

# I 古年輪学の概略とこれまでの研究

## A 古年輪学の概略

自然界には、成長が進行する時期から停止する時期へと周期的に移行していくものが少なくない。その結果が縞状の成長線となつてたどれるものも多い。人間にもそれがある。歯根の断面をみると、同心円状の成長線をたどることができる。樹木の年輪と同じようなものが年ごとにできるのだ。魚には、身体の平衡をつかさどる骨である耳石が内耳のなかにあるが、その耳石や椎骨あるいはウロコなどにも成長線があるし、海浜にすむ貝やサンゴにも縞状の成長線がたどれる。それらには、年単位で周期的に形成されるものもあれば、潮の干満によって1層ずつできるものもある。そのほかにも、この種のものは、さまざまな動物の歯や牙、角などによくみかける。しかし、動物は移動可能だし、成長のもとになる食料が個体によって異なることが少なくない。だから、この種の動物の成長線から、その個体の成長史をたどることはできても、それを他の個体のものと比較して、成長の時間や時期、あるいは季節などを推定することは、それほど容易ではない。

周期的に成長期をくりかえすのは動物だけではない。地層にもある。氷河では、春から夏、氷が盛んに融け、その末端の湖底に粗くて量の多い沈澱物がたまる。冬には、湖は氷結し、融水が少なくなり、細かな粘土が沈澱し、くわえて、夏のあいだに繁殖した動植物の遺骸がそれに含まれる。こうして、厚くて明色の夏の沈澱堆積層と薄くて濃色の冬の層とが1年間に1組ずつ形成され、全体として沈澱堆積層が成長する。氷河の末端の湖底の地層の断面には、この周期的な堆積の成長が縞状の層となつてあらわれている。この縞状の層が氷縞 varve である。この氷縞の厚さと粗密は、それが形成された年の気象条件によって違ってくる。この差異を新しい堆積から古い堆積へ、1つの湖から別の湖へと比較対照していくことによって、現代から過去へ、狭い地域から広い地域へ、その変遷の状況を把握することができる。1878年、スウェーデンのド=イェール Gerald Jakob de Geer はこれを手がかりにして遺跡の年代を推定する方法を開発した。地質学や考古学でよく知られている氷縞年代法 varve dating である。

このように、自然界には、成長の過程が縞状の成長線としてたどれるものが多くある。しかし、われわれが最も親しいのは、なんといっても、樹木の年輪だ。そして、この年輪を素材にして、ちょうど氷縞年代法とよく似た研究法が開発されている。

## I 古年輪学の概略とこれまでの研究

樹木の樹皮の内側には、樹木を肥大成長させる分裂組織がある。形成層である。この形成層は、気温が高くなると、活発に活動し、大きな細胞をつくりだす。細胞が大きく、細胞膜も普通は薄いから、できあがった層は、年輪の色の薄い部分になる。だが、寒くなると、働きがにぶり、つくりだす細胞も扁平で小さく、細胞膜も厚くなり、ついには活動を停止する。細胞が小さくて密につまっているから、濃い色になる。大きな細胞の部分が早材（春材）であり、小さな細胞の部分が晩材（夏材）であって、1組の早材と晩材が年輪の1層、1年分になる。年輪は季節が変動する地域で育った樹木にできるが、季節の違いが小さい熱帯などでは、年輪のない樹木も少なくない。ただし、熱帯でも、乾期と雨期の区別のあるところでは、空中湿度の高い雨期に晩材細胞に似た細胞が形成され、まるで年輪のような縞模様様が認められることがある。ちなみに、日本列島の南端にある沖縄本島は、亜熱帯気候区に属するが、その樹木では明瞭な年輪の確認できるものが多い。

年輪は、年によって、幅が広がったり、狭くなったりする。その違いは、樹種、樹齢、結実、病虫害の発生、立木地点の特性、そして、気象条件などの差異によって生じる。とくに、気象条件、そのなかでも、気温や降水量、湿度、日照量の違いによって、年輪の幅は大きく左右される。年輪の形成された年の気象条件は、それぞれの樹木のもつ生物学的な特性を基礎としながら、年輪の幅の違いとなって樹木のなかに記録される。その変動は、同じ年に一定の地域のなかで生育した同じ種類の樹木のあいだでは、ほぼ似かよった傾向をしめす。

この年輪の特質を利用すれば、同じ年に形成された年輪かどうか、それを判定できる可能性があることは認められるだろう。ここから木材の伐採年代を知る方法を編みだしたのが年輪年代法 dendrochronology である。この方法によって年輪の年代が判明すると、それぞれの年の年輪の特性を分析し、その年輪が形成された年の気象条件を推定する研究を進めることも可能になる。それが年輪気象法 dendroclimatology である。そのほかにも、樹木の生態的な諸条件を推定する年輪生態法 dendroecology や周辺の水利環境を推察する年輪水文法 dendrohydrology など、樹木の年輪からさまざまな研究を進める可能性が摸索されている。わたくしたちの研究グループは、これらの方法すべてをあわせて、古年輪学と呼ぶこととしている。これを年輪学としないで、古の1文字を冠したのは、樹木の年輪の形状や形成過程など、その生物学的な側面を研究するのではなく、過去に形成された年輪、古年輪を研究の素材とするからである。この種の研究の先進地である欧米には、ここで採用した古年輪学のような、過去に形成された樹木の年輪を素材とするこれらのさまざまな研究法を総括する用語はない。

