

原著論文

愛媛県伊予市の更新統郡中層から産出した扶桑木の樹種

寺田 和雄*

So-called "Fusoboku" fossil wood from the Pleistocene Gunchu Formation in Iyo City, Ehime Prefecture, Japan

TERADA Kazuo

Abstract : A so-called "Fusoboku" fossil wood from the Pleistocene Gunchu Formation in Iyo City, Ehime Prefecture is examined anatomically. Regarding the species of the "Fusoboku" fossil woods, it has been described that they are *Metasequoia* of Cupressaceae because plant fossils such as cones and seeds of *Metasequoia glyptostroboides* have been often found from the same formation since before. The specimen is extremely poorly preserved and the detailed wood characteristics cannot be observed sufficiently. Based on the slightly wood characteristics, the specimen belongs to the Cupressaceae, however, both of its genus and its species are indeterminable. Comparison with plant fossils such as cones and seeds from the same formation reveals that the specimen is more similar to *Chamaecyparis pisifera* than *Metasequoia glyptostroboides*. The specimen is likely to be *Chamaecyparis pisifera*, but it cannot be determined because of poor preservation.

キーワード : サワラ, ヒノキ科, 材化石, 扶桑木, 郡中層, メタセコイア, 更新世

Key words : *Chamaecyparis pisifera*, Cupressaceae, fossil wood, Fusoboku, Gunchu Formation, *Metasequoia*, Pleistocene

はじめに

愛媛県伊予市森の大谷海岸（森の浜）には、郡中層が露出し、古くから地層中および海岸の転石として材化石が見つかっている。これらの材化石は「扶桑木」と呼ばれ、古くは加工して工芸品などに利用されていた。これらの大谷海岸から採集される材化石は1956年（昭和31年）11月に愛媛県の天然記念物に指定され、採集等が禁止されている。この扶桑木の樹種に関しては、同地層中からメタセコイア（*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng）の球果や種子などの植物化石が産出することから、メタセコイアであるとの記述がされてきた。しかしながら、扶桑木（材化石）そのものを詳細に検討した研究報告はない。2010年11月に大谷海岸において大きな扶桑木（材化石）が転石として発見された。そこで、この材化石の詳細な木材組織学的な検討を行い、大型植物化石との比較から、扶桑木の樹種に関して議論する。

地質概要

本研究の材化石は郡中層の分布域である大谷海岸で転石として発見された（図1-A）。郡中層は大谷海岸付近の丘陵に分布し、不整合もしくは郡中層によって上部白亜系和泉層群と接している（図1-A）（永井, 1957; Saito, 1962; 高橋・鹿島, 1985; 水野, 1987など）。郡中層は岩相から下部層・中部層・上部層の3つの部層に区分される（高橋・鹿島, 1985; 水野, 1987）。下部層は、青灰色～黄灰色の粘土およびシルトからなり、礫層や砂層を挟み、シルト・粘土層中には植物化石を含む炭質層が挟まれている。多くの扶桑木はこの下部層の炭質層に挟在する。中部層は礫層を主体とし、薄いシルト・粘土層が挟まれるが、炭質層はほとんど見られない。上部層は、黄灰色シルトおよび礫層を主体とし、植物化石を含む炭質シルト・砂層を多数挟む。さらに郡中層には数層の火山灰層が挟在し（高橋・鹿島, 1985; 松井ほか, 1985; 水野, 1987）、炭化圧縮された大型植物化石や花粉化石、琥珀、淡水性の貝化石、珪藻化石を産することから（八木・日山, 1954; 八木, 1955, 1957; 日山,

* 福井県立恐竜博物館（〒911-8601 福井県勝山市村岡町寺尾51-11, HomePage: <https://www.dinosaur.pref.fukui.jp/>)
Fukui Prefectural Dinosaur Museum (51-11 Terao, Muroko, Katsuyama, Fukui 911-8601, Japan)

1959; Saito, 1962; 森貞, 1967; 高橋・鹿島, 1985; 水野, 1987; 千葉・三浦, 1997), 本層は湖沼性—河川性堆積物と考えられてきた(高橋・鹿島, 1985; 水野, 1987).

