

## 北海道冷害の比較気候学的研究

藤原 忠\*・阿部博史・石黒忠之

北海道農業試験場

### An Agrometeorological Research on the Cool Summer Damage in Hokkaido

By T. FUJIWARA\*, H. ABE and T. ISHIGURO

*Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Sapporo*

#### Summary

1. Investigation is made on the cultivation distributions of paddy rice in the Tohoku and Hokkaido districts and of soy and red beans in Hokkaido; in regard to paddy rice is given an outline of the changes found since 1886 in the yield per 10 ares, averaged for Hokkaido, and for the cultivation areas.

2. For the 15 years of cool summer after 1902, maps of the distribution of crop conditions in Hokkaido and some prefectures are drawn by taking the yields of 1964 as the normal yield of 100, and the inter-annual variations in intensity and extent of cool damage and the tendency of remarkable reduction of the damage in recent years are made clear.

3. For latest 4 years of cool summer, 1953, 1954, 1956 and 1964, study is made mainly on the correspondence between the distribution of meteorological elements and the amount of damage, and the results obtained show that the low temperature areas well correspond to the damaged areas, that the years 1953 and 1964 are, though forming a contrast with each other, of a characteristic type from the viewpoint of their locality, and that 1954 and 1956 are years of the most typical weather of cool summer. Further, it is indicated that in 1956 the Tohoku district had no cool summer and Hokkaido was solely damaged for the first time in history.

4. For each of the administrative sections of Hokkaido, study is made on the correlation between the meteorological elements such as mean air temperature, sunshine duration and precipitation, and the crop condition index and yields of paddy rice, soy and red beans, and it is shown that the mean air temperature of the months June, July and August and the sunshine duration of July and August have a rather high, positive correlation with the yields of paddy rice, soy and red beans, and that the yield of soy bean and that of red bean are negatively correlated with the precipitation of June and August. Accordingly, it is known that, although the technical developments in recent years have caused a large increase of yields, the crops are considerably influenced by weather conditions in summer.

5. By a correlation analysis, the linear regression equations of the crop condition index and the yield are derived in terms of the mean air temperature of July and August showing the highest correlation and in terms of the accumulated temperature of the months May to September, which has so far been regarded as important in consideration of locations for rice culture.

6. From the linear regression equations of the yields of paddy rice in terms of the mean air temperatures of July and August, the critical temperatures for giving mean yields of 150 and 300kg per 10 ares are determined, and the probability that the mean air temperatures of July and August in various

---

\* 本論文についての質疑応答担当者 (The person in charge of answering the questions about this paper)

administrative sections of Hokkaido become lower than their critical values, respectively, are also determined, and thus, the ratio of risk regarding cool summer damage for respective regions of Hokkaido is estimated.

In somewhat modified manners some estimations of dangerous regions from the isopleths of the variation coefficient of yield and the normal yield per 10 ares for various municipalities have been attempted, and each of the estimation methods indicates the administrative sections Abashiri and Tokachi as dangerous regions of cool summer damage.

7. For the purpose of establishing a standard for protection against frost damage in inland regions of Hokkaido, calculation is made to determine respectively  $M-F$  and  $M-2F$  for the date of last frost,  $M+F$  and  $M+2F$  for the date of first frost, and  $M-F$  and  $M-2F$  for the lowest extreme of minimum air temperature in the 5-day periods of expected first frost: 5th and 6th pentades of September, and 1st and 2nd pentades of October. ( $M$ : average,  $F$ : probable error.)

## 目 次

1. はしがき	4	3.2 気象条件による冷害被害量の推定	11
2. 調査方法	4	3.2.1 気象条件と作況指数および	
3. 調査結果および考察	6	収量との相関々係	11
3.1 既往冷害年の気象要素の分布と		3.2.2 地帯別冷害危険度の推定	27
被害量の対応関係	6	3.3 霜についての二、三の統計的考察	29
3.1.1 水稲及び大、小豆の作付面積の		3.3.1 霜の初、終日の統計	29
分布と水稲10a当りの収量の推移	6	3.3.2 初霜期の最低気温強度の統計	30
3.1.2 明治35年以降の冷害年の		参考文献	31
作況分布の概観	8		
3.1.3 昭和28, 29, 31および39年の			
気象要素の分布と被害量の対応関係	9		

### 1. はしがき

自然は一定の秩序と法則のもとに運行しており、故意に人間に対して妨害的に働いているとは考えられない。何年かに1~2年、その被害をたくましくする冷害気象についてもこの例外ではあるまい。残念ながら、現在の気象学の知識では、まだ複雑な冷害気象の内容まで立ち入った完全な予知は困難のようである。

このような段階において、既往冷害についての知識を総合整理しておくことは、将来の冷害に対処するため意義の深いものがあると考えられる。

たまたま、昭和39年の北海道冷害に遭遇して、前記のような意図のもとに若干の農業気象的調査を行なうことが出来たので、とりあえず報告して参考に供したい。しかし、何分緊急の調査で、報告の内容も定性的な解析の範囲に止まったが、幸い各種の資料を収集できたので、将来機会を得てさらに補足したいと考えている。

なお、本調査研究は、科学技術庁の特別研究促進調整

費によって行なわれたもので、いろいろその労をとられた科学技術庁国立防災科学技術センターに対し、心から感謝の意を表したい。

資料の提供については、札幌管区気象台、農林省統計調査事務所をはじめ、各機関のお世話になり、またこの研究を進めるに当って、農業技術研究所気象科長三原義秋博士、同物理第一研究室長小沢行雄博士（現防災科学技術センター異常気候防災研究室長）および国立防災科学技術センター異常気候防災研究室長井上新一技官（現農林省関東農政局開墾建設課長）に御助言と示唆をうけた、ここに記して衷心より謝意を表する。

### 2. 調査方法

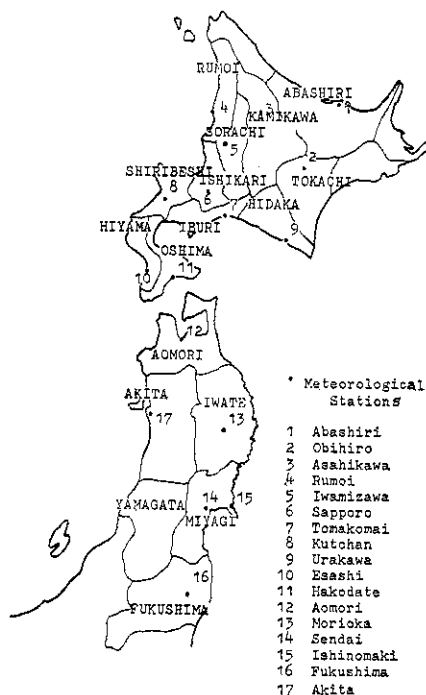
#### 2.1 作付面積の分布と収量推移の概観

本調査研究においては、水稲冷害を中心にとりまとめたが、一部気象条件と収量との相関々係の調査には、大小豆も含まれているので、最初に水稲および大、小豆の作付面積の分布と収量の推移についても簡単な調査を行

なった。作付面積については、昭和39年度の農林統計によって図示してある。

### 2.2 気象要素の分布と被害量の対応関係

この項は、東北、北海道における冷害被害と気象要素の分布との対応関係、および冷害年の年次間、地域間の被害の比較に重点をおいた。なお被害あるいは作況分布図は支庁別、県別平均で整理したので、支庁、県の区分図を図一に示した。



図一 支庁別、県別の区分と使用した気象官署  
Map of the prefectures and provinces and of the locations of meteorological stations whose data are used.

