

## (研究資料)

## 林業を対象とした東北地方の気候図

小島 忠三郎<sup>(1)</sup>Chusaburo KOJIMA: Climatic Maps of Tohoku District  
for Forestry  
(Research materials)

要旨：ここに示した気候図は、東北地方を対象に、樹種の分布、林木の成長、森林災害の発生など、主として林業目的のため作成したものである。その種類は、気温関係については5~10月および12~3月の海面基準平均気温と平均日較差、降水量については5~10月合計のほか、4~6月と7~9月の合計、湿度については5~10月、4~6月、7~9月のほか、12~3月の平均日最小湿度、積雪関係については最深積雪および根雪期間である。このほか、以上の気候要素を用いて、主成分分析の手法により得られた3つの主成分の分布図と、これらの主成分を組み合わせて分類した気候図を示した。また、5~10月海面基準平均気温と標高から雨量指数を、12~3月海面基準平均気温と標高から積算寒度を、簡単に算出できるノモグラフをも示した。

## まえがき

気象は樹種の分布、林木の成長、災害の発生など、林業にとってきわめて重要な役割を果たしているが、この方面の研究はそれほど進んでいない。これは現在の観測地点の多くは、人間の常住する平たん部に限られ、森林の大部分を占める山地の資料が、ほとんど得られないからである。そして、地形の複雑な標高差の大きい山地では、気象条件も局地的な変動が大きく、平たん部の資料をそのまま当てはめることはできない。

ところで、各地の平均的な気象条件をあらわす気候については、日本全体、地方別、都道府県別など、数多くの気候図が作成されている。しかし、これらの多くは主として平たん部を対象としたもので、山地に対してはあまり考慮されていない。たとえば、気温の分布図のなかには、平たん部と山地が標高を考慮せず、同じコンターで結ばれているものなどがある。これは、日本全体の気候図のように対象面積が広い場合には、ある程度止むを得ないことであるが、対象面積が狭く、縮尺の小さい気候図でも、このようなものがよく見受けられる。このような気候図は、主として平たん部に栽培されている農業には役だが、林業に対してはそのまま使えない。

また、多くの気候図は年、あるいは月別に示されているが、場合によっては年ではあまりにもあらず、かといって月別では細かすぎるということもある。とくに林業のように植物を扱う部門では、これに対する影響を考えて期間を区切った方が、かえって合理的のように思える。

筆者は東北地方を対象に、気候要因と樹種の分布、あるいは林木の成長との関係などを調べているが、

そのさい、気候要因の採り方として以上のことを考慮し、林業目的のための気候図を作成した。もちろん、山地の資料がほとんど得られない現在では、山地の気候状況をそのまま示す気候図は作成できない。筆者の作成した気候図も、主として気象庁関係の官署の発表した資料によるもので、平たん部中心の気候図であることに変わりはない。

なお、積雪関係の気候図\*は新しく作成したものではなく、筆者が農林省農業総合研究所に勤務中作成したもとのから、東北地方だけをとりだしたものである。

## I 気候図作成上の留意点

ある地点の気候は、長年の観測の結果得られた資料を、各要素について平均あるいは階級区分して示されたものが多い。また、観測期間中の極値を示したものもある。したがって、観測期間はできるだけ長い方が、その地点の平均的な気候状況をよくあらわすことになる。

しかし、この観測期間は、地点によってまちまちである。このような統計年数の不ぞろいな資料をもとにして、そのまま気候図を作成すると、かなりの問題が生ずる。また、統計年数の長いものだけ採れば、資料の得られる地点は少なくなり、あらい気候図しか作成できない。

ここでは、東北地方を対象として、ある程度山地や山間部をも推定できるよう、くわしい気候図を作成するのが目的であるため、地点の数は可能なかぎり多く採るようにした。すなわち、統計年数の長いことよりも、むしろ各地点の統計年数をそろえることに重点をおいた。このため、各気候要素の統計期間もまちまちで、またかなり短い期間の要素もあるが、相対的な比較ができればよいのであるから、それほど問題にはならない。一般に、気象状況は年によってかなり違うが、相当広い地域にわたって同じ傾向を示す場合が多く、10年程度の統計期間があれば、一応平均的な気候と見なしてさしつかえないだろう。

しかし、統計期間が短いため、欠測年があると相当の誤差を生ずる。とくに異常年に欠測があると、大きな誤差を生ずる。これに対しては、つぎのような方法で補正した。

すなわち、欠測年のある地点の場合は、まずこれに近い完全な資料のある地点について、全平均値と欠測のある地点に対応する年だけ採りだした平均値とを比較し、その差（気温関係）あるいは比（降水量、湿度）を求め、これによって欠測年のある地点の平均値を補正した。

このようにして得られた地点数は、気温関係242か所、降水量421か所、湿度136か所である（積雪関係については後述）。なお、降水量についてはなるべく資料を多く採るため、気象庁関係以外の資料もかなり採り入れてある。

つぎに、これらの資料を用いて気候図を作成することになるが、観測地点が平たん部に集中している関係上、山地や山間部はほとんど空白状態で、こまかい分布状況を知ることはできない。また、かりに資料が得られたとしても、標高差の大きいことと地形の複雑さのため、ここに示したような縮尺の地図では、実態に即した気候図を描くことは無理であろう。したがって、これらの気候図は、地域区分的な分布を示すものと解釈して利用すべきである。ただし、気温についてはあとで述べるように、各地点の値が推定できるような方法を探った。

なおこれらの気候図は、林業以外の農業その他一般的な目的にも利用できるのはもちろんである。

\* 農林省農業総合研究所積雪地方支所編：積雪分布図，農林省農業総合研究所，(1955)

## II 作成した気候図について

気候図には、各気候要素の平均値あるいは合計値を示したもののほか、階級区分した日数を示したものの、最大最小値、極値を示したものの、再現期間（リターンペリオド）の値を示したもののなど、数多くの種類がある。ここで作成した気候図は、平均値あるいは合計値の分布図で、気候要素としては林業にとってもっとも重要な気温、降水量、湿度および積雪を採りあげた。このほか風、日照、天気なども重要な要素であるが、くわしい資料は得られなかったので作成できなかった。

### 1. 平均気温

気温の場合いちばん困るのは、標高による差があまりにも大きいことである。すなわち標高100mの差は、水平距離にして数10～数100kmの差に相当する。したがって、縮尺の大きい地図上に実際の気温分布を描くことは、ほとんど不可能に近い。しかし、標高による気温のてい減は大体きまっており、しかもほぼ直線的な関係にある。このため、標高0mすなわち海面高度に換算して示せばわりあい簡単になり、かなり大きな縮尺の分布図も描くことができる。

ところで、標高による気温のてい減率は、単にこの両因子だけを採りだして計算しても、真の値を求めることはできない。これは、標高以外の因子によっても、気温は大きく変化するからである。たとえば、ここで用いた資料をもとに、単純に両因子だけで回帰式を求めると、標高に対する係数すなわち気温のてい減率は、5～8月が $0.33\sim 0.42^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 、1月は $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 以上となる。5～10月のてい減率が小さくなるのは、暖候期には一般に内陸ほど気温が高いが、一方標高は平均的にみると内陸ほど高いため、気温が相殺されるからである。冬期は反対に内陸ほど気温が低いため、逆に大きな値を示すことになる。

筆者は、東北地方の任意地点の平均気温を推定するため、因子として標高のほか緯度、経度および陸度（海からの距離）を採り、重回帰分析によってこれらに対する係数および常数を求めた。その結果、標高に対する係数（気温のてい減率）は、各月とも $0.52\sim 0.60^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の範囲にあり、妥当な値をうることができた。

気温は以上4因子のほかにも、海流の影響や地域的な因子などによっても変わるが、標高によるてい減だけを除けば、それ以外の因子を含めた海面基準の分布図が描ける。そして任意地点の平均気温は、この分布図上で読みとった値から、標高によるてい減分だけさし引けばよいことになる。

海面基準の平均気温の分布図は月ごとのものも作成したが、利用する場合細かすぎてかえって不便なので、ここには暖候期と冬期に分けたものを示した。すなわち、林業あるいは農業といった植物を対象とする場合には、まず成長期（生育期）の気温がいちばん重要である。したがってここでは、暖候期の気温として5～10月の平均を採った（図1）。これに対する気温のてい減率は $0.58^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ である。なお東北地方では、5月と10月の平均気温はほぼ等しく、5～10月の平均気温は、あとで述べるように、植物の分布や成長と密接な関係にある温量指数算出の基礎となる。

つぎに、冬期の気温は直接植物の成長に影響を与えることは少ないが、植物の分布とは密接な関係にあり、また間接的には凍害や寒風害といった低温障害のため、成長にもかなりの影響を与える。ここでは、冬期の気温として12～3月の平均を採りあげた（図2）。これは、水の凍結点である $0^{\circ}\text{C}$ は植物にとって重要な意味を持つが、東北地方の平たん部では、12月と3月は平均気温が $0^{\circ}\text{C}$ 近くになる最初の月と最後の月で、また $0^{\circ}\text{C}$ 以下の日数もこの期間が多いからである。なお12～3月の平均気温に対するてい減