郡中層の堆積年代に関しては, 松井ほか(1985)は, 本層下部層の火山灰層(GT-1: 水野(1987)のT1)から分離したジルコンのフィッシュトラック年代として $1.9 \pm 0.7\text{Ma}$ (Ma: 100万年前)を得て, さらに, 古地磁気も測定し, 一部を除いてすべて逆帯磁することから, 松山逆磁極期に相当するとし, 本層の堆積年代を後期鮮新世—前期更新世と考えた. 水野(1987)は, 本層に挟在する火山灰層の広域対比や産出する植物化石から, 本層下部層の上部から上部層の間に, 鮮新世/更新世境界があるとし, 本層の堆積年代をおよそ $1 \sim 2\text{Ma}$ と考えた. 上記の年代論が示された頃は, 約 1.81Ma 以降から第四紀更新世が始まるとされていたが, 2009年に国際地質科学連合(IUGS)は, 地質年代の区分方法を改め, 新第三紀鮮新世に属していたジェラシアン期($2.588\text{Ma} \sim$

1.806Ma)を第四紀更新世に含めることとした. これにより北林ほか(2012)は, 本層下部層の火山灰層(松井ほか(1985)のGT-1: 水野(1987)のT1と考えられる)からフィッシュトラック年代として $2.2 \pm 0.3\text{Ma}$ を得て, 本層の堆積年代を前期更新世とした. 以上のように, 地質年代改正前の年代結果も含めて, 郡中層の堆積年代は約200万年前の前期更新世と考えて良い.

材化石試料と方法

本研究の材化石は2010年11月12日に大谷海岸において転石として地元住民によって発見された(図1-A, B). 発見当時の大きさは長径130cm, 短径75cm, 長さ100cmであった(図1-B). 本化石は転石であるため産出層準は不明であるが, 大きな材化石が多く産出する層準は, 郡中層下部層に限られる. 本化石はほとんど摩耗していないことから, 侵食等によって地層中から洗い出

