

孤立林における埋土種子相

藤 井 俊 夫

Soil Seed Banks of Fragmented Forests

Toshio FUJII

Abstract

The species composition of the soil seed banks of fragmented forests was examined in a hill area of the southern part of Sanda-city, Hyogo Prefecture. The forest vegetation of this area is composed of secondary forests dominated by *Quercus serrata* and *Pinus densifolia*. The soil seed banks of sixteen fragmented forests dominated by *Quercus serrata* were investigated in June 1994 and January 1995. Forty tree species and three liana species were observed in the seed banks (syzochores 36 species, anemochore 7 species). The most abundant seed bank species was *Eurya japonica* (evergreen small shrub) and also abundant was *Quercus serrata* (deciduous canopy tree). The number of buried seeds and the percentage of viable seeds varied between the two seasons. The average seed density of the 16 fragmented forests was 513 seeds/m²/5cm depth in June and 811 seeds/m²/5cm depth in January. The percentage of the viable seeds in the two seasons was 64% and 31%, respectively. Total numbers of buried seeds in each fragmented forest varied from 1913 to 13 seeds/m²/5cm depth. Sixty-two percent of seed bank species also appeared in the aboveground vegetation. Twenty-three species were common to both the vegetation and the buried seeds. Four gardening tree species were found among the buried seeds. Eighty-four percent of the buried seed species were bird-dispersed species. The number of species and the seed density of the buried seed banks varied among the 16 fragmented forests, but the proportion of species dispersed from outside decreased with increasing patch size of fragmented forest.

Keywords: fragmented forest, soil seed bank, patch size, synzoochory, anemochory, secondary forest.

はじめに

都市近郊では本来連続的であるはずの自然林が都市化の進行と開発により分断され、小さな島状の森林として残されてきた。このような斑状の樹林地は孤立林と呼ばれている(Curtis, 1956)。近年日本では、都市近郊のコナラやアカマツから構成される二次林を主体とする里山林が、開発により分断化されつつある。服部ほか(1994)はCurtis(1956)が小さく分断された自然林に対して用いた孤立林の概念を拡大し、ニュータウンの造成により公園やニュータウン周辺域に残された斑状の二次林も孤立

林と呼ぶことを提案した。

孤立林の地上植生に関する研究は多く、孤立林の面積や残存植生との距離と出現種数の関係を明らかにしたCurtis(1956)の研究や、林縁部構成樹種の種子が林内にもたらされる事によって、極相優占樹種の生育が抑制されるといった森林動態に関する研究(Ranny et al., 1981)がある。

浜端(1980)は都市化に伴う森林面積の減少によって林内草本層の種組成が変化し、林縁植物群落構成要素やソデ群落を構成する種類が増加していくことを明らかにした。石田ほか(印刷中)は孤立林面積の減少にともない、

好適湿性植物や希少種の減少や欠落が認められることを指摘し、最小動態面積として1500ha以上が必要であると述べている。

ところで孤立林には外部から様々な植物が侵入してることが指摘されている(山本, 1987)。侵入種の定着拡大に関する一例として、菅沼(1975)は照葉樹林において耐陰性の強いナギが分布を拡大しつつあることを報告している。また山本(1987)は森林の孤立化がもたらす様々な生態学的問題点について述べている。これらの研究では、孤立林の面積や孤立後の経過時間に伴う森林の種組成や構造の変化が明らかにされてきた。

森林の更新過程では、母樹から散布された種子はすぐに発芽、成長するものも見られるが、一部の種子は土壌中に休眠状態で蓄えられ、埋土種子集団を形成する(Harper et al., 1965, 林・沼田, 1966)。孤立林の動態についても地上植生を構成する植物種の個体群動態とともに、孤立林外からの種子供給や林床に存在する埋土種子集団の研究も孤立林の今後の推移を予測する上で有益な情報を与えるものと考えられる。孤立林における散布種子は井手ほか(1994)により研究され、外部からの種子供給については、そのほとんどが鳥散布果実によるものであることが報告されている。また仲・岩本(1984)は孤立した社寺林における埋土種子の研究で埋土種子密度は自然林と比べて低い、動物散布種子が多くみられたことを報告している。本研究ではニュータウン造成により分断孤立化した、コナラおよびアカマツの優占する林分を対象に埋土種子集団の種構成を明らかにし、残存林面積や地上植生の組成が埋土種子の種組成に与える影響について考察した。

方 法

兵庫県三田市南部から神戸市北部にかけて広がる丘陵地にはアカマツやコナラを主体とした森林が成立している。この丘陵地は都市近郊に位置していることから1960年代後半からニュータウン造成がはじまり、森林の分断と孤立化が進んでいる。三田市南部の丘陵地(34°53' N, 135°12' E, 標高200m)に造成されたニュータウンであるフラワータウン(340ha)ではこの様な分断された森林が公園の一部やニュータウン周辺域の緑地として孤立的に残されている。この孤立林からコナラの優占する樹林地16地点を調査対象に選び、孤立林の面積の測定、植生調査、毎木調査、埋土種子の調査を行った。調査地点の概要については服部ほか(1994)に詳しく述べられているので省略する。

植生調査は1調査地点につき10m四方の調査区を1区設置し、植物社会学的調査を行った。毎木調査は同じ調査区において樹高2.5m以上の樹木について行った。地上

植生の全出現種は植生調査表に記載されたリストおよび毎木調査で出現した種類を総合して作成した。

埋土種子集団に出現する種数は分析に用いる土壌の量によって変動することが知られており、試料が20リットル以上あれば試料中に含まれる種子の種類数が頭打ちになり、深さ10cmより深い土壌中の種子は地表面から5cmまでの部分に見られる種子総数の1割以下であることが報告されている(Nakagoshi, 1984b)。

試料採集方法の検討のため、予備調査を1調査区(調査区No.5: 孤立林の面積6100m²)で1994年6月に行った。孤立林に10m四方の枠をはり、その四隅、四辺の中央、枠の中心の合計9ヶ所において、表面積80cm²、深さ5cm(容量400ml)の円筒型の土壌採取器を用いて、1採取点当たり4試料を採取した。また深さ5cmから10cmまでの試料も併せて採取し、合計72個(28.8リットル)の土壌試料を得た。この試料を0.425mmメッシュのふるいで洗い出し、種子を選別した。これらの試料をもとに埋土種子の土壌中の垂直分布と採集地点間の種組成のばらつきを検討した。