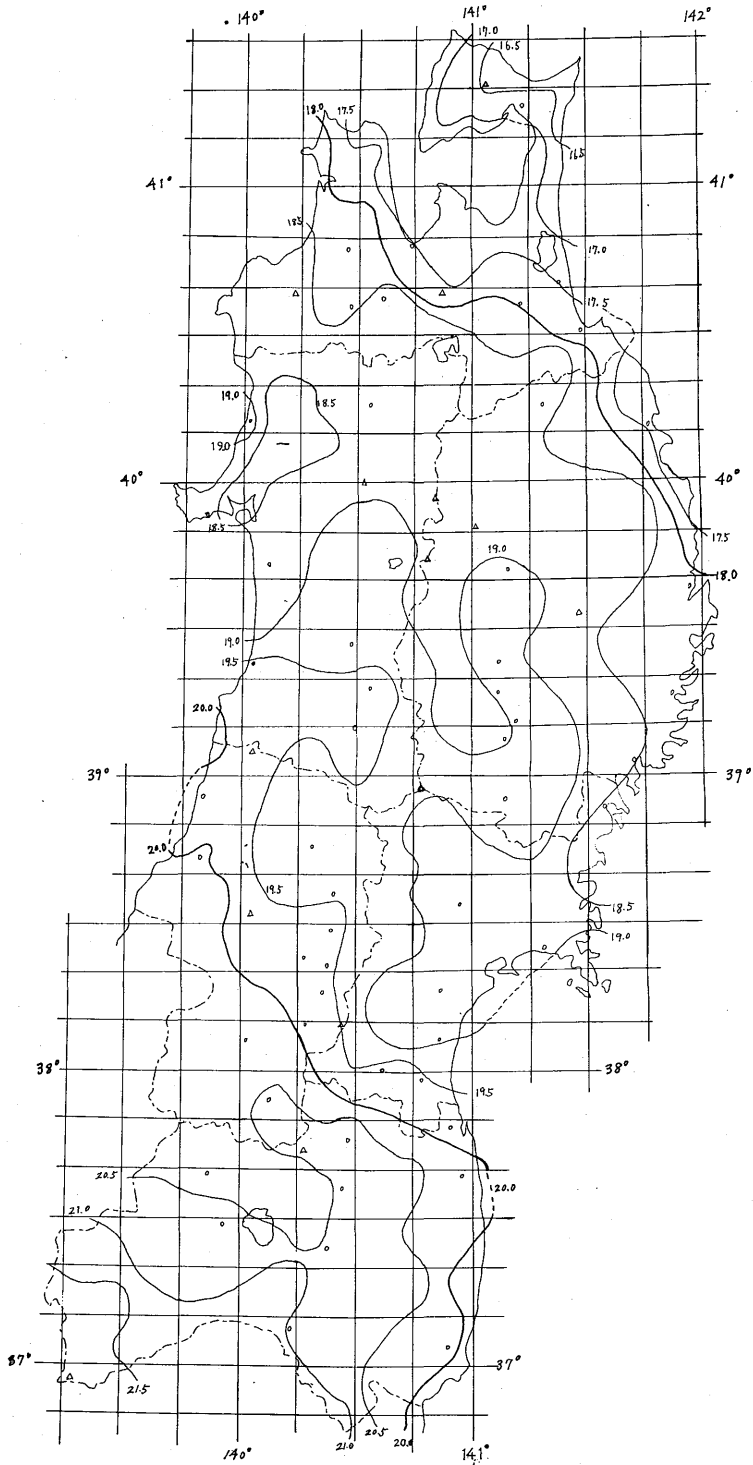


图 1. 5~10月海面基準平均氣温 (1931~60年)

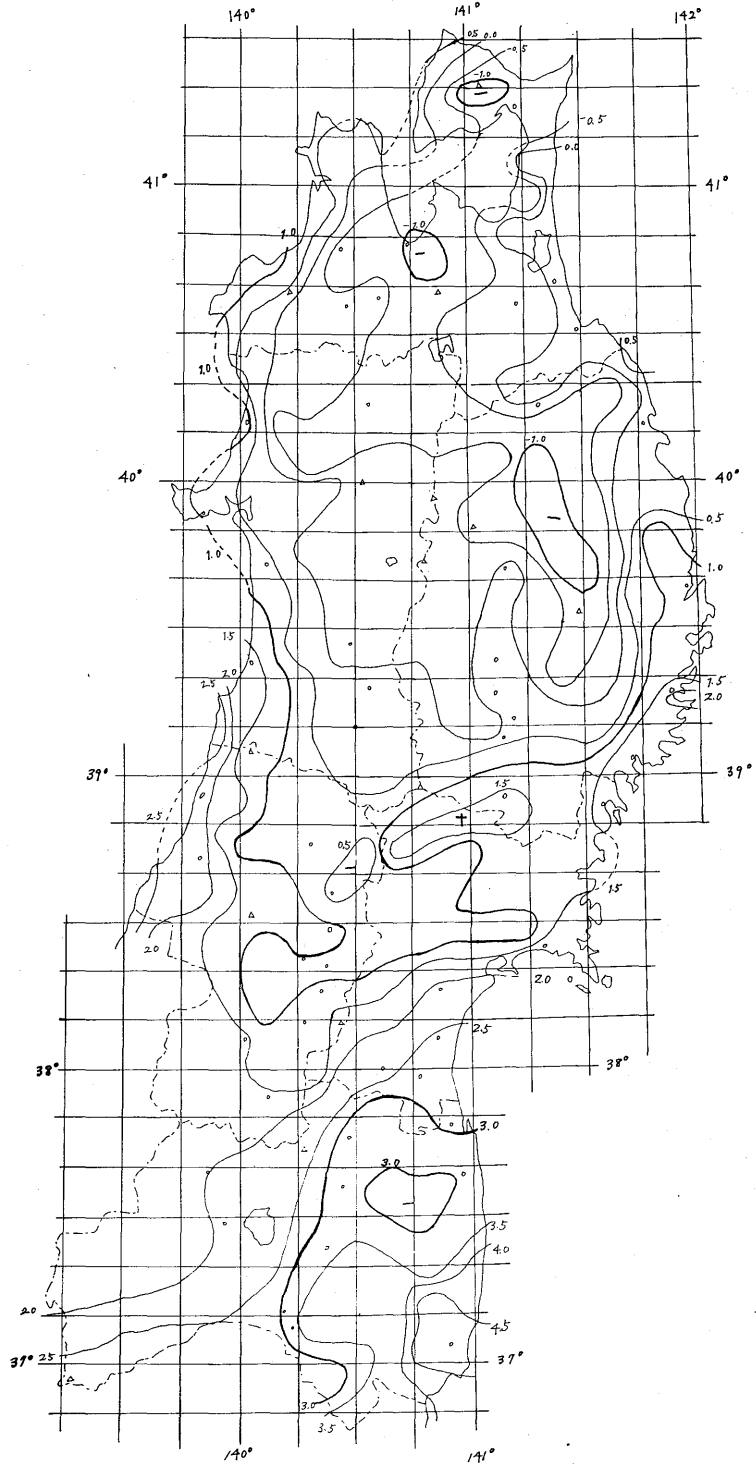


図 2. 12~3月海面基準平均気温 (1931~60年)

率は $0.57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ で、5~10月とあまり差がない。またこの平均気温も、あとで述べる積算寒度算出の基礎となる。

## 2. 気温日較差

気温の日較差が、林業にどのような影響を与えるかは、いまのところあまり明らかにされていない。しかし農業にとっては、作物や果樹の適地とかなり関係があるようである。日較差が大きいということは、平均気温が同じならば、最低気温が低いということで、低温害が出やすいことにもつながる。また、日中の同化作用によって生成された含水炭素は、呼吸作用によって一部消費されるが、夜間の呼吸作用は低温ほど少ないので、日較差が大きいとかえって成長にプラスになることも考えられる。いずれにしても、植物を対象としている林業にとって無縁とは思われない。

ここでは平均気温と同様、暖候期として5~10月の平均(図3)、冬期として12~3月の平均(図4)を示した。

なおここで注意することは、気温の日較差は地形との関係が深く、一般に内陸の盆地は大きい値を示すが、山地や山間部は地形が複雑なためその分布も複雑である。しかし平均的にみれば、標高の高いところほど日較差は小さい。したがって、ここに示した分布図は、平たん部を主とした地域区分的なものと解釈すべきである。

## 3. 降水量

降水量は気温と並んで、植物にとってきわめて重要な要素である。これについても暖候期と冬期に分けて考えた方がよいが、東北地方では、冬期の降水は雪の形で降り、水としてというより積雪としての影響が大きい。このため、これは別に示すことにした。

暖候期の降水量は、気温と合わせる意味で、やはり5~10月合計の分布図を作成したが(図5)、このほかに、4~6月(春, 図6)と7~9月(夏, 図7)に分けたものも作成した。これは春と夏とでは量そのものも大きく異なり、両者の相関もそれほど高くない(相関係数0.67)。そしてこの両者は、植物とくに樹木に対して多少違った意味を持っているからである。

まえに述べたように、降水量の観測地点はかなり多い。そして気温と違って、山間部のデータも少なくない。このため、ある程度山間部の状況をも示すが、山地についてはほとんど不明である。一般に山地は平たん部より降水量が多いが、斜面方位によっても違い、地形的な影響も大きいので、気温のように標高との関係式を求めるのは困難である。もっとも、マクロ的に見た場合は、気温と同じく直線関係としたり、これに傾斜を考慮したもの、2次式としてあらわしたもの、双曲線としてあらわしたものなどがあ

## 4. 湿度

湿度も、植物にとって重要な要素の一つである。樹木の場合には、暖候期の湿度はその分布や成長あるいは病虫害の発生などに影響を与え、また冬期の湿度は、スギの寒風害と密接な関係があることが明らかにされている。したがって、ここでは暖候期として5~10月(図8)、さらに春と夏に分けて4~6月(図9)、7~9月(図10)のほか12~3月(図11)の分布図も作成した。

これらの図に示した値は、日最小湿度の平均である。これは、多くの地点について得られる資料は、これ以外にないからである。しかし、日最小湿度は日平均湿度ときわめて相関が高いことが、日平均湿度の資料の得られる地点から確かめられているので、相対的な比較には十分と思われる。

