

<論文>

照葉樹林西端域における植生変遷に関する花粉分析学的研究
—長崎県壱岐・対馬両島を例にして—

Pollen Analytical Study on Vegetation Change in the Western
End area of Lucidophyll Forest.

—taking Iki and Tsushima both Ilands in Nagasaki Pref. as example—

Takashi Uchiyama^{*1}, Hideaki Noi^{*2}, Koji Shichi^{*3}

内山 隆・野井英明・志知幸治

要旨

- (1) 対馬海峡に位置する長崎県対馬島（以下「対馬」）および壱岐島（以下「壱岐」）の両島は、ヤブツバキを指標種とする常緑広葉樹林域（以下「照葉樹林」）に含まれるが、その構成種数は、照葉樹林の東端域にある房総半島北部（スダジイ・ヤブコウジ群集、64種）と同様に構成種数の少ない単純化したスダジイ・クロキ群集（65種）に区分されている。このような照葉樹林の植生の成立過程について、最終氷期最盛期（以下「LGM」）以降の植生変遷を考察した。
- (2) 約1.7万年前の壱岐には五葉性マツ属、トウヒ属を主とする針葉樹とカバノキ属やブナ、イヌブナを含む混交林が成立したが、その後、森林は縮小し約1.2万年前に草地が拡大していた。
- (3) 完新世の温暖化は中間温帯林・照葉樹林の北上を促し、モミ林は約6,000年前にシイ林は約5,000年前に対馬北部に達した。その後、約3,000年前、対馬の低地にはマツを主として照葉樹やモミ・シイ・カシを含む中間温帯林が成立し二次林化した。海洋性気候の卓越した壱岐では、耐潮性の低いカシ林の拡大は制限されていた。
- (4) シイノキ属／クリ属花粉について種構成を検討した結果（対馬池田浜）、約2,500年前まではクリ型とツブラジイ型が、スダジイ型、マテバシイ型を

照葉樹林西端域における植生変遷に関する花粉分析学的研究 内山・野井・志知
伴って産出したが、約1,000年前にかけてツブラジイ型とスダジイ型に収束し、構成内容が単純化した。この単純化と人為の関連について、人為による地表の攪乱要因と食用を検討した。

キーワード 照葉樹林、中間温帯林、花粉分析、SEM観察、気候変動
*¹：千葉経済大学、*²：北九州市立大学、*³：森林総合研究所

はじめに

地中に保存された花粉化石集団を対象とした花粉分析学は、現存する植物集団とは異なる過去を直接的に示すものであり、過去に「森が動いた」事實は、同時に「森は動く」動的な概念を有することを示している。その概念には、数百年を単位とする植生遷移や地域的に集積された数千年を単位とする植生変遷が含まれるが、通常の花粉分析の精度では局地的な植生遷移や小規模な群落の動態は捉えられない場合が多い。また、主要な花粉分類群の消長によって識別された局地花粉集合帯には地点間の時間的不一致や主要な樹種の消長における不調和があり、温度や降水量などの気候要因とともに、地形的な環境条件や地史的変遷の差異に関する考察には総合的な視点が必要になる。

本研究は、日本の西端域に位置する照葉樹林の植物社会学的知見や花粉分析の先行研究をふまえ、長崎県対馬・壱岐両島の植生変遷について花粉分析学的に検討を加えたものである。その際、年代測定による時間軸と、複数地点の花粉分布図（「以下、花粉ダイアグラム」）を比較し、両島の植生の成立過程を明らかにすることを目的とした。また、通常の光学顕微鏡による観察とともに照葉樹林の主要な樹種であるスダジイ・ツブラジイ・マテバシイ各種とクリ属の識別を目的に走査型電子顕微鏡（以下「SEM」）による観察をおこなった。

1 先行研究

両島を対象として行われた研究例のうち、西九州沿岸域の環境変遷を概括し

た松岡^①、対馬では稲作の起源を考察した畑中^②や約5,000年前からのマツ類の連続出現に人為の可能性を認めた野井^③の研究がある。また、壱岐ではカシ林と耐潮性を関連させた内山^④の研究、約4,000年間の植生変遷と人為の影響を台地と低地で比較した志知^⑤の研究、「原の辻遺跡」発掘調査として弥生時代から古墳期にかけて、花粉を含む植物遺体群を分析した辻^⑥の研究があり、それぞれから導かれた要点を整理しておこう。

① 松岡数充・三好教夫（1998）は、西九州におけるLGM以降の照葉樹林の変遷について以下のようにまとめている。すなわち、LGMに南九州の沿岸域に残存していた照葉樹林とその上位の針葉樹を混じえた落葉樹林は、完新世に西九州沿岸を北上し、対馬へは九州と分断される前に侵入した。また、平戸島西岸ではすべての層準でマツ属の圧倒的な多産と、3,000年前～2,000年前以降にかけて、マツ属以外の樹種が減少しマツ属が卓越する変化を示した。また、対馬・三根湾の海底堆積物には、約6,000年前の温暖な海洋環境のなかで縄文中期（5,000年前～4,000年前）に気候悪化が生じていたこと、約3,000年前の小規模な改善、さらに3,000年前～2,500年前の海面の低下による河口域の前進と沼沢地化を考察している。また、北松浦半島の海底堆積物にも、約5,500年前～4,000年前の小規模な海面の低下、さらに、約3,400年前～2,000年前の湿地化を最上部の腐植層に認めている。

② 畑中健一（1979）は対馬の北部上県町、志多留の田ノ浜湿原を対象とした約5mの堆積物の下層に海成層を認め、その後、淡水化と沼沢地化を経て約2,000年前に成立した湿原が稲作に関連することを指摘し、マツ属花粉の多産と栽培型のイネ科花粉の卓越が1,580±75y.BP以降に生じた事実を示した。この稲作開始期は、海退に伴う湿地化が局地的な堆積環境に左右され地域的な開始期より遅れたもの（中村、1980）と推察されている。

③ 野井英明・志知幸治・内山隆（2020）は②畑中の分析地点に隣接する谷の約7,000年間の湿地堆積物を分析した結果、最深部から深度3mまでの下部はシイノキ属とアカガシ亜属を主とする照葉樹林の成立を示し、上部にかけ

てマツ属が増減を繰り返しながら優占的になる事実を示した。一方、照葉樹林の構成種群は減少傾向にあり約2,800年前のイネ科花粉の卓越した時期を稲作の開始期として、同時に森林伐採の影響を認めている。

- ④ 内山隆（2018）は壱岐島北部の若宮島の湿地から採取された1.7mの堆積物試料の分析結果から約6,000年前以降における、サカキカズラ属、ヤマモモ属、ハイノキ属、クチナシ属花粉の産出を根拠に照葉樹林の成立とみなした。また、約4,000年前にかけて草本類が減少する中でのシイ林の拡大とその後のシイ林の規模縮小を考察した。その際のアカガシ亜属の増加は海洋性気候の卓越した中での自然増とは考えにくく、シイ自然林の減少によるカシ二次林の相対的増加としている。
- ⑤ 志知幸治・内山隆・野井英明（2018）は、壱岐北部の丘陵上の水田の花粉分析から、通常は完新世後期に優占するマツ属の増加期以前に、イネ科およびソバ属花粉が多産していることに、比較的早期（約4,000年前）に人為の影響が及んだものと論じている。
- ⑥ 辻誠一郎・辻圭子・鈴木茂（2004）は、遺跡周辺の植物の詳細な種実および花粉分析から、主要な植生変遷とともに古墳期以降のシイノキ属—マテバシイ属の減少とイネ科の急増を示している。以上、先行研究はいずれも、両島の植生変遷の概要を示すものであるが、シイノキ属/クリ属花粉の識別が検討課題になっている。

2 調査地の概況（表1、図1）

- (1) 地形：照葉樹林の西端域である北九州地域は北緯34度、東経130度付近に位置するが、フィリピンの東海岸沖に起源する黒潮暖流から転じた対馬暖流の流路に沿って、対馬は気候的により温暖な西南部と比較的冷涼な北東部に細分される。壱岐、対馬両島は地理的な気候環境の差異に加えて、独立性の高い島嶼生態系を有している。対馬は北東方向から南西方向に約78kmの長軸と、東西方向に約18kmの短軸を持つ複雑なリヤス式海岸に囲

表1 分析地点の位置

No. 1	佐護川	34° 37' 54" N	129° 20' 18" E
No. 2	池田浜	34° 21' 49" N	129° 14' 1" E
No. 3	若宮島	33° 51' 44" N	129° 41' 22" E
No. 4	今坂触	33° 46' 29" N	129° 43' 49" E

まれた長楕円形の島嶼である。長軸に沿って稜線主脈が連なり、狭小な接続部分の南方に矢立山(649m)、竜良山(559m)、有明山(558m)、白嶽(519m)を配する南部(下県)と、北方にやや標高の低い大山(348m)、御岳(490m)を擁する北部(上県)に分けられる。北部の複雑な地形に関して、江上⁽⁷⁾は、「傾斜角度の面積分布のピークが40度に近い」ことと、「年間日射量分布のピークの低さ」を特徴としている。また急峻な立地環境は斜面崩壊や、冬期の北西からの季節風の影響を受けるため、周辺域とは異なる局地的な作用が植生に及ぶ可能性がある。対馬は面積の89%が森林であり、耕作地2%、生活地域が9%であり、全体としては人為の影響が比較的少ない環境にある。一方、壱岐は最高標高が212m程度であり、単調な台地は「傾斜角0に集中する地形分布」に現れており、「日射量分布は単純なピーク構造」⁽⁷⁾を持ち、人為が全域に及んでいる。さらに、南北約17km、東西約12kmのほぼ同心円状の地形は、島のほぼ全域が海岸線から5km内の位置にあり、沿岸域は潮風の影響を受けている。

