.	I	I	I
<i>Ophiopogon ohwii</i>	ナガバシヤヒゲ	I (+)	I (+)	IV	IV	V	.	I	V	I
<i>Carex lenta</i>	ナキリスゲ	.	.	.	I	.	.	I	.	I
<i>Elaeagnus pungens</i>	ナツシロギ	.	II (+)	II	I	II	.	I	I	.
<i>Rubus buergeri</i>	フユイチゴ	II (0.01)	III (0.04)	I	.	II	.	II	IV	.
<i>Dryopteris erythrosora</i>	ベニシダ	.	.	IV	V	V	.	V	V	IV
<i>Dryopteris fuscipes</i>	マルハベニシダ	.	I (0.04 )	.	.	.	.	I	.	.
<i>Bulbophyllum japonicum</i>	ミヤマキラン	.	I ( + )	.	.	.	.	.	.	.

附表 2 (3)

調査地番号	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Bulbophyllum inconspicuum</i>	ムギラン	V (0.01)	.	.	.	II (0.01)	.	.	.
<i>Abies firma</i>	モミ	I (3.19)	.	.	III	.	.	I	II
<i>Fatsia japonica</i>	ヤツデ	.	I (0.04)	.	III	I	.	IV	I
<i>Ardisia japonica</i>	ヤブコウジ	I (+)	I (0.04)	IV	II	IV (0.61)	III	IV	IV
<i>Polia japonica</i>	ヤブミョウガ	.	.	I	II	.	.	.	I
<i>Dryopteris bissetiana</i>	ヤマイトチシダ	.	.	.	.	I	.	II	I
<i>Prunus spinulosa</i>	リンボク	.	I (0.39)	I	II	II	.	.	I
ヤブツバキクラス標徴種・識別種									
<i>Hedera rhombea</i>	キヅタ	III (0.07)	II (+)	III	III	I	.	IV	III
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	IV (1.73)	V (15.39)	II	V	V	.	III	V
<i>Kadsura japonica</i>	サネカズラ	IV (0.61)	III (+)	I	III	III	.	II	III
<i>Neolitsea sericea</i>	シロダモ	.	II (0.06)	II	III	II	III (0.55)	IV	IV
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	IV (13.31)	V (9.42)	III	V	I	V (16.73)	V	IV
<i>Elaeagnus glabra</i>	ツルグミ	II (0.03)	II (+)	.	III	I	V (1.39)	II	II
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネスミモチ	I (0.01)	III (0.27)	V	V	IV	.	III	II
<i>Lepisorus thunbergianus</i>	ノキシノブ	II (+)	IV (+)	I	I	II	V (0.32)	.	II
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	IV (3.68)	V (6.16)	V	V	V	V (5.88)	V	V
<i>Lemnaophyllum microphyllum</i>	マツツタ	V (0.24)	V (0.36)	I	II	II	IV (0.45)	I	II
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	III (0.31)	IV (0.10)	II	III	IV	III (0.39)	IV	I
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	.	II (+)	.	II	II	II (0.05)	II	II
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	.	II (0.06)	IV	IV	I	III (2.10)	IV	IV
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	V (7.62)	V (9.33)	V	IV	V	V (16.70)	IV	V
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニッケイ	III (0.07)	V (6.22)	II	IV	IV	III (0.64)	V	IV
その他の照葉樹林構成種									
<i>Aucuba japonica</i>	アオキ	.	.	.	V	III	V (11.32)	V	V
<i>Alpinia intermedia</i>	アオノカタケラン	V (1.01 )	.	.	.	.	III (1.58)	.	.
<i>Pteris japonica</i>	アセビ	.	.	I	II	II	.	I	III
<i>Pteris disper</i>	アマクサンダ	.	I (0.02 )	.	.	.	.	I	.
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	V (12.74)	V (39.50)	I	I	.	.	.	.
<i>Neolitsea aciculata</i>	イヌガシ	II (0.17)	V (1.51)	.	II	.	.	.	.
<i>Crepidomanes minutus</i>	ウチワコケ	.	II (+)	.	.	.	II (0.02)	.	.
<i>Quercus salicina</i>	ウラジロガシ	.	IV (6.66)	I	II	II	.	II	IV
<i>Lindsaea chienii</i>	エダウチホングウシダ	III (0.01 )	.	.	.	.	III (0.05)	.	.
<i>Pellionia radicans</i>	オオサンショウソウ	I (0.06)	I ( + )	.	.	.	.	.	.
<i>Eria reptans</i>	オサラン	I (+)	III (0.04)	.	.	.	III (0.04)	.	.
<i>Arachniodes simplicior</i> var. <i>major</i>	オニカナワラビ	.	.	.	I	.	.	.	III
<i>Cyrtomium falcatum</i>	オニヤブソテツ	.	.	.	I	.	.	I	I
<i>Ctenitis subglandulosa</i>	カツモウイノデ	III (1.94 )	.	.	.	.	III (4.67)	.	.
<i>Ardisia crispa</i>	カラタチバナ	.	.	.	I	I	.	I	I
<i>Marsdenia tomentosa</i>	キシヨラン	.	II ( + )	.	.	.	.	I	.
<i>Lonicera hypoglauca</i>	キダチニンドウ	.	I (+)	.	I	.	.	.	.
<i>Monotropastrum globosum</i>	キンリョウソウ	.	I (+)	.	.	I	.	.	.
<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	.	.	.	.	I	.	I	I
<i>Neocheiropteris ensata</i>	クリハラン	.	I ( + )	.	.	.	.	.	I
<i>Liparis nervosa</i>	コケラン	.	II (+)	.	II	.	.	II	.
<i>Ophiorrhiza japonica</i>	サツマイナモリ	II (0.12)	III (0.54 )	.	.	.	.	.	.
<i>Illicium anisatum</i>	シキミ	I (0.89)	II (0.43)	I	I	II	II (3.00)	I	II
<i>Vittaria flexuosa</i>	シシラン	III (0.01)	I (+)	.	I	.	IV (0.04)	.	.
<i>Davallia mariesii</i>	シノブ	.	V (0.01 )	.	.	.	.	.	I
<i>Goodyera velutina</i>	シュスラン	.	I (+)	.	.	.	IV (0.68)	.	.
<i>Quercus myrsinaefolia</i>	シラカシ	.	I (+)	.	I	.	.	.	IV
<i>Symplocos lancifolia</i>	シロハイ	.	I (0.02)	.	I	.	.	.	.
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクバネガシ	.	I (0.04)	.	I	.	.	.	II
<i>Crepidomanes auriculata</i>	ツルホラコケ	III (0.04)	I ( + )	.	.	.	.	.	.
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	ツルマサキ	.	.	.	.	.	II (0.02)	.	I
<i>Lycopodium serratum</i>	トウケシハ	.	I (+)	.	II	I	I (+)	.	II
<i>Pittosporum tobira</i>	トベラ	.	.	I	I	.	.	III	I
<i>Cymbidium lancifolium</i>	ナギラン	.	I (+)	.	I	.	.	.	.
<i>Nandina domestica</i>	ナンテン	.	.	.	.	I	.	I	I
<i>Microsorium buergerianum</i>	ヌカホシクリハラン	V (0.05 )	.	.	.	.	III (0.10)	.	.
<i>Asplenium normale</i>	ヌリトラノオ	V (0.06)	.	.	II	.	.	.	.
<i>Diplazium wichurae</i>	ノキリシダ	.	I (+)	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Arachniodes simplicior</i>	ハカシダ	.	.	.	.	I	.	.	II
<i>Stephania japonica</i>	ハスノハカズラ	II (0.01)	.	.	I	.	.	.	.
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	ヒイラギ	.	.	.	I	II	.	II	II
<i>Polystichum tsus-simense</i>	ヒメカナワラビ	.	.	.	I	.	.	.	I
<i>Carex conica</i>	ヒメカンスゲ	.	.	.	.	I	.	.	I
<i>Microlepia marginata</i>	フモトシダ	.	I (+)	.	III	.	.	I	II
<i>Gardneria nutans</i>	ホウライカズラ	.	.	.	.	.	I (0.03)	I	.
<i>Machilus japonica</i>	ホリハタバ	III (3.39)	V (10.68 )	.	.	.	.	.	.
<i>Euonymus japonicus</i>	マサキ	.	.	.	I	.	II (0.01)	III	I
<i>Psilotum nudum</i>	マツバラ	II (+)	I (+)	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Bulbophyllum drymoglossum</i>	マツツタ	.	V (0.01)	.	.	.	III (0.04)	.	.
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	マルバクミ	.	.	.	I	.	I (0.02)	I	.
<i>Goodyera schlechtendaliana</i>	ミヤマウスラ	II ( + )	.	.	.	.	.	I	I
<i>Skimmia japonica</i>	ミヤマシキミ	.	III (0.50 )	.	.	.	.	.	III
<i>Diplazium mettenianum</i>	ミヤマノキリシダ	II (0.17 )	.	.	.	.	.	.	I
<i>Cyrtomium fortunei</i>	ヤブソテツ	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Mercurialis leiocarpa</i>	ヤマアイ	.	.	.	I	I	.	.	.
<i>Daphniphyllum macropodium</i>	ユズリハ	.	I (0.66)	.	I	.	I (0.08)	.	I

1調査地にのみ出現した標徴種、識別種以外の種。6:アオホラコケ(II), オオアマクサンダ(I), オオイトビ(I), サンショウソウ(II), シマシロヤマシダ(I), シヤリンハイ(II), タカサコキジノオ(II), トゲハチシヨウシダ(I), ナンカクラン(II), シシラン(III), ハマビワ(I), ヒノキシダ(I), ヒメフタバラン(I), ヘゴ(II), ヘツカシダ(IV), モロコソソウ(I), リュウキュウコケシノブ(I), 7:イワヤナキシダ(I), カシノキラン(I), カタヒバ(IV), カンセキラン(III), キミス(I), キリシマエヒネ(I), コウヤコケシノブ(I), コショウノキ(IV), ナゴラン(I), ハイノキ(I), ヒモラン(I), フウラン(III), ホウラン(III), マルバテシヨウソウ(I), ミヤマトベラ(IV), 9:イシカグマ(I), イワヘコ(I), ウバメガシ(I), カナワラビ(I), クルマシダ(I), ナガバシジメノキ(I), ハマヒサカキ(I), 10:ムヨウラン(I), 11:オオタニワタリ(I), オオハヨウラン(I), シマモクセイ(III), シモツケヌリトラノオ(I), スジヒツバ(I), セッコク(III), ハウサンボク(III), ヒノキバヤドリギ(I), 12:オウツリシダ(I), カンアオイ(I), 13:ミヤコアオイ(I), 14:オクマワラビ(I), ヨウラン(I)。

付表3(1) ヤブツバキクラス, スタジューヤブコウジオーダー, タブノキ群団, ウラジログシーサカキ群団に属する5群集 (O: タブノキームサシアブミ群集, P: タブノキーイノデ群集, Q: イスノキーシキミ群集, R: ウラジログシーサカキ群集, S: ウラジログシーヒメアオキ群集) の総合常在度表. 番号15-19の調査面積は100㎡に統一. 括弧内は平均被度 (%) を示し, +は0.01%未満. 調査地については表4参照.

調査地番号	15	16	17	18	19	20	21	
群集名略号	O	P	P	Q	Q	R	S	
平均調査面積 (㎡)	100	100	100	100	100	232	294	
調査区数	10	11	8	6	8	25	9	
階層	平均高 (m)	高木層 (T1) 13.8±1.5	15.9±2.0	16.8±3.7	19.8±2.7	19.9±1.4	-	17.0
		亜高木層 (T2) 10.0±0.0 ¹⁾	10.9±1.3	12.0 ²⁾	12.8±1.6	13.8±1.2	-	9.7
		第1低木層 (S1) 7.1±0.9	6.7±1.1	7.5±0.8	7.7±0.5	8.0±0.0	-	5.3
		第2低木層 (S2) 2.0±0.0	2.0±0.2	2.0±0.0	2.3±0.4	2.0±0.0	-	1.9
		草本層 (H) 0.7±0.1	0.3±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	-	0.3
	平均植被率 (%)	高木層 (T1) 81.0±9.7	74.5±20.1	88.1±10.0	76.7±11.7	77.5±12.0	-	81.1
	亜高木層 (T2) 42.5±10.8 ¹⁾	27.5±16.2	10.0 ²⁾	71.7±22.9	54.4±16.8	-	41.2	
	第1低木層 (S1) 55.0±14.9	52.3±20.3	68.1±13.6	50.0±16.1	52.5±18.1	-	47.8	
	第2低木層 (S2) 20.5±10.1	18.5±19.1	10.0±20.3	30.0±12.2	16.3±8.4	-	67.1	
	草本層 (H) 45.5±24.7	15.4±13.8	3.8±3.9	2.8±1.2	18.1±1.2	-	46.7	
平均高木層構成高木DBH (cm)	29.0±10.9	33.6±14.5	45.3±26.7	-	45.9±21.8	-	-	
平均高木層構成高木個体数	4.4±1.9	5.8±3.4	3.3±2.2	2.5±0.5	3.3±0.9	-	-	
総出現種数	64	58	45	49	77	75	146	
総照葉樹林構成種数	49	19	13	25	67	28	30	
種多様性 (平均全出現種数)	29.7±3.23	15.1±6.09	11.8±7.42	21.8±6.18	38.5±3.3	25.8	60.3	
種多様性 (平均照葉樹林構成種数)	24.8±1.87	8.2±2.14	5.3±1.67	14.2±2.93	34.9±3.4	-	-	
タブノキームサシアブミ群集標微種・識別種								
<i>Alpinia intermedia</i>	アオクマケラン	V (5.10 )	.	.	.	.	.
<i>Tarennia gracilipes</i>	キョクシンカ	IV (5.07 )	.	.	.	.	.
<i>Gardenia jasminoides</i>	ケチナン	V (1.69 )	.	.	.	.	.
<i>Anodendron affine</i>	サカキカスラ	V (0.86 )	.	.	.	.	.
<i>Citrus tachibana</i>	好ハナ	V (1.13 )	.	.	.	.	.
<i>Ophiopogon jaburan</i>	シラン	III (8.52 )	.	.	.	.	.
<i>Viburnum japonicum</i>	ハクサンボウ	III (0.56 )	.	.	.	.	.
<i>Prunus zippeliana</i>	ハクチノキ	III (0.82 )	.	.	.	.	.
<i>Piper kadzura</i>	アウトウカスラ	V (9.52 )	.	.	.	.	.
<i>Elaeocarpus sylvestris</i> var. <i>ellipticus</i>	ホルトノキ	II (0.13 )	.	.	.	.	.
<i>Arisaema ringens</i>	ムサシアブミ	IV (4.86 )	.	.	.	.	.
<i>Microtropis japonica</i>	モクセイ	V (5.66 )	.	.	.	.	.
タブノキーイノデ群集標微種・識別種								
<i>Polystichum polyblepharum</i>	イノデ	.	II (0.03 )	.	.	.	.
<i>Ophiopogon planiscapus</i>	オオハシヤルビゲ	.	V (0.28 )	.	.	.	.
<i>Dryopteris lacera</i>	クマワレビ	.	I (0.13)	.	.	.	III	
<i>Dryopteris erythrosora</i>	ヘニシダ	.	I (0.01 )	.	.	.	.
<i>Ardisia japonica</i>	ヤブコウジ	.	V (5.75)	II (0.03)	.	.	III V	
イスノキーシキミ群集標微種・識別種								
<i>Camellia sasanqua</i>	ササノカ	I (0.61)	.	.	.	IV (1.03)	.	
<i>Symplocos myrtaea</i>	ハイノキ	.	.	.	V (9.95)	V (8.13)	.	
<i>Stewartia monadelphica</i>	ヒメジャラ	.	.	.	IV (32.55)	I (1.25)	.	
ウラジログシーサカキ群集標微種・識別種								
<i>Osmanthus heterophyllus</i>	ヒラキ	.	.	.	.	II	.
ウラジログシーヒメアオキ群集標微種・識別種								
<i>Daphniphyllum macropodum</i> var. <i>humile</i>	エゾスリハ	.	.	.	.	.	II
<i>Torreya nucifera</i> var. <i>radicans</i>	チャボガヤ	.	.	.	.	.	V
<i>Cephalotaxus harringtonia</i> var. <i>nana</i>	ハイノスカヤ	.	.	.	.	.	V
<i>Aucuba japonica</i> var. <i>borealis</i>	ヒメアオキ	.	.	IV (1.30)	.	.	IV	
<i>Euonymus lanceolatus</i>	ムラサキマユミ	.	.	.	.	.	II
タブノキ群団標微種・識別種								
<i>Cyrtomium falcatum</i>	オニヤブソテツ	.	.	I (0.01)	.	.	.	
<i>Rhaphiolepis indica</i> var. <i>umbellata</i>	シランハイ	V (1.26 )	.	.	.	.	.
<i>Machilus thunbergii</i>	タブノキ	V (43.10)	V (79.94)	V (86.70)	.	I (3.38)	.	
<i>Pittosporum tobira</i>	トベラ	II (0.09)	III (3.60 )	.	.	.	.
<i>Litsea japonica</i>	ハマビロ	I (0.06 )	.	.	.	.	.
<i>Euonymus japonicus</i>	マサキ	II (0.18)	III (1.59)	I (0.03)	.	.	.	
<i>Elaeagnus macrophylla</i>	マルハグミ	.	.	II (0.54)	.	.	.	
ウラジログシーサカキ群団標微種・識別種								
<i>Quercus acuta</i>	アカガシ	.	.	.	IV (1.40)	II (10.63)	V .	
<i>Quercus salicina</i>	ウラジログシ	.	.	.	V (34.80)	IV (19.20)	V V	
<i>Torreya nucifera</i>	カヤ	.	II (0.25 )	.	.	.	.
<i>Illicium anisatum</i>	シキミ	.	.	.	V (17.33)	V (6.15)	V .	
<i>Tsuga sieboldii</i>	ツガ	.	.	.	.	.	V .
<i>Quercus sessilifolia</i>	ツクハネガシ	.	.	.	.	.	III .
<i>Abies firma</i>	モミ	.	I (0.10)	.	V (8.22)	.	III .	
<i>Trochodendron aralioides</i>	ヤマグルマ	.	.	.	.	II (5.06)	I .
スタジューヤブコウジオーダー標微種・識別種								
<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	イスガヤ	.	I (0.05 )	.	.	.	.
<i>Plagiogyria euphlebia</i>	オオキノノ	.	.	.	.	II (+)	III .
<i>Rohdea japonica</i>	オモト	.	.	I (0.01)	I (0.10)	.	.	
<i>Plagiogyria japonica</i>	キノノシダ	.	.	.	.	.	III III
<i>Castanopsis cuspidata</i>	ゴジイ	.	.	.	.	.	II .
<i>Cymbidium goeringii</i>	シュラン	.	.	.	.	.	III .
<i>Castanopsis sieboldii</i>	スタジ	.	.	.	I (0.10)	I (0.06)	II .	
<i>Ilex pedunculosa</i>	ソコ	.	.	.	.	.	IV .
<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	テイカスラ	III (0.46)	II (0.56)	.	.	.	V .	
<i>Ophiopogon ohwii</i>	ナガバシヤルビゲ	I (+)	III (0.09)	II (0.04)	.	.	II .	
<i>Carex lenta</i>	ナキリスゲ	.	.	.	.	.	I .
<i>Elaeagnus pungens</i>	ナツシロギ	I (0.03 )	.	.	.	.	.
<i>Rubus buergeri</i>	フユイチゴ	.	.	.	.	.	II .
<i>Bulbophyllum inconspicuum</i>	ムキラン	.	.	.	.	.	I .
<i>Prunus spinulosa</i>	リンボク	.	.	.	.	.	I .
ヤブツバキクラス標微種・識別種								
<i>Hedera rhombea</i>	キツタ	I (+)	IV (6.58)	III (0.20)	II (0.15)	.	III .	
<i>Cleyera japonica</i>	サカキ	.	.	.	V (4.83)	V (15.45)	V IV	
<i>Kadsura japonica</i>	サネカスラ	V (0.63 )	.	.	.	.	II .
<i>Neolitsea sericea</i>	シロタモ	II (3.60)	II (11.73)	.	V (15.54)	I (0.13)	V .	
<i>Ligustrum japonicum</i>	ネスミモチ	V (16.45)	II (0.15)	.	III (6.03)	.	.	
<i>Lepisorus thunbergianus</i>	ナキンソ	.	I (0.02)	.	I (+)	II (+)	.	
<i>Eurya japonica</i>	ヒサカキ	.	IV (26.38)	.	V (4.60)	V (4.83)	V V	

附表 3 (2)

調査地番号		15	16	17	18	19	20	21
<i>Lemmaphyllum microphyllum</i>	マメヅタ	.	.	.	.	V (0.15)	I	.
<i>Ardisia crenata</i>	マンリョウ	III (0.10)	.	.	.	IV (0.67)	.	.
<i>Stauntonia hexaphylla</i>	ムベ	I (0.03 )	.	.	.	.	.	.
<i>Ilex integra</i>	モチノキ	I (0.50)	III (16.91)	.	.	I (1.25)	.	.
<i>Camellia japonica</i>	ヤブツバキ	V (31.36)	III (25.46)	V (67.29)	V (52.98)	V (13.46)	IV	V
<i>Cinnamomum japonicum</i>	ヤブニツケイ	V (30.15)	.	.	.	IV (8.78)	III	.
その他の照葉樹林構成種								
<i>Vaccinium yakushimense</i>	アケシハモトキ	.	.	.	.	I (0.01)	.	.
<i>Heterotropa nipponica</i> var. <i>rigescens</i>	アヅミカンアオイ	.	.	.	.	.	II	II
<i>Syzygium buxifolium</i>	アテウ	.	.	.	.	II (0.50)	.	.
<i>Damnacanthus indicus</i>	アリドオシ	.	.	.	.	V (4.14)	.	.
<i>Distylium racemosum</i>	イスノキ	.	.	.	.	V (42.06)	.	.
<i>Cocculus laurifolius</i>	イソヤマアオキ	II (0.27 )	.	.	.	.	.	.
<i>Ficus nipponica</i>	イタビカスラ	.	.	.	.	III (1.04)	.	.
<i>Neolitsea aciculata</i>	イスカン	.	.	.	V (21.32)	V (23.56)	V	.
<i>Dryopteris hayatae</i>	イヌタマシダ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Podocarpus macrophyllus</i>	イヌマキ	III (0.18 )	.	.	.	.	I	.
<i>Polystichum tagawanum</i>	イノデモトキ	.	.	.	.	.	.	II
<i>Loxogramme salicifolia</i>	イワヤナギシダ	.	.	.	.	II (0.03)	.	.
<i>Crepidomanes minutus</i>	ウチワコケ	.	.	.	I (+)	.	.	.
<i>Lindsaea chienii</i>	エダウチホンゲウシダ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Colysis pothifolia</i>	オオイワヒトデ	II (1.52 )	.	.	.	.	.	.
<i>Hymenophyllum badium</i>	オオコケシノブ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Scurrula yadoriki</i>	オオハヤドリキ	.	.	.	.	III (0.44)	.	.
<i>Arachniodes simplicior</i> var. <i>major</i>	オニカナワラビ	.	.	.	.	.	.	V
<i>Selaginella doederleinii</i>	オニクラマコケ	.	.	.	.	IV (0.01)	.	.
<i>Maclura cochinchinensis</i>	カカツカユ	II (0.14 )	.	.	.	.	.	.
<i>Dendropanax trifidus</i>	カクレミノ	.	.	.	I (1.00)	I (0.25)	.	.
<i>Litsea coreana</i>	カコノキ	I (0.40)	.	.	I (10.00)	.	.	.
<i>Selaginella involvens</i>	カタヒバ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Gtenitis subglandulosa</i>	カツモウイノデ	.	.	.	.	III (0.58)	.	.
<i>Marsdenia tomentosa</i>	キシヨラン	.	.	.	.	II (0.20)	.	.
<i>Lonicera hypoglauca</i>	キダチニンドウ	I (0.05 )	.	.	.	.	.	.
<i>Hymenophyllum oligosorum</i>	キヨスミコケシノブ	.	.	.	II (+)	.	.	I
<i>Monotropastrum globosum</i>	キンリョウソウ	.	.	.	.	.	III	.
<i>Xylosma congestum</i>	クストイゲ	II (0.57 )	.	.	.	.	.	.
<i>Cinnamomum camphora</i>	クスノキ	I (7.50 )	.	.	.	.	.	.
<i>Ilex rotunda</i>	クロガネモチ	IV (5.65)	.	.	.	I (0.25)	.	.
<i>Symplocos lucida</i>	クロキ	II (1.78)	.	.	.	I (0.38)	.	.
<i>Symplocos prunifolia</i>	クロハイ	.	.	.	.	V (8.84)	III	.
<i>Hymenophyllum barbatum</i>	コウヤケシノブ	.	.	.	I (0.20)	V (0.37)	I	I
<i>Arachniodes sporadosora</i>	コハナナワラビ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Dryopteris championii</i>	サイコウヘニシダ	.	.	.	.	.	.	I
<i>Rhododendron tashiroi</i>	サクラツツジ	.	.	.	.	V (23.84)	.	.
<i>Actinidia arguta</i>	サルナン	.	.	.	I (1.00)	.	.	.
<i>Pellionia minima</i>	サンショウソウ	.	.	.	.	V (0.17)	.	.
<i>Vittaria flexuosa</i>	シシラン	.	.	.	.	V (0.60)	.	.
<i>Lysionotus pauciflorus</i>	シシラン	.	.	.	.	II (0.10)	.	.
<i>Trachycarpus fortunei</i>	シュロ	I (0.10 )	.	.	.	.	.	.
<i>Sarcandra glabra</i>	センリョウ	.	.	.	.	V (1.22)	.	.
<i>Myrsine seguinii</i>	タイミンタチバナ	IV (3.67)	.	.	.	IV (2.03)	.	.
<i>Plagiogyria adnata</i>	タカサコキシノブ	.	.	.	.	IV (0.05)	.	.
<i>Dryopteris formosana</i>	タカサコシダ	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Crypsinus engleri</i>	タカノハラホシ	.	.	.	.	II (0.03)	.	.
<i>Ilex goshiensis</i>	ツゲモチ	.	.	.	.	II (0.31)	.	.
<i>Ardisia pusilla</i>	ツルコウシ	I (0.11 )	.	.	.	.	.	.
<i>Crepidomanes auriculata</i>	ツルホラコケ	.	.	.	.	III (0.01)	.	.
<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	ツルマサキ	.	.	.	IV (+)	II (+)	.	.
<i>Lycopodium serratum</i>	トウゲシバ	.	.	.	I (+)	.	.	III
<i>Diospyros morrisiana</i>	トキワカキ	.	.	.	.	.	I	.
<i>Tylophora japonica</i>	トキワカモメツル	I (0.14 )	.	.	.	.	.	.
<i>Dryopteris sparsa</i>	ナガハノイタチシダ	.	.	.	.	II (+)	.	.
<i>Lycopodium hamiltonii</i>	ナンカクラン	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Asplenium normale</i>	ヌリトラノオ	.	.	.	.	II (+)	.	.
<i>Litsea acuminata</i>	ハリハリノキ	.	.	.	.	V (9.96)	.	.
<i>Pyrrosia lingua</i>	ヒトツバ	.	.	.	.	V (2.35)	.	.
<i>Lepisorus onoei</i>	ヒメキシノブ	.	I (+)	.	II (+)	II (0.01)	.	I
<i>Daphniphyllum teijsmannii</i>	ヒメユズリハ	III (1.79 )	.	.	.	.	.	.
<i>Microlepia marginata</i>	フモシダ	.	.	.	.	.	.	II
<i>Diplazium subsinuatum</i>	ヘラシダ	.	.	.	.	III (+)	.	.
<i>Dryopteris koidzumiana</i>	ホコザキベニシダ	.	.	.	.	IV (0.18)	.	.
<i>Arachniodes aristata</i>	ホリハカナワラビ	II (11.50)	.	.	.	III (0.25)	.	.
<i>Hymenophyllum polyanthos</i>	ホリハコケシノブ	.	.	.	.	V (0.44)	.	.
<i>Machilus japonica</i>	ホリハタバ	.	.	.	.	II (10.63)	.	.
<i>Lithocarpus edulis</i>	マテハシイ	.	.	.	.	II (0.14)	.	.
<i>Symplocos glauca</i>	ミズハイ	II (0.25)	.	.	.	IV (0.96)	.	.
<i>Sasa nipponica</i>	ミヤコザサ	.	.	.	.	.	I	.
<i>Skimmia japonica</i>	ミヤマシキミ	.	I (0.19)	.	V (2.43)	.	V	V
<i>Diplazium mettenianum</i>	ミヤマノコギリシダ	.	.	.	.	V (0.78)	.	I
<i>Terstroemia gymnanthera</i>	モッコク	III (4.25 )	.	.	.	.	.	.
<i>Arachniodes amabilis</i> var. <i>amabilis</i>	ヤクカナワラビ	.	.	.	.	III (0.09)	.	.
<i>Tropidia nipponica</i>	ヤクシマネツタイラン	.	.	.	.	I (+)	.	.
<i>Helicia cochinchinensis</i>	ヤマモカシ	I (0.05 )	.	.	.	.	.	.
<i>Daphniphyllum macropodum</i>	ユズリハ	.	IV (0.73)	.	I (0.10)	.	.	III

1): 10調査区のうち6区の値、2): 亜高木層を1調査区のみ区分。

(2012年 7 月 31 日受付)

(2012年 10 月 18 日受理)

兵庫県新温泉町の砂浜海岸におけるスナガニ類の出現および 生息密度に影響する要因

宇野拓実¹⁾・宇野政美²⁾・和田年史^{3)*}

Factors affecting occurrence and abundance of the ghost crabs (genus *Ocypode*) on several sandy beaches in Shinonsen-cho, Hyogo Prefecture, Honshu, Japan

Takumi UNO¹⁾, Masami UNO²⁾ and Toshifumi WADA^{3)*}

Abstract

We surveyed occurrence and abundance of the ghost crabs (genus *Ocypode*) on six sandy beaches in Shinonsen-cho, Hyogo Prefecture, western Honshu, Japan. The burrows of ghost crabs appeared in early May after overwintering, and occurred at almost everyday since June when the temperatures on and in the sand constantly exceeded 20.0 °C. The burrow density was different among beaches and annually changed even the same beach. Multiple regression analysis revealed the effects of beach length and sand hardness on the burrow density. The abundance of the ghost crabs was relatively high at sandy beaches with short length. We also found a small beach of high burrow density in the bay area. The results indicate that most ghost crabs inhabited at stable sandy beaches less affected by coastal erosion. Moreover, the abundance was extremely low at sandy beaches with high value of sand hardness, which was presumably caused by anthropic impact in coastal areas.

KeyWords: Anthropic impact, Conservation, Hyogo prefecture, *Ocypode*, Sand hardness, Sandy beach length

はじめに

砂浜海岸は波浪や海流の影響を強く受けることから物理的に厳しい環境下にあるが、藻場や干潟等の他の沿岸域と同様に、多様な動植物が生息し、豊かな生態系が構成されている場所として知られている (Brown and McLachlan, 1990; McLachlan and Brown, 2006). しかし、近年、特に適切な管理が行われていない海岸部

においては、オフロード車の乗り入れやゴミの散乱等の無秩序な利用によって、砂浜生態系への影響が懸念されている (e.g., Schierding et al., 2011; Schlacher and Thompson, 2012). また、外海に面する波浪環境の厳しい砂浜海岸では、波の作用によって陸地が削り取られる海岸侵食が深刻な問題となっている (宇多, 1997, 2004). 海岸侵食の問題では、砂浜生物の生息場所そのものが削り取られてしまうため、生物に及ぼす影響は甚大である.

1) 新温泉町立浜坂中学校 〒669-6702 兵庫県美方郡新温泉町浜坂77-185. Hamasaka Junior High School, Hamasaka 77-185 Shinonsen-cho, Hyogo, 669-6702 Japan.

2) 〒669-6702 兵庫県美方郡新温泉町浜坂2415-4. Hamasaka 2415-4, Shinonsen-cho, Hyogo, 669-6702 Japan.

3) 鳥取県立博物館付属山陰海岸学習館 〒681-0001 鳥取県岩美郡岩美町牧谷1794-4. Coastal Branch of Tottori Prefectural Museum, Makidani 1794-4, Iwami-cho, Tottori, 681-0001 Japan.

* Corresponding author

* E-mail: wadat@pref.tottori.jp

砂浜海岸の適切な管理と保全が早急に求められている中で、砂浜海岸の人的利用の影響を評価する生物指標としてスナガニ属 (Genus: *Ocypode*) のカニ類 (以下、スナガニ類) が注目されている (e.g., Barros, 2001; Neves and Bemvenuti, 2006; Lucrezi et al., 2009).

スナガニ類は砂浜海岸を代表する生物の一つで、日本沿岸にはスナガニ *O. stimpsoni*・ミナミスナガニ *O. cordimanus*・ツノメガニ *O. ceratophthalma*・ナンヨウスナガニ *O. sinensis*・ホンコンスナガニ *O. mortoni* の5種が確認されている (酒井, 1976; Huang et al., 1998; Sakai, 2000; 岸野ほか, 2001). スナガニ以外の4種は沖縄諸島よりもさらに南方の地域にも分布していることから亜熱帯・熱帯性種と考えられ、東北地方以南の日本各地に生息するスナガニのみが温帯性種として知られている (三宅, 1983; 峯水, 2000). 近年の温暖化に伴って、黒潮による暖流の影響が強い太平洋側の砂浜海岸や内湾域では南方系のミナミスナガニ・ツノメガニ・ナンヨウスナガニが分布域を拡大し、各地の砂浜海岸において生息場所や餌をめぐる種間競争が生じている可能性が指摘されている (淀ほか, 2006; 真野ほか, 2008; 渡部ほか, 2012). 一方、暖流の影響が比較的小さく、冬季の海水温が低い日本海側の海岸では、温帯性のスナガニが広く分布しているが、最近では南方系のミナミスナガニとツノメガニの垂成体が発見されている (本尾, 2003; 高田・和田, 2011). 和田 (2009) は鳥取県の砂浜海岸において巣穴の宿主をスナガニと見なして、その分布と海岸侵食との関係を報告しているが、上述した南方系種が混在している可能性がある (高田・和田, 2011).

スナガニ類は夏季を主な活動期とし、冬季は砂中に形成した巣穴内で冬眠する (酒田市立酒田中央高等学校第一理科部, 1968; 真野ほか, 2008). 活動期の夜間には摂餌を行い、日中は巣穴内に留まることが多い. 食性は二枚貝類・小型の甲殻類・昆虫類などの動物性のものを好むが、砂中に含まれる珪藻類も摂食する. 最近では、沿岸開発や内湾環境の悪化を懸念して広島県 (2003), 愛媛県 (2003), 熊本県 (2004) がスナガニをそれぞれの県版レッドデータブックで準絶滅危惧種 (NT) に選定しているほか、海岸侵食の影響を受けやすい外海に面する山形県 (2003) でもスナガニがレッドリストに掲載されている (ランクは準絶滅危惧). それにもかかわらず、いずれの地域においてもスナガニ類の生息密度やその増減に関わる環境要因について、これまでほとんど調べられていない. そこで本研究では、兵庫県新温泉町の砂浜海岸においてスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因を明らかにすることを目的とした.

材料と方法

本研究は2008年5月から2010年10月にかけて、兵庫県新温泉町の砂浜海岸である居組県民サンビーチ・諸寄海水浴場・塩谷海水浴場・塩谷むこう島周辺・浜坂漁港・浜坂県民サンビーチの6箇所で実施された (図1). スナガニ類の出現開始時期については、2010年に浜坂県民サンビーチで調査が行われた. 越冬期である3月から活動盛期である8月にかけてほぼ毎日、砂地に開いた巣穴を徒歩でくまなく探して出現の有無を確認した. スナガニ類は深さ数 cmから50 cm以上の砂中の巣穴内で冬眠することが知られているため (酒田市立酒田中央高等学校第一理科部, 1968; 淀ほか, 2006), 気温・砂地表面温度・砂中温度をそれぞれ記録した. 砂中温度については、鉄の杭 (幅1 cm, 長さ1.2 m) で深さ20 cm・40 cm・60 cm・80 cmの穴をそれぞれ開けた後に、アルコール棒状温度計を穴に差し込んで計測した. 砂中温度の計測では、約5分間定位させた後に0.1℃単位で読み取った. 深さ40 cmから80 cmの砂中温度は調査期間を通してほぼ同じ値で (最大の温度差は2℃), 巣穴の掘り取りによって事前に調べた調査域のスナガニ類の生息砂中深度が10 cmから40 cmの間であったことから (平均 = 23.7 cm, n = 50), 出現開始時期に影響する砂中温度は深さ20 cmと40 cmの2地点を指標とした.

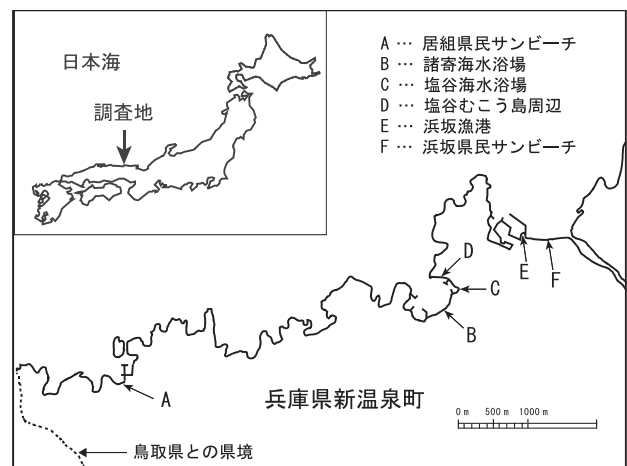


図1 調査地位置図 (兵庫県新温泉町).

各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息個体数は、先行研究になって砂地に形成された巣穴数をカウントして推定した (e.g., Barros, 2001; Lucrezi et al., 2009). スナガニ類の巣穴は、口径3 cm程度で砂地表面に円形に開口し、出入口が一箇所の場合だけでなく、Y字型で出入口が二箇所の巣穴も知られている (歌代・堀井, 1965; Seike and Nara, 2008). 巣穴数のカウントは、おもに晴天および曇りの日の朝 (6:30~8:40) に行い、晴天が続く日の日中にはスナガニ類が巣穴の開口部をふ

さぐことが知られているため（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968；和田ほか，未発表データ），晴天時の昼間には行わなかった。砂浜海岸の汀線付近から海岸線に沿って歩きながら両手を広げた範囲内の巣穴をすべて数え，適宜カウントした範囲の砂地に木の棒で印を付けて重複カウントすることを避けた。巣穴のカウント作業は個々の調査域を通して一人の調査員が担当したが，調査域が広い居組県民サンビーチおよび浜坂県民サンビーチについては，砂浜を半分に分けて二人で実施した。巣穴の開口部の直径が1 cmを超えるスナガニ類の巣穴については，その周辺の形状等から容易にスナガニ類のものと判断できるが，それ以下の小型の巣穴については，同所的に生息する端脚目ハマトビムシ類（Talitridae spp.）が形成する巣穴と混同される可能性があるため，口径が約1 cm以下の小さな巣穴は計測せずに除外した。各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度は，それぞれの調査域で巣穴が確認された範囲を巻尺で実測して生息面積（ m^2 ）を算出し，1 m^2 当たりの平均巣穴数で表した。

スナガニ類の生息密度の違いに影響する要因としては，（1）砂浜の幅，（2）砂浜の長さ，（3）基底砂粒の粒度，（4）土壌硬度の4項目を調べた。砂浜の幅（m）と長さ（m）については，国土地理院の1/25,000地形図（URL: <http://watchizu.gsi.go.jp/>）のHP上計測機能を利用して算出した。砂浜の幅は汀線から直線的に最も幅の広い地点間を計測し，砂浜の長さについては汀線に沿って海岸の端から端までを測った。各砂浜海岸の基底砂粒の粒度組成の算出については，Buchanan（1984）に従って粒度分析を行った。すなわち，各調査地点においてスナガニ類の巣穴が形成されている周辺の砂地表面（表面積15 cm^2 ×深さ5 cm）の約100 gをサンプルとして，それらの砂を0.125 mmから4 mmまでの6種類の篩に通し，それぞれの篩に残った粒子の重量（g）および総重量に対する割合（%）を求めた。砂の中央粒径値は $md\phi$ で表し，篩に残った砂の粒径が4 mm以上の礫（ $<-2\phi$ ），2~4 mmの細礫（ $-2\sim-1\phi$ ），1~2 mmの極粗砂（ $-1\sim0\phi$ ），0.5~1 mmの粗砂（ $0\sim1\phi$ ），0.25~0.5 mmの中砂（ $1\sim2\phi$ ），0.125~0.25 mmの細砂（ $2\sim3\phi$ ），0.064~0.125 mmの極細砂（ $3\sim4\phi$ ）に分けて測定した。砂のサンプルは2009年7月に採取し，山陰海岸学習館の実験室で分析された。砂地の硬さを表す土壌硬度については，土壌硬度計（プッシュプルケージRX-100，アイコーエンジニアリング）を用いて各砂浜海岸の砂地の重量キログラム（kgf）を測定した。土壌硬度の測定は2010年8月に実施し，スナガニ類の巣穴が確認された波打ち際から陸側に向かって，約1メートルの間隔で10点から16点を計測し，それらの平均値をその砂浜の土壌硬度とした。

スナガニ類の生息密度の違いに影響する要因の分析では，各砂浜海岸における生息密度を目的変数とし，上述

した4つの環境要因データを説明変数として重回帰分析（ステップワイズ法）を行った。目的変数とした生息密度は，スナガニの活動盛期である6月から8月までのデータを用いて，各砂浜海岸の平均巣穴数と生息面積（ m^2 ）から算出された。天候の違いによる影響を避けるため，雨天時に計測したデータ（ $n = 3$ ）は分析から省いた。各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度は年によって大きく変動したため（結果参照），2008年から2010年までのそれぞれの年ごとに平均値を算出して分析に用いた。重回帰分析では，多重共線性の問題を避けるために，事前に各説明変数間の相関関係を調べた結果，各説明変数間で有意な相関は確認されなかった（Spearmanの順位相関係数，すべて $r < 0.65$ ， $n = 6$ ， $P > 0.05$ ）。統計解析はSPSSバージョン20.0を用いて行なわれた。

結果と考察

スナガニ類の生息状況と出現開始時期

本研究では，兵庫県新温泉町の砂浜海岸6箇所においてスナガニ類の巣穴が確認された。各調査地点においてスナガニ類の巣穴は汀線付近に集中し，幅の広い砂浜海岸においては波打ち際から離れた陸側の砂地でも巣穴が確認された。しかし，波打ち際から離れた陸側に広がる海浜植物の植生帯には，その境界線付近を除いて，巣穴を見つけることはなかった。日本海側でも記録のある南方系のミナミスナガニは潮上帯から海岸植物の植生帯をおもな生息場所とするのに対して，ツノメガニは温帯性種のスナガニと同じ汀線付近をおもな生息場所とする（George, 1980; 淀ほか, 2006; 渡部ほか, 2012）。今回の調査で植生帯に巣穴が見つからなかったことから，本調査地点においてミナミスナガニの生息個体数は少ないと推測される。ツノメガニについては，冬季の海水温が日本海側と比べて高い太平洋側の海岸や内湾域であっても越冬や繁殖ができないとされていることから（淀ほか, 2006; 渡部ほか, 2012），本研究で確認された巣穴はスナガニまたはツノメガニの当歳個体のものと考えられた。

浜坂県民サンビーチにおける2010年の調査において，スナガニ類の巣穴を初めて確認したのは5月7日で，その前日の気温・砂浜表面温度・砂中温度（深さ20 cmおよび40 cm）はそれぞれ $26.5^{\circ}C$ ・ $29.5^{\circ}C$ ・ $23.0^{\circ}C$ ・ $19.0^{\circ}C$ であった（図2）。前々日のそれらの温度と比べると，砂中温度にはほとんど変化がなかったが，気温と砂浜表面温度はそれぞれ $4.5^{\circ}C$ と $6.3^{\circ}C$ の上昇があり，これらの温度上昇がスナガニ類の出現のきっかけとなった可能性が考えられる。その後の5月中は，スナガニ類の巣穴が断続的に出現し，気温・砂浜表面温度・砂中温度も上下動を繰り返した（図2）。スナガニ類の巣穴がほぼ毎日すべての砂浜海岸で確認されるようになった6月以降

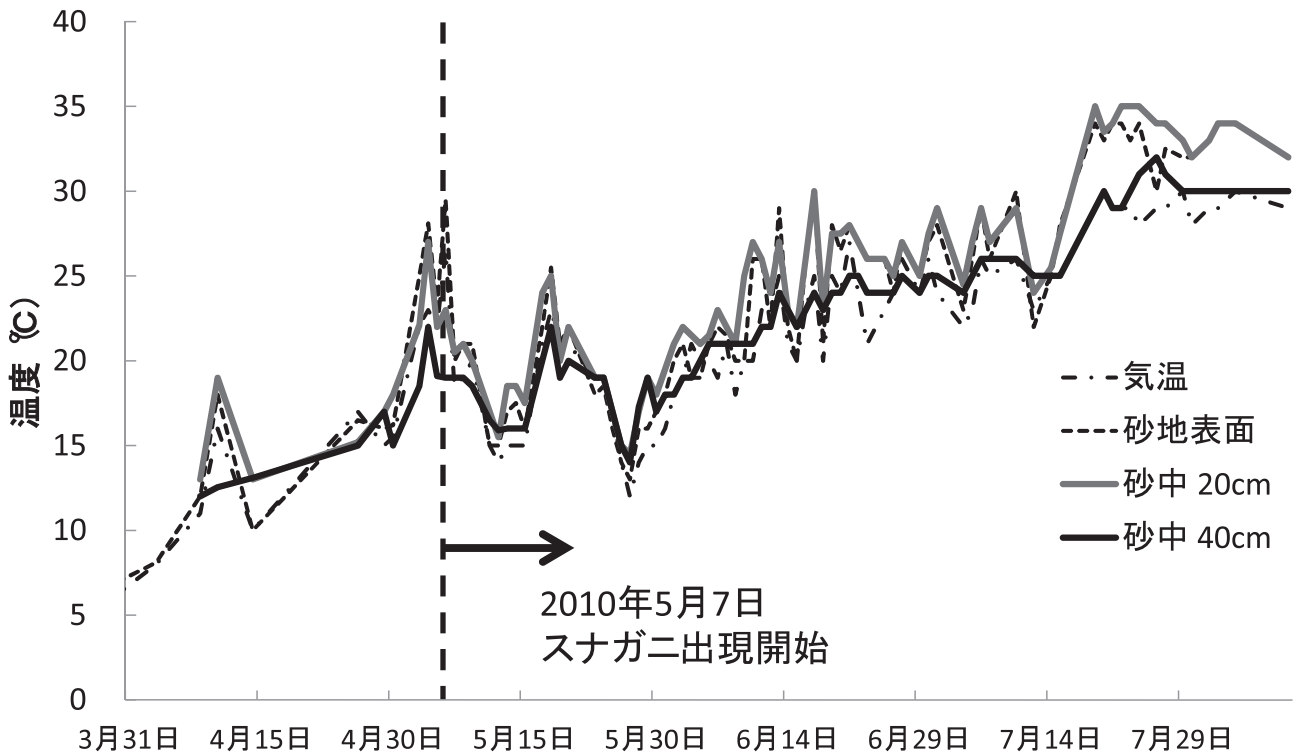


図2 スナガニ類の出現開始時期と温度の関係 (浜坂県民サンビーチ)

は、最初の3日間の砂中温度(深さ40 cm)を除いて、計測したすべての温度が20°Cを超える日が続いた(図2)。これらのことから、他地域でも報告されているように(酒田市立酒田中央高等学校第一理科部, 1968; 真野ほか, 2008), 本調査地においてもスナガニ類は気温や砂中温度の上昇をきっかけに活動し始め、それらの温度が安定して20°Cを超える6月以降に活動盛期を迎えることが示された。

生息密度に影響する要因

本研究で調査した6箇所の砂浜海岸においては、2010年の塩谷海水浴場を除いて、スナガニ類の巣穴が毎年確認された(表1)。巣穴数から推定された生息個体数は、それぞれの砂浜海岸の間で大きく異なり、居組県民サンビーチ(平均巣穴数 ± 標準偏差 = 2092.5 ± 797.6; n = 4)・諸寄海水浴場(295.9 ± 173.9; n = 7)・浜坂漁港(78.1 ± 46.3; n = 34)・浜坂県民サンビーチ(56.0 ± 75.8; n = 52)・塩谷向こう島周辺(33.1 ± 19.1;

n = 8)・塩谷海水浴場(0.6 ± 1.1; n = 9)の順に多かった(表1)。それらの中には有意差が認められた。

(Friedman test, $\chi^2 = 15.0$, $P = 0.01$)。さらに、同じ海岸であっても年ごとの生息個体数に違いがみられ、諸寄海水浴場では2008年にわずか8個(n = 1)しか確認されなかった巣穴が、2009年と2010年では平均300個以上に増加した(ともに n = 3)。また、浜坂県民サンビーチでは2008年に平均385個(n = 2)が確認されたのに対して、2009年と2010年では平均50個以下に減少した(それぞれ n = 3 と n = 47)。スナガニ類の生息個体数が増加した諸寄海水浴場では、砂浜東側の突堤(61 m)と沖側の消波ブロック(離岸堤約100 m)が2008年6月に新たに設置されており、これらによって翌年以降に砂浜の面積が増加したことが生息個体数の増加要因の一つとして考えられる(図3)。一方、浜坂県民サンビーチにおける生息個体数の減少に関しては、本調査を開始した2008年から継続して重機を使った砂浜整備を確認しており(図4)、それらの影響も否定できないであろう。

表1 各砂浜海岸におけるスナガニ類の平均巣穴数と生息面積から推定した生息密度

	居組県民サンビーチ			諸寄海水浴場			塩谷海水浴場			塩谷むこう島周辺			浜坂漁港			浜坂県民サンビーチ		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
N	1	1	2	1	3	3	1	4	4	2	4	2	3	3	28	2	3	47
平均巣穴数(個)	1378	1588	2702	8	323.3	364.3	2	0.8	0	42.5	16.8	50	86.3	16	83.4	385	49	40.8
生息密度(個/m ²)	0.171	0.197	0.336	0.004	0.178	0.201	0.006	0.002	0	0.219	0.086	0.258	0.676	0.125	0.653	0.060	0.008	0.006



図3 突堤及び消波ブロックの設置による砂浜面積の変化：諸寄海水浴場で (a) 2009年8月15日及び (b) 2010年7月17日に撮影された写真。



図4 重機を使った砂浜海岸の整備（浜坂県民サンビーチで2010年8月2日撮影）。



図5 海水浴客による砂浜海岸の利用状況（塩谷海水浴場で2009年8月14日撮影）。

各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度および環境要因データについては、それぞれ表1と2に示す。生息密度は、生息面積が最も小さかった浜坂漁港で最も高い値を示した（0.125～0.676個/㎡）。生息個体数が最も少なかった塩谷海水浴場は、生息密度においても最も低い値であった（0～0.006個/㎡）。砂浜の幅と長さの範囲は、それぞれ10.8～100 mと22.6～575 mであった。基底砂粒の中央粒径値（範囲：0.58～1.57φ）は浜坂漁港と浜坂県民サンビーチの2箇所が高く、0.5～1 mmの粗砂であったのに対して、その他の4箇所は0.25～0.5 mmの中砂であった。砂地の土壌硬度については、居組県民サンビーチ・塩谷海水浴場・塩谷向こう島周辺の3箇所

で高く、その他の3箇所では比較的低い値であった。

スナガニ類の生息密度を目的変数とし、4つの環境要因データを説明変数とした重回帰分析の結果、各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息密度の違いは、砂浜の長さおよび土壌硬度によって説明された（表3）。すなわち、スナガニ類の生息密度と砂浜の長さおよび土壌硬度にはそれぞれ有意な負の関係があり、砂浜の長さが短い海岸ほど生息密度が高く、砂地が硬い海岸ほど生息密度が低いことが明らかとなった。砂浜の長さについては、スナガニ類が卵から孵化して海に放たれ、浮遊幼生期を経て砂浜に着底することだけを考えると（酒田市立酒田中央高等学校第一理科部，1968），砂浜の長さが長い方が生

表2 各砂浜海岸におけるスナガニ類の生息面積および環境要因データ

調査場所	生息面積 (㎡)	砂浜の幅 (m)	砂浜の長さ (m)	砂の中央粒径値 (φ)	土壌硬度 (kgf)
居組県民サンビーチ	8052.8	100	179	1.57	27.81
諸寄海水浴場	1815.2	28	280	1.51	5.86
塩谷海水浴場	341.1	65	65	1.38	36.13
塩谷むこう島周辺	194.0	10.8	54	1.49	25.25
浜坂漁港	127.7	11.3	22.6	0.61	5.55
浜坂県民サンビーチ	6455.9	53	575	0.58	4.91

表3 スナガニ類の生息密度を目的変数とした重回帰分析の結果

説明変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	t値	P値	F値	R ²	P値
砂浜の幅	0.003	0.425	1.51	> 0.05	4.04	0.47	< 0.05
砂浜の長さ	-0.001	-1.029	-3.60	< 0.01			
砂の中央粒径値	-0.064	-0.137	-0.57	> 0.05			
土壌硬度	-0.014	-0.897	-2.55	< 0.05			

息密度を高めるように思われる。しかし、スナガニ類は着底後も同じ砂浜海岸に依存して成長し、繁殖・越冬すると考えられる。このことは、海岸の人的利用がスナガニ類の個体群密度に直接影響を及ぼす点からも示唆される (e.g., Schlacher and Lucrezi, 2010; Noriega et al., 2012)。さらに、海岸侵食の影響は甚大で、砂浜が削り取られることによってスナガニ類やその餌生物となる様々な砂浜生物が生息場所を失うことが報告されている (Peterson et al., 2000; 和田, 2009, 2010)。それゆえ、スナガニ類に適した生息環境としては、人的利用や海岸侵食などの影響が少ない、安定した砂浜であると考えられる。本研究でスナガニ類の生息密度が最も高かった浜坂漁港は湾内に位置し、波浪による砂浜の砂の移動が少なく、最も安定した砂浜環境であった。これらのがスナガニ類の生息密度を高め、生息密度と砂浜の長さの負の関係を導いたのであろう。

スナガニ類の生息密度の違いに影響したもう一つの環境要因は土壌硬度で、塩谷海水浴場においてその値が最も高かった (表2)。塩谷海水浴場は、スナガニ類の生息密度が最も高かった浜坂漁港と同様に湾内に位置し、比較的安定した砂浜環境であるにもかかわらず、スナガニ類の巣穴数が極端に少なかった (表1)。スナガニ類の生息密度に影響する砂地の硬さは、人々の海岸利用によるものと考えられる。漁港内に位置する砂浜 (浜坂漁港) を除いて、本研究で調査したすべての砂浜海岸は、夏季に海水浴場として人々に利用されている。特に塩谷海水浴場は、浜坂漁港関連道路が整備された2007年以降、毎年多くの海水浴客が訪れて、後浜から汀線付近までのほぼ全域が駐車スペースとなっている (図5)。近年、砂浜海岸に対する人々のニーズが多様化する中で、砂浜への自動車の乗り入れや大型の重機を使用した海岸清掃等による海岸動植物の生息環境の減少や生態系の攪乱が問題視されている (Brown and McLachlan, 1990; McLachlan and Brown, 2006)。さらに、Schlacher et al. (2007) はオフロード車の乗り入れとスナガニ類の高い死亡率との関係についても報告している。本研究は、スナガニ類の生息密度が砂浜海岸の人的利用の有効な生物指標となり得ることだけでなく、それに影響する土

壌硬度も間接的な指標の一つとして活用できることを示した。今後、海浜動植物の生活史や生息環境に配慮した海岸保全策を検討していくためには、各砂浜海岸においてスナガニ類の生息密度をモニタリングしつつ、それぞれの環境データを継続的に蓄積していく必要がある。そのような長期的なモニタリングを継続することによって、現在多くの地域で問題となっている海岸侵食による砂浜消失や生物多様性の減少を生態学的な視点からも評価できるようになるだろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、多くの指針や議論を与えてくださった兵庫県美方郡新温泉町の福原陽一郎氏と兵庫県三田市の佐藤隆士博士にお礼申し上げる。また、本研究にご協力くださった鳥取県立博物館の山口勇人専門員、新温泉町山陰海岸ジオパーク館の谷本勇館長、鳥取県立博物館付属山陰海岸学習館のスタッフの方々、本稿に対して有益なご助言を与えてくださった奈良女子大学の和田恵次博士および匿名の査読者の方々に深く感謝する。

要 旨

兵庫県新温泉町の砂浜海岸でスナガニ類の出現および生息密度に影響する要因を調べた。スナガニ類の巣穴は5月上旬から各砂浜海岸に出現し、気温・砂浜表面温度・砂中温度が安定して20℃を超える6月以降になってほぼ毎日確認されるようになった。巣穴数から推定されたスナガニ類の生息個体数は各砂浜海岸で大きく異なり、同じ海岸であっても年変動が確認された。スナガニ類の生息密度に影響する要因を調べた重回帰分析の結果、砂浜の長さや土壌硬度で説明されることが明らかとなった。すなわち、砂浜の長さが短い海岸ほど生息密度が高く、砂地が硬い海岸ほど生息密度が低かった。これらのことから、スナガニ類の生息に適した砂浜環境は、海岸侵食等の影響が少なく安定していて、人的利用等によって砂地が硬くなっていない海岸であると考えられた。

文 献

- Barros, F. (2001) Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches. *Biological Conservation*, **97**: 399-404.
- Brown, A. C. and McLachlan, A. (1990) *Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam. 328 pp. [須田有輔・早川泰博 (訳) (2002) 砂浜海岸の生態学. 東海大学出版会, 東京. 427 pp.]
- Buchanan, J. B. (1984) Sediment analysis. In "Methods for the Study of Marine Benthos (2nd ed.)", eds by Holme, N. A. and A. D. McIntyre, Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 41-65.
- 愛媛県 (2003) 愛媛県の絶滅のおそれのある野生生物—愛媛県レッドデータブック—. 愛媛県自然保護課, 松山.
- George, R. W. (1980) The distribution and evolution of the ghost crabs of Hong Kong with a description of a new species. *Proceedings of the First International Marine Biological Workshop*, **1**: 185-194.
- 広島県 (2003) 改訂・広島県の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブックひろしま2003—. 広島県環境局自然環境保全課, 広島.
- Huang, J. F., Yang, S. L. and Ng, P. K. L. (1998) Notes on the taxonomy and distribution of the closely related species of ghost crabs, *Ocypode sinensis* and *O. cordimanus* (Decapoda: Ocypodidae). *Crustaceana*, **43**: 100-102.
- 岸野 底・米沢俊彦・野元彰人・木邑聡美・和田恵次 (2001) 奄美大島から記録された汽水産希少カニ類 12種. *南紀生物*, **43**: 15-22.
- 熊本県 (2004) 熊本県の保護上重要な野生動植物—レッドリストくまもと2004—. 熊本県環境生活部自然保護課, 熊本.
- Lucrezi, S., Schlacher, T. A. and Walker, S. (2009) Monitoring human impacts on sandy shore ecosystems: a test of ghost crabs (*Ocypode* spp.) as biological indicators on an urban beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, **152**: 413-424.
- 真野 泉・堂浦 旭・大森浩二・柳沢康信 (2008) 四国太平洋岸に共存するスナガニ属3種の季節的な分布パターンおよび食性. *日本ベントス学会誌*, **63**: 2-10.
- McLachlan, A. and Brown, A. (2006) *The Ecology of Sandy Shores. 2nd edition*. Academic Press, Burlington. 373 pp.
- 峯水 亮 (2000) ネイチャーガイド 海の甲殻類 (監修: 武田正倫・奥野淳兒). 文一総合出版, 東京. 344 pp.
- 三宅貞祥 (1983) 原色日本大型甲殻類図鑑 (II). 株式会社保育社, 大阪. 277 pp.
- 本尾 洋 (2003) 日本海産カニ類—I. 既知種. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **9**: 55-68.
- Neves, F. M. and Bemvenuti, C. E. (2006) The ghost crab *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787) as a potential indicator of anthropic impact along Rio Grande do Sul coast, Brazil. *Biological Conservation*, **133**: 432-435.
- Noriega, R., Schlacher, T. A. and Smeuninx, B. (2012) Reductions in ghost crab populations reflect urbanization of beaches and dunes. *Journal of Coastal Research*, **28**: 123-131.
- Peterson, C. H., Hicherson, D. H. M. and Johnson, G. G. (2000) Short-term consequences of nourishment and bulldozing on the dominant large invertebrates of a sandy beach. *Journal of Coastal Research*, **16**: 368-378.
- Sakai, K. (2000) On the occurrence of three species of crabs on Shikoku Island, Japan, and a new species, *Pinnotheres taichungae* nov. spec., from Taiwan. *Crustaceana*, **73**: 1155-1162.
- 酒井 恒 (1976) 日本産蟹類. 講談社, 東京. 461 pp. (日本語版), 773 pp. (英語版), 251 pp. (図版).
- 酒田市立酒田中央高等学校第一理科部 (1968) 山形庄内海岸におけるスナガニ (*Ocypoda simpsoni* ORTMANN) の生態. 山形県酒田市立酒田中央高等学校研究収録, **1**: 43-69.
- Seike, K. and Nara, M. (2008) Burrow morphologies of the ghost crabs *Ocypode ceratophthalma* and *O. sinensis* in foreshore, backshore, and dune subenvironments of a sandy beach in Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **114**: 591-596.
- Schierding, M., Vahder, S., Dau, L. and Irmiler, U. (2011) Impacts on biodiversity at Baltic Sea beaches. *Biodiversity and Conservation*, **20**: 1973-1985.
- Schlacher, T. A. and Lucrezi, S. (2010) Compression of home ranges in ghost crabs on sandy beaches impacted by vehicle traffic. *Marine Biology*, **157**: 2467-2474.
- Schlacher, T. A. and Thompson, L. (2012) Beach recreation impacts benthic invertebrates on ocean-exposed sandy shores. *Biological Conservation*, **147**: 123-132.