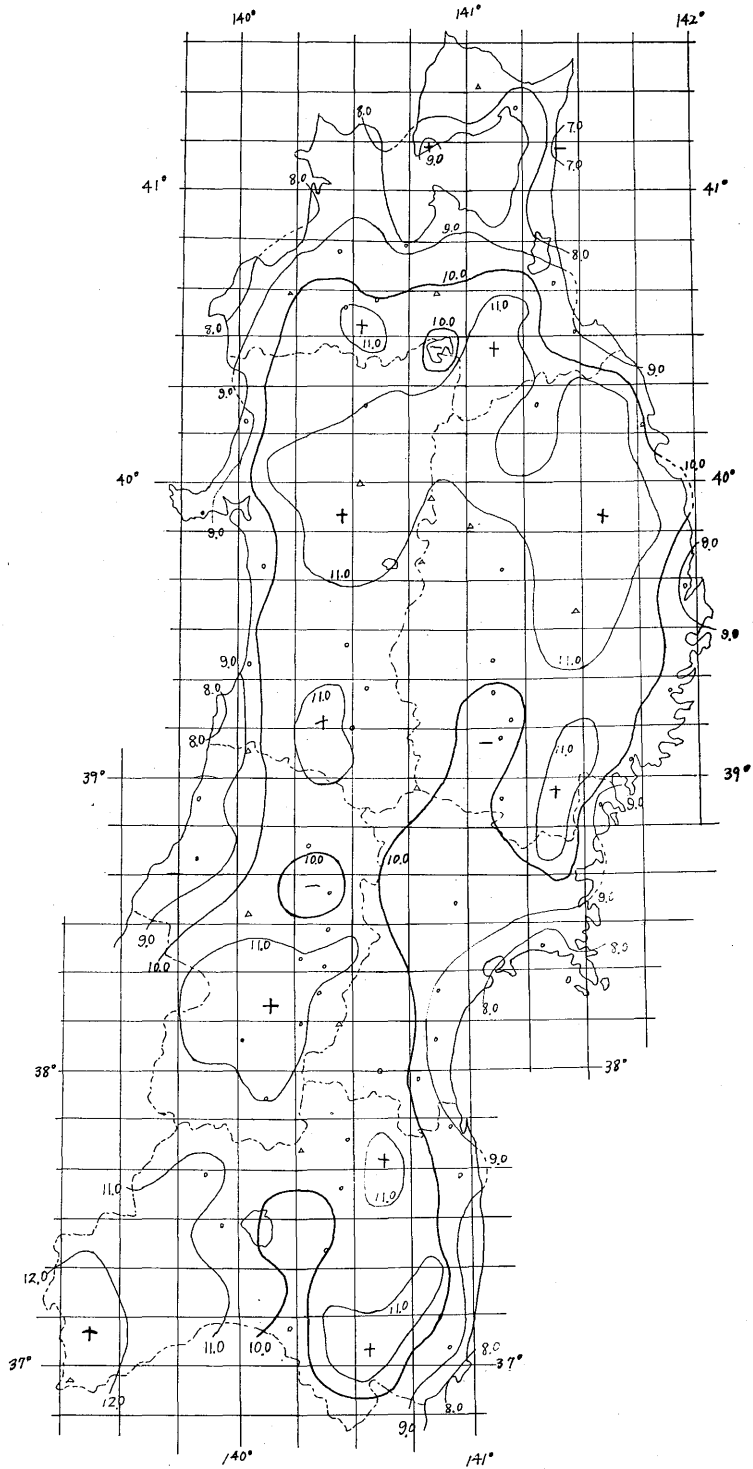


図 3. 5～10月平均気温日較差（1931～60年）

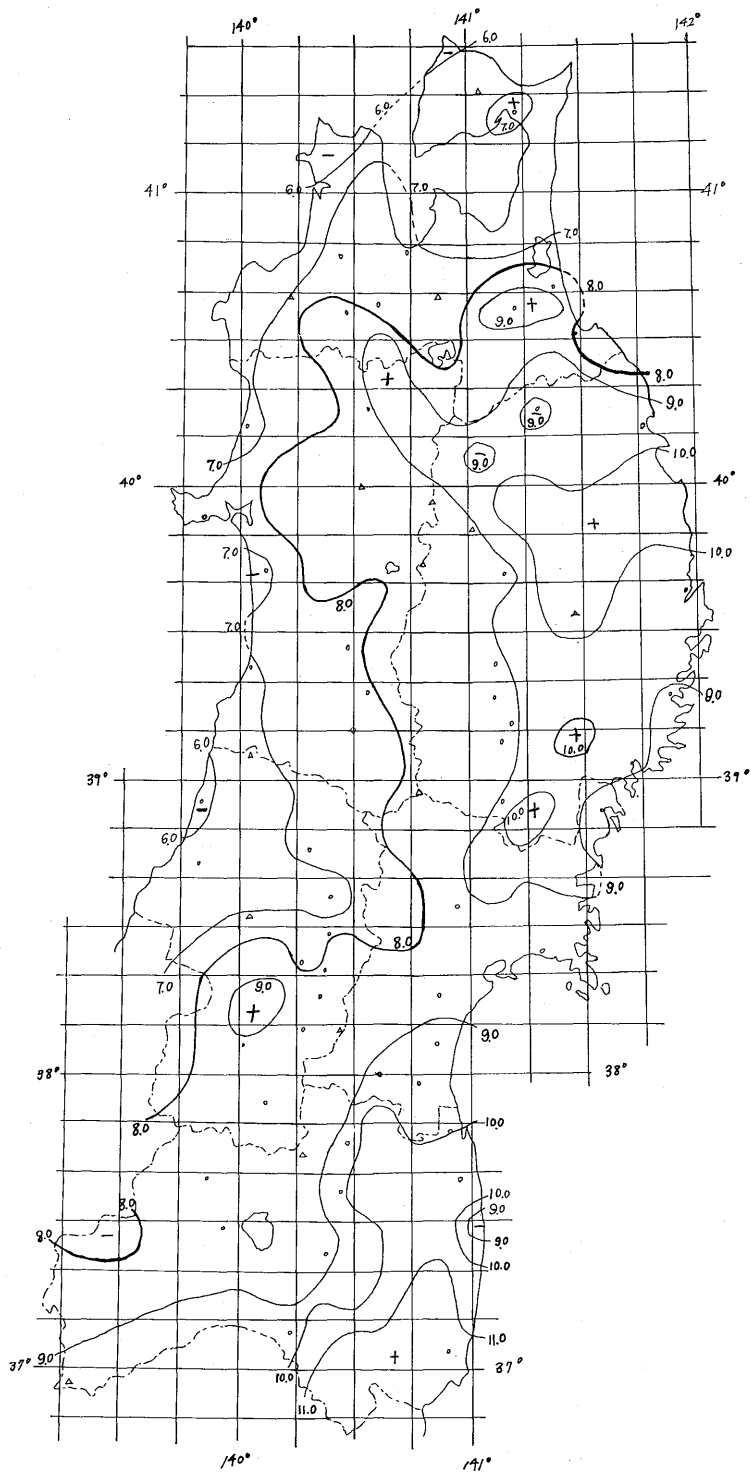


図 4. 12~3月平均気温日較差 (1931~60年)



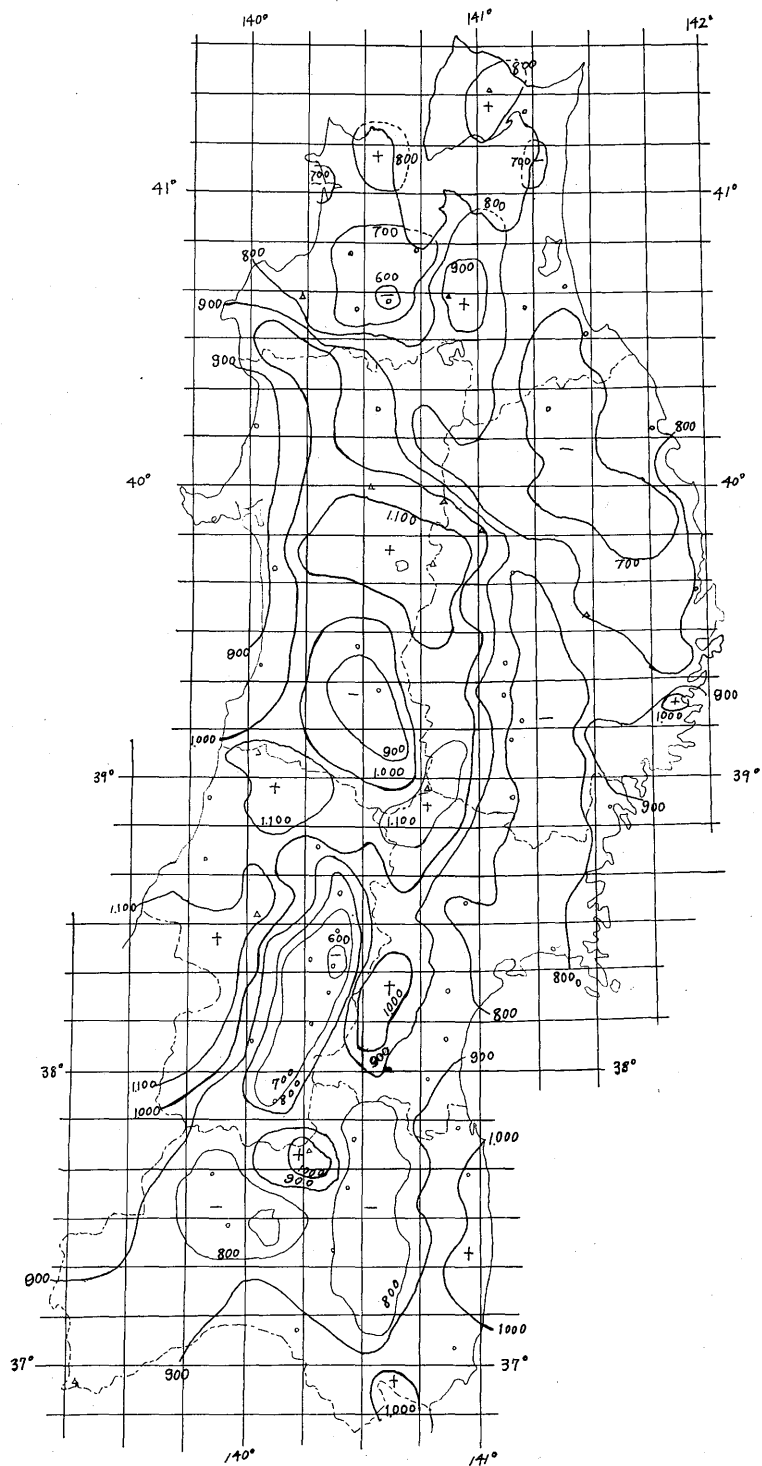


図 5. 5~10月降水量(1961~70年)

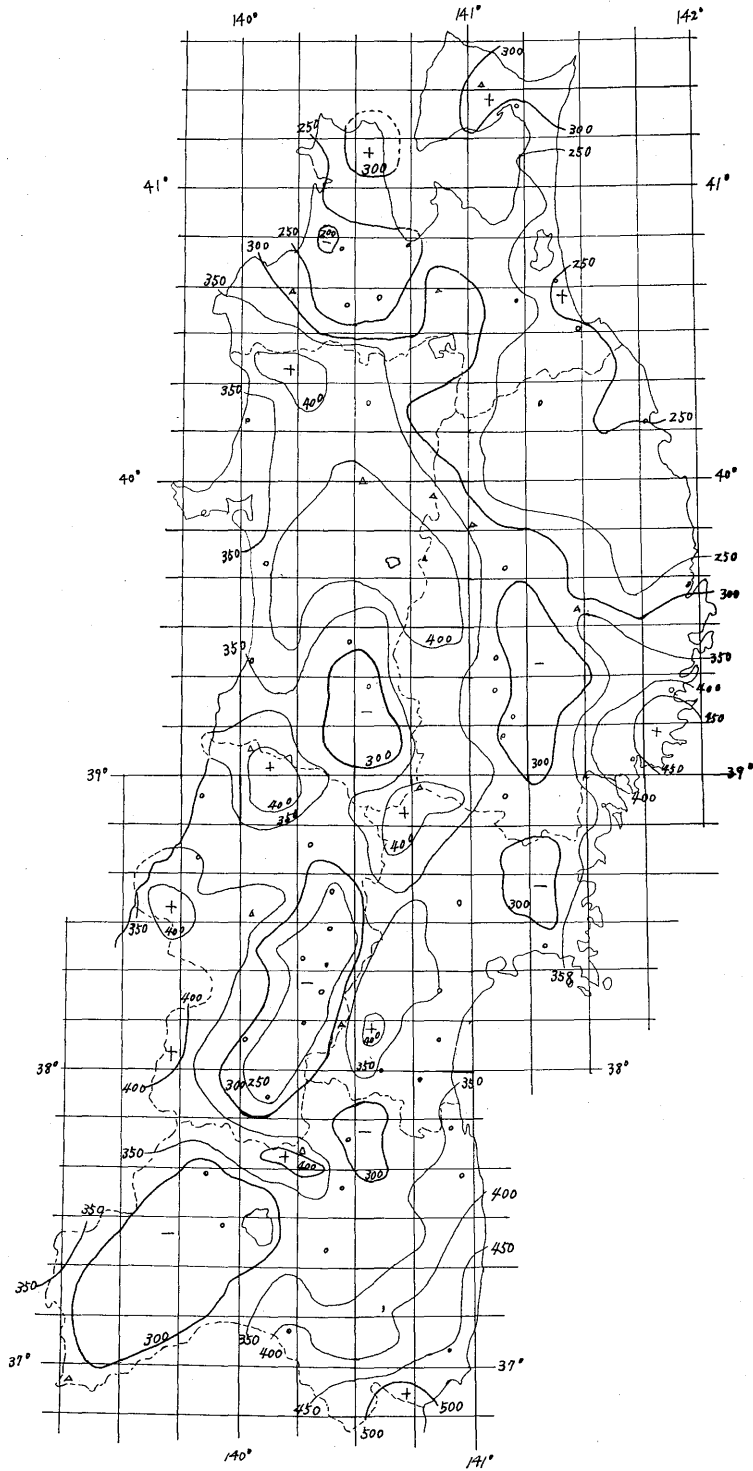


图 6. 4~6 月降水量 (1961~70年)