まず、明治35年以降の15冷害年について、昭和39年の平均収量を100としての指数分布図を作成し、各年次の被害分布を概観するとともに、併せて各冷害年次の7、8月平均気温の低温の度合いについて調べた。

この項のねらいである気象要素の分布と被害量の関係については、冷害気象からみても特徴のある昭和28、29、31、39年の最近の冷害年をとりあげ、東北、北海道における各冷害年次の被害率の分布図(100—作況指数)と、冷害被害に最も影響の大きい7月および8月の平均気温と日照率の偏差図とを比較考察した。また前記冷害年の農期間の気温、日照時間の推移についても比較調査した。

### 2.3 気象条件による冷害被害量の推定

この調査は北海道の支庁別について行った。

最初に、どの時期のいずれの気象要素が最も被害率に大きな影響を持つかを明らかにするため、各種気象条件と作況指数および収量(大、小豆は収量のみ)との相関係数を、昭和25年~39年の15年間のデータについて算出した。気象要素としては、平均気温、日照時間および降水量(降水量は大、小豆のみ)を用い、いずれの要素についても、月、旬について扱った。平均気温については、さらに7、8月の平均気温および5~9月の積算気温についても調査した。つぎに以上の相関解析の結果、最も高い相関係数を示した月の平均気温と従来からも稲作立地上重要視されている5~9月の積算気温については作況指数および収量との相関図と一次の回帰式を求め、気温の高低による作況指数および収量の変動の度合を明かにした。

相関係数の調査に使用した気象官署は表一のとおりである。

つぎに、7、8月平均気温および5~9月の積算気温に対する水稲収量の一次の回帰式から、各支庁の10a当り収量が150kg及び300kgとなる限界温度を求め、各地の月平均気温および積算気温が限界温度以下となる発現頻度から、支庁別の冷害の危険度を推定した。

またこの調査に付随して、市町村別10a当り収量の変異係数や平均収量をもとにして危険地帯区分も試みた。

表一 収量と気象要素との相関関係および霜の統計調査に使用した気象官署

Meteorological stations whose data are used for calculation of correlation coefficients between yields and meteorological elements and for investigation on frost days.

支 庁	気 象 官 署	所 在 地
石 狩	札幌管区気象台*	札幌市
空 知	岩見沢測候所	岩見沢市
上 川	旭川地方気象台*	旭川市
留 萌	留萌測候所	留萌市
後 志	俱知安測候所	俱知安町
檜 山	江差測候所	江差町
渡 島	函館海洋気象台*	函館市
胆 振	苫小牧測候所	苫小牧市
日 高	浦河測候所	浦河町
十 勝	帯広測候所*	帯広市
網 走	網走地方気象台	網走市

(注) \* 印は霜の調査に使用したところ

2.4 霜についての二、三の統計的考察

最後に昭和39年の秋の大霜害に鑑み、参考までに、北海道の内陸地帯を対象に霜の初、終日および9月第5、6半旬、10月第1、2半旬の最低気温の強度について、2、3の統計的調査を行った。

即ち初霜日についてはM-FとM-2Fを、終霜日についてはM+FとM+2Fを、また最低気温の強度についてもM-FとM-2Fを算出した。ここにMは累年平均を示し、Fは確率誤差を示す。

なお統計年次は明治26年より昭和39年の72年間であり調査場所は函館、札幌、旭川および帯広である。

3. 調査結果および考察

3.1 既往冷害年の気象要素の分布と被害量の対応関係

3.1.1 水稲および大、小豆の作付面積の分布と水稲10a当り収量の推移

まず、気象要素の分布と被害量との対応関係を考察す

る前に、昭和39年現在の東北、北海道における水稲の作付分布状況をみると東北各県では、ほぼ同じような密度で分布しているが北海道の水稲の作付年は空知、上川、石狩の3支庁に大部分集中して栽培されている。従って北海道の水稲平均収量は、これらの地帯の収量に大きく支配されることになる。

また北海道では大豆は十勝支庁に集中して作付されており、一方小豆は十勝、網走及び上川の3支庁に比較的多く作付されている。従って大、小豆の北海道の平均収量はこれらの作付の多い地帯の収量変動に大きく影響されることになる。

つぎに、既往の冷害年次や水稲収量の長期的な増収傾向をみるため、統計資料の得られる明治19年以降の北海道平均の10a当り収量の推移をみると図-2のようであり、変動は大きいが、昭和32年以降は著しい増収傾向を示しており、普通天候年には、ほぼ全国平均収量に追いついていることがわかる。また作付面積も22万haをこえ

