奈良国立文化財研究所学報 第48冊

年輪に歴史を読む

——日本における古年輪学の成立——

奈良国立文化財研究所

序

この報告書は1985年から1989年まで文部省科学研究費特別推進研究の助成金を得ておこなった「古年輪変動データの分析による考古歴史研究法の確立」（代表者：奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター長田中琢）の成果をとりまとめたものである。

春目と夏目の濃淡によって美しい縞模様をえがく年輪から、伐採された樹木の年齢だけでなく、その間の気象の変動を読みとろうとする研究は古くからおこなわれてきた。その年輪幅の変動を現生の樹木だけでなく、過去の時代に生育した材にまで遡って2000年以上にわたる暦年変動パターンを作成することもアメリカではすでに1929年に成功している。これに刺激されてヨーロッパでも古年輪学の研究が盛んにおこなわれ、とくに年輪年代法は、遺跡や美術品の年代鑑定など、文化財の調査研究に広く応用されるようになった。ところが、日本では、第２次世界大戦前からいくつかの先駆的な研究があったものの大成するにはいたらなかった。そのため、日本のように地形が複雑で局部的に降水量や温度の変化が大きい地域では、標準とし得る年輪変動パターンを促えるのは困難であり、年輪年代法は日本にはむかないというのが一般的認識となっていたのである。

当研究所は平城宮跡や飛鳥藤原宮跡の発掘調査をすでに30年以上継続的に実施しているが、これら７、８世紀の宮殿や住居はほとんどが掘立柱で建てられており、その遺跡からは柱根や井戸枠などの大量の木材が発掘されている。用材の大半はヒノキで、一部にはコウヤマキがある。こうした木材資料を活用して建築年代の前後関係や当時の気象状況を知ることができないであろうかという思いは早くからもたれていたのであったが、1979年に当時の所長坪井清足と埋蔵文化財センター指導部長佐原真がドイツを訪れ、年輪年代法が文化財の年代測定に威力を発揮しているのを実見し

て、その意を強めた。出土遺物等の年代測定には従来から炭素同位体を利用する方法などが広くおこなわれているが、細かな年代を論じるには誤差の範囲が大きすぎて、土器等の型式による細分化された編年との照合にはあまり役立たない。しかし、年輪年代法は正確な絶対年代をおさえることができる。このことから当研究所としても年輪年代法の研究に本腰をいれて取り組むことになり、埋蔵文化財センター主任研究官光谷拓実を担当者にあて、東京国立文化財研究所の協力も得て、1980年から研究を開始したのである。

爾来10年、ヒノキについては現代から前317年まで遡る約2200年間の暦年標準パターンを完成することができた。コウヤマキやスギについても、なお一部に連結しない部分もあるが、ほぼ同期間の変動パターンをつかんでいる。これらは資料の増加によって年代を遡り、さらに精緻にすることができる。その応用例では、例えば、滋賀県信楽町の宮町遺跡から出土した柱根がいずれも742年から744年の間に伐採されたものと判明し、『続日本紀』が742年に造営を開始したと記録する紫香楽宮の解明に役立つなどの成果をおさめた。現在修理中の国宝東大寺南大門金剛力士像の用材が造立直前に山口県で伐採されたことが明らかになったのも美術作品に応用した著しい例である。年輪と気象変動との関係はデータが限られるため未だ試論の域をでるにはいたらないが、ようやくわが国でも古年輪学が成立したことは認めていただけるであろう。当研究所としては、さらに研究を深め、文化財保存に広く活用されることを願っている。

おわりにこの研究に重要な示唆と支援をあたえられたハンブルグ大学ディーター＝エクシュタイン、元東京国立文化財研究所長関野克、前京都府立大学学長四手井綱英、国立民族学博物館情報管理施設長佐々木高明の諸氏に深甚の謝意を表するとともに、研究試料の採取その他でお世話になった多くのかたがたに改めてお礼申しあげる次第である。

1990年７月

奈良国立文化財研究所長

鈴　木　嘉　吉

目　次

序
凡　例
Ⅰ　古年輪学の概略とこれまでの研究 ……3
A　古年輪学の概略 ……3
B　これまでの古年輪学研究 ……7
1　古年輪学の開発と欧米における研究の進捗 ……7
2　日本の古年輪学研究 ……11
Ⅱ　古年輪学研究の試料と方法 ……18
A　試料と計測 ……18
1　試料の種類 ……18
2　標本の採取と調整 ……19
3　年輪幅の計測 ……20
B　年輪パターンの照合 ……21
1　年輪パターングラフの作成 ……21
2　数値データによる年輪パターンの照合 ……23
3　指標年輪部の確認 ……27
Ⅲ　現生木による年輪年代法の基礎的検討 ……29
A　ヒノキの現生木による年輪パターンの特性の検討 ……29
1　ヒノキの標本の採取 ……29
2　同一円盤標本における異なった方向の年輪パターン ……31
3　樹幹中央部と周辺部の年輪パターン ……34
4　同一樹幹の異なった樹高位置の年輪パターン ……34
5　同一地域の異なった個体の年輪パターン ……38
6　採取地を異にする試料の年輪パターン ……45

B　ヒノキ以外の樹種の年輪パターン ……49
1　ヒノキアスナロとスギの年輪パターン ……50
2　コウヤマキなど、その他の樹種の年輪パターン ……55
Ⅳ　暦年標準パターンの作成 ……60
A　ヒノキの暦年標準パターンの作成 ……60
1　現生木による暦年標準パターンの作成 ……60
2　ヒノキの暦年標準パターンの補強と延長 ……67
a 奈良東大寺二月堂参籠所の部材による暦年標準パターンの作成 68　b 愛知清洲城下町遺跡出土品による暦年標準パターンの作成 71　c 広島草戸千軒町遺跡出土品による暦年標準パターンの作成 73　d 京都鳥羽離宮跡出土品による暦年標準パターンの作成 74　e 奈良平城宮跡出土品による暦年標準パターンの作成 76　f 西暦紀元前における暦年標準パターンの延長 78
B　スギとコウヤマキの暦年標準パターン ……79
1　同一地域産の異なった樹種の年輪パターンの関係 ……79
2　異なった地域の異なった樹種の年輪パターンの関係 ……80
3　スギの暦年標準パターン ……82
a スギの現生木による暦年標準パターンの作成 82　b 東北地方の遺跡出土品と古建築部材によるスギの暦年標準パターンの作成 83　c 東北地方のスギの暦年標準パターンの延長 86　d 静岡県の遺跡出土品による暦年の判明したスギの平均値パターン 87
4　コウヤマキの暦年標準パターン ……89
a 奈良県下出土品によるコウヤマキの暦年標準パターンの作成 89　b 遊離したコウヤマキの標準パターン 92
V　暦年標準パターンを応用した研究 ……94
A　応用研究をはじめるにあたって ……94
B　年輪年代法の応用研究例 ……98
1　現生木の年輪年代 ……98
2　遺跡出土品の年輪年代 ……99
a 岩手県落合Ⅲ遺跡出土井戸 99　b 史跡払田柵出土柵木 99　c 秋田県胡桃館遺跡埋没家屋と出土品 100　d 史跡城輪柵出土柵木 101　e 栃木県下都賀郡七廻り鏡塚古墳出土木棺 101　f 特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡出土蔵骨器 102　g 静岡県山木遺跡出土木製品 102　h 史跡志太郡衙跡出土掘立柱柱根 103　i 愛知県清洲城下町遺跡出土木製品 104　j 滋賀県瀬田唐

橋橋脚 104　k 滋賀県宮町遺跡出土掘立柱柱根 104　l 京都府浄土寺古墳出土木棺 106　m 京都府瓦谷遺跡出土木棺 107　n 大阪府誉田山古墳（伝応神天皇陵）外堤出土笠形木製品 107　o 大阪府経塚古墳出土木棺 107　p 大阪府遠里小野遺跡出土井戸 108　q 奈良県四条古墳周濠出土笠形木製品 108　r 奈良県小墓古墳周濠出土笠形木製品 109　s 史跡水落遺跡出土集水枡 109　t 奈良県法華寺下層遺跡出土掘立柱柱根 110　u 奈良県平城京東二坊二条大路出土絵馬 111　v 奈良県平城京右京八条一坊十三・十四坪出土井戸 112　w 奈良県益田池出土木樋 112　x 広島県草戸千軒町遺跡出土鼻緒 112　y 香川県下川津遺跡出土曲物底板 113　z 特別史跡大野城跡出土掘立柱柱根 114

3　建築部材の年輪年代 ……114

a 重要文化財波宇志別神社神楽殿 114　b 重要文化財若宮八幡神社本殿 115　c 重要文化財清水寺三重塔 116　d 重要文化財伽耶院本堂 116　e 国宝法隆寺五重塔 116　f 国宝法起寺三重塔 118　g 重要文化財大神神社摂社大直祢子神社社殿118　h 重要文化財宝幢寺本堂 118

4　美術工芸品の年輪年代 ……120

a 京都府某寺所蔵漆塗曲物容器 120　b 国宝法隆寺金堂薬師如来坐像 120　c 奈良県法隆寺所蔵百万塔 120　d 国宝東大寺金剛力士吽形立像 122　e 山口県岩崎寺阿弥陀如来坐像 122　f 山口県法光寺阿弥陀如来坐像 124　g 山口県法光寺聖観音菩薩立像 124　h 山口県法光寺毘沙門天立像 124　i 山口県法光寺不動明王立像光背 125　j 山口県月輪寺四天王立像 125

5　埋没樹木の年輪年代 ……126

a 秋田県山本郡出土の埋没スギ 126　b 秋田県由利郡の埋没スギ 126　c 山形県最上郡出土の埋没スギ 127　d 静岡県裾野市出土の埋没ヒノキ 127

VI　年輪気象法に関する研究 ……128

A　年輪データと気象データ ……128

1　古気候再現法とデータの検討 ……128

2　年輪データの基準化 ……130

a 基準化の方法 130　b 現生木の年輪データ 131

3　気候データ ……133

B　気候変動特性の抽出 ……140

1　年輪幅と気候要素との相関 ……140

2　相関関数を利用した気候情報の推定 ……144

a 推定法の概略 144　b 推定結果 145

3　カルマンフィルターを利用した気候情報の推定 ……147

C　小結 ……157
Ⅶ　古年輪学研究の発展 ……159

文　　献 ……163
英文要旨 ……169

挿　図

Ⅰ－1　暦年標準パターンの作成 ……6
Ⅰ－2　世界の暦年標準パターンの作成状況 ……10
Ⅱ－1　標本抜きとり器と試料台 ……19
Ⅱ－2　生長錐と試料台 ……19
Ⅱ－3　年輪読みとり器 ……20
Ⅱ－4　スケルトン=プロット法による年輪パターンの照合 ……21
Ⅱ－5　基準化したデータと基準化しないデータによる年輪パターングラフ ……23
Ⅱ－6　指標年輪部とその検出方法 ……28
Ⅲ－1　ヒノキの現生木試料の採取地 ……30
Ⅲ－2　同一円盤標本上の3方向の測線の年輪パターングラフ ……32
Ⅲ－3　樹幹周辺部（老齢部）における年輪パターングラフの比較 ……35
Ⅲ－4　樹幹中心部（若齢部）における年輪パターングラフの比較 ……35
Ⅲ－5　長野上松試料№2と№14の年輪パターングラフ ……40
Ⅲ－6　長野上松試料と岐阜付知試料の年輪パターングラフ ……46
Ⅲ－7　採取地間の距離と t 値の関係 ……47
Ⅲ－8　採取地別の年輪パターングラフ ……48
Ⅳ－1　ヒノキの現生木による1009年から1100年までの暦年標準パターングラフ ……62
Ⅳ－2　ヒノキの現生木による1100年から1400年までの暦年標準パターングラフ ……63
Ⅳ－3　ヒノキの現生木による1400年から1700年までの暦年標準パターングラフ ……64
Ⅳ－4　ヒノキの現生木による1700年から1984年までの暦年標準パターングラフ ……65
Ⅳ－5　ヒノキの現生木による暦年標準パターングラフAにおける指標年輪部…66
Ⅴ－1　試料タイプと樹木断面との位置関係 ……95
Ⅴ－2　6組のヒノキの暦年標準パターン ……97
Ⅴ－3　特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡出土蔵骨器底板 ……103

V－4　滋賀県宮町遺跡出土掘立柱柱根 ……105
V－5　奈良県平城京東二坊二条大路出土絵馬 ……111
V－6　重要文化財若宮八幡神社本殿 ……115
V－7　国宝法隆寺五重塔心柱の断面 ……117
V－8　解体修理中の重要文化財大直祢子神社本殿 ……119
V－9　京都府某寺所蔵漆塗曲物容器 ……121
V－10　奈良県法隆寺所蔵百万塔 ……121
V－11　国宝東大寺金剛力士立像とその寄木構造断面図 ……123
V－12　山口県法光寺阿弥陀如来坐像と同月輪寺四天王立像 ……125
VI－1　ラップランドの年輪幅スペクトル（1463年～1960年）とイングランド中央部の4～9月の平均気温スペクトル（1659年～1973年）の比較 ……129
VI－2　木曽ヒノキの年輪幅の10年移動平均後の変動 ……131
VI－3　1840年ごろの年輪幅の急変動の状況 ……131
VI－4　年輪データのスペクトルに作用させたローパスフィルター ……132
VI－5　計測値による年輪幅変動と基線補正後の年輪幅変動 ……132
VI－6　同一年で重複させたヒノキの年輪幅の変動 ……134
VI－7　スプライン関数により基線補正後のヒノキの年輪幅の変動 ……135
VI－8　長野県における気象情報（降雨日数）入手地点 ……137
VI－9　『墨翁日記』における天気の記述部分 ……137
VI－10　降雨日数の10年移動平均変動と長野市と木曽福島における降雨量の変動パターンの比較 ……137
VI－11　木曽ヒノキの年輪幅のパワースペクトルと長野市における平均気温のパワースペクトル、長野市における降雨日数のパワースペクトル ……140–141
VI－12　年輪幅と降雨日数との相互相関関数と年輪幅と平均気温との相互相関関数 ……142
VI－13　イングランドにおける平均気温の変動と鴨川における50年間の洪水回数の変動 ……143
VI－14　相関関数によって推定した降雨日数と実降雨日数パターンの比較 ……147
VI－15　推定降雨日数と実降雨日数のスペクトル ……147
VI－16　相関関数法により年輪から推定した降雨日数のパターン ……147

Ⅵ—17　自己回帰・移動平均過程の係数のカルマンフィルターによる同定過程 ……151–153
Ⅵ—18　年輪幅から推定した降雨日数の変動 ……154
Ⅵ—19　推定降雨日数と実降雨日数のパワースペクトル ……155
Ⅵ—20　推定した約1千年間の降雨日数の変動 ……156
Ⅶ— 1　石川真脇遺跡出土柱根4点の年輪パターングラフ ……160
Ⅶ— 2　宮城富沢遺跡出土材3点の年輪パターングラフ ……161

表

Ⅱ— 1　2組の年輪パターン照合における t 値 ……26
Ⅲ— 1　ヒノキの現生木試料の採取地 ……30
Ⅲ— 2　同一円盤標本上の3方向の測線による年輪パターンのあいだの t 値 ……32
Ⅲ— 3　樹幹中央部と周辺部の年輪パターンの比較 ……33
Ⅲ— 4　異なった樹高位置の円盤標本ごとに設定した4方向の測線の年輪パターンのあいだの t 値 ……36
Ⅲ— 5　異なった樹高位置における年輪パターンのあいだの t 値 ……37
Ⅲ— 6　長野上松試料の平均値パターンと異なった樹高位置の年輪パターンとのあいだの t 値 ……38
Ⅲ— 7　長野上松試料20点の年輪パターンのあいだの t 値 ……40
Ⅲ— 8　長野三浦試料18点の年輪パターンのあいだの t 値 ……41
Ⅲ— 9　長野氷ヶ瀬試料6点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—10　長野小俣試料5点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—11　岐阜付知試料17点の年輪パターンのあいだの t 値 ……42
Ⅲ—12　岐阜小坂大洞150試料18点の年輪パターンのあいだの t 値 ……43
Ⅲ—13　岐阜小坂大洞211試料11点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—14　三重尾鷲試料6点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—15　和歌山高野山試料2点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—16　高知魚梁瀬試料6点の年輪パターンのあいだの t 値 ……44
Ⅲ—17　採取地10か所の平均値パターンのあいだの t 値 ……46
Ⅲ—18　岐阜付知試料の平均値パターンと高知魚梁瀬試料の年輪パターンとのあい

だの t 値 ……48
Ⅲ—19　ヒノキ以外の検討樹種と試料採取地 ……49
Ⅲ—20　青森大畑ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……50
Ⅲ—21　青森川内ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……51
Ⅲ—22　青森横浜ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……51
Ⅲ—23　青森増川ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……51
Ⅲ—24　青森今別ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……52
Ⅲ—25　青森金木ヒノキアスナロ８点の年輪パターンのあいだの t 値 ……52
Ⅲ—26　岩手川井ヒノキアスナロ７点の年輪パターンのあいだの t 値 ……52
Ⅲ—27　異なった採取地のヒノキアスナロ平均値パターンのあいだの t 値 ……53
Ⅲ—28　秋田藤里スギ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……55
Ⅲ—29　秋田秋田スギ10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……56
Ⅲ—30　高知魚梁瀬スギ９点の年輪パターンのあいだの t 値 ……56
Ⅲ—31　鹿児島屋久島スギ４点の年輪パターンのあいだの t 値 ……56
Ⅲ—32　採取地４か所のスギの平均値パターンのあいだの t 値 ……56
Ⅲ—33　長野王滝サワラ８点の年輪パターンのあいだの t 値 ……57
Ⅲ—34　長野王滝コウヤマキ４点の年輪パターンのあいだの t 値 ……58
Ⅲ—35　青森川内ミズナラ３点の年輪パターンのあいだの t 値 ……58
Ⅲ—36　青森乙供ミズナラ３点の年輪パターンのあいだの t 値 ……58
Ⅲ—37　採取地３か所のブナの年輪パターンのあいだの t 値 ……59
Ⅳ— 1　東大寺二月堂参籠所部材Ⅰ群の年輪パターンのあいだの t 値 ……70
Ⅳ— 2　東大寺二月堂参籠所部材Ⅱ群の年輪パターンのあいだの t 値 ……71
Ⅳ— 3　東大寺二月堂参籠所部材Ⅲ群の年輪パターンのあいだの t 値 ……71
Ⅳ— 4　東大寺二月堂参籠所部材による暦年標準パターンＢの指標年輪部 ……71
Ⅳ— 5　清洲城下町遺跡出土品13点の年輪パターンのあいだの t 値 ……72
Ⅳ— 6　清洲城下町遺跡出土品による暦年標準パターンＣの指標年輪部 ……72
Ⅳ— 7　草戸千軒町遺跡出土鼻繰５点の年輪パターンのあいだの t 値 ……73
Ⅳ— 8　草戸千軒町遺跡出土品12点の年輪パターンのあいだの t 値 ……75
Ⅳ— 9　草戸千軒町遺跡平均値パターンにおける指標年輪部 ……75
Ⅳ—10　鳥羽離宮跡出土品６点の年輪パターンのあいだの t 値 ……75

Ⅳ—11　暦年標準パターンDの指標年輪部 ……76
Ⅳ—12　平城宮跡出土品による暦年標準パターンEの指標年輪部 ……76
Ⅳ—13　平城宮跡出土品22点の年輪パターンのあいだの t 値 ……77
Ⅳ—14　弥生、古墳時代の遺跡出土品11点の年輪パターンのあいだの t 値 ……78
Ⅳ—15　長野県産の6樹種の年輪パターンのあいだの t 値 ……81
Ⅳ—16　青森県産の4樹種の年輪パターンのあいだの t 値 ……81
Ⅳ—17　異なった地域の異なった樹種の年輪パターンのあいだの t 値 ……81
Ⅳ—18　山形県の遺跡出土品18点の年輪パターンのあいだの t 値 ……84
Ⅳ—19　秋田県の建造物部材等10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……85
Ⅳ—20　岩手県出土の井戸部材5点の年輪パターンのあいだの t 値 ……85
Ⅳ—21　秋田払田柵試料13点の年輪パターンのあいだの t 値 ……88
Ⅳ—22　静岡県の遺跡出土品10点の年輪パターンのあいだの t 値 ……88
Ⅳ—23　奈良平城宮跡、法華寺下層出土掘立柱柱根15点の年輪パターンのあいだの t 値 ……90
Ⅳ—24　奈良四条古墳出土品7点の年輪パターンのあいだの t 値 ……93
Ⅳ—25　大阪雁屋遺跡出土木棺部材13点の年輪パターンのあいだの t 値 ……93
Ⅴ—1　岩手県落合Ⅲ遺跡年輪年代測定結果 ……100
Ⅴ—2　史跡払田柵年輪年代測定結果 ……100
Ⅴ—3　秋田県胡桃館遺跡年輪年代測定結果 ……100
Ⅴ—4　静岡県山木遺跡年輪年代測定結果 ……103
Ⅴ—5　史跡志太郡衙跡年輪年代測定結果 ……103
Ⅴ—6　愛知県清洲城下町遺跡年輪年代測定結果 ……105
Ⅴ—7　滋賀県瀬田唐橋橋脚年輪年代測定結果 ……105
Ⅴ—8　滋賀県宮町遺跡年輪年代測定結果 ……105
Ⅴ—9　奈良県四条古墳年輪年代測定結果 ……109
Ⅴ—10　奈良県小墓古墳年輪年代測定結果 ……109
Ⅴ—11　奈良県法華寺下層遺跡年輪年代測定結果 ……110
Ⅴ—12　広島県草戸千軒町遺跡年輪年代測定結果 ……113
Ⅴ—13　香川県下川津遺跡年輪年代測定結果 ……113
Ⅴ—14　重要文化財波宇志別神社年輪年代測定結果 ……115

V—15　重要文化財伽耶院年輪年代測定結果 ……116
V—16　重要文化財大直祢子神社年輪年代測定結果 ……119
V—17　重要文化財宝幢寺年輪年代測定結果 ……119
V—18　京都府某寺所蔵漆塗曲物容器年輪年代測定結果 ……121
V—19　奈良県法隆寺所蔵百万塔年輪年代測定結果 ……121
V—20　国宝東大寺金剛力士立像年輪年代測定結果 ……123
V—21　山口県岩崎寺阿弥陀如来坐像年輪年代測定結果 ……123
V—22　山口県法光寺阿弥陀如来坐像年輪年代測定結果 ……124
VI— 1　1813年から1982年までの170年間の4月から9月の総降雨日数 ……138–139
VI— 2　推定降雨日数と実降雨日数との2乗誤差 ……146
VI— 3　推定降雨日数と実降雨日数との2乗誤差 ……150

凡　例

1　古年輪学は新しい研究分野であり、これまでにない新しい用語を作成、使用する必要があった。それらについては、それぞれ初出した個所で説明しているが、Ⅱ章の冒頭でもまとめて概略を述べておいた。

1　日本産樹種の学名は北村四郎・村田源の『原色日本植物図鑑』（『木本編Ⅱ』1979）によっている。また、針葉樹の分布については、林弥栄『日本産針葉樹の分類と分布』（1960）を参考にした。

1　本書の作成にあたっては、Ⅰ章では田中琢が、Ⅱ～Ⅳ章では光谷拓実が、Ⅴ章では田中と光谷とが、Ⅵ章では京都大学防災研究所の佐藤忠信と八嶋厚とが、Ⅶ章では田中が、それぞれ原稿の執筆を分担し、全体を田中が調整し、編集した。

1　英文レジメの翻訳はハーヴァード大学の佐々木憲一氏にお願いした。多忙のなか、ご協力いただいたことに感謝する。

1　本書で報告した調査研究を進めるにあたっては、多くのかたがたや諸機関の絶大なご支援をいただいた。

現生木試料関係：青森営林局、横浜営林署、大畑営林署、川内営林署、増川営林署、今別営林署、金木営林署、乙供営林署、三本木営林署、秋田営林局、藤里営林署、秋田営林署、能代営林署、川井営林署、長野営林局、上松営林署、玉滝営林署、名古屋営林支局、付知営林署、小坂営林署、尾鷲営林署、高知営林局、魚梁瀬営林署、下屋久営林署、日光東照宮、高野山金剛峯寺などの諸機関

出土品等試料・各種情報関係：岩手県立埋蔵文化財センター、宮城県多賀城跡調査研究所、仙台市教育委員会、秋田県教育庁払田柵跡調査事務所、二ツ井町役場、大森町教育委員会、酒田市教育委員会、真室川町立歴史民俗資料館、福島県教育委員会、大平町教育委員会、東京都教育庁、葛飾区教育委員会、小矢部市教育委員会、能都町教育委員会、福井県立朝倉氏遺跡資料館、松本市教育委員会、長野県飯田図書館、駒ケ根市誌編纂室、静岡県埋蔵文化財調査研究所、静岡市登呂博物館、裾野市富士山資料館、韮山町教育委員会、愛知県埋蔵文化財センター、三重県教育委員会、滋賀県教育委員会、滋賀県立近江風土記の丘資料館、信楽町教育委員会、京都大学文学部考古学研究室、京都府埋蔵文化財調査研究センター、京都市埋蔵文化財研究所、大阪府教育委員会、大阪埋蔵文化財センター、羽

曳野市教育委員会、四條畷市教育委員会、兵庫県教育委員会、奈良県教育委員会、奈良県立橿原考古学研究所、奈良市教育委員会、橿原市教育委員会、桜井市教育委員会、和歌山県教育委員会、鳥取県埋蔵文化財センター、米子市教育委員会、島根県教育委員会、広島県草戸千軒町遺跡調査研究所、山口県教育委員会、徳地町教育委員会、香川県教育委員会、高知県教育委員会、福岡県九州歴史資料館、福岡市教育委員会、東大寺、法隆寺、大安寺、法起寺、誉田八幡宮、岩崎寺、法光寺、月輪寺、皇徳寺、美術院国宝修理事務所などの諸機関

阿部謙三、天野正幸、泉武、伊藤延男、岩見誠夫、牛嶋茂、大友千之、岡田文男、小野忍、小野山節、包国征治、梶谷亮治、菊竹淳一、木越邦彦、木村浩二、栗野克巳、小池宏、河野正、古城泰、小林達朗、昆慶一、西藤清秀、斉藤章一郎、佐々木洋治、佐藤貢、清水真一、M=シュターン=清水、須崎陽子、鈴木丙馬、高橋宏明、高橋与右エ門、高橋美久二、田端忍、佃幹夫、寺岡義治、中川隆、中西盛士、錦織亮介、西田禎利、萩原儀征、原田文男、平田寛、樋口隆康、藤原武二、舟木義勝、本藤敏夫、三浦定俊、宮腰健二、村上章、山川清水、吉積久年などのかたがた

さらに、奈良国立文化財研究所の同僚諸氏をはじめ、お名前を書きもらしたであろう多くのかたがたのご理解とご支援とご教示があった。それらがここに報告した新しい分野におけるわれわれの研究を可能にしてくれた、と痛切に感じている。

これらの諸機関、諸氏に心からお礼を申しあげる。

1　標準パターン、とくに暦年標準パターンは、本書で報告しているように、一定の段階で完成する性格のものではなく、たえず補強延長作業を続行している。また、その数値情報はあまりにも厖大なものである。したがって、今回の報告では、暦年標準パターンをはじめ、年輪幅の数値データは掲載しなかった。それぞれの研究を進めるうえで必要とされる向きは、お申し出いただければ、必要なものを提供する用意がある。

年輪に歴史を読む

—日本における古年輪学の成立—

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っ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、さまざまの動物の歯や牙、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ってあらわれている。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。

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、つくりだす細胞も偏平で小さく、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、幅が広かったり、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の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の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

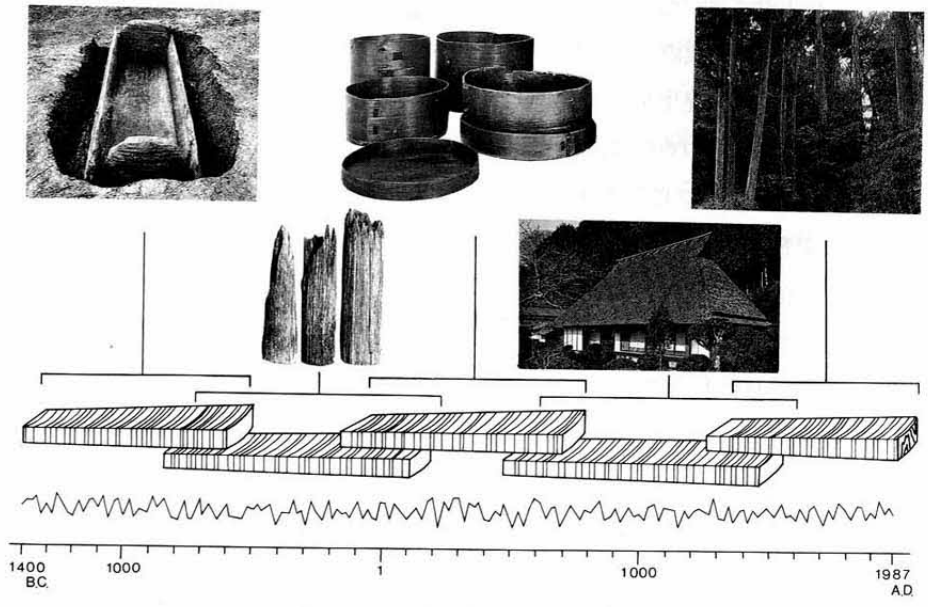
るいはそれを使用した建造物や出土した遺跡が暦のうえで何年になるのか、それを考える有力な手がかりが得られたことになる。年代を推定すること、あるいは年代を決めること、それは歴史の研究の第1段階の作業である。さらにまた、年輪気象法によって過去の気候が復原できれば、そのことも大きな歴史研究の情報になる。まさしく古年輪学では、年輪に歴史を読むのである。

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、といってよい。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ったり、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つ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

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、そこで重なるとみてよい。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。かっ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。樹木として生え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で関心をいだく。年輪幅の狭いところをみると、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

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ッ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。

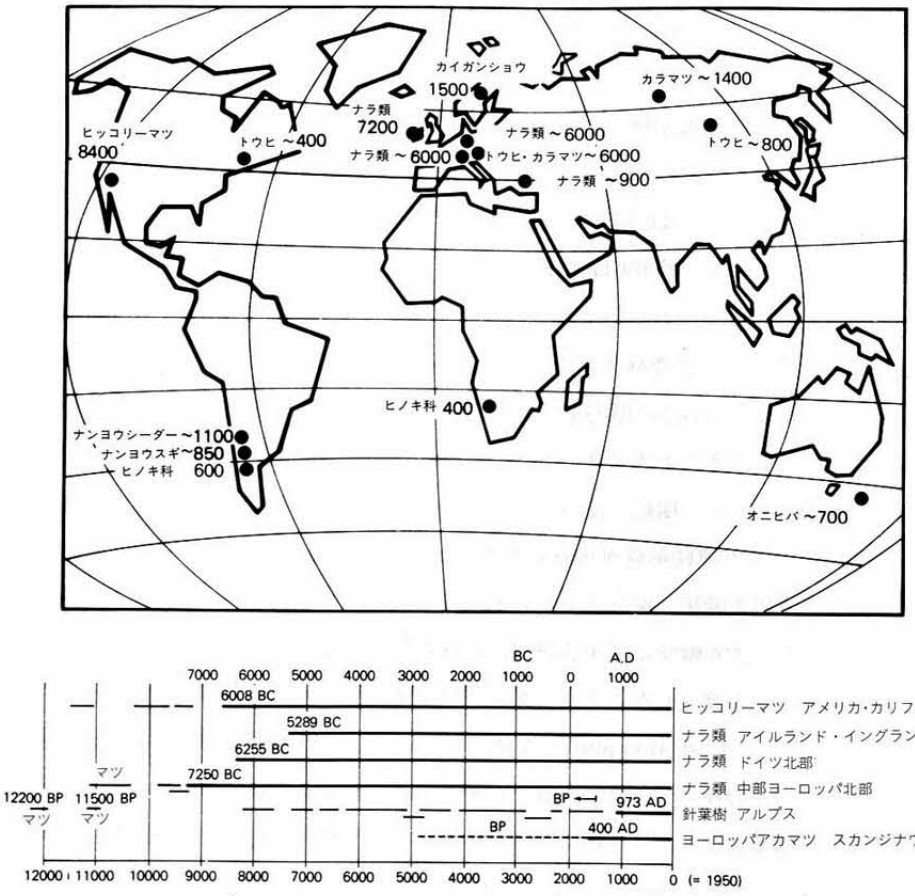
1911年、ダグラスは50マイル離れた2本の樹木の年輪の幅がほぼ同じように変動していることをつきとめた。年輪年代法の端緒になる大発見だった。研究の対象も、イエローパインだけでなく、セコイアやその他の針葉樹にもおよんでいく。1914年には、遺跡から出土する木材の年代推定をはじめている。最初は比較的年代の新しいものをとりあげていたが、しだいに古い時代の遺跡のものを調査する。そのなかには、1922年にニューメキシコのアズテック遺跡から出土した材の139層分の年輪計測値とその南約50マイルにあるプェブロ=ボニト遺跡出土材との照合に成功し、後者が39年古いことを確認し、それによって314層分の年輪パター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プ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くなっているか、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



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=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パジルク古墳群の木槨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槨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「此の杉の木の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］。

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「東亜諸勢力の興亡盛衰」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「径四尺に余まり樹齢一千五十余年」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、樹齢約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糎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、木曽ヒノキの著名な年輪幅計測値がある。岐阜県側の裏木曽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点にのぼる厖大な試料を採取し、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しだいに精緻になり、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

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、かっ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、かっ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。木曽ヒノキの山沢年輪データを参考に気象の700年周期変動をとなえた西岡秀雄や、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」するとみて「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

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にとどまり、「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］。

II　古年輪学研究の試料と方法

A　試料と計測

1　試料の種類

古年輪学研究においてわれわれが使用した試料は、天然林、建物、美術工芸品、遺跡出土品から選びだしたものである。天然林では、伐採年の判明している現生木である。人工林を避けて天然林のものを採用したのは、人工林の樹木の年輪幅の変動には人為的な要因が働いている可能性があるのではないか、その点を考慮すると、研究開始期としては、そのような要因をひとまず排除しておくほうが好ましい、と考えたからである。建物では、解体修理工事の際に再使用が不能で廃材とされた部材がほとんどである。美術工芸品では、仏像やその他各種の木製工芸品があり、遺跡出土品では、多種多様の木製遺物であるが、製品名でいえば、掘立柱、井戸枠、曲物容器、折敷などが多い。樹種は、針葉樹では、ヒノキ（ヒノキ属）*Chamaecyparis obtusa* Endl.、サワラ（ヒノキ属）*Chamaecyparis pisifera* Endl.、アスナロ（アスナロ属）*Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.、ヒノキアスナロ（アスナロ属）*Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc. var. *Hondai* Makino、クロベ（クロベ属）*Thuja Standishii* Carr.、ツガ（ツガ属）*Tsuga Sieboldii* Carr.、スギ（スギ属）*Cryptomeria japonica* D.Don、コウヤマキ（コウヤマキ属）*Sciadopitys verticillata* Sieb. et Zucc.があり、広葉樹はミズナラ（コナラ属）*Quercus mongolica* Fischer ex T. var. grosseserrata (B1.) Rehd.et Wils.、ブナ（ブナ属）*Fagus crenata* Bl. がある。

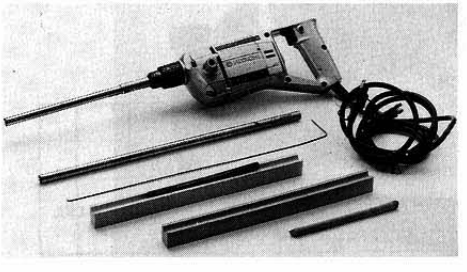
古年輪学は日本では新しい研究分野である。そこで使用する用語も新しいものを採用することになる。ここではそれらの用語をまとめて説明しておきたい。年輪幅の計測値を年輪幅数値データ、略して**年輪データ**と呼び、それを経年的に連続したものを年輪幅変動パターン、略して**年輪パターン**と呼ぶ。横軸に年輪形成年、縦軸に年輪幅をとって年輪パターンをグラフ化したものを**年輪パターングラフ**とする。1点の試料の年輪パターンが**試料パターン**である。複数の試料について、同一年にあたる年輪幅データを平均し、その平均値で作成した変動パターンが**平均値パターン**である。似かよった年輪幅変動をしめす試料15点以上から作成し、他の平均値パターンないし試料パターンと比較対照するときに標準とすることのできる平均値パターンを標準年輪幅変動平均値パターン、略して**標準パター**

ンと呼ぶこととする。標準パターンを構成している年輪幅データの実年代が確定しているものが**暦年標準パターン**である。暦年が確定していない状況を「**遊離している**」と呼び、そのような標準パターンを**遊離している標準パターン**または**遊離標準パターン**とする。複数の年輪パターン、たとえば、標準パターンと試料パターンを相互に比較することを「**照合する**」といい、その結果、同一年に形成された年輪部分を２組のパターンのあいだで検出できた状況を「**照合が成立した**」という。複数の年輪パターンを通じて前年から次年にかけて年輪幅が増大したり、あるいは減少したり、同じ変動をしめしている部分が**指標年輪部**である。伐採、あるいは枯死した樹木が最後に形成した年輪は**最終形成年輪**であって、建物部材や遺跡出土品など、加工材からなる試料のなかに残っている年輪のうちで、最も新しいものを**残存最外年輪**と呼ぶこととする。なお、年輪を数える単位は**層**とした。

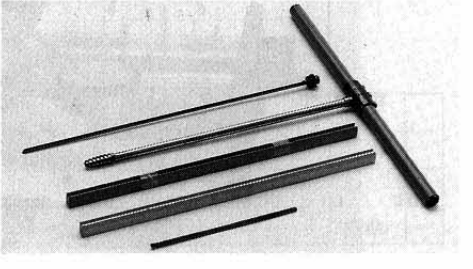
2　標本の採取と調整

年輪の幅は、試料から直接計測する場合と試料から採取した標本で計測する場合とがある。天然林の現生木については、円盤状輪切り標本、略して円盤標本の入手に努め、それを計測した。円盤標本を採取する位置は、地上高３ｍないし５ｍの高さを原則とし、切り株部分などは避けた。Ⅲ章Ａ－４でみるように、根張りによって生じた不整形な年輪を避けるためである。建物部材では、試料となる部材から直接計測することが多いが、柱などの大形品については、適当な厚さの円盤標本を作成したり、アメリカ製標本抜きとり器（図Ⅱ－１）で直径１㎝の棒状標本を採取した。遺跡出土品も試料から直接計測することが多いが、不可能な場合には、湿潤な状況で保存されていたものはスウェーデン製の生長錐（図Ⅱ－２）で、乾燥状況にあるものは標本抜きとり器で棒状標本を作成した。棒状標本は放置すれば、乾燥して収縮する。変形を避けるため、木製標本台を作成、その上面に棒状標本の直径にあわせた溝を彫り、そのなかに固定保存して年輪幅計測に備えた。

採取した標本は、そのままでは年輪境界の判別が困難なものが多い。そのようなものは、計測部分を調整加工する必要がある。円盤標本では、表面を木工用サンダーで研磨



図Ⅱ－１　標本抜きとり器と試料台



図Ⅱ－２　生長錐と試料台

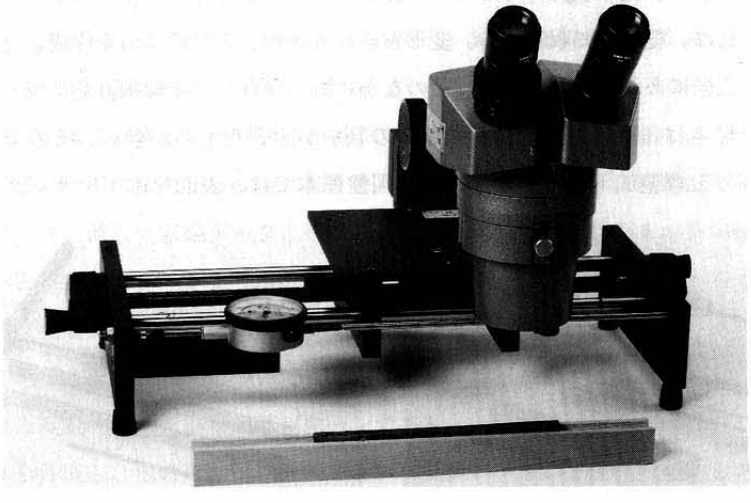
し、さらに測線部分にそって表面をカッターナイフなどの鋭利な刃物で薄く削る。この削った面に白色ワセリンを塗布すると、観察計測がさらに容易になる。棒状標本についても、同じように、鋭利な刃物で薄く削り、白色ワセリンを塗布して、計測面を調整する。遺跡出土試料では、埋没中に著しく変色し、年輪境界が不鮮明になったものが多い。これを鋭利な刃物で表面を削り、そのうえに白色チョーク粉末や胡粉を塗布すると、年輪境界が明瞭となり、計測が容易になることがある。

美術工芸品では、標本の採取が不可能なものがほとんどである。それらについては、ほとんどが年輪幅を観察できる部位で直接計測することになる。

3　年輪幅の計測

年輪幅の計測には、アメリカのフレッド・ヘンソン社製の年輪読みとり器（図Ⅱ－3）を使用した。双眼実体顕微鏡付きで、0.01㎜まで計測可能である。したがって、今回の研究における最小の年輪幅計測値は0.01㎜が単位となっている。

棒状標本では、計測の測線は1本に限られる。しかし、円盤標本では、放射状に多くの測線を設定することが可能であり、樹心から放射状に2ないし4方向に測線を設定、計測することを原則とした。同じ年に形成された年輪でも、その方向によって広狭が生じていることが少なくない。たとえ広狭の差があっても、その前後の年の年輪幅とくらべて、相対的に広いか狭いか、そのいずれかであれば、問題は少ない。しかし、同じ層の年輪でも、ある方向の測線で計測すると、前年より狭く、別の方向で計測すると、逆転して前年より広くなっているようなことがある。こうした逆転現象を消去するためにも、複数の測



図Ⅱ－3　年輪読みとり器

線を設定したのである。この同一層の年輪幅の複数の計測値を平均し、その標本のその層の年輪データとした。年輪幅は、この設定した測線にそって、最外年輪から樹心に向かって読みとる。なお、測線方向による年輪幅の類似度については、Ⅲ章A－2で検討する。

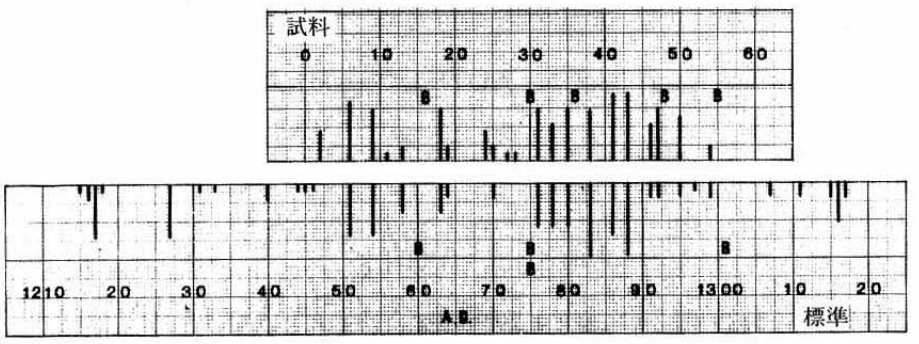
年輪には偽年輪や不連続年輪がある。年輪は1年に1層形成するのが原則だが、その1層の年輪のなかに年輪に似た境界ようのものが別に発生していることがある。偽年輪である。これを正常な年輪と誤って読みとると、年輪層数が1層分増加することになる。偽年輪は読みとり中に判別できることが多いが、判定困難なものは、その個所から切片を採取し、生物用顕微鏡で検鏡し、明瞭な年輪界の有無を確認すれば、判定できる。不連続年輪は、樹木の全周をめぐらず、一部分で途切れている年輪である。その途切れた部分に測線を設定すれば、1層分の年輪が消失した結果となる。この不連続年輪はごく稀にしかみられないが、円盤標本であれば、測線を2方向以上設定することによって検証できる。しかし、棒状標本や試料から直接計測する場合には、検証不可能なことになる。

B　年輪パターンの照合

1　年輪パターングラフの作成

古年輪学、とくに年輪年代法に関連する研究では、ほとんどの段階で複数の試料の年輪データを比較対照する操作を必要とする。この比較の方法としては、年輪幅の変動状況を肉眼で観察する場合と年輪幅の数値データを統計的手法で処理する場合とがある。肉眼で視覚的に確認するためには、経年的グラフとして年輪データを表現することになる。それには、スケルトン=プロット法や片対数グラフに計測数値を記入する方法がある。

スケルトン=プロット法（図Ⅱ－4）は、アメリカのダグラスたちのグループが開発した方法である。まず、グラフ用紙の横軸方向に等間隔で年輪1層分をとる。つぎに、隣合った前後の層の年輪幅を順次比較し、狭い年輪幅のものに着目、摘出する。それを該当



図Ⅱ－4　スケルトン=プロット法による年輪パターンの照合（Glock 1937から）

年の位置に縦棒で記入する。通常の年輪幅と判断したものはいっさい表現しない。ただし、広い年輪は大文字のBを記入する。縦棒の長さは、1試料のなかで最も狭い幅の年輪を通常は2cmで標示し、やや狭い程度のものはそれより短くする。摘出した狭い幅の年輪を逆対数で標示する、という方法である。こうして作成した棒グラフを棒の長さとその出現位置によって、年輪パターンを比較することになる〔Stokes *et al.* 1968〕。

ダグラスが年輪研究を開始し、このスケルトン=プロット法が開発されたのは、アメリカ南西部の半乾燥地帯である。この地帯では、樹木の年輪幅を決定するおもな気候因子は、降水量であり、異常な干魃の年に形成された年輪には、どの樹木でも一様に狭くなる傾向がある。スケルトン=プロット法は、こうした生育の悪い年輪に着目し、それが出現する特徴的な変動パターンを対比する簡便な方法である。アリゾナ大学年輪研究所やそのほかの多くのアメリカの研究者は、コンピュータが発達した現在でも、この方法を採用し、年輪パターンの照合や偽年輪や不連続年輪の発見に役立てている。しかし、ヨーロッパの研究者はこれを採用しなかった。異なったヨーロッパの気候条件の樹木では不適切な方法とみたのだ。さらに、この方法によってグラフを作成するには、年輪を観察するうえで一定の熟練が必要だし、作成したグラフに個々の作成者の判断が反映しなくもない。したがって、アメリカ以外では、ほとんど採用されていない。

片対数グラフを使用して年輪幅を記入する方法は、ヨーロッパの年輪年代法の研究者のあいだで広くおこなわれている。この方法では、片対数グラフ用紙の均等目盛りの横軸に通常5mm間隔で年輪形成年をとり、対数目盛りになった縦軸に年輪幅の測定値をとってつないでいく。この方法では、年輪幅をあらわすのに対数目盛りを使用するから、年輪幅の広狭が相対的に誇張して表現できるところが特徴になる。したがって、年輪幅の微細な変化が比較しやすくなる。さらに、スケルトン=プロット法と違って、グラフ作成者の熟練や判断が反映することがない。われわれは、アリゾナよりヨーロッパに近い日本の気候条件も考慮にいれて、この方法を採用している。なお、このグラフには、年輪幅の測定値の生データをそのまま記入するのであり、つぎに述べるような規準化の処理をしたものではない。年輪パターングラフ用紙には、透視台の上で重ねあわせて目視で比較するのが普通だから、その便を考えて、トレーシングペーパー製品を使用している。また、グラフはコンピュータで描画している。

目視によって年輪パターングラフを比較するとき、最も大きな手がかりになるのは、指標年輪部である。指標年輪部は、標準パターンの作成過程で摘出するのが普通だから、つぎの標準パターンの作成手順のあとで説明する。

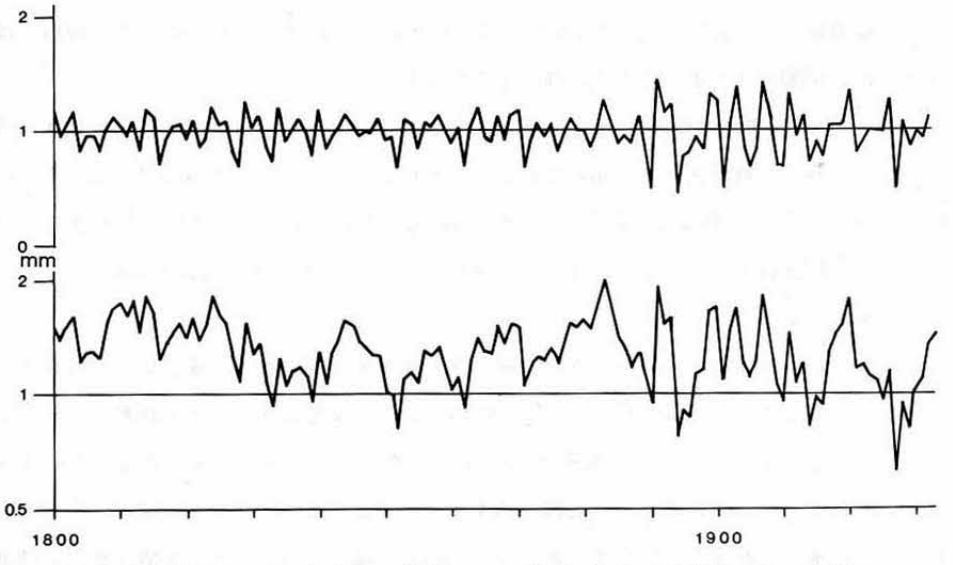
2　数値データによる年輪パターンの照合

年輪幅の数値データを統計的に処理し、それによって年輪パターンを比較する場合、年輪幅を計測して得られたデータをそのまま使用するのではなく、一定の補正をくわえることになる。樹木の年輪幅は、同じ年に形成されたものであっても、樹齢や生育環境条件などが違うと、個体間で差が発生する。この差がとくに強く現れた個体や部位では、生のデータそのままでは別の試料データと比較することが困難になることがある。この樹木の個体や部位のあいだに生じている差を除去し、年輪データを比較しやすくするために、年輪データを補正することになる。このデータ処理が規準化 standardization である。欧米においては、この規準化には、多項式法、指数式法、移動平均法、スプライン関数などの傾向線をあてはめる方法などを用いている〔Baillie *et al.* 1973、Fritts 1976、Cook *et al.* 1981、堀場1980〕。われわれはこの規準化処理にヨーロッパの研究で最も広く採用されている5年移動平均法を採用している（図Ⅱ－5）。

5年移動平均法による年輪データの規準化は、つぎのようにおこなう。年輪データを $x(i)$ ($i=1$、2、3、……N)（$i=1$は樹心部から樹皮部にむかって第1番目の年輪データ、$i=N$ は最外年輪データである）として、次式によって $z(i)$ を算定する。

$$z(i)=5x(i+2)/\{x(i)+x(i+1)+x(i+2)+x(i+3)+x(i+4)\}\times 100 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

算定結果の $z(i)$ は、ある層の年輪幅計測データである $x(i+2)$ と、その年輪を中心



図Ⅱ－5　基準化したデータ（上）と基準化しないデータ（下）による年輪パターングラフ
（高知魚梁瀬ヒノキ試料による）

とした前後各2層、あわせて5層分の年輪幅計測データの平均値との百分比になる。この移動平均値は自然対数に変換しておく。

年輪年代法が成立するには、一定の地域のなかで生長した樹木の年輪パターンが相互に類似していることが前提になる。また、異なった試料相互の年輪パターンの関係を知るためにも、そのあいだの類似の程度を算定する必要がある。あるいは、作成した標準パターンと試料パターンを照合するときにも同じように類似の程度を知ることが必要である。

2点の試料の2組の年輪パターンのあいだの類似の程度は、(1) 式による規準化ずみ年輪データ対数変換値を用いて、次式で定義される相関係数 r によって測定する。

$$r=(\Sigma x_i y_i - N\bar{x}\bar{y}) \Big/ \sqrt{(\Sigma_i x_i^2 - N\bar{x}^2)(\Sigma_i y_i^2 - N\bar{y}^2)} \quad \cdots\cdots (2)$$

x、y はさきの規準化処理によって求めた値の対数変換した値であり、$\bar{x}$、$\bar{y}$ は x_i、y_i のそれぞれすべての値の平均値、N はデータ点数、ここでは計測年輪数である。2点の試料の年輪データが一直線上に並ぶものであれば、$r=1$ または $r=-1$ となるし、一方、年輪データが直線上からはずれてばらつくにしたがって、r は0に近づく。ついで、(2) 式で求めた相関係数 r の有意性の判定は次式による t 分布検定による。

$$t_0=|r|\sqrt{(N-2) \Big/ (1-r^2)} \quad \cdots\cdots (3)$$

r は (2) 式による相関係数、N はデータ点数である。求めた t_0 は自由度 $(N-2)$ の t 分布にしたがうから、帰無仮説を検定するのには、t 分布表より適当な有意水準 α における t の限界値 t_α を求め、これを基準にして、$t_0>t_\alpha$ であればその有意水準で帰無仮説は棄却され、相関があるという対立仮説の採択ができる。

この (3) 式によって得られた t_0 (以下 t 値とする) は、その値が大きければ大きいほど2つの試料の年輪パターンの類似度が高いことになる。ヨーロッパにおける年輪年代法研究では、自由度が60以上の場合、t 値が3.5以上になれば、2つの試料の年輪データのあいだに相関関係がある、とみなすのが一般的である。このときの危険率は0.1%である〔Baillie. 1982〕。

今回のわれわれの研究においても、年輪パターンを相互に比較する場合、自由度をすべて60以上に設定し、危険率0.1%の t 値、すなわち3.5と算定した t 値とを比較することとした。これまたヨーロッパの研究者が広く採用しているのと同じ手法である。ヨーロッパ、とくにドイツの研究者と意見交換の結果、この手法が日本の年輪年代法においても有効なことを確認したうえで、日本における調査研究成果が国際的に同じ土俵で検討、認知されることを望んだからである。

年輪幅計測から年輪パターンの照合までのこの一連の作業のうち、計測データの記録や規準化処理からはじまって照合のための t 値の算定までは、コンピュータ作業によっている。ここでは、同じ1986年秋に伐採したことが判明している試料2点の計測データのあいだの t 検定のコンピュータ出力結果（表Ⅱ－1）によって、この作業過程を説明しておこう。

この2点の試料は樹皮から樹心まで完存している現生木の円盤標本である。年輪データはそれぞれ樹心から樹皮方向に設定した複数の測線にそって計測したものの平均値である。まず、このうち、樹心から樹皮の下の最終形成年輪まで連続する200層からなる試料№1の年輪データの規準化値を基準とする。この1組の年輪データ規準化値と97層からなる試料№2の年輪データ規準化値を比較することになる。まず試料№2の最終形成年輪から樹心方向へむかって連続する15層、いいかえると1986年の年輪から1986－14＝1972年に形成された年輪までの年輪データ規準化値に対して、試料№1の樹心の年輪から外方へ連続する15層分、すなわち1986－199＝1787年に形成された年輪から1787＋14＝1801年までの年輪データ規準化値と重ねあわせ、その位置における相関係数 r を求め、t 検定をおこなう。つぎに、年輪データ規準化値を外方向へ1層分ずつずらし、試料№2の1986年から1971年までの16層の年輪データ規準化値と試料№1の16層分の1787年から1802年までのものを重ねあわせた位置で相関係数 r を算定、t 検定をおこなう。この1層ずつずらしながら算定、検定する作業をくりかえす。表Ⅱ－1には、この1連の操作の最後の部分をしめしたが、左の数字は照合を開始した試料№1の年輪の形成年で、1層ずつずらしたときの t 値が9層分ずつ記入してある。最後の2061＋7の数値は、試料№1の最外年輪から樹心方向に連続する15層分と、試料№2の樹心部分の15層分とを重複比較したことをしめしている。この t 検定の結果をみると、t 値が3.5以上になるのは1か所のみであり、試料№1の1981＋5＝1986年を末端として両試料の年輪データ規準化値を比較したところである。いうまでもなく、このときの試料№2の先端は1986年の年輪データ規準化値である。その t 値は6.75と高い。この両試料が1986年秋に伐採された事実とこの照合結果は完全に一致する。伐採年のわからない試料の場合もまったく同じ操作をくりかえすことになる。

年輪パターンの照合基準としては3.5以上の t 値を考えた。この事例では、それが3.5以上になった位置は1か所のみであり、その位置の t 値は6.75と高かった。しかし、年代不明の試料の年輪パターンを比較する場合、t 値が3.5以上になる個所が1か所以上になる事例はごく普通である。そのなかのいずれの t 値の位置で2組の年輪パターンのあいだに正しい照合が成立しているのか。最も高い t 値になるところなのだろうか。われわれは、このコンピュータによる操作の段階で t 値が3.5以上になったところをすべて検出し、そ

年代	＋0	＋1	＋2	＋3	＋4	＋5	＋6	＋7	＋8	＋9
1801	0.86	0	0.25	0.54	0	1.11	1.59	0	1.27	0
1811	0	1.42	0.57	0	1.21	0	0	1.3	0	1.28
1821	0.87	0	0	0	0	0.5	0.59	0	0.14	0
1831	0	0.28	1.31	0.42	0	0.1	0	1.06	0	0
1841	1.77	0	0	0.31	0.34	0.31	0.3	0	1.65	2.51
1851	0	0.05	0	0	1.2	0	0.16	0.99	0	1.36
1861	0.87	0	0.41	0	0	0.67	0.19	1.36	0	0.03
1871	0.42	0	0	0	2.07	0.79	0	0.83	0.84	0
1881	0.88	1.52	0	2.32	0	0	1.19	0	1.65	0.85
1891	0	0.81	0	0	0.84	0	0	3.41	0	0.06
1901	0.12	0	2.17	0.93	0	0.09	0	0.2	0.43	0
1911	0.56	1.02	0	1.28	0	0	0.67	0.46	0.95	0
1921	0	0.17	2.66	0.96	0	0	1.45	0.17	0	0
1931	0.76	0.88	1.11	0	0.06	0	1.63	0	0.71	0
1941	0	0.26	0.35	0.66	0.55	0	0	1.09	0	0
1951	0.44	0.62	0.6	0	0	2.25	1.9	0	0	0
1961	0.13	1.05	0	0	2.21	0.38	0.03	0	0	1.76
1971	0	0	1.02	0	0	0	0	0.86	0	0
1981	1.59	0.89	0	0	0	6.75	0	0	1	0.12
1991	0	0.37	0	0.98	0.42	0	0	0	1.58	1.35
2001	0	0.8	0.17	0	1.11	0	0	1.9	0	0
2011	1.48	0	0	0.63	0	0.25	0	0	1.02	0.26
2021	0.02	0	0	1.34	2.95	0	0.01	1.4	0	0
2031	0.03	0	1.47	0.96	0	0.13	0.66	0	0	0.31
2041	1.35	0	0.09	1.13	0	0	0.01	0.44	0	0.66
2051	0	0	0	0	2.74	0	0.03	0	0.34	0
2061	0	0.3	0.97	0	0	0.98	0	0	0	0

表Ⅱ－1　2組の年輪パターン照合における t 値

れを参考にして、年輪パターングラフを目視によって比較することにしている。この2つの手法の結果を綜合し、最後の結論をだすのだ。t 値はあくまで照合の1つの手がかりとみなしているのである。

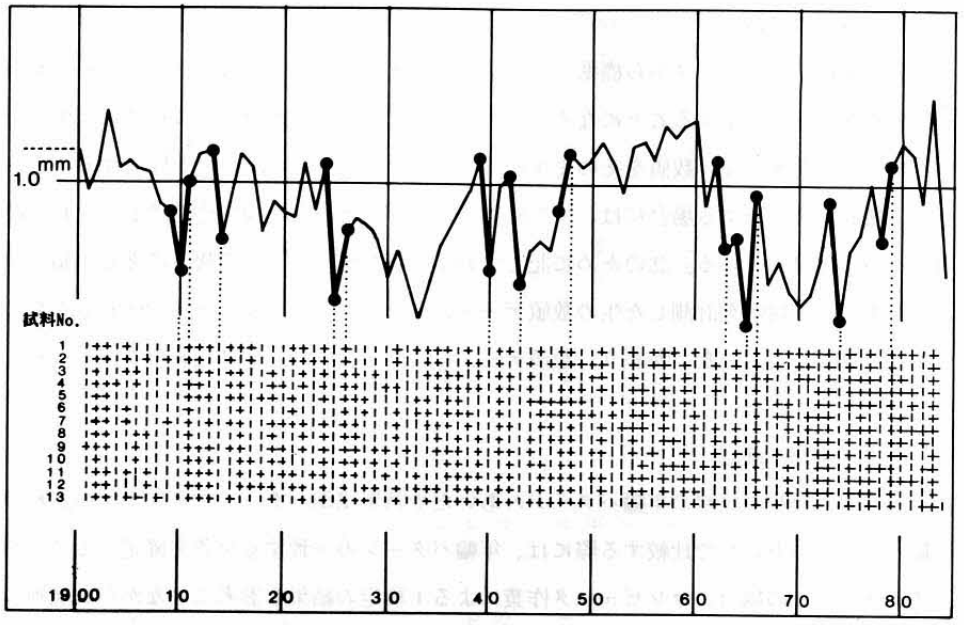
多数の試料の年輪データから標準パターンを作成する場合などでは、まず生データから平均値パターンを作成することになる。この平均値パターンをグラフによって目視で比較するには、規準化しない数値をそのまま使って平均値パターンのグラフを作成する。この点は、統計的に処理する場合には、平均値からなる年輪データを規準化処理し、それを使用するのとは違っている。念のために記しておく。したがって、この報告にある年輪グラフも、すべて年輪幅を計測した生の数値データ、またはその平均値データで作成したものである。また、特記しないかぎり、数値データによる照合では、規準化値によっている。