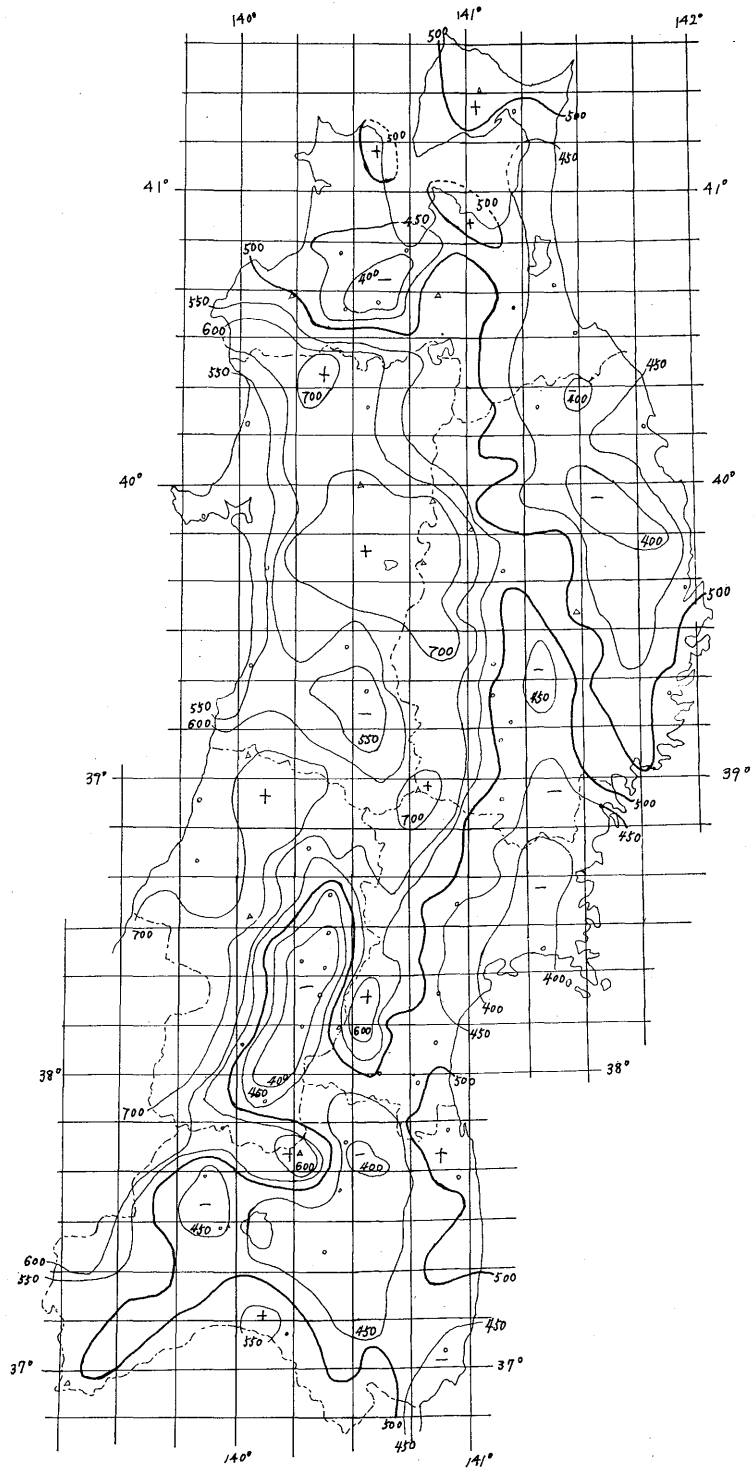


図7. 7~9月降水量(1961~70年)

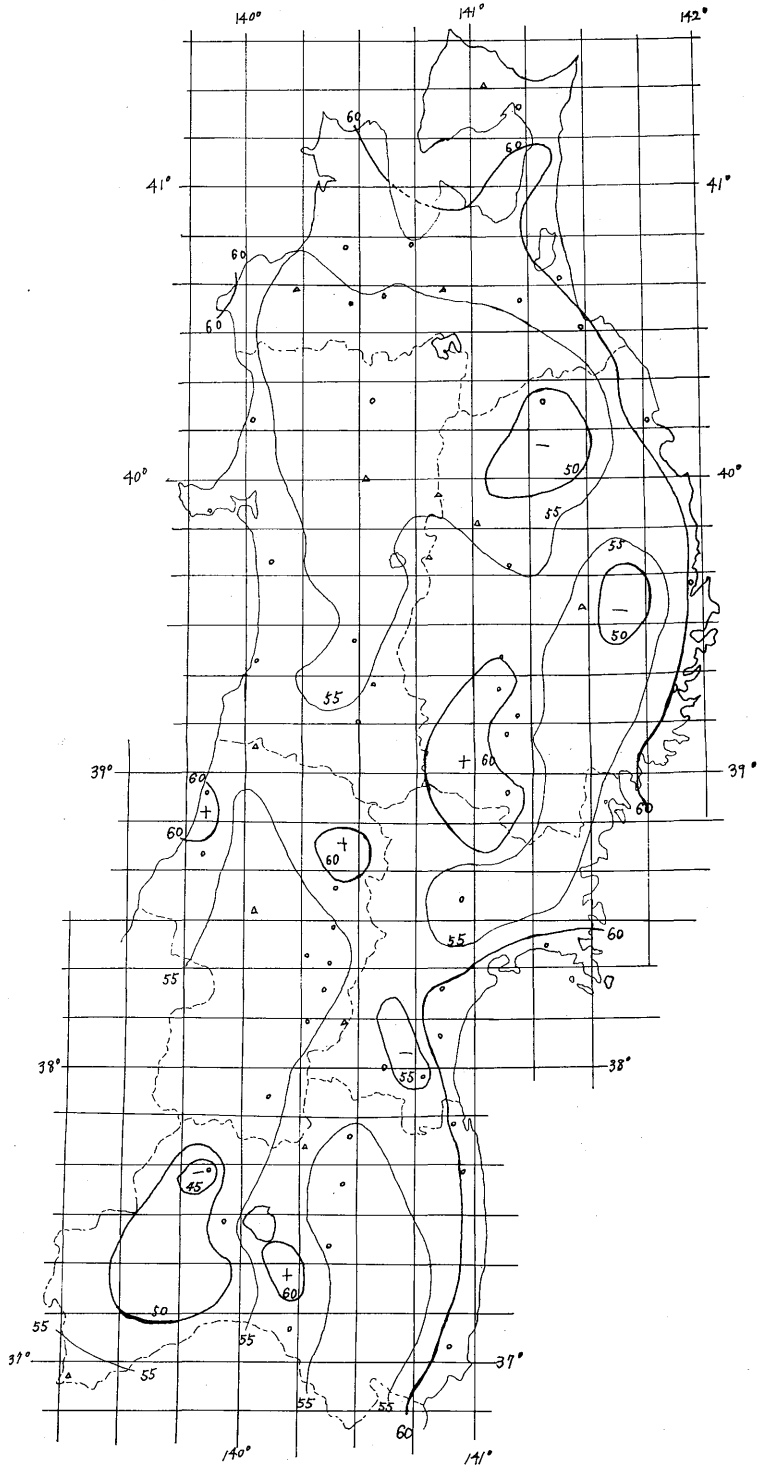


图 8. 5~10月日最小湿度 (1966~70年)