年輪年代法によって、年輪の形成された年が判明すると、その試料となった木製品、あ

るいはそれを使用した建造物や出土した遺跡が暦のうえで何年になるのか、それを考える有力な手がかりが得られたことになる。年代を推定すること、あるいは年代を決めること、それは歴史の研究の第1段階の作業である。さらにまた、年輪気象法によって過去の気候が復原できれば、そのことも大きな歴史研究の情報になる。まさしく古年輪学では、年輪に歴史を読むのである。

この古年輪学の研究は、年輪年代法からすべてが出発する、とあってよい。年輪年代法の開発では、基準になる年輪の変動を掌握することにすべてがかかっている。一般にそれは現生木の年輪幅の計測からはじまる。現生木では、その樹木を伐採した年や枯死した年、あるいは、生えている樹木から研究資料を採取したときには、その採取年、それらの年が明確であるのが普通だ。だから、最も新しく、最も外側に形成された年輪がいつのものか、それがわかるはずだし、外から中へと数えていけば、原則として、そのなかの年輪が形成された年が判明するはずである。「原則として」と書いたのは、なぜか。冬季は肥大成長が停止し、年輪が形成されない。だから、11月や12月に伐採したものなら、最後に形成された年輪は伐採した年にできたものである。しかし、つぎの年の1月以降の冬季に伐採したものであれば、最終形成年輪はその前年に形成されたものであるから、最終形成年輪を伐採した年のものとみなすと、年輪が1年ずれる誤りが生じる。要注意だ。あるいは、年輪は普通樹木の全周をめぐっているものだが、それが一部で途切れていることがある。不連続年輪である。また、1年に年輪風の成長痕跡が2層できた偽年輪と呼ぶものもある。不連続年輪に気づかなかつたり、偽年輪を誤って2層と数えれば、当然それ以降の年輪の形成年の算定が実際とは1年ずつずれてくる。

このあたりの誤差の発生を避けながら、伐採したり、枯死した年が判明している樹木の年輪の幅を顕微鏡付きの専用の読みとり器で計測する。年輪幅計測値、あるいは年輪データである。それをグラフにしてみると、年ごとに年輪幅がどのように変動していったのか、年輪の変動のパターンを描きだすことができる。一定の地域のなかで同時代に生育し、同じような動きをしめす変動のパターンを集め、同じ年の年輪データを平均すると、標準的な変動のパターンを作ることができる。これを標準年輪幅変動パターン、略して標準パターン master chronology と呼んでいる。標準パターンの作成には、最低15点ほどの試料から計測した年輪データが必要である。この現生木から作成した標準パターンは、しかし、それほど古くまでさかのぼれない。たとえば、われわれが主たる研究対象としたヒノキであれば、いまから300年ほど前までだった。では、それより古い時代はどうするのか。ここで、古く建てた建物の部材類が登場する。その年輪幅を同じように多数計測し、標準パターンをつくる。このパターンの新しい部分、樹木だったときの外側に近い部

I 古年輪学の概略とこれまでの研究

分をさきに作った現生木の標準パターンの古い部分と照合 cross-correlation する。同じような変動をしめす部分があれば、そこで重なりとみてよい。2組の年輪パターンをその位置で連結できるのだ。このような作業を古い建物の部材から遺跡の出土材へ、さらに古い遺跡の出土材へと続行し、標準パターンを連結していく。こうして連結してできあがった長年月にわたる年輪変動パターンは、形成年が判明している年輪が起点になっているのだから、そのなかのどの年輪をとっても、それがいまから何年前のものか、西暦何年か、あるいは西暦前何年なのか、暦のうえの年がわかっている。このように暦年の確定している標準パターンを暦年標準年輪幅変動パターン、略して暦年標準パターン standard chronology と呼んでいる (図 I-1)。

ここで年代のわからない木材が登場する。遺跡からの出土品や建物の部材、あるいは仏像のような美術工芸品、そのほか各種木製品には、その年代を知りたいものが多数ある。その年輪の幅を計測して、試料の年輪変動パターン、試料パターンを作成する。これをさきに作成した暦年標準パターンと対照する。この年代不詳の試料パターンとほぼ同じ変動をしている部分が暦年標準パターンのなかで発見できたとする。2組のパターンを重ねあわせることができたのだ。となると、暦年標準パターンのなかの年輪は、それがいつのものか、確定しているのだから、それと一致する試料パターンのなかの年輪の形成年も判定できる、というわけだ。

