

日本列島における最終氷期以降の植生図復元への一資料

安田喜憲*・成田健一**

I 温量指数と日本の地理学

1942年の5月から7月にかけて、今西錦司隊長を中心とする大興安嶺北部の探検調査が行なわれた(今西, 1952). その際、吉良竜夫・川喜田二郎の両隊員は、大興安嶺周辺の森林帯の分布が、ケッペンその他の従来の気候区分のシステムでは、植物地理学的に十分説明しつくせないことに気づいた。そして、これに代わる新しい気候区分の指標として、温量指数を考案した(吉良, 1945). この指数は今日、森林帯の分布を考える上で、きわめて重要な指標となっている。さらに吉良(1948)は、この温量指数とともに、森林帯の分布を大きく決定づけているものとして、冬の寒さがあることに注目し、寒さの指数(CI)を新たに考案した。そうして、寒さの指数に対応するものとして、温量指数を暖かさの指数(WI)と呼びかえることにした(吉良, 1952).

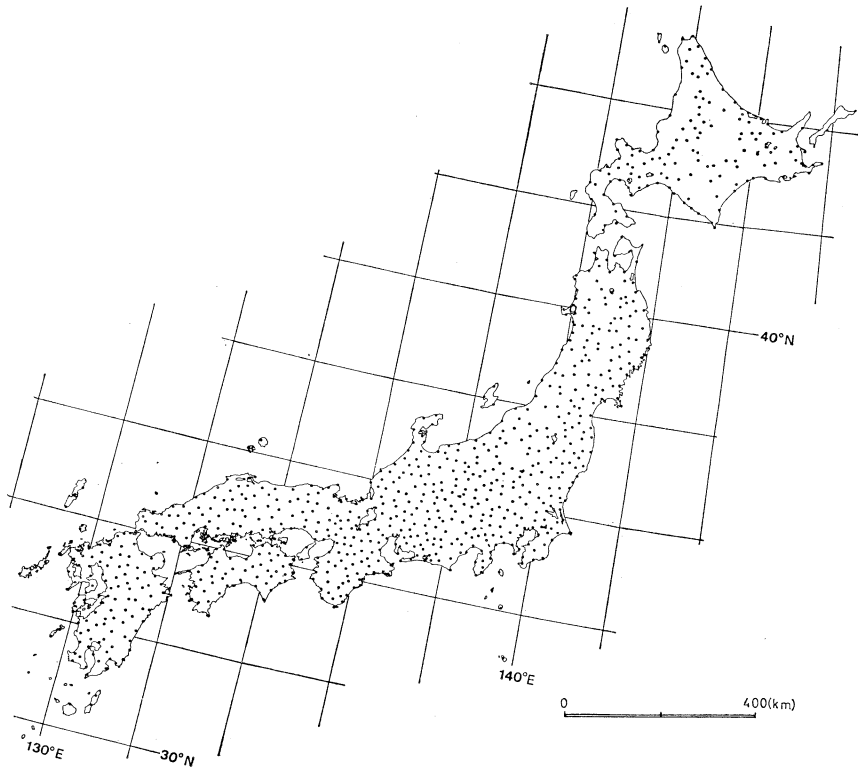
こうして、日本の森林帯の分布は、暖かさの指数と寒さの指数によって、明解に説明されることになった。すなわち、北海道や中部山岳の亜寒帯針葉樹林の上限は、暖かさの指数 15° の線と大略一致する。亜寒帯針葉樹林の下限は、暖かさの指数 45° の線によく一致する。一方、東北地方から中部地方にかけて分布する冷温帯落葉広葉樹林の下限は、暖かさの指数 85° の線で限られる。すなわち、ブナ林は暖かさの指数 45° から 85° の間に主に分布する。これに対し、西日本の低地に分布する照葉樹林の北限は、冬の寒さで決定され、寒さの指数 -10° の線と一致する。そして、南限は暖かさの指数 180° の線に求められる。 180° 以上は亜熱帯林となる。この照葉樹林と冷温帯落葉広葉樹林の間には、暖かさの指数が 85° 以上で、寒さの指数が -10° 以下のブナ林もカシ・シイ林も生育できない所がある。そこには、コナラ、イヌブナ、モミ、ツガなどの暖温帯落葉広葉樹林が分布する。以上が、吉良の暖かさの指数と寒さの指数による日本の森林帯分布に対する考え方の概略である(吉良, 1945; 吉良ほか, 1976; Kira, 1977).

* 広島大学・総合科学部 ** 広島大学・院

II 古環境復元への導入

吉良による暖かさの指数と寒さの指数を使った森林帯分布の研究は、現在の現象に限られていた。これを過去の世界の研究に導入しようというのが、本稿のねらいである。筆者の1人安田は、これまで花粉分析の結果から、過去の日本列島の植生復元を試みてきた(安田, 1980). しかし、花粉分析の結果から明らかにしうる森林の分布は、日本列島というマクロスケールでは、あくまで点的なものにすぎない。これをマクロスケールにまで拡大するには、点と点をつなぐ、何らかの他の指標が必要である。そこで、その指標として考えたのが、この暖かさの指数と寒さの指数である。研究者による若干の意見の相違はあるが、過去20,000年の間に、年平均気温が現在より $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 低い状態から $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 高い状態まで、大きく変動したことは、一般に認められていることである。したがって、もし20,000年前の、年平均気温が $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 現在より低かった時代の、暖かさの指数と寒さの指数の分布を求めることができれば、それをベースマップとして、現在得られている花粉分析の結果と比較・検討することによって、より正確な植生図が描けるはずである。それはまた、単に植生図の復元だけでなく、動物の分布や周氷河地形の分布などを明らかにする上でも、重要なベースマップになるはずである。

そこで筆者らは、以下の手順で過去の日本列島の暖かさの指数と寒さの指数の分布を求めた。すなわち、「全国気温資料月別累年平均値」(1958)を用い、ここに掲載された1921~1950年の間の30年間の各月の平均値にもとづき、過去の暖かさの指数と寒さの指数を求めた。ただ、この資料では、最高気温と最低気温の算術平均値を平均の値としているため、真の平均値よりわずかではあるが、高い傾向に出る。この補正值のおおまかな地域分布は、『日本気候図』(気象庁, 1971)などで得ることができるが、各観測地点ごとの値は得られないため、今回はそのままの算術平均値を用いた。作業に使った観測地点は、全