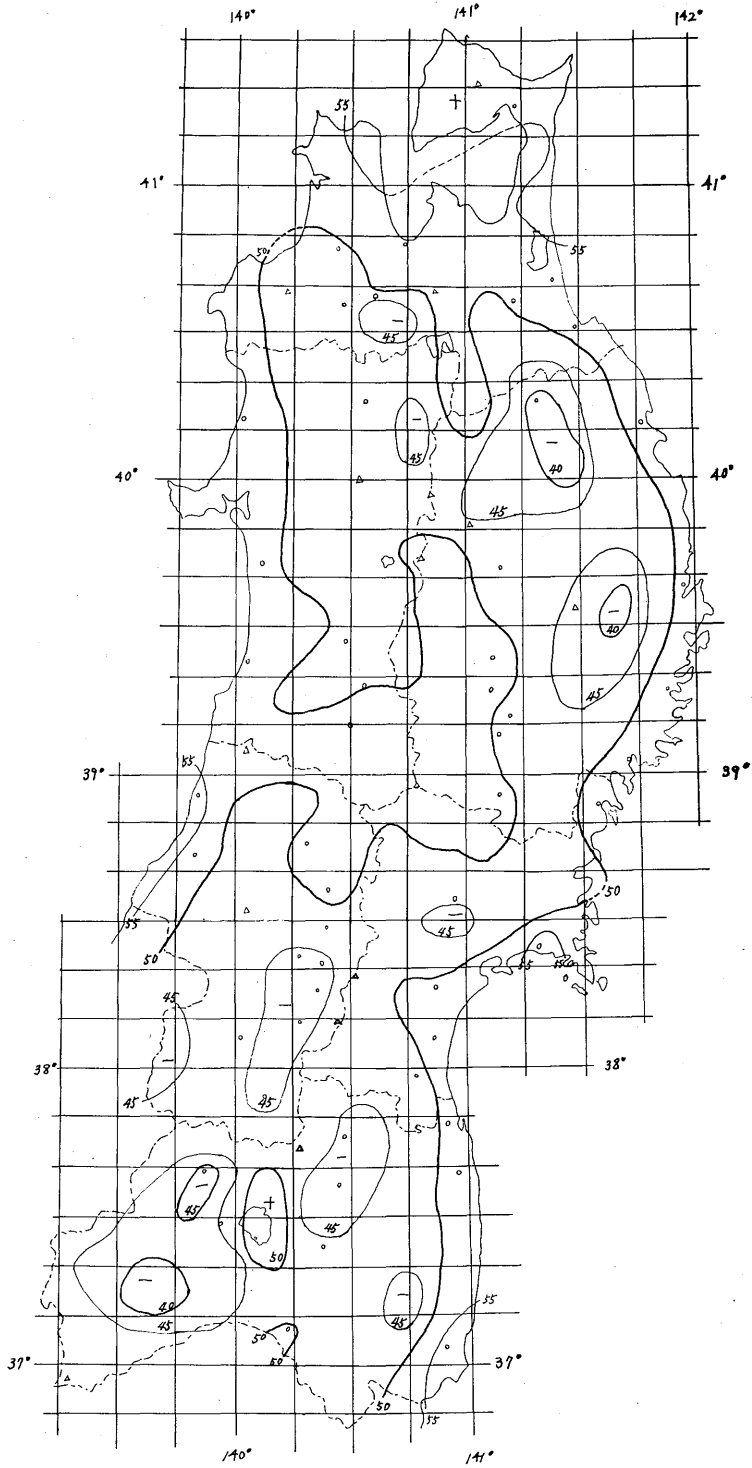


図 9. 4～6月日最小湿度（1966～70年）

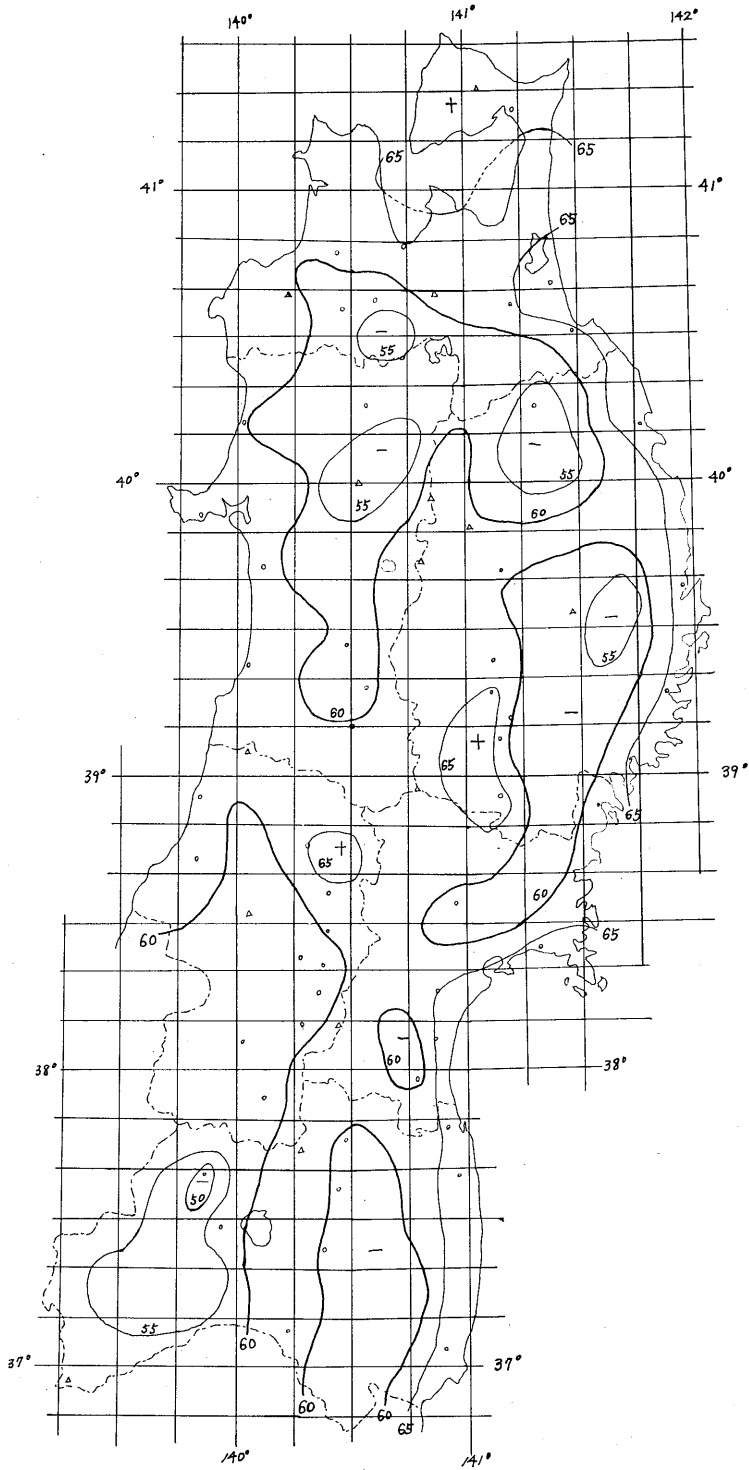


图 10. 7~9月日最小湿度 (1966~70年)

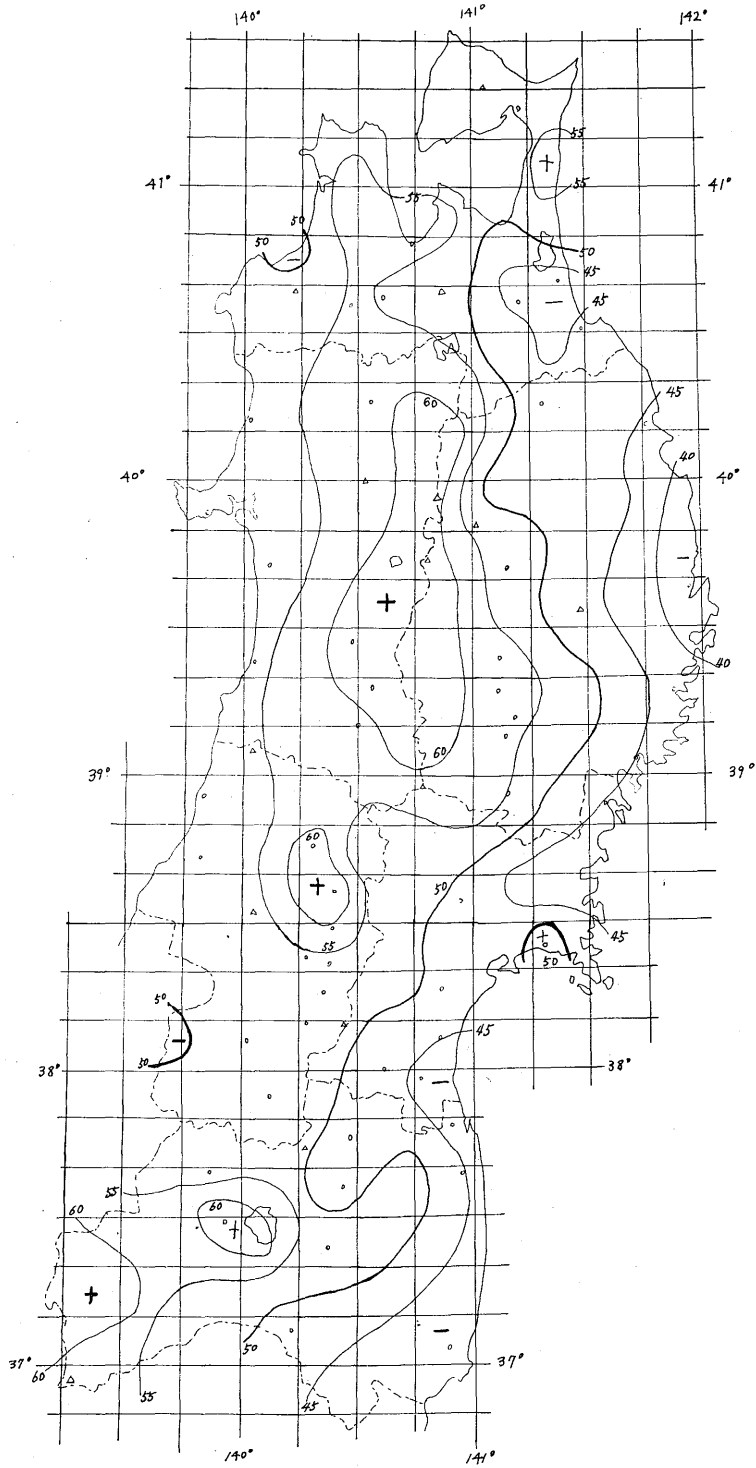


図 11. 12～3月日最小湿度（1966～70年）

なお、湿度は降水量とはまったく相関のないことと（相関係数は4～6月は+0.22, 7～9月は+0.05）、4～6月と7～9月の湿度は相関が高いが（相関係数0.83）、12～3月の湿度はこれらとは相関がないこと（相関係数は+0.03および-0.13）に注意する必要がある。

## 5. 積雪

雪の気候としては初雪、降雪日数、積雪の初終日、積雪日数、根雪の初終日などもあるが、もっとも重要なものは積雪深と根雪期間であろう。すなわち量と時間の2つである。そして積雪深としては、普通1冬期間の最深で代表されている。

ところで、積雪に関する調査は、農業総合研究所積雪地方支所が、その前身である積雪地方農村経済調査所時代の昭和9年から、主として積雪地方の小学校（戦後は新制中学を含む）に依頼して行ってきた。この調査は山間部の資料も多く、ほかに例をみない大規模なものである。

図12および図13に示した分布図は、この調査のうち、資料の整っている戦前10か年分を取りまとめ、これに気象庁関係の資料も加えて、20数年前筆者が作成したものである。資料は古いが、相対的には今も変わらないし、観測地点の多いことから、これ以上の分布図は作成できない。その地点数は約7,000か所で、東北地方だけでも2,000か所以上ある。

作成にあたり留意した点は、欠測年のある地点はそのまま平均値を用いず、付近と比較して欠測年の値を推定して補正したことである。さらに単に機械的ではなく、特異なデータ（専門家による観測ではないので、明らかに間違ったものもあり、観測場所が適切でないための誤差もある）や地形などを考慮し、妥当と思われるコンターを描いた。

なお、山地の資料はやはりほとんどないため、これについては別に考える必要がある。積雪も雨と同じく、一般に標高が高くなれば多くなるが、雨以上に斜面方位や局地的な地形に影響されやすい。これはいったん積もった雪が風によって移動したり、日射の影響で融け方も違うからである。そして局地的にみれば、凹所の風の弱いところほど多く積もる。しかし、マクロ的にみれば標高とはほぼ直線的な関係にあり、これまでの山地積雪の調査結果では、10～100 cm/100 m とかなりの幅があるが、東北地方では30～50 cm/100 m の増加率のところが多い。