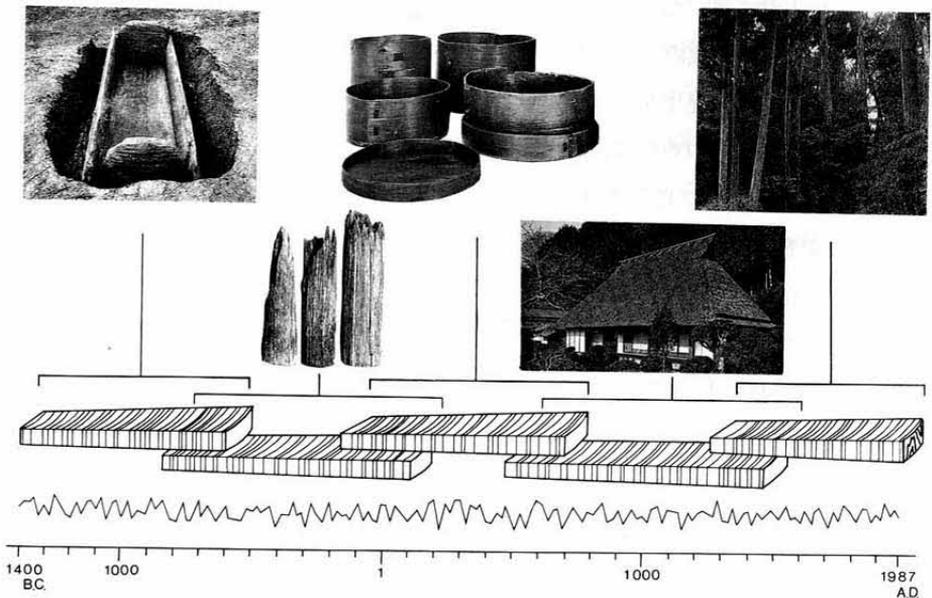


図 I-1 暦年標準パターンの作成

この年輪年代法では、年輪幅の絶対的な大きさを基準とするのではない。かつて日本にはこの誤解があった。同じ年に形成された年輪であっても、違った個体の樹木のあいだでその幅を比較すると、広狭はさまざまである。しかし、ある年の年輪幅を前年または次年と比較して、広狭いずれの方向に変動しているか、その傾向を調べると、一定の地域の同じ樹種の個体のあいだではほとんどで共通していることが一般的である。年輪年代法では、年輪幅の絶対値ではなく、この変動の傾向を手がかりにするのである。

この年輪年代法で判明するのは、いうまでもなく、試料のなかの年輪が形成された年であって、試料とした遺跡出土品や建物部材の製作年代ではない。たとえば、柱から採取した年輪標本だったとする。樹木を利用するときには、樹皮、さらにはその内側の辺材部分まで削りとるのはごく普通だ。とすると、柱に残っている最外年輪は、自然のなかで樹木として生育していたときに最後に形成された年輪、すなわちその樹木が伐採あるいは枯死した年またはその前年に形成された年輪より削り取られた年輪分だけ古い年輪である。樹木として生きていたときの最終形成年輪を知るには、この柱の最外年輪の形成年に削りとった分の年輪数を加算しなければならない。したがって、柱の材料になった樹木が伐採された年は、年輪年代法で確定した柱の最外年輪の形成年より以後だ、ということはできても、その柱がいつ作られたものか、これだけでは確定できない。ましてや、古い建物の柱を新しい建物に転用すること、そのようなことはよくあるのだが、そういったことがあれば、柱の年輪年代だけから建物の建造年代を推定することはとうていできない。このようなことは当然のことだ。しかし、われわれが古年輪学研究を開始し、年輪年代法による成果のいくつかを発表した過程で、この種の誤解がしばしば発生した。あるいは、この単純な事実を無視して、年輪年代法の成果を自説に都合のよいほうに曲げて解釈されたこともあった。念のためにこの当然のことを述べておく。

## B これまでの古年輪学研究

### 1 古年輪学の開発と欧米における研究の進捗

樹木の年輪に関しては、人はまず気象との関係に関心をいだく。年輪幅の狭いところを見ると、その年は天気が悪かったのだな、などと考える。15世紀のレオナルド=ダ=ヴィンチ Leonard da Vinci、かれはすでに年輪と生育期の雨量との関係について書いている、という。ヨーロッパでは、17世紀になると、そのころ開発された顕微鏡を使った年輪の細胞構造を観察する研究が進み、18世紀には、樹木のどこで新しい組織が作りだされるのか、それが確認されるようになる。19世紀はじめには、形成層の意義が認められ、19世紀末には、年輪のなかで霜害や虫害のあった年を確認している。その後、気象と年輪の幅の

## I 古年輪学の概略とこれまでの研究

関連について言及した研究がヨーロッパ各国で発表されるようになる。

天文学者アンドリュ=エリコット=ダグラス Andrew Ellicott Douglass (1867—1962) は、アメリカ合衆国アリゾナ州フラグスターフにあるロウエル天文台に勤務し、地球の気象と太陽の黒点活動との関連を解明しようとしていた。その解明には、気象観測開始以前の時期の長期にわたる気象データが必要だ。それを年輪の幅の変動からよみとれないか。ダグラスはこう考えた。1901年、樹齢が350年から300年に達するイエローパイン *Pinus ponderosa* の年輪をかれは観察し、乾燥した年にはどの樹でも年輪の幅が狭くなっていることをつきとめた。この樹種では、年輪幅とそれが形成された年の雨量とのあいだに高い相関関係があり、この年輪幅の変動パターンが異なった個体のあいだでも共通していることを知ったのだ。こうして、年輪幅変動パターンを手がかりにして、同じ年に形成された年輪を照合することが可能であることが確認された。ダグラスの終生の研究は、ここからはじまる。