第1図 暖かさの指数(WI), 寒さの指数(CI)の計算に用いた気象観測地点

国 860 地点(沖縄を除く)である。観測地点は約 20 km 四方に 1 地点の割合で選んだ(第 1 図)。計算は、各観測地点の各月の平均気温の値に、まず求めようとする時代の現在を基準とした平均気温の偏差(n)を加え(例えば、 7°C 現在より平均気温が低い時には、各月の平均気温の値に -7 を加える)、その値にもとづいて暖かさの指数と寒さの指数を求めた。

そして気温の逓減率を $-0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とし、まず暖かさの指数 180, 85, 45, 15, 寒さの指数 -10 の五つの値となる標高を各観測地点について求め、100 万分 1 の地形図をベースに、各地点の値を 10m 単位でプロットし、100m ごとの等標高線図を描いた。その 1 例を第 2 図に示す。この等標高線図と地形図のコンターとから、暖かさの指数と寒さの指数の分布域を、上記五つの値についてそれぞれ求め、それらを重ねあわせて、1 枚の分布図とした。分布図は年平均気温が -10°C 低かった状態から 2°C 高かった状態まで 13 枚作成した。今回はそのうち、過去 20,000 年間において、エポックをなすと思われる 5

枚の分布図($n=-7, -5, -3, -1, +2$)について説明を加える。





III 現在より 7°C 低い状態の分布図

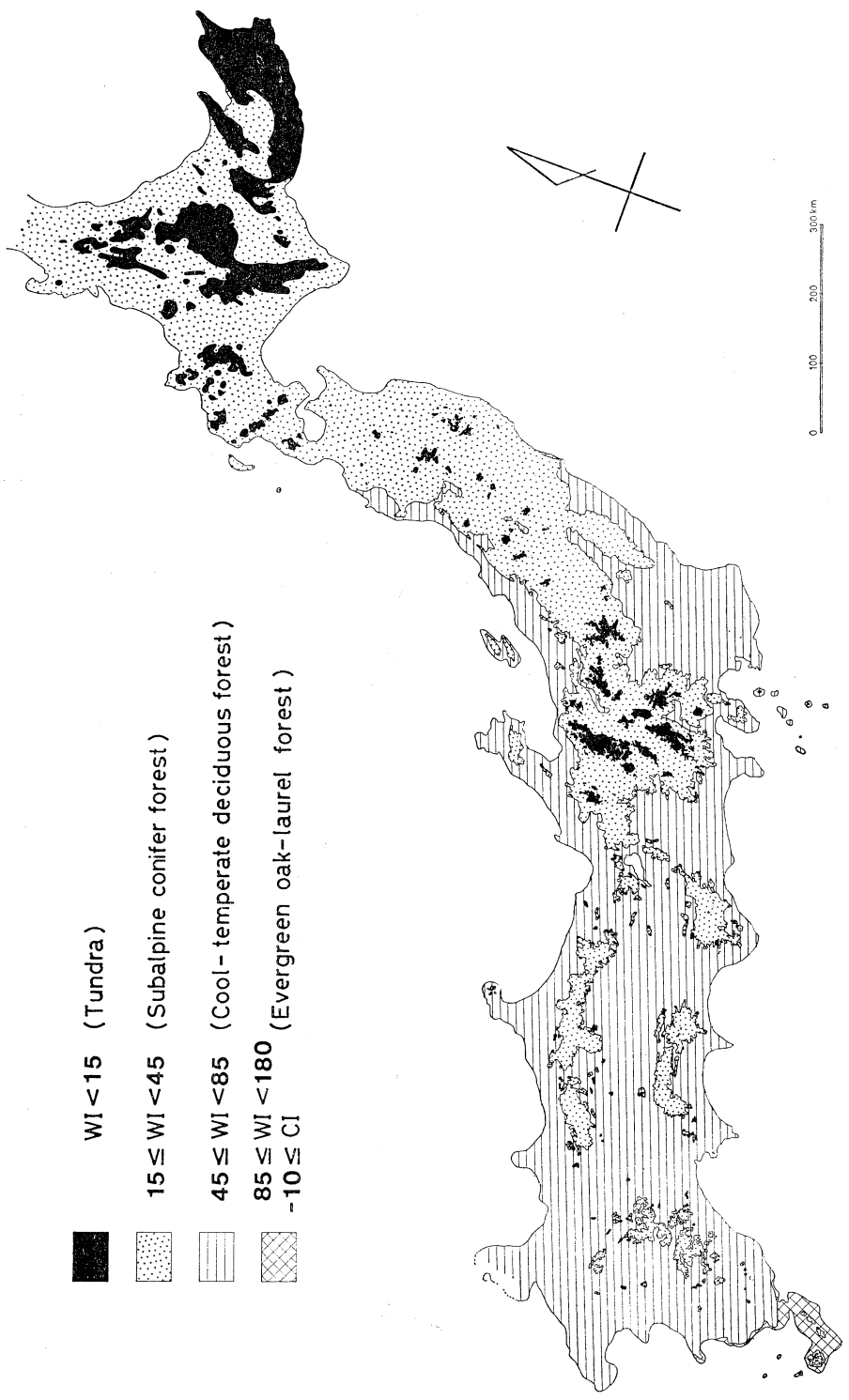
最終氷期の最寒冷期は、20,000~18,000年前頃に相当すると一般にみられている。その時代の年平均気温は、現在より $7\sim 8^{\circ}\text{C}$ 前後低かったとみられる。そこで第 3 図には、現在より年平均気温が 7°C 低かった状態の暖かさの指数と寒さの指数の分布を示した。当時の海岸線は、 -100m の等深線を基本に、Minato *et al.*(1965)、貝塚・成瀬(1977)を参照にして描いた。

北海道の天塩地方(現在の海拔 $200\sim 300\text{m}$ 以上)、石狩平野周辺(海拔 500m 以上)、渡島半島(海拔 100m 以上)などの山地部と根釧原野は、暖かさの指数 15° を下回り、ツンドラ気候の分布域となる。それ以外の低地は暖かさの指数が $15\sim 45^{\circ}$ の間に含まれる。これは亜寒帯~寒帯の針葉樹林気候の分布域となる。ツンドラ気候の分布域は東北地方(海拔

