

宮地直道*：日本の埋没林研究に向けて

Naomichi MIYAJI*: Prospect for the Study of Buried Forests in Japan

1. 日本の埋没林研究の現状とその意義

古くから、我が国では海岸地域を中心に、河成または海成堆積物に覆われた埋没林の存在が知られている。その最も代表的なものは富山湾およびその周辺地域で発見された埋没林であろう。これらの埋没林の多くは現在の海水準より下位の層準から発見されていることから、埋没林は陸地の沈降や海水準の変動を示すものとして注目されていた。このため埋没林とは「陸上に生育していた森林が海面下に没し海底にその痕跡をとどめるもの」（地学事典）とされている。しかしこの定義は沈水林（submerged forest）または藤井（1983）の海底林（submarine forest）に対するものであり、河成堆積物、風成堆積物及び火山噴出物などに埋積され、陸上で発見される埋没林は含まれていない。

そもそも埋没林とは陸上に生育していた樹林が立木のまま埋積され、その遺体が現在まで残っているものを指すはずである。したがって埋没林と認定されるためには、土壌層中に根を張った立木が多数発見されることが必要である。立木が腐朽せずそのまま残るためには還元状態下に置かれるか、炭化する必要がある。死滅した樹木は通常、空気中では数年ないし10年くらいで腐朽してしまう（金沢大学、鈴木三男助教授の御教授による）ため、腐朽を免れ化石として残るためにはおよそ10年くらいの間に還元状態下に置かれるか、炭化しなければならない。したがって森林が埋没林となるためには急速な環境の変化が起きる必要がある。

このことから、埋没林の研究を行なうことにより以下の2点についての考察を進めることができる。まず第1にその地域の地史を考えることができる。森林が埋没林となるためには海水準変動といった汎世界的な事変や、地滑りといった局地的な事変が必要である。埋没林の産状や樹種、年代等を調べることによりこのような環境変遷を知ることができる。

第2に、埋没林は一般に現地性であるため、その地点の植物群落を知ることができる。すなわちそこに生育していた樹木の配置と大きさを明らかにして群落の平面的構造を知ることができる。

このように埋没林の研究を行なうことは地史や植生史の復元を考えるうえで重要な課題であるにもかかわらず、これらの研究は必ずしも十分行われているとはいえない。特に植物群落復元をめざ

*〒305 茨城県筑波郡谷田部町観音台3-1-1 農業環境技術研究所

Department of Environmental Management, National Institute of Agro-Environmental Sciences, 3-1-1 Kannondai, Yatabe, Tsukuba-gun, Ibaraki-ken 305, Japan.

表1 埋没林形成のための主要因とその埋積過程

主要因	埋 積 過 程	
海水準変動	海進に伴う海成、河成、風成堆積物による埋積	(現地性)
火山活動	熔岩、火砕物、泥流堆積物による埋積	(現地性)
斜面崩壊	地滑りに伴う移動と海成、河成、湖成堆積物による埋積	(異地性)
地盤沈下	陥没凹地の形成と海成、河成、湖成堆積物による埋積	(現地性)
人間活動	植生破壊に伴う河成、風成堆積物による埋積	(現地性)

した研究はごくわずかである。この小論では主として日本の第四紀更新世末期～完新世の埋没林を中心にその形成要因をまとめ、具体例を挙げ今後の研究の展望について論じる。

2. 埋没林の形成要因と具体例

埋没林は海成堆積物、河成堆積物、湖成堆積物、砂丘砂などの風成堆積物、火山噴出物といった様々な堆積物に覆われる。また埋没林は普通、生育した場所で埋積された現地性のものであるが、地滑りブロック上のものなど生育地点と異なる場所で埋積された異地性のももある。

これらの埋没林はいずれも短時間のうちに埋積されたもので、埋積は急激な地学的事変に基づくものと考えられる。このような埋没林を形成すると考えられる地学的事変としては、海水準変動、火山活動、斜面崩壊、地盤沈下、人間活動などが考えられる。ただしこれらは必ずしも互いに独立したものではなく複合したものである場合が多い。以下にこれらの地学的事変と、主としてこの事変により形成されたと考えられる埋没林があればその例を挙げて、埋没林の形成過程について述べる(表1)。