1911年、ダグラスは50マイル離れた2本の樹木の年輪の幅がほぼ同じように変動していることをつきとめた。年輪年代法の端緒になる大発見だった。研究の対象も、イエローパインだけでなく、セコイアやその他の針葉樹にもおよんでいく。1914年には、遺跡から出土する木材の年代推定をはじめている。最初は比較的年代の新しいものをとりあげていたが、しだいに古い時代の遺跡のものを調査する。そのなかには、1922年にニューメキシコのアズテック遺跡から出土した材の139層分の年輪計測値とその南約50マイルにあるブエブロ=ボニト遺跡出土材との照合に成功し、後者が39年古いことを確認し、それによって314層分の年輪パターンを作成したような成果もあった。しかし、その暦年はまだ決定できない。集中的な調査研究の結果、1919年には1910年を下限として1382年までつづく年輪パターンを作成、1923年にはその先端を1284年まで、1928年には1260年まで延長した。しかし、その先には、先史時代の遺跡の試料から作成し、この暦年標準パターンとはまだ連鎖できない585年分の標準パターンが遊離したまま残っていた。この両者を連鎖できたのは1929年6月22日のこと。アリゾナのショウロウにあるホイブル遺跡から出土した試料番号 HH39の炭化した屋根材の年輪によってであった。こうして西暦701年までの暦年標準パターンが完成した。この完成によって、40か所の遺跡の実年代がたちどころに確定できた。年輪年代法が考古学にとって画期的な年代決定法であることが実証されたのだ。ダグラスが年輪を研究対象にとりあげてから3分の1世紀、遺跡出土材の年輪計測を開始してからすでに15年の年月が経過していた。なお、このイエローパインの暦年標準パターンは1976年には前322年にまで延長され、そのほか3000年のジャイアント=セコイア *Sequoia gigantea* の暦年標準変動パターン、ヒッコリー=マツ *Pinus aristata* の8200年にわたる暦

年標準パターンが作成されている。ちなみに、このヒッコリー=マツの年輪は放射性炭素年代法の補正に用いられたものである。

その後、1937年にアリゾナのチューソンにダグラスが所長になった年輪研究所が設立され、合衆国における古年輪学研究の中心になる。この年輪研究所と協力して、年輪学会 Tree-Ring Society が1934年から刊行している年刊誌 *Tree-Ring Bulletin* は、古年輪学研究の世界の状況をわれわれに伝えてくれている。

古年輪学研究はアメリカの半乾燥地帯ではじまった。しかし、このダグラスの研究は気候帯がまったく異なるヨーロッパでも注目をひいた。まずドイツ。オーストリアで生まれ、ドイツのタラント市で森林生物学の教授だったブルノ=ヒューバ Bruno Huber (1899—1969) がダグラスの方法に関心をよせて、それがヨーロッパでも適用できるのではないかと考え、1937年からおもにナラ類の *Quercus petraea* や *Quercus robur* を対象に本格的に研究を開始した。樹齢が長いこと、古くから広く用材として使われていること、他の樹種にくらべて不連続年輪が少ないこと、このような点がナラ類をとりあげた理由だった。第2次世界大戦後、東ドイツからミュンヘンに移ったヒューバは、精力的に研究を続行する。かれの古年輪学に関する研究における最大の業績は、ダグラスのグループとは異なった研究手法を確立したことだった。ダグラスのグループは、年輪パターンの照合にスケルトン=プロット skelton-plot 法を使用していた。この手法では、年輪幅の計測数値をデータとして使わない。グラフ用紙のうえに年輪幅が非常に狭い年を長い棒で、やや狭いものを短い棒で表現し、この棒グラフを手がかりに2組の年輪パターンを照合するものだ(図II-4)。この手法は、年輪幅の広狭の判断が主観的に傾く恐れがあるし、その作成には熟練を必要とする。ヒューバは考えた。半乾燥地帯のアリゾナとくらべると、はるかに穏やかな均衡のとれた気候変動をするドイツでは、気候変動は年輪幅の変動にあまりはっきりと反映しないのではないだろうか。とすると、この方法は採用できない。かわって、年輪パターンを総体として比較対照する方法をとるべきではないか。そこで、かれは、前年の年輪幅より次年が広がっているか、あるいは狭くなっているか、そのいずれかの傾向をしめす年輪部分を調べた。それが試料の75%以上に共通して確認できたとき、その年輪部分を指標年輪部 signature と呼んで、その出現位置を手がかりにして、試料を相互に照合する方法とした。さらにまた、現在広く採用されている統計学的なデータ処理の手法も採用する。こうして、ヒューバはヨーロッパにおける古年輪学研究の基礎を確立していった。その後、1963年、研究開始後26年、かれは960年から1960年に達する1000年間の暦年標準パターンを完成している。