(2) 気候

対馬は北九州沿岸部と同様の気温環境(WI:125~130°C・月以上)にあるが、北東部から南西部に連なる長軸方向に対して、北西部の比較的冷涼で寡雨な環境と、南東部のより温暖で多雨な環境に分かれている⁽⁸⁾。北九州地域は日本海に位置していながら海域がせまいため冬季の降水量が少なくなり、対馬北部の鰐浦の年降水量(1480mm)は、巖原(2,235mm)

や壱岐芦辺(1,860mm)と比べて少ない⁽⁹⁾。対馬北部の山地帯の標高500m付近は、気温減率 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いた場合、WIが $78\sim 90^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 程度となり照葉樹林と落葉広葉樹林の境界付近に相当する。南部ではWIは $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 程度となり、照葉樹林域内となる。一方、壱岐各地の年降水量の差異は小さいが、気温ではWI(芦辺 $128^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)とWI(石田 $138^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)となり、南部でやや高くなる。壱岐・対馬の気候環境をWIと雨量因子(R)で示した図9には、他地域に比べRの領域が広いことが示されている。

(3) 植生

照葉樹林の群落体系をスダジイ群団の9群集として分類し、各構成種数を比較した植物社会学的研究⁽¹⁰⁾は、九州南部のスダジイ・タイミンタチバナ群集(総照葉樹林構成種数:137種)を基準に、太平洋側北限域のスダジイ・ヤブコウジ群集(64種)および日本海側のスダジイ・トキワイカリソウ群集(61種)の半減した状況を示し、低温による分布制限要因とLGMのレフュージアからの距離を背景とした歴史地理的要因を考察している。その中で、対馬・壱岐両島に分布するスダジイ・クロキ群集(65種)は房総半島南部のスダジイ・ホソバカナワラビ群集(73種)に比して少なく、より単純化したスダジイ林の状態は、半島や島嶼の地理的環境が反映されたものであろう。また、壱岐の海岸部にはマテバシイ萌芽林が広く分布⁽¹¹⁾し、人為の影響を考慮する必要がある。伊藤⁽¹²⁾によれば、『対馬のシイ林の垂直分布は南部と北部で異なり、南部では標高300mで上方のアカガシ林と接し、山頂にモミ林が分布する。一方、北部では標高350mまでシイ林が分布し、標高350m以上～山頂までモミ自然林が分布している』。また、モミ林は南部、北部ともに河辺域でも発達しており、モミ林の生育地について『対馬は本土九州と比べ、アカガシ林域の上限海拔に達する山地が存在しないために、アカガシの勢力が減じる山頂付近の浅い土壌の立地は、モミの成立領域になる』⁽¹³⁾とされ、モミ林の成立はアカガシ林の

生態的分布限界域に土壤条件が加わることを示している。

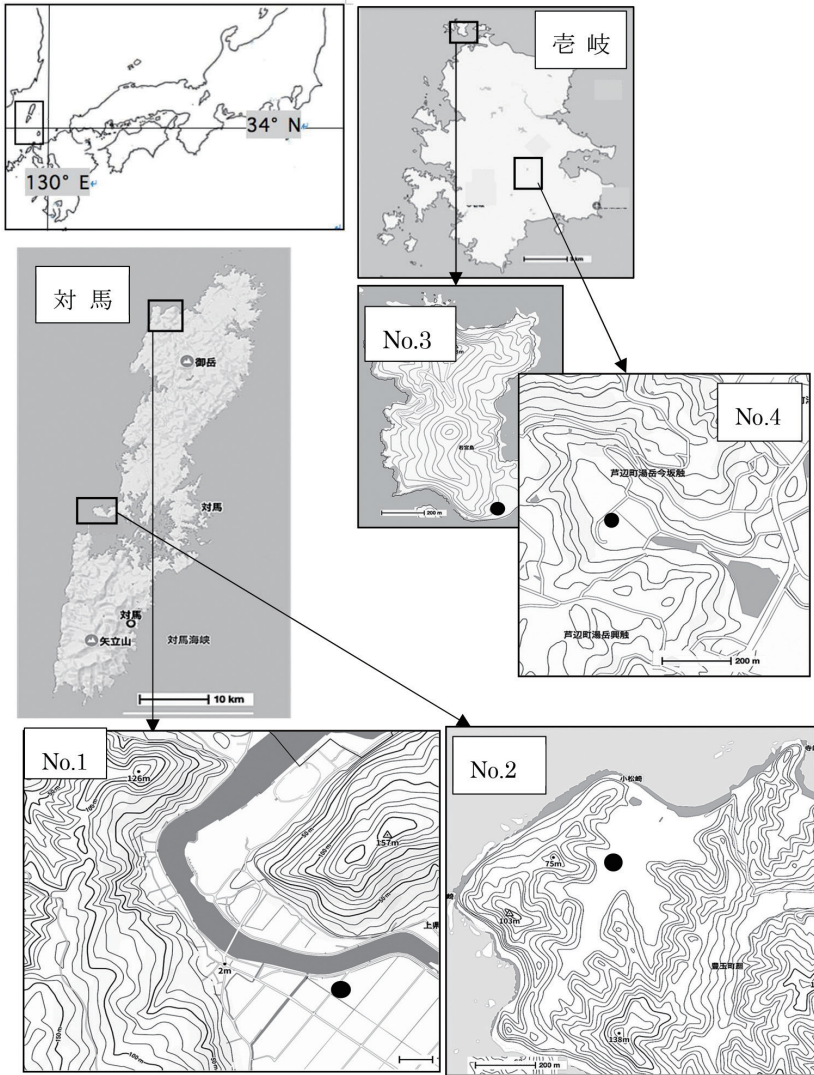


図1 調査地域と試料採取地点

(No.1 佐護川, No.2 池田浜, No.3 若宮島, No.4 今坂触)

出典：地理院地図（電子国土 Web）および Yahoo！地図を基に作成

3 分析試料と年代測定 (表 2)

対馬No.1 (佐護川) では、護岸工事で現れた露頭より分析試料を直接採取したが、他の3地点ではヒラ-型ボーラーを用いた。佐護川河岸の深度200～260cmに砂礫層があり、その直下に有機物を含むシルト質粘土が深度320cm付近まで達していた。No.2 (池田浜) は、三面丘陵に囲まれた盆地状の平地にあり、豊玉町誌によれば『雨季になると冠水して沼のようになる』⁽¹⁴⁾ 場であり、地元の方によれば『地表下18mの礫層までは粘土質』⁽¹⁵⁾ が続いており、今後の研究対象とすべき場である。地表下480cmまでの柱状試料 (以下「コア」) の深度162cm～270cmは有機質に富み一時的に湿地化したことを示している。

表 2 分析試料の年代測定値

年 代 測 定		年 代 値	依頼先 Code No.
No.1	佐護川 (深度 cm)	Libby Age	Code No. (IAAA)
	T-SG・No.1 (-250cm)	5,240±30 (calBP)	150946
	T-SG・No.2 (-280cm)	6,130±30 (calBP)	133582
No.2	池田浜 (深度)		パリノサーベイ
	175cm	815±20 (calBP)	pal-10689
	455cm	2,805±20 (calBP)	pal-10690
No.3	若宮島 (深度)		
	Wakamiya 90cm	3,460±70y.B.P.	N-3436
No.4	今坂触 (深度)		Code No. (IAAA)
	KF-No.1 (55cm)	550±30 (calBP)	150945
	KF-No.1 (84cm)	270±20 (calBP)	152472
	KF-No.1 (170.5cm)	11,870±40 (calBP)	133582
	KF-No.2 (165cm)	12,060±40 (calBP)	160540
	KF-No.2 (250cm)	17,360±60 (calBP)	152473

No.3 (若宮島) は社寺林域にあり、古くから人為が制限されてきた場所である。1.7mのコアの深度40cmから60cmにかけて泥炭質に富むが、全体としてシルト質である。年代測定値 (3,460 y.B.P) は較正年代 (calBP) として約4,000

年前を採用した。

No.4（今坂触）は、標高10mの台地を開析する谷奥の平坦地にある。試料採取は近接した2地点でおこない、①深度0～180cmと②深度50cm～253cmのコアを採取した。①では深度55cm（約550yrBP）と170.5cm（約12,000yrBP）を得た。②では深度84cm～100cmと130cm～165cm付近の堆積物が欠落しており、165cm～253cmまでを連続した分析試料とした。深度165cm付近の年代値（約1.2万年前）は①の最下部に匹敵しており、②の最下部（約1.7万年前）から連続した堆積物とみなした。②は深度130cmまではシルトであるが、深度165cm以深は粘土を主として深度200cm～250cmは有機質を含んでいる。最深部は硬く締まっていた。

以下、各地の堆積物の層相と年代測定値を先行研究と対比させる。

No.1（佐護川）では深度280cmの最下部は縄文海進期の約6,100年前に相当し、深度250cm（約5,200年前）は、西九州の沿岸域における5,000年前～3,500年前の海水面の低下期に内湾が埋積されてきたことに調和する。