1) 海水準変動

気候変動に伴う海水準の上昇は基準面変動を引き起こし、海成堆積物や河川堆積物、砂丘砂などが沿岸地域や河川の流域に刻まれた谷を埋める。その結果、これらの地域に繁茂していた森林は、水位の上昇により枯死し、さらに堆積物により埋積され、そのいくつかは埋没林となる。したがってこれらの埋没林は海成、河成、風成堆積物に埋積された現地性のものである。海水準変動により形成された埋没林の代表的なものとして、富山湾とその周辺地域の埋没林が挙げられる。

富山湾とその周辺地域には魚津、入善吉原、四方をはじめとする多数の埋没林が発見されており、当初は地盤沈下の証拠と考えられていたが(石井・山家, 1934; 石井, 1955), その後の研究では海水準変動を示す指標として捉えられている(藤, 1966; 藤井, 1965, 1983, 1986など)。そしてこれらの埋没林は入善吉原のものを除き、2000～1500年前の弥生～古墳時代のものである。すなわちこれらの埋没林はいわゆる「弥生の小海退」(井関, 1983)の時期に成立した樹林がその後の小海進により海中に没したものと考えられる。いっぽう入善吉原の埋没林は吉原沖 500～1000 m, 水深 20～40 m の黒部扇状地礫層の末端部にあたる地点で発見されたもので、その年代は約 10000 年前である。したがってこの水深と年代から入善吉原の埋没林は後氷期の海進時に形成されたものと考えられている(藤井, 1983)。

富山湾とその周辺地域の埋没林についてはいくつかの古植物学的検討もなされている（石井・山家, 1934; SHIMAKURA, 1936; 亘理, 1951; 石井, 1955; 藤井, 1965, 1983, 1986）。このうち約 2000 年前の魚津の埋没林については SHIMAKURA (1936) によりその大部分がスギであることが木材の検討から明らかにされた。いっぽう, 2700年前の四方埋没林については亘理 (1951) によりシラカシ, アカガシなどの照葉樹とブナの混交した森林であることが, おなじく木材の検討から明らかになっている。このうちブナについては魚津埋没林でも泥炭層中より殻斗が得られている（石井, 1955）ことから亘理 (1951) が述べているように, 当地域にはかつてブナが平地にまで降り照葉樹と混交していた, とおもわれる。

このほか海水準変動に伴い沿岸地域で形成されたと考えられる埋没林として, 津軽半島出来島海岸一帯の海食崖に露出している約 3 万年前の埋没林（辻・遠藤, 1978）が挙げられる。この埋没林は最終氷期後半に形成された館岡層中の土壌層の上面に成立し, 整合的に AT を含む泥炭層に覆われている（図 1-B）。

井関 (1983) によると, 弥生の小海退は縄文海進の後に訪れた小規模な海退期で, 海水準は現在より約 2 m, 縄文海進最盛期の約 6000 年前より, 約 5 m 低下した。この時期には縄文海進期に低湿地であった地域が乾燥化し, 土壌層が発達した。そしてこのような土壌層の上に樹林が成立したと考えられる。

この時期には基準面変動に伴ない沖積平野臨海部では埋積浅谷の形成と, これに対する堆積物の充填が進んだ（井関, 1983）。その結果, 岩木川の埋没林（海津, 1974）（図 1-A）などの河成の埋没林が形成されるとともに, 静岡県の木山遺跡などの多くの遺跡も, 頻発する洪水による河川堆積物によって埋積された（多田ほか, 1962）。

2) 火 山 活 動

火山噴火では多量の溶岩, 火砕流堆積物, 降下火砕堆積物などが短時間のうちに火山体周辺に堆積する。そのためこれらの地域の林や森林はしばしば埋積され埋没林となる。したがってこれらの埋没林は, 火山噴出物に埋積された現地性のものである。これらの埋没林は火山噴出物の多くが高温のマグマの冷却固結したものであるため, 炭化していることが多い。