第2次世界大戦後のヨーロッパ、ヒューバの方法を学んだ研究者たちが古年輪学研究を

I 古年輪学の概略とこれまでの研究

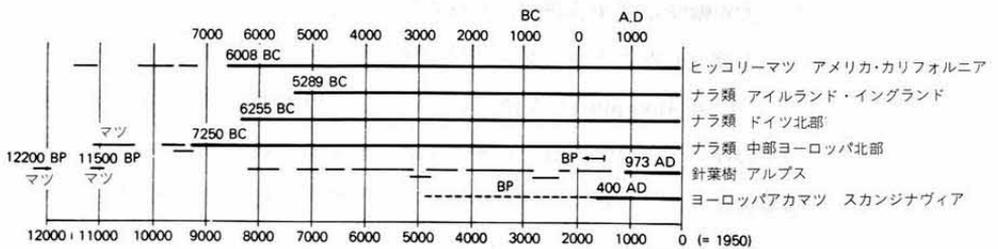
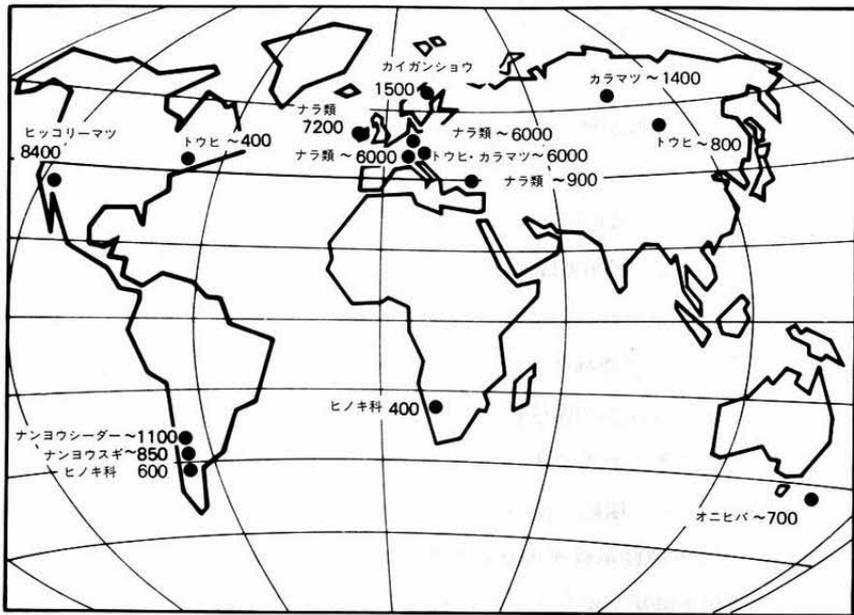


図 I-2 世界の暦年標準パターンの作成状況  
1987年現在 Schweingruber 1988から

拡大推進した。ヨーロッパでこの種の研究をおこなっている研究機関は、ドイツのハンブルグ大学森林生物学研究所のディーター=エクシュタイン Dieter Eckstein によると、1970年には20か所だったが [Eckstein 1972]、1987年にはスイスの連邦林学研究所のフリッツ=ハンス=シュヴァイングルーバ Fritz Hans Schweingruber は30か所以上において研究が進められていることを確認している (図 I-2) [Schweingruber 1988]。

これら欧米各国の研究のなかで興味をひかれるものにソ連の研究がある。ソ連では1959年に、ソ連科学アカデミー考古学研究所に年輪年代法研究室を創設し、本格的に研究を開始している。主な試料は10世紀から15世紀の中世都市ノヴゴロドの遺跡から出土する多量の材木や木製品だった。樹種はヨーロッパアカマツ *Pinus sylvestris*。とくにその街路の舗装用に使われていた木材から、579年分の暦年の確定しない遊離した標準パターンが作

成できた。問題は、その暦年をどのようにして確定するのか、この点だった。ここでノヴォゴロドに現存する5か所の教会が登場する。これらの教会はいずれもその創建年代が1300年、1355年、1384年、1418年、1421年であることが判明しており、くわえて、その建物から最終形成年輪をもつ部材を試料として採取することができた。この部材の年輪パターンとさきの遺跡出土材によって作成した標準パターンとを照合したところ、一致する部分が発見できたのだ。その結果、これらの教会の部材が創建の前年の冬に伐採したものであり、579年分の標準変動パターンは884年から1462年のものであることが確認できた。ソ連では、アメリカやドイツのように伐採年のわかっている現生木の年輪からさかのぼったのではなく、創建年代の明確な建物の部材から標準パターンの暦年を確定したのであった [Kolchin 1965]。なお、1972年には、この暦年標準パターンも現生木から延長した標準パターンとの連鎖に成功し、884年から1970年に及ぶ暦年標準パターンが完成している。

あるいはまた、シベリア南部、山地アルタイにあるバジルク古墳群の木槲材の年輪年代法による研究もおもしろい。この古墳群の主要古墳の木槲材の年輪パターンを相互に照合し、1、2号墳は同年に、それらより7年遅れて4号墳、30年のちに5号墳、さらに11年のちに3号墳が築造されたことを明らかにしている。この成果が発表されたのは1959年、ヨーロッパからはるか遠くに離れたユーラシア大陸中央部で古年輪学研究が可能であることをしめした点で画期的なものだった [Zamotorin 1959]。

ヨーロッパ各国における古年輪学研究は、開発段階を終了している。現在では、暦年標準パターンをさらに古くまで延長する作業とともに、それを考古学、建築史学、美術史学、地形学等の各種研究分野に応用する段階に達し、成果をあげつつある [Fletcher 1978、Baillie 1982、Eckstein *et al.* 1983A、1983B]。なお、ヨーロッパにおける古年輪学の状況を伝える定期的な刊行物としては、1983年から出版されているイタリアの年輪年代法研究所の年刊誌 *Dendrochronologia* がある。

## 2 日本の古年輪学研究

日本における古年輪学研究は、ダグラスの最初のころの意図と同じように、年輪から過去の気象を読みとろうとする試みからはじまっている。古くそれを試みたものに1921年の平野烈介の研究がある。平野がこのとき試料としたのは宮崎県西諸県郡の「明治四十二年(?)の暴風で倒伏した」「樹齢は二百五十余年」の「杉の巨木」だった。かれは、その年輪の断面積からこの樹木全体の「生長量」を計算し、その「生長量」の変動から「此の杉の木的全生涯には三十三年周期が顕著に作用して居たことが知られる」と判定、それが気象学でいうブリュックナーの周期にあたる、と推定している [平野1921]。