実際の埋土種子の調査は各々の孤立林において服部ほか(1994)で設定した10m四方の毎木調査区の四隅と中央の計5ヶ所(以下、採取点と呼ぶ)で表面積80cm²、深さ5cm(容量400ml)の円筒型の土壌採取器を用いて1採取点につき2試料を採取した。各調査区につき合計4リットルの土壌を採取したことになる。土壌試料の採取は前年の落下種子などからの発芽が終ったと考えられる1994年6月17日と、その年の種子散布が終了したと考えられる1995年1月13日の2回行った。

採取した土壌試料は研究室に持ち帰り、風乾させた後、0.425mmメッシュのふるいで洗いだし、実体顕微鏡を用いて種子の種類ごとに選別した。選別した種子はソフトX線撮影を行い、中身が充実しているものと、中空の種子とに区別し、計数した。埋土種子のうち木本植物とツル植物については石川(1994)を参考にして同定を行ったが、草本植物は同定が困難なため、未同定のまま一括して扱い、表中には不明として記している。木本植物でも種まで同定出来ない種子が数種類あり、これらは属までの同定にとどめて示した。属までしか同定出来なかったものにはタチバナモドキ属、キイチゴ属、ムラサキシキブ属の3分類群であった。他の種子は周辺の植物相と比較しながら、この地域でみられる可能性のある種類と対応させて種類の同定作業を行った。

結 果

埋土種子採取方法の評価

地上植生を調査した10m四方の方形区から得られた72個(9ヶ所・2深度・4試料)の試料を解析に用いた。まず深

さ別にみた場合、5cmより深い下層の試料からは36試料中5試料で合計5種子が出現したのに対し、5cmより浅い上層の試料からは36試料のすべてに種子がみられ、合計212個の種子が得られた。従って深さ5cm未満の土壤中に全体の98%の種子が含まれていた。次に上層の試料について、9採取点の試料採取地点間での出現種の比較を行った。中央と四隅の5採取点(実際の調査で用いた採取点)で得られた埋土種子相は全体の9採取点で得られた試料中の埋土種子相をすべて含んでいた。また各採取点で得られた4試料間の埋土種子相の比較を行うと、4試料のうち無作為に2試料を抽出したときの埋土種子の出現種数が4試料の出現種の9割以上に相当した。

以上のことから今回の調査では深さ5cmより浅い部分の土壤を、1調査地点につき5採取点から各々2試料を採取し、合計10試料を分析することにより、調査区内の埋土種子相のかなりの部分を把握することが可能ことがわかった。この調査が孤立林全体の埋土種子相を反映できているのかについては問題も残されているが、服部ほか(1994)の地上植生のデータと対応させるものとして0.425mmメッシュで選別された木本植物とツル植物の大型種子を用いて解析を行うことにした。

孤立林全体における埋土種子相

調査対象とした16地点の孤立林から抽出された木本植物およびツル植物の種子は初夏および冬季の2季節をあわせて、43種にのぼった(表1)。針葉樹ではアカマツ、ヒノキの2種が、常緑広葉樹ではアラカシ、クスノキ、サカキ、ヒサカキ、タチバナモドキ属、イヌツゲ、クロガネモチ、ソヨゴ、モチノキ、ネズミモチの10種が出現した。落葉樹ではアカシデ、コナラ、クリ、アキニレ、エノキ、ヒメコウゾ、コブシ、ウワミズザクラ、ヤマザクラ、キイチゴ属、ネムノキ、ナンキンハゼ、イヌザンショウ、カラスザンショウ、センダン、ヌルデ、ウリカエデ、アワブキ、ツリバナ、ヤマボウシ、コシアブラ、タラノキ、エゴノキ、タンナサワフタギ、クサギ、ムラサキシキブ属、コバノガマズミ、コウヤボウキの28種、ツル植物ではアオツヅラフジ、アマヅル、キカラスウリの3種が出現した。上記の43種以外でリュウブ、アセビ、ツツジ属(ヤマツツジ、モチツツジ、コバノミツバツツジなど)の果実断片が試料中より得られている。これらの種子は非常に小さく、種子を完全に選別できていないと考えられるので、今回の解析では扱わなかった。

全出現種子のうち、中身が中空または若いうちに落下した果実で、発芽の可能性のない種子しか得られなかった種類はアカシデ、エノキ、キイチゴ属、イヌザンショウ、センダン、ツリバナ、クサギ、アラカシ、クスノキの9種であった。

埋土種子43種のうち、風散布種子はアカマツ、ヒノキ、

表1. 孤立林に出現した埋土種子.