## 6. 気候地域区分

以上の気候図は、各要素別のものであるが、このほかに2要素以上を組み合わせた気候図がある。普通気温と降水量を組み合わせたものが多いが、対象面積が広く、かなりあらい気候図である。

筆者は上に述べた各要素（暖候期の降水量と湿度は4～6月と7～9月に分けたもの）をもとに、主成分分析の手法を用いて、客観的な気候区分を試みた。このさい求められた3つの主成分も、それぞれ一種の気候図とみなすことができる（図14～16）。そして、この3つの主成分をさらに総合し、これまでのものよりくわしく、しかも多くの要素を採り入れた気候区分図を作成した（図17）。

ところで各主成分は、それぞれに採り入れられた要素のウエイトにより、特別な意味を持っている。すなわち、第1主成分は根雪期間、最深積雪、12～3月湿度、12～3月平均気温の順にウエイトが高く、主として冬期の気候条件の総合されたものである。そしてプラスの値が大きいところは、多雪、多湿、寒冷の裏日本型の気候であることを示す。これに対してマイナスの値の大きいところは反対に、表日本型の気候であるということになる。つぎに、第2主成分は暖候期の要素のうち、主として湿度と気温の情報の総合されたもので、プラスの値の大きいところは、暖候期に低温で日較差が小さく、多湿であることを示



す。また第3主成分は、暖候期の降水量のほか、暖候期と冬期の気温からも情報が採られており、プラスの値の大きいところは、暖候期(とくに春)に雨が多く、年平均気温も高いということを示している。

図17は、これら3つの主成分の組合せを14群の気候型に分け、さらにここで採り入れなかった冬期の風、天気日数、日照時間なども考慮して、21の地域に区分したものである。また太線はこれらをくくって単純化し、9つの地帯に中区分したものである。以下21の地域について、その気候の特徴を記す。

1. 冬期やや低温、やや少雪で気温日較差も小。暖候期はとくに低温で気温日較差も小さく、湿度はきわめて高い。
2. 冬期多雪、低温、やや湿潤。暖候期は湿潤であるが雨はやや少なく、とくに低温。
3. 冬期やや低温で少雪、風強く晴天少なし。暖候期もやや低温、湿潤であるが、雨はそれほど多くはない。
4. 冬期温暖で少雪、風強く曇天多し。暖候期も温暖であるが、雨多く湿潤。
5. 冬期多雪、低温で湿潤。暖候期はやや低温で雨多く、湿潤。
6. 冬期多雪、低温で湿潤。暖候期も低温であるが雨少なく、気温日較差大。
7. 冬期やや多雪でやや湿潤。暖候期もやや雨多く、やや湿潤。
8. 冬期多雪、やや低温で湿潤。暖候期は雨やや少なく、気温日較差大。
9. 冬期きわめて多雪、湿潤であるが温暖。暖候期も温暖、多雨であるが、気温日較差はやや大。
10. 冬期やや多雪であるが中心部は少なく、温暖で湿度はやや高い。暖候期も温暖で雨少なく、湿度も低く気温日較差大。
11. 冬期多雪、湿潤であるが温暖。暖候期も温暖で気温日較差大、雨は多いがそれほど多湿ではない。
12. 冬期は多雪ではないが、低温で湿度も低い。暖候期は雨少なく、湿度も低くまた気温日較差大。
13. 上の12地域と似ているが冬期少雪、暖候期にはとくに雨少なく、湿度も低い地域。
14. 冬期少雪で低温、湿度もやや低い。暖候期は湿潤であるが、雨はやや少なく、気温日較差大。
15. 冬期小雪でやや低温、やや湿潤。暖候期は雨はそれほど多くはないが、湿度はやや高い。
16. 冬期きわめて少雪でやや温暖、湿度は低い。暖候期は雨少なく、湿度もやや低い。
17. 冬期少雪、温暖で湿度はやや低い。暖候期も温暖で雨少なく、湿度もやや低く、気温日較差大。
18. 暖候期とくに雨少なく、湿度が低いほか上の17地域と同じ。
19. 冬期少雪でやや低温、晴天多くとくに湿度が低い。暖候期はヤマセの影響をうけ、とくに低温、多湿であるが、雨は少ない。
20. 冬期きわめて少雪でやや温暖、晴天多く湿度も低い。暖候期はやや低温で、雨はやや多く湿潤。
21. 冬期とくに温暖で雪はほとんど降らず、晴天多く湿度も低い。暖候期も温暖であるが、雨多く湿潤。

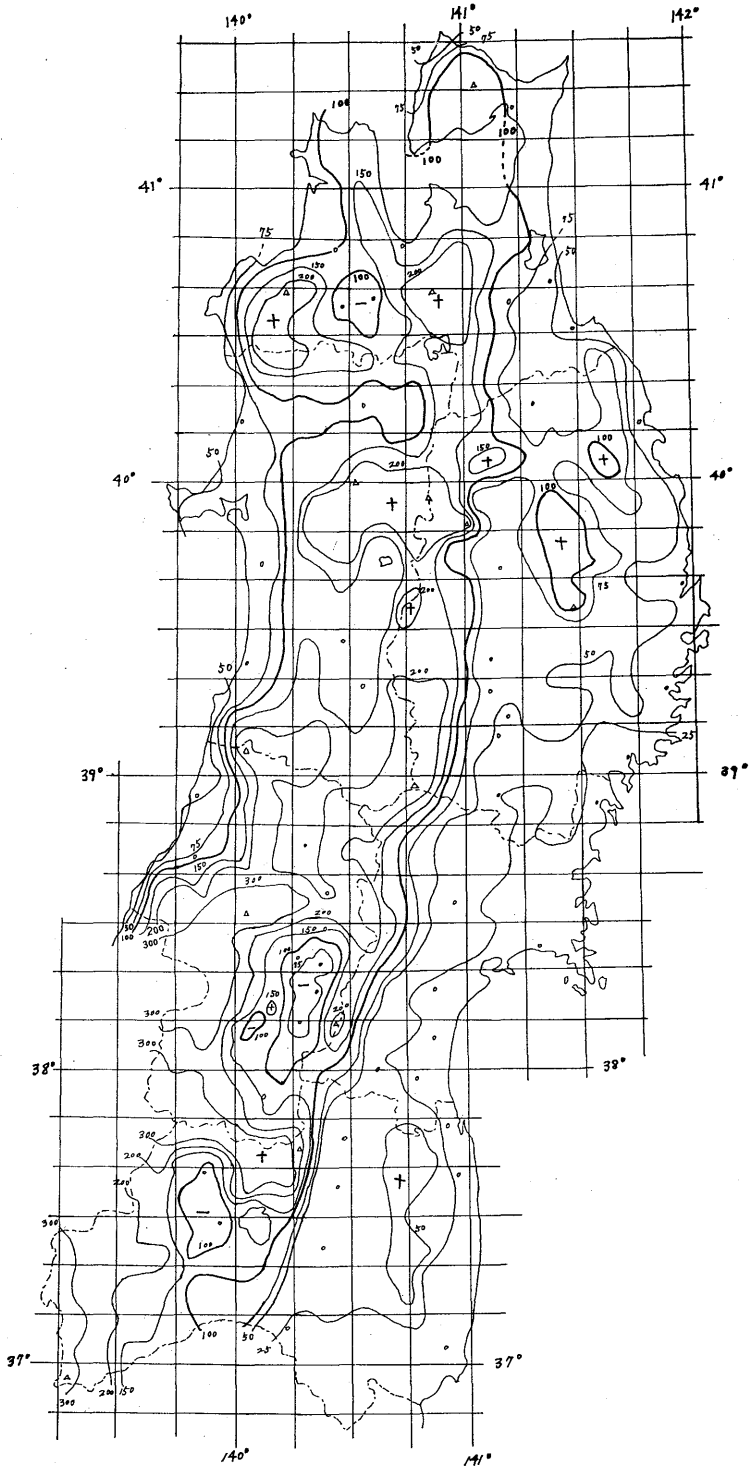


图 12. 最深積雪 (1935~44年)

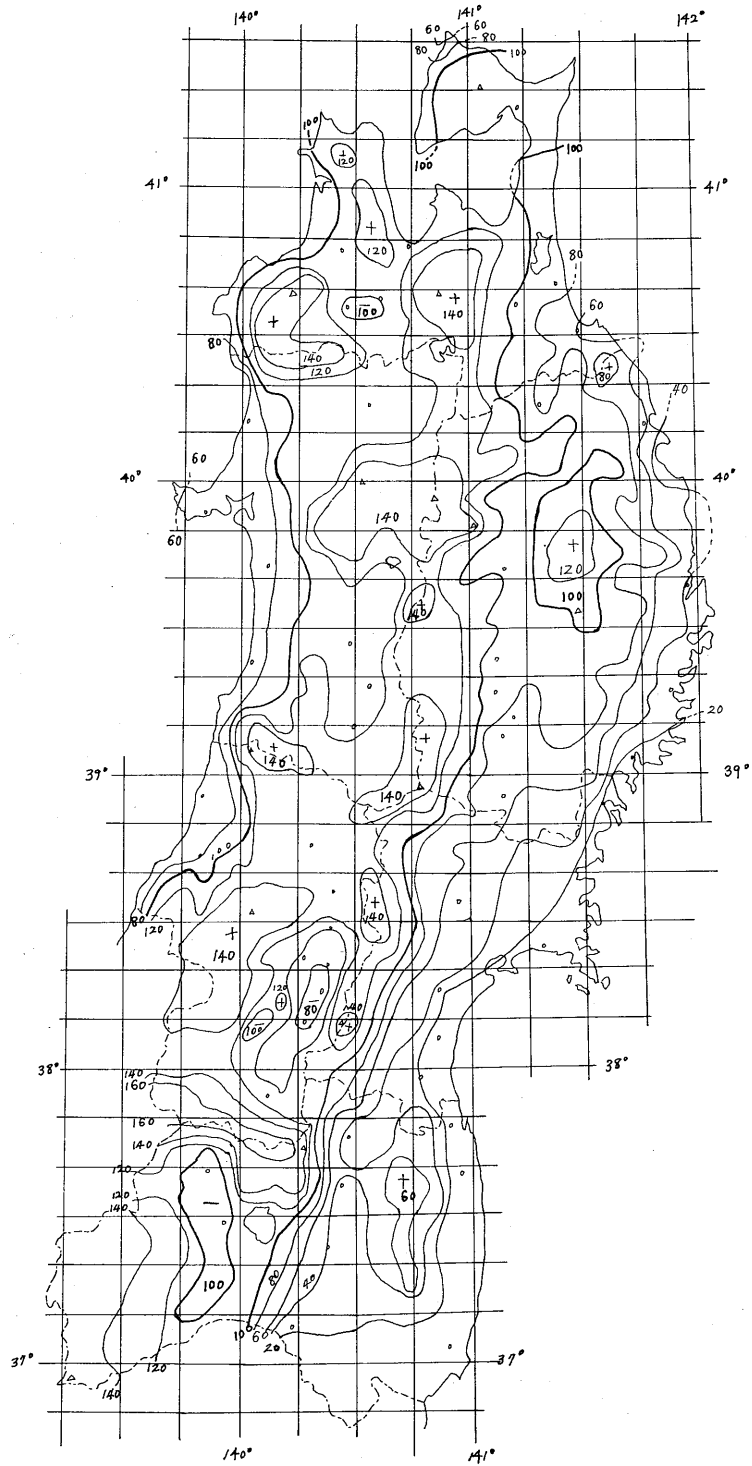


図 13. 根雪期間 (1935~44年)