溶岩が樹木を埋積すると樹木は溶岩が高温であるために短時間のうちに炭化し, 溶岩には樹木の鋳型が残る。これが溶岩樹型 (tree mold) と呼ばれるもので, 溶岩の中にはしばしば認められる。ただし日本の溶岩の大部分は粘性が高いため溶岩が樹木に接するとこれを根元から押し倒すことが多い。そのため直立した溶岩樹型は直径の大きなものに限られる。また内部の炭化木材は一般に保存が悪く, 樹種の鑑定は困難なことが多い。

火砕流は火口から高速で流下するガスと固体破片の混じった火山砕屑物の集合体であり, 火砕流が樹木を埋積すると, 樹木は急速に側方からの圧力を受け折損する。そのため溶岩と同様, 火砕流

堆積物中には普通倒木が多く認められるが、しばしば基底部に根株が発見される（藤井ほか，1974など）。

降下火砕物の場合、空中または水中で冷却固結した火砕物が徐々に垂直方向から樹木を埋積するため埋没林が形成され易い。このうち樹木が炭化するのは高温で粗粒な火砕物が多数落下する山体近傍の地域に限られる。一般に降下火砕物は細粒物質を欠くため空隙が多く、未炭化の樹木は腐朽されやすい。したがって、降下火砕物に埋積された埋没林でも山体近傍の炭化されたものが最も保存されやすい。

降下火砕物による樹木の埋積は最近の三宅島1983年噴火や大島1986年噴火の際、多数認められた。このうち三宅島の噴火の際には山腹部で起きたマグマ噴火と海岸部で起きたマグマ水蒸気爆発といった、相異なる噴火が認められた（荒牧・早川，1984；遠藤ほか，1984）。これらの噴火様式の相違は樹木の埋積過程の相違を引き起こした。すなわち前者の場合、空中で篩い分けを受けたスコリアが徐々に樹木を埋積したため、樹幹の周囲には、葉、小枝、幹の一部の順で、植物遺体が堆積した（図 2-A）。これに対し、後者の場合、急激に粉砕されたマグマおよび火口の周囲の岩石が短時間のうちに降下堆積したため、葉のついた枝や太い幹が多数埋積した（図 2-B）。

歴史時代や地質時代の噴火でも支笏火山の支笏降下軽石（Spfa 1）、十和田火山の八戸降下軽石、富士火山の宝永スコリアといった降下火砕物に埋積された埋没林が認められる（勝井，1958；大池ほか，1977；宮地，1984）。図 2-C、D に支笏降下軽石と宝永スコリアに埋積された埋没林の産状を示す。このうち富士の宝永スコリア層直下の埋没林については宮地ほか（1985）がこれらの埋没樹の樹種を木材遺体と大型植物遺体から検討し、当時の植物群落を復元した。その結果、1707年当時、富士山の南斜面では山地帯と亜高山帯の境界が現在よりもやや低い所にあったことが明らかとなった。また復元された亜高山帯針葉樹林はシラベ、コメツガ、トウヒを主な構成要素とする常緑針葉樹林が主体をなすが、これにカラマツ属からなる落葉針葉樹の小林分とダケカンバやハンノキ属を主体とする落葉広葉樹の小林分とがパッチ状に配列していた。降下火砕物層直下の埋没林は、今後、火山山麓一帯でふつうに発見されるとおもわれる。したがって露出条件に恵まれれば各地の火山山麓の複数の層準で詳細な植物群落の復元が期待できる。

このほか火山活動に伴ない発生する泥流も、流下地域の林や森林を埋積し、埋没林を作る可能性がある。泥流には火山噴出物が河川に流入しそのまま流下する場合と、火山噴出物が河川に堆積したのち洪水として流下する場合とが考えられる。いずれの場合も河川の氾濫を引き起こし、流域の植生に大きな被害を与える。例えば1962年の焼岳の噴火では泥流が梓川に流入し、大正池を堰止めた。その結果、池の水位が上昇し、周辺の樹木が水面下に没した（MURAI, 1962）。