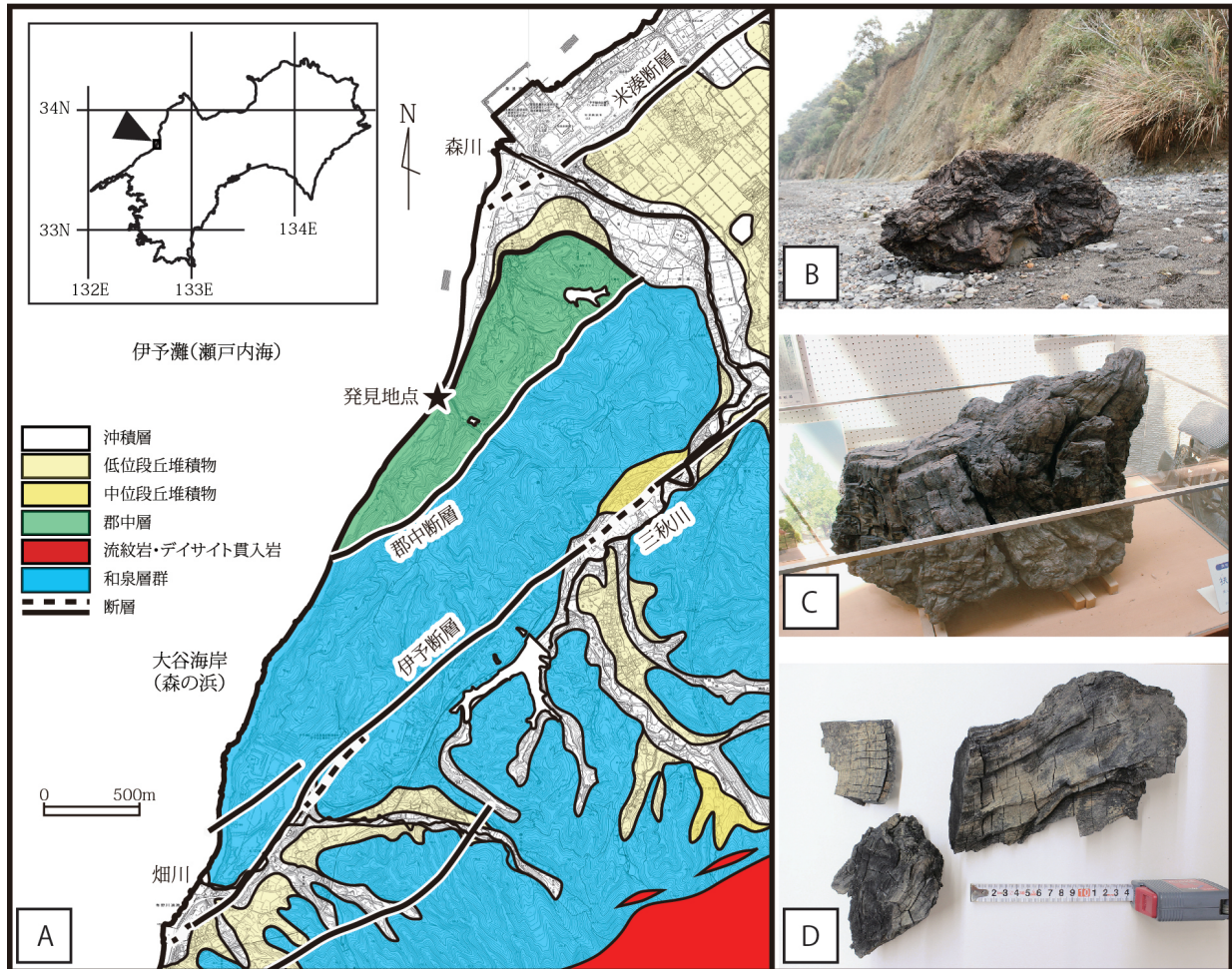


図1. A:材化石の発見地点と周辺地質図. 地質図(伊予市教育委員会提供)は下記のように作成した. 地図原図は縮尺1:5,000の伊予市全図(No. 3, 4, 6, 7)(国際航業株式会社, 2015a-d)を使用した. 表層地質は5万分の1土地分類基本調査「郡中」表層地質図(愛媛県, 1973)をもとにした. 凡例は, 20万分の1地質図幅「松山」(第2版)(産総研地質調査総合センター, 2016)の情報に合わせた. 郡中層の分布範囲と郡中層の位置は, 高橋・鹿島(1985)の図1を使用した. 伊予断層と米湊断層の位置については, 1:25,000都市圏活断層図「郡中」(国土地理院, 1998)を使用した. B:材化石の産出状況, 海岸に打ち上がった状態で発見された.(伊予市教育委員会提供:伊予市文化財保護審議会, 2011).;C:材化石の展示保管状況, 双海地域事務所ロビーに展示されている.(伊予市教育委員会撮影・提供).;D:材化石から剥がれ落ちた破片.(伊予市教育委員会撮影・提供).

されて、波によって海岸に打ち上がったものだと考えられ、本化石の産出層準は郡中層下部層と推測される。本化石は発見後、しおさい公園（伊予市森）内の伊予市民体育館に展示されていたが、乾燥による収縮で大きくひび割れが生じたため、2015年8月からアルコール含浸処理と破損部分の接合を行い、2016年3月31日から双海地域事務所（伊予市双海町上灘）ロビーに展示された（図1-C）。本研究は、本化石から剥がれ落ちた破片（図1-D）を用いて、樹種同定を行った。

試料は亜炭化した埋れ木状であったが、剃刀によるハンドセクションや滑走式マイクロームを用いても硬く、切片が作成できなかったため、薄片法によるプレパラートを製作した。ダイヤモンドカッターを用いて、木口面（横断面）、板目面（接線断面）、柁目面（放射断面）の3方向を切断し、研磨してプレパラートを作成し、光学顕微鏡で観察した。なお、2021年5月現在、元の材化石は双海地域事務所に（図1-C）、観察に用いたプレパラートおよび本化石から剥がれ落ちた破片（図1-D）は伊予市教育委員会に保管されている。

結 果

材化石試料は極めて保存が悪く、堆積時の乾燥もしくは堆積後の地層中における収縮により変形が著しく、詳細な材形質の観察が十分にできない。樹種同定するには非常に困難であるが、下記のような材形質がわずかに確認できたので、材化石をヒノキ科の一種と同定した。以下に材構造と同定の根拠および類縁について述べる。なお、木材組織・形質の専門用語に関しては、IAWA Committee(2004)に従い、日本語訳はIAWA委員会(2006)に従った。

樹種：ヒノキ科 Family CUPRESSACEAE

ヒノキ科の一種 属種不明 Cupressaceae gen. et sp. indet.
(図2)

材構造：材構造の変形が著しく、早材部の材組織のほとんどが潰れているため、十分な観察ができない。しかしながら、仮道管と放射柔組織からなる針葉樹材で、水平・垂直樹脂道を欠く材であることはわかる（図2-A, B, C, D）。木口面では、ほとんどの早材部の仮道管は圧縮され変形しているが、5～10細胞程度の広い晩材部を持つことから年輪は明瞭であることはわかる（図2-A, B）。褐色の内容物を含む軸方向柔組織（樹脂細胞）が顕著で、早材部と晩材部の境界付近にほぼ接線状に並んで集中する特徴を持つ（図2-A, B）。放射組織は放射仮道管を欠き放射柔細胞のみからなり、単列のみで3～32細胞高で、ほとんどが15細胞高程度以内である（図2-C, D）。放射壁の仮道管壁孔は単列（図2-D）。軸方向柔組織（樹

脂細胞）は軸方向に数細胞ほど連なり、その水平壁は平滑もしくは不規則に肥厚しているように見える（図2-E）。放射柔組織の水平壁および末端壁は平滑である（図2-F）。分野壁孔は、1分野に1～2個程度で、有縁でヒノキ型～スギ型に見える（図2-F）。

類縁：本化石は水平・垂直樹脂道を欠く針葉樹材で、晩材部にほぼ接線状に並ぶ明瞭な軸方向柔組織（樹脂細胞）を持ち、さらに放射仮道管を持たず、放射柔組織の水平壁は平滑であることから、ヒノキ科の材であることはわかる。ヒノキ科は現在、世界中に広く分布する針葉樹の科で、28～30属で約140種からなる（Farjon, 2005; Earle, 1997-onwards）。ヒノキ科は、以前、狭義のヒノキ科とスギ科の2つに分けられていたが、分子系統学的研究から、スギ科は広義のヒノキ科に含まれることになっている（Brunsfield et al., 1994; Gadek et al., 2000 など）。