No.2（池田浜）では深度270cm～160cmにかけて有機質に富む泥炭層になっており、最深部の深度455cm（約2,800年前）は3,000年前～2,500年前の海退期に汽水域から淡水域への変化期に相当し、さらに湿地化した堆積環境は深度172cm（約800年前）まで持続したことを示している。

No.3（若宮島）では、深度90cmの年代値（4,000年前）をもとにした堆積速度を外挿すると上位の深度40～70cm付近の泥炭層の堆積は海退期後半の湿地化した時期（約2,500年前）となり、海水面の低下期に湿地化したことを示している。深度110cm以深は、花粉の含有量（1,000粒/乾重量g以下）が低下^④しており、最下部（150cm）に見積もられた約6,700年前から、深度110cmまでは海面下の環境にあったものと考えられる。

No.4（今坂触）は、標高10mの台地を開析する谷奥の平坦地にあり海進期も海面上に位置していた可能性がある。①と②の最深部の年代値を総合すると、LGMに相当する約1.7万年前から、完新世初期の約1.2万年前まで堆積環境

にあった場が約500年前以降、客土等によって埋積されたものと考えられる。

4 分析方法

多くのコアは泥炭質シルトや粘土を主としており、10cm間隔で分析試料とした。有機質の多寡によって含有花粉量に差異があり、塩化亜鉛の重液を用いて花粉を濃縮してから、KOHアセトリシス法による化学処理、プレパラート作成を行い、樹木花粉200粒以上を基準に計数し、樹木花粉総数を基数として各花粉分類群の産出率を%で示した。ただし、含有花粉数が少ない場合は、花粉孢子総数200粒以上を基数として花粉ダイアグラムを作成した。また、一部の試料に関しては、SEM観察用に該当する花粉粒を光学顕微鏡下で識別し収集したものを、(株)花市電子顕微鏡技術研究所に委託し導電コーティング（オスミウムプラズマコート）処理し、写真撮影（JSM-6320F at 5kV）を行った。なお、シノキ属/クリ属（*Castanopsis/Castanea*）花粉の識別は、MIYOSHI⁽¹⁶⁾を基準とした。撮影した花粉表面の畝幅の測定は、太さ径0.4、0.3 μm 、0.2 μm 、0.1 μm の円を赤道軸に沿って輪郭が明瞭な約20ヶ所に当てはめ、その個数から平均幅を求めた。

5 花粉分析結果と考察

(1) No.1佐護川（図2）

モミ属（*Abies*）が30%を超える最下部（深度260cm）から、上位（250cm、240cm、200cm）のシノキ属/クリ属、アカガシ亜属（*Cyclobalanopsis*）、コナラ亜属（*Quercus*）を主要な構成種とする組成に変化する。ただし、深度240cm以深の青灰色シルト層中には、シダ孢子（Monolete Spore）が優占的に産出する中で、最深部にモミ属、二葉性マツ属（*Pinus D.*）が産出し、その直上からシノキ属を含む広葉樹が増加し、最上部では広葉樹を主とする組成に変化している。一方、草本花粉の比率が少なく、最下部ではガマ属（*Typha*）、ハス（*Nelumbo*）とソバ属（*Fagopyrum*）が産

出しており5,000年前頃の湿原環境とソバ栽培の可能性を示している。佐護川は対馬北部の最高峰御嶽（479m）の北側斜面を水源として、森林地

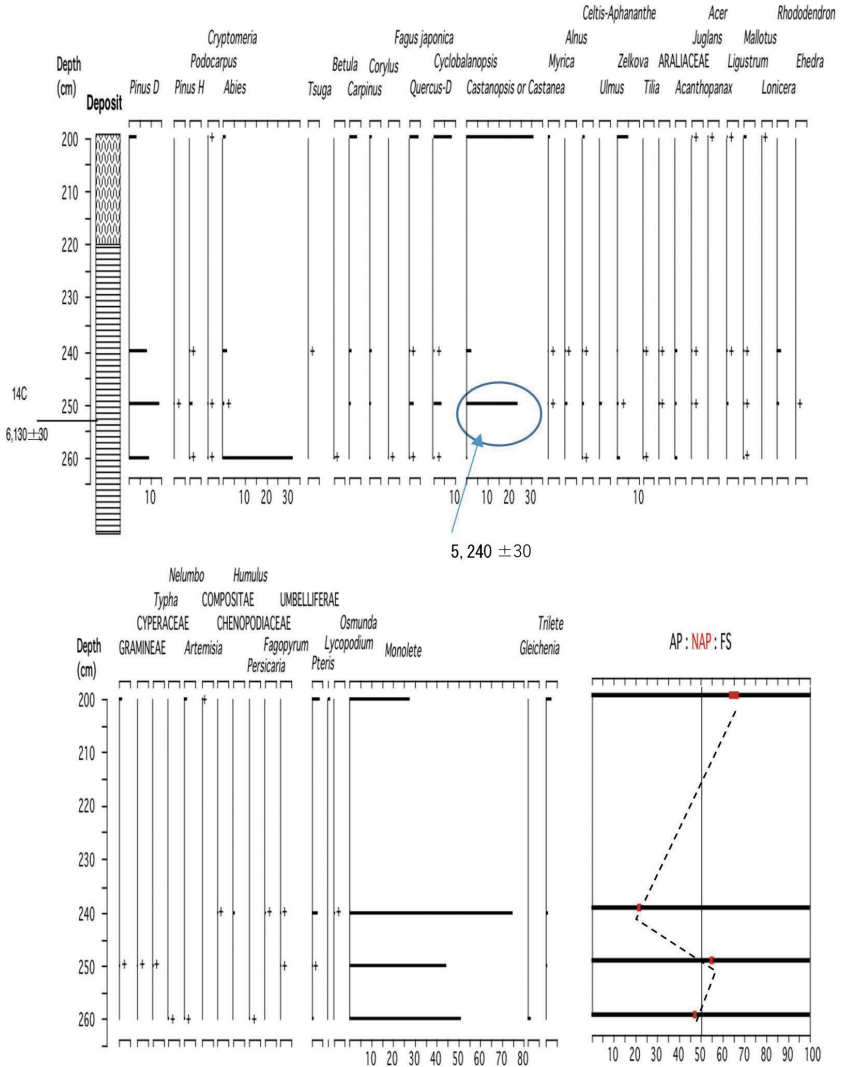


図2 No.1(佐護川)の花粉ダイアグラム 上段：主要な樹木、中段：樹木および三成分比、下段：草本およびシダ 上段内の○は、SEM 観察サンプルを示す。

帯を蛇行しながら標高100m程度の丘陵内にいくつかの谷底平野を形成しながら河口にいたる。分析の対象となった有機質に富む層位は、旧河道の後背湿地に由来するものと考えられ、脊梁山脈から低地までの植生が花粉の供給源となっている。また、深度240cmでは単溝型シダ孢子が80%程度産出し、洪水など堆積環境の変化が推測される。SEM観察（深度250cm）を実施した4粒中、スダジイ型（2粒）、ツブラジイ型（1粒）、クリ型（1粒）を識別した。最温暖期にモミ林が成立した後（約5,200年前）に、シイ林とクリ林、カシ林からなる照葉樹林が成立した。

(2) - 1 No. 2 池田浜 (図3・図4)

針葉樹、樹木、草本花粉とシダ孢子に分けて、それぞれの局地花粉集合帯を識別した。全体として針葉樹では二葉性マツ属が卓越しているが、深

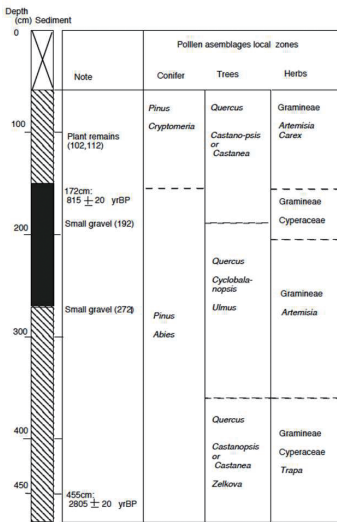


図3 局地花粉集合体帯のまとめ
(Conifer:針葉樹、Trees:広葉樹、Herbs:草本)