3) 斜面崩壊

大規模地震などの地殻変動や大雨が続くと斜面崩壊が起き、これによって湖岸や海岸の地塊が樹

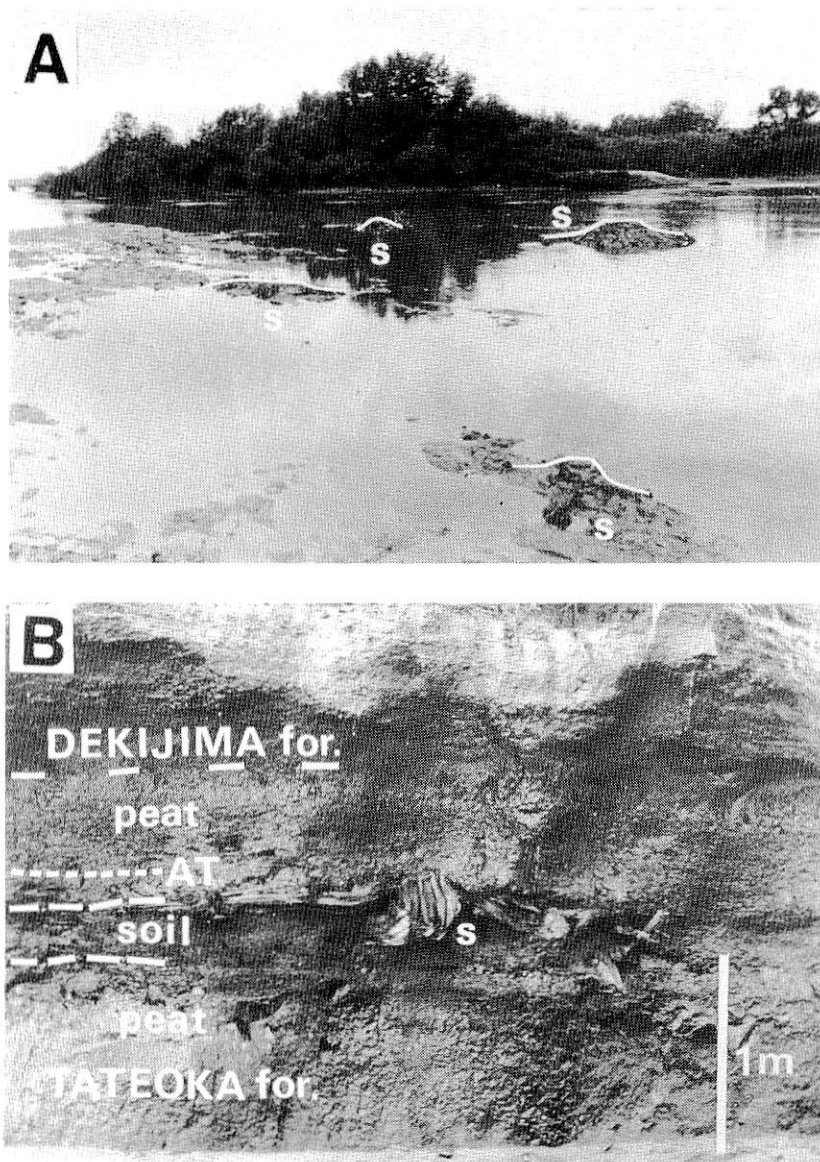


図1 海水準変動に伴い形成された埋没林

A：岩木川河床の約2200年前の埋没林。B：津軽半島出来島海岸の約3万年前の埋没林。いずれもsは根株を示す。

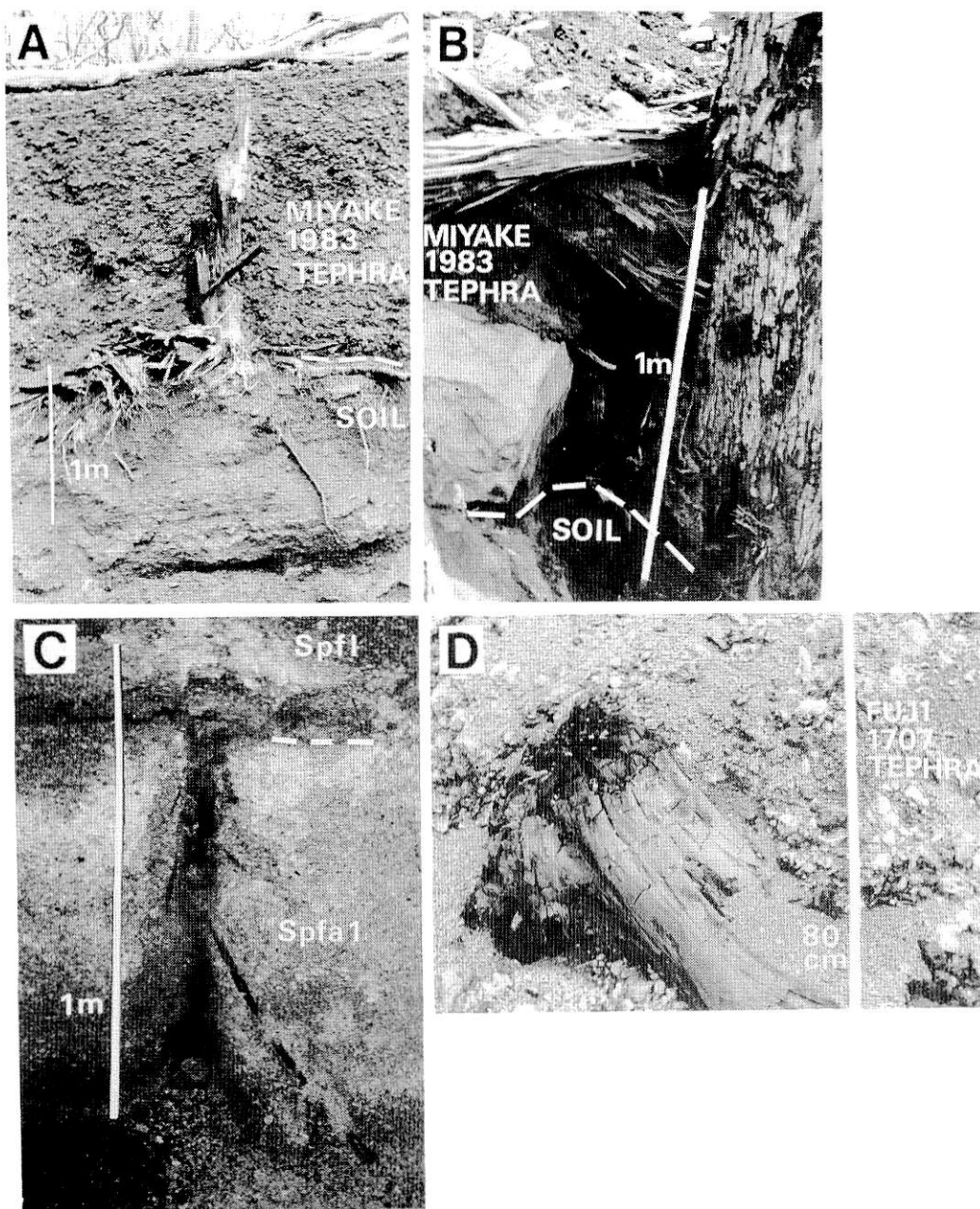


図2 火山活動に伴い形成された埋没林

A：三宅島1983年噴火の噴出物に埋積された埋没林，マグマ噴火の噴出物に覆われている。B：三宅島1983年噴火の噴出物に埋積された埋没林，マグマ水蒸気爆発の噴出物に覆われている。C：約3万年前の支笏降下軽石（Spfa 1）に埋積された埋没林，埋没樹の上端は上位の支笏火砕流（Spfl）によって切られている。D：富士火山1707年噴出物（宝永スコリア）に埋積された埋没林，埋没林は最下位のスコリア混じりの軽石層中に認められる。写真の根株の樹種はモミ属。