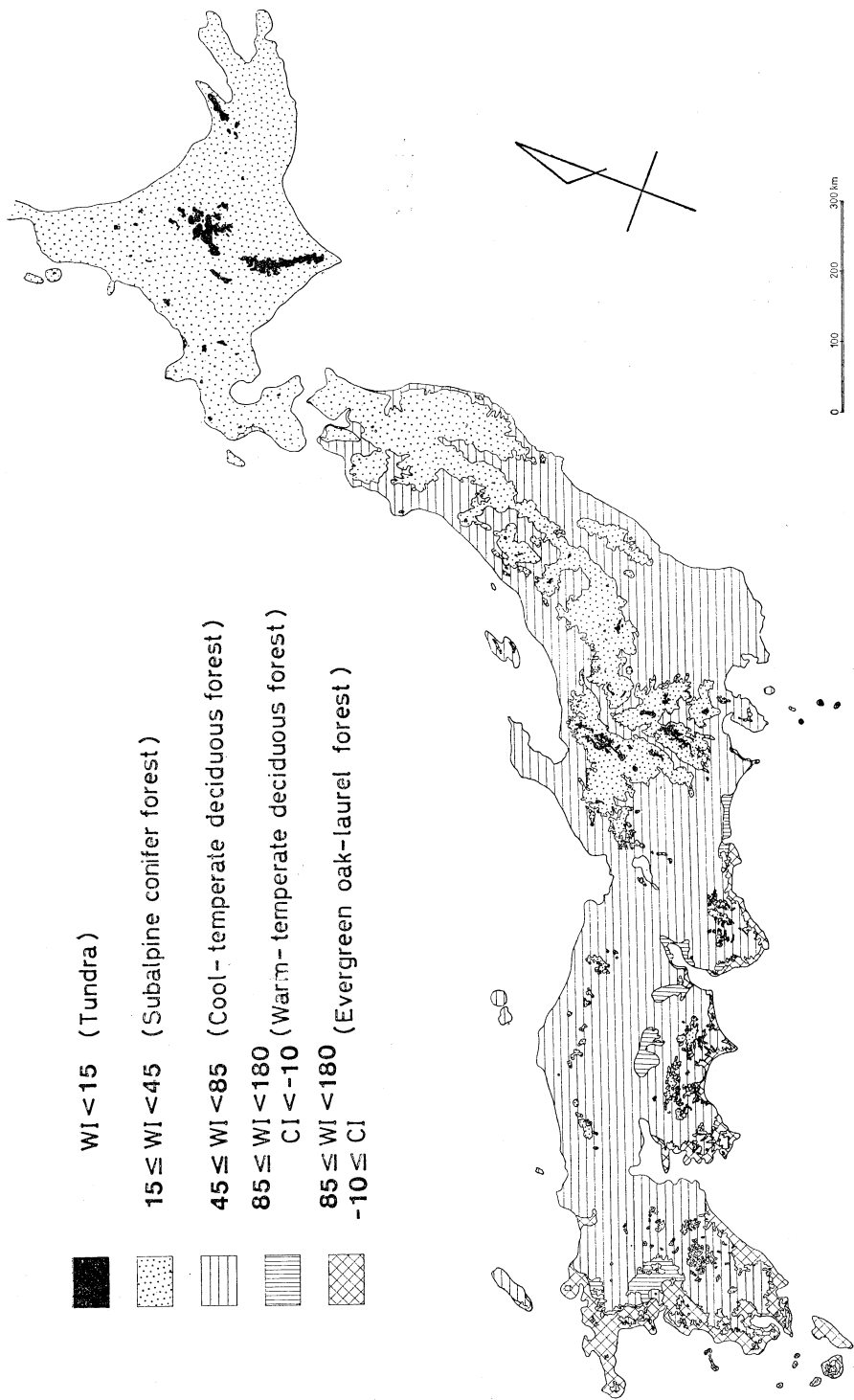


第2図 現在より7°C低かった状態の暖かさの指数15°C monthの等標高線図(単位100m)

-  $WI < 15$ (Tundra)
-  $15 \leq WI < 45$ (Subalpine conifer forest)
-  $45 \leq WI < 85$ (Cool-temperate deciduous forest)
-  $85 \leq WI < 180$
 $-10 \leq CI$ (Evergreen oak-laurel forest)



第3図 現在より7°C低かった状態の暖かさの指数(WI), 寒さの指数(CI)の分布



第4図 現在より5°C低かった状態の暖かさの指数(WI)、寒さの指数(CI)の分布

1,000~1,100m 以上)や中部地方(海拔 1,600~1,700m以上)の山地にも出現する。東北地方から中部地方にかけては、広く亜寒帯針葉樹林気候の分布域となる。亜寒帯針葉樹林気候の分布域は、太平洋岸では海面の低下によって陸化した仙台市付近の海岸低地にまではり出している。

これに対し、日本海岸の男鹿半島以南の海面低下によって陸化した海岸低地は、冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。近畿地方の鈴鹿山地・比良山地(海拔400m以上)、六甲山地(海拔500m以上)、中国山地(海拔 400m 以上)、四国・九州の山地(海拔 600m以上)などは、亜寒帯針葉樹林気候の分布域となる。また伊豆大島(海拔500m以上)、屋久島(海拔 900m以上)にも、亜寒帯針葉樹林気候の分布域が出現する。

それ以外の低地は、大半が冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となっている。照葉樹林気候の分布域は、海面低下によって陸化した薩摩半島南西部(海拔 0 m以下)から種子島・屋久島の海岸部(海拔 100m 以下)に出現するのみである。

那須(1979)は、この時代の照葉樹と落葉広葉樹の混生林が九州南部から四国・紀伊半島の南岸を経て、房総半島南端にまで拡大した図を示している。また前田(1980)も房総半島南部に生育していた可能性を指摘している。氷期の寒さをのがれて、落葉広葉樹林と混生するような形で、こうした海岸部に生き残っていたものは当然あったろう。ただ、照葉樹林気候の分布域は、年平均気温が 7°C 低下した状態の暖かさの指数と寒さの指数分布からみれば、九州南西部と種子島・屋久島以南に限られる。