3　指標年輪部の確認

年代不明の複数の試料の年輪パターンのあいだや暦年標準パターンと年代不明の試料の年輪パターンのあいだで比較する際には、年輪パターンの一致する位置を確定することが目標になる。この場合、コンピュータ作業によるt検定の結果を参考にしながら、試料の年輪パターンの重複状況を目視で確認する。この目視による確認では、2組の年輪パターングラフを透視台の上に重ねあわせて観察する。この重ねあわせ作業で手がかりとするのが指標年輪部である。

指標年輪部 signature とは、照合が成立した複数試料を通じて同じ変動傾向をしめす年輪部分、いいかえると、ある層の年輪データに対して次の層のものが同じように大きい数値をしめしたり、逆に小さかったりしている部分である。この次の層の年輪は、年輪形成に対する外的条件の影響が樹木の個体の内的条件によって発生する差異などを完全に消去するほど強かった年に形成されたものであろう。この指標年輪部は多くの試料の年輪パターンに共通して出現するものであるから、新しく照合する試料の年輪パターンにも出現している可能性は高い。したがって、年輪パターングラフを目視で比較対照するときには、まず、それまでに確認した指標年輪部が新しい試料パターンのどの位置に出現しているか、それがうまく合致するか、この検討をくりかえすことになる。

指標年輪部は、当然1組の年輪パターンでは確認できない。複数の年輪パターンを比較する過程で確認できるものである。通常は、標準パターンを作成するときに検出している。その検出方法を13点の試料の年輪データの1901年から1983年までの部分で説明しておこう（図Ⅱ－6）。この図の下半には、次年に形成された年輪幅が前年の年輪幅より広いときには＋記号で、逆の場合は－記号を記入した。これをみると、13点の試料すべてにつ



図II－6　指標年輪部（太線）とその検出方法

いて同じ記号になっている部分がある。これが指標年輪部である。この事例では、＋の傾向をしめした指標年輪部は5か所、－の傾向を示した指標年輪部は8か所検出できたことになる。上半の年輪変動パターングラフでは、これら指標年輪部の線分を太線で記入している。

ヨーロッパにおける年輪年代法の研究では、ヒューバが全試料の75%以上で共通した変動をしめす年輪部分を指標年輪部とすることを提案している〔Baillie 1982〕。今回のわれわれの研究では、15点以上の現生木試料のうちで90%以上についてこの種の変動が確認できるものを指標年輪部として特定することにしている。

なお、指標年輪部は、たとえば、1909－0、あるいは1978＋9と標記する。前者は1910年の年輪幅が前年の1909年のものより狭くなっている指標年輪部であり、後者は1979年の年輪幅が1978年のものより広い指標年輪部であることをあらわしている。

指標年輪部は年輪パターン照合の基準になるだけではない。年輪形成の外的要因、おそらく強力な気候の要因が多くの樹木の年輪に共通する変動をもたらし、それをわれわれが指標年輪部として認識できるのであろう。その要因を解明することは、年輪気象法の研究につながる結果をもたらすことが予想できる。

Ⅲ　現生木による年輪年代法の基礎的検討

A　ヒノキの現生木による年輪パターンの特性の検討

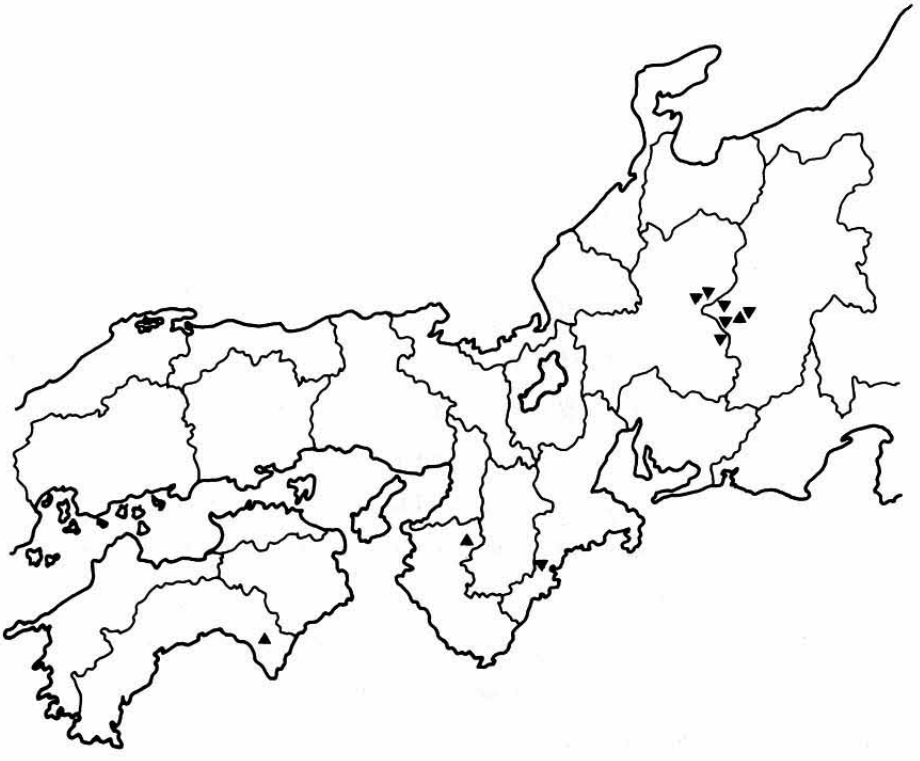
1　ヒノキの標本の採取

暦年標準パターンの作成は古年輪学研究の第1目標となる。その最初の段階では、伐採年の判明している現生木の標本を多数集め、その年輪パターンから標準パターンを作成するのが普通だ。標準パターンは、個体的な特徴を強く備えているものや特殊な変異をしめす部位の年輪データはできるかぎり排除し、安定した成長をしめす樹木や部位の年輪データによって作成することが望ましい。さらに、年輪パターンの照合作業が可能な樹種や試料はどのようなものか、年輪年代法の可能性と限界を知るために、年輪パターンの特性に関して、いくつかの基本的な問題をあらかじめ検討しておくことが必要である。

検討材料としては、まずヒノキをとりあげた。ヒノキは日本特産の常緑針葉樹の高木である。その天然の分布は、南では鹿児島県の屋久島（北緯30度15分）、北では福島県いわき市の赤井岳（北緯37度10分）から信越国境の苗場山（北緯36度50分）が限りとなっている。なかでも、北緯36度線付近に広がる長野県の木曽ヒノキと岐阜県の裏木曽ヒノキは、日本の森林を代表する美林を形成しており、また、紀伊半島中央部の高野山や高知県安芸郡の魚梁瀬山など、北緯34度線付近にもその天然林が残っている。ヒノキは古代から現代まで最も広範に利用されてきた有用樹種であり、建物の部材や遺跡の出土品でもヒノキは多い。

天然に広く分布し、長期にわたって利用されていること、基礎的な開発段階から今後進展が予想される応用研究まで、古年輪学研究の材料として、これらの点はきわめて有利になる。さらにヒノキがその研究に有効な材料になることが確定したとき、基礎的な検討段階で収集した年輪データが、古年輪学、とくに年輪年代法の開発にただちに転用できる。われわれがまずヒノキによって問題の検討を開始した所以である。

ヒノキの研究標本は、人工林を避け、天然林から採取した。人工林を避けたのは、研究の初期の段階では、自然の要因以外の人工的要因による年輪変動の可能性が排除できないからである。標本は、根張りによる不整形な生長部分を避けるために、地上高3m ないし5m の位置で輪切りにした厚さ10cm 前後の円盤形のものが多い。採取した標本は、長野県木曽郡所在の上松営林署管内1か所と王滝営林署管内3か所から計49点、岐阜県恵那郡



図Ⅲ－1　ヒノキの現生木試料の採取地

採取地	県　名	点数	平均年輪数	標準偏差	伐採年
上　松	長　野	20	265	18.4	1981
氷ヶ瀬	長　野	6	231	16.0	1982
小　俣	長　野	5	298	19.2	1982
三　浦	長　野	18	273	28.8	1982,1985
付　知	岐　阜	17	270	66.6	1983,1984
大洞 150	岐　阜	18	248	28.5	1984
大洞 211	岐　阜	11	207	51.8	1984
尾　鷲	三　重	6	242	43.9	1983
高野山	和歌山	2	339	37.4	1979
魚梁瀬	高　知	6	197	19.6	1984,1987

表Ⅲ－1　ヒノキの現生木試料の採取地
大洞150、211は岐阜小坂営林署管内の小林班区番号

にある付知営林署管内1か所と益田郡の小坂営林署管内2か所から計46点、三重県尾鷲市所在の尾鷲営林署管内1か所から6点、和歌山県伊都郡の高野山から2点、高知県安芸郡所在魚梁瀬営林署管内2か所から6点、合計 109点である（表Ⅲ－1、図Ⅲ－1）。長野県、岐阜県、高知県の円盤標本採取地は、海抜高約1200m から1300m のところにある。

2　同一円盤標本における異なった方向の年輪パターン

円盤標本を見る。一見したところ、同じ層の年輪は同じ幅のようだ。しかし、よく見ると、全周にわたって同じように等しく肥大生長しているとは限らないことがわかる。むしろ、同一層の年輪であっても、樹周に沿って見ていくと、年輪幅にかなりの広狭の差がある。そのため、Ⅱ－A－3で述べたように、円盤標本を試料とするときは、樹心から放射状に2～4方向の測線を設定し、それに沿って年輪幅を計測、同一層ごとに平均値を算定し、この平均値をその試料の年輪データとしている。しかし、年輪年代法の試料では、遺跡出土品や建物の部材など、円盤標本が入手できないものが多い。それでは、測線は1方向に限られる。したがって、同一円盤標本における異なった方向の年輪データのあいだで、同一層の年輪幅の広狭の変動に逆転現象が多発するような樹種であれば、年輪年代法の対象としては不利となることが予想される。そこで、円盤標本に数方向の測線を設定し、その計測値にどの程度の逆転現象が認められるか、同一円盤標本における異方向の年輪パターンの類似度はどの程度か、それを検討することにする。

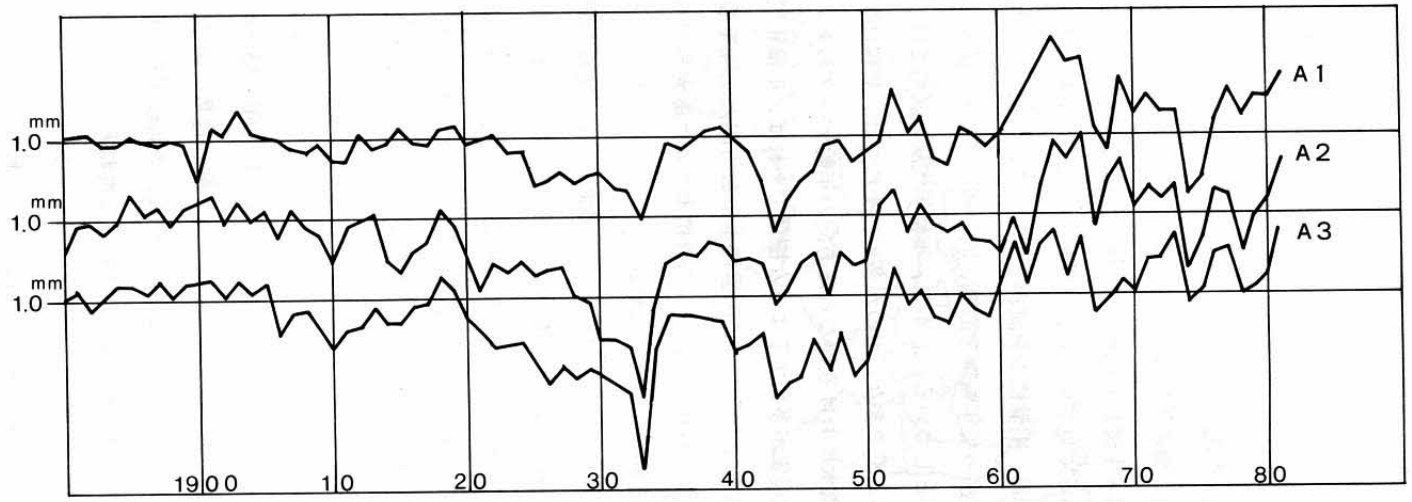
試料は長野三浦産のヒノキの円盤標本2点である。試料№1は、樹齢258年、比較的同心円状に近い生長をしめしており、№2は、樹齢 245年、樹心が円盤の中心をややずれた偏心成長（偏心率6％）したものである。この標本のそれぞれに樹心から円周を3分割する方向に測線 A1、A2、A3と B1、B2、B3とを設定、各測線に沿って年輪幅を計測した。

3方向の測線間の逆転現象については、次式によって同じ変動をしめす部分と逆転した部分との百分比であらわすこととした。

$$a = A / N \times 100 \quad \cdots\cdots (4)$$

N は年輪数（№1－258層、№2－245層）であり、Aは、前年に形成された年輪幅と比較して、増減いずれにせよ、3方向で共通して同じ傾向をしめした年輪の総数である。a はAと N との百分比となり、これを一致率と呼んでおこう。さらに、3測線相互の類似の程度を知るため、3組の年輪パターンの最終形成年輪を基準にして重ねあわせたときの t 値も算定した（表Ⅲ－2）。

この結果をみると、2試料ともに30％強の逆転現象がみられるが、一致率の数値には大差がない。t 値も、試料№1では、3測線ともに差がなく、11以上の値になる。3測線の



図Ⅲ－2　同一円盤標本上の3方向の測線の年輪パターングラフ

試料　No.1		
	A2	A3
A1	12.0（64.1）	11.3（68.9）
A2		11.0（70.4）

試料　No.2		
	B2	B3
B1	16.3（68.5）	11.0（68.1）
B2		11.0（66.4）

表Ⅲ－2　同一円盤標本上の3方向の測線による年輪パターンのあいだの t 値
A1～B3：測線番号　括弧外数字：t 値、括弧内数字：一致率

年輪パターングラフを重ねあわせて目視で検証しても、同じような変動パターンであることが確認できる（図Ⅲ－２）。しかし、くわしくみると、試料№2の測線 B3と測線 B1とB2とのあいだの t 値は測線 B1と B2とのあいだの t 値より低くなっている。測線 B3は、偏心生長している方向に設けたもので、アテ材になった年輪が計測した 245層のうちに50層（20%） 含まれている。しかし、低いといっても、その t 値は、同心円状に生長している試料№1の３測線間の t 値と大差がなく、いずれも11以上の高い t 値となっている。

試料数は十分でないが、以上の検討から、同一円盤標本における各測線の年輪データ、すなわち、１本の樹木の複数の年輪データのあいだには高い相関関係があり、１方向の年輪データをその試料の樹木の年輪データを代表するものとして扱ってもよいであろう。ただし、多くの試料のなかには、ほとんどすべての年輪がアテ材で構成されているものもある。試料№2の測線 B3の結果からすると、アテ材では、同一樹木でも年輪パターンの相関関係が低くなることが十分考えられる。この種のものは、年輪年代法による研究の試料としては不適当である。なお、本章A－４においても、この異なった方向の年輪パターンの問題を樹高位置の異なった標本ごとに再度検討している。

試料No.		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ED1	8.1	5.7	9.4	7.2	7.6	10.4	8.3	7.2	7.8
	ED2	4.5	2.5	4.1	3.4	11.6	6.1	0.6	4.0	3.4
2	ED1		7.7	11.4	7.1	6.3	10.4	11.5	8.5	12.2
	ED2		4.8	8.9	3.5	5.3	6.4	4.9	6.6	4.8
3	ED1			6.0	7.6	4.0	6.7	9.3	8.6	9.3
	ED2			2.9	2.8	1.9	2.9	7.8	8.6	8.8
4	ED1				6.7	6.6	6.6	7.8	6.5	7.1
	ED2				3.7	3.9	4.3	4.4	4.4	2.6
5	ED1					6.2	6.7	8.7	9.7	7.7
	ED2					2.8	2.5	5.3	2.2	4.3
6	ED1						7.2	5.9	6.0	5.0
	ED2						5.8	0.2	4.1	0.5
7	ED1							10.5	8.5	10.3
	ED2							2.3	3.4	2.6
8	ED1								10.4	14.3
	ED2								6.5	9.3
9	ED1									9.8
	ED2									5.3

表Ⅲ－３　樹幹中央部と周辺部の年輪パターンの比較
ED1：老齢部分（周辺部100年分）の年輪
ED2：若齢部分（ED1を除く樹心まで）の年輪

3　樹幹中央部と周辺部の年輪パターン

樹幹の中心部分に近い年輪はその樹木が若齢のころに形成された年輪である。この部分の年輪には、樹木が老齢になって形成された周辺部の年輪にくらべると、樹木の個体的な特徴があらわれることが予想される。個体的な特徴が強くなると、異なった個体のあいだの年輪パターンの照合に難点が生ずるおそれがある。はたしてどうか。

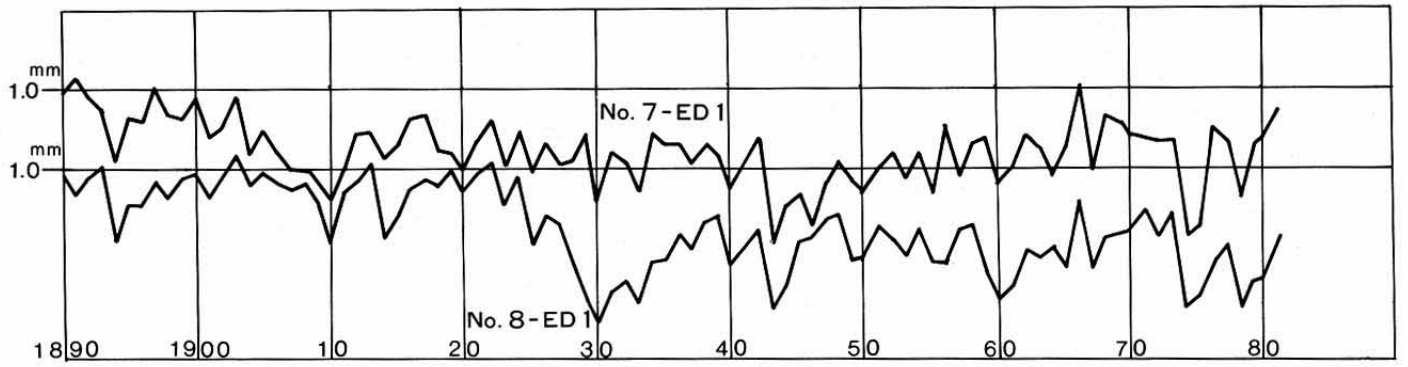
この検討のための試料は1981年に伐採した長野上松産のヒノキ10点である。平均年輪数263層、標準偏差は24である。これらの試料について、まず最も外側の最終形成年輪から樹心に向かって 100年分の年輪データを ED1、それ以内から樹心までの年輪データを ED2とすると、 ED1は老齢部分、ED2は若齢部分とみなせるだろう。この試料10点の ED1と ED2 のあいだの45通りの組合せにおいて、年輪データを伐採年で重ね合わせ、その位置で相関係数 r を求め、t 値を算定した（表Ⅲ－3）。

この結果をみると、老齢部分の年輪データ ED1では、すべての組合せで t 値が3.5以上だが、内側の若齢部分の年輪データ ED2では、16組における t 値が3.5以下になる。それは全体の約38％にあたる。老齢部分より若齢部分が高い t 値をしめしたのは、試料№1と試料№6との組合せの1例のみであった。ちなみに、老齢部分 ED1の t 値の平均はは8.1であり、t 値が3.5以上になる若齢部分 ED2の組合せでも平均値は 5.8となって、両者のあいだに大きな差異がある。目視ではどのようになるか。試料№7と№8との老齢部分（図Ⅲ－3）と若齢部分（図Ⅲ－4）との重複状況をパターングラフでしめしておこう。

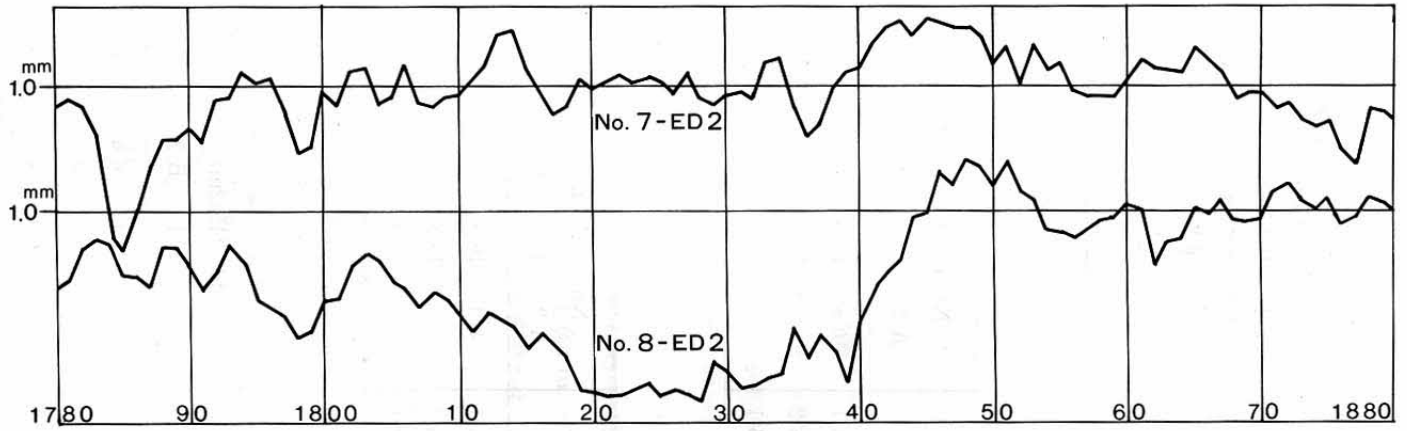
検討に用いた試料数は決して多くないが、この検討の結果から「若齢のころに形成された年輪」は「樹木が老齢になって形成された周辺部の年輪にくらべると、樹木の個体的な特徴があらわれる」としたさきの予想は当たっていたことになるだろう。年輪パターンの照合や標準パターンの作成では、若齢部分の年輪データか、老齢部分なのか、この点は十分考慮すべきことになる。

4　同一樹幹の異なった樹高位置の年輪パターン

現生木を試料とする場合、円盤標本を入手できないときは、直接切り株から年輪幅を計測することを考えるだろう。円盤標本も根元に近いものが入手しやすい。しかし、根元付近は、根張りの影響によって不整形な年輪が出現しがちだ、といわれている。とすると、根元に近い年輪データは、年輪パターンの比較には不適当であり、標準パターンを作成する場合などでは使用を避けたほうがよい。あるいは、同じ1本の樹木でも根元から梢まで、樹高が違ったところでは、年輪パターンがどのように違っているのか、大きな差異はないのか、この点も年輪年代法の開発における基礎的な検討項目になる。この検討によっ



図Ⅲ－3　樹幹周辺部（老齢部）における年輪パターングラフの比較



図Ⅲ－4　樹幹中心部（若齢部）における年輪パターングラフの比較

	No. 1 (0.1m)			No. 2 (0.2m)			No. 3 (1.2m)		
	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2
A 1	0	3.6	−	0.1	0.0	4.6	8.7	7.8	7.7
A 2		2.6	−		9.4	2.2		7.9	7.4
B 1			−			2.0			7.4

	No. 4 (3.2m)			No. 5 (5.2m)			No. 6 (7.2m)		
	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2
A 1	10.8	12.0	10.6	8.8	4.9	10.5	9.3	5.6	8.2
A 2		11.3	9.4		4.5	8.6		5.5	10.5
B 1			11.3			7.4			4.7

	No. 7 (9.2m)			No. 8 (11.2m)			No. 9 (13.2m)		
	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2
A 1	8.3	10.6	12.1	12.5	8.5	−	12.3	11.1	9.1
A 2		10.3	7.2		9.6	−		9.2	8.9
B 1			11.7			−			14.8

	No.10 (15.2m)			No.11 (17.2m)		
	A 2	B 1	B 2	A 2	B 1	B 2
A 1	7.7	9.6	9.9	4.9	2.4	5.4
A 2		11.4	8.5		3.7	5.6
B 1			8.1			2.4

表Ⅲ－4　異なった樹高位置の円盤標本ごとに設定した4方向の測線の年輪パターン間の t 値
A1～B2：測線番号　括弧内数字：樹高

て、年輪データに特異な変動がおこりがちであることが確認されれば、その部位の年輪データの使用は避けるべきだろう。

検討に用いた試料は、1986年10月に伐採した長野三浦産のヒノキで、根元付近の円盤標本が2点、地上高1.2m から2m 間隔の高さで切りとった円盤標本が9点あり、この同じ1本の樹木から採取した標本は合計11点になる。これを試料番号№1から№11とする。そのうち、地上高0.1m の試料№1と0.2m の試料№2は、肉眼でも根張りの影響による年輪の乱れが観察できたが、他の9枚についてはほぼ正常にみえる年輪が形成されていた。

この試料№1から№11までの円盤標本について、それぞれに測線 A1、A2、B1、B2を樹心から樹皮にむかって直行する方向に設定し、まず同一円盤標本における測線相互間の年輪パターンの類似度を検討した。この検討は、本章A－2の検討と同じである。判定は、これまでと同じように、相関係数によって算定した t 値による（表Ⅲ－4）。これをみると、地上高 0.1m の試料№1では、測線 A1と測線 B1とのあいだで 3.5以上の t 値になり、かろうじて有意な相関関係にあるとみなせるが、根張りによる不整形年輪を形成している方向に設けた測線 A2との組合せでは、いずれも t 値が 3.5以下で、有意の相関関係にない。地上高0.2m の試料№2では、6組の組合せのうち、2組が有意な相関関係にあったが、4組では有意の結果は得られなかった。しかし、地上高1.2m から15.2m のあいだの9点の円盤標本では、それぞれの円盤標本の4測線の年輪データのすべての組合せにおいて、t 値は3.5以上になっている。これに対して、最高位の地上高17.2m の試料№11では、6組の組合せのうち、2組の t 値が 3.5以下になっている。地上高0.1m や0.2m の根元に近い部分と17.2m の梢に近い部分では、年輪パターンに特異な変動が生じているのだ。

試料No.（年輪数）	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	地上高(m)
1 (202)	—	17.0	7.2	10.0	7.3	5.8	5.5	3.5	3.3	1.1	3.1	0.1
2 (199)	17.0	—	6.5	13.9	9.3	7.6	7.4	4.5	3.6	2.0	2.6	0.2
3 (185)	7.2	6.5	—	20.1	12.5	9.1	8.1	6.7	5.0	3.1	3.2	1.2
4 (162)	10.0	13.9	20.1	—	15.8	11.9	11.3	8.3	6.1	3.2	2.5	3.2
5 (142)	7.3	9.3	12.5	15.8	—	14.5	13.0	9.9	5.5	3.0	2.4	5.2
6 (131)	5.8	7.6	9.1	11.9	14.5	—	17.3	11.9	6.6	3.3	1.8	7.2
7 (119)	5.5	7.4	8.1	11.3	13.0	17.3	—	14.1	8.0	4.3	2.5	9.2
8 (98)	3.5	4.5	6.7	8.3	9.9	11.9	14.1	—	10.6	5.4	1.3	11.2
9 (70)	3.3	3.6	5.0	6.1	5.5	6.6	8.0	10.6	—	5.1	1.3	13.2
10 (48)	1.1	2.0	3.1	3.2	3.0	3.3	4.3	5.4	5.1	—	1.1	15.2
11 (25)	3.1	2.6	3.2	2.5	2.4	1.8	2.5	1.3	1.3	1.1	—	17.2

表Ⅲ－5　異なった樹高位置における年輪パターンのあいだの t 値

以上の検討から、標準パターンの作成などには、根元付近や梢に近い部分の年輪データの使用はなるべく避けたほうがよい、と判断している。

さらに検討すべきこととして、樹高位置が異なると、年輪パターンがどの程度違ってくるか、この問題がある。試料はさきと同じもの。異なった樹高位置のそれぞれの円盤標本の平均値パターンのあいだの相関関係を検定した t 値によると、直上や直下のデータのあいだでは高い t 値になり、上下に離れるにしたがって t 値が下がる傾向がよみとれる（表Ⅲ－5）。近い高さの位置の年輪パターンほどよく似ている、ということだ。当然だろう。また、根元や梢に近いところ、試料№1や№2、あるいは№10や№11では、やはり問題があることも確かである。

試料No.	（年輪数）	t 値	地上高(m)
1	(202)	3.5	0.1
2	(199)	4.3	0.2
3	(185)	5.9	1.2
4	(162)	5.5	3.2
5	(142)	6.8	5.2
6	(131)	5.3	7.2
7	(119)	5.9	9.2
8	(98)	7.4	11.2
9	(70)	6.4	13.2
10	(48)	4.6	15.2

表Ⅲ－6　長野上松試料の平均値パターンと異なった樹高位置の年輪パターンとのあいだの t 値

根元付近の年輪データが年輪年代法の研究で使用できるかどうか、別の観点からも検討しておこう。まず 296層分からなる長野上松産のヒノキ20点の平均値パターンをとりあげる。つぎにこれまで試料としてきた長野三浦産の１本のヒノキから採取した10点の円盤標本ごとの平均値パターンを作成する。この両者の平均値パターンとを伐採年を基準にして重複させ、t 値によって検定した。なお、樹高 17.2m 位置の試料№11は、年輪数が25層と少ないため、除外した。この結果（表Ⅲ－6）によると、樹高0.1m 位置の試料№1と樹高0.2m 位置の試料№2、樹高15.2m 位置の試料№10と長野上松産の平均値パターンとのあいだの t 値は、他の樹高位置の場合と比較すると、やや小さくなる。根元付近や樹幹の先端部に近い年輪パターンにはやはり問題がある、とみるべきであろうか。

このように検討してくると、根元付近および梢に近い部分の年輪パターンは年輪年代法の研究にとって難点がある、と判定できよう。

5　同一地域の異なった個体の年輪パターン

一定の範囲の地域のなかで生長した樹木の年輪パターンが類似していること、これが年輪年代法が成立するための前提である。では、「一定の範囲の地域」とは、どの程度の範囲か。

この検討では、東は長野上松から西は高知魚梁瀬までの10か所の地域を対象とした（表

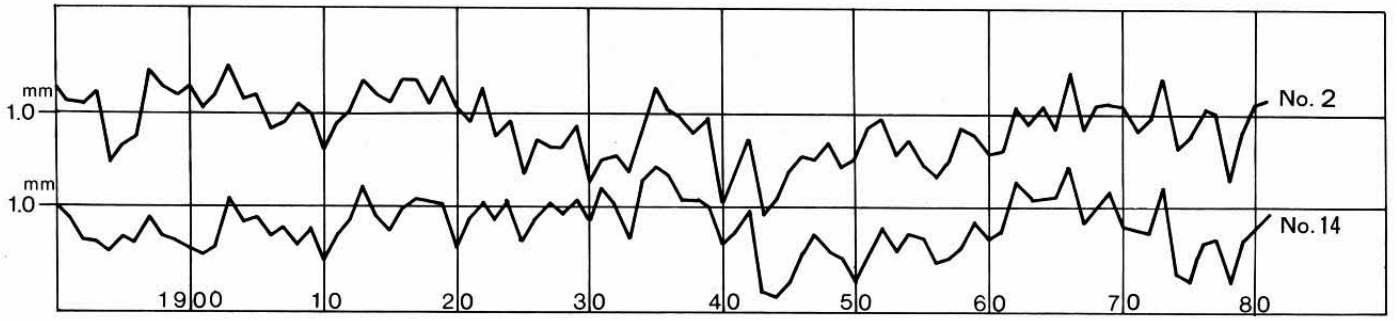
Ⅲ－1)。長野県4か所、岐阜県3か所、さらに三重、和歌山、高知の各県のそれぞれ1か所である。

最初に検討したのは、それぞれの採取地の複数の試料の年輪パターンのあいだの類似の程度である。その結果、10か所の採取地すべてにおいて、それぞれの試料のあいだできわめて高い相関関係が成立していることが確認できた（表Ⅲ－7～Ⅲ－16)。

たとえば、10か所の採取地のうちの1か所、長野上松産の20点の試料では、年輪数の平均が265.2層、標準偏差17.7 であり、20点の年輪パターン相互の組合せ 190通りの t 値の平均値は 8.4ときわめて高く、そのうちで t 値が3.5以上になるのは187通りある（表Ⅲ－7)。その高い相関関係をしめす1例として、試料№2 と試料№14との組合せの年輪パターングラフの1890年から1981年にわたる部分をかかげておく（図Ⅲ－5)。しかし、この長野上松産20点のあいだでも、t 値が 3.5以下になる組合せが3組（試料№6と№10、№6と№15、№11と№20）ある。出現率は2％。この状況を改善する方法はないか。そこで、仮に試料№6と№11とを除いて、残る18点の試料のそれぞれの同一年の年輪データを平均して平均値パターンを作成、それと試料№6および試料№11の試料パターンとのあいだで t 値を算定した。t 値は9.8と8.7となる。18点の試料の年輪データを平均することによって、試料個体のばらつきが消去され、高い t 値が得られたのである。他の採取地における試料でも、まったく同じような結果となった。

以上の検討の結果、同じ採取地の複数の試料の年輪変動パターンのあいだに高い相関関係があることが確認できた。また、相関関係の良いグループの年輪データを平均して作成した平均値パターンと組み合わせれば、高い相関関係にある照合が可能になることも確認できた。標準パターン、とくに現生木の標準パターンは、相関関係の高い15点以上の試料の年輪データの平均値から作成するのが普通だが、その有効性をここでも確認できる。

なお、さきの長野上松産20点の試料の 190通りの組合せについて、2組の年輪パターンのあいだで合致する位置を検出する作業と同じように、1試料の年輪データを基準にして他方の年輪データを1層分ずつずらしながら、そのたびごとに t 値を算定してみた。すべて1981年秋に伐採したものだから、その位置で重ねあわせたときに t 値も最高になるはずである。確かに 190通りの組合せのうち、98％まではそのとおりであった。しかし、さきに問題になった試料№6と№11の2点の試料では、伐採年が一致する重ねあわせ位置とは別のところで最高値がでる結果となった。試料№6と№10のあいだでは、伐採年一致位置では2.7だが、そのほかに2.9になるところがあったし、試料№11と№20では 3.1より高い3.4のところがあった。とはいえ、いずれにしても、t 値は3.5より低いから、どちらも照合に適さない試料なのである。



図Ⅲ－5　長野上松試料№2と№14の年輪パターングラフ

試料No.（年輪数）		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	(236)	8.3	5.2	8.4	6.9	13.8	10.6	5.5	7.6	7.2	6.4	11.0	8.5	11.0	5.7	11.9	8.0	9.0	7.4	7.2
2	(290)		9.3	13.5	7.9	7.2	12.1	12.1	11.3	11.4	6.2	11.9	12.1	14.8	6.9	7.6	11.3	10.1	14.4	8.5
3	(233)			6.0	7.2	3.7	6.7	12.2	11.9	12.8	6.8	5.3	10.4	9.0	6.0	6.6	7.2	3.8	10.8	5.7
4	(296)				7.0	6.3	7.5	8.2	7.7	6.3	4.9	10.0	7.4	11.4	6.3	6.6	7.2	10.7	10.5	8.8
5	(264)					5.1	6.4	10.2	8.4	8.4	7.8	8.4	8.6	10.2	8.9	8.2	8.0	5.5	9.8	7.1
6	(270)						8.3	5.9	6.0	2.7	5.6	10.3	6.1	9.8	3.3	11.3	6.3	8.0	5.1	5.2
7	(253)							8.9	8.4	8.2	6.9	9.5	9.2	13.8	5.9	9.8	11.1	7.2	11.4	7.4
8	(297)								13.0	16.4	7.7	8.0	11.8	9.7	7.6	7.7	8.5	4.7	11.8	7.3
9	(241)									10.8	8.7	8.1	11.2	11.4	7.3	8.3	9.3	5.1	10.1	6.5
10	(256)										8.4	5.4	11.5	7.9	7.8	5.5	6.7	4.2	9.7	6.0
11	(263)											5.4	5.9	7.2	5.5	6.4	4.7	3.9	7.2	3.1
12	(267)												7.0	16.0	5.9	11.4	8.4	11.7	8.9	9.4
13	(256)													10.1	6.8	8.1	8.1	6.1	11.0	7.8
14	(269)														6.6	12.3	10.2	12.5	13.2	9.8
15	(280)															6.9	7.9	3.7	8.3	5.6
16	(258)																8.3	7.7	7.7	7.9
17	(277)																	8.6	10.9	8.5
18	(284)																		8.3	7.6
19	(257)																			8.7
20	(257)																			—

表Ⅲ－7　長野上松試料20点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	(319)	9.2	9.7	8.9	6.4	9.8	8.6	9.7	11.8	9.6	14.4	6.7	7.0	6.1	6.3	6.3	5.4	6.3
2	(296)		8.2	7.0	9.6	10.6	8.2	8.4	10.4	9.3	11.7	6.6	5.8	5.4	5.7	2.9	2.7	4.3
3	(298)			7.0	9.1	9.0	6.9	7.6	8.4	10.8	9.5	5.8	6.8	7.2	5.7	4.6	5.6	5.3
4	(250)				5.8	7.7	7.8	3.8	8.1	7.9	8.6	3.7	4.1	4.2	3.3	4.5	2.7	4.1
5	(260)					9.7	5.2	6.9	7.5	8.9	8.0	6.0	6.3	6.2	6.8	4.8	3.3	4.4
6	(282)						8.6	8.1	8.8	8.9	9.7	7.8	6.4	6.8	7.0	4.7	3.0	4.0
7	(305)							8.6	10.3	8.1	8.4	4.2	4.6	4.1	3.9	3.1	3.4	3.3
8	(285)								8.1	10.4	8.3	7.0	7.3	6.6	5.6	5.3	4.7	5.1
9	(292)									12.6	14.7	6.1	8.3	6.7	7.4	5.7	5.4	6.2
10	(289)										12.4	6.1	8.6	6.3	7.2	5.8	4.1	5.2
11	(294)											6.8	6.7	5.9	6.0	7.1	3.9	5.9
12	(245)												8.1	10.8	11.0	8.3	3.8	6.0
13	(258)													10.8	15.7	9.1	7.8	6.0
14	(256)														12.3	8.3	6.4	11.0
15	(256)															10.1	6.2	9.0
16	(248)																7.5	6.3
17	(236)																	8.0
18	(211)																	—

表Ⅲ－8　長野三浦試料18点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	(477)	7.9	4.9	6.9	6.5	8.8	9.5	10.0	7.1	6.4	3.3	7.4	9.1	8.3	8.5	5.9	7.3
2	(319)		6.5	5.9	6.2	9.4	13.1	15.3	5.5	6.2	3.2	5.0	8.7	7.0	8.0	6.6	7.2
3	(359)			5.0	6.2	5.1	5.2	7.3	5.9	5.1	2.2	3.2	5.7	4.7	8.2	5.5	4.7
4	(233)				8.9	6.4	4.0	6.9	9.9	11.6	6.4	5.5	6.2	3.9	4.6	3.7	3.4
5	(237)					8.8	5.5	7.6	7.7	9.2	5.0	4.3	7.7	4.6	5.4	4.4	1.3
6	(194)						8.4	10.1	5.0	7.8	3.1	3.9	11.0	4.1	4.6	4.1	4.6
7	(250)							14.3	5.8	4.0	1.8	5.7	7.9	8.1	7.7	4.9	7.4
8	(230)								6.7	5.6	3.6	6.1	8.4	7.2	7.5	6.1	7.1
9	(244)									7.7	7.1	6.8	6.0	6.1	5.7	3.5	4.6
10	(215)										5.2	4.5	6.7	3.4	4.5	3.7	2.9
11	(287)											4.2	5.7	3.9	2.4	1.6	1.6
12	(270)												6.0	4.6	4.1	0.4	4.0
13	(244)													4.8	6.1	4.0	4.1
14	(248)														8.1	7.8	4.8
15	(253)															7.4	10.0
16	(287)																6.2
17	(240)																—

表III—11 岐阜付知試料17点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	(268)	2.4	1.9	2.5	3.6	2.0	3.8	4.3	4.0	3.4	4.1	4.3	4.0	4.7	2.6	4.1	1.6	6.7
2	(313)		4.4	4.3	7.1	5.2	6.4	2.8	5.7	5.3	4.9	6.3	5.9	6.0	4.7	5.8	3.3	5.2
3	(212)			7.6	7.8	5.7	6.8	4.1	6.7	5.9	6.7	5.0	7.6	5.0	5.2	6.8	7.0	4.4
4	(216)				9.8	9.1	6.3	3.5	6.3	6.1	6.7	6.3	7.8	6.1	6.0	6.6	6.4	5.3
5	(221)					9.0	7.3	6.3	9.0	8.9	9.1	8.0	9.5	8.7	7.5	9.0	6.4	7.4
6	(228)						7.4	3.8	7.1	8.9	5.7	7.8	7.5	7.6	7.0	6.2	8.4	5.1
7	(250)							9.4	8.4	10.3	9.7	7.2	7.9	12.7	8.0	7.5	5.0	5.3
8	(238)								4.8	9.5	9.3	4.5	6.2	7.7	5.8	4.9	3.8	5.0
9	(229)									9.4	10.2	8.9	9.1	10.9	9.3	8.2	7.5	6.5
10	(247)										10.3	8.7	8.2	12.3	9.8	8.8	9.0	6.7
11	(245)											7.3	10.3	11.3	6.5	6.5	5.5	5.4
12	(232)												7.5	7.8	7.2	5.6	5.9	7.6
13	(278)													8.0	5.5	7.4	6.4	6.5
14	(251)														9.7	7.3	4.8	6.3
15	(263)															7.0	6.7	4.1
16	(303)																6.9	6.0
17	(219)																	4.2
18	(250)																	—

表Ⅲ—12　岐阜小坂大洞150試料18点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6
1	(247)	11.1	11.2	10.8	7.7	6.5
2	(241)		11.8	24.5	9.3	4.9
3	(224)			10.1	9.1	6.7
4	(240)				10.6	6.3
5	(203)					9.5
6	(228)					—

表Ⅲ－9　長野氷ヶ瀬試料6点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5
1	(264)	7.6	6.6	10.1	9.0
2	(306)		5.1	6.9	8.0
3	(311)			9.3	5.6
4	(304)				8.5
5	(316)				—

表Ⅲ－10　長野小俣試料5点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	(268)	4.1	5.4	7.4	6.7	8.6	7.4	6.7	5.6	3.7	6.0
2	(313)		4.2	3.8	5.0	2.7	6.4	3.4	4.3	3.7	3.7
3	(133)			5.6	4.9	8.1	7.7	4.8	7.0	3.4	6.7
4	(204)				6.3	6.8	7.3	5.5	4.1	6.0	6.7
5	(227)					7.0	9.1	5.5	5.5	6.8	6.1
6	(155)						8.3	7.3	6.7	4.0	6.5
7	(168)							7.2	9.9	4.3	7.7
8	(230)								5.3	5.4	6.0
9	(173)									4.5	7.9
10	(210)										4.3
11	(200)										—

表Ⅲ－13　岐阜小坂大洞211試料11点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6
1	(341)	9.2	8.8	9.2	7.2	5.1
2	(244)		7.3	28.5	5.6	5.3
3	(217)			7.6	12.8	9.8
4	(244)				5.2	5.0
5	(217)					9.5
6	(203)					—

表Ⅲ－14　三重尾鷲試料6点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2
1	(365)	4.9
2	(312)	—

表Ⅲ－15　和歌山高野山試料2点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6
1	(212)	7.9	4.9	7.6	3.8	8.9
2	(200)		6.8	8.9	5.3	12.6
3	(192)			4.2	5.4	6.8
4	(218)				4.4	6.0
5	(218)					6.8
6	(157)					—

表Ⅲ－16　高知魚梁瀬試料6点の年輪パターンのあいだの t 値

6　採取地を異にする試料の年輪パターン

産地が違ったヒノキのあいだでは、年輪パターンがどの程度類似しているのか。ここではこの問題を検討する。試料としたのは、冒頭にかかげた10か所の採取地（表Ⅲ－1）のものであり、それぞれのなかで t 値が 3.5以上になる組み合わせのものを選んだ。10か所で合計91点になる。10か所の採取地は、長野県木曽郡上松からの距離でみると、最も遠い高知県安芸郡魚梁瀬で 400km離れている。ただし、採取地ごとの試料数の差が大きい。このような試料群からひきだした結果によって、異なった採取地のあいだの年輪パターンが類似しているかどうか、結論をだすことは、やや軽率かもしれないが、一応のめやすにはなるであろう。使用した年輪データは、選びだした試料の年輪データをそれぞれ採取地ごとに平均したものであり、相関係数 r から算定した t 値によって判定した（表Ⅲ－17)。

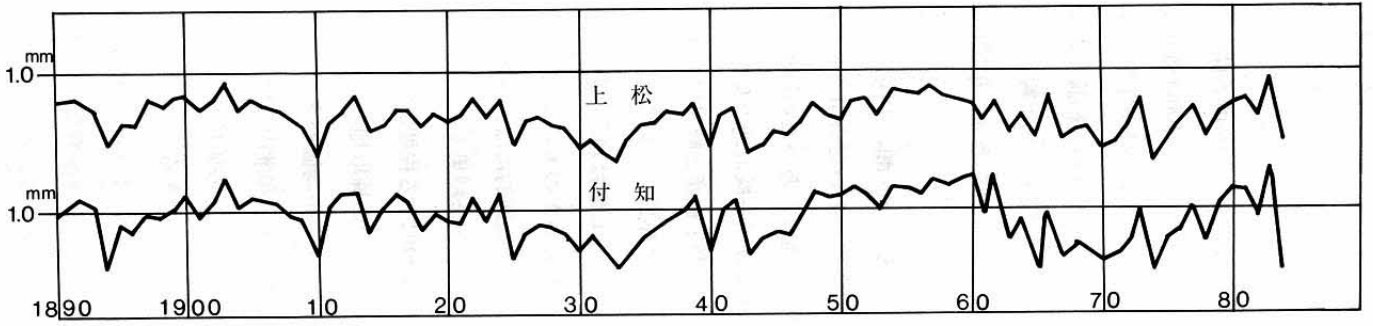
長野県（上松、氷ヶ瀬、小俣、三浦）と岐阜県（付知、大洞150、大洞211）のそれぞれの県内の採取地のあいだの組合せでは高い t 値がでている。また、長野県と岐阜県との7か所の採取地点のあいだの12通りの組合せにおいても、平均 t 値が 9.3ときわめて高い。その状況は同一採取地のなかの複数の試料のあいだの関係と似たものである。そのなかの1例、長野上松産と岐阜付知産の年輪パターングラフの1890年から1984年の部分を対比し、きわめて類似していることを確認していただきたい（図Ⅲ－6)。この上松産と付知産のあいだの t 値は14.7であり、この値は1点の円盤標本に設定した複数の測線の年輪パターンのあいだのものと大差ない。この2か所の採取地は、直線距離にして約17km離れているが、地理的には、長野岐阜両県境の山岳の表と裏の位置にある。これら長野試料と岐阜試料の照合結果をながめていると、採取地のあいだの距離が遠くなるからといって、必ずしも類似する程度が低くなるという傾向は認められないこともわかる。

長野県の4か所の採取地の試料の平均値パターンと三重尾鷲産の平均値パターンおよび和歌山高野山産の平均値パターンとのあいだには8通りの組合せができる。そのうちでは、長野氷ヶ瀬産と和歌山高野山産との1組の t 値が2.8となり、3.5以下だが、そのほかでは、すべて3.5以上の値になる。 250kmから260km 離れていても照合可能な程度の相関関係があると判定できる。このなかで、三重尾鷲試料とくらべると、和歌山高野山試料は全体として t 値が低いが、これは試料数が2点と少ないことによるものであろう。試料数を増加すれば、三重尾鷲試料と同程度の t 値になるとみている。

長野上松から最も離れている採取地は高知魚梁瀬である。そのあいだには約 400km の距離がある。この高知魚梁瀬産の6点の試料の平均値パターンと長野県の4か所および岐阜県の3か所の平均値パターンとを比較したところ、長野三浦産のものとのあいだでは t

採取地	試料数	氷ヶ瀬	小俣	三浦	付知	大洞150	大洞211	尾鷲	高野山	魚梁瀬	距離(km)
上　松	17	8.6	8.0	6.0	14.7	5.6	7.5	4.3	3.7	5.1	0
氷ヶ瀬	6		11.6	7.6	10.3	12.5	9.0	5.6	2.8	5.8	7
小　俣	5			11.3	12.0	7.5	10.0	4.5	4.0	5.2	14
三　浦	15				7.9	6.9	7.6	6.0	3.6	3.6	20
付　知	15					8.5	10.3	4.3	6.1	6.1	17
大洞150	15						8.5	7.4	4.2	4.6	24
大洞211	9							5.0	4.9	5.4	30
尾　鷲	6								4.7	6.9	250
高野山	2									7.1	260
魚梁瀬	6									—	400

表Ⅲ－17　採取地10か所の平均値パターンのあいだの t 値



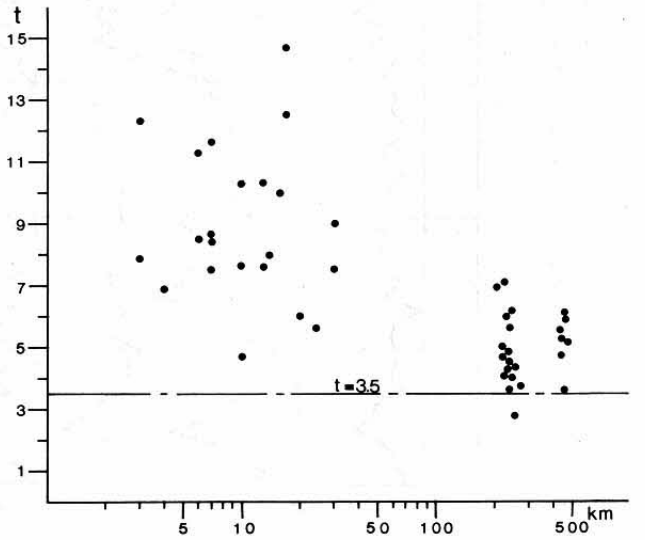
図Ⅲ－6　長野上松試料（上）と岐阜付知試料（下）の年輪パターングラフ

値は 3.6と低いが、そのほかはいずれの組合せにおいても高い t 値が得られた。この結果からみると、長野県産と岐阜県産のヒノキで暦年標準パターンを作成すれば、それと400km 以上離れた四国の高知産のヒノキとのあいだにおいても照合が成立する可能性がある。

ちなみに、岐阜付知試料12点で作成した平均値パターンと高知魚梁瀬試料 6 点ごとの年輪パターンとを比較したところ、当然だが、伐採年の位置で重複させたときの t 値が最高になり、6 点のうち 1 点を除いて、3.5 以上になる（表Ⅲ－18)。長野県や岐阜県の試料との比較ではなく、遠隔地同士ではどうなるか。高知魚梁瀬試料の平均値パターンと三重尾鷲試料の平均値パターンのあいだでは t 値は 6.9、和歌山高野山試料とのあいだでは 7.1と t 値は高い。

試料採取地のあいだの距離と t 値の関係を総合的にみると、約30km の範囲のなかでは t 値は必ずしもまとまらないし、距離が遠くなるとともに t 値が低くなるという傾向も確認できない（図Ⅲ－7)。しかし、距離が約250km、450km と遠くになると、t 値は低くまとまっていく傾向をうかがうことができる。これまた当然であろう。

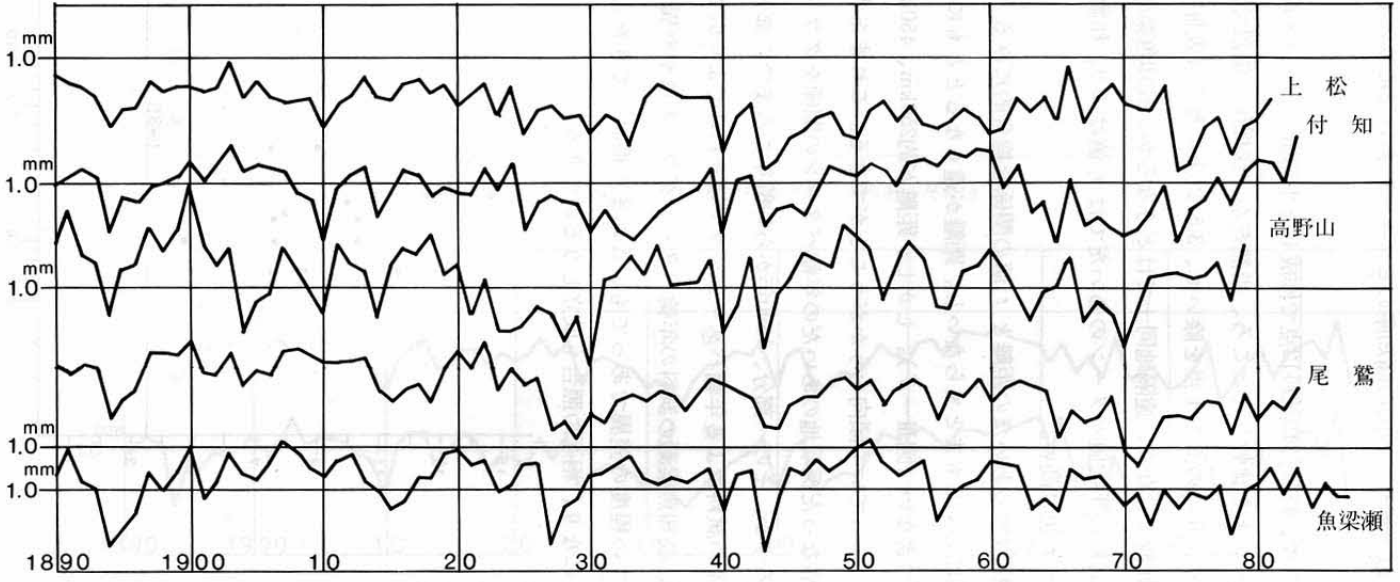
この異なった採取地のあいだの年輪パターンの関係をグラフの目視で確かめると、どうなるだろうか。その一部分、1890年から1987年ごろまでの部分をみると、長野上松産と岐阜付知産の試料による年輪パターングラフはきわめてよく似ているが、三重尾鷲、和歌山高野山、高知魚梁瀬の試料の年輪パターングラフとはやや異なっている（図Ⅲ－8)。しかし、この程度の差異であっても、これまで検討してきたように、t 値ではほとんどが3.5以上になり、相互の照合も成立しうるのである。



図Ⅲ－7　採取地間の距離と t 値の関係

試料No.（年輪数）	1（212）	2（200）	3（200）	4（192）	5（218）	6（157）
t　値	6.9	3.6	5.1	2.8	3.9	4.0

表Ⅲ－18　岐阜付知試料の平均値パターンと高知魚梁瀬試料の年輪パターンとのあいだの t 値



図Ⅲ－8　採取地別の年輪パターングラフ

以上の検討からすると、本州島中央部の木曾や裏木曽で採取した試料で作成したヒノキの暦年標準パターンは、紀伊半島や四国のあたりの試料の年輪年代の検証に使用できる可能性は高い、といえよう。年輪年代法の広範な応用研究の可能性は十分認めてよい。

B　ヒノキ以外の樹種の年輪パターン

古年輪学、とくに年輪年代法を発展させるには、地域別の暦年標準パターンを作成するとともに、異なった樹種ごとにそれを作成することが必要である。そのために、さまざまの樹種を材料としてヒノキと同じように古年輪学の調査研究が可能かどうか、まずその点を確かめておきたい。

奈良国立文化財研究所は、8世紀の日本の首都だった平城京をはじめ、多くの古代の遺跡の発掘調査を30年以上にわたって手がけてきた。その過程で多量の木質遺物を入手している。たとえば、掘立柱の柱根。掘立柱は、地面に穴を掘り、その穴のなかに建物の柱の根元を埋め立てたものだが、そのなかに柱の根元部分が残存していることがある。それが

採取地	県　名	樹　種	点数	平均年輪数	標準偏差	伐採年
崩　沢	長　野	サワラ	8	186	49.2	1985
須　沢 飯　田	長　野	クロベ	2	226	4.0	1988,1989
上　松	長　野	アスナロ	10	318	24.0	1985
大　畑	青　森	ヒノキアスナロ	10	127	49.1	1986
川　内	青　森	ヒノキアスナロ	10	130	12.7	1986
横　浜	青　森	ヒノキアスナロ	10	119	19.6	1986
増　川	青　森	ヒノキアスナロ	10	197	35.8	1986
今　別	青　森	ヒノキアスナロ	10	191	39.8	1986
金　木	青　森	ヒノキアスナロ	8	195	15.0	1986
川　井	岩　手	ヒノキアスナロ	7	190	33.7	1986
屋久島	鹿児島	ス　ギ	4	784	162.6	1935,1962,1988
魚梁瀬	高　知	ス　ギ	9	204	25.1	1986
藤　里	秋　田	ス　ギ	10	156	25.5	1983
秋　田	秋　田	ス　ギ	10	157	31.4	1986
樽　沢	長　野	コウヤマキ	4	148	59.2	1985
樽　沢	長　野	ツ　ガ	2	211	51.0	1988
川　内	青　森	ミズナラ	3	109	7.8	1989
乙　供	青　森	ミズナラ	3	314	117.8	1989
川　内	青　森	ブ　ナ	1	157	—	1989
乙　供	青　森	ブ　ナ	2	224	91.0	1989
三本木	青　森	ブ　ナ	2	161	8.0	1989

表Ⅲ—19　ヒノキ以外の検討樹種と試料採取地

柱根である。奈良国立文化財研究所では、これまでに発掘した掘立柱柱根を 600本以上保管している。大半はヒノキがであるが、そのほかではコウヤマキが多い。弥生時代や古墳時代、コウヤマキは死者をおさめる木棺の主要な材料であり、そのほかにもさまざまの形で用材となっている。その点からみると、古年輪学の試料として有望な樹種である。しかし、ヒノキとは違って、平安時代以降になると、コウヤマキの製品の出土例は少ない。さらに、現生木の円盤標本がきわめて入手しにくい。このため、コウヤマキが古年輪学の研究対象の樹種として適切なことが判明しても、現在から過去へさかのぼる長期の暦年標準パターンを作成することが困難である。しかし、ヒノキとコウヤマキとの年輪パターンのあいだにはっきりとした相関関係があることが確認できれば、コウヤマキの暦年標準パターンとしてヒノキのそれを使用できないか、このようなことも考えられる。

このように考えて、ここでは、ヒノキ以外の樹種について、古年輪学研究の試料として適しているかどうか、まずこの点を検討することとした（表Ⅲ－19)。

検討対象の樹種は、針葉樹では、コウヤマキのほかに、サワラ、アスナロ、ヒノキアスナロ、クロベ、ツガとスギがあり、広葉樹では、ミズナラとブナがあり、計９種となる。

1　ヒノキアスナロとスギの年輪パターン

ヒノキ以外の樹種９種のうち、10点以上の標本が入手できて一定の判断をくだすことが可能と考えられるものは、ヒノキアスナロとスギのみであった。

ヒノキアスナロは、アスナロの変種で、別称ヒバ、日本特産の常緑針葉樹である。その天然分布は、北限が北海道の渡島半島を流れる見市川の支流の二股川上流の国有林（北緯42度10分）にあり、南限は栃木県の日光湯ノ湖付近（北緯36度47分）あたりにある。垂直方向では、北緯41度線のあたりでおおよそ海抜 150m から 800m のあいだに分布する。