ヒノキ科の樹種の材構造は類似しているため、属レベルでの区別も難しい。しかしながら、現生の属および種で典型的な材構造では、早材から晩材への移行の状態、晩材部の幅、放射壁の仮道管壁孔の形態、分野壁孔の形態や1分野内の個数と配列、軸方向柔細胞（樹脂細胞）の頻度と配列、水平末端壁の形状などによって属や種の区別できることがある（IAWA, Committee, 2004; Noshiro, 2011 など）。

本化石は単列の放射壁の仮道管壁孔を持つことから、ヒノキ科の樹種のうち、ほとんどが二列や三列であるセコイア属（*Sequoia*）やセコイアデンドロン属（*Sequoiadendron*）、ヌマスギ属（*Taxodium*）のものとは異なる。また、本化石はヒノキ型～スギ型の分野壁孔が1分野に1～2個程度であることから、典型的なスギ型がほとんどであるスギ属（*Cryptomeria*）やコウヨウザン属（*Cunninghamia*）、さらに分野壁孔の数が多しネズコ属（*Thuja*）のものとは異なる。さらに、スイショウ属（*Glyptostrobus*）とメタセコイア属（*Metasequoia*）では、ほとんどがスギ型の分野壁孔で、スイショウ属は分野壁孔がランダムで、メタセコイア属では、分野壁孔が1列に並んでいる傾向がある（Yamakawa et al., 2017）。また、スイショウ属は、板目面（接線断面）で放射組織の放射柔細胞と放射柔細胞の間に間隙が頻繁に見られることで、その間隙をほとんど持たないメタセコイア属と区別できるとされている（Visscher and Jagels, 2003）。しかしながら、本化石は変形が著しいため、早材部の分野壁孔の形質や放射柔細胞の間隙などが十分に観察できない。さらに、放射組織の放射柔細胞の数が、スイショウ属は20細胞高以下のものが多く、メタセコイア属は38細胞高以上の傾向があるとされている（Visscher and Jagels, 2003; Yamakawa et al., 2017）。本化石はほとんどが15細胞高程度以内であることから、メタセコイア属に所属しない可能性がある。

ヒノキ科の材化石は形質が類似することから同定が非常に難しいため、しばしばヒノキ科の化石分類群である *Taxodioxyton* 属や *Cupressinoxyton* 属, *Juniperoxyton* 属などが使われる (Dolezych, 2011 など). 日本では、九州の古第三系から産出する *Taxodioxyton matsuiwa* Watari (Watari, 1966) と主に新第三系から産出する *Taxodioxyton cunninghamioides* (Watari) Watari (巨理, 1948; Watari, 1966) と *Taxodioxyton sequoianum* (Merckl.) Gothan の3分類群が報告されている. これら3分類群は、すべて典型的なスギ型の分野壁孔を持つことから、本化石のものとは異なっている. *Cupressinoxyton* 属は、植物命名規約上の複雑な問題があるものの (Bamford and Philippe, 2001; Bamford et al., 2002), 1世紀以上にわたって数多くの種に対して用いられてきたことから、*Cupressinoxyton* は保存名に提案され、承認されている

(Skog, 2003). *Cupressinoxyton* 属の形質は、ヒノキ属 (*Chamaecyparis*) の材構造に類似し、ヒノキ型の分野壁孔を持ち、軸方向柔細胞 (樹脂細胞) の水平末端壁が数珠状などの形質を持つ. 本化石はヒノキ型~スギ型の分野壁孔で軸方向柔細胞 (樹脂細胞) の水平末端壁が数珠状ではなく、平滑から不規則に肥厚しているように見えることから、*Cupressinoxyton* 属に所属することも難しい. *Juniperoxyton* 属は、ネズミサシ属 (*Juniperus*) の材構造に類似し、ヒノキ型の分野壁孔を持ち、放射柔組織の末端壁が数珠状である特徴があるが、本化石のものと異なっている. 以上のように、本化石はヒノキ科の化石分類群に所属するのも難しく、保存が悪く詳細な観察できないことから、ヒノキ科の一種に留めておく.