IV 現在より 5°C 低い状態の分布図

年平均気温が現在より 5°C 低かった状態を、晩氷期の分布図(第4図)として示した。当時の海岸線は、 -50m の等深線を基本として描いた。晩氷期の気候は変動が大きく、日本でも北欧のアレレード期に対比される温暖期の存在が明らかとなっている。したがって、いつの時代をとるかによって、分布図も大きく異なる。ここでは晩氷期の寒冷な時代(北欧のオルダー・ドゥリアス期、ヤング・ドゥリアス期に対比される時代)の年平均気温にもとづいた分布図を、晩氷期に近い状態を示すものとした。

北海道では、ツンドラ気候の分布域が山地におし上げられ、大半が亜寒帯針葉樹林気候の分布域とな

る。東北地方ではツンドラ気候の分布域は、八甲田山(海拔1,200m以上)、岩手山(海拔1,400m以上)、早池峰山(海拔 1,500m 以上)などの山地にわずかに残るにすぎなくなる。しかし、亜寒帯針葉樹林気候はいまだ広い分布域をもち、下北半島(海拔 0 m以上)をはじめ北上山地(海拔 200~300m 以上)、あるいは阿武隈山地(海拔 600m 以上)にも、広く残っている。中部地方でも北アルプス(海拔 800m 以上)、南アルプス(海拔 900~1,000m 以上)などに亜寒帯針葉樹林気候が広い分布域を示し、ツンドラ気候も 2,000m以上の山地に分布する。

一方、西日本では、亜寒帯針葉樹林気候の分布域は、山地にわずかにみられる程度になる。伊豆半島(海拔 900m 以上)、屋久島(海拔 1,250m 以上)にもまだ残存しているが、大半は冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。

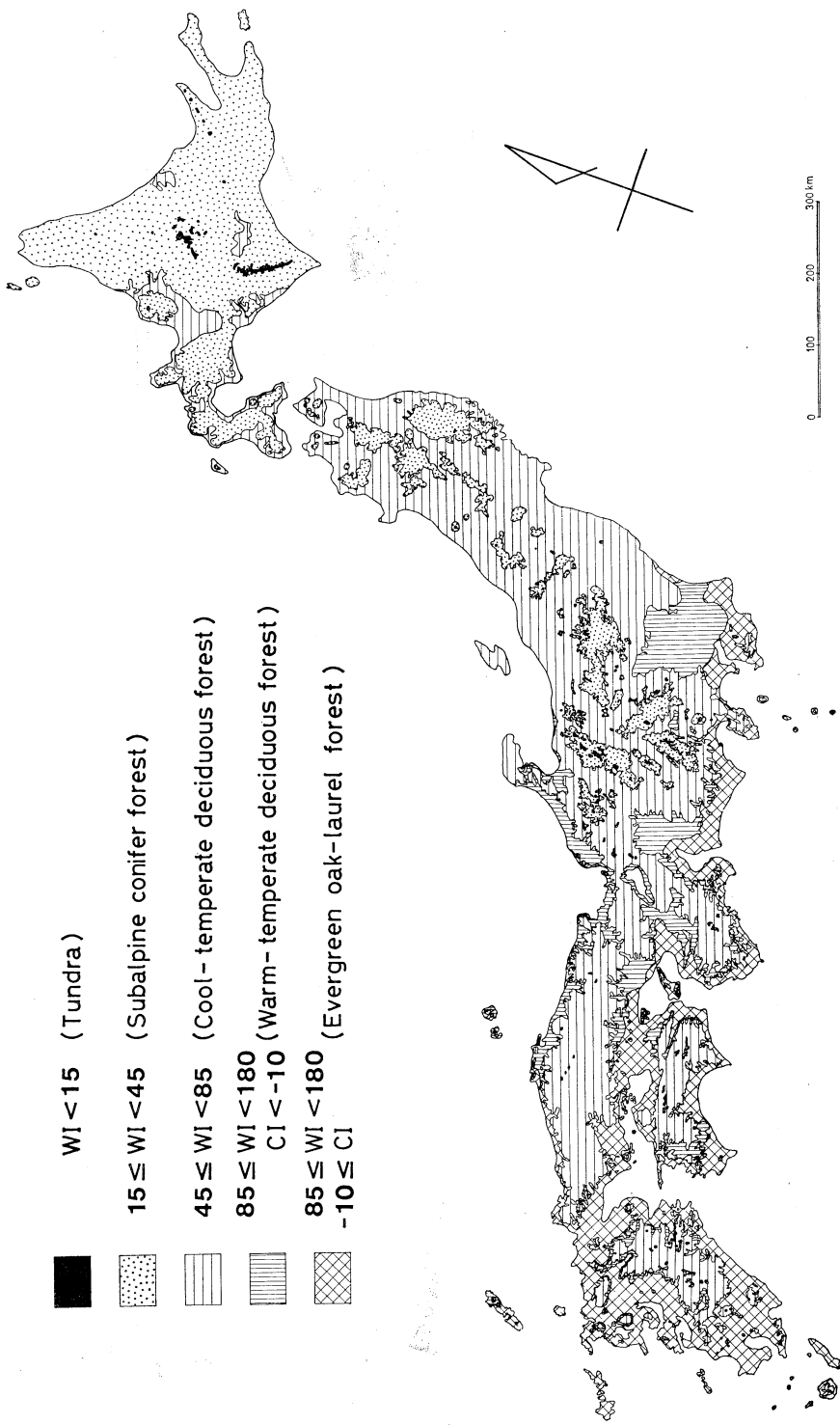
照葉樹林気候の分布域は、九州の南西海岸(海拔 200m以下)に拡大し、海面低下によって陸化していた橘湾、五島列島沿岸、壱岐、対馬南西部にまで達する。東は宮崎平野から愛媛県南西部、高知平野を経て、紀伊半島の南岸沿い(海拔 100m 以下)に北上し、その東端は御前崎の先端に達する。しかし、まだ陸化していた瀬戸内海や大阪湾沿岸は分布域となっていない。

この分布図の一つの特色は、九州西部や陸化していた有明海周辺、瀬戸内海、大阪湾沿岸などに、新たに暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域が出現してきていることである。暖かさの指数と寒さの指数の計算では、年平均気温が現在より 5.7°C 以上低い状態では、日本列島の中からこの分布域が姿を消す。言い換えれば、日本列島に暖温帯落葉広葉樹林気候が暖かさの指数と寒さの指数の計算上登場してくるのは、晩氷期以降ということになる。