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(100)	2.4	4.3	4.6	2.1	2.8	4.5	4.2	1.6	3.3
2	(107)		7.7	4.2	2.2	5.0	2.4	4.5	4.1	4.0
3	(150)			5.1	2.0	5.1	3.8	7.7	6.7	6.2
4	(110)				3.5	5.3	9.2	5.0	3.6	7.0
5	(155)					1.5	2.8	3.8	1.1	1.7
6	(120)						4.2	2.6	1.6	4.9
7	(110)							3.5	2.9	8.2
8	(140)								5.1	4.7
9	(210)									7.1
10	(160)									—

表Ⅲ－20　青森大畑ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(130)	6.2	7.3	4.4	2.3	5.8	7.4	6.1	5.4	7.0
2	(140)		6.8	4.0	2.8	5.3	4.0	5.1	4.8	4.3
3	(144)			5.4	4.1	5.7	7.6	8.6	4.0	5.0
4	(110)				2.9	4.4	6.5	5.6	5.1	5.9
5	(145)					4.0	3.5	4.5	2.1	2.6
6	(140)						5.8	5.5	5.1	6.3
7	(130)							7.6	6.9	8.1
8	(140)								4.7	7.8
9	(110)									7.1
10	(120)									—

表Ⅲ—21 青森川内ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(120)	11.1	11.5	10.3	6.2	7.5	8.1	5.8	13.6	8.7
2	(134)		10.1	10.1	5.8	8.1	9.1	6.0	11.4	9.9
3	(90)			11.6	7.6	8.8	6.7	4.8	12.7	9.8
4	(104)				5.6	7.4	9.1	4.7	11.0	9.3
5	(110)					6.3	5.0	7.0	6.9	4.6
6	(100)						5.9	5.8	8.8	7.6
7	(140)							5.8	8.7	8.0
8	(160)								6.3	3.5
9	(120)									9.9
10	(120)									—

表Ⅲ—22 青森横浜ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(170)	5.0	2.6	5.2	5.4	2.3	1.4	3.8	2.1	3.6
2	(220)		2.9	4.8	4.6	1.9	2.5	2.6	1.9	3.0
3	(181)			2.6	3.6	3.1	4.0	6.3	4.3	5.5
4	(153)				7.9	3.2	0.2	4.6	1.1	3.2
5	(227)					2.2	0.7	3.4	1.1	3.8
6	(180)						3.1	4.3	1.8	3.0
7	(285)							4.3	5.0	3.3
8	(187)								3.6	4.6
9	(180)									2.5
10	(190)									—

表Ⅲ—23 青森増川ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(162)	4.3	7.4	3.9	5.2	6.3	6.4	4.3	8.5	6.5
2	(205)		3.8	4.1	5.9	5.9	1.9	5.5	4.0	6.4
3	(154)			4.4	4.0	5.5	5.1	4.3	6.4	5.5
4	(178)				6.2	5.5	6.2	3.8	3.1	3.2
5	(240)					7.9	3.8	6.2	4.7	5.2
6	(240)						5.0	7.7	5.2	8.9
7	(206)							2.7	6.4	3.9
8	(203)								5.3	8.3
9	(105)									5.6
10	(218)									—

表Ⅲ—24　青森今別ヒノキアスナロ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	7	8	9
1	(170)	17.6	7.1	4.4	5.3	5.1	2.7	3.3
2	(180)		7.4	5.0	5.7	6.5	3.6	4.1
3	(190)			6.3	5.3	6.0	5.7	6.2
4	(190)				5.9	5.2	5.8	6.0
5	(200)					8.5	3.5	10.0
6	(220)						3.8	8.9
7	(200)							3.7
8	(210)							—

表Ⅲ—25　青森金木ヒノキアスナロ８点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7
1	(235)	5.0	4.9	6.4	3.7	4.3	5.5
2	(188)		8.1	7.9	7.6	6.9	6.9
3	(162)			6.3	7.9	7.2	7.3
4	(147)				5.8	5.9	6.2
5	(168)					8.6	7.9
6	(190)						9.7
7	(243)						—

表Ⅲ—26　岩手川井ヒノキアスナロ７点の年輪パターンのあいだの t 値

青森県のヒノキアスナロ林、なかでも下北半島と津軽半島の国有林にひろがるそれは日本3大美林の1つに数えられている。

ヒノキアスナロの試料は、青森県では下北半島から、大畑営林署管内10点、川内営林署管内10点、横浜営林署管内10点、津軽半島から、増川営林署管内10点、今別営林署管内10点、金木営林署管内8点、岩手県では、下閉伊郡にある川井営林署管内の7点、計7か所65点の円盤標本を入手した。青森県の標本は海抜約200m から400m にかけての地域から伐採したものであり、岩手県のものは海抜約 800m の地域のものである。

これらの試料について、まず7か所の採取地ごとにそれぞれの試料のあいだで伐採年を基準として年輪パターンを比較した（表Ⅲ—20～Ⅲ—26)。その結果をみると、青森横浜試料や岩手川井試料のように、t 値が 3.5以下になる組み合わせが皆無のところもあれば、45通りの組み合わせのうち16通りまでもが 3.5以下になった青森大畑試料や45通りの組み合わせでそれが25通りもあった青森増川試料もある。低い t 値になった組み合わせの試料をみると、いずれかの試料の年輪が複雑に入り乱れ、円盤標本のなかの測線別の年輪データのあいだの相関関係もよくない。これらの試料では、おそらく個体の内的条件や立木地点固有の条件が年輪形成の普遍的な条件の影響を消去したのであろう。このような試料がやや多いのはヒノキアスナロの特徴であろうか。しかし、問題の試料のほかは、ヒノキの場合とくらべても、相関関係は決して低くない。また、問題になった試料を除いて、残る試料の年輪データを平均し、それで作成した平均値パターンで比較する方法をとると、多くはかなり回復した t 値で照合が成立する。これまた、ヒノキの場合に確認したとおりである。

このようにみてくると、ヒノキアスナロも年輪年代法、ひいては古年輪学研究の材料になる樹種である、といえよう。

No.	採取地	(年輪数)	試料数	2	3	4	5	6	7	距離(km)
1	川井（岩手）	(243)	7	4.8	1.6	7.4	4.4	3.8	5.9	0
2	金木（青森）	(221)	5		6.3	10.1	8.2	5.5	4.5	160
3	横浜（〃）	(160)	10			7.9	6.9	8.5	4.0	170
4	今別（〃）	(240)	8				8.2	8.0	5.6	180
5	増川（〃）	(227)	5					8.1	3.5	190
6	川内（〃）	(144)	7						5.9	190
7	大畑（〃）	(160)	4						—	200

表Ⅲ—27 異なった採取地のヒノキアスナロ平均値パターンのあいだの t 値

ヒノキアスナロの試料65点の採取地は、青森県と岩手県との7か所である。この7か所について、同じ採取地のものから相関関係が良好な試料を選び、その年輪データから採取地ごとの平均値パターンを作成、それによって採取地のあいだの関係を測定することにした（表Ⅲ－27)。その結果では、10.1の高い t 値の組み合わせがあり、ほとんどが 3.5以上なっているが、岩手川井試料と青森横浜試料とのあいだでは、 1.6と低い t 値になる。原因はどこにあるのか。今後試料数を増加させて解明していきたい。ともあれ、 200kmも離れた岩手川井試料と青森川内試料のあいだで t 値 5.9の関係が成立することは、ヒノキと同じように、ヒノキアスナロにおいても1組の標準パターンを広範囲に活用できる可能性をうかがうことができる。

スギは、ヒノキとならんで、日本を代表する有用樹種である。常緑針葉樹であるスギは、天然では青森県西津軽郡の下矢倉山のあたりを北限とし、南は鹿児島県の屋久島まで分布している。垂直方向では、北緯40度線付近では海抜300m から800m のあたり、北緯30度付近では海抜 400m から1400m のあたりにかけて分布する。そのなかでも、秋田県のスギの天然林は日本3大美林の1つとして有名であり、屋久島のものはヤクスギの名があって、樹齢千年以上のものも少なくない。なかには樹齢3000年以上と推定されているものもある。屋久島でスギが多い森林は1200m ほどから1700m 付近に広がっている。

検討試料は、秋田県山本郡の藤里営林署管内の10点、同県川辺郡の秋田営林署管内の10点、高知県安芸郡の魚梁瀬営林署管内の9点、計29点の円盤標本である。そのほかに鹿児島県の屋久島のスギについても年輪を計測した。ただし、円盤標本が入手できないため、同島の下屋久営林署保管の円盤標本1点と貯木材2点とを現地で計測し、さらに京都大学木材研究所所蔵の円盤標本と学習院大学理学部年代測定室所蔵の直方体標本から年輪データを収集した（表Ⅲ－19)。

それぞれの採取地のなかの試料相互の相関関係をまず調べよう。秋田県の2か所の採取地のうち、藤里営林署管内試料では、10点の組み合わせ45組について、伐採年を基準に重ねあわせたときの t 値がすべて 3.5以上なっている（表Ⅲ－28)。平均の t 値も 7.5とかなり高い。この藤里営林署から南約60kmにある秋田営林署管内試料では、10点の組み合わせ45組のうち、5組が3.5以下の t 値になっているが、40組までは平均 6.1の t 値となっている。試料№1と試料№3の組み合わせでは35.7というきわめて高い t 値をだしている（表Ⅲ－29)。この状況からみると、秋田県産のスギは古年輪学研究に適したものということができる。

四国における天然スギの分布は高知県東部の魚梁瀬地方に限られている。この地方は四国でもとくに降水量が多く、年間降水量 400mm以上、屋久島に似た多雨地域である。ここ

で入手した9点の試料の36通りの組み合わせでは、伐採年を基準に重ねあわせたときの t 値が11組で 3.5以下になる。とくに試料№4と№5との組み合わせが低い（表Ⅲ－30)。この2点の試料を除けば、 3.5以上の t 値になる。高知県産のスギについても、変異の多い年輪をもつものを除けば、古年輪学の調査研究が可能になる、とみてよいだろう。

屋久島産のスギでは、試料№1から№3までの年輪データは下屋久営林署で収集したものであり、№4は京都大学木材研究所蔵の円盤標本である。学習院大学試料は、1824層の年輪を確認したが、伐採年が不明でもあり、この検討では使用しない。これらの試料パターンを比較したところ、6組の組み合わせのうち、1組が 3.5以下となるが、他はかなり高い t 値を得ることができた（表Ⅲ－31)。しかし、下屋久営林署貯木場にある多数のヤクスギの材を観察したところでは、変異に富む年輪をもつものが多い、との印象をうけた。4点の試料による検討では比較的良好な結果が得られたが、試料数を増加させても、はたして年輪年代法の調査研究に有効な試料がどれほど増えるか、いささか疑問を感じた。今後さらに検討を続けていきたい。

スギの試料を採取したのは4か所、その採取地のあいだでは年輪データにどのような関係があるのか。t 値の算定結果（表Ⅲ－32）によると、屋久島試料と約500㎞離れた高知魚梁瀬試料とのあいだの t 値は 5.6と高く、秋田の採取地2か所のあいだでも 5.0の値がでている。しかし、秋田の採集地と南の屋久島および高知試料のあいだでは相関関係がない。日本列島の南と北では、スギは別の年輪の変動パターンを生成しているのだろう。

2　コウヤマキなど、その他の樹種の年輪パターン

ヒノキアスナロとスギ以外の樹種では、いずれも試料数は多くないが、それらについても年輪パターンの比較作業を進めておこう。

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(166)	10.9	9.3	11.4	8.7	7.8	7.5	7.6	6.3	10.9
2	(121)		3.9	8.2	7.1	11.2	4.8	8.4	7.8	8.8
3	(160)			7.5	8.6	4.0	9.2	6.2	3.8	8.4
4	(192)				8.2	9.2	6.4	7.7	7.3	10.9
5	(138)					5.6	9.0	6.7	6.1	10.1
6	(163)						5.5	7.2	5.2	6.6
7	(141)							4.9	5.3	7.7
8	(205)								7.3	6.4
9	(149)									6.5
10	(127)									—

表Ⅲ－28　秋田藤里スギ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(120)	6.6	35.7	3.7	3.3	4.2	3.6	3.4	4.6	4.0
2	(133)		7.3	6.3	3.7	4.8	4.9	6.0	7.3	5.8
3	(142)			4.5	4.1	4.5	3.9	3.6	5.1	5.0
4	(190)				3.9	5.6	5.4	3.8	4.8	6.4
5	(223)					7.8	8.8	4.6	5.5	2.4
6	(162)						9.2	3.2	4.2	4.0
7	(190)							5.3	7.0	4.6
8	(128)								10.1	1.8
9	(146)									3.7
10	(142)									—

表Ⅲ－29　秋田秋田スギ10点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9
1	(214)	6.0	5.7	3.1	3.2	9.4	10.2	3.3	10.8
2	(210)		4.5	5.2	2.3	7.7	8.3	5.7	7.2
3	(208)			1.6	3.4	8.7	8.4	2.9	9.3
4	(162)				2.7	2.9	3.0	8.2	3.3
5	(245)					4.4	4.4	3.5	4.3
6	(216)						35.8	5.9	32.7
7	(216)							5.8	34.1
8	(162)								6.0
9	(211)								—

表Ⅲ－30　高知魚梁瀬スギ９点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.	(年輪数)	2	3	4
1	(976)	4.4	1.2	5.9
2	(546)		11.7	6.5
3	(734)			3.6
4	(883)			—

表Ⅲ－31　鹿児島屋久島スギ４点の年輪パターンのあいだの t 値

No.	採取地	(年輪数)	試料数	2	3	4	距離(km)
1	屋久島（鹿児島）	(952)	4	5.6	0.5	0.0	0
2	魚梁瀬（高　知）	(245)	7		1.5	1.6	500
3	秋　田（秋　田）	(223)	10			5.0	1350
4	藤　里（秋　田）	(205)	10			—	1420

表Ⅲ－32　採取地４か所のスギの平均値パターンのあいだの t 値

サワラは、ヒノキの近似種であり、日本特産の常緑針葉樹である。その天然分布は、北限が岩手県中央部の早池峰山西麓国有林（北緯39度32分）にあり、南限は熊本県の島原半島温泉岳（北緯32度48分）となる。垂直分布は、北緯36度線付近では、おおよそ海抜 700 m から1800m のあいだにある。

試料は、長野県木曽郡にある王滝営林署管内の崩沢地区から入手した円盤標本８点である。平均年輪数は 186層とあまり多くない。年輪パターンで比較したところ、28通りの組み合わせにおいて、伐採年を重ね合わせた位置で t 値が最高となり、平均は 6.8となる。最低は試料№7と№8とあいだの 3.6である（表Ⅲ—33）。この結果からすると、サワラは古年輪学研究の材料になりうる、と判定してよいだろう。

クロベもまた、ヒノキ科に属する日本特産の常緑針葉樹で、ネズコの別称がある。その天然分布は、北限が青森県西津軽郡の下深浦猿ノ沢付近の国有林（北緯40度46分）にあり、南限は高知県香美郡のアオザレ山と上韮山の国有林（北緯33度47分）になる。垂直分布は、北緯30度線付近では、おおよそ海抜1000m から2000m のあいだにある。

試料は、長野県木曽郡にある王滝営林署管内の須沢国有林で採取した年輪数230層の１点、同じく長野県飯田市の飯田営林署管内の飯田国有林の年輪数222層の１点、計２点の円盤標本のみである。伐採年で重ねあわせたたときの t 値は 2.7と低い。試料数がわずか２点であり、これだけでは古年輪学研究の材料としての適否は判断しかねる。なお、同一円盤標本上の測線別の年輪データのあいだの t 値は、須沢国有林試料では 2.9と低いが、飯田国有林試料では9.4とかなり高い。

アスナロも日本特産の常緑針葉樹である。その天然分布は、北限が青森市の穴川沢国有林（北緯40度53分）にあり、南限は鹿児島県大隅半島の高隈山（北緯31度30分）である。垂直方向では、北緯36度付近でおおよそ海抜 600m から1500m のあいだに多く分布している。試料は長野県木曽郡の上松営林署管内から入手した年輪数301層と335層の円盤標本２点である。そのあいだの t 値は伐採年で重ねあわせたときに最高の 6.2となる。

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8
1	(250)	6.3	7.7	7.0	10.9	7.3	6.4	7.1
2	(182)		6.5	6.3	8.1	6.2	5.6	5.8
3	(210)			5.4	8.5	7.2	5.1	5.9
4	(172)				7.9	6.6	5.3	7.9
5	(250)					10.3	5.7	8.2
6	(111)						4.8	6.0
7	(170)							3.6
8	(140)							—

表Ⅲ—33　長野王滝サワラ８点の年輪パターンのあいだの t 値

コウヤマキも日本特産の常緑針葉樹である。天然のコウヤマキは、北限は福島県耶麻郡の九才坂峠と安座山（北緯37度37分）にあり、長野県から岐阜県にまたがる木曽地方、岐阜県飛騨地方、紀伊半島中央部、岡山県から広島県西部、高知県西南部、宮崎県中央部の下三財川流域と、広く断続的に分布し、宮崎県の北緯32度5分が南限となる。垂直方向では、北緯36度付近においておおよそ海抜 700m から1500m にかけて生育する。コウヤマキは、さきに述べたように、古年輪学、とくに年輪年代法の応用研究において大きな可能性を秘めた樹種である。しかし、天然林の現生木試料の入手が容易でない難点がある。

試料No.（年輪数）	2	3	4
1　(237)	7.4	6.2	8.7
2　(124)		5.8	7.2
3　(108)			5.4
4　(123)			—

表Ⅲ－34　長野王滝コウヤマキ4点の年輪パターンのあいだの t 値

入手できた試料は、長野県木曽郡の王滝営林署管内の樽沢地区から採取した4点の円盤標本である。この4点6組の組み合わせの結果（表Ⅲ－34）では、t 値が 3.5以下の場合がなく、平均しても 6.8と高い。他の産地と比較ができないのが残念だが、この状況からすれば、コウヤマキもまた古年輪学研究の対象になりうる、と判断してよいだろう。

ツガは、日本と韓国の鬱陵島とに産する常緑針葉樹で、天然分布は、北限が福島県東白川郡の八溝山国有林（北緯36度50分）、南限は鹿児島県の屋久島（北緯30度）にある。垂直方向の分布は北緯36度付近でおおよそ海抜 350m から1600m にかけての範囲である。

ツガの試料も長野県木曽郡の王滝営林署管内の樽沢地区から採取した2点の円盤標本のみである。年輪数は160層と262層、かなりの樹齢差があるが、そのあいだの相関関係をはかる t 値は13.9と高い。

ミズナラは、落葉性のナラ類に属し、日本各地に広く分布している。高齢樹もある。これまでとりあげてきたものはすべて針葉樹であったが、これは広葉樹である。ヨーロッパの研究では、この種のナラ類が古年輪学研究の主要な調査研究対象になっている。日本ではどうだろうか。

試料No.（年輪数）	2	3
1　(119)	7.0	12.8
2　(100)		11.6
3　(110)		—

表Ⅲ－35　青森川内ミズナラ3点の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.（年輪数）	2	3
1　(150)	5.0	2.4
2　(422)		4.4
3　(370)		—

表Ⅲ－36　青森乙供ミズナラ3点の年輪パターンのあいだの t 値

ミズナラの試料は、青森県下北郡にある川内営林署管内から5点、同じく乙供営林署管内から5点、計10点の円盤標本を入手した。しかし、両営林署の各2点、計4点の標本は、肉眼観察によって確認できるほど年輪が大きく乱れており、この検討からは除外した。したがって、試料は6点である。

川内営林署管内の3点の試料は、年輪数がほぼ100層であり、他の樹種にくらべると少ないが、3点のあいだでは、t 値は 7.0から12.6までと高い（表Ⅲ—35)。しかし、乙供営林署管内の3点では、 3.5以下の t 値になる組み合わせもある（表Ⅲ—36)。この両営林署管内の採取地相互のあいだの距離はわずか65kmしか離れていない。その試料群の平均値パターンを伐採年位置で重ねあわせたところ、t 値は 1.6ときわめて低く、両試料群のあいだに相関関係は認められなかった。川内試料の樹齢が若いことや試料数が少ないことが原因なのかもしれないが、むしろ、ミズナラでは、年輪が狭い地域の固有の環境の変化を敏感に反映しており、広範囲に有効な標準パターンの作成が困難である、と考えるべきかもしれない。しかし、狭い範囲の地域において年輪気象法の研究をおこなうときには、あるいは有効な材料になるのかもしれない。ともあれ、今後さらに検討していきたい。

ブナは、日本の落葉広葉樹を代表する樹種であり、北海道の渡島半島から鹿児島県の大隅半島の高隈山まで広く分布している。しかし、青森県下から収集した15点の円盤標本を肉眼観察すると、年輪の変異が多数確認できるものがあり、比較的正常に生育している年輪をもつものは、下北郡川内営林署管内1点、十和田市三本木営林署管内2点、下北郡乙供営林署管内2点、計5点にとどまった。複数の試料が得られたものでは、三本木の2点は年輪数が169層と153層で、そのあいだの t 値は6.6となり、乙供の315層と133層の2点のあいだの t 値は 4.6となる。これら3か所の採集地のあいだでも相関関係のあることが確認できた（表Ⅲ—37)。この状況からみると、ミズナラより広い範囲で有効な標準パターンの作成が可能なのかもしれない。

ブナには、しかし、別の問題がある。周期的に大発生するブナアオシャチホコによってブナの樹葉は食害をうける。この食害が年輪形成に影響している可能性がある。ブナの年輪パターンは過去のこの害虫の発生状況を知る手がかりをあたえるかもしれない。興味深い問題だ。ともあれ、そのためには、正常に形成された年輪試料を多数収集し、標準パターンを作成することがまず必要である。

採取地	（年輪数）	試料数	乙　供	三本木	距離(km)
川　内	(157)	1	4.6	5.8	0
乙　供	(315)	2		5.1	65
三本木	(169)	2		—	90

表Ⅲ—37　採取地3か所のブナの年輪パターンのあいだの t 値

Ⅳ　暦年標準パターンの作成

古年輪学研究はすべてが暦年標準パターンの作成からはじまる、といってよい。暦年標準パターンは、伐採年の明確な現生木から作成した標準パターンを起点とし、それに古建築部材や遺跡出土品から作成した標準パターンを連鎖して、現代から過去に遡求しながら作成していく。これが一般的な手順だ。

日本は樹木の国である。その多数の樹種のなかで最初に暦年標準パターンを作成すべきはどれか。年輪幅変動の状況や試料の入手状況など、これまでの経験からすれば、当然それはヒノキである。ヒノキの暦年標準パターンは1984年から先端が前317年までのびているものが現在完成している。このヒノキの暦年標準パターンがスギとコウヤマキの暦年標準パターンの作成を可能にした。スギでは、1986年から1779年に先端をおく現生木から作成した暦年標準パターンのほかに、それとは500年間ほどの不連続期間をおいて、1285年から先端が405年までのびる暦年標準パターンと255年から前420年にのびる平均値パターンとができている。さらに、コウヤマキについても741年を起点にして186年までのびた暦年標準パターンがあり、そのさきに697層からなる標準パターンが遊離して暦年の決定を待っている。これら暦年標準パターン作成作業には、9年の歳月を費やした。

A　ヒノキの暦年標準パターンの作成

1　現生木による暦年標準パターンの作成

ヒノキの現生木による暦年標準パターンの作成に使用した試料は、前章の基礎的検討の際に試料とした木曽の長野上松産17点、同三浦産13点、裏木曾にあたる岐阜付知産15点、同小坂産15点、計60点で、すべて今回の研究のために収集した円盤標本である。それにくわえて、3点の大型標本の年輪データを使用した。第1は、925層の年輪をもつ農林水産省名古屋営林支局保管の大円盤標本1点で、1954年9月に付知営林署で伐採したもの。長径240cmを測る。ただし、この標本は外側が削りとられており、残存する最外年輪がいつのものか、確定できない［岡村1965、嶋倉1979］。第2は1984年の秋に岐阜県恵那郡の付知営林署管内で伐採された長径95cmの円盤標本1点で、836層の年輪をもつ。第3は、岐阜県高山測候所長だった山沢金五郎が1930年に『檜年輪調査成績』として公表した802層の木曾ヒノキの年輪データ（10分の1mmまで測定）である。この3点をくわえると、暦年標準パターンの作成に供した試料は総数63点になる。

前章の検討から判明したように、木曾ヒノキと裏木曾ヒノキの年輪パターンのあいだには完全に近いほどの相関関係がある。まず、この木曾ヒノキ30点と裏木曾ヒノキ30点、計60点の年輪データを同一年の年輪ごとに平均値を算定した。これによって1507年から1984年までの478層分の暦年標準パターンが作成できた。ただし、60点すべてのデータが重なっている範囲は1791年から1984年までの194年分のみである。1791年より古い部分は、さかのぼるほどデータ数が少なくなり、また、樹幹の中心部分、すなわち若齢期に形成された年輪のデータで多くなる。

農林水産省名古屋営林支局に保管されている大円盤標本では、樹心から4方向に測線を設定し、各測線にそって年輪幅を計測、それを同一年ごとに平均し、925層からなる平均値パターンを作成した。この平均値パターンは、さきの暦年標準パターンと比較したが、照合が成立する位置を検出することができなかった。そこで、478層からなる暦年標準パターンのうち、複雑な変動をしめしている樹幹の中心部分、すなわち若齢期に形成された年輪データ部分を削除して、樹皮に近いほうの1721年から1984年までの264層の部分のみをとりだし、それと比較してみた。その結果、この試料の残存最外年輪が暦年標準パターンの最終年である1984年から51層さかのぼった位置、すなわち1933年の位置で両者の照合が成立することが判明した。この照合位置における t 値は5.1であった。名古屋営林支局保管の大円盤標本に残る年輪は、1009年から1933年にかけて形成されたものといえる。

第2の836層の年輪をもつ付知営林署管内試料も暦年標準パターンとのあいだで8.3の t 値をしめす強い相関関係にあることが確認できた。その年輪は1149年からはじまって伐採年の1984年までに形成されたものである。この試料と名古屋営林支局保管試料の年輪パターンとを照合したが、そこでも名古屋営林支局試料の年輪が1933年に下限をもつものであることが確認できた。t 値は10.2と高い。

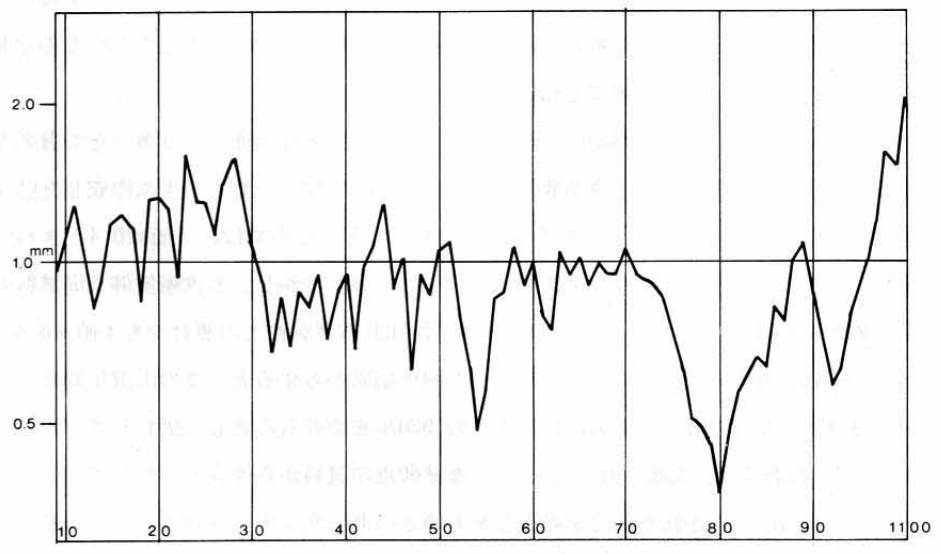
山沢金五郎計測の802層の年輪データは、これまでも古年輪学研究者のあいだで有名なものだった。このデータが暦年標準変動パターンの作成に役立つか。さきに作成した暦年標準パターンの1721年から1984年までの部分と照合したところでは、t 値は0.4ときわめて低く、両者のあいだでは有意な相関関係が成立しない。しかし、名古屋営林支局試料の年輪パターンとの照合では、t 値は5.8であり、付知営林署試料との照合でも t 値が6.4となって、相関があることを確認した。これらの照合結果からすると、この山沢年輪は1118年から1919年のものである。従来は1119年から1920年までのものとして扱われてきたが、誤りである［西岡1972、高橋1979］。しかし、なぜ60点の試料から作成した暦年標準パターン、その若齢期に形成された部分を除去したものとのあいだでも、有意な相関関係が成立しないのか。今後の検討をまちたい。

以上の検討から、名古屋営林支局試料、付知営林署試料、山沢年輪データのいずれも暦年標準パターン作成に有効なデータを提供するものと判断できるので、60点の現生木試料に加え、総計63点の年輪データによって、1009年から1984年までの976年分の平均値パターンを得ることができた。このうち、暦年標準パターンとみなしうる15点以上の試料データから構成されている部分は、1695年から1983年までである。とくに、1663年以前の部分では、わずか３～４点のデータしかない。

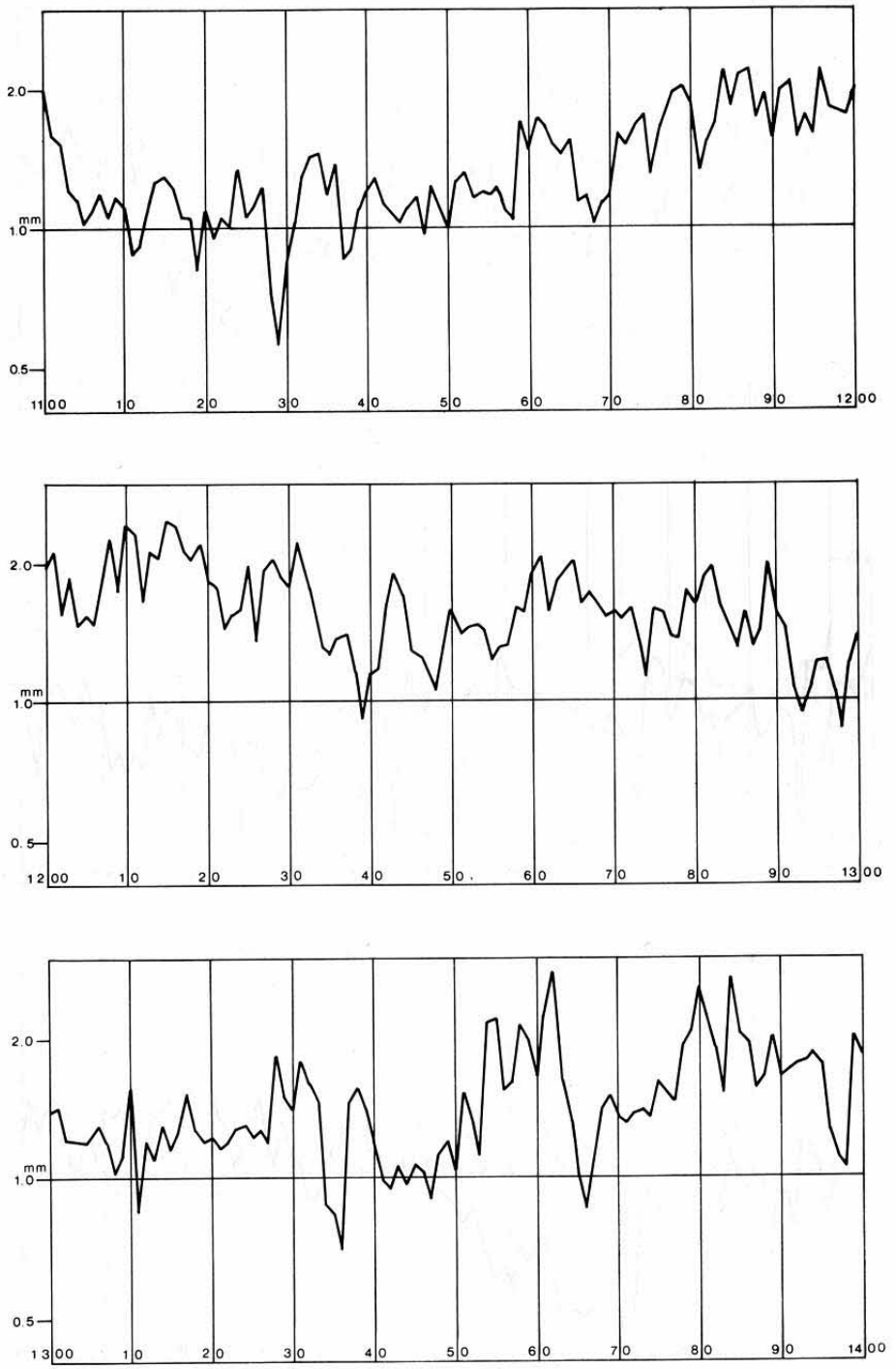
1009年から1984年までの平均値パターングラフをみると、1009年から1700年ごろにかけての部分（図Ⅳ－１～３）では、それ以降のグラフ（図Ⅳ－４）とくらべると、振幅の大きい激しい変動状況がみられる。これは平均した試料数の差に起因している。新しい時代の部分は、平均する年輪データ数が多く、個体の年輪幅の変動が除去され、振幅の少ない年輪パターングラフとなっている。

現生木から作成した平均値パターンでは、指標年輪部はどれだけ検出できるのか。指標年輪部については、Ⅱ章Ｂ－３で説明した。この指標年輪部が木曾ヒノキ30点と裏木曾ヒノキ30点、計60点の試料を通じて検出できるのはわずかに１か所、1973―４年部分のみであった。しかし、試料のうち90％以上に共通する傾向がみられるものにまで基準をゆるめると、13か所の指標年輪部が検出できる（図Ⅳ－５）。そのうち、前年の年輪幅から減少しているものが７か所、増加しているものが６か所となり、ほぼ同数である。

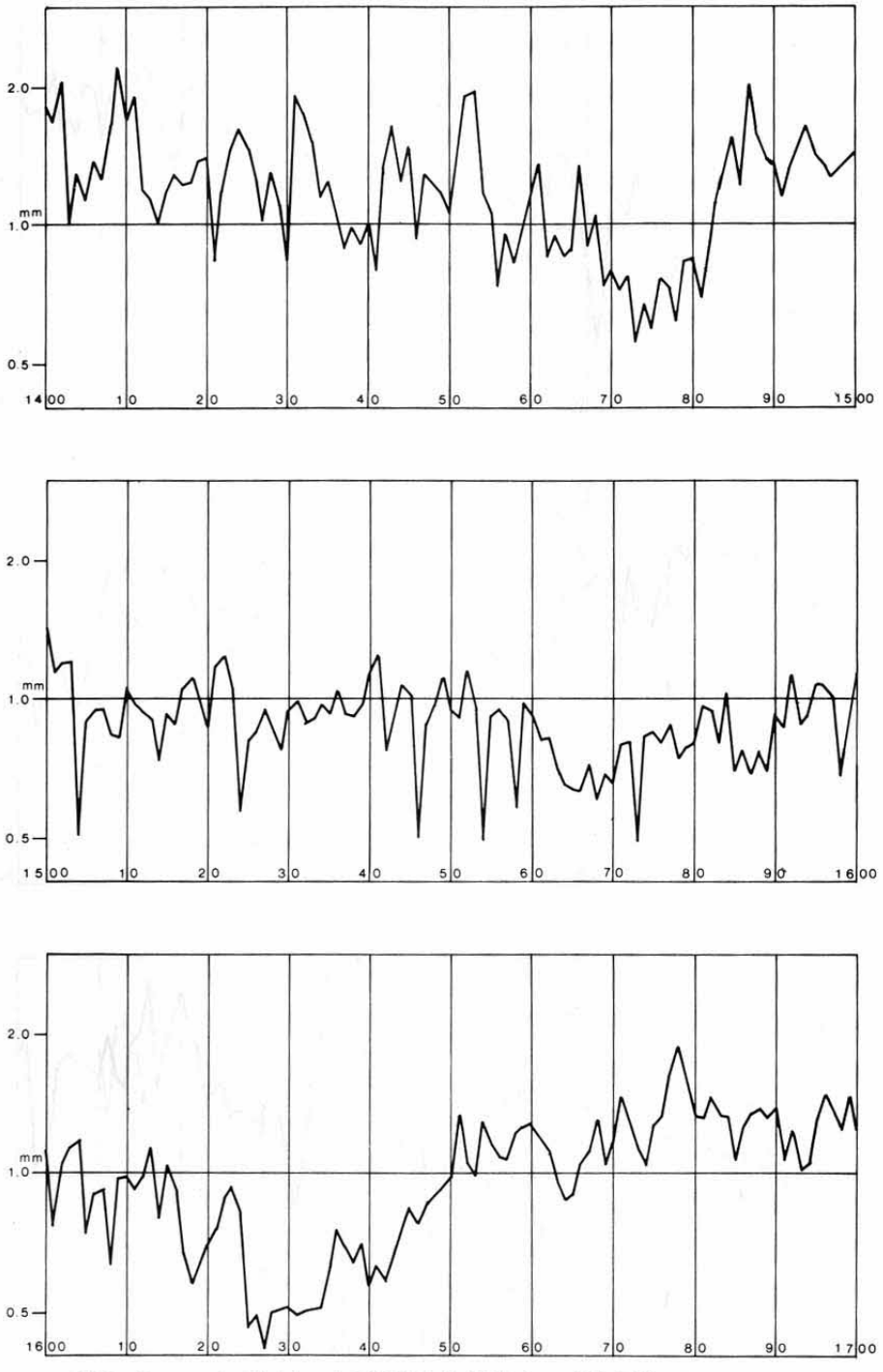
こうして作成できた現生木による暦年の定まった標準パターンを**ヒノキの暦年標準パターンA**と呼ぶことにする。



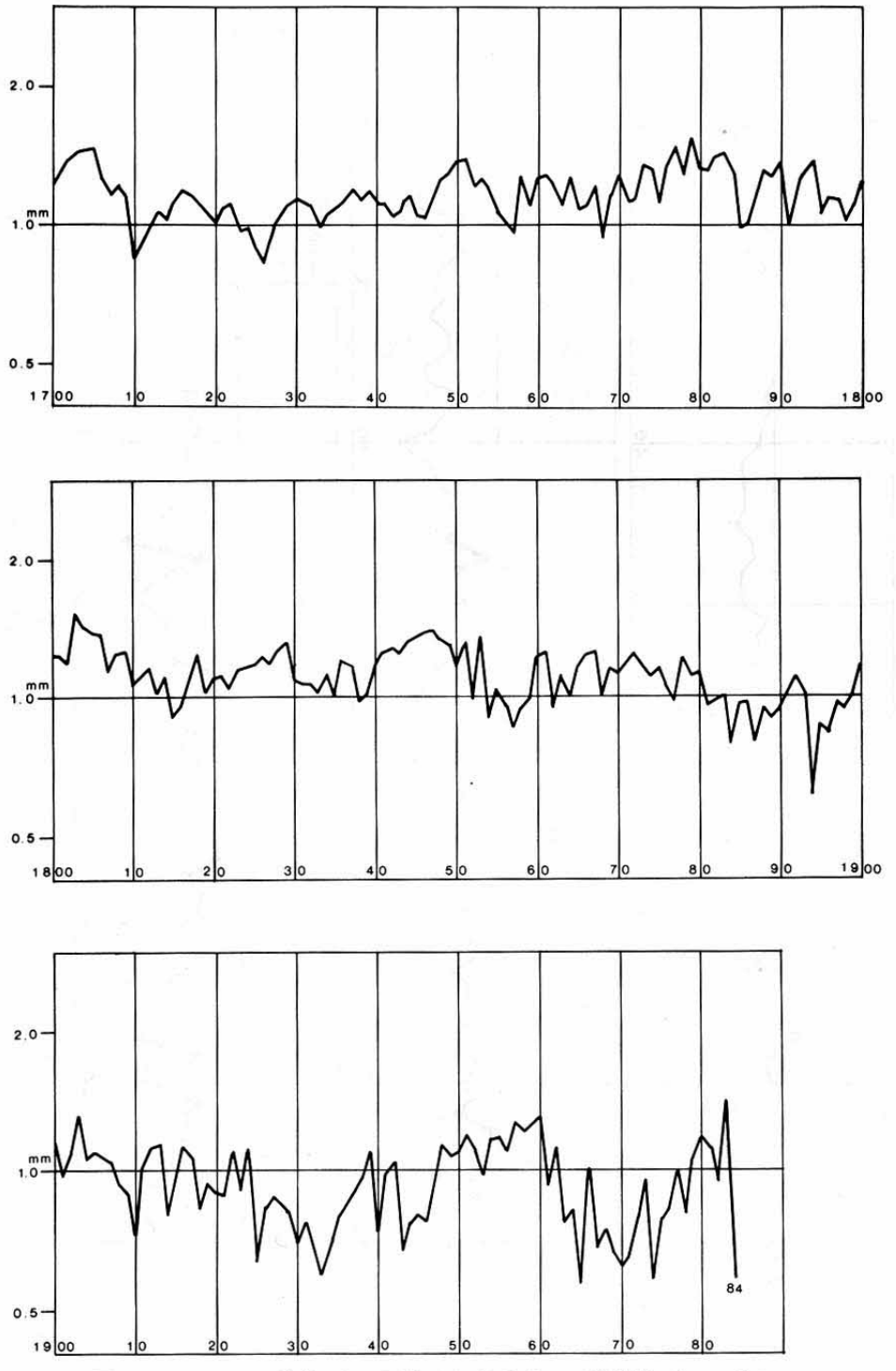
図Ⅳ－１　ヒノキの現生木による1009年から1100年までの暦年標準パターングラフ



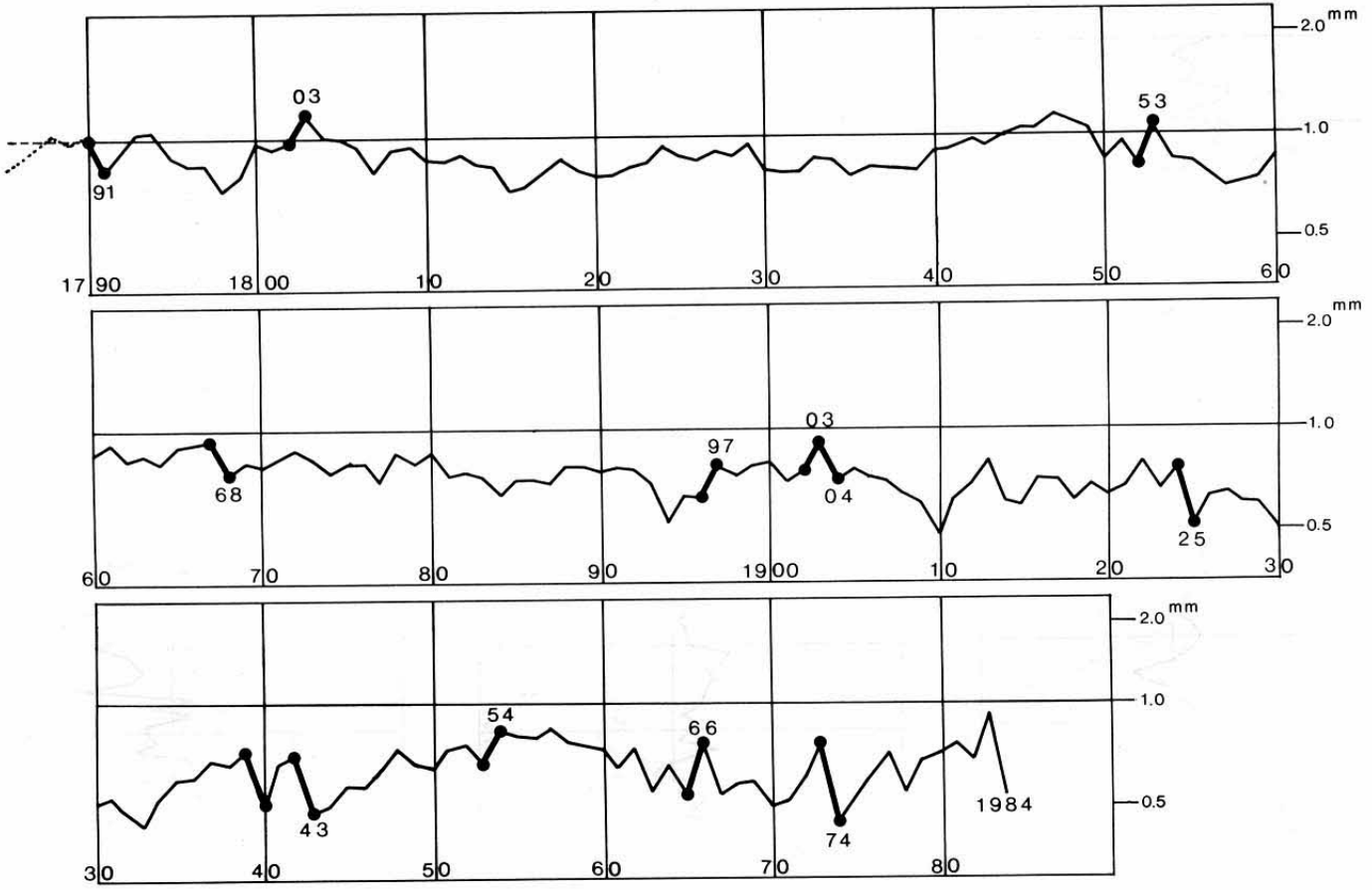
図Ⅳ－2　ヒノキの現生木による1100年から1400年までの暦年標準パターングラフ



図Ⅳ－3　ヒノキの現生木による1400年から1700年までの暦年標準パターングラフ



図Ⅳ－4　ヒノキの現生木による1700年から1984年までの暦年標準パターングラフ



図Ⅳ－5　ヒノキの現生木による暦年標準パターングラフAにおける指標年輪部　(－) 1790－1, 1867－8, 1903－4, 1924－5, 1939－0, 1942－3, 1973－4
(＋) 1802＋3, 1852＋3, 1896＋7, 1902＋3, 1953＋4, 1965＋6

2　ヒノキの暦年標準パターンの補強と延長

現生のヒノキによって1984年から先端が1009年まで延びるヒノキの暦年標準パターンAが作成できた。この先端の部分は試料数が多くない。それを補強し、さらに古くに暦年標準パターンを延長するためには、伐採年不明の古建築部材や遺跡出土品を試料とすることになる。

試料としては、樹種を同定してヒノキであることを確認し、年輪密度の高いものを選定する。つぎに、同一建物ないし同一遺跡のなかの試料相互のあいだで年輪パターンを比較、良好な相関関係にあって照合が成立する試料を選別して、それらの年輪データから平均値パターンを作成する。15点以上の試料があれば、これは標準パターンになる。この平均値パターンないし標準パターンをすでに作成済みの暦年標準パターンと照合する作業に進む。Ⅲ章の検討の結果、同一採取地の複数の試料の平均値パターンのあいだには高い相関関係があることが確認できている。さらに、同一建物に使われていた部材や同一遺跡からの出土材は、同じ産地や近接した産地から供給されたものが多いと推察できる。また、試料各1点ごとに作成できる年輪パターンと照合するのではなく、年輪データを平均した平均値パターンと暦年標準パターンとを比較するほうが照合の成立する可能性がはるかに高い、とみるからである。

ここで採用する照合方法は、Ⅲ章と同じであるが、再度簡単に説明しておこう。2点の試料の年輪パターンのうち、まず年輪層数の多いほうを基準にして、それに残る1組の年輪データを1層ずつずらしながら重複し、そのたびごとに相関係数を求める。この相関係数によって t 値を算定する。この t 値をみて、それが3.5以上になるすべての重複位置と t 値が最高になる重複位置とを検出する。t 値に3.5以上のものがない場合には、t 値が最高になる重複位置を1か所検出しておく。現生木の年輪パターンの照合の場合では、当然だが、伐採年を基準にして重複させた位置で t 値が最高になるのが普通である。同一個体から複数の年輪データを計測できる試料であれば、その平均値パターンを作成して照合すると、高い t 値で合致位置が確認できることがあるが、これからとりあげる試料は、伐採年は不明だし、現生木のように円盤の形で標本を入手できるものはほとんどない。したがって、同一個体からは一方向の年輪データしか計測できないことが圧倒的に多い。1組の年輪データから作成した年輪パターンの照合では t 値が高くなるとは限らない。

t 値が3.5以上ないし最高値になった重複位置で2点の試料の年輪パターングラフを重ね合わせ、目視でその重複状況を観察する。t 値が3.5から4.5まであたりの値をしめす組み合わせでは、両者が正しく重複しているかどうか、断定しがたい場合も少なくない。この場合、重複部分がおよそ100層以上になっているかどうか、それを調べ、100層以下の組

み合わせでは、採用しないことにする。また、t値が5.0以上になるような場合でも、かならず目視によって年輪変動パターングラフの重複状況を確認することにしている。こうして、年輪パターンを良好に照合できた試料について、合致した年輪層ごとに年輪データの平均値を算定、それによって平均値パターンを作成する。これが古建築部材や遺跡出土品の平均値パターンになる。これが作成できると、既成の暦年標準パターンとそれを照合する。暦年が確定していない平均値パターンに暦年を確定し、暦年標準パターンを補充し、延長する作業である。この照合作業もこれまでとほぼ同じである。目視によって標準パターングラフと比較するときには、指標年輪部が手がかりになる。

a　奈良東大寺二月堂参籠所の部材による暦年標準パターンの作成

重要文化財に指定されている奈良東大寺二月堂参籠所は、柱に刻まれた大永2(1522)年の落書と建築様式から、室町時代の創建と推定されている。この建物は1981年4月から1984年6月にかけて解体修理工事が実施された［奈良県教委1984］。このとき廃材となった部材断片を今回の研究の試料とすることができた。

試料は、天井や羽目に使用されていた柾目の板材で、樹種はヒノキ、点数は34点である。年輪幅はこの板材の木口切断面を調整して直接計測した。年輪が最も多いものは494層、最少は95層で、平均191層、標準偏差は93である。561通りの試料のあいだの年輪変動パターンの照合の結果、相互に相関関係がある3群（Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ）にわかれることが確認できた。Ⅰ群は19点、Ⅱ群は5点、Ⅲ群は10点である。

この3群のなかで、それぞれの試料相互の組み合わせでt値が最高になったものをまとめると（表Ⅳ－1～3）、Ⅰ群で最大のt値は試料№6と№18とのあいだの20.9、最小は試料№3と№8とのあいだの3.1であった。この3.1の位置における照合も、他の試料との組み合わせによって、正しいことを確認している。

ただし、試料相互の組み合わせにおいて最高のt値になった位置ですべての照合が成立したとはかぎらない。最高のt値をしめした位置で年輪パターングラフを目視で比較検討すると、明らかに照合不成立のものがでてくる。照合が成立しないものは、表の数字の右肩に＊印をつけておいた。この照合不成立の最大のt値は試料№5と№15のあいだの5.4であり、最小のt値は試料№18と№19とのあいだの2.6である。5.4のようなかなり高いt値でもその位置での照合が成立しないとなると、照合作業はコンピュータ操作によるt値の検出結果だけに頼ることができない。試料№10と№11のあいだでもt値が5.3と高いが、この位置では照合は成立しない。その原因はなにか。この2例でみると、1層分ずつずらしながら重複させて相関係数を算定するとき、2組の年輪データのその重複部分が、前者の場合では24層分、後者では52層分と、極端に少ない。このように、照合する年輪データ

数が少ない場合に高い t 値を検出することが少なくない。この経験から照合部分の年輪データ数が少なくとも100層分以上あるかどうか、その点も照合作業の注意項目の１つとなった。

t 値が最高になる位置で年輪パターンの照合が成立しなかった組み合わせでは、t 値が3.4以下だったのは38組、t 値が3.5から3.9のあいだにあったのが33組、4.0から4.9のあいだが20組であった。照合が成立した組み合わせでは、t 値が3.4以下は１組のみ、3.5から3.9のあいだにあったのもわずかに３組、4.0から4.9のあいだの t 値をしめしたのは21組、5.0以上の高い t 値になったのは56組もあった。問題になるのは、t 値が3.5から4.9のあいだにあるもののうち、照合が成立したものが24組であったのに対して、照合不成立組が53組もあることだ。この場合、他の試料との組み合わせでの年輪パターングラフの検討結果を参考にして照合の成立と不成立を再吟味している。このような作業の結果、Ⅰ群では、171通りの組み合わせのうち、80組について照合成立を確認できたが、残る91組については、照合は成立しなかった。

照合が成立したⅠ群では、平均値パターンを作成した。Ⅱ群とⅢ群についても同様な作業をおこなった。平均値パターンは、Ⅰ群では試料19点で629層、Ⅱ群では５点で294層、Ⅲ群では10点で166層からなる。この３組の平均値パターンを照合した結果では、Ⅰ群の平均値パターンの第435層から第629層の部分とⅡ群の294層からなる平均値パターンの樹心に近い部分、すなわち古く形成された194層分の部分とが照合可能であることが確認できた。その t 値は4.7である。したがって、Ⅱ群の平均値パターンでは、樹皮に近いほうの100層分がこの照合成立部分からはみだして、新しいことになる。さらに、Ⅰ群の平均値パターンとⅢ群のそれとを照合した結果では、Ⅲ群の平均値パターンの最終年輪がⅠ群の最終年輪より77層分古くさかのぼった位置で照合が成立することが確認できた。この t 値は8.8と高い。以上の結果から、34点の年輪データを平均することによって、729層からなる平均値パターンが完成した。

この729層分の平均値パターンを作成ずみの現生の木曾ヒノキによるヒノキの暦年標準パターンＡと照合する作業がつぎにはじまる。それによって、729層分の平均値パターンはヒノキの暦年標準パターンＡの1027年から1755年の位置で照合が成立することを確認、その t 値は9.2と高かった。この２組の標準パターンによって、11世紀から現代にいたる暦年標準パターンが確立できた。

この東大寺二月堂参籠所部材による暦年標準パターンを**ヒノキの暦年標準パターンＢ**と呼ぶことにする。なお、Ⅰ群試料19点の629層からなる平均値パターンのうち、試料10点以上の年輪データが重複している部分は1355年から1573年であるが、その部分で検出でき

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	(494)	5.8	3.6*	3.5*	3.5*	8.2	7.1	5.0	4.0*	5.2	4.3*	6.2	4.3*	3.3*	5.3	3.7*	3.2*	5.7	3.1*
2	(308)		7.9	4.4	4.1	6.6	12.7	12.6	5.1	9.8	4.2	17.4	5.9	5.3	7.4	4.4*	4.5	3.7*	6.1
3	(217)			6.7	18.1	4.4	3.6*	3.1	4.7	4.4	3.1*	6.1	4.7	4.8	5.4	4.6	6.1	3.0*	7.3
4	(224)				12.3	3.8*	3.2*	3.5*	3.8*	3.6*	3.6*	2.9*	3.8*	3.4*	5.4	4.2	4.7	3.1*	4.7
5	(221)					3.7*	3.1*	3.6*	4.7	3.3*	3.0*	4.3*	4.4	4.0	5.4*	5.4	6.5	3.7*	5.7
6	(269)						8.9	8.2	3.7*	7.7	2.8*	6.5	3.5*	3.9*	3.6*	2.9*	3.2*	20.9	3.4*
7	(357)							16.1	4.2*	16.2	4.5*	17.5	4.2*	3.5*	3.4*	3.9*	3.8*	6.5	3.4*
8	(340)								3.4*	12.2	3.1*	15.2	4.6	3.3*	3.2*	3.2*	3.0*	6.6	3.2*
9	(120)									3.4*	3.1*	4.8*	4.0*	5.1	3.6*	3.5*	14.9	3.0*	4.3*
10	(312)										5.3*	17.9	4.5*	4.4*	3.7*	3.7*	4.6*	4.6	3.2*
11	(231)											3.4*	6.8	8.1	3.7*	6.8	2.7*	3.2*	3.6*
12	(324)												4.2*	3.4*	3.5*	3.0*	3.6*	3.8*	3.4*
13	(336)													13.0	4.4	10.1	3.5	3.5*	5.4
14	(230)														4.3	14.2	3.6	4.2*	6.8
15	(212)															5.9	3.9*	3.6*	5.7
16	(182)																3.5*	3.6*	6.1
17	(118)																	3.8*	4.4
18	(171)																		2.6*
19	(185)																		—

表Ⅳ－1　東大寺二月堂参籠所部材Ⅰ群の年輪パターンのあいだの t 値　＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

試料No.（年輪数）		2	3	4	5
1	(229)	5.4	6.4	4.0	3.9
2	(110)		12.3	14.3	14.1
3	(133)			10.1	10.6
4	(95)				17.4
5	(96)				——

表Ⅳ－2　東大寺二月堂参籠所部材Ⅱ群の年輪パターンのあいだの t 値

試料No.（年輪数）	2 (132)	3 (105)	4 (103)	5 (146)	6 (141)	7 (106)	8 (119)	9 (96)	10(95)
1 (106)	9.7	9.4	9.0	9.8	11.5	13.0	10.9	9.3	11.9

表Ⅳ－3　東大寺二月堂参籠所部材Ⅲ群の年輪パターンのあいだの t 値、

(－)	1355－6,	1369－0,	1371－2,	1388－9,	1503－4,	1553－4,
	1567－8,	1569－0,	1572－3			
(＋)	1356＋7,	1357＋8,	1368＋9,	1383＋4,	1393＋4,	1398＋9,
	1423＋4,	1554＋5				

表Ⅳ－4　東大寺二月堂参籠所部材による暦年標準パターンBの指標年輪部

た指標年輪部は、17か所、前年から次年へ年輪幅が減少する傾向になったところは9か所、増加傾向になったところは8か所であった（表Ⅳ－4）。

東大寺二月堂参籠所は、天井裏にあった修理棟札の記載から、天明6(1786)年と明治37(1904)年に修理されていることが判明している。今回の調査成果からすると、試料とした天井や羽目の板材は、天明修理のときの後補材である可能性が高い、とみている。

b　愛知清洲城下町遺跡出土品による暦年標準パターンの作成

清洲城は尾張領主となった織田信長の居城であり、その遺跡は愛知県西春日井郡にある。この城は、それよりさき15世紀はじめに築かれており、慶長15(1610)年には廃滅している。近年その城下町遺跡において発掘調査が実施されており、その多数の出土品のなかには、古年輪学研究の好試料となる年輪密度の高い柾目のヒノキの薄板を加工した木製品類がある。そのなかから、今回の研究の試料として、遺存状態の良好な曲物容器7点と折敷6点、計13点を選んだ。この試料について、まず樹種がヒノキであることを確認したのち、年輪幅を計測した。最多年輪層をもつものは485層、最少は107層、平均243層、標準偏差121である。これら13点の試料の年輪パターンを照合し、最高の t 値になる位置で年輪パターングラフを目視で確認、78通りの組み合わせのうち40組で照合が成立する結果を得た（表Ⅳ－5）。なお、表中の t 値の右肩の＊印は、この t 値の位置では照合が成立し

なかったことをしめしている。

この13点の年輪データを平均して841層分の平均値パターンを作成し、これとヒノキの暦年標準パターンAとを比較した結果、ヒノキの暦年標準パターンAの1009年から1591年のところで両者の照合が成立することを確認した。その t 値は9.9と高い。841層の年輪パターンの先端はさらに古く延びて751年まで到達していることになる。なお、さきに東大寺二月堂参籠所の部材で作成したヒノキの暦年標準パターンBとの照合結果もこれと矛盾しない。その t 値は6.3であった。

清洲城下町遺跡出土品は、試料とした点数は多くないが、他の暦年標準パターンとの照合が成立しているので、一応それによって作成できた平均値パターンを暦年標準パターンの一部とみなすこととし、**ヒノキの暦年標準パターンC**と呼ぶことにする。

13点の試料で作成した年輪パターンのうち、ほぼ半数の6点以上の試料データが重複している部分は、1313年から1492年までだが、そのなかで指標年輪部は26か所検出できた。前年から次年に減少傾向にあるもの12か所、増加傾向が14か所だった（表Ⅳ－6）。

試料No.	（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	折　敷	(205)	7.9	10.4	4.2	7.4	7.8	7.6	5.1	3.4*	2.5*	2.9*	3.4*	3.2*
2	折　敷	(131)		14.4	4.9	6.6	5.6	4.9	2.9*	3.9*	3.5*	3.4*	3.1*	3.4*
3	曲物底	(201)			5.4	6.9	6.0	6.8	4.6	4.3*	3.0*	3.8*	3.4*	3.5*
4	折　敷	(118)				5.8	6.4	6.0	4.0*	4.4*	2.9*	3.4*	3.0*	2.9*
5	折　敷	(107)					4.8	5.2	5.2	4.2*	4.0*	3.4*	3.0*	3.5*
6	曲物底	(405)						10.7	10.2	6.2	6.1	8.4	4.2*	3.4*
7	折　敷	(208)							6.6	3.6*	4.5	3.1*	4.0*	3.3*
8	曲物底	(420)								4.8	5.7	6.7	4.4	3.4*
9	曲物底	(485)									3.9*	9.8	5.8	6.8
10	折　敷	(123)										5.6	2.9*	5.0*
11	曲物身	(250)											4.3	3.6*
12	曲物底	(190)												6.6
13	曲物身	(313)												—