- Schlacher, T. A., Thompson, L. and Price, S. (2007) Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Marine Ecology*, **28**: 354-367.
- 高田宜武・和田恵次 (2011) ツノメガニ (スナガニ科) の日本海沿岸からの初記録. *Cancer*, **20**: 5-8.
- 歌代 勤・堀井靖功 (1965) 現棲スナガニ *Ocyropa stimpsoni* ORTMANNの生態と生痕－生痕の生物学的研究・そのIV－. 新潟大学教育学部高田分校研究紀要, **9**: 121-141.
- 宇多高明 (1997) 日本の海岸侵食. 山海堂, 東京. 442 pp.
- 宇多高明 (2004) 海岸侵食の実態と解決策. 山海堂, 東京. 304 pp.
- 和田年史 (2009) 鳥取県の砂浜海岸におけるスナガニの分布. 鳥取県立博物館研究報告, **46**: 1-7.
- 和田年史 (2010) 鳥取県東部の砂浜海岸の侵食によって生命の危機に瀕したスナガニの発見. 山陰自然史研究, **5**: 85-86.
- 渡部哲也・淀 真理・木邑聡美・野元彰人・和田恵次 (2012) 近畿地方中南部沿岸域にスナガニ属4種の分布－2002と2010年の比較. 地域自然史と保全, **34**: 27-36.
- 山形県 (2003) 山形県の絶滅のおそれのある野生生物－レッドデータブックやまがた－. 山形県文化環境局環境政策推進室, 山形.
- 淀 真理・渡部哲也・中西夕香・酒野光世・木邑聡美・野元彰人・和田恵次 (2006) 南方系種を含むスナガニ属3種の和歌山市における生息状況: 2000-2003年. 日本ベントス学会誌, **61**: 2-7.

(2012年 8 月 2 日受付)
(2012年 10 月 24 日受理)

堆積相解析に基づいた 兵庫県香美町下浜の県指定天然記念物 "漣痕化石"の再検討

松原典孝・先山 徹

Reexamination of "ancient ripple mark" designated as a prefectural natural monument, preserved in the Miocene gravel bed in Shimonohama, Kami-cho, Hyogo Prefecture based on facies analysis

Noritaka MATSUBARA and Toru SAKIYAMA

Abstract

Sedimentary-originated lineament referable to "ancient ripple mark" and designated as a prefectural natural monument is preserved in the base of the Miocene gravel bed of the Toyooka Formation assignable to the Hokudan Group in Shimonohama, Kamicho, Hyogo Prefecture. Facies associations show that most of the Miocene deposits in the Shimonohama area are thought to be fluvial, flood plane, debris flow, and volcanoclastic flow in their origin. Based on shape analysis, the lineament is interpreted to be referable to the gutter cast, a kind of flute cast formed under the bottom of channel of gravelly river, not to the ripple mark resulted from a wave movement as assumed previously.

Key Words : San'in Kaigan Global Geopark, flute cast, ripple mark, facies analysis, Miocene

はじめに

鳥取県東部から兵庫県北部および京都府北西部にいたる山陰海岸ジオパーク地域には、日本海形成前後に堆積したとされる新第三系が広く分布し、そこに見られる地質構造は当時の堆積環境を知るための重要な情報を与えてくれる。そのうち兵庫県美方郡香美町香住区下浜（図1）に分布する新第三系（図2，①）では、地層の底面に顕著な線状の堆積構造が認められる（図2，②）。これらは1968年3月に、天然記念物“漣痕化石”として兵庫県指定の天然記念物に登録され、現在にいたっている。一方、兵庫県で実施された県版レッドデータ調査によってこの“漣痕化石”も再調査され、そこでは“漣痕化石”ではなく“流痕化石”である可能性が指摘された（田中・中島，1998）。しかしその根拠は地層の構成物の一般的

な傾向との比較によるものであり、地域の精査による説得力のあるものではないため、結果として“漣痕化石”と“流痕化石”の二つの名称が併存する状況が続いている。これが“漣痕”あるいは“流痕”かは、当時の堆積環境や古地理の復元に大きくかかわり、当地域の地質構造発達史を考察するうえで大きな意味を持っている。

2003年にはこの地層の周辺に分布する淡水性地層から多くの足跡化石が見つかり、総合的な学術調査がなされた（香住町，2005）。この足跡化石を含む地層との上下関係を明らかにし、当時の動物相の生息環境を考察する際にも、この“漣痕化石”の地質学的意義は大きい。さらに2010年10月には、この地域を含む山陰海岸ジオパークが世界ジオパークの一つとして認められ、この“漣痕化石”も重要な地質見学地点の一つとなっている。したがってその点でも“漣痕化石”の正確な記述と正しい

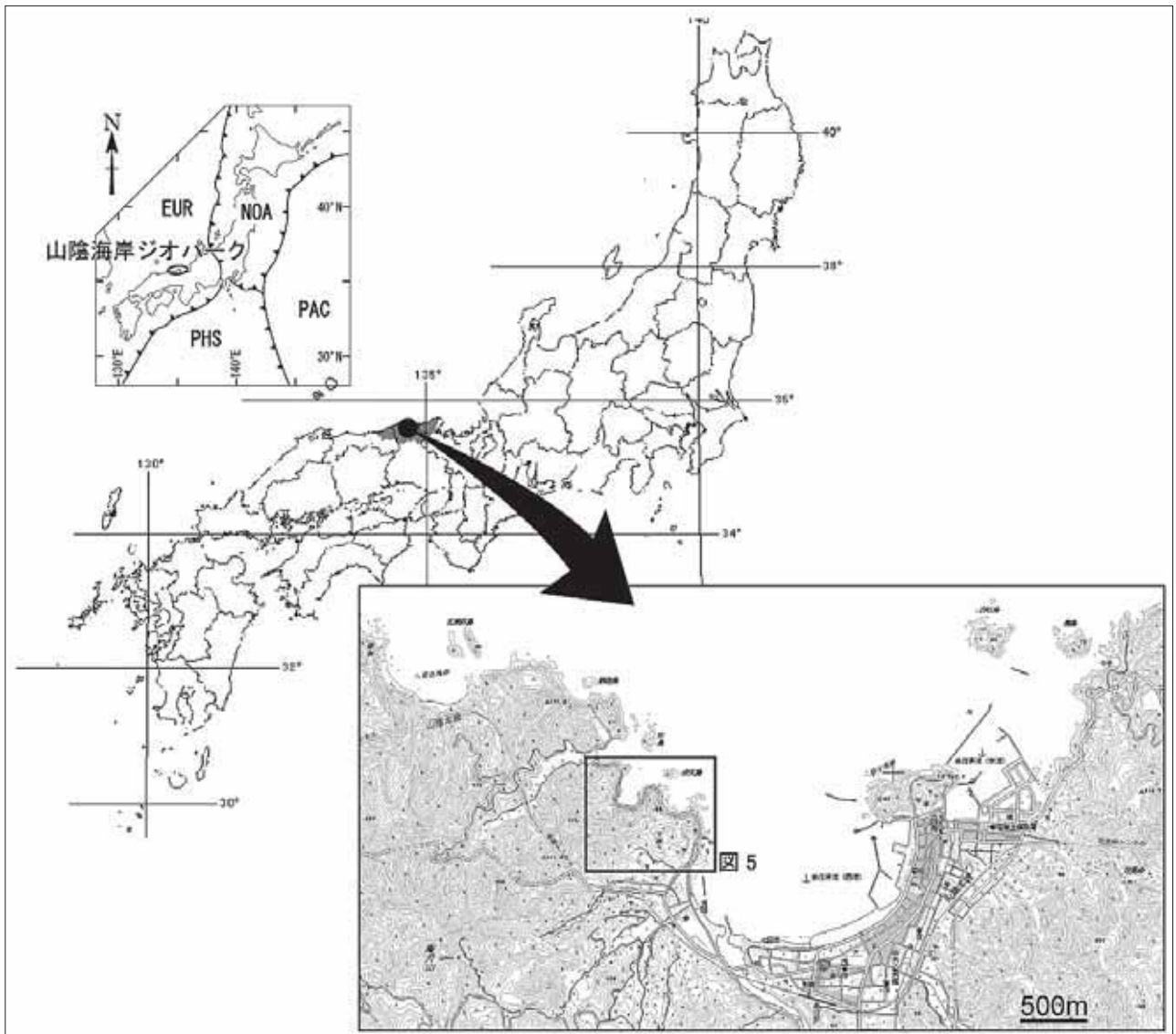


図1 調査地域位置図. EUR:ユーラシアプレート, NOA:北アメリカプレート, PAC:太平洋プレート, PHS:フィリピン海プレート

名称の使用が求められる。

筆者らは、山陰海岸ジオパーク地域の堆積学および岩石学的側面から地質調査をおこない、層序の再検討を進めつつある。その過程でこの“漣痕化石”および周辺の地質についても堆積相解析を行い、この露頭の位置付けを明らかにしてきた。本稿では現時点で明らかになったこの地域の堆積相を示し、堆積環境および“漣痕”あるいは“流痕”という用語の是非について考察する。

地質概説

兵庫県香美町香住海岸周辺は、白亜紀～古第三紀の花崗岩類、白亜紀～古第三紀の流紋岩類からなる矢田川層群を基盤とし、新第三系が広く分布する(図3)。新第三系は主に中新統からなる北但層群、鮮新統からなる照来層群に区分される(図4)。“漣痕化石”を伴う地層は北但層群に属する。

北但層群は、丹後半島北西部から兵庫県北西部まで分布し、西部の鳥取県側では鳥取層群と呼ばれている(村山ほか, 1963)。北但層群は弘原海・松本(1958)により記載され、兵庫県地質鉱産図(兵庫県, 1959)、兵庫県土地質図(兵庫県土地質図編纂委員会, 1996)、日本地方地質誌「近畿地方」(日本地質学会編, 2009)でも大きな変更がないまま用いられてきた。すなわち、兵庫県北部地域の北但層群は下位から礫岩を主体とする高柳累層、玄武岩～安山岩質火山岩類を主とする八鹿累層、流紋岩質火山岩類と淡水～海成碎屑岩からなる豊岡累層、主に海成碎屑岩類からなる村岡累層に区分されている。香美町香住区下浜地域の構成層はこれらのうち八鹿累層～豊岡累層の下部に相当する。

一方、安野(2003, 2005)および香住町(2005)は下浜地域の北但層群を八鹿累層に対比している。さらに山内ほか(1989)は八鹿累層と豊岡累層をまとめて八鹿累層に再定義するなど、北但層群の層序に関しては統一的

見解がない。なお、現在の地層命名規約によると「○○累層」ではなく「○○層」が使用されているため（日本地質学会訳編，2001），本文では北但層群構成層を下位から高柳層・八鹿層・豊岡層・村岡層と呼ぶ。

堆積相の区分

堆積物には堆積相，堆積組相，堆積システムなど，堆積メカニズムや堆積環境を反映した積み重なるの階層性があり，堆積メカニズムや堆積環境の復元を行う場合この階層性に基づいた解析が求められている（Walker,1992など）。また，火山岩と堆積岩が混在する箇所においては，マグマ活動が堆積物に及ぼす影響も考慮する必要がある（Squire and McPhie, 2002など）。筆者らは“漣痕化石”の実態を明らかにするために“漣痕化石”周辺の北但層群を対象に堆積相解析を行い，形成メカニズムおよび堆積環境を推定した。

図5と図6に調査地域周辺のルートマップと柱状図を示す。下浜周辺の八鹿層・豊岡層は，概ね東西走向で南に約10度傾斜する。主に，礫岩・砂岩・泥岩とそれらの互層からなり，三田浜周辺では軽石質凝灰岩および凝灰質砂岩が卓越する（図5）。但馬松島および周辺には，

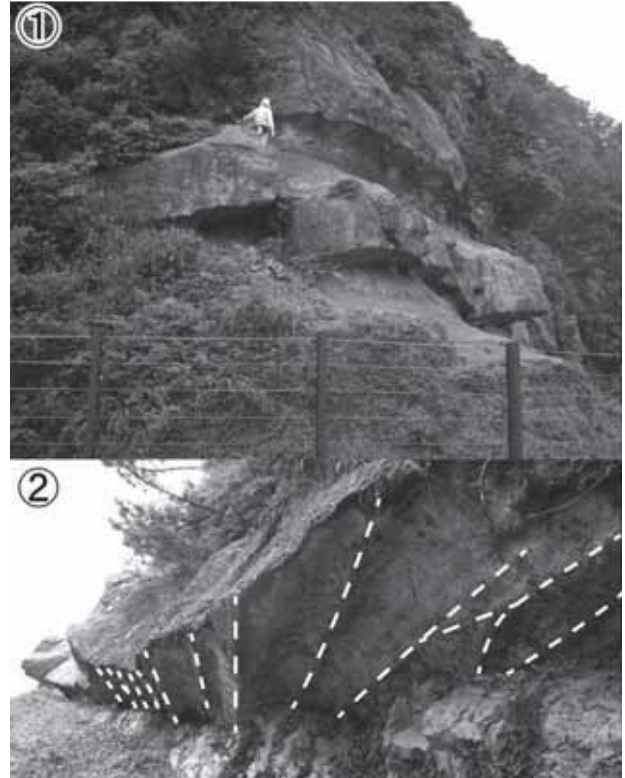


図2 ① “漣痕化石”の露頭。人物が立っている礫岩層の底面に“漣痕化石”が認められる。
② 礫岩の基底部に発達する線構造。

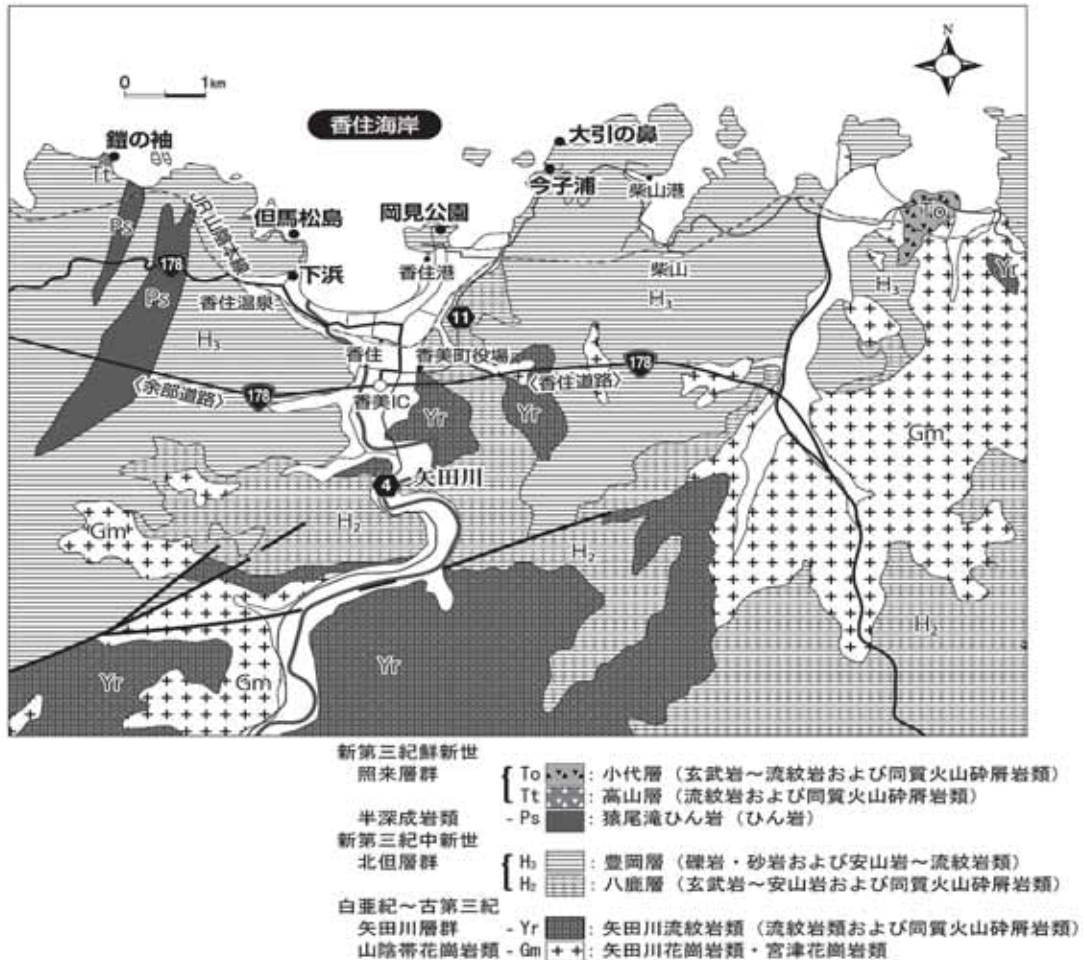


図3 香美町香住周辺の地質図（兵庫県土木地質図編纂委員会，1996一部改編）

年代 (Ma)	時代	層序
5.3	鮮新世	照来層群
		村岡層
	中新世	北但層群
		豊岡層 八鹿層 高柳層
23	中生代白亜紀 新生代古第三紀	矢田川層群 /花崗岩類

図4 調査地域周辺の模式層序

砕屑岩類中に安山岩の岩脈（一部岩床）が広く貫入している。安山岩は灰黒色～青黒色を呈し、無斑晶質なもの2～5 mmの斜長石および5 mm前後の角閃石、2～5 mmの輝石斑晶を含むものが認められる。一部で赤褐色を呈し、15 mm前後の角閃石斑晶を含むものが認められる。

“漣痕化石” “露頭周辺の砕屑岩類および火山砕屑岩類は、それらの特徴から5つの堆積組相に区分できる（図6）。すなわち、（1）平行葉理と一部リップル葉理が発達し、炭質物を含む泥岩卓越砂岩泥岩互層からなる堆積組相LM、（2）トラフ型斜交層理やリップル葉理、平行葉理の発達する砂岩からリップル葉理、平行葉理が発達し、炭質物や根痕、材化石等を含む泥岩や細粒砂岩泥岩互層へ上方細粒化するユニットが累重する堆積組相SR、（3）大型のトラフ型斜交層理が顕著な礫支持礫岩からトラフ型斜交層理の発達する砂岩、弱成層～塊状で、根痕や垂炭層を含む泥岩へと上方細粒化するユニット（層厚約5～10 m）が累重する堆積組相GR、（4）塊状不淘汰基質支持礫岩からなる堆積組相DEB、（5）塊状不淘汰で軽石を含む火山礫凝灰岩および凝灰岩、トラフ型斜交層理の発達した凝灰質砂岩が累重する堆積組相R/PYRである。調査区間では、柱状図①～④は下位か

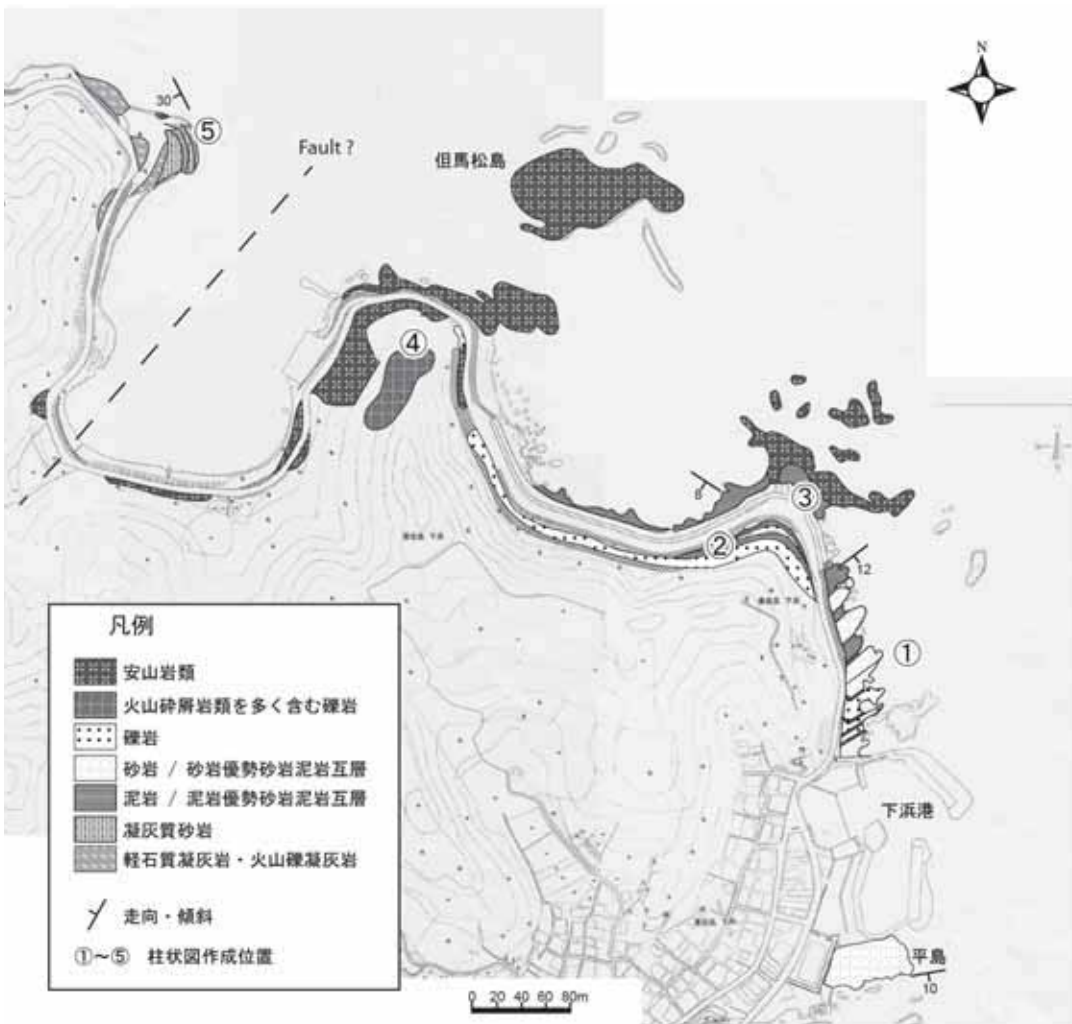


図5 下浜地域ルートマップ

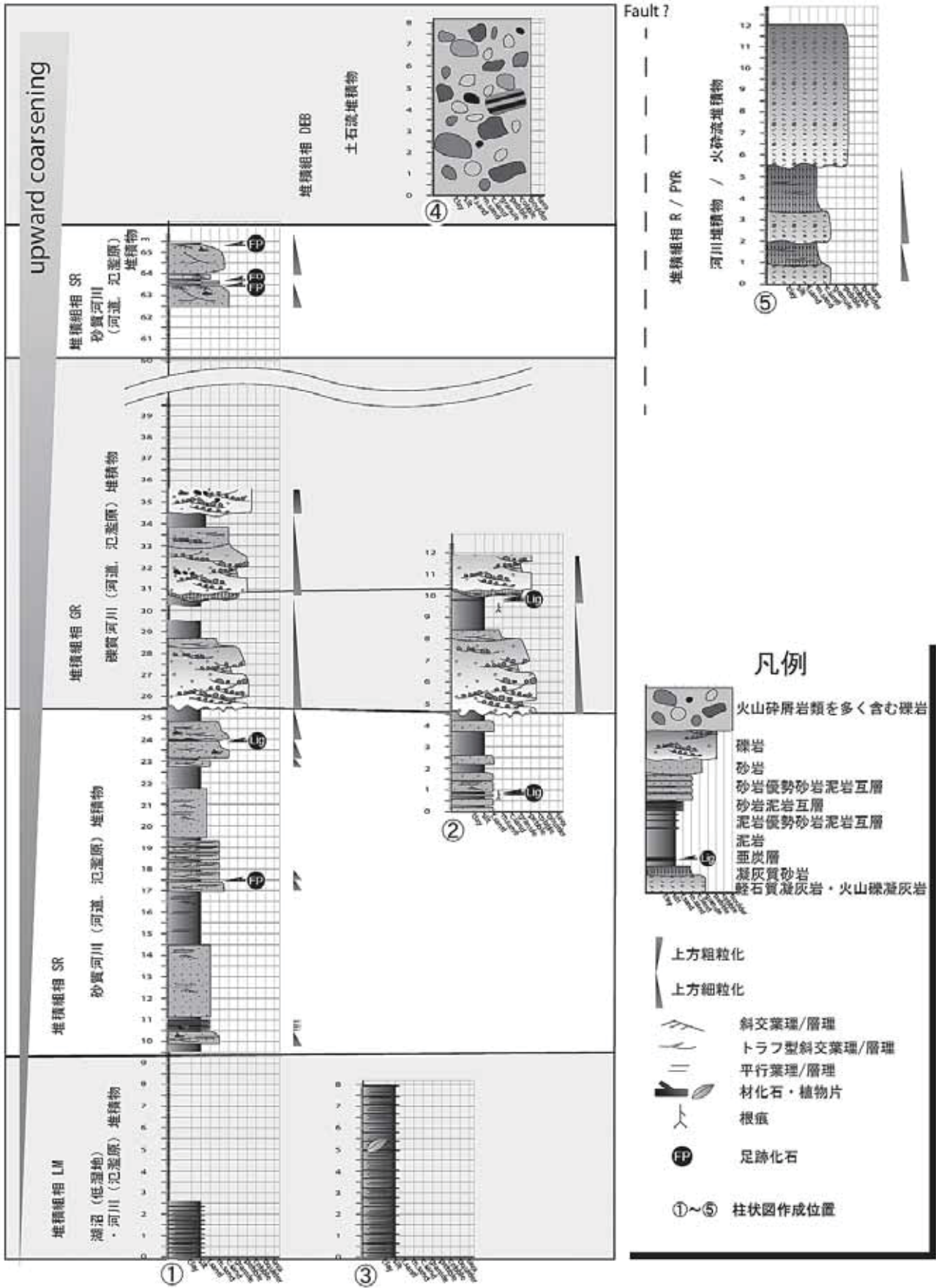


図6 下浜地域の豊岡層の柱状図。柱状図の①~⑤の位置は図5参照。

ら上位へ累重する(図6)。柱状図④区間と⑤区間の間には断層が通っていると考えられ(図5)、柱状図⑤と他のものとの層位関係は不明である(図6)。

堆積相の記載と解釈

堆積組相GR(解釈: 礫質河川堆積物): 大型のトラフ型斜交層理が顕著な礫支持礫岩からトラフ型斜交層理の発達する砂岩, 弱成層~塊状で, 根痕や亜炭層を含む泥岩へと上方細粒化するユニット(層厚約5~10 m)が累重する。上方細粒化ユニット下部を構成する礫岩部にはしばしば大型のトラフ型斜交層理が発達し, 礫がレンズ状に濃集するほか, 分級の悪い中~粗粒砂岩をレンズ状に挟む(図7, ①)。礫は細~中礫の円~亜円礫で流紋岩類および凝灰岩類を主体とする。平行配列するほか一部で覆瓦構造が認められる。礫岩は下位に位置する泥岩をしばしば削り込む。一部で, 泥岩の偽礫が認められる(図7, ②)。礫岩は上方細粒化し, 粗粒砂岩へ遷移する。粗粒砂岩にもしばしば大型のトラフ型斜交層理が発達する。一部で円~亜円礫の細~中礫をレンズ状に挟む。これら下への削り込みや大規模トラフ型斜交層理, 礫の平行配列や覆瓦構造はチャンネルを流れた水流によるものと解釈できる(Miall,1978など)。上方細粒化はチャンネルの側方移動によるチャンネル底からポイントバー

への変化によるものと判断した。ユニット上部を構成する泥岩中には根痕が認められるほか亜炭層を挟む。これらは, 流路が移動した後の氾濫原の堆積物と解釈した。なお, “漣痕化石”が認められるのは堆積組相GR最下部の礫岩の基底で, 下位は堆積組相SRの泥岩部である。

堆積組相SR(解釈: 砂質河川堆積物): トラフ型斜交層理やリップル葉理, 平行葉理の発達する砂岩から塊状またはリップル葉理, 平行葉理が発達し, 炭質物や根痕, 材化石等を含む泥岩や細粒砂岩泥岩互層へ上方細粒化するユニットが累重する(図8, ①, ②; 図9, ①, ②)。しばしば亜炭層を挟む。砂質部はトラフ型に下位を削り込む。これらの特徴から堆積組相GR同様, 河川の堆積物と解釈した。堆積組相GRと比較して単層の厚さが薄く, 礫を含まないことは, 堆積組相GR堆積時に比べ河川の運搬力が弱かったことを示唆している。氾濫原堆積物と考えられる泥岩部中にはまれに逆級化し, 炭質物を多く含む細~中粒砂岩が挟在する。これは洪水時に堆積した自然堤防堆積物(伊勢屋, 1982)と考えられる。堆積組相GRおよびSRにおいて, 全体を通して炭質物や材化石が認められることは, この河川周辺に湿地や森林が広がっていたことを示唆している。特に, 堆積組相SR中の砂岩の上面には, サイやワニ, シカ, ゾウ, トリなどの足跡化石が認められる(香住町, 2005)。生物活動が盛んだったものと考えられる。



図7 ① 堆積組相GRの礫岩部に認められるトラフ型斜交層理
② 堆積組相GRの礫岩部に認められる泥岩の偽礫。

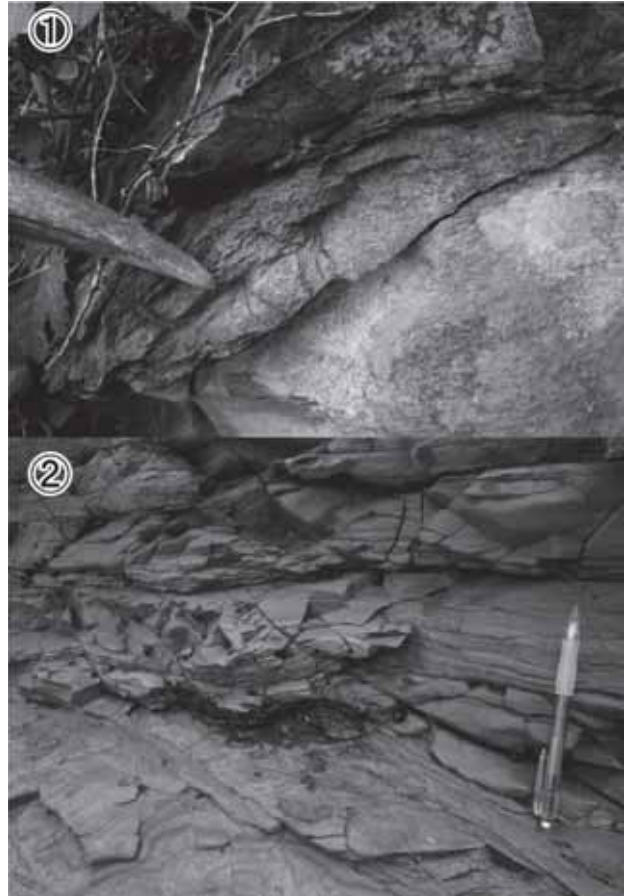


図8 ① 堆積組相SRの砂岩部に認められる根痕
② 堆積組相SRに認められる材化石

堆積組相LM（解釈：湖沼堆積物・氾濫原堆積物）：平行葉理と一部リップル葉理が発達し、植物片を含む泥岩卓越砂岩泥岩互層からなる。粗粒の砕屑物をほとんど含まない。単層が1～3 cmと薄く、リップル葉理の波高も5 mm以下と小さい。流れや波の影響をほとんど受けない湖沼やその周辺の低湿地、河川の氾濫原の堆積物と解釈される（Collinson et al., 2006など）。

堆積組相DEB（解釈：土石流堆積物）：塊状不淘汰な基質支持礫岩からなる（図10, ①）。礫径3 cm～70 cmの安山岩の亜円礫～垂角礫および5 cm前後の凝灰岩、流紋岩および花崗岩の円礫～亜円礫を主体とし、1 cm前後のチャートや頁岩の円礫を含む。堆積構造を残した砂泥互層の偽礫を含む（図10, ②）。1ユニットの厚さは8 m以上。土石流堆積物（Middleton and Hampton, 1976; Lowe, 1979, 1982）と判断した。下位の堆積相から陸に堆積したものと考えられる。

堆積組相R/PYR（解釈：河川堆積物／火砕流堆積物）：塊状不淘汰で軽石を含む火山礫凝灰岩および凝灰岩、トラフ型斜交層理の発達した凝灰質砂岩が累重する。これ

らは珪長質な火山砕屑物からなり、単源的である。塊状部では軽石がしばしば流動変形する。単層が共産する堆積物より厚く、塊状不淘汰な軽石を含む火山礫凝灰岩を陸上に堆積した火砕流堆積物（Fisher and Schmincke, 1984など）、塊状不淘汰な軽石質凝灰岩からトラフ型斜交層理の顕著な凝灰質砂岩へ上方細粒化するユニットを河川により移動した再堆積物と解釈した。

“漣痕化石”とされる礫質河川堆積物基底部に認められる線構造の形状

層理面に見られる堆積構造には、流れの直接の作用で形成するものや重力や密度差、それに関連したせん断応力で形成されるもの、生物の活動によって形成されるもの等があるが、特に単層の上面に発達するもの（表痕）と下面に発達するもの（底痕）に大別できる。表痕として代表的な構造が流れのベッドフォームとして形成するリップルやデューンで、しばしば河川や潮汐流、海流、重力流、波浪による複合流、風等により発達する。底痕として代表的なものが流痕や荷重痕、生痕などで、特に流痕は水流等による浸食作用および、水流により礫などの物体が引きずり等によって生じる（Collinson et al., 2006など）。下浜に見られる線構造について記載を行い、



図9 ① 平島に分布する堆積組相SRの砂岩上面に発達した漣痕化石とそれを踏んだ偶蹄類の足跡化石（赤破線）。踏んだことによりリップルが変形する（白破線）。青矢印は推定される古流向。
② 平島に分布する堆積組相SRの砂岩部に発達したトラフ型斜交層理。青い矢印方向に延びる。



図10 ① 堆積組相DEBの安山岩礫（巨礫）
② 堆積組相DEBに認められる偽礫

形成メカニズムを推定する。

線構造間の距離と線構造の比高: 線構造の伸びの方向に垂直方向の断面をスケッチして凹凸を表記した(図11, 12)。計測にあたっては凹凸の比高および線構造の下への凸部の間隔(波長)を記載した。間隔は最大60 cm, 最少15 cm, 平均29.7 cmで、一定ではない(表1)。特に、地点④~⑦の間で間隔が広いものが多い。比高についても規則性はなく、最大23 cm, 最少2 cm, 平均は7.8 cmである(表2)。特に地点③~⑥付近で、最も下に突出し

ている箇所と上に凹んでいる箇所の比高が大きくなっている。このように、線構造の凹凸は不規則である。

線構造の形状: 線構造の凹凸断面の規則的な対称性は見当たらない。線構造同士は概ね平行に並ぶが、一部で線構造が複合している箇所も認められる(図13, ①)。下への凸部に注目すると、凸部根元付近で裏にえぐれ入り込む形状が認められる線構造もある(図13, ②)。

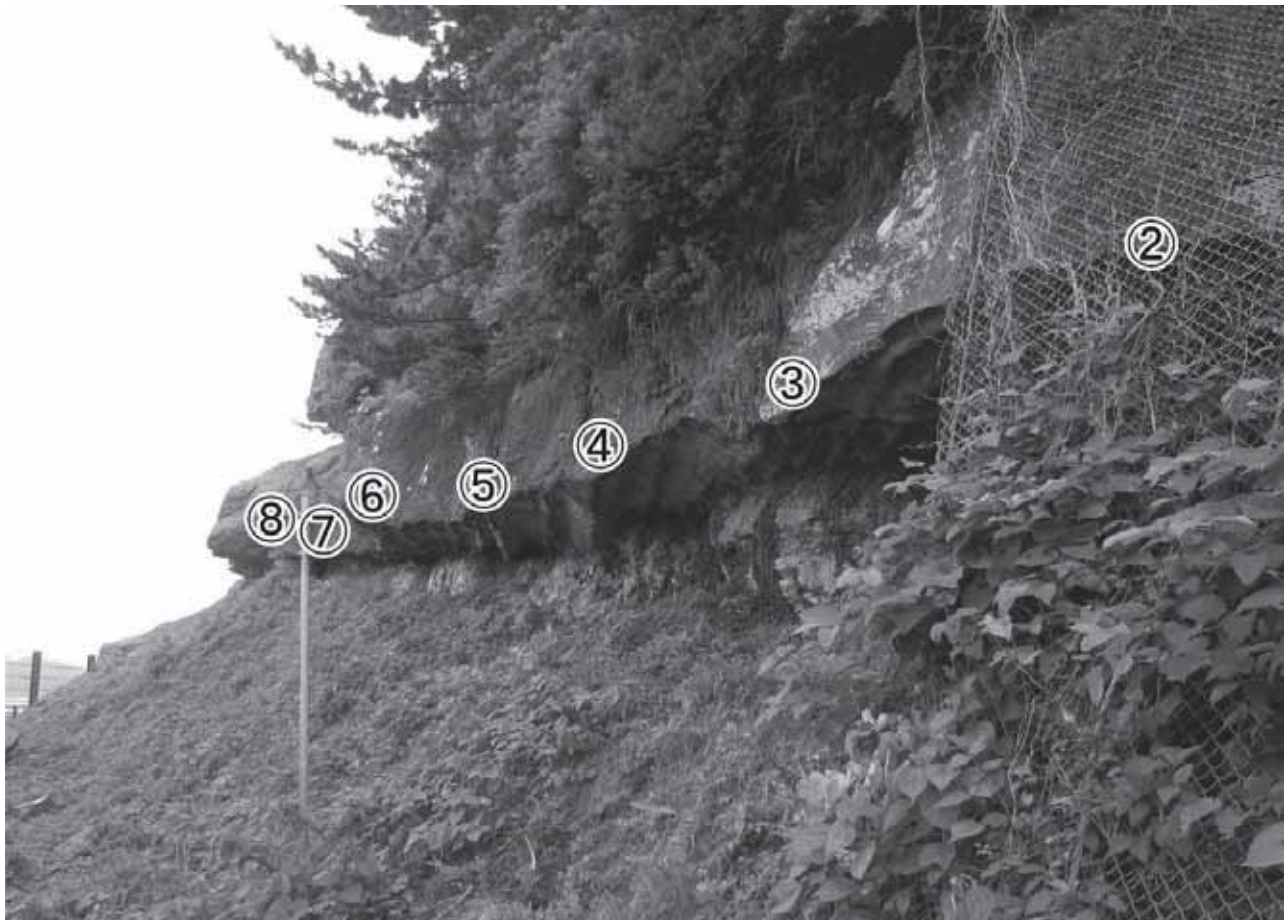


図11 線構造全景。数字は図12のスケッチの位置に対応。

波長	0~9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	計
個数	0	2	9	11	9	1	1	0	32

表1 線構造測定区間(図12)の波長の分布(単位:cm)。

比高	1~4	5~9	10~14	15~19	20~24	24~29	合計
個数	12	37	9	2	1	0	64

表2 線構造測定区間(図12)の比高の分布(単位:cm)。

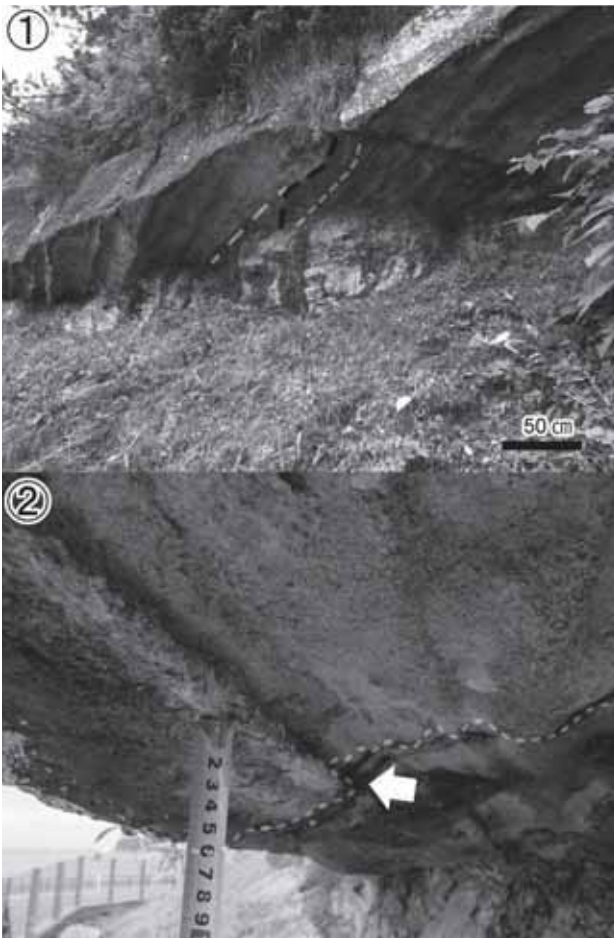


図13 ① 線構造の形状。線構造が入り組む。
 ② 矢印の凸部根元付近で裏(矢印左奥)にえぐれ入り込む形状が認められる線構造。

粗い粒子でないと形成しないと考えられる(図14)。これは、デューンが形成する水流の高い流れ領域においては、シルトサイズの粒子に堆積作用が生じず、運搬もしくは浸食されてしまうからである(図15)。つまり、下浜に認められる線構造は“漣痕化石”ではないと判断される。

線構造の形成メカニズム: 線構造は単層の下面に発達しており底痕に分類できる。線構造の認められる堆積相GRはチャンネル堆積物と考えられる礫岩部の基底や礫岩部中のトラフ型斜交層理がしばしば下面を削り込んでいる。また、礫岩部にシルトの偽礫を含むものもあり、下位のシルトを礫岩部が削り込んだものと考えられる。線構造は概ねN60° W方向に平行に並んでいる。堆積相GR中に認められる枝の残っている大型の材化石から古流向を推定すると、材の方向はN72° Wで、水の流れて枝が引きずられ、枝があるほうが下流側にあったと考えれば、西北西から東南東への古流向が考えられる(図16, ①)。さらに、礫岩部の礫の覆瓦構造からも概ね西北西から東南東への古流向が得られる(図16, ②)。堆積相SR中に認められる漣痕の方向およびトラフ型斜交層理の伸びの方向も概ねN60° W~N70° Wで西北西から東南東への古流向を示す。線構造の伸びの方向はこれら古流向と概ね一致しており、礫質河川のチャンネル部の基底で水流が川底を削り取った流痕(current scour mark)と考えられる(Dzulynski and Walton, 1965など)。特に、線構造は下への凸部が鋭角で上への凸部はなだらかなため、削り込みが顕著だったものと考えられ、また、

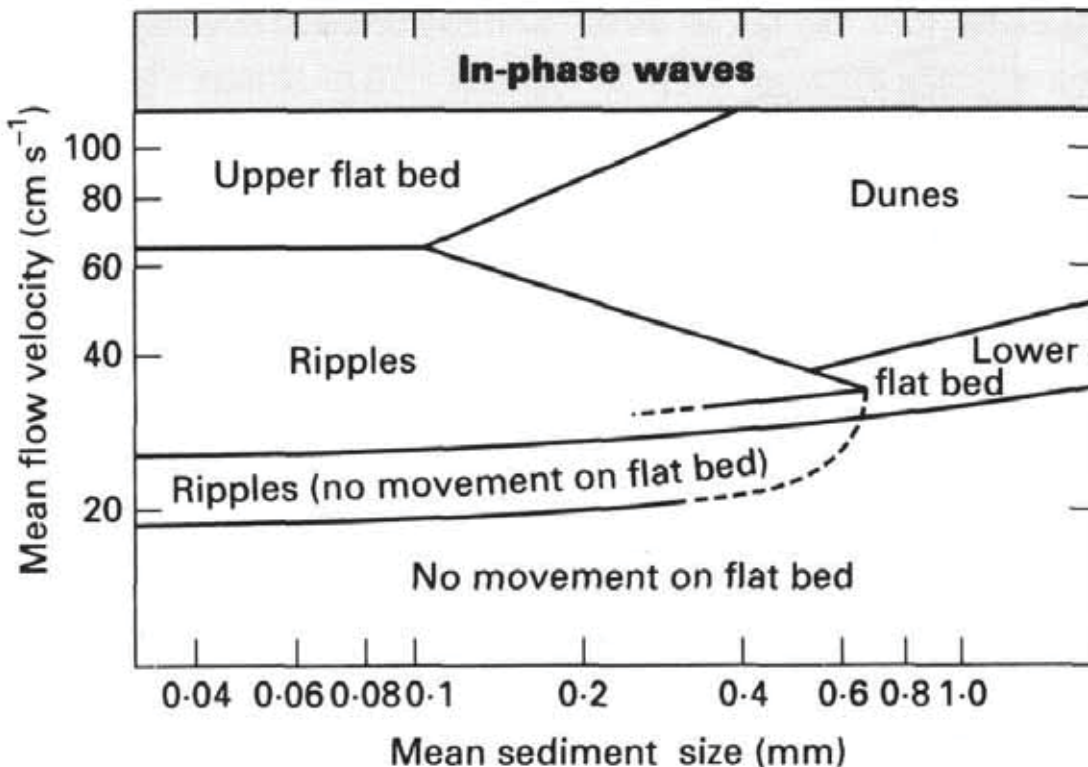


図14 流れの強さとベッドフォームの関係 (Harms et al., 1975 一部改編)。

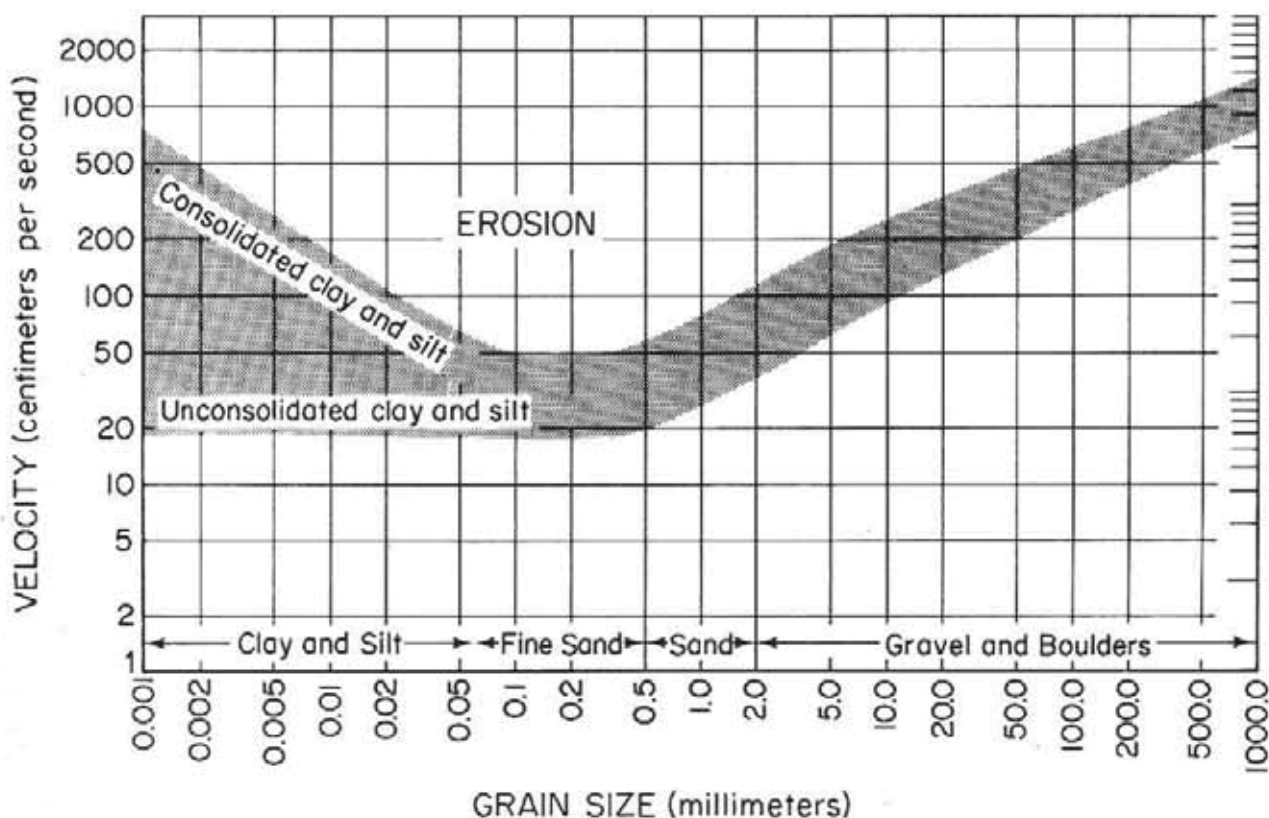


図15 流れの強さと粒子の挙動の関係 (Hjulstrom's diagram ; Sundborg, 1956一部改編)

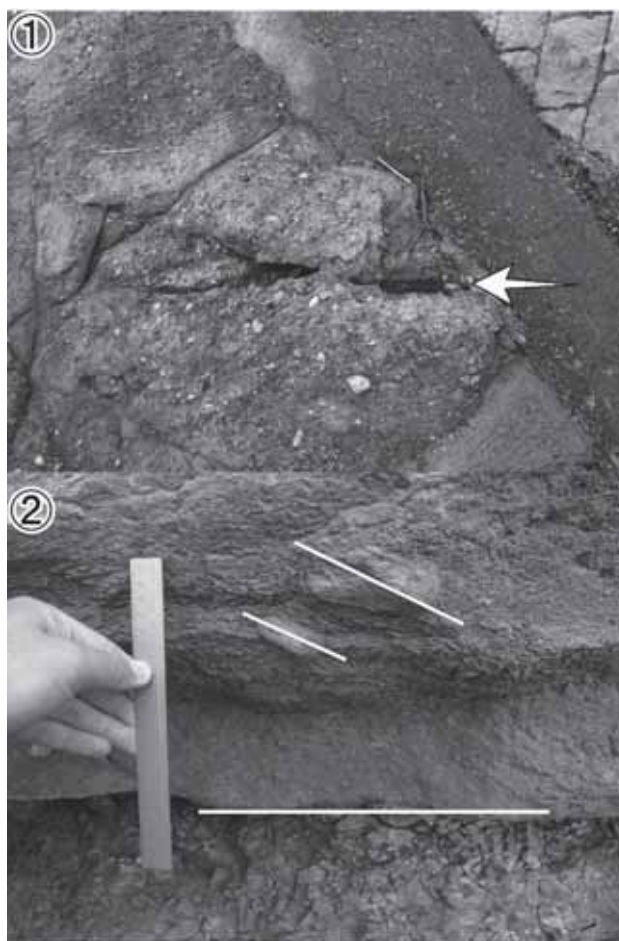


図16 ① 枝の残る材化石。青矢印方向が推定される古流向。
② 堆積組相GRの礫岩中に認められる礫の覆瓦構造。

直線的に続くため、障害物による流れの乱れによる削り込みなどではなく、比較的速い水流やそれにより運搬される粒子による削り込みにより生じた溝状流痕 (gutter cast: Whitaker, 1973) と考えられる。

堆積環境の復元: 調査地域周辺には礫質～砂質河川堆積物、湖沼堆積物、土石流堆積物および火砕流堆積物とそれらの再堆積物が分布する。河川堆積物や湖沼堆積物中に植物片や材化石が含まれること、亜炭層を挟むこと、動物の足跡化石が豊富に見つかることは、当時生物生産量が高かったことを示唆している。八鹿層～豊岡層下部が堆積した2500万年前～1600万年前、アジア大陸の縁辺が割れ、背弧凹地が形成された (Otofujii et al., 1991, Tamaki et al., 1992など)。調査地域周辺は、大陸縁辺の凹地に位置し、河川や湿地、湖沼が広がっていたものと考えられる。崖錐堆積物を含まないことは、凹地の縁辺の断層崖から比較的離れた位置にあったか、断層崖がすでに崩壊または埋積していたことを示唆している。調査地域周辺では大きく上方に向かって粗粒化する傾向が認められる。これは凹地の埋積とそれによる河川 (扇状地) の扇端部から扇中部への前進 (Miall, 1978) を示唆している。つまり、はじめ湖沼が広がっていたところへ扇端部の砂質河川が流れ込み、さらに凹地の埋積による扇状地の前進により扇中部の礫質河川が、さらに扇頂部で土石流堆積物が重なっていった。弘原海ほか (1966) では、八鹿層の下位に位置する高柳層について、その岩

相から沈降部に扇状地堆積物、崖錐堆積物および土石流堆積物が堆積したとした。八鹿層～豊岡層堆積時にも、同様に凹地埋積システムが発達していたものと思われる。しかしながら、調査地域周辺に分布する北但層群の層序の詳細については今後の課題であり、現段階では構造発達史を論ずることはできない。さらに、調査地域周辺には堆積前後～ほぼ同時期に苦鉄質～珪長質火山活動があり、それが堆積環境へ影響を及ぼしているだけでなく、当時の造構場を記録している。特に、下浜周辺には火砕流堆積物や未固結堆積物に貫入した安山岩と堆積物の接触部付近にペレライトが認められ、当時の火山活動を知る良い手がかりになることが期待される。今後、各地で堆積学的な検討を続け、日本海全域での構造発達史との比較検討を行っていく必要がある。

まとめ

従来、“漣痕化石”とされていた香美町香住海岸の下浜に認められる線構造および周辺の碎屑岩類および火山碎屑岩類を対象に、形状解析および堆積相解析を行った。堆積相解析の結果、周辺に分布する碎屑岩類および火山碎屑岩類を堆積組相GR（礫質河川堆積物）、堆積組相SR（砂質河川堆積物）、堆積組相LM（湖沼堆積物・氾濫原堆積物）、堆積組相DEB（土石流堆積物）、堆積組相R/PYR（河川堆積物／火砕流堆積物）の5つに分類した。線構造の形状解析の結果、線構造は漣痕化石ではなく、礫質河川のチャンネル底に発達した溝状流痕（gutter cast）であることが分かった。これは、日本海拡大初期の堆積環境を知る重要な手がかりであるとともに、当時の堆積場や構造発達史を解明する上でもたいへん貴重な資料である。また、これほど大規模にはっきりとした流痕が露出していることは稀であり、堆積学の発展にも寄与するものと期待できる。

謝辞

豊岡市ジオパーク調査専門員の三木武行氏には現地調査に協力いただいた。京都教育大学の田中里志教授、兵庫県立大学の小林文夫教授の両査読者からは有益な助言・コメントを頂いた。ここに感謝の意を表す。なお、この研究は香美町受託研究の一環で行った。

要旨

従来、“漣痕化石”とされていた香美町香住海岸の下浜に認められる線構造および周辺の碎屑岩類および火山碎屑岩類を対象に、形状解析および堆積相解析を行った。堆積相解析の結果、周辺に分布する碎屑岩類および火山

碎屑岩類を堆積組相GR（礫質河川堆積物）、堆積組相SR（砂質河川堆積物）、堆積組相LM（湖沼堆積物・氾濫原堆積物）、堆積組相DEB（土石流堆積物）、堆積組相R/PYR（河川堆積物／火砕流堆積物）の5つに分類した。線構造の形状解析の結果、線構造は漣痕化石ではなく、礫質河川のチャンネル底に発達した溝状流痕であることが分かった。

文献

- Collinson, J.D., Mountney, N. and Thompson, D. 2006. *Sedimentary Structures*. 292 pp. 3rd edition, Terra Publishing, England.
- Dzulynski, S. and Walton, E. K., 1965. Sedimentary Features of Flysch and Greywackes. *Developments in Sedimentology*, 7. Elsevier, Amsterdam, 274 pp.
- Fisher, R. V. and Schmincke, H. U., 1984, *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag, 472 p.
- Harms, J. C., Southard, J. B., Spearing, D. R. and Walker, R. G., 1975: Depositional environments as interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences. SEPM Short Course Notes, (2): 161 p.
- 兵庫県, 1959. 兵庫県地質産図説明書. 61-76.
- 兵庫県土木地質図編纂委員会, 1996. 兵庫の地質—兵庫県地質図解説書・地質編一, 361 p.
- 伊勢屋ふじこ (1982) 茨城県, 桜川における逆グレーディングをした洪水堆積物の成因. 地理学評論, 55, 597-613.
- 香住町, 2005. 香住町足跡化石調査報告書. 107 p.
- Lowe, D. R., 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. SEPM Spec. Pub. 27, 75-82.
- Lowe, D. R., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. *J. Sed. Petrol.* 52, 279-297.
- Miall, A. D., 1978, Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In Miall, A. D., ed., *Fluvial sedimentology*. *Canadian Society of Petroleum Geologists*, 5, 597-604.
- Miall, A. D. (ed.), 1978, *Fluvial Sedimentology*. 859 p.
- Middleton, G. V., Hampton, M. A., 1976. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: Stanley, D. J., Swift, D. J. P. (Eds.), *Marine Sediment Transport and Environmental Management*. Wiley, New York, pp. 197-218.