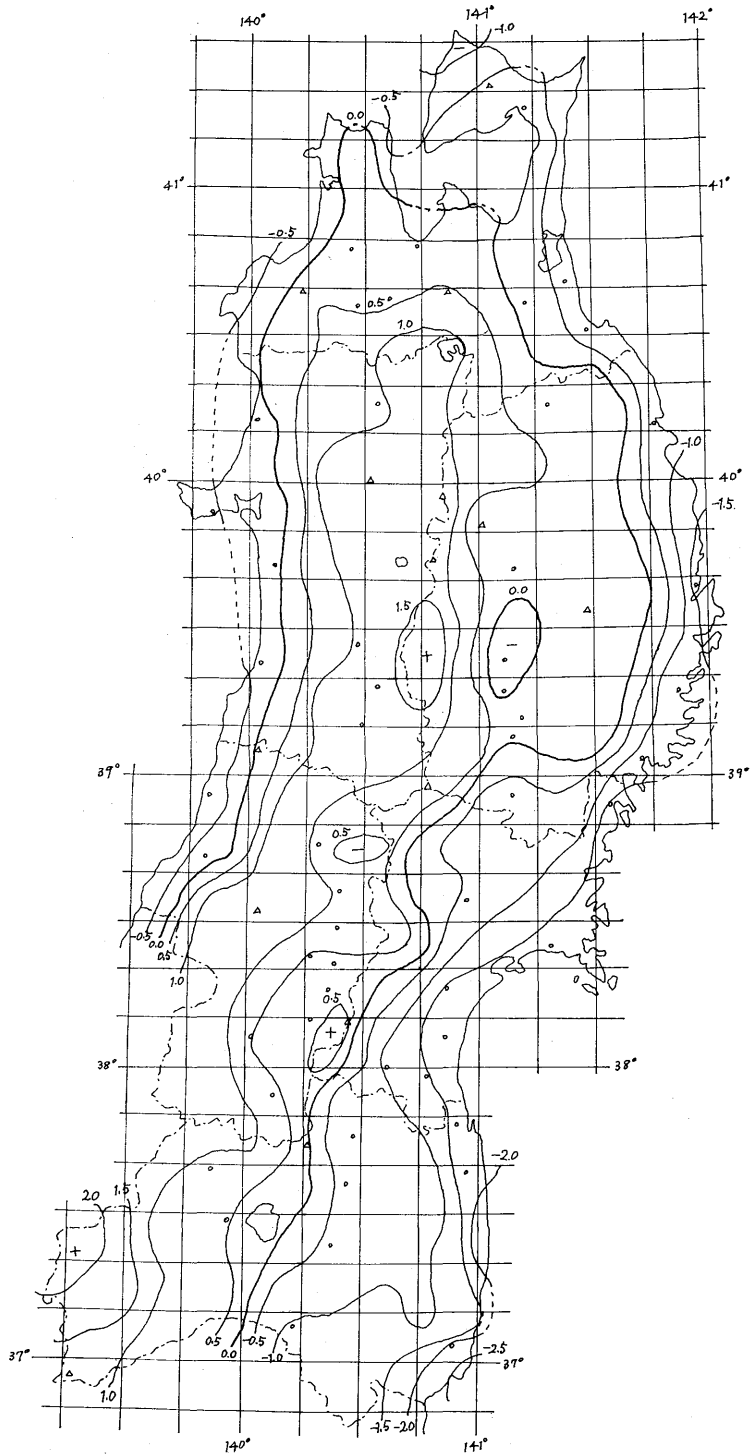


図 14. 第 1 主成分の分布

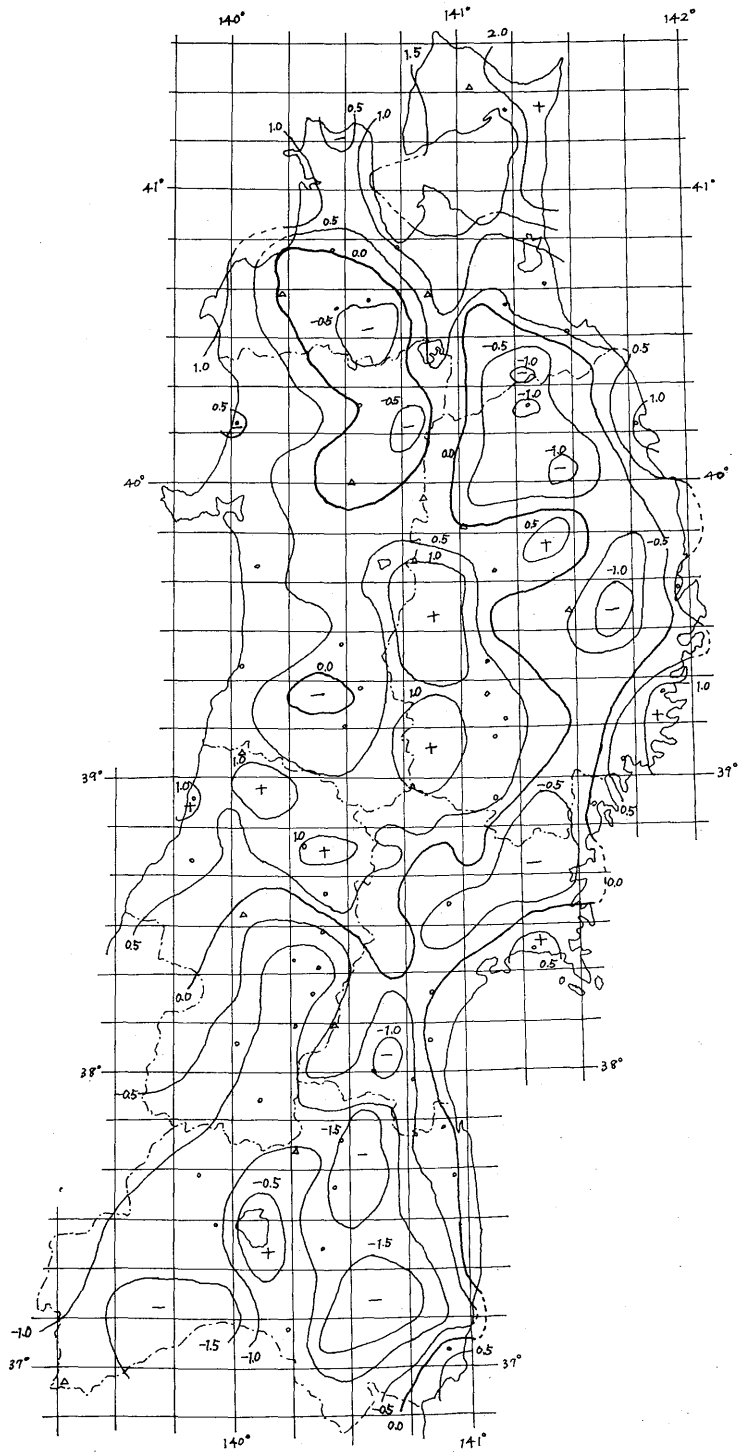


図 15. 第 2 主成分の分布

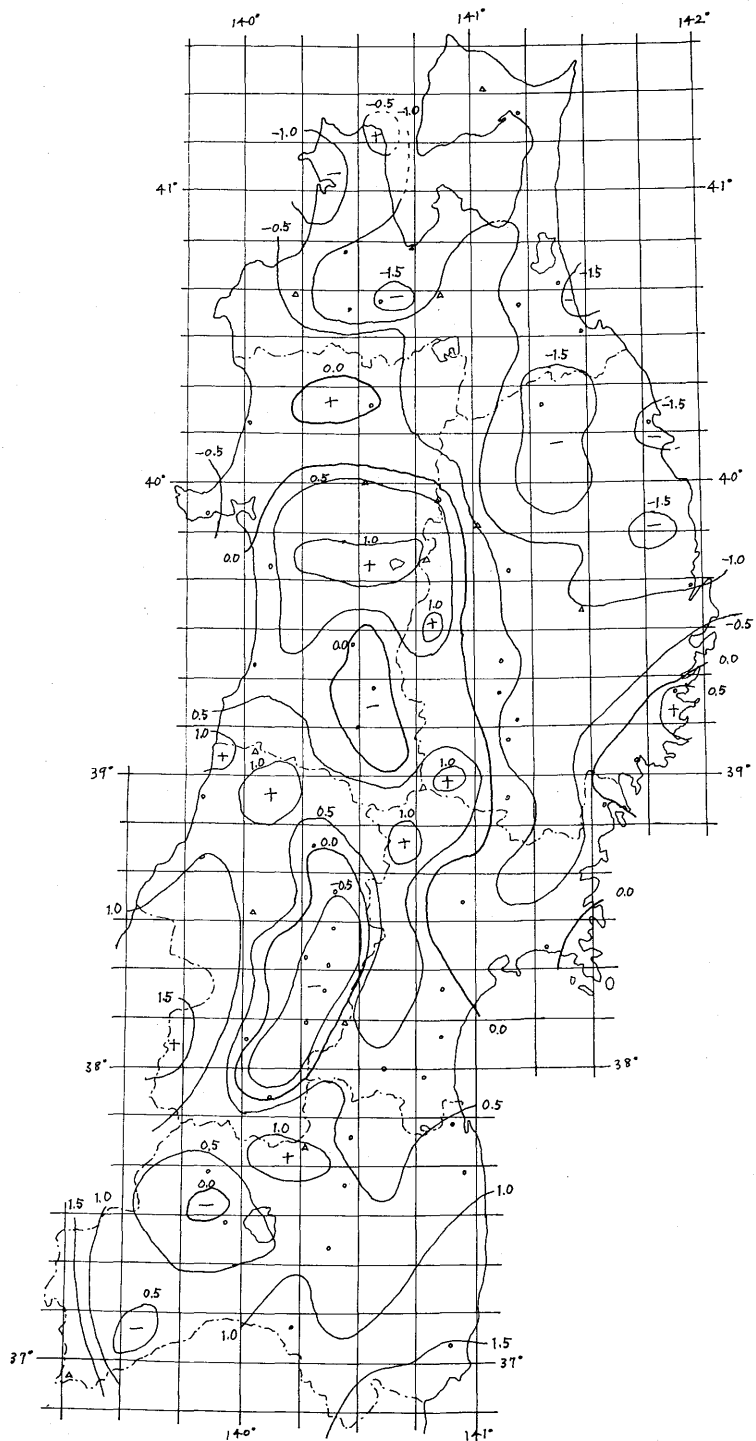


図 16. 第 3 主成分の分布

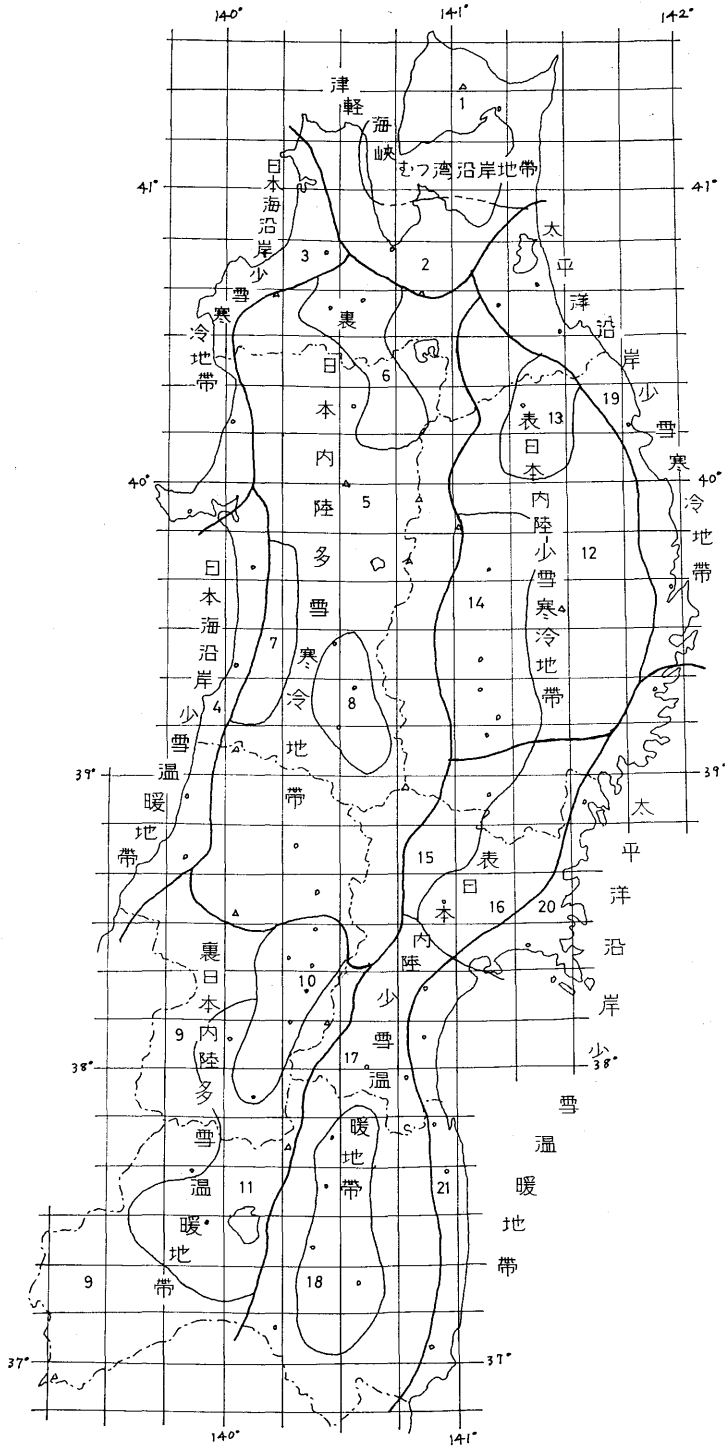


図 17. 気候区分図

### III 温量指数および積算寒度のノモグラフ

温量指数は、月平均気温 5°C 以上の月について、5°C を差し引いた値を合計したものであるが、実測値のない場合は、いちいち各月の平均気温を推定して計算しなくとも、もっと簡単な方法がある。すなわち、温量指数は 5～10月の平均気温と密接な関係にあるので、これを利用するわけである。その関係式はつぎのとおりである。

$$W = 0.657 T_w^{1.672} \dots\dots\dots (1)$$

W: 温量指数 (°),  $T_w$ : 5～10月平均気温

この関係式は山地についてもよく当てはまり、東北地方以外の山地にも適用できる。たとえば富士山の温量指数は0.9°であるが、この式から求めると0.8°であり、霧ヶ峰は34.8°に対し35.1°である(直線回帰式を当てはめても、資料が平たん部に多いため相関はきわめて高いが、山地では大きな誤差を生ずる)。

また積算寒度(月平均気温マイナスの値を合計したものの絶対値)も、12～3月の平均気温と密接な関係にある。その関係式はつぎのとおりである。

$$C = 1.488 |T_c - 1.3|^{1.41} \dots\dots\dots (2)$$

C: 積算寒度 (°),  $T_c$ : 12～3月平均気温, ただし 1.3°C 以下であること (1.3°C 以上ではその値に関係なく積算寒度は 0° である)

この式も東北地方の山地にはもちろん、ほぼ全国的に適用できるようである。

さて、まえに示した図 1 あるいは図 2 から、任意地点の海面基準平均気温を読みとり、これに標高によ

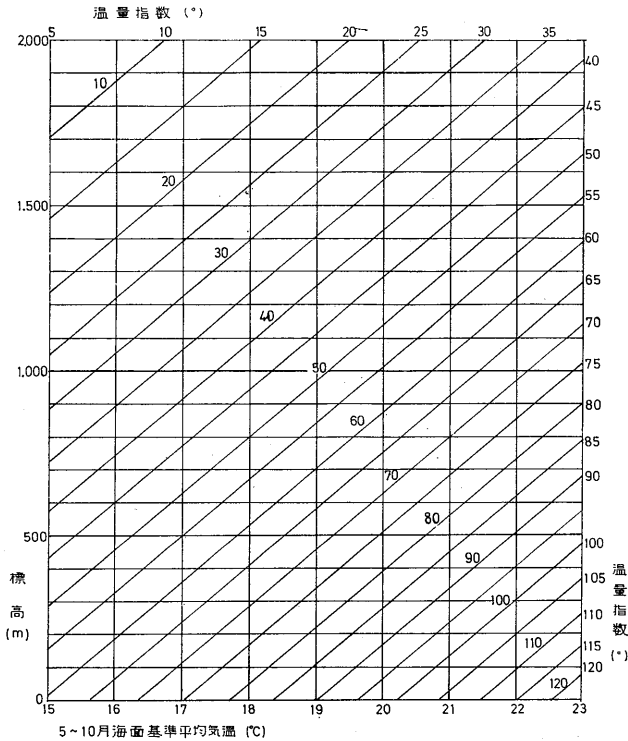