## I 古年輪学の概略とこれまでの研究

1930年代、志田順の古年輪への関心は、「気候の永年変化」が歴史における「東亞諸勢力の興亡盛衰」と関係あり、とするところからはじまった。志田は、まず飢饉の記録をひろいあげ、そこから100年ないし700年の「気候の永年変化」の周期をよみとることができる、とする。その裏づけの1つとしてとりあげたのが年輪だった。このときの試料は台湾阿里山産の「径四尺に余り樹齡一千五十年」の「紅檜一本」。その「年輪の厚みを測り成長年率を求め」、そこにも2種類の「気候の永年変化」周期の存在をしめす特徴がある、とみた。年輪だけではない。志田は「地球磁力の永年変化」までとりあげ、多面的に歴史に対する気候の影響の大きさを証明しようとしている [志田1935A, 1935B]。この志田の研究を読んだ三沢勝衛は、年輪から読みとった気象の周期的変動と歴史上の事件の発生とのあいだに関連があるとする志田説に賛同し、それを別の年輪資料からも証明しようとしている。とりあげたのは、1934年の室戸台風で倒れた長野県上伊那郡伊那里村の赤松で、樹齡約250年。その年輪幅の計測を「この村の小学校の職員」に依頼、その結果をグラフにして観察する。このグラフのなかに「仮りに、私の目分量で極めて素朴に」「スムースの線」を描き、それと年輪幅の「実際の成長を示して居る折線は、所々に谷もあるが、又相当顕著な山も見せて居る」ところに着目、その間の平均が32.6年であるところから、「約三三年のブリュクナーの周期に極めて接近した値」がでたと結論している [三沢1937]。淵本金哉は「屋久島の原始林から切り出された直径一八〇釐に達する見事な千年杉の木株」の880年にのぼる年輪の幅を10年単位で計測しているが、それも気象の周期と対比するためだった [淵本1937]。

この時期の調査成果のなかに、木曾ヒノキの著名な年輪幅計測値がある。岐阜県側の裏木曾で伐採されたヒノキの年輪幅を山沢金五郎が計測し、802層分のデータを発表したことである [山沢1930]。かれがこの計測結果を発表して以降、多くの研究者がそれを引用している。しかし、山沢はこの年輪を1119年から1920年までのものとしたが、今回われわれが再吟味したところでは、1年のずれがあり、1118年から1919年のものである、と考えざるをえない結果となった。

第2次世界大戦勃発前に発表されたこれらの古年輪学関連の研究は、すべてが年輪データからかっての気象やその周期性を読みとろうとするものだった。さらに、共通する特徴として、1本の現生木の年輪データのみをとりあげ、複数の試料の年輪データの照合までにいたっていない点がある。おそらくこのころ研究成果を発表した研究者は、すでに大きく進展していたダグラスたちの研究をほとんど参考にしなかったのだろう。しかし、研究成果を発表することはなかったが、年輪年代法に関心をいだいた研究者もあった。たとえば、関野克がその一人。関野は、ヨーロッパにおける年輪年代法の研究に触発され、ダグ

ラスの成果を読み、1943年には日本の試料について年輪幅を計測している。このときの試料は、法隆寺中門の柱材残欠と同寺旧蔵の百万塔だった。そのとき関野が作成した中門の柱116層と百万塔の179層分の年輪パターングラフがいま残っている [佐原1983]。関野は、年輪幅だけではなく、樹木としての成長量が問題である、とみて、年輪全周の面積をとりあげるべきだ、と考え、紙にトレースした年輪を切り抜いて、その重さをはかり、それからその年の樹木の生育量を推定する、このようなことも考えた。しかし、戦時とそれにつづく戦後の混乱期のためか、あるいはその後の多忙な生活の故もあってか、それを大きく進展させないままに終わっている。

第2次世界大戦末期の1944年の秋田営林署、そこでは、四手井綱英が中心となって、秋田スギの年輪幅を計測している。その結果から、1928年から1942年にわたる17年間の年輪幅として読みとれる肥大成長の変動が降水係数と関係している、とする結論を四手井は導きだしている。降水係数とは、年降水量と年平均気温の比をとったもので、この「降水係数がある数値より大きくなっても小さくなってもスギの肥大生長は悪くなるのである」。この研究では、秋田営林署管内の8個所の地点から、それぞれ39点から95点にのぼる龐大な試料を採取し、その年輪幅平均値を算定、それによって研究を進めている。それまでにはなかった画期的な研究だった。あるいは、「年輪の幅の年変動を調べてみたところ」「著しく目立って年輪幅が狭くなっている」「年は昭和初期におこった冷害の年」であるとも述べている。感覚的ではあるが、異なった個体間の年輪を照合しているところも興味深い [四手井1976]。

第2次世界大戦後、その日本においても、古年輪学研究で発表されたものは、ほとんどが過去の気象環境を復原する手がかりを年輪幅の変動に求める年輪気象法につらなるものだった。1955年に荒川秀俊は、気象研究における年輪利用の「利点」として「(1) 極く最近の気象資料と対照できること、(2) 世界中の相当広い地域に亘って資料が得られること、(3) したがって気候上のサイクルの研究が時間的・空間的に拡充できる可能性があること」をあげている。このあたりからも年輪と気象に対する戦前から戦後の研究者の関心のありかたを読みとることができる [荒川1955]。