木とともに湖や海に滑り込み、樹木は直立したまま水中に埋没する。このような埋没樹からなるものは海成、河成、湖成堆積物に埋積された異地性の埋没林といえる。

箱根の芦ノ湖中には逆さ杉と呼ばれる樹木が湖の西岸を中心に多数認められる。これらの樹木はもともとは湖岸に生育していたが、巨大地震の際、地塊ごと湖底に移動したと考えられている（大木・袴川, 1975, 1980）。大木ほか（1985）は箱根の湖底より採取された約40本の樹木の ^{14}C 年代を測定し、その結果から地滑りを引き起こした M 8 級の南関東地震は 500～1000 年周期で発生すると推定した。また大木ほか（1985）によるとこれらの埋没林の樹種は大部分がスギであり、このほかヒノキ、モミ、シキミ、バラ科、その他の広葉樹等を混じえる。ただしこれらの樹種は異なった時代のものが複合したものであるうえ、試料数が少ないため植物群落の復元までには至っていない。

このような地滑りに由来する地塊は低湿地でも見られる。関東地方で、泥炭層の発達した支谷の発掘を行うと、台地側にしばしば数メートルサイズの地滑りブロックが認められる（遠藤ほか, 1987）。今後、これらのブロック上に発達する埋没林が発見されることが期待される。この場合、当時の詳細な植物群落を復元するうえからも、これらのブロックがいつの時代の堆積物でどこから移動してきたのかを調べる必要がある。

4) 地盤沈下

急激な地殻変動に伴い地盤が沈降し、その凹地が水域となると、地盤とともに沈降した森林は埋没林となる。このとき沈降が内陸部で起きるか海岸部で起きるかにより埋没林を覆う堆積物の種類は異なる。したがってこのような埋没林は海成、河成、湖成堆積物に埋積された現地性のものといえる。すなわち同じ地殻変動に由来する埋没林にも斜面崩壊に起因する異地性の埋没林と地盤沈下に伴う現地性のものがある。大磯丘陵西部にある震生湖は関東大震災の際形成された陥没凹地が湖となったものといわれており、このような湖の湖底には埋没林が発見される可能性がある。

5) 人間活動

人間の生産活動が活発化し、自然に対する人間の干渉が強まり植生破壊が進んだ結果、河川の流域ではしばしば洪水が発生するようになったと考えられる。このような洪水にともなって埋積された埋没林が発見されれば、それは河成堆積物に埋積された現地性の埋没林といえる。関東地方における過去 2000 年間の人間の植生干渉期として辻ほか（1986）は稲作農耕が開始された 4 世紀ごろ、畑作の集約化が起こった 14 世紀ごろ、植林が進んだ 18 世紀ごろの 3 つの時期を挙げている。このうち稲作農耕の開始期から植林が進むまでの時期は建築、土木及び薪炭用を中心に多量の樹木が伐採された。その結果、山地から低地にかけての地域で土壌の持つ保水能力が低下し、土壌侵食も進んで洪水が起き易くなったと思われる。井関（1983）はわが国における自然堤防の発達は、古墳時代以降に拡大したと推定される人為的な森林破壊を主な条件とし、大きな豪雨を契機に進行した

としている。ただしこのような自然堤防の発達には、人間活動の影響の他に海水準変動などの要因とも深く関わっている可能性があり、今後より検討がなされるべきである。

乾燥地域で植生破壊が広がると海岸地域では砂丘の移動拡大が進み、これに伴ない砂丘の周辺の林や森林は飛砂に埋積され埋没林となる。これは風成堆積物に埋積された現地性タイプの埋没林である。このような例は日本ではまだ確認されていないが、オーストラリアのミリセント一帯で認められている（大森ほか、1987）。オーストラリアでは19世紀の初頭にヨーロッパ人が入植し、大規模な森林破壊を行った。その結果、19世紀初頭以降、オーストラリアでは砂丘の拡大が急速に進んだといわれている。