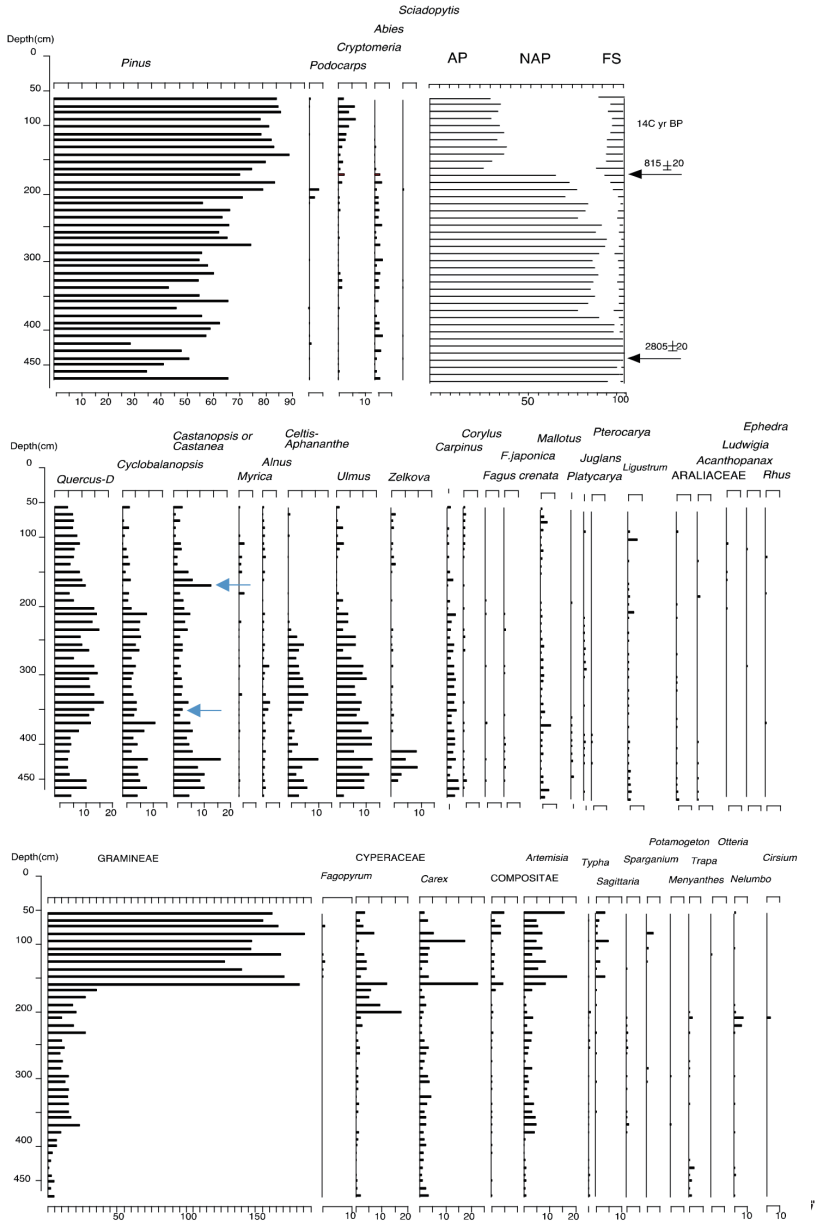
度200cm付近を境にモミ属が連続的に産出する下部とスギ属が連続的に産出する上部に二分される。

主要な樹木花粉の消長では、ケヤキ属 (*Zelkova*) が10%程度で連続的に産出する最下部（深度4m以深）とコナラ亜属を中心にエノキ属・ムクノキ属 (*Celtis/Aphanathe*)、ニレ属 (*Ulmus*) が主要な構成種になる中間部（深度42cm～210cm）、アカガシ亜属やシイノキ属/クリ属が減少する深度200cm以浅の3帯に分けられる。さらに、草本およびシダ孢子の消長からは、4帯に区分された。す

なわち最下部（深度400cm以深）は、草本花粉およびシダ孢子の産出が少なく、わずかにヒシ属 (*Trapa*) の連続的な産出によって特徴づけられ一

時的に水湿地の拡大が考えられる。深度400cmから上位にかけて、アカガシ亜属やシイノキ属/クリ属、ケヤキ属の減少とコナラ亜属の増加は、初期の二次林化であり、深度200cmから上位にかけて、コナラ亜属を含む減少はさらに進んだ森林破壊を示すものと考えられる。一方、最上部（深度160cm以浅）はイネ科（GRAMINEAE）の優占的な産出に加えカヤツリグサ科（CYPERACEAE）、ヨモギ属（*Artemisia*）が多産する他、ソバ属の連続的産出が特徴的であり、稲作の拡大にともなう人為の影響が考えられる。この花粉帯直下（深度170cm～210cm）には、ヒシ属、ハス属など複数の水湿地植物が連続的に産出する。最深部の花粉帯の上位（深度390cm～220cm）は、イネ科花粉、ヨモギ属花粉の増加と連続的な産出があり、草地の拡大を示している。全層を通して、マツ属の多産はイネ科の急増期の開始以前から続いており、対馬で実施された先行研究①、②、③）同様、稲作の開始期以前から、森林の二次林化が進んでいたことを示している。約3,000年前まではマツ属を主として、モミ属や落葉樹と常緑樹の混在する森林が成立したが、その後、落葉樹が減少し二葉性マツ属の卓越する組成に変化した。また、イネ科の急増開始にともなってマツ属以外の樹種が一様に減少し、森林伐採やスギ植林の拡大を示している。本地点で想定された稲作の開始期（約800年前）は北九州地全域に比べ大変遅れた年代になるが、この遅れは、先行研究②の考察（中村、1980）⁽¹⁷⁾が指摘した湿地環境の成立の遅れによるものと考えられる。すなわち深度272cm～170cmの泥炭質層は海退の影響を受けた湿地化で形成されたものであり約2,000年前以降に生じたことが推測される。また、最深部の花粉帯には二次林の構成樹種である*Platycalya*（ノグルミ属）や*Mallotus*（アカメガシワ属）が、ほぼ全層で連続的に産出しており、周辺の森林は約3,000年前から二次林化が進行していた可能性があり、豊玉町の沿革には薪炭材の採取や足利時代の「牧（廻りの牧）」⁽¹⁴⁾の設置など山林資源に依存する人為の影響が古くから及んでいたことに調和する。

照葉樹林西端域における植生変遷に関する花粉分析学的研究 内山・野井・志知



(2) - 2 SEM観察結果 (図5・表3・写真図版)

図5の矢印で示した上部(深度160cm)の8粒と下部(深度360cm)の10粒を対象に赤道径・極径を測定した結果、上部の平均はそれぞれ11.7 μm ・18.4 μm 、下部の10粒はそれぞれ11.0 μm ・15.1 μm となり、小型花粉(極径:15 μm 以下)の割合は、下部集団で7粒(70%)上部集団では2粒(30%)と明らかな差があった。また、畝幅の測定をおこなった結果、下部では畝幅0.2 μm を中央値として、0.1 μm から0.4 μm の畝幅を有する多様な彫紋の形状が計測された。下部集団では、クリ型(4粒)、ツブラジイ型(3粒)、スダジイ型(2粒)、マテバシイ型(1粒)となった。

これに対して、大型化した上部集団では畝幅0.1 μm を中央値とするツ

表3 抽出したシイ属/クリ属花粉のSEM像で認識された畝幅のサイズ(μm)分布

Sample16	0.1	0.2	0.3	0.4	Av.	Sample36	0.1	0.2	0.3	0.4	Av.
1b	14	5	1		0.14	1b		4	8	8	0.32
2b	5	11	3	3	0.21	2b		13	6	1	0.24
3b	17	3			0.11	3b	3	12	5		0.16
4b	16	4			0.12	4b	10	9	1		0.15
5b	10	8	2		0.16	5b	14	5			0.12
6b	20				0.1	6b		11	7		0.23
7b	7	11	2		0.18	7b		13	6	1	0.24
8b	3	12	2		0.19	8b	2	15	4		0.21
						9b	1	12	4	2	0.23
						10b	2	9	5	4	0.25

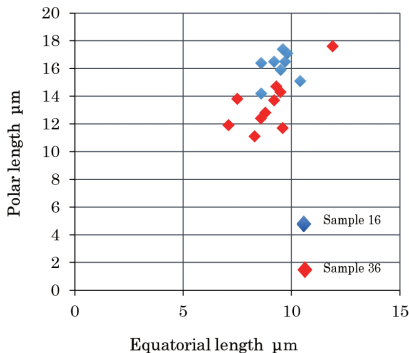


図5
Sample 16 および 36 中のシイ属/クリ属花粉の粒径 Polar length (縦軸:極径)、Equatorial length (横軸:赤道径)

ブラジイ型(4粒)と $0.2\mu\text{m}$ を中央値とするスタジイ型(4粒)を検出した。

したがって、マツ属が優占的に産出する上部でツブラジイ型とスタジイ型への単純化は、スタジイのみの分布拡大説⁽¹⁸⁾とは調和しない。この点に関しては、総合的に考察する。

(3) No.3 杵岐若宮島 (図6)