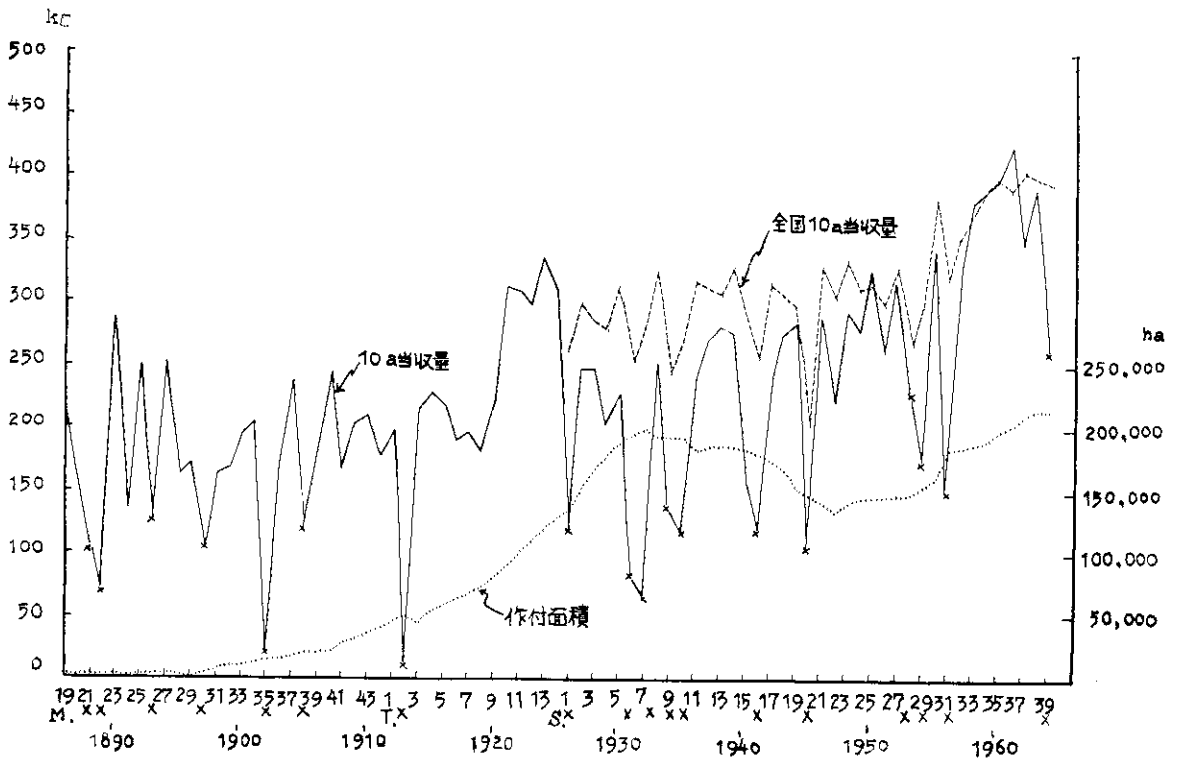
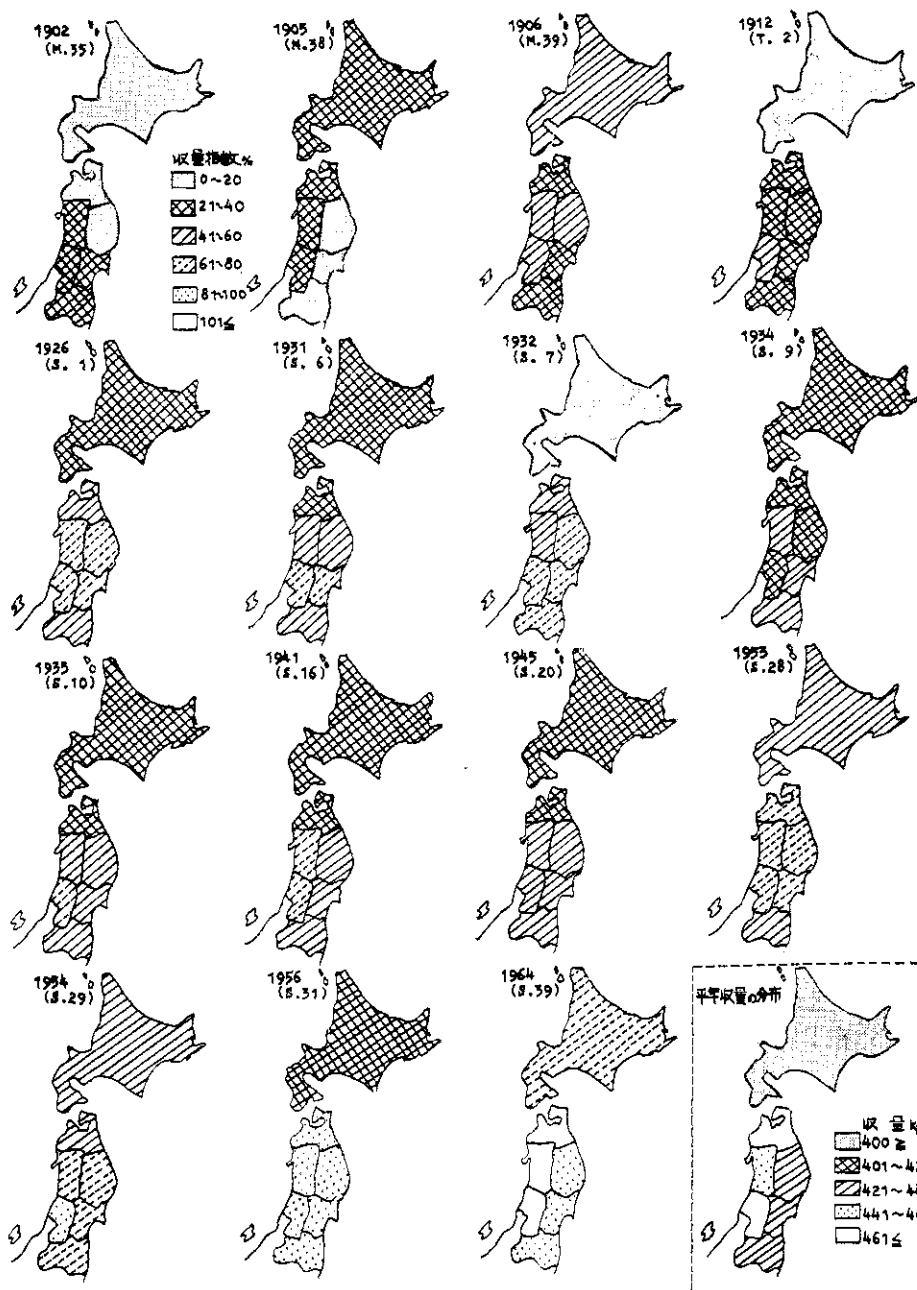


図-2 北海道における水稲10a当りの収量および作付面積の推移 (× 冷害年)  
Transition of rice plant yield per 10 ares and rice culture acreage in Hokkaido, years of cool summer damage being marked with ×.



図一3 昭和39年の平均収量を100とした場合の既往冷害年の収量指数の分布図(%)

Distribution of rice plant yield ratio (in %) in the past years of cool summer damage, the yearly mean yield of 1964 being taken as the normal and at 100.