- 村山正郎・一色直記・坂本 亨, 1963, 5万分の1地質図幅「鳥取北部」・「鳥取南部」および同説明書, 地質調査所, 66 p.
- 日本地質学会誌(編), 2001. 国際層序ガイド: 層序区分・用語法・手順へのガイド, 共立出版, 238 p.
- 日本地質学会編, 2009. 日本地方地質誌「近畿地方」, 朝倉書店, 472 p.
- Otofuji, Y., Itaya, T. and Matsuda, T., 1991. Rapid rotation of southwest Japan-palaeomagnetism and K-Ar ages of Miocene volcanic rocks of southwest Japan. *Geophysical Journal International*, **105**: 397-405.
- Squire, R. J. and McPhie, J., 2002. Characteristics and origin of peperite involving coarse-grained host sediment. In: Skilling, I. P., White, J. D. L., McPhie, J. (Eds.), Peperite: Processes and Products of Magma-Sediment Mingling. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* **114**, 45-61.
- Sundborg, A., 1956. The river Klaralven: a study of fluvial processes. *Geograf Ann.*, **38**: 127-316.
- Tamaki, K., Suyehiro, K., Allan, J., Ingle, J. C., Jr., and Pisciotto, K. A., 1992. Tectonic synthesis and implications of Japan Sea ODP drilling. In Tamaki, K., Suyehiro, K., Allan, J., McWilliams, M., et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 127/128 (Pt. 2): College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1333-1348.
- 田中真吾・中島和一, 1998. ひょうごの地形・地質・自然景観—失われつつある貴重な自然. 神戸新聞総合出版センター, 神戸市, 190 p.
- 弘原海清・池辺展生・松本 隆, 1966. 近畿北部の第三系. の対比—近畿北部の新生界の研究, その3. 松下進教授記念論文集, pp. 105-116.
- 弘原海清・松本 隆, 1958, 北但馬 地域の新生界層序—近畿西北部の新生界の層序研究—(その1). 地質学雑誌, vol. 64, pp. 625-637.
- Walker, R. G., 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concept. Facies models; response to sea level change, *Geol. Asso. Canada*, 1-25.
- 山内靖喜・畠田博之・古谷昭彦, 1989, 陥没盆地周辺の基盤岩中の角礫岩脈—堆積盆地発生期の引張性断裂. 地団研専報. (36), 161-173.
- 安野敏勝, 2003. 近畿北西部および九州北西部の下部中新統から産出したコイ科魚類の咽頭歯化石とその意義 (I). 福井市自然史博物館研究報告, No. 50, 1-8.
- 安野敏勝, 2005. 兵庫県豊岡市竹野海岸から産出した前期中新世化石群集 (I). 福井市自然史博物館研究報告, No. 52, 43-65.
- Whitaker, J. H. McD., 1973. "Gutter casts", a new name for scour-and-fill structures: with examples from the Llandoveryian of Ringerike and Malmoya, southern Norway. *Nor. Geol. Tidsskr.* **53**, 403-417.

(2012年7月31日受付)

(2012年10月26日受理)

兵庫県における カワウ *Phalacrocorax carbo* 個体群の確立

前畑 晃也^{1)*}・江崎 保男^{1) 2)}

Establishment of a stable local population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Hyogo Prefecture

Teruya MAEHATA^{1)*}, Yasuo EZAKI^{1) 2)}

Abstract

Distribution and sizes of breeding colonies and roosts of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* in Hyogo Prefecture were surveyed from 2008 to 2009. A total of 5 colonies and 16 roosts were confirmed to exist in the prefecture. Breeding season was between December and July. The local population size which was calculated by summing up individual numbers of cormorants in all roosts and/or colonies within the prefecture was from 2,000 to 4,500 in non-breeding season, from 3,000 to 3,500 in breeding season. As cormorants started to be recorded regularly in winter at the start of 1990's after a period of only irregular and small number of records, we can conclude that a local population of the Great Cormorant was established during the last 20 years in Hyogo Prefecture.

Key Words: Great Cormorant, Population, Distribution, Colonies, Roosts.

はじめに

カワウ *Phalacrocorax carbo* は日本全国に分布し、河川、湖沼、海岸に生息するカツオドリ目ウ科の水鳥である (OSJ, 2012)。1970年以前は青森から鹿児島までの1都12県にわたり広く分布していたが (成末ほか, 2001)、1970年代に急激にその数を減らした (石田ほか, 2000)。全国での総個体数が3,000羽以下の時期もあったと考えられているが、1980年代以降、日本全国でカワウの個体数増加と分布域拡大がみられるようになった (福田ほか, 2002)。兵庫県においては、1984年時点で候鳥 (記録はあるものの繁殖も越冬もしていない) との記載があり (神戸新聞出版センター, 1984)、兵庫野鳥の会 (1990) によると、1970年代にはほとんどなかった県内

でのカワウの確認記録が、1980年代には少し増加したものの、少なくとも1990年時点で繁殖してはいなかった。また、県内のバードウォッチャーの記録をとりまとめた日本野鳥の会兵庫県支部 (2006) によると、1980年代に一部の地域で記録されるようになり、1990年以降県内各地に分布が広がった。いっぽう、明石市のため池地帯では、1990年代から2000年代はじめにかけて冬季にカワウの個体数が急速に増加したことがわかっており (江崎・工, 2003)、兵庫県での増加傾向は全国の傾向にほぼ一致している。ちなみに、現在の近畿地方においては滋賀県の琵琶湖とその湖岸に、数千羽もしくは数万羽を数える非常に大きなコロニー (集団繁殖地) が複数存在している (滋賀県, 2009)。

個体数の増加ともなって全国的にカワウによる環境

¹⁾ 兵庫県立大学大学院環境人間学研究所 〒676-0092 姫路市新在家本町1丁目1-12. School of Human Science and Environment, University of Hyogo, Shinzaike-Honcho 1-1-12, Himeji, 670-0092 Japan. *E-mail: t.maehata1207@gmail.co.jp

²⁾ 兵庫県立大学自然・環境科学研究所/兵庫県立人と自然の博物館 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 INES, University of Hyogo/Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan.

被害が増加している。カワウは樹上に集団を形成し、ねぐらもしくは繁殖地として利用するため、営巣や糞害による樹木の衰弱や枯死、森林環境の改変などが非常に大きな問題となっている(石田, 2002)。また、カワウは、遊漁対象として重要なアユなどの魚種を捕食することから内水面漁業への被害も深刻である(成末ほか, 1999)。さらに、カワウは都府県境を越えて長距離を広域的に移動することが広く知られており(財団法人日本野鳥の会, 2004)、上述した諸問題を解決するためには自治体を超えた広域的な保護管理計画が必要である。そのため、カワウは特定鳥獣保護管理計画の対象種に指定され、国や地方自治体による保護管理指針の策定の対象となっている(財団法人日本野鳥の会, 2004; 福島県, 2007; 栃木県, 2007; 滋賀県, 2010; 兵庫県, 2012など)。しかし一方で、歴史的には窒素やリンを豊富に含むカワウの糞が肥料として重宝されたり、鶺鴒飼など伝統的な漁法に利用されたり、人にとって正の側面もあり(財団法人日本野鳥の会, 2004)、人間活動との関わりは深い。よってカワウは、地域の人と自然の関係を把握する上で非常に重要な種であるといえる。しかしながら、これまで兵庫県内に生息するカワウの個体数をまとめて公表した研究はない。

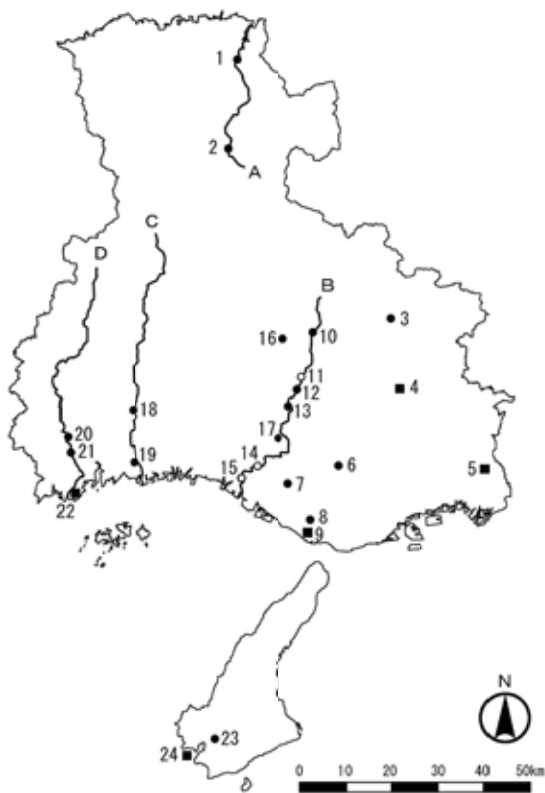


図1 調査を行なった兵庫県全域の図。実線A~Dは全域調査を行なった河川(A:円山川, B:加古川, C:揖保川, D:千種川)を、黒丸は調査時に現存していたねぐらを、白丸は調査時に消失していたねぐらを、黒四角は現存していたコロニーをそれぞれ示す。なお、各プロットNo.は表2~5のものに対応している。

そこで、本研究はカワウ集団の分布と個体数を調査することにより、兵庫県におけるカワウの現状を明らかにすることを目的とする。

調査地と方法

本研究では、事前に兵庫県(2005)と兵庫県立人と自然の博物館・日本野鳥の会兵庫県支部(2008)から、1970年以降の兵庫県内のカワウ集団、つまり、ねぐらとコロニーの情報(過去情報)を抽出し、これをもとにして、2008年5月から2009年6月まで現地調査を行なった。この調査では、過去にカワウ集団の記録があるすべての場所を訪れ、現存するものについては個体数調査を行なった。そして、カワウ集団が現存しないことがわかった場所についても、最後まで集団の存在の有無を確認した。また、これと並行して、兵庫県内を流れるおもな河川のうち円山川、加古川、揖保川、千種川の4河川の本流を、河口部から上流部まで車両で移動しながら、カワウ集団を探し、発見したら車両をおりて、その現状を記録した。なお、これらの河川の支流に関しては、調査を行っていない。さらに適宜、湖沼・海岸沿いを踏査し、新規にねぐら・コロニーが形成されていないかを調べ、新たなねぐら・コロニーを発見した場合にはこれらを調査対象に追加した。その後は可能な限り月に1回、確認あるいは発見した全カワウ集団を訪れる継続調査を行なった。なお、一旦カワウ集団が確認できた場所に関しては、たとえ肉眼で集団が確認できなくても、必ず車両を止め、双眼鏡をもちいてカワウの有無と個体数を確認した。また、これらの調査ではカワウ集団所在地の周辺環境とカワウの行動など、気づいた事すべてを記録するように努めた。また、調査時には親鳥による巣材運び、営巣、抱卵、餌運び等の行動、ヒナの声と姿に注意を払い、これらのいずれかが確認された時には、その集団をコロニーとみなした。

集団を構成する個体数のカウントは、一般的な手法(財団法人日本野鳥の会, 2004)に従った。すなわち、カワウが採餌場所からねぐら・コロニーに帰還する夕暮れ時を選んで、計数器を用い、次のような方法で行なった。まず、カワウ集団と飛来する個体をもっともよく見渡せる位置を選び、8倍の双眼鏡と25倍の望遠鏡を併用し、日没の約2時間前から調査を開始し、その時点でねぐら・コロニーにいるカワウの個体数を計数した後、カワウの視認が困難となる日没直後までに、帰還したカワウの個体数を加算、飛去したカワウの個体数を減算することにより各集団の総個体数を求めた。この際、巣内雛は数に入れなかった。なお、雨や霧などの悪天候により視界が悪い場合や、一旦帰還したカワウが何らかの攪乱により再び飛散してしまった場合など、カワウの計数に

影響があると判断した場合には、日を改めて同じ月に調査をやり直した。また調査中にカワウが飛散した場合には事の次第を記録し、飛散したカワウの行方と飛散の理由をわかる範囲で記録した。

結 果

1) カワウ集団の分布

過去情報をすべて込みにすると13ヶ所(表1のNo. 4, 5, 7, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 19, 22, 23, 24)でカワウ集団の記録が存在していたが、実際に現地踏査を行なったところ、加古川沿いに存在するとされた3つのねぐら(No.11, 14, 15)はすでに存在しなかった(図1)。いっぽう、現地調査では、過去情報にないカワウ集団を新たに11ヶ所(No. 1, 2, 3, 6, 10, 12, 13, 17, 18, 20, 21)で記録することができたので、調査期間において県内に現存していたカワウ集団の数は21であった(図1)。なお、新たに発見された11集団のうち8集団(No. 1, 2, 10, 13, 17, 18, 20, 21)は調査開始時には存在せず、調査期間中に形成されたものである。また、過去情報ではコロニーとされていた2集団(No.19, 23)では調査期間中の繁殖は認められず、ねぐらとして利用されるにとどまっていた。結局、現存する21集団のうち5ヶ所(No. 4, 5, 9, 22, 24)がコロニーであり、残り16ヶ所がねぐらであった。

今回確認したカワウ集団はすべて、河川、池沼、ダム湖、海に隣接する森林の水面側の林縁部に形成されていた。また、カワウ集団が利用した森林の植生はダム湖畔の針葉樹林1例(No.17)を除きすべてが竹林か広葉樹林、あるいは混交林であった。また、コロニーが形成された5ヶ所(No. 4, 5, 9, 22, 24)のうち3ヶ所(No. 5, 22, 24)の植生タイプは広葉樹林であった(表1)。そして、竹・針葉樹・広葉樹の混交林であったNo. 4, および竹・広葉樹の混交林であったNo. 9においても、営巣木として利用されたのはすべて広葉樹であったことを確認している。いっぽうNo.22は海浜公園内の池にある島に存在する広葉樹の灌木林であり、背の高い樹木がなく、低木の樹上のみならず地上に木の枝や海藻を積み上げて営巣するペアも見られた。なお、竹林に形成された6集団(No. 3, 6, 10, 12, 20, 21)はすべてねぐらであった。

2) カワウ集団の消長と繁殖期

表2は既存および新規情報に基づいて現地調査をおこなった24ヶ所での、各調査時のカワウ集団の在否、および繁殖の有無を示している。すでに述べたように、3集団(No.11, 14, 15)は過去情報があったものの、調査開始時点にはすでに消失しており、その後の調査でもカ

ワウ集団の存在が認められなかった。これら3集団を除いた現存する21集団中、4集団(No. 5, 6, 12, 24)は調査開始時あるいは集団の発見時から調査終了時まで毎回集団が存在し続けた。残り17集団のうち、9集団(No. 3, 4, 7, 8, 9, 16, 19, 22, 23)は調査開始時に存在したが、その後カワウを確認できない月があった。これら以外の8集団(No.1, 2, 10, 13, 17, 18, 20, 21)は調査開始時には存在せず、その後に形成されたものであるが、このうち3集団(No.13, 20, 21)は発見後に、やはり集団が確認できない月があった。このように、いったん集団を発見した21集団中の12集団、つまり過半数の集団では時間経過とともにその存在の消長がみとめられた。

県下ではNo. 4, 5, 9, 22, 24の5集団が繁殖を確認したコロニーであるが、繁殖開始の確認がもっとも早かったのは大園島(No.24)で、2008年の12月30日に営巣が確認された。なお、青野ダム(No.4)では12月4日にはカワウがおらず、2月2日には繁殖が確認された。昆陽池(No. 5)では12月6日には繁殖の兆候はなく、2月8日には繁殖が確認された。和坂公園(No.9)では2008年11月6日にはカワウがおらず、2009年2月19日に繁殖が確認された。赤穂海浜公園(No.22)では2008年12月23日にはカワウがおらず、2009年3月30日には繁殖が確認された。そして、これらのコロニーでもカワウ集団発見後の消失が、のべ5例認められた。しかし、それらはすべて各集団での繁殖開始前に起きたものであり、繁殖開始後に集団の消失が起きた事例はない。これ以降、大園島で繁殖が確認された12月から昆陽池で繁殖が確認された7月にかけての8ヶ月を兵庫県におけるカワウの繁殖期、8月から11月にかけての4ヶ月を非繁殖期と呼ぶことにする。

すると、繁殖期中に全集団を調査した3月から5月に存在したコロニー数はつねに5ヶ所、ねぐら数は9ヶ所から11ヶ所であり、総集団数は14ヶ所から16ヶ所であった。同様に、非繁殖期中に全集団を調査した8月から10月の総集団数、つまりねぐら数は12ヶ所から17ヶ所であり、総集団数において繁殖期と非繁殖期に顕著な差は認められなかった。

3) カワウの個体数

県下に存在するカワウ集団のカウント結果を調査月ごとに示した(表3)。県下の総個体数に着目すると、すべての集団を調査できた月のうち、非繁殖期である2008年8月から同年10月にかけての兵庫県におけるカワウのカウント総数は約2,000羽から約4,500羽であり、繁殖期である2009年3月から同年5月にかけてのカウント総数は約3,000羽から約3,500羽であった。このように非繁殖期のカウント数には2倍以上のばらつきがあったものの、

年間を通して数千羽のカワウが兵庫県内に生息していたことになる。

4) カワウ集団の消失と飛散

非繁殖期にねぐらが一度放棄されたあと復活した1例が、2008年の8月から12月にかけての和坂公園 (No. 9) である (表3)。8月まで300羽から400羽のカワウがねぐらをとっていたが、9月から11月の間は、0羽もしくは2羽しか記録されなかった。そして、12月には再び600羽以上の集団が確認されたが、この間つまり9月から11月にかけて、直線にして2.5 kmの距離で隣接するねぐらの中津大池 (No. 8, 図1参照) には、500羽前後の集団が連続的に確認され、さらにその後、和坂公園で個体数が回復した12月には、中津大池の個体数が0羽となった。つまり、和坂公園のねぐら放棄と中津大池のカワウ個体数の増加はタイミングが一致しており、さらに両ねぐら間で集団サイズに大きな違いはなかった。また、和坂公園からカワウがいなくなった9月には、この集団が利用していた樹木の一部が切り倒されていたこと、そして中津大池からカワウがいなくなった12月には、このねぐらのすぐ脇で大規模な工事が行なわれていたのを確認している。

また、いったん確認されたねぐらからカワウが消失した事例、つまり表3において記録数が整数から0に変化した事例が16件あったが、この中には上記の和坂公園と中津大池の事例のほかに、池の改修工事、隣接地での大規模工事、ねぐらへの人の立ち入り、銃器の使用、水面に張られたテグスといった、人為的な攪乱が消失の原因と推測されるものが、合計6件あった (表4)。

次に、一時的にねぐらから集団が飛散した事例、つまり、いったん飛散したものの調査中にカワウ集団が元の場所に舞戻った事例が2件あった。具体的には2009年2月の青野ダム (No. 4) と2009年6月の和坂公園 (No. 9) であり、いずれもハヤブサの出現によるものであった。とくに前者では、ハヤブサが直接カワウを攻撃し、逃げたカワウが樹上から水面に落下し、水中に潜って避難した。このように捕食者の出現によってカワウは一時的に飛散するものの、集団の消失にいたることはなかった。また、ハヤブサ以外の猛禽では、トビ・ミサゴ・オオタカ・ハイタカの4種が集団に接近した事例がそれぞれ1件ずつあったが、その際カワウが飛散することはなかった。

表1 兵庫県内のカワウ集団の概要。No.は図1の各プロットに対応している。Bはカワウが繁殖していたこと、NBはカワウ集団が存在していたが繁殖していなかったこと、-はカワウ集団が確認できなかったことを示す。2007年の情報は兵庫県立人と自然の博物館・日本野鳥の会兵庫県支部 (2008)、2005年以前の情報は兵庫県 (2005) に基づく。

No.	サイト名	場所	水辺タイプ	植生タイプ	集団の存在と繁殖		
					2005年以前	2007年	本研究
1	一日市島	豊岡市一日市	河川	広葉樹			NB
2	八鹿駅前	養父市八鹿町下網場	河川	竹・広葉樹			NB
3	丹南橋	篠山市黒田	河川	竹			NB
4	青野ダム(千丈寺湖)	三田市末	ダム湖	竹・針葉樹・広葉樹		B	B
5	昆陽池	伊丹市昆陽池	池沼	広葉樹	B	B	B
6	志染	三木市志染町御坂	河川	竹			NB
7	千波池	加古郡稲美町国岡	池沼	広葉樹	NB		NB
8	中津大池	神戸市西区平野町中津	池沼	竹・広葉樹	NB		NB
9	和坂公園	明石市和坂	池沼	竹・広葉樹		B	B
10	田高	西脇市黒田庄町田高	河川	竹			NB
11	多井田	加東市多井田	河川	不明	NB		-
12	下滝野	加東市下滝野	河川	竹			NB
13	復井町	小野市復井町	河川	竹・広葉樹			NB
14	升田	加古川市東神吉町升田	河川	不明	NB		-
15	友沢	加古川市加古川町友沢	河川	不明	NB		-
16	糞屋ダム(翠明湖)	多可郡多可町中区茂利	ダム湖	広葉樹	NB		NB
17	鴨池(男池)	小野市来住町	池沼	針葉樹			NB
18	屏風岩上流	たつの市新宮町鷺崎	河川	竹・広葉樹			NB
19	王子橋上流	たつの市揖保町真砂	河川	竹・広葉樹	B	B	NB
20	上郡	上郡町釜島	河川	竹			NB
21	中山	赤穂市中山	河川	竹			NB
22	赤穂海浜公園	赤穂市御崎	池沼	広葉樹(灌木)		B	B
23	淳仁天皇陵	南あわじ市賀集	池沼	広葉樹	B	B	NB
24	大園島	南あわじ市福良丙	海	広葉樹		B	B

表2 カワウ集団の季節消長と繁殖 (2008年5月～2009年6月). No.は図1の各プロットに対応している. 網掛けは調査が実施されなかったこと, Bはカワウ集団が繁殖していたこと, NBはカワウ集団が繁殖していなかったこと, +はカワウが見られたが繁殖しているか否か不明だったこと, -はカワウ集団が見られなかったことを示す.

No.	サイト名	2008年								2009年					
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	一日市島	-			NB	NB	NB	NB				NB	NB	NB	
2	八鹿駅前	-			-	-	NB	NB				NB	NB	NB	
3	丹南橋		NB	NB	NB	-	-	-	-			-	-	-	-
4	青野ダム(千丈寺湖)		B	+	+	NB	NB	+	-	+	B	B	B	B	B
5	昆陽池		B	B	+	NB	+	+	NB	+	B	B	B	B	B
6	志染	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB		NB	NB	NB	NB	NB
7	千波池	NB	+	+	+	+	NB	-	-		-	-	-	-	NB
8	中津大池	NB	NB	-	-	NB	NB	NB	-		-	-	-	-	NB
9	和坂公園	B	+	+	+	-	NB	-	+		B	B	B	B	B
10	田高		-	-	-	-	NB	NB	NB		NB	NB	NB	NB	
11	多井田		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
12	下滝野		NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB		NB	NB	NB	NB	NB
13	復井町		-	-	-	-	NB	-	NB		NB	NB	NB	NB	NB
14	升田		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
15	友沢		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
16	糀屋ダム(翠明湖)		NB	-	NB	NB	NB	NB	NB		NB	-	-	NB	NB
17	鴨池(男池)		-		-	-	NB	NB	NB		NB	NB	NB	NB	NB
18	屏風岩上流		-	-	-	-	-	NB	NB		NB	NB	NB	NB	
19	王子橋上流	NB	NB		NB	NB	NB	NB	NB			NB	-	NB	
20	上郡		-	-	NB	NB	NB	NB	NB			NB	-	-	
21	中山		-	-	-	-	-	-	-			NB	NB	-	
22	赤穂海浜公園		NB	+	+	-	NB	-	-			B	B	B	
23	淳仁天皇陵	NB			NB	NB	-	-	-			-	-	NB	
24	大園島	+			+	+	NB		B			B	B	B	
ねぐら数		6	9	7	14	12	17	13	12	2	6	11	9	11	7
コロニー数		2	2	1	0	0	0	0	1	0	3	5	5	5	3
合計(ねぐら+コロニー)		8	11	8	14	12	17	13	13	2	9	16	14	16	10

表3 調査月ごとの各カワウ集団の個体数. No.は図1の各プロットに対応している. 網掛けは調査が実施されなかったこと, -はカワウ集団が見られなかったことを示す.

No.	サイト名	2008年								2009年					
		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	一日市島	-			7	36	291	118	103			79	4	2	
2	八鹿駅前	-			-	-	398	108				65	41	42	
3	丹南橋		31	32	41	0	0	0	0			0	0	0	0
4	青野ダム(千丈寺湖)		66		122	132	126	82	0	173	216	98	115	121	159
5	昆陽池		530	372	505	413	458	521	588	308	357	525	1303	1204	931
6	志染	83	79	41	125	148	119	204	221		59	197	116	144	212
7	千波池	76	119	217	262	400	767	0	0		0	0	0	0	63
8	中津大池	18	12	0	0	365	703	622	0		0	0	0	0	4
9	和坂公園	193	368	432	338	0	2	0	624	427	423	542	830	710	
10	田高		-	-	-	-	183	103	123	78	60	67	61		
11	多井田		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
12	下滝野		45	26	38	38	25	262	30	178	93	64	52	28	
13	復井町		-	-	-	-	478	0	285	33	57	72	58	71	
14	升田		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
15	友沢		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
16	糀屋ダム(翠明湖)		14	0	15	21	24	33	48	44	0	0	0	8	13
17	鴨池(男池)		-		-	-	338	290	532	207	389	54	35	1	
18	屏風岩上流		-	-	-	-	-	80	133		121	170	63		
19	王子橋上流	126	189		396	677	401	852	1081		684	0	142		
20	上郡		-	-	54	23	43	83	32		193	0	0		
21	中山		-	-	-	-	-	-	-		132	14	0		
22	赤穂海浜公園		162	73	2	0	1	0	0		72	146	90		
23	淳仁天皇陵	2			2	9	0		0		0	0	1		
24	大園島	46			33	33	141		142		240	320	176		
計		544	1615	1193	1940	2295	4498	3358	3942	481	1599	3428	3028	3029	2192

表4 カワウ集団が消失した事例とこれを促したと考えられる理由. No.は図1の各プロットに対応している.

No.	サイト名	消失確認月	回復確認月	消失要因
3	丹南橋	2008年9月	回復せず	不明
4	青野ダム(千丈寺湖)	2008年12月	2009年1月	不明
7	千波池	2008年11月	2009年6月	池の改修工事とそれに伴う水位の著しい低下
8	中津大池	2008年7月	2008年9月	不明
8	中津大池	2008年12月	2009年6月	ねぐらに隣接する敷地での大規模な工事
9	和坂公園	2008年9月	2008年10月	コロニー内の樹木の伐採
9	和坂公園	2008年11月	2008年12月	不明
13	復井町	2008年11月	2008年12月	ねぐらへの人の立ち入り
16	糞屋ダム(翠明湖)	2008年7月	2008年8月	不明
16	糞屋ダム(翠明湖)	2009年3月	2009年5月	不明
19	王子橋上流	2009年4月	2009年5月	銃器による追い払い
20	上郡	2009年4月	回復せず	水面近くに張られたカワウ防除用のテグス
21	中山	2009年5月	回復せず	不明
22	赤穂海浜公園	2008年9月	2008年10月	不明
22	赤穂海浜公園	2008年11月	2009年3月	不明
23	淳仁天皇陵	2008年10月	2009年5月	不明

考 察

福田ほか(2002)によると、カワウのコロニーは1971年には全国で3ヶ所しか確認されていなかったが、1987年には10ヶ所で確認されるようになり、16年間で7ヶ所(平均0.4ヶ所/年)のコロニーが付加された。さらに、1987年から1998年にかけては11年間で37ヶ所(平均3.4ヶ所/年)の増加、1998年から2004年にかけては6年間で31ヶ所(平均5.2ヶ所/年)の増加が見られ(福田, 2002; 財団法人日本野鳥の会, 2004)、この30年間の全国でのカワウコロニーの増加が加速度的であったことは間違いない。

近畿地方に目を向けてみると、全国規模のデータに比べて情報が限られるものの、1970年代からは三重県に(中部近畿カワウ広域協議会, 2012)、1983年からは滋賀県に(滋賀県ウェブサイト)それぞれコロニーがあったことが確認されている。そして、2006年時点では計21ヶ所が存在しており(中部近畿カワウ広域協議会, 2006)、この30年間のカワウコロニーの増加はやはり急激なものであったと考えられる。

いっぽう兵庫県下では、既往文献(兵庫野鳥の会, 1990; 日本野鳥の会兵庫県支部, 2006)によると、カワウは少なくとも1990年には繁殖していなかったと考えて間違いない。しかし、今回の調査で、県下の繁殖期と非繁殖期の総個体数が、ともに数千羽のレベルに達し、カワウが周年安定して生息していることが確認されたので、兵庫県においては1990年代初頭から冬季に普通に出現するようになってから(江崎・工, 2003)、この20年間にカワウ個体群が確立したと結論できる。ただし、今回の調査では、既知の集団およびその周辺部、兵庫県内のおもな

水系の本流、海岸部を対象としており、すべての水域(特に小河川やため池)を網羅できたわけではないため、県内のカワウ個体数は過小に評価されている可能性がある。

兵庫県におけるカワウの繁殖は、淡路島に近接する大園島でもっとも早く開始されたが、海洋は一般的に内水面と比較して魚類資源量が大きいこと、海岸で繁殖するカワウは沿岸性魚類を利用しており、餌資源量がカワウの繁殖に影響を与えると考えられていること(井上ほか, 2012)などから、繁殖のために必要な餌が早い段階から十分に確保できたためではないかと推察される。

本研究では、すべてのカワウ集団が水辺に隣接する森林の水面側の林縁部に形成されていた。このことは、カワウと同様に樹林にねぐら・コロニーを形成するサギ類が、必ずしも水辺に面していない場所にもねぐらやコロニーを形成する(遠藤菜緒子, 私信)ことと比較して興味深い。カワウの形態が長距離飛行には適しているものの、狭い場所を飛び回るのは向かず、樹林への離陸および着陸時に、いわば滑走路として広い場所を必要とすること(滑走路仮説: 前畑, 未発表)と関係している可能性がある。サギ類はカワウと違って、ほぼ垂直に離陸・着陸することができるので、ねぐらやコロニーの前に広い空間を必要としないのだろう。言い換えると、グライダーのように滑空しながら離着陸せざるをえないカワウにとって、障害物のない開放水面に面した林縁部がねぐら・コロニーとして適しているのだと推測できる。なお、成末ほか(1997)は水辺に面していない場所でも営巣した事例をあげているが、当該集団の周辺環境が詳しく記述されていないため、ここで滑走路仮説との整合性を論じる事はできない。また本研究では、ハヤブサに襲われ

たカワウが水に潜ることが観察されたので、捕食者から逃げるという点においても、水面の存在がカワウ集団の形成を促している可能性がある。

さて、和坂公園のねぐら放棄と中津大池での集団の一時的出現について、2008年8月から12月にかけての両ねぐらのカウント個体数がほぼ同じ程度であること、そして、それぞれの集団からカワウがいなくなった時期に樹木の伐採や工事などの攪乱が見られたことは、攪乱を受けた和坂公園のカワウ集団が、この時期に中津大池にねぐらを移動していたことを示唆する。長距離飛行に長けた同種にとって、両ねぐら間の2.5 kmの直線距離を移動することは容易であると考えられるからである。また、これに関連して、調査期間中にカワウのねぐらが消失した事例16件のうち、人為攪乱に伴ってカワウ集団が消失したと考えられるものが合計6件あった。いっぽう、カワウの潜在的な捕食者であると考えられるハヤブサの出現事例が2件確認できたが、この時には、カワウは一時的に飛散するものの、集団そのものの消失は見られなかった。これらのことから、カワウ集団の消失の一因として人為攪乱が考えられる。また、人為的な攪乱により、カワウ集団が比較的容易に消失することが、ある場所におけるカワウ集団消長の一因になりうるのだと考えられる。このように、カワウが人為攪乱に対して敏感に反応すると考えられることから、人為的な追い払いは少なくとも当該地域からカワウを追い払うという点においては有効であると考えられる。しかしながら、和坂公園と中津大池の事例から推測されるように、人為的な追い払いは当該地域からの一時的なカワウ集団の消失にはつながるものの、カワウの分散と分布拡大を促進する可能性がある。その結果、全体として被害を増加させてしまうことが危惧されており（財団法人日本野鳥の会、2004）、無計画な追い払いには慎重にならねばならない。

また本研究においては、カワウの営巣木はすべて広葉樹であり、竹林はねぐらとしてのみ利用されていた。赤穂海浜公園（No.22）では地上営巣が多く見られたが、同地には丈の低い灌木しか存在しないこと、コロニーが海浜公園内の池にある島に存在するため、地上性の捕食者を寄せ付けないことなどが地上営巣を促していると考えられる。県外においては、スギやマツなどの針葉樹や倒木、係留杭などの人工物に営巣した事例（成末ほか、1997）が報告されており、カワウは広葉樹のみを営巣木として利用するわけではない。しかし、巣材としてササを用いた事例（石田、1997）はあっても、タケそのものに営巣したという事例は確認できなかった。タケが容易にしなる性質を持ち、体の大きなカワウが営巣するには安定性が悪く、抱卵・育雛に適さないためと推測できる。

近年、西日本の里山地域で放棄された竹林が分布を拡大しており（鳥居、2003）、兵庫県下にはカワウが潜在

的に利用可能であると考えられる水辺沿いの竹林が多く存在することから、兵庫県におけるカワウのねぐらは、今後も増加していく可能性がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、遠藤菜緒子博士には、調査活動全般からカワウに関する情報の提供、論文の執筆に至るまで多大な支援と貴重なアドバイスを頂いた。また、兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課からは貴重な情報を提供いただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

本研究は平成20年度および平成21年度兵庫県立大学特別教育研究助成金をもちいて行なった。以上の方々・機関に深く感謝を表す。

要 旨

兵庫県におけるカワウ集団の分布と繁殖状況、各集団の個体数を2008年から2009年にかけて現地踏査により調査した。調査期間中に確認できた集団は21ヶ所に存在し、そのうち5ヶ所が繁殖の行なわれるコロニーであり、繁殖期は12月から7月にわたっていた。本研究により県下の繁殖期と非繁殖期の総個体数が、ともに数千羽のレベルにあり、かつ、カワウが周年安定して生息していることが確認されたので、兵庫県においては過去20年間にカワウ個体群が新たに確立されたと結論できる。

文 献

- 中部近畿カワウ広域協議会（2006）中部近畿カワウ広域協議会 ねぐら・コロニー モニタリングデータ。
 中部近畿カワウ広域協議会（2012）中部近畿カワウ広域保護管理指針。
 江崎保男・工 義尚（2003）播磨ため池地帯初冬の鳥類群集 —10年間の変遷—。人と自然，14: 63-67。
 福田道雄（2002）日本におけるカワウの繁殖生態。日本鳥学会誌，51(2): 116-121。
 福田道雄・成末雅恵・加藤七枝（2002）日本におけるカワウの生息状況の変遷。日本鳥学会誌，51(1): 4-11。
 福島県（2007）福島県カワウ保護管理計画。
 兵庫県（2005）カワウ情報シート。
 兵庫県（2012）第11次鳥獣保護事業計画書。
 兵庫県立人と自然の博物館・日本野鳥の会兵庫県支部（2008）平成19年度兵庫県におけるサギ類およびカワウの集団繁殖地調査業務報告書。
 兵庫野鳥の会（1990）兵庫の鳥。増補新訂版。兵庫野鳥の会，神戸。339 p。
 井上裕紀子・藤井英紀・黒木博文・土屋健児・新妻靖章・

- 綿貫 豊 (2012) 沿岸と内陸におけるカワウの産卵開始時期とその同調度合い. 日本鳥学会誌, **61**(1): 6-16.
- 石田 朗 (1997) カワウの生息が森林生態系に及ぼす影響 —カワウ生息地の維持・管理に向けての基礎的研究—. 名古屋大学森林科学研究, **16**: 75-119.
- 石田 朗 (2002) カワウのコロニーや集団ねぐらによる森林生態系への影響. 日本鳥学会誌, **51**: 29-36.
- 石田 朗・松沢友紀・亀田佳代子・成末雅恵 (2000) 日本におけるカワウの増加と被害 —地域別・問題別の概況と今後の課題—. *Strix*, **18**: 1-28.
- 神戸新聞出版センター (1984) 兵庫の野鳥. のじぎく文庫, 神戸. 182 p.
- 成末雅恵・福田道雄・福井和二・金井 裕 (1997) 関東地方におけるカワウの集団繁殖地の変遷. *Strix*, **15**: 95-108.
- 成末雅恵・加藤七枝・金井 裕 (2001) カワウによる被害を考える. 野鳥, 647: 10-14.
- 成末雅恵・松沢友紀・加藤七枝・福井和二 (1999) 内水面漁業におけるカワウの食害アンケート調査. *Strix*, **17**: 133-145.
- 日本野鳥の会兵庫県支部 (2006) 自然環境モノグラフ 2号兵庫県における鳥類の分布と変遷. 兵庫県立人と自然の博物館, 三田. 185 p.
- OSJ: The Ornithological Society of Japan (2012) *Checklist of Japanese Birds. The 7th revised edition*. The Ornithological Society of Japan, Sanda. 438 p.
- 滋賀県 (2009) 平成21年秋期カワウ生息状況調査結果および平成21年カワウ捕獲結果の概要.
- 滋賀県 (2010) 特定鳥獣保護管理計画 (カワウ).
- 栃木県 (2007) 栃木県カワウ保護管理指針.
- 鳥居厚志 (2003) 周辺二次林に侵入拡大する存在としての竹林. 日本緑化工学会誌 **28**(3): 412-416
- 財団法人日本野鳥の会 (2004) 特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル (カワウ編).

付 記

滋賀県ウェブサイト 「<http://www.pref.shiga.jp/g/suisan/mamorou-b-s/kawau/kawau-text.html>」
最終アクセス日: 2011/02/03

(2012年 7 月 5 日受付)

(2012年 11 月 15 日受理)

DAISYを使った コミュニケーション障がい者にもわかりやすい展示解説の試み

三谷 雅 純^{1)*}

An attempted exhibition-commentary system being understandable to persons with communication-disorders by the DAISY

Masazumi MITANI^{1)*}

要 旨

コミュニケーション障がいとは、言語能力がいちじるしく低い状態を指す。聴覚障がいや音声・言語障がい、失語症、発達障がい、認知症などが該当する。万人に開かれているはずの生涯学習施設においても、これまでは、この障がいを持つ人に学習機会を保障するてだてがなかった。DAISYは再生時に音声が入りこえ、同時に文章が表記されて読み上げたところの色が変わり、絵や写真の挿入も可能なIT技術である。新しい展示解説のため、DAISYで試作した絵本を失語症者に視聴してもらおうと、失語症者 21名の内、15名が理解した。しかし機械的な人工音声に違和感を覚えた失語症者がいた。今後は失語症者以外のコミュニケーション障がい者に広く協力を仰ぎ、使いやすく、健常者にも違和感のない展示解説技術にしていく必要がある。この試みはユニバーサル・ミュージアムの実現に広く生かすことができ、ユニバーサル社会実現に向けた社会実験ともなる。

キーワード： 生涯学習施設、磁気情報端末、失語症、高齢者、ユニバーサル・ミュージアム、
ユニバーサル社会

はじめに

コミュニケーション障がいとは、他の能力に比べて言語能力がいちじるしく低い状態を指す。従来は聴覚障がいや音声・言語障がいなどが該当するとされたが、現在ではこれに加えて脳卒中や脳損傷による失語症（たとえば福迫, 1987; 竹内, 1995）、発達障がい（児童生徒の発達障がいについては文部科学省, 2004）、認知症などが該当するとされる。社会生活には欠かせない言葉とコミュニケーション行動の障がいであるため、当事者は日常生活にさまざまな不利益をこうむる。

コミュニケーション障がい者がこうむる不利益のひとつに、生涯学習の機会喪失があげられる。社会人、中でも高齢者は生涯学習に励もうとする例が多く、コミュニケーション障がい者も例外ではない。しかし、この障がいのために文献や書籍を理解できなかつたり、短い文章であっても理解しにくかつたりする。そのために学習機会を失うのである。これは、まだコミュニケーション行動がうまくとれない幼児と共に、今後、生涯学習施設が取り組むべきコミュニケーション・リテラシーの重要な課題である。

博物館や美術館、図書館には、ユニバーサル・ミュー

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境マネジメント研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6丁目 Division of Nature and Environmental Management, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan.

* 兼任：兵庫県立大学 自然・環境科学研究所生態研究部門 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6丁目 Division of Ecology, Institute of Nature and Environmental Science, University of Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

ジウム（広瀬，2007；2012；三谷，2007；2011b）と呼ばれる動きがある。ユニバーサル・ミュージアムとは、これら生涯学習施設にユニバーサル・デザインの理念（付記にあるユニバーサルデザイン・コンソーシアムのホームページを参照）を取り込んだものである。従来、ユニバーサル・ミュージアムを模索して生涯学習施設が工夫してきたのは、視覚障がい者や聴覚障がい者への接遇のあり方、肢体不自由者への通行の保障、外国人や高齢者への接遇や高齢者ボランティアと施設のあり方（日本博物館協会（編），2005；2006a；2006b；2006c；米田，2007）であった。この対応によって、その配慮がなかった時に比べ、身体障がい者や外国人、高齢者などは格段に施設が利用しやすくなった。

一方、接遇や展示解説などでコミュニケーションをとる際には、これまで言葉そのものを問題にする事（三谷，2011a；b）が少なかった。施設の問題というより、担当者個人の問題と認識されていたものと思われる。現実には、言葉、すなわちコミュニケーションのあり方は多様である。使用可能言語が異なる場合（日本博物館協会（編），2006c；三谷，2008）にも困難が生じるが、コミュニケーション障がい者が生涯学習施設を、コミュニケーション障がい者以外の人と混じって利用しようという場合は、異質な困難が生じる。生涯学習施設には、学習意欲の高いコミュニケーション障がい者に対応する方法の開発が望まれている。

三谷（2011a；b）は、失語症者の言語リハビリテーションで用いられる方法を応用して、コミュニケーション障がい者にも読みやすい展示解説の文章表現を工夫してきた。しかし、そうして工夫した文章はコミュニケーション障がい者以外には読みにくく、一般の来館者がコミュニケーション障がい者と共に読むスタイルの文章にはならなかった（三谷，2011b）。本研究では、これまで工夫してきた文章表現技術に加えて、一般にもなじみやすいDAISY（河村，2011）というIT技術を展示解説に応用する方法を探った。具体的には、コミュニケーション障がい者にわかりやすいビジュアル表現（三谷，2008；2011b）の豊かな絵本をDAISYで作成し、失語症者に視聴してもらって、DAISYにした時の文章表現のわかりやすさや視聴のしやすさを調べたので、結果をここに報告する。合わせて、障がい者など社会的な少数者が持ち得た特質をユニバーサル・ミュージアムに生かすことの意味を考察する。

方 法

DAISYとは何か？

DAISY（Digital Accessible Information System）とは、紙媒体に印刷した書籍や印刷物が読みにくい人に

対して、読みにくさを克服し、読みやすくするために試行されている国際規格である（河村，2011）。日本ではおもに視覚障がい者を想定して試行されてきたが、現在では学習障がい者の一種とされるデスクリア（難読症、識字障がい）の人や高機能自閉症者、パーキンソン病などの病気や薬の副作用のある人、ADHD（注意欠陥／多動性障害）などで集中して出版物を読むことが困難な人、さらには幻覚や幻聴があって混乱しやすい人や、本を持って読むことが難しい紙アレルギーの人、麻痺のある人、手話を第一言語とする人、聴覚トレーニングを必要とする難聴者の読書を助ける技術（河村，2011）として注目されている。DAISY規格の文章では再生時に音声がかえ、同時にスクリーンに文章が表記されて読み上げたところの色が変わる。さらにマルチメディアに対応したDAISYでは、絵や写真などのビジュアル情報を挿入できる。

この技術を使って、コミュニケーション障がい者にとっての〈読みやすさ／読みにくさ〉を客観的に知るために絵本を素材にしてDAISY版教材を作成し、コミュニケーション障がい者に視聴してもらった。

DAISYの作成と再生に使用したソフトウェア

DAISYは、Microsoft Windows XP コンピュータ上で動くMicrosoft Word 2007に、addinソフトとしてSave as DAISY Translator 2.1.1.0日本語版をインストールし、Word文書をDAISYに変換して作成した（マイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構，2010：付記の（財）日本障害者リハビリテーション協会DAISY研究センターのホームページにインターネット・アドレスがある）。再生にはAMIS 3.1日本語版を使った（AMIS 3.1日本語版のダウンロードは、付記にあるATDOのホームページを見よ）。音声合成エンジンにはクリエイトシステム開発株式会社のドキュメントトーカ日本語音声合成エンジンを使用した（音声合成エンジンの入手方法は、付記にあるマイクロソフト株式会社のホームページを見よ）。

DAISY版『くんくんくん おいしそう』の視聴

コミュニケーション障がい者として失語症友の会「むつみ会」（明石市）に協力を仰ぎ、マルチメディア版のDAISY規格に直した絵本を視聴してもらい、対面で感想を得た。視聴は、2012年6月6日、明石公園内の兵庫県立花と緑のまちづくりセンター内会議室で行った。失語症当事者（男15名、女6名、平均65.24歳）と介助者（家族）6名、言語聴覚士1名、合計28名の参加があった。音声には成人女性の合成音声「けいこ」を使用した。

絵本には『くんくんくん おいしそう』（阿部，1994）を選んだ。この絵本は画家である阿部知暁氏の絵と文章



図1 絵本『くんくんくん おいしそう』からDAISYで作ったイメージ。左に目次があり、任意の目次へ飛ぶ事ができる。絵の下には「ゴリラは よいしょと／きに のぼり／むしゃ むしゃ むしゃと／くだものを たべはじめました。／『うん、おいしい!』』という文章がある。

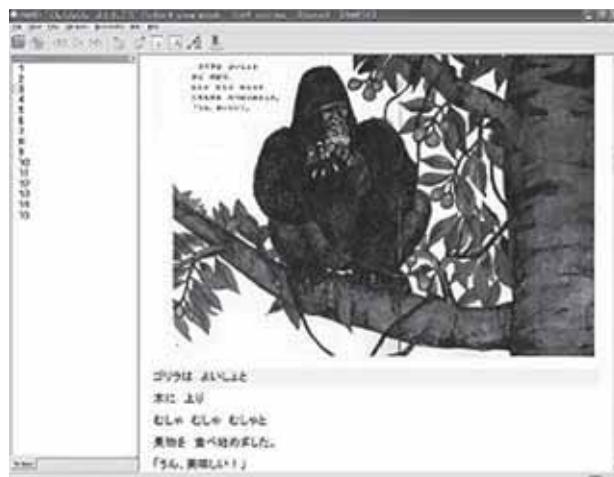


図2 絵本『くんくんくん おいしそう』の文章を漢字に直して作ったDAISYのイメージ。絵の下文章は「ゴリラは よいしょと／木に 上り／むしゃ むしゃ むしゃと／果物を 食べ始めました。／『うん、美味しい!』』と漢字に直してある。失語症読者の利便を考慮して、一部、常用漢字以外の漢字用法も使用した。

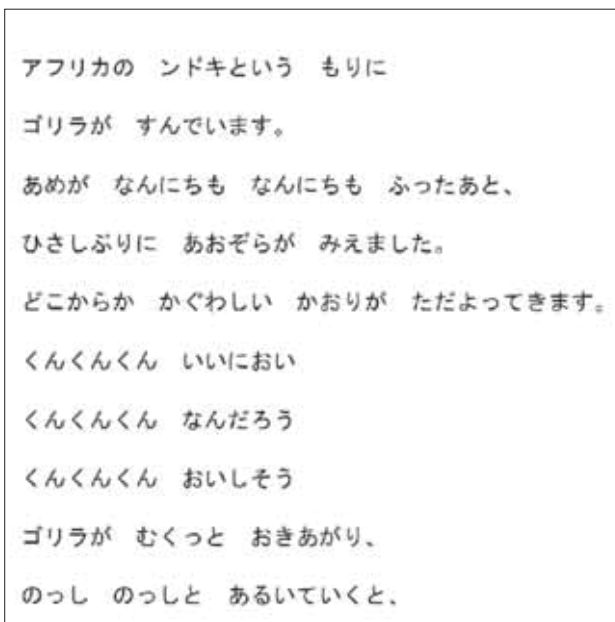


図3 原文の文字のイメージ。すべて仮名だけで書かれている。読みにくさに配慮して、分かち書きされている。

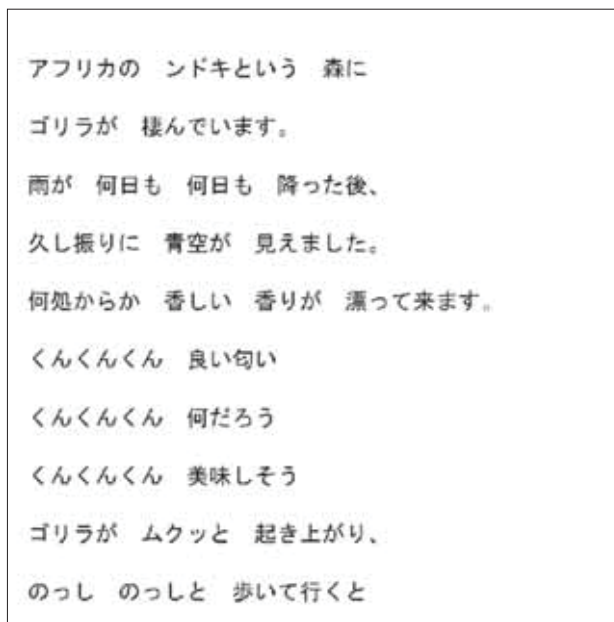


図4 原文の仮名を漢字に変換したイメージ。コミュニケーション障がい者にとっての読みにくさは大いに軽減されているが、分かち書きは、そのまま残した。失語症読者の利便を考慮して、一部、常用漢字以外の漢字用法も使用した。

で構成されており、絵本であるため、もともとビジュアルの要素が強く、コミュニケーション障がい者にも理解しやすい作りになっていた。さらに、この絵本は霊長類学の研究者として三谷自身がコンゴ共和国で行った「ンドキの森」(現ヌアバレ＝ンドキ国立公園)(三谷, 1996)の調査に題材を取ったもので、これまでコンゴ共和国の調査やゴリラの行動について語る機会の多かった「むつみ会」の会員には、親しみが持てる題材であると思えた。

この絵本の文章は平仮名のみで書かれ、漢字は使われていない。さらに文章は分かち書きされていた。コミュ

ニケーション障がい者には仮名が読みにくい人がいること(三谷, 2011b; 平仮名・片仮名など失語症者にとっての仮名全般の持つリハビリテーション医学的な意味については竹内, 1995を参照)を考慮して、DAISY版を作る際には原文のとおり平仮名書き・分かち書きしたものと、漢字に直した上で分かち書きしたものの2種類を用意した。

絵本をDAISYにする際は、絵本の雰囲気を生かすために、ビジュアル表現を通常よりも大きく扱った。そのため、実際に絵本を見ているような感覚を与え、参加者

の興味を引いた。参考のために図1、図2に作成したDAISYのイメージを、図3、図4に作成した文章のイメージを、それぞれその代表的な一部を選んで示す。

さらにDAISY版の文章を補助するものとして、平仮名書き・分かち書きしたものと、それを漢字に直したものの印刷物もそれぞれ20部用意し、視聴の際にはどちらでも読みやすい方を参照してもらった。

絵本『くんくんくん おいしそう』は「年中向け」となっているが、平仮名の読めるようになった幼稚園児から小学校低学年までの子どもを対象にしており、文章は高齢者の多い「むつみ会」会員には幼稚すぎる懸念があった。しかし、内容は果樹と果実食性哺乳類の共進化を題材にしており、科学的には高度である。共進化というなじみのない概念については、視聴の際に三谷から解説を加えた。

結 果

DAISY版の平仮名・分かち書きで書き下したものと、それを漢字に直したものの視聴では、漢字に直したものを視聴した時に内容に対する質問が集中し、平仮名・分かち書きで書き下したのものには質問がなかった。平仮名・分かち書きしたものと、それを漢字に直したものの印刷物は、平仮名・分かち書きした原文を選んだ人は9名、漢字に直したものを選んだ人は14名いた。印刷物を選んだのが当事者であったのか、介助者や言語聴覚士であったのかは、当事者と介助者や言語聴覚士の選択に区別がつかなかったため、判断できなかった。

対面で感想を聞くと、DAISY版『くんくんくん おいしそう』の内容は失語症当事者の多くにおおむね伝わっていたが、DAISYによる当事者本人の言語理解と、介助者を通じての理解が混在していた。失語症当事者が単独でいる場合は、症状が重いか軽いといった失語の程度や、脳のどこにダメージを負った失語かによって当事者の理解の程度や理解した内容は違った可能性がある。当事者21名の内、絵本の内容を理解できなかったとした人が5名いた。純粋語聾（広義の聴覚失認）(武石, 1995; 田中, 1992)の失語症者が1名おり、DAISY版補助のために配った印刷物で内容は理解していたが、人工音声は聞き取れず、意見を求める質問もうまく伝わらなかった。視聴終了後、自由に意見を求めた際には、比較的軽度の失語症当事者から、「コンピュータの人工音声には違和感を覚えるので、DAISYには人の肉声を録音して使ってほしい」と希望があった。当事者に違和感を与えた原因が、DAISY版の絵本という普段の言語リハビリテーションにはなじみのないものの視聴であったためか、それともコンピュータの人工音声が人の音声と質的に異なることに反応して、当事者に違和感を与えたのかは判

断できなかった。私自身の肉声による説明には、失語症当事者を含む参加者の多くから「楽しかった」「おもしろかった」というポジティブな反応があった。

考 察

絵本の文章はコミュニケーション障がい者に視聴しやすかったのか？

三谷(2011b)は、コミュニケーション障がい者に理解しやすい文章表現を、以下の3点にまとめた。①ルビは漢字全部に振ってある方がよいが、ルビと本文が混乱すること——たとえば「竹がむむ」と『ケ』『ケ』というルビの混乱など——は避ける。②できるだけ短い文章にする。③文章は3、4行ごとに空行を入れるとわかりやすい。また、コミュニケーション障がい者自身の意見として、分かち書きやビジュアル表現があると理解しやすいことを紹介した(三谷, 2011b)。さらに仮名だけで書いた文章ではわからない人がいるため、適度な漢字の使用は失語症者の一部にとって望ましい(竹内, 1995)。漢字の使用は意味のまとまりがはっきりするため、ちょうど分かち書きと同じような効果がある。

ただし、一口にコミュニケーション障がい者といっても、なぜ読めないのか、なぜ書けないのかというメカニズムはさまざまであり、〈読めない・書けない〉といった現象面だけを捉えて対症療法的な方策を試みては本質を見失う。今回の失語症者による視聴だけでも、症状が重いか軽いといった失語の程度や、脳のどこにダメージを負った失語かによって当事者の理解の程度や理解した内容が異なる可能性があった。また、まったく理解できなかったとする意見もあった。さらに、一般的に絵本は子ども向けに作成されているため、幼稚な表現であったり、成人の興味とはテーマがずれていたりして、そのままでは成人のコミュニケーション障がい者には適切でない。

しかし、短い文章で表現してあり、ページ当たりの行数も少なく、分かち書きされ、絵本であるためにビジュアル表現がきわめて豊富である。そのため、平仮名で書かれた文章を漢字に直せば、そのまま三谷(2011b)のあげたコミュニケーション障がい者に適した文章表現の条件に合致する。現実の展示解説では展示自体がビジュアルな表現物であり、かならずしもDAISYにビジュアル表現は入れなくてもよいが、ユニバーサル・ミュージアムの展示解説を試行的に表すためには、絵本のような絵と短い文章を組み合わせたスタイルは、コミュニケーション障がい者の多くに適した例と見なすことができる。

磁気情報端末とコミュニケーション障がい者

DAISYは、視覚障がい者を中心とした「見えなくても書籍が読みたい」という要求に応え、かつ一般の人にも便利なIT技術として開発されてきた(河村, 2011)。これは一般の人に違和感がなく、視覚障がい者以外の障がい者にも利用可能なものである事を示している。現実には河村(2011)は、本稿方法の「DAISYとは何か?」にあるような多様なDAISYの適応例をあげている。ただ、今回の視聴では参加者はコンピュータの操作はせず、スクリーンに映し出されたDAISYの出力画面だけを見ていたが、現実の生涯学習施設では、DAISYの利用において来館者自身がモバイル型の展示解説端末を操作しなければいけないかもしれない。

一般の磁気情報端末は活字の大きさが自由に調節でき、画面の配色・コントラストを任意に変更することは容易である。また音量や読み上げる速度、複数の音声(男性声, 女性声など)の変更も可能である(通商産業省, 2000)。そのため、障がい者との潜在的な親和性は高いものと思える。

一方、障がい者にとって磁気情報端末の使用には問題も考えられる。ローマ字のみならず平仮名も分かりにくいコミュニケーション障がい者には、キーボード形式のタッチパネルは使いにくい、あるいは使えない(竹内, 1995; 田中昌明と田中加代子[トークゆうゆう, 三田市, 私信])。さらに失語症者には多くの人に麻痺があるため、ポータブルであっても持ち運びや両手での操作は難しい。したがって、タッチパネルをキーボード形式で入力する方式は避けるべきである。たとえば大きく描いた3つ程度のボタンからその人に適したひとつを選択すれば目的のDAISYの解説が立ち上がり、画面の配色・コントラスト、音量やスピードなどを簡単に調節できるなら、使いやすいものになるかもしれない。現実の使用に当たっては、モバイル型のポータブルな展示解説端末と据え置き型の大型端末の併用を検討するべきだろう。

もう一点は人工音声が適切かどうかという問題である。視聴した失語症者が指摘しているように、理由は不明だが、人工音声は不適切である可能性がある。視覚障がい者に多く利用されているDAISYは、磁気オーディオテープに代わる録音技術として、現在でも人の朗読ボランティアが書籍を朗読し、それをデジタル録音してコンピュータ上で作成している。しかし、生涯学習施設で展示解説することを考えると、人の朗読というプロセスを入れることには難しさが予想できる。つまり、人の朗読には一定の訓練と時間が必要だし、デジタル録音した人の声と入力した文章の同期など専用ソフトウェアの取り扱いにも一定の習熟が必要であることを考慮しておかなければいけない。この報告で試みたような人工音声であれば、解説の変更箇所をどんどん入力し直し、制作した文章か

ら即座に人工音声を合成できるのだから、変更は容易である。人の朗読した文章を録音した場合と人工音声を使用した場合のわかりやすさの比較は、これからの重要な検討課題である。

ユニバーサル社会の実験としての

ユニバーサル・ミュージアム

ユニバーサル社会(たとえば兵庫県, 2005; 国土交通省, 2005)とは、すべての人にとって暮らしやすい、ユニバーサル・デザインの考え方で作られた社会をいう。当然のことながら、そこに暮らす人はさまざまな特徴を持っている。たとえば、視覚障がい者は「触覚で世界を見る」という視覚障がい者でなければ感じる事の難しい鋭敏な指先の感覚を生かして、学ぼうとしている。そのような態度を「手学問」(広瀬, 2012)と呼んで積極的に評価する動きがある。また聴覚障がい者でも、ろう者は視覚刺激を憶える能力が聴者にくらべて数段高い(正高, 2006)。これは音声言語ではなく手話という視覚言語でコミュニケーションを行うろう者にとっては、元来、必要なことである。しかし、この視覚刺激を憶える能力が高いということも、ろう者以外には伝わりにくい。同様の感覚上の特徴は、潜在的に、さまざまな人に見られるはずである。

この「障がい者の中には、触覚や視覚刺激の記憶能力に優れた人がいる」という文脈に従うなら、ユニバーサル・ミュージアムとは「(障がい者には限らないが)おのおの能力が異なる人びとの特性を生かして、学びの場を創り出す」生涯学習施設ということになる。これは、高齢者や子ども、性別、障がいの有無やその人の生きてきた文化の違いなどによらず、多様な人びとの能力を生かそうとするユニバーサル社会の理念(兵庫県, 2005)に通じる。ユニバーサル社会の雛形をユニバーサル・ミュージアムであると見るなら、ユニバーサル・ミュージアムを創造するための問題の把握と解決には、障がい者をはじめとするさまざまな立場の人の参加を求めなければならない。

この視点にたつてコミュニケーション障がい者にとってのユニバーサル・ミュージアムのあり方を見直すと、「言葉の問題」こそが中心的な課題となる。博物館が展示物を保存し、展示して、多くの人の学習に役立てるという使命を果たそうとする時、展示解説など言葉の問題は二次的なものであるように錯覚する。しかし、従来の展示解説や博物館で作るテキストでは十分な博物館機能が果たせないのだから、博物館は言葉の問題に対応し、かつコミュニケーション障がい者の感覚を生かした形で、ユニバーサル・ミュージアムを創造しなければならない。それとともに博物館人は、「(障がい者には限らないが)おのおの能力が異なる人びとの特性を生かして、学びの

場を創り出す」生涯学習施設に働く者として、コミュニケーション障がい者をはじめとする障がい者を、福祉政策の延長線上に位置づけるのではなく、共に問題を考え、解決していく協働する仲間と認識するべきである。このことは、直接、ユニバーサル社会の創造に結びつくはずである。

謝 辞

本研究は大阪ガスグループ福祉財団平成24年度研究・調査助成（研究者三谷雅純）から援助を受けた。西之原郁子さん、中西祥子さん、田中昌明さん、田中加代子さん、山家健盛さん、伊藤雅夫さん、阿部知暁さん、関根里江さん、隅野光代さん、原稿に対して多くの有益な示唆をいただいた匿名の査読者と、研究のさまざまな段階でお世話になった全ての皆さんに感謝します。

文 献

阿部知暁 (1994) 『くんくんくん おいしそう』 こどものとも (年中向き). 福音館書店, 東京, 28 p.