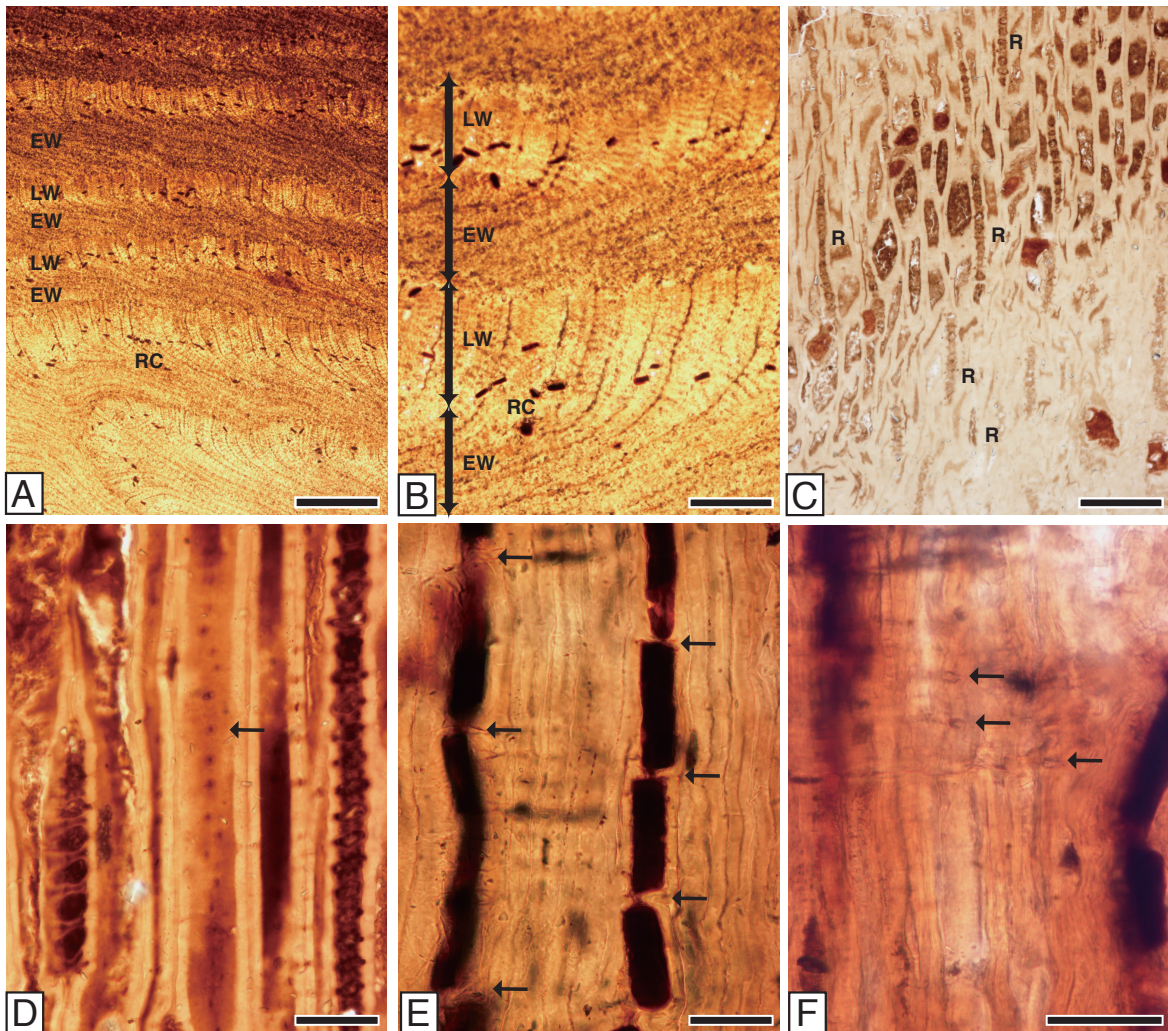


図2. 材化石の顕微鏡写真: A, B: 木口面 (横断面), 早材部 (EW) がつぶれて厚壁な晩材部 (LW) が残って見える. 軸方向柔細胞 (樹脂細胞) (RC) が早材部と晩材部の境界付近に接線方向に連なって分布する. 早材部 (EW), 晩材部 (LW), 軸方向柔細胞 (樹脂細胞) (RC) の表示は画像が見づらくなるため、一部だけ示す.; C: 板目面 (接線断面), ほとんどが15細胞高以下の放射組織 (R) を持つ. 放射組織 (R) の表示は画像が見づらくなるため、一部だけ示す.; D: 板目面 (接線断面), 単列の仮道管壁孔 (矢印) が観察される (変形を受けているため板目面で放射壁の仮道管壁孔が観察されている).; E: 柁目面 (放射断面), 軸方向柔細胞 (樹脂細胞) の水平壁が平滑もしくは不規則に肥厚している (矢印).; F: 柁目面 (放射断面), 1分野に1-2個程度の有縁で小さなスギ型の分野壁孔が観察できる (矢印). スケール: A: 500 μ m; B: 200 μ m; C: 100 μ m; D, E: 50 μ m; F: 50 μ m.