今や県単位では全国一の米の生産地となっているわけである。

つぎに10 a 当りの収量の推移からみて、極端に収量の

低下しているのは、殆ど冷害によるものであるが、昭和22年以前の冷害年の収量に比べ、戦後の冷害年は、一般にかなり高い収量を示していることもわかる。冷害気象

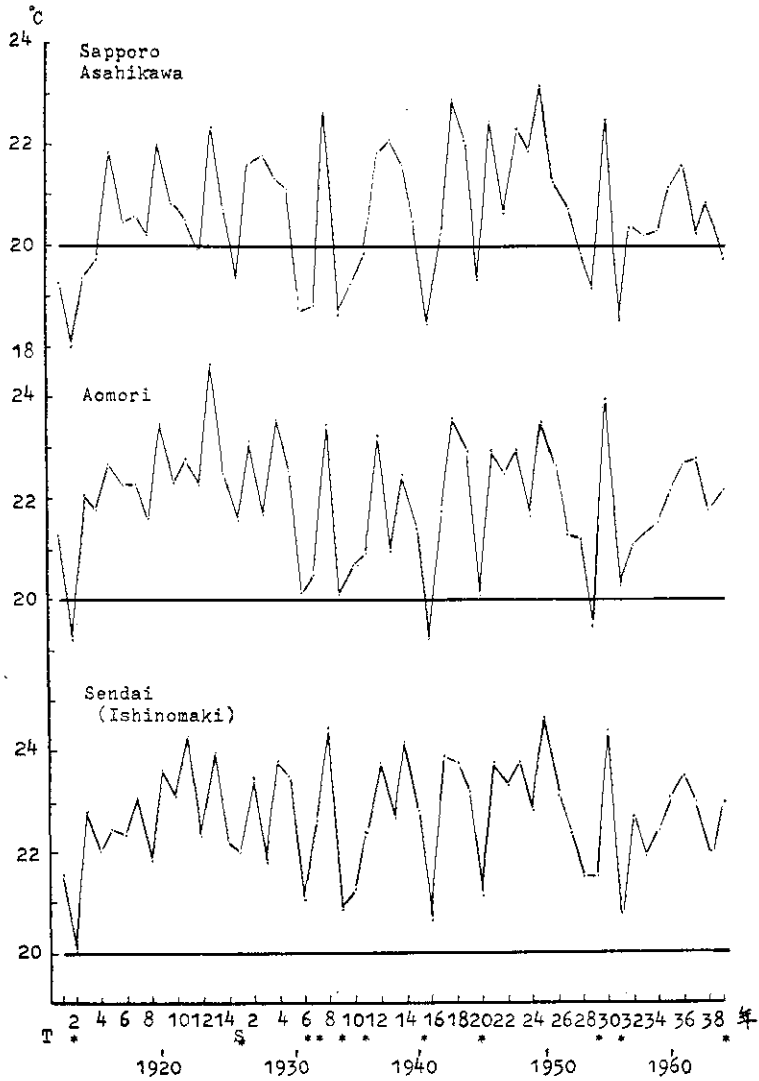


図-4 札幌・旭川平均と青森および仙台(石巻)の7-8月平均気温の推移(大1~昭39, \* 冷害年)

Transition of July-August mean air temperature for the years from 1912 to 1964 at Sapporo, Asahikawa, Aomori and Sendai (Ishinomaki), years of cool summer damage being marked with \*.

は年により異なるから厳密には比較はできないが、長期的な傾向からみて、最近の冷害年の収量は著しく高まっていることがうかがわれる。

### 3.1.2 明治35年以降の冷害年の作況分布の概観

この項では明治35年以降の冷害年である明治35, 38, 大正2, 昭和1, 6, 7, 9, 10, 16, 20, 28, 29, 31 および39年の15冷害年をとりだし、冷害の地域性や冷害

克服の過程を概観しようとした。

古い冷害年次については、同一基準での作況指数が揃わないこと、また冷害が技術的に次第に克服されてきている過程をみたいとも考え、昭和39年の道、県別平年収量を100とした指数で、各冷害年の作柄を表示してみた。

その結果は図-3に示すようで、北海道及び東北地方

ともに、長期的にみると著しく冷害年の収量は高まってきたことがわかるが、とくに東北地方においてこの傾向は顕著である。

また冷害の被害は、一般に北海道が最も著しく、青森がこれについているが、年次によりさらに南の県で比較的被害の大きいような特殊な冷害年次も（明治38, 39, 昭和28年など）みられる。

つぎに、各冷害年の低温強度を東北と北海道の比較において一覧したいと考え、その一つの指標に大正元年以降の7, 8月平均気温の推移を図-4に示した。この図からも分るように、北海道の冷害年には、7, 8月平均気温が $20^{\circ}\text{C}$ 以下となるのが普通であるが、青森では $21^{\circ}\text{C}$ 前後で、 $20^{\circ}\text{C}$ を割ることはごく稀であり、さらに仙台では、 $21^{\circ}\text{C}$ を割ることは稀となる。即ち北ほど低温強度が著しく強まっていることがわかる。従って、昭和31年の東北地方では、殆んど冷害被害が解消されたと考えられるが、このことは換言すれば、北日本における稲作技術の進歩が、7, 8月平均気温 $21^{\circ}\text{C}$ 前後の低温に対して、技術的に克服しうることを実証したものと云えよう。今後は、さらに北海道における7, 8月平均気温 $20^{\circ}\text{C}$ 以下の低温に対しても克服しうる技術が強く要望される段階に至っているものと考えられる。

### 3.1.3 昭和28, 29, 31および39年の気象要素の分布と被害量の対応関係

とくに冷害気象のタイプからみて特徴のある昭和28, 29, 31および39年の最近の4冷害年をとりだし、被害率の分布と7月及び8月の平均気温と日照率の偏差図を比

較対応することにより、つぎのような点を明らかにした。（図-6, 図-7, 図-8, 図-9参照）

即ち、昭和28年は北日本全般にわたる冷害年で、被害はむしろ東北南部福島県から北関東にかけて大きい特異なタイプの冷害年であったが、この年の、7, 8月の低温、寡照条件は北の北海道と前記の南の被害地帯とで殆ど強度は変わらず、気象要素の分布と被害強度とは密接な対応関係を示すことが分かる。

これに対して、昭和29年及び31年は、低温強度は多少異なるが、低温域は北日本全般にわたり、北ほど低温強度の著しい冷害年であり冷害気象としては最も多く現れるタイプの年であった。一方冷害被害率をみると、昭和29年は青森、岩手以北に被害がみられ、北海道での被害が最も顕著であった。昭和31年は、北海道での冷害被害は著しいものがあったが、東北では被害がみられず、北海道単独冷害が史上始めて現れた年である。このことは戦後における農業技術の進歩が、東北地方においては、昭和31年程度の冷害気象を技術的に克服しうることを実証したものと考えられ、注目に値する。北海道においても、かなり冷害被害は軽減されているが、平年温度が東北にくらべかなり低く、さらに冷害年の気象変動度も大きいいため、なお冷害被害を十分克服しうるまでに至っていない。然し、これをもって東北地方で冷害被害は解消したと過信することは危険である。あくまでも昭和31年程度の冷害気象に対しては、と云うことであり、冷害気象は年次によりその内容を異にするわけであるから、さらに強度な冷害気象の来襲（例えば大正2年、明治35年

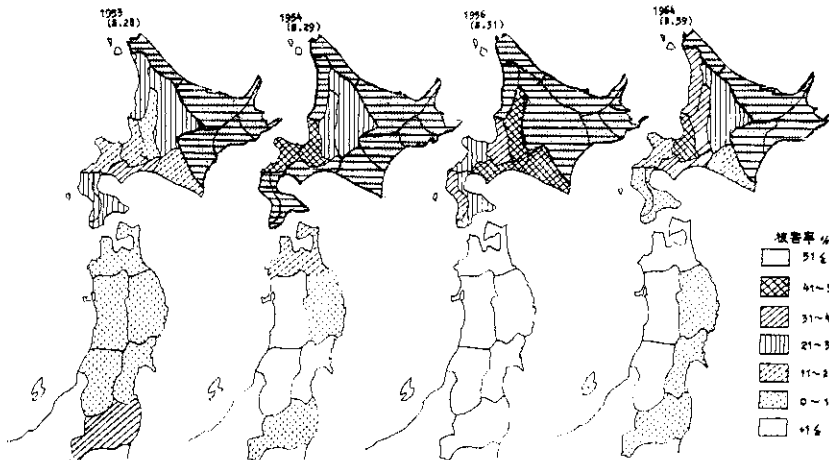


図-5 北海道および東北地方における昭和28, 29, 31および39年の減収率の分布 (%)  
Distribution of rice plant yield decrease ratio (in %) in 1953, 1954, 1956 and 1964 in Tohoku and Hokkaido.