とはいえ、データの取り扱いかたははだいに精緻になり、年輪幅変動グラフを単純に気象データと比較するような方法は影をひそめる。しかし、四手井のような多量のデータを計測、処理する方向はまだまだ一般化しない。この種の戦後初期に発表されたものに1948年の山本武夫の研究がある。山本は、戦前の山沢年輪データと志田順の使用した台湾産の紅檜の年輪をとりあげ、それらが気候の長い周期の変動を映しだしている、と推定している [山本1948]。ややのちのものだが大内正夫もこの系列の研究を精力的に発表してい

## I 古年輪学の概略とこれまでの研究

る。かれは、志田順の台湾産の紅檜の年輪データに山形産の樹齢約320年のケヤキの年輪データを新しく加え、年輪幅の変動と気象観測結果を対比し、その変動が生ずる気象要因を分析することによって、樹木の成長率を気候変動の指標とする方法の有効性を検討している [Outi 1961, 1962、速水・大内1964、大内1964A, 1964B]。

これらの研究に対して、高橋宏明のおこなった研究は、かつての四手井の研究の系譜に連なる。高橋は、四手井の年輪データに宮城県鳴子地方のスギ、アカマツ、モミの年輪データを加え、樹木の直径生長と気象因子、とくに降水係数との関係を追求している。その場合、ある地点の複数個体の年輪幅の平均値が別の地点のものとのあいだに相関があることをまず検証し、「立地及び林齢が相違しながら相関のある直径生長をしている事実は」年輪幅にみられる樹木の生長が「共通の環境因子である気象と結びつくもの」であることを解明したうえで、高橋は研究を開始している。この点では、それまでの日本の古年輪学研究にみられなかった新しい局面を展開する可能性をはらんだものだった [高橋1967, 1971A, 1971B]。

以上のような年輪気象法に関連する研究のほかに、いくつかの興味をひく研究がこの時期からはじまっている。東三郎は、北海道の地すべり地においてカラマツの年輪に形成されたアテ材の形成原因をさぐり、それが地滑り等の崩壊前に発生する小規模なブロック状の地表変動の影響によるものである、とした研究を報告している。アテ材とは、波状になったり、大きく偏心している異常な年輪部分である。それは「山崩れや地滑りが、突発的な外力として樹木に作用」して生じた「傾斜木」が「直立位に立ち直ろうとし」、そのときに形成された「異常材」である。このアテ材が発生した年を年輪から判読し、その発生原因と気象要因の関連を推定しようとしているのである [東1968]。これと似た研究は屋久スギを材料として真鍋大覚と川勝紀美子も発表していた。台風の影響によってその年輪のなかに「台風斑点」と呼ぶ「濃厚な樹脂の異常滲出」部分が生じており、その観察から「大風の勢力と経路」が推定できる、とするものだった [真鍋・川勝1964]。あるいは群馬県白根山のスギの年輪に火山爆発を読みとり、群馬県安中市周辺のスギの年輪がカドミウム鉱害の発生を記録していた、とする鈴木哲の報告がある [鈴木1971]。

古年輪の研究には、かつての志田順のように、年輪から読みとった過去の気象状況から歴史上のできごとを解釈しようとするものがあった。この時期にもこの系統のものはつづく。木曾ヒノキの山沢年輪データを参考に気象の700年周期変動をとらえた西岡秀雄や、山口県佐波郡徳地町の佐波川川底の埋没木の年輪によって山本武夫が説くところである [西岡1972、山本1976]。

年輪年代法に関連する研究は第2次世界大戦後になってはじめて発表されている。発表

したのは西岡秀雄と小原二郎。どちらも試料は法隆寺の五重塔の心柱だった。法隆寺については、よく知られているように、現存している金堂や五重塔などの西院伽藍が、推古天皇のときの法隆寺創建時のものなのか、天智天皇のときに一度焼け落ち、和銅年間になって再建されたものなのか、19世紀末ごろから論争があった。法隆寺再建非再建論争である。この法隆寺の五重塔は1941年から12年の歳月をかけて解体修理されている。その際、心柱の根元が腐っていたので、その部分を切断除去し、新しい材を根継ぎした。2人はこの心柱の切断部分で年輪幅を計測し、それによって論争解決の手がかりがえられないか、と考えたのだ。

西岡秀雄は五重塔心柱から約250層の年輪幅を計測する。ついで、それと天平10年ごろに建てられた法隆寺東院夢殿の桁材の約200層の年輪データとを比較する。そこでは、夢殿の桁材の年輪データを夢殿の建立された天平時代からはじまって約200年間分さかのぼった期間、すなわち、6世紀後半から8世紀前半のものとみなすことが前提となっている。これを1種の暦年標準パターンとして、そこに認められる「成長の良好期と不良期」の変動を手がかりに、心柱の年輪変動パターンと比較し、「心柱の外側部分が、夢殿桁材の西暦600年以前の部分と相似であり、五重塔心柱が推古天皇十五年（607）以前に伐採された樹木であることを裏書き」とみて「法隆寺五重塔に関する限り、所謂「再建」説は不利の感が深い」と結論した〔西岡1952, 1972〕。

