

機関番号：82105

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20780121

研究課題名 (和文) 高精度な古植生復元のための針葉樹を主体とする気孔分析法の確立

研究課題名 (英文) Establishment of stomata analysis for high accuracy coniferous vegetation reconstruction

研究代表者

志知 幸治 (SHICHI KOJI)

独立行政法人森林総合研究所・立地環境研究領域・主任研究員

研究者番号：10353715

研究成果の概要 (和文) : 気孔分析法を初めて日本国内に導入するために、日本産針葉樹の気孔観察に基づく気孔形態検索表を作成し、針葉樹が優占する地域で採取した堆積物を対象に気孔分析法を実際に適用した。気孔形態によって、花粉よりも多い 11 の分類群に分けられることが示され、気孔分析が針葉樹の同定に有効であることが確認できた。また、主にオオシラビソ林を対象にした気孔分析法の適用によって、花粉よりも気孔の方が森林の分布範囲に対応した産出を示すことが明らかとなり、気孔分析が狭い地域の植生復元に対して特に有効であることが示された。

研究成果の概要 (英文) : To introduce stomata analysis into Japanese sediments for the first time, the stomata key was prepared based on stomata observation of conifer distributed in Japan and the stomata analysis was applied using sediments from the area dominated by coniferous forests. From stomatal morphology, Japanese coniferous species were divided into 11 taxa that were larger than the division from pollen morphology and this shows stomata analysis is useful for identification of coniferous taxa. By application of stomata analysis in mainly *Abies mariesii* forests, it was found that occurrence of stomata corresponded with distribution range of forests than those of pollen and it shows stomata analysis is useful for reconstruction of local vegetation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：林学、林学・森林工学

キーワード：気孔分析、孔辺細胞、針葉樹、花粉分析、古植生

## 1. 研究開始当初の背景

過去の気候変化に対する森林植生の拡大・縮小を明らかにすることは、地球温暖化に伴う森林植生の変化予測モデルを構築する際に重要な手がかりを与える。これまで、主に堆積物中に含まれる化石花粉を用いた

花粉分析法によって過去の森林植生の復元が行われてきたが、特に針葉樹については花粉の生産量や飛散距離が樹種により著しく異なる等の理由から、花粉分析法によってそれぞれの樹種の分布範囲を推定することは困難な場合が多かった。

特に地球温暖化の影響が大きいとされる日本の亜高山帯域には主に針葉樹が分布しており、こうした地域において古植生を詳細に復元することは、森林植生の変化予測に大きな手がかりを与えられとされる。しかし、そのためには花粉分析を補完する新たな手法の導入が必要となる。

花粉分析法を補完する手法としては、近年欧米で行われつつある「気孔分析法」がある。気孔分析法は堆積物中の気孔化石の種類と量から植生を復元する手法である。特に針葉樹の気孔は木質化しているために、花粉や植物遺体と同様に堆積物中で長期間保存されることが知られている。そのため、針葉樹植生の復元においては、気孔分析法の適用が有効であると考えられる。

## 2. 研究の目的

高精度な植生復元を実現するために、針葉樹を対象に気孔分析法を初めて日本国内の堆積物に導入・確立することが本研究の目的である。しかし、これまでのところ、わが国では気孔の形態に関して参照できる資料は皆無である。そこで本研究では、(1)日本産針葉樹気孔の形態観察から現存する樹種について気孔形態検索表を作成し、気孔形態に基づく種あるいは属レベルでの同定の可能性を明らかにする。その上で、(2)作成した検索表に基づいて、針葉樹が優占する(していた)地域で採取した種々の堆積物を用いて気孔分析を行い、花粉分析の結果との比較により日本国内の試料に気孔分析法を適用することの有効性を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 気孔形態観察用の針葉を得るために、森林総合研究所の本所、東北支所および多摩森林科学園の樹木園から針葉樹 36 種の針葉を採取した。乾燥させた針葉は乳鉢で粉碎した後、花粉分析法と同様に酸およびアルカリ処理を行い、最後にアセトリシス処理を施した。前処理後の残渣をプレパラートに封入し、孔辺細胞の長径と短径、気孔軸の太さ、上部木質ラメラと気孔軸の接触角度、上部木質ラメラの形状、および副細胞の有無と形状について、顕微鏡および画像解析装置を用いて測定した。