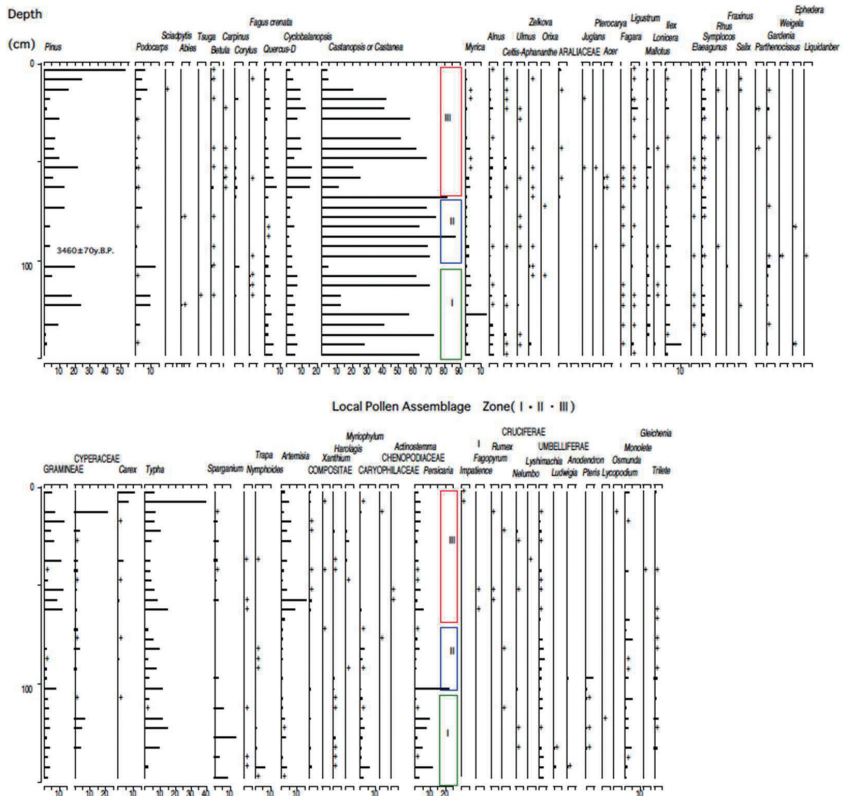


図6 No.3 杵岐若宮島の花粉ダイアグラム (内山 2018 をもとに修正・加筆)
上段：樹木、下段：草本とシダ

先行研究④では、二葉性マツ属が卓越する最上部（0～25cm）を独立させたが、本論では直下の花粉帯の下位から減少傾向を示すシイノキ属/クリ属の消長を重視して、深度70cmまでを局地花粉集合帯（Ⅲ）としてまとめた。主要な樹木花粉と草本花粉の消長から識別された局地花粉集合帯の層位は、ほぼ同調しており、全体として人為の影響が認め難い下部のⅠ帯とⅡ帯はシイノキ属/クリ属が優占するが、最下部のⅠ帯には *Podocarpus*（イヌマキ属）がマツ属に随伴している。また、草本では *Persicaria*（イヌタデ属）がⅠ帯で連続的に産出している。

(4) No. 4 今坂触①（図7）今坂触②（図8）

今坂触①の約1.2万年前に相当する下部の深度160cmの草本が優占する

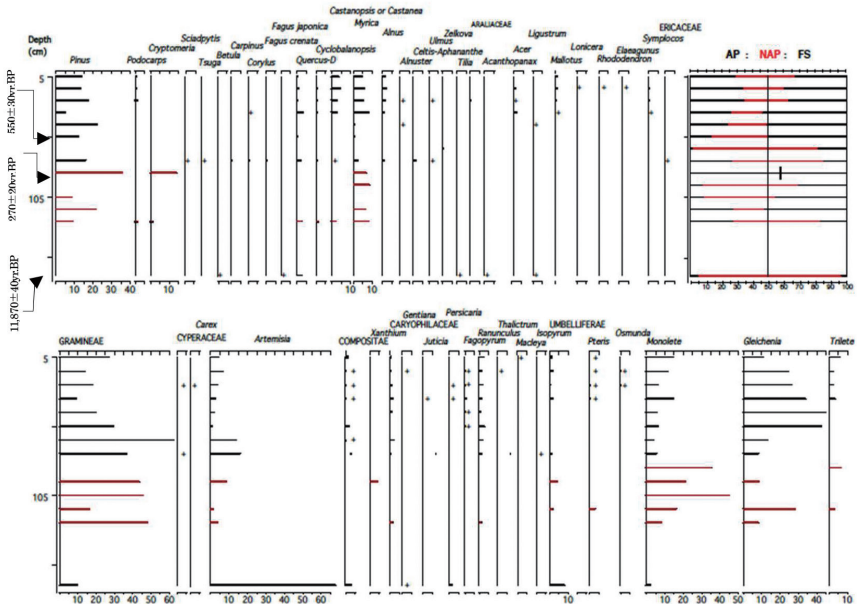


図7 吉崎今坂触①の花粉ダイアグラム（上段：樹木、下段：草本・シダ）
 図中 赤表示 % の基数は、樹木花粉が少ないため総花粉孢子数とした層準
 上段：縦軸（深さ）に C¹⁴ 年代値（500, 270, 11,870ur BP）を付記した。
 下段：最下部の *Artemisia*（ヨモギ属）の卓越は約 1.2 万年前の草原植生を示す。

下部と約500年前以降のイネ科やマツ属花粉、シダ胞子が卓越する上部とに二分される。上部はマツ属以外にシイノキ属/クリ属、ヤマモモ属が随伴するがアカガシ亜属の産出は5%以下の低率である。一方、下部はヨモギ属が卓越する他、イネ科やセリ科 (UMBELLIFERAE) 花粉がわずかに産出し、草地の卓越した植生を示している。

今坂触②も①と同様に花粉を含まない層位を挟んで約1.2万年前～1.7万年前の下部と約300年前以降の上部に二分される。LGMに相当する最下部は樹木花粉 (AP) の割合が高く、五葉性マツ属 (*Pinus H*) とトウヒ属 (*Picea*)、カバノキ属 (*Betula*) を主とするが、上位にかけて針葉樹花粉が減少する一方、ハンノキ属、カバノキ属が増加し、多様な広葉樹を産出する。また、ヨモギ属、セリ科花粉がシダ胞子とともに多産し、草本を主とする植生に変化している。LGMの気温環境は森林限界の低下をもとに現在よりも7～8℃の低下とされてきたが、草原植生の成立は降水量の低下も考慮しなければならない。草本の中で、*Saussurea* (トウヒレン属) が深度190cmで14粒産出している。種の特定はできないが、高山植物であるミヤマトウヒレンの可能性もあり、LGM末期の植物相を示しているかもしれない。

分析地点は、壱岐中後部の湯岳地区の鉾の木山 (標高135m) を水源とする幡鉾川下流域の「原の辻遺跡」のある平野部を囲む丘陵地帯にある。幡鉾川の河口は両側に丘陵が迫っており、その間を縫って内海に接続している。平野内の「チシャの木溜め堀」の底部には多量の流木の集積層があり、大規模な洪水があったことを示唆している。後述するが流木の集積層の予察的研究として花粉分析をおこなった結果、LGMの亜寒帯性針葉樹林の存在を示しており、海水準の低下した寒冷期に閉塞していた河口が、完新世の温暖化による降水量の増加によって開放されたことが想定できる。

今坂②では最下部の五葉性マツ属を中心とする亜寒帯性針葉樹林の成立後に、ヨモギ属の急増が示され、今坂①の最深部に共通する。ヨモギ属の

卓越した産出は、約1.2万年前まで維持されるが、亜寒帯性針葉樹が減少し落葉広葉樹が加わり、針広混生林の成立を示している。その中で、ブナ (*Fagus crenata*) とイヌブナ (*F. japonica*) がわずかながら産出しており遠距離飛来の可能性もあり、ブナを含む森林の広域的な分布拡大を示すものであろう。

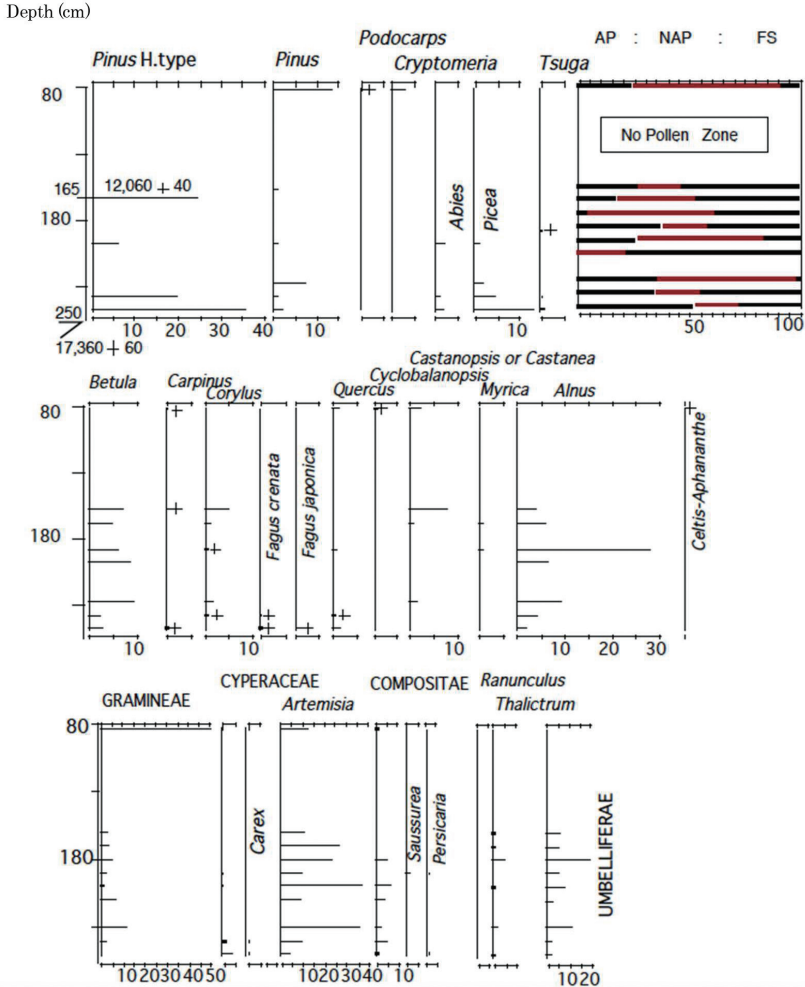


図8 沓岐今坂触②の花粉ダイアグラム (シダは省略した)