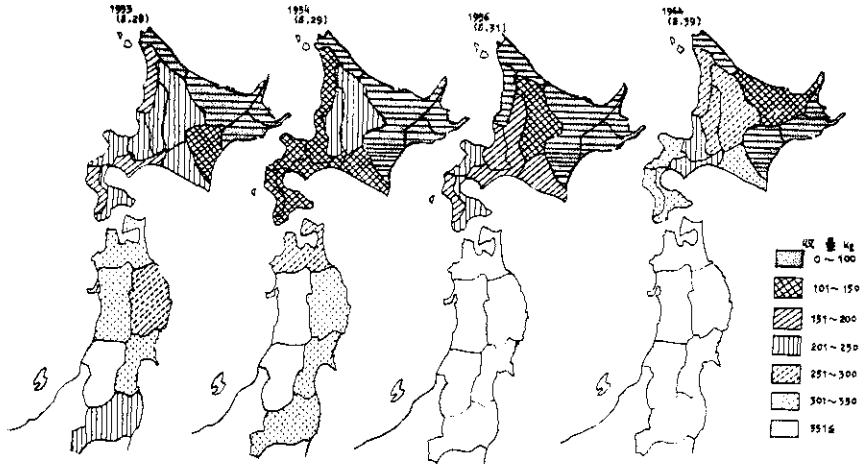


図-6 北海道および東北地方における昭和28, 29, 31および39年の10 a 当り収量の分布 (kg)  
 Distribution of rice plant yield (in kg) per 10 ares in 1953, 1954, 1956  
 and 1964 in Tohoku and Hokkaido.

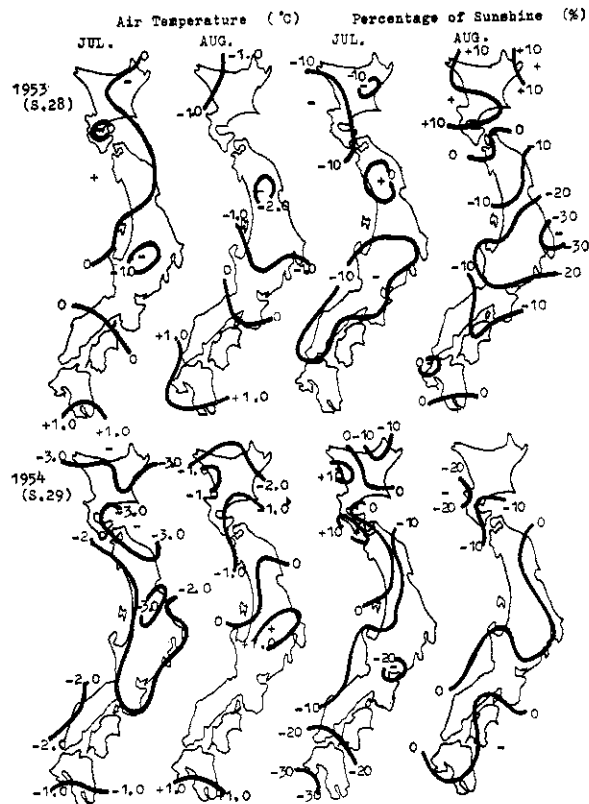
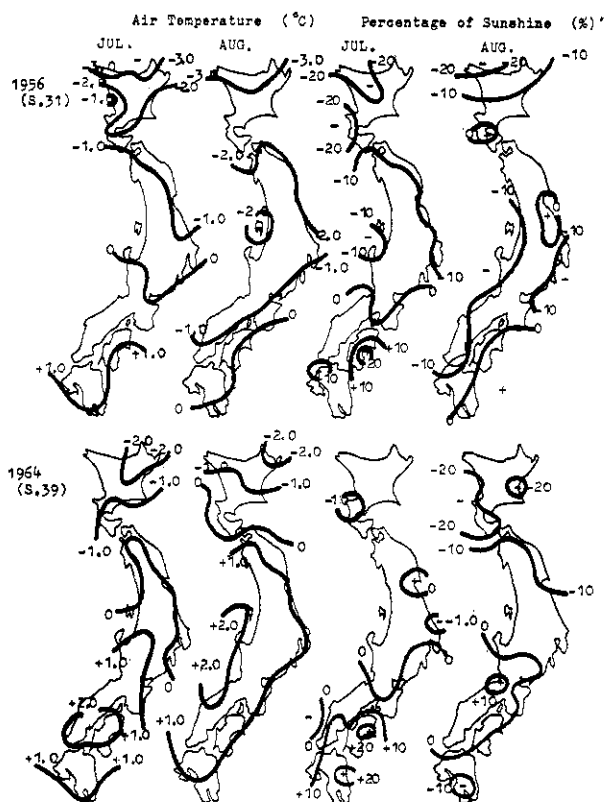


図-7.1 日本における昭和28および29年の7, 8月の平均気温および日照率の平年偏差分布  
 Distribution of yearly deviations from normal of the July-August mean air temperature and the percentage of sunshine duration (in %) in 1953 and 1954 in Japan.





図一七・二 日本における昭和31,39年の7,8月の平均気温および日照率の年偏差分布  
Distribution of yearly deviations from normal of the July-August mean air temperature and the percentage of sunshine duration (in %) in 1956 and 1964 in Japan.

など)に対しては十分な警戒と対策が必要であろう。

つぎに昭和39年の冷害気象であるが、この年も特異的で、低温域が北の北海道のみに集中して現われており、範囲も狭く昭和28年とは対照的な年である。従って冷害被害は北海道単独に止まっている。

以上要するに、最近の4冷害年は著しくタイプを異にしており、また農業技術の進歩による冷害気象の克服が東北地方に始めてみられた年を含んでおり、気象及び農業の両面から十分これら4冷害年を解析しておくことは、将来の冷害対策上意義深いものがあると考えられる。