科名	生活型	和名	学名	散布型
マツ	C	アカマツ	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	A
ヒノキ	C	ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i> (Sieb. et Zucc.) Endl.	A
カバノガマズミ	D	アカシデ	<i>Carpinus laxiflora</i> (Sieb. et Zucc.) Bl.	A
ブナ	D	クリ	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	S
アノキ	E	アノキ	<i>Quercus glauca</i> Thunb. ex Murray	S
アノキ	D	コナラ	<i>Quercus serrata</i> Murray	A
ニレ	D	アキニレ	<i>Ulmus parvifolia</i> Jacquin	S
ニレ	D	エノキ	<i>Celtis sinensis</i> Pers. var. <i>japonica</i> (Planch.) Nakai	S
クワ	D	ヒコクワ	<i>Broussonetia kazinoki</i> Sieb.	S
コブシ	D	コブシ	<i>Magnolia praecoccisima</i> Koidz.	S
クスノキ	E	クスノキ	<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl	S
ツヅラフジ	L	アオツヅラフジ	<i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC.	S
サカキ	E	サカキ	<i>Cleyera japonica</i> Thunb.	S
ヒサカキ	E	ヒサカキ	<i>Eurya japonica</i> Thunb.	S
バラ	D	ウワミズザクラ	<i>Prunus grayana</i> Maxim.	S
バラ	D	ヤマザクラ	<i>Prunus jamasakura</i> Sieb. ex Koidz.	S
バラ	D	キイチゴ属	<i>Rubus</i> spp.	S
バラ	E	タチバナモドキ属	<i>Pyraecantha</i> spp.	A
マメ	D	ヒノキ	<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	S
トウモロコシ	D	ナンキンハゼ	<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb.	S
ミソ	D	カラスザンショウ	<i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Sieb. et Zucc.	S
ミソ	D	イヌザンショウ	<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb. et Zucc.	S
センダン	D	センダン	<i>Melia azedarach</i> L. var. <i>subtripinnata</i> Miq.	S
ウリカエデ	D	ヌルデ	<i>Rhus javanica</i> L. var. <i>roxburghii</i> (DC.) Rehder et Wils.	S
アノキ	D	ウリカエデ	<i>Acer crataegifolium</i> Sieb. et Zucc.	A
アワブキ	D	アワブキ	<i>Meliosma myriantha</i> Sieb. et Zucc.	S
イチブキ	E	イチブキ	<i>Ilex crenata</i> Thunb.	S
ソヨゴ	E	ソヨゴ	<i>Ilex pedunculosa</i> Miq.	S
コブシ	E	コブシ	<i>Ilex rotunda</i> Thunb.	S
コブシ	E	コブシ	<i>Ilex integra</i> Thunb.	S
コシアブラ	D	コシアブラ	<i>Euonymus oxyphyllus</i> Miq.	S
アノキ	L	アノキ	<i>Vitis saccharifera</i> Makino	S
クサギ	L	クサギ	<i>Trichosanthes kirilowii</i> Maxim. var. <i>japonica</i> (Miq.) Kitam.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Benthamedia japonica</i> (Sieb. et Zucc.) Hara	S
クサギ	D	クサギ	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i> Fr. et Sav.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seemann	S
クサギ	D	クサギ	<i>Syrax japonica</i> Sieb. et Zucc.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Symplocos coreana</i> (Lev.) Ohwi	S
クサギ	E	クサギ	<i>Luogstrum japonicum</i> Thunb.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Calliandra</i> spp.	S
クサギ	D	クサギ	<i>Viburnum erosum</i> Thunb. ex Murray	S
クサギ	D	クサギ	<i>Perya scandens</i> (Thunb.) Sch. Bip.	A

生活型：生活型を表す (C:針葉樹, D:落葉樹, E:常緑樹, L:ツル植物)。
 散布型：種子の散布形態を表す (A:風散布, S:動物散布)。
 種類の配列はエングラウ体系。

アカシデ、アキニレ、ネムノキ、ウリカエデ、コウヤボウキの7種で、全出現種数の16%と低く、動物散布種子(ブナ科果実の落下後の二次的動物散布種子も含める)は36種(84%)と高率を示した(表1)。

調査区で出現した埋土種子のうち、明らかに植栽種起源であると考えられる種子はコブシ、ナンキンハゼ、タチバナモドキ属の3種で、このうちタチバナモドキ属の種子が6調査区で出現した。この他にも植栽由来の個体から散布された可能性のあるものとして、ヒノキ、クスノキなどがあげられる。

埋土種子相の季節性

季節別にみると6月に採取した試料からは針葉樹1種、落葉広葉樹12種、常緑広葉樹8種、ツル植物2種の計23種が出現している(附表1, 附表2)。種子数の最も多いのはヒサカキで、次いで初夏に果実が熟するヒメコウゾが多く出現した。これらの種類は小さな種子を一つの果実内に多数隠らせ、鳥によって種子を運んでもらう鳥散布植物であった。ヤマザクラ、タンナサワフタギなど、他の鳥散布植物の種子はヒサカキやヒメコウゾに比べると、比較的大きく、埋土種子数も上記の2種に比較して少なくなっている。6月の埋土種子から植栽種起源と考えられる植物を探すと、ナンキンハゼ、クスノキ、タチバナモドキ属の3種類が6調査区で認められた。これらは街路樹や公園樹として良く植えられており、鳥散布果実をつ

けることから、孤立林周辺の植栽木から飛来したものと考えられる。アラカシ、クスノキ、ヌルデ、ウリカエデの4種は6月には中空の種子しか認められなかった。ブナ科植物やカエデ科の種子は乾燥に弱く、比較的短命であるため、埋土種子として残りにくい可能性がある。

種子散布の季節が終わったと考えられる1月に採取した試料からは針葉樹2種、常緑広葉樹8種、落葉広葉樹26種、ツル植物2種の計38種が出現した(附表3, 附表4)。出現頻度の最も高い種類は6月と同様にヒサカキであったが、種子数でみると冬季の方が初夏に比べて少ない。次に多く出現したのはコナラ、ソヨゴで、6月と比べると果実が秋に熟する植物の種子が新しく加わっていた。アカシデ、エノキ、カラスザンショウ、センダン、ツリバナ、エゴノキ、タンナサワフタギ、クサギ、キカラスウリの9種は中空の種子のみが出現した。冬季の埋土種子集団で風散布の種類はアカマツ、ヒノキ、アカシデ、アキニレ、ネムノキ、ウリカエデ、コウヤボウキの7種類と、初夏の3種類に比べて大幅に増加している。

季節によって出現する埋土種子相は大きく変化し、6月に観察されたヤマボウシ、ネズミモチ、アオツヅラフジの3種類は1月の試料中には見られなかった。また1月の試料に存在し、6月の試料に見いだされなかった種子は、アカシデ、エノキ、アキニレ、コブシ、ウワミズザクラ、イスザンショウ、アワブキ、ツリバナ、タラノキ、ムラサキシキブ属、サカキ、モチノキ、キカラスウリの13種類に上る。これらはいずれも秋から冬にかけて果実が熟する種類であった。初夏と冬の両季節ともに中空の種子しか得られなかったものはアカシデ、エノキ、クスノキ、キイチゴ属、カラスザンショウ、センダン、クサギの7種であった。