6 総合的考察 (図9、図10)

野上⁽¹⁹⁾は、数値データ(環境庁、「緑の国勢調査」)の植生群落コードファイルと気候値メッシュデータ(気象庁)とメッシュシステムの国土数値情報(国土庁)を重ねあわせて、分布面積の広い群落を対象として、主要な植生帯のWIを求めた。また、気候成帯的森林植生帯としてWIに対する各森林群落の出現頻度分布をもとに、隣接する森林群落の出現頻度分布が等しくなるWIを熱的閾値(以下「WI数値」として、植生帯の気温環境とした。この熱的閾値を導入し、日本各地の気候環境をまとめたものが図11である。各森林帯の境界となるWI数値は以下のとおりである。高山低木林(ハイマツ)(23)常緑針葉樹林(50)落葉広葉樹林(63)92(117)常緑広葉樹林となり、(63~117)が中間温帯林域となる。本研究の対象地域は、WI 63~114°C・月の範囲にあるが、壱岐の今坂触①、②の最下部の五葉性マツ属を主とする花粉組成は、1.7万年前の北九州地域と共通する亜寒帯性針葉樹林を示すものである。北部九州における最終氷期最盛期を対象とした既往研究⁽²⁰⁾によれば、『トウヒ属の花粉やヒメバラモミの球果の産出など、草原の拡大と亜寒帯性針葉樹林』が想定されており、海面低下による対馬海峡の閉鎖が、日本海側の降水量を減少させ、北九州地域に草地を拡大させた大陸型の気候が支配したことは明らかであろう。現在の日本各地のWIと雨量因子(R : ラングの指数)を組み合わせた図11には、WIの数値に関わらず雨量因子は R はいずれも80を超えており、寒冷地であっても森林が成立する環境にある。対馬、壱岐のWIは現在、130~140°C・月の範囲に集中するが、雨量因子は100~140の広範囲の環境下に置かれている。LGMの気温低下を7°Cとして、各月の平均気温が緯度や季節によらず一律に変化したものと仮定すると、対馬(鰐浦)のWIは61.4°C・月、壱岐(石田)で68.4°C・月となり北海道旭川(65.3°C・月)付近に相当する。旭川の雨量因子を60以下(草原環境)に導くためには現在の年降水量(約1,040mm)を270mm程度に減少させることが必要になる。壱岐のLGMにおける草本を主とする組成は、韓半島後氷期の1.5万年前~1.0万年前の草原植生⁽²¹⁾に相当するものであり、YD(ヤ

ンガードライヤス期)を含む約1.2万年前、陸化していた玄界灘地域にあった壱岐にカバノキ属やハンノキ属など樹木種を混じえる草原が成立するためには、現在の1/6以下に降水量が減少していたものと想定できる。

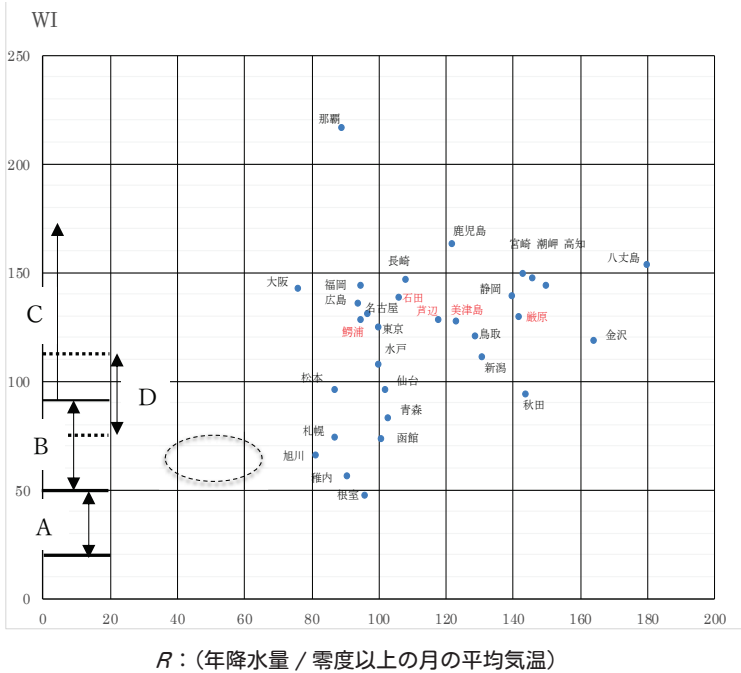


図9 日本各地の暖かさの指数 (WI) と雨量因子 (R) (点線: LGM 気候想定範囲)
 図中左端に各森林植生帯の熱的閾値 (野上 1994) を示す。A: 亜寒帯針葉樹林、
 B: 冷温帯落葉樹林、C: 常緑広葉樹林帯、D: 中間温帯林 (数値は本文中に示した)

なお、壱岐市原ノ辻遺跡内にある幡鉢川に隣接する「チシャの木溜め堀 (仮称)」の底部には流木の集積層があり、4点の材の年代を測定した結果、約18,000年前から約4,000年前の年代値が得られている (内山、未発表)。また、旧河道の約17,600年前の材が出土した堆積層を花粉分析した結果 (内山、未発表)、セリ科とヨモギ属が卓越する他、湿地性草原を指標する花粉分類群が産出した。また、樹木ではハンノキ属、トウヒ属、ツガ属、コナラ亜属などが産出し、針広混交林が想定された。この花粉構成はNo. 4 今坂触の草原植生を示

した組成に類似する。ただし、五葉性マツ属は検出されなかった。なお、「チシャの木溜め堀（仮称）」の調査は続行中であり、今後LGMの詳細な樹木構成が明らかになることが期待される。

(2) シイ林の成立

年代 万年前	対馬 No.1 (佐護川)	対馬 No.2 (池田浜)	壱岐 No.3 (若宮島)	壱岐 No.4 (今坂触)	韓国 (Yasuda,1980)
0		Pd・G Q・UZ Ca・UZ	Pd・G Ca・Cy Ca		P Q・P
5	Ca				
0.7	Ab				Q
10					
1.0	G				Ar・G
1.2				B・Al・Ar	
15					
1.5	LGM			Ph・Pc	Pc・L・Ab・P
1.8					
20					
25					
2.5					

主要な樹種 A：モミ属、Pc：トウヒ属、Ts：ツガ属、Pd：二葉性マツ属、Ph：五葉性マツ属
 Q：コナラ亜属、F：フナ属、UZ：ニレ・ケヤキ、T：シナノキ属、B：カバノキ属
 Al：ハンノキ属、Ca：シイ属/クリ属、Cy：アカガシ亜属、G：イネ科、Ar：ヨモギ属

図10 LGM以降の各地の植生変遷の概略図 (YD：ヤンガードライヤス期)

本研究で示した花粉ダイアグラムは、シイノキ属/クリ属とした分類群の消長をもとにしているが、部分的に加えたSEM観察を含めてシイ林の成立を総合的に考察する。

壱岐ではLGM期の堆積物 (No.4 壱岐今坂触②) に産出したシイノキ属/クリ属花粉は随伴する針葉樹花粉から亜寒帯性針葉樹林が想定され、シイノキ属は含まれないものと判断した。同様に完新世初期にはカバノキ属・ハンノキ属など落葉樹林が成立するが、樹木花粉の比率は低く草地在拡大していた。その後、No.3 (若宮島) では約6,000年前にシイ類を主とする

照葉樹林が成立したが、社寺林域として人為の影響の少ない地域に限られていたものと考えられる。一方、アカガシ亜属は産出するものの低率であり、カシ林の拡大は沿岸域の潮風によって制限されていたものと考えられる。

スダジイ・ヤブコウジ群集は朝鮮半島南部の莞島地方まで北上⁽²²⁾したが、対馬No.2(池田浜)ではシイを主とする照葉樹林が少なくとも約5,300年前に成立していた。その後、約3,000年前以降、マツ属の優占に、ニレ属/ケヤキ属、コナラ亜属など落葉広葉樹が加わり、照葉樹林の拡大は制限された状態のまま、人為による二次林が成立した。No.2(池田浜)では約800年前に稲作開始を認めたが、稲作開始期以前のSEM観察結果ではクリ型、スダジイ型、ツブラジイ型、マテバシイ型が混在して産出したことや、稲作開始後にツブラジイ型とスダジイ型に収束する単純化を認めた。スダジイの分布拡大に食用を重視した人為の影響を認めた仮説によれば、スダジイ型に集中するはずであり、ツブラジイを含めた単純化の説明は困難になる。

この結果に対してシイ類の生理生態を包括的に論じた研究⁽²³⁾は、『コジイ(本論ではツブラジイと表記する)とスダジイが共存する地域における中間型が種内変異なのか雑種なのか判断できない』こと、『ツブラジイのもつ長期の出芽期間は、気象害や生物害に加えて、人為的な攪乱などによる実生の集中的死亡の回避につながり、集団の生存に有利に働く一方で、安定した攪乱の少ない地域では、初期成長に遅れをとることになる』として、『人為的攪乱が繰り返された地域では、種子を多く生産し出芽が長期に及ぶツブラジイが多く残り、攪乱が少なく長期間安定した地域では、年内発芽で寿命の長いスダジイが多く残る』として、ツブラジイの生理生態的特性と人為的攪乱との関連を指摘しており、以下の研究結果にも調和する。