郡中層の植物化石との比較

大谷海岸の郡中層から産出する大型植物化石に関しては、1950年代から多くの針葉樹と広葉樹の化石が報告されており（八木・日山, 1953, 1954; 八木, 1955, 1957; 日山, 1959; Saito, 1962; 水野, 1987), 当時から、メタセコイア (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng) が多産することが知られていた。メタセコイアは、1941年に三木 茂によって、それまでヌマスギ属 (*Taxodium*) やセコイア属 (*Sequoia*) とされていた化石の中に、それらとは異なる形質を見出し、化石をもとに新属メタセコイア属 (*Metasequoia*) を提案した (Miki, 1941)。その後1946年、中国湖北省でメタセコイアの生存が確認され (Hu, 1946), ヒノキ科の1属1種として記載された (Hu and Cheng, 1948)。メタセコイアは後期白亜紀に出現してから、古第三紀～新第三紀にかけて汎北半球に繁茂したが (LePage et al., 2005 など), その後、後期鮮新世から衰退し始め、日本では前期更新世後期に消滅してしまったことが知られている (百原, 2017 など)。そのメタセコイア消滅の過程は、大阪層群や古琵琶湖層群など日本各地で確認されており (百原, 2017 など), この郡中層もまさしくメタセコイア消滅前の時期にあっている。

郡中層からは、メタセコイア以外に、ヒノキ科ではサワラ (*Chamaecyparis pisifera* (Siebold et Zucc.) Endl.) とコウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) もしくはランダイスギ (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. var. *konishii* (Hayata) Fujita) もしくは *Cunninghamia konishii* Hayata) の植物化石が報告されている (日山, 1959; 八木, 1955; Saito, 1962; 水野, 1987)。ランダイスギはコウヨウザンの変種とみなされることから、両種は区別できない。サワラの植物化石は Saito (1962) と水野 (1987) から報告され、水野 (1987) は郡中層下部層から産出するとしている。コウヨウザン (ランダイスギ) の植物化石は、層準は不明だが、八木 (1955) と日山 (1959), Saito (1962) で報告されている。メタセコイア、サワラ、コウヨウザン (ランダイスギ) の3種の材構造は類似し、今回の詳細な形質が確認できない材化石では、どれであってもおかしくはない。しかしながら、前述したように、メタセコイアは、典型的なスギ型の分野壁孔を持つ点や放射組織の放射柔細胞の数が38細胞高以上の傾向がある点で、本化石のものと異なる。コウヨウザン (ランダイスギ) は、比較的大きめなスギ型の分野壁孔を持つ点などで、本化石のものと異なる。以上のことから、本化石はメタセコイアとコウヨウザン (ランダイスギ) である可能性は低い。一方、サワラは、Noshiro (2011) によると、ヒノキ属 (*Chamaecyparis*) に属していながら、分野壁孔のトウヒ型、ヒノキ型、ス

ギ型の3タイプの出現比率はそれぞれ4%, 38%, 58%であり、ヒノキ型～スギ型の分野壁孔を持っている。さらに、放射組織の放射柔細胞の数も14細胞高以下である (Noshiro, 2011)。これらの形質は本化石の形質と一致しており、本化石はサワラである可能性が高い。しかしながら、詳細な形質が観察できない本化石では、断定は難しい。

本研究は、扶桑木ただ1点のみを調べたに過ぎず、多くの大型植物化石が報告されていることから、扶桑木には、メタセコイア以外の樹種も含まれていると考えられる。今後、メタセコイアが消滅する時期の貴重な資料であることから、扶桑木=メタセコイアとせず、樹種を検討できるものは、検討していく必要がある。

扶桑木について

大谷海岸から採集される材化石に関しては、江戸時代から戦後にかけて執筆された古い文献には「扶桑樹」「扶桑木」「神代木」「かつら」などという記載がされており (八木・日山, 1953; 日山, 1959; 島崎, 2021), 1956年 (昭和31年) 11月に愛媛県が天然記念物に指定する際に「扶桑木」という名称が採用された。その後、1969年 (昭和44年) の頃までは、愛媛県教育委員会発行の書籍には「扶桑木」という名称のみ記載されており、珪化木の記載はない (愛媛県教育委員会, 1969)。しかし、1982年 (昭和57年) の「愛媛の文化財」に初めて扶桑木が珪化木であると記載され (愛媛県教育委員会, 1982), 以降、天然記念物としての名称も「扶桑木 (珪化木)」と記載されるようになったと思われる (愛媛県教育委員会文化財保護課, 1993)。

寺田 (2008) によると、珪化木とは、地層中の水に溶けたシリカ (二酸化珪素) 鉱物が材の細胞内や細胞間隙に沈着または沈殿したものとし、シリカ鉱物の種類や量、結晶度、珪化作用や炭化作用の程度、さらに珪化してからの続成作用の程度などが異なっている様々なものを一様に珪化木と呼んでいるとした。また、樹木が地層中に埋もれた早い段階で珪化作用が始まっていることが明らかになっている (Oishi, 1999)。Oishi (1999) は、珪化木を炭素含有量1%未満の「低炭素型」と1%以上の「高炭素型」に区分し、さらに「高炭素型」の珪化木を炭化度により $O/C=0.3$ 未満の「石炭型」と $O/C=0.3$ 以上の「埋れ木型」と分類できるとした (Oishi, 1999; 大石, 2001)。