表Ⅳ－5　清洲城下町遺跡出土品13点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

(－)	1333－4, 1445－6,	1351－2, 1466－7,	1401－2, 1481－2,	1420－1, 1485－6,	1433－4, 1490－1	1436－7,	1443－4,
(＋)	1336＋7, 1446＋7,	1383＋4, 1452＋3,	1392＋3, 1458＋9,	1421＋2, 1460＋1,	1435＋6, 1465＋6,	1437＋8, 1471＋2,	1444＋5, 1478＋9

表Ⅳ－6　清洲城下町遺跡出土品による暦年標準パターンCの指標年輪部

C　広島草戸千軒町遺跡出土品による暦年標準パターンの作成

広島県福山市を流れる芦田川の川底に草戸千軒町遺跡がある。ここは中世に栄えた寺院の門前の町であり、瀬戸内海の港町でもあったが、17世紀の大洪水で壊滅し、遺跡となった。この遺跡で発掘調査がはじまったのは1961年から。多量の木製品が出土しており、そのなかから今回の研究の試料として、鼻緒5点、曲物底板3点、折敷9点、計17点を選定した。鼻緒とは、大型の材木の先端に運搬用の縄を懸けるために孔をあけ、運搬後は不要になったので、孔のあいている先端部を切り捨てたもの。樹種は、もちろんすべてヒノキである［広島県草戸千軒町研究所1980、1985］。

試料No.（年輪数）		2	3	4	5
1	(247)	20.5	5.2	10.1	4.2*
2	(243)		6.1	10.7	3.8*
3	(239)			7.3	3.6*
4	(249)				3.1*
5	(158)				—

表Ⅳ－7　草戸千軒町遺跡出土鼻緒5点の年輪パターンのあいだの t 値　＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

5点の鼻緒は、平均年輪数227層、標準偏差39、年輪パターンの照合の結果、試料№5のほかは高い t 値の位置で照合することができた。しかし、試料№5は、いずれの試料のあいだでも t 値が低く、目視でも照合に成功しなかった（表Ⅳ－7）。そこで、この試料№5を除外して、4点の試料の年輪データで323層分の平均値パターンを作成した。

鼻緒以外の12点の木製品では、最多年輪数は516層、最少年輪数は163層、平均年輪数は272層で、標準偏差は103であった。その年輪パターンを相互に比較した結果、66通りの組み合わせのうち、t 値が最高の位置で照合が成立したものは51組だった（表Ⅳ－8）。最高の t 値の位置で照合不成立の組み合わせが多い試料№4も、試料№5および№12とのあいだで照合が可能であることを確認した。この12点の試料の年輪データすべてを使用して、572層の平均値パターンを作成した。

この572層分の平均値パターンとさきの鼻緒4点の平均値パターンのあいだでは、後者の最終年輪が前者の最終年輪から76層古くさかのぼった位置で照合が成立し、t 値は10.9と高い。こうして、この2組の平均値パターンを合成して572層からなる平均値パターンが作成できた。

この572層からなる平均値パターンとさきの清洲城下町遺跡出土品13点による841層の平均値パターンとを比較した結果、草戸千軒町遺跡の平均値パターンの最終年輪が清洲城下町の平均値パターンの最終年輪から269年古くさかのぼった位置で照合可能であることが確認できた。572年分の年輪変動パターンは751年から1322年のものなのだ。この照合位置での t 値は9.1と高い。では、東大寺二月堂参籠所部材による平均値パターンとの照合はどうか。どちらも年輪形成年が判明しているパターンだから、その位置で照合すれば、高

い t 値で照合が成立するはずだ。しかし、最高の t 値は3.3、有意な相関関係にあるとは判定しがたい。草戸千軒町遺跡木製品の年輪変動パターンは東大寺参籠所部材のそれとは異質なものらしい。

なお、試料16点で作成した751年から1322年までの平均変動パターンのなかで、半数の8点以上の試料の年輪データが重複しているのは、950年から1197年までの部分だが、その部分で26か所で指標年輪部を検出できた。前年から次年に減少したものが12か所、増加しているのが14か所であった（表Ⅳ－9）。

d　京都鳥羽離宮跡出土品による暦年標準パターンの作成

11世紀から12世紀にかけて、白川、鳥羽の両上皇が離宮としたのが鳥羽離宮であった。京都市南部にあるその広大な遺跡では、1960年から発掘調査がおこなわれており、出土遺物も多い。そのなかから角柱材1点と井戸枠材5点を選択し、暦年標準パターン作成の試料とした。いずれもヒノキである。

この6点の試料では、最多年輪数は角材の569層、年輪数が最も少ないのは井戸枠材の試料№6の177層、平均年輪数227層、標準偏差は35である。これら6点の試料の年輪パターンの比較の結果、15通りの組み合わせのうち、試料№2と№5の1組では、最高の t 値の位置で照合が成立しなかったが、その他は照合が可能であった（表Ⅳ－10）。ただし、試料№2と№5も他の位置で照合が成立している。

これら6点の試料の年輪データの平均値パターンは611層からなる。これを草戸千軒町遺跡出土品による572層の暦年平均値パターンと比較、その両者は751年から1122年の位置で照合が成立した。t 値は10.4と高い。鳥羽離宮跡出土品の年輪パターンは512年から1122年のものになる。さらに、この鳥羽離宮跡出土品による平均値パターンと愛知県清洲城下町遺跡出土品による751年から1591年までの841層からなる暦年平均値パターンと照合したところ、751年から1122年の位置で照合が成立した。t 値は4.7である。鳥羽離宮跡出土品による平均値パターンの年代は、2組の暦年平均値パターンとの照合によって暦年が確定できたのである。

この鳥羽離宮跡出土品による平均値パターンは、しかし、東大寺二月堂参籠所部材による1027年から1755年までのヒノキの暦年標準パターンBや現生木による1009年から1984年までのヒノキの暦年標準パターンAとのあいだでは、照合成立位置が確定できなかった。この点は草戸千軒町遺跡出土品による平均値パターンと同じである。おそらく原木の産地が異なっているため、年輪パターンの照合が成立しなかったのであろう。

鳥羽離宮跡出土品による611層からなる平均値パターンと草戸千軒町遺跡出土品による572層の平均値パターンとのあいだでは、照合成立位置の t 値も10.4と高い。そこで、こ

No.	試料	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	折　敷	(167)	4.7	4.6	3.4*	5.9	6.3	3.5*	4.3	4.5	5.4	4.2	5.5
2	曲物底	(243)		5.6	3.0*	4.7	5.6	6.6	3.5*	5.5	6.2	7.8	7.7
3	折　敷	(209)			3.6*	11.8	8.0	6.9	3.7	8.2	7.1	6.4	10.0
4	折　敷	(294)				4.0	3.1*	3.1*	4.1*	5.0*	4.4*	3.9*	5.3
5	折　敷	(269)					9.6	7.4	5.3	9.8	7.6	5.6	11.5
6	折　敷	(203)						7.3	5.2	8.9	7.2	5.3	6.7
7	折　敷	(163)							3.8*	6.7	5.6	5.8	8.4
8	折　敷	(239)								5.4	4.9*	3.8*	6.3
9	折　敷	(516)									7.4	8.5	9.5
10	曲物底	(204)										4.5*	5.5
11	曲物底	(320)											7.9
12	折　敷	(439)											—

表Ⅳ－8　草戸千軒町遺跡出土品12点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

(－)	954－5, 1030－1,	963－4, 1065－6,	977－8, 1119－0,	980－1, 1130－1,	985－6, 1165－6	998－9,	1004－5,
(＋)	949＋0, 1026＋7,	957＋8, 1113＋4,	970＋1, 1120＋1,	973＋4, 1138＋9,	986＋7, 1178＋9,	999＋0, 1181＋2,	1005＋6, 1191＋2

表Ⅳ－9　草戸千軒町遺跡平均値パターンにおける指標年輪部

No.	試料	(年輪数)	2	3	4	5	6
1	井戸枠材	(222)	3.6	5.7	6.4	4.0	5.6
2	井戸枠材	(203)		4.3	5.1	3.1*	5.1
3	井戸枠材	(197)			6.4	4.1	4.2
4	井戸枠材	(242)				5.6	6.6
5	井戸枠材	(177)					4.2
6	角　材	(569)					—

表Ⅳ－10　鳥羽離宮跡出土品6点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

(−)	943−4,	948−9,	963−4,	977−8,	985−6,	998−9,
	1065−6,	1130−1,	1165−6			
(+)	949+0,	986+7,	1026+7,	1120+1,	1128+9	

表Ⅳ−11　暦年標準パターンDの指標年輪部

の2組の年輪データを合わせ、512年から1322年までの811層からなる平均値パターンを作成した。ここで作成した平均値パターンは、暦年も確定できているので、**ヒノキの暦年標準パターンD**と呼ぶことにする。このなかで、ほぼ半数の12点以上の試料の年輪データが重複している933年から1168年までのあいだでは、14か所の指標年輪部を検出、減少傾向のものが9か所、増加傾向が5か所であった（表Ⅳ−11)。

e　奈良平城宮跡出土品による暦年標準パターンの作成

平城宮跡は、710年から784年までの70余年間にわたる日本の首都、平城京の中枢部である。その遺跡は奈良盆地の北寄りにあり、1959年に始まったその発掘調査は現在も継続している。それによって発見された遺構や遺物は厖大であり、そのほとんどは8世紀のものであり、一部に9世紀のものも含んでいる。われわれが古年輪学研究を開始するきっかけの1つもこの厖大な出土品のなかの木製品にあった。そのなかから試料として、柱根2点、礎板類3点、曲物類12点、木皿1点、井戸枠材4点、計22点を選びだした。最も年輪数が多いのは、試料№17の444層、最も少ないのは№2の176層、平均年輪数は316層、標準偏差は82である。もちろんすべてヒノキ材である。

試料22点の相互の組み合わせ231通りのうち、最高の t 値の位置で年輪パターンの照合が成立したのは138組、不成立は93組である（表Ⅳ−13)。不成立のものも他の重ねあわせの位置で照合可能であること確認している。この結果から875層からなる平均値パターンが作成できた。この平均値パターンにおいて、試料11点以上で同じ変動傾向をしめす指標年輪部は5か所、すべて減少傾向のものであった（表Ⅳ−12)。

この平城宮跡出土品による平均値パターンをさきの草戸千軒町遺跡および鳥羽離宮跡の出土品による512年から1322年にいたるヒノキの暦年標準パターンDと照合したところ、両者は512年から838年のあいだで照合が成立することが判明した。t 値は11.1と高い。平城宮跡出土品による平均値パターンの下限は838年にあり、上限が前37年になる。ただし、そのあいだで年輪データ数が15点以上になっている部分は、419年から639年にかけての220層である。ともあれ、この平城宮跡出土品による暦年の定まった平均値パターンを**ヒノキの暦年標準パターンE**と呼ぶことにする。

(−)	353−4,	515−6,	548−9,	568−9,	609−0

表Ⅳ−12　平城宮跡出土品による暦年標準パターンEの指標年輪部

No. 試　料（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1 曲　物（333）	4.8	4.9	4.8	3.7*	3.3	4.1*	4.6	3.6*	4.1*	3.2*	4.2*	4.5	4.1*	3.8*	3.7*	3.2*	3.3*	3.6	3.7*	3.8*	3.6*
2 曲　物（176）		4.5	3.9*	3.4*	3.3*	3.8*	3.2*	3.4*	4.5*	3.7*	3.8*	3.7*	4.5*	3.7*	3.3*	4.6*	3.3*	2.9*	4.0*	3.2*	3.6*
3 木　皿（224）			3.8*	3.2*	3.6*	3.9*	4.5	4.3	6.8	3.3	3.5*	3.4*	3.4*	3.1*	3.3*	3.8*	3.0*	3.0*	3.1*	3.1*	3.2*
4 曲　物（276）				6.9	6.4	4.3	4.8	7.2	5.0	3.7*	5.7	4.8	6.0	4.1	4.8	4.0	4.9	3.7	3.0*	3.6*	3.2*
5 曲　物（262）					4.4	4.3*	4.2	5.6	3.7	3.7*	10.3	4.7	5.1	4.4	4.5	5.7	3.9	3.9	3.5*	4.5*	3.3*
6 井戸枠材（315）						6.6	8.6	10.5	8.1	7.2	5.0	6.4	6.3	4.3	5.7	3.5*	5.7	4.2	6.3	3.6	3.9*
7 曲　物（326）							3.6	8.5	6.2	5.9	4.0	4.3	5.1	3.9	4.5	3.5	6.1	4.1	5.5	3.8*	3.4*
8 曲　物（231）								5.9	5.4	3.6	3.6*	3.5*	4.1	3.6*	4.1*	3.9*	3.8	5.4*	4.1	3.0*	4.0*
9 曲　物（279）									6.9	5.2	4.9	5.4	7.8	3.7	5.6	6.5	5.9	3.5	3.8	3.1*	4.1*
10 礎　板（429）										6.4	5.6	6.0	6.3	5.1	6.2	3.6*	5.4	4.2	3.4*	3.3*	3.5*
11 曲　物（430）											7.4	5.4	10.0	6.2	8.3	5.9	8.0	3.8	10.5	5.2	4.2*
12 柱　根（326）												5.7	7.4	7.1	6.4	8.1	6.6	4.3	5.0	4.1	3.7*
13 曲　物（211）													6.8	4.6	5.2	4.3	6.2	12.2	5.2	3.7*	3.4*
14 井戸枠材（378）														4.5	4.9	6.7	9.7	3.8	5.9	6.9	3.5*
15 柱　根（297）															6.5	4.2	4.0	4.2*	3.4*	3.4*	3.5*
16 井戸礎板（221）																4.1	5.7	3.2*	4.8	3.3*	3.2*
17 礎　板（444）																	5.8	3.7*	5.3	5.9	5.6
18 井戸枠材（429）																		3.6*	9.4	6.1	6.2
19 曲　物（224）																			3.8*	3.3*	4.1*
20 井戸枠材（423）																				5.1	4.9
21 曲　物（307）																					8.2
22 曲　物（407）																					—

表Ⅳ—13　平城宮跡出土品22点の年輪パターンのあいだの t 値　＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

f　西暦紀元前における暦年標準パターンの延長

ヒノキの暦年標準パターンは先端が前37年まで延びているものがひとまず作成できた。その後、新しい試料を収集し、その年輪幅を計測する作業を続行してきたが、その結果、それをさらに前317年まで延長することができた。試料は、平城宮跡の下層から出土した板材をはじめ、7か所の遺跡からの出土品11点である。すべてヒノキ。そのうち、試料№11は、長野県下伊那郡上郷町で堰堤工事中に地下6mから出土した埋木から切りとった円盤標本である。通常の遺跡の出土品でない点は他と異なる。直径約40cm、腐朽が進んでおり、辺材部がはっきりとは確認できない。そのほかは、弥生時代から古墳時代の遺跡から出土した加工材である。

計測した年輪は、最も多いものが平城宮跡下層出土品の426層、最少は三重北堀池遺跡出土品の112層、平均193層で標準偏差は103となり、ばらつきがやや大きい。この11点の試料の年輪パターンを照合し（表Ⅳ－14)、目視で年輪パターングラフを比較確認した結果、それぞれのあいだで照合が成立し、11点の試料から575層の平均値パターンが作成できた。ただし、その先端部分と末端部分は試料数も少なくなって、最後には1点のみとなる。とくに先端の150層ほどの部分は長野県上郷町出土の埋木試料の樹心に近いところの年輪データのみであり、しかもこの部分の年輪には乱れがあって、状況が決してよくない。ともあれ、この平均値パターンはさきの平城宮跡出土品による875層のヒノキの暦年標準パターンEの前37年から258年までの部分と照合することができた。そのt値は5.2。この平均値パターンは前317年から258年までのものである。試料数が11点であって、多くないし、先端部がとくに薄弱であることからすれば、標準パターンとするにはやや躊躇せざるをえないが、今後それを補強し、延長できることを期待して、ひとまず、この平均値パターンを**ヒノキの暦年標準パターンF**と呼んでおこう。

No.	遺跡名（年輪数）	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	奈良・平城宮（426）	5.3	5.8	6.4	7.9	4.9	6.1	9.0	5.3	5.4	5.6
2	奈良・平城宮（126）		6.0	3.9	7.1	3.5*	7.5	3.5*	3.7*	3.9*	2.6*
3	奈良・平城宮（125）			2.9*	7.6	3.0*	4.5	5.3	4.6	3.9*	3.3*
4	奈良・平城宮（122）				3.3*	5.3	5.3	4.7	4.7	4.4	5.1
5	大阪・信太山（168）					3.3	6.0	3.8*	3.9*	3.0*	2.9*
6	和歌山・鳴神（168）						3.6*	3.2	3.8*	3.6*	3.8*
7	奈良・磯城島（189）							3.4	3.4	3.9*	4.2
8	奈良・磯城島（195）								3.1	6.2	4.3
9	三重・北堀池（112）									3.7*	4.3
10	和歌山・田屋（138）										4.4*
11	長野・上郷町（392）										—

表Ⅳ－14　弥生、古墳時代の遺跡出土品11点の年輪パターンのあいだのt値
＊：このt値の位置で照合不成立をしめす

B　スギとコウヤマキの暦年標準パターン

ヒノキ以外の樹種については、それが古年輪学研究の対象となりうるかどうか、前章で検討した。その検討によって可能と判断できた樹種では、それぞれ樹種ごとに暦年標準パターンを作成することが望ましい。しかし、現実には、長期にわたるそれらの暦年標準パターンの作成は、試料収集の点で容易ではない。そこで考えられることは、一樹種、ここではヒノキだが、その暦年標準パターンが他の樹種の年輪年代研究に応用できないか、この点である。もしそれが可能であれば、古年輪学の応用研究は格段の広がりをみせることになろう。この点を考慮しながら、ここでは、まず各種の樹種の年輪パターンのあいだで照合が成立するかどうか、それを検討した。

1　同一地域産の異なった樹種の年輪パターンの関係

ここでは、長野県産のヒノキ、サワラ、アスナロ、クロベ、コウヤマキ、ツガの6樹種、青森県産のヒノキアスナロ、ミズナラ、ブナの3樹種について、長野県と青森県のそれぞれで採取した試料によって異なった樹種の年輪パターンを比較する。試料はすべて前章でとりあげたもので、年輪パターンの照合には、それらの平均値パターンを使用した。

長野県産の試料によると、日本における古年輪学研究の主要樹種になるヒノキと他の5樹種との年輪データ照合結果では、いずれも高い t 値が得られる（表Ⅳ—15)。目視によっても、照合の成立が確認できる。ただし、サワラ以外は試料点数があまりにも少なく、今後さらに検討することが必要である。

われわれがここでとくに注目したいのはコウヤマキである。すでに紹介したように、奈良国立文化財研究所には、平城宮跡出土品を中心に600点以上の古代の掘立柱の柱根を保管している。その柱根の樹種は、ヒノキについでコウヤマキが多い。あるいは、コウヤマキは古く棺材に使用されており、弥生時代や古墳時代では、試料として入手できるものは、ヒノキにならんで、あるいは、それ以上にコウヤマキが多い。しかし、一方では、コウヤマキは、現生木試料や平安時代以降の古建築部材や遺跡出土品による試料の入手は決して容易でない。したがって、現生木を起点にして長期のコウヤマキの暦年標準パターンを作成することは容易でない。しかし、ヒノキとコウヤマキの年輪データとのあいだに相関関係があり、さらに両者の年輪パターンのあいだで照合が成立すれば、試料の多い原始古代のコウヤマキの暦年未確定の標準パターンを作成し、それをヒノキの暦年標準パターンと照合することによって、この遊離しているコウヤマキの標準パターンに暦年をあたえることができる。今回のヒノキとコウヤマキの年輪パターンの比較では、その可能性はあ

る、とみている。

青森県産のヒノキアスナロ、ミズナラ、ブナについても同様の検討をおこなったが、その結果ははかばかしいものではなかった（表Ⅳ－16)。この３樹種のなかでは、年輪パターンの照合はほとんど不可能である。ヒノキアスナロとミズナラ、ブナは、常緑針葉樹と落葉広葉樹の違いがあって、気候に対する反応が異なっているのであろう。ミズナラとブナは、気候に対する反応に差があるだけでなく、ブナに固有の害虫であるブナアオシャチホコによるの被害がその年輪形成のリズムを破壊している可能性も考えられる。

2　異なった地域の異なった樹種の年輪パターンの関係

ここでは、ヒノキ、スギ、ヒノキアスナロの３樹種をとりあげる。これらの樹種が日本列島のどの範囲のなかで同じような変動をする年輪を形成しているのか、あるいは、形成していないのか、それを知ることが目的である。

試料は、すべて前章でとりあげたものであり、南から鹿児島屋久島産のスギ、高知魚梁瀬産のスギとヒノキ、三重尾鷲産のヒノキ、長野と岐阜産のヒノキ、岩手川井産のヒノキアスナロ、秋田県の藤里と秋田産のスギ、青森のヒノキアスナロとなる。それらの相互の年輪パターンの照合には、それぞれの平均値パターンを使用した。

前章で紹介したように、鹿児島屋久島産スギと高知魚梁瀬産スギとは似かよった年輪パターンをもっているが、鹿児島屋久島産のスギと約500㎞離れた高知魚梁瀬産のヒノキとのあいだにおいても、平均値パターンの照合可能な状況が成立している（表Ⅳ－17)。それは鹿児島屋久島産スギと高知魚梁瀬産のスギのあいだ以上に高い t 値をしめす関係にある。また、高知魚梁瀬産のスギと同地産のヒノキにも t 値が10.4になる関係がある。しかし、鹿児島屋久島産のスギの平均値パターンは、いまのところ約680㎞離れた三重尾鷲産のヒノキの平均値パターンとのあいだでは照合可能な関係にはない。試料数をさらに増加して検討する必要があろう。

この高知魚梁瀬産のスギの平均値パターンは、400㎞以上離れた長野県や岐阜県のヒノキの標準パターンと有意な相関関係にあり、照合が成立することが確認できた。しかし、この魚梁瀬産のヒノキ６点の平均値パターンと秋田県内のスギ17点の平均値パターンとのあいだでは、t 値が3.1となり、有意な相関関係は認められない。ところが、秋田県のなかの秋田営林署管内産のスギ10点の223層分の年輪データのうち、樹皮に近い83層分の部分と、魚梁瀬産のこれまた同じく樹皮に近い部分のみの年輪データとを照合すると、伐採年で合致させた状況で最高の t 値4.3が検出できた。若年時に形成された樹木の樹心部を避け、樹皮に近い部分の年輪データでは、照合が可能になる場合があることをしめしてい

樹　種	試料数	(年輪数)	サワラ	アスナロ	クロベ	コウヤマキ	ツガ
ヒ　ノ　キ	30	(321)	9.9	5.3	8.0	4.9	7.7
サ　ワ　ラ	8	(250)		4.0	7.5	5.1	7.3
アスナロ	2	(235)			2.5	2.9	4.7
ク　ロ　ベ	1	(222)				2.6	5.2
コウヤマキ	4	(237)					3.9
ツ　　ガ	2	(262)					—

表Ⅳ－15　長野県産の6樹種の年輪パターンのあいだの t 値

樹　種	(年輪数)	試料数	ミズナラ	ミズナラ	ブナ
ヒノキアスナロ	(218)	39	0.2	1.0	0.0
ミ　ズ　ナ　ラ	(119)	3		1.6	0.1
ミ　ズ　ナ　ラ	(422)	3			1.0
ブ　　ナ	(315)	5			—

表Ⅳ－16　青森県産の4樹種の年輪パターンのあいだの t 値

No.	産　地	樹　種	(年輪数)	試料数	2	3	4	5	6	7	8	距離(km)
1	屋久島（鹿児島）	ス　ギ	(289)	4	5.6	7.1	2.5	1.7	0.4	0.0	0.0	0
2	魚梁瀬（高知）	ス　ギ	(245)	7		10.4	5.9	4.8	2.0	1.8	2.8	500
3	魚梁瀬（高知）	ヒノキアスナロ	(218)	6			8.8	5.7	1.9	3.1	2.2	500
4	尾　鷲（三重）	ヒノキアスナロ	(201)	6				6.3	1.6	2.3	2.1	680
5	木曾・裏木曾（長野・岐阜）	ヒノキアスナロ	(264)	60					4.7	4.5	4.8	900
6	川　井（岩手）	ヒノキアスナロ	(174)	7						4.0	4.8	1440
7	秋田・藤里（秋田）	ス　ギ	(162)	20							6.8	1400
8	下北・津軽（青森）	ヒノキアスナロ	(218)	39							—	1500

表Ⅳ－17　異なった地域の異なった樹種の年輪パターンのあいだの t 値

るのだろう。ちなみにそのあいだの距離は約900kmある。今後の検討課題の１つである。

長野県と岐阜県のヒノキ60点の平均値パターンは、約540km離れた岩手県産ヒノキアスナロや約500km離れた秋田県のスギ、約600km以上離れた青森県産ヒノキアスナロなどの平均値パターンと照合すると、いずれも伐採年で合致させた位置で最高の t 値となり、有意な相関関係があって照合が成立した。

このように、採取地別に異なった樹種のあいだで照合可能かどうか、検討してくると、ヒノキ、スギ、ヒノキアスナロがきわめて広い範囲で似かよった年輪パターンを形成していることが明らかになってきている。さきに作成したヒノキの長期にわたる暦年標準パターンによって、スギやコウヤマキなど他の樹種の遊離している標準パターンに暦年をあたえることができる可能性が開けているのだ。

3　スギの暦年標準パターン

日本列島におけるスギの植生分布はヒノキより広い。各地の遺跡の出土品でもスギの製品は多い。製品だけではない。秋田県由利郡仁賀保町から象潟町にかけて、その地下にはスギの森林が埋没している。鳥海山の爆発によって発生した泥流のなかに埋没したものとされている。この種のものも古年輪学研究の好個の試料になる。それらを綜合してスギの暦年標準パターンが作成できれば、それを応用した研究は広範なものになることが期待できる。

a　スギの現生木による暦年標準パターンの作成

スギの暦年標準パターンはまず現生木の試料によって作成した。試料は前章で使用した秋田県の藤里営林署管内試料10点と秋田営林署管内試料10点である。

秋田藤里試料の10点のあいだの照合成立位置の t 値の平均が7.5であり、秋田秋田産のそれの6.1より高いことは、すでに前章の検討で判明している（表Ⅲ－28、29）。この点に着目し、秋田藤里試料の10点の年輪データを平均し、それによって伐採年を起点とした暦年平均値パターンをまず作成した。この暦年平均値パターンを基準として、秋田秋田試料10点について、伐採年で重ねあわせた位置で１点ずつ照合したところ、試料№１、試料№３、試料№５とのあいだの最高 t 値だけが3.5以下になる。そこで、これらの試料を削除し、残る７点と秋田藤里試料10点とをあわせた17点の年輪データを綜合して、平均値パターンを作成、それを暦年標準パターンとして**スギの暦年標準パターンA**と呼ぶこととした。これは1779年から1986年までの208層からなっているが、標準パターンとみなしうる15点以上の年輪データが重複している部分は1858年から1983年までの126年分である。この間の指標年輪部は８か所、前年から次年へ減少傾向になるものは、1880－1、1899－0、

1966－7、1977－8、増加傾向をしめすものは、1879＋0、1889＋0、1944＋5、1949＋0である。

高知魚梁瀬産のスギの年輪パターンと鹿児島屋久島産のそれとのあいだでは、照合が成立している（表Ⅲ－32)。ただし、高知魚梁瀬産の試料では、試料№4と№5との組み合わせでは低い t 値がでる傾向がうかがわれたので（表Ⅲ－30)、この2点を除いた7点から平均値パターンを作成した。これまた、伐採年が判明しているから、暦年をあたえることができるものであり、1771年から1986年までの216層にあたる。この間で7点の年輪データが重複している部分は1826年から1986年の161層である。

鹿児島屋久島産のスギでは、前章の試料4点の年輪データによって987年から1988年の1002年間分について平均値パターンを作成した。4点の年輪データが重複している部分は1443年から1988年までの546層である。今後、高知魚梁瀬産品とともに試料を増加し、両者を綜合した南国のスギの暦年標準パターンを作成したいものである。

b　東北地方の遺跡出土品と古建築部材によるスギの暦年標準パターンの作成

スギの標準パターン作成の試料となった遺跡出土品と古建築部材は、山形県と秋田県、岩手県の3県にわたっている。

山形県下の試料は、酒田市や鶴岡市とその周辺地域の出土品であって、主なものは井戸側に使用した大型の曲物14点、ほかに曲物の底板や折敷など4点、計18点がある。これら試料では、標本を採取することなく、すべて年輪幅を柾目面から直接計測した。年輪数が最も多いものは試料№6の292層、最も少ないもので試料№10の121層、平均年輪数は212層、標準偏差53.7であった。これらの試料の年輪パターンを比較したところでは、153通りの組み合わせのうち、それぞれ最高の t 値をだした位置で照合が成立したものは85組であり、そのほかは最高の t 値以外の位置で照合が成立した（表Ⅳ－18)。そのなかで、試料№16と№17、№18の3点相互のあいだでは照合が成立したが、その他の試料とのあいだでは照合が成立しなかった。これら3点の試料は他の15点の試料とは別群に属する。

以上の照合結果をもとにして、試料№16、№17、№18の3点を除いて、15点の試料から427層の平均値パターンを作成した。除外した3点からも別に290層の平均値パターンを作成しておいた。

秋田県では、おもに古建築部材を試料とすることができた。最初は秋田県平鹿郡大森町にある波宇志別神社神楽殿の壁板8点（試料№1～8）である。いずれもスギの柾目板であり、年輪計測のために取りはずし、そこから直接年輪幅を計測することができた。第2は秋田県北秋田郡鷹巣町の胡桃館遺跡のものである。ここでは、平安時代中期に洪水によって埋没した家屋がきわめて良好な保存状況で地下から発見されている。これら埋没家

No.	遺跡名	試料	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	城輪柵跡	井戸側	(244)	9.7	5.0	4.2	8.4	6.2	5.0	7.2	4.4	4.2	5.1	4.9	4.4	4.5	4.9	3.1*	4.4*	3.7*
2	不　明	井戸側	(269)		5.0	4.5	7.8	6.0	5.4	7.6	6.0	10.1	6.4	7.1	8.5	6.1	3.6*	3.9*	2.8*	3.5*
3	大　楯	井戸側	(171)			5.1	7.0	5.4	3.8	5.1	4.0	3.3	2.7*	3.1*	3.0*	3.3*	3.7*	3.2*	4.2*	4.1*
4	大　楯	井戸側	(188)				6.3	3.3*	3.9*	2.8*	3.5*	3.8*	3.2*	3.7*	3.0*	4.6*	3.2*	4.1*	3.2*	4.2*
5	大槻新田	井戸側	(290)					9.9	5.8	8.7	6.0	8.4	5.6	5.6	5.7	5.2	5.3	3.0*	3.4*	3.6*
6	下餅山	井戸側	(292)						4.6	8.8	4.3	7.9	4.7	6.1	5.2	5.1	4.3	3.2*	3.9*	3.8*
7	上曽根	曲物底	(179)							7.8	3.8	6.3	5.1	4.7	3.9	5.0	3.5*	2.7*	3.3*	3.1*
8	豊　原	井戸側	(256)								4.8	8.9	6.3	7.6	7.9	5.4	3.7	2.8*	3.6*	3.6*
9	大　楯	折　敷	(129)									3.9	3.3	4.0	3.0*	3.6	3.0*	2.8*	3.4*	2.8*
10	手蔵田	井戸側	(220)										7.7	7.7	11.5	8.4	8.1	3.5*	4.2*	3.3*
11	大　楯	井戸側	(163)											3.4	5.4	3.7*	3.8*	2.9*	2.6*	4.0*
12	(不明)	井戸側	(261)												5.5	5.8	2.9*	4.7*	5.8*	3.1*
13	大　楯	井戸側	(181)													5.7	3.8*	2.4*	2.8*	3.6*
14	大　楯	井戸側	(189)														3.7	2.6*	3.0*	3.0*
15	中京田	曲物底	(157)															3.1*	2.6*	3.1*
16	手蔵田	井戸側	(289)																6.3	5.3
17	生　石	曲物底	(151)																	5.4
18	大槻新田	板　材	(178)																	—

表Ⅳ－18　山形県の遺跡出土品18点の年輪パターンのあいだの t 値　＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	(283)	28.8	7.7	10.8	6.1	17.3	9.1	13.0	4.3*	3.7
2	(301)		7.1	9.1	5.3	11.7	3.1*	4.8	3.8*	3.3*
3	(322)			8.5	11.7	8.3	9.7	13.4	3.7*	4.2
4	(296)				7.5	14.5	5.9	5.6	4.4*	3.2*
5	(291)					5.0	8.8	10.4	4.8	3.6*
6	(223)						3.7*	3.6*	3.7*	3.3
7	(183)							9.1	4.8	3.4
8	(218)								4.1*	4.3
9	(235)									7.3
10	(184)									—

表Ⅳ—19 秋田県の建造物部材等10点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

屋の部材は、現在、胡桃館埋没建物収蔵庫に保管されており、そのなかから試料として、扉板1点、机の天板1点を選定（試料№9、10）、年輪幅を計測した。秋田県下の以上10点の試料で、最も年輪数が多いのが試料№3の322層であり、最少年輪数は試料№7の183であって、平均年輪数は254、標準偏差は50.9である。

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5
1	(195)	14.1	8.0	3.5	3.7
2	(228)		6.6	3.8	3.2
3	(221)			5.4	5.0
4	(194)				24.2
5	(193)				—

表Ⅳ—20 岩手県出土の井戸部材5点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

これらの秋田県下の試料10点、45通りの組み合わせで年輪パターンを比較した（表Ⅳ—19）。その最高 t 値をみると、試料№1と№2の組み合わせで非常に高い28.8となっている。この2点の試料は同じ原木からとったものかもしれない。また、この2点には、辺材部が試料№1では26層分、№2では38層分残存していた。この t 値を手がかりに目視でパターングラフを比較した結果でも、照合が成立することが確認できたので、それによって534層の平均値パターンを作成した。

岩手県下の遺跡からは、江刺市愛宕の落合Ⅲ遺跡から出土したスギ材の井戸側等の部材5点を試料として、年輪幅を計測した。この井戸は、厚さ7㎜ほどのスギの柾目の薄板を直径約50㎝ほどの筒状に曲げ、それを積み重ねて井戸側としたものだった。そのうちで年輪が最も多かったのは試料№2の228層、最も少ないものは試料№4の193層で、平均年輪数は206層、標準偏差は16.9である。これら試料5点10組の組み合わせのうち、2組では最高の t 値の位置でも照合が成立しなかったが、他の組み合わせでは照合成立位置が確認できた（表Ⅳ—20）。試料№4と№5のあいだでは、照合成立位置の t 値が24.2と高く、同じ原木から取った材であるかもしれない。ともあれ、これによって341層からなる平均

値パターンが作成できた。

以上の年輪パターンの照合作業の結果、ひとまず３組の東北地方のスギの平均値パターンが作成できた。この３組のうち、山形県の試料による平均値パターンと秋田県のものとを比較したところ、山形県の平均値パターンの第１層から第337層との部分と秋田県の第198層から最末端までの部分とを重ね合わせた位置で照合が成立することを確認、また、山形県の平均値パターンの第１層から第326層までの部分と岩手県の平均値パターンの第16層から最末端までの部分とで照合が成立することが確認できた。この照合位置における t 値は、それぞれ最高になって9.8と9.9であった。これによって、照合成立部分の年輪幅を平均した624層からなる標準パターンが作成できた。

この624層の平均値パターンは、古い時代の年輪パターンだろうが、しかし、暦年はまだ未確定で、遊離している。東北地方のスギの現生木からは、さきに記したように、1779年から1986年までの208層からなるスギの暦年標準パターンＡができている。しかし、それに連鎖し、それをより古くまで延長する試料の探索は継続してきているが、まだ成功していない。そこでヒノキの暦年標準パターンとの照合の方法が登場する。本章Ｂ－２で検討したように、現生の木曽ヒノキと現生の秋田スギは、あいだに500km 以上もの距離がありながら、有意な相関関係にあることが確認できた。そこで、木曽系ヒノキの年輪パターンをもつ東大寺二月堂参籠所部材で作成したヒノキの暦年標準パターンＢとこの遊離したスギの標準パターンを比較したところ、そのあいだで照合が成立した。ヒノキの暦年標準パターンＢは1027年から1755年までのものであり、その1027年から1285年の部分と遊離していた624層からなるスギの標準パターンの第366層から最終末層までの部分とが最高の5.8の t 値で照合が成立したのだった。これによって、遊離していたスギの標準パターンは、1285年から先端が662年に延びるものであることが確定できた。

ｃ　東北地方のスギの暦年標準パターンの延長

秋田県仙北郡仙北町に国が史跡に指定している払田柵跡がある。この遺跡は、古代日本国家が東北地方の統治経営のために建設した施設の１つであり、東西1370m、南北780m、角材を建て並べた防御用の柵が内外２重にある。この角材は約30cm角、樹種は多くがスギで、クリが混在している。古年輪研究の試料としたのは、この柵木の材で、年輪を計測したものは50点に近く、このうち、年輪が比較的安定した状況で成長している13点を標準パターン作成用の試料として選定した。

試料13点のうち、最も年輪数が多いものは試料№10の397層、最少は試料№７の103層、平均年輪数は207、標準偏差は76.1である。この13点相互の組み合わせ78通りのうち、t 値が最高の位置で照合が成立したものは65組、その位置で照合が成立しなかった13組もそ

の他の位置で照合成立を確認した（表Ⅳ－21)。この結果によって、試料13点から398層の平均値パターンを作成した。この平均値パターンは、さきに作成した662年から1285年にいたるスギの暦年標準パターンの662年から802年の部分とのあいだで照合が成立した。払田柵の柵木の平均値パターンは405年から802年までのものであり、その補強によって、スギの暦年標準パターンの先端は405年まで到達したのである。

さきに山形県下の遺跡出土品の年輪パターンを検討したとき、試料№16、№17、№18の3点がその他の試料とのあいだで照合が成立せず、それによって別に290層の平均値パターンを作成しておいた。この平均値パターンを払田柵試料によって補強したスギの暦年標準パターンと比較したところ、436年から725年の部分で照合が成立した。その t 値は9.4である。この1群の試料の年輪パターンは山形県のその他の試料による平均値パターンより古いものだったのである。

東北地方のスギの暦年標準パターンは1285年を起点として405年まで延びている。この間、15点以上の試料データからなる部分は942年から1167年までであるが、そこで確認できる指標年輪部は、前年から次年に増大傾向になったものが954＋3年、968＋9年、976＋7年、1007＋8年、1034＋5年、1063＋4年、1068＋9年、1080＋1年、1082＋3年、1090＋1年の部分であり、減少傾向の指標年輪部は1035－6年、1039－0年、1062－3年、1067－8年、1077－8年、1079－0年、1119－0年、1028－9年、1161－2年であり、計19か所になる。この東北地方で製作したものを**スギの暦年標準パターンB**と呼ぶこととする。

d　静岡県の遺跡出土品による暦年の判明したスギの平均値パターン

静岡県には、スギ製品が多数出土している弥生時代から古墳時代の遺跡が少なくない。それら出土品から年輪状況の良好なものを選別し、年輪パターンを作成した。

試料は、静岡県田方郡の山木遺跡の出土品7点、静岡市川合遺跡の出土品3点、計10点である。年輪数が最も多い試料は№3の361層、最少は試料№1の171層であり、平均262層、標準偏差68.8である。この10点の試料相互の組み合わせ45通りで、最高の t 値をしめした位置で照合が成立していることが確認できたものは26組、その位置では照合が成立せず、他の位置で照合が成立したものが19組である（表Ⅳ－22)。この照合成立位置によって、675層の平均値パターンを作成した。

この静岡県下の試料によるスギの平均値パターンは、暦年を確定するために、東北地方の場合と同じように、すでに作成ずみのヒノキの暦年標準パターンFと比較した。検出できた最高の t 値は3.8であって、決して大きくない。その位置における照合が正しいとすると、このスギの平均値パターンは前410年から265年までのものとなる。この低い t 値の照合が正しいだろうか。そこで、この照合の適否を検討するために、1980年に静岡県裾野

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	(265)	7.5	4.6	5.5	5.9	6.4	3.4*	4.6	5.2	8.6	5.5	6.7	8.0
2	(220)		5.2	6.3	6.1	8.0	4.3	6.1	4.5	5.4	7.1	6.0	10.2
3	(172)			4.1*	4.0*	5.9	3.9*	3.5	4.1	3.4	5.4	4.5*	6.8
4	(171)				3.8	6.2	5.6	7.2	4.0*	8.7	6.9	8.4	9.1
5	(163)					10.0	3.2*	4.4	3.5*	5.1	9.5	5.7	8.1
6	(158)						5.5	4.8	3.2	6.5	8.2	4.7	10.2
7	(103)							5.4	3.3*	6.0	4.8	4.2	7.1
8	(198)								3.2*	4.7	7.0	7.2	9.1
9	(126)									3.8*	3.4*	3.7*	5.7
10	(397)										5.1	5.2	8.4
11	(231)											6.8	8.4
12	(209)												9.7
13	(278)												—

表Ⅳ—21 秋田払田柵試料13点の年輪パターンのあいだの t 値 ＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

No.	遺跡名	試 料	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	川合遺跡	田下駄	(171)	3.4*	3.5*	3.4*	6.1	4.5*	4.9	7.7	2.8*	3.7*
2	川合遺跡	高 杯	(356)		5.0	4.9	3.5*	3.8	3.6*	3.2*	3.7*	3.7
3	川合遺跡	高 杯	(322)			6.6	4.5*	4.5*	4.3*	3.9*	3.0*	3.9*
4	山木遺跡	皿	(316)				7.6	3.9	5.1	3.7	6.6	3.1
5	山木遺跡	梯 子	(242)					5.1	5.6	5.7	8.4	4.7
6	山木遺跡	梯 子	(212)						2.8*	4.5	5.0	4.5
7	山木遺跡	板 材	(299)							6.2	4.0	3.3*
8	山木遺跡	板 材	(224)								6.4	3.2*
9	山木遺跡	厚 板	(253)									3.9
10	山木遺跡	板 材	(183)									—

表Ⅳ—22 静岡県の遺跡出土品10点の年輪パターンのあいだの t 値 ＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

市の富士山山麓の河川工事中に出土したヒノキの埋木の840層の年輪データを使用することとした。同じ静岡県のものであって、生育環境もほぼ共通する点は照合に有利に働くであろう。この埋木の年輪パターンは44年から883年までのものであることが判明している。そのデータをヒノキの暦年標準パターンFに補充し、臨時の暦年標準パターンを作成した。この暦年標準パターンと問題のスギの平均値パターンを比較したところ、t値が最高の6.4になった重複位置が検出できた。それによると、スギの平均値パターンは前420年から255年までのものとなる。これは既成のヒノキの暦年標準パターンFとの比較の結果とは違っている。ちなみに、この埋木1点の年輪パターンと675層のスギの平均値パターンを比較したところ、最高のt値が5.3の位置で照合が成立し、その結果もさきの前420年から255年となった。

以上の検討結果から、静岡県下の遺跡出土品による675層のスギの平均パターンは、前420年から255年にかけてのものとみるべきであろう。今後、さらに年輪データを増加し、補充補強し、暦年標準パターンCが完成できることを期待している。

4　コウヤマキの暦年標準パターン

現在、天然林から伐採できるコウヤマキは僅少であり、古年輪学研究用の標本の収集もきわめて困難である。今回入手できた現生木試料は、前章であつかった長野県の王滝営林署管内の樽沢地点から採取した4点のみである。これら4点の試料からなる平均値パターンは、1749年から1985年までの237層である。このうち、4点の年輪データが重複している部分は1878年から1985年までの108層である。今後、現生木試料を増加し、暦年標準パターンにする作業を継続していく予定である。

この現生木による暦年標準パターン作成の作業と並行して、遺跡出土品による標準パターン作成の作業をすすめている。一部では、それをヒノキの暦年標準パターンとの照合に成功し、暦年の判明したコウヤマキの標準パターンが作成できている。以下、その結果を報告する。

a　奈良県下出土品によるコウヤマキの暦年標準パターンの作成

奈良市の平城宮跡から出土した掘立柱の柱根は、ヒノキの暦年標準パターンを作成するうえできわめて有効な試料となった。その掘立柱柱根には、コウヤマキも多い。そのなかから12点、さらに平城宮跡に隣接する法華寺境内から出土した掘立柱柱根3点をくわえ、計15点を選んだ。平城宮跡出土品は径約30、40cmだが、法華寺出土品は太く、約60cmある。ただし、太いからといって年輪数が多いわけではない。15点のうち、最も年輪数の多いものは平城宮跡出土の試料№10の418層、最も少ないものは№11の120層、平均年輪数は

No.	遺跡名	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	法華寺下層	(193)	7.4	7.4	7.4	3.9	5.6	3.3*	3.4*	4.0*	4.1*	3.5	4.3*	3.8*	4.0*	3.3*
2	法華寺下層	(188)		3.5	6.1	3.6*	5.8	5.0*	3.7*	4.0*	3.5*	2.9*	7.1*	4.2*	3.9*	4.7*
3	平城宮跡	(186)			4.0	6.7	8.6	4.4*	7.5	7.3	5.1	5.2	7.6	4.2	4.5	3.6*
4	法華寺下層	(458)				6.9	8.1	6.5	6.0	5.6	4.7	6.8	7.2	5.6	6.5	6.0
5	平城宮跡	(339)					6.5	5.1	4.8	4.7	4.9	4.7	5.9	5.4	6.9	6.3
6	平城宮跡	(242)						6.1	6.4	5.4	4.6	6.8	6.4	4.1*	4.8	5.3*
7	平城宮跡	(268)							5.2	4.7	5.8	3.1*	4.8	4.5	4.2	3.6
8	平城宮跡	(207)								5.9	4.9	6.2	7.0	6.9	7.7	3.8
9	平城宮跡	(218)									5.1	5.8	8.3	5.9	5.0	5.2
10	平城宮跡	(418)										3.4	5.8	4.7	6.2	7.0
11	平城宮跡	(120)											6.9	5.7	4.6	4.9
12	平城宮跡	(255)												6.1	7.6	6.7
13	平城宮跡	(271)													5.0	5.2
14	平城宮跡	(259)														6.7
15	平城宮跡	(330)														—

表Ⅳ－23 奈良平城宮跡、法華寺下層出土掘立柱柱根15点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

255層、標準偏差は75.7であった。この試料15点相互の105組の組み合わせのなかで、最高の t 値の位置では照合が成立しないものが23組ある（表Ⅳ－23)。そのなかには t 値が7.1や5.3と高いものもある。このように高い t 値の位置で照合が成立しないのはなぜか。これは、その位置では重ねあわせる年輪データがそれぞれ20層と16層と少ないことによる。重複部分の年輪データ数が少ないと、高い t 値になる傾向がある。t 値のみで照合の成立不成立を判定できない例である。ともあれ、その他の位置で照合成立を確認、試料15点の年輪データを平均して、暦年未確定の556層の標準パターンを作成した。

この標準パターンとヒノキの暦年標準パターンEとを比較したところ、その186年から741年までの部分と重ねた位置で最高の t 値を検出した。しかし、その t 値は3.9と低く、これでは照合が成立したとは断じがたい。標準パターンを補強する必要がある。

補強に使用した試料は、奈良県橿原市にある四条古墳の周濠からの出土品7点である。そのうち最も多い年輪をもつものは試料№6の239層、最少は№2の154層、平均192層である。この7点の試料の21通りの組み合わせのなかで、最高の t 値を検出した位置において照合が確認できたものは9通りで、残る12通りは最高の t 値以外の位置で照合が成立している（表Ⅳ－24)。それら照合が成立した位置で年輪データを平均し、251層の平均値パターンを作成した。この平均値パターンとさきの掘立柱柱根による556層の標準パターンを比較し、556層の標準パターンの第1層から第262層の部分と平均値パターンの後半部分とのあいだで照合が成立した。その位置において、t 値は最高になり、7.9であった。これにより、556層と251層の2組の年輪データを平均し、掘立柱柱根による556層の標準パターンの前半部分を補強することができた。

四条古墳出土品によって補強した標準パターングラフを観察すると、年輪データ数の比較的少ない先端部と後端部で年輪幅の変動が乱れているている。そこで、先端の100層の部分と末端の46層の部分をそれぞれ削除し、残る410層の標準パターンをヒノキの暦年標準パターンEと比較、その結果、t 値5.4で照合が成立した。もちろん目視による年輪パターングラフの検討でも照合成立を確認している。410層の標準パターンは286年から695年までのものである。したがって、削除した部分もくわえた556層は、186年から741年までのものになる。この照合位置はさきに掘立柱柱根の標準パターンとヒノキの暦年標準パターンEとの照合結果とも一致している。

ここで作成できた暦年標準パターンは先端が186年、末端が741年にまで延びている。そのなかで、試料データが15点以上重複している部分は、366年から436年までのわずか70層である。この間の指標年輪部は414＋5年の1か所のみであった。さらなる補強と延長が必要である。

応用研究においては、このコウヤマキの暦年標準パターンは、平城宮跡等の掘立柱柱根によるものと四条古墳出土品によるものとを別々にわけて使用している。ひとまず、前者を**コウヤマキの暦年標準パターンA**、後者を同じく**B**と呼ぶこととする。

b　遊離したコウヤマキの標準パターン

大阪府四條畷市の雁屋遺跡は、1983年に発掘調査がおこなわれ、保存状態の良好な弥生時代の木棺が多数発見されている。この木棺を古年輪学研究試料とした。

このコウヤマキの木棺の部材のなかから、蓋板2点、底板2点、小口板5点、側板4点、計13点をとりあげ、生長錐を使用して直径5㎜の棒状標本を採取した。標本は同一材から2点以上採取、計測値を平均してその試料パターンとすることとした。その結果、計測年輪数が最も多いものは試料№8の422層、最少は№6の139層、平均280層となった。この試料パターン13点の相互の78通りの組み合わせのうち、それぞれ最高のt値の位置で照合が成立したのが53組、残る組み合わせでも他の位置で照合を確認、それによって、462層からなる平均値パターンが作成できた（表Ⅳ－25)。この平均値パターンとさきに確定した556層の暦年標準パターンと比較したところ、最大のt値になったのが243年から705年にかけての部分で重ねあわせたときであった。t値は4.3である。しかし、この年代は弥生時代の木棺としてはありえないものだ。さらに、この平均値パターンをヒノキの暦年標準パターンFと比較したが、両者のあいだでは照合成立位置は発見できなかった。こうなると、この462層の平均値パターンは暦年がいまだ固まらない遊離したものとみなさざるをえない。

兵庫県神戸市の玉津田中遺跡からも弥生時代のコウヤマキの木棺が多数出土している。採取した棒状標本から計測した年輪データは現在整理中だが、これまでに3点の木棺部材の年輪データから639層の平均値パターンが作成できている。これをさきの雁屋遺跡出土木棺部材による462層の平均値パターンと比較したところ、後者の第1層から第404層の部分が玉津田中遺跡の平均値パターンの第236層から最末層と重複する位置で最高のt値8.1で照合が成立している。現在、この2組の平均値パターンをあわせて697年分の標準パターンができている。今後前3世紀から4世紀ごろにかけてのコウヤマキ試料を増加することができれば、遊離しているこの標準パターンを暦年標準パターンにすることができるであろう。

弥生時代が暦年ではいつになるのか。前期あるいは中期や後期と細分したその時期区分は、西暦のどの年にあたるのか。古墳時代の開始は何世紀のいつだったのか。この種の考古学の時代区分に関する問題では、いまだに最終的な結論がでていない。その解決は、いま考古学研究の大きな課題となっている。それに古年輪学研究が大きく寄与できることは

試料No.	(年輪数)	2	3	4	5	6	7
1	(203)	4.9	4.2	3.7*	3.5*	3.6*	3.9*
2	(154)		8.2	6.2	3.2*	3.9	3.9*
3	(199)			9.5	3.2*	5.2*	3.6*
4	(164)				3.4*	4.6*	4.4*
5	(190)					8.8	4.2
6	(239)						4.9
7	(211)						—

表Ⅳ－24 奈良四条古墳出土品7点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

No.	試　料	(年輪数)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	底　板	(187)	4.1	4.9	4.9	3.6*	8.9	3.1*	6.1	3.9*	3.5*	3.8*	4.9	3.7*
2	底　板	(352)		3.6	4.6	4.6	4.6	8.5	7.0	6.3	6.8	7.7	3.8	4.1*
3	小口板	(192)			4.8*	3.8	4.4	3.3*	5.3	3.7*	5.1	3.1*	4.5	3.8*
4	側　板	(263)				3.7*	3.5	3.6*	4.3	3.6*	4.2*	4.1	4.4*	4.5
5	蓋　板	(345)					3.8*	3.9	6.9	11.9	13.8	7.2	4.0	6.2
6	側　板	(139)						3.2*	6.0	4.7*	4.2*	3.1*	4.7*	3.3*
7	側　板	(379)							7.3	4.3	4.1*	5.6	3.9	6.5
8	小口板	(422)								7.6	8.9	12.7	7.8	6.1
9	小口板	(256)									19.2	7.4	6.3	5.4
10	小口板	(306)										7.6	6.2	5.7
11	蓋　板	(279)											6.5	7.7
12	小口板	(239)												4.5
13	側　板	(277)												—

表Ⅳ－25 大阪雁屋遺跡出土木棺部材13点の年輪パターンのあいだの t 値
＊：この t 値の位置で照合不成立をしめす

疑いない。それには、なによりも暦年標準パターンを補強し、さらに古くまで遡上させていくことである。この遊離しているコウヤマキの標準パターンに暦年を定めることができれば、弥生時代の年代について考える大きな手がかりをあたえてくれるであろう。さらなる努力を重ねたい。

V　暦年標準パターンを応用した研究

暦年標準パターンは、ヒノキについて、起点を現代におき、先端が前4世紀までのびたものをこれまでに作成できた。その他の樹種、なかんずくスギとコウヤマキに関しても、ヒノキのそれを適用することによって、現代とは直接つながらないが、それぞれ独立した暦年標準パターンが作成できた。これらの暦年標準パターンの先端をさらに古くさかのぼらせること、それは今後の古年輪学研究の大きな課題であるが、この作成ずみの部分を使用した年輪年代法の応用研究の分野においても、すでにかなりの成果をあげている。その成果のすべてを述べることは、紙幅の都合もあって不可能だが、応用研究に関する問題点といくつかの主要な成果をここで報告する。

A　応用研究をはじめるにあたって

最初に試料と暦年標準パターンに関する問題をとりあげておこう。

年輪は普通1年に1層形成される。それが利点となって、年輪年代法は、これまでに実用化されている自然科学的な年代決定法、たとえば放射性炭素法などとは違って、原則として誤差のない1年単位の結果をみちびきだす。しかし、いうまでもないが、それで確認できるのは、試料の年輪が形成された年であり、すべてが試料の原木の伐採年をしめすのではない。また、それを材料にした木製品がいつ製作されたものか、それを使用した建物や出土した遺跡がいつのものか、これらの疑問に直接回答できるものでもない。

樹木の横断面をみると、中心部に髄があり、それから外方向に、心材部、辺材部、形成層、樹皮がある。心材部は、赤味とも通称されている部分で、すべて死細胞からなり、樹種や産地によって多少の差異はあるが、一般に色調が濃厚である。辺材部は、心材部の周囲をめぐる色調の薄い年輪部分で、白太の名がある。この辺材部では、一部の木部細胞がなお生理的に活動している。樹木は形成層の活動によって肥大生長し、新しい辺材部が外周に形成されていく。それと平行して、辺材部の中心に近い古い細胞は、原形質を喪失し、死細胞となって、心材化が進行する。

この樹木の構造と古年輪学の試料との関係は、つぎの3通りになる（図V－1）。

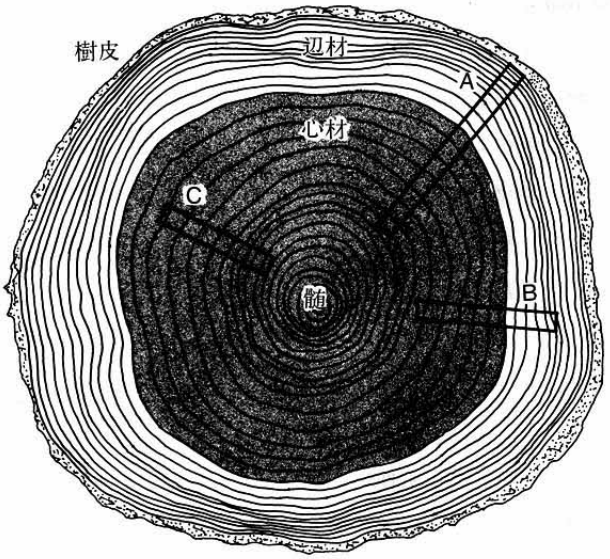
Aタイプ　樹皮、または、最終形成年輪の一部が残存しているもの。現生木の円盤標本はすべてこれに属する。

Bタイプ　一部に辺材部をとどめているもの。

Cタイプ　辺材部をすべて喪失し、心材部のみからなるもの。

Aタイプの試料では、残存する最も外側の年輪がその原木で最後に形成された年輪であり、その年輪の形成された年がその伐採年にあたる。ただし、問題が1つある。年輪1層のなかの木材組織は、大型で細胞膜の薄い仮道管からなる早材部と、小型で細胞膜の厚い仮道管からなる晩材部とからなっている。早材部は春から夏にかけて形成され、晩材部は夏から秋にかけ形成されるのが普通である。したがって、最終形成年輪が早材部のみからなり、晩材部がまだ形成されていないものは、原木の伐採時期を夏期以前と特定し、年輪年代法で推定できたその年輪の形成年を試料の原木の伐採年とすることができる。また、早材部につづく晩材部がわずかでも形成されておれば、その伐採時期をその年の夏から秋にかけてと推定してよかろう。このような事例では、ときには最終形成年輪の早材部と晩材部との年輪構造を細胞レベルで確認することが必要になる。しかし、最終形成年輪の早材部と晩材部との1組が完全に形成されている場合に問題が生ずる。その伐採時期は、生育環境の違いや樹種によって差異はあるが、ほぼ11月ごろから翌年の4月ごろまで、暦年の2年にまたがった時期が想定できる。試料からだけでは、原木の伐採年がこの2年のいずれか、それを特定することはできない。それを誤ると、暦年を1年誤ることになる。

Bタイプ、すなわち辺材部を一部にとどめている試料では、そこに残存している年輪の最後の層の形成年は、その原木の伐採年に比較的近いとみてよい。辺材部を構成する年輪数が判明すれば、それを加算することによって、伐採年を推算することもできるだろう。



図V－1　試料タイプと樹木断面との位置関係

しかし、原木のときには存在していたが、いま試料では失われている辺材部の年輪数を推定することは、決して容易でない。また、遺跡出土品の場合は、長年月にわたって土中に埋没していたあいだに色調が変化し、辺材部と心材部の判別が困難になっているものが多い。この種の試料では、つぎのCタイプのものと区別できないことになる。年輪年代法の応用研究にとって、辺材部と心材部との識別は重要であり、その識別法の開発は今後の課題のひとつである。

辺材部は腐朽しやすい。そのため、用材としては、心材部のみを用いるのが一般的である。たとえば、建物部材や遺跡出土品など、加工品では、Aタイプがほとんどなく、Bタイプはまれにみられるが、圧倒的に多いのは、辺材部をまったく残さず、心材部のみからなるCタイプである。Cタイプの試料では、辺材部のみでなく、心材外周部を失っていることも多いだろう。試料に残存する最外年輪のさらに外に原木では何層、何年分の年輪があったのか、それをCタイプの試料から直接確定することはできない。