すなわち、淡路島で実施された遺跡の分析⁽²⁴⁾は2,600年前以降の堆積物の19粒中15粒がツブラジイ型であった。また、内山・江上⁽²⁵⁾(2013)では、

約8,000年前の花粉集団（28粒）と約4,000年前以降の花粉集団（22粒）を比較した結果、後者の花粉集団でツブラジイ型の増加傾向（10%から40%）を示した。いずれも人為の強度が増した時代に、ツブラジイ型が増加しており、ツブラジイの生理生態的特性と人為の関連を裏付けるものであろう。さらに、弥生期におけるツブラジイの木材利用（安国寺遺跡）⁽²⁶⁾の報告は、ツブラジイが有用樹として保護されていた可能性を示している。なお、稲作開始以前における食用としての有用性がスタジイの分布拡大の要因となったことも十分考えられる。

一方、シノキ属花粉のSEMによる識別は、三好⁽²⁷⁾の研究を嚆矢として、三好⁽²⁸⁾による現生花粉形態の分類基準が提示されてきたが、花粉表面の彫紋構造に関して、山田・星⁽²⁹⁾はスタジイとツブラジイ二種の個体間差異による形態の重複を指摘しており、畝幅のみによる識別を困難視している。また、花粉表面の彫紋の細かさは、同一花粉内においても花粉表面の位置（溝間と溝付近）で差異があることや化石化した場合の一部欠落など識別が困難になることから、典型となる現生の花粉粒を多数観察する必要がある。一方、シノキ属とクリ属やマテバシイ属との差異は明確であり、これまで光学顕微鏡段階でクリ属としてまとめられてきた事例の再検討は必要であろう。

(3) モミ林の成立

モミ（モミ林）の分布域を規定する環境因子の検出を試みた研究⁽³⁰⁾は、温量指数とともに最大傾斜度を複合させることで分布域の環境因子を検出している。

LGMの対馬・壱岐はWI値では冷温帯域にあり、完新世の温暖化とともに九州南部の照葉樹林や中間温帯林の構成要素が北方へ分布を拡大し、既存の樹種と混在した。対馬は、低標高ながら傾斜角度40度を中央値とする北部（上県）や25～30度を中央値とする南部（下県）にも急傾斜地が多く、

特に北部（上県）では低地から脊梁山地の山頂部分までがモミの成立領域にあったと考えられる。一方、壱岐（今坂触）のLGMには内陸化した立地環境の中で、五葉性マツ属を主としてトウヒ属とモミ属の他、わずかながらツガ属、二葉性マツ属、カバノキ属、シナノキ属、イヌブナの花粉が産出し、針広混交林の成立を示している。ただし、完新世に既存種の多くが消滅する中で、局地的な地形環境に適応したモミやヒメコマツ（五葉性マツ属）は中間温帯林の構成種として残存したものと考えられる。この点、房総半島南部に共通する生育環境を反映した遺存種群といえる。

モミ属の産出状況には縄文晩期（7,220±95yrBP）の西九州・平戸島でモミ属の毬果の産出⁽³¹⁾や、マツ属の優占的出現とともにモミ属花粉が約2,000年前まで産出⁽³²⁾の報告があり、完新世後期までモミが広く低地にも存在していた可能性を示している。本研究におけるNo.1（佐護川）の試料に認められたモミ属花粉の産出は、上県の舟志川河畔の通称「もみじ街道」の河岸や崖錐上の低地のモミ林や、北部の脊梁山地域の「御岳原生林」に分布する「モミーシキミ群集」⁽¹³⁾に関連することを示している。一方、分析地点No.2（池田浜）では、モミ属の産出は連続的であるが出現率は低く、モミ林はシイ類やアカガシ亜属、コナラ亜属、エノキ属、ニレ属、ケヤキ属を含む多様性の高い中間温帯林の一部として、約3,000年前より続いてきた。なお、対馬北部まで到達したモミにとって生育可能な気候域内であっても韓半島に渡ることはできなかった。

(4) 人為の影響

地点No.2（池田浜）の約3,000年間、マツ林が卓越する中で、アカガシ亜属花粉の消長は約3,000年前と約2,500年前にかけてやや減少し、人為の影響の受けた二次林の段階的な成立を示している。一方、約800年前まで、コナラ亜属、ニレ属、エノキ/ムクノキ属とともにアカガシ亜属が連続的に産出しており比較的小規模な森林破壊を示している。この多様な樹種で

構成された二次林に関する歴史記録を傍証として示しておく。

- ① 「牧」：豊玉町誌⁽³³⁾（朝鮮通信使の記録、1443年）によれば足利時代の放牧地である「四枚」のうち、「廻りの池田」と「横浦の長崎」が豊玉町にあり、他に北部の「佐護の中山」、南部の「国府の有明」が「藩牧」として経営されていた。この他、徳川時代の初期（1665年）の記述には、「藩牧」以外に小規模な「牧」があったとされている。また、壱岐には「牧」の付く地名が多く⁽³⁴⁾残されており、壱岐・対馬ともに馬の飼育に適した平坦な場があったことを示している。
- ② 「食料」：対馬では麦の不足を補うため粟や蕎麦（ソバ）、椎（シイ）、榿（カシ）の実も常食として利用され、古くから榿の木が保護育成されてきた。榿の実の利用に関して、対馬最南端の集落（厳原町豆敷）には、榿の実を水漬けにして保存する「榿ぼの遺跡」があり、かつては各家々には2箇所「榿ぼの」があった⁽³⁵⁾。「榿ぼの遺跡」から出土したドングリの種類を分析した研究⁽³⁶⁾は、『貯蔵されていたものの大半がアカガシ』（國分氏からの聞き取り2015.9/12）であり、『標高300m以上に発達しているアカガシ林はスダジイ林とともに採集に適している』。また、『現在、対馬に自生する「ドングリ」を生産する12種類はすべて、常緑性、落葉性を問わず食用にされてきた』と推定している。この他「ドングリ」の利用は、長崎県下各地の縄文前期から弥生後期にいたる7箇所の遺跡からの出土例がある⁽³⁷⁾。「どんぐり」を確保するための造林や保護の可能性はある。
- ③ 「燃料」：対馬には日本で最初に銀が産出された「対州鉾山」⁽³⁸⁾の歴史があり製錬用としての榿炭生産や、雑木薪の供給地の一つでもあった。この他、「塩焚き（製塩）」は主要な生業であり、多量の薪（塩木）が消費されていた。また、「耕地に適する土地の少ない対馬では、焼き畑農業（木場焼き）によって、原始林の多くが伐採されてきた⁽³⁸⁾」とされるが、森林破壊の前段階としてマツ属を主とする二次林化と組成の単純化が花粉ダイアグラムに認められ、本格的な森林破壊以前の、森林資源を活用

するための段階的な植生の改変を考察することができた。

(5) おわりに

本研究は分析地点数や年代測定が不十分であり、両島の植生変遷を比較するための前提に多くの課題が残った。ただし、LGM末期の草原植生や完新世における照葉樹林や中間温帯林の成立や分布拡大、人為の影響下における段階的な二次林化を推察することができた。また、SEM観察の導入により人為の影響下におけるシイ林構成種の単純化を検討することができた。一方、温帯性樹木の生育状況の2015年の調査（平吹・富田、未発表）からは、「対馬南部の竜良山山頂付近の露岩地には、韓国南部と対馬のみに分布域をもつセリ科のツシマノダケの個体群を確認し、大陸性の植物の遺存分布（國分英俊氏より）であること」。また、「モミは山頂直下の北向き斜面（傾斜25度程度）の林縁に生育しており、山頂付近は、海拔が増すにつれ落葉樹のイヌシデをはじめエゴノキやコハウチワカエデ、マルバアオダモが顕著となる」こと。さらに、「巨岩の露出した山頂とその近隣には、ナナカマド、ヤマザクラ、エノキなどの落葉樹とともに、モミ、カヤ、イヌガヤが混成する」などの知見が得られ、対馬北部の約6,000年前にモミを含む中間温帯林を指標する種群が、現在でも北部（佐賀集落西方）の渓谷二次林で確認され、完新世の最温暖期以降に拡大した照葉樹林域とその限界域におけるモミ林の立地を想定することができた。さらに、モミ・広葉樹混交林の樹種群の多くが、本州太平洋側の寡雪地域の森林構成種であったことは、この混交林が温帯域の気候変動に対して比較的広い分布域を形成してきた歴史的経緯を示すものと考えられた。

謝辞

本論の作成にあたり、壱岐市「島の科学」事務局長：山内正志氏、壱岐市教育委員会 田中聡一氏、対馬市郷土博物館 古川裕樹氏をはじめ現地では分析試料および文献資料の収集に際し多くの方々からご協力をいただきました。特に、2013年に開始した研究の当初からご指導をいただきました対馬市巖原の故國分英俊氏をはじめ、竜良山の森林調査に同行された原正利氏、平吹嘉彦氏、富田瑞樹氏に御礼申し上げます。また、堆積物の採取には、森林総研の池田重人氏をはじめ、本学関係者からは、池田和俊氏、高橋仁氏の協力をいただきました。現地調査には、本学学生（根本寛生君、有田一輝君、小林歩夢君、山本優一郎君）の協力がありました。併せてお礼申しあげます。なお、試料採取地の地権者である対馬市豊玉町廻の阿比留光雄氏、壱岐市芦辺町今坂触の堤賢治氏には研究のご理解とご協力をいただきました。心よりお礼申し上げます。