広瀬浩二郎 (2007) 企画展「さわる文字, さわる世界」の趣旨をめぐって——"つくる力"と"ひらく心"を育むために. 国立民族学博物館・広瀬浩二郎 (編) UD ライブラリー だれもが楽しめるユニバーサル・ミュージアム"つくる"と"ひらく"の現場から. 読書工房, 東京, pp. 91-108.

広瀬浩二郎 (2012) 「手学問」理論の創造——触学・触楽・触愕するフィーリングワーク. 広瀬浩二郎 (編) 触って楽しむ博物館——ユニバーサル・ミュージアムの可能性. 青弓社, 東京, pp. 92-113.

兵庫県 (2005) ひょうごユニバーサル社会づくり総合指針. 兵庫県, 30 p. (2012年7月13日閲覧) [http://www.universal-hyogo.jp/contents/outline/shishin.html]

福迫陽子 (1987) 失語症患者における言語機能障害の予後—老年群と壮年群の比較—. 失語症研究, 7, 101-107. (2012年7月13日閲覧) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/apr/7/2/7_2_101/_pdf]

河村 宏 (2011) デジタル・インクルージョンを支えるDAISYとEPUB. 情報管理, 54, 305-315. (2012年6月5日閲覧) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/54/6/54_6_305/_pdf]

国土交通省 (2005) ユニバーサルデザイン政策大綱. 国土交通省, 19 p. (2012年7月13日閲覧) [http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/01/010711/01.pdf]

マイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構 (2010) WordからDAISYを作ってみよ

う! DAISY Translator V2 利用の手引. マイクロソフト株式会社・特定非営利活動法人 支援技術開発機構, 東京, 24 p. (2012年6月5日閲覧) [http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/software/images/DAISYTranslatorManual.pdf]

正高信男 (2006) ヒトはいかにヒトになったか—ことば・自我・知性の誕生. 岩波書店, 東京, 230 p.

三谷雅純 (1996) シドキの森—アフリカ最後の原生林. どうぶつ社, 東京, 293 p.

三谷雅純 (2007) 博物館テキスト『子ども自然教室』のユニバーサル化の課題. 国立民族学博物館・広瀬浩二郎 (編) UD ライブラリー だれもが楽しめるユニバーサル・ミュージアム"つくる"と"ひらく"の現場から. 読書工房, 東京, pp. 45-55.

三谷雅純 (2008) 障害のある子どもたちとの社会教育活動: 障害の種類に応じた野外活動やテキスト作りを中心にして. 人と自然 *Humans and Nature*, 19, 51-60. (2012年7月13日閲覧) [http://hitohaku.jp/research_collections/no19pdf/19-6.pdf]

三谷雅純 (2011a) ユニバーサル・ミュージアムをめざして: 文章のくふうはどこまで可能か? 博物館研究, 46(6), 58.

三谷雅純 (2011b) ユニバーサル・ミュージアムで文章はどう書くべきか: コミュニケーション障がい者への対応を中心とした年齢, 発達, 障がいの有無によるギャップ克服の試み. 人と自然 *Humans and Nature*, 22, 43-51. (2012年7月13日閲覧) [http://hitohaku.jp/research_collections/no22pdf/HN22_06_43_51.pdf]

文部科学省 (2004) 小・中学校におけるLD (学習障害), ADHD (注意欠陥/多動性障害), 高機能自閉症の児童生徒への教育支援体制の整備のためのガイドライン (試案), 109 p. (2012年6月5日閲覧) [http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/16/01/04013002/017.pdf]

日本博物館協会 (編) (2005) 博物館の望ましい姿シリーズ4 誰にもやさしい博物館づくり事業 バリアフリーのために. 日本博物館協会, 東京, 48 p. (2011年6月10日閲覧) [http://www.mext.go.jp/a_menu/01_1/08052911/_icsFiles/afieldfile/2010/11/08/1298784_01_2.pdf]

日本博物館協会 (編) (2006a) 博物館の望ましい姿シリーズ7 誰にもやさしい博物館づくり事業 バリアフリー. 日本博物館協会, 東京, 48 p. (2011年6月10日閲覧) [http://www.mext.go.jp/a_menu/01_1/08052911/1298788.htm]

日本博物館協会 (編) (2006b) 博物館の望ましい姿シリーズ8 誰にもやさしい博物館づくり事業 高齢者

付 記

- 対応. 日本博物館協会, 東京, 55 p. (2011年6月10日閲覧) [http://www.mext.go.jp/a_menu/01_1/08052911/1298822.htm]
- 日本博物館協会 (編) (2006c) 博物館の望ましい姿シリーズ6 誰にもやさしい博物館づくり事業 外国人対応. 日本博物館協会, 東京, 32 p. (2011年6月10日閲覧) [http://www.mext.go.jp/a_menu/01_1/08052911/1298789.htm]
- 武石 源 (1995) 純粹語彙・聴覚失認. 竹内愛子・河内十郎 (編) 脳卒中後のコミュニケーション障害. 協同医書出版社, 東京, pp. 81-86.
- 竹内愛子 (1995) 失語症. 竹内愛子・河内十郎 (編) 脳卒中後のコミュニケーション障害. 協同医書出版社, 東京, pp. 12-64.
- 田中美郷 (1992) 高次聴覚機能障害の種類と鑑別. 失語症研究, **12**, 118-126. (2012年7月13日閲覧) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/apr/12/2/12_2_118/_pdf]
- 通商産業省 (2000) 障害者・高齢者等情報処理機器アクセシビリティ指針の解説. 通商産業省機械情報産業局電子機器課, 東京, 16 p. (2012年6月2日閲覧) [<http://www.meti.go.jp/kohosys/topics/00000085/kaisetu.pdf>]
- 米田耕司 (2007) ユニバーサルな社会における美術館・博物館のあり方. 国立民族学博物館・広瀬浩二郎 (編) UD ライブラリー だれもが楽しめるユニバーサル・ミュージアム"つくる"と"ひらく"の現場から. 読書工房, 東京, pp. 77-88.

- ユニバーサル・デザインの理念. (ユニバーサルデザイン・コンソーシアムのホームページ) (2012年2月22日閲覧) [<http://www.universal-design.co.jp/aboutus/idea/>]
- Microsoft Windows Word (Word 2007, Word 2003, Word XP) の文書からDAISYを作成する組み込みソフト, Save as DAISY Translator2.1.1.0日本語版は, (財)日本障害者リハビリテーション協会DAISY研究センターのウェブサイトから無償でダウンロードできる. (2012年6月2日閲覧) [http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/software/save_as_daisy.html]
- DAISY Translatorを使用して音声の入ったDAISYを作成するには音声合成エンジンが必要である. 障がい者や介助者など音声合成エンジンが必要な場合は無償でCD-ROMを配っている. ドキュメントトーカー日本語音声合成エンジン (クリエートシステム開発株式会社製) CD-ROMの申し込み先はマイクロソフトのウェブサイトを見よ. (2012年6月2日閲覧) [<http://www.microsoft.com/japan/enable/marrator/>]
- DAISYの再生ソフトは, ATDOのウェブサイトからAMIS3.1日本語版が無償でダウンロードできる (2012年6月2日閲覧) [<http://www.normanet.ne.jp/~atdo/aboutdaisy.html#saisei>]

(2012年7月18日受付)
(2012年9月14日受理)

ニホンジカが淡路島諭鶴羽山のアカガシ林に与えた影響

石田 弘 明^{1)*}・武田 義 明²⁾・塩 谷 智 也²⁾・服 部 保^{1)*}

Effect of sika deer (*Cervus nippon*) on a *Quercus acuta* forest on Mt. Yuzuruhasan, Awaji Island

Hiroaki ISHIDA^{1)*}, Yoshiaki TAKEDA,²⁾ Tomoya SHIOTANI²⁾
and Tamotsu HATTORI^{1)*}

要 旨

淡路島の諭鶴羽山に位置する諭鶴羽神社の境内にはアカガシの優占する照葉自然林が分布している。この樹林は兵庫県の天然記念物および兵庫県版レッドデータブックのBランクに指定されているが、ニホンジカによる食害を被っており、その存続や生物多様性の低下が危惧される状況にある。ニホンジカの増加以前である1972年の植生調査資料と2011年の植生調査資料を比較した結果、ニホンジカの採食圧の増大によって林床は裸地化し、種組成・種多様性も大きく退行していることが明らかとなった。また、2011年の毎木調査資料をもとに木本種のサイズ構造を解析したところ、ニホンジカの採食圧が低下しなければアカガシの更新は不可能となり、アカガシ林はいずれイヌガシ林に遷移する可能性が高いことがわかった。

キーワード：階層構造，サイズ構造，種組成，種多様性，照葉自然林

はじめに

淡路島の諭鶴羽山に位置する諭鶴羽神社の境内にはアカガシの優占する照葉自然林が分布している。兵庫県には自然性の高いアカガシ林がわずかしか残されていないため、諭鶴羽神社のアカガシ林は兵庫県の天然記念物および兵庫県版レッドデータブック（兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課編，2010）のBランクに指定されている。しかし、諭鶴羽山ではニホンジカ（以下、シカ）の個体数が増加傾向にあり、近年、多くの場所でシカによる森林群落の食害が認められるようになってきた（石田ほか，2008，2012b）。諭鶴羽神社のアカガシ林も他の森林群落と同じくシカによる食害を被っており、その存続や生物多様性の低下などが危惧される状況にある。し

かし、本樹林に対するシカの影響はほとんど明らかとなっていない。シカの強い採食圧は照葉樹林の階層構造，種組成，種多様性を大きく変化させることが報告されているので（服部ほか，2010a, c; 石田ほか，2012a），諭鶴羽神社のアカガシ林にもこのような変化が起こっている可能性がある。兵庫県の貴重な自然遺産である本樹林を保全するためには、第一段階としてシカによる食害の実態を把握する必要がある。

諭鶴羽神社のアカガシ林では1972年に植生調査が行われており、シカが増加する前の植生調査資料が存在している。これらの資料と比較するために筆者らは2011年に本樹林の植生調査を行った。また、木本種のサイズ構造を把握するための毎木調査もあわせて実施した。本研究では、両年の植生調査資料を比較することで、アカガシ

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境再生研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Division of Ecological Restoration, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda 669-1546 Japan

²⁾ 神戸大学大学院人間発達環境学研究所 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区鶴甲3-11 Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University, Tsurukabuto 3-11, Nada-ku, Kobe 657-0011 Japan

* 兼任：兵庫県立大学自然・環境科学研究所 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda 669-1546 Japan

林の階層構造，種組成，種多様性に対するシカの採食の影響について検討した。また，木本種のサイズ構造を解析することでアカガシ林の将来予測を行った。

調査地

調査対象としたアカガシ林は兵庫県南あわじ市諭鶴羽山（最高海拔607.9 m）に分布している（図1，写真1）。本樹林は諭鶴羽神社の社叢として古くから保全されてきたものであるが，終戦後は法的な保全措置もとられるようになり，1950年には瀬戸内海国立公園の特別地域に，1974年には兵庫県の天然記念物に指定されている。

調査地の海拔は520–550 mで，地質は砂岩・礫岩・泥岩などが互層を形成する和泉層群である。気候的には暖温帯に属し，年間を通じて降水量の少ない瀬戸内式気候の影響下にある。気象庁の電子閲覧室（<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2012.7 参照）に掲載されている気象観測データ（1981–2010年の平均値）をもとに，調査地から最も近い気象観測所（洲本，海拔109.3 m）の気候条件を調べたところ，年平均気温は15.5℃，最寒月の月平均気温は5.1℃，年降水量は1406.6 mmであった。

諭鶴羽山は兵庫県内で最もシカの生息密度（以下，シカ密度）が高い地域の一つである（兵庫県立人と自然の博物館自然・環境マネジメント研究部編，2007）。淡路島では1996年と1999年にシカの生息状況に関する2種類の調査が実施されている（野生動物保護管理事務所，2000）。一つは糞塊密度調査，もう一つは区画法による生息密度調査である。糞塊密度調査はメッシュ単位（面積は20km²）で行われており，このメッシュの一つが調査地を含んでいる。野生動物保護管理事務所（2000）はこれらの調査結果をもとに糞塊密度と生息密度の関係を解析し，両者の関係が次の回帰式（ $R^2=0.405$ ）で表される

ことを報告している。

$$y = 0.101x + 14.551,$$

ここで，yは生息密度を，xは糞塊密度をそれぞれ表す。

野生動物保護管理事務所（2000）によると，調査地のメッシュの糞塊密度は38.7個/km²（1999年のデータ）である。そこで，この値を上記の回帰式に代入したところ， $y=18.5$ という結果が得られた。このことから，1999年における調査地のシカ密度は18.5頭/km²であると推定される。ただし，諭鶴羽山ではシカ密度が増加傾向にあることから，2011年における調査地のシカ密度は18.5頭/km²よりも高い可能性がある。

方法

野外調査

2011年，調査対象林分に斜距離に基づく100 m²（10 m × 10 m）の調査区を10区設置し，各調査区の植生調査と毎木調査を行った。ギャップを含む林分は調査対象から除外した。植生調査の方法は服部ほか（2010b）に従った。植生調査ではまず各階層の高さと植被率（%）を記録した。階層の区分は目視によって行い，葉群の分布を区分の目安とした。階層は高木層（林冠層），亜高木層，第1低木層，第2低木層，草本層の5層，または亜高木層を欠く4層とした。次に，階層ごとに全維管束植物の出現種のリストを作成し，各出現種の被度（%）を目測した。被度の最小値は0.01%とした。毎木調査では実生や稚樹を含むすべての幹を対象に種名と樹高を記録した。樹高1.3 m以上の幹については胸高直径も記録した。最後に調査区設置場所の海拔，斜面方位，傾斜角度などの環境条件を記録した。

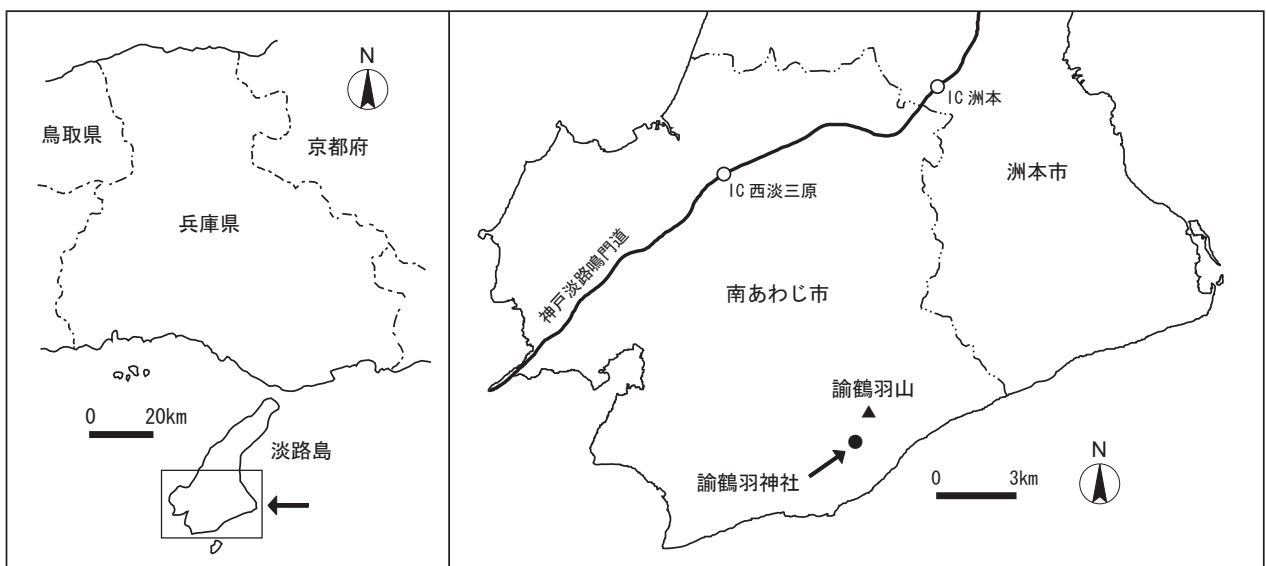


図1 調査地の位置

データ解析

調査地のアカガシ林では1972年に植生調査が行われている。このときの調査者は、神戸大学教育学部教授（当時）の故中西 哲博士と筆者の一人である武田義明で、調査方法は植物社会学的方法である。当時の調査ではシカによるアカガシ林の食害はまったく確認されていない。1972年のシカ密度は不明であるが、2011年のシカ密度よりもかなり低かったと推察される。本樹林は1950年に瀬戸内海国立公園の特別地域に指定されているので、本樹林が1950年以降に被った主な攪乱の要因はシカの採食であると考えられる。そこで本研究では、シカの採食圧の増大がアカガシ林に与えた影響を明らかにするために、1972年の植生調査資料と2011年の植生調査資料を比較した。ただし、調査区の位置と数は調査年によって異なっている。また、調査区の面積と被度の算出方法にも違いがある。すなわち、1972年の調査では調査区的面積は80–225 m²と幅があり、被度は階級値で記録されている。

1972年と2011年の植生調査資料をもとに両年の階層構造、種組成、種多様性 (species richness) を比較した。階層構造については亜高木層を除く各階層の平均高および平均植被率をそれぞれ比較した。種組成の解析では出現種ごとに上層（第1低木層以上）、第2低木層、草本層の出現頻度および平均被度をそれぞれ比較した。上層の被度の算出にあたっては、上層を構成するすべての階層の被度を合計した。被度が被度階級値で記録されている1972年の植生調査資料については被度階級値を各階級の上限被度と下限被度の中央値に換算した。出現頻度と平均被度の比較結果をもとに次の3種群を抽出した：1)

1972年のアカガシ林に分布が偏る種（A群）、2）2011年のアカガシ林に分布が偏る種（B群）、3）分布の偏りが認められない種（C群）。種群抽出の基準としては植物社会学における群落適合度（佐々木編, 1973; 宮脇ほか編, 1994）の適合度級Vを採用した。ただし、両年も1回しか出現しなかった種は解析の対象から除外した。種多様性については、全層、上層、下層（第2低木層以下）、第2低木層、草本層の平均種数を比較した。この解析では階層ごとに全種数、照葉樹林構成種数、非照葉樹林構成種数を算出した。照葉樹林構成種の区分は服部・南山（2001）に従った。1972年の調査区数は4区であるが、このうちの3区は面積が225 m²であった。2011年に設置した調査区（10区）の面積はいずれも100 m²であるので、これらの調査区を二つ組み合わせることで200 m²あたりの種数（調査区数は45区）を算出した。そして、この平均種数を1972年の平均種数と比較した。

2011年に行った毎木調査のデータを集計することで各木本種のサイズ構造を解析した。この解析では実生を含むすべての幹を対象とし、樹高階ごとに0.1haあたりの

幹数を算出した。

種の学名は、顕花植物については大井・北川（1992）に、シダ植物については岩槻編（1992）に従った。

結果と考察

階層構造

1972年と2011年の階層構造を表1に示す。階層の高さをみると、第1低木層では2011年の方が1972年よりも平均高が明らかに高く、第1低木層を構成する木本類の成長が認められた。第2低木層でも同様の傾向がみられたが、平均高の差は比較的小さかった。高木層と草本層では大きな変化は認められなかったが、2011年の草本層にはわずかな個体しか生育しておらず、その大半は高さ0.1 m以下であった。

階層の植被率をみると、2011年のアカガシ林は第2低木層と草本層の平均植被率が非常に低く、林床は裸地化していた（写真2）。これらの階層の平均植被率は2011年の方が1972年よりも低かった。そこで、1972年の平均植被率に対する2011年の平均植被率の比率を算出したところ、第2低木層と草本層の比率はそれぞれ9.4%、1.1%であった。このことは、これらの階層の植被率が1972年から2011年までの間に著しく低下したことを意味している。調査対象樹林が1972年以降に下刈りなどの人為攪乱を被った可能性は極めて低いことから、このような植被率の低下はシカの採食圧の増大に起因しているといえる。

表1 アカガシ林の階層構造。数値は平均値±標準偏差。

調査区群No.	I	II
調査年	1972	2011
調査区数	4	10
調査区面積 (m ²)	80–225	100
階層の高さ(m)		
高木層	16.5±1.9	16.7±1.5
第1低木層	4.5±0.6	7.9±0.3
第2低木層	1.8±0.5	2.3±0.3
草本層	0.4±0.1	0.4±0.1
階層の植被率(%)		
高木層	85.0±7.1	98.7±2.2
第1低木層	52.5±17.1	43.9±13.6
第2低木層	48.8±19.3	4.6±3.1
草本層	45.0±10.8	0.5±0.3

表2 アカガシ林の階層別の種組成. I および II は表1と同じ. 数値は出現頻度(%), 括弧内の数値は平均被度. +は平均被度が0.01%未満であることを示す.

和名	学名	階層*	I n=4	II n=10
A群				
アオキ	<i>Aucuba japonica</i>	S2	100.0 (13.50)	・
アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	S2	50.0 (0.25)	・
イヌガヤ	<i>Cephalotaxus harringtonia</i>	S2	75.0 (0.38)	・
イヌツゲ	<i>Ilex crenata</i>	S2	75.0 (0.38)	・
		H	75.0 (0.38)	・
イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	H	50.0 (0.25)	・
ウリハダカエデ	<i>Acer rufinerve</i>	S2	75.0 (0.38)	・
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	S2	50.0 (0.25)	・
オオバウマノスズクサ	<i>Aristolochia kaempferi</i>	H	50.0 (0.25)	・
オモト	<i>Rohdea japonica</i>	H	75.0 (1.63)	・
カクレミノ	<i>Dendropanax trifidus</i>	U	100.0 (8.63)	10.0 (0.30)
		S2	100.0 (1.75)	・
		H	50.0 (0.25)	・
ガマズミ	<i>Viburnum dilatatum</i>	S2	75.0 (0.38)	・
カマツカ	<i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>laevis</i>	U	50.0 (0.25)	・
		S2	75.0 (0.38)	・
キッコウハグマ	<i>Ainsliaea apiculata</i>	H	75.0 (2.88)	・
キツタ	<i>Hedera rhombea</i>	H	50.0 (0.25)	・
コウヤボウキ	<i>Pertya scandens</i>	H	50.0 (1.50)	・
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	S2	50.0 (0.25)	・
コマユミ	<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliato-dentatus</i>	S2	50.0 (0.25)	・
サルトリイバラ	<i>Smilax china</i>	H	75.0 (0.38)	・
サンショウ	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	H	50.0 (0.25)	・
シュンラン	<i>Cymbidium goeringii</i>	H	50.0 (0.25)	・
シライトソウ	<i>Chionographis japonica</i>	H	100.0 (0.50)	・
シラヤマギク	<i>Aster scaber</i>	H	50.0 (1.50)	・
シロダモ	<i>Neolitsea sericea</i>	U	50.0 (0.25)	・
		S2	75.0 (0.38)	・
		H	50.0 (0.25)	・
スダジイ	<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	S2	75.0 (2.88)	・
タラノキ	<i>Aralia elata</i>	H	50.0 (0.25)	・
タンナサワフタギ	<i>Symplocos coreana</i>	U	50.0 (0.25)	・
		H	75.0 (0.25)	・
チゴユリ	<i>Disporum smilacinum</i>	H	75.0 (0.38)	・
チヂミザサ	<i>Oplismenus undulatifolius</i> var. <i>japonicus</i>	H	75.0 (0.38)	・
ツルシキミ	<i>Skimmia japonica</i> var. <i>intermedia</i> f. <i>repens</i>	H	100.0 (5.50)	・
ツルリンドウ	<i>Tripterospermum japonicum</i>	H	75.0 (0.38)	・
テイショウソウ	<i>Ainsliaea cordifolia</i>	H	75.0 (0.38)	・
ナガバモミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i>	H	50.0 (0.13)	・
ナキリスゲ	<i>Carex lenta</i>	H	50.0 (0.25)	・
ナワシログミ	<i>Elaeagnus pungens</i>	H	50.0 (0.25)	・
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	S2	75.0 (0.38)	・
		H	75.0 (0.38)	・
ノササゲ	<i>Dumasia truncata</i>	H	75.0 (1.63)	・
ハマクサギ	<i>Premna japonica</i>	S2	50.0 (0.25)	・
ハリガネワラビ	<i>Thelypteris japonica</i>	H	75.0 (1.63)	・
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	U	100.0 (13.25)	10.0 (0.05)

表2 つづき

和名	学名	階層*	I n=4	II n=10
マムシグサ	<i>Arisaema japonicum</i>	H	50.0 (0.25)	•
マルバウツギ	<i>Deutzia scabra</i> var. <i>scabra</i>	S2	50.0 (0.25)	•
ムベ	<i>Stauntonia hexaphylla</i>	H	75.0 (0.38)	•
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	S2	50.0 (0.25)	•
モチノキ	<i>Ilex integra</i>	U	50.0 (1.75)	•
ヤブコウジ	<i>Ardisia japonica</i>	H	100.0 (10.25)	•
ヤブムラサキ	<i>Callicarpa mollis</i>	S2	50.0 (0.25)	•
ヤマツツジ	<i>Rhododendron kaempferi</i>	S2	75.0 (1.63)	•
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i>	U	75.0 (7.25)	10.0 (0.30)
B群				
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	H	•	100.0 (0.36)
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	H	•	20.0 (+)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	H	•	60.0 (0.03)
C群				
アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	U	100.0 (85.63)	100.0 (93.50)
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	U	75.0 (6.00)	100.0 (21.50)
		S2	100.0 (1.75)	100.0 (3.20)
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	U	75.0 (0.38)	60.0 (2.60)
		S2	50.0 (0.25)	20.0 (0.08)
シキミ	<i>Illicium religiosum</i>	U	100.0 (6.00)	40.0 (2.10)
		S2	50.0 (0.25)	10.0 (0.05)
		H	25.0 (0.13)	80.0 (0.05)
スダジイ	<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	U	75.0 (1.88)	20.0 (3.55)
		H	50.0 (0.25)	10.0 (+)
タブノキ	<i>Persea thunbergii</i>	U	75.0 (2.88)	20.0 (1.60)
		H	25.0 (0.13)	40.0 (+)
テイカカズラ	<i>Trachelospermum asiaticum</i> var. <i>intermedium</i>	U	75.0 (10.88)	40.0 (0.65)
		H	100.0 (8.50)	70.0 (+)
ナンカイアオイ	<i>Asarum nankaiense</i>	H	25.0 (0.13)	30.0 (+)
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	U	75.0 (2.88)	50.0 (0.95)
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	S2	100.0 (3.00)	50.0 (0.28)
ベニシダ	<i>Dryopteris erythrosora</i>	H	100.0 (0.50)	30.0 (+)
マメヅタ	<i>Lemmaphyllum microphyllum</i>	U	25.0 (4.38)	100.0 (3.17)
		S2	25.0 (4.38)	80.0 (0.31)
		H	50.0 (5.75)	90.0 (0.02)
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	U	100.0 (28.00)	100.0 (14.30)
		S2	100.0 (4.25)	60.0 (0.55)
		H	50.0 (0.25)	30.0 (+)
ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i>	U	100.0 (17.50)	100.0 (12.40)
		S2	100.0 (3.00)	60.0 (0.45)
その他				
アオキ	<i>Aucuba japonica</i>	H	25.0 (0.13)	•
アオツツラフジ	<i>Cocculus orbiculatus</i>	S2	25.0 (0.13)	•
		H	25.0 (0.13)	•
アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	H	25.0 (0.13)	10.0 (+)
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	U	25.0 (0.13)	10.0 (1.50)
		H	25.0 (0.13)	•
アシボソ	<i>Microstegium vimineum</i> var. <i>polystachyum</i>	H	25.0 (4.38)	•
イタドリ	<i>Polygonum cuspidatum</i>	H	25.0 (0.13)	•
イナカギク	<i>Aster ageratoides</i> var. <i>semiamplexicaulis</i>	H	25.0 (1.38)	•

表2 つづき

和名	学名	階層*	I n=4	II n=10
イヌツゲ	<i>Ilex crenata</i>	U	25.0 (0.25)	•
イヌトウバナ	<i>Clinopodium micranthum</i>	H	25.0 (1.38)	•
イロハモミジ	<i>Acer palmatum</i>	U	25.0 (0.13)	•
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	U	25.0 (1.38)	10.0 (0.40)
ウリハダカエデ	<i>Acer rufinerve</i>	U	25.0 (1.38)	•
エゴノキ	<i>Styrax japonica</i>	U	25.0 (1.50)	•
		H	25.0 (0.13)	•
エノキ	<i>Celtis sinensis</i> var. <i>japonica</i>	S2	25.0 (0.13)	•
オオカモメツル	<i>Tylophora aristolochioides</i>	H	25.0 (0.13)	•
オカトラノオ	<i>Lysimachia clethroides</i>	H	25.0 (1.38)	•
オニドコロ	<i>Dioscorea tokoro</i>	U	25.0 (1.38)	•
		H	25.0 (0.13)	•
カエデドコロ	<i>Dioscorea quinqueloba</i>	U	25.0 (0.13)	•
カナクギノキ	<i>Lindera erythrocarpa</i>	S2	25.0 (0.13)	•
		H	25.0 (0.13)	•
カヤ	<i>Torreya nucifera</i>	U	25.0 (0.13)	•
カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i>	H	25.0 (0.13)	•
キジノオシダ	<i>Plagiogyria japonica</i>	H	25.0 (0.13)	•
クサイチゴ	<i>Rubus hirsutus</i>	H	25.0 (0.13)	•
クサギ	<i>Clerodendron trichotomum</i>	S2	25.0 (+)	•
コショウノキ	<i>Daphne kiusiana</i>	S2	25.0 (0.13)	•
コバノガマズミ	<i>Viburnum erosum</i>	H	25.0 (0.13)	•
コマユミ	<i>Euonymus alatus</i> f. <i>ciliato-dentatus</i>	U	25.0 (0.13)	•
		H	25.0 (0.13)	•
サネカズラ	<i>Kadsura japonica</i>	U	25.0 (0.13)	•
サルトリイバラ	<i>Smilax china</i>	U	25.0 (0.13)	•
サルナシ	<i>Actinidia arguta</i>	U	25.0 (0.13)	•
		S2	25.0 (0.13)	•
シシガシラ	<i>Struthiopteris niponica</i>	H	25.0 (0.13)	•
シハイスミレ	<i>Viola violacea</i>	H	25.0 (0.13)	•
スイカズラ	<i>Lonicera japonica</i>	H	25.0 (0.13)	•
スギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	U	25.0 (0.13)	•
		H	25.0 (0.13)	•
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	H	25.0 (1.38)	•
ゼンマイ	<i>Osmunda japonica</i>	H	25.0 (+)	•
タブノキ	<i>Persea thunbergii</i>	S2	25.0 (0.13)	•
タンナサワフタギ	<i>Symplocos coreana</i>	S2	25.0 (0.13)	•
ツタ	<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	H	25.0 (0.13)	•
ツルウメモドキ	<i>Celastrus orbiculatus</i>	S2	25.0 (0.13)	•
		H	25.0 (0.13)	•
ツルマサキ	<i>Euonymus fortunei</i> var. <i>radicans</i>	H	25.0 (0.13)	•
テリハノイバラ	<i>Rosa wichuraiana</i>	H	25.0 (1.38)	•
トウゲシバ	<i>Lycopodium serratum</i>	H	25.0 (0.13)	•
ナガバジャノヒゲ	<i>Ophiopogon ohwii</i>	H	25.0 (+)	•
ナガバモミジイチゴ	<i>Rubus palmatus</i>	S2	25.0 (4.38)	•
ナワシログミ	<i>Elaeagnus pungens</i>	S2	25.0 (0.13)	•
ニガイチゴ	<i>Rubus microphyllus</i>	S2	25.0 (1.38)	•
ネザサ	<i>Pleioblastus chino</i> var. <i>viridis</i>	H	25.0 (0.13)	•
ネムノキ	<i>Albizia julibrissin</i>	H	25.0 (0.13)	•

表2 つづき

和名	学名	階層*	I n=4	II n=10
ノイバラ	<i>Rosa multiflora</i>	H	25.0 (0.13)	・
ノガリヤス	<i>Calamagrostis arundinacea</i> var. <i>brachytricha</i>	H	25.0 (0.13)	・
ノコンギク	<i>Aster ageratoides</i> var. <i>ovatus</i>	H	25.0 (0.13)	・
ノササゲ	<i>Dumasia truncata</i>	S2	25.0 (1.38)	・
ヒヨドリバナ	<i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヒロハイヌワラビ	<i>Athyrium wardii</i>	H	25.0 (0.13)	・
フキ	<i>Petasites japonicus</i>	H	25.0 (0.13)	・
フジ	<i>Wisteria floribunda</i>	U	25.0 (1.38)	・
フユノハナワラビ	<i>Sceptridium ternatum</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i> var. <i>mairei</i>	U	25.0 (1.38)	・
		H	25.0 (0.13)	・
ベニバナボロギク	<i>Crassocephalum crepidioides</i>	H	25.0 (0.13)	・
マツカゼソウ	<i>Boenninghausenia japonica</i>	H	25.0 (0.13)	・
マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	U	25.0 (1.38)	10.0 (0.50)
		S2	25.0 (0.13)	・
マンリョウ	<i>Ardisia crenata</i>	H	25.0 (0.13)	・
ミツバアケビ	<i>Akebia trifoliata</i>	S2	25.0 (0.13)	・
		H	25.0 (0.13)	・
ムベ	<i>Stauntonia hexaphylla</i>	S2	25.0 (0.13)	・
ムラサキシキブ	<i>Callicarpa japonica</i>	U	25.0 (0.13)	・
メヤブマオ	<i>Boehmeria platanifolia</i>	H	25.0 (0.13)	・
モチツツジ	<i>Rhododendron macrosepalum</i>	S2	25.0 (0.13)	・
モチノキ	<i>Ilex integra</i>	S2	25.0 (0.13)	・
		H	25.0 (0.13)	・
モッコク	<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	U	25.0 (0.13)	10.0 (0.20)
ヤブタバコ	<i>Carpesium abrotanoides</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヤブニッケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヤマウグイスカグラ	<i>Lonicera gracilipes</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	U	25.0 (1.38)	・
ヤマジノホトトギス	<i>Tricyrtis affinis</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヤマツツジ	<i>Rhododendron kaempferi</i>	U	25.0 (0.13)	・
		H	25.0 (0.13)	・
ヤマノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	S2	25.0 (1.38)	・
ヨシノアザミ	<i>Cirsium nipponicum</i> var. <i>yoshinoi</i>	H	25.0 (0.13)	・
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>	H	25.0 (0.13)	・

*U: 上層, S2: 第2低木層, H: 草本層.

種組成

1972年と2011年の種組成を表2に示す。A群の種数は階層間の重複も含めると56種、重複を除くと48種であった。A群の種数を階層別に算出したところ、上層7種、第2低木層19種、草本層30種と下位の階層ほど種数が高くなる傾向が認められた。一方、B群には草本層の構成種しか含まれておらず、その種数はわずか3種であった。これらの結果は、シカの採食圧の増大がアカガシ林の種組成を著しく単純化させたことを示している。

シカの口が届く高さは約2m以下であるが、前述のようにA群の中には上層の構成種も含まれていた。既往

研究(星野ほか, 1987; Akashi and Nakashizuka, 1999)ではシカの樹皮はぎが上層を構成する木本類の枯死を引き起こすことが報告されている。このことから、上層における種組成の単純化(木本種の減少)の大きな原因はシカの樹皮はぎであると考えられる。

草本層ではイヌガシ、サカキ、ヒサカキ(B群)が増加する傾向にあった。また、第2低木層のイヌガシ、サカキ、ヒサカキはC群に含まれており、シカの採食による減少は認められなかった。イヌガシ、サカキ、ヒサカキはシカの採食を比較的受けにくい種であると考えられる。このことは高槻(1989)の報告と整合している。た

だし、上層のヒサカキはA群に含まれており、上層と下層の間で異なる傾向が認められた。このような相違の理由は不明であるが、上層でのヒサカキの減少にはシカ以外の要因が関係している可能性がある。

種多様性

調査区の合計面積は1972年 (775 m²) の方が2011年 (1000 m²) よりも小さかったが、全層の総出現種数と総照葉樹林構成種数はともに2011年 (それぞれ20種, 17種) の方が1972年 (それぞれ118種, 38種) よりも低く、両年の差は大きかった。調査区あたりの種数も異なっており、平均全種数はいずれの階層においても2011年の方が1972年よりも低い傾向にあった (表3)。また、両年の平均全種数の差は下層の方が上層よりも明らかに大きかった。これと同様の傾向は平均照葉樹林構成種数と平均非照葉樹林構成種数のいずれについても認められた。1972年のアカガシ林の下層には非照葉樹林構成種が数多く生育していたが、これらの種は2011年の調査ではまったくみられなかった (表3)。このような種多様性の低下はシカの採食圧の増大に起因しているといえる。シカ

の強い採食圧が照葉樹林の種多様性、特に下層の種多様性を大きく低下させることは服部ほか (2010a,c) や石田ほか (2012a) によっても報告されている。

木本種のサイズ構造

2011年の毎木調査資料をもとに木本種のサイズ構造を解析し、その結果を表4にまとめた。幹の最大樹高はアカガシの20 mで、最大胸高直径もアカガシの107 cmであった。毎木調査で確認された木本種は16種であったが、このうち高木種は14種であった。木本種と高木種の調査幹数 (／0.1ha) はそれぞれ595本, 556本であった。調査幹数はイヌガシが最も高く、次いでヤブツバキ、ヤブニッケイが高かった。高木層の優占種であるアカガシの幹数は27本であったが、その大半 (77.8%) は樹高14 m以上であり、樹高2 m未満の幹はわずか1本であった。このように、2011年の調査ではアカガシの稚樹バンクと実生バンクはまったくみられなかった。しかし、1972年のアカガシ林では第2低木層にアカガシが比較的高い頻度で出現しており (表2)、アカガシが稚樹バンクを形成していたことがうかがえる。このことは、シカの採食

表3 アカガシ林の階層別の種多様性 (調査区あたりの出現種数)。IおよびIIは表1と同じ。数値は平均値±標準偏差。

調査区群No.	I		II	
	80	225	100	200*
調査区面積 (m ²)				
調査区数	1	3	10	45
全層				
全種	78	56.0±6.9	10.6±2.0	13.2±1.4
照葉樹林構成種	26	26.3±1.5	10.3±2.1	12.6±1.5
非照葉樹林構成種	52	29.7±5.9	0.3±0.5	0.6±0.6
上層				
全種	21	18.0±2.6	8.0±1.7	10.1±1.7
照葉樹林構成種	13	12.7±1.5	7.7±1.6	9.5±1.5
非照葉樹林構成種	8	5.3±3.1	0.3±0.5	0.6±0.6
下層				
全種	70	50.0±6.1	7.0±1.9	9.3±1.7
照葉樹林構成種	22	23.0±2.6	7.0±1.9	9.3±1.7
非照葉樹林構成種	48	27.0±6.0	0±0	0±0
第2低木層				
全種	31	20.0±4.0	3.8±1.2	5.1±1.1
照葉樹林構成種	11	12.3±0.6	3.8±1.2	5.1±1.1
非照葉樹林構成種	20	7.7±4.0	0±0	0±0
草本層				
全種	44	35.0±5.2	5.7±2.2	7.8±2.0
照葉樹林構成種	14	14.7±3.1	5.7±2.2	7.8±2.0
非照葉樹林構成種	30	20.3±3.5	0±0	0±0

*100 m²の調査区を二つ組み合わせたときの出現種数。

表4 2011年のアカガシ林における木本種のサイズ構造. 数値は樹高階別の幹数 (/0.1 ha).

和名	学名	樹高 (m)											合計				
		0-0.5	0.5-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20					
高木種																	
イヌガシ	<i>Neolitsea aciculata</i>	185	74	55	26	7	1	2	•	•	•	•	•	•	•	•	350
ヤブツバキ	<i>Camellia japonica</i>	9	7	9	20	6	4	1	•	•	•	•	•	•	•	•	56
ヤブニツケイ	<i>Cinnamomum japonicum</i>	•	10	18	9	10	2	1	•	•	•	•	•	1	•	•	51
シキミ	<i>Illicium religiosum</i>	28	3	1	•	2	3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	37
アカガシ	<i>Quercus acuta</i>	1	•	1	1	1	1	1	•	•	•	•	•	8	12	1	27
サカキ	<i>Cleyera japonica</i>	9	2	•	5	•	2	•	•	•	•	•	•	•	•	•	18
タブノキ	<i>Persea thunbergii</i>	4	•	1	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	6
スダジイ	<i>Castanopsis cuspidata</i> var. <i>sieboldii</i>	3	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	5
アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	•	•	1
ウラジロガシ	<i>Quercus salicina</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
カクレミノ	<i>Dendropanax trifidus</i>	•	•	•	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
マルバアオダモ	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
モッコク	<i>Ternstroemia gymnanthera</i>	•	•	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
ヤマボウシ	<i>Cornus kousa</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
低木種																	
ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i>	26	7	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	34
ネズミモチ	<i>Ligustrum japonicum</i>	•	•	1	1	2	1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5

圧の増大がアカガシの稚樹バンクを消失させたことを示している。アカガシ林に対するシカの採食圧が低下しない場合、アカガシの更新は不可能となり、将来的には優占状態も維持できなくなると考えられる。アカガシ林の保全に向けた対策の実施が急務であるといえるが、シカ密度を大幅に低下させることは必ずしも容易なことではないので、次善の策として、まずはアカガシ林の周囲に防鹿柵を設置することが強く望まれる。

植生調査の結果(表2)はイヌガシがシカの不嗜好性植物であることを示しているが、このことは毎木調査の結果からも認めることができる。つまり、表4をみると、イヌガシのサイズ構造は逆J字型のパターンを示しており、本種がシカの強度採食下で比較的順調に更新していることがわかる。アカガシ林に対するシカの採食圧が低下しなければ、高木層におけるアカガシの幹数および被度は今後大きく低下し、いずれはイヌガシが高木層を形成するようになると考えられる。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、兵庫県立人と自然の博物館の小林節子氏には資料整理で多大なご協力をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Akashi, N. and Nakashizuka, T. (1999) Effect of bark-stripping by Sika deer (*Cervus nippon*) on population dynamics of a mixed forest in Japan. *Forest Ecology and Management*, **113**, 75-82.
- 服部保・黒田有寿茂・石田弘明・南山典子(2010a) 兵庫県たつの市鶏籠山の照葉半自然林におけるニホンジカの採食の影響. 人と自然, **21**, 137-144.
- 服部保・南山典子(2001) 九州以北の照葉樹林フロラ. 人と自然, **12**, 91-104.
- 服部保・南山典子・橋本佳延・石田弘明・小館誓治・黒田有寿茂(2010b) 多様性植生調査法 生物多様性評価と数量的な解析を進めるための植生調査法. 兵庫県立人と自然の博物館, 三田, 28 p.
- 服部保・栃本大介・南山典子・橋本佳延・藤木大介・石田弘明(2010c) 宮崎県東諸県郡綾町川中の照葉原生林におけるニホンジカの採食の影響. 植生学会誌, **27**, 35-42.
- 星野義延・治田則男・丸山直樹(1987) ニホンジカ・ツキノワグマが大台ヶ原山のトウヒ林に及ぼす影響. 中西哲博士追悼植物生態・分類論文集, 神戸群落生態研究会, 神戸, 367-377.

- 兵庫県農政環境部環境創造局自然環境課編(2010) 兵庫の貴重な自然 兵庫県版レッドデータブック2010(植物・植物群落). 財団法人ひょうご環境創造協会, 神戸, 216 p.
- 兵庫県立人と自然の博物館自然・環境マネジメント研究部編(2007) 兵庫県における大・中型野生動物の生息状況と人との軋轢の現状. 兵庫県立人と自然の博物館, 兵庫, 88 p.
- 石田弘明・服部保・小館誓治・黒田有寿茂・澤田佳宏・松村俊和・藤木大介(2008) ニホンジカの強度採食下に発達するイワヒメワラビ群落の生態的特性とその緑化への応用. 保全生態学研究, **13**, 137-150.
- 石田弘明・服部保・黒田有寿茂・橋本佳延・岩切康二(2012a) 屋久島低地部の照葉二次林に対するヤクシカの影響とその樹林の自然性評価. 植生学会誌, **29**, 49-72.
- 石田弘明・山名郁実・小館誓治・服部保(2012b) 淡路島の森林伐採跡地に分布する外来木本ナンキンハゼ群落の生態的特性と成因. 植生学会誌, **29**, 1-13.
- 岩槻邦男編(1992) 日本の野生植物 シダ. 平凡社, 東京, 311 p.
- 宮脇昭・奥田重俊・望月睦夫編(1994) 改訂新版 日本植生便覧. 至文堂, 東京, 910 p.
- 大井次三郎・北川政夫(1992) 新日本植物誌 顕花篇. 至文堂, 東京, 1716 p.
- 佐々木好之編(1973) 生態学講座4 植物社会学. 共立出版, 東京, 143 p.
- 高槻成紀(1989) 植物および群落に及ぼすシカの影響. 日本生態学会誌, **39**, 67-80.
- 野生動物保護管理事務所(2000) 平成11年度兵庫県野生鹿生息動態調査業務報告書. (株)野生動物保護管理事務所, 兵庫, 88 p.

(2012年7月18日受付)
(2012年10月10日受理)



写真1 アカガシ林の林内, 2011年11月10日 石田弘明撮影.



写真2 アカガシ林の林床, 2011年11月10日 石田弘明撮影.

ニュースバル放射光実験棟の夏の暑さ対策 (エネルギー節減と温度安定化)に関する調査研究

宮原 義一*・高原 嘉人・紙上 慎平

Investigation of measures against hot summer for energy reduction and temperature stabilization in the New SUBARU Experimental building

Yoshikazu MIYAHARA * Yoshito TAKAHARA and Shinpei KAMIUE

Abstract

In the New SUBARU facility, we have made a comprehensive investigation on the energy reduction and temperature-stabilization in regard to the air-conditioner and insulating structure of experimental building to cope with the hot summer and cold winter, which is becoming serious in recent years. According to the statistics of yearly consumption of electric power and water and its cost, the electric power cost of air-conditioner is about 10 % of the total, which roughly provides a limit of the investment for the present purpose. A computer program, developed to calculate the temperature distribution in the building, successfully provided numerical results, which approximately agrees with measured temperatures. There are four candidates for the energy reduction of the building in hot summer; 1) introduction of out-door air, 2) high reflection paint on the roof, 3) high reflection sheet on the ceiling, 4) water spreading on the roof. Applying the program to the candidates, we found that the water spreading is the most effective, economic and easy, (but with a minor problem remained). At the same time, we can expect a drastic improvement of the temperature stabilization. Similarly, discussions are extended to the winter problem.