なお、これら4冷害年の気象推移を立ち入って考察する場合の参考とするため、東北、北海道における主要地点の気温、日照の農期間の変化を図一八に示してある。

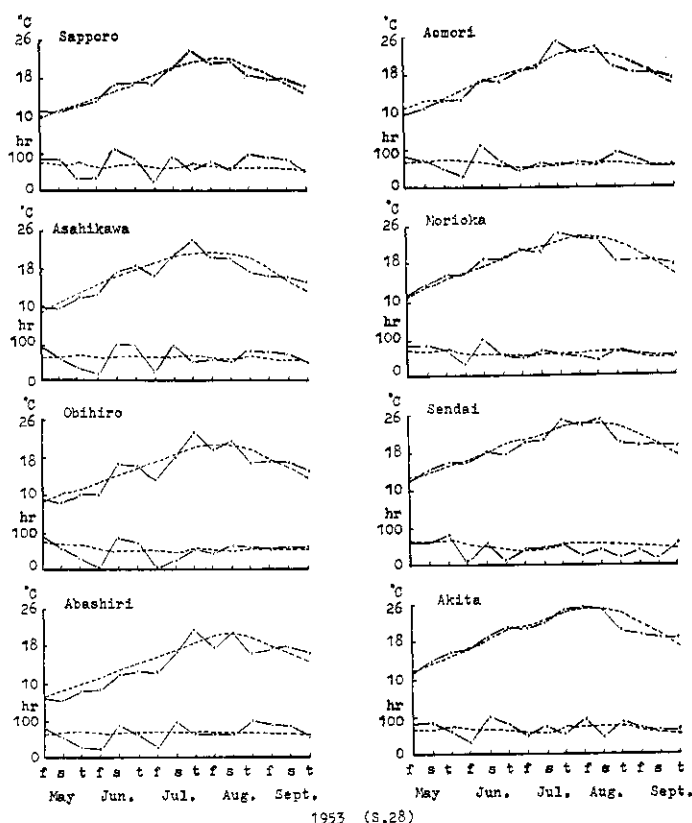
### 3.2 気象条件による冷害被害量の推定

#### 3.2.1 気象条件と作況指数および収量との相関関係

##### 3.2.1.1 気象条件と水稲作況指数および収量との相関関係

月別平均気温、7、8月平均気温および5～9月の積算気温と水稲の作況指数との相関々係をみると、7、8月平均気温との相関が最も高く、月別では、7月をピークとして6、7、8の3か月が高く、5月および9月は殆ど相関がみられない。なお積算気温も、7、8月平均気温よりはやや小さい値を示すが、かなり高い相関々係が得られている。つぎに旬別平均気温でみると6月中旬以降順次相関は高まり、7月中旬をピークに次第に弱まるが、8月下旬に一時的に強まる時期がある。

月別および旬別日照時間についてみると、気温の場合に比べて若干相関は弱い、傾向はほぼ同様である。ただ気温の場合7月に相関のピークがあったのが、日照時間では1月おくれで8月に相関の極大が現れている点異なる。



図一・1 北海道および東北地方における昭和28年の月別平均気温および日照時間の推移  
Transition of monthly mean air temperature and hours of sunshine duration in 1953 in Tohoku and Hokkaido.

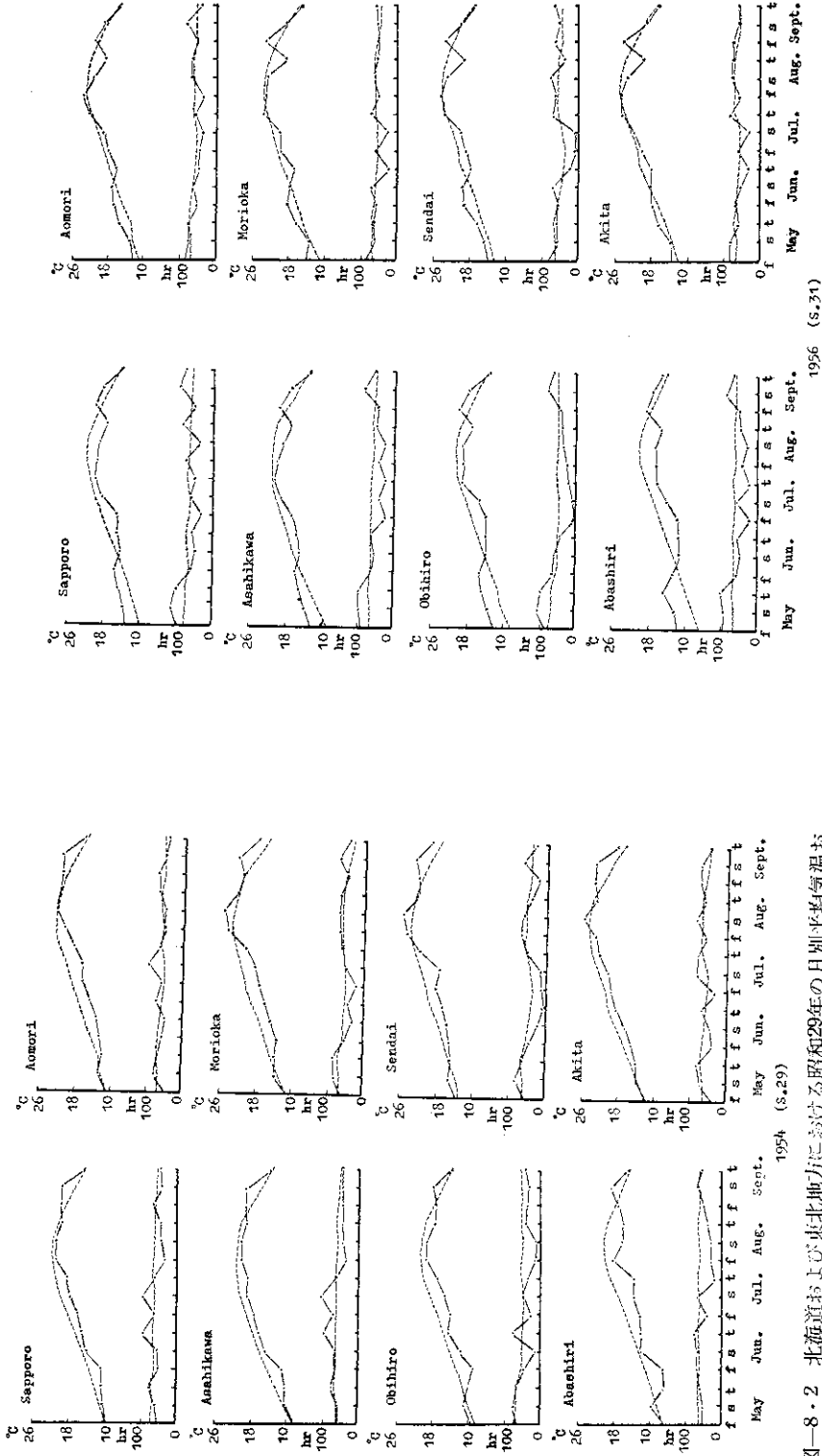
以上の結果から、水稻の作況指数は、夏季の天候とくに7月を中心とする6, 7, 8月の平均気温と、7, 8月の日照時間とかなり高い正の相関関係を示していることがわかる。稲作技術の進歩により、近年著しく平年収量は増大しているが、気候の変動によってかなり作柄が支配されていることがうかがわれる。

なお従来からも稲作立地を考える場合重要視されている7, 8月平均気温と、5~9月の積算気温についてはとくに水稻収量及び作況指数の一次の回帰式を算出して気温の高低による作柄変動の様相についても考察した。その結果、月の平均気温の高低による作況指数の変動をみると、空知が最も小さく11.7%であり、最も大きい十勝では28.0%にも及ぶ。つぎに積算気温100°Cの高低による作況指数の変動をみると、最も小さいのは空知の11.0%で、最も大きいのは網走及び十勝支庁である。