扶桑木を含む群中層の堆積年代は、前述したように第四紀前期更新世 (約200万年前) であるが、日本各地の主な珪化木が産出する地層の年代は、後期三畳紀～新第三紀中新世中期 (約2億3000万年～1300万年前) である。扶桑木は、一般的な珪化木の年代に比べ若いので、

珪化が進んでいないが、硬化していることから、材の細胞内にシリカ鉱物の沈着は起こっていると考えられる。Oishi (1999) (日本語訳は大石, 2001) の分類に従うと、扶桑木は「高炭素型」の「埋れ木型」に属する珪化木となる。しかしながら、一般的ないわゆる珪化木というには、あまりにも形状が異なることから、扶桑木を「扶桑木 (珪化木)」と称することは問題である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、貴重な材化石を発見され、伊予市教育委員会に通報して頂いた山先芳輝氏に感謝申し上げます。また、本稿を執筆するにあたり、伊予市教育委員会から材化石試料の提供を受けた。特に同教育委員会の島崎達也氏には様々な文献を網羅して本稿の地質図 (図 1-A) を制作していただいただけでなく、扶桑木に関する情報の提供を受けた。その地質図に使用する文献に関しては、山根勝枝氏 (愛媛県総合科学博物館) に助言を受けた。以上の方々に、心から感謝申し上げます。

引用文献

- BAMFORD, M. and PHILIPPE, M., 2001 : Gondwanan Jurassic–Early Cretaceous homoxylous woods: a nomenclatural revision of the genera with taxonomical notes. *Review of Paleobotany and Palynology*, 113, p.287-297.
- BAMFORD, M., ZILJSTRA, G. and PHILIPPE, M., 2002 : Proposal to conserve the name *Cupressinoxylon* Göppert (Fossil, Gymnospermae, Coniferales) against *Retinodendron* Zenker (Fossil, Gymnospermae, Coniferales), with a conserved type. *Taxon*, 51, p.205-206.
- BRUNSFELD, S. J., SOLTIS, P. E., SOLTIS, D. E., GEDEK, P. A., QUINN, C. J., STRENGE, D. D. and RANKER, T. A., 1994 : Phylogenetic relationships among the genera of Taxodiaceae and Cupressaceae: evidence from rbcL sequences. *Systematic Botany*, 19, p.253-262.
- 千葉 昇・三浦和彦, 1997 : 郡中層より産したコハクについて. *愛媛の地学研究*, 1, p.53-54.
- DOLEZYCH, M., 2011 : Taxodiaceae woods in Lusatia (Central Europe), including curiosities in their nomenclature and taxonomy, with a focus on *Taxodioxylo*. *Japanese Journal of Historical Botany*, 19, p.25-46.
- EARLE, C. J., 1997-onwards : The Gymnosperm Database. URL: <http://www.conifers.org/>.
- 愛媛県, 1973 : 5 万分の 1 土地分類基本調査 (郡中) 表

- 層地質図.
- 愛媛県教育委員会 (編), 1969 : 愛媛の文化財, 愛媛県文化財保護協会.
- 愛媛県教育委員会 (編), 1982 : 愛媛の文化財, 愛媛県教育委員会.
- 愛媛県教育委員会文化財保護課 (編), 1993 : 愛媛の文化財, 愛媛県教育委員会.
- FARJON, A. 2005 : Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, 650 pp.
- GADEK, P. A., ALPERS, D. L., HESLEWOOD, M. M. and QUINN, C. J., 2000 : Relationships within Cupressaceae *sensu lato*: a combined morphological and molecular approach. *American Journal of Botany*, 87, p.1044-1057.
- 日山克明, 1959 : 森の浜の扶桑樹. *愛媛の自然*, 1, p.150-154.
- HU, H. H., 1946 : Notes on a Palaeogene Species of *Metasequoia* in China. *Bulletin of Geological Society of China*, 26, p.105-107.
- HU, H. H. and CHENG W. C., 1948 : On the New Family Metasequoiaceae and on *Metasequoia glyptostroboides*, a living species of the genus *Metasequoia* found in Szechuang and Hupeh. *Bulletin of the Fan Memorial Institute of Biology, New Series* 1, p.153-161.
- IAWA COMMITTEE (ed.), 2004 : IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal*, 25, p.1-70.
- IAWA 委員会 (編), 日本木材学会 組織と材質研究会 (日本語版監修), 2006 : 針葉樹材の識別—IAWA による光学顕微鏡の特徴リスト. 海青社.
- 伊予市文化財保護審議会 (編), 2011 : いよしの文化財, 伊予市教育委員会.
- 北林栄一・檀原 徹・岩野英樹, 2012 : 愛媛県伊予市の郡中層の火山灰のフィッシュントラック年代. *大分県地質学会誌*, 18, p.61-64.
- 国土地理院, 1998 : 1:25,000 都市圏活断層図 (郡中).
- 国際航業株式会社 (調整), 2015a : 1:5,000 伊予市全図 (No.3). 伊予市.
- 国際航業株式会社 (調整), 2015b : 1:5,000 伊予市全図 (No.4). 伊予市.
- 国際航業株式会社 (調整), 2015c : 1:5,000 伊予市全図 (No.6). 伊予市.
- 国際航業株式会社 (調整), 2015d : 1:5,000 伊予市全図 (No.7). 伊予市.
- LEPAGE, B. A., YANG H. and MATSUMOTO M., 2005 : Chapter 1. The Evolution and Biogeographic History of *Metasequoia*. *The Geobiology and Ecology of Metasequoia*, LEPAGE B. A., WILLIAMS C. J. and