それぞれの季節から得られた充実種子のうち、両季節

に共通して出現した種子はアカマツ、ヒメコウゾ、ヤマザクラ、ネムノキ、ナンキンハゼ、コシアブラ、コバノガマズミ、ヒサカキ、タチバナモドキ属、イヌツゲ、ソヨゴ、クロガネモチ、アマヅルの13種類であった。このうちヤマザクラやモチノキ科に属するイヌツゲやソヨゴ、クロガネモチは内果皮が木質化し、核果と呼ばれる果実をつける種類であるため、埋土種子として残り易いと考えられる。

6月の試料採取時点で種子数(充実種子と中空種子の合計で計算)が多いのはヒサカキ(358個/m²/5cm: 全調査区の平均値, 以下同様)、ソヨゴ(36個/m²/5cm)、アマヅル(22個/m²/5cm)となっており、ヒサカキの埋土種子集団が非常に多くなっていた(図1a)。同様に1月の試料ではヒサカキ(424個/m²/5cm)、ソヨゴ(227個/m²/5cm)、コナラ(121個/m²/5cm)が高密度で出現した(図1b)。図1aと図1bの埋土種子数を比較するとヒサカキの種子数は季節的にあまり変化していないが、他の種類は季節によって大きく変動していた。図1のaとbで埋土種子数の多い上位10種類について比較すると順位の入替わりがあるが、8種類までが共通している。共通している種類はアカマツ、ヒメコウゾ、ヒサカキ、タチバナモドキ属、ヤマザクラ、ソヨゴ、アマヅル、エゴノキの8種類であった。

ヒサカキに次いで埋土種子数が多いソヨゴは1月の試料には6月の6倍以上の種子が含まれていた。これは埋土種子集団に種子が新しく供給されたことを示している。6月と1月の埋土種子数で特に変動が激しいのがコナラで、1月にしか種子が出現しなかった。

埋土種子密度と充実率

充実種子、中空種子を合計した全埋土種子数を計算す

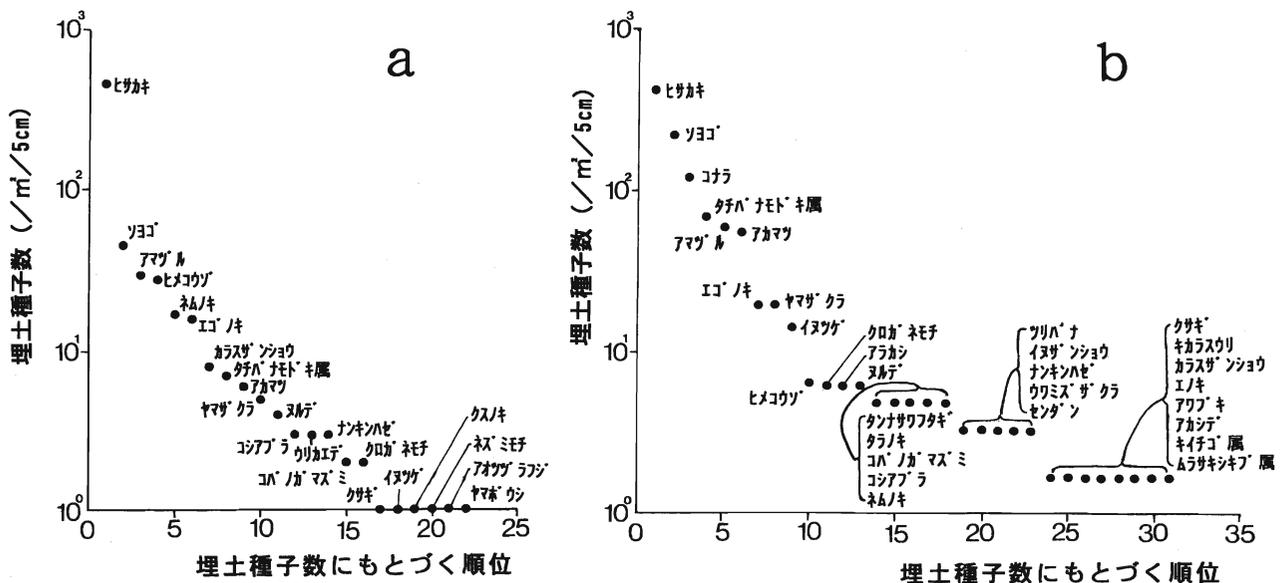


図1. 埋土種子数と順位の関係. a:6月の埋土種子数, b:1月の埋土種子数. 埋土種子数は充実種子数と中空種子数の合計.

表2. 各調査区における平均埋土種子密度.

調査区	1994年6月				1995年1月			
	充実種子 (/m ² /5cm)	中空種子 (/m ² /5cm)	合計 (/m ² /5cm)	充実率 (%)	充実種子 (/m ² /5cm)	中空種子 (/m ² /5cm)	合計 (/m ² /5cm)	充実率 (%)
No. 1	188	100	288	65.2	100	225	325	30.8
No. 2	375	138	513	73.2	325	650	975	33.3
No. 3	1025	350	1375	74.5	150	225	375	40.0
No. 4	213	225	438	48.6	150	263	413	36.4
No. 5	225	475	700	32.1	125	1488	1613	7.8
No. 6	163	50	213	76.5	175	188	363	48.3
No. 7	313	63	376	83.3	463	588	1051	44.0
No. 8	113	188	301	37.5	200	475	675	29.6
No. 9	113	50	163	69.2	200	75	275	72.7
No. 10	300	163	463	64.9	625	1488	2113	29.6
No. 11	1038	263	1291	79.8	213	188	401	53.1
No. 12	550	413	963	63.8	300	463	763	39.3
No. 13	500	313	813	61.5	650	1913	2563	25.4
No. 14	88	13	101	87.5	38	63	101	37.5
No. 15	25	13	38	66.7	38	125	159	23.1
No. 16	63	113	176	35.7	225	600	825	27.7
平均	330.5	182.8	513.3	64.4	248.4	563.3	811.1	30.6
標準偏差	300.1	139.9	396.8		179.7	550.0	693.0	
変動係数	90.9	76.4	77.3		72.4	97.6	85.4	