図 18. 温量指数算出ノモグラフ



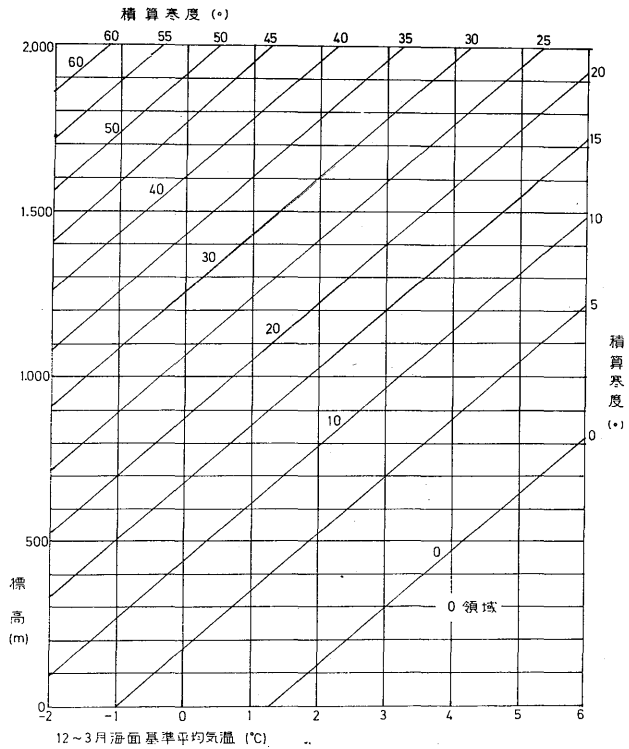


図 19. 積算寒度算出ノモグラフ

るてい減を補正すれば、その地点の平均気温が推定できるので、(1)式あるいは(2)式によって温量指数や積算寒度が求められる。しかし、このような計算は面倒であるので、その地点の海面基準平均気温と標高がわかれば、直ちにこれらが求められるようにしたのが、図18および図19である。

これによれば、5~10月海面基準平均気温 19°C のところでは、温量指数は標高 500m の地点では 73°、1,000 m の地点では 49°、1,500 m の地点では 32° であることが簡単にわかる。また 12~3 月海面基準平均気温が 2°C のところでは、積算寒度は 500 m の地点では 5°、1,000 m の地点では 14.5°、また 100 m 以下の地点はすべて 0° であることがわかる。

なお、このノモグラフは、ある温量指数または積算寒度に対応する標高を求めることもできる。たとえば、温量指数 45° に対応する標高は、5~10月海面基準平均気温 16°C のところでは約 600 m、19°C のところでは約 1,110 m、22°C のところでは約 1,620 m ということになる。同様に、積算寒度 10° に対応する標高は、12~3 月海面基準平均気温 -1°C のところでは約 260 m、1°C のところでは約 610 m、3°C のところでは約 960 m ということになる。

文 献

- 1) 吉良竜夫：日本の森林帯，林業解説シリーズ，17，(1951)
- 2) 小島忠三郎：数量化による寒風害危険地帯区分のころみ（岩手県の例），林試東北支場年報，10，168～184，(1969)
- 3) 小島忠三郎：東北地方における任意地点の平均気温の推定と温量指数および積算寒度，森林立地，12，2，16～24，(1971)
- 4) 小島忠三郎：東北地方における樹木の天然分布と気候要因（I），林試東北支場年報，14，129～137，(1973)
- 5) 小島忠三郎：主成分分析による東北地方の詳細な気候区分，農業気象，29，3，9～16，(1973)
- 6) 吉野正敏：小気候，地人書館，274 pp.，(1961)