- YANG H. (eds), Springer, p.3-114.
- 松井和夫, 長谷川修一, 山田 仁, 1985: 愛媛県伊予市南西に分布する郡中層の年代について. 日本地質学会第92年学術大会講演要旨集, p.52.
- MIKI, S., 1941: On the change of flora in Eastern Asia since Tertiary Period (I). The clay or lignite beds flora in Japan with special reference to the *Pinus trifolia* beds in Central Hondo. *Japanese Journal of Botany*, 11, p.237-303.
- 水野清秀, 1987: 四国及び淡路島の中央構造線沿いに分布する鮮新・更新世について (予報). 地質調査所月報, 38, p.171-190.
- 百原 新, 2017: 鮮新・更新世の日本列島の地形発達と植生・植物相の変遷. 第四紀研究, 56, p.251-264.
- 森貞聡, 1967: 郡中層に見られた花粉化石. 愛媛の地学, 永井浩三先生還暦記念号, p.150.
- 永井浩三, 1957: 愛媛県の地質. トモエヤ文具書店地理部.
- NOSHIRO, S., 2011: Identification of Japanese species of Cupressaceae from wood structure. *Japanese Journal of Historical Botany*, 19, p.125-132.
- OISHI, T., 1999: Classification and formation mechanism of silicified woods, *Doctor thesis, University of Tokyo*, 107 pp.
- 大石 徹, 2001: 珪化木の成因について (有機物から見た分類法の提案). *Crystal Letters*, 16, p.17-23.
- 島崎達也, 2021: 明月による扶桑樹伝の執筆過程と全文書き下し. 伊豫市の歴史文化, 75, p.4-15.
- SAITO, M., 1962: The geology of Kagawa and northern Ehime prefectures, Shikoku, Japan. *Memoirs of Faculty of Agriculture, Kagawa University*, 10, p.1-74, Plates 1-17.
- SKOG, E. J., 2003: Report of the Committee for fossil plants 4. *Taxon*, 52, p.341.
- 産総研地質調査総合センター, 2016: 20万分の1地質図幅「松山」(第2版).
- 高橋治郎・鹿島愛彦, 1985: 愛媛県伊予市森の海岸に分布する郡中層について. 愛媛大学教育学部紀要, 第III部, 自然科学, 5, p.19-29.
- 寺田和雄, 2008: 日本から産出する珪化木について. 化石, 83, p.64-77.
- VISSCHER, G. E. and JAGELS, R., 2003: Separation of *Metasequoia* and *Glyptostrobus* (Cupressaceae) based on wood anatomy. *IAWA Journal*, 24, p.439-450.
- 亘理俊次, 1948: *Glyptostroboxylon* の一新種に就て. 植物学雑誌, 61, p.11-14.
- WATARI, S., 1966: A new *Taxodioxylon*, T. matsuiwa Watari, from the Palaeogene of North Kyushu, Japan. *Botanical Magazine of Tokyo*, 79, p.165-173.
- 八木繁一, 1955: 伊予の扶桑木について (第2報). 地学研究, 7, p.206-209.
- 八木繁一, 1957: 伊予の扶桑木について (第3報). 地学研究, 9, p.223-225.
- 八木繁一・日山克明, 1953: 有名な伊予の扶桑木. 採集と飼育, 15, p.328-329.
- 八木繁一・日山克明, 1954: 伊予の扶桑木について. 地学研究, 6, p.311-314.
- YAMAKAWA, C., MOMOHARA, A., SAITO, T., and NUNOTANI, T., 2017: Composition and paleoenvironment of wetland forests dominated by *Glyptostrobus* and *Metasequoia* in the latest Pliocene (2.6 Ma) in central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 467, p.191-210.