(2) (1)で作成した日本産針葉樹の気孔形態検索表を基に、主にオオシラビソ(モミ属)が広く分布する東北地域の試料を用いて気孔分析の有効性を検討した。はじめに、オオシラビソ林が分布する八幡平および栗駒山の表層土壌を用いて、植生と気孔および花粉の産出率の関係を調べた。なお、両地域の分析試料および花粉分析データについては、森林総合研究所の池田重人氏に提供いただい

た。次いで、安比およびロシアのバイカル湖の沼地および湖底から採取した堆積物を用いて花粉および気孔分析を行い、採取地点周辺の植生変遷について検討した。

## 4. 研究成果

(1) 日本産針葉樹について、気孔形態からは 11 の分類群に分けることができた(表 1)。これは北米における検索表(MacDonald 2001)と比べて新たな分類群を 4 つ付け加えたことになる。日本産針葉樹の花粉および気孔形態による識別区分を比較すると(表 2)、花粉で同定可能なマツ属の二葉型および五葉型の識別が気孔からはできない。しかし、花粉ではスギ以外には 1 つの分類群としてのみ識別されるイヌガヤ科、ヒノキ科、およびイチイ科について、気孔ではイヌガヤ属、イチイ属、カヤ属、クロベ属、スギ属とビャクシン属を含む分類群、ヒノキ属とアスナロ属の分類群の 6 つに大別できることが明らかになった。このことは針葉樹分類群の同定に関して、気孔分析の優位性を示す結果であると言える。

表 1. 日本産針葉樹の気孔形態検索表(MacDonald 2001 に準じて作成)

A1 副細胞を持たない
B1 下部木質ラメラが上部木質ラメラを包んでいる (U/L 比<0.9 ※1)
C1 上部木質ラメラと気孔軸の接触角度は 30-45°
D1 気孔軸は比較的細く(約 4μm)、上部木質ラメラは比較的短く(U/L 比約 0.6)、形状は楕円形・・・【モミ属】
D2 気孔軸は細く(約 2μm)、上部木質ラメラは比較的短く(U/L 比約 0.7)、形状はほぼ長方形・・・【ツガ属】
C2 上部木質ラメラと気孔軸の接触角度は 10-30°、上部木質ラメラは比較的長く(U/L 比約 0.8)、下部木質ラメラは楕円形・・・【マツ属】※2
C3 上部木質ラメラと気孔軸の接触角度は 10°以下、上部木質ラメラは比較的長く(U/L 比約 0.8)、下部木質ラメラは円形・・・【イヌガヤ属】
B2 2枚のラメラの大きさはほぼ同じ、ただし下部木質ラメラはみえる(U/L 比>0.9)
C1 上部木質ラメラと気孔軸の接触角度は 20-30°、下部木質ラメラはほぼ長方形・・・【カラマツ属】
C2 上部木質ラメラと気孔軸の接触角度は 10°以下
D1 気孔軸は太い(約 8μm)
E1 下部木質ラメラは楕円形
F1 孔辺細胞の長径短径は 55-48μm 程度で、円形に近い(B/S 比約 0.85 ※3)・・・【トウヒ属】
F2 孔辺細胞の長径短径は 50-38μm 程度で、やや縦長(B/S 比約 0.75)・・・【カヤ属】
E2 下部木質ラメラは縦長で長方形に近く、孔辺細胞の長径短径は 70-40μm 程度・・・【コウヤマキ属】
D2 気孔軸はやや細い(約 5μm)
E1 下部木質ラメラは楕円形、孔辺細胞の長径短径は 40-30μm 程度・・・【スギ属、ビャクシン属】
E2 下部木質ラメラは長方形に近く、孔辺細胞の長径短径は 40-28μm 程度・・・【マキ属】

A2 副細胞を持つ

B1 気孔軸は太い (約 8 $\mu$ m)