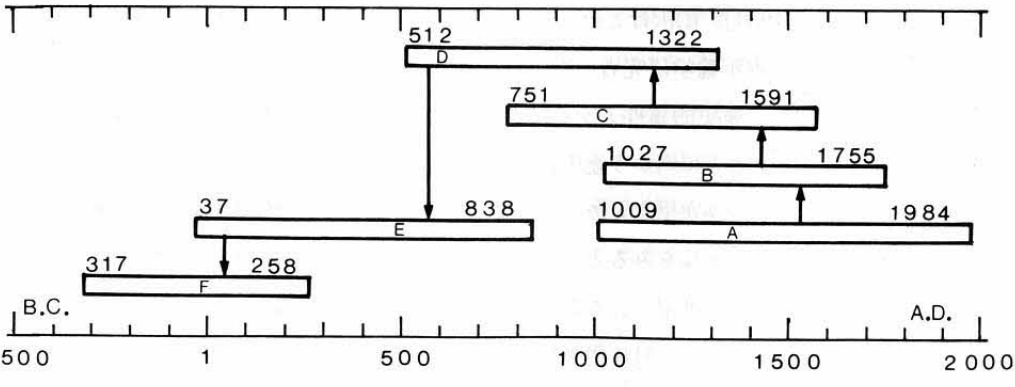
辺材部の幅とその年輪数は樹種によって違っている。それだけではなく、同じ樹種でも、樹齢や肥大生長の程度、あるいは産地の違いによって、差が生じている。その差には、一定の傾向はない。ヒノキの例でいえば、樹齢305年で100層前後の辺材部をもつものがある一方で、ほぼ同じ樹齢311年で50層前後の辺材部をもつものがある、といったぐあいだ。あるいは、幅2.2cmの辺材部で96層を数えたものがあるのに対して、肥大生長の良好なものでは辺材部幅3.9cmにわずかに23層しかなかったものもある。また、辺材から心材へ樹木の全周で同じように移行するのでもない。年輪数296層からなる円盤標本の例だが、辺材部の年輪が最も多いところでは67層を数え、別のところでは38層になり、そのあいだに29層もの差があったことがある。したがって、平均的な辺材部の年輪数を算定することにどれほどの意味があるのか、疑わしい。しかし、参考のために、辺材部構成年輪数を算定しておこう。現生ヒノキ112点の試料（長野・岐阜試料100点、三重尾鷲試料6点、高知魚梁瀬試料6点、総平均年輪数250層）から計測した辺材部構成年輪数は、最も多いもので103層、最も少ないものが17層と大きくばらつき、平均50.3層、標準偏差16.7である。このような数値を年輪年代測定結果に加算して原木の伐採年を推定し、それに立脚して論を進めるようなことは慎重であってほしい。ましてCタイプの試料では、どれだけ心材外周部の年輪が削除されているのか、それもわからないのだから、残存最外年輪にこの数字を加算するだけで、伐採年を云々することは避けたい。

年輪年代法で試料の年輪の暦年が判明したとする。しかし、たとえそれがAタイプの遺跡出土品の場合であっても、その暦年はその出土品を製作した原木の伐採年をしめすだけであって、出土品の製作年やそれを出土した遺跡の年代が判明したのではない。たしかに

製作年代や遺跡の年代を考える参考にできることもあるだろう。だが、原木の伐採後、運搬のための期間があったり、加工するまで長期間原木をねかしたり、あるいは製品を長いあいだ使用し、そののちに廃棄したり、ときには古材を再転用したり、現実にはさまざまな状況があったにちがいない。となると、年輪年代の結果のみによって製作年代や遺跡の年代を決することは慎重であらねばならない。

ヒノキの現生木で作成した暦年標準パターン(A)は、東大寺二月堂参籠所部材(B)や清洲城下町遺跡(C)、草戸千軒町遺跡と、鳥羽離宮跡(D)、平城宮跡(E)、その他の出土品(F)によって、前4世紀まで先端を延長させることができた（図Ⅴ－2)。この作業過程で1つの知見が得られた。東大寺二月堂参籠所部材の年輪パターンは木曾ヒノキの年輪パターンと照合が可能だったが、草戸千軒町遺跡や鳥羽離宮跡出土品による年輪パターンとのあいだでは照合が成立しなかった。この2組の照合不可能の年輪パターンは、清洲城下町遺跡出土品による年輪パターンを介在させることによって間接的に照合することができた。照合が直接成立しない2組の年輪パターンでも、その中間に別の年輪パターンを介在させることによって照合が成立することがあるのだ。

ここから、暦年標準パターンを応用研究で利用するにあたって、注意しておくべき点がでてくる。年輪年代法によって年代不明の木製品の年代を考える手がかりを得ようとする場合、暦年標準パターンを使用する。このとき、綜合作成することのできる総延長2千年以上の暦年標準パターンと問題の試料の年輪パターンとを直接比較するのではなく、現生木による暦年標準パターンAや建築部材や遺跡出土品によるBからFまで、6組の暦年標準パターンのそれぞれと別々に比較すれば、照合が成立する可能性が高い、と推定できる。これは暦年標準パターンの作成に使用した試料の原木の産地と関連するのであろう。現生木は木曾と裏木曾のヒノキであって問題はない。平城宮跡出土品では、その建物用材



図Ⅴ－2　6組のヒノキの暦年標準パターン

類がいまの滋賀県や三重県の山々から切り出されたことは文献史料から推測できる。しかし、それ以外の遺跡の出土品の原木の産地はわからない。草戸千軒町遺跡や鳥羽離宮跡出土品による年輪パターンは、清洲城下町遺跡出土品による年輪パターンを介在させることによって、間接的に東大寺二月堂参籠所部材の年輪パターンと照合することができた。産地が異なると、年輪パターンのあいだにもわずかずつ差異があるのだろう。このあたりから、今後の研究の進展によって、原木の産地推定法を開発できる可能性をうかがうことができる。

指標年輪部にも問題がある。これまで、それぞれ作成した暦年標準パターンごとに指標年輪部をあげてきた。これを全体として綜合した長大な暦年標準パターンに編成し、そのなかの指標年輪部を求めるとなると、その個所ははるかに減少するだろう。それでは目視による照合の手がかりとしては不十分である。指標年輪部もまた、AからFの暦年標準パターンごとに残置し、照合する暦年標準パターンによって、それぞれの指標年輪部を使用するのが実際的である。

B　年輪年代法の応用研究例

ヒノキの暦年標準パターンを作成する作業を進めながら、考古学、建築史学、美術史学等の諸分野に関連する年輪年代法による応用研究を実施してきた。それには、ヒノキの暦年標準パターンA～F、スギの暦年標準パターンA～C、さらにコウヤマキの暦年標準パターンAとBを使用した。なお、樹種は、特記しないかぎり、ヒノキである。

1　現生木の年輪年代

木曽ヒノキの「山沢年輪データ」はこれまでなんどもとりあげた。それは岐阜県で産出したヒノキの年輪データを高山測候所長であった山沢金五郎が計測し、1930年に発表したものである［山沢1930］。山沢はこれを1119年から1920年までの802層分の年輪データとした。このデータは古年輪学研究者のあいだでは有名であって、しばしば引用されている。なかには、それと歴史的事件とを結びつけた議論まであった。たとえば、南北朝時代、新田義貞軍が北陸地方に向かう途中、兵馬が凍死遭難した記事が『太平記』にある。そこに「今年は例よりも陰寒早くして」とあることをとりあげ、遭難事件のあった延元元年12月にあたる年の山沢年輪をみると、それは最も成長が悪く、そこから、はなはだ寒冷な日の多かった年であると推定し、この記事と符合する、とした論である［西岡1972］。たしかにこの材は1920年８月８日に伊勢神宮遷宮用材として伐採されたものであろう。しかし、Ⅳ章A－１で述べたように、今回の研究結果では、１年のずれがあり、1118年から

1919年までのものと判明した。なぜか。原木の伐採は８月８日だった。そのころではまだ完全に晩材細胞が形成されていなかったにちがいない。さらに、伐採後、年輪幅を計測するまでに10年が経過している。したがって、1920年に形成された早材部は腐朽し、計測時には、この1920年の早材部が確認できなかったことが十分ありえたのではないか、とみている。

あるいは、こんなこともあった。鹿児島県屋久島の下屋久営林署の貯木場に保管されていた屋久スギの円盤標本は、説明によると、1965年５月15日の伐採であった。しかし、この円盤標本の最終形成年輪は、今回の調査では、1962年のものであることが確認できた。２年前にすでに枯死していたものを1965年に伐採したものなのか、あるいは、別の理由によるのか。ともあれ、おもしろい。

2　遺跡出土品の年輪年代

a　岩手県落合Ⅲ遺跡出土井戸

岩手県江刺市落合Ⅲ遺跡では、道路建設工事にともなって1978年に発掘調査がおこなわれた。検出された主な遺構には、平安時代の竪穴式住居跡があり、ほかに井戸が９基発見されているが、この井戸については「確証ある年代は与えることが出来なかった」と報告されている。そのうちの１基、井戸 D—52はスギの薄板を円筒形に曲げて井戸側とし、それを３段重ねたもので、下段では曲げた薄板の合わせ目に２枚の板をさしこんでいる[岩手県埋文センター1979]。この井戸側とさしこんだ板材はすべてスギ、その年輪パターンはⅣ章３－ｂにおけるスギの暦年標準パターンＢ作成の有力な試料となった。残存する最外年輪では、1184年に形成されたものが最も新しいことが判明している（表Ⅴ－１）。すべて、Ｃタイプであるから、この井戸は13世紀以降のものとみてよかろう。

b　史跡払田柵出土柵木

今世紀初頭、いまの秋田県仙北郡仙北町において耕地整理事業中、水田下に埋没している角材列が発見された。その後、調査がおこなわれ、角材を立て並べ、一部では築地塀をつなぎ、それによって周囲を囲った大規模な施設がここにはあり、それが古代日本国家の東北地方統治経営のためのものであることが確認された。1931年に史跡に指定されている払田柵である。払田柵では1974年から継続的に発掘調査が実施されている。その結果、９世紀初頭に創建され、11世紀初頭に廃滅し、その間に大きくⅠ期からⅤ期にわたる５回の造営があったことが判明している。

周囲をめぐる角材は約30㎝角、樹種は多くがスギで、クリが混在している。年輪幅を計測したものは50点に近く、スギの暦年標準パターンＢとのあいだで照合が成立し、残存す

る最外年輪の形成された年が判明したものが14点ある。そのうち5点が原木の伐採年を確定できるAタイプの試料であり、柵木試料1から4までは創設のⅠ期、柵木試料5はⅡ期のものである。これによって、払田柵は801年から翌802年にかけて建設工事があり、その後の最初の大改築であるⅡ期は907年にあったことを確定できた（表Ⅴ－2）。

払田柵は、考古学研究者は9世紀初頭に創設されたとみていたが、一部には759年に建設されたと『続日本紀』が伝える雄勝城の遺跡とみる研究者があった。しかし、この年輪年代測定の結果によると、雄勝城説は成立しがたい。

c　秋田県胡桃館遺跡埋没家屋と出土品

1961年、秋田県北秋田郡鷹巣町の鷹巣中学校の運動場造成工事中、須恵器や土師器が出土、さらに翌1962年には掘立柱柱根、1965年にも遺物や建物部材が発見され、火山灰と泥土からなる通称シラス層に厚くおおわれて、地下深くに木造家屋が埋没していることが確認された。この発見が契機となって秋田県は1965年と1967年～1969年に発掘調査を実施した［秋田県教委1968、1969、1970］。この遺跡の近くには、奥羽山脈に発して秋田県北辺部を東流し、日本海にそそぐ米代川がある。かってこの米代川が氾濫して十和田火山噴出物を押し流し、それが一帯を埋めつくしたことがあった。これがこの遺跡を覆うシラス層である。その厚さは胡桃館遺跡では1.3mに達している。米代川流域には、各地にシラス層に埋没している家屋があることは江戸時代から知られていた。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	スギ	A	265	801
2	スギ	A	172	801
3	スギ	A	126	802
4	スギ	A	397	801
5	スギ	A	243	907
6	スギ	B	220	795
7	スギ	B	198	750
8	スギ	B	231	762
9	スギ	B	278	776

表Ⅴ－2　史跡払田柵年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	スギ	C	195	1046
2	スギ	C	228	1071
3	スギ	C	211	1151
4	スギ	C	194	1184
5	スギ	C	193	1184

表Ⅴ－1　岩手県落合Ⅲ遺跡年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
扉板1	スギ	C	184	845
扉板2	スギ	C	194	900
机板	スギ	C	235	902

表Ⅴ－3　秋田県胡桃館遺跡年輪年代測定結果

発掘調査の結果、4棟の家屋とそれを囲むようにめぐる柵列とが検出された。出土遺物は平安時代の中期から後期のものとされている。これら埋没家屋の部材は、現在、胡桃館埋没建物収蔵庫に保管されている。そのなかの3点のスギの試料の年輪幅の計測ができた（表Ⅴ－3）。このデータはすでにⅣ章3－bでスギの暦年標準パターンBの作成に使用したものだが、これによって、この埋没した家屋や調度を製作した原木の伐採が10世紀以降であることが確認できた。Aタイプの試料が入手できれば、この大シラス洪水による災害の発生年を解明することが可能になる。

d　史跡城輪柵出土柵木

山形県庄内平野の北部に城輪柵がある。これもまた古代日本国家が東北地方の統治経営のために建設した施設の1つである。1931年、水田下から柵木列が発見されたことが端緒となって、それが東西716m、南北735m のほぼ方形の範囲をめぐることが判明し、『続日本紀』にみえる出羽柵あるいは国分寺の遺跡とする説がとなえられ、1932年に史跡に指定された。この遺跡では、1965年から発掘調査が続行されており、その結果、さきに発見された柵木は築地塀の心になるものであって、それがめぐって外郭となり、その内部中央に東西114m、南北112mのこれまたほぼ方形に築地塀で囲んだ内郭があることが判明している。この内郭のなかの建物の構造と配置は他の古代の役所と共通する特徴をそなえ、出土する土器によって9世紀初頭に創設されたものと推定できるようになった。最近では平安時代の出羽国府跡とする説が主張されている。

外郭は、創設のⅠ期ののちにⅡ期とⅢ期の2度にわたって大きく改造されている。年輪年代の測定をしたスギの柵木はⅢ期の外郭西辺のものであり、樹皮まで残るAタイプであった。計測年輪数は140層、スギの暦年標準パターンBと照合が成立して、その最終年輪の形成年は986年であることが判明した。これによって、Ⅲ期の改造はその前後にあったものと推定できる。

e　栃木県下都賀郡七廻り鏡塚古墳出土木棺

栃木県下都賀郡大平町の七廻り鏡塚古墳は、直径約30mの円墳であり、1969年宅地造成工事中に舟形木棺と箱式木棺が発見された。舟形木棺は身部と蓋部とからなり、いずれもヒノキの丸太を縦にふたつ割りにして中央部をえぐり、両端に縄掛突起とよぶ突起部分をそれぞれ2個つくりだしたものである。ただし、蓋部はなかばが破壊されて失われていた。ほぼ全形を残す身部は、全長5.5m、幅1m、ふたつ割りにした材の各面は削って仕上げており、年輪年代測定試料としてはCタイプになっている［大和久1974］。

この舟形木棺身部で計測できた年輪は243層あった。その年輪パターンは、しかし、ヒノキの暦年標準パターンのAからFのいずれとも照合が成立しなかった。ところが、あと

で紹介する静岡県裾野市の富士山山麓から出土したヒノキの埋木のもつ年輪パターンとのあいだで照合が成立した。この埋木の年輪は前44年から883年までのものであることがヒノキの暦年標準パターンEとの照合で判明している。これによって、この七廻り鏡塚古墳の舟形木棺身部に残存している年輪の最も外側の年輪が475年に形成されたものであることが確定できた。Cタイプだから、原木ではさらにその外に何層の年輪があったのか、それはわからないが、6世紀以降に原木が伐採されたことはほぼ確かであろう。七廻り鏡塚古墳は一般に6世紀前半のものとされているが、年輪年代測定の結果もそれと矛盾することはない。

f　特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡出土蔵骨器

特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡は、福井市街地の東南方、一乗谷川に沿った約2㎞の狭長な谷にある。ここには、戦国時代北国の雄、朝倉氏の城、一族と重臣の居館や武家屋敷、さらに町家、仏閣、神社からなる城下町などの遺構が連なっている。これらは1471年の朝倉敏景による築城にはじまり、1573年に織田信長によって滅ぼされるまで存続した。ここでは1967年から継続して発掘調査が実施され、その成果を活かした遺跡公園の整備事業が進行している。

発掘調査では木製品が多数出土しているが、1958年の調査で寺院跡から出土した曲物製の14号蔵骨器では、計測年輪数776層の底板がヒノキの暦年標準パターンA、B、Cとのあいだで照合が成立し、底板に残存する最外年輪が1558年に形成され、計測年輪数392層の蓋板のそれが同じようにして1557年のものであることを確認した［福井県朝倉資料館1984］。付近から出土した石塔の年号銘はすべて1573年の信長の攻撃による壊滅前のものであり、それ以降ここに墓が営まれた積極的な証拠はいまのところない。しかし、蔵骨器の底板と蓋板はいずれもCタイプであり、その残存最外年輪と信長の攻撃とのあいだにはわずかに15、6年しかない。原木ではいま残る年輪の外にどれだけの年輪があったのか。製品にするとき原木から除去した年輪がわずかに15、6層だけだったのか。あるいは、朝倉氏滅亡後の墓なのか。興味深い［光谷1989］。

g　静岡県山木遺跡出土木製品

静岡県田方郡、伊豆半島の韮山町にある山木遺跡は、その名が考古学研究者の耳には同じ静岡県にある登呂遺跡と似て響く。第2次世界大戦後、登呂遺跡につづいて1950年に発掘調査がおこなわれ、豊富な木製品や土器とともに弥生時代の水田跡が検出されて、考古学研究者は、登呂遺跡とならんで、この遺跡で日本初期稲作農業の実態をかいま見ることができたのだった。その後、1967年に第2次調査があり、このときも水路や水田、さらに竪穴住居跡を発見している［後藤1962、八幡1969］。弥生時代後期後半に属する遺構と遺

物である。

出土した木製品は多種多量であって、弥生時代の木製品を代表するものであった。そのなかの数点を年輪年代測定の試料として選定したが、その年輪データはスギの暦年標準パターンCの作成に有効に働いた。Ⅳ章の B—3—d で述べたとおりである。いずれもCタイプであって、ここで判定できた残存する最外年輪の形成年から、弥生時代後期後半が西暦のいつになるのか、それを確定することは簡単にはできないが、参考にはなるだろう（表Ⅴ－4）。

h　史跡志太郡衙跡出土掘立柱柱根

史跡志太郡衙跡は静岡県藤枝市にある。この遺跡はもと御子ヶ谷遺跡と呼ばれ、日本住宅公団による住宅地開発にともなって、1977年から1978年にかけて藤枝市が発掘調査した。その結果、8世紀から9世紀の駿河国志太郡の郡役所の遺跡と判定され、1980年に史跡に指定、保存されることとなった。

年輪年代測定の試料としたのは、掘立柱建物 SB02の柱根である。発掘結果からすると、ここでは大きくⅠ期とⅡ期の2回の造営があり、それぞれさらにａとｂの一度ずつ改修工事があったことが判明している。掘立柱建物 SB02は最初のⅠａ期に造営されたもの

図Ⅴ－3　特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡出土蔵骨器底板

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
Ⅲ	スギ	C	316	89
梯子1	スギ	C	243	118
梯子2	スギ	C	214	44
板材1	スギ	C	299	149
板材2	スギ	C	224	148
厚板	スギ	C	253	136
板材3	スギ	C	183	17

表Ⅴ－4　静岡県山木遺跡年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	248	711
2	ヒノキ	C	330	684
3	ヒノキ	C	200	644

表Ⅴ－5　史跡志太郡衙跡年輪年代測定結果

である［藤枝市埋文事務所1981］。試料は、いずれもヒノキのCタイプ、ヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立して、それぞれ残存最外年輪の形成年を判定することができた。最も新しいものは711年である。これらに心材部が完存しているのかどうか、判定できないが、辺材部は完全に除去されているのだから、それを考慮すると、この志太郡衙とされる遺跡は、8世紀はじめというよりは、かなり8世紀に入った時期に創設されたものとすべきかもしれない。

i　愛知県清洲城下町遺跡出土木製品

愛知県西春日井郡にある清洲城下町遺跡から出土した木製品の年輪パターンは、Ⅳ章A－2－bで述べたように、ヒノキの暦年標準パターンCの作成の際に有効な試料となった。このときの試料は13点、いずれもCタイプである。それらに残存する最外年輪がすべて清洲城の廃滅した1610年以前に形成されたものであることは当然であろう（表Ⅴ－6）。しかし、最も新しいものは1591年である。原木には、辺材部と心材部の削り取られた部分があったことを考えると、清洲城廃滅の時期にきわめて接近していることが注意をひく［光谷1989］。

j　滋賀県瀬田唐橋橋脚

滋賀県大津市の東部、琵琶湖から瀬田川が流れだしている。それを東海道が横断するところに架かっているのが瀬田唐橋である。1988年、瀬田川の浚渫工事があって、現在の瀬田唐橋の下流約80m、深さ3.5mのところで橋脚遺構が発見された。径20cmから50cmの長大な角材や丸太材を多数使用した特殊な木組みからなるものだった。発見位置から推測すると、この橋脚をもつ唐橋は全長250mほどになろうか。橋脚の周辺からは7世紀の無文銀銭や8世紀の和銅開珎が出土しており、その年代を考える根拠となっている。

瀬田唐橋については、『日本書紀』に最初の記録がある。672年の壬申の乱のとき、この橋をめぐって大友皇子軍と大海人皇子軍とが戦った記録だ。このとき瀬田川はすでに架橋されていたのである。今回発見された橋脚の材は、年輪年代法による判定では、その下部に敷かれた角材の残存最外年輪形成年が607年であり、この橋が確実に7世紀以降に建設されたものであることを明らかにした。この試料はCタイプのヒノキ材であり、計測年輪数は136層、ヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立したものである。

k　滋賀県宮町遺跡出土掘立柱柱根

滋賀県安土町にある滋賀県立近江風土記の丘資料館には、1973年と1974年に同県甲賀郡信楽町宮町遺跡において圃場整備工事中に出土した柱根3点が所蔵されている。また、1984年から信楽町教育委員会が実施している発掘調査によっても、この遺跡から掘立柱の柱根が出土している。これら柱根のうち、これまでに年輪年代測定の試料としたものは、計

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
折敷1	ヒノキ	C	128	1591
折敷2	ヒノキ	C	205	1529
折敷3	ヒノキ	C	131	1514
折敷4	ヒノキ	C	118	1503
折敷5	ヒノキ	C	107	1492
折敷6	ヒノキ	C	208	1453
折敷7	ヒノキ	C	123	1330
曲物底1	ヒノキ	C	201	1512
曲物底2	ヒノキ	C	405	1466
曲物底3	ヒノキ	C	420	1443
曲物底4	ヒノキ	C	485	1396
曲物側1	ヒノキ	C	250	1282
曲物側2	ヒノキ	C	313	1002

（上） **表V－6** 愛知県清洲城下町遺跡年輪年代測定結果

（中） **表V－7** 滋賀県瀬田唐橋橋脚年輪年代測定結果

（下） **表V－8** 滋賀県宮町遺跡年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	164	548
2	ヒノキ	C	136	607
3	ヒノキ	C	215	548

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	A	194	742
2	ヒノキ	A	245	743
3	ヒノキ	A	187	743
4	ヒノキ	A	166	743
5	ヒノキ	B	337	741
6	ヒノキ	C	240	530
7	ヒノキ	C	318	562
8	ヒノキ	C	136	533
9	ヒノキ	C	153	561

図V－4 滋賀県宮町遺跡出土掘立柱柱根

9点である。この年輪パターンは、ヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立した。

試料9点のうちには、きわめて珍しいことだが、樹皮が一部に残存するAタイプのものが4点あり、伐採年が確定できる。そのうち、柱根1、3は、晩材部が完全に形成されており、当該年の冬または次年の春ごろまでに伐採された、とみてよい。これに対して、柱根2では、顕微鏡観察によると、最終形成年輪の晩材細胞は2ないし3列形成されているが、明瞭な年輪界を構成するほどにはなっていない。この原木の伐採は743年の初秋ごろであろう。したがって、これら掘立柱柱根は742年から744年はじめごろまでに伐採した原木を加工した掘立柱とみてよい。なお、柱根5はBタイプだが、残存最外年輪は741年に形成されたものだった。

宮町遺跡は紫香楽宮推定地のうちの1か所である。紫香楽宮は、742年8月に建設を開始、743年には大仏を造営、745年5月まで都が置かれたところである。この遺跡が紫香楽宮の遺跡かどうか、これまで確証を欠いていたが、この柱根の年輪年代測定の結果からすると、少なくともその一部である蓋然性はきわめて高い。試料とした掘立柱柱根も径40cm以上と太く、8世紀の都の建物にふさわしい。この遺跡の発掘調査では、「天平十□年」と記された木簡が出土している。墨痕からすると、天平17年らしい。さらに、「奈加王」や「垂見王」と当時の皇族名を記した木簡もあり、この推定を補強している［信楽町教委1989］。

1　京都府浄土寺古墳出土木棺

京都府亀岡市の浄土寺古墳からは、大正年間、土砂採取中に組合式の木棺が発見され、京都大学文学部博物館に保存されている。この古墳と木棺は、梅原末治の報告によると「一辺約五十尺内外ノ方形ノ高台状ヲ呈シ……葺石ナク埴輪円筒亦見当ラズ……木棺ノ構造ハ……蓋、側部、底部ヲ組合セテ成レルモノ……底ハ数個ノ破片トナリ、前後ノ側ハ全ク存セザル……蓋ハ厚サ二寸ノ扁平ナル板ニテ長サ十二尺余……両側部ハ……共ニ長サ十尺五寸」であり、遺物としては「棺ノ上部ニ直刀二口……棺ノ付近ヨリ管玉十数個……棺内ハ遂ニ何等見ルベキモノナカリシ」状況だった［梅原1920］。

この木棺の蓋板は、コウヤマキ、もちろんCタイプ、計測年輪数は136層、その年輪パターンは、これまでに作成しているコウヤマキの暦年標準パターンAとは照合できなかった。しかし、大阪府南天平塚古墳出土木棺の年輪パターンとのあいだで照合が成立した。これによって、浄土寺古墳出土木棺蓋板に残存する最外年輪は372年に形成されたものであることが確認できた。Cタイプだから、原木では残存部分の外にさらにどれほどの年輪があったのだろうか。南天平塚古墳出土木棺は、Cタイプで、計測年輪数は208層、コウ

ヤマキの暦年標準パターンAとのあいだで照合が成立し、残存する最外年輪は367年に形成されたものであることが確認できている。

コウヤマキの場合、この棺材のように、暦年標準パターンとは直接照合できないが、いずれかの試料パターンを介在させることによって暦年が判定できた事例が少なくない。このような状況は、ヒノキやスギにもあるが、コウヤマキではるかに多い。

m　京都府瓦谷遺跡出土木棺

相楽郡木津町では、1984年から関西文化学術研究都市の開発に関連して発掘調査が実施されている。瓦谷遺跡は、木津町東南部、奈良県との府県境に近い丘陵の先端部分にある。この調査では、まず遺跡の各所で小規模に発掘し、地下の状況を探ったのだが、丘陵に切れこんだ谷状の地形のところで掘った48bt試掘坑では、幅2mほどの溝 SD4807を発見している。この溝には多量の古墳時代の土器が埋没しており、それに木製品が混在していた［京都府埋文センター1987］。

木製品のうちに木棺の短側面にあたる小口板（W—15）があった。コウヤマキ製、幅75.3cm、高さ51.6cm、厚さ4.4cmのCタイプで、計測年輪数は263層である。コウヤマキの暦年標準パターンAと照合した結果、残存する最外年輪が339年に形成されたものであることが確定できた。共伴した土器は、近畿地方の土師器の様式である布留式土器に属するものである。土器とこの木棺小口板が、この溝に埋没するにいたった経緯が不明だから、厳密にいえば、両者の時間的な関係はわからないが、この年輪年代測定結果はたいへん興味深い。

n　大阪府誉田山古墳（伝応神天皇陵）外堤出土笠形木製品

大阪府羽曳野市の誉田山古墳は、全長415mを測る超大型の前方後円墳であり、応神天皇陵とされている。この古墳の周濠の外をめぐる外堤部分で1988年から1989年にかけて発掘調査があり、笠形木製品が出土した。径75cm、高さ22cmほどの大型の円盤形品で、上面は笠形に膨らみ、下面は大きく抉っており、中央に孔を穿っている。いまは半ばを失っている。古墳の南にある応神天皇を祀った誉田八幡宮にも、明治初年ごろ周濠のなかから出土したと伝える同類の笠形木製品が所蔵されている。発掘した笠形木製品は、コウヤマキ製、Cタイプ、計測できた年輪数は272層ある。その年輪パターンは奈良県の古墳出土品によって作成したコウヤマキの暦年標準パターンとは照合が成立しなかった。しかし、さきの京都府浄土寺古墳出土木棺とおなじように、大阪府南天平塚古墳出土木棺の年輪パターンとのあいだで照合が成立し、残存する最外年輪が302年に形成されたものであることが確認できた。

o　大阪府経塚古墳出土木棺

経塚古墳は、大阪府堺市にあった全長約41mの帆立貝式古墳であり、1961年と1962年の調査で後円部墳頂から2基の木棺を発掘しており、5世紀末の古墳とされている［小野山19671］。

木棺はコウヤマキ製のCタイプであり、計測年輪数は288層、コウヤマキの暦年標準パターンAとの照合によって、残存する最外年輪が461年に形成されたものであることが確認できた。

p　大阪府遠里小野遺跡出土井戸

大阪市住吉区にある遠里小野遺跡では、1989年の発掘調査で、周囲に木柵をめぐらした区画があって、ほぼ中央に1棟の大型の掘立柱建物を配置している状況が発見されている。この地点は、古代の海岸線に近く、川にそった台地末端の上にあたる。発掘担当者は、その立地と遺構の状況から、これが古代の港湾管理関係の公的な施設の遺跡であり、建物は望楼の機能をもつものではなかったかと考えている［積山・清水1989］。この一郭のなかに井戸が1基ある。深さ2.1m以上、井戸側は板材を内法1mほどの四角に組んで積み重ねたもので、板材はヒノキ製、長さ114cmと107cmの2種類があり、幅は35cm、厚さ7cm、片面は平らだが、他面は中央が稜になった低い山形の断面形になっている。このような形状の板材は板葺の屋根材として使用した例があり、この井戸側も屋根材を転用したのではないか、と考えられている［清水1989］。

板材のなかには、Aタイプのものがあった。計測年輪数は225層、ヒノキの暦年標準パターンEと照合した結果、原木が伐採されたとき最後に形成されていた年輪は694年のものであることが確認できた。この井戸は、底から須恵器や土師器が出土しており、8世紀中ごろから後半にかけて使用されていたことが判明している。年輪年代測定結果は半世紀近く古い。推定どおりの転用材であるのか、古く7世紀末から使用していた井戸に8世紀に落ちこんだ土器が残ったのか。転用材とすると、半世紀も経過していない建物の部材を使用していることになる。

q　奈良県四条古墳周濠出土笠形木製品

四条古墳は奈良県橿原市にある。この古墳は、7世紀末の藤原京の建設工事によって墳丘部がことごとく破壊されており、わずかに残った周濠が1987年から1988年の発掘調査で発見されたものである。発掘結果によると、墳丘は一辺約29mの方形部に長さ9m、幅14mほどのやや台形に開いた造出をつけたものである。その周囲を二重に周濠がめぐり、発掘された内濠から埴輪や土器とともに多量の木製品が出土した。この木製品の多くは、あたかも埴輪のように、かって墳丘の上や周辺に立てめぐらしていたものである［西藤・林部1989］。

これら木製品のうち、年輪年代研究の試料としたのは笠形木製品7点である。上面が笠状に膨らんだ円盤形品で、中央に孔が貫通しており、それに棒をさしこんで立てたもので、さきの誉田山古墳外堤出土品と同類だが、径は35cmほどと小さい。すべてコウヤマキ製。その年輪データがコウヤマキの暦年標準パターンAの作成を可能にしたことはⅣ章4－aで述べたところである。この暦年標準パターン作成の結果、笠形木製品に残存する最外年輪は5世紀の前半に形成されたものであり、最も新しいものは448年のものであることが確認できた（表Ⅴ－9）。Cタイプであるから、原木ではさらに外に相当の年輪があった、とみるべきだ。この木製品が古墳造営当初のものであれば、この古墳は5世紀後半以降の築造になるものである。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	コウヤマキ	C	203	448
2	コウヤマキ	C	154	439
3	コウヤマキ	C	199	437
4	コウヤマキ	C	164	436
5	コウヤマキ	C	190	436
6	コウヤマキ	C	239	431
7	コウヤマキ	C	211	416

表Ⅴ－9　奈良県四条古墳年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	コウヤマキ	C	336	454
2	コウヤマキ	C	214	482
3	コウヤマキ	C	196	426

表Ⅴ－10　奈良県小墓古墳年輪年代測定結果

r　奈良県小墓古墳周濠出土笠形木製品

小墓古墳は奈良県天理市杣之内町にある全長約80mの前方後円墳である。1987年から1988年、この古墳の墳丘部横で発掘調査がおこなわれ、幅10mをこえる周濠の一部が検出された。この周濠のなかから、さきの奈良県四条古墳と同じような笠形木製品が出土した。ここでは、楕円形で長径が50cmほどになる［泉1989］。そのうちの3点を年輪年代測定試料とした（表Ⅴ－10）。

笠形木製品はすべてコウヤマキ製、Cタイプ。コウヤマキの暦年標準パターンAと照合した結果、残存する最外年輪は、最も新しいものが482年に形成されたものであることが判明した。原木を伐採したのは6世紀以降のことであろう。発掘した考古学研究者はこの古墳を6世紀前半の築造と推定しており、この年輪年代測定の結果はそれと矛盾しない。

s　史跡水落遺跡出土集水枡

1981年、奈良県高市郡明日香村の飛鳥の集落の西北方で史跡水落遺跡の発掘調査があった。この遺跡は、それよりさき1972年に民家新築の事前に発掘調査がおこなわれ、その結

果によって1975年に史跡に指定、保存されている。そのときの調査では、中央部分はほとんど調査されていなかったが、それを9年後に再調査したのである。そこで発見された遺構は、石組、木樋、銅管、木箱などを複雑に組み合わせた類例のない特殊な構造をもつものだった。調査成果を総合的に検討した結果、発掘担当者はこれが漏剋すなわち水時計の遺構である、と推定した。『日本書紀』には、660年に中大兄皇子が漏剋を建造したことを記録している。この遺構をそれだ、と考えたのである［岩本1982］。

この遺構のほぼ中央地下に、なかをえぐりとって枡形にした長いコウヤマキの角材を立ててすえつけてあった。加圧した水をこのなかに木樋で導き、水量を調節するとともに地上に水をほとばしらせるための装置なのだ。この枡形の角材を年輪年代測定試料とした。方約50㎝、試料としてはCタイプ、計測年輪数は233層、コウヤマキの暦年標準パターンAと照合して、残存する年輪のうち、最外のものは596年に形成されたものと判定できた。中大兄皇子の建造した漏剋の遺構であれば、判定できた年輪年代はそれほどの意味をもたないかもしれないが、興味深い遺跡に関連するものであるから、紹介しておく。

t　奈良県法華寺下層遺跡出土掘立柱柱根

奈良市の平城宮跡の東に法華寺がある。この寺は、748年に聖武天皇が紫香楽宮から平城京に還幸したとき、かっての皇后宮を宮寺としたときにはじまる。皇后宮は光明子が720年に没した父藤原不比等の邸宅をうけついだもの。この最初のころの法華寺の建物はその後ことごとく焼失し、いまでは1601年に豊臣秀頼と淀君が再興した本堂や南門、鐘楼があるのみである。現在の法華寺の地下を発掘すると、掘立柱や礎石を使用した建物の遺構が発見できる。それらは、藤原不比等の邸宅、皇后宮、そして、宮寺=法華寺、そのいずれかのものであろう。これまでの発掘成果からは、掘立柱建物の遺構が重複して存在し、整理すると、Ⅰ～Ⅲ期の3回にわたって造営したものであることが判明している。その最後のⅢ期の建物では、当初掘立柱であったものをのちに礎石に変更した痕跡がみつかっている［吉田・岡本1974、須藤・清水1977］。

このⅢ期の掘立柱建物の柱穴のなかに残存していた径60㎝以上もある太いコウヤマキの

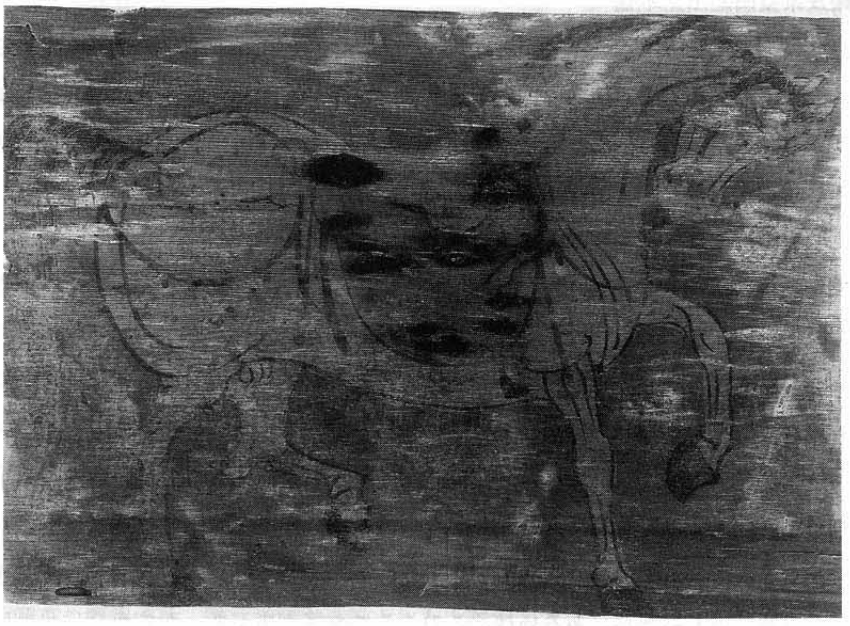
試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	コウヤマキ	C	193	742
2	コウヤマキ	C	188	733
3	コウヤマキ	C	458	693

表Ⅴ－11　奈良県法華寺下層遺跡年輪年代測定結果

柱根3点を年輪年代測定の試料とすることができた。その年輪データはⅣ章4－aでコウヤマキの暦年標準パターンAの作成に使用し、742年が残存する最外年輪の最も新しい形成年であることを確定できた（表Ⅴ—11)。いずれもCタイプである。したがって、その原木は宮寺=法華寺の創設以降に伐採したものであることはほぼ確実である。Ⅲ期の造営は、発掘担当者が推定したように、皇后宮を宮寺＝法華寺と改めたとき以降におこなわれたものとみてよい。

u　奈良県平城京東二坊二条大路出土絵馬

1989年の日本の遺跡の発掘調査では、平城宮跡における長屋王邸跡の発見とそこから出土した数万点にのぼる木簡が大きな話題になった。その後、長屋王邸跡の北に接して東西に走る二条大路、その北辺に沿って掘った長大な溝状土坑のなかからも、土器や瓦などとともに、これまた数万点の木簡が出土した。現在出土品の整理中だが、これまでのところ、木簡に記載されている年号では、736年、天平8年のものがほとんどで、わずかに737年のものが混在しているから、737年またはその直後に塵芥をまとめて捨てたゴミ穴とみてよさそうだ。そのなかに雄渾な筆致で馬を描いた絵馬が混在していた。幅27.2cm、高さ19.6cm、厚さ0.7cm、計測年輪数は418層、馬の脚部のほうが樹皮方向、頭部のほうが樹心方向になった板である。この板を観察すると、下部3cmほど、年輪数では86層分ほどだ



図Ⅴ－5　奈良県平城京東二坊二条大路出土絵馬

が、その部分がそれより上の部分とは色調が異なっており、辺材部とみてよい。Bタイプである。その最外年輪の形成年は、ヒノキの暦年標準パターンEとの照合によって、728年と判明した。737年ごろに捨てた塵芥のなかにあったのだから、この絵馬は728年から737年までの間のいずれかのときに描かれたものとみてよい。この絵馬は奈良時代の絵画研究の貴重な資料であり、その製作年代をこのように限定できた意義は大きい。

v　奈良県平城京右京八条一坊十三・十四坪出土井戸

8世紀の都、平城京の中央南辺に近く、大和郡山市が北部清掃センター周辺整備事業を計画、その地域において1984年から1986年までのあいだに5回にわけて発掘調査が実施された［奈文研1989］。そこでは、建物などの遺構が重複した状況で発見されており、整理すると、大きく4回の建設があったことが判明している。

井戸 SE1365はその最初のI期に掘削されており、Aタイプのヒノキの板材が井戸側に使われていた。内法約80cm、深さは3mに近い。この板材の計測年輪数は275層、年輪パターンをヒノキの暦年標準パターンEと照合した結果、最後に形成された年輪が737年のものであることが確定できた。この井戸は、I期から平城京時代を通じてその最後まで使用されていた、と発掘担当者はみている。この板が当初からの井戸部材であって、のちに補修したものでなければ、この井戸は平城京に遷都した710年よりかなりのちに設置されたことになる。

w　奈良県益田池出土木樋

奈良県橿原市の南部にかって40haの広さをもつ大きな池があった。益田池である。この池は、干魃に備え、周辺地域の開墾を促進するために、822年に建設を計画、825年に完成した、と記録は伝えている。現地は周囲を丘陵に囲まれ、西に開いた小さな盆地状の地形であって、その西の開口部に堤を築き、なかを流れる高取川の水を貯水したものだった。その堤の一部はいまも残っている。

1962年、堤の下流100mの地点で水路改修工事中に巨大な木樋が発見された。長さ5.65m、幅1.15m、高さ0.72m、断面が四角になるように削ったヒノキの巨木のなかを大きくくりぬいて樋としたもので、現在奈良県立橿原考古博物館に所蔵している［泉森1978］。材はヒノキで、その年輪パターンはヒノキの暦年標準パターンEと照合が成立し、残存する最外年輪が845年に形成されたものであることが判明した。計測年輪数は277層、年輪幅を計測できた部位ではCタイプになっていたが、木樋の一部には樹皮が残存していたとのことであり、伐採年もこの最外年輪形成年に近かったであろう。記録の伝える益田池建設のときより新しいものだが、あるいは、このころに改修工事があったのか。

x　広島県草戸千軒町遺跡出土鼻緒

広島県福山市にある草戸千軒町遺跡とその出土品によるヒノキの暦年標準パターンの作成作業については、Ⅳ章2－cですでに述べた。ここでは、それら出土品の年輪年代測定結果を報告しておく。いずれもCタイプであって、この結果のみによって出土した遺構の年代を論ずることは容易ではないが、土器によって推定できるそれぞれの遺構の年代とは矛盾していない。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	247	1170
2	ヒノキ	C	243	1174
3	ヒノキ	C	239	1251
4	ヒノキ	C	249	1197
5	ヒノキ	C	161	1151
6	ヒノキ	C	113	1170
7	ヒノキ	C	112	1255
8	ヒノキ	C	239	1198
9	ヒノキ	C	73	997

表Ⅴ－12　広島県草戸千軒町遺跡年輪年代測定結果

このなかの鼻緒は、運搬用の縄掛けの孔を材木の末端に穿ち、運搬後、その材木を使用するときにその部分を切り落としたものであり、1978年の第4次調査で検出した溝 SD1375から9点まとまって出土している。いずれもCタイプだが、木製品製作の原材であろうから、原木から削除した年輪部分はあまり多くないかもしれない。鼻緒の出土した溝は草戸千軒町遺跡における遺構編年のⅡ期前半、13世紀後半ごろのものとされてる［広島県草戸千軒研究所1980］。残存する最外年輪の最も新しい形成年は鼻緒7の1255年であり、出土土器から推定している溝の年代と重なっている。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	225	754
2	ヒノキ	C	203	665
3	ヒノキ	C	112	631

表Ⅴ－13　香川県下川津遺跡年輪年代測定結果

y　香川県下川津遺跡出土曲物底板

香川県坂出市の下川津遺跡は、瀬戸大橋の建設にともなって、1985年から香川県教育委員会が発掘調査を実施した。このとき検出した自然河川跡 SXNa02からは多種多量の木製品が出土している［香川県協会1986］。そのなかから年輪幅の計測が可能な曲物底板3点を選定、その年輪パターンはヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立した。その結果、試料に残存する最外年輪のうちの最も新しいものが754年に形成されたものであることが確認できた。

発掘調査の概報では、同じ土層から出土した土器が主として7世紀のものであることから、この曲物底板を含む多量の木製品類もその時代のものとみている。しかし、この年輪

年代の結果からみれば、754年以降、8世紀のなかば以降のものであることは確実だ。試料はCタイプだから、原木はそれ以降いつ伐採されたものか、わからない。ともあれ、この河川跡からは、8世紀の土器も出土している。出土品に7世紀と8世紀のものが混在していないか、検討する必要があろう。この事例は年輪年代法の有効性を確認した印象的な1例となった。

z　特別史跡大野城跡出土掘立柱柱根

660年、唐と新羅の連合軍が百済を滅ぼす。大和朝廷は、百済復興計画に協力し、援軍を派遣、663年その日本軍は白村江で完敗する。このような政治情勢のなかで、大陸からの脅威に備え、大宰府を防衛するために、天皇は水城と大野城を築かせている。665年のことだった。大野城はいま福岡県太宰府市と宇美町にまたがる四王寺山に遺跡を残している。その周囲をめぐる総延長約6kmの土塁には、北で1か所、南で3か所、城門が開いており、それぞれ礎石などが現存している。その南の城門のうちの1か所、大宰府口城門は福岡県立歴史資料館が1985年から1988年までの4年間にわたって発掘調査を実施した。その結果、石積みで固めた土塁に、最初は掘立柱の城門を開き、のちに礎石をもつ城門に変更している状況があきらかになった。

この掘立柱の城門の柱根1点について年輪年代測定をおこなっている。材はコウヤマキ、Cタイプ、計測年輪数197層、平城宮跡出土掘立柱柱根などによって作成したコウヤマキの暦年標準パターンAとのあいだで照合が成立し、残存する最外年輪が648年に形成されたものであることが確認できた。Cタイプだから、原木の伐採年は確定できないが、665年にあまりにも接近している。このことをどう考えるのか。648年以降のいつこの城門は造営されたのだろうか。

3　建築部材の年輪年代

a　重要文化財波宇志別神社神楽殿

秋田県平鹿郡大森町には、秋田県に3座ある延喜式内社のうちの1座、波宇志別神社がある。その神楽殿は、東日本には珍しい両流造の形式をとるもので、室町時代中期の造営とされ、重要文化財に指定されている。

この神楽殿のなかに設置された仏壇構え側面のスギの壁板8点について、年輪年代を測定することができた（表V—14）。そのうちの2点にBタイプの試料があり、スギの暦年標準パターンBと照合した結果、辺材部の年輪26層を残す壁板1の残存最外年輪形成年が1177年、同じく38層を残す壁板2では1195年であることが確認できた。原木はおそらく12世紀前半のころに伐採されたものであろう。伐採後まもなく原木を使用し、この板材を製

作したとすれば、その年代は推定されているこの建物の創建年代より古くなる。推定創建年代に問題があるのか、古材を転用したものであるのか。解体修理も近いと聞く。本格的に年輪年代法を応用して調査したいものである。

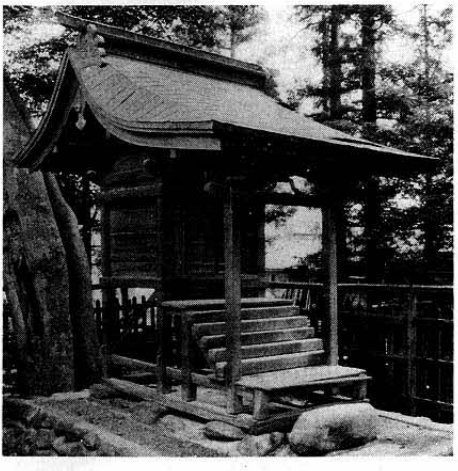
b　重要文化財若宮八幡神社本殿

長野県松本市にある若宮八幡神社本殿は、もと松本城の鎮守と伝えられ、桃山時代のものとして1953年重要文化財に指定されている［文化財技術協会1982］。その解体修理工事が1981年から1982年にかけておこなわれ、その際に建物中心部にあたる身舎の柱の根元の腐朽部分を切りとった断片があり、その１点を試料として入手することができた。この柱は、原木の樹心部分を避けて木取りしたいわゆる心去り材で、辺材部を除去して１辺約12cmの角材に成形したものである。計測年輪数は143層、その年輪パターンは、ヒノキの暦年標準パターンＡやＢ、Ｃとは照合が成立しなかった。しかし、1976年に伐採したことが確認できた長野県の王滝営林署所蔵の円盤標本の1030層からなる947年から1976年までの年輪パターンとのあいだで照合が成立した。これによって、身舎柱の最外年輪は1614年に形成されたものであることが確定できた。原木の産地は王滝産のヒノキの伐採地に近いのであろう。

この試料もＣタイプであり、原木は1614年以降に伐採されたものになる。それがいつか、この年輪年代測定結果からだけでは確定できない。しかし、解体修理工事のときの所見では、この建物の主要部は創建当初のままである、という。とすれば、徳川家康が関ヶ原の戦に勝利したのが1600年、征夷大将軍に任ぜられたのが1603年であるから、これまで

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	スギ	B	283	1177
2	スギ	B	301	1195
3	スギ	C	322	1129
4	スギ	C	296	1155
5	スギ	C	291	1083
6	スギ	C	223	1154
7	スギ	C	183	1025
8	スギ	C	218	967

表Ⅴ－14　重要文化財波宇志別神社年輪年代測定結果



図Ⅴ－6　重要文化財若宮八幡神社本殿

の推定とは違って、この建物は江戸時代になって創建されたのか、あるいは、解体修理工事のときの所見とは異なって、創建後に修理があって、そのときに柱がとりかえられていたのか、そのいずれかであろう。

c　重要文化財清水寺三重塔

京都の東山のふもとに姿をみせる清水寺の三重塔は、1966年に重要文化財に指定され、1984年から1986年にかけて第二重以上を解体する修理工事がおこなわれた。この塔は、創建年代は不明だが、平安時代の1063年を最初にして、その後たびたび焼亡、再建をくりかえした。現存する塔は、1629年の焼失後、1632年に再建されたものである。

年輪年代を測定した部材は、縁板と裏甲の２点で、いずれもＣタイプ、縁板は計測年輪数224層、残存最外年輪形成年は1541年、裏甲は計測年輪数が527層で残存する最外年輪の形成年が1484年である結果が得られた。建造年代が判明しているから、ヒノキの暦年標準パターンＡ、Ｂ、Ｃと照合して確認できたこの年代測定結果は、当然のものである。だが、仮にこの塔の建造年代が判明していない場合を想定すると、残存最外年輪の形成年の1541年は年代推定の有力な根拠になりえたであろう。

d　重要文化財伽耶院本堂

伽耶院は兵庫県三木市にあり、その本堂は重要文化財に指定されている。

この建物は1981年から1985年にかけて解体修理されており、このときに発見された墨書によって、1646年に完成したものであることが判明している。その部材３点から年輪データを収集することができた。いずれの年輪パターンもヒノキの暦年標準パターンＡ、Ｂ、Ｃとのあいだで照合が成立した。３点の部材のうちの柱は、残存最外年輪の形成年は1548年だが、Ｃタイプであるから、創建当初のものとみてよいであろう。しかし、屋根裏の束２点は、いずれもＡタイプであって、原木の最後に形成された年輪が1692年のものであり、創建の1646年より半世紀ほどのちに伐採した材で作ったことになる。半世紀程度で屋根裏の部材を取り替える補修工事があったことになる。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
小屋束１	ヒノキ	A	190	1692
小屋束２	ヒノキ	A	170	1692
柱	ヒノキ	C	256	1548

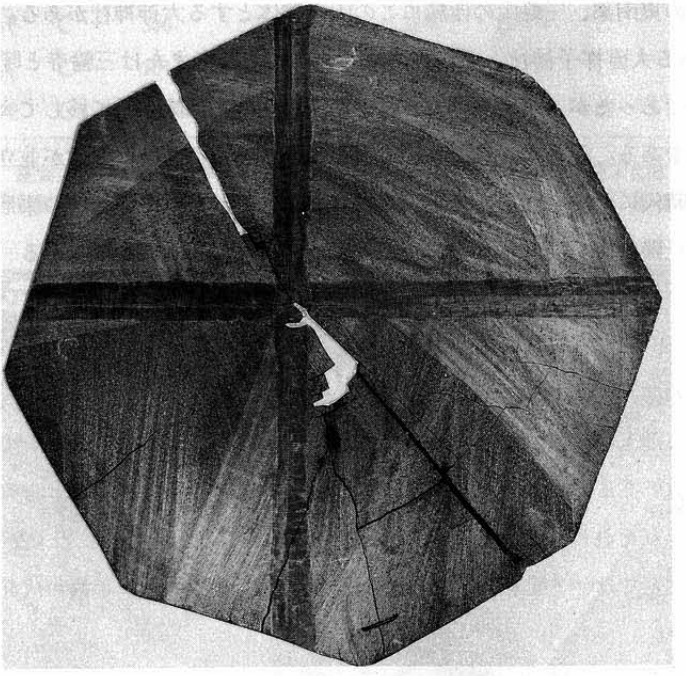
表Ⅴ－15　重要文化財伽耶院年輪年代測定結果

e　国宝法隆寺五重塔

法隆寺の五重塔は、第２次世界大戦中の1941年から戦後の1952年まで、11年の長期間にわたり解体修理工事がおこなわれた［法隆寺国宝保存委員会1955］。その際、地中深く埋

められている心柱は、腐朽していた基部を切断、新材を根継ぎした。このときに厚さ約10cmの円盤標本を切りとっている。現在この標本は京都大学木材研究所に保管されている。この標本でみると、心柱はさしわたし82cmの八角形、樹心をほぼ中心にもつ心持ち材であって、試料としては周辺部を完全に削りおとしたCタイプである。

法隆寺五重塔心柱については、Ⅰ章B－2で紹介したように、1952年に西岡秀雄が原木の伐採年代を推古15年、607年以前とする推論を発表している。今回の調査では、計測年輪数は351層、ヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立し、それが241年から591年に形成された年輪であることを確認した。ただし、Cタイプであって、削りおとした心材外縁部分と辺材部の年輪数が不明であるから、原木が591年以降に伐採された、とはいえるが、伐採年を厳密に確定することはできない。しかし、心材外縁部分と辺材部が除去されていることを勘案すると、法隆寺五重塔は推古天皇（在位592—628年）の時代に創建されたものでない蓋然性が高い、といってよいであろう。とはいえ、最外年輪形成年が591年となったこの結果を引用して、五重塔が7世紀のなかごろに建てられたものとする説をとなえたむきもある。しかし、心柱に仕上げる過程で原木から何層の年輪部分を除去したか、それはまったくわからない。法隆寺に近い法起寺の三重塔では、原木の表面か



図Ⅴ－7　国宝法隆寺五重塔心柱の断面

ら百層以上の部分を除去して心柱を製作しているらしい。法隆寺のそれが百層以下であったとする根拠はない。年輪年代測定結果のみを利用して、7世紀なかばの塔の創建を推定することはできない。ちなみに、現在、古い様式を模して復原的に建物を建築している事例で観察したところ、径30cmほどの柱であっても、原木から少なくて40層、多いものでは100層に近い年輪部分を削りとって仕上げている。

f　国宝法起寺三重塔

奈良県生駒郡斑鳩町、法隆寺の東北方に法起寺がある。法起寺は聖徳太子の岡本宮を寺にしたと伝えているが、現存する三重塔は7世紀末から8世紀のはじめにかけて建立されたものである。塔は建立後数度の修理を経ているが、解体して修理する大工事としては、明治年間の1897年から1898年までと1972年からの3か年のものとがあった。この明治の解体修理の際、腐朽していた心柱の根元約45cm分を切断し、その切断部分が残されている。これをみると、心柱は径70cmの八角形で、ほぼ中央に樹心をもつ心持ち材になっている［奈良県教委1975］。その年輪幅を計測、ヒノキの暦年標準パターンEと照合した結果、最外年輪が572年に形成されたものであることが確認できた。これからすると、原木の周囲から100層以上の年輪部分を除去して心柱に仕上げていることになる。

g　重要文化財大神神社摂社大直祢子神社社殿

奈良盆地の東南部、三輪山の西麓にこの山を神体とする大神神社がある。その拝殿の北西200mにある大直祢子神社、通称若宮社は、もと大神寺または三輪寺と呼ばれた大神神社の神宮寺であったが、明治の排仏毀釈で神社に改め、仏像を他に移して大多々根子命を祀ったものである。現存する社殿は、8世紀の創建当初は前後に2堂が並立するものだったが、鎌倉時代に前堂を廃し、後堂の前面に増築、それが現在の建物の原形となった。したがって、社殿の後半部は8世紀に建てられた建物に起源するものである［国樹1989］。この建物は、奈良時代の建物として明治以降の本格的な解体修理をうけていない唯一のものとなり、1987年から1989年にかけて実施した全面的な解体修理工事による調査成果は建築史研究者の注目をあつめていた。

この解体修理工事で機会をあたえられて年輪年代測定の試料にできたものは、後堂部分の当初材8点である。すべてCタイプで、ヒノキの暦年標準パターンEとのあいだで照合が成立し、それぞれに残存する年輪の最外のものの形成年が判明した（表V－16）。修理工事の際の調査では、8世紀後半の創建とみる結論がでている。年輪年代測定結果もそれと矛盾しない。

h　重要文化財宝幢寺本堂

奈良県生駒市にある重要文化財宝幢寺本堂は、様式からみて室町時代前期、14世紀後半

のものと推定されてきた。しかし、この建物を解体修理したときも明確な年代をしめす資料は得られなかった。

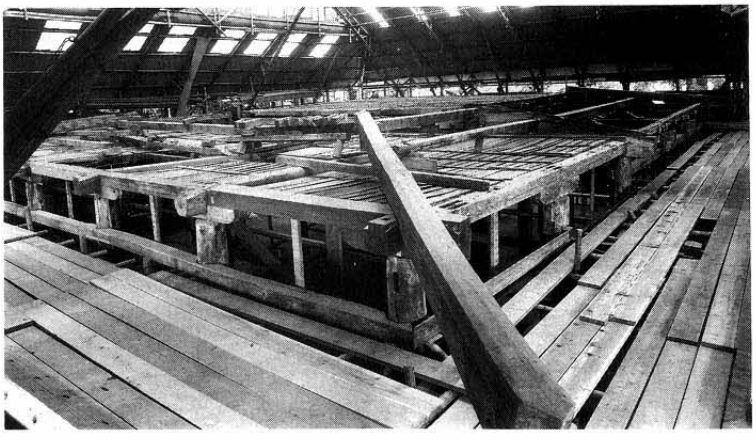
この建物で創建当初から使用されていた部材6点を試料として年輪データを収集、ヒノキの暦年標準パターンのA、B、Cとのあいだで照合が成立し、それぞれの残存最外年輪形成年が確定できた（表Ⅴ—17)。すべてCタイプ。これからみると、最も新しい年輪形成年が1338年となり、この建物はそれ以降に建造されたことになる。除去した辺材部や心材外周部があったことを考えあわせると、14世紀後半またはそれ以降といってよい。様式から推定されていた創建年代に1つの根拠をあたえたことになる。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
垂木1	ヒノキ	C	194	633
垂木2	ヒノキ	C	124	703
垂木3	ヒノキ	C	145	673
垂木4	ヒノキ	C	109	626
垂木5	ヒノキ	C	104	684
垂木6	ヒノキ	C	306	662
垂木7	ヒノキ	C	101	601
土居桁	ヒノキ	C	106	601

表Ⅴ—16 重要文化財大直祢子神社年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
柱	ヒノキ	C	174	1311
母屋束1	ヒノキ	C	265	1034
母屋束2	ヒノキ	C	286	1115
巻斗1	ヒノキ	C	215	1338
巻斗2	ヒノキ	C	108	1336

表Ⅴ—17 重要文化財宝幢寺年輪年代測定結果



図Ⅴ—8 解体修理中の重要文化財大直称子神社本殿

4　美術工芸品の年輪年代

a　京都府某寺所蔵漆塗曲物容器

京都府下の某寺所蔵の漆塗曲物容器は、底板下面に「天福元年五月」の墨書銘があり、製作年代の判明するすぐれた工芸品として高く評価されていた。天福元年は1233年にあたる。この容器は身と蓋とからなり、身はヒノキの薄板を曲げて作った円筒形の側に底板をはめこみ、浅い同じような円筒形品の上に板をのせて蓋とし、表面に漆を塗って仕上げた曲物容器である。この容器の樹種鑑定を依頼され、その際に蓋と側板、底板の3か所から年輪データを収集することができた。それらの年輪パターンは暦年標準パターンBと照合が成立した。その結果によると、それに残る最も新しい年輪の形成年が1576年であり、いずれも紀年銘の1233年よりはるかに新しい。おそらく紀年銘より400年以上後世の作品であろう。

b　国宝法隆寺金堂薬師如来坐像

法隆寺の金堂内陣仏壇の東の間に薬師如来坐像がある。この像の光背裏面には、この像を推古15年、607年に造立したとする有名な造像記が刻まれている。しかし、この造像記についてはその記述に疑問が呈されており、ひいてはこの像の造立年代についても議論がある。大きくみると、607年説、670年の斑鳩寺炎上後の製作説、そのあいだの作とみる説がある。