西岡の研究は日本における最初の年輪年代法の応用研究として評価できるだろう。だが、問題は少なくない。なによりも実年代を推定する基準が夢殿の桁材にある点だ。たとえばその桁材が夢殿創建当初のものであっても、その材の残存最外年輪が夢殿創建年代をどれだけさかのぼるものなのか、それはわからない。夢殿の桁材の年輪も、五重塔の心柱の年輪と同じように、形成年は不明である。にもかかわらず、それを暦年標準パターンのように扱ったのである。また、どちらも最終形成年輪はもちろん、辺材部も除去されて残っていない。この2つの年代不明の年輪変動パターンを比較し、そこから法隆寺の「再建」「非再建」の結論をひきだすのは、方法としてもいささか無理があった。この西岡の研究については、当時もそれ以後も学界からはほとんど反応がなかった。それは、口頭発表と簡単な記述だけにとどまって、詳細なデータの発表がなかったこと、それにくわえて、方法からくるこの疑念が潜在していたためとみてよかろう。ちなみに、法隆寺五重塔の心柱の年輪については、241年から591年までのものが残存していることを今回のわれわれの研究で確認している。

小原二郎が同じ法隆寺五重塔の心柱の年輪幅を計測した端緒も、そこから「法隆寺建立の年代を推定する何等かの資料が得られるのではないか」というところにあった。その結

## I 古年輪学の概略とこれまでの研究

果、年輪数344を数え、その外に辺材部分があったはずだから、原木は455年以上の樹齢をもったものと推定し、さらに心柱材の原木の生長経過について考察するとどまり、「創建年代の推定に対する何等かの結論を引き出すことには、なお多くの困難が存するもの」と述べている [小原1958]。

西岡は法隆寺五重塔の心柱に関する学会発表レジメの最後をつぎのように結んでいる。「アメリカなどでは、大学でも博物館でも極く普通に知られている年輪計測法が、日本では未だ活用の域に達せず、日本における歴史時代の基準曲線すら用意されていないので、日本の学界にも重要な自然科学的研究手段として利用されることが望ましい」と。しかし、年輪年代法に対するそのころの日本の関係学界の研究者の態度は否定的なものだった。「日本のように湿潤温暖の気候のところでは、樹木の年輪は特定の気候変化を反映しにくい。そのうえ地勢が複雑で、地方ごとに降雨量の多寡の差がはげしいことも、年輪法の発達を阻んでいる」として、年輪年代法は日本では容易になし難い、とみるのが一般的な受けとめかただった [有光1965]。しかし、この受けとめかたは、何ら事実による検証もなく、ダグラスが開発にあたった土地であるアメリカのアリゾナの気候風土の印象と日本のそれとの対比からくる思いこみに発するものだった。さらに、年輪年代法を正確に理解していないところにも原因があったようである。年輪年代法では、経年的な年輪幅の広狭の変動のパターンを比較対照するのだが、それを年輪幅の絶対的な大きさを比較する、と誤解していた可能性がある。

今回の研究グループの田中琢や光谷拓実は奈良国立文化財研究所の所員である。この研究所では、1952年の創設当初から平城京や藤原京などの古代の遺跡の発掘調査や古い社寺や民家などの建物の調査を継続しておこなっている。遺跡からは多くの木質遺物が出土する。もちろん古い建物にも古い部材がある。これだけ材料があれば、年輪年代法の開発ができるのではないか。諸外国、とくに、ヨーロッパ諸国やソ連などの古年輪学、年輪年代法の研究成果を読み、アリゾナと違った、日本に近い気候風土のところでも可能であることを知ると、このように考えたのも当然だっただろう。所員のなかには植物を専門とする研究者もいる。1970年、その1人によって年輪の計測がはじまった。しかし、このときは、計測法にも問題があり、若干の標本を測定し、その結果から出土材や古い建物の主要な材料になるヒノキでは、この研究方法の開発は困難であるとする結論をひきだして一頓挫した。

ふたたび挑戦を決心したのは1979年、研究所員の坪井清足と佐原真とがドイツを訪れ、この地で年輪年代法が大きな成果をあげていることを実際に見聞したのがきっかけとなった。帰国した2人の話から文化財研究者のあいだで「やろう」という機運がたかまる。東

京と奈良にある文化財研究所が協力して試行研究の着手の準備をする。奈良国立文化財研究所では、植物を専門としている光谷拓実が中心になる。こうして開始した試行研究から「日本においては年輪年代法は不可能だ」とするこれまでの思いこみが完全に誤っていることが確認できた。そこで、1985年度から「古年輪変動データの分析による考古歴史研究方法の確立」の題目で科学研究費特別推進研究の補助金をうけ、本格的研究に着手。その後5年、ほぼ所期の目的を達するとともに、考古学、歴史学、建築史学、美術史学などの諸分野における応用研究においてもこの研究方法が十分成果をもたらすものであることを確認することができた [光谷1981, 1982, 1983, 1984A, 1984B, 1985, 1986, 1987A, 1987B, 1988, 光谷・田中1986, 田中1985, 1990]。そしてまた年輪気象法に関しても、田中が兼務していた京都大学防災研究所の佐藤忠信の参加をえて、着実に成果をあげることができた [佐藤・八嶋・田中1987, 1989, Sato *et al.* 1989]。

われわれが集中して研究した1980年代、その他にもいくつかの古年輪学関係の論考が発表されている。それには年輪年代法の開発を試みた論考 [伊藤・三浦1982, 野田・東村1983, Kojo1987]や、新しい年輪幅の計測法の開発を試みたもの [石垣・上田1986, 上田・石垣1986] があり、さらに、年輪幅計測値のデータ処理法について基礎的な検討を加えたもの [堀場1980, 末田・梅村・牧野1983, 高田1985, 高田・小林1987]も含まれている。しかし、古年輪学研究の根幹となる長期におよぶ暦年標準パターンの作成にまで発展させた継続的な研究報告には、いまだ接していない [野田1987, 1988]。