V 現在より 3°C 低い状態の分布図

約10,000年前を境として、気候は温暖化する。しかし、後氷期の初頭(約9,000年前頃)は、いまだ年平均気温は、現在より $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 前後低かったとみられる。第5図には、年平均気温が現在より 3°C 低かった状態の分布図を示した。当時の海岸線は、 -20m の等深線を基本として描いてある。

北海道は、大半が亜寒帯針葉樹林気候の分布域となり、ツンドラ気候は山地にわずかに分布する。石狩平野から渡島半島の海岸部(海拔100~200m以下)



WI < 15 (Tundra)

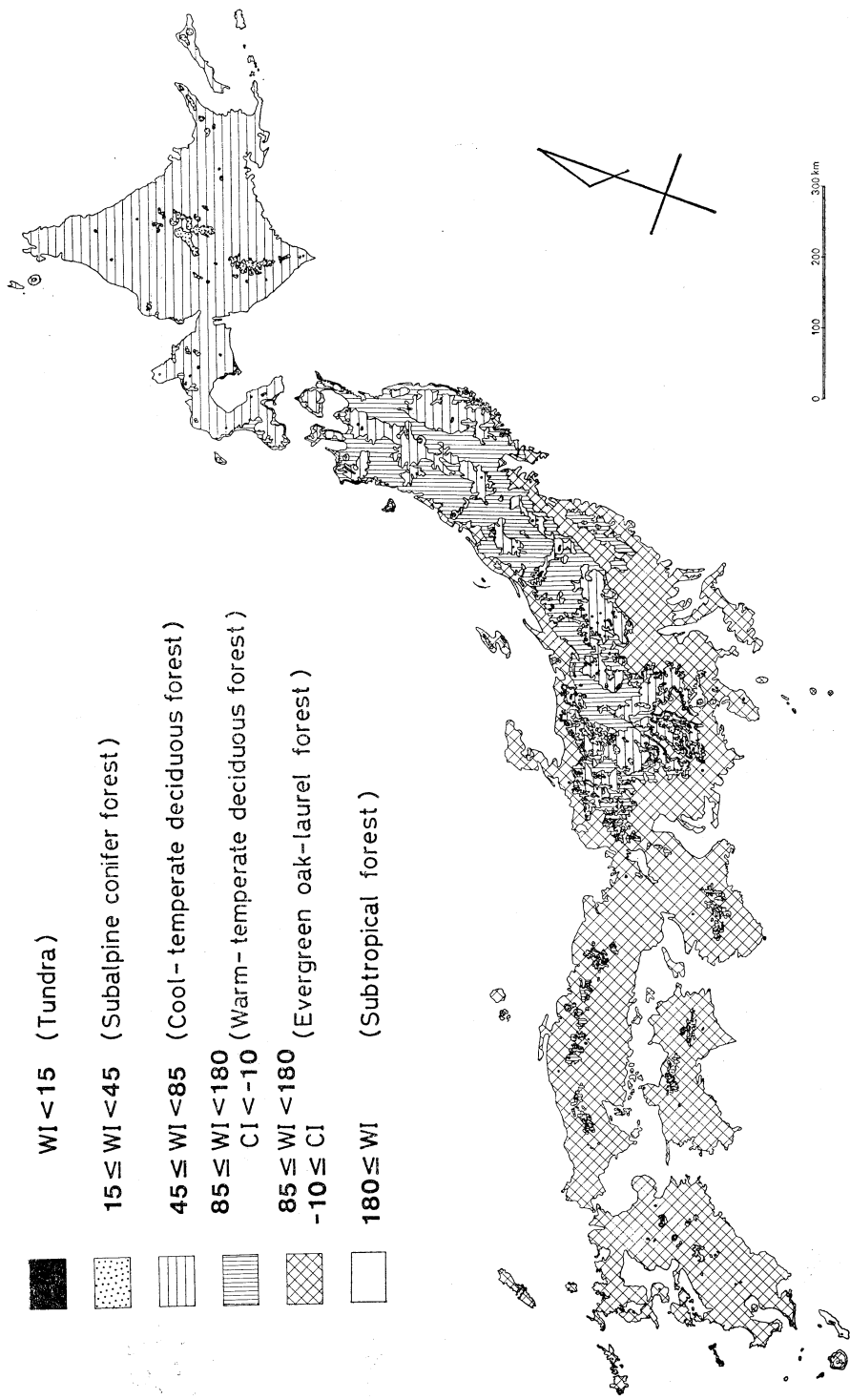
15 ≤ WI < 45 (Subalpine conifer forest)

45 ≤ WI < 85 (Cool-temperate deciduous forest)

85 ≤ WI < 180 (Warm-temperate deciduous forest)
CI < -10

85 ≤ WI < 180 (Evergreen oak-laurel forest)
-10 ≤ CI

第5図 現在より3°C低かった状態の暖かさの指数(WI), 寒さの指数(CI)の分布



第6図 現在より 2°C 高かった状態の暖かさの指数(WI), 寒さの指数(CI)の分布

は、冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。東北地方から中部地方にかけては、広く冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となるが、山地には亜寒帯針葉樹林気候がまだ広く残存している。

一方、近畿・中国地方(海拔200~300m以上)、四国・九州地方(海拔300~600m以上)の山地は、大半が冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。また紀伊山地・中国山地(海拔1,100~1,200m以上)や四国山地(海拔1,300m以上)などには、わずかに亜寒帯針葉樹林気候の分布域が残る。

照葉樹林気候の分布域は、九州・四国の低地(海拔400m以下)をおおひ、また陸化していた瀬戸内海、紀伊半島、東海地方、伊豆半島の南岸沿いに、房総半島にまで達する。ところが、日本海岸では松江市西部でとどまっている。

暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域は、九州・四国で少なく、福知山盆地、姫路平野、それに奈良盆地、近江盆地、京都盆地などの近畿地方の内陸盆地、濃尾平野周辺的美濃三河高原、関東平野の武蔵野台地、常陸台地などに広く認められる。また松江市以東の日本海岸の低地も暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。その北限は糸魚川市付近にある。