（うちやま たかし 本学名誉教授）

引用文献

- ① 松岡数充(1992)：西九州・平戸島における約6,000年前以降の古環境変遷。日本花粉学会会誌, 38 (1) 1-11.
- ② 畑中健一(1979)：対馬田ノ浜における花粉分布図。「中村 純(1980)：花粉分析による稲作史の研究、Ⅲ 各地の花粉分析結果, 7. 田ノ浜湿原, 考古学・美術史の自然科学的研究」(古文化財編集委員会編 日本学術振興会) p.191.
- ③ 野井英明・志知幸治・内山隆(2020)：対馬の縄文時代前期以降にみられる特徴的な植生と渡来人の到達との関わり — 志多留湿原における研究の可能性について—。日本植生史学会 第35回大会 講演要旨集, p.21.
- ④ 内山隆(2018)：若宮島の植生変遷,島の科学, 第55号1-9.
- ⑤ 志知幸治・内山隆・野井英明(2018)：長崎県壱岐島北部における完新世後期の植生変遷。日本花粉学会 第59回大会 講演要旨 (http://www.cc.kochi-u.ac.jp/~nmiyake/am60/am59_program.pdf)
- ⑥ 辻誠一郎・辻圭子・鈴木茂：2.植物遺体群からみた原の辻遺跡の植生と人間・

- 植物関係史. 226-234、原の辻遺跡調査事務所調査報告書 第30集原の辻遺跡, 総集編 I —平成16年度までの調査成果— . VI自然科学分析
- (7) 江上邦博 (2018):地形の複雑性に基づく対馬および周辺地域の気候分析. 千葉経済大学短期大学部研究紀要, 第14号, 21-30.
- (8) 伊藤秀三・中西弘樹 (1987):対馬の自然植生. 対馬自然資源調査報告書対馬の自然, 長崎県, 21-61.
- (9) 気象庁 (2022):年・月ごとの平年値 (1991-2020), <https://www.data.jma.go.jp>.
- (10) 服部保(2014):照葉樹林. 13 (4)照葉樹林の群落体系, 86-91およびp.160, 付表4.
- (11) 伊藤秀三 (1981):長崎県の植生, 日本植生誌九州 (宮脇昭編). 355-365, 至文堂 東京.
- (12) 伊藤秀三 (1972)九州西部森林植生の植物社会学的研究, I.スダジイ自然林について. 長崎大学教養部紀要 (自然科学), 12: 49-57.
- (13) 伊藤秀三 (1974)九州西部森林植生の植物社会学的研究, II.アカガシおよびモミ自然林について. 長崎大学教養部紀要 (自然科学), 15: 59-74.
- (14) 豊玉町誌編纂委員会 (1992): (1)「池田の堤」、p.1265, 農業と藩牧. 5 農漁業のあらまし, 第一編 沿革, 247-265.豊玉町役場発行.
- (15) 阿比留光雄 (2017):現地調査での聞き取り (池田浜の水田について), 対馬豊玉町廻 阿比留光雄氏.
- (16) Miyoshi N. (1983): Pollen morphology of the genus *Castanopsis* (Fagaceae) in Japan. *Grana* 22, 19-21
- (17) 中村純 (1980):先行研究②所収;花粉分析による稲作史の研究, 「考古学・美術史の自然科学的研究」(古文化財編集委員会編 日本学術振興会) p.191.
- (18) 広木詔三 (2002):人間によるスダジイの分布拡大.「里山の生態学」名古屋大学出版会, 36-40.
- (19) 野上道男 (1994):温度環境から見た日本の主要森林植生帯の分布と気候変動によるその変動、平成5年度「文明と環境」活動記録 54-64.
- (20) 畑中健一・野井英明 (1994):北部九州における最終氷期最盛期の花粉群集. 北九州大学文学部紀要 (人間関係学科) 第1巻, 9-13.
- (21) Kee-Ryong Choi (1989) The Post-glacial Vegetation History in Korea

Peninsula Bull.of the National Muse.of Japanese History vol.81,
343-349.

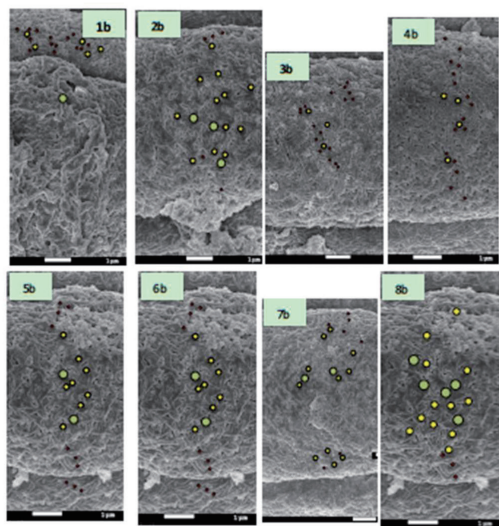
- (22) 伊藤秀三、1972：九州西部森林植生の植物社会学的研究，Ⅰ.スダジイ自然林について.長崎大学教養部紀要（自然科学），12：49-57.
- (23) 山田浩雄（2014）：シイノキ地域天然林集団の地理的変異と遺伝資源保全に関する研究.岩手大学大学院連合農学研究科 (<https://core.ac.uk/download/pdf/144248796.pdf>)，総合考察 p.110
- (24) 三好教夫・新井靖子（1982）：淡路島・志知川沖田南遺跡（兵庫県）の花
粉分析学的研究，淡路・志知川沖田南遺跡Ⅱ，14-21.
- (25) 内山隆・江上邦博（2013）：シイ・クリ型花粉化石の走査電子顕微鏡観察，
千葉経済大学短期大学部 研究紀要 第9号，103-109.
- (26) 安田喜憲（1989）：安国寺遺跡の泥土の花粉分析.「安国寺遺跡（大分県国東
町文化財調査報告書第4集），217-235.
- (27) 三好教夫・伊藤秀三（1980）：雲仙・原生沼の花粉分析.「雲仙・原生沼の報告」
伊藤秀三編），19-28.長崎県環境部.
- (28) 三好教夫（1981）：シイノキ属，マテバシイ属，クリ属（ブナ科）の花
粉の形態，Hikobia Supplement. 1：381-386.
- (29) 山田浩雄・星比呂志（2005）：分類が困難なスダジイとコジイにおける花
粉の表面模様の変異. H16年度林木育種センター年報，91-101.
- (30) 小野涼子・小見山章・加藤正吾（2004）：モミの分布域を規定する環境因
子の検出. 第115回日本林学会大会
講演要旨 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfs/115/0/115_0_P5031/article/-char/ja/).
- (31) 辻誠一郎（1990）：伊木力遺跡の花粉化石群集.「伊木力遺跡」（同志社大学
考古学研究室編），631-641，図版110-117.多良見町教育委員会.
- (32) 松岡数充（1992）：西九州・平戸島における約6,000年前以降の古環境変遷.
日本花粉学会会誌38，1-11.
- (33) 豊玉町誌編纂委員会（永留久恵、1992）：第二編 村落，廻（p.1259），池田
の堤（p.1265）豊玉町誌，豊玉町役場.
- (34) 勝本町教育委員会（1979）：歴史伝説（地名）：p.89～91、勝本町の口頭伝承、
勝本町文化財調査報告書第二集
- (35) 立平 進（1992）：4. 豆殿寺門櫓ほの遺跡の調査結果，対馬・豆殿寺門櫓

ほの遺跡，巖原町教育委員会，19-23.

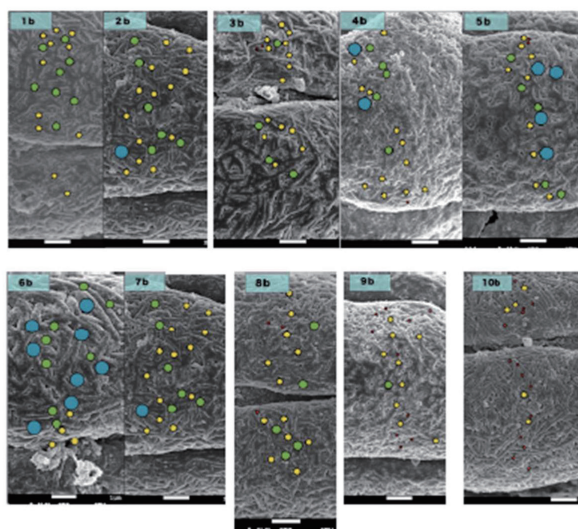
- (36) 國分英俊（1992）：2. 檜ほの遺跡から出るドングリ，対馬・豆酩寺門檜ほの遺跡、巖原町教育委員会，31-36.
- (37) 渡辺 誠（1992）：4. 檜ほのの歴史的背景，対馬・豆酩寺門檜ほの遺跡，巖原町教育委員会，41-48.
- (38) 栗屋 智（2003）：三、銀山の再開，対馬藩主『宗義成』対馬民俗資料館報第26号，長崎県立対馬歴史民族資料館

写真図版

Sample 16 (Depth: - 160 cm)



Sample 36 (Depth: - 360 cm)



● 0.4 μm ● 0.3 μm ● 0.2 μm ● 0.1 μm

倍率10000倍 白線:1μm