Keywords : energy reduction, temperature stabilization, New SUBARU, experimental hall, temperature distribution, computer simulation

1. はじめに

高度産業科学技術研究所のニュースバル (NS) はビームエネルギー1.0~1.5 GeVの電子蓄積リングを備えた放射光利用研究のための実験施設である。NS施設の電力会社との契約電力は時間平均で1450kWである。NSの夏季運転では近年の猛暑によりこの制限値に接近することがしばしばである。そこで電子ビームエネルギーを一時的に下げ、照明を減らし、居室の空調を制限するなどの

対応で凌いでいるが、状況は厳しい。そこで、NSの空調に関する諸事項を総合的に調査し、電気エネルギー節減と温度安定化のために夏の暑さ対策について検討した。これはその調査検討報告である。

エネルギー節減と温度安定化の対策を立てるにおいては、第1に、使用電力や空調設備および維持費等の現状を正しく把握することが重要である。これにより許容できる対策の規模とコストを想定できる。第2に、実験棟の温度計算が不可欠である。温度計算は厳密には建屋の

* 兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所 ニュースバル放射光施設 〒678-1205 赤穂郡上郡町光都1-1-2 University of Hyogo, Laboratory of Advanced Science and Technology for Industry, New SUBARU Synchrotron Radiation Laboratory, Koto 1-1-2, Kamigori-cho, Ako-gun, Hyogo-ken, 678-1205 Japan

* Corresponding author : miyahara@lasti.u-hyogo.ac.jp

細部構造まで入力し、放射と対流を考慮した3次元解析を必要とする。そのような計算コードは世の中に存在するであろうが、一般にこの種のもは大規模かつ複雑で、一時的な利用には不向きである。しかし、後で述べるように、実験棟は一部複雑な所もあるが、全体として扁平で単純な四角構造である。そこで、天井つき倉庫のような単純化したモデル構造を考え、対流や放射および側壁からの熱の流入流出等の諸要件を加味した一次元計算プログラムを作成した。夏季冬季の実験棟の温度分布の測定結果と比較したところ、ほぼ妥当な計算結果が得られた。第3に、対策としてはいろいろ考えられるが、実施する前にどの程度効果があるか、どの程度投資する価値があるか、主な問題点は何か等、具体的定量的に比較検討する必要がある。そこでこの計算コードを4つの対策

案(外気導入、高反射率塗料、高反射率シート、散水蒸発)について適用し、その効果を明確に評価することができた。

以下では、第2節でNSの現状(建屋の断熱構造、電力と水道水の使用量、並びに料金、および、空調システム)について述べる。第3節で実験棟における夏季冬季の熱の流入流出を評価し、空調システムの冷暖房実績と比較する。第4節で実験棟の温度分布の測定と計算結果を比較する。第5節でこの計算コードを用いて具体的な暑さ対策について検討する。第6節で冬季の寒さ対策について簡単に触れ、最後に結論を述べる。計算法については附録参照。第4節は重要であるが後回しにしても支障はない。本文はNS実験棟という特定の建物の空調と温度計算に関する調査研究であるが、あまり細部に立ち入ら

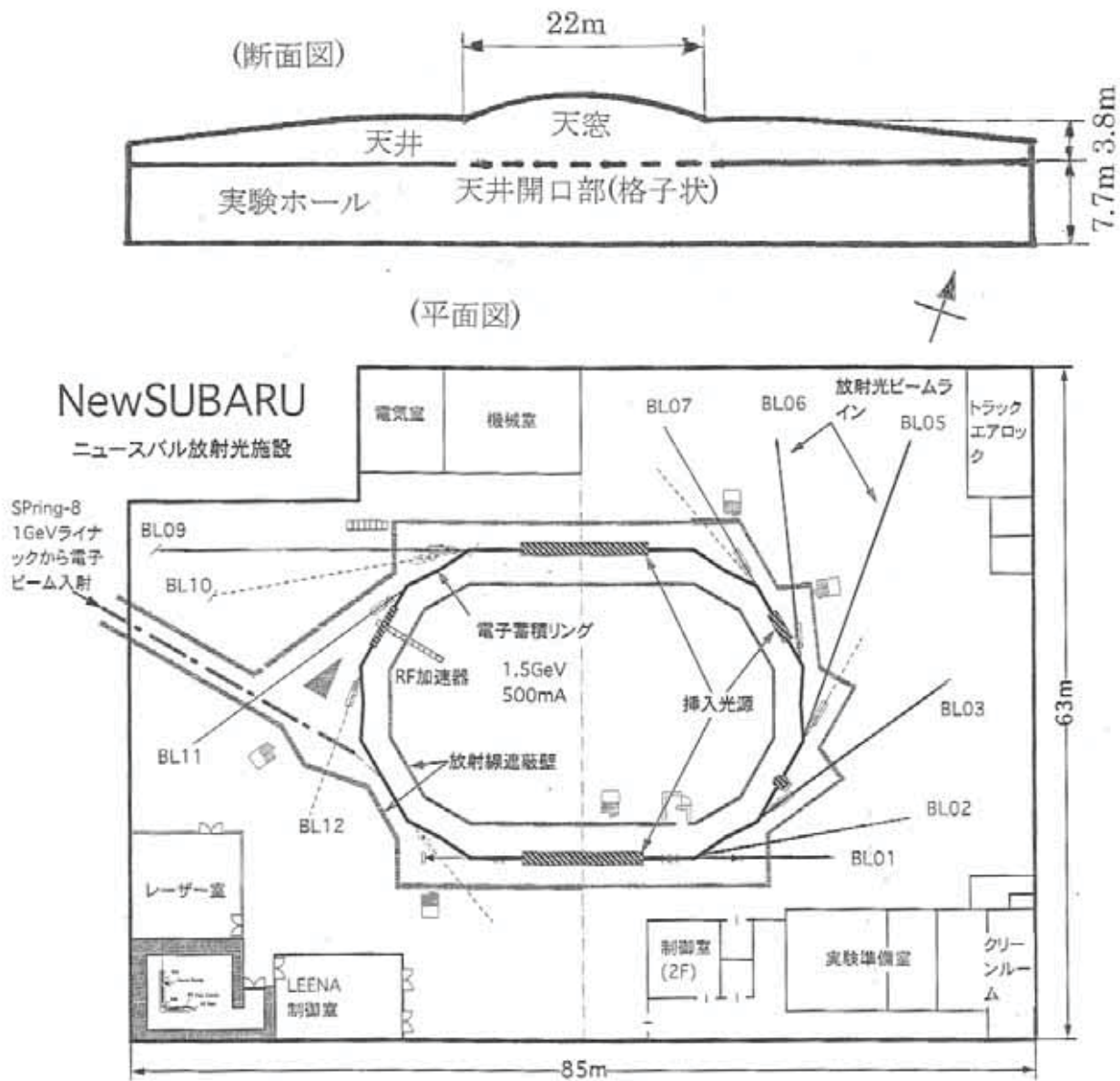


図1 ニュースバル実験施設実験棟の平面図と断面図(平面図はNS 施設提供).
Fig.1 Top and section views of the experimental building of New SUBARU

ず、単純化したモデルで検討したので、一般的問題の具体例として参考になれば幸いである。

2. 現 状

2-1. 建屋と断熱構造

図1にNSの実験施設および実験棟のおおよその平面図と断面図を示す。実験棟は縦63 m、横85 m、高さ12 m弱で、長尺の側壁が南南東を向いている。内部は天井によって天井裏(屋根裏)と実験ホールに分けられている。天井までの高さは7.65 mで、天井裏の高さは中央部で3.8 m、南北両端で1.8 mで、屋根はほぼ平面に近い。ホールには放射線遮蔽用のコンクリートトンネル(高さ約4 m)が設置され、この中に周長119 mの電子蓄積リングが収納されている。また、トンネルの外側には放射光実験用のビームラインが10本設置されている。

建屋の構造体は上から下へ順に、屋根断熱材、天井断熱材、床コンクリートになっている。屋根断熱材は上から順に、SUS304、アスファルトルーフィング、硬質木片セメント板が密着されている。天井はグラスウールと珪酸カルシウム板でできている。側壁は外側がフッ素樹脂塗装した鋼板で、内側は天井と同じグラスウールと珪酸カルシウム板である。SUS304と鋼板の間には幅60 mm程度の空間(空気層)がある。

屋根の中央部には火災の際の排煙用として開閉式のガラス天窗(およそ縦22 m横7 mの楕円形)があり、その直下の天井に同程度の開口部がある。開口部は美観と落下防止のために格子状になっている。通常、天井裏も実験ホールも外部との換気は行っていない。ただし、天窗の隅に小さな開口部があるので暖気が自然に流出している。建屋は全体として扁平な構造をしているので、温度計算プログラムは簡単のために上から下まで水平に9

区画(m=1~9)に分割した1次元モデルで作成した。天井の開口部、および、ホール内のコンクリートトンネルとビームライン等は計算上無視した。側壁と空気対流の影響は別途考慮してプログラムに取り入れた。

上記建築材の厚さと物性定数を表1に示す。区画m=5と8は天井裏と実験ホールの空気層である。区画6のグラスウールの上面は茶褐色の油紙で覆われているので、放射率 $\varepsilon=0.7$ とする。ただし、油紙の熱伝導への寄与は無視する。断熱対策として検討する高反射率シートはポリエステル繊維に両面からアルミフォイル(約20 μm)を張り合わせたもので、反射率 $\gamma=1-\varepsilon=0.97$ が得られる。比熱はアルミ金属から、熱伝導度はポリエステルからの推定である。

2-2 使用電力、水道水、料金

図2には、NS施設のH20(2008)年度の月別利用全電力と電気料金、および、空調電力が示されている。(年度別での違いは少ない。)利用全電力は7, 10, 2月が高く、7月で約 $70 \times 10^4 \text{kWh}$ (800万円)である。8, 9月と1月は加速器運転停止があるので利用電力は少ない。7月の利用電力が高いのは暑さとともに運転日数が多いからである。他方、空調機は加速器の運転の有無に依らず運転しているので、利用電力は年間を通じてあまり変動せず、大体 $5 \times 10^4 \text{kWh}$ /月程度である。最初に述べたように、日中一時的に契約電力ぎりぎりの運転状態になることがある。これは、日射と外気温の上昇により空調出力が上がるとともに、空調機および加速器冷却水冷却機の冷却効率が低下するためと思われる。

年間の全使用電力は $541 \times 10^4 \text{kWh}$ (6930万円)で、平均単価はおよそ13円/kWhである。空調電力は年間 $52 \times 10^4 \text{kWh}$ であるから、年間全電力の約10%であり、あまり大きくはない。この割合で考えると空調電気代は年

表1 実験棟建築材の厚さと物性定数

区画 <i>m</i>	材料	厚さ <i>d</i> (mm)	密度 ρ (g/cm ³)	熱伝導度 <i>k</i> (W/m/K)	比熱 C_p (J/g/K)	放射率 ε
1	屋根上空気層		0.0012	0.0024	1.06	----
2	SUS304	0.4	8.0	16	0.5	0.65
3	アスファルトルーフィング	2.0	1.02	0.10	0.92	-----
4	硬質木片セメント板	18.0	0.5	0.035	0.8	0.7
5	空気層	4000	0.0012	0.0024	1.06	----
6	グラスウール	50.0	0.030	0.04	0.85	0.7
7	珪酸カルシウム板	8.0	1.0	0.2	0.91	0.5
8	空気層	7650	0.0012	0.0024	1.06	----
9	床コンクリート	1000	2.0	1.0	0.88	0.9
20	高反射率シート	0.17	0.88	0.3	0.9	0.03

間で720万円になる。冷房代は7月で約90万円、暖房代は1月で約80万円である。空調関係の改善を企図する場合にはこの金額を念頭に置き、過大にならないよう配慮する必要がある。

図3は同年度の水道利用量と料金である。ただし、料金は前の月と合わせた2か月分である。年間の使用量は5550 m³である。使用量のピークは6,7月の(680+1030) m³で、合わせて約60万円である。水道水はほとんど全て蒸発方式により加速器系の冷却に使用されるので、空調とは無関係である。

ところで、全電力のエネルギーは年間で541x10⁴x10³x3600 =1.94x10¹³Jになる。このうち加速器関係のエネルギーは、居室関係を含めた空調分(10%)と照明用(10%)と諸電源(加速器以外)の発熱分(約10%)を差し引いて、1.36x10¹³Jである。水の気化熱は2430J/gであるから、水道水の年間使用量の全気化エネルギーは5550x10⁶x2430=1.34x10¹³Jになり、上の値とよく一致する。

2-3. 空調システム

実験ホール内の気温は、原則としておよそ夏季25℃、冬季23℃になるように制御されている。温度は加速器収納トンネルの外壁(高さ1.5 m)に取り付けられた6個のモニターで計測し、天井裏に設置された熱交換機にフィードバックされる。熱交換機ではヒートポンプ式屋外空調機(チラー)から送られた冷温水(5-15℃, 35-55℃)と、ダクトを通して戻ってきたホール内空気と熱交換される。温度調節された空気は送風機で圧送され、天井に

4.5 m間隔で設けられた多数のダクト開口部から床面に向けて噴出される。ただし、床面では風圧を感じないほどの緩やかさである。他方、ホール内の空気はホール内壁と天井のそれぞれ3か所に設置された吸気口(約1.8x3 m²)からダクトを通して熱交換機に戻される。温度調節された空気は風量1.98x10⁴ m³/hの6台の送風機で送りだされる。実験ホールの容積は約3.9x10⁴ m³であるから、およそ0.3時間でホール内の空気が一通り換気されることになる。

実際の運転は図2に示すように大体1か月あたり(0.5±0.2) x10⁵ kWh程度である。特に7月(1月)は少し高く、7.3x10⁴ (6.1x10⁴) kWhである。単純平均パワーはこれを31x24で割ればよいが、真昼(夜間)の冷暖房のピーク時ではこれの約1.5倍程度必要と思われる。これを瞬時値に換算するとP_{hp}=147 (123) kWになる。

他方、屋外空調機の仕様によれば、冷却(加熱)最大能力は2台合わせて506 (550) kWである。これに必要な入力電力は2台合わせて172 (156) kWで、熱効率COP (Coefficient Of Performance) = 2.9 (3.4) である。よって上記瞬時値P_{hp}にCOPを掛けておよそ426 (418) kWの冷暖房能力になる(表2参照)。

周知のように、この空調機では家庭用エアコンと同じく冷媒の圧縮膨張による液体気体の相変化を利用して入力電力エネルギーよりも大きな(COP倍)の熱量の出し入れを行っている。暖房の場合、室内に暖気(プラス)を注入するとともに、室外には冷気(マイナス)を放出している。その差がおおよそ消費電力に等しいと考えると、エネルギー保存が理解される。

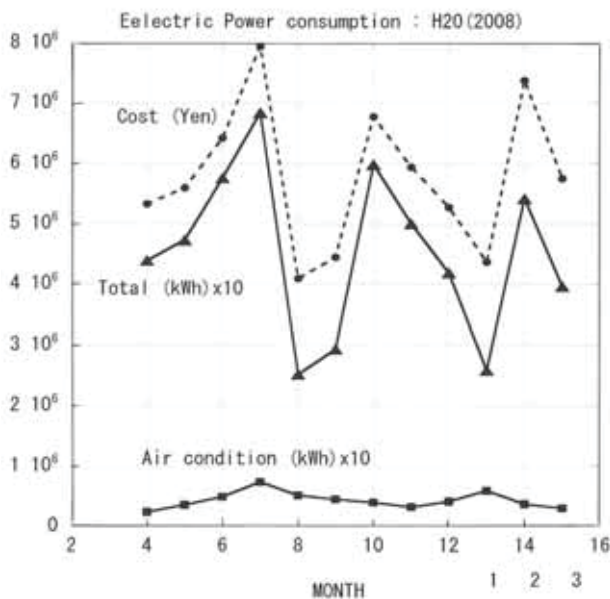


図2 H20年度の月別全電気使用量と料金、および、空調電気使用量。
Fig. 2 Total electric power consumption and its charge per month in fiscal year H20 as well as electric power consumption for air conditioning.

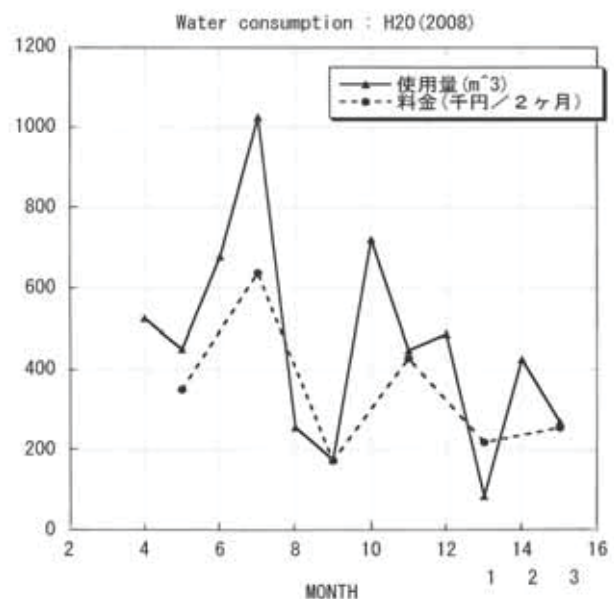


図3 H20年度の月別水道使用量と料金、ただし、料金は2か月分。
Fig. 3 Water consumption per month and its charge per two month in fiscal year H20.

表2 空調システムの仕様と消費電力

		冷房(夏日中)	暖房(冬夜半)
空冷ヒートポンプチラー(2台合計、60 Hz)			
冷暖房能力	P_h (kW)	506	550
入力電力	P_e (kW)	172	156
能率	$COP = P_h/P_e$	2.9	3.5
空調消費電力(H20年度)			
1 か月積算電力	W_h (kWh)	7.3×10^4 (7月)	6.1×10^4 (1月)
平均電力	P_{hm} (kW)	98	82
ピーク電力	P_{hp} (kW)	147	123

注) 平均電力： $P_{hm} = W_h/(31 \times 24)$ 、ピーク電力(仮定)： $P_{hp} = 1.5 \times P_{hm}$

表3 夏日中(冬夜間)のピーク時の屋根、側壁および床の熱流

		屋根	側壁	床	内部発熱	小計	
面積	A (㎡)	5360	2840	5360			
熱抵抗	R_{mn} (°C/W)	1.1×10^{-4}	6.5×10^{-4}	1.9×10^{-4}			
内外温度差, 夏日中	T_{mn} (°C)	10	20	7			
	冬夜中	T_{mn} (°C)	-20	-20	-7		
熱流	夏日中	Q (kW)	89	31	-37	130	213
	冬夜中	Q (kW)	-177	-31	-37	100	-145

表4 局所的な熱の流入と流出

場所	天窗	天井裏側壁	ホール排煙窓	隙間風口	小計	
材質	ガラス	SUS304	アルミ	****		
面積	S (㎡)	140*	530	49	0.2	
厚さ	d (mm)	10	0.6	2	****	
熱伝導率	λ (W/m/K)	0.6	16	240	****	
熱伝達係数	Ha (W/㎡/K)	15	15	15	****	
温度差	夏日中 ΔT (K)	2	5	10	10	
	冬夜中 ΔT (K)	15	15	23	23	
熱流	夏日中 Q (kW)	63**	7	4	17	+57
	冬夜中 Q (kW)	126	60	9	17	212

*) 天窗の底面積： $S = 110 \text{ m}^2$.**) 直截日射80kW, ガラス窓伝導流出 17kW.

3. 熱の流入と流失の概略

3-1. 実験棟単純モデルの場合

ここで屋根、側壁および床コンクリートの熱抵抗から熱流を概算してみる。夏季の熱流入と冬季の熱流出から冷房と暖房の必要熱量が推定できる。例えば、屋根の熱抵抗 R_{24} と熱流 Q_{24} はおおよそ次式で求まる。注) 単線結線の電気回路において、 n 番目の抵抗 R_n の両端の電位差を V_n とすると電流は $I=V_n/R_n$ である、のと同じ考えによる。

$$R_{24} \approx \frac{1}{A} \left(\frac{1}{H_{23}} + \frac{1}{H_{34}} + \frac{d_2}{k_2} + \frac{d_3}{k_3} + \frac{d_4}{k_4} \right) \quad (1)$$

$$Q_{24} \approx \frac{1}{R_{24}} (T_2 - T_4) \quad (2)$$

ここで A は屋根面積、添え数字は表1の区画番号を表す。温度 T_2 と T_4 は第4節で述べる温度計算値である。 H_{23} は $m=2$ と3の、 H_{34} は $m=3$ と4の接触熱伝達係数である。 $H_{mn}=100 \text{ W/m}^2/\text{K}$ と仮定した。これの寄与は小さい。側壁と床からの熱流も同様に考えられる。ただし、

側壁には厚さ60 mmの空気層があるので熱抵抗が少し大きくなる。また、側壁外側温度としては東西南北4面の概略平均を用いた。これら境界を通した熱の出入りの他に、実験ホール内には照明からの発熱(約40kW)や空冷式諸電源などからの発熱(約60kW)がある。また、夏季には一部の水冷式電源の過熱による放熱(約30kW)がある。これらを足し合わせて、夏季日中は213kW、冬季夜間は145kWになる(表3参照)。第2-2節で述べたように、加速器関係の電源は大容量であるので別途チャラーによる水冷式になっている。

3-2. 局所的構造による熱流

以上の考察は単純化した実験棟モデルの熱流である。実際の実験棟では天窓のように局所的に単純モデルとは異なる構造の部分がある。これらによる熱流を求めるには次節の温度計算法と同様な、または、それ以上に複雑な手続きを必要とする。しかし、ここでは以下に示す簡単な式で概略値を求めた。結果を表4に示す。

3-2-1. 夏季(日中)の熱の流入

外気温: $T_{out}=35^{\circ}\text{C}$, 天井裏気温: $T_c=50^{\circ}\text{C}$, 実験ホール気温: $T_h=25^{\circ}\text{C}$ と仮定する。

1) 天窓のガラスは透過率が高いので日射が直接天井に入ってきて次の熱量をもたらす。

$$Q_{sun} = \tau_g E_s S_{wb} \quad (3)$$

ここで $\tau_g (=0.9)$ は透過率, $E_s (=810 \text{ W/m}^2)$ は夏季の日射量, S_{wb} は天窓の底面積である。また、ガラスによる日射の熱吸収は少ないので屋根ほどは高温にならず、外側でおよそ $T_{gout}=48^{\circ}\text{C}$ になる。熱流は次式で求まる。

$$Q_{flow} = \frac{\lambda_g S_g}{d_g} (T_{gout} - T_h) \quad (4)$$

ここで λ_g と S_g と d_g はガラスの熱伝導度, 面積, 厚さである。

2) 天井側壁は実験ホール側壁と異なり, SUS304鋼板のみでできている。この熱伝導率は高いので鋼板内での温度差はほとんどなく, 外気温 T_{out} と内気温 T_c の平均の温度 T_{av} になる。ただし, 南側の T_{av} は日射が加わるので高くなる。熱流はおおよそ次式で決まる。

$$Q_{flow} = H_a S_{cw} (T_{av} - T_h) \quad (5)$$

ここで H_a は空気への熱伝達係数, S_{cw} は天井側壁面積である。

3) 実験ホールの北, 東, 西の側壁には天井近くに排煙用アルミ窓がついている。この場合も上式によって熱流が求まる。

4) 実験ホールは気密性が高く, 隙間風が流入しにくくなっているが, 天窓の一部に小さな開口部があるので, そこから抜ける暖気が吸引力になって, 実験ホールに隙間風が流入してくると考えられる。これによる熱流は次式で求まる。

$$Q_{flow} = C_p (T_{out} - T_c) \frac{S_{leak} v_{air}}{V_g} \quad (6)$$

ここで $C_p (=1.006)$ は空気の定圧比熱, S_{leak} は隙間開口総面積, $v_{air} (\approx 5 \text{ m/s})$ はおおよその外気流入速度である。また, $V_g (=22.4 \times 10^{-3} / M_{air})$ は空気の分子量 $M_{air}=28.8$ に対する 1 gram 当たりの体積である。

3-2-2. 冬季(夜中)の熱の流出

$T_{out} = 0^{\circ}\text{C}, T_c = 15^{\circ}\text{C}, T_h = 23^{\circ}\text{C}$ とする。

1) 天窓のガラスの内気温と外気温の差により, 熱の流出が(4)式で求まる。

2) 天井側壁からの熱流は(5)式で求まる。

3) 実験ホール排煙窓からの熱の流出は(5)式で求まる。

4) 実験ホール隙間風による熱の流出は(6)式で求まる。

3-3. 熱流のまとめ

第2-3節の空調システムのところで述べたように, 空調の消費電力の実績によれば冷暖房能力は夏季日中(冬季夜中)で, およそ426(418)kWである。他方, 第3表と第4表の熱流計算値を合計すると, 夏季日中で270kWの流入加熱, 冬季夜中で357kWの流出冷却になる。これは夏季(冬季)の冷暖房実績の63(85)%である。ただし, メーカーによれば, 夏季に外気温が高温になると空調能力が低下することがあるという。冷房能力が75%に低下しているとみなすと, 夏季合計の計算値は84%になる。熱流計算値は冷暖房実績より少なめであるが, 計算の粗さを考慮すると妥当なところである。

4. 温度測定と計算結果

4-1. 温度測定

まず, 夏季(8月上旬)の測定結果を図4に示す。今年(2010年)のような猛暑ではなく, 外気温はピークで平年並みの28~32°Cであった。(注: 図4の外気温の表示はT-10°Cである)。測定は天井裏(高さ3.4, 1.9, 0.4 m)と, ホール内(高さ2.0, 0.3, 0.0 m), および屋外日陰に置いた温度計で自動記録した。少し雲が見られたが, 風は弱かった。ホール内では床上2 mと床面でほとんど差が無く, とともに25~27°Cで, 2°Cの変動がある。外気温の下がる夜中にホール内温度が上がるのが見られ

る（理由は不明）。天井裏では最も暑い日中で40~50℃になっている。

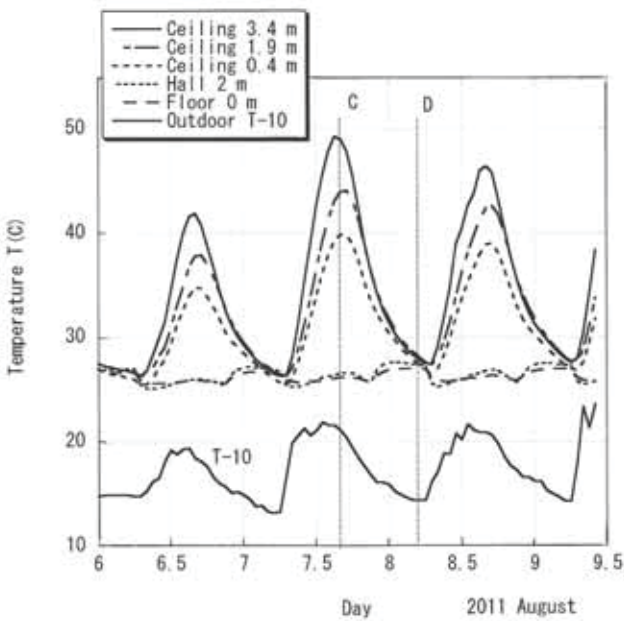


図4 H23 (2011) 8月のNS実験棟の測定温度。
Fig.4 Measured temperatures in NS experimental building in August, H23(2011).

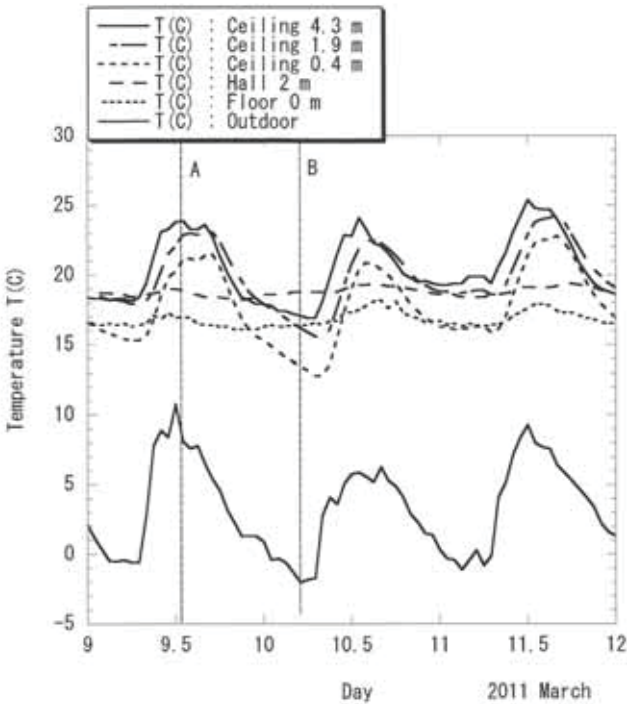


図5 H23(2011) 3月のNS実験棟の測定温度。
Fig.5 Measured temperatures in NS experimental building in March, H23(2011).

次に、冬の温度測定について、1月下旬から2月上旬の測定データに不備があったので、同じくらいの寒さの3月上旬に再試行した。この期間はシベリヤ高気圧による寒気が日本上空を覆っていたため寒さは冬同様厳しかったので、これを冬の測定とみなした。また、この時期は風の弱い晴天が続いた。測定結果を図5に示す。外気温が10℃から-2℃の範囲で変化するのに応じて、天井裏の温度は21~23℃から12~16℃まで変化する。ホール内の温度は高さ2 mと0.3 mで19 (±0.5)℃であるが、床面で17 (±1)℃であり、床面の温度が2℃低い(図5参照)。冬季の場合、実験ホール側壁の内側の冷気が下降し床面に沿って拡散すると、床コンクリートが屋外の冷たい地面に連結しているためと思われる。また、天井裏のほうがホール内より低温になることがある。これは、屋根裏の冷気が一旦天井で滞留されるからである。ただし、天井の中央部には大きな開口部があるので、ここを通じてホール内に冷気が降下するとともに、ホール内の暖気が上昇すると考えられる。

4-2. 温度計算法の概略

NS実験棟は屋根がほぼ平らで、水平な天井によって天井裏と実験ホールの空間に仕切られているので、構成要素も空間も水平に細分(セル)化し、上下方向の一次元の熱伝導問題として検討した。ホール内にある加速器収納のためのコンクリート製トンネルやビームラインの測定機器等とともに、天井中央の開口部も無視した。

屋根表面については日射(太陽放射)と大気放射によ

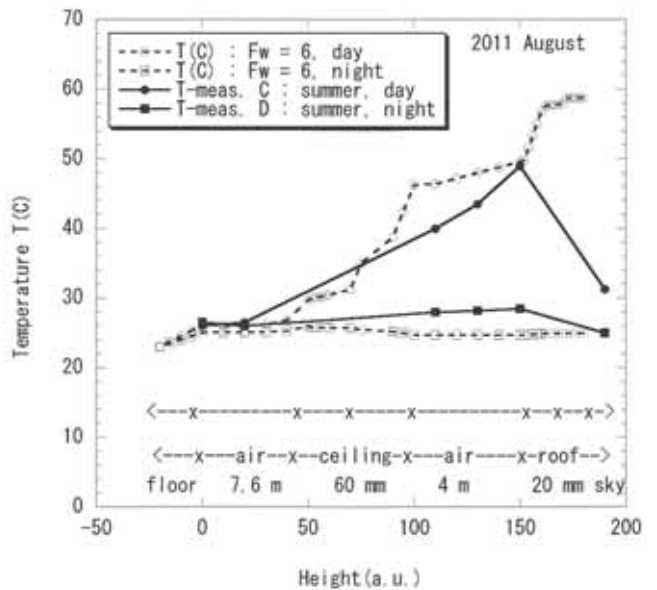


図6 NS実験棟の夏季の測定温度(図4のラインCとD)と計算値との比較。
Fig.6 Comparison of the temperatures measured (C and D lines in Fig.4) and calculated in summer in the NS building.

る熱の流入と、表面からの熱放射と空気対流による熱流出を考慮した。屋根、天井、床コンクリートそれ自体の熱伝導は通常のやり方に従った。屋根から天井、天井から床の間では放射伝達とともに空気対流による熱伝達を考慮した。空気対流は上下のセル温度を比較し、下位セルの温度が高ければ上のセルと入れ替わるようにした。側壁からの熱の流入は空気層の最上位セルに、熱の流失は負の熱量を最下位のセルに加算した。冷暖房による熱の流入流出、および、照明と諸電源の発熱による熱の流入を考慮した。境界条件として、外気温度と床コンクリート温度（地下1m）を設定した。

4-3. 計算結果との比較

温度計算は夏と冬の昼夜について行った。図6と図7にそれぞれ、計算値と測定値の比較を示す。測定値は図4と図5のA, B, C, Dのライン上の温度である。縦軸は温度、横軸は床コンクリート、空気層、天井、空気層、屋根に分けて表示してある。実線は測定値、破線は計算値である。屋根そのものの温度測定は行っていない。

夏季（図6）の日中の場合の測定値は、外気温32℃に対して天井裏の温度は日射により40~50℃と、かなり高くなる。その下は天井の断熱材で仕切られているために26℃まで低下する。夜間には日射が無いので、屋根も天井裏も外気温と大体同じ26℃である。計算値は天井裏で少し高めになるが、おおよそ昼夜とも測定値と一致する。

冬季では以下に述べる理由により、天井がある場合と、これを除いた場合について計算した。図7に示すように日中では計算値と測定値は良く一致する。しかし、夜間では天井裏の測定値が13~17℃であるのに対して、天井有りとする、計算値は3~5℃になり、測定値よりかなり低い。この理由は第4-1節で述べたように、次のように考えられる。

ホール内で暖められた空気は天井の開口部を通して天井裏に昇り屋根まで達する。他方、外気で冷たくなった屋根に接する天井裏の空気は冷却されて降下し、天井を這って開口部に到り、一気に床までを降下する。しかし、上の計算では天井に開口部を取り入れていないので、このような空気の流れは起こらない。その結果、天井裏の計算値が極端に低くなる。そこで新たに冬季夜間用に天井無しの場合で温度計算を行った。対流と放射による熱の移動は屋根下面と床面の間でおこるものとする。結果は図7に示すように、天井裏で13~15℃になり、測定値とおおよそ一致する。ただし、これは計算値と測定値の一致不一致の話であり、ホール内温度を保つためには天井有りの方が断熱上好きしいことは言うまでもない。他方、夏季では下降気流はほとんど無いので開口部の影響は無視できる。

5. 暑さ対策

まず、エネルギー節減と温度安定化の関係については次のように考えられる。図4と図5に見られるように、ホール内温度の変動は日射の有無と外気温度の変動で決まる。従ってエネルギー節減策として夏季日中の熱の流入を抑制し、冬季夜間の熱の流出を抑制すれば、自動的にホール内温度の安定化が期待できる。

5-1. 外気導入

夏季猛暑の場合、外気温は35℃に上り天井裏では60℃近くになる。そこで天井裏に35℃の外気を導入し高温の空気を排出することを考える。温度計算のために5セルに分割した一番下のセル(5,5)から外気を注入し、同じ速度で一番上のセル(5,1)から排気するものとする。外気温度は天井裏の温度より低く重いので下のセルから順に上のセルに詰まっていく。換気は1時間で天井裏の容積 $V=A*H$ の空気を全て入れ替える速度とする。すなわち $dV/dt=A*H/3600 \text{ m}^3/\text{s} = 5.7 \text{ m}^3/\text{s}$ である。 H は天井裏の高さである。空気の容積比熱 $C_{va}=C_p/V_g \text{ (J/K/m}^3\text{)}$ により1㎡当たり時刻 $t = t \sim (t+dt)$ での各セルの熱量の変分はフォートラン形式で以下のように表わされる。

$$\begin{aligned} dQ(5,1) &= dQ(5,1) - \text{Const}*(T(5,1) - T(5,2)) \\ dQ(5,2) &= dQ(5,2) - \text{Const}*(T(5,2) - T(5,3)) \\ dQ(5,3) &= dQ(5,3) - \text{Const}*(T(5,3) - T(5,4)) \\ dQ(5,4) &= dQ(5,4) - \text{Const}*(T(5,4) - T(5,5)) \\ dQ(5,5) &= dQ(5,5) - \text{Const}*(T(5,5) - T(1,1)) \end{aligned}$$

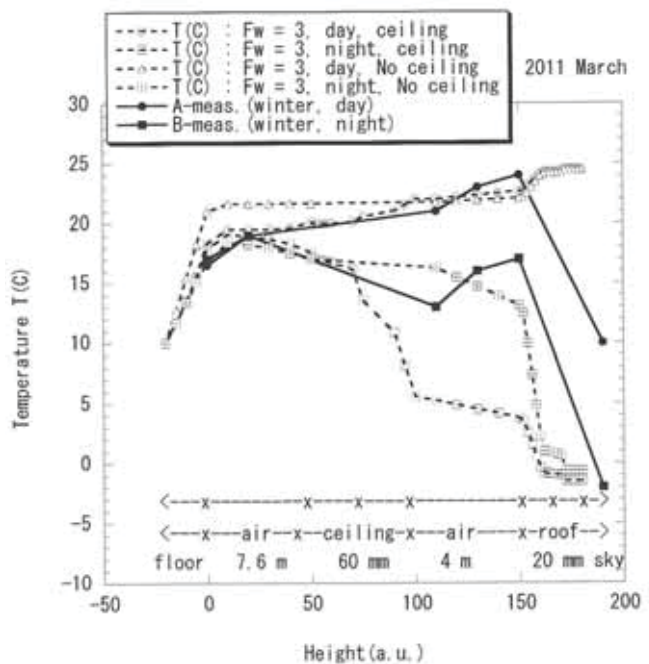


図7 NS実験棟の冬季の測定温度（図5のラインAとB）と計算値との比較。

Fig. 7 Comparison of the temperatures measured (A and B lines in Fig.5) and calculated in winter in the NS building.

ここで $Const=C_{va}*(dV/dt)*dt/A$ である。右辺の第一項は他の要因による変分である。外気が導入されるセル(5,5)と同様に他のセルも温度の低い空気が順に押し上げられてくるので、その分各セルの熱量が減少する。計算結果は図8に示すように、天井裏でおよそ5℃低下する。屋根の温度はほとんど変わらない。

5-2. 高反射率塗料

通常の屋根用ペイント（白色または灰色）の放射率は $\epsilon_2=0.6-0.7$ であるので、この計算では $\epsilon_2=0.65$ 、反射率 $\gamma_2=0.35$ としている。これに対して高反射率ペイントの放射率は $\gamma_2=0.7$ 程度である。この条件で計算すると夏季日中の屋根と屋根裏の温度は約10℃低下する（図8参照）。

5-3. 高反射率シート

天井裏一面に高反射率シート（ $\gamma=0.97$ ）を敷くと仮定する。計算の簡単のために、高反射率シートを区画として追加設定する代わりに、等価的に天井裏上面の放射率を $\epsilon_6=0.03$ とする。図8に示すように、効果は顕著で、屋根からの放射熱がここでほとんど反射、遮断され、天井裏の温度が約20℃低下する。また、ホール内は上下ともほとんど25℃で一定になる。

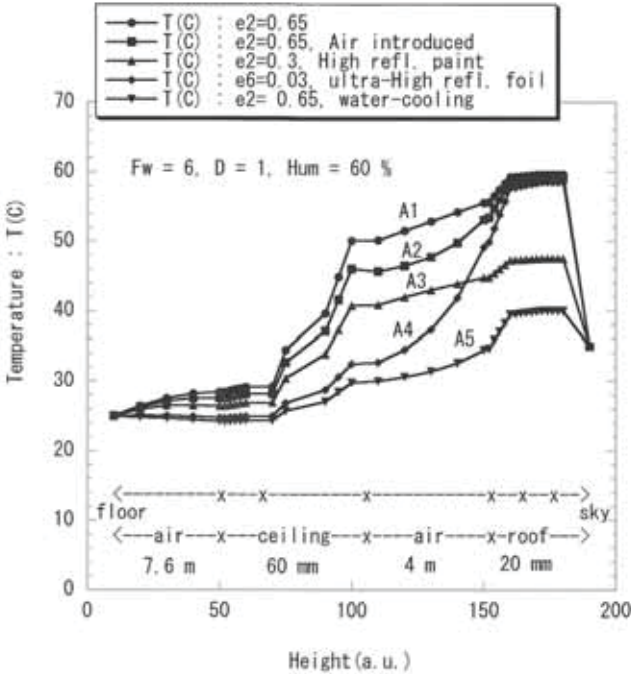


図8 NS実験棟の夏の暑さ対策による温度変化の計算値。A1は対策無し、A2は外気導入、A3は屋根に高反射率塗料、A4は天井に高反射率シート、A5は屋根に散水蒸発の対策。

Fig.8 Temperature variation calculated for the measures against hot summer. A1; no measure, A2; introduction of out-door air, A3; high reflection paint on the roof, A4; high reflection sheet on the ceiling, A5; water spreading and evaporation on the roof.

5-4. 散水蒸発

実験ホールの屋根を流水で直接冷却しようとする、水1g当たり1cal/g=4.2 J/gの熱を奪うだけである。しかし、スプリンクラーで屋根に散水し蒸発させると、気化熱は $\delta Q=580\text{cal/g}=2430\text{J/g}$ であるから、はるかに大きな冷却効果が得られる。水は100℃で沸騰するが、これは水の内部からも気化するためである。しかし、100℃以下では水の表面からのみ気化するので屋根の上に薄く一様に散水する必要がある。

実験棟に降り注ぐ太陽放射エネルギーで屋根全体に吸収される分は、真夏の日中でおおよそ $Q_s = A \epsilon_s < E_s > F_w = 5100 \times 0.65 \times 140 \times 6 = 2.8\text{MW}$ である（記号は附録1参照。 F_w は気象因子で、 $F_w=6$ とする）。この内半分の熱を気化熱で奪うことにすると、 $Q_w = (Q_s/2)/2430 = 580\text{g/s} = 2.1\text{m}^3/\text{h}$ の散水が必要である。1日10時間散水すると、1か月で650 m³/月である。このための水道料金は約26万円/月になる。蒸発させるから循環はできない。

ここで、計算プログラムを用いてもう少し正確に計算してみる。水の蒸発速度 (kg/h) は経験的に次式で表わされる。

$$\frac{dW}{dt} = A C_w (P_{sat}(T_w) - H_{um} P_{sat}(T_a)) \quad (7)$$

ここで空気の流速を V_a (m/s) として、 C_w (kg/h/m²/mmHg) = $0.0152 V_a + 0.01778$ である。 $P_{sat}(T)$ は温度 T (°C) における飽和蒸気圧 (mmHg)、 T_w と T_a は水と空気の温度、 H_{um} は空気の湿度である。 $P_{sat}(T)$ は次式で決まる。

$$P_{sat}(T) = 6.11 \times 10^{[7.5 T / (T + 237.3)]} \quad (8)$$

従って水の蒸発熱量 (W/m²) は単位面積当たり次のようになる。

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{dW}{dt} \frac{1000}{3600} \times 2430 \quad (9)$$

温度計算プログラムにおいて、 $T_w = T(2,1)$: 屋根表面の温度、 T_a : 外気温度として、日中のピーク時について計算すると、図8に示すように冷却効果は最も顕著で、屋根表面温度が40℃に、実験ホール温度が上下で一定の25℃になる。また、蒸発量は3.4ton/hである。

5-5. 効果とコスト

外気導入を換気扇によって行う場合、必要とする給気速度 $dV/dt = 2.0 \times 10^4\text{m}^3/\text{h}$ は、天井裏に既設の空調用送風機の約1/2であるから、かなりの大規模ファンと給排気用ダクトなどの設備を必要とする。一桁小さい換気扇設備の見積もりから単純に外挿すると、およそ1500万円程度と推定される。

他方、天井側壁に窓を作り天窗を開放すると天井裏の

暖気を自動的に排出できる。天窗はやや平たい烏帽子の形をしていて、底辺は楕円形で、その底辺に沿って長さ約40 m高さ1 mの開閉窓が並んでいる。これを半開きにすると、約20 m²の開放窓口になる。そこで天井側壁も同面積の開放窓口とし、上の外気導入速度と同じ値を仮定すると、外気流入速度は0.28 m/sになる。これはかなり緩やかな流れであるから十分あり得ることである。よって天窗開放でもほぼ同様の効果が期待できる。天井の高さに導入窓を設置するだけでよいので、工事も簡単でかなり安価にできる。ただし、天窗を日常的に開放しておくと、急な雨の場合に天井や直下の実験装置が濡れる恐れがあるので十分な配慮が必要である。

高反射率塗料の場合、屋根だけの塗装（工事代込み）でおよそ400万円と見積もられている。また、塗料の寿命は5～7年とされている。

高反射率シートの場合、シート代は天井裏全体でおよそ250万円である。しかし、工事代は相当かかるであろう。この天井は軽量の釣り天井であるので足場を補強するなど、専門業者による安全対策が必要である。また、釣り金具が2～3 m間隔で並んでいるので工事の作業性はあまりよくない。

散水蒸発の場合、夏季の暑さ対策としては最も効果的である。屋根上にスプリンクラーを設置し、地上のポンプで給水すればよく、設備は簡単に水道代も月に約36万円と安い。ただし、水道水中のカルシウムが屋根に付着蓄積するので、定期的な清掃が必要である。屋根上の作業は危険を伴うので、かなりの費用になると思われる。また、屋根の損傷も懸念される。他方、散水によって屋根からの流入熱量は約50kW減少する。チラーの能力COP=2.9を考慮すると電力は17 kW節減できる。ひと月では多めに見て約5.3x10³ kWhであるから、およそ7万円/月の節減になる。結局、維持費だけで（29万円+掃除費）の増加になる。散水によって昼夜の温度差が著しく減少するので、ホール内の温度変化は±0.2℃以下まで減少すると予想される。

6. 寒さ対策

冬季では外気温が低いので断熱と断気を良くしてホール内に冷気が流入しないようにする、あるいは、ホール外に暖気が流出しないようにする必要がある。このためには天井の開口部を開閉式にして冬季には閉じておくことが考えられる。また、天窗付近の小さな開口部を塞ぐならば、ここから暖気が流出しホール壁の隙間から外気が侵入するのを防ぐことが考えられる。

ここで高反射率シートの利用について付記しておく。第5-3節で述べたように、夏季における屋根からの高温放射熱は天井裏に敷いたこのシートでほとんど反射、

遮断される。もしこれを側壁の内部にも組み込めば側壁からの熱の流入も同様に遮断できる。さらに、このシートは表裏とも高反射率であるから、冬季においてはホール内からの熱の流出を遮断できる。これにより顕著なエネルギー節減と温度安定化が期待できる。現在の実験棟でこれを実施するのは困難であるが、同様な建屋を建設する場合、このシートを天井裏と側壁に配置することにより著しい断熱効果が低コストで得られると期待できる。すなわち夏季冬季ともに効果的であり維持費不要である。ただし、まだ、あまり普及していないので、物理的・化学的特性について詳しく調査するとともに、実証実験による検査と確認が必要である。

7. 結 論

NS実験棟の一次元モデルによる温度計算プログラムの結果はほぼ測定値と一致した。このプログラムを用いて、夏季の暑さ対策として外気導入、高反射率塗料の塗布、高反射率シートの敷設、散水蒸発の4つの案について検討した。これらのうち、外気導入は安価であるが効果が弱い、高反射率塗料は高価過ぎ寿命も短い、高反射率シートはかなりの効果があり、シートそのものも高価ではないが、釣り天井のため工事には十分な安全対策が必要である。最後の散水蒸発は最も効果があり、設備も維持費も安価である。天井裏の温度が日中のピーク時で50℃から30℃に下がるので、夜間との温度差がほぼ無くなり、実験ホールの温度変化も抑えられる。ただし、屋根上に付着蓄積する水道水のカルシウムの除去等の問題があり、調査検討する必要がある。

附録 1. 太陽と大気の放射エネルギー

太陽から降り注ぐ放射エネルギーは日本では年間1200kWh/m²といわれる。1 secあたり平均で $\langle E_s \rangle = 140$ W/m²である。四季や天候、昼夜の影響を考慮して、気象因子 F_w として真夏（真冬）の日中でおおよそ $F_w = 6(3)$ と仮定する。すなわち、地面に垂直な太陽放射エネルギーは真夏（真冬）で $\langle E_s \rangle F_w \approx 840(420)$ W/m²と仮定する。これは以下の理由で妥当な値である。

太陽の表面温度は $T_s = 5770$ Kで、この放射エネルギーは $E_{ss} = \sigma_{SB} T_s^4 = 6.28 \times 10^7$ W/m²になる。ここで $\sigma_{SB} = 5.67 \times 10^{-8}$ W/m²/K⁴はステファン・ボルツマン定数である。全放射エネルギーは $4\pi R_s^2 E_{ss}$ であるから、地球表面での放射エネルギーは $E_{s0} = (D_{es}/R_s)^2 E_{ss} = 1370$ W/m²になる。ここで $R_s = 7.0 \times 10^8$ kmは太陽半径、 $D_{es} = 1.58 \times 10^8$ kmは太陽から地球までの距離である。

太陽光スペクトルは大気圏外で大部分が0.5 μmをピー

クとして $0.3\mu\text{m}$ の紫外から $3\mu\text{m}$ の近赤外に分布し、低レベルでは長波長の遠赤外まで広く分布している。しかし、大気中を通過する間に部分的に散乱吸収され、およそ60%に減衰する（黒体放射に対する太陽スペクトルの減衰図からの推定）。そのため地表での放射エネルギーはおおよそ $E_{sm}=820\text{W}/\text{m}^2$ になる。さらに、地軸が 23.5 度傾いていることにより、NSサイト（北緯 35 度）における真昼の太陽の水平面からの仰角は夏至で 78.5 度であり、冬至で 31.5 度であるから、放射エネルギーに考慮すべき角度因子は、それぞれ、 0.98 と 0.52 になる。従って夏（冬）で $810(430)\text{W}/\text{m}^2$ くらいになる。気温は陸地や海水の変化に影響されるので、真夏と真冬は夏至と冬至から一か月半ほど遅れる。

他方、大気は太陽と地表からの放射を吸収して熱エネルギーを持つ。これは等価的に大気温度 T_a で表わし、固体と同様に放射エネルギーを放出すると見なすことができる。地表では大気層の厚みで積算されて $\sigma_{SB}T_a^4\text{W}/\text{m}^2$ 程度の放射エネルギーになる。ただし、 10m 程度のスケールの建屋内では空気による放射エネルギーは壁からの放射エネルギーに比べて無視できる。

上記のエネルギーが屋根表面へ入射されるのに対して、屋根表面から熱放射されるエネルギーもあり、屋根表面での単位面積当たりの熱量の時間微分は次のように表わされる。

$$\frac{dQ}{dt} = \varepsilon \langle E_s \rangle F_w D - \varepsilon \sigma_{SB} (T_1^4 - T_a^4) - H_a (T_1 - T_a) \quad (\text{A-1})$$

ここで ε は屋根表面の放射係数、 T_1 は屋根表面の温度、 H_a は屋根表面から大気への熱伝達係数、 $D=1$ または 0 は昼または夜を表す。

附録 2. 対流による熱伝導度 $K_a(\text{W}/\text{m}/\text{K})$

底面積 $A=1\text{m}^2$ で高さ $\Delta z=1\text{m}$ の空間容積が2つ上下に連なっていて、それぞれ、セル1、2とする。その中の空気の温度を T_1 、 T_2 とし、標準状態からあまり離れ

ていないとする。ひとつのセル内の分子数はおおよそ $N_m \approx (1000/22.4)N_A = 2.7 \times 10^{25}$ 個になる。ここで $N_A = 6 \times 10^{23}1/\text{mol}$ はアボガドロ数である。2つのセル間の熱移動は $dQ/dt = (K_a/\Delta z) \Delta T$ と表わされるから、 K_a は温度差 $\Delta T=1\text{K}$ で $\Delta z=1\text{m}$ 離れているとき $\Delta t=1\text{sec}$ でどれだけの熱量が移動するかを表す。

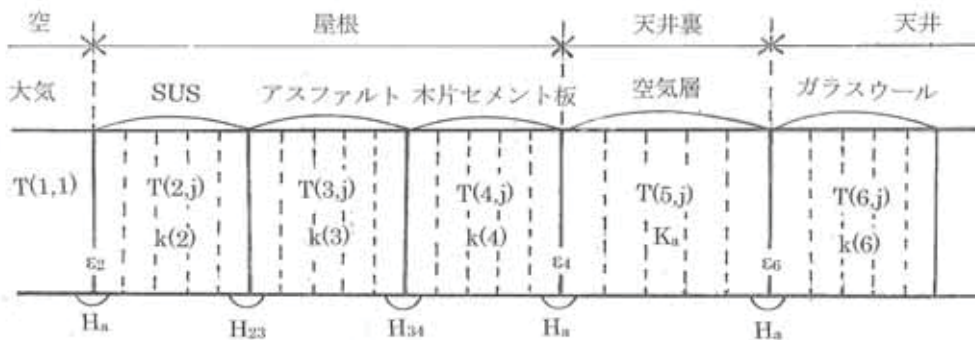
そこで $T_2=T_1+\Delta T$ とし、セル2の分子が速度 $v_m=1\text{m}/\text{s}$ でセル1に上昇移動すると仮定する。ただし、セル2の分子が全て移動するのではなく、割合にして $\alpha \approx \Delta T/T \approx 1/300$ 程度の分子が移動するものとする。分子数密度 n について、状態方程式 $P=nk_B T$ から $\Delta n/n = -\Delta T/T$ であるからである。各分子の平均熱エネルギーは z 方向でおおよそ $K_B T/2$ であるから、セル1から2へのエネルギーの移動は $dQ/dt \approx \alpha N_m k_B T/2 \approx 130\text{W}$ である。よって $K_a=130\text{W}/\text{m}/\text{K}$ になる。ここで $k_B=1.4 \times 10^{-23}\text{W}$ はボルツマン定数である。

ところで、焚き火の炎($\Delta z=1\text{m}$ でおおよそ $\Delta T \approx 100^\circ\text{C}$ 程度)の上昇は速く、 $v_m \approx 2\text{m}/\text{s}$ 程度であるが、鎮火した後の煙の上昇は緩やかで、 $0.5\text{m}/\text{s}$ 程度である。上下の温度差のあまり大きくない室内の場合($\Delta z=1\text{m}$ でおおよそ $\Delta T=0.1\sim 1^\circ\text{C}$)、空気の上昇は更に緩やかと思われるので、 $K_a=5\text{W}/\text{m}/\text{K}$ とする。

附録 3. NS実験棟の一次元温度計算法

1. 具体的考え方

図A-1に示すように、各区画(m)を5つのセル($j=1\sim 5$)に分割し、セル毎に温度を $T(m,j)$ とする。同図において $k(m)$ ($\text{W}/\text{m}/\text{K}$)はセル間の熱伝導度で、 H_{mn} ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$)は区画間の接触熱伝達率である。 H_a ($\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$)は建材から空気層への熱伝達率である。また、 ε_m は空気層に面する建材の放射率で、 $r_m=1-\varepsilon_m$ は反射率ある。空気層を介する区画間では主に放射によって熱伝達される。反射による寄与も無視できないので、1回、2回、3回反射を考慮する。広い平行平面間では放射の伝達は面に垂直とみなせる。



図A1 NS実験棟温度計算のための区画とセル。

Fig.A1 Sections and cells for the temperature calculation.