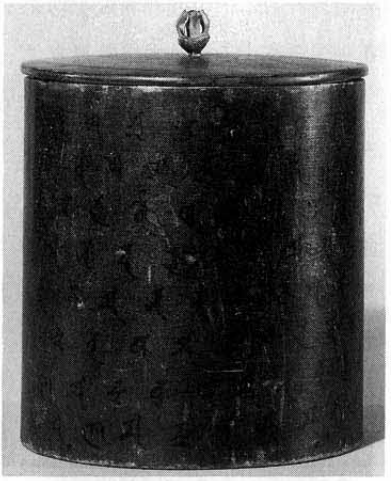
この像の台座の上座縦框の断面を観察、125層の年輪データが収集できた。その年輪パターンはヒノキの暦年標準パターンEと照合が成立し、残存している最外年輪が575年に形成されたものであることが確認できた。Cタイプであり、もちろん原木伐採年をこれから決定することはできない。また、台座の製作の経緯、その上座と下座の関係、さらには台座と薬師如来本体とが同時の作かどうかなど、多くの問題があり、この年輪年代測定結果はそれほどの参考にならないであろうが、この種の美術工芸品についても年輪年代法の適用が可能であることをしめすために報告しておく［西川・水野1968］。

c　奈良県法隆寺所蔵百万塔

称徳天皇は、藤原恵美押勝の乱の鎮圧後、その滅罪と国家鎮護を祈願するため、百万基の木製小塔を造立して陀羅尼経を納入し、それを770年に大和を中心とした畿内の諸寺に分置した。法隆寺にはそれが4万数千基現存している。奈良国立文化財研究所は『法隆寺昭和資材帳』作成事業に協力、その一環としてこの百万塔を調査している。百万塔は、平均して高さ21.4cm、下面の径が10.5cm、相輪部と塔身部とにわけて製作し、組みあわせて仕上げている。材は相輪部ではサカキやサクラ属のものが多く、センダンもある。塔身部はヒノキ製である。このなかには、塔身部下面に製作日をしめすとみられる日付を墨で書

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	305	1548
2	ヒノキ	C	398	1576
3	ヒノキ	C	286	1467

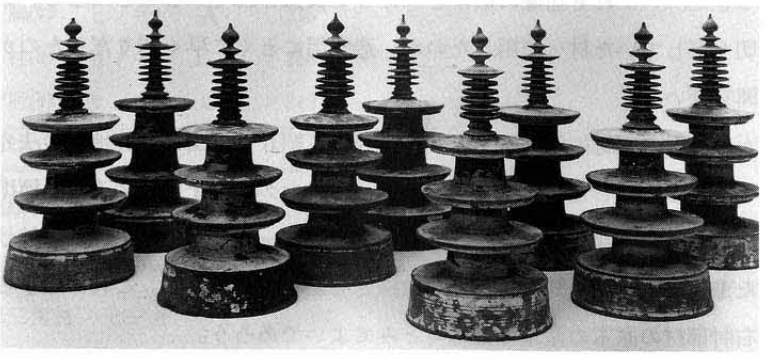
表Ⅴ－18　京都府某寺所蔵漆塗曲物容器年輪年代測定結果



図Ⅴ－9　京都府某寺所蔵漆塗曲物容器

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
1	ヒノキ	C	150	619
2	ヒノキ	C	156	684
3	ヒノキ	C	131	663
4	ヒノキ	C	163	719
5	ヒノキ	C	126	721
6	ヒノキ	C	163	688
7	ヒノキ	C	127	651
8	ヒノキ	C	130	692
9	ヒノキ	C	151	636
10	ヒノキ	C	114	700
11	ヒノキ	C	132	674
12	ヒノキ	C	109	708
13	ヒノキ	C	142	670
14	ヒノキ	C	112	690
15	ヒノキ	C	107	679

表Ⅴ－19　奈良県法隆寺所蔵百万塔年輪年代測定結果



図Ⅴ－10　奈良県法隆寺蔵百万塔

いたものがあり、それからすると、767年と768年の２年間にわたって製作したらしい。

年輪幅を計測したのは15点、ヒノキの暦年標準パターンＥと照合して、それぞれの残存最外年輪の形成年が確定できた（表Ｖ－19)。最も新しいものは721年であって、百万塔の製作年と当然除去したであろう年輪の存在とを考えあわせると、原木の伐採は製作時にかなり近かった、とみてよいだろう。ともあれ、この15点の最外年輪形成年はこの種の工芸品における年輪の残存状況を考える良好な材料になる。

d　国宝東大寺金剛力士吽形立像

奈良東大寺南大門、その東西に金剛力士立像、通称仁王さんが向かいあって立っている。東が吽形、西が阿形である（図Ｖ－11)。1180年、平重衡の軍勢が東大寺を焼き払う。焼亡した東大寺の再興にあたったのが俊乗坊重源。重源は、1181年に造東大寺勧進職に任命され、再興事業を精力的に推進、その締めくくりとして仏師運慶や快慶らに命じて造立させたのがこの２体の金剛力士立像だった。造立開始は1203年７月、完成供養は同年11月であり、この供養が東大寺再興事業の終了となった。両像の完成には３か月しかなかったことになる。

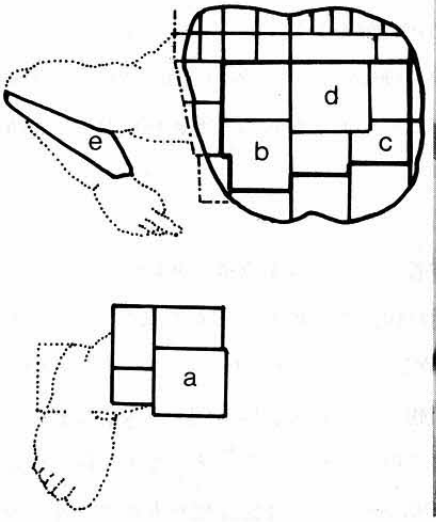
金剛力士立像は、わずかに修理されたこともあったが、ほとんどが当初のままの姿をとどめている。しかし、長年風雨にさらされて破損が著しくなったため、1989年から吽形の解体修理がはじまった。これを機会にその部材から年輪データを採取することができた。

吽形像は高さ8.42m、左足から耳のあたりまで通る背部分の約60cm角の材に右足と右胸、左胸、右背の根幹部を構成する角材を組みあわせ、さらに細部の材を矧ぎあわせ、最後に彩色して完成している。いずれもヒノキである。この部材のなかに、樹皮を剝いだだけの箇所が一部に残存するＡタイプが３点、辺材部が部分的に残るＢタイプとみられる１点があった。Ａタイプはいずれも根幹部の材で、ヒノキの暦年標準パターンＤと照合した結果、原木の伐採が1196、1199、1201年のそれぞれ冬または次年の晩春ごろまでであることが確認できた。いずれも造像に数年さきだって伐採されていることになる。東大寺再興工事用に切りだしていた材を使用したのか、造像用にとくに早く切りだしたのか、いずれにしても興味深い。

このなかの右肘の部材の年輪パターンは、のちに紹介する山口県徳地町の法光寺阿弥陀如来坐像のそれと酷似している。２組の年輪パターングラフを比較すると、標準パターンにはあらわれないような特異な年輪幅の変動までもが一致している。徳地の地は、周防国守となった重源が東大寺再興用の材木を伐採させたところである。これからすると、この吽形像の右肘部材の原木の産地は徳地町とみてよいであろう。

e　山口県岩崎寺阿弥陀如来坐像

図Ⅴ－11　国宝東大寺金剛力士立像とその寄木構造断面図（財）美術院原図による



試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
右足(a)	ヒノキ	A	221	1201
右胸(b)	ヒノキ	A	261	1199
左胸(c)	ヒノキ	A	215	1196
心柱(d)	ヒノキ	B？	260	1152
右肘(e)	ヒノキ	C	245	1117

表Ⅴ－20　国宝東大寺金剛力士立像年輪年代測定結果

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
腰部主要材	ヒノキ	C	172	1096
腰部三角材	ヒノキ	C	153	1015
右肘	ヒノキ	C	71	900

表Ⅴ－21　山口県岩崎寺阿弥陀如来坐像年輪年代測定結果

山口県小野田市にある岩崎寺の阿弥陀如来坐像は、藤原時代の作品として1983年に山口県指定文化財となっている［小野田市教委1978］。この仏像は、頭部から腰部にかけての根幹部分を1材で作り、それに各部位を寄せたもので、1987年に修理された。その修理現場でルーペを使用して腰部の主要材と三角材、それと右膝のあわせて3か所の材の年輪幅を計測した。それによって作成した年輪パターンは暦年標準パターンDとのあいだで照合が成立した（表V－21）。その結果では、根幹部のものが最も新しく、その最外年輪が1096年だから、この仏像は、1096年以降、すなわち12世紀以降の作とできる。

試料	樹種	形状タイプ	計測年輪数	最外年輪形成年
本体	ヒノキ	C	372	1145
膝前	ヒノキ	C	209	1013
台座	ヒノキ	C	376	1196
反花	ヒノキ	C	143	1089
光背	ヒノキ	C	142	1190

表V－22　山口県法光寺阿弥陀如来坐像年輪年代測定結果

f　山口県法光寺阿弥陀如来坐像

山口県佐波郡徳地町の法光寺は、明治初年に安養寺と林光寺を合併、改称したものである。造東大寺勧進職俊乗坊重源は、東大寺再建用材伐採のための杣入りの拠点として、1186年に安養寺阿弥陀堂を、1187年に林光寺を建立した、と伝えている。この阿弥陀堂にあった阿弥陀如来坐像、聖観音菩薩立像、十一面観音菩薩立像、毘沙門天立像、不動明王立像の五体の仏像は、いずれも山口県指定文化財に指定されている。そのうち、阿弥陀如来坐像は、像高130.5cm、1材からなる頭部と体部に各部位の材を寄せたもので、平安時代後期、12世紀後期の作品とされている［平田・菊竹1989］。

年輪幅計測結果による各部位の年輪パターンは、ヒノキの暦年標準パターンDとのあいだで照合が成立した（表V－22）。最も新しい年輪年代の結果は台座の1196年である。台座は、本体よりやや時代がさがり、鎌倉時代、13世紀の製作とされており、それと矛盾しない。しかし、光背のそれは1190年、Cタイプである。光背が本体と同時の作であれば、これらの造像は13世紀以降とすべきであろう。

g　山口県法光寺聖観音菩薩立像

法光寺の聖観音菩薩立像は、台座を含む総高が125.8cm、平安時代後期、12世紀後期の作とされている［平田・菊竹1989］。その台座の年輪年代測定が可能であり、ヒノキの暦年標準パターンDとのあいだで照合が成立し、計測年輪数252層、Cタイプの残存最外年輪の形成年が1197年となった。台座が像本体と同時の作かどうか、検討すべきであろうが、台座は13世紀以降の作である。

h　山口県法光寺毘沙門天立像

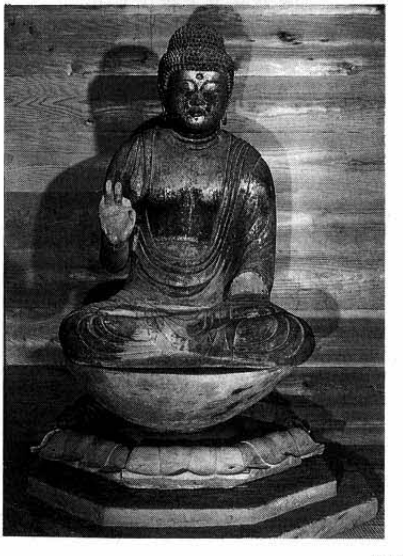
法光寺の毘沙門天立像は、台座を含む総高が188.7cm、頭部と体部を1材で作り、それに別材の両肩先を寄せている。手首先は欠けている。平安時代後期、12世紀後期の作と推定されている［平田・菊竹1989］。この像の右足外側の部分で年輪年代測定をおこなった結果、計測年輪231層、ヒノキの暦年標準パターンDとのあいだで照合が成立し、Cタイプの残存最外年輪の形成年が1190年となった。これによれば、13世紀以降の作である。

i　山口県法光寺不動明王立像光背

法光寺の不動明王立像には、平安時代後期、12世紀末期と推定されている光背がある。総高200.2cm。この光背の年輪年代を測定した。Cタイプ、計測年輪数は92層、ヒノキの暦年標準パターンDと照合して、残存している最外年輪の形成年が1194年であることが確認できた。この結果によれば、13世紀以降の作である。

j　山口県月輪寺四天王立像

山口県佐波郡徳地町の月輪寺は1189年に重源が創建した寺である。同寺の仏像についても年輪年代を測定したが、興味のある結果がでたのは4軀1具の四天王立像のうちの1軀である。この像は、総高195.0cm、頭部から足下の邪鬼までを1材でつくり、背面部を薄く割矧いで内刳りをいれ、両肩先は別材を寄せている。平安時代後期、12世紀後期の作とされている［平田・菊竹1989］。この像の本体部の背板はCタイプ、計測年輪数は296層、



図Ⅴ－12　山口県法光寺阿弥陀如来坐像(下)と同月輪寺四天王立像(左)

それに残存している最外年輪が1198年に形成されたものであることがヒノキの暦年標準パターンDとの照合によって確認できた。これまた、年輪年代測定結果によると、13世紀以降の作とみなさざるをえない。

5　埋没樹木の年輪年代

年輪年代法の応用研究では、文化財に関連する成果のほかに、地下に埋没している状況で発見された樹木について、年輪年代測定の結果を得ている。自然災害によって埋没したものであれば、その発生年がこの研究法によって判明することになる。今後大きく発展させたい研究分野である。この種の成果のいくつかを紹介しておこう。

a　秋田県山本郡出土の埋没スギ

1981年7月、秋田県山本郡二ッ井町の町道の改良工事中に径1.5mもあるスギやナラ類の巨木が出土し、保存されている。二ッ井町では、この採集した埋没木を利用したふるさと創生事業「1億円の埋もれ木シンボルタワー建設事業」を企画している。そのなかのスギの年輪年代を測定した。もちろんAタイプで、計測年輪数は754層、スギの暦年標準パターンBと照合して最終形成年輪が958年であることが判明した。埋没した経緯は不明だが、地元には江戸時代に数千石もの天然スギが山中に埋まったと伝えているが、この結果によると、江戸時代ではなく、10世紀半ばに埋没したものである。

b　秋田県由利郡の埋没スギ

秋田県の南部、由利郡の仁賀保町から象潟町にかけて、地下10数mの深さに地元では「ネギ」と呼んでいる埋没林がある。その多くはスギで、直径が4mをこえるものもある。それらの樹木は多くが梢を北西方向にむけて根こそぎなぎ倒されている。その逆の南東方向、このあたりを流れる川の上流方向には、鳥海山がある。このような埋没状況から、かって鳥海山の大爆発があり、それによって発生した泥流がその山麓の森林をなぎ倒し、押し流したものとみられている。いつのことか。放射性炭素年代測定法では、2600 B. P. の結果がでている。

この埋没スギの試料8点を入手し、年輪幅を計測した。8点のうち、6点がAタイプ、2点がCタイプだった。森林が埋没したものなら、Aタイプが多いのは当然だろう。このAタイプの試料の年輪パターンを比較したところ、最終形成年輪がすべて同一年のものであることが確認できた。一度の大噴火によって埋まったのだ。その最終形成年輪を観察すると、晩材の細胞ができあがっている。鳥海山の噴火は晩材細胞が形成されたのち、すなわちある年の冬から翌年の春までの期間にあった、とみてよいのである。8点の試料からは848層分からなる平均値パターンが作成できているが、それはこれまで作成したいずれ

の暦年標準パターンのいずれとも照合することができない。放射性炭素年代測定結果からすれば、それらより古いものであって、照合が成立しなくて当然であろう。しかし、暦年標準パターンの先端をさらに古くへ延長していけば、この遊離した年輪パターンの暦年を確定することが可能になり、いずれこの鳥海山の噴火の発生した年を決めることができるようになるだろう。

c　山形県最上郡出土の埋没スギ

1982年6月、山形県最上郡真室川町秋山の原野で統合中学校建設予定地の整地工事がおこなわれていた。その地下6m、20数本のスギの樹木が埋没しているのが発見された。根元の径3m、樹高が40m以上のものもあったと伝えている。現在そのうちの1本が真室川町立歴史民俗資料館に保管されている。Aタイプの試料であって、スギの暦年標準パターンBと照合した結果、最終形成年輪が850年のものであることが確認できた。850年から翌851年の冬から初春にかけてのあいだに巨木を埋没するような災害が発生したのだ。

なお、この付近に天宮権現神社の小祠がある。地元にはこの神社にまつわる神木埋没の伝承が残っている。むかし天宮さまは昔は秋山の山頂にあったのだが、その神木を伐採しようとするものがしばしばあらわれ、怒った神が神木をことごとく沼にひきこんだ、というものである。

d　静岡県裾野市出土の埋没ヒノキ

1980年、富士山南麓、裾野市須山を流れる用沢川の護岸工事中、埋没しているヒノキが発見され、現在裾野市立富士山資料館に展示されている。径約1.4m、樹皮まで完存するAタイプであり、計測年輪数は840層、最後に形成された年輪は883年のものであった。ヒノキの暦年標準パターンEとの照合によって確定できたものである。付近の地形からすると、あるいは富士山の噴火による溶岩流が川をせきとめ、池ができて、樹林が水没、枯死した可能性があるが、断定はできない。もちろんこのころに富士山が噴火した記録もない。しかし、この事例もまた、年輪年代法によって災害や地形変動が発生した年代を確定できる可能性が十分あることを教えてくれる。

VI　年輪気象法に関する研究

A　年輪データと気象データ

1　古気候再現法とデータの検討

生物の成長に気候が大きな影響を及ぼしていることは異論のないところである。とくに、樹木の成長過程は気候と強い相関のあることが判明しており、樹木の年輪幅の変動から過去の気候を再現しようとする試みがなされている。この研究は年輪気象法と呼ばれ、古年輪学の一分野になっている。その研究の歴史は古く、すでに20世紀のはじめ、古年輪学の創始者ダグラスがこの分野の研究手法を確立している［Douglass 1919］。

年輪の形成には、春から秋にかけての気候条件が大きく影響をあたえる。これまでの研究の成果によれば、年輪の幅は、高緯度地方では気温、低緯度乾燥地方では降水量と良い相関を有することが認められている。一応そのメカニズムは、気候が樹木の成長に最適の年は木部の細胞がよく分裂し、年輪幅が広くなり、逆に寒冷や乾燥といった気候の悪い条件下では、細胞分裂の速度が低下し、年輪幅が狭くなるためとされている。G. シレンはラップランド地方の年輪幅変動のスペクトルとイギリス・グリニッジにおける1659年から1973年の４月～９月の平均気温のスペクトルとを比較しているが、両者の卓越周期はよく対応しており、年輪幅の成長がかなり広い範囲の気候変動に大きく依存していることがわかる（図VI－１）。

年輪幅によって気候変動の特性を抽出する研究をおこなうためには、一般的にはつぎにしめす４段階の手順を踏むことが必要である。

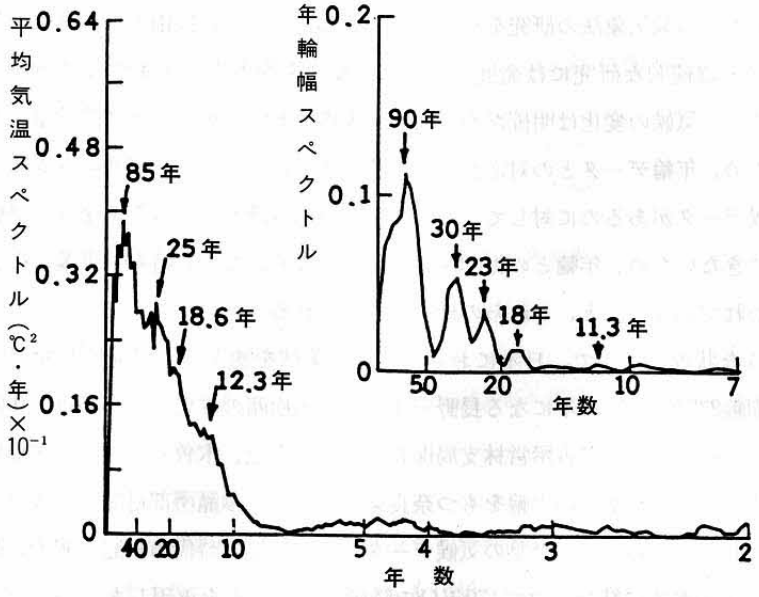
1)　年輪データに対して、基線補正をおこなって規準化する。

2)　同一地域において、現存する気候データと年輪幅データとを比較する。

3)　両者の間の確率的関係式を構築する。

4)　3)で求めた関係式から気候データのない時代の気候情報を推定する。

このような手法を用いて、アメリカやヨーロッパでは、広くこの分野の研究が実施されている。日本においても、研究手順は整っていないが、年輪幅の変動から広域的な永年気候周期を推定しようとする試みがなされ、これまでに32.9年周期［平野1921］、700年周期［志田1935］、30・110・350年周期［淵本1937］、700年周期［西岡1947］、6・10・20・100年周期［速水・大内1964］の諸説が発表されている。また、年輪のほかに、飢饉、洪



図Ⅵ－１　ラップランドの年輪幅スペクトル（1463年～1960年）（上）とイングランド中央部の４～９月の平均気温スペクトル（1659年～1973年）（下）の比較

水（ナイル河）、冬の寒さ、作物（小麦、綿）価格、伝染病（ペスト）、氷河の前進後退、オゾン量、河川水位、太陽黒点、宮中の観桜記録、諏訪湖結氷などの統計量によって長期的な気候周期を推定しようとする試みもある。

樹木の成長率は、多くの要因に支配されており、年輪試料の採取された場所の地理的位置や高度、環境などのなかで、なにが決定要素か、それを見きわめることが重要である。福岡義隆は、岡山県の内陸盆地都市である津山で採取したスギの年輪では、植物成長期間に雨が少ない干魃年に年輪、とくに早材の成長幅が小さく、多雨湿潤な年に成長がよい傾向がみられるとしている［福岡1987］。高緯度の地方における年輪幅の変動が気温の変化によく対応しているのとはちがって、津山におけるスギの年輪では降水量が最も決定的な気候要素であり、津山のスギは降水型成長である、と考えられる。これに対して、同じ西日本においても、高知営林局管内のスギの年輪は最高気温と良い相関のあることを武市伸幸が報告している［武市1987］。野田真人は近畿地方を中心にヒノキの年輪と月平均気温および月間降水量とを比較し、気温による寄与では、当該年の早春が正、降水量による寄与では、前年の夏から秋にかけて正、当該年の夏が負という結果を得ている。東北地方では、山形のケヤキの場合、気温と降水量のみならず、風（気圧差を指標として算出した地衡風）が大きくその成長に影響することを大内正夫が報告している［大内1964B］。

このように、日本においては、降水型成長が顕著な地方と気温型成長が顕著な地方とが点在しており、年輪気象法の研究を複雑にしている。こうした理由から、日本の年輪気象法は、広範で継続的な研究には発展せず、大きな成果をもたらすまでにはいたらなかった。それには、気候の変化は明確だが、地形が複雑であり、地方ごとに降雨量の多寡の差が大きいため、年輪データとの対応がつきにくいこと、イギリスのグリニッジには二百年以上の気候データがあるのに対して、日本では、明治以降わずか百年あまりの気候データしか入手できないため、年輪との相関性を明確にしにくいこと、時系列理論の十分な適用がおこなわれていないこと、これらの理由が考えられる。

このような状況のなかで、日本において年輪気象法を適用する可能性を検討するために、まず樹齢233年から319年になる長野三浦産と同上松産の木曽ヒノキ30点、1009年から1933年までの年輪をもつ名古屋営林支局保管円盤標本１点、木曽ヒノキ系の年輪変動をしめす1027年から1755年までの年輪をもつ奈良東大寺二月堂参籠所部材34点、以上の年輪データを用意した。さらに、長野県の気候データとして、江戸時代の日記と明治以降の気象台データとを確率的に結びつけて170年分の降雨日数データを再現した。ついで、この年輪と降雨日数のデータから、それらが重複する170年間について、自己回帰・移動平均過程を用いて確率モデルを構築する。このモデルに含まれるパラメータを推定する手法としては、自己相関関数と相互相関関数を用いたパラメータの同定法 ［Box and Jenkins 1970］ について述べ、その適用性を検討する。さらに、観測更新アルゴリズムを用いたカルマンフィルターよるパラメータの同定をおこなった。決定されたパラメータと収集したヒノキの年輪データとを使って、約千年のあいだの降雨日数を推定し、古気候情報の再現を試みることとした。

2　年輪データの基準化

a　基準化の方法

樹木は、幼年期では、肥大生長の速度がはやく、年輪幅も大きくなることはよく知られている。また、同一年度に形成された年輪でも、樹木をとりまく環境の違いなどによって、個体のあいだでその幅が異なる。したがって、樹木のもつ年輪幅の変動によって古気候特性を同定する場合には、樹木そのものの成長過程の変動、つまり樹木の成長にともなう年輪幅の減少効果と個体差を排除するために年輪データを規準化し、その結果のデータを使用する必要がある。

年輪データの規準化に使用する曲線には、主としてつぎのようなものがある。

i　指数関数　　$y(t)=A\exp(-\alpha t)+B$ ……(1)

y は t 年における樹木の成長特性に基づく年輪幅、A、α、B は樹木の成長特性をあらわすパラメータである。

ii　多項式　　$y(t)=a_0+a_1t+a_2t^2+\cdots\cdots+a_nt^n$ ……(2)

a_0、a_1、……、a_n は樹木の成長特性をあらわすパラメータである。

iii　移動平均

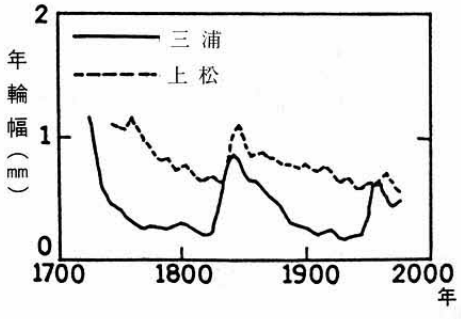
iv　スプライン関数による補間曲線

気候変動を推定するためにもちいる年輪幅は、測定された年輪幅から上記のいずれかの曲線の値を差し引いた変動値である.

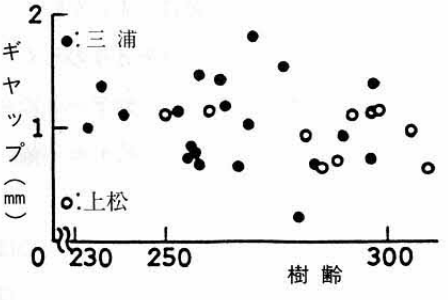
b　現生木の年輪データ

長野三浦産と同上松産の現生木試料30点のうちから代表的なものを選び、年輪幅計測数値の10年移動平均をとると、いずれにおいても1840年前後に大きなギャップがあり（図VI－2）、それ以前と以後の成長曲線は指数関数で近似できることが予想できる。1840年前後のギャップは、平均値が1.03㎜であり、三浦試料と上松試料ともに、樹齢が異なっていてもギャップに明確な違いはみられない（図VI－3）。これは、場所の異なる両地点において、1840年前後に同等の外的作用があたえられたことを意味している。その要因としては、伐採などによって生育環境に大きな変化が発生したためかとも考えられるが、なお明らかでない。今後調査していきたいと考えている。

三浦試料10点と上松試料20点について、それぞれの年輪成長曲線を指数関数で近似した。その結果、指数関数の半減期を１つの指標として、それぞれの産地におけるヒノキの成長曲線を特徴づけてみると、三浦試料の平均値は、前半期が40.3年, 後半期が46.5年と



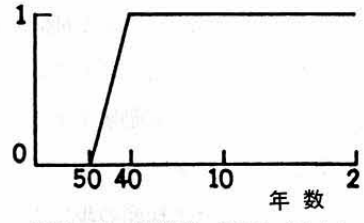
図VI－2　木曽ヒノキの年輪幅の10年移動平均後の変動



図VI－3　1840年ごろの年輪幅の急変動の状況

なり、一方、上松試料の平均値は、前半期が109.2年,後半期が218.2年となっており、産地によってかなりの違いがみられる。しかし、両産地のヒノキともに前半の半減期のほうが後半のそれよりも小さな値をしめしている。このことは、1840年前後になんらかの外的ショックがあたえられ、年輪幅データに大きなギャップが生じたが、しかし、年輪幅の減少効果は樹齢とともに弱くなることを意味している。ここで半減期は、$y(t)=A\exp(-\alpha t)+B$ であるとき、$t=0$ 年のときの y の値 y_0 に対して $y(t^*)-B=\frac{1}{2}(y_0-B)$ を与える t^* の値とした。

気候データと照合する現生木の年輪は、1840年以降の後半期のデータであるが指数関数によって成長曲線を規準化したのちのデータとしてあたえられるのは、80年から130年程度の期間の年輪幅変動である。したがって、現生木の年輪データに含まれる50年以上の長周期成分を除去（フィルタリング）したものを最終的な年輪データとした。

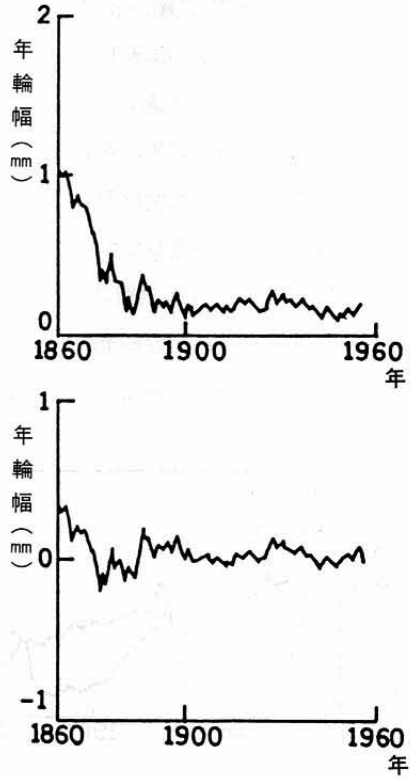


図Ⅵ－4　年輪データのスペクトルに作用させたローパスフィルター

試料の年輪幅データから、最終的な年輪幅データを得るための手順をまとめるとつぎのようになる。

1) 試料から計測した年輪幅の時系列を指数関数で最小二乗近似する。
2) 試料から計測した年輪幅の時系列から指数関数の値を差しひき、年輪データを標準化する。
3) 規準化後の年輪データにフーリエ変換をほどこす。
4) 台形フィルタ（図Ⅵ－4）を使用して、50年以上の長周期成分をとりのぞく。
5) フィルタリング後の年輪データに逆フーリエ変換をほどこし、最終的な年輪データを得る。

三浦試料の年輪データの1つ、ここでは最も年輪数の多いものを選んだが、その年輪の後半期のデータを上記の手順によって規準化フィルタリン



図Ⅵ－5　計測値による年輪幅変動（上）と基線補正後の年輪幅変動（下）

グした結果をみると、その効果がおわかりいただけるだろう（図Ⅵ－５）。

年輪を使用して長期的な気候変動特性を抽出するには、長期間にわたる年輪幅の時系列データが必要になる。そこで、木曽ヒノキの現生木（名古屋営林支局保管円盤標本１点を含む）と奈良東大寺二月堂参籠所部材の年輪データを同一年ごとに平均化した時系列を作成した（図Ⅵ－６）。しかし、これには、複数の個体の成長曲線や採取場所の違いなどが無作為に含まれるので、単純な成長曲線を用いた規準化は不可能である。ここでは、年輪データの10年ごとの平均値をスプライン関数によって補間したものを規準曲線として採用した（図Ⅵ－７）。このデータを使用して最後に過去の降雨日数を推定することになる。

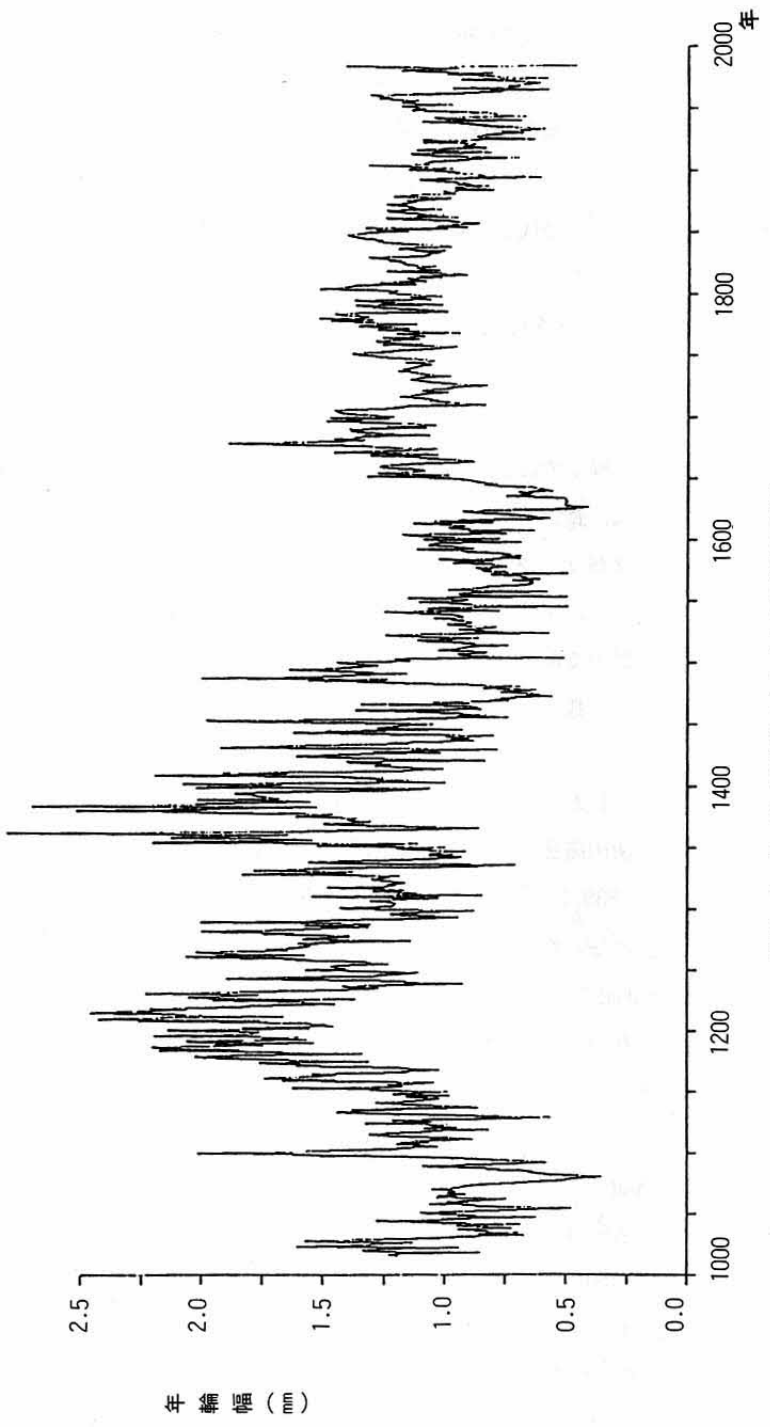
3　気候データ

年輪による気候変動の推定では、年輪試料を採取した地域の局所的な気候変動を同定することになる。ここでは、長野県における気候変動特性が対象である。そのためには、長野県における長期的な気候データを準備する必要がある。現生木の年輪データは233年から319年と長期間にわたっているが、長野県において定期的に気象観測がはじまったのは1889（明治22）年の長野市であって、気候データとして使用可能なものは百年弱である。この百年弱のデータから、数十年の気候変動サイクルを検証することは困難であると考えられる。

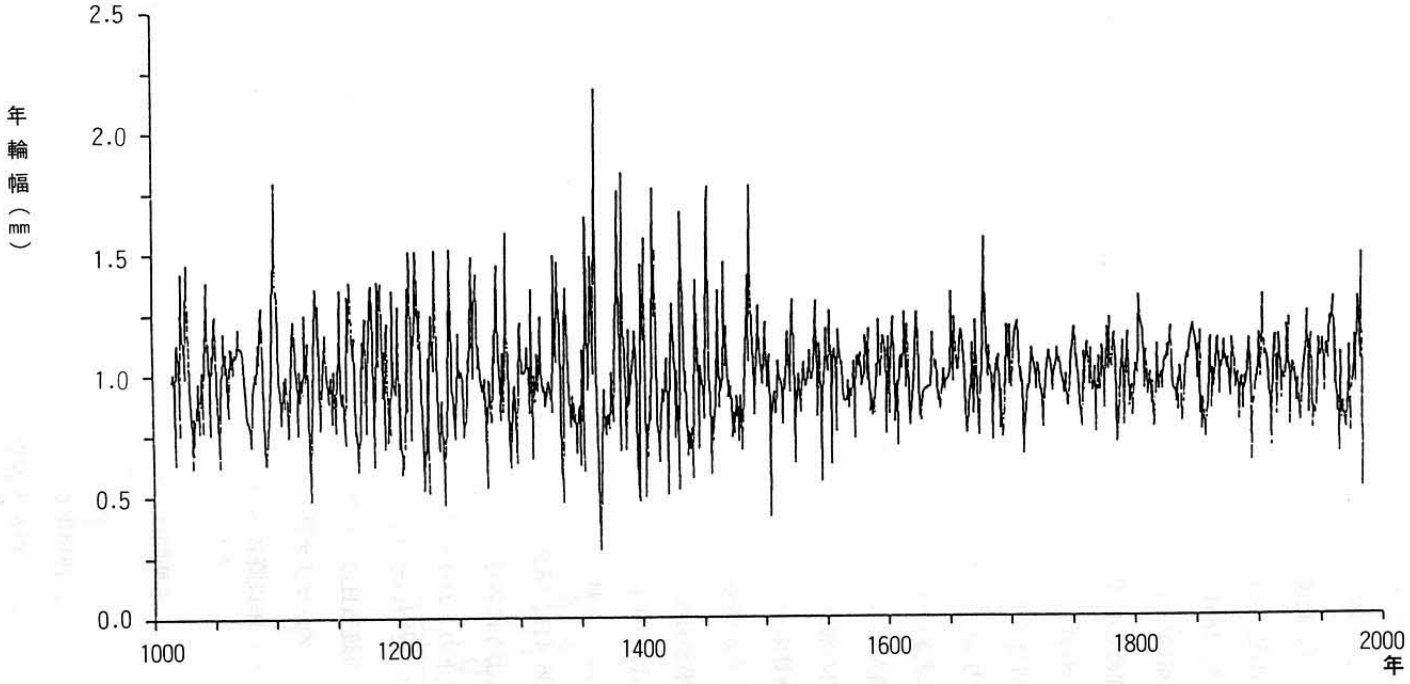
ここで江戸時代に書かれた『墨翁日記』と『大沼日記』を採用する。『墨翁日記』、別称『平栗墨翁日記』は、飯田藩島田村（現長野県飯田市）の画家、平栗五郎左衛門が書いた1811（文化８）年から1839（天保10）年までの約30年間の日記であり、『大沼日記』は、現在の長野県駒ケ根市に住んだ大沼嘉蔵が1840（天保11）年から1899（明治32）年までの60年間書きつづけた日記である。ここでは、『大沼日記』は1840（天保11）年から1864（元治元年）の現代かなづかいに書き直した部分を使用した。この日記の採用によって、1889年以降の気象台データをあわせ、計170年の気候データ（降雨日数データ）が再現できた（図Ⅵ－８）。

降雨日数データの再現にあたっては、つぎのような仮定を設けた。

〔仮定１〕長野県の代表的な気象観測地点、長野市と松本市および飯田市の３市における1901年から1950年までの50年間における年平均総降雨量は、それぞれ995.9㎜、1072.7㎜、1645.0 ㎜ であって、かなりの差がある。しかし、１日１㎜ 以上の降雨量のあった日を降雨日として、年平均降雨日数は、それぞれ116.6日、97.1日、116.6日となっており、県内における地域的な差異はほとんどないと考えられる。したがって、飯田市域内で書かれた『墨翁日記』、駒ケ根市域内で書かれた『大沼日記』および1889年以降の長野市のデー



図Ⅵ－6　同一年で重複させたヒノキの年輪幅の変動



図Ⅵ—7　スプライン関数により基線補正後のヒノキの年輪幅の変動

タを降雨日数に関しては結合できると判断した。

〔仮定２〕樹木は春から夏に肥大生長し、早材と晩材からなる年輪を構成する。したがって、４月から９月までの６か月間の降雨日数の合計を、降雨日数データとした。

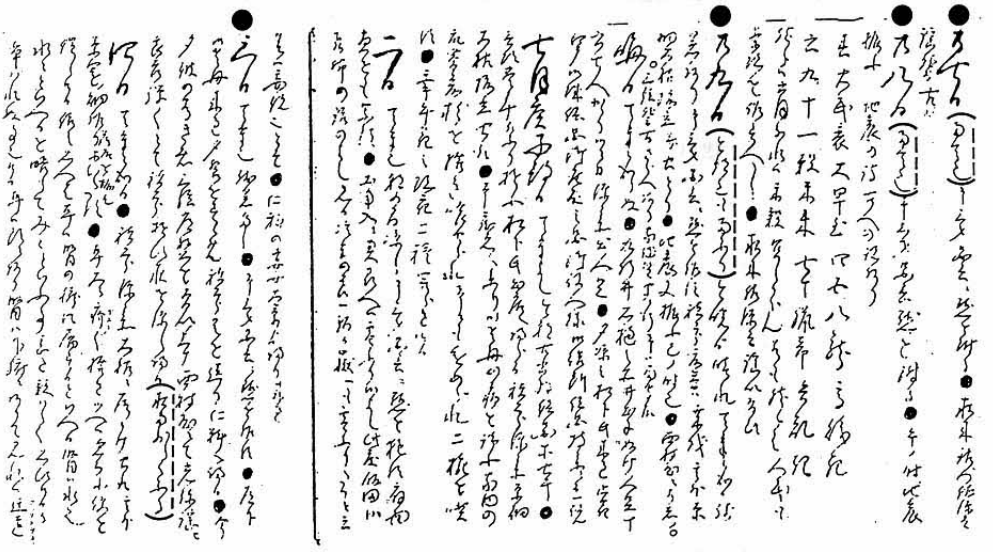
〔仮定３〕日記には、記述が不明瞭で、降雨日数のデータが入手できない期間があった。たとえば、『墨翁日記』では、1816（文化13）年と1829（文政12）年、1830（天保元）年、『大沼日記』では、1851（嘉永3）年から1852（嘉永４）年までのデータが入手できなかった。また、1861年から1888年までの期間のデータも入手できなかった。この空白をなんらかの方法で埋める必要がある。ここでは、降雨日数データは定常時系列であり、観測年 t の降雨日数 $y(t)$は、過去の値である $y(t-1)$、$y(t-2)$、……、$y(t-q)$と入力 $a(t)$の有限で線形な結合であらわせると仮定した（１次元自己回帰モデル）［赤池・中川1977］。また、入力 $a(t)$はホワイトノイズと仮定した。

〔仮定４〕日記に記録されている降雨日数には、記録場所の影響があり、さらに、天候の観察や記録には個人差がある。それらを除去するためには、ある日記の晩年の部分と別の人物の日記の当初の部分のあいだで何年分かの重複する部分を検出し、その重複部分の両者の比較から、換算率をもとめる操作を何度もくりかえし、長期間にわたる日記の降雨日数を均質化することが必要である。しかし、今回採用した日記では、重複する年の部分がない。そこで、『墨翁日記』の27年間、『大沼日記』の18年間および長野地方気象台の94年間における４月から９月までの６か月の総降雨日数の平均値が等しくなるはずである、と仮定して、以下のデータ整理を行った。それぞれのデータの平均値は、『墨翁日記』47.4日、『大沼日記』36.4日、気象台データ60.3日であったので、平均値を長野地方気象台の60.3日に一致するように各日記の降雨日数を変更した。

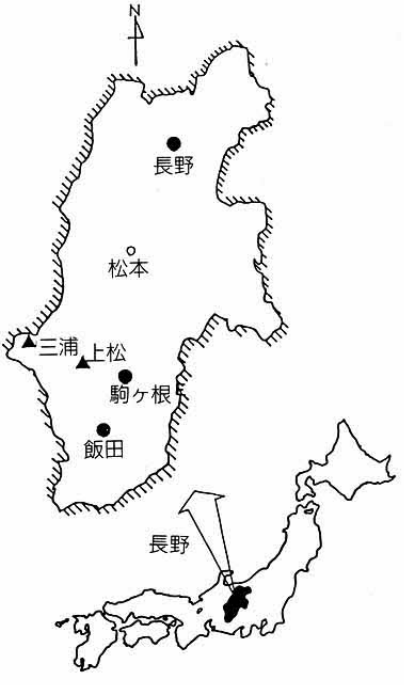
修正の手順は以下のとおりである。

1) 『墨翁日記』については、雨の記述のある月日（図VI－９では、雨の記述を括弧でくくり、その該当日の上に●印をつけた）を抜き取り、ついで旧暦月日を『暦日事典』によってグレゴリオ暦に換算する。『大沼日記』についても同じである。
2) 1889（明治22）年以降については、『長野県気象年報』によって降雨日数を算出した。
3) 記録の欠落している期間は、上述した１次元自己回帰モデルを用いてデータを推定した。

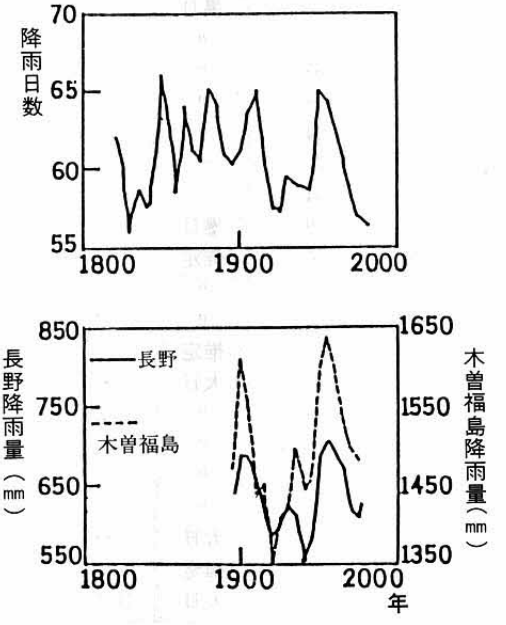
こうした作業によって、1813年から1982年までの170年間の４月から９月にいたる６か月の降雨日数のデータが得られた（表VI－１）。長野市および木曽福島町の６か月間の降雨量の10年移動平均（図VI－10下）は降雨日数（図VI－10上）の変動ときわめて良好に対



図Ⅵ－9　『墨翁日記』における天気の記述部分（括弧部分）



図Ⅵ－8　長野県における気象情報（降雨日数）入手地点



図Ⅵ－10　降雨日数の10年移動平均変動（上）と長野市と木曽福島における降雨量の変動パターン（下）の比較

年	4～9月降雨日数	資料	年	4～9月降雨日数	資料	年	4～9月降雨日数	資料
			1851	66	大日	1891	55	気象
			52	60	〃	92	67	〃
1813	52	墨日	53	77	〃	93	55	〃
14	64	〃	54	85	〃	94	64	〃
15	55	〃	55	52	〃	95	51	〃
16	56	〃	56	43	〃	96	61	〃
17	66	〃	57	49	〃	97	66	〃
18	41	〃	58	73	〃	98	58	〃
19	80	〃	59	55	大日	99	69	〃
1820	82	〃	1860	69	推定	1900	53	〃
21	59	〃	61	57	〃	01	61	〃
22	75	〃	62	59	〃	02	71	〃
23	56	〃	63	56	〃	03	63	〃
24	51	〃	64	71	〃	04	58	〃
25	57	〃	65	66	〃	05	79	〃
26	47	〃	66	69	〃	06	64	〃
27	56	〃	67	53	〃	07	62	〃
28	72	墨日	68	71	〃	08	63	〃
29	45	推定	69	70	〃	09	64	〃
1830	59	推定	1870	65	〃	1910	68	〃
31	81	墨日	71	68	〃	11	68	〃
32	42	〃	72	45	〃	12	64	〃
33	63	〃	73	44	〃	13	58	〃
34	38	〃	74	60	〃	14	61	〃
35	54	〃	75	75	〃	15	55	〃
36	76	〃	76	55	〃	16	70	〃
37	54	〃	77	64	〃	17	53	〃
38	59	墨日	78	72	〃	18	54	〃
39	60	推定	79	55	〃	19	62	〃
1840	56	〃	1880	56	〃	1920	54	〃
41	63	〃	81	75	〃	21	66	〃
42	56	推定	82	70	〃	22	40	〃
43	51	大日	83	61	〃	23	62	〃
44	46	〃	84	69	〃	24	58	〃
45	77	〃	85	58	〃	25	58	〃
46	67	〃	86	66	〃	26	60	〃
47	64	〃	87	60	〃	27	60	〃
48	55	大日	88	60	推定	28	55	〃
49	43	推定	89	66	気象	29	60	〃
1850	66	大日	1890	56	気象	1930	65	気象

表VI－1　1813年から1982年までの170年間の4月から9月の総降雨日数
墨日：墨翁日記　大日：大沼日記　推定：1次元自己回帰モデルによる推定
気象：長野地方気象台観測記録

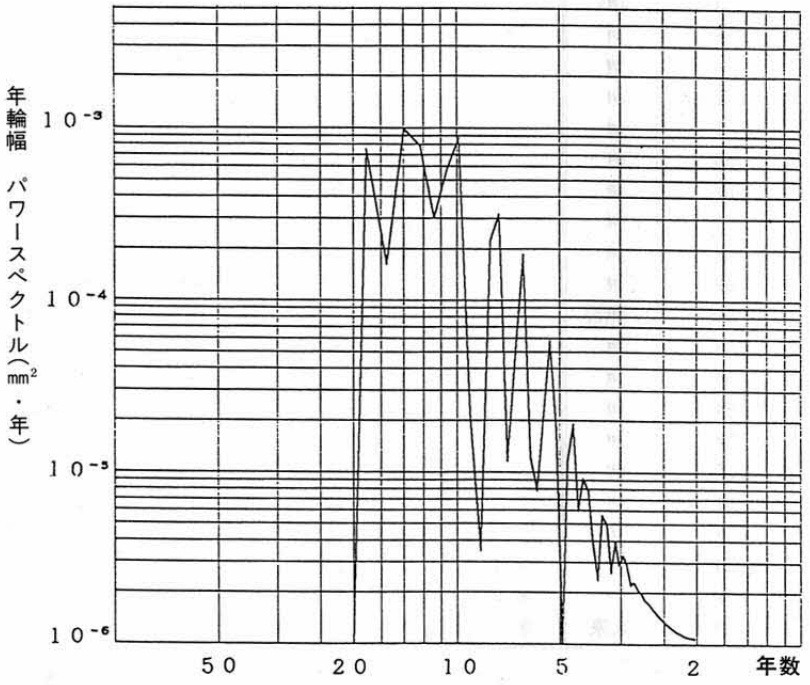
年	4～9月降雨日数	資料	年	4～9月降雨日数	資料
1931	66	気象	1971	61	気象
32	60	〃	72	56	〃
33	55	〃	73	54	〃
34	57	〃	74	60	〃
35	59	〃	75	54	〃
36	60	〃	76	68	〃
37	55	〃	77	55	〃
38	65	〃	78	52	〃
39	48	〃	79	55	〃
1940	51	〃	1980	66	〃
41	63	〃	81	105	〃
42	56	〃	82	108	気象
43	43	〃			
44	50	〃			
45	62	〃			
46	62	〃			
47	62	〃			
48	75	〃			
49	63	〃			
1950	63	〃			
51	58	〃			
52	71	〃			
53	74	〃			
54	61	〃			
55	56	〃			
56	64	〃			
57	64	〃			
58	66	〃			
59	69	〃			
1960	60	〃			
61	58	〃			
62	54	〃			
63	64	〃			
64	74	〃			
65	57	〃			
66	61	〃			
67	58	〃			
68	54	〃			
69	69	〃			
1970	53	気象			

応している。この点からも、この降雨日数データを気候データとして使用する妥当性が確認できる。長野市と現生木試料採取地に近い木曽福島町の降雨量は絶対値が異なるが、その変動特性はよく似ており、上述の仮定1の妥当性がここでも確認できた。

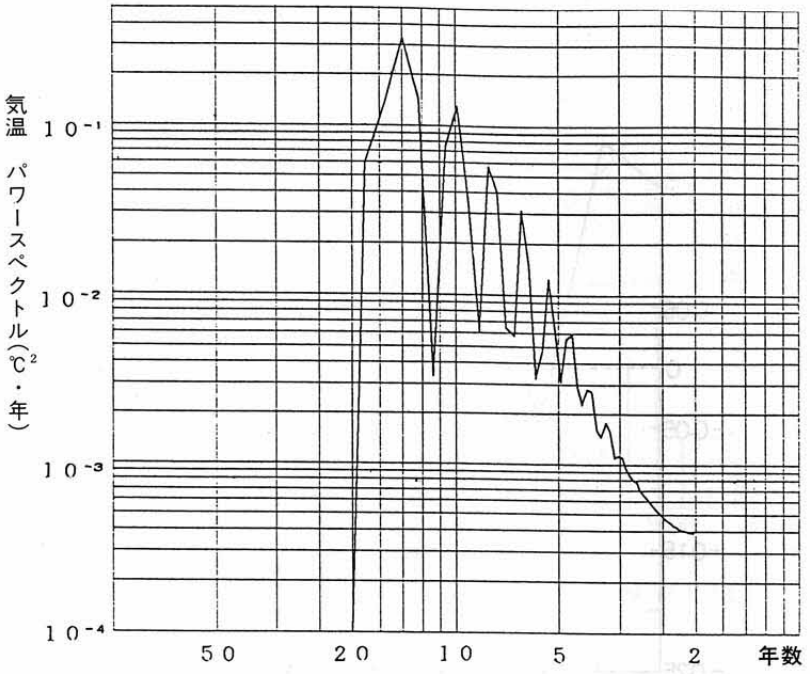
B　気候変動特性の抽出

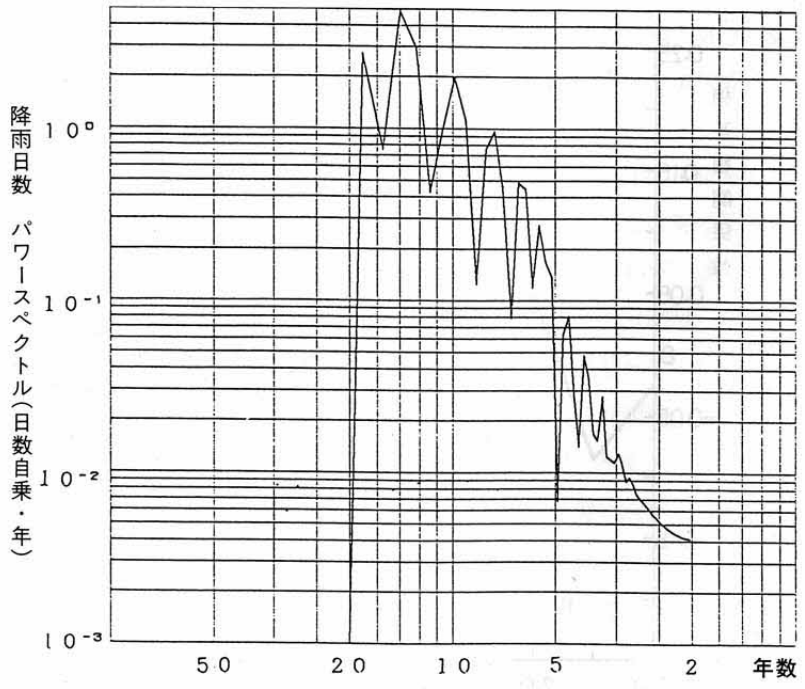
1　年輪幅と気候要素との相関

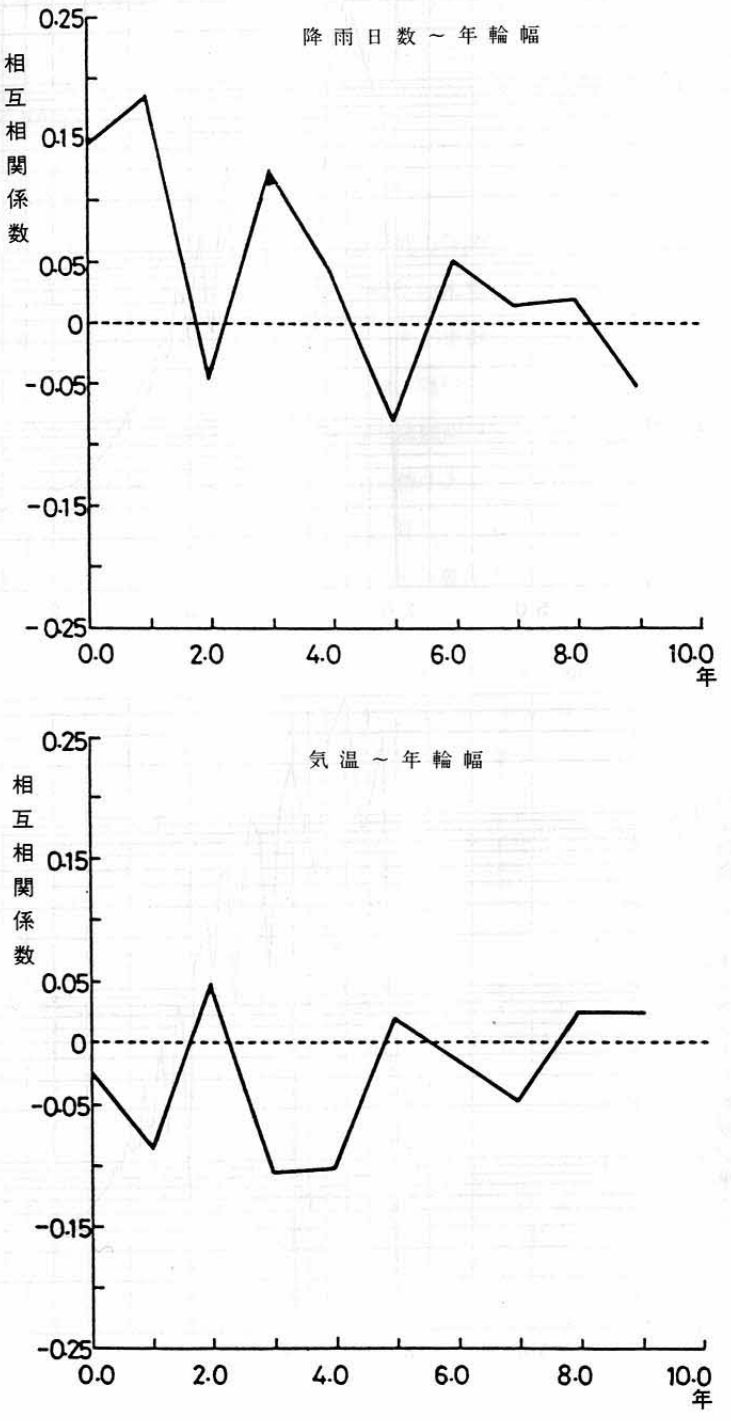
1889（明治22）年から観測を開始している長野地方気象台の4月から9月の6か月間の平均気温および降雨日数とさきに規準化した長野県の木曽ヒノキ現生木の年輪幅のあいだの相互関係をまず調べることとする。両者のデータが重複しているのは、1889年から1982年までの94年間である。94年分の年輪、平均気温、降雨日数のそれぞれのパワースペクトル（図VI—11）をみると、それぞれのデータの卓越周期はかなり似かよっており、これからだけでは、気候の決定要素を抽出することは困難である。そこで、年輪と降雨日数、年輪と平均気温についてそれぞれ相互相関係数を計算し、それぞれ10年間までの相互相関係数をプロットした（図VI—12)。この図から、降雨日数に関しては、当該年、1年、3年に年輪と正の相関があるが、平均気温については、1年、3年、4年に負の相関があることがわかる。この地方では、降雨日数が多くて気温が上昇しない場合に年輪の成長率が高