ると1月では811/m²/5cmで、6月では513/m²/5cmとなり、冬季の埋土種子数が多い(表2)。これは調査地には秋に果実が熟して散布される植物が多く生育していることに起因していると思われる。しかし充実種子密度は6月が330/m²/5cmで1月が248/m²/5cmとなり、6月のほうが高くなっている。このため全調査区の埋土種子集団の充実率を季節別に算出して比較すると、6月には平均で64%が充実していたのに対して、1月では31%に減少していた(表2)。充実率の季節変化は、調査区すべてを通じて埋土種子数が多かったヒサカキの充実率の変動が大きく影響していると考えられた。

図2は調査地における埋土種子の出現種数(6月と1月の合計値から算出)を3類型に区分して、調査区の面積別にみたものである。図2aでは6月と1月の2季節で出現した埋土種子の種数と孤立林の面積との関係を示した。この図から孤立林面積が増加すると埋土種子の種数も増加傾向を示すが、孤立林面積が10000m²を越えると減少傾向を示している。

図2bは孤立林の地上植生に見られず、埋土種子のみ

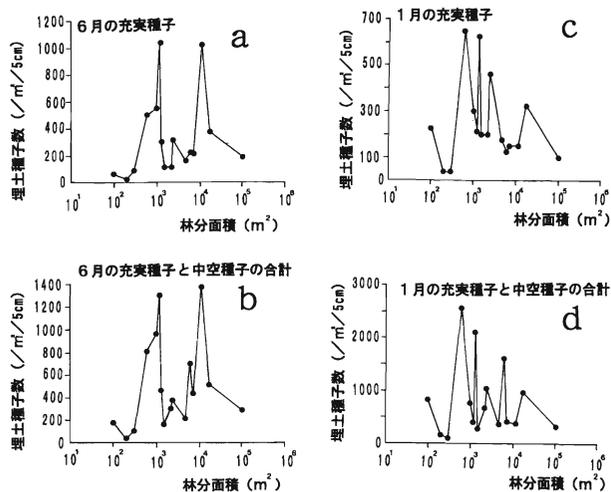


図3. 林分面積と充実種子数および全種子数の関係.

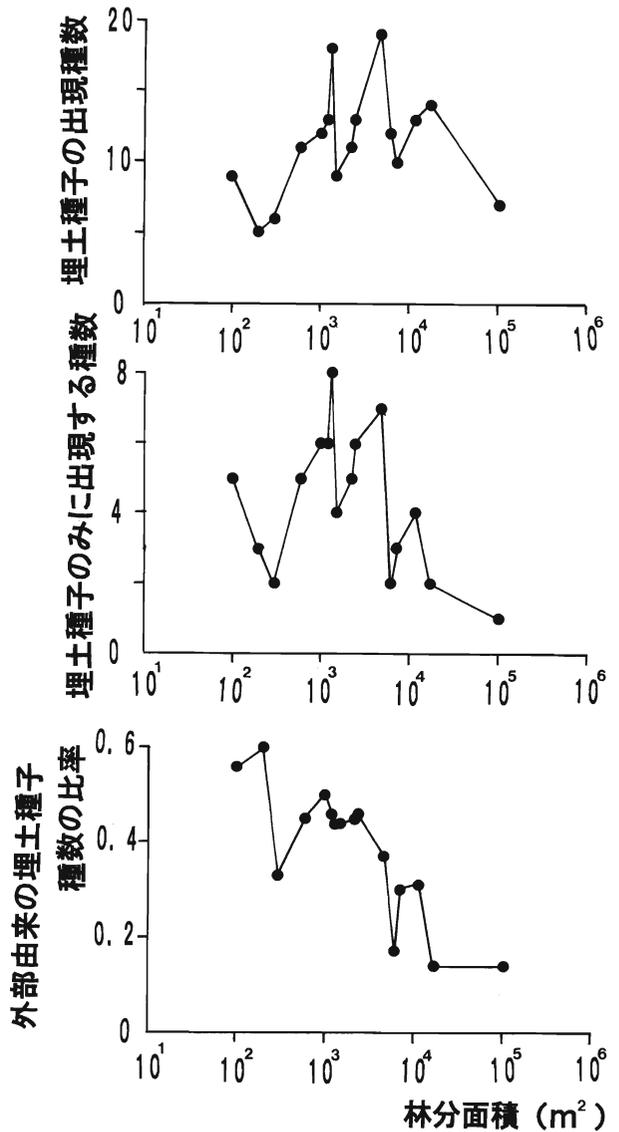


図2. 林分面積と埋土種子の関係 a:埋土種子の出現種数. b:地上植生に現れず、埋土種子だけに出現した種類数. c:埋土種子だけに出現した種類の全埋土種子数に対する比率.

に出現した種数を示した。図2aと同様に面積の増加とともに種数は増加し、10000m²を越えると減少傾向を示した。

図2cには埋土種子数の中に占める、地上植生に出現しない種数の比率を表した。孤立林の面積が増加すると、その林分が孤立化する以前から蓄積されていたか、または外部から鳥や風によってもたらされた種の比率が減少している。従って孤立林の面積の増加とともに埋土種子が地上植生に依存する割合が増えているものと考えられる。

図3は6月と1月の埋土種子数を充実種子と中空種子の合計および、充実種子について表したものである。総種子数、充実種子数ともに孤立林間のばらつきが大きく、孤立林面積との間には明確な関係は得られなかった。

考 察

孤立林と自然林の埋土種子

2回の調査で出現した埋土種子の総種数は43種になり、充実種子と中空種子を併せた種子密度は平均で662.2/m²/5cm(表2の6月の種子数(513.3)と1月の種子数(811.1)から算出、以下同様)、充実種子密度は289.5/m²/5cm存在した。埋土種子の種組成や、密度は地上に成立する植生や群落の成熟度によって変動することが報告されており(Nakagoshi, 1984a)、また試料を抽出する際の精度にも影響を受けるため単純に比較できないが、広島のアカマツの二次林の研究によると木本植物の埋土種子が40種類程度出現し、種子密度はツツジ類などの微細な種子をつける木本と草本植物を除外して計算すると420/m²/10cmであった(Nakagoshi, 1984b)。同様に微細種子を除いた木本のみを抽出してブナ林についてみると、42種、320/m²/10cm、ミズナラ林51種、570/m²/10cm、スギ植林35種、1420/m²/10cm(Nakagoshi, 1984a)、照葉樹林21種、18000/m²/5cm(Naka and Yoda, 1984)、照葉樹林の孤立林(社叢林)では27種、2200/m²/5cm(仲・岩本, 1984)の値が得られている。森林タイプの違いにより埋土種子数が変動しているが、Naka and Yoda(1984)が照葉樹林で行った研究で埋土種子数が極端に高くなっているのは、9割近くを占めるヒサカキの種子数に依存しているためである。