C1 副細胞は 4-6 枚、孔辺細胞の長径短径は 50-32 $\mu$ m 程度.....【イチイ属】

B1 気孔軸は細い (約 4 $\mu$ m)

C1 下部木質ラメラは円形で、孔辺細胞の長径短径は 30-24 $\mu$ m 程度、副細胞は 4-8 枚・【ヒノキ属, クロベ属】

C2 下部木質ラメラは楕円形で、孔辺細胞の長径短径は 42-28 $\mu$ m 程度、副細胞は 4-6 枚.....【アスナロ属】

※1 上部木質ラメラ(U)と下部木質ラメラ(L)の長さ比

※2 ただし単維管束亜属(五葉型)では副細胞のみられるものあり

※3 孔辺細胞の短径(S)と長径(B)の長さ比

表 2. 日本産針葉樹の花粉および気孔形態による識別区分

分類群	花粉	気孔
マツ科	マツ属二葉型	マツ属
	マツ属五葉型	
		トウヒ属
		モミ属
マキ科		ツガ属
		マキ属
イヌガヤ科		イヌガヤ属
イチイ科	イヌガヤ科, イチイ科, ヒノキ科	イチイ属
		カヤ属
		アスナロ属
ヒノキ科		ヒノキ属, クロベ属
		スギ属, ビャクシン属
		スギ属

(2) 八幡平・石沼のオオシラビソ林内から採取された表層土壌の気孔分析を行った結果、2900 個/cm<sup>3</sup> のモミ属気孔の産出が認められた (図 1)。しかし、モミ属以外の気孔は全く含まれていなかった。一方、同試料の花粉分析結果から、石沼周辺に分布しないスギ属の花粉が 40%産出し、モミ属の産出は 9%に留まることが明らかになっている。これらのことから、表層土壌中の気孔の存在は現地の植生分布を強く反映すると考えられた。

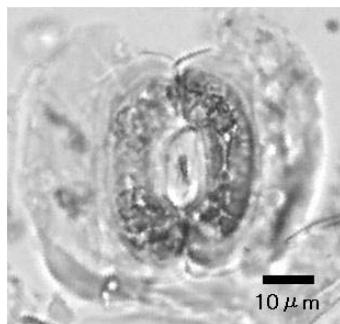


図 1. 石沼のオオシラビソ林内表層土壌から産出したモミ属の気孔

オオシラビソが隔離分布する栗駒山・秣岳周辺においてオオシラビソ林内とその周辺の表層土壌を採取し、オオシラビソ林からの距離とモミ属の気孔および花粉産出率の関係を調べた (図 2)。オオシラビソ林内でのモミ属の花粉と気孔の産出率は、樹木花粉の総数を基数として、それぞれ 11%と 14% (単位体積あたり 1600 個/cm<sup>3</sup>) であった。モミ属花粉の産出はオオシラビソ林から距離が離れるにつれて減少する傾向があるものの、100m 以上離れた場合でも最大 4%の産出が認められた。一方、モミ属気孔の産出はオオシラビソ林の林縁で 2%まで減少し、8m 以上の距離では全く産出しなかった。この結果から、花粉よりも気孔の方がオオシラビソ林の分布範囲に対応した産出を示すことが明らかになった。なお、本研究で用いた試料にはキタゴヨウ群落内から採取された表層土壌も含まれており、その土壌中からは 21%のマツ属気孔が産出した。