また現代ではダムの建設に伴い、谷の斜面に生育していた多数の樹木がダムの湖底に埋没し、流入する土砂により埋積されている。渇水時には多くのダム湖の底にこれらの埋没林がみられる。

3. 埋没林研究の展望

埋没林は地塊が移動したような場合を除き現地性の樹木遺体からなるため、産出地点の地史および植生史を考える上で極めて重要な情報を与えてくれる。特に地史のうえから考えると、埋没林の存在は、これまで述べてきたような急速な環境の変化を示すとともに、すくなくとも埋没樹の樹齢の期間はその地域は乾陸上にありかつ樹木が生育するに足る安定的状態が継続的に存在したことも示す。上杉ほか（1983）が述べているように基準面変動、地殻変動、火山活動は互いに連関すると考えると、埋没林の規模や広がり調べるとは、これらの変動の性格を知るうえからも重要である。

また多くの埋没林は急速に埋積されたものであり、一般に現地性であるため樹種、直径、樹齢、樹木の密度を定量的に測定し群落の平面的構造を明らかにできる。またこの群落が成立していた地点の古地理上の位置を知ることができ、群落構造と微地形との関係まで検討できる。さらに埋没林は樹幹や枝の他、球果や葉などの大型植物遺体を混在することが多く、木材遺体と大型植物遺体から詳細な植物群落の復元を行なうこともできる。例えば木材遺体では種レベルでの同定が困難なものも大型植物遺体が同時に産出すればその樹種が特定される可能性が高い。

ただし埋没林の産出地点はある程度限られている。主要産出地点としては海進の影響を受け易い汀線近傍や河岸、飛砂に埋積され易い砂丘の前面、火砕物に厚く埋積され易い火山の斜面上などが挙げられる。また一般に埋没林は厚い堆積物に埋積されていることが多いため、流木などと比べて発見されにくい。

埋没林は産出層準もある程度限られる。埋没林が最も多量にしかも広範囲に形成される海水準変動について考えてみると、海退期から海進期へかけて形成される埋没林のうち、われわれが陸上で最も多く目にすることができるのは、晩水期から縄文海進にかけての時期と、弥生の小海退からそれに続く小海進にかけての時期のものである。特に海成堆積物や河成堆積物に埋積された埋没林に

はこの時期のものが多く、これに対して、火山噴出物に埋積されたものや、地滑りに伴うものには比較的確々な時期のものがある。ただしこのような埋没林は狭い範囲に形成される小規模のものである。さらに遺体の産出量も乏しい。埋没林で立株として認められるのは破壊されにくい太い樹幹のみであることが多く、同一層準で多数の個体を採取することは一般には困難である。

埋没林は産出地点、産出層準、産出量等に関して以上のようないくつかの制限があるが、埋没林からは他の植物遺体群集では得られない情報を得ることができる。従ってこれらの制限要素を踏まえた上で、今後、沖積層の調査や考古学上の発掘の際には埋没林を発見する努力が積極的になされるべきである。埋没林からある地域の地史や植物群落の変遷を解明しようとする試みはごくわずかしかなされておらず、埋没林研究の方法論自体が確立していない。そもそも埋没林の研究は植物学、地理学、地質学、土壌学、考古学など多岐の分野にまたがっており、より多角的検討がなされるべきである。そのためには堆積物中より埋没林を認知し、より多くの情報を引きだそうとする努力を払い、研究事例を積み重ねることが急務である。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり日本大学文理学部の遠藤邦彦助教授ならびに大阪市立大学理学部の辻誠一郎博士、金沢大学教養部の鈴木三男助教授には有益な意見を頂いた。これらの方々に心から感謝致します。