ヒサカキを除外して各森林の埋土種子数を比較し直すと照葉樹林が2000/m²/5cm、照葉樹林の孤立林(社叢林)で1800/m²/5cmの値が得られた。今回の孤立林で得られた値は333/m²/5cmとなり、照葉樹林の孤立林に比べてかなり低い値になっている。コナラ林での埋土種子密度は研究例が無いため比較できないが、照葉樹林での研究例から推定すると(自然林で2000/m²/5cmであったのが孤立林で1800/m²/5cmに減少)孤立化によって埋土種子密度が1割以上減少していると考えられる。

地上植生と埋土種子

この地域の構成種を孤立林での出現パターンによって区分すると、孤立林の面積の大小に関わらず出現する普遍種群(アカマツ、アラカシ、ヒサカキ、イヌツゲ、ソヨゴ、コナラ、クリ、ウワミズザクラ、ネムノキ、ウリカエデ、ヤマボウシ、コシアブラ、エゴノキ、コバノガマズミ、アマツルの15種類)、面積の小さい孤立林で出現頻度が減少する漸減種群(タンナサワフタギ)、面積の小さい孤立林には欠落する減少種群(サカキ、モチノキ、ネズミモチ、アカンデ、ヤマザクラ、ツリバナ、ムラサキシキブ属の6種)の3タイプが認められるという(服部ほか, 1994)。次に地上植生と埋土種子の出現様式を比較した(図4)。埋土種子ではアカマツ、コナラ、ヒサカキ、

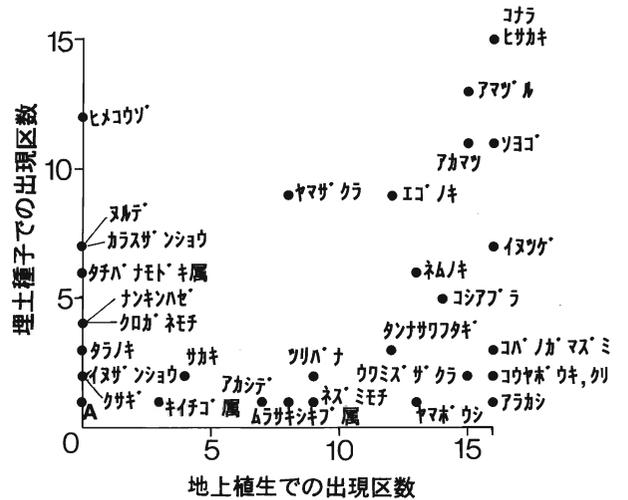


図4. 地上植生と埋土種子での出現区数の関係。 図中のA: アオツラフジ、アワブキ、エノキ、キカラスウリ、センダン、ヒノキ、アキニレ、コブシ、クスノキ、ウリカエデ、モチノキ

ヒメコウゾ、ソヨゴ、アマツルが10調査区以上で出現し、ヒメコウゾを除く他の4種類が服部ほか(1994)で挙げられた普遍種群に相当した。地上植生で10調査区以上に出現している種類で、埋土種子としてはあまり出現しない種類はイヌツゲ、ネムノキ、コシアブラ、コバノガマズミ、タンナサワフタギ、クリ、ウリカエデ、ツリバナ、コウヤボウキ、アラカシ、ウワミズザクラ、ヤマボウシ、ネズミモチ、モチノキ、ムラサキシキブ属の15種類であった(表3と図4)。これらの埋土種子の出現頻度が低かったのは、上記の5種に比べて調査区内の個体数が少なく、種子生産を行う段階まで成熟したものが少なかったためかも知れない。

図4の縦軸付近に集中して見られる種類は風や鳥によって種子が広域的に散布される植物で孤立林外から供給されたと考えられる。ヒメコウゾ、スルデ、カラスザンショウ、タチバナモドキ属、ナキンハゼ、クロガネモチ、タラノキなどで、これらのうちの多くが先駆性植物であった(表3)。

孤立林の埋土種子には孤立林に生育していない外来植物の種子も多数認められた。井手ほか(1994)が指摘しているように、孤立林の周辺に植えられた植栽植物から、孤立林内への種子の流入がみられた種類はコブシ、ナキンハゼ、タチバナモドキ属の3種類で、いずれも鳥散布果実であった。このような植栽種起源の埋土種子は孤立林の面積とは無関係に出現した。これは孤立林の周辺に種子の供給源となる母樹が植えられているかどうかによるものと思われる。Ranny et al(1981)は林縁部に生育する樹種の種子生産が孤立林内の植生に影響を与えると指摘しており、孤立林の面積ばかりでなく、その形状や林縁部の広がりによって周辺から供給される種子が変わり、埋土種子相が変化する事も考えられる。

ある。また山本(1987)が指摘しているように、孤立林を将来的にどのような林として維持するのかによって管理の方法も変わってくる。埋土種子についても林床の管理の仕方やそこに成立する森林の形態などによって蓄積される埋土種子相や、発芽してくる実生・稚樹にも影響が出ることは十分予想される。今回の調査では孤立林の面積が小さいと孤立林外からもたらされたと考えられる埋土種子の比率が増加していくことが明かとなった。このことは林分の今後の動態の予測に埋土種子に関する情報が不可欠であることを示している。今後は現在成立している植生ばかりでなく、埋土種子や周辺の環境などの総合的な情報に基づいて孤立林の管理手法を開発していく必要がある。

謝 辞

本研究を行うにあたり、三田市フラワータウンの公園や緑地の調査については兵庫県北摂整備局新都市部のみなさまに便宜をはかって頂きました。厚くお礼申し上げます。本研究は人と自然の博物館総合共同研究「公園都市研究」の一貫として行いました。