VI 現在より2°C高い状態の分布図

約10,000年前以降、温暖化した気候は、7,000~6,500年前頃には年平均気温が現在より1~2°C高い状態に達したとみられている。第6図には、年平均気温が現在より2°C高い状態の分布図を示した。当時の海岸線は、日本地質学会(1972)、貝塚・成瀬(1977)によった。

北海道は、大半が冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域となり、亜寒帯針葉樹林気候の分布域は海拔900~1,000m以上の山地に限られる。また渡島半島の西岸(海拔200m以下)には、暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域が出現する。

東北地方では、亜寒帯針葉樹林気候の分布域は海拔1,600~1,700m以上の山地にわずかにみられるにすぎない。また冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域は、海拔500~800m以上におし上げられ、東北地方の内陸部の人間の居住適地は、広く暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。中部地方においても、亜寒帯針葉樹林気候の分布域は海拔2,000~2,200m以上、冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域は、海拔1,000~1,200m以上におし上げられ、内陸の山間盆地は暖

温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。

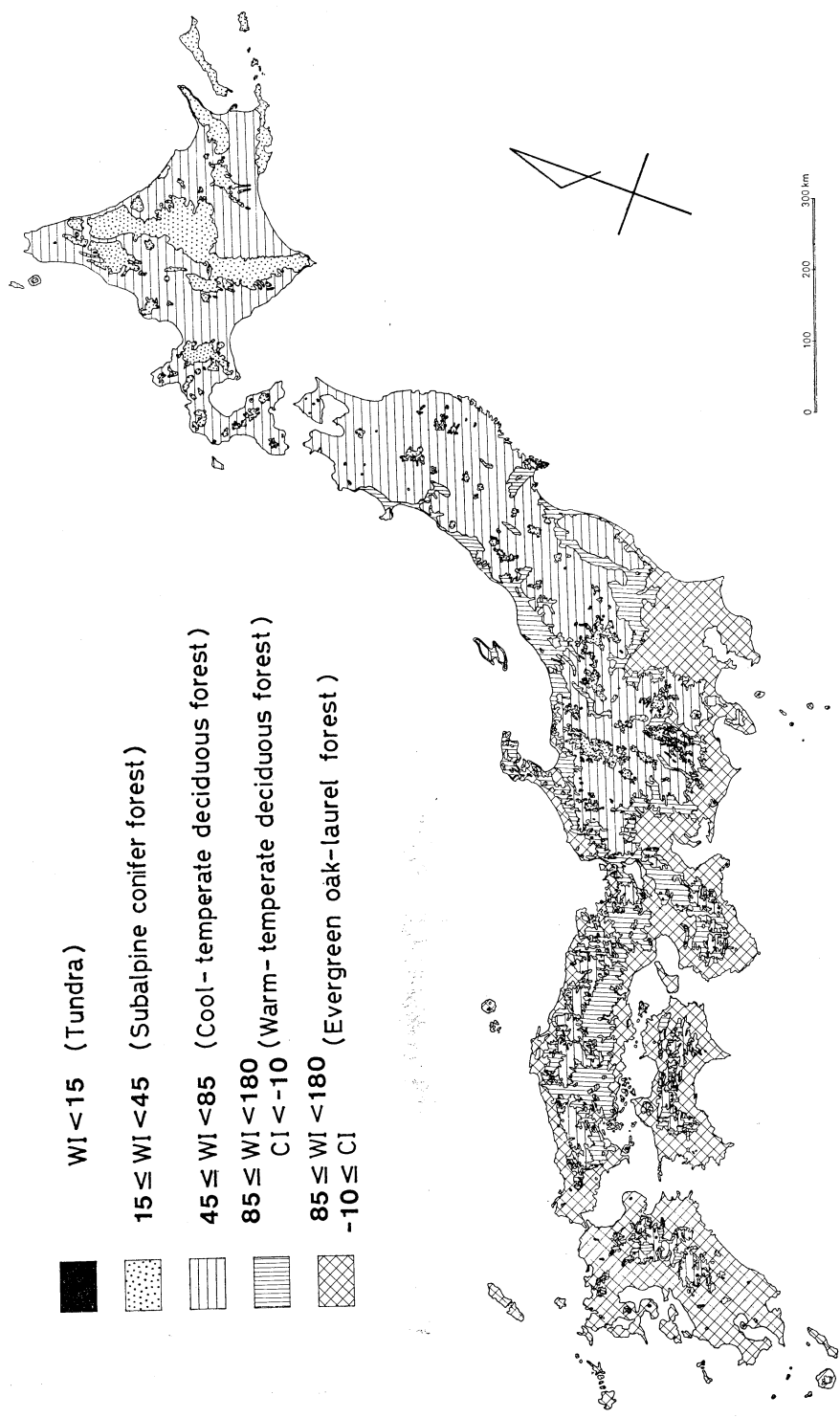
一方、関東平野から西日本一帯は、広く照葉樹林気候の分布域となる。照葉樹林気候の北限は、太平洋岸では岩手県久慈市付近、日本海岸では青森県十三湖付近にある。紀伊山地(海拔1,200m以上)、中国山地(海拔1,000m以上)、四国・九州の山地(海拔1,200m以上)、屋久島(海拔1,700m以上)には、わずかに冷温帯落葉広葉樹林気候の分布域が残っている。また種子島・屋久島の海岸部(海拔200m以下)は、亜熱帯林気候の分布域となる。

VII 現在より1°C低い状態の分布図

年平均気温が1~2°C高い高温期も、4,000年前頃よりしだいに冷却化し、3,000~2,000年前頃は現在より年平均気温が1~2°C低かったと考えられている。そこで、第7図には年平均気温が現在より1°C低かった状態の分布図を示した。海面も現在より数メートル低下していたとみる考えもあるが、小縮尺の地図には表現しにくく、海岸線は現在のままにした。

この分布図は、現在の自然植生図として示されている本多(1912)、堀川(1968)、吉岡(1973)、Miyawaki *et al.*(1975)に類似している。ただ、異なる点は、黒松内低地に植生帯の境界が出現しないことと、本州以南において暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域が広い面積を占める点である。暖温帯落葉広葉樹林気候は、東北地方の太平洋岸では仙台平野周辺、日本海岸では能代平野から新潟平野にかけて分布する。また、横手盆地、山形盆地、福島盆地などの内陸盆地も暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。また、関東平野北部の宇都宮市周辺にも広い分布がみられる。中部地方では、伊那谷、長野盆地あるいは濃尾平野周辺の丘陵地帯が主要な分布域となる。近畿地方では、笠置山地、水口丘陵、高見山地、伊賀上野盆地、養老山地などは、暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域となる。また、丹羽高原や吉備高原にも広い分布域が出現する。