### 3.2.1.2 気象条件と大、小豆収量との相関々係

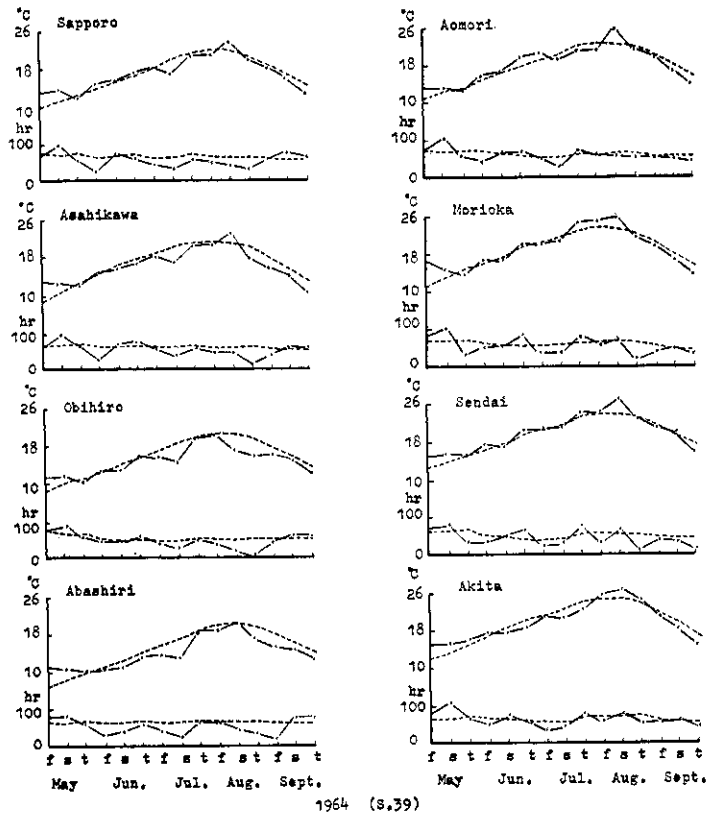
大、小豆については、作況指数が統計資料として整っていないので、収量を用いて相関関係を解析したが、結果は水稻の場合とほぼ同様の傾向で、6, 7, 8月の平均気温と7, 8月の日照時間とがかなり高い正の相関関係を示した。なお大、小豆の場合湿害などの問題もあるので、降水量についてもとり上げたが、結果は6月と8月、とくに6月上旬と8月上、中旬が大小豆の収量と比較的高い負の相関関係を示し、この時期の多雨条件は収量に負の要因として働くことがわかる。

また、水稻同様7, 8月平均気温及び5~9月の積算気温に対する収量の一次の相関式を求めたが、結果をみると、7, 8月平均気温及び積算気温の高低による大、小豆の収量変動の最も小さい支庁は、空知支庁であり、最も変動の大きい支庁は網走及び十勝支庁である。



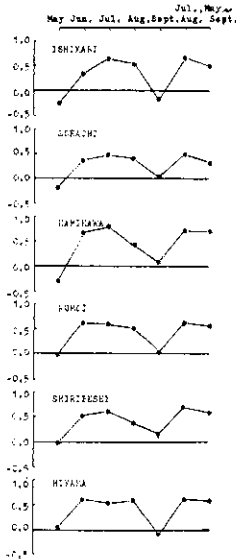
図—8.3 北海道および東北地方における昭和31年の月別平均気温および日照時間の推移  
Transition of monthly mean air temperature and hours of sunshine duration in 1956 in Tohoku and Hokkaido.

図—8.2 北海道および東北地方における昭和29年の月別平均気温および日照時間の推移  
Transition of monthly mean air temperature and hours of sunshine duration in 1954 in Tohoku and Hokkaido.

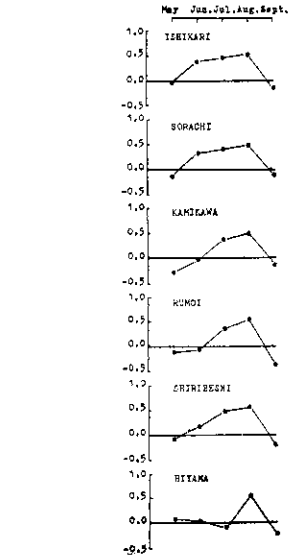
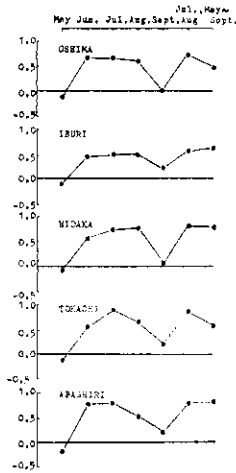


図—8.4 北海道および東北地方における昭和39年の月別平均気温および日照時間の推移

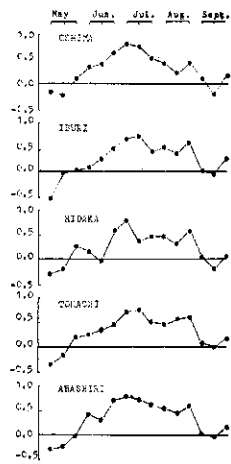
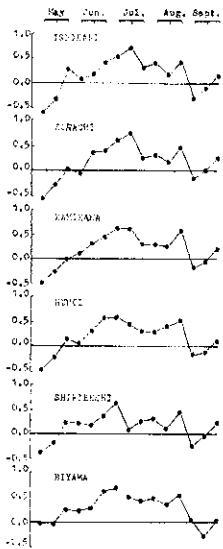
Transition of monthly mean air temperature and hours of sunshine duration in 1964 in Tohoku and Hokkaido.



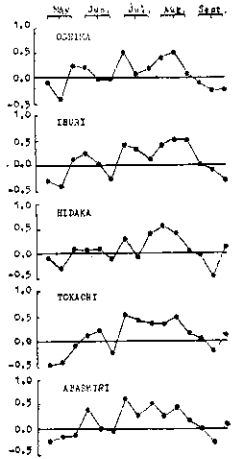
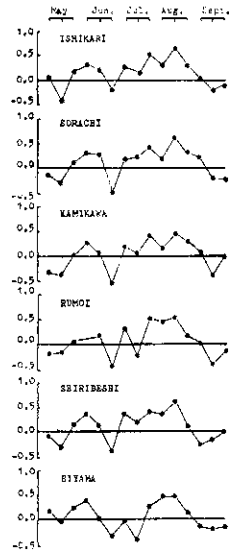
図—9.1 月別, 7・8月平均および積算気温と水稲作況指数との相関々係  
Correlation between the monthly mean, July-August mean and accumulated air temperatures and the rice plant yield index.



図—9.2 月別日照時間と水稲作況指数との相関々係  
Correlation between the monthly hours of sunshine duration and the rice plant yield index.



図—9.3 旬別平均気温と水稲作況指数との相関々係  
Correlation between the ten-day mean air temperature and the rice plant yield index.



図—9.4 旬別日照時間と水稲作況指数との相関々係  
Correlation between the ten-day hours of sunshine duration and the rice plant yield index.