文 献

- Curtis, J. T. (1956) The modification of midlatitude grasslands and forests by man. In Thomas, W. L. (ed.) *Man's role in changing the face of the earth*, 721-736, Univ. of Chicago Press.
- 浜端悦治(1980)都市化に伴う武蔵野平地部二次林の草本層種組成の変化—都市近郊の森林植生の保全に関する研究 I—。日本生態学会誌, **30**, 347-358.
- 浜田 拓・倉本 宣(1994)実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究及びその植生管理への応用。ランドスケープ研究, **58**(1), 76-82.
- Harper, J. L. (1977) *Population biology of plants*. 892pp. Academic Press, London.
- 服部 保・上甫木昭春・小館誓治・熊懷恵美・藤井俊夫・武田義明(1994)三田市フラワータウン内孤立林の現状と保全について。造園雑誌, **57**(5), 217-222.
- 林 一六・沼田 真(1966)遷移からみた埋土種子集団の解析IV。マツ過熟林とスダジイ極相林(予報)。自然教育園の生物群集に関する調査報告1, 62-71.
- Hunter, M. L. (1990) Ilands and fragments. In Hunter, M. L. (1990) *Wildlife, forests, and forestry*. Prentice Hall Career & Technology, 115-138.
- 井手 任・原田直國・守山 弘(1994)孤立二次林における種子供給が下層植生に与える影響。造園雑誌, **57**(5), 199-204.
- 石田弘明・服部保・武田義明・小館誓治(1997)兵庫県南東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(印刷中)。
- 石川茂雄(1994)原色日本植物種子写真図鑑。石川茂雄図書刊行委員会。東京, 328p.
- 仲 和夫・岩本武士(1984)孤立した林の埋土種子に関する研究。水野壽彦教授退官記念誌。270-276.
- Naka, K and Yoda, K. (1984) Community dynamics of evergreen broadleaf forests in southern Japan. II. Species composition and density of seeds buried in the soil of a climax evergreen oak forest. *Bot. Mag.* **97**:61-79. Tokyo.
- Nakagoshi, N. (1984a) Buried viable seed populations in forest communities on the Hiba mountains, southern Japan. *Journal of Science of the Hiroshima University*. Ser. B, Div. 2, 19:1-56.
- Nakagoshi, N. (1984b) Ecological studies on the buried viable seed population in soil of the forest communities in Miyajima Island, southwestern Japan II. *Hikobia*. Hiroshima, Japan, 9, 109-122.
- 中根周歩・根平邦人・中越信和・高松修治(1983)アカマツ林の山火跡地における植生回復。V. 播種(主に牧草類)の影響について。広島大学総合科学部紀要IV(基礎・環境科学研究)。8, 111-126.
- Pickett, S. T. A. and McDonnell, M. J. (1989) Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. In Leck, M. A., Parker, V. T. and Simpson, R. L. (eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, Inc., 123-148.
- Ranny, J. W., Brunner, M. C., and Levenson, J. B. (1981) *Forest island dynamics in man-dominated landscapes*. Springer Verlag, 67-95.
- Simpson, R. L., Leck, M. A., and Parker, V. T. (1989) Seed banks: General concepts and methodological issues. In Leck, M. A., Parker, V. T. and Simpson, R. L. (eds.), *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, Inc., 3-8.
- 菅沼孝之(1975)春日大社境内の植生(予報)とナギの生態学的特性について。昭和45年度春日大社境内原生林調査報告-植物・動物-(財)春日顕彰会。5-10.
- 梅原徹・永野正弘(1997)土を撒いて森をつくる。保全生態学研究, **2**(1), 9-26.
- 山本進一(1987)孤立林のダイナミクス。生物科学, **39**(3), 121-126. 岩波, 東京。

(1996年5月31日受付)

(1997年9月12日受理)

附表1. 孤立林の充実埋土種子数(/m²・5cm) (1994年6月17日採取).

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16
孤立林の面積(m ²)	102,700	17,200	11,500	7,200	6,100	4,700	2,400	2,200	1,500	1,300	1,200	1,000	600	300	200	100
種名・属名 生活型																
アカマツ C		13±25														
ヒメコウジ D		13±25	63±125				13±25				63±79	75±61	38±50			
ヤマザクラ D				13±25												
ネムノキ D		13±25	63±125				25±50								13±25	
ナキンハゼ D												13±25				
カラスザンショウ D							13±25		13±25		13±25				13±25	
ヤマボウシ D					13±25											
コシアブラ D		25±31								13±25						
エゴノキ D		50±100						13±25				13±25				
タンサワアケビ D		13±25														
コハナカズミ D																25±50
ヒサキ E	188±172	238±165	888±1109	188±198	150±219	125±97	263±322	100±146	100±146	188±190	938±1518	400±648	463±418	38±50		50±100
タチバナモドキ属 E										25±31		13±25		13±25		
イヌツゲ E											13±25					
ソヨゴ E			25±50		38±75					13±25						
クロガネモチ E												25±31				
ネズミモチ E			13±25													
アオツグラフジ L										13±25						
アマツル L		13±25			13±25					13±25						13±25
不明				13±25	25±31	13±25				13±25	13±25	13±25		13±25		
合計	188±172	375±153	1025±1123	213±192	225±211	163±94	313±319	113±150	113±140	300±228	1028±1544	550±790	500±446	88±64	25±50	63±97

生活型：生活型を表す (C:針葉樹, D:落葉樹, E:常緑樹, L:ツル植物) . 土壌試料 (表面積:80cm², 深さ:5cm, 10試料)
 数値は5採取点の平均値と標準偏差を示す.

附表2. 孤立林の中空埋土種子数(/ $\text{m}^3 \cdot 5\text{cm}$) (1994年6月17日採取).