これに対し、堀川(1968)や吉岡(1973)の植生図で、モミ・ツガ林とか中間針葉樹林の主要な分布域となっている四国や九州の山地には、この暖温帯落葉広葉樹林気候はわずかしこ出現しない。ブナとカシ類がそろって生える、この四国や九州の山地のモミ・ツガ林は、すでに山中(1979)も指摘しているように、ブナもカシ類も生育しない暖温帯落葉広葉樹林とは区別して、中間温帯のはっきりしない推移帯として



WI < 15 (Tundra)

15 ≤ WI < 45 (Subalpine conifer forest)

45 ≤ WI < 85 (Cool-temperate deciduous forest)

85 ≤ WI < 180
CI < -10 (Warm-temperate deciduous forest)

85 ≤ WI < 180
-10 ≤ CI (Evergreen oak-laurel forest)

第7図 現在より1°C低かった状態の暖かさの指数(WI), 寒さの指数(CI)の分布

取り扱うのが適当と思われる。

また、年平均気温が1°C現在より低い状態のこの分布図では、照葉樹林気候の分布域の北限は、太平洋岸では福島県原町付近、日本海岸では新潟県直江津付近にあるが、佐渡島の南西海岸にも分布域が認められる。

VIII 植生図復元への道

ここに示した5枚の分布図は、あくまで暖かさの指数と寒さの指数の分布図であって、植生図ではない。この分布図を基本として、正確な植生図を描くためには、以下の仮説の検証と問題点の解決がなされなければならない。

まず第1に、この分布図は年較差の時代的变化をまったく無視している点である。もし、現在より年較差が大きく、夏暑く冬寒ければ、夏季の気温で決定される暖かさの指数 15° の線はより高所に出るであろうし、冬の寒さの影響を強く受ける寒さの指数 -10° の線はより低所まで下降し、暖温帯落葉広葉樹林気候の分布域が拡大する。逆に年較差が小さく、冷夏・暖冬ならば、ブナやカシ類が混生する中間温帯の推移帯ともいべき森林帯の分布域が拡大するであろう。したがって、ここに示した分布図を基本として、花粉分析の結果等と比較・検討すれば、逆に過去の年較差の変動を知る手がかりともなる。

第2に、全国一律に年平均気温が低下もしくは上昇したという仮定のもとに描かれていることである。すなわち、気温の低下率あるいは上昇率の緯度効果を考慮していない点である。例えば最終氷期の植生図で、塚田(1974)によれば、北海道の大半はツンドラもしくは森林ツンドラにおおわれている。しかし、北海道の大半がツンドラにおおわれるためには、温度条件のみからみれば年平均気温が現在より9°C低くなければならない。一方、那須(1979)の植生図では、九州南部から四国南岸、それに紀伊半島にかけては照葉樹の生育地となっている。しかし、この範囲に照葉樹が生育するための温度条件は、年平均気温が現在より5°Cだけ低い状態である。いずれの結果も温度条件からのみみるかぎり、年平均気温が7~8°C現在より低かったとする一般的な見解とはやや異なっている。しかし、緯度効果によって氷期の気温の低下率が、北海道は大きく、本州や四国・九州の南岸は小さかったとすれば、いずれの植生図も正しいことになる。もっともそれは緯度効果を明らかに

してからのことであるが、こうした緯度効果に伴う気温低下率の相違は、今後の重要な課題となろう。

第3に、気温の通減率が全国一律で、100mにつき0.55°C低下すると仮定している点である。気温の通減率は、地域や季節によって異なった値を示し(福岡, 1966)、気圧配置によってもかなり変動する。しかし、現時点では、各地点・各月について気温の通減率に妥当な補正を加えることは不可能に近い。より大縮尺の分布図を描く時には、この点を考慮しなければならない。

第4に、海岸線の移動による影響を考慮できていない点である。最終氷期には海面が100m以上低下したと考えられている。海面が低下した時の垂直的な気温の変化は、通減率から求めたが、海岸線の移動に伴う海洋性気候や内陸性気候の水平的な配置の変化については、現時点では考慮できていない。

第5に、森林帯の分布は気温のみでなく、気候の乾湿によっても大きく影響される。したがって、植生図を描くためには、この暖かさの指数と寒さの指数の分布図とともに、乾湿の変化を付け加えなければならない。そのためには、花粉分析や地球化学的分析などの結果の蓄積を待たねばならない。

第6に、気候変化に対する森林帯の反応速度の問題がある。花粉分析から照葉樹林の移動については、若干の事実が明らかになっているが、気候変化に対して森林帯が実際移動しえたかどうかは大きな問題であり、この点も今後考慮しなければならない。

以上の如く、ここに示した分布図から植生図を復元するためには、いまだ解決すべき問題が山積している。今後、データを蓄積し、これらの問題を解決していくとともに、この分布図と花粉分析などの結果とを比較・検討し、もし矛盾するような場合には、その理由をつきつめることによって、逆に年較差の変化や、気候の乾湿の問題など、現在から知りうる温度条件以外の他の要因についても明らかにしよう。また気候変化が起こった時の森林帯の移動速度も明らかになるかもしれない。

本稿を日本の地理学の発展に大きな貢献をされた吉良竜夫先生に謹呈いたします。

本研究を行なうにあたっては、広島大学総合科学部福岡義隆先生から、貴重な資料を提供いただき、有益なご指導をたまわった。末筆ながら記して厚くお礼申し上げます。なお本稿は1979年度秋季学術大会にて発表した。

(投稿 1981年1月23日)

(受理 1981年5月9日)