引 用 文 献

- 荒牧重夫・早川由紀夫. 1984. 1983年10月3・4日三宅島噴火の経過と噴火様式. 火山, 第2集, 三宅島噴火特集号, 29: S 24-S 35.
- 遠藤邦彦・宮地直道・千葉達朗・隅田まり・坂爪一哉. 1984. 1983年三宅島噴火の火山灰屑位学的研究. 火山, 第2集, 三宅島噴火特集号, 29: S 184-S 207.
- ・———・鈴木 茂・鈴木正章・吉川純子・千葉達朗・隅田まり・菱田 量・印牧もとこ. 1987. 川口市赤山陣屋跡遺跡の地質・層序. 「赤山・古環境編」, 5-80. 埼玉県川口市遺跡調査会.
- 藤 則雄. 1966. 沖積世泥炭層と埋没林の層位学的研究—北陸における沖積統の研究（Ⅱ）—. 地質雑, 72: 11-22.
- 藤井昭二. 1965. 黒部川扇状地の形成と富山湾周辺部の埋没林について. 地球科学, 78: 11-20.
- . 1983. 富山湾黒部川扇状地沖埋没林の研究. 昭和57年度科学研究費補助金（総合研究 A）研究成果報告書. 64 pp.
- . 1986. 埋没林と海水準変動. 季刊考古学, No. 15: 21-24.
- ・沢田豊明・武沢 正. 1974. 焼岳火山の中尾火砕流堆積物とその放射性炭素年代. 第四紀研究, 13: 1-5.
- 井関弘太郎. 1983. 沖積平野. 145 pp. 東京大学出版会, 東京.

- 石井逸太郎. 1955. 魚津埋没林と地盤沈下の問題. 地学雑, 64: 33-43.
- . 山家基治. 1934. 富山県魚津海岸に於ける埋没化石林. 史跡名勝天然記念物, 9: 274-279.
- 勝井義雄. 1958. 支笏降下軽石堆積物中の化石林について. 地質雑, 64: 379-385.
- 宮地直道. 1984. 富士火山1707年降下火砕物の降下に及ぼした風の影響. 火山, 第2集, 29: 17-30.
- . 能城修一・南木睦彦. 1985. 富士火山1707年降下火砕物層直下の埋没林の復原. 第四紀研究, 23: 245-262.
- MURAI, I. 1962. A brief note on the eruption of the Yake-dake Volcano of June 17, 1962. Bull. Earthq. Res. Inst., 40: 805-814.
- 大池昭二・松山 力・竹内貞子. 1977. 八戸浮石層直下の埋没化石林の ^{14}C 年代. 地球科学, 31: 136-137.
- 大木靖衛・袴田和夫. 1975. 箱根芦ノ湖の誕生をさぐる. 国土と教育, No. 3: 2-9.
- . 1980. 箱根芦ノ湖の逆さ杉は地震の化石. 神奈川温地研報告, 12: 1-3.
- . 小鷹滋郎・杉山茂夫. 1985. 箱根芦ノ湖の逆さ杉と南関東の巨大地震. 神奈川温地研報告, 16: 65-72.
- 大森博雄・遠藤邦彦・上杉 陽・堀越増興. 1987. サウスオーストラリア州南部ミリセント付近の海岸における完新世砂丘の層序と地形発達史. 地学雑, 96: 1-22.
- SHIMAKURA, M. 1936. Studies on fossil woods from Japan and adjacent lands. Contribution I. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 2nd Ser. (Geology), 18: 267-310, pl. XX~XXII.
- 多田文男・坂口 豊・大和久震平. 1962. 山木遺跡のあった当時の自然景観とその埋没. 「伊豆・山木遺跡—弥生時代木製品の研究」(後藤守一編), 36-43. 築地書館, 東京.
- 辻 誠一郎・遠藤邦彦. 1978. 津軽半島西海岸の第四系に関する新知見. 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, 13: 69-72.
- . 南木睦彦・小杉正人. 1986. 館林の池沼群と環境の変遷史. 110 pp. 館林市教育委員会.
- 上杉 陽・米沢 宏・千葉達朗・宮地直道・森 慎一. 1983. テフラからみた関東平野. アーバンクボタ, No. 21: 2-17.
- 海津正倫. 1974. 岩木川河床より出土した埋没林とその形成環境について. 第四紀研究, 13: 216-219.
- 巨理俊次. 1951. 富山湾海底の直立株の樹種について. 植研, 26: 147-150.

(1987年7月2日受付)