空気層内では対流で熱伝導がおこる。対流は暖かい空気の浮力による上昇が原動力である。ここでは簡単のために上下のセル間の温度を比較し、下位の温度が高ければ温度差に比例する熱伝導が下位から上位に起こるとする。上位の温度が下位より高い場合には拡散によって温度差の10%に比例する熱伝導が上位から下位に起こるとする。他方、対流で空気が上昇し天井に到達すると水平に拡散し、側壁に沿って下降流が生じ、空気層最上位セルから最下位セルに多少の熱伝導が起こると考える。これらの比例係数を対流による熱伝導度 K_a (W/m/K) とする。

屋根表面の区画 2 には太陽放射エネルギー $\langle E_s \rangle > F_w D$ と、大気放射エネルギー $\sigma_{SB} T_{II}^4$ が入射する。反対に屋根からは $\sigma_{SB} T_{2I}^4$ の放射エネルギーが放出される。入射率 (=放射率) は ε_2 である。また、大気との熱接触で H_a ($T_{2I} - T_{II}$) のエネルギーが放出される。微風状態の空気では $H_a = 15$ W/m²/K程度で、大気の流速が上がるとともに増大する。

床コンクリート上には電子蓄積リングを収納するコンクリート製トンネルや放射光実験用の測定機器が多数配置されているが、簡単のために、これらの構造物は無視し、一様な床表面で $\varepsilon_0 = 0.9$ で放射、吸収を行うものとする。床コンクリートの下は砂利や土地あるいは岩石であるが、簡単のために厚さ 1 m のコンクリートとし、その下面温度は $T(9,5) = 23^\circ\text{C}$ (夏) または 10°C (冬) とする。

計算プログラム (フォートラン形式) の主なポイントを以下に記す。まず、全てのセルの初期温度として収束値に近い値を設定する。以下に述べる要領で、全てのセル (m,j) の微小時間 dt での熱量の変分 $dQ(m,j)$ を求め、

$$T(m,j) = T(m,j) + dQ(m,j) / C_v(m) / dZ(m)$$

により、全てのセルの温度を微修正し、 $|dQ(n,j)| < 10^{-4}$ に収束するまでループ計算を行う。初期温度の設定値が最終値に近いほど収束を早くできる。時間分割は $dt = 10^{-3}$ sec 以下で計算が安定に進行する。

2. 各部のプログラム

1) 放射

屋根表面のセル (2,1) については、(A-1) 式を適用する。天井上面のセル (6,1) については以下のようになる。

$$\begin{aligned} dQ(6,1) &= (H_a * (T(5,5) - T(6,1)) \\ &\quad - (k(6) / dZ(6)) * (T(6,1) - T(6,2))) * dt \\ dQ(6,1) &= dQ(6,1) - e6 * T(6,1) ** 4 * sigSB * dt \\ dQ(6,1) &= dQ(6,1) + e6 * r4 * (1 + r6 * r4 \\ &\quad e6 * T(6,1) ** 4 * sigSB * dt \\ dQ(6,1) &= dQ(6,1) + e6 * (1 + r4 * r6 + r4 * r6 * r4 * r6) \end{aligned}$$

$$* e4 * T(4,5) ** 4 * sigSB * dt$$

2) 対流

温度差 $\Delta T = T(m,j+1) - T(m,j)$ に対する Step (ΔT) 関数として

$$\text{Step}(\Delta T) = \Delta T \text{ if } \Delta T > 0$$

と定義する。各セルの変分は

$$\begin{aligned} dQ(5,1) &= (H_a * (T(4,5) - T(5,1)) + \\ &\quad (K_a / dZ(5)) * (\text{Step}(T(5,2) - T(5,1))) * dt \\ dQ(5,2) &= ((K_a / dZ(5)) * (\text{Step}(T(5,2) - T(5,1)) \\ &\quad + \text{Step}(T(5,3) - T(5,2)))) * dt \\ dQ(5,3) &= ((K_a / dZ(5)) * (\text{Step}(T(5,3) - T(5,2)) \\ &\quad + \text{Step}(T(5,4) - T(5,3)))) * dt \\ dQ(5,4) &= \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ dQ(5,5) &= (H_a * (T(6,1) - T(5,5)) - \\ &\quad (K_a / dZ(5)) * \text{Step}(T(5,5) - T(5,4))) * dt \end{aligned}$$

これにより下セルの方が上セルより温度が高いならばセルの温度が上下入れ替わる。この操作で下セルの暖気が上昇する、または、上セルの寒気が下降することになる。反対に $\Delta T < 0$ のときは空気の攪乱や気体自体の拡散を考慮して、10%程度の逆の移動を

$$\text{Step}(\Delta T) = 0.1 * \Delta T \text{ if } \Delta T < 0$$

によって取り入れる。上昇気流の結果として生じる側壁に沿った下降流に対しては

$$\begin{aligned} dQ(5,5) &= dQ(5,5) + 0.3 * (K_a / dZ(5)) * \text{Step}(T(5,1) \\ &\quad - T(5,5)) * dt \end{aligned}$$

とする。上下の温度差がそのまま下降するわけではないのでファクター 0.3 を掛ける。

3) 空調

T_0 に温度制御された空気が天井のダクト開口部から噴出されて床面に達し、下から順に上のセルを埋めていくので

$$\begin{aligned} dQ(8,1) &= dQ(8,1) + (T(8,2) - T(8,1)) * \text{Const} * dt \\ dQ(8,2) &= dQ(8,2) + (T(8,3) - T(8,2)) * \text{Const} * dt \\ dQ(8,3) &= dQ(8,3) + (T(8,4) - T(8,3)) * \text{Const} * dt \\ dQ(8,4) &= dQ(8,4) + (T(8,5) - T(8,4)) * \text{Const} * dt \\ dQ(8,5) &= dQ(8,5) + (T_0 - T(8,5)) * \text{Const} * dt \end{aligned}$$

とする。ここで

$$(dV/dt) = F_{air} * 7.65 * A / 3600$$

$$C_{vair} = C_p / V_g$$

$$\text{Const} = C_{vair} * (dV/dt) / A$$

である。7.65 はホールの高さ (m) である。 $F_{air} = 3$ は実験棟の容積を時間あたりの空調の給気量で割った値である。

4) 側壁からの熱の流入流出

南側の側壁は太陽放射により熱せられて、外側からホール内に熱量 $Q_{wall} (>0)$ が流入する。この熱量はホール内壁の空気に伝達され、側壁に沿って上昇し、天井真下で水平に拡散する。他方、冬季には外気温が低いので熱量 Q_{wall} がホール内から外側に流出する。この場合、冷気熱量 $Q_{wall} (<0)$ が側壁の内側に沿って下降し、床面で水平に拡散すると考えることができる。よって

$$dQ(8,1)=dQ(8,1)+Q_{wall}*dt/A \quad \text{if } Q_{wall}>0$$

$$dQ(8,5)=dQ(8,5)+Q_{wall}*dt/A \quad \text{if } Q_{wall}<0$$

とする。天井裏も同様である。

5) ホール内のその他の熱源

実験ホール内に置かれた加速器用と測定用の空冷式諸電源からの発熱エネルギー P_{source} と照明による発熱エネルギー P_{light} を取り入れる。

$$dQ(8,1)=dQ(8,1)+P_{light}*dt/A$$

$$dQ(8,5)=dQ(8,5)+P_{source}*dt/A$$

付 記

下記の事項はそれぞれ以下のホームページに掲載されている。

(7)式;<http://www.qabox.jp/question/qa4708.html>
 (8)式;<http://ja.wikipedia.org/wiki/飽和水蒸気量>
 高反射率シート;
http://www.fukutoh.co.jp/shop/sdn_1.html
 太陽放射スペクトル;
<http://f.hatena.ne.jp/kkyamasita/20070413080039>

謝 辞

電力関係の資料はNSの佐々木功氏より提供された。謝意を表します。

要 約

ニュースバルでは近年顕著になってきた夏季の猛暑に対処するため、実験棟のエネルギー節減と温度安定化の対策を目的として建屋の空調関係と断熱構造の総合的な調査検討を行った。まず、年間の電力と水道水の使用量と料金の統計調査により、空調エネルギーは全電力の約10%であり、暑さ対策として許容できるコストの範囲が認識された。次に、実験棟の構造と空調システムを考慮した計算プログラムを作成し、実験棟内の温度分布を求め、測定温度とほぼ一致することを確認した。第3に、暑さ対策として、外気導入、高反射率塗料、高反射率シート、散水蒸発の4つの案について計算プログラムでその効果を評価し、予想されるコストと問題点について検討した。その結果、散水蒸発方式が他に比べて最も効果的、低コストで、容易であると結論した。ただし、多少の問題は残る。また、これにより温度安定度も著しく向上すると期待できる。同様に冬季の問題についても検討した。

(2012年 5 月 15 日受付)
 (2012年 10 月 16 日受理)

氷ノ山(兵庫県養父市大屋町域)で確認されたコウモリ類 3 種

衣笠 淳^{1) 2)}・大沼 宏一²⁾・川上 徳子²⁾・柿木 俊介²⁾

Records of three bat species captured in Mt. Hyonoson of Ohya-cho, Yabu City, Hyogo

Jun KINUGASA^{1) 2)}, Hirokazu ONUMA²⁾, Noriko KAWAKAMI²⁾,
Shunsuke KAKINOKI²⁾

要 旨

兵庫県ではこれまでに7種のコウモリ類の生息が報告されているが、その情報は非常に少ない。筆者らは兵庫県下に生息するコウモリ類の実態把握を目的とした調査を2009年から実施している。その中で、森林性コウモリ類を対象として、2011年7月に兵庫県養父市大屋町氷ノ山においてカスミ網およびハープトラップを用いた調査を実施した結果、キクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum*、ヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi*、コテングコウモリ *Murina ussuriensis* の3種が確認された。兵庫県において、ヒメホオヒゲコウモリとコテングコウモリの2種は初記録となる。大径木が多数生育し、樹洞や樹皮下の隙間といったコウモリ類が利用可能なねぐら環境が豊富に存在する氷ノ山は、ヒメホオヒゲコウモリやコテングコウモリのような森林性コウモリにとって、貴重な生息環境であると言える。

キーワード：兵庫県，氷ノ山，森林性コウモリ，キクガシラコウモリ，ヒメホオヒゲコウモリ，コテングコウモリ

はじめに

国内に生息するコウモリ類は37種が知られているが、3亜種を含む28種が環境省の第4次レッドリスト（環境省，2012）で絶滅のおそれのある種に選定されている。コウモリ類は、夜行性で飛翔することから人目につきにくいことや、種の識別には捕獲が必要であり、調査に専門性を伴うことから、研究は進まず、その生態や生息状況には不明な点が多い。そのため、その実態が把握されないまま、人為的な開発や自然災害によって、その数を減らす危険性が高い。

兵庫県においてもコウモリ類の知見は非常に少なく、三谷（2000）によると7種のコウモリが確認されているのみである。兵庫県レッドデータブック（兵庫県，2003）

ではアブラコウモリを除くコウモリ全種が県内における生息の実態がほとんどわからないとして、要調査種に区分されている。

筆者らは、兵庫県下に生息するコウモリ類の実態把握を目的として、2009年から調査を継続している。その中で、特に生息の実態が明らかとなっていない森林性のコウモリ類に着目し、氷ノ山後山那岐山国定公園に指定され、自然林が広く残存する氷ノ山の兵庫県養父市大屋町域で実施した。この調査において、兵庫県初記録を含む3種のコウモリ類を確認したため、報告する。

調査場所および方法

調査場所は、兵庫県の最高峰である氷ノ山（標高1,510

1) 株式会社 地域環境計画 大阪支社 〒569-1123 大阪府高槻市芥川町1-15-18ミドリ芥川ビル Regional Environmental Planning Inc. Osaka branch ; Akutagawa-cho 1-15-18, Takatuki, Osaka, 569-1123, Japan

2) 一般社団法人兵庫県自然保護協会 〒651-0087 兵庫県神戸市中央区御幸通2-1-18-704. The Nature Conservation Society of Hyogo prefecture ; Gokoudori 2-1-18-704, Chuou-ku, Kobe, Hyogo, 651-0087, Japan

m)を兵庫県波賀町戸倉から養父市大久保まで縦断する広域基幹林道澗川氷ノ山線のうち、養父市大屋町横行に位置する標高約1,100 mの地点で実施した(図1)。氷ノ山の標高1,000 m付近は現存植生図(環境省, 2003)ではブナ、ミズナラ群落とスギ・ヒノキ・サワラ植林が広域を占めている。調査地点には、ブナやミズナラが優占する落葉広葉樹林に囲まれた地点を選定した。

調査は2011年7月16日~17日に実施し、カスミ網およびハーブトラップ(図2)を用いてコウモリ類の捕獲を試みた。カスミ網は幅6 mないし12 m、高さ5 mのものを3張、ハーブトラップは幅2 m、高さ2 mのものを1台使用した。設置時間は19:00~翌日7:00までとした。捕獲個体は前田(2005)に従って種を同定し、性別の確認、体重、前腕長の計測、写真撮影を実施した。捕獲種の和名および学名は前田(2005)に従った。なお、

本調査は環境省および兵庫県から鳥獣捕獲許可証の交付を得て実施した。



図2 ハーブトラップ
2本の青色支柱の間に、数cm間隔で縦に張られたナイロン製の糸に飛翔するコウモリが接触すると、下部の袋に落下する。

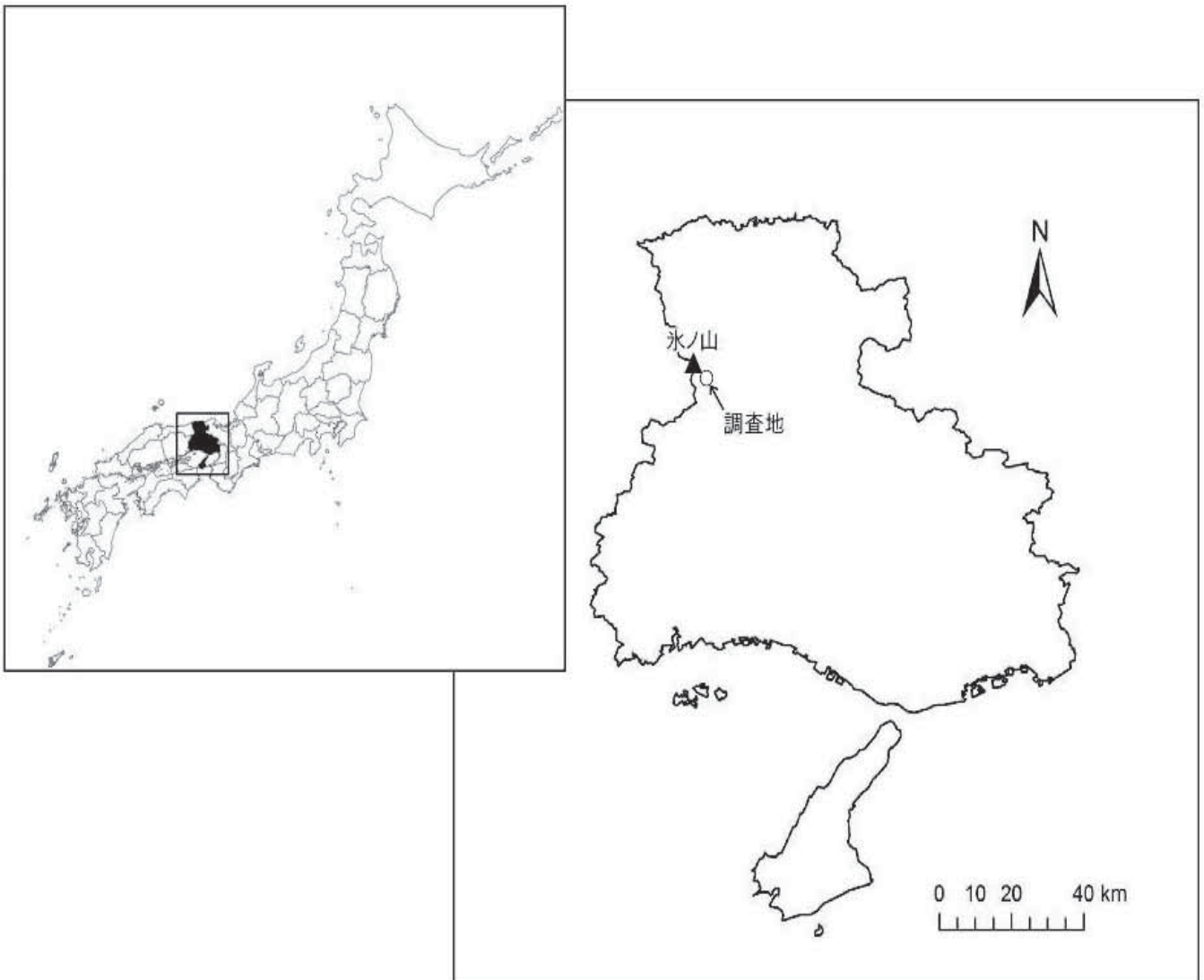


図1 調査場所位置図。
兵庫県養父市大屋町 氷ノ山. N35° 19' , E134° 31' .

表 1 捕獲したコウモリ類の概要

種名	捕獲日	時間	捕獲方法	性別	前腕長 (mm)	体重 (g)
キクガシラコウモリ	2011/7/16	21:00	カスミ網	♂	60.1	21.4
ヒメホオヒゲコウモリ	2011/7/17	1:08	カスミ網	♂	35.7	8.1
コテングコウモリ	2011/7/17	6:00	ハーブトラップ	♀	33.2	6.5

結 果

この調査によって、キクガシラコウモリ *Rhinolophus ferrumequinum*、ヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi*、コテングコウモリ *Murina ussuriensis* の 3 種、それぞれ 1 個体を捕獲した。個体の確認状況を以下に述べ、計測年月日、外部形態計測値などは表 1 に示した。なお、確認種 3 種のうち、ヒメホオヒゲコウモリとコテングコウモリの 2 種は兵庫県における正式な生息記録はなく、初記録となる。

(1) キクガシラコウモリ

Rhinolophus ferrumequinum

本種は、林道上に設置したカスミ網で捕獲した。捕獲個体 (図 3, 4) は鼻葉があり、前腕長が 50 mm 以上と大型であること (前田, 2005) から、キクガシラコウモリと同定した。

(2) ヒメホオヒゲコウモリ

Myotis ikonnikovi

本種は、キクガシラコウモリと同様に、林道上に設置したカスミ網で捕獲した。捕獲個体 (図 5, 6) は耳珠が細く、先端が尖るというホオヒゲコウモリ属の特徴とともに、褐色の体毛、側膜が外足指の基部につくという特徴 (前田, 2005) からヒメホオヒゲコウモリと同定した。

(3) コテングコウモリ

Murina ussuriensis

本種は、ブナやミズナラが優占し、林床にササが密生する樹林内に設置したハーブトラップで捕獲した。捕獲個体 (図 7, 8) は鼻孔が筒状で突出し、前腕長が 38 mm 以下と小型であること、黄土色の体毛が腿間膜まで密生するという特徴 (前田, 2005) からコテングコウモリと同定した。捕獲個体は乳頭が発達し、裸出していたことから、周辺で繁殖している可能性が高い。

考 察

今回確認したキクガシラコウモリは、国内では北海道、本州、四国、九州、伊豆大島、三宅島、八丈島、佐渡、対馬、五島列島、屋久島、口之島から記録があり、主に洞穴をねぐらとする種である (阿部ほか, 2005)。ヒメホオヒゲコウモリは、国内では北海道、本州から記録があるが、西日本での記録は少ない (阿部ほか, 2005; 岡田ほか, 2010)。また、自然林への依存度が高い種であり (安井ほか, 2000)、主に枯死立木のめくれた樹皮の下を日中のねぐらとすると報告されている (Yasui et al., 2004; 福田ほか, 2006)。コテングコウモリは、国内では北海道、本州、四国、九州、屋久島、対馬、壱岐から記録があり (阿部ほか, 2005)、日中のねぐらとして、樹洞、樹皮の隙間、広葉樹の枯葉、ササ藪、雪中といった様々な環境を利用することが報告されている (船越ほか, 2009; 平川, 2007; 中山ほか, 2009; 山田・江木, 2011)。

本調査のコウモリ捕獲地点である氷ノ山の高標高地には、ブナ-ミズナラ群落やトチノキ、ケヤキが優占する溪畔林といった多様な自然植生が広く分布し、樹洞を持つ大径木も多数生育している。今回確認されたヒメホオヒゲコウモリやコテングコウモリのような森林性コウモリにとって、樹洞や樹皮下の隙間といった日中のねぐらが豊富に存在する氷ノ山は、良好な生息環境であると推測される。また、岡田ほか (2008)、岡田ほか (2010) は氷ノ山の鳥取県側で今回確認された 3 種を含む 5 種のコウモリを確認している。このことから、氷ノ山周辺がコウモリ類にとって貴重な生息環境であると言える。今回の調査により、兵庫県下において新たに 2 種のコウモリ類が確認された。今後も調査を継続し、コウモリ類の保全に向けた生息実態の情報収集が望まれる。



図3 キクガシラコウモリ



図4 キクガシラコウモリ。
図3と同一個体。鼻葉をもつ。



図5 ヒメホオヒゲコウモリ



図6 ヒメホオヒゲコウモリ。
図5と同一個体。側膜が外足指の基部につく。



図7 コテングコウモリ



図8 コテングコウモリ。
図9と同一個体。体毛が尾膜まで密生する。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、一般社団法人兵庫県自然保護協会副理事長 権藤眞禎氏には調査の実施に際してのご援助を賜った。また、元山口大学 松村澄子氏には、

ヒメホオヒゲコウモリの同定に際し、貴重な意見を賜った。深く御礼申し上げます。

文 献

- 阿部 永・石井信夫・金子之史・伊藤徹魯・前田喜四雄・三浦慎悟・米田正明 (2005) 日本の哺乳類 [改訂版]. 東海大学出版会, 神奈川.
- 福田大介・上條隆志・安井さち子 (2006) 夏期におけるヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi* Ognev の集団ねぐら. 哺乳類科学, **46** (2), 177-180.
- 船越公威・長岡研太・竹山光平・犬童まどか (2009) コテングコウモリ *Murina ussuriensis* におけるアカメガシワトラップのねぐら利用と繁殖生態. 哺乳類科学, **49**, 245-256.
- 平川浩文 (2007) コテングコウモリ (*Murina ussuriensis*) の夏季におけるねぐら利用. 東洋蝙蝠研究所紀要, **6**, 1-7.
- 兵庫県 (編) (2003) 改訂・兵庫の貴重な自然－兵庫県版レッドデータブック2003. 兵庫県.
- 環境省 (2003) 第6回自然環境保全基礎調査 植生調査 (氷ノ山). 環境省. (2012年10月9日閲覧) [http://203.138.185.154/data/25000veg/pdf/533404.pdf]
- 環境省 (2012) 第4次レッドリスト. 環境省. (2012年10月9日閲覧) [http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=20550&hou_id=15619]
- 前田喜四雄 (2005) 日本産翼手目 (コウモリ目) 検索表. In: 阿部 永・石井信夫・金子之史・伊藤徹魯・前田喜四雄・三浦慎悟・米田正明 (編), 日本の哺乳類 [改訂版]. 東海大学出版会, 神奈川, 159-169.
- 三谷雅純 (2000) 兵庫県の野生哺乳類の現状と保護管理の課題: 総説. 人と自然, **11**, 43-59. (2012年10月9日閲覧) [http://www.hitohaku.jp/research_collections/hitoto/hito_vol11/Mitani%20hito%20vol11.pdf]
- 中山知陽・村山良子・佐藤雅彦・前田喜四雄 (2009) 北海道北部でのコテングコウモリ *Murina ussuriensis* の行動圏および隠れ家. 利尻研究, **28**, 83-85.
- 岡田珠美・岡田 純・一澤 圭 (2008) 鳥取県におけるテングコウモリ属2種の初記録およびヒナコウモリ2例目の確認. 鳥取県立博物館研究報告, **45**, 7-9. (2012年10月9日閲覧) [http://site5.tori-info.co.jp/photolib/museum/2656.pdf]
- 岡田珠美・岡田 純・上野吉雄・内藤順一 (2010) 鳥取県若桜町氷ノ山からのヒメホオヒゲコウモリの初記録. 山陰自然史研究, **5**, 62-63.
- 山田 勝・江木寿男 (2011) 岡山県におけるコテングコウモリ (翼手目, ヒナコウモリ科) の確認記録について. 岡山県自然保護センター研究報告, **18**, 81-87. (2012年10月9日閲覧) [http://opnacc.eco.coocan.jp/pdf/chosa-kenkyu/vol18/18_p81-87.pdf]
- 安井さち子・上條隆志・繁田真由美・佐藤洋司 (2000) 栃木県におけるヒメホオヒゲコウモリ *Myotis ikonnikovi* OGNEV の分布と現存植生図を用いた分布の解析. 哺乳類科学, **40** (2), 155-165.
- Yasui, S., Kamijo, T., Mikasa, A., Shigeta, M. and Tsuyama, I. (2004) Day roosts and roost-side selection of Ikonnikov's whiskered bat, *Myotis ikonnikovi*, in Nikko, Japan. *Mammal Study*, **29**, 155-161.

(2012年7月31日受付)

(2012年10月26日受理)

Late Jurassic to Early Cretaceous (Kimmeridgian to Barremian) foraminifers of the Southern Jura and Salève Mountains, France

Fumio KOBAYASHI ¹⁾ and Roland WERNLI ²⁾

¹⁾ Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo/Division of Earth Science, Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo 669-1546, Japan

²⁾ Département de Géologie et Paléontologie, Université de Genève, 13 rue des Maraîchers, 1211 Genève 4, Switzerland

Abstract

Foraminifers distinguished in 18 limestone samples of the Kimmeridgian to Barremian of the Southern Jura and Salève mountains are listed along with supplementary biostratigraphic comments to them. Particularly important among them are the taxa not reported from Japan such as *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Conicokurnubia orbitoliniformis* (Septfontaine), *Labyrhintina mirabilis* Weynschenk, and *Parurgonina caelinensis* Cuvillier, Foury and Pignatti-Morano in the Kimmeridgian, and various forms of latest Hauterivian to earliest Barremian orbitolinids such as *Valserina broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais and *Palaeodictyoconus cuvillieri* Foury. These French materials are available for better understanding of the Late Jurassic to Early Cretaceous foraminiferal faunas of Japan. Many microphotographs of them are illustrated sample by sample so as to develop the further studies of the coeval faunas in the Upper Jurassic/Lower Cretaceous Torinosu and Torinosu-type limestones, and the "Orbitolina limestone" of the Lower Cretaceous Ezo Group, Miyako Group, and others.

Key words: foraminifers, Late Jurassic, Early Cretaceous, southern Jura, Salève, France

Introduction

Jurassic/Cretaceous Torinosu and lithologically similar Torinosu-type limestones are characteristic in the Middle Chichibu (Kurosegawa) and Southern Chichibu terranes and partly in the Northern Shimanto Terrane of Southwest Japan. They are contained in the Tithonian to the Barremian siliciclastic rocks (e.g., Yao, 1984; Aita and Okada, 1986; Morino, 1993) as allochthonous blocks (olistoliths). The age of the Torinosu and Torinosu-type limestones has been traditionally determined as the Middle to Late Jurassic by stromatoporoids, hexacorals, and sclerosponges characteristic in them (Yabe and Sugiyama, 1935; Eguchi, 1951; Mori, 1963). Based on the foraminiferal microfaunas, on the other hand, Kobayashi and Vuks (2006) showed the consistent Tithonian to Berriasian age of the Torinosu-type limestones regardless of their distribution in the Southern Chichibu and Northern Shimanto terranes in the Southern

Kanto Mountains.

F. Kobayashi, one of the authors had been eager for direct cross-checking Jurassic-Cretaceous limestone thin sections with foraminifers between the Japanese and European materials under the microscope during his micropaleontologic works of the Torinosu and Torinosu-type limestones. In the summer of 2008, he collected many valuable samples in the southern Jura and Salève mountains, west and south of Genève (Fig. 1) in cooperation with another author of this paper, R. Wernli who has long been working on the geology and paleontology of the Jura Mountains. The results from these samples are helpful for better understanding the foraminiferal faunas of the Japanese Jurassic/Cretaceous materials. Furthermore, these French materials are available for faunal consideration of the "Orbitolina limestone" sporadically distributed from Hokkaido to Kyushu and the faunal transition from the Late Jurassic to Early Cretaceous in Japan that have been remained

uncertain.

The main purpose of this report is to show many microphotographs of the Kimmeridgian to Barremian foraminifers of the southern Jura and Salève mountains sample by sample so as to develop the future studies of the coeval Japanese faunas. Stratigraphy of the Kimmeridgian to Barremian of the southern Jura is briefly introduced and some taxonomic remarks are given for some forms of the present faunas. All limestone thin sections of these French materials amounting to 345 are stored in the Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Japan (Fumio Kobayashi Collection, MNHAH).

Stratigraphy and material

Jurassic and Cretaceous carbonates deposited in the western Tethys are widely distributed in regions around the Mediterranean Sea and Middle East. Those and surrounding siliciclastic rocks developed in southeast France and northwest Switzerland are designated as the stratotypes of the Berriasian to Aptian (Lower Cretaceous). Limestone samples treated herein were collected in the Champfromier area of the southern Jura Mountains and the Salève Mountains south of Genève (Fig. 2).

Champfromier

The Upper Jurassic and the Lower Cretaceous formations in the Champfromier area are composed mostly of limestones and subordinate marls and dolostones. The Upper Jurassic is divided into the

Oxfordian (J4 to J6), Kimmeridgian (J7 and J8) and Tithonian (J9), and the Lower Cretaceous into Berriasian and Valanginian (N1–2), Hauterivian (N3 and lower part of NU), Barremian (most part of NU), and Bedoulian (Aptian) and Albian (N5b–C1) (Fig. 3; Wernli, 1990; Wernli and Charollais in Donzeau et al., 1997; Donzeau et al., 1998).

The following brief description is valid for the southern Jura Mountains as well as the Salève Mountains that show similar lithological series and micropaleontological contents. From late Kimmeridgian to Bedoulian all the foraminifers of the series are well dated essentially by dinoflagellates and also by some ammonites, dasyclad algae and rare calpionellids (Donzeau et al., 1997; Bernier, 1984; Clavel et al., 2009).

The Upper Kimmeridgian (J8) is represented by reefal and peri-reefal facies, partly dolomitized. The Calcaires plaquetés showing lagoonal facies in the J8 (Fig. 3) have not been sampled. At Champfromier outcrop the coral buildups are scarce and the majority of facies are mudmounts. The foraminifers are relatively rare and subordinate in dasycladale algae, calcareous sponges, cyanophyceae and microbialitic formations. The uppermost Kimmeridgian unit (Calcaires de Landaize) consists of high energy grainstones topping the reefal facies. The larger complex foraminifers, dasycladales algae [*Clypeina jurassica* Favre, *Campbelliella striata* (Carozzi)] and also *Cladocoropsis mirabilis* Felix (stromatoporoids) are very abundant. The nerineids gastropod can form coquinas. These well stratified carbonated sands are deposited in back reef environment.

The Tithonian is represented by alternating beds of limestone and dolostone typical of tidal facies (Tidalites de Vouglans). The tidal facies is characterized by micritic limestones more or less dolomitic with dispersed larger complex foraminifers and dasyclad algae. At the base part, dolostones with *Thalassinoids* burrows are extremely reduced on this outcrop. Just below these facies, the palynological analysis indicates the earliest Tithonian age of the Calcaires de Landaize (Meyer, 2000).

The "Purbeckien" Formation (latest Tithonian-Early Berriasian) is suggestive to very shallow marine, brackish, emersive and lacustrine environments in all this area. Fresh water ostracods and Characea algae are diagnostic of this facies. The Pierre Châtel Formation (Middle Berriasian) shows various shallow marine facies, wackstones, packstone, biodetrital grainstones with complex foraminifers, dasycladacea and *Cayeuxia*. The



Fig 1. Schematic map showing the Champfromier area of the southern Jura Mountains and the Salève Mountains south of Genève from which limestone samples were collected

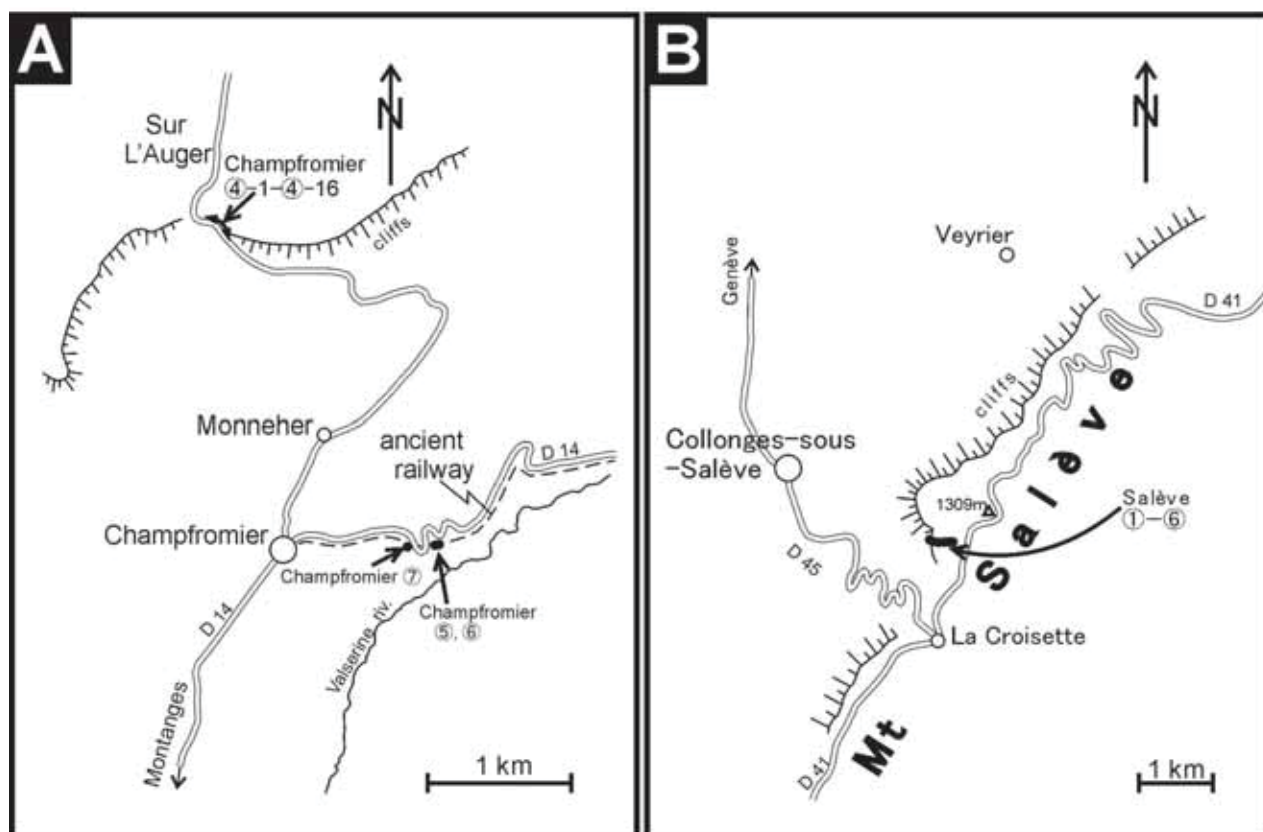


Fig 2. Sample localities in the Champfromier area (A) and the Salève Mountains south of Genève (B).

macro and microfacies resembles that of the Urgonian Formation (Barremian) but differs essentially by the micropaleontological content. *Pseudocyclamina lituus* (Yokoyama) are abundant besides *Protopenneroplis trochangulata* Septfontaine and the first representatives of the *Pseudotextulariella* and *Sabaudia*.

The Vions Formation (Late Berriasian) is represented by various shallow marine, brackish, estuarine to fresh water marly and calcareous facies. The detrital quartz is omnipresent and can form calcareous sandstones. Coal debris, roots plants, Thalassinoids bioturbations and emersive facies are frequent. In a shallow marine episode the unique ball shaped porcelaneous foraminifer *Pavlovecina* (*Keramosphaera*) *allobrogensis* (Steinhauser, Brönnimann, and Koehn-Zaninetti) forms a remarkable decimetric biomarker horizon. The other foraminifers are similar to those of the overlying Chambotte Formation.

The Chambotte Formation (terminal late Berriasien-early Valanginian) is composed of biotrititic and oolitic shallow water packstones and grainstones. The marker foraminifer *Pfenderina neocomiensis* (Pfender) is associated with diverse *Pseudotextulariella*, *Sabaudia*,

the small *Haplophragmoides joukovskyi* Charollais, Brönnimann and Zaninetti, *Broeckinella magna* Septfontaine, and *Valdanchella* sp. The Valanginian is represented by chenalis, reddish-brown, more or less marly echinoderm sands. The foraminiferal content is similar to that of the Chambotte Formation plus the discoid complex species *Eclusia moutyi* Septfontaine.

The Lower Hauterivian shows deeper facies with sandy marls alternating with yellow, echinoderm-bryozoan, oolitic, chenalis limestones. All are glauconitic and display some rare ammonites and belemnites but sometimes abundant urchins (*Toxaster*). *Sabaudia minuta* (Hofker), *Cuneolina* spp. and some orbitolinids are characteristic of this stage.

The Urgonian Formation (upper Hauterivian-Barremian) is a thick calcareous series of shallow water perireefal facies. Small and larger foraminifers beside algae are abundant. Its age assignment is based on the key forms of orbitolinids (Clavel et al., 2009).

Sixteen samples were collected along the logging road Monneher to Sur L'Auger, 2 km north of the village of

Champfromier (Fig. 2 A). Among them, Samples Champfromier ④-1 to ④-7 are assigned to the upper part of the Kimmeridgian, ④-8 to ④-16 to the Tithonian. Well-preserved foraminifers are contained in samples Champfromier ④-1 to ④-9, ⑥ and ⑦ that are lithologically classified into packstone, grainstone, packstone/grainstone containing many and various kinds of bioclasts (Pl. 1, figs. 1, 2). However, they are almost or completely absent in ④-10 to ④-16 consisting of marl, peloidal mudstone/wackestone, and wackestone and packstone with gastropods, bivalves, ostracods, algae, and other small fossils.

Samples Champfromier ⑤–⑦ were collected from the limestones exposed along the road D 14, 1 km east of the village of Champfromier (Fig. 2 A). Three these samples are highly fossiliferous grainstone and packstone (Pl. 1, figs. 3–5) and assigned to the middle Berriasian, Valanginian, and the Barremian (Urgonian blanc), respectively.

Salève

The Cretaceous strata of the Salève Mountains in the steep limestone cliff south of Genève are divided into eight stratigraphic units in ascending order: Purbeckien, Pierre-Châtel, Vions, Chambotte, members of Guiers and Calcaires roux (Brown red limestones), Hauterive Marls, Pierre jaune (Yellowish rocks) of Neuchâtel, and Lower Urgonian limestone (late Hauterivian-Barremian) (Charollais and Badoux, 1990; Donzeau et al., 1997). The lithological succession is very similar to that of the Champfromier area (Fig.3) and we can refer to the above description for more commentaries.

One sample Salève ① was collected from the upper part of the Chambotte Formation and other five samples Salève ②–⑥ from the Calcaires roux (Brown red limestones) and members of Guiers (Fig. 2 B). All samples are highly fossiliferous packstone, grainstone, and packstone/grainstone (Pl. 1, figs. 6–8). Foraminifers are common to abundant in Salève ①–④, and few and less diversified in Salève ⑤ and Salève ⑥ (Table 1). All these samples are assigned to the Valanginian based on Donzeau et al. (1997) and the stratigraphic intervals of them correspond to those of the Valanginian in the Champfromier area (Fig. 3).

Foraminiferal faunas

Biostratigraphy, and age and correlation of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous formations are well established in the Jura and Salève mountains based on ammonites, dinoflagellates, pollens, and foraminifers (Charollais and Badoux, 1990; Donzeau et al., 1997), on which the age of our foraminiferal fauna at every sample is depended.

Foraminifers distinguished in 18 samples are listed (Table 1) and illustrated (Pls. 1–12). The Hauterivian limestone samples are absent in our present collection. The number of individuals and taxonomic diversity of foraminifers are more or less controlled to the limestone facies, especially in the Tithonian limestones, in which foraminifers are recognized in two samples and not in other seven ones.

We have confirmed the faunal independencies in the late Kimmeridgian (Samples Champfromier ④-1 to ④-7) and the Barremian (Champfromier ⑦) limestones (Table 1). They are largely different from the Tithonian, Berriasian and Valanginian ones. Species restricted to the upper Kimmeridgian samples are *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Conicokurnubia orbitoliniformis* (Septfontaine), *Labyrhintina mirabilis* Weynschenk, and *Parurgonina caelinensis* Cuvillier, Foury and Pignatti-Morano. These species are abundant and very characteristic in limestones from the Callovian to Kimmeridgian around the Mediterranean Sea regions (Septfontaine, 1981; Clark and Boudagher-Fadel, 2002; Bucur et al., 2004; Bucur and Sasaran, 2005).

Various forms of orbitolinids represented by genera *Valserina*, *Dictyorbitolina* and *Palaeodictyoconus* are completely absent in other samples from the late Kimmeridgian to Valanginian. They belong to early evolutionary members of orbitolinids, very important stratigraphic markers prolific in the upper Hauterivian to the lower Aptian Urgonian limestones of west Europe (Arnaud-Vanneau et al., 1987; Arnaud and Arnaud-Vanneau, 1991; Clavel et al., 1995, 2010; Becker, 1999; Schroeder et al., 2002). Among them, *Valserina broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais and *Palaeodictyoconus cuvillieri* Foury show the latest Hauterivian to earliest Barremian age of Sample Champfromier ⑦.

The late Kimmeridgian to Barremian faunas in the Champfromier and Salève are characteristic in four species of *Nautiloculina*, dominant *Redmondoides*

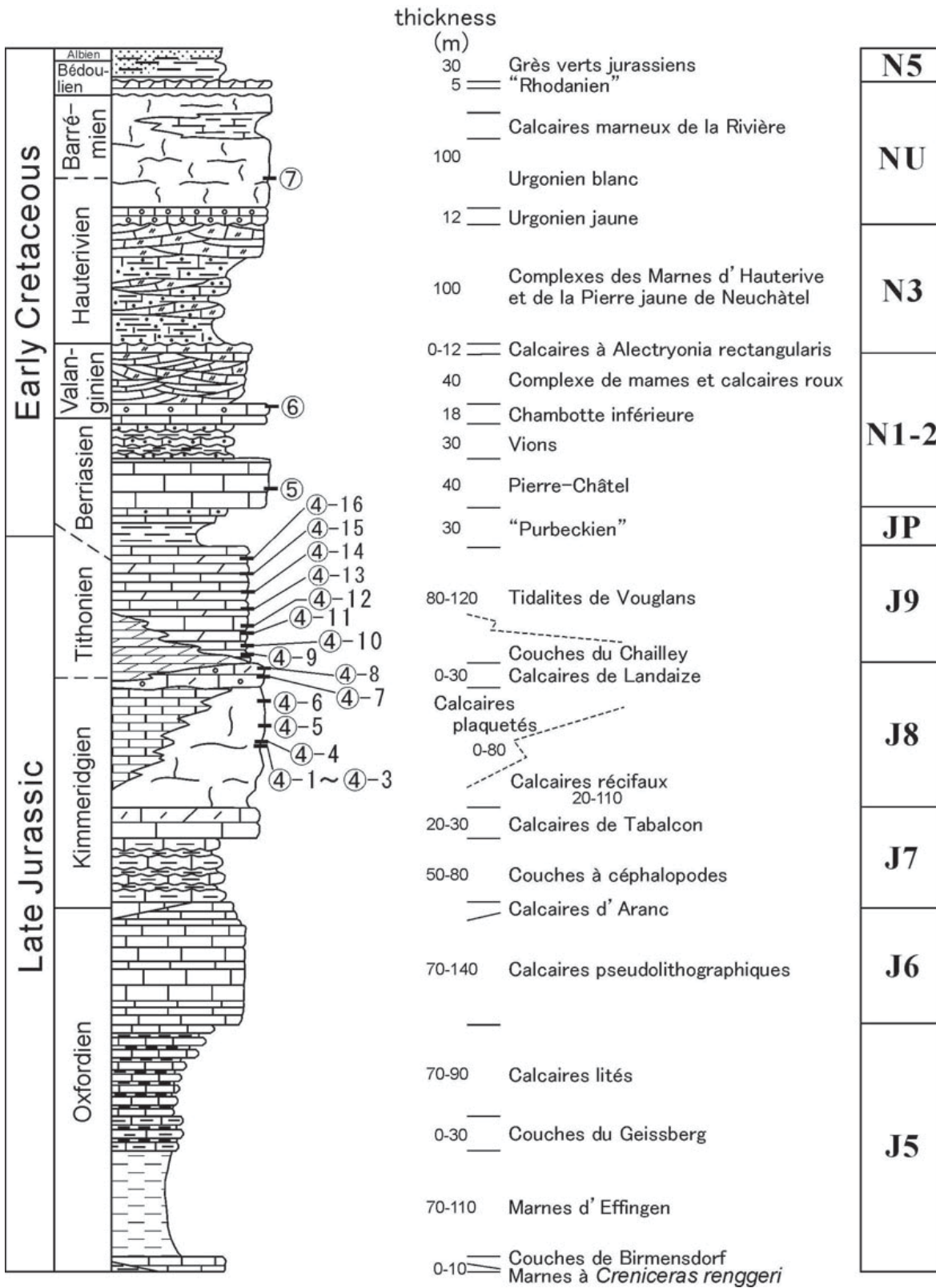


Fig 3. Stratigraphic level of samples plotted on the simplified stratigraphic column of the Upper Jurassic and the Lower Cretaceous in the Southern Jura Mountains (Donzeau et al., 1997; 1998).

	Champfrozier									Salève								
	④									⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥
	1	2	3	4	5	6	7	8	9									
<i>Glomospira?</i> sp.													x		x			
<i>Grochamminoides?</i> sp													x					
<i>Haplophragmoides joukowskyi</i>															x			
<i>Haplophragmoides</i> sp.												x						
<i>Nautiloculina oolithica</i>	x	x		x	x	x	x	x	x									
<i>Nautiloculina broennimanni</i>													x		x	x	x	
<i>Nautiloculina circularis</i>										x				x				
<i>Nautiloculina cretacea</i>												x	x					
<i>Nautiloculina</i> sp.	x											x			x			
<i>Ammobaculites</i> spp.		x													x			
<i>Ammobaculites?</i> sp.																x		
Ammodiscidae indet.															x		x	
<i>Charentia cuvillieri</i>															x			
<i>Acruliammina</i> sp.																x		
<i>Acruliammina?</i> sp.																x		
<i>Kurnubia palastiniensis</i>		x		x		x	x											
<i>Conicokurunubia orbitoliniformis</i>		x																
<i>Labyrhintina mirabilis</i>				x		x	x											
<i>Parurgonina caelinensis</i>	x	x		x		x												
<i>Everticvclammina</i> sp.													x					
<i>Pseudocvclammina</i> sp.		x	x	x														
<i>Rectocvclammina</i> sp.				x									x			x		
<i>Rectocvclammina?</i> sp.												x						
<i>Cribellopsis elongata</i>													x					
<i>Cribellopsis</i> sp.													x					
<i>Falsurgonina pileola</i>													x					
<i>Paracoskinolina</i> cf. <i>sunnilandensis</i>													x					
<i>Orbitolinopsis debelmasi</i>													x					
<i>Orbitolinopsis</i> sp.													x					
<i>Valserina broennimanni</i>													x					
<i>Valserina</i> cf. <i>broennimanni</i>													x					
<i>Paleodictyoconus cuvillieri</i>													x					
<i>Paleodictyoconus actinostoma</i>													x					
Orbitolinidae indet.													x					
<i>Spiroplectammina</i> sp.													x					
<i>Pseudolituonella gavonensis</i>														x		x	x	
<i>Pseudolituonella</i> sp.														x				
<i>Lituonella</i> sp.														x				
<i>Pseudotextulariella courtionensis</i>															x	x		
<i>Conorbinella</i> sp.																x		
<i>Troglotella incrustans</i>		x																
<i>Textularia</i> spp.					x	x	x						x		x	x	x	
<i>Textularia?</i> sp.																	x	
<i>Vercorsella arenata</i>														x				
<i>Redmondoides lugeoni</i>				x		x	x	x	x	x	x				x			
<i>Redmondoides?</i> sp.								x					x					
<i>Trocholina alpina</i>						x	x	x										
<i>Trocholina campanella</i>														x			x	
<i>Trocholina cherchiai</i>												x		x	x	x		
<i>Trocholina delphinensis</i>										x	x			x				
<i>Trocholina elongata</i>												x						
<i>Trocholina?</i> sp.								x								x		
<i>Duotaxis?</i> sp.														x				
<i>Dobrogeina</i> cf. <i>anastasiui</i>														x				
<i>Dobrogeina</i> spp.													x	x		x	x	
<i>Belorussiella</i> spp.									x				x		x	x		
<i>Siphovalvulina</i> spp.													x		x			
<i>Istriloculina</i> spp.												x	x		x	x		
<i>Pfenderina?</i> <i>aureliae</i>																	x	
<i>Pfenderina neocomiensis</i>														x		x		
<i>Pfenderina</i> sp.													x	x	x			
Pfenerinidae indet.													x	x		x		
Verneuilinidae indet.																	x	
<i>Quinqueloculina robusta</i>	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x		x		x	x	x
<i>Quinqueloculina</i> spp.													x			x		
Miliolinidae indet.													x	x	x	x	x	
<i>Mohlerina basiliensis</i>		x																
<i>Lenticulina</i> spp.		x								x			x	x				x

Table 1. Kimmeridgian to Barremian foraminifers of the Champfrozier area, Southern Jura Mountains and Salève Mountains south of Genève.

lugeoni (Septfontaine) and *Quinqueloculina robusta* Neagu. Absent in our material are diagnostic species in the Torinosu and Torinosu-type limestones such as *Pseudocyclammina lituus* (Yokoyama), *Charentia evoluta* (Gorbachik), *Melathrokerion spirialis* Gorbachik, and *Freixialina planispiralis* Ramalho. However, these species are very frequent in Jura and Salève mountains. *Broeckinella magna* Septfontaine characteristic and dominant along with *Pseudocyclammina lituus* in the type Torinosu limestone at Sakawa is also not recognized in our material.

It should be noted that the foraminiferal faunas of Torinosu and Torinosu-type limestones in Japan completely exclude the Kimmeridgian faunal elements represented by *Kurnubia palastiniensis* and others as recognized in samples Champfromier ④-1 to ④-7. Orbitolinids as found in Sample Champfromier ⑦ that are abundant and restricted to the upper Hauterivian to the lower Aptian of Europe are also absent in them. Absence of these characteristic taxa in the Kimmeridgian and late Hauterivian to early Aptian constrains the age assignment of the Torinosu and Torinosu-type limestones. The present results are also important in the faunal consideration of the "Orbitolina" limestone in Japan and the faunal transition from the uppermost Jurassic to Lower Cretaceous in Japan that has been remained uncertain.

Taxonomic Remarks

Diagnostic test characters and the stratigraphic range of eight species of the present material are summarized.

***Nautiloculina oolithica* Mohler** (Pl. 2, figs. 1–8, 17–19; Pl. 4, figs. 12, 13)

This well known species from the Bathonian is characterized by a rounded periphery, no alar extensions in axial section, and non lobate equatorial periphery. Thick (bilamellid) septa present in equatorial sections. This species was extinct during the Berriasian-Valanginian.

***Kurnubia palastiniensis* Henson** (Pl. 2, figs. 9–16)

Though difficult to decipher in detail because the test growth is frequently very irregular, this high trochospired species is easily recognizable in sections. The massive central columella is also trochospired and the subepidermal network with large meshes is characteristic. The test in the adult stage tends to become uniserial. This species ranges from middle Callovian to late Tithonian.

***Conicokurnubia orbitoliniformis* (Septfontaine)** (Pl. 2, figs. 22, 24, 31, 32)

From trochospired arrangement in juvenile stage the test rapidly becomes uniserial during adult stage showing an "orbitolinid" aspect. The aperture is areal and cribrate, and the subepidermal network similar to that of *Kurnubia palastiniensis*. Range of this species is from middle Callovian? to Kimmeridgian.

***Labyrhintina mirabilis* Weynschenk** (Pl. 2, figs. 23, 28–30)

The test is planispiral and unrolled subcylindrical or flabelliform. Putting a part of the test structure in the adult stage, this genus is quasi-homeomorphic with the Liassic genus *Lituosepta* Cati. Wall is simple, and radial vertical partitions and row of pillars are present in the median plane. Well-oriented equatorial sections of the flabelliform stage are uneasily prepared because of the buckled test of this species. This species is known from the latest Oxfordian to early Tithonian.

***Parurgonina caelinensis* Cuvillier, Foury and Pignatti Morano** (Pl. 2, figs. 20, 21, 25, 26)

The test is high conical, trochospiral, and pseudo-uniserial in the adult stage. The peripheral "chamberlets" have spoon-like aspect and a pseudo-labyrhintine masse of pillars passes through the center of the test. The wall is micro-canaliculate and pseudo-keriothecal. This species ranges from Kimmeridgian to the earliest Tithonian.

***Redmondoides lugeoni* (Septfontaine)** (Pl. 3, figs. 17–27; Pl. 4, figs. 1–9, 16–23; Pl. 5, figs. 11–13; Pl. 11, figs. 18–20)

Initially attributed to the genus *Valvulina* by Septfontaine (1977), this species has been revised by Banner et al. (1991) and included in their new genus *Redmondoides*. The test is quadriseptate throughout, with thick protocanaliculate wall. The chambers are low with thinner flap covering the aperture in the central part of the test. The junction of these flaps in axial part of the test shows typical figures in hooks or "floating plates" cut transversely these flaps. This species ranges from Bajocian to early Tithonian.

***Troglotella incrustans* Wernli and Fooks** (Pl. 3, figs. 28–30)

This strange foraminifer thought calcicavicole is always found in narrow cavities in biotrital grains. The wall is dark microgranular, and the aperture is terminal with a lip. A frequent hyaline "outer wall" is due to the diagenesis. The first growth stage is uniserial, after becoming spreading at the surface of the grain with very irregular chambers like *Bacinella*. The last adult stage is not visible

on our material. Our three pictures (Pl. 3, fig.28–30) show that the form of the chambers follows the irregularities of the cavities and seem to indicate that the test growths in pre-existing microcavities. However, different interpretations have been proposed by Schmid and Leinfelder (1995) and also by Schlagintweit (2012). This species is known from middle Oxfordian to early Cenomanian (Bucur et. al., 2004; Schlagintweit, 2012).

Mohlerina basiliensis (Mohler) (Pl. 3, fig. 33)

Wall of this well known pluriloculine, low trochospired foraminifer is similar to that of *Tetrataxis*. It is dark microgranular transitionally passing to a white hyalin radiate outer layer that often shows thickenings on the umbilical side. This species is known from the Bathonian to Valanginian and has no phyletic linkage with Paleozoic forms.

Acknowledgements

Sampling in the Southern Jura and Salève Mountains was supported by Drs. Rossana Martini and Jérôme Chablais (Genève, Switzerland) and financially by the Grant-in Aid for Japan Promotion of Scientific Research, 2008 (Project No. 19540497). We are deeply grateful to Dr. B. Clavel (Messery, Haute-Savoie, France) who kindly determined our orbitolonids fauna and to Mrs. Atsuko Ujimarū (Sanda, Hyogo, Japan) who helped image processing the microphotographs.

References

Aita, Y. and Okada, H. (1986) Radiolarians and calcareous nannofossils from the uppermost Jurassic and Lower Cretaceous strata of Japan and Tethyan regions. *Micropaleont.*, **32**: 97–128.

Arnaud, H. and Arnaud-Vanneau, A. (1991) Les Calcaires urgoniens des Massifs subalpins septentrionaux et du Jura (France): Age et discussion données stratigraphiques, *Géol. Alpine*, **67**: 63–79.

Arnaud-Vanneau, A., Arnaud, H., Adatte, T., Argot, M., Rumley, G. and Thieuloy, J.-P. (1987) The Lower Cretaceous from the Jura Platform to the Vocontian Basin (Swiss Jura, France). Field-guide Excursion D, Grenoble, France, in Third Intern. Creta Symp., Tübingen, 128 p.

Banner, F. T., Simmons, M. D. and Whittaker, J. E. (1991) The Mesozoic Chrysalidinidae (Foraminifera, Textulariaceae) of the Middle East: the Redmond

(Aramco) taxa and their relatives. *Bull. British Mus. Nat. Hist. (Geol.)*, **47**: 101–152.

Becker, E. (1999) Orbitoliniden-Biostratigraphie der Unterkreide (Hauterive-Barrême) in den spanischen Pyrenäen (Profil Organyà, Prov Lérída). *Rev. Paléobiol.*, **18**: 359–489.

Bernier, P. (1984) Les formations carbonatées du Kimméridgien et du Portlandien dans le Jura méridional, stratigraphie, micropaléontologie, sédimentologie. *Doc. Lab. Géol. Lyon*, **92**, 1–803.

Bucur, I. I., Koch, R., Kirmaci, Z. and Tasli, K. (2004) Foraminifères du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur (Calcaire de Berdiga) de Kircaova (région de Kale-Gümüşhane, NE Turquie). *Rev. Paléobiol.*, **23**: 209–225

Bucur, I. I. and Sasaran, E. (2005) Micropaleontological assemblages from the Upper Jurassic-Lower Cretaceous deposits of Trascău Mountains and their biostratigraphic significance. *Acta Palaeont. Romaniae*, **5**, 27–38.

Charollais, J. and Badoux, H. (1990) Suisse lémanique, pays de Genève et Chablais.-Guides géologiques régionaux, Ed. Masson, Paris, 1–223.

Clark, G. N. and Boudagher-Fadel, M. K. (2002) Larger foraminiferal assemblages and stratigraphy of the late Jurassic Bhaness complex Central Lebanon. *Rev. Paléobiol.*, **21**: 679–695.

Clavel, B., Busnardo, R., Charollais, J., Conrad and Granier, B. (2009) Nouvelles données sur la répartition biostratigraphique des orbitolinidés à l'Hauterivien supérieur, au Barrémien et à l'Aptien inférieur dans le Sud-Est de la France et le Jura franco-suisse. *Arch. Sci.*, **62**: 125–145.

Clavel, B., Busnardo, R., Charollais, J., Conrad, M. and Granier, B. (2010) Répartition biostratigraphique des orbitolinidés dans la biozonation à ammonites (plate-forme urgonienne du Sud-Est de la France) Partie 1: Hauterivien supérieur-Barrémien basal. *Carnets Géol., Art. 2010/06*, 1–30.

Clavel, B., Charollais, J., Schroeder, R. and Busnardo, R. (1995) Réflexions sur la biostratigraphie du Crétacé inférieur et sur sa complémentarité avec l'analyse séquentielle: exemple de l'Urgonien jurassien et subalpine. *Bull. Soc. Geol. France*, **166**: 663–680.

Donzeau, M., Wernli, R. and Charollais, J. (1998) Interprétation nouvelle de la géométrie de l'accident du Vuache dans le Jura méridional: le relais de fail

- les transpressif sénestre Léaz-Champfromier (Ain). *Géol. France*, no. 2, 25–45.
- Donzeau, M., Wernli, R., Charollais, J. and Monjuvent, G.** (1997) Notice explicative de la carte géologique de la France (1/50000), feuille Saint-Julien-en-Genevois (653), BRGM, Orléans.
- Eguchi, M.** (1951) Mesozoic hexacorals from Japan. *Sci. Rep., Tohoku Univ., Ser. 2*, **24**: 1–96.
- Kobayashi, F. and Vuks, V. Ja.** (2006) Tithonian-Berriasian foraminiferal faunas from the Torinosu-type calcareous blocks of the southern Kanto Mountains, Japan: their implications for post-accretionary tectonics of Jurassic to Cretaceous terranes. *Geobios*, **39**: 833–843.
- Meyer, M.** (2000) Le Complexe récifal kimméridgien-tithonien du Jura méridional interne (France), évolution multifactorielle, stratigraphie et tectonique. *Terre et Environnement, Genève*, **24**: 1–179.
- Mori, K.** (1963) Geology and paleontology of the Jurassic Somanakamura Group, Fukushima Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 2*, **35**: 33–65.
- Morino, Y.** (1993) Depositional environments of the Lower Cretaceous Torinosu type limestone in the Monobe area, Kochi Prefecture. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **99**: 173–183. (in Japanese).
- Schlagintweit, F.** (2012) New insights into *Troglotella incrustans* Wernli & Fooks, 1992, a fascinating Upper Jurassic-Upper Cretaceous foraminifer. *Studia UBB Geologia*, **57**: 17–26.
- Schmid, D. and Leinfelder, R.** (1995) *Lithocodium aggregatum* Elliot n'est pas une algue mais un foraminifère encroûtant, commensalisé par le foraminifère *Troglotella incrustans* Wernli et Fookes. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, ser. IIA*, **320**: 531–538.
- Schroeder, R., Clavel, B., Cherchi, A., Busnardo, R., Charollais, J. and Decrouez, D.** (2002) Lignées phylétiques d'Orbitolinidés de l'intervalle Hauterivien supérieur-Aptien inférieur; leur importance stratigraphique. *Rev. Paléobiol.*, **21**: 853–863
- Septfontaine, M.** (1977) Niveaux à Foraminifères (Pfenderininae et Valvulininae) dans le Dogger des Préalpes médianes du Chablais occidental (Haute-Savoie, France). *Eclog. Geol. Helv.*, **70**: 599–635
- Septfontaine, M. (1981) Les foraminifères imperforés des milieux de plate-forme au Mésozoïque: détermination pratique, interprétation phylogénétique et utilisation biostratigraphique. *Rev. Micropaléont.*, **23**: 169–203.
- Wernli, R.** (1990) Stratigraphie de la série jurassique de la Haute-Chaîne (Jura méridional) entre Bellegarde et le col de la Faucille. In: Charollais, J., Badoux, H., Guide géologique régional «Suisse lémanique, Pays de Genève et Chablais», Ed. Masson, p. 62
- Yabe, H. and Sugiyama, T.** (1935) Jurassic stromatoporoids from Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. 2*, **24**: 1–96.
- Yao, A.** (1984) Subdivision of the Mesozoic complex in Kii-Yura area, Southwest Japan and its bearing on the Mesozoic basin development in the Southern Chichibu Terrane. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **27**: 41–103.

(Received : June 20, 2012)

(Accepted : October 10, 2012)

Plate 1. Photomicrographs of the Kimmeridgian to Barremian limestone.

1. Poriferal pelloid packstone with *Cladocoropsis mirabilis* Felix, top: longitudinal section, right: transversal section, Upper Kimmeridgian, Champfromier ④-2, ×6.5
2. Algal bioclastic grainstone with *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), Tithonian, Champfromier ④-9, ×6.5
3. Algal bioclastic grainstone with *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), *Nautiloculina* and miliolids, Berriasian, Champfromier ⑤, ×13
4. Algal foraminiferal grainstone with miliolids, Valanginian, Champfromier ⑥, ×40
5. Bioclastic foraminiferal packstone with orbitolinids, Barremian, Champfromier ⑦, ×13.
6. Algal pelloid packstone with miliolids, Upper Berriasian, Salève ①, ×13
7. Algal packstone/grainstone with miliolids, *Dobrogeolina and Nautiloculina*, Valanginian, Salève ⑥, ×13
8. Algal, crinoidal, brachiopod grainstone, Valanginian, Salève ⑥, ×6.5

Plate 2. Late Kimmeridgian foraminifers from Champfromier (1).

Champfromier ④-1–④-7.