文 献

- 今西錦司編(1952):『大興安嶺探検』毎日新聞社, 534ページ.
- 貝塚爽平・成瀬 洋(1977):古地理の変遷. 日本第四紀学会編:『日本の第四紀研究』東京大学出版会, 333~351.
- 気象庁編(1958):『全国気温資料月別累年平均値』気象庁観測技術資料, 第10号, 178ページ.
- 気象庁編(1971):『日本気候図』地人書館, 59プレート.
- 吉良竜夫(1945):農業地理学の基礎としての東亜の気候区分. 京都帝国大学農学部園芸学研究室, 1~23.
- 吉良竜夫(1948):雨量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて. 寒地農学, No. 2, 47~77.
- 吉良竜夫(1952):落葉針葉樹林の生態学的位置づけ. 今西錦司編:『大興安嶺探検』毎日新聞社, 476~497.
- 吉良竜夫・四手井網英・沼田 真・依田恭二(1976):日本の植生-世界の植生配置のなかでの位置づけ-. 科学, 46, 235~247.
- 塚田松雄(1974):『古生態学II』共立出版, 231ページ.
- 那須孝悌(1979):森のうつりかわり. 井尻正二編『大氷河時代』東海大学出版会, 118~148.
- 日本地質学会編(1972):日本の貝塚分布図および縄文海進の海岸線図. 地質学論集, 7, 327~328.
- 福岡義隆(1966):海拔高度に伴う地温遞減率. 農業気象, 21, 145~147.
- 堀川芳雄(1968):日本の植生地図. 安田女子大紀要, 2, 71~75.
- 本多静六(1912):『日本植物帯論』三浦書店, 400ページ.
- 前田保夫(1980):『縄文の海と森』蒼樹書房, 238ページ.
- 山中二男(1979):『日本の森林植生』築地書館, 219ページ.
- 安田喜憲(1980):『環境考古学事始』NHKブックス, 270ページ.
- 吉岡邦二(1973):『植物地理』共立出版, 91ページ.
- Kira, T. (1977): A climatological interpretation of Japanese vegetation zones. Miyawaki, A. and Tuxen, R. ed: *Vegetation science and environmental Protection*. Maruzen, Tokyo, 21~30.
- Minato, M., Gorai, M. and Hunahashi, M. ed. (1965): *The Geologic development of the Japanese islands*. Tsukiji-shokan, 442 p.
- Miyawaki, A., Okuda, S. and Suzuki, K. (1975): Outline of Japanese vegetation. *JIBP SYNTHESES*, 8, 19~25.

CALCULATED THERMAL INDEX MAPS FOR THE RECONSTRUCTION OF PAST VEGETATION SINCE THE LAST GLACIAL AGE IN JAPAN

Yoshinori YASUDA* and Ken'ichi NARITA**

Two kinds of indices, the *warmth index* (WI) and the *coldness index* (CI) were proposed by Kira (1945, 1948) to correlate the geographical distribution of vegetation zones with the thermal condition. This Kira's concept is considered to be useful for the reconstruction of past vegetation during the last 20,000 years. The distribution maps of WI and CI are made on the basis of the mean monthly temperature for the period from 1921 A.D. to 1950 at 860 weather stations distributed over Japan (Figs. 1 and 2). In this paper, five distribution maps are presented as the representative temperature conditions during the past 20,000 years. These maps show the thermal limitation of the vegetation zones for five periods when the

Geographical Review of Japan 54-7 369~381 1981

* Faculty of Integrated Arts and Science, Hiroshima University.

** Graduate student, Hiroshima University.

mean annual temperature are -7°C , -5°C , -3°C , -1°C and $+2^{\circ}\text{C}$ at different from the present temperature, respectively.

The distribution map of WI and CI at the time when the mean annual temperature is 7°C lower than the present (Fig. 3) roughly represents the thermal limitation of the forest types at the maximum glacial period (about 20,000~18,000 years B. P.). Based on this map, Hokkaido should be covered with the tundra and subalpine conifer forests. The subalpine conifer forest also covers the Tohoku and Chubu districts. While, most of southwest Japan should be covered with the cool-temperate deciduous forest. Evergreen oak-laurel forests are only found in the lowland in southern Kyushu, Tanegashima and Yakushima islands.

The second map for the case of 5°C lower than the present (Fig. 4) approximately shows the thermal limitation at the late glacial period (about 13,000~10,000 years B. P.). This map indicates that subalpine conifer forests spread in Hokkaido. While mountainous regions in the Tohoku and Chubu districts are still under the subalpine conifer forest, the forest in the lowlands should be changed into the cool-temperate deciduous one. Evergreen oak-laurel forests invade into the southern coastal area of the Kii Peninsula. It is notable that warm-temperate deciduous forests should appear in western Kyushu, Setouchi and Osaka Bay areas.

The third map for the case of 3°C lower than the present (Fig. 5) is roughly correlated with the condition at the early Holocene period. The thermal limitation of the cool-temperate deciduous forest appears in the Ishikari Plain, Hokkaido. The the main part of Tohoku and Chubu districts are covered with cool-temperate deciduous forests. Warm-temperate deciduous forests extend a wide area in northern Kanto Plain, marginal part of Nobi Plain, and coastal lowlands along the western part of the Japan Sea. The northern limit of the evergreen oak-laurel forest should attain to the southern Kanto Plain in the Pacific Ocean side, while it is located at Matsue City in Shimane Prefecture in the Japan Sea side.

The fourth map for the case of 2°C higher than the present (Fig. 6) approximately shows the thermal limitation at the Hypsithermal time (about 7,000~6,500 years B. P.). Forests in Hokkaido should be changed into the cool-temperate deciduous one. Inland basins of the Tohoku and Chubu district are covered by the warm-temperate deciduous forest. Evergreen oak-laurel forests spread over the central and southern part of Japan. The northern limit of this forest is located at Kuji City, Iwate Prefecture in the Pacific Ocean side and at the Lake of Jusan, Aomori Prefecture in the Japan Sea side.

The fifth map for the case of 1°C lower than the present (Fig. 7) roughly represents the condition at the latest *Jomon* and early *Yayoi* periods (about 3,000~2,000 years B. P.). This map is similar to the present potential natural vegetation maps which were made by Honda (1912), Horikawa (1968), Yoshioka (1973) and Miyawaki *et al.* (1975), although there are some differences between two types of the maps. One of the differences is that we cannot any find thermal limitation at the Kuromatsunai Lowland in the Oshima Peninsula, Hokkaido, where an important boundary is seen in the present potential natural vegetation maps.