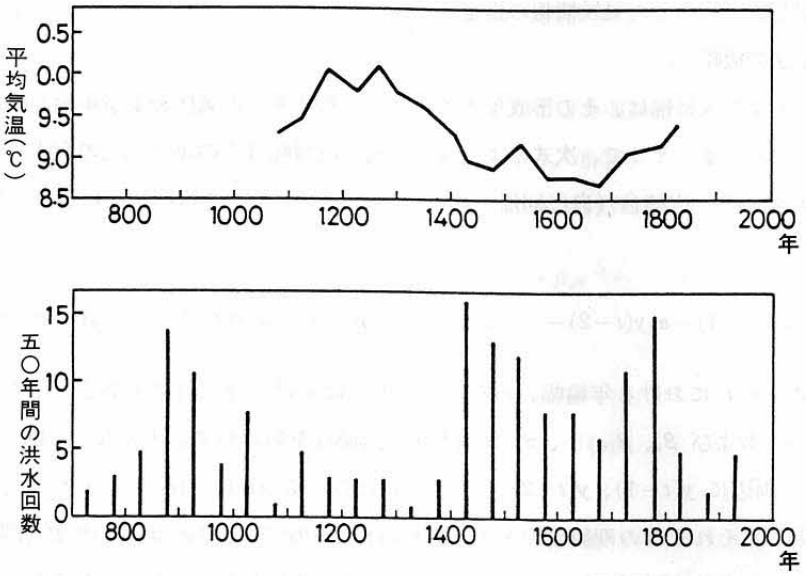
図VI—11　木曽ヒノキの年輪幅のパワースペクトル（上）と長野市における平均気温のパワースペクトル（右上)、長野市における降雨日数のパワースペクトル（右下）


気温 パワースペクトル(℃²・年)
10⁻¹
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴
50
20
10
5
2
年数


降雨日数 パワースペクトル(日数自乗・年)
10⁰
10⁻¹
10⁻²
10⁻³
50
20
10
5
2
年数



図VI—12　年輪幅と降雨日数との相互相関関数（上）と年輪幅と平均気温との相互相関関数（下）



図VI—13　イングランドにおける平均気温の変動（上）と鴨川における50年間の洪水回数の変動（下）

いことを意味している。また、図からもわかるように、降雨日数の寄与のほうが、平均気温のそれよりもかなり高くなっている。さらに、平均気温と降雨日数の寄与が表裏一体となってよく対応していることから、この地方の年輪の成長に寄与する気候要素として、降雨日数だけを抽出してもよいことがわかる。

ここでは数年の時間スケールの相関を考察したが、長い周期の相関に目を転じると、上述の議論はあてはまらなくなる。中島暢太郎は794年の平安京遷都以来の鴨川流域の大雨や洪水の記録から50年ごとに洪水の回数をまとめている（図VI—13下）［中島1986］。これを、ラムが発表している中部イングランドの気温の50年移動平均（図VI—13上）と比較すると、気温の変動と平均洪水の回数とのあいだに180度の位相差がみられる。気温の長期的な変動については、日本においてもイングランドと同じような傾向がみとめられ、阪口豊は、700年代から1300年代までを奈良・平安・鎌倉温暖期、それ以降を小氷期と呼んでいる［阪口1984］。図VI—13と図VI—6とを比較すると、年輪の成長には、温度と正の相関が、降雨量と負の相関があり、短期的な相関と一致しないことがわかる。このように年輪の成長過程と気候の相関を論じる場合には、短期的な時間スケールの相関と非常に長期的な時間スケールの相関とを別途に検討する必要がある。

2　相関関数を利用した気候情報の推定

a　推定法の概略

年輪の1年の成長幅は、その形成年のみでなく、前年までの気候および年輪の成長過程にも依存している。そこで、次式のように、年輪の成長幅はその年と過去の有限年の気候および年輪幅の一次結合（自己回帰・移動平均モデル）としてあらわされる、と仮定した。

$$y(t)=-\alpha_1 y(t-1)-\alpha_2 y(t-2)-\cdots-\alpha_q y(t-q)+\beta_0 x(t)+\beta_1 x(t-1)+\cdots+\beta_p x(t-p)\cdots(3)$$

$y(t)$は観測年 t における年輪幅、$x(t)$は観測年 t における降雨日数である。また、α_1、α_2、…、α_q および β_0、β_1、…、β_p は樹木の成長過程をあらわすシステムの係数である。

式(3)の両辺に $y(t-1)$、$y(t-2)$、…$y(t-q)$ならびに $x(t)$、$x(t-1)$、$x(t-2)$、…$x(t-p)$を乗じ、それぞれの期待値をとる。$y(t)$の自己相関と $y(t)$と $x(t)$の相互相関が $\rho_{yy}(\tau)=E[y(\tau)y(t+\tau)]$および $\rho_{xy}(\tau)=E[x(\tau)y(t+\tau)]$であたえられることを考慮し、これらをまとめると、(4)に示すような連立一次元方程式が得られる。

$$\begin{bmatrix}\rho_{yy}(1)\\ \rho_{yy}(2)\\ \vdots\\ \rho_{yy}(q)\\ \rho_{xy}(0)\\ \rho_{xy}(1)\\ \vdots\\ \rho_{xy}(p)\end{bmatrix}=[\Phi]\begin{bmatrix}-\alpha_1\\ -\alpha_2\\ \vdots\\ -\alpha_q\\ \beta_0\\ \beta_1\\ \vdots\\ \beta_p\end{bmatrix}\qquad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

ここに

$$[\Phi]=\begin{bmatrix}\rho_{yy}(0) & \rho_{yy}(-1) & \cdots\rho_{yy}(-q+1) & \rho_{yx}(1) & \rho_{yx}(0) & \cdots\rho_{yx}(-p+1)\\ \rho_{yy}(1) & \rho_{yy}(0) & \cdots\rho_{yy}(-q+2) & \rho_{yx}(2) & \rho_{yx}(1) & \cdots\rho_{yx}(-p+2)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \rho_{yy}(q-1) & \rho_{yy}(q-2) & \cdots\rho_{yy}(0) & \rho_{yx}(q) & \rho_{yx}(q-1) & \cdots\rho_{yx}(-p+q)\\ \rho_{xy}(-1) & \rho_{xy}(-2) & \cdots\rho_{xy}(-q) & \rho_{xx}(0) & \rho_{xx}(-1) & \cdots\rho_{xx}(-p)\\ \rho_{xy}(0) & \rho_{xy}(-1) & \cdots\rho_{xy}(-q+1) & \rho_{xx}(1) & \rho_{xx}(0) & \cdots\rho_{xx}(-p+1)\\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots\\ \rho_{xy}(-1+p) & \rho_{xy}(-2+p) & \cdots\rho_{xy}(-q+p) & \rho_{xx}(p) & \rho_{xx}(-1+p) & \cdots\rho_{xx}(0)\end{bmatrix}$$

この連立一次元方程式を解くことにより、システムの係数 α_1、α_2、…および β_0、β_1、…、β_p が求められる。

システムの係数が得られると、以下に示すような手法により気候情報が同定できる。

式(3)の両辺に z 変換をほどこすと、以下のようになる。なお、z 変換は、いま離散時系列 $f(n)$；$n=0, 1, \cdots$があたえられたとき、つぎの無限和 $F(z)=\Sigma f(n)z^{-n}$ をいう。

$$(1+\alpha_1 z^{-1}+\alpha_2 z^{-2}+\cdots+\alpha_q z^{-q})Y(z)=(\beta_0+\beta_1 z^{-1}+\beta_2 z^{-2}+\cdots+\beta_p z^{-p})X(z)\cdots(5)$$

式(5)から

$$X(z)=\frac{1+\alpha_1 z^{-1}+\alpha_2 z^{-2}+\cdots+\alpha_q z^{-q}}{\beta_0+\beta_1 z^{-1}+\beta_2 z^{-2}+\cdots+\beta_p z^{-p}}\ Y(z)\cdots\cdots(6)$$

したがって、式(6)が次式のように変換できれば、年輪成長幅 $Y(z)$から気候情報 $X(z)$の同定ができる。

$$X(z)=(a_0+a_1 z^{-1}+\cdots+a_n z^{-n})Y(z)\cdots\cdots(7)$$

式(6)と式(7)を等置すると、次式のような恒等式が成立する。

$$1+\alpha_1 z^{-1}+\cdots+\alpha_q z^{-q}=(a_0+a_1 z^{-1}+\cdots+a_n z^{-n})(\beta_0+\beta_1 z^{-1}+\cdots+\beta_p z^{-p})\cdots\cdots(8)$$

ここで、zは収束領域内において任意であるから、左辺と右辺の z のべき乗の係数を等置することにより順次、次式のような関係式が得られる。

$$a_0\beta_0=1 \quad \rightarrow \quad a_0=\frac{1}{\beta_0}$$

$$a_0\beta_1+a_1\beta_0=\alpha_1 \quad \rightarrow \quad a_1=(\alpha_1-a_0\beta_1)/\beta_0$$

同様にして、a_2、a_3、…a_n を順次求めることができる。したがって、最終的に式(7)を逆 z 変換して次式を得ることができる。

$$x(t)=a_0 y(t)+a_1 y(t-1)+\cdots+a_n y(t-n)\cdots\cdots(9)$$

式(9)により、年 t の気候情報は、その年より過去 n 年の年輪データを用いて予測できることがわかる。

b　推定結果

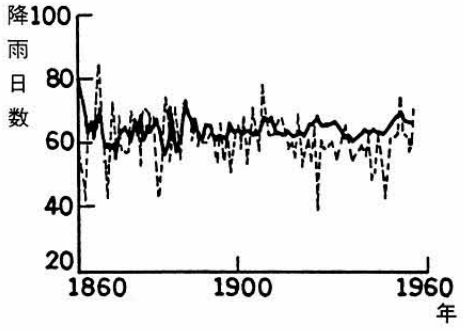
規準化した長野三浦試料の年輪データ $y(t)$（図Ⅵ—5下）と降雨日数データ $x(t)$（表

Ⅵ－１）とを使用して解析をおこなった。式(3)のなかのシステム係数 α_0、α_1、…α_q および β_0、β_1、…、β_p の個数 q と p および式(9)のなかの係数$_0$、$_1$、…、$_n$ の個数 n をパラメータにとり、式(9)から求められる降雨日数 $x(t)'$ と真値 $x(t)$ との差の二乗誤差を計算した。その結果（表Ⅵ－２）から降雨日数を再現するためには、q＝3、p＝2、n＝2のケースがもっとも少ない誤差をあたえることがわかる。これは、年輪幅の変動が、過去３年間の樹木の成長過程および過去２年間の気候変動の関数で最も良くあらわせることを意味している。

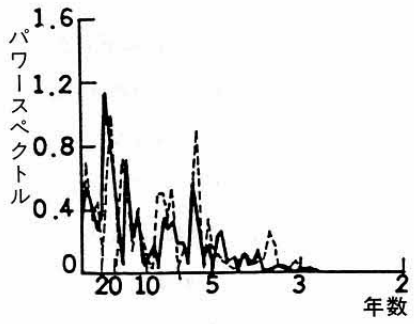
このケースの同定結果を時系列として図Ⅵ－14にしめす。また、パワースペクトルを図Ⅵ－15にしめした。それぞれの図では、実線が同定結果をあらわし、破線が真値をあらわしている。両者の卓越周期およびパワースペクトルの絶対値はよく対応していることから、同定の結果はほぼ満足のいくものであることがわかる。ここで得られた a_1、a_2、a_3 パラメータを用いて、ギャップ以前の年輪データ前半期と後半期との降雨日数の再現結果（図Ⅵ－16）から、1760年より80年間の降雨日数を推定することができる。ただし、ギャップ前後の数年においては、年輪データの規準化が困難であったため、降雨日数の再現は不可能だった。

q の個数	p の個数	n の個数	$\Sigma(x(t)-x(t)')^2$
0	1	1	146917.
0	2	2	121730.
0	3	2	122473.
0	3	3	116702.
1	1	1	1472135.
1	2	2	0.154×10^{10}
1	3	3	0.226×10^{11}
1	4	4	120266.
2	1	1	17411.
2	2	2	146659.
2	3	3	466800.
3	1	1	6776.
3	1	2	23613.
3	1	3	0.120×10^{29}
3	2	1	6784.
3	2	2	6152.
3	2	3	0.570×10^{16}
3	3	3	17720.
4	1	1	48216.
4	2	2	12768.
4	3	3	254048.

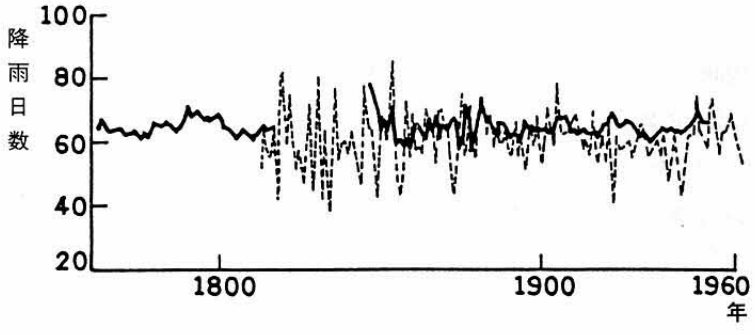
表Ⅵ－２　推定降雨日数と実降雨日数との２乗誤差（p，q の次数の決定）



図Ⅵ—14　相関関数によって推定した降雨日数と実降雨日数パターンの比較
実線：同定結果　破線：真値



図Ⅵ—15　推定降雨日数と実降雨日数のスペクトル
実線：同定結果　破線：真値



図Ⅵ—16　相関関数法により年輪から推定した降雨日数のパターン
実線：同定結果　破線：真値

3　カルマンフィルターを利用した気候情報の推定

前節では、年輪の1年の成長幅は、その年のみならず、前年までの気候および年輪の成長過程にも依存しているとし、その年と過去の有限年の気候情報および年輪幅の一次結合（自己回帰・移動平均モデル）として表現できるとして、式(3)を仮定した。しかし、この研究の最終の目標は、現存する気候情報と年輪データから、古い時代の気候情報を推定することであるので、確率的関係式として、式(3)を変形した次式を仮定した。

$$y(t)=-\alpha_1 y(t-1)-\alpha_2 y(t-2)-\cdots-\alpha_q y(t-q)+\beta_0 x(t)+\beta_1 x(t+1)+\cdots+\beta_p x(t+p) \quad \cdots\cdots\cdots(10)$$

この式(10)の関係を年輪の情報から気候情報が推定できるように書き改めると、つぎのようになる。

$$x(t)=a_0 y(t)+a_1 y(t-1)+\cdots+a_q y(t-q)-b_1 x(t+1)-b_2 x(t+2)-\cdots-b_p x(t+p)\cdots(11)$$

この式は、t 年の気候情報が過去 q 年間の年輪幅データと将来 p 年間の気候情報で表現さ

れることを意味する。

したがって、式(11)を降雨日数の推定に利用する場合には、パラメータ a_0、a_1、…、a_q、b_1、b_2、…b_p を170年間の年輪と降雨日数のデータを用いて同定すればよい。ここでは、これらのパラメータを同定するために、U-D 観測更新アルゴリズムに基づいたカルマンフィルターを用いる［片山1983］。このフィルタは制御理論の分野で種々の統計的予測や推定問題に広く用いられている。以下、そのアルゴリズムを簡単に説明する。

線形システムのカルマンフィルターの基礎式を構成するのは、離散時間では次式のような観測式と状態式である。

$$\eta_t = H_t z_t + v_t \cdots\cdots(12)$$

$$z_{t+1} = F_t z_t + G_t w_t \cdots\cdots(13)$$

η_t は1次元の観測ベクトル、z_t はm次元の未知数ベクトルである。v_t と w_t はそれぞれ1次元およびm次元の観測雑音とシステム雑音ベクトル、H_t、F_t、G_t はそれぞれ1×m、m×m、m×n の次元を有する観測行列、状態遷移行列、駆動行列であり、時間 t のみに依存する。さらに、雑音ベクトルは以下の性質を有するものとする。

$$E(W_t) = 0, \qquad E(V_t) = 0 \cdots\cdots(14)$$

$$E\left\{\begin{pmatrix} W_t \\ V_t \end{pmatrix}(W_s \quad V_s)\right\} = \begin{pmatrix} Q_t & 0 \\ 0 & R_t \end{pmatrix}\delta_{ts}, \qquad R_t > 0 \cdots\cdots(15)$$

$$E(W_t Z_s^T) = 0, \qquad E(V_t Z_s^T) = 0 \quad for \quad t \geq s \cdots\cdots(16)$$

$E\{\cdot\}$ は・の期待値、δ_{ts}は Kronecker のデルタである。

研究対象になっている問題は、パラメータの同定である。この場合、未知パラメータにはそれ自身の時間的遷移構造を記述する表現がない。したがって、状態式には時間軸について一定であるという条件を付与する。つまり、z_t が $\{a_0, a_1, \cdots, a_q, b_1, b_2, \cdots, b_p\}_t$ であたえられるものとし、状態式として次式を仮定する。

$$z_{t+1} = [I] z_t \cdots\cdots(17)$$

この〔I〕は単位行列を表わす。上式は、パラメータを同定する仮定においてそれぞれの時間ステップで計算されるパラメータが最終的には一定値に収束していくことを意味している。したがって、このようなパラメータについての時間的定常条件に誤差は混入しない

と考えられるので、式(13)のなかのシステムノイズ w_t は無視できる。一方、$n=1, m=p+q+1, n=p+q+1$ と置き、$\eta_t=x(t)$ ならびに $H_t=\{y(t), y(t-1), \cdots, y(t-q), -x(t+1), -x(t+2), \cdots, -x(t+q)\}$ とすれば、式(12)で定義した観測式は次のように書くことができる。

$$x(t)=\{y(t), y(t-1), \cdots, y(t-q), -x(t+1), -x(t+2), \cdots, -x(t+p)\}\begin{Bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_q \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_p \end{Bmatrix} \quad \cdots\cdots(18)$$

式(18)からも明らかなように、行列 H_t が既知の観測情報で構成されていることがわかる。式(17)、(18)で記述されるシステムに対するカルマンフィルターのアルゴリズムは、以下のように記述できる。

i　フィルター方程式

$$\hat{z}_{t+1|t}=F_t\hat{z}_{t|t} \quad \cdots\cdots(19)$$

$$\hat{z}_{t|t}=\hat{z}_{t|t-1}+K_t[y_t-H_t\hat{z}_{t|t-1}] \quad \cdots\cdots(20)$$

ii　カルマンゲイン

$$K_t=P_{t|t-1}H_t^T[H_tP_{t|t-1}H_t^T+R_t]^{-1} \quad \cdots\cdots(21)$$

iii　推定誤差共分散行列

$$P_{t+1|t}=F_tP_{t|t}F_t^T+G_tQ_tG_t^T \quad \cdots\cdots(22)$$

$$P_{t|t}=P_{t|t-1}-K_tH_tP_{t|t-1} \quad \cdots\cdots(23)$$

iv　初期条件

$$z_{0|-1}=\bar{z}_0, \qquad P_{0|-1}=\Sigma_0 \quad \cdots\cdots(24)$$

ここで、カルマンフィルターに必要な入力値を、次のように設定した。

$$R_t=I, \qquad \Sigma_0=10^3I$$

この I は単位行列を表わしている。これは観測量の共分散行列を単位行列と仮定し、推定誤差共分散行列の初期値が対角行列であり、対角項の値を一様に 10^3 としたことに相当している。

まず、q＝3、p＝2の場合について、上述したアルゴリズムを用いて、同定を行う。図VI—17には、それぞれのパラメータが一定値に収束していく過程を示したが、ここから年輪と降雨日数の関係を時間的に定常な線形システムとして仮定したことがほぼ妥当であったことがわかる。最終的に得られたパラメータの値は、a_0＝9.95、a_1＝5.37、a_2＝5.6、a_3＝19.5、b_1＝−0.238、b_2＝−0.0923となっている。a_0、a_1、a_2、a_3 は、当該年、1年、2年および3年前の年輪幅と降雨日数との相関を表わすパラメータであるが、図VI—4でも述べたように、降雨日数と年輪の間に正の相関があることがこれらの値からも理解できる。

パラメータ a_0、a_1、…、a_q、b_1、b_2、…、b_p の個数qとpをパラメータにとり、式(5)から求められる降雨日数 $x(t)'$ と真値 $x(t)$ との差の二乗誤差、$\Sigma\{x(t)-x(t)'\}^2$ を計算した。その結果を表VI—3に示す。この表から q＝2, p＝2のケースがもっとも少ない誤差をあたえることがわかる。このことは、降雨日数の変動が当該年と過去2年間の樹木の成長過程および当該年から先2年間の気候変動の関数でもっともよくあらわされることを意味している。

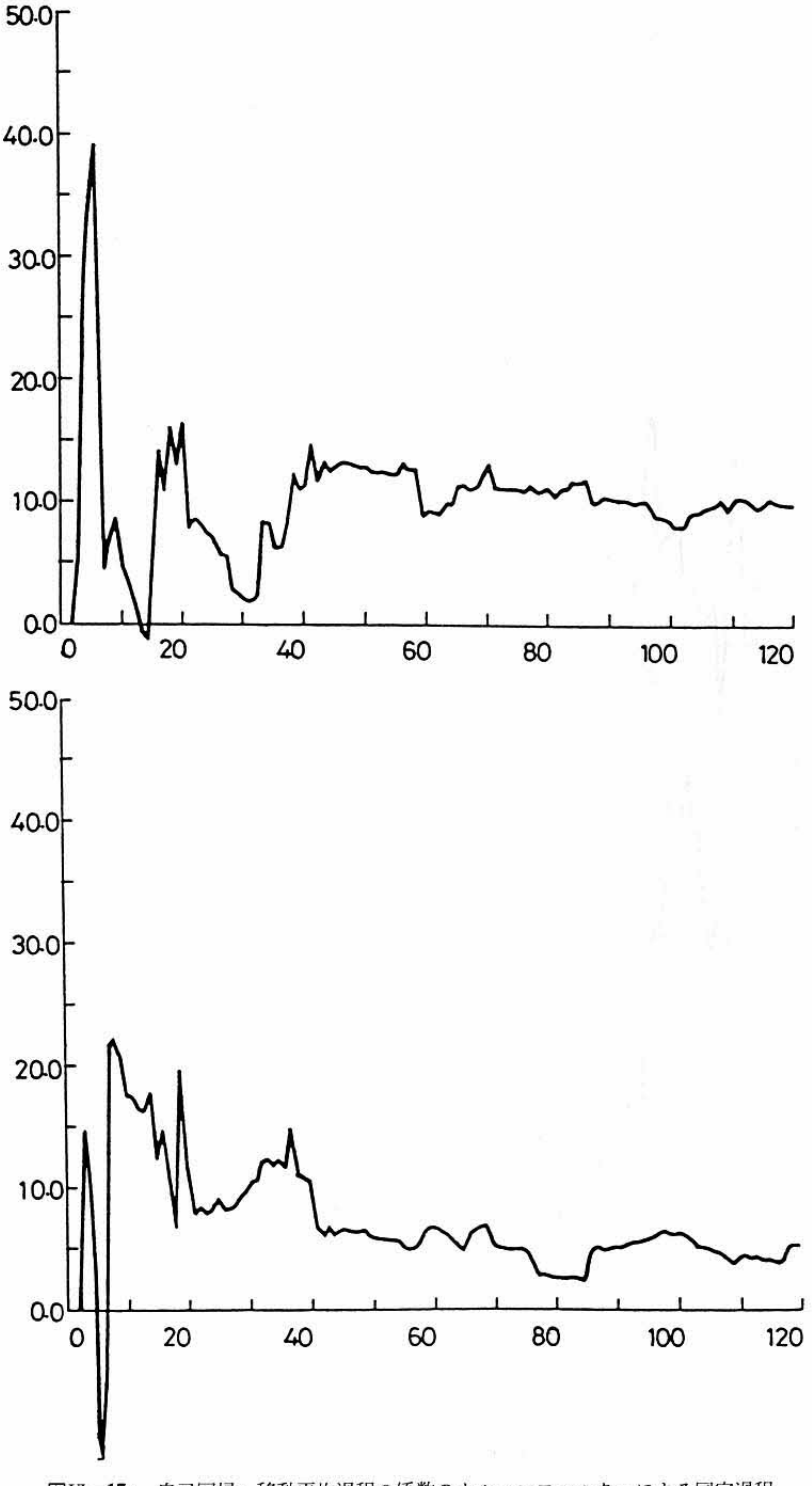
同定結果を時系列として図VI—18に示す。また、パワースペクトルを図VI—19に示した。図VI—18では、実線が同定結果を表わし、破線が真値を表わしている。この結果から、推定された降雨日数は観測降雨日数にくらべて少々まるめられた傾向となっていることがわかる。このことは、図VI—19におけるパワースペクトルにおいても確認できる。つまり、周期の短い範囲で実測値のパワースペクトルが推定値のそれよりも大きくなっている部分がところどころにみられる。しかし、卓越周期およびパワースペクトルの絶対値ともおおむねよく対応していることから、提案した同定手法は満足のいくものであることがわかる。

ここで得られた a_0、a_1、a_2、b_1、b_2 の値を用いて、観測データが存在しない1813年以前の降雨日数を再現した（図VI—20）。図VI—7に示した年輪データからもわかるように、1500年以前のデータの年輪幅の時系列の振幅が大きいことから、推定された降雨日数についても、1500年以前の振幅がかなり大きくなっている。

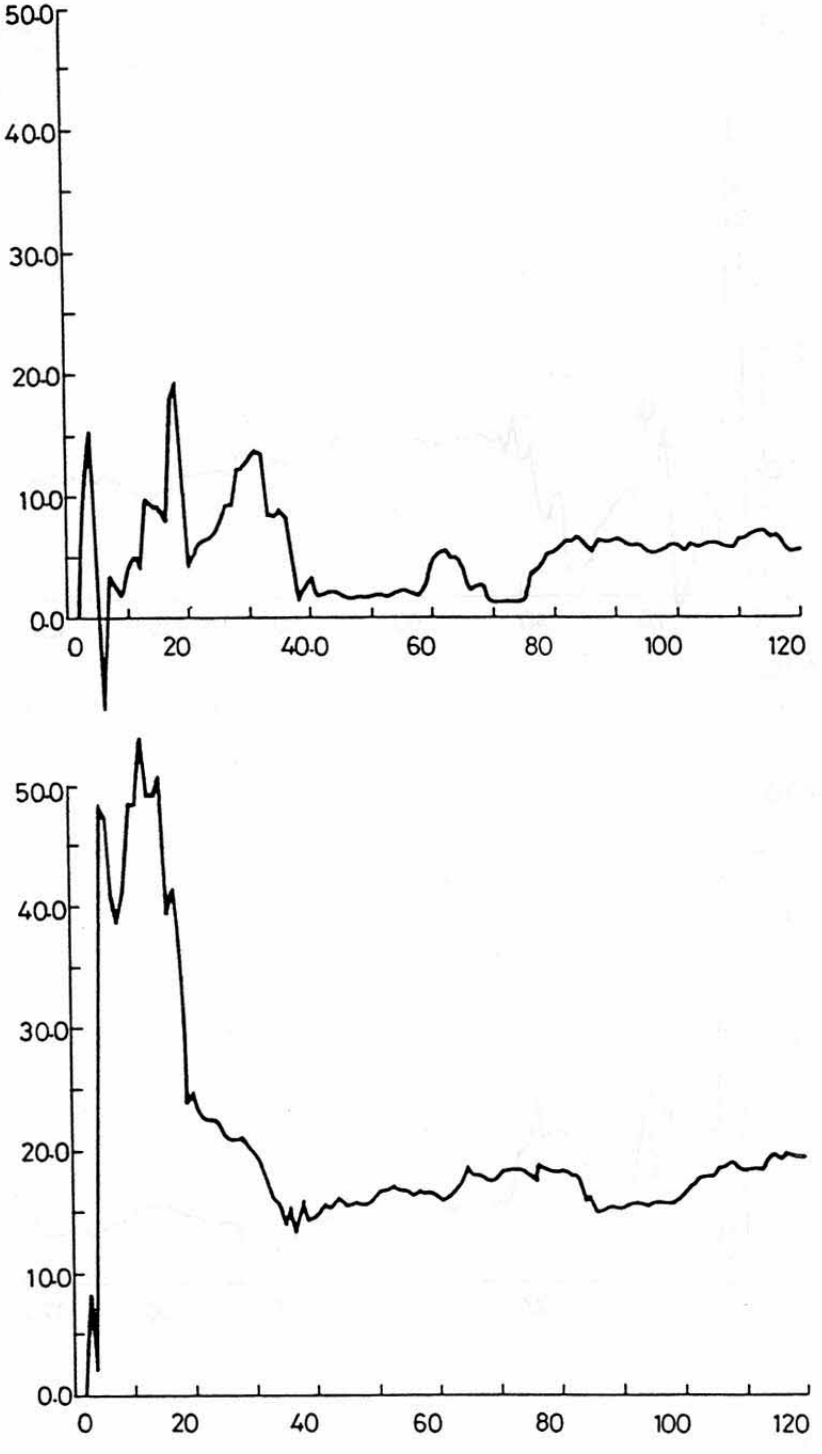
図VI—7の年輪データには、複数の樹木サンプルの値が含まれており、基線補正は施してあるが、それぞれの個体のもつ特有の性質（ここでは、年輪の変動幅）までは、補正されていない。今後、推定値の精度を向上させるためには、各個体間の変動幅の補正をなんらかの方法でおこなって、それで得られ

qの個数	pの個数	2乗誤差
1	0	10,662
2	0	9,124
3	0	8,721
3	1	6,832
1	1	6,586
2	2	6,389
3	3	7,522

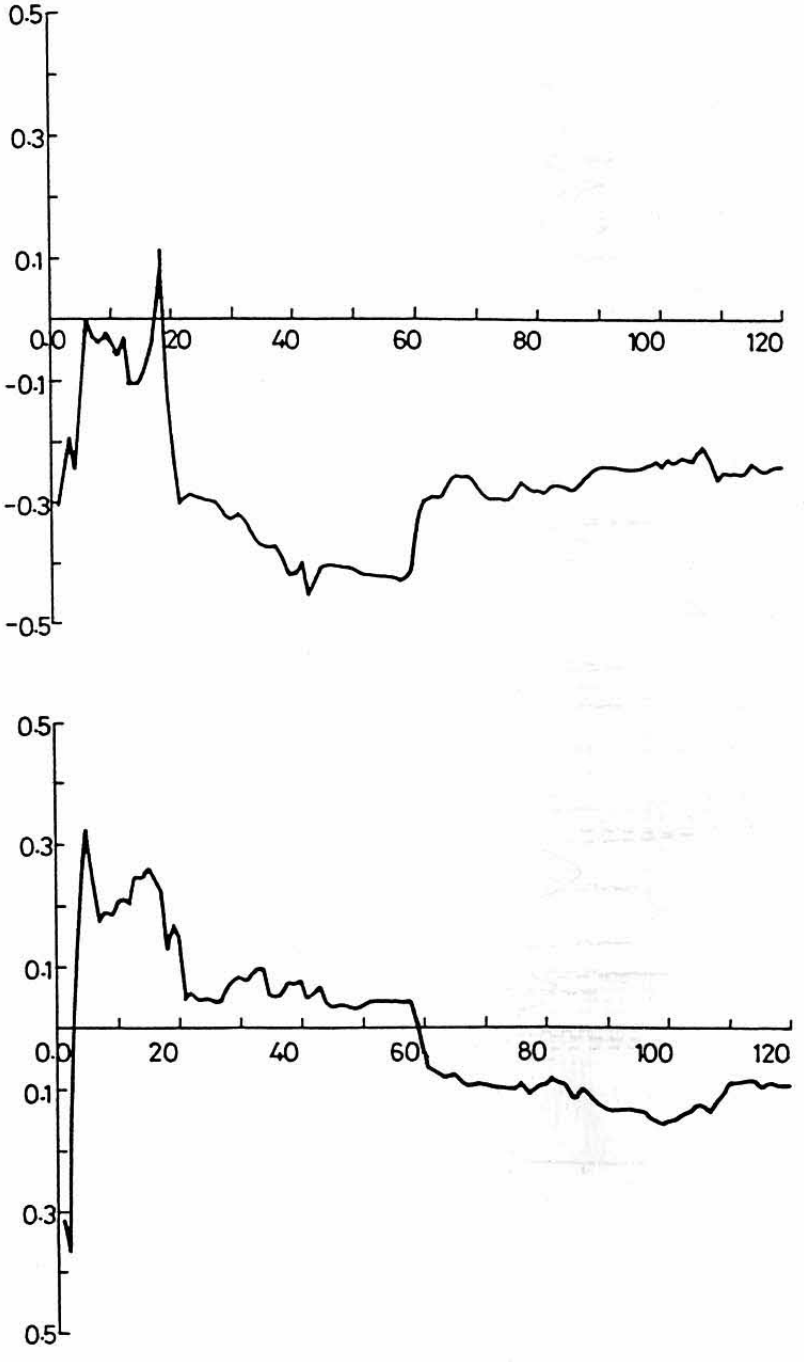
表VI—3　推定降雨日数と実降雨日数との2乗誤差（p，qの次数の決定）



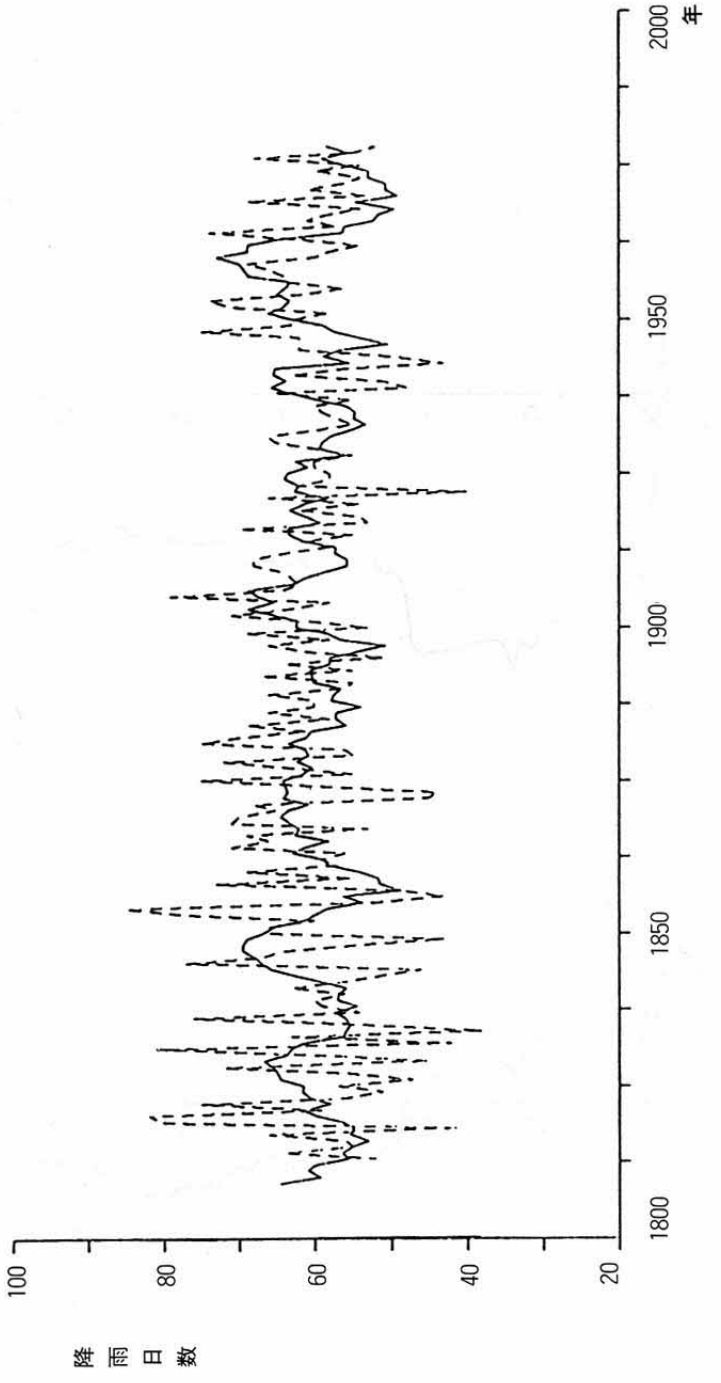
図VI—17a　自己回帰・移動平均過程の係数のカルマンフィルターによる同定過程



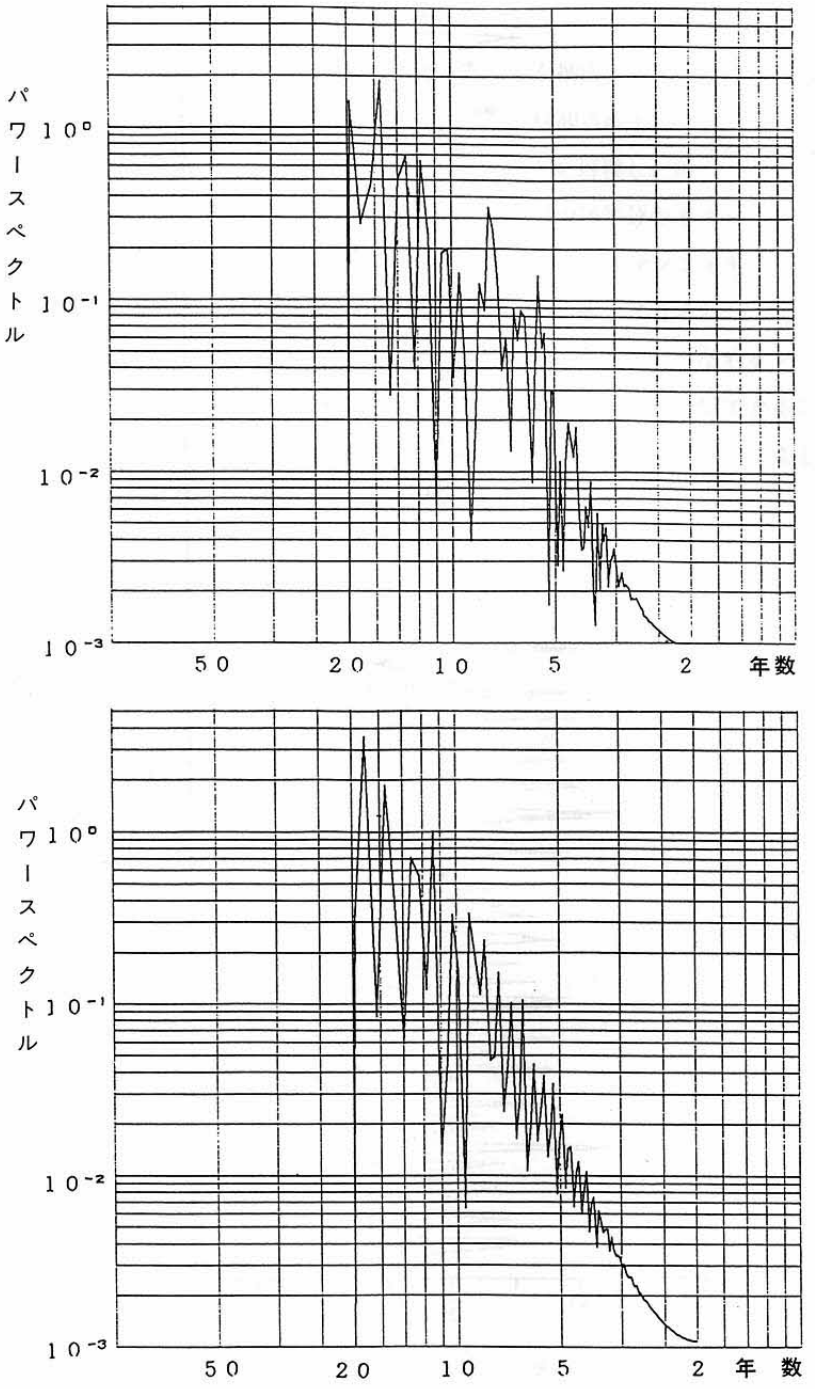
図VI—17b　自己回帰・移動平均過程の係数のカルマンフィルターによる同定過程



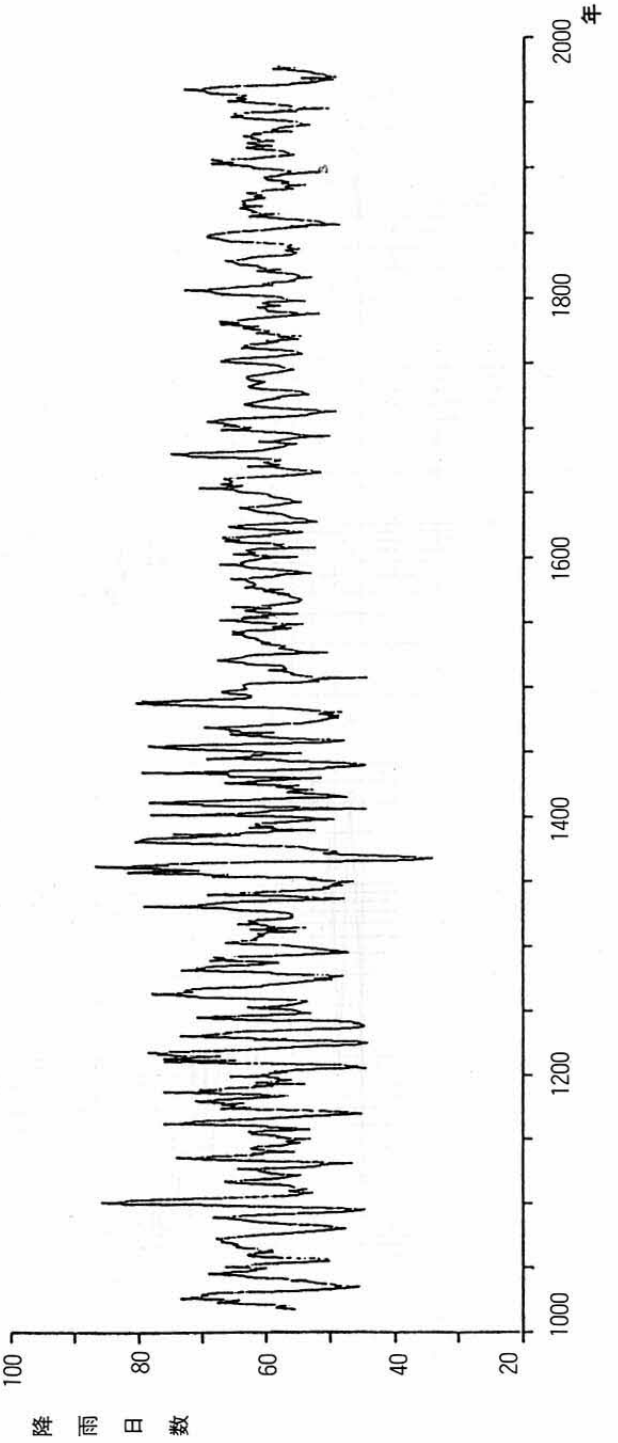
図VI—17c　自己回帰・移動平均過程の係数のカルマンフィルターによる同定過程



図VI—18　年輪幅から推定した降雨日数の変動



図VI—19　推定降雨日数と実降雨日数のパワースペクトル



図VI－20　推定した約1千年間の降雨日数の変動

たデータを用いて降雨日数の推定をすることが望ましい。

C　小結

本章では、樹木の年輪幅の変動から長期的気候変動特性を抽出するための基礎的な研究を展開した。このために、長野県産の木曽ヒノキ現生木試料30点の年輪データを入手し、また、長野県の気象データとして170年分の降雨日数データを再現し、両者のあいだに成立する関係式を誘導した。さらに、1009年から1984年までの976年分の木曽系のヒノキの年輪データを入手し、降雨日数とのあいだに成立する関係式をカルマンフィルターを利用することによって誘導した。主要な結果を列挙すると、つぎのようになる。

(1) 木曽ヒノキの現生木試料30点の年輪データには、1840年前後に大きなギャップがあり、ギャップの前後におけるヒノキの成長関係は２つの指数関数で近似できることがわかった。ギャップの平均値は1.03㎜であり、採取場所および樹齢の違いによる差異はみられなかった。

(2) 江戸時代に書かれた『墨翁日記』と『大沼日記』ならびに1889（明治22）年以降の長野地方気象台データをもとにして、170年間の気候データ（降雨日数データ）の再現を試みた。記録の欠落している期間については、１次元自己回帰モデルを用いてデータを結びつけた。得られた170年間の降雨日数のデータは、長野市および木曽福島町の降雨量のデータときわめて良好に対応しており、気候データとして降雨日数データを用いることの妥当性が確認できた。

(3) 年輪の成長に最も寄与する気候要素を抽出した。このために、年輪と降雨日数、年輪と平均気温についてそれぞれの相関性について検討した。その結果、試料とした木曽系ヒノキにおいては、降雨日数が多くて、気温が上昇しない場合に、年輪の成長率が高いことがわかった。年輪幅データのパワースペクトルと降雨日数データのパワースペクトルを比較した。その結果、６年程度、８年程度，23年程度の共通した卓越周期が存在していることを確認した。このことは、年輪幅データと降雨日数の間によい相関があることを意味している。この結果をふまえて、この地方の年輪の成長に寄与する気候要素として、降雨日数を主要因とした解析をおこなった。

(4) 気候データを入力とし、年輪幅データを出力とするシステムを自己回帰・移動平均過程によって表現した。また、このシステムを用いて、最終的に年輪幅データから降雨日数データを同定するために、相関関数を利用した方法を展開した。降雨日数を良好に再現できたのは、自己回帰モデルの係数３個、移動平均モデルの個数２個の場合であった。同定されたパラメータを用いて、1760年から80年間の降雨日数データを再現

した。

(5) 976年間の平均的な年輪データに対して、スプライン関数を用いて基線補正をおこなった。この年輪幅データと(2)で求めた降雨日数のあいだに(4)で用いたものと同じ線形システムを仮定した。システム・パラメータの同定は、観測更新アルゴリズムを用いたカルマンフィルターによった。同定過程において、すべてのパラメータは安定的に一定値に収束した。

(6) 得られたシステム・パラメータを用いて、降雨日数を推定した。観測データが現存する170年間の比較については、概ねよく対応していることがわかった。また、観測データのない1813年以前のおよそ800年間についても降雨日数を再現した。

Ⅶ　古年輪学研究の発展

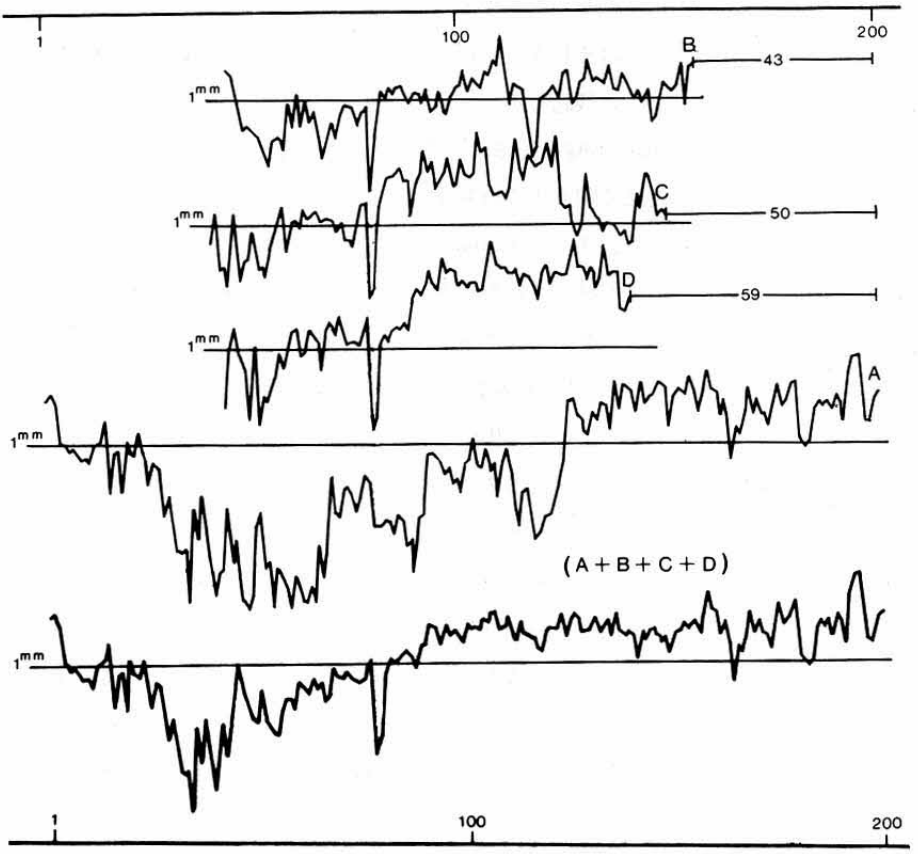
日本における古年輪学研究は、1921年に発表された平野烈介の研究からはじまった。かれは現生のスギの250余層からなる年輪のなかに過去の気象の変動を読みとろうとした。この種の１本の現生木の年輪データから過去の気象やその周期性を読みとろうとする試みはその後も断続的に発表されている。その系譜に連なる調査研究のなかでは、第２次世界大戦中の四手井綱英を中心とした秋田スギによる仕事は画期的なものだった。四手井とそのグループは、数百点にのぼる試料を計測、そのデータによって年降水量と年平均気温にあらわれた気象と年輪との関係を追求したものであり、本格的な年輪気象法の研究の先駆けとなるものだった。この四手井の研究に続いた高橋宏明は、スギにアカマツやモミの年輪データをくわえて、樹木の生長と気象との関係を追求している。かれは、立地や林齢が違っている樹木のあいだにも相関のある直径生長が認められる事実をつきとめ、そこから研究を開始している。この点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可能性をはらんでいた。しかし、残念ながら、局面は大きく展開することはなかった。

古年輪学研究の中心になる年輪年代法に関しては、これまで顕著な成果はほとんどなかった。四手井が年輪気象法に関連する研究をおこなっていたころ、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んだ関野克が法隆寺の古材の年輪幅を計測している。しかし、それも試みに終わった。第２次世界大戦後、西岡秀雄が心柱の年輪による五重塔の年代推定研究を発表している。これは最初の年輪年代法の応用研究といえるものだった。だが、方法に問題があることもあって、学界はほとんど反応しなかった。そこでは、古年輪学、とくに年輪年代法に対する否定的な姿勢が優越していた。それは、古年輪学の創始者であるアメリカのダグラスが研究したアリゾナの気候風土が日本と対象的であることが大きく影響した。そして、その試行研究すらおこなわれないなかで、湿潤温暖で地勢が複雑、地方ごとの降雨量の多寡の差がはげしい日本では、年輪年代法は容易にはなし難い、とする思いこみが先行していった。

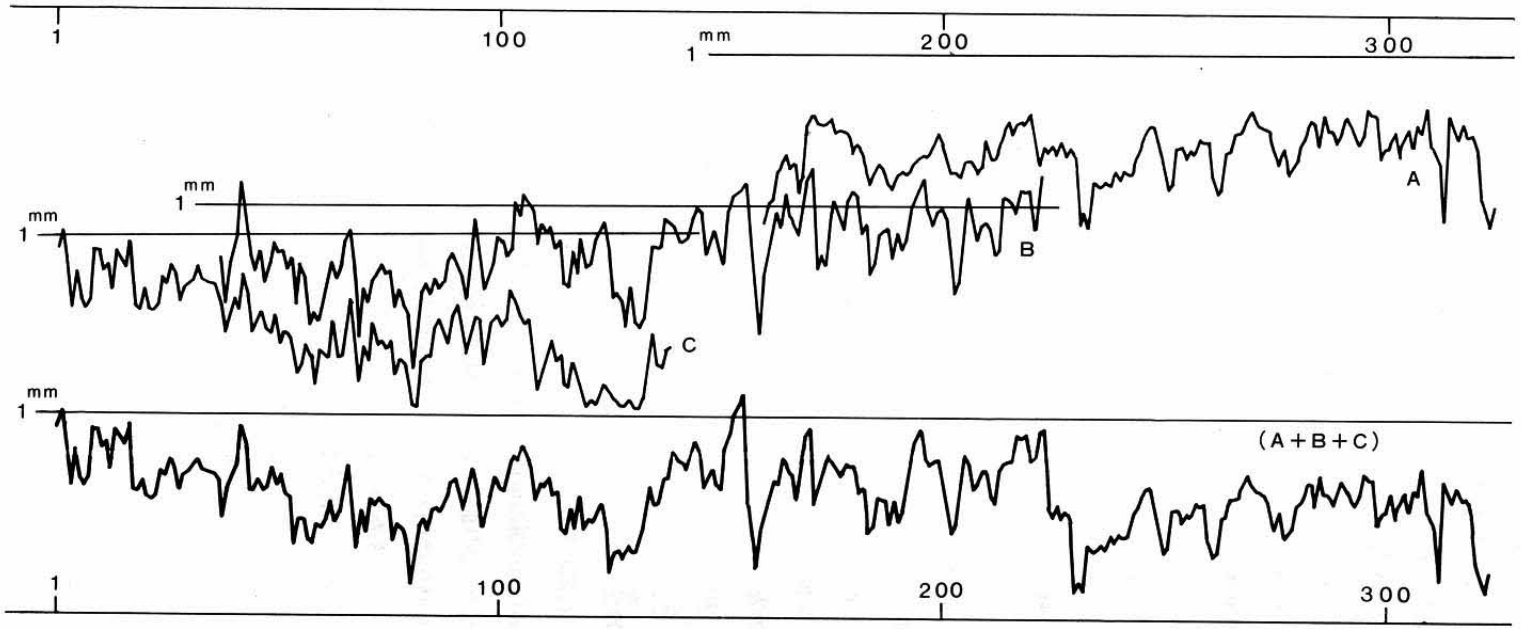
このような情勢のなかで、文化財の調査と研究に従事しているわれわれが古年輪学の研究を開始したのには、２つの要因があった。１つは、日本の気候風土に近いヨーロッパにおいて、とくに第２次世界大戦後、古年輪学研究が飛躍的に進んでいることを知ったことである。第２には、戦後の発掘調査の質量的な増大とその厖大な出土品、なかんずく多量の木製品の出土がある。また、各所で続く古建築の修理の際にその部材の年輪を調査する

可能性があることも大きい。そして、その背景には、遺跡や古建築の正確な年代を確定する新しい方法の摸索があった。1979年、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を確認することができた。

1985年度から開始した本格的研究では、基礎の部分において所期の目的を達成した。そのなかでは、諸条件を検討したのち、暦年標準パターンの作成作業をあげるべきであろう。ヒノキのそれは先端が前317年までのびている。このヒノキの暦年標準パターンによって、スギとコウヤマキの暦年標準パターンの作成が可能になった。スギでは、1986年から1779年に先端をおく現生木から作成した暦年標準パターンのほかに、1285年から先端が405年までのびる暦年標準パターンができている。さらに、コウヤマキについても741年を起点にして186年までのびる暦年標準パターンがある。さらに、それぞれの暦年標準パターンのさきには、遊離して暦年の決定をまっている標準パターンがある。暦年標準パターンの作成は、古年輪学研究の起点であり、基礎になるものである。今後もその先端をど



図Ⅶ—1　石川真脇遺跡出土柱根4点の年輪パターングラフ



図Ⅶ－２　宮城富沢遺跡出土材３点の年輪パターングラフ

こまでも古くへさかのぼらせる努力は継続するであろう。

暦年標準パターンを使用した応用研究では、考古学、歴史学、建築史学、美術史学などにくわえて、さらに災害史を含めた多くの研究分野と年輪年代法のあいだで一定の成果をあげうる見通しを得ている。さらにまた、年輪気象法に関しても、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。

われわれは、古年輪学の可能性を強く認識するだけに、現状にはなお満足していない。たとえば、考古学が研究の対象としている時代の暦年の確定だ。弥生時代や古墳時代の暦年はどうなのか。それに関しては、諸説があるが、定まらない。ここでは、暦年標準パターンを強化した年輪年代法の駆使と好適な試料の発見が待たれている。弥生時代や古墳時代だけではない。能登半島の富山湾側にある石川県真脇遺跡は、縄文時代前期から晩期まで、豊富な遺物と特異な遺構が発見された遺跡として有名だが、その1つ、長方形に柱を配した晩期の遺構がある。そのヒノキの柱根4点から200層からなる平均値パターンを作成している（図Ⅶ－1）。これは作成ずみの暦年標準パターンとのあいだで照合が成立しないか。まだ不可能だ。期待をいだきつつ、新しい試料の1層からつぎの1層へと、年輪幅を計測しつづけるのみである。

1962年、宮城県仙台市南部の富沢遺跡の最下層、現在の地表面の下ほぼ3mの深さから、旧石器時代人が森林のなかで焚火をしながら石器を製作している状況を彷彿とさせる遺構が発見された。放射性炭素年代測定結果によれば、2万数千年まえのこととという。この森林の樹木を試料として、年輪幅を測定、年輪パターンが作成ずみである。試料は3点、カラマツ属の樹木の幹部分で、計測年輪数は、試料Aが168層、試料Bが187層、試料Cが138層だった。この旧石器時代の年輪パターンを比較したところ、相互に照合が成立し、試料Aの最外年輪から第101層の位置で試料Bの最外年輪が一致し、第186層の位置で試料Cの最外年輪が一致した（図Ⅶ－2）。その結果、総延長323層からなる平均値パターンが作成できた。もちろん暦年標準パターンは先端が旧石器時代まで到達していないのだから、暦年を確定することはできない。しかし、これまで旧石器時代の年輪パターンの照合に成功した例はごく稀である。これによって、日本においても古年輪学研究の先端が旧石器時代にまで延びる可能性を確認することができた。

現在から旧石器時代まで、さまざまの研究分野が日本列島のうえで展開された人々の営みの実相を追求している。本格的に研究を開始してから5年、それよりさきの試行研究のころから数えると、光谷が計測した試料は2千点以上、年輪数は40万層を超えよう。ここに報告したわれわれの古年輪学研究の結果から、多くの研究分野のあいだにあって、古年輪学がいま成立した、と宣言することが許されるであろう。

文　献

赤池弘次・中川東一郎, 1977：『ダイナミックシステムの統計的解析と制御』

秋田営林署, 1944：『択伐並に気候因子がスギの直径生長に及ぼす影響』

秋田県教育委員会, 1968：『胡桃館埋没建物発掘調査概報』（『秋田県文化財調査報告書』14）

秋田県教育委員会, 1969：『胡桃館埋没建物遺跡第２次発掘調査概報―秋田県鷹巣町所在』（『秋田県文化財調査報告書』19）

秋田県教育委員会, 1970：『胡桃館埋没建物遺跡第３次発掘調査報告書』（『秋田県文化財調査報告書』22）

東三郎, 1968：「山腹崩壊の前兆と異常年輪」（『北海道林業試験場報告』６―６）

荒川秀俊, 1955：「気候変動論」（『気象学講座』10）

有光教一, 1965：「先史の世界の年代決定法」（『世界歴史』１『先史の世界』）

石井進, 1981：『生物統計学入門』

石垣昭・上田勝彦, 1986：「遺跡出土木材の年輪年代測定のためのＸ線造影法の開発」（『奈良工業高等専門学校研究紀要』22）

泉武, 1989：「奈良県小墓古墳（第１次）」（『日本考古学年報』40）

泉森皎, 1978：「益田池の考古学的調査」（『橿原市千塚資料館館報』１）

伊藤延男・三浦定俊, 1982：「木材年輪年代法序説」（『保存科学』21）

岩手県埋蔵文化財センター編, 1979：『主要地方道一関・北上線関連遺跡発掘調査報告書』（『岩手県埋文センター文化財報告書』８）

岩本圭輔, 1982：「飛鳥水落遺跡の調査」（『奈良国立文化財研究所年報』1982）

上田勝彦・石垣昭, 1986：「画像処理的手法による遺跡出土木材の年輪パータン抽出」（『奈良工業高等専門学校研究紀要』22）

梅原末治, 1920：「篠村古墳」（『京都府史蹟勝地調査会報告』２）

大内正夫, 1964A：「24年周期の気温変動の実例とその伝播気候」（『京都学芸大学紀要』Ｂ―24）

大内正夫, 1964B：「樹木の生長率と気候変動―東北日本の部―」（『京都学芸大学紀要』Ｂ―25）

岡村諠,　1965：「大檜にかんする覚え書」『みどり』17―12

大和久震平, 1974：『七廻り鏡塚古墳』

小野田市教育委員会編, 1978：『岩崎寺の仏像調査報告書』

小野山節, 1971：「古墳の世紀と陶邑」（『堺市史続編』１）

小原二郎, 1958：「法隆寺五重塔心柱材の成長経過について」（『古文化財の科学』15）

香川県文化財保護協会, 1986：『瀬戸大橋建設にともなう埋蔵文化財調査概報』Ⅶ

片山徹, 1983：『応用カルマンフィルタ』

京都府埋蔵文化財調査研究センター, 1987：「木津地区所在遺跡昭和61年度発掘調査概報」（『京都府遺跡調査概報』26）

国樹彰, 1989：「大神神社摂社大直祢子神社社殿の前身建物」（『普請研究』30）

後藤守一編, 1962：『伊豆山木遺跡一弥生時代木製品の研究』

西藤清秀・林部均, 1989：「四条古墳発掘調査概報」（『日本考古学年報』40）

阪口豊, 1984：「日本の先史・歴史時代の気候一尾瀬ヶ原に過去6000年の気候変化の歴史を探る一」（『自然』5）

佐藤忠信・八嶋厚・田中琢, 1987：「木曽檜を用いた長期的気候変動特性の抽出」（『京都大学防災研究所年報』30, B－2）

佐藤忠信・八嶋厚・田中琢, 1989：「年輪を用いた長期的気候変動特性の抽出」（『京都大学防災研究所年報』32, B－1）

佐原真, 1983：「エックシュタイン先生を迎えるまで」（『日本文化財科学会会報』3）

志田順, 1935A：「気候の永年変化と東亜諸勢力の興亡盛衰」（『科学知識』15－1）

志田順, 1935B：「気候の永年変化と地磁気」（『科学知識』15－2）

四手井綱英, 1976：『森の生態学』（『ブルーバックス』B－301）

嶋倉鉦蔵, 1979：「大樹台帳の謎」『みどり』1975－11（『森林の群像』収録）

清水和明, 1989：「遠里小野の玉手箱」（『大阪市文化財情報葦火』20）

末田達彦・梅村武夫・牧野郁男, 1983：「年輪成長パータンの相関分析」『31回

鈴木哲, 1971：「年輪は公害を記録する」（『国土と教育』10）

鈴木良章, 1988：「滋賀・宮町遺跡」（『木簡研究』10）

須藤隆・清水真一, 1977：「平城宮跡と平城京跡の調査」（『奈良国立文化財研究所年報』1977）

積山洋・清水和明, 1989：「柵に囲まれた飛鳥時代の大型建物」（『大阪市文化財情報葦火』19）

高田和彦, 1985：「スギの直径成長における Key Year について」（『日本林学会誌』67－6）

高橋宏明, 1967：「スギ林の年輪成長Ⅰ」（『日本林学会誌』52）

高橋宏明, 1971A：「スギ林の年輪成長Ⅱ」（『日本林学会誌』53）

高橋宏明, 1971B：「スギ林の年輪成長Ⅲ」（『日本林学会誌』53）

高橋宏明, 1979：『年輪の証明』

武市伸幸, 1987：「年輪学の手法について」（『「樹木年輪」短期研究会報告書 Tree Rings』）

田中琢, 1985：「年輪から歴史をよむ」（『災害科学研究通信"』26）

田中琢, 1990：「年輪から年代を読みとる」（『学術月報』541）

中島暢太郎, 1986：『気象と災害』（『新潮選書』）

奈良県教育委員会, 1975：『国宝法起寺三重塔修理工事報告書』

奈良県教育委員会事務局, 1984：『重要文化財東大寺二月堂参籠所修理工事報告書』

奈良国立文化財研究所, 1989：『平城京右京八条一坊十三・十四坪発掘調査報告』（『奈良国立文化財研究所学報』46）

西岡秀雄, 1947：「日本冲積期永年気候変化論」『中央気象台研究速報』24

西岡秀雄, 1952：「年輪より観たる法隆寺五重塔の創建年代」（『日本考古学協会第十回総会研究発表要旨』）

西岡秀雄, 1972：『気候700年周期説一寒暖の歴史』

西川新次・水野敬三郎, 1968：「薬師如来坐像（金堂）」（『奈良六大寺大観』2）
野田真人, 1987：「年輪を用いた気候変動の復原に関する研究」（『「樹木年輪」短期研究会報告書 Tree Rings』）
野田真人編, 1987：『「樹木年輪」短期研究会報告書 Tree Rings』
野田真人編, 1988：『樹木年輪情報の利用に関する研究　専門研究会報告書 Tree Rings』
野田真人・東村武・東村隆子, 1983：「年輪年代学」（『考古学と自然科学』16）
速水頌一郎・大内正夫1964：「北太平洋亜熱帯高気圧の変動と北陸の降雪」（『京都大学防災研究所年報』7）
平田寛・菊竹淳一, 1989：「俊乗房重源関係寺院の仏像調査報告—山口県佐波郡徳地町における」（『九州文化史研究所紀要』34）
平野烈介, 1921：「樹齢二百五十余年の杉の巨木に現はれたるブリュツクネル周期」（『気象集誌』39—10）
広島県草戸千軒町遺跡調査研究所, 1980：『草戸千軒町遺跡—第24～26次発掘調査概要』
広島県草戸千軒町遺跡調査研究所, 1983：『草戸千軒町遺跡—第32次発掘調査概要』
福岡義隆, 1987：「年輪分析による気候変動の周期性と地域性」（『「樹木年輪」短期研究会報告書 Tree Rings』）
福井県立朝倉氏遺跡資料館, 1984：『特別史跡一乗谷朝倉氏遺跡』XV
藤枝市埋蔵文化財調査事務所, 1981：『日本住宅公団藤枝地区埋蔵文化財発掘調査報告書—奈良・平安編』
淵本金哉, 1937：「屋久杉の年輪」（『天候と気候』4）
文化財建造物保存技術協会編, 1980：『重要文化財真田信之霊屋（宝殿、表門）修理工事報告書』
文化財建造物保存技術協会編, 1982：『重要文化財若宮八幡社本殿修理工事報告書』
法隆寺国宝保存委員会編, 1955：『五重塔』（『法隆寺国宝保存工事報告書』13）
堀場義平, 1980：「年輪指標の標準化と年代的波動について」（『三重大学教育学部研究紀要』31）
真鍋大覚・川勝紀美子, 1964：「屋久杉の年輪から解析された古代気象の永年変化と大風の変遷」（『九州大学農学部付属演習林集報』22）
三沢勝衛, 1937：『新地理教育論—地方振興とその教化—』
光谷拓実, 1981：「年輪年代学」（『奈良国立文化財研究所年報』1981）
光谷拓実, 1982：「年輪年代学（2）」（『奈良国立文化財研究所年報』1982）
光谷拓実, 1983：「年輪年代学（3）」（『奈良国立文化財研究所年報』1983）
光谷拓実, 1984A：「年輪年代学（4）」（『奈良国立文化財研究所年報』1984）
光谷拓実, 1984B：「日本における年輪年代学」（『みどり』312）
光谷拓実, 1985：「年輪年代学（5）」（『奈良国立文化財研究所年報』1985）
光谷拓実, 1986：「年輪年代学（6）」（『奈良国立文化財研究所年報』1986）
光谷拓実, 1987A：「わが国における年輪年代学の確立とその応用（第1報）—現生木のヒノキによる年輪変動パータンの特性検討」（『木材学会誌』33—3）

文献

光谷拓実, 1987B：「わが国における年輪年代学の確立とその応用（第2報）—産地を異にするヒノキ相互間およびヒノキと異樹種間との年輪変動パータンの相関分析」（『木材学会誌』33—3）

光谷拓実, 1988：「わが国における古年輪学の現状」（『埋蔵文化財ニュース』59）

光谷拓実, 1989：「朝倉氏遺跡出土曲物容器の年輪年代測定」（『朝倉氏遺跡資料館紀要』1988）

光谷拓実, 1989：「年輪年代法による清洲城下町遺跡・勝川遺跡出土木製品の年代測定について」（『愛知県埋蔵文化財センター年報—昭和63年度』）

光谷拓実・田中琢, 1986：「古年輪学研究（1）」（『京都大学防災研究所年報』29・B—2）

村上章・長谷川高士, 1987：「Kalman フィルター有限要素法による逆解析と観測節点配置」（『土木学会論文集』388—Ⅲ—8）

山沢金五郎, 1930：『檜年輪調査成績』

山本武夫, 1948：「歴史時代の気候の長周期変動について」（『科学』18—3）

山本武夫, 1976：『気候の語る日本の歴史』（『そしえて文庫』4）

八幡一郎編, 1969：『山木遺跡—第二次調査概報』

吉田恵二・岡本東三, 1974：「平城宮跡とその周辺の発掘調査」（『奈良国立文化財研究所年報』1973）

Baillie, M.G.L., 1982 : *Tree-ring dating and archaeology*. London,Canberra.