- 1–8, 17–19:** *Nautiloculina oolithica* Mohler, **1:** D2-042627, ④-7; **2:** D2-042565, ④-2; **3:** D2-042614, ④-6; **4:** D2-042561, ④-2; **5:** D2-042589, ④-5; **6:** D2-042556; ④-2; **7:** D2-042537, ④-1; **8, 18:** D2-042564, ④-2; **17:** D2-042563, ④-2; **19:** D2-042575, ④-4; 1: ×40, others: ×50.
- 9–16:** *Kurnubia palastiniensis* Henson, **9:** D2-043606, ④-6; **10:** D2-042548, ④-2; **11:** D2-042559, ④-2; **12:** D2-042580, ④-4; **13:** D2-042632, ④-7; **14:** D2-042460, ④-2; **15:** D2-042552, ④-2; **16:** D2-042634, ④-7; **9, 10, 14, 16:** ×40; **11, 13:** ×30; **12:** ×20; **15:** ×50.
- 20, 21, 25, 26:** *Parurgonina caelinensis* Cuvillier, Foury and Pignatti Moreno, **20:** D2-042576, ④-4, ×40; **21:** D2-042565, ④-2, ×50; **25:** D2-042610, ④-6, ×30; **26:** D2-042537, ④-1, ×30.
- 22, 24, 31, 32:** *Conicokurunubia orbitoliniformis* (Septfontaine), **22:** D2-042564, ④-2; **24:** D2-042565, ④-2; **31:** D2-042552, ④-2; **32:** D2-042551, ④-2; **22, 31:** ×40; **24, 32:** ×40.
- 23, 28–30:** *Labyrhintina mirabilis* Weynschenk, **23:** D2-042607, ④-6, ×30; **28:** D2-042632, ④-7, ×20; **29:** D2-042630, ④-7, ×25; **30:** D2-042582, ④-4, ×30.
- 27:** *Rectocyclammina* sp., D2-042582, ④-4, ×30.
- 33, 34:** *Everticyclammina?* sp., **33:** D2-042577, ④-4, ×30; **34:** D2-042559, ④-2, ×25.
- 35:** *Ammobaculites* sp., D2-042564, ④-2, ×50.

Plate 3. Late Kimmeridgian foraminifers from Champfromier (2).

Champfromier ④-1–④-7.

- 1–9, 11–16:** *Quinqueloculina robusta* Neagu, **1, 3, 8:** D2-042592, ④-5; **2:** D2-042551, ④-2; **4:** D2-042593, ④-5; **5:** D2-042558, ④-2; **6:** D2-042559, ④-2; **7:** D2-042534; ④-1; **9:** D2-042591, ④-5; **11:** D2-042622, ④-6; **12:** D2-042628, ④-7; **13:** D2-042635, ④-7; **14:** D2-042557, ④-2; **15:** D2-042598, ④-5; **16:** D2-042605, ④-6; all ×50.
- 10:** *Textularia* sp., D2-042616, ④-6, ×50.
- 17–27:** *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), **17:** D2-042580, ④-4; **18:** D2-042624, ④-7; **19:** D2-042617, ④-6; **20:** D2-042616, ④-6; **21:** D2-042624, ④-7; **22:** D2-042623; ④-6; **23:** D2-042609, ④-6; **24:** D2-042621, ④-6; **25:** D2-042635, ④-7; **26:** D2-042625, ④-7; **27:** D2-042606, ④-6; **17, 18, 20, 22, 23, 25, 27:** ×40; **19, 24:** ×50; **21, 26:** ×30.
- 28–30:** *Troglotella incrustans* Wernli and Fookes, **28:** D2-042564, ×30; **29:** D2-042559, ×50; **30:** D2-042556, ×40; all ④-2.
- 31, 32:** *Lenticulina* spp., **31:** D2-042548, ④-2, ×60; **32:** D2-042563, ④-2, ×50.
- 33:** *Mohlerina basiliensis* (Mohler), D2-042561, ④-2, ×40;
- 34–36, 40–42:** *Redmondoides cf. lugeoni* (Septfontaine), **34:** D2-042609, ④-6; **35:** D2-042616, ④-6; **36:** D2-042632; ④-7; **40:** D2-042635, ④-7; **41:** D2-042594, ④-5; **42:** D2-042593, ④-5; **41:** ×40, others: ×50.
- 37–39:** *Trocholina alpina* Leupold, **37:** D2-042633, ④-7, ×40; **38:** D2-042612, ④-6, ×50; **39:** D2-042604, ④-6, ×40.

Plate 4.

1–8: Late Kimmeridgian foraminifers from Champfromier (3). Champfromier ④-2–④-6.

1–8: *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), **1**: D2-042560, ④-2; **2**: D2-042622, ④-6; **3**: D2-042605, ④-6; **4**: D2-042623, ④-6; **5**: D2-042577, ④-4; **6**: D2-042576; ④-4; **7**: D2-042578, ④-4; **8**: D2-042603, ④-6; **1, 3, 5, 7**:×40; **2, 4, 7**:×50; **6**:×30.

9–31: Tithonian foraminifers from Champfromier. Champfromier ④-8, ④-9.

9, 16–23: *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), **9, 22**: D2-042649, ④-8; **16**: D2-042645, ④-8; **17, 19**: D2-042648, ④-8; **18**: D2-042640, ④-8; **20**: D2-042641, ④-8; **21**: D2-042660; ④-9; **23**: D2-042655, ④-9; **9, 16, 21**:×30; **17–20, 22, 23**:×40.

10, 11: *Quinqueloculina robusta* Neagu, **10**: D2-042658, **11**: D2-042659, both ④-9,×50.

12, 13: *Nautiloculina oolithica* Mohler, **12**: D2-042658,×50, ④-9; **13**: D2-042643, ④-8,×40.

14: *Lenticulina* sp., D2-042658, ④-9,×50.

15: *Belorussiella* sp., D2-042659, ④-9,×50.

24, 29–31: *Trocholina delphinensis* Arnaud-Vanneau, Boisseau and Darsac, **24**: D2-042659; **29**: D2-042660; **30**: D2-042650; ④-9; **31**: D2-042656, all ④-9,×50.

25, 26: *Redmondoides?* sp., **25**: D2-042639; **26**: D2-042646, both ④-8,×40.

27: *Trocholina* sp., D2-042646, ④-8,×40.

28: *Trocholina alpina* Leupold, D2-042653, ④-9,×50.

32–39: Valanginian foraminifers from Salève (1), All Salève ②.

32–34: *Nautiloculina circularis* (Said and Barakat), **32**: D2-042467,×40; **33, 34**: D2-042460,×50.

35: *Trocholina delphinensis* Arnaud-Vanneau, Boisseau and Darsac, D2-042463,×50.

36: *Pfenderina?* sp., D2-042467,×30.

37: *Trocholina cherchiai* Arnaud-Vanneau, D2-042463,×50.

38: Milioloidea indet., D2-042466,×50.

39: Foraminifera indet., D2-042465,×50.

Plate 5. Berriasian foraminifers from Champfromier.

All Champfromier ⑤.

1, 2: *Quinqueloculina robusta* Neagu, **1**: D2-042701, **2**: D2-042705, both×50.

3: *Istriloculina* sp., D2-042710,×60.

4: Milioloidea indet., D2-042716,×50.

5–8, 10: *Quinqueloculina* sp., **5**: D2-042712, **6**: D2-042713, **7**: D2-042698, **8**: D2-042710, **10**: D2-042714; all×50.

9: *Spiroplectammia* sp., D2-042713,×60.

11–13: *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), **11**: D2-042710,×50; **12**: D2-042698,×40; **13**: D2-042716,×50.

14, 15: *Trocholina elongata* (Leupold), **14**: D2-042716, **15**: D2-042711, both×50.

16, 19, 20: *Trocholina delphinensis* Arnaud-Vanneau, Boisseau and Darsac, **16**: D2-042705,×40; **19**: D2-042708,×40; **20**: D2-042714,×50.

21–38: *Nautiloculina circularis* (Said and Barakat), **21, 32**: D2-042702; **22, 36**: D2-042712; **23**: D2-042710; **24**: D2-042709; **25, 30, 33, 37**: D2-042719; **26, 38**: D2-042695; **27**: D2-042714; **28**: D2-042707; **29**: D2-042700; **31**: D2-042708; **34**: D2-042716; **35**: D2-042720; **21, 24–27, 29, 32**:×40; **22, 23, 28, 30, 31, 33–38**:×50.

39: *Lenticulina* sp., D2-042720,×60.

Plate 6. Lower Valanginian foraminifers from Champfromier

All Champfromier ⑥

1: *Haplophragmoides* sp, D2-042745,×50.

2, 11: *Nautiloculina?* sp., **2**: D2-042740; **11**: D2-042735, both×50

- 3: *Nautiloculina* sp., D2-042724, ×50
4, 5: *Istriloculina* sp., 4: D2-042735; 5: D2-042722, both ×50
6–10, 12–17: *Quinqueloculina robusta* Neagu, 6: D2-042728; 7: D2-042721; 8: D2-042740; 9, 15: D2-042743; 10: D2-042734; 12, 16: D2-042732; 13: D2-042727; 14: D2-042737; 17: D2-042729, all ×50 except for 8b: ×80.
18–21, 24, 25, 28: *Quinqueloculina* sp., 18: D2-042734; 19: D2-042721, 20: D2-042731, 21: D2-042741, 24, 25: D2-042735; 28: D2-042723, all ×50.
22, 23, 26, 27, 29: Milioloidea indet., 22: D2-042730, 23: D2-042723, 26: D2-042727; 27: D2-042728; 29: D2-042725; 22, 26, 29: ×40; 23, 27: ×50.
30: *Pfenderina* sp., D2-042732, ×40.
31: *Rectocyclammina?* sp., D2-042726, ×30.
32, 33, 35–37: *Redmondoides* cf. *lugeoni* (Septfontaine), 32: D2-042744, ×40; 33: D2-042739, ×40; 35: D2-042722, ×30; 36: D2-042734, ×30; 37: D2-042727, ×50.
34, 46: *Belorussiella* sp. A, 34: D2-042722; 46: D2-042741, both ×50.
38: *Pseudolituonella* sp., D2-042745, ×50.
39: Textulariidae indet., D2-042740, ×20.
40, 43: *Dobrogeolina* sp., 40: D2-042743; 43: D2-042742, both ×50.
41: *Siphovalvulina?* sp., D2-042722, ×50.
42, 51: Pfenderinidae indet., 42: D2-042726; 51: D2-042723, both ×50.
44, 45: *Trocholina cherchiai* Arnaud-Vanneau, 44: D2-042735, ×50; 45: D2-042739, ×40.
47, 48, 50: *Duotaxis?* sp., 47: D2-042727; 48: D2-042723; 50: D2-042743, all ×50.
49: Trochamminidae indet., D2-042732, ×40.
52–55, 57–62: *Textularia* spp., 52: D2-042736; 53: D2-042733; 54: D2-042723; 55: D2-042744; 57: D2-042727; 58, 61, 62: D2-042730; 59: D2-042728; 60: D2-042732; 57: ×40, others: ×50.
56: *Belorussiella* sp. B, D2-042733, ×50.

Plate 7. Barremian foraminifers from Champfromier (1)

(The Orbitolinids are determined by B. Clavel)

All Champfromier ⑦

- 1: Milioloidea indet. A, D2-042759, ×50.
2: *Vercorsella arenata* Arnaud-Vanneau, D2-042764, ×40.
3: *Lenticulina* sp., D2-042770, ×50.
4–6: *Dobrogeolina?* sp., 4: D2-042749; 5: D2-042747; 6: D2-042777, all ×50.
7: Milioloidea indet. B, D2-042756, ×40.
8, 9: Pfenderinidae indet., 8: D2-042752, ×40; 9: D2-042765, ×50.
10, 12–15, 18–20: Milioloidea indet. C, 10: D2-042755; 12: D2-042778; 13: D2-042760; 14: D2-042779; 15, 18: D2-042770; 19: D2-042762; 20: D2-042766, all ×50.
11: *Rectocyclammina* sp., D2-042750, ×30.
16, 17, 22: *Nautiloculina cretacea* Peybernes, 16: D2-042762, ×40; 17: D2-042774, ×40; 22: D2-042761, ×30.
21: *Trocholina* sp., D2-042767, ×40.
23: *Redmondoides?* sp., D2-042752, ×30.
24, *Falsurgonina pileola* Arnaud-Vanneau & Argot, D2-042758, ×40.
25, 29: *Lituonella* sp., 25: D2-042764, ×25; 29: D2-042775, ×30.
26: *Palaeodictyoconus cuvillieri* Foury, D2-042749, ×40
27: *Paracoskinolina* cf. *sunnilandensis* Maync, D2-042752, ×40.
28, 32–34: Orbitolinidae indet., 28: D2-042748, ×50; 32: D2-042749, ×50; 33: D2-042758, ×40; 34: D2-042762, ×40.

30, 31: *Orbitolinopsis debelmasi* Moullade & Thieuloy, **30:** D2-042752, ×30; **31:** D2-042768, ×30.

Plate 8. Barremian foraminifers from Champfromier (2)

(The Orbitolinids are determined by B. Clavel)

All Champfromier ⑦

- 1, 2?, 5, 6:** *Valserina* cf. *broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais, **1:** D2-042764; **2:** D2-042756; **5:** D2-042777; **6:** D2-042747; **1,6:** ×25; **2,5:** ×30.
3, 4, 7–9, 11–21, 23: *Palaeodictyoconus cuvillieri* Foury, **3:** D2-042749; **4:** D2-042765; **7:** D2-042759; **8:** D2-042753; **9, 17:** D2-042771; **11:** D2-042763; **12:** D2-042752; **13:** D2-042758; **14:** D2-042758; **15:** D2-042770; **16:** D2-042777; **18:** D2-042762; **19:** D2-042775, **20:** D2-042747; **21:** D2-042777; **23:** D2-042750, **3, 4, 7–9, 12–14, 16, 17, 19, 21:** ×30; **11, 20, 23:** ×25; **15:** ×40; **18:** ×20.
10: *Cribellopsis elongata* (Dieni, Massari and Moullade), D2-042754, ×30.
22: *Palaeodictyoconus actinostoma* Arnaud-Vanneau and Schroeder, D2-042771, ×30.

Plate 9. Barremian foraminifers from Champfromier (3)

(The Orbitolinids are determined by B. Clavel)

All Champfromier ⑦

- 1, 4, 9, 14:** *Valserina broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais, **1:** D2-042767; **4:** D2-042759; **9:** D2-042762; **14:** D2-042768; **1, 4, 9:** ×30; **14:** ×50.
2, 3, 5, 6, 8–18: *Valserina* cf. *broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais, **2, 3, 10:** D2-042753; **5:** D2-042778; **6:** D2-042758; **8:** D2-042748; **9:** D2-042762; **11:** D2-042777; **12, 17:** D2-042752; **13:** D2-042754; **14:** D2-042768; **15:** D2-042751; **16:** D2-042748, **18:** D2-042753, **2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 17a, 18:** ×30; **10, 12, 15, 16:** ×25; **13, 14, 17b:** ×50.
7: *Palaeodictyoconus actinostoma* Arnaud-Vanneau and Schroeder, D2-042746, ×25.
19: Orbitolinidae indet., D2-042777, ×20.

Plate 10. Late Berriasian foraminifers from Salève.

All Salève ① (basal part of the Chambotte Formation).

- 1, 2:** *Grochamminoides?* sp., **1:** D2-042454; **2:** D2-042455, both ×80.
3: *Glomospira?* sp., D2-042440, ×80.
4–29: *Quinqueloculina robusta* Neagu, **4, 7, 15:** D2-042454; **5:** D2-042439; **6:** D2-042440; **8:** D2-042450; **9, 18:** D2-042441; **10, 20:** D2-042446; **11:** D2-042437; **12, 24:** D2-042447; **13:** D2-042438; **14:** D2-042449; **16:** D2-042456; **17:** D2-042451; **19:** D2-042442; **21, 26:** D2-042443; **22, 25:** D2-042452; **23, 27:** D2-042444; **28:** D2-042459; **29:** D2-042444, all ×50.
30–33, 35: Milioloidea indet., **30, 33:** D2-042440; **31:** D2-042435; **32:** D2-042459; **35:** D2-042442, **35:** ×50, others: ×40.
34, 42, 45–49: *Nautiloculina broennimanni* Arnaud-Vanneau and Peybernes, **34:** D2-042452, ×50; **42:** D2-042441, ×40; **45:** D2-042440, ×50; **46:** D2-042454, ×50; **47:** D2-042439, ×40; **48:** D2-042446, ×40; **49:** D2-042450, ×50.
36–41: *Istriloculina* sp., **36, 38:** D2-042444; **37:** D2-042447; **39:** D2-042445; **40, 41:** D2-042438, all ×50.
43: *Everticyclammina* sp., D2-042451, ×20.
44: *Pseudolituonella gavonensis* Foury, D2-042443, ×40.
50, 51, 54–59: *Textularia* spp., **50:** D2-042445; **51:** D2-042452; **54, 59:** D2-042444; **55:** D2-042450; **56:** D2-042437; **57:** D2-042440; **58:** D2-042455, **50:** ×40; **51, 54–58:** ×50; **59:** ×30.
52, 53: *Pfenderina* sp., **52:** D2-042442; **53:** D2-042457, both ×50.
60, 67, 68: *Trocholina campanella* Arnaud-Vanneau, **60:** D2-042459, ×50; **67:** D2-042444, ×50; **68:** D2-042456, ×40.
61: *Dobrogelina* cf. *anastasiui* Neagu, D2-042436, ×40.

62: *Belorussiella* sp., D2-042453, ×50.

63, 64, 66: *Pfenderina neocomiensis* (Pfender), **63:** D2-042438, ×40; **64:** D2-042456, ×50; **66:** D2-042437, ×40.

65, 69–71: *Trocholina cherchiai* Arnaud-Vanneau, **65:** D2-042454; **69:** D2-042435; **70:** D2-042448; **71:** D2-042438, all ×40.

72: *Lenticulina* sp., D2-042439, ×40.

Plate 11. Valanginian foraminifers from Salève (2).

All Salève ③.

1: *Glomospira?* sp., D2-042475, ×60.

2: Ammodiscidae indet., D2-042483, ×60.

3, 5: *Nautiloculina* sp. **3:** D2-042486; **5:** D2-042469, both ×60.

4: *Haplophragmoides joukowskyi* Charollais, Bönnimann and Zaninetti, D2-042487, ×60.

6: *Nautiloculina broennimanni* Arnaud-Vanneau and Peybernes, D2-042477, ×50.

7: *Charentia cuvillieri* Neumann, D2-042487, ×40

8: *Ammobaculites* sp. A, D2-042468, ×40

9: *Ammobaculites* sp. B, D2-042489, ×50

10–12: *Pfenderina neocomiensis* (Pfender), **10:** D2-042469; **11:** D2-042471; **12:** D2-042490, all ×30.

13: Pfenderinidae indet., D2-042493, ×50.

14: *Pseudotextulariella courtionensis* Bönnimann, D2-042491, ×50.

15: *Trocholina cherchiai?*, D2-042477, ×48.

16: *Trocholina?* sp., D2-042493, ×40.

17: *Rectocyclammmina?* sp., D2-042486, ×40.

18–20: *Redmondoides lugeoni* (Septfontaine), **18:** D2-042485; **19:** D2-042472; **20:** D2-042474, all ×50.

21, 23, 24: *Textularia* sp., **21:** D2-042470; **23, 24:** D2-042474, all × 50.

22: *Pseudolituonella gavonensis* Foury, D2-042470, ×50.

25, 33: *Dobrogeolina* sp., **25:** D2-042474; **33:** D2-042475, both ×50.

26: *Pfenderina* sp., D2-042483, ×50.

27, 34–49: *Quinqueloculina robusta* Neagu, **27:** D2-042474; **34, 37, 46:** D2-042469; **35, 47:** D2-042483; **36:** D2-042486;

38: D2-042493; **39, 42, 44:** D2-042489; **40:** D2-042470; **41:** D2-042487; **43:** D2-042488; **45:** D2-042472; **48:** D2-042473;

49: D2-042477, all ×50.

28, 29, 32: *Istriloculina* sp., **28:** D2-042488; **29:** D2-042479; **32:** D2-042489, all ×50.

30: *Belorussiella* sp., D2-042471, ×50.

31: *Siphovalvulina* sp., D2-042480, ×40.

50–56: Milioloidea indet. A, **50:** D2-042470; **51:** D2-042481; **52, 55, 56:** D2-042486; **53:** D2-042473; **54:** D2-042482, all ×50.

57: Milioloidea indet. B, D2-042493, ×50.

Plate 12. Valanginian foraminifers from Salève (3).

11, 50: Salève ⑤; **35, 46, 47, 49:** Salève ⑥; others: Salève ④.

1, 11: *Nautiloculina broennimanni* Arnaud-Vanneau and Peybernes, **1:** D2-042496; **11:** D2-042520, both ×40.

2: *Pseudolituonella gavonensis* Foury, D2-042506, ×40.

3: *Ammobaculites?* sp., D2-042504, ×20.

4: *Acruliammina* sp., D2-042514, ×30.

5: *Textularia?* sp., D2-042516, ×40.

6: *Textularia* sp., D2-042513, ×50.

7, 8, 10: *Pfenderina? aureliae* Neagu, **7:** D2-042502, ×50; **8:** D2-042500, ×60; **10:** D2-042513, ×60.

- 9:** *Conorbinella* sp., D2-042494, $\times 80$.
12: *Ammobaculites?* sp., D2-042511, $\times 50$.
13–15: *Dobrogelina* sp. A, **13:** D2-042507; **14:** D2-043509; **15:** D2-042495, all $\times 50$.
16, 28: *Trocholina campanella* Arnaud-Vanneau, **16:** D2-042515; **28:** D2-042531, both $\times 50$.
17–19: *Trocholina cherchiae* Arnaud-Vanneau, **17:** D2-042515; **18, 19:** D2-042506, all $\times 50$.
20: *Pseudotextulariella courtionensis* Brönnimann, D2-042516, $\times 50$.
21–23: *Istriloculina* sp., **21:** D2-042495; **22:** D2-042497; **23:** D2-042509, all $\times 50$.
24–27, 42?: *Dobrogellina* spp., **24:** D2-042515; **25:** D2-042505; **26:** D2-042502; **27:** D2-042504; **42:** D2-042507, all $\times 50$.
29, 30, 34, 36: *Quinqueloculina* sp., **29:** D2-042514; **30:** D2-042503; **34, 36:** D2-042495; all $\times 50$.
31–33, 35, 37?, 38, 44, 45, 48: *Quinqueloculina robusta* Neagu, **31:** D2-042504; **32:** D2-42494; **33:** D2-042503, **35:** D2-042530; **37:** D2-042506; **38:** D2-042515; **44, 45:** D2-042500; **48:** D2-042509; all $\times 50$.
39–41, 43: Milioloidea indet. A, **39:** D2-042497; **40, 43:** D2-042515; **41:** D2-042498; all $\times 50$.
46, 47, 49: *Lenticulina* sp., **46, 49:** D2-042529; **47:** D2-042531; all $\times 50$.
50, 53–56: Milioloidea indet. B, **50:** D2-042525; **53:** D2-042512; **54:** D2-042516; **55:** D2-042515; **56:** D2-042517, all $\times 50$.
51, 52: *Belorussiella* sp., **51:** D2-042496, **52:** D2-042499, both $\times 50$.

Plate 1.

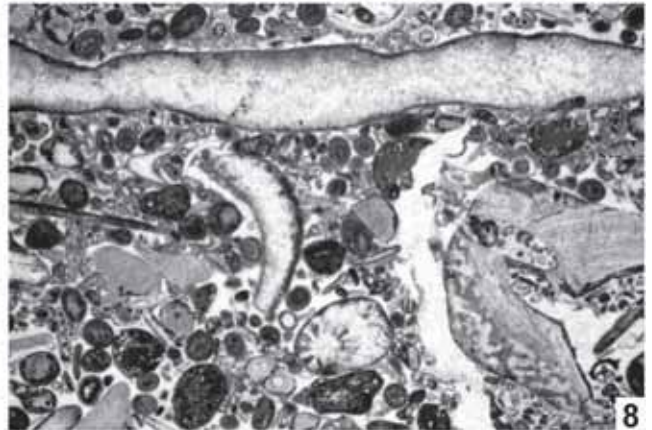
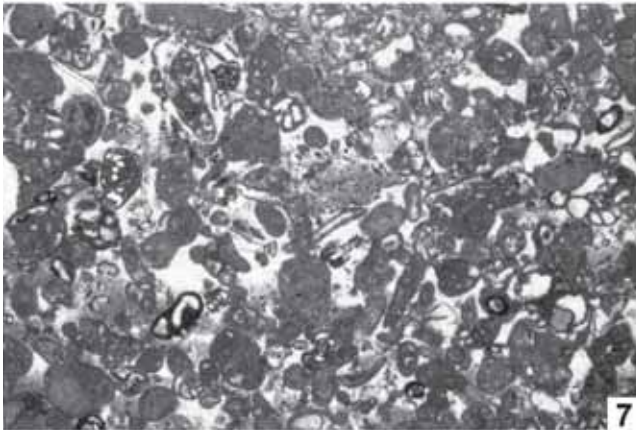
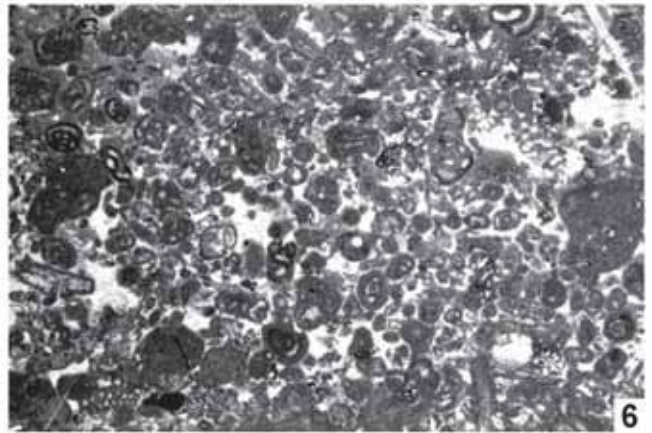
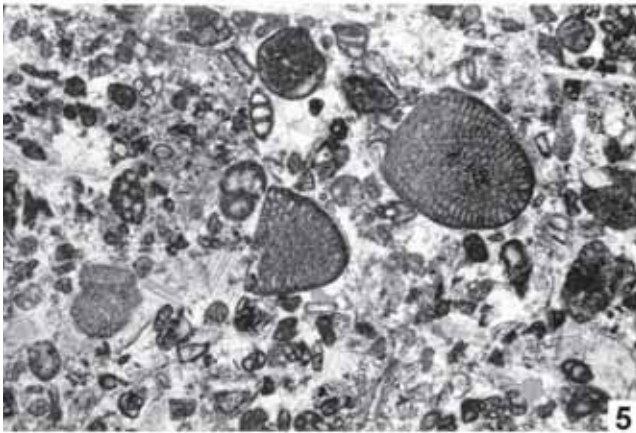
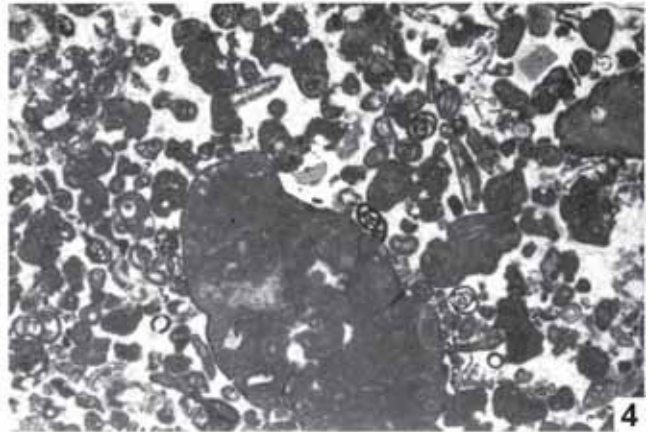
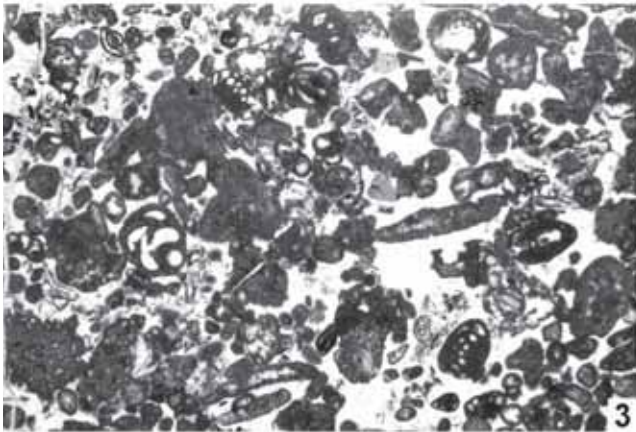
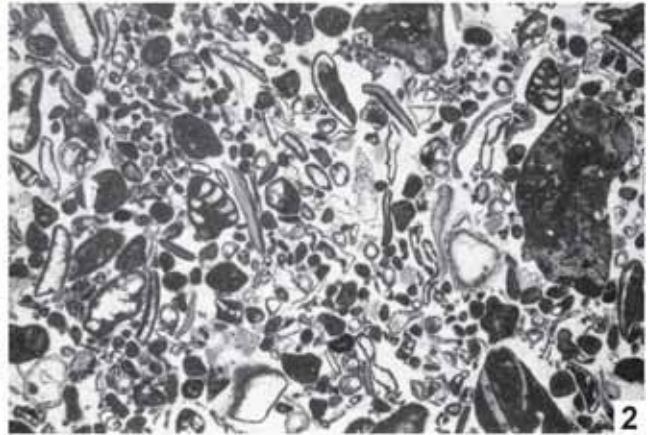


Plate 2.

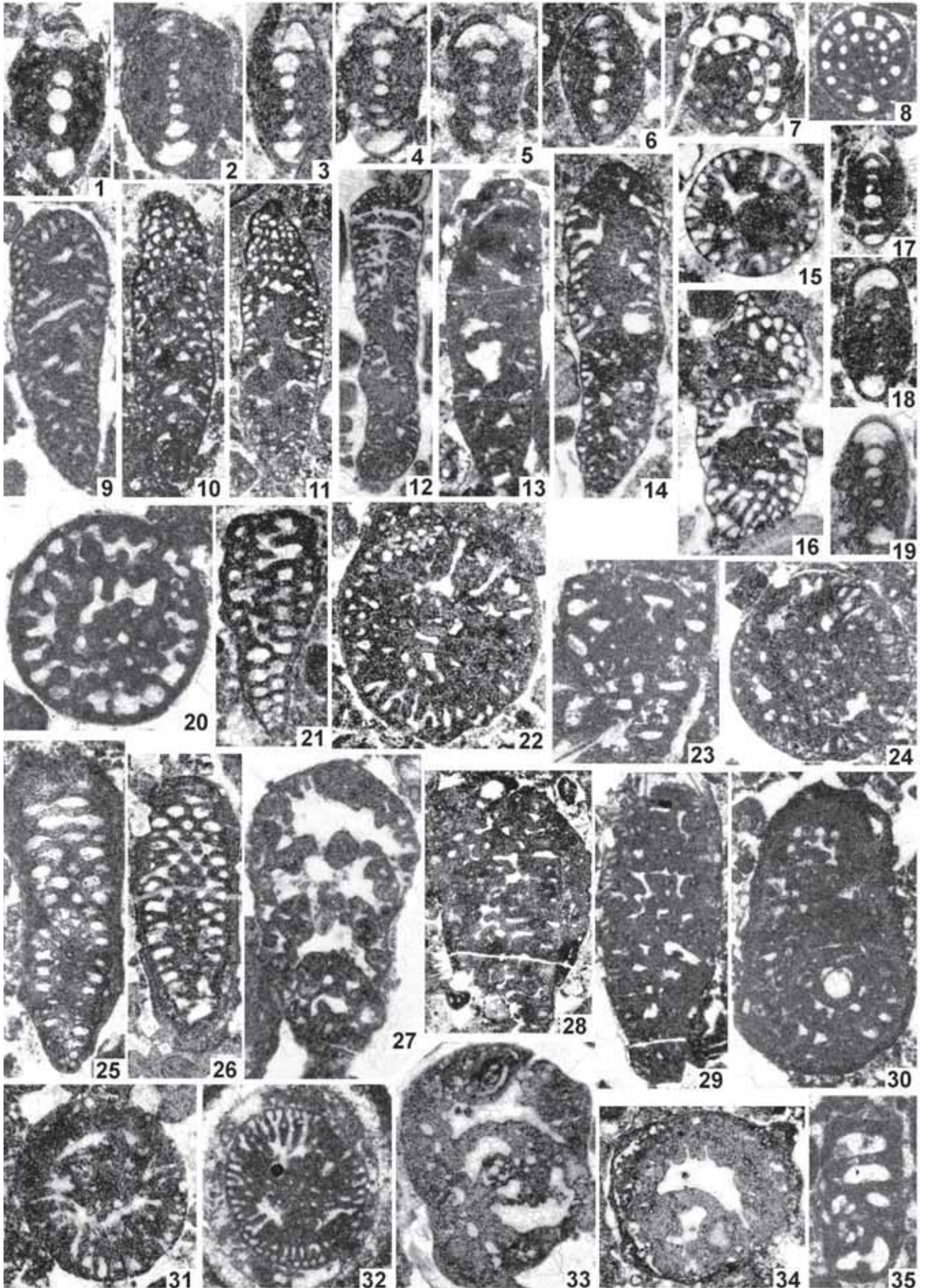


Plate 3.

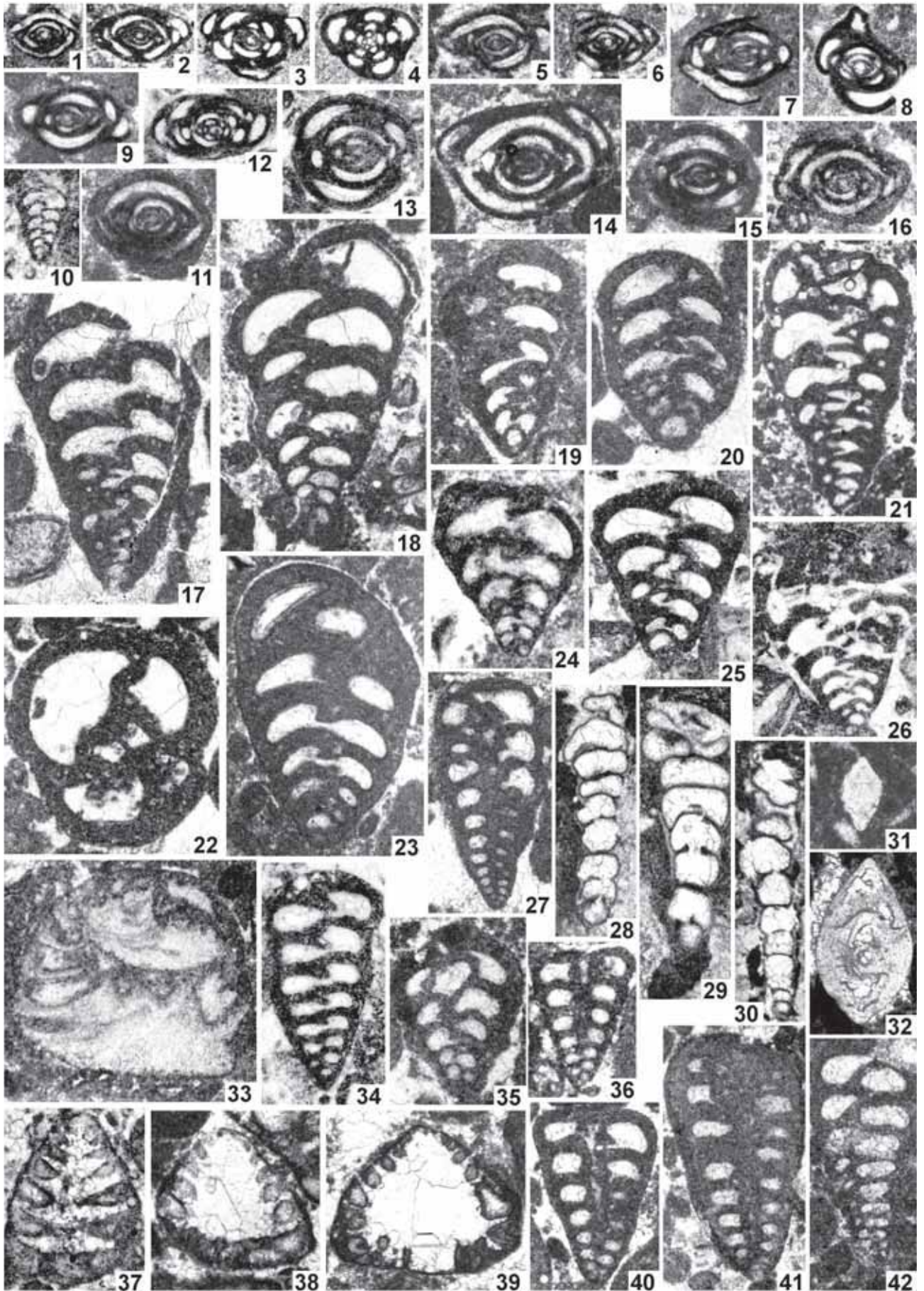


Plate 4.

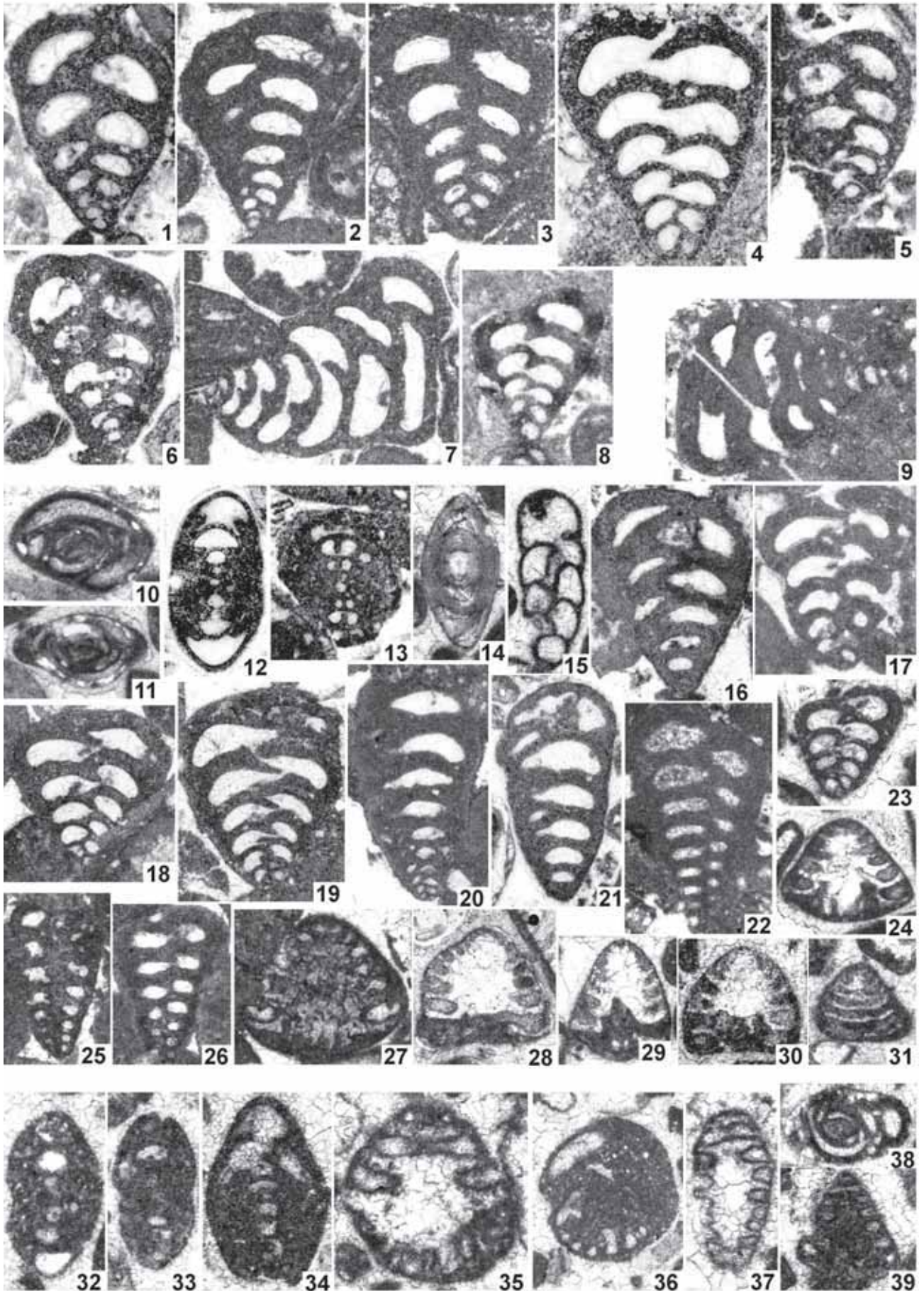


Plate 5.

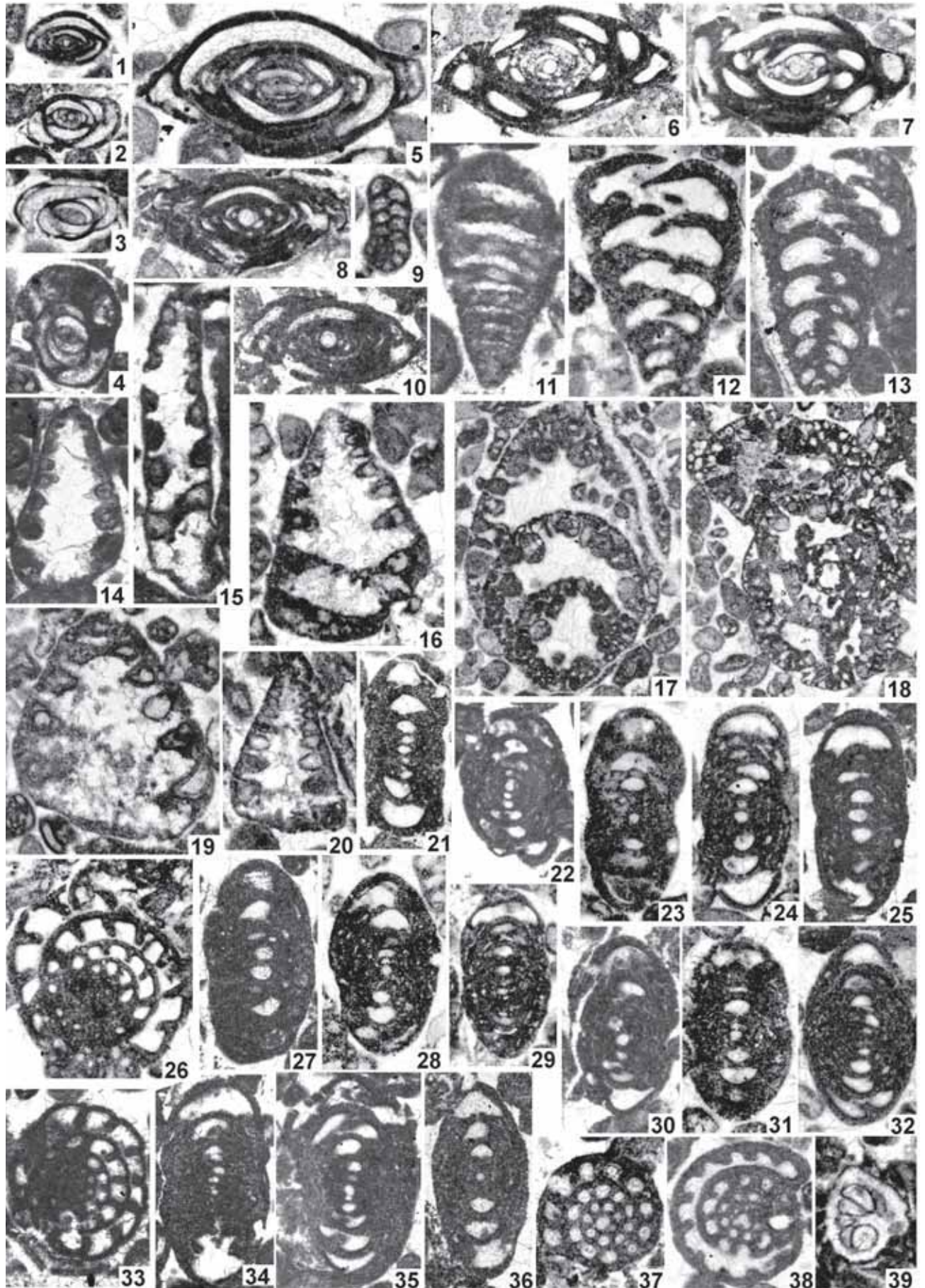


Plate 6.

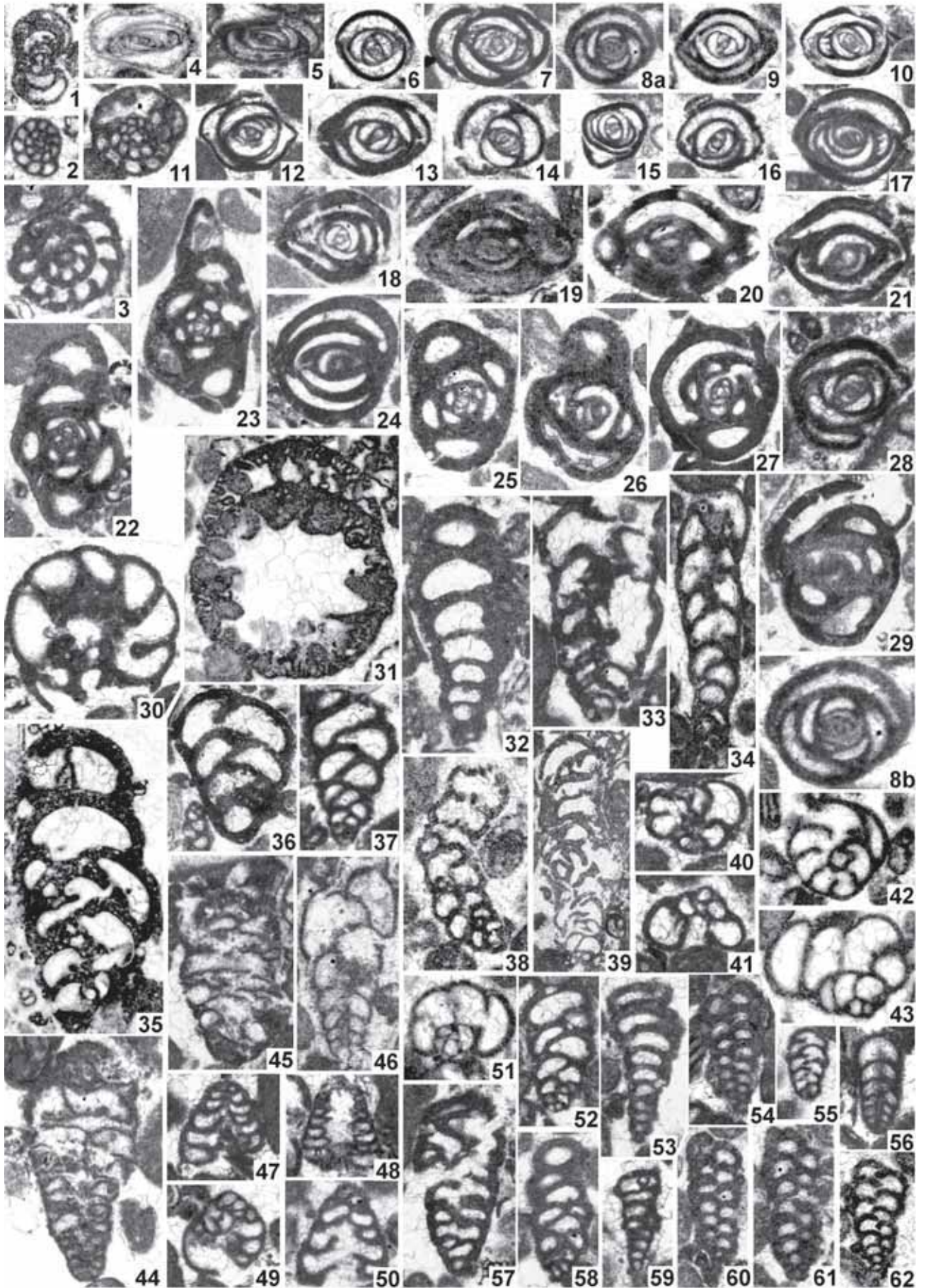


Plate 7.

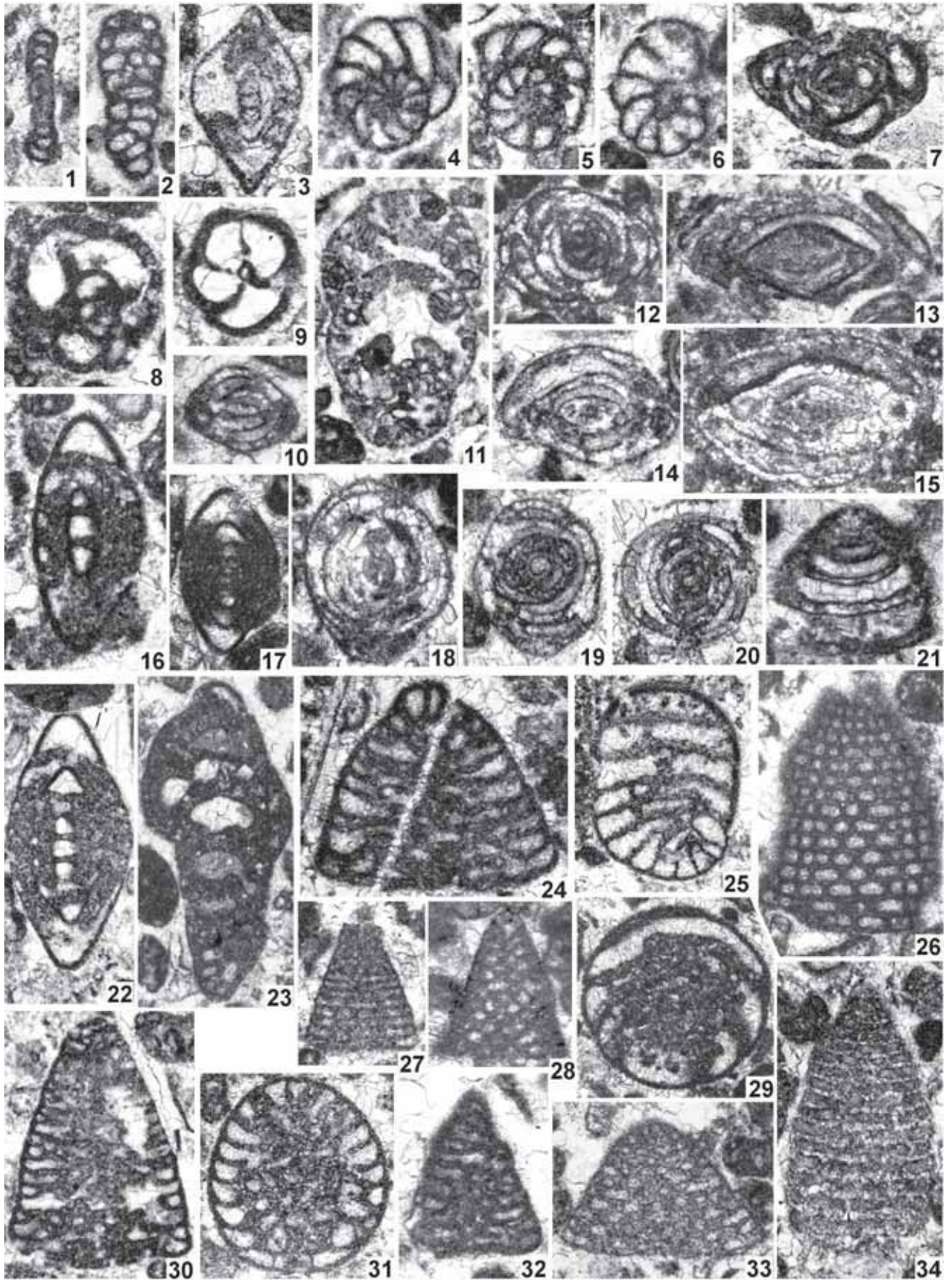


Plate 8.

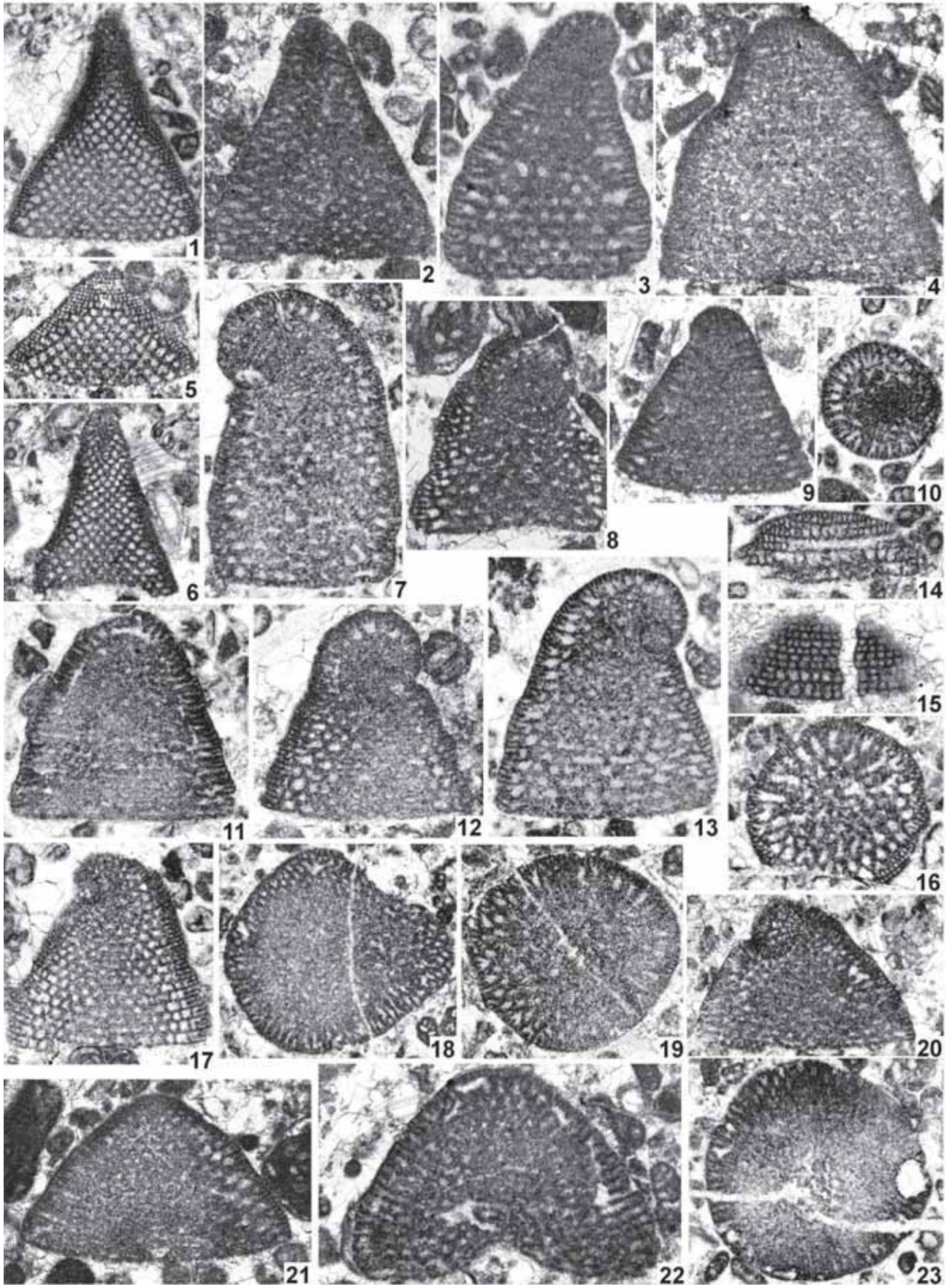


Plate 9.

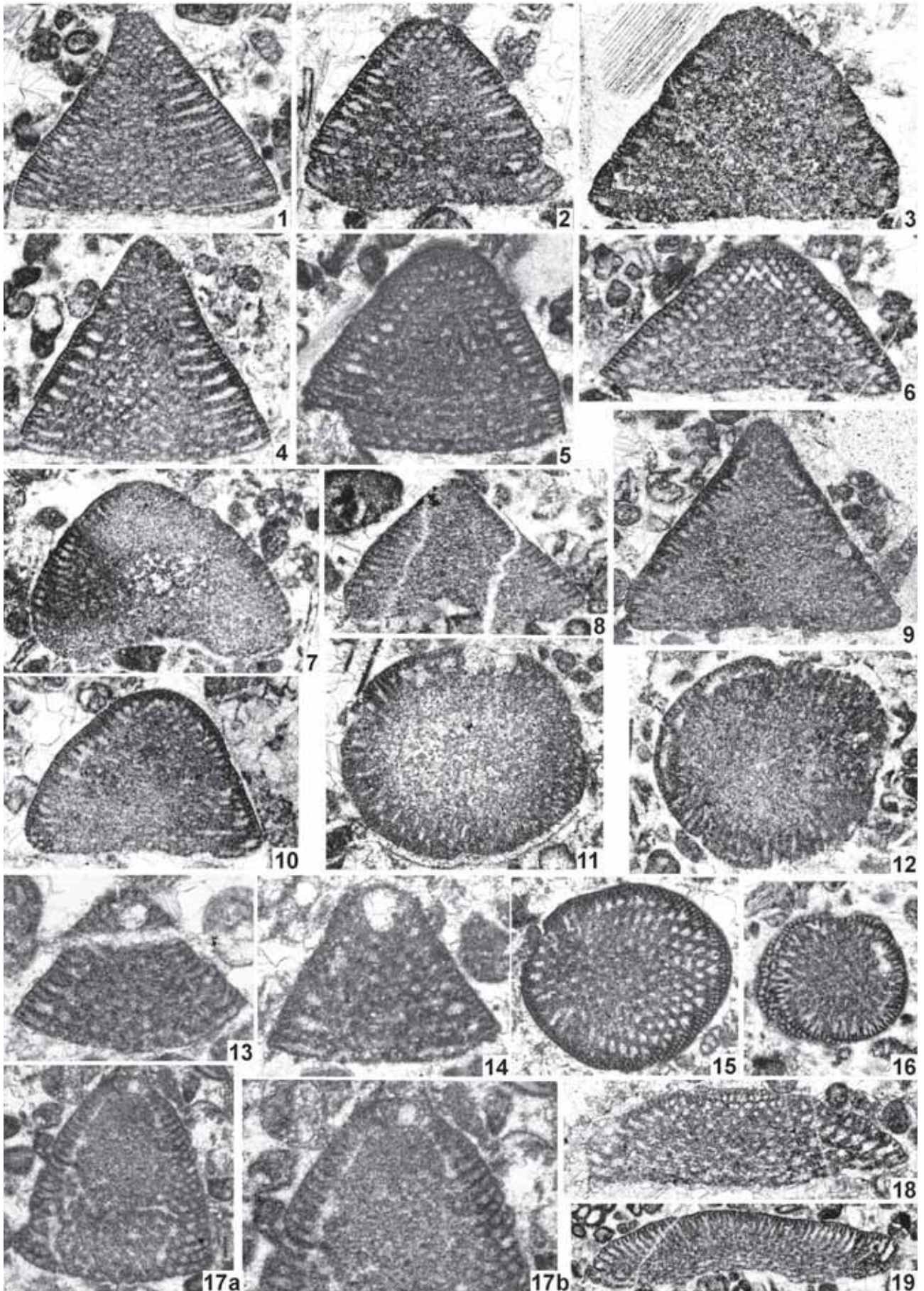


Plate 10.