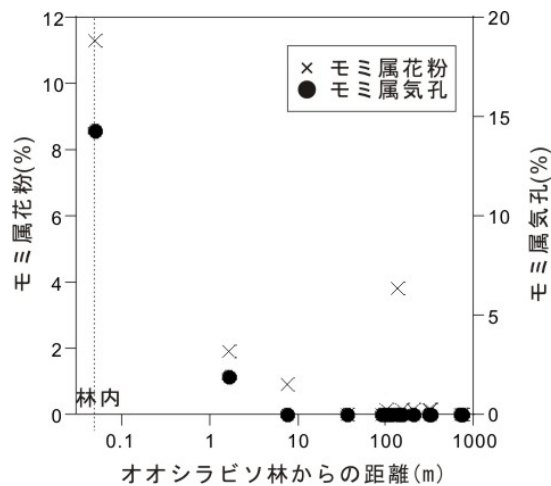


図 2. オオシラビソ林からの距離とモミ属の花粉および気孔産出率の関係

安比高原はブナの二次林に広く覆われているが、その南に位置する西森山から前森山の山頂付近にはオオシラビソ林が分布し、安比高原に隣接する山腹斜面にも点在している。そうしたオオシラビソが点在する安比高原内の沼地から堆積物を採取し、過去 1000 年間のモミ属の気孔および花粉産出割合の変化を調べた (図 3)。モミ属花粉は西暦 1400 年 (19cm) 以降、4%以下の低率ながらも連続して産出するのに対し、モミ属気孔が産出するのは西暦 1850 年 (9cm) 以降であった。このことから、オオシラビソが沼地近くまで分布を拡大したのは約 150 年前であり、約 600 年前からの花粉産出割合の増加は、西森山や前森山を含む周辺域でのオオシラビソ林の拡大を示していると考えられた。古植生復元において花粉と気孔を組み合わせて分析す

ることで、試料採取地点のごく近傍とその周辺地域両方の情報を得ることができる可能性を示す結果である。

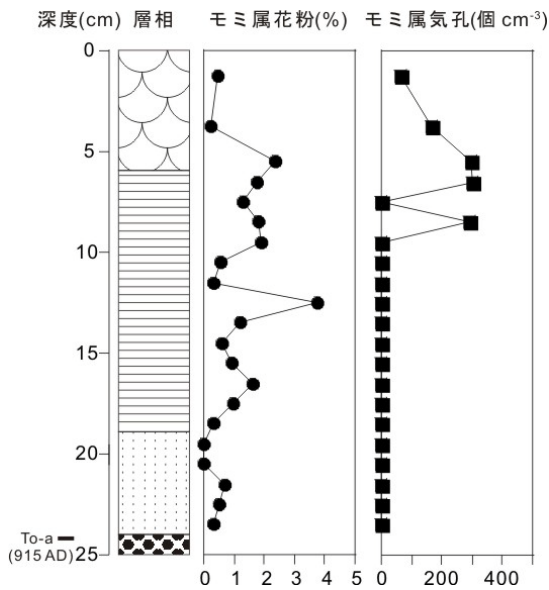


図3. 安比沼地堆積物における過去1000年間のモミ属花粉および気孔産出割合の変化

最後に、バイカル湖とその周辺の湿原から採取された堆積物を用いて、MacDonald (2001)も参照して気孔分析を行った。両試料とも気孔はわずかに含まれていたものの、その大半は気孔軸のみしか残存していなかったため、針葉樹分類群への同定は困難であった。特にバイカル湖湖底堆積物中には気孔がほとんど含まれていなかったため、大きな湖の堆積物に気孔分析を適用することは適当ではないと考えられた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Koji Shichi, Hikaru Takahara, Sergey K. Krivonogov, Elena V. Bezrukova, Kenji Kashiwaya, Akihide Takehara, Toshio Nakamura, Late Pleistocene and Holocene vegetation and climate records from Lake Kotokel, central Baikal region, Quaternary International, 査読有, 205, 2009, 98-110.

[学会発表] (計2件)

- ① 志知幸治、池田重人、安田幸生、安比高原における完新世後期以降の森林変遷、第122回日本森林学会大会(学術講演集によ

る発表)、静岡大学(静岡市)2011.

- ② Koji Shichi, Kenji Kashiwaya, Hikaru Takahara, Dramatic forest vegetation changes with short-term climate oscillations during the past 90,000 years in the Lake Baikal region, Russia, The International Forest Review (XXIII IUFRO World Congress), COEX (Seoul, Korea) 12, 2010, 21.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

志知 幸治 (SHICHI KOJI)  
独立行政法人森林総合研究所・  
立地環境研究領域・主任研究員  
研究者番号: 10353715