Box, G.E.P.and Jenkins G., 1970 : *Time series analysis forcasting and control*.

Cook, E.R., Peters, K., 1981 : The smoothing spline-a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-ring Bull*.41.

Douglass, A.E., 1919 : *Climate cycles and tree growth*.Vol. 1 .Washington.

Eckstein, D., 1972 : Tree-ring research in Europe. *Tree-ring Bull*.32.

Eckstein, D., Wrobel, S., Aniol, R.W.edi., 1983A : Dendrochronology and Archaeology in Europe. *Mitteilung der Bundesforschungsanstalt fuer Forst-und Holzwirtschaft* 141. Hamburg.

Eckstein, D., Wrobel, S., 1983B : Dedrochronologie in Europa. *Dendrochronologia* 1 .

Fritts, H.C., 1976 : *Tree-rings and climate*. London. New York, San Francisco.

Glock. W.S.. 1937 : *Principles and methods of tree-ring analysis*. Washington.

Kojo, k., 1987 : A dendrocronological study of Cryptomeria japonica in Japan. *Tree-ring Bull*.47.

Kolchin, B.A., 1965 : Dendrochronologiya Vostochnoi Evropy. *Arkheologiya i estestbennye nauki*. Moskva.

Outi, M., 1961 : Climatic variations in the North Pacific sub-tropical zone and solar activity during the past ten centuries (Ⅰ). *Bulletin of the Kyoto Gakugei University* B-19. Kyoto.

Outi, M., 1962 : Climatic variations in the North Pacific sub-tropical zone and solar activity during the past ten centuries (Ⅱ). *Bulletin of the Kyoto Gakugei University* B-20.

Kyoto.

Sato, T., Yashima, A.and Tanaka, M., 1989 : Identification of long-term climatic variation based on tree ring width of Japanese cypresses. *Journal of natural disaster science* 11-2. Kyoto.

Schweingruber, F.H., 1983 : *Der Jahrring; Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendro chronologie*. Berne, Stuttgart.

Schweingruber, F.H., 1988 : *Tree rings; Basics and applications of dendrochronology*. Dordrecht.

Siren, G., 1961 : Skogsgranstallen som indikator for klimatflunktuationerna inorra fennoskandien under historisktid communicationes. *Inst.Forest Fenniae* 54-2.

Stokes, M.A. and Smiley, T.L., 1968 : *An introduction to tree-ring dating*. Chicago and London.

Zamotorin, I.M., 1959 : Otnositel'naya khronologiya Pazyrykskikh kurganov. *Sovetskaya Arkheologiya* 1959-1. Moskva.

DENDROCHRONOLOGY IN JAPAN

ENGLISH SUMMARY

RESEARCH REPORT OF
THE NARA NATIONAL CULTURAL
PROPERTIES RESEARCH INSTITUTE No. 48

NARA 1990

Contents

Preface

Explanatory notes

I. **Dendrochronology and its Previous Researches** ……3
by TANAKA Migaku

A. Outline of Dendrochronology ……3

B. Previous Researches ……7

1. Beginnings of dendrochronology and progress in Europe and North America ……7

2. History of dendrochronology in Japan ……11

II. **Samples for Dendrochronological Research and its Methodology** ……18

by MITSUTANI Takumi

A. Samples and Measurement of Width ……18

1. Types of samples ……18

2. Sample acquisition and preparation ……19

3. Measurements of tree ring width ……20

B. Cross-Correlation of Tree-Ring Patterns ……21

1. Drawing tree-ring pattern graphs ……21

2. Cross-correlation of tree-ring patterns by numerical data 23

3. Recognition of key signature patterns ……27

III. **Examination of Ring Patterns Utilizing Living Trees** ……29
by MITSUTANI Takumi

A. Examination of Features of Ring Patterns of Living *Hinoki* Cypress ……29

1. Acquisition of *hinoki* cypress samples ……29

2. Ring patterns of the same tree taken radially in different directions at the same level ……31

3. Ring patterns at the center and near the exterior of the same tree at the same level ……34

4. Ring patterns taken at different height of the same tree··34

5. Ring patterns taken from different trees in the same

region ……38
6. Ring patterns taken from trees of different region ……45
B. Ring Patterns of Trees of Non-Cypress Species ……49
1. Ring patterns of *hiba* arborivitae and *sugi* cedar ……50
2. Ring patterns of *kōyamaki* pine and other species ……55

IV. **Building Index Master Chronology** ……60
by MITSUTANI Takumi
A. Building Standard Chronology of *Hinoki* Cypress ……60
1. Building standard chronology of modern trees ……60
2. Confirmation and extensions of standard chronology ……67
a. Standard chronology derived from structural parts of the Prayers Hall of the Nigatsu-dō 二月堂 at Tōdai-ji 東大寺, Nara Prefecture 68
b. Standard chronology derived from artifacts discovered at the site of the Kiyosu 清洲 Castle Town, Aichi Prefecture 71
c. Standard chronology derived from artifacts discovered at the Kusado Sengen 草戸千軒 site, Hiroshima Prefecture 73
d. Standard chronology derived from artifacts discovered at the Toba 鳥羽 Detached Palace site, Kyoto Prefecture 74
e. Standard chronology derived from artifacts discovered in the Heijō 平城 Capital, Nara Prefecture 76
f. Extension of standard chronology beyond the Time of Christ 78
B. Standard Chronology Derived from Non-Cypess Species …79
1. Comparison between ring patterns derived from different species of trees in the same region ……79
2. Comparison between ring patterns derived from different species of trees in different regions ……80
3. Standard chronology of *sugi* cedar ……82
a. Standard chronology derived from living *sugi* cedar 82
b. Standard chronology derived from archaeologically discovered artifacts and structural parts in the Tohoku area 83
c. Extension of the standard chronology of *sugi* in the Tohoku area 86
d. Mean ring pattern of securely dated wooden artifacts discovered in Shizuoka Prefecture 87
4. Standard chronology of *kōyamaki* pine ……89
a. Standard chronology derived from artifacts discovered in Nara Prefecture 89

b. Floating chronologies ……92

V. **Application of Index Master Chronology** ……94
by MITSUTANI Takumi and TANAKA Migaku

A. Introduction ……94

B. Application of Dendrochronology ……98

1. Dendrochronological dates of living trees ……98

2. Dendrochronological Dates of Artifacts[1] ……99

a. Frames of a well: Ochiai 落合Ⅲ site, Iwate Prefecture 99

b. Posts: Hotta no Saku 払田柵 fort site*, Akita Prefecture 99

c. Structural parts of houses buried at the Kurumidate 胡桃館 site, Akita Prefecture 100

d. Posts: Kinowa no Saku 城輪柵 fort site*, Yamagata Prefecture 101

e. Coffin: Nanamawari-Kagamizuka Kofun 七廻り鏡塚古墳 burial site, Tochigi Prefecture 101

f. Funerary urn: site of the Castle Town of the Asakura 朝倉 Family of Ichijōdani 一乗谷**, Fukui Prefecture 102

g. Wooden objects: Yamagi 山木 site, Shizuoka Prefecture 102

h. Preserved pillars: Shida Gunga 志太郡衙 county-office site*, Shizuoka Prefecture 103

i. Wooden objects: Kiyosu 清洲 Castle Town site, Aichi Prefecture 104

j. Structural parts: a bridge attributed to the Seta no Karahashi 瀬田唐橋, Shiga Prefecture 104

k. Preserved pillars: Miyamachi 宮町 site, Shiga Prefecture 104

l. Coffin: Jōdoji Kofun 浄土寺古墳 burial site, Kyoto Prefecture 106

m. Coffin: Kawaradani 瓦谷 site, Kyoto Prefecture 107

n. Parasol-shaped object: Moat of the Kondayama Kofun 誉田山古墳 burial site (attributed to the Mausoleum of Emperor Ōjin 応神), Osaka Prefecture 107

o. Coffin: Kyōzuka Kofun 経塚古墳 burial site, Osaka Prefecture 107

p. Frames of a well: Ori'ono 遠里小野 site, Osaka Prefecture 108

1 In this section,* and** respectively denote a "Historic Site" and a "Historic Site of Special Significance" designated by the national government.

q. Parasol-shaped objects: Shijō Kofun 四条古墳 burial site, Nara Prefecture 108
r. Parasol-shaped objects: Obaka Kofun 小墓古墳 burial site, Nara Prefecture 109
s. Part of a water clock: Mizu'ochi 水落 site*, Nara Prefecture 109
t. Preserved lower portions of pillars: Lower stratum of the Hokke-ji 法華寺 temple site, Nara Prefecture 110
u. Votive tablet of a horse: Higashi-Ni Bō 東二坊[East Second Ward] on the Nijō Ōji 二条大路[Second Major Street], Heijō 平城 Capital, Nara Prefecture 111
v. Frames of a well: 13th and 14th Tsubo 坪[Blocks], Ichi Bō 一坊[First Ward] on Hachijō Ō ji 八条大路[Eighth Major Street], Ukyō 右京[Western Sector], Heijō Capital 112
w. Trough: location of the historically known Masuda no Ike 益田池 pond, Nara Prefecture 112
x. Artifacts discovered at the Kusado Sengen 草戸千軒 site, Hiroshima Prefecture 112
y. Bases of a circular wooden-bent boxes: Shimokawazu 下川津 site, Kagawa Prefecture 113
z. Lower preserved portion of a pillar: Ōno 大野 Castle site**, Fukuoka Prefecture 114

3. Dendrochronological dates of architectural structures[2]…114
a. Boards used for a wall: Kagura-den 神楽殿[Hall of Ritual Music and Dance]*, Ha'ushiwake 波宇志別 Shrine, Akita Prefecture 114
b. Pillar: Main Hall*, Wakamiya Hachiman 若宮八幡 Shrine, Nagano Prefecture 115
c. Structural parts: Three story pagoda*, Kiyomizu-dera 清水寺 temple, Kyoto Prefecture 116
d. Structural parts: Main Hall*, Gaya-in 伽耶院 temple, Hyogo Prefecture 116
e. Central pillar: Five story pagoda**, Hōryū-ji 法隆寺 temple, Nara Prefecture 116
f. Central pillar: Three story pagoda**, Hokki-ji 法起寺 temple, Nara Prefecture 118

2 In sections 3 and 4,* indicates an "Important Cultural Property," **a "National Treasure."

g. Structural parts: Ōtataneko 大直禰子 Shrine*, a subordinate shrine of the Ōmiwa 大神 Shrine, Nara Prefecture 118
h. Structural parts: Main Hall*, Hōtō-ji 宝憧寺 temple, Nara Prefecture 118
4. Dendrochronological dates of art objects ……120
a. Lacquered wooden bent-box kept at a temple in Kyoto Prefecture 120
b. Seat of the Bhaisjyaguruvaiduryaprabha statue** in the Image Hall, Hōryū-ji, Nara Prefecture 120
c. Hyakuman - tō 百万塔 [one million miniature pagodas] at Hōryū-ji, Nara Prefecture 120
d. Guardian figure (the one in a pair who keeps the mouth colsed) in the South Gate, Tōdai-ji 東大寺 temple, Nara Prefecture 122
e. Seated Amitabha at Ganki-ji 岩崎寺 temple, Yamaguchi Prefecture 122
f. Seated Amitabha at Hōkō-ji 法光寺 temple, Yamaguchi Prefecture 124
g. Standing Arya-avalokitesvara at Hōkō-ji temple, Yamaguchi Prefecture 124
h. Standing Vaisravana at Hōkō-ji temple, Yamaguchi Prefecture 124
i. Standing Acalanatha at Hōkō-ji temple, Yamaguchi Prefecture 125
j. Standing Virupaksa at Gatsurin-ji 月輪寺 temple, Yamaguchi Prefecture 125
5. Dendrochronological dates of buried forests ……126
a. *Sugi* cedar in the Yamamoto Country, Akita Prefecture 126
b. *Sugi* cedar in the Yuri County, Akita Prefecture 126
c. *Sugi* cedar in the Mogami Country, Yamagata Prefecture 127
d. *Hinoki* cypress in Susono City, Shizuoka Prefecture 127
VI. **Dendroclimatology and its Applications** ……128
by SATŌ Tadanobu and YAJIMA Atsushi
A. Detecting Characteristic Long-Term Climatic Fluctuations Based on Changes in the Tree-Ring Width ……128
1. Reconstruction of palaeo-climate and the examination of data ……128
2. Standardization of tree-ring width data ……130
a. Method of standardization 130

b. Tree-ring width data of living trees 131
3. Climatic data ……133
B. Detecting Characteristic Climatic Fluctuations ……140
1. Correlations between tree-ring width and climatic factors ……140
2. Estimation of climatic data utilizing correlation functions ……144
a. Overview of the methods of estimation 144
b. Results of the estimation 145
3. Estimation of climatic data by the Kalman filtering algorithm ……147
C. Conclusions ……157
Ⅶ. **Development of Dendrochronology in Japan** ……159
by TANAKA Migaku
References ……163
English summary ……169

List of Figures

I — 1 Building the Index Master Chronology ……6

I — 2 Index Master Chronology used in other parts of the world (as of 1987), after Schweingruber, 1988 ……10

II — 1 Core specimen extractor and sample-support ……19

II — 2 Increment borer and sample-support ……19

II — 3 Incremental measuring machine ……20

II — 4 Cross-dating by skeleton plots ……21

II — 5 Tree-ring patterns: standardized (thick line) and measured ……23

II — 6 Key-signature rings (thick lines) and the detection method ……28

III — 1 Locality where samples of living *hinoki* cypress were collected ……30

III — 2 Ring patterns taken radially in three directions from at the same level of a tree ……32

III — 3 Comparison of ring patterns taken toward the exterior of a tree (rings formed in tree's late life) ……35

III — 4 Comparison of ring patterns taken in the center of a tree (rings formed in tree's early life) ……35

III — 5 Ring patterns of Samples No. 2 and No. 14 from Agematsu 上松, Nagano Prefecture ……40

III — 6 Ring patterns of a sample from Agematsu and one from Tsukechi 付知, Gifu Prefecture ……46

III — 7 Relationship between distance of two localities where samples were collected and t value [horizontal axis : distance ; vertical axis : t values] ……47

III — 8 Ring patterns according to different localities ……48

IV — 1 Standard chronology of a living tree: between 1009 and 1100 ……62

IV — 2 Standard chronology of a living tree: between 1100 and 1400 ……63

IV — 3 Standard chronology of a living tree: between 1400 and 1700 ……64

IV — 4 Standard chronology of a living tree: between 1700 and 1984 ……65

IV — 5 Key signature rings in Standard Chronology A of living trees ……66

V — 1 Where three different samples were taken on the cross-section of the same tree ……95

V — 2 Standard chronorology derived from six samples of *hinoki* cypress ·97

V — 3 Basal plate of a funerary urn : site of Castle Town of Asakura Family of Ichijōdani,Fukui Prefecture ……103

V — 4 Preserved lower portion of a pillar : Miyamachi site , Shiga Prefecture……105

V—5 Votive table of a horse: Higashi-Ni Bō on the Nijō Ōji,Heijō Capital, Nara Prefecture ……111
V—6 Main building: Wakamiya Hachiman Shrine,Nagano Prefecture…115
V—7 Cross-section of the central pillar: Five story pagoda, Hōryū-ji temple, Nara Prefecture ……117
V—8 Overhaul of the Main Hall: Ōtataneko Shrine, Nara Prefecture…119
V—9 Lacquered wooden-bent box of a temple in Kyoto Prefecture……121
V—10 One million miniature Pagodas of Hōryū-ji temple, Nara Prefecture ……121
V—11 Guardian figure in the South Gate,Todai-ji temple;Nara Prefecture and its inner structure ……123
V—12 Seated Amitabha at Hōkō-ji temple, and Standing Virupaksa at Gatsurin-ji temple, yamaguchi Prefecture ……125
VI—1 Comparison of ring width spectrum over years in Lapland (1463-1960)[vertical axis: ring width spectrum: horizontal axis: years] (upper) and mean temperature (from April to September) spectrum over years (1659-1973)[vertical axis: mean temperature spectrum; horizontal axis: year](lower) ……129
VI—2 Moving averaged ring pattern (ten year mean) of *hinoki* cypress in the Kiso region [vertical axis: ring width; horizontal axis: year] 131
VI—3 Drastic changes in tree ring width which took place around 1840 [vertical axis: gap in millimeters; horizontal axis: tear] ……131
VI—4 Spectrum of tree ring width to which the Lopus filtering has been applied [horizontal axis: year] ……132
VI—5 Fluctuation in tree ring width: measured (upper) and standardized after correcting base line fluctuation (lower)[vertical axis: ring width in millimeters; horizontal axis: year] ……132
VI—6 Fluctuations in ring width of *hinoki* cypress year by year: measured [vertical axis: ring width in millimeters; horizontal axis: year] ··134
VI—7 Fluctuation in ring width of *hinoki* cypress: standardized by smoothing of the spline algorithm [vertical axis: ring width in millimeters; horizontal axis: year] ……135
VI—8 Localities in Nagano Prefecture where per annum rainy day[3] data were obtained ……137
VI—9 Descriptions of weather in the *Bokuō Nikki* 墨翁日記(parentheses indicate the applicable descriptions.) ……137
VI—10 Comparison between moving averaged per annum rainy days (ten year mean)[vertical axis: per annum rainy days; horizontal axis: year](upper) and moving averaged fluctuation in precipitation (ten

3 In this chapter, by "per annum rainy days" we mean the total number of rainy days from April to September in each year.

year mean) in Kiso-Fukushima [vertical axis: precipitation in millimeters; horizontal axis: year](lower) ……137

VI—11 Power spectra of ring width (in millimeters) of *hinoki* cypress in the Kiso region (upper) of mean temperature (in degrees in centigrade) in Nagano City (middle), and of per annum rainy days (in days) in Nagano City (lower)[vertical axis: power spectrum; horizontal axis: year] ……140–141

VI—12 Cross correlation coefficient of per annum rainy days and tree ring width (upper) and cross correlation coefficient of mean temperature and tree ring width (lower) [vertical axis: cross correlation coefficient; horizontal axis: year] ……142

VI—13 Fluctuation in mean temperature in England [vertical axis: temperature in degrees in centigrade; horizontal axis: year](upper) and fluctuation in frequency of floods of Kamo 鴨, River in Kyoto Basin for fifty years [vertical axis: number of floods; horizontal axis: year]143

VI—14 Comparison of per annum rainy days estimated by cross correlation coefficient and actual data of rainy days [solid line: estimated; broken line: actual; vertical axis: rainy days; horizontal axis: year] 147

VI—15 Power spectra of estimated per annum rainy days and of actual data of rainy days [solid line: estimated; broken line: actual; vertical axis: power spectra; horizontal axis: year] ……147

VI—16 Patterns of per annum rainy days estimated from tree-ring width by cross correlation coefficient and of actual data of rainy days [solid line: estimated; broken line: actual; vertical axis: rainy days; horizontal axis: year] ……147

VI—17 Process of the identification of system parameters by autoregressive moving average coefficients of Kalman filtering algorithm [vertical axis: system parameter; horizontal axis: iteration] ……151–153

VI—18 Fluctuation in per annum rainy days estimated from tree ring data [vertical axis: rainy days; horizontal axis: year] ……154

VI—19 Power spectra of estimated per annum rainy days over years and of actual per annum rainy days [vertical axis: power spectrum; horizontal axis: year] ……155

VI—20 Fluctuation of estimated per annum rainy days for one thousand years [vertical axis: rainy days; horizontal axis: year] ……156

VII— 1 Ring patterns taken from preserved lower portions of four pillars discovered at the Mawaki 真脇 site of the Jomon Period, Ishikawa Prefecture ……160

VII— 2 Ring patterns taken from three pieces of timber discovered at the Paleolithic Tomizawa 冨沢 site, Miyagi Prefecture ……161

List of Tables

Ⅱ－1 *t* values for two pairs of the cross-correlations of tree-ring patterns ……26

Ⅲ－1 Localities, where samples of living *hinoki* cypress trees were collected ……30

Ⅲ－2 Correlation *t* values of ring patterns taken radially in three directions from the same sample [A1 – A3: sample numbers; outside of the parenthesis : *t* value ; number in the parenthesis : correlation coefficient] ……32

Ⅲ－3 Comparison of ring patterns takern in the center of a tree (rings formed in tree's early life)and taken toward the exterior of a tree (rings formed in tree's late life)[ED1: ring pattern showing tree's late life (last 100 years); ED2: ring pattern of tree's early life (from the center to ED1); bold characters: *t* values above 3. 5] ……33

Ⅲ－4 Correlation *t* values among samples taken radially in four directions at two levels of the same tree [A1–B2: sample number; number in parenthesis: level at which each sample was taken] ……36

Ⅲ－5 Correlation *t* values among ring patterns taken at different levels of the same tree ……37

Ⅲ－6 Correlation *t* values among ring patterns taken at different levels and the average ring pattern of samples taken at Agematsu, Nagano Prefecture ……38

Ⅲ－7 Correlation *t* values among the ring patterns of twenty samples taken at Agematsu, Nagano prefecture ……40

Ⅲ－8 Correlation *t* values among eighteen ring patterns taken at Miura 三浦, Nagano Prefecture ……41

Ⅲ－9 Correlation *t* values among six ring patterns taken at Kōrigase 氷ケ瀬, Nagano Prefecture ……44

Ⅲ－10 Correlation *t* values among five ring patterns taken at Komata 小俣, Nagano Prefecture ……44

Ⅲ－11 Correlation *t* values among seventeen ring patterns taken at Tsukechi, Gifu Prefecture ……42

Ⅲ－12 Correlation *t* values among eighteen ring patterns from 150 samples taken at Kosaka-Ōbora 小坂大洞, Gifu Prefecture ……43

Ⅲ－13 Correlation *t* values among eleven ring patterns from 211 samlpes taken at Kosaka-Ōbora, Gifu Prefecture ……44

Ⅲ－14 Correlation *t* values among six ring patterns taken at Owase 尾鷲, Mie Prefecture ……44

Ⅲ—15 Correlation *t* values among two ring patterns taken at Kōyasan 高野山, Wakayama Prefecture ……44
Ⅲ—16 Correlation *t* values among six ring patterns taken at Yanase 魚梁瀬, Kochi Prefecture ……44
Ⅲ—17 Correlation *t* values among the average ring patterns of the ten localities above ……46
Ⅲ—18 Correlation *t* values between the average ring patterns of the Tsukechi samples and of the Yanase samples ……48
Ⅲ—19 Non-cypress species and the localities where samples were collected 49
Ⅲ—20 Correlation *t* values among ten ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Ōhata 大畑, Aomori Prefecture ……50
Ⅲ—21 Correlation *t* values among ten ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Kawauchi 川内, Aomori Prefectre ……51
Ⅲ—22 Correlation *t* values among ten ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Yokohama 横浜, Aomori Prefecture ……51
Ⅲ—23 Correlation *t* values among eight ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Masukawa 増川, Aomori Prefecture ……51
Ⅲ—24 Correlation *t* values among ten ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Imabetsu 今別, Aomori Prefecture ……52
Ⅲ—25 Correlation *t* values among eight ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Kanagi 金木, Aomori Prefecture ……52
Ⅲ—26 Correlation *t* values among seven ring patterns of *hiba* arborvitae taken at Kawai 川井, Iwate Prefecture ……52
Ⅲ—27 Correlation *t* values among the average ring patterns of *hiba* arborivitae taken at different localities ……53
Ⅲ—28 Correlation *t* values among ten ring patterns of *sugi* cedar taken at Fujisato 藤里, Akita Prefecture ……55
Ⅲ—29 Correlation *t* values among ten ring patterns of *sugi* cedar taken at Akita 秋田, Akita Prefecture ……56
Ⅲ—30 Correlation *t* values among nine ring patterns of *sugi* cedar taken at Yanase, Kochi Prefecture ……56
Ⅲ—31 Correlation *t* values among four ring patterns of *sugi* cedar taken in the Yaku 屋久 Island, Kagoshima Prefecture ……56
Ⅲ—32 Correlation *t* values among the mean ring patterns of *sugi* cedar taken at the four localities above ……56
Ⅲ—33 Correlation *t* values among eight ring patterns of *sawara* cypress at Ōtaki 王滝, Nagano Prefecture ……57
Ⅲ—34 Correlation *t* values among four ring patterns of *kōyamaki* pine at Ōtaki, Nagano Prefecture ……58
Ⅲ—35 Correlation *t* values among three ring patterns of *mizunara* oak at Kawauchi, Aomori Prefecture ……58
Ⅲ—36 Correlation *t* values among three ring patterns of *mizunara* oak at

Ottomo 乙供, Aomori Prefecture ……58
Ⅲ—37 Correlation *t* values among ring patterns of *buna* beech taken at three localities ……59
Ⅳ— 1 Correlation *t* values among ring patterns of Group I of lumber samples taken from the Prayers Hall of the Nigatsu-dō at Tōdai-ji, Nara Prefecture ……70
Ⅳ— 2 Correlation *t* values among ring patterns of Group Ⅱ of lumber samples taken from the Prayers Hall of the Nigatsu-dō at Tōdai-ji, Nara Prefecture ……71
Ⅳ— 3 Correlation *t* values among ring patterns of Group Ⅲ of lumber samples taken from the Prayers Hall of the Nigatsu-dō at Tōdai-ji, Nara Prefecture ……71
Ⅳ— 4 Key singnature rings of Standard Chronology B derived from lumber of the Prayers Hall of the Nigatsu-dō at Tōdai-ji, Nara Prefecture 71
Ⅳ— 5 Correlation *t* values among ring patterns of artifacts discovered at the site of the Kiyosu Castle Town, Aichi Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……72
Ⅳ— 6 Key signature rings of Standard Chronology C derived from artifacts discovered at the site of the Kiyosu Castle Town, Aichi Prefecture·72
Ⅳ— 7 Correlation *t* values among ring patterns of five nose rings discovered at the Kusado Sengen site, Hiroshima Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……73
Ⅳ— 8 Correlation *t* values among ring patterns of twelve artifacts discovered at the Kusado Sengen site, Hiroshima Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……75
Ⅳ— 9 Key signature rings of the mean ring pattern of samples from the Kusado Sengen site, Hiroshima Prefecture ……75
Ⅳ—10 Correlation *t* values among ring patterns of six artifacts discovered at the Toba Detached Palace site, Kyoto [* indicates non-correlation at that point.] ……75
Ⅳ—11 Key signature rings in Standard Chronology D ……76
Ⅳ—12 Key signature rings in Standard Chronology E derived from artifacts discovered in the Heijō Capital ……76
Ⅳ—13 Correlation *t* values among ring patterns of six artifacts discovered in the Heijō Capital, Nara Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……77
Ⅳ—14 Correlation *t* values among ring patterns derived from artifacts discovered in the Yayoi and Kofun Periods sites [* indicates non-correlation at that point.] ……78
Ⅳ—15 Correlation *t* values among ring patterns of six different species grown in Nagano Prefecture ……81
Ⅳ—16 Correlation *t* values among ring patterns of four different species

grown in Aomori Prefecture ……81
Ⅳ—17 Correlation *t* values among ring patterns of different species grown in different regions ……81
Ⅳ—18 Correlation *t* values among ring patterns taken from artifacts discovered in Yamagata Prefecture [* indicates non - correlation at that point.] ……84
Ⅳ—19 Correlation *t* values among ring patterns taken from structural parts of architecture in Akita Prefecture [* indicates non - correlation at that point.] ……85
Ⅳ—20 Correlation *t* values among ring patterns taken from frames of wells in Iwate Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……85
Ⅳ—21 Correlation *t* values among ring patterns taken from samples excavated at the Hotta no Saku fort site, Yamagata Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……88
Ⅳ—22 Correlation *t* values among ring patterns taken from artifacts discovered in Shizuoka Prefecture [* indicates non - correlation at that point.] ……88
Ⅳ—23 Correlation *t* values among ring patterns taken from preserved lower portions of pillars excavated in the Heijō Palace site and Hokke - ji temple site, Nara Prefecture [* indicates non - correlation at that point.] ……90
Ⅳ—24 Correlation *t* values among ring patterns taken from artifacts discovered at the Shijō Kofun burial site, Nara Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……93
Ⅳ—25 Correlation *t* values among ring patterns taken from a coffin discovered at the Kariya 雁屋 site, Osaka Prefecture [* indicates non-correlation at that point.] ……93
Ⅴ— 1 Dendrochronological date: Ochiai Ⅲ site, Iwate Prefecture ……100
Ⅴ— 2 Dendrochronological date: Hotta no Saku fort site, Akita Prefecture ……100
Ⅴ— 3 Dendrochronological date: Kurumidate site, Akita Prefecture ……100
Ⅴ— 4 Dendrochronological date: Yamagi site, Shizuoka Prefecture ……103
Ⅴ— 5 Dendrochronological date: Shida Gunga county office site, Shizuoka Prefecture ……103
Ⅴ— 6 Dendrochronological date: Kiyosu Castle Town site, Aichi Prefecture ……105
Ⅴ— 7 Dendrochronological date: Bent of the ancient Seta no Karahashi bridge, Shiga Prefecture ……105
Ⅴ— 8 Dendrochronological date: Miyamachi site, Shiga Prefecture ……105
Ⅴ— 9 Dendrochronological date: Shijō Kofun burial site, Nara Prefecture ……109
Ⅴ—10 Dendrochronological date: Obaka Kofun burial site, Nara Prefecture

……109
V—11 Dendrochronological date: Lower stratum of the Hokke-ji temple site, Nara Prefecture ……110
V—12 Dendrochronological date: Kusado Sengen site, Hiroshima Prefecture ……113
V—13 Dendrochronological date: Shimokawazu site, Kagawa Prefecture·113
V—14 Dendrochronological date: Hau'shiwake Shrine, Akita Prefecture 115
V—15 Dendrochronological date: Gaya-in temple, Hyogo Prefecture ……116
V—16 Dendrochronological date: Ōtataneko Shrine, Nara Prefecture ……119
V—17 Dendrochronological date: Hōtō-ji temple, Nara Prefecture ……119
V—18 Dendrochronological date: Lacquered wooden bent-box at a temple in Kyoto Prefecture ……121
V—19 Dendrochronological date: Hyakuman-tō [one million miniature pagodas] at Hōryū-ji, Nara Prefecture……121
V—20 Dendrochronological date: Guardian figure in the South Gate, Tōdai-ji temple, Nara Prefecture……123
V—21 Dendrochronological date: Seated Amitabha at Ganki-ji temple, Yamaguchi Prefecture……123
V—22 Dendrochronological date: Seated Amitabha at Hōkō-ji temple, Yamaguchi Prefecture……124
VI— 1 Number of rainy days from April to September every year between 1813 and 1982 [left column: year; center column: rainy days between April and September; right column: sources]……138–139
VI— 2 Square errors between estimated number of rainy days and the observed number (determination of degrees of p and q)[left: number of q; center: number of p; right: number of n]……146
VI— 3 Square errors between estimated number of rainy days and the observed number (determination of degrees of p and q)[left: number of q; center: number of p; right: number of n] ……150

Dendrochronology in Japan
English Summary

This report summarizes a research into dendrochronology and dendroclimatology conducted principally by archaeologist TANAKA Migaku 田中琢 and archeo-botanist MITSUTANI Takumi 光谷拓実 at the Nara National Cultural Properties Research Institute. The principal investigators are joined by SATŌ Tadanobu 佐藤忠信 of Disaster Prevention Research Institute at Kyoto University in the application of dendroclimatology. Our five year project initiated in 1985 has been supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research program of the Japanese Ministry of Education. Prior to the presentation of our results, we first review previous research into the use of tree rings in Japan. We will proceed to discuss our studies, first on dendrochronology, and then on dendroclimatology.

Studies based on tree rings in Japan originally began with the aim of reconstructing palaeoclimate and the cycle of palaeoclimatic fluctuations. These measurements were calculated on the basis of the width of tree rings. However, such researches always utilized only one tree; the scholars did not attempt to cross-date more than one sample. This was the case in all pre-World War II studies.

The earliest example of dendroclimatological scholarship in Japan was HIRANO Ressuke's 平野烈介 research published in 1921. He calculated the total amount of growth of a *sugi* cedar based on the area of the cross-section of the tree. He observed fluctuations in the amount of yearly growth and determined that: "In the life of this particular Japanese cedar tree, we have clear evidence of a thirty-three year cycle." He identified this cycle as Brückner's cycle in climatology. Such studies were continued intermittently, and ohter hypothetical periodic cycles of long-term climatic fluctuation were proposed——110 years, 350 years, and 700 years. The most famous research was by YAMAZAWA Kingorō 山沢金五郎, then the director of the Weather Station at Takayama, Gifu Prefecture. In 1930, he published the result of his measurements of the width of 802 rings of a Japanese cypress tree (*Chamaecyparis obtusa* Endl.), and he attributed these 802 rings to the years between 1119 to 1920. In our re-examination, however, we discovered that these rings were formed between 1118 and 1919.

Among the pre-World War II scholars interested in dendrochronology, architectural historian SEKINO Masaru 関野克 was an exception in that he not only followed the progress in this field in Europe and North America, especially the achievements of A.E.Douglass who could indeed cross-date

some floating chronologies, but also attempted to apply Douglass' work to Japanese trees. In 1943, Sekino measured the width of rings of structural parts of an eighth century building in Japan, and some of the ring patterns he drew still survive. Probably because of the social confusion and disturbances during and soon after World War Ⅱ, however, Sekino did not make any further progress in his research.

Another epochal study was published by SHIDEI Tsunahide 四手井綱英 and his collaborators in 1944. Their project, conducted in Akita Prefecture, was methodologically significant because they utilized measurements from several hundred Japanese cedars rather than just one tree. They concluded that the fluctuation in the tree growth between 1928 and 1942, as evidenced in the different width of tree rings, was related to the precipitation coefficient[1], the growth of Japanese cedar became poor whenever the precipitation coefficient went above or below certain values.

The majority of postwar tree ring studies in Japan were climatological. Scholars became methodologically precise and were no longer satisfied with simple comparisons between ring patterns and climatic fluctuations. Nonetheless, meticulous data-gathering such as characterized Shidei's work was not yet common.

Two studies conducted during that period were worthy of note. One was TAKAHASHI Hiroaki's 高橋宏明 study. Following Shidei's example, Takahashi explored the relationship between tree growth and climatic factors, especially precipitation coefficient. He showed the correlation among the average width of rings of several trees at one specific site and the average width taken at different sites. The fact that trees of different ages and at different localities showed the same growth pattern indicated the connection with a common environmental factor——climate. This was the starting point of his research. Unfortunately, no scholars continued this line of research and thinking.

Another interesting study was conducted by NISHIOKA Hideo 西岡秀雄, who set out to date an architectural structure using dendrochronology. He measured the width of approximately 250 rings of the central pillar of the pagoda at Hōryū-ji 法隆寺, Nara Prefecture, the oldest surviving wooden structure in the world. He then compared the measurements with a ring pattern taken from a part of a different structure built in the 730s also at Hōryū-ji and concluded that the tree used in making the Hōryū-ji pagoda pillar was cut down before 607. Nishioka's work was significant because it

1 The ratio between amount of annual precipitation and annual average temperature

was the first use of tree-rings for the purpose of dating. Nonetheless, both tree samples from which he took ring patterns lacked the outer most part of the bark, which would have given precise dates of trees cut down. Consequently, Nishioka's work has been regarded by later scholars as hasty and imprecise and has been duly ignored.

Part of Japanese negative attitude toward dendrochronology came from scholars' belief in the impossibility of its application to Japanese trees. They believed without any testing that the climate and topography in Japan were so different from Arizona where Douglass developed dendrochronology that what was possible in Arizona would not be possible in Japan.

What tempted us to pursue dendrochronology at the Nara National Cultural Properties Research Institute was that we had excavated numerous wooden artifacts at archaeological sites. We had also conducted ethnographical/historical field research into a number of ancient temples, shrines, and other old wooden structures. Our knowledge about European and American achievements in this field also stimulated our research.

In 1970, one of our colleagues started to measure tree ring width. After he processed some samples, he reached the conclusion that it would be very difficult to apply dendrochronological methods to Japanese cypresses. Since most buildings in Japan were traditionally made from cypresses, the project was halted.

In 1979 we started a preliminary research and found the application of dendrochronology and dendroclimatology to Japanese trees possible. In 1985, our major studies in these two fields began, and we confirmed the possibility of the application of dendrochronology to archaeology, history, architectural history, and art history. We also made considerable progress in dendroclimatology. At the same time of our research, other dendrochronological studies were published. Our studies could be distinguished by the fact of having established a significantly long-term ring pattern.

The method for cross-correlation of tree-ring patterns that we used was basically same as that of Europe. In order to standardize the varying tree ring width, we used the five running mean method. To determine statistical significance, we used Student's "t" test. With sixty or more degrees of freedom, we compared the obtained t value with the 0.1 per cent significance level of t, which was 3.5. Correlations of ring patterns which grew over the same span of years normally produced t values greater than t =3.5. Our experience showed that samples in a pair which yielded a t value greater than 3.5 did not necessarily cross-correlate. We always double-checked with the results of visual matching of pattern graphs with reference

to key signature patterns. The statistical calculations were simply a means of cross-correlating ring patterns.

The materials were taken from living forest trees, old structures, and wooden artifacts discovered at sites. The kinds of trees used in our studies included: a *hinoki* cypress *Chamaecyparis obtusa* Endl., a *sawara* cypress *Chamaecyparis pisifera* Endl., an *asunaro* arborvitae *Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc., a *hiba* arborvitae *Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc. var. Hondai Makino, a *kurobe* arborvitae *Thuja Standishii* Carr., a *tsuga* hemlock *Tsuga sieboldii* Carr., a *sugi* cedar *Cyptomeria japonica* D. Don, and a *kōyamaki* pine *Sciadopitys verticillata* Sieb. et Zucc. all of which were coniferous trees, as well as some deciduous trees, such as a *mizunara* oak *Quercus mongolica* Fischer ex T. var. *grosseserrata* (Bl.) Rehd. et Wils. and a *buna* beech *Fagus crenata* Bl..

The first step of our dendrochronological studies was to confirm the applicability of dendrochronology to Japanese trees and to determine an appropriate species for our studies. For the first purpose, we selected a Japanese cypress because it was native to Japan, and natural forest of this tree was distributed from the southern half of the Honshu island to southern Kyushu. Cypresses had also been most widely used for Japanese architecture, and were often discovered at archaeological sites. Utilizing modern Japanese cypress trees, we recognized the following features important for our studies: 1) ring patterns taken radially from the same tree tended to highly correlate with each other; 2) rings formed during trees' early life tended to show features unique to individual trees, this leading to the intelligence that for dendrochronological studies we should avoid rings near the center of a tree; 3) rings near or at the base of a tree often showed anomalies because of the expansion of the root; 4) given a certain region, rings of different trees showed very high correlations to one another. We could even cross-correlate samples taken from trees approximately 400 kilometers apart.

For the second goal, we tested a *kōyamaki* pine, a *sawara* cypress, an *asunaro* arborvitae, a *hiba* arborvitae, a *kurobe* arborvitae, a *tsuga* hemlock, a *sugi* cedar, a *mizunara* oak, related species of which were widely used in European dendrochronological studies, and a *buna* beech which was the most representative deciduous trees in Japan. Among these, we found the first seven species suitable for our studies. It is ironic that the last two species were not found to be applicable.

The next step was to build an index master chronology, which was the foundation of any dendrochronological studies. Our index master chronology of *hinoki* cypress trees spanned from 317, B.C. to 1984. It was

derived from: Standard Chronology A(1695-1983) taken from a modern tree; Standard Chronology B (1027-1755) taken from a structural part of a sixteenth century building at Tōdai-ji 東大寺, Nara; Standard Chronology C (751 - 1591) derived from artifacts discovered in the Kiyosu 清洲 Castle Town site (fifteenth and sixteenth centuries), Aichi; Standard Chronology D (512 - 1322) derived from artifacts descovered at the Toba 鳥羽 Detached Palace (eleventh and twelfth centuries) site, Kyoto and those at the Kusado Sengen-chō 草戸千軒町(Medieval Age) site, Hiroshima; Standard Chronology E (37,B.C.-A.D.838) derived from artifacts discovered in the Heijō 平城 Capital (710-784) site, Nara; and Standard Chronology F (317,B.C.-A.D. 258) derived from artifacts discovered at the Yayoi (fourth century, B.C. to A.D. third century) and Kofun (fourth to sixth centuries) sites.

We also built chronologies derived from *sugi* cedar trees, but none of them overlapped with one another. They were: Standard Chronology A (17 79 - 1986) taken from a modern tree; Standard Chronology B (405 - 1285) taken from artifacts discovered at sites in the Tohoku District and cross-correlated with the Index Master Chronology of cypress; and Standard Chronology C (420,B.C.-A.D.265) derived from artifacts discovered at sites in the Tokai region (the Pacific Coast of the Chubu District) and cross-correlated with the Standard Chronology F of cypress.

In addition, we built two Chronologies utilizing *kōyamaki* pine trees. A 556 year ring pattern derived from artifacts discovered in the Heijō Capital cross-correlated with the Standard Chronology E of cypress and spanned from A.D.186 to 741. In the same way, an artifact discovered at the Shijō Kofun 四条古墳 burial site in Nara gave rise to a chronology between 286 and 695.

We then applied these chronologies to artifacts, early architecture, and crafts in an attempt to date them. Here are some examples: the Shijō Kofun, Nara, the Seta no Kara Hashi 瀬田唐橋 Bridge site in Shiga Prefecture, the Miyamachi 宮町 site, Shiga Prefecture, and the Hotta no Saku 払田柵(Hotta Fort) site in the present Iwate Prefecture.

At the Shijō Kofun, 448 was the latest dendrochronological date obtained from numerous artifacts made of *kōyamaki* pine, which had presumably been used for mortuary rituals, and were discovered in the moat surrounding the Kofun. In other words, the Kofun was built sometime after 448. Since the absolute dating of *kofun* or burial mounds built between the late third and sixth centuries had always been debated, we believe that dendrochronology would be a useful method by which to determine absolute dates.

We applied dendrochronology to try to estimate when a bridge was built for the first time over the Seta River. Archaeologists excavated struc-

tures of a bridge near the present Seta no Kara Hashi Bridge 3.5 meters below the bottom of the River. We utilized several long pieces of timber and lumber of 20 to 50 centimeters in diameter or in length. We confirmed that the bridge was constructed after 607, and consider it probable that this was the strategic bridge the control over which was an important aspect of a civil war in 672.

A ring pattern taken from the lower portion of a wooden pillar discovered at the Miyamachi site cross-matched with the Standard Chronology E of cypress, and we could confirm that the tree for the pillar was cut down between 742 and the beginning of 744. This made it very highly likely that the site was a part of the Shigaraki 紫香楽 Palace which was occupied from the eighth month of 742 (on the lunar calender) and the fifth month of 745.

In the same way, we could determine that the construction of the Hotta no Saku 払田柵 was begun between 801 and 802. There was a cross-matching of ring patterns yielded from logs of cedar (a square of approximately 30 centimeters in length) which surrounded the site and the Standard Chronology B of cypress. This refuted the hypothesis that the site was the historically known Okachi 雄勝 Castle built in 759.

Our study of dendrochronology made considerable contributions to architectural history and art history as well. Examples of dendrochronological applications included Hōryū-ji, a Nara Period horse painting, a Kamakura Period guardian figure at Tōdai-ji 東大寺, Buddha figures in Yamaguchi Prefecture, Ha'ushiwake 波宇志別 Shrine in Akita Prefecture, Wakamiya Hachiman 若宮八幡 Shrine in Nagano Prefecture and a Medieval wooden bent-box in Kyoto:

We applied dendrochronology to date the western complex of the Hōryū-ji. There had been two major hypotheses concerning the dating of Hōryū-ji: a) the temple was built around 610 during the reign of Empress Suiko 推古; and b) the temple was burnt down around 670 and rebuilt at the end of the seventh or the beginning of the eighth century. The number of rings of the central pillar of the pagoda in the western complex was 351, corresponding to the years 241 to 591. The pillar had been extensively modified from the original tree trunk by largely removing the exterior portion and the central portion; it would be unlikely that only the outermost twenty rings were removed for this modification. We found it very unlikely that the pagoda was built during the reign of Empress Suiko around 610.

Next, we were able to give a more specific date to a small painting. In 1989 we discovered in a garbage pit in the Heijō Capital a paint-

ing of a horse done on a cypress board of 27 by 19.5 centimeters and 0.7 centimeters in thickness. Since this board still kept the most exterior portion of the original tree, we could date the outer most ring to the year 728. We could also date the pit to 737 by a wooden tablet with a dated inscription. The horse was probably painted between 728 and 737. This dating was felicitous because the horse was one of the few surviving examples of the eighth century paintings in Japan.

Next, our ability to achieve this degree of specificity in dating, we could confirm a historical record. In 1181, one year after Tōdai-ji was burnt down in a civil war, priest Chōgen 重源 and his collaborators began to reconstruct the temple. Two gigantic guardian figures (4.5 meters in height), housed in the south gate of the temple, were built between the seventh month and eleventh month of 1203 (on the lunar calendar). In 1989, there was an overhaul of one of the figures, so we took the opportunity to apply dendrochronological dating to the parts of the figure which still retained bark. Original trees utilized for this statue were cut down in the winter of 1196, 1199, and 1201 or during the following spring of those years. Further, we discovered that one of the ring patterns taken from the statue was almost identical to that of a Buddha figure in the present Yamaguchi Prefecture—— approximately 400 kilometers apart. Since it was historically known that Chōgen brought timber for structural parts of the temple, it was quite likely that wood for the guardian figures also came from Yamaguchi.

In other cases, finally, dendrochronological dates could contradict dates determined according to stylistic evolution. In and the vicinity of the Tokuchi 徳地 Town, Yamaguchi Prefecture, there were many Buddha figures in various temples, which were stylistically dated to the late twelfth century. We applied dendrochronology to fifteen of them and discovered that the most recent rings of trees used in six of the figures were formed in the 1190s. Since the exterior portion, and in some cases the central portion of trees, had largely been removed, the trees must have been cut down in the *thirteenth* century. The earlier dating should be reconsidered.

Structural parts of the Kagura-den 神楽殿 (Hall of Ritual Music and Dance) at the Ha'ushiwake Shrine yielded dendrochronological dates of 1177 and 1195 by cross-matching with the Standard Chronology B of cedar. Since both of the structural parts kept the bark, the original trees were cut down around that time in the twelfth century. According to stylistic criteria, the Kagura-den had been estimated to date from the fifteenth century. When these Shrine structures are overhauled sometime in the future, we should more thoroughly investigate the dates of the structures by apply-

ing dendrochronology.

Similarly, major pillars of the Hon-den 本殿(Main Hall) at the Wakamiya Hachiman Shrine were dendrochronologically dated to be after 1614, the structure was stylistically considered to be of the Momoyama Period (1582-1600).

Further, this method was effective in detecting forgeries. A certain temple in Kyoto Prefecture owned a wooden bent-box of cypress (a cylindrical container) which had the inscription dated to 1233 on the bottom. We discovered, however, that the most recently formed tree-ring was dated to 1576. The container was a forgery !

In addition to architectural structures, art objects, and artifacts, dendrochronology is effective in dating natural disasters. A standing *hinoki* cypress of 1.4 meters in diameter with the bark completely preserved was discovered underground in the Susono 裾野 City at the foot of Mt. Fuji 富士. Taking the topography of the vicinity into consideration, it was probable that lava issuing from an eruption of Mt. Fuji dammed up a river, thereby submerging the whole forest and killing the trees. If this was indeed the case, we could estimate the date of an eruption of Mt. Fuji. By cross-matching with the Standard Chronology E of cypress, we could date the standing tree to A.D.833.

Similar discoveries of buried forests which might indiate natural disasters were reported from all over Japan. In the Mamurogawa 真室川 Town, Yamagata Prefecture, some twenty cedar trees were similarly discovered six meters below the ground. By cross-matching with the Standard Chronology B of cedar, we confirmed that the most recent ring was formed in A.D.850. In other words, a natural disaster which buried a forest hit this area between the winter of 850 and spring of 851.

In Futatsu'i 二ツ井 Town, Akita Prefecture where the people believed in a tale that several thousand *koku*[2] of wild cedars were buried by a landslide during the Tokugawa Period (1600-1868), numerous large trunks of cedars and Japanese oaks of approximately 1.5 meters in diameter were discovered a few meters below the ground. We dated 754 rings of a cedar tree by cross-matching with the Standard Chronology A of cedar and discovered that the most exterior ring was formed in A.D.958. The forest was buried in the middle of the tenth century, much earlier than the people believed.

2 a unit of volume used widely in Japan before the Meiji Restoration of 1898; in the case of trees, one *koku* equaled to 0.278 cubic meters.

In the southern part of Akita Prefecture, there was an area where a large forest was buried more than ten meters below the ground. Most of the trees were cedar and some exceeded four meters in diameter. Taking into consideration the soil of the area and the way in which the trees had fallen, we hypothesized that an enormous mud flow resulted from an eruption of Mt. Chōkai 鳥海 some ten kilometers southeast of the forest. Radiocarbon dates showed that the disaster happened abound 2600 B.P. We applied dendrochronology to eight somples taken from the buried forest, six of which were with barks completely preserved. The most recent rings were formed at the some time; it was likely that one eruption caused this complete destruction. The fact that the most recent rings contained fully mature cells indicated that the eruption occurred sometime between the winter of a certain year and the spring of the following year. We derived a ring pattern which spanned 848 years, but it remained as a floating chronology; it was too old to be cross-matched with any standard chronologies. Once we extend our Index Master Chronology to 2600 B.P., we could confirm the precise date of this disaster.

In addition to the dendrochronological advances discussed above, we progressed in the application of dendroclimatology. The ring pattern we used was derived from thirty samples of living cypress trees in Nagano Prefecture and the Standard Chronology B which was presumably based on timber produced in the same prefecture. We also collected the data concerning the number of rainy days from April to September in each year for the past 170 years from a local weather station and from diaries kept by local people before the weather station started. We filled missing data (years for which we did not have records of rainy days) by a one-dimensional autoregressive process. We discovered that our reconstructed 170 year-long data of rainy days per annum[3] closely corresponded to the current precipitation data in Nagano Prefecture. We concluded that the number of rainy days was appropriate for climatic data.

In order to determine the most influential climatic factor in tree growth, we tried correlating the number of rainy days and average temperature to tree ring width. Tree grew fastest when there were many rainy days temperature did not rise.

We then compared the power spectra of treering width and of the per annum rainy days. We discovered cycles of approximately six years, eight

3 Throughout this section, by "per annum rainy days" we mean the total number of rainy days from April to September. Such data sets were chosen as the climatic data because tree rings grow most from spring to fall.

years, and twenty-three years to be common to both sets of data. This indicated to us a very good correlation between the tree ring width and per annum rainy days.

Owing to this correlation, we proposed a system in which climatic data represented by per annum rainy days were input and tree ring width data were output, by the process of an autoregressive moving average function. In order to identify per annum rainy days from the tree ring width data, we developed a correlation function. The most effective function for this purpose was a process with three autoregressive and two moving average coefficients. Using the identified parameters of this process, we reconstructed the per annum rainy day for eighty years beginning in 1760. We derived the relationship between the tree ring width data and per annum rainy days from 1009 to 1984, assuming the linear system we had used previously between the two factors. We standardized the primary tree ring width data for these 976 years by the spline function. We used the Kalman filtering algorithm, including the U-D observation updated theorem, to identify the system parameters. In the process of parameter identification, every parameter gradually converged to a certain value.

By utilizing these system parameters, we calculated per annum rainy days for the 170 years for which we originally had good weather records. Our calculation was in basic agreement with the actual data. In the same way, we could reconstruct the per annum rainy days for approximately 800 years before 1813. These results of our research showed that the application of dendroclimatology was possible in Japan.

Another major contribution of our research was the applicability of dendrochronology and dendroclimatology to Palaeolithic samples. At the Tomizawa 冨沢 site, Sendai City, Miyagi Prefecture, excavators discovered features three meters below the ground, which suggested that the inhabitants had been manufacturing stone tools at a camp fire. We could build a ring pattern spanning 323 years, derived from cross-correlation of three samples of genus *Larix* (a kind of larch). Since the site was dated by carbon 14 to have been more than 20,000 years old, we could not dendrochronologically determine the date of the site, as our Index Master Chronology did not extend beyond 317,B.C. Nonetheless, this result showed the potential application of tree ring studies to the Palaeolithic Period.

In summary, our ten year project (including the preliminary research started in 1979) has shown that the application of dendrochronology and dendroclimatology to Japanese trees is possible. Our Index Master Chronolo-

gy of cypress extends back to 317,B.C. The Master Chronology of cedar of the Tohoku District extends to A.D.405, and that of cedar of the Pacific Coast of the Chubu District to 420,B.C. We have certainly progressed to the stage of application to other disciplines such as archaeology, architectural history, art history and the history of natural disasters in Japan.

1990年8月20日　印刷
1990年8月31日　発行

年輪に歴史を読む
――日本における古年輪学の成立――

奈良国立文化財研究所学報（第48冊）

著作権
所有者　奈良国立文化財研究所
発行者

印刷所　株式会社 同朋舎出版
本　社／〒600京都市下京区中堂寺鍵田町2
電話　代表(075)343-0621
東京支社／〒101東京都千代田区神田駿河台2-11-1
電話　代表(03)292-2021
郵便振替／京都5-22982

製本所　大日本製本紙工株式会社