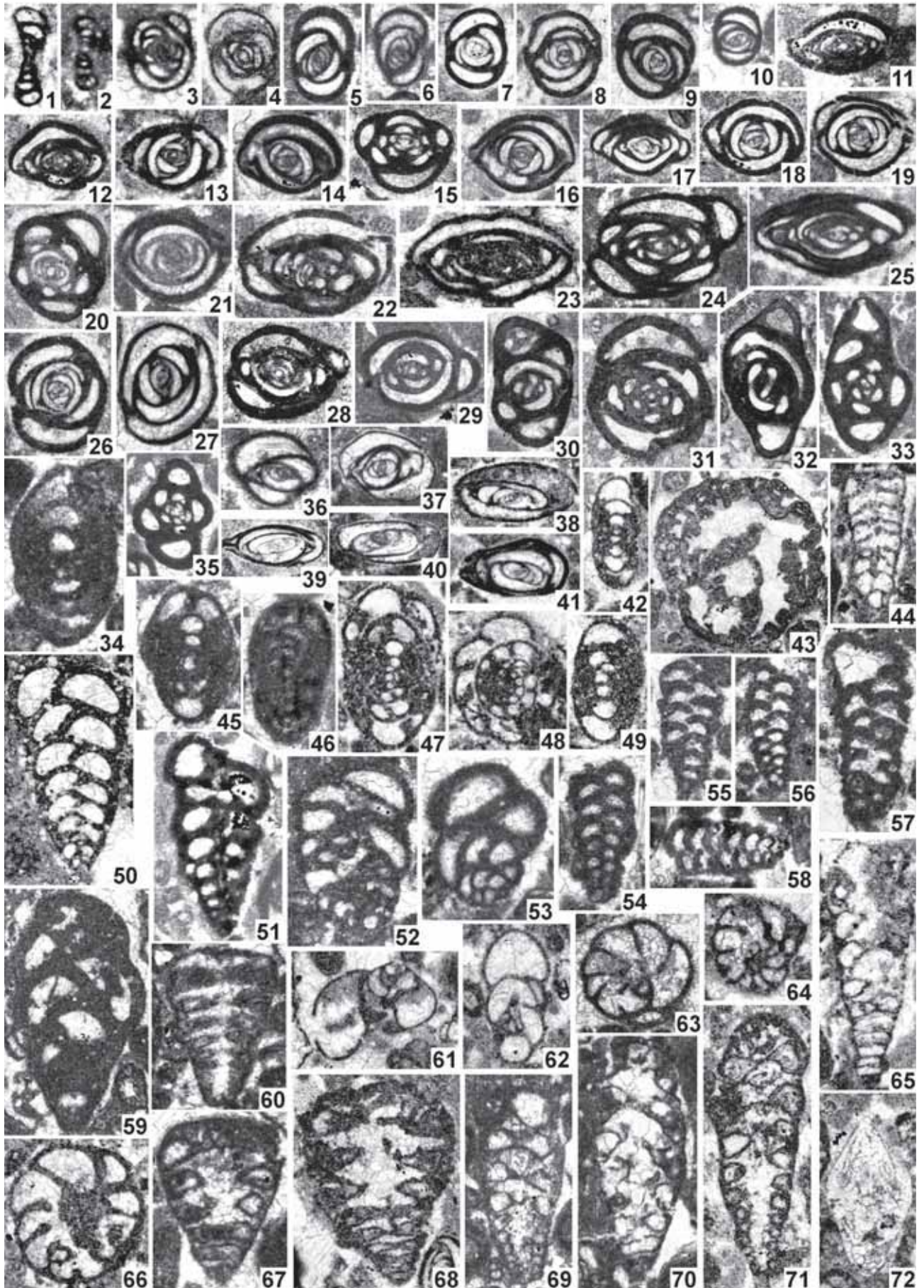


Plate 11.

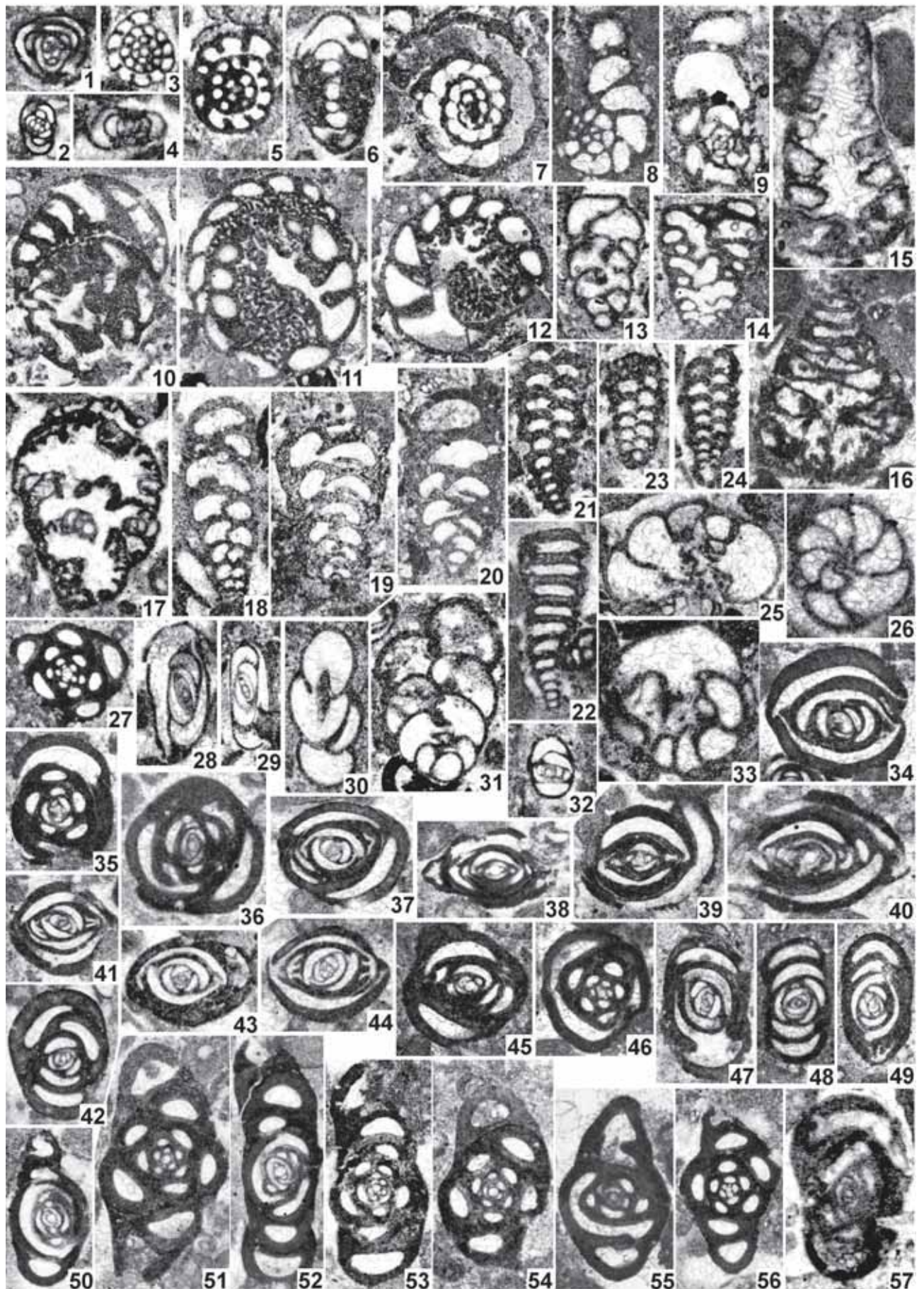


Plate 12.



ジュラ山地南部とサレーブ山地(フランス)のジュラ紀後期から白亜紀前期
(Kimmeridgian期からBarremian期)の有孔虫化石

小林文夫・Roland Wernli

兵庫県立人と自然の博物館自然・環境評価研究部/兵庫県立大学自然・環境科学研究所 〒669-1546 三田市弥生が丘6・ジュネーブ大学地質学古生物学教室 13 rue des Maraîchers, 1211 Genève 4, Switzerland

ジュラ山地南部とサレーブ山地のKimmeridgianからBarremianの18試料で識別された有孔虫化石を試料ごとに図示し、それらの生層序学的所見を加えた。それらのなかで特に重要なものは日本では未報告の *Kurnubia palastiniensis* Henson, *Conicokurunubia orbitoliniformis* (Septfontaine), *Labyrhintina mirabilis* Weynschenk, *Parurgonia caelinensis* Cu villier, Foury and Pignatti-Morano など Kimmeridgian 期の有孔虫類, *Valserina broennimanni* Schroeder, Conrad and Charollais, *Palaeodictyoconus cu villieri* Foury など多彩な Hauterivian 最後期から Barremian 最前期の orbitolinid の仲間である。これらフランスの試料はジュラ紀後期から白亜紀前期有孔虫類の分類、さらには鳥巢石灰岩ならびに鳥巢型石灰岩や蝦夷層群・宮古層群など日本の下部白亜系 "Orbitolina 石灰岩" のような異地性岩体の年代論に有用である。

超丹波帯国崎コンプレックスの苦鉄質岩類の化学的特徴

菅 森 義 晃^{1)2)3)*} ・ 小 泉 奈 緒 子³⁾

Geochemical characteristics of mafic rocks in the Kunisaki Complex of the Ultra Tamba Terrane, Hyogo Prefecture, Southwest Japan

Yoshiaki SUGAMORI^{1)2)3)*} and Naoko KOIZUMI³⁾

Abstract

The Kunisaki Complex of the Ultra-Tamba Terrane in the Kawanishi-Inagawa area, southeastern part of Hyogo Prefecture, Southwest Japan, has been interpreted as a Late Permian subduction-related accretionary complex, containing some mafic rocks. The present study provides chemical characteristics of the basalt and dolerite in the Kunisaki complex. Although basalt and dolerite in the complex are more or less metamorphosed, the trace element spiderdiagrams and Zr/Nb ratio of them are similar to those in the E-MORB. These similarities suggest that mafic rocks of the complex were the origin of the mid-ocean ridge, in particular the mid-ocean ridge accompanying the hotspot like Iceland in Atlantic Ocean.

要 旨

兵庫県南東部、川西～猪名川地域には、苦鉄質岩類を含むペルム紀新世の付加複合体と解釈される超丹波帯国崎コンプレックスが分布している。国崎コンプレックス中の玄武岩およびドレライトの化学分析を行った。いくつかの地球化学的判別図において、それらの化学組成データはいずれもMORB（中央海嶺玄武岩）の領域にプロットされる。一方、スパイダー図やZr/Nb値はE-MORBのものに類似している。以上のことから、国崎コンプレックスの苦鉄質岩類は中央海嶺起源であり、特にアイスランドのような中央海嶺とホットスポットが重複する場で形成された可能性が指摘される。

キーワード：玄武岩，ドレライト，MORB，緑色岩，ペルム紀，川西－猪名川地域

はじめに

西南日本内帯の超丹波帯はCaridroit et al. (1985)によって設定されたペルム紀の砕屑岩を主体とする地帯であり、後に、Ishiga (1986, 1990)によって水上層や上

月層も超丹波帯構成層とみなされた。超丹波帯は中国地方東南部から近畿地方、北陸地方、さらには極東ロシアにまで分布しており (Kojima et al., 2000)、ペルム紀の東アジア東縁の地質学的情報を保持していると期待される。岡山県東部～兵庫県西部の上月－美作地域に分布

1) 大阪市立自然史博物館 (Osaka Museum of Natural History, Nagai Park 1-23, Higashi-sumiyoshi-ku, Osaka 546-0034, Japan)

2) 本部半島ジオパーク推進協議会 (Motobu Peninsula Geopark Council, c/o Motobu Town Museum, Ohama 874-1, Motobu-cho, Kunigami-gun, Okinawa 905-0212, Japan)

3) 大阪市立大学大学院理学研究科地球学教室 Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University, Osaka 558-8585, Japan. * 応答著者

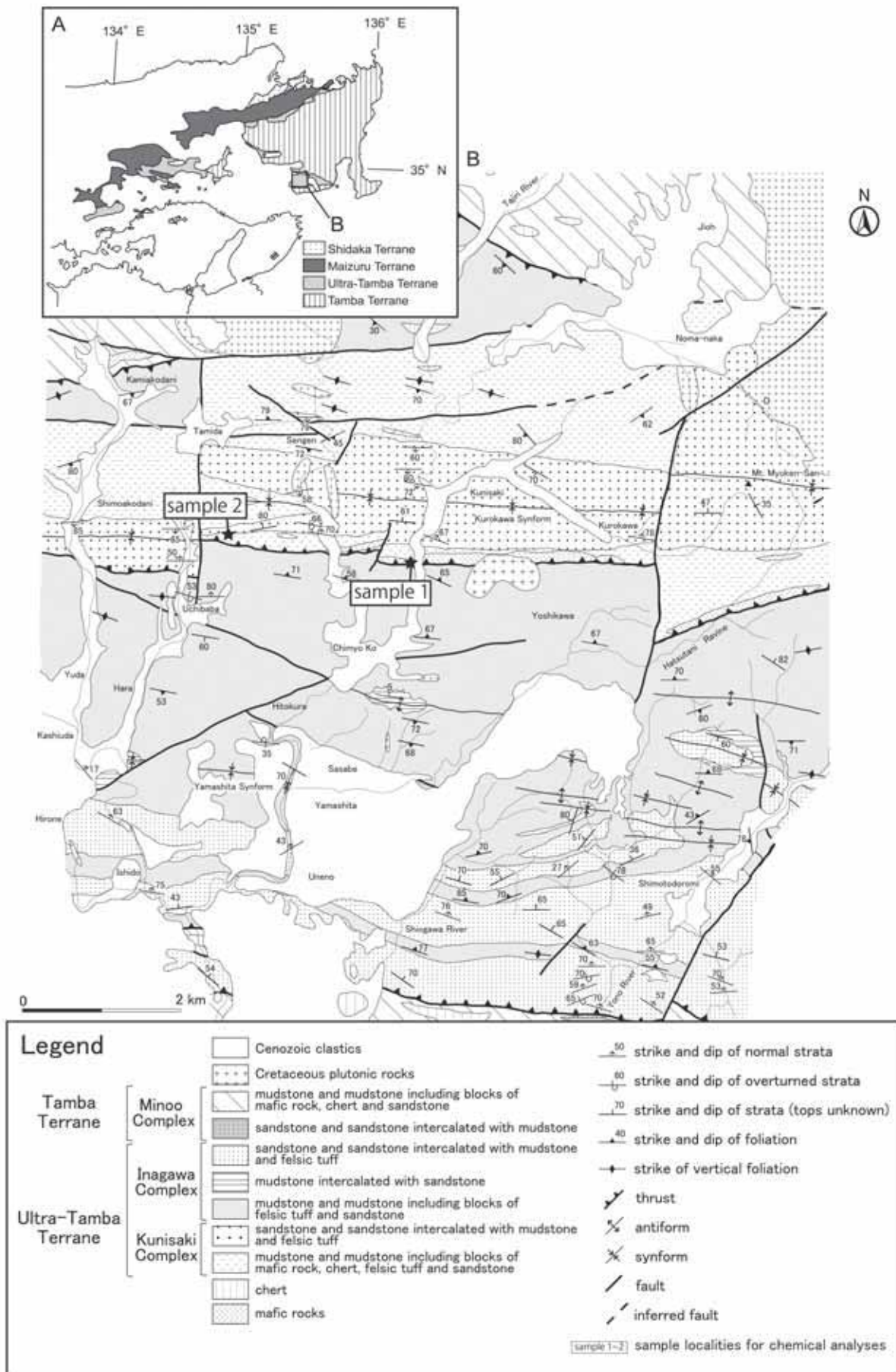


Fig. 1 (A): Tectonic units in the Inner Zone of Southwest Japan around the Kinki district (modified after Sugamori, 2009). (B): Geological map of the Kawanishi-Inagawa area, southeastern part of Hyogo Prefecture, and indicating sampling localities for chemical analyses (modified after Sugamori, 2009).

する上月層（猪木・弘原海，1980）は超丹波帯の見かけ最上部を構成するとされている（Ishiga, 1990）．兵庫県南東部，川西－猪名川地域の国崎コンプレックスは，この上月層に対比される（菅森，2009）．超丹波帯の見かけ最上部を構成する上月層や国崎コンプレックスには，他の超丹波帯を構成する地質体に比べて苦鉄質岩がよく含まれている．したがって，これらの地質体に含まれる苦鉄質岩の起源を推定することは超丹波帯の形成過程を解明する上で重要である．

菅森ほか（2012）は国崎コンプレックスに含まれる苦鉄質岩の分析値（2試料）を地球化学的判別図にプロットしている．しかし，菅森ほか（2012）が報告した苦鉄質岩の化学組成の詳細な分析値については示されていない．そこで，筆者らは兵庫県南東部の川西－猪名川地域に分布する超丹波帯国崎コンプレックスに含まれる苦鉄質岩類の化学組成を検討した結果をここに示す．そして，苦鉄質岩類の形成場を推定するために，変質によって動きやすいと考えられる元素ではなく，変質で動きにくいと考えられている元素を用いて，現在までに提案されているいくつかの地球化学的判別図に組成をプロットし，これら苦鉄質岩類の起源について若干の考察を加える．

地質概説

菅森（2009）をもとにして，川西～猪名川地域の超丹

波帯の地質（Fig. 1）を要約する．本地域の超丹波帯は断層を介して丹波帯の構造的上位に位置している．超丹波帯は構造的上位の国崎コンプレックスと構造的下位の猪名川コンプレックスからなり，両者は断層で境される．国崎コンプレックスは碎屑岩からなる整然相～破断相および苦鉄質岩類やチャート．砂岩の岩塊を含む混在相を呈する．散在する珩長質凝灰岩からペルム紀新世最前期，泥岩から新世前期を示す放射虫化石が産出する．猪名川コンプレックスは碎屑岩を主体とする破断相～整然相であり，珩長質凝灰岩を頻繁に含む．珩長質凝灰岩からはペルム紀中世後期および新世中期，泥岩からペルム紀新世中期を示す放射虫化石が産出する．

これらのコンプレックスは付加複合体と解釈されている（菅森，2009）．

超丹波帯を構成するこれらの地質体は複向斜状構造を形成しており，研究地域南部に山下シンフォーム，アンチフォームを挟んで北部に黒川シンフォームが認められる．また，これらの地質体は南北方向，北東～南西，東北東～西南西～東西方向および西北西～東南東方向の断層によって切られている．さらに，南北方向に地質図では表現できない規模の流紋岩質および安山岩質の岩脈に貫入されている．なお，研究地域の先白亜紀地質体は白亜紀深成岩類などにより部分的に接触変成作用を受け，ホルンフェルスとなっており，特に研究地域北部および東部で顕著である．

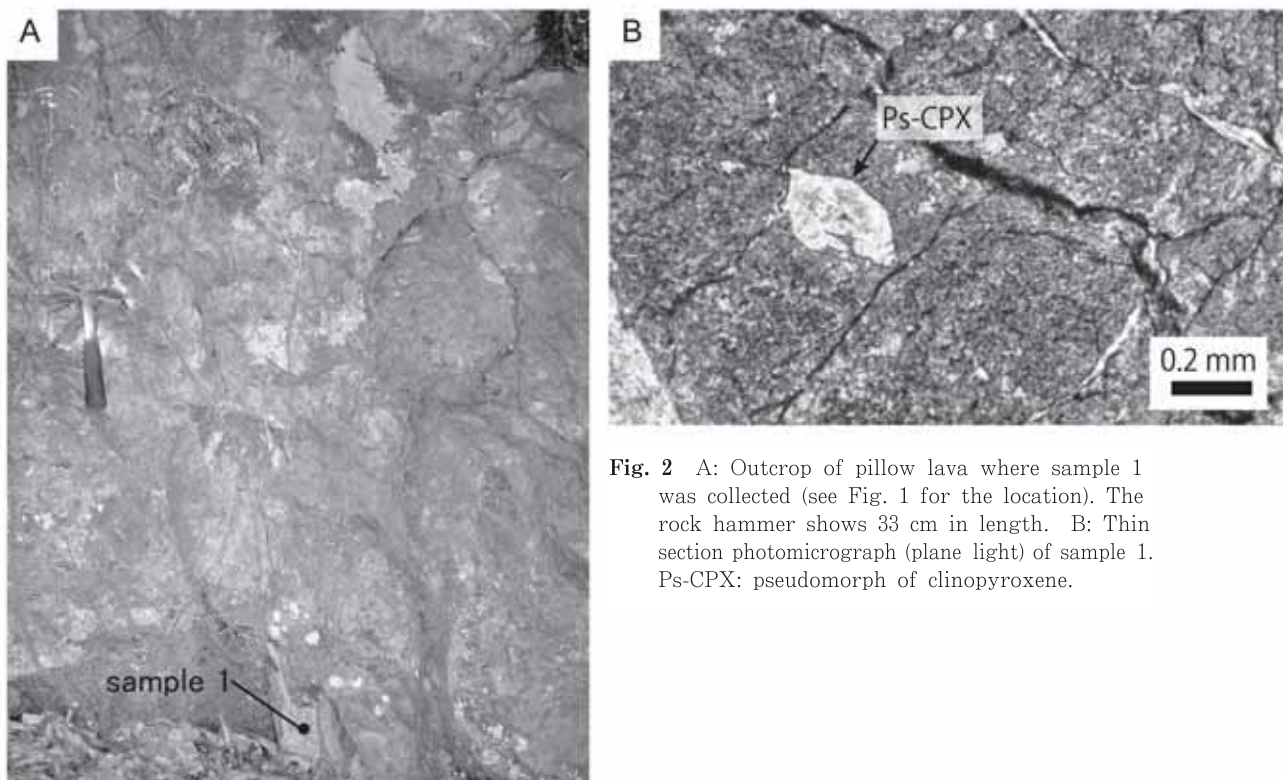


Fig. 2 A: Outcrop of pillow lava where sample 1 was collected (see Fig. 1 for the location). The rock hammer shows 33 cm in length. B: Thin section photomicrograph (plane light) of sample 1. Ps-CPX: pseudomorph of clinopyroxene.

分析試料

今回分析に用いた試料は、国崎コンプレックスの見かけ下部を構成する苦鉄質岩である (Fig. 1)。Fig. 1 に試料採取地点を示す。

試料1は枕状構造を示す玄武岩溶岩から採取した (Fig. 2 A)。この岩体は側方に約3 km追跡が可能である。さらに東方にも同層準と考えられる岩体が分布し (Fig. 1)、一連の岩体には斑レイ岩が含まれることがある (菅森, 2009)。黒川南方では再結晶したチャートが分布しているが、苦鉄質岩岩体との関係は露頭欠如のため不明である。試料1は変質がよく進んでいるが、自形を示す長径約0.2 mmほどの単斜輝石と思われる仮像をごくまれに含む (Fig. 2 B)。石基は主に微小な針状斜長石、不透明鉱物および脱ハリしたガラスからなる。2次鉱物として緑レン石が形成されており、緑色片岩相程度の変成作用を受けていると考えられる。0.2 mm～1 mmの大きさの気泡痕をしばしば含み、緑レン石などで充填されている。本岩石には緑レン石、緑泥石および燐灰石からなる脈、および石英脈が含まれている。

試料2を含む露頭では苦鉄質岩およびチャートを含んでいる。チャートと苦鉄質岩類は、これらの岩石片を含む弱い剪断帯によって境されている (Fig. 3 A)。苦鉄

質岩は玄武岩およびドレライトからなる。分析に用いた試料は比較的新鮮なドレライトであり、鏡下では主に0.5 mm～1 mmの大きさの単斜輝石、斜長石の他に不透明鉱物からなり、オフィティック～サブオフィティック組織を示す (Figs. 3 B and 3 C)。2次鉱物として緑泥石、緑レン石およびアクチノ閃石を含んでおり、緑色片岩相程度の変成作用を受けていると考えられる。変質が進んでいる部分では、単斜輝石が緑泥石に変質している。石英脈を含み、緑泥石が石英脈周辺に生成している。

化学組成

全岩化学組成の測定には、大阪市立大学理学部設置の蛍光X線分析装置 (理学電機工業製RIX2100) を用いた。分析手法は隅田ほか (2011) に従った。分析した岩石試料については風化による変質や脈の少ない部分をできるだけ選定した。

主要元素 (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5)、微量元素 (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ba, W, Pb, Th) およびREE (La, Ce, Nd) についての結果を得た。結果をTable.1に示す。試料1は、Znに非常に富んでおり、FeやPbにも富む。また、試料1の主要元素の測定値のトー

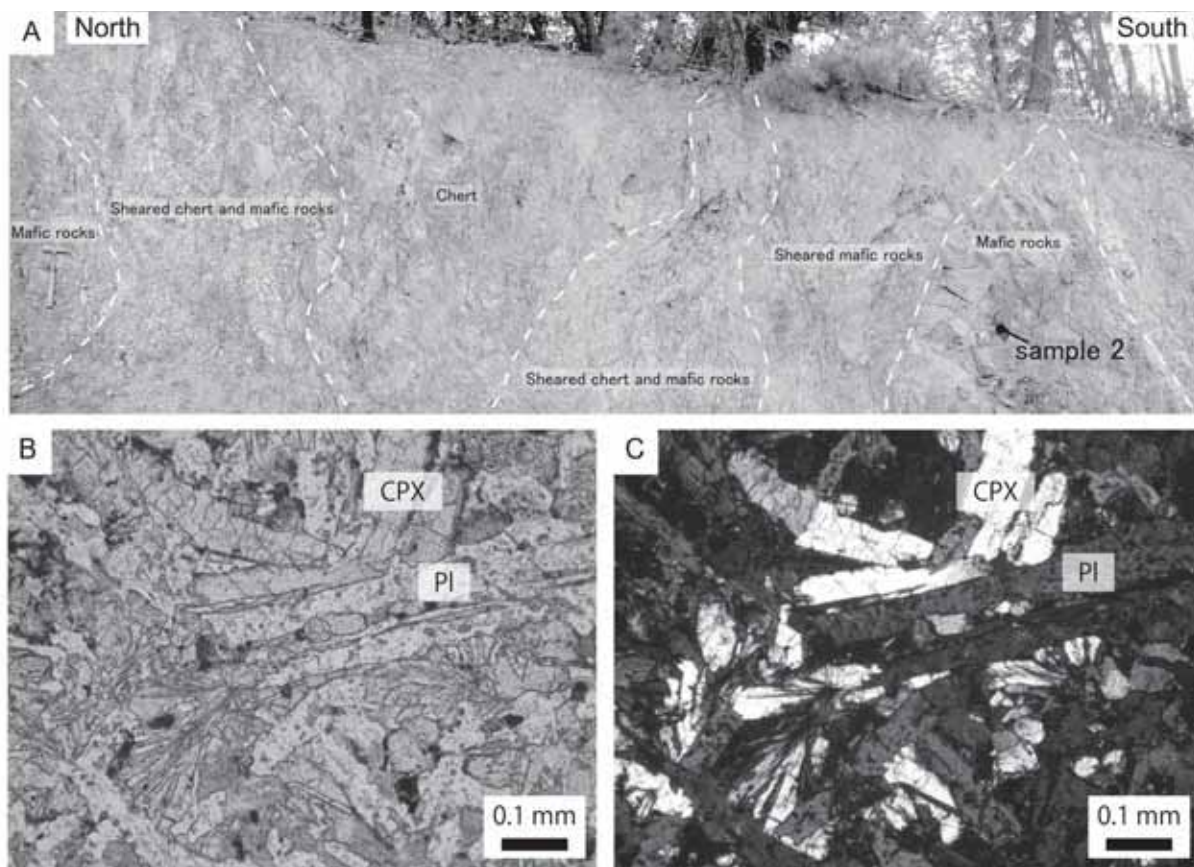


Fig. 3 A: Contact relationship between chert and mafic rocks where sample 2 was collected (see Fig. 1 for the location). The rock hammer shows 33 cm in length. B, C: Thin section photomicrograph of sample 2. B: plane light, B: crossed polar light. Pl: plagioclase. CPX: clinopyroxene.

タルは、測定誤差を考慮しても100 wt.%に届かない(97.1 wt.%)が、これは測定元素以外の元素(例えば、炭素)を多く含んでいるためであると考えられる。一方、試料2もRbやBaにやや富んでいる。

sample no.	sample 1	sample 2
sample type	basalt	dolerite
major (wt%)		
SiO ₂	45.26	47.84
TiO ₂	1.51	1.02
Al ₂ O ₃	14.09	14.87
Fe ₂ O ₃	20.71	12.23
MnO	0.65	0.16
MgO	6.11	4.61
CaO	3.44	11.26
Na ₂ O	0.25	3.07
K ₂ O	0.03	0.18
P ₂ O ₅	0.13	0.08
LOI	4.97	4.35
TOTAL	97.15	99.67
trace (ppm)		
V	355	304
Cr	156	467
Co	38.5	41.1
Ni	96.0	119
Cu	29.7	84.6
Zn	2077	203
Rb	3.7	10.4
Sr	127	68.1
Y	33.5	28.7
Zr	98.2	63.4
Nb	7.4	6.3
Ba	44.8	62.7
La	4.9	4.1
Ce	14.6	7.8
Nd	12.1	8.7
W	1.0	<i>lld</i>
Pb	59.9	<i>lld</i>
Th	<i>lld</i>	<i>lld</i>

Table 1 Major and trace element compositions of basalt and dolerite from the Kunisaki Complex. Total Fe expressed as Fe₂O₃. LOI: loss of ignition. *lld*: lower limit of detection.

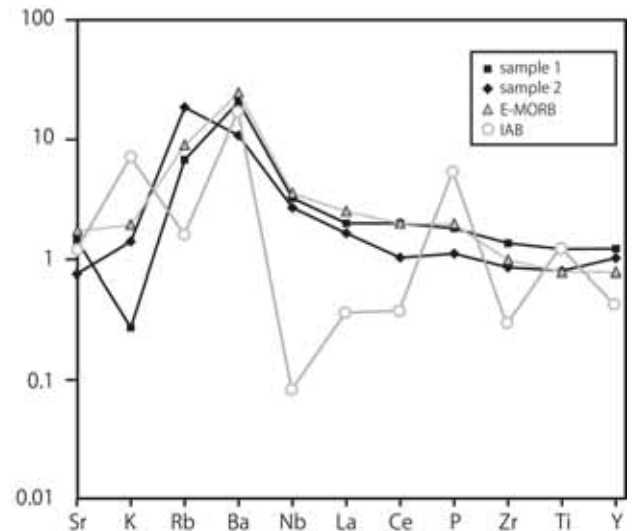


Fig. 4 N-MORB (N-type mid-ocean ridge basalt) according to Pearce and Parkinson (1993) normalized trace element spiderdiagrams for basalt (sample 1) and dolerite (sample 2) of the Kunisaki Complex. Composition of E-MORB (E-type mid-ocean ridge basalt) (Sun and McDonough, 1989) and IAB (island-arc basalt) (Gust et al., 1997) are also plotted for comparison.

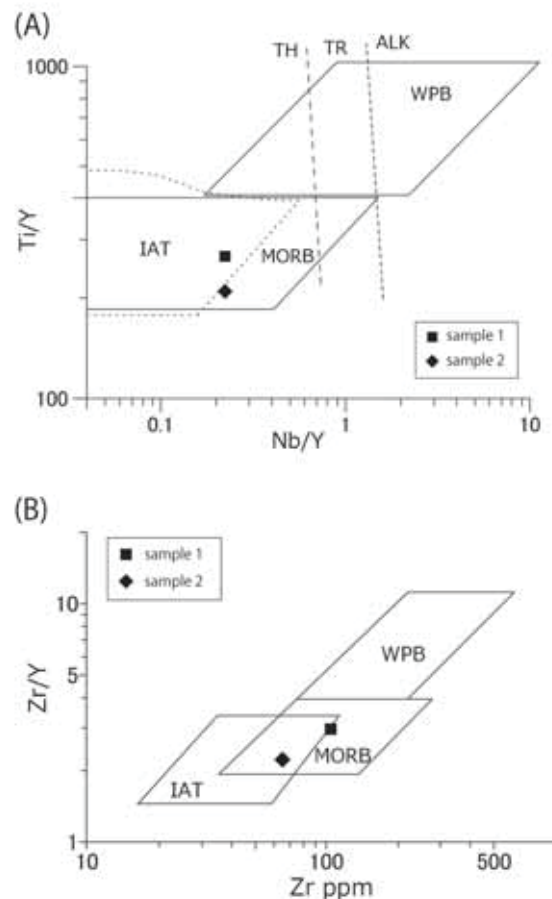


Fig. 5 Trace element composition of basalt and dolerite from the Kunisaki Complex on the Ti/Y-Nb/Y discrimination diagram of Pearce (1982) (A) and Zr/Y-Zr discrimination diagram of Pearce and Norry (1979) (B). WPB: within plate basalt, IAT: island-arc tholeiite, MORB: mid-ocean ridge basalt, TH: Tholeiite, TR: Transitional, ALK: Alkaline.

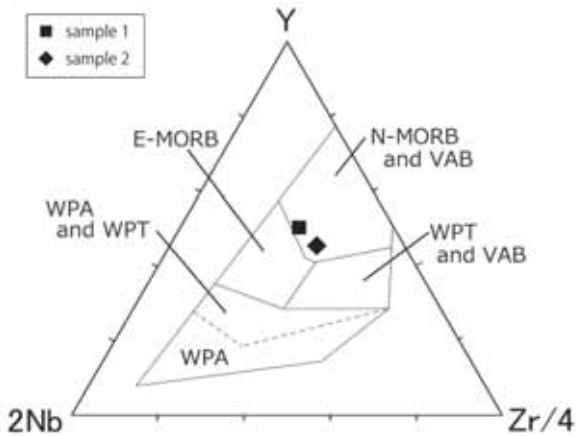


Fig. 6 Fig. 6. Trace element composition of basalt and dolerite from the Kunisaki Complex on the Y-Zr-Nb discrimination diagram of Meschede (1986). N-MORB: N-type mid-ocean ridge basalt, E-MORB: E-type mid-ocean ridge basalt, VAB: volcanic arc basalt, WPT: within plate tholeiite, WPA: within plate alkali basalt.

N-MORB (Pearce and Parkinson, 1993) 規格のスパイダー図をFig. 4 に示す。Fig. 4 には参考のために E-MORB (Sun and McDonough, 1989) および IAB (Gust et al., 1997) を示してある。スパイダー図上で、変質によって移動しやすい Rb, Ba, K, Sr などの元素や 燐灰石脈を含むことから、母岩の値よりも高い可能性がある P を除けば、試料 1 は Y から Nb にかけて緩く右に傾斜するパターンを示し、島弧の火成岩に特徴的な Nb の顕著な負の異常は認められない。このようなパターンは E-MORB のそれに近い。試料 2 も試料 1 と同様 E-MORB に近いパターンを示している。また、Zr/Nb 値は両試料とも 15 以下であり、E-MORB の特徴 (周藤・牛来, 1997) と一致している。E-MORB はアイスランドのような中央海嶺とホットスポットが重複するような場所に現れる (Sun and McDonough, 1989)。

Ti や Nb, Y, Zr などの HFS 元素は、アルカリ元素を含む LIL 元素に比べて、マグマの分化作用や変質による元素の移動が少なく、その量比の変化が小さいとされる (Pearce and Cann, 1973 など)。よって、これらの HFS 元素比は、火成岩の起源であるマグマの初生的な特徴を保持していると考えられ、その造構場解析にたびたび用いられてきた。本報告においても、現在までに提案されている様々な地球化学的判別図に組成データをプロットした (Figs. 5, 6 and 7)。

Jones et al. (1993) によると、Ti, Nb, Y は変成作用でも移動しにくいいため、これらの元素はアルカリ玄武岩 (ALK) とソレライト玄武岩 (TH) を区別するのにも有効であるとされる。Ti/Y-Nb/Y 判別図 (Pearce, 1982) にプロットすると (Fig. 5A), 試料 1 は MORB お

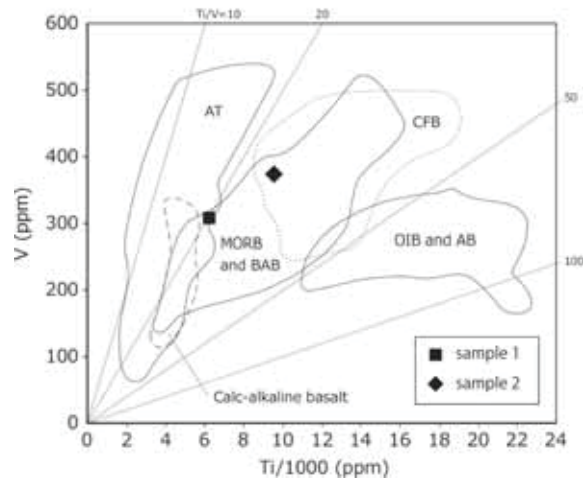


Fig. 7 Fig. 7. Trace element composition of basalt and dolerite from the Kunisaki Complex on Ti-V discrimination diagram of Shervais (1982). AT: arc tholeiite, CFB: continental flood basalt, OIB: ocean island basalt, AB: alkali basalt, MORB: mid-ocean ridge basalt, BAB: back-arc basalt.

よび島弧ソレライトの領域に、試料 2 は、MORB の領域に含まれる。この判別図に基づけば、両試料はともにソレライト玄武岩に分類される。次に Zr/Y-Zr 判別図 (Pearce and Norry, 1979) では、試料 1 は MORB に、試料 2 は MORB および島弧ソレライト (IAT) の領域にプロットされる (Fig. 5B)。Y-Zr-Nb 判別図 (Meschede, 1986) においては、試料 1 および試料 2 とともに N-MORB+火山弧玄武岩 (VAB) の領域にプロットされる (Fig. 6)。ただし、両試料とも E-MORB の領域に近い場所にプロットされる。Ti-V 判別図 (Shervais, 1982) では、試料 1 は MORB+背弧盆玄武岩 (BAB) および島弧ソレライト (AT) の領域に、試料 2 は MORB+背弧盆玄武岩 および大陸洪水玄武岩 (CFB) の領域に含まれる (Fig. 7)。

以上の結果をまとめると、以下ようになる。

①スパイダー図における今回分析した国崎コンプレックスに含まれる玄武岩およびドレライトのパターンや Zr/Nb 値は E-MORB に類似する。

②地球化学的判別図では、国崎コンプレックスに含まれる玄武岩およびドレライトは、いずれも MORB+島弧ソレライト・火山弧玄武岩の領域に含まれる。

これらの結果を総合すると、国崎コンプレックスに含まれる玄武岩およびドレライトは中央海嶺起源であると考えられる。また、スパイダー図や Zr/Nb 値において国崎コンプレックスの苦鉄質岩類が E-MORB のものに類似しているため、これらは中央海嶺とホットスポットが重複するような場で形成された可能性が考えられる。しかし、今回は 2 試料のみの分析だったため、今後、分析試料数を増やすことで、超丹波帯の苦鉄質岩類の起源

に迫れるものと考えられる。

謝 辞

明治大学の隅田祥光博士ならびに大阪市立大学の奥平敬元准教授には粗稿をみていただいた。大阪市立大学大学院の栗谷 豪准教授には分析結果などについてコメントいただいた。2名の匿名査読者の方々からは有益なコメントを頂戴し、本稿が改善された。以上の方々には深く感謝する次第である。

文 献

- Caridroit, M., Ichikawa, K. and Charvet, J. (1985) The Ultra-Tamba zone, a new unit in the Inner zone of Southwest Japan - its importance in the nappe structure after the example of Maizuru area-. *Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*, **39**(3), 210-219.
- Gust D.A., Arculus R.J., and Kersting A.B. (1997) Aspects of magma sources and processes in the Honshu arc. *Can. Min.* **35**(2), 347-365.
- 猪木幸男・弘原海 清 (1980) 上郡地域の地質。地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 70 p.
- Ishiga, H. (1986) Ultra-Tamba Zone of Southwest Japan. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **29**, 45-88.
- Ishiga, H. (1990) Ultra-Tamba terrane. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I., Hada, S. and Yao, A., eds., *Pre-Cretaceous terranes of Japan, Publication of IGCP Project No. 224: Pre-Jurassic Evolution of East Asia*, 97-107.
- Jones, G., Sano, H. and Valsami-Jones, E. (1993) Nature and tectonic setting of accreted basalts from the Mino terrane, central Japan. *Jour. Geol. Soc. London*, **150**(6), 1167-1181.
- Kojima, S., Kemkin, I. V., Kametaka, M. and Ando, A. (2000) A correlation of accretionary complexes of southern Sikhote-Alin of Russia and the Inner Zone of Southwest Japan. *Geosci. Jour.*, **4**(3), 175-185.
- Meschede, M. (1986) A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chem. Geol.*, **56**(3-4), 207-208.
- Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In Thorpe, R.S. (ed.) *Orogenic andesites and related rocks*. Chichester, England, John Wiley and Sons, 525-548.
- Pearce, J.A. and Cann, J.R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **19**(2), 290-300.
- Pearce, J.A., and Norry, M.J. (1979) Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral Petrol.*, **69**(1), 33-47.
- Pearce, J.A. and Parkinson, I.J. (1993) Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. Magmatic processes and plate tectonics, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, **76**, 373-403.
- Shervais, J.W. (1982) Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **59**(1), 101-118.
- 周藤賢治・牛来正夫 (1997) 地殻・マンツルの構成物質。東京, 共立出版株式会社, 350 p.
- 隅田祥光・小泉奈緒子・奥平敬元 (2011) 蛍光X線分析装置を用いた火成岩・堆積岩・堆積物・土壌中の主要・微量・希土類元素の定量分析. *MAGMA*, **93**, 19-31.
- 菅森義晃 (2009) 兵庫県南東部, 川西-猪名川地域の超丹波帯. *地質雑*, **115**(2), 80-95.
- 菅森義晃・小泉奈緒子・竹村静夫, 2012, 兵庫県南東部, 川西-猪名川地域の超丹波帯と丹波帯. *地質学雑誌*, **118** (補遺), 21-36.
- Sun, S.-S. & McDonough, W.F. (1989) Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D. and Norry, M.J., eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, **42**, 313-345.

(2012年7月31日受付)
(2012年10月19日受理)

「人と自然 (Humans and Nature)」投稿規定

本誌は、自然科学・社会科学・環境計画等の研究者や、学校教員、自然観察指導者、市民団体のコーディネーター、企業・行政・NPOなどの実務者を読書層と想定し、人と自然の統合的理解をめざす「共生博物学」の基礎研究やその普及啓発・発展に寄与する報文を掲載し、情報発信することを目的としている。

本誌には、自然のしくみ、人と自然の共生、地域資源とコミュニティの関わり方など、地域の自然とこれに育まれた文化に関する報文、これらを課題とする社会教育や学校教育に寄与する方法論・技術に関する報文、また「共生博物学」の発展に寄与すると編集委員会が認めた報文を掲載する。

なお掲載報文の著作権は、兵庫県立人と自然の博物館に帰属する。また、掲載された論文は、人と自然の博物館のホームページ (<http://hitohaku.jp/>) においてダウンロードできる形で公開する。

A 投稿案内

投稿者は、「投稿規定」を熟読の上、最新号を参照し、これらに従って原稿を執筆すること。規定に従わない原稿は受け付けずにそのまま著者に返送する。

1 「人と自然」の内容

冒頭に記した分野・内容で未発表の原著論文・総説・報告・資料、その他編集委員会が適当と認めたものを掲載する。

2 投稿の手続き

原著論文と総説については投稿原稿（図・表を含む）のコピー3部を、報告・資料その他については2部を、必要事項を記入した投稿原稿整理カード(http://www.nat-museum.sanda.hyogo.jp/research_collections/bulletins/toukou_seiri.rtf)に添えて提出すること。なお、原図のコピーは判読・判別が容易なものとする。原図・原表の提出は、投稿時には送付せず、受理後とする。

3 カラー図表等の掲載

カラー図表等の掲載に伴う経費はすべて著者が負担すること。その額については、編集委員会に問い合わせること。

4 原稿の送付先および問い合わせ先

〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 兵庫県立人と自然の博物館
「人と自然」編集委員会 Tel. (079) 559-2001 Fax.(079) 559-2007

5 査読制度

原著論文・総説の原稿は、編集委員会の委嘱による2名の査読者によって、報告・資料等は、同じく1名の査読者によって査読される。

6 論文掲載の可否判定

原稿の「人と自然」への掲載の可否は、査読者の意見を参考に編集委員会が決定する。査読の結果を踏まえて編集委員会から投稿者に修正を求めることがある。掲載不可と判定された原稿については投稿者にその理由を通知の上、原稿を返却する。

7 原稿の受理

編集委員会により掲載可と判断された日付をもって受理日とし、受理通知を送付する。

8 印刷原稿の提出

印刷原稿・原図・原表およびその保存媒体（フロッピーディスク等）の提出については、受理通知時に編集委員会が指定する様式に従うものとする。

9 校正

著者による校正は初校のみとし、その後の校正は編集委員会で行う。初校への大幅な加筆、内容の改変は認めない。

10 別刷

別刷にかかる費用は全て著者の負担とする。

B 用語

1 原稿は英文要旨・キーワードを除き和文とする。

2 文体はひらがなと漢字による口語常態（だ・である体）とし、現代かなづかいを用いる。固有名詞で読み誤るおそれのあるものには漢字の後に丸括弧で括ったふりがなをつける。

3 句読点は全角の「、」と「。」を用いる。

4 数字はアラビア数字（半角）を用いる。単位は原則として国際単位系S I units (Systeme Internationale d'Unites) に従う。ただし、専門分野で慣用されているものはこの限りではない。

5 固有名詞や学界で慣用の述語を除いて、常用漢字を使用する。

C 原稿の構成

1 原著論文および総説

原稿には、欄外右上にページ番号を記入する。本文に対する注は通し番号をつけて本文の最後にまとめ、脚注は使用しないこと。その他の原稿の体裁は以下の①～⑥の順とする。

英文の原稿には、和文タイトルと和文要旨を添えて提出する。

①表題

原稿第1枚目、左上にランニングタイトル（20字以内）、続いてセンタリングして表題、著者名、英文表題、英文著者名を書く。1枚目の下部に「欄外」として和文所属・所在地、英文所属・所在地を書く。e-mailアドレスの記載を希望する場合には、英語でcorresponding authorの姓名とそのアドレスを英文所在地の後に記す。

②英文要旨（Abstract）と英文キーワード

原稿第2枚目には200語以内の英文要旨（Abstract）を記し、要旨の下に6つ以内の英語のキーワードをつける。英文は著者の責任において正しい英文にして提出する。

③和文要旨

謝辞の次に、論文の内容を簡潔にまとめた400字以内の和文要旨をつける。

④本文

本文は第3枚目から書き始める。

⑤謝辞

謝辞の位置は本文末と文献の間とし、研究助成金等の記述については謝辞の最後に記載する。

⑥文献

2 報告・資料・その他

原著論文の体裁に従った原稿と、下記の体裁に従った原稿のどちらかを、投稿者が選択することができる。ページ番号・注については原著論文と同じ。その他の体裁は、①～⑤の順とする。

英文の原稿には、和文タイトル、和文要旨を添える。

①表題 原著論文と同じ。

②和文要旨とキーワード

原稿第2枚目には400字以内の和文要旨を記し、要旨の下に6つ以内の日本語キーワードをつける。

③本文 原著論文と同じ。

④謝辞 原著論文と同じ。

⑤文献

D 原稿用紙と書き方

1 原稿は、A4用紙に横書きで、1行40字×25行とする。

2 英文要旨は、A4用紙に25行とし、行間はダブルスペースとする。

3 本文の章、節のタイトルはゴシック（ボールド）字体にし、章は中央、節は左よせとし、1行おいて文章を書きだすこと。また章間は2行、節間は1行あける。

4 章・節のゴシック（ボールド）字体（慣例：波形の下線）や、学名に対するイタリック（慣例：1本の下線）などの指定は著者が行うものとする。

5 図表を入れる大まかな位置を原稿の右側欄外に示す。

E 図表の書き方

1 図表は本文中に入れずにそれぞれ別用紙に書き、小さいものはA4版の白い台紙に貼る。

2 写真を図版として掲載する場合、そのまま印刷可能な電子ファイルとして提出する。あるいは印刷面のサイズに合うようにレイアウトし、白い台紙に貼る。なお、「人と自然」の印刷面のサイズは最大で17×24 cmである。

3 図表の原図はA4版以内とする。

4 図表の説明文（キャプション）は、図表ごとに別紙にまとめ、本文の後に付ける。説明は、和文または英文で記述すること。両者を併記することもできるが、いずれかのみを使用する場合は、一報文中では統一をとること。また図表中の使用言語は著者の判断に委ねられる。ただし、この場合も一報文中では統一すること。

5 それぞれの図表類につき、欄外右上に番号、著者名および希望縮小率を付す。縮小率は面積比ではなく、線分比とすること。

6 本文中に引用されない図表類を掲載してはならない。

F 文献の引用

本文中の文献の引用は次の例に従う。また、3名以上のものについては「一他」または「-et al.」とする。

小川（1889）はこれを中央日本地溝帯と呼んだ。

—自律型の活動と考えられる（恩藤, 1951, 1953a, b）。

これらの研究（原田, 1888; 小川, 1899; 小沢, 1923a, b）によると

村山・大沢（1961）は—。

—巣からの距離とともに狭くなると予想される（Schoener, 1979; Stephens and Krebs, 1986）。

G 文献

1 本文ならびに図表中において引用した文献は「文献」として本文末に一括し、著者名がアルファベット順となるよう配列する。同一著者による論文は年号の古い順とし、同年の論文については年号の後に小文字のアルファベット（a, b,...）をつけて区別するものとする。

2 文献は本文および図表中に引用されたものに限り、かつ引用されたもの全てを掲載しなくてはならない。

3 文献欄は英文と和文で体裁が異なる。下記の例にならって記載すること。

Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M. P. and Hardenbol, J. (eds.) (1995) *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*. SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa, 386 p.

速水 格・植村和彦 (1998) 古生物の分類. 速水 格・森 啓 (編), 古生物の科学1. 古生物の総説・分類. 朝倉書店, 東京, pp. 38-59.

Higo, S., Callomon, P. and Goto, Y. (1999) *Catalogue and Bibliography of the Marine Shell-Bearing Mollusca of Japan*. *Elle Sci. Pub.*, Yao, 749 p.

Matsumoto, T., Morozumi, Y., Bando, Y., Hashimoto, H. and Matsuoka, A. (1981) Note on *Pravitoceras sigmoidale* Yabe (Cretaceous heteromorph ammonite). *Transactions and proceedings of the Palaeontological Society of Japan. New Series* 123: 168-178, pls. 22-26.

岡田篤正・東郷正美 (編) (2000) 近畿の活断層. 東大出版会, 東京, x + 395 p.

尾崎正紀・松浦浩久・佐藤喜男 (1996) 神戸層群の地質年代. *地質雑*, 102 (2), 73-83.

清水大吉郎 (1996) 古典にみる地学の歴史. 東海大出版会, 東京, xx + 152 p.

Waller, T. R. (1998) Origin of the molluscan class Bivalvia and a phylogeny of major groups. In Johnston, P. A. and Haggart, J. W. (eds.), *Bivalves: An Eon of Evolution*. *Paleobiological Studies Honoring Norman D. Newell*. Univ. Calgary Press, Calgary, pp. 1-45.

4 ホームページ等について

WWW上で公開されているホームページなどの参照・紹介については文献欄の後に「付記」としてホームページアドレスを掲載するものとする。ただし、公表年が明らかで論文・報告書等がPDF形式のようにページ数が確定した形式で公開・出版されている場合には一般の文献と同様に本文中で引用の上、文献欄に掲載し、ホームページアドレスを角括弧でくくって各文献の最後に示すこと。なお、参照・紹介は、受理の段階でアクセスできるホームページに限る。

人と自然(Humans and Nature)

投稿原稿整理カード

発送年月日		年 月 日	
表 題	和 文		
	英 文		
ランニングタイトル(和文:20文字以内)			
種別(○をつける)	原著論文	総説	報告 資料 その他()
著 者 名			
連絡責任者 住所・氏名	〒 Tel. Fax. E-mail		
原稿枚数	本文:	枚	図版: 枚
	表:	枚	図・表の説明: 枚
			付表: 枚
	図:	枚	うち, カラー図・図版: 枚
別刷り部数		部 希望します。	
英文校閲の状況 (○をつける)	1. Native speaker の校閲を受けている 2. 英文校閲会社の校閲を受けている(会社名) 3. その他()		
その他の希望			

なお、「人と自然」に掲載された論文は、人と自然の博物館のホームページ(<http://hitohaku.jp/>)に掲載されます。写真等で個人情報を含む場合は、問題が生じないように事前に対策をお願いします。

重要なお知らせ

「人と自然」は20号(2009)をもって冊子体による出版・配布を終了しました。21号(2010)以降は電子版のみとなり、ホームページ

http://www.hitohaku.jp/research_collections/bulletins.html

から自由にダウンロードできるようになっています。なお「人と自然」20号(2009)の裏表紙でもお知らせしたように、英文誌「Nature and Human Activities」は12号(2007)を最終号とし、2008年からは「人と自然」と統合しました。したがって英文論文については、今後も引き続き和文論文とともに「人と自然」に掲載されます。

Important Notice

Our official journal "Humans and Nature", originally published as hard copies and distributed by post-mail from our library, was entirely converted to electronic publication, beginning with no. 21 in 2010. This and all subsequent issues can be freely downloaded from the journal's home page:

http://www.hitohaku.jp/research_collections/bulletins.html

As was already announced in 2009 on the back cover of "Humans and Nature" no. 20, the former English series "Nature and Human Activities" was ceased publication in 2007 with no. 12 and incorporated into "Humans and Nature" from 2008. Therefore, "Humans and Nature" now publishes articles in both Japanese and English.

「人と自然」第23号に投稿された論文・報告・資料は、以下の方々に審査についてご協力をいただきました。記して感謝いたします。

審査員（敬称略・アルファベット順）

遠藤菜穂子，広谷浩子，藤井俊夫，古谷 裕，小林文夫，三谷雅純，
宮崎ひろ志，太田英利，武田義明，田中里志，和田恵次

人 と 自 然 第23号

2012年12月25日 印刷

2012年12月25日 発行

発行 兵庫県立人と自然の博物館

〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目

発行部数 100部

印刷 ウニスガ印刷株式会社

Humans and Nature No. 23

Original Articles

- HATTORI, T., MINAMIYAMA, N., and KURODA, A.: Phytosociological system of the natural lucidophyllous forests in Japan 1
- UNO, T., UNO, M., and WADA, T.: Factors affecting occurrence and abundance of the ghost crabs (genus *Ocyropsis*) on several sandy beaches in Shinonsen-cho, Hyogo Prefecture, Honshu, Japan ... 31
- MATSUBARA, N., and SAKIYAMA, T.: Reexamination of "ancient ripple mark" designated as a prefectural natural monument, preserved in the Miocene gravel bed in Shimonohama, Kami-cho, Hyogo Prefecture based on facies analysis 39
- MAEHATA, T., and EZAKI Y.: Establishment of a stable local population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo* in Hyogo Prefecture 53

Reports

- MITANI, M.: An attempted exhibition-commentary system being understandable to persons with communication-disorders by the DAISY 61
- ISHIDA, H., TAKEDA, Y., SHIOTANI, T., and HATTORI, T.: Effect of sika deer (*Cervus nippon*) on a *Quercus acuta* forest on Mt. Yuzuruhasan, Awaji Island 69
- MIYAHARA, Y., TAKAHARA, Y., and KAMIUE, S.: Investigation of measures against hot summer for energy reduction and temperature stabilization in the New SUBARU Experimental building 81
- KINUGASA, J., ONUMA, H. KAWAKAMI, N., and KAKINOKI, S.: Records of three bat species captured in Mt. Hyonoson of Ohya-cho, Yabu City, Hyogo 95

Data

- KOBAYASHI, F., and WERNLI, R.: Late Jurassic to Early Cretaceous (Kimmeridgian to Barremian) foraminifers of the Southern Jura and Salève Mountains, France 101
- SUGAMORI, Y. and KOIZUMI, N.: Geochemical characteristics of mafic rocks in the Kunisaki Complex of the Ultra Tamba Terrane, Hyogo Prefecture, Southwest Japan 129

- Instructions for authors 137
- Form for submission 139