孤立林の面積 (m^2)	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16
種名・属名	生活型															
アカマツ		50±47							13±25							
ヒメコウジ				13±25		13±25				13±25			13±25			
ヤマザクラ					25±31					13±25	13±25					
ネムキ				75±121		13±25				13±25						
ナンキンハゼ											13±25		13±25			
カスザンシヨウ				13±25		13±25							13±25			13±25
双テ		13±25	25±50										13±25			
ウリカエデ		38±75														
エゴノキ			13±25					50±100		13±25	25±50	25±31				
アラカシ																
クスノキ			13±25													
ヒサカキ	75±100		138±187	163±236	138±121	13±25	50±61	50±61	13±25	38±75	213±295	313±625	200±174	13±25		38±50
クハナモトキ属						13±25						25±50				
ソコ	13±25	25±50	38±75		275±339			63±125	25±50							63±97
アマツル	13±25		13±25	38±50	25±50		13±25	13±25		75±100		50±73	63±97			
不明		13±25	38±50					13±25							13±25	
合計	100±102	138±100	350±323	225±219	475±452	50±47	63±56	188±194	50±47	163±192	263±267	413±675	313±213	13±25	13±25	113±170

生活型：生活型を表す。(C:針葉樹, D:落葉樹, E:常緑樹, L:ツル植物). 土壌試料(表面積:80 cm^2 , 深さ:5cm, 10試料).
 数値は5採取地点の平均値と標準偏差を示す.

附表3. 孤立林の充実埋土種子数(/m²・5cm) (1995年1月13日採取).

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	
孤立林の面積(m ²)	102,700	17,200	11,500	7,200	6,100	4,700	2,400	2,200	1,500	1,300	1,200	1,000	600	300	200	100	
種名・属名	生活型																
アカマツ	C	13±25		13±25	13±25						13±25				13±25		
ヒノキ	C							125±112									
クワ	D		13±25			38±75											
コナラ	D	113±108	25±31	50±61	13±25	13±25	300±165	13±25	75±47	50±47	113±61	125±40			25±31	188±268	
アキニレ	D							13±25									
ヒメコウゾ	D			13±25			13±25		13±25	50±61						13±25	
コブシ	D									13±25							
ウツミズザクラ	D															13±25	
ヤマザクラ	D				13±25	13±25											
ネムノキ	D	13±25								13±25							
ナンキンハゼ	D							38±75									
イヌザンショウ	D												38±75				
スズナ	D	13±25					25±31				25±31						
ウリカエデ	D	25±50	25±50														
アヲブキ	D				13±25												
コシアブラ	D	13±25				25±31					13±25						
クワノキ	D											13±25					
ムラサキシブキ属	D											13±25					
コバノガマズミ	D															13±25	
コウヤボウキ	D					13±25										13±25	
アラカシ	E												50±47				
サカキ	E					13±25		13±25									
ヒサキ	E	100±102	125±163	50±47	63±40	25±50	25±50	75±61	38±75	38±50	150±31	25±50		375±271	13±25		
クワノキ属	E										188±125	13±25	50±47				
イヌツグ	E			13±25			13±25										
モミ	E				13±25												
ソコ	E												13±25			13±25	
クワノキ	E				13±25	13±25				50±47		25±31					
アマツル	L	13±25	13±25				13±25	13±25	13±25	13±25		13±25	13±25				
不明			13±25		25±50	26±50	13±25		13±25	113±225		63±97	163±275				
合計		113±47	325±165	150±64	150±109	125±40	175±108	463±94	200±150	200±121	625±172	213±94	300±134	650±315	38±50	38±31	225±270

生活型：生活型を表す(C:針葉樹、D:落葉樹、E:常緑樹、L:ツル植物)。土壌試料(表面積:80cm²、深さ:5cm、10試料)。数値は5採取地点の平均値と標準偏差を示す。

附表4. 孤立林の中空埋土種子数(/m²・5cm) (1995年1月13日採取).

孤立林の面積(m ²)	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14	No. 15	No. 16	
種名・属名	生活型																
アカマツ	C	138±195		75±92	63±69	25±31		13±25			38±50	38±75			25±31	25±31	
アカシデ	D															13±25	
コナラ	D	88±64	163±140	113±92	25±50	25±50		100±85	13±25	13±25	113±165	63±56	88±75		25±31	88±64	50±73
エノキ	D						13±25										
ヒメコウジ	D		13±25			13±25	13±25										
ウツミズザクラ	D									75±150							
ヤマザクラ	D		38±75		13±25					50±61	13±25	13±25					25±50
キイチゴ属	D								13±25								
ネムキ	D								13±25			13±25					
ナンキンハゼ	D									25±31							
カラスザンショウ	D									13±25							
イヌザンショウ	D						13±25						13±25				
センダングラ	D	13±25															
ヌルデ	D			13±25				13±25			13±25						
アヲブキ	D										13±25						
ツリバナ	D										13±25			13±25			
コシアブラ	D											13±25			25±50		
タラノキ	D							13±25					13±25			13±25	
エゴノキ	D				13±25				38±31		50±47	13±25	13±25	13±5	13±25		
タンナサワタキ	D	13±25	13±25									13±25					
クサキ	D								13±25								
ムササビ属	D										13±25						
コバノガマズミ	D				13±25						13±25				13±25		
アラカン	E												50±47				
ヒカキ	E	100±50	150±94	75±47	50±47	175±170	13±25	113±92	213±252	13±25	688±469	38±75	88±64	1675±1113			
タチバナトキ属	E								13±25		400±297		138±121				
イヌツゲ	E		13±25	13±25	25±50	25±50	13±25	25±31									
ソヨゴ	E		25±50	13±25	25±31	1138±1800	38±75		113±195								463±393
クワガネチ	E						25±31				25±50						
アマヅル	L	13±25	25±31		25±50	13±25	38±31	88±75	50±73	13±25	50±47		75±92	75±121			13±25
キナンド	L							13±25									
不明				13±25	13±25			50±100	13±25		76±150	13±25		64±125			
合計		225±64	650±381	225±85	263±191	1488±1720	188±112	588±452	475±395	75±61	1488±1095	188±112	463±233	1913±1210	63±40	125±69	600±484

生活型：生活型を表す (C:針葉樹, D:落葉樹, E:常緑樹, L:ツル植物). 土壌試料 (表面積:80cm², 深さ:5cm, 10試料)
 数値は5採取地点の平均値と標準偏差を示す.