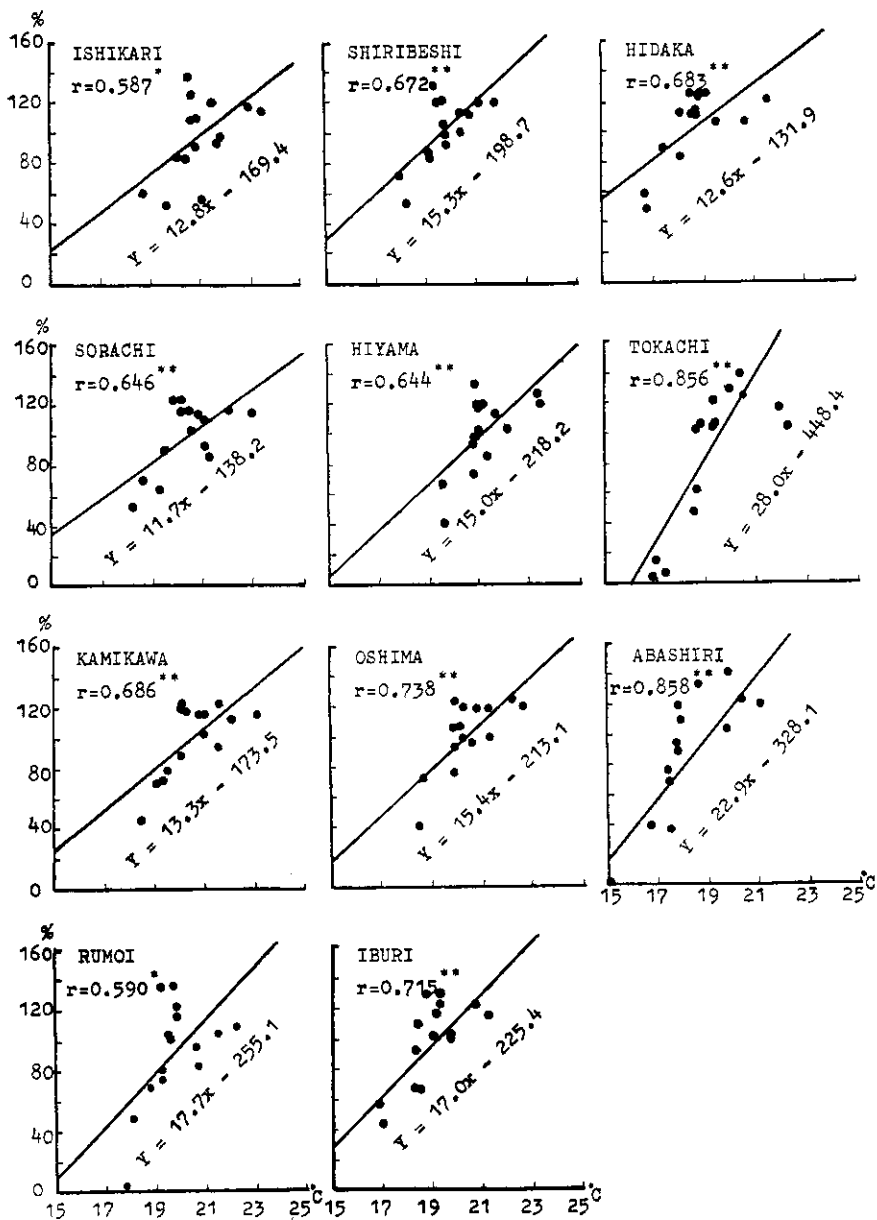
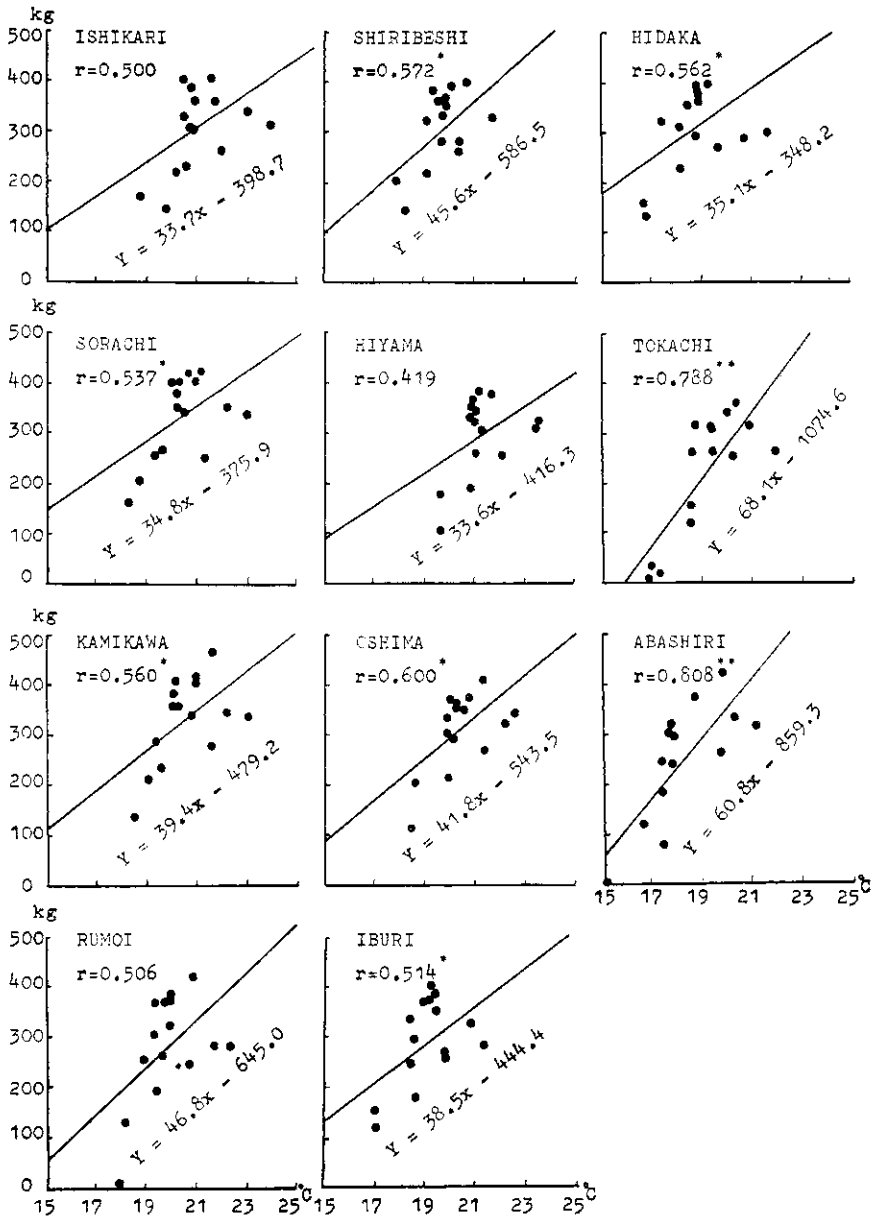


図-10.1 7・8月平均気温に対する水稲作況指数の回帰

Linear regression of the rice plant yield index in terms of the July-August mean air temperature.



図—10.2 7・8月平均気温に対する水稲収量の回帰

Linear regression of the rice plant yield in terms of the July-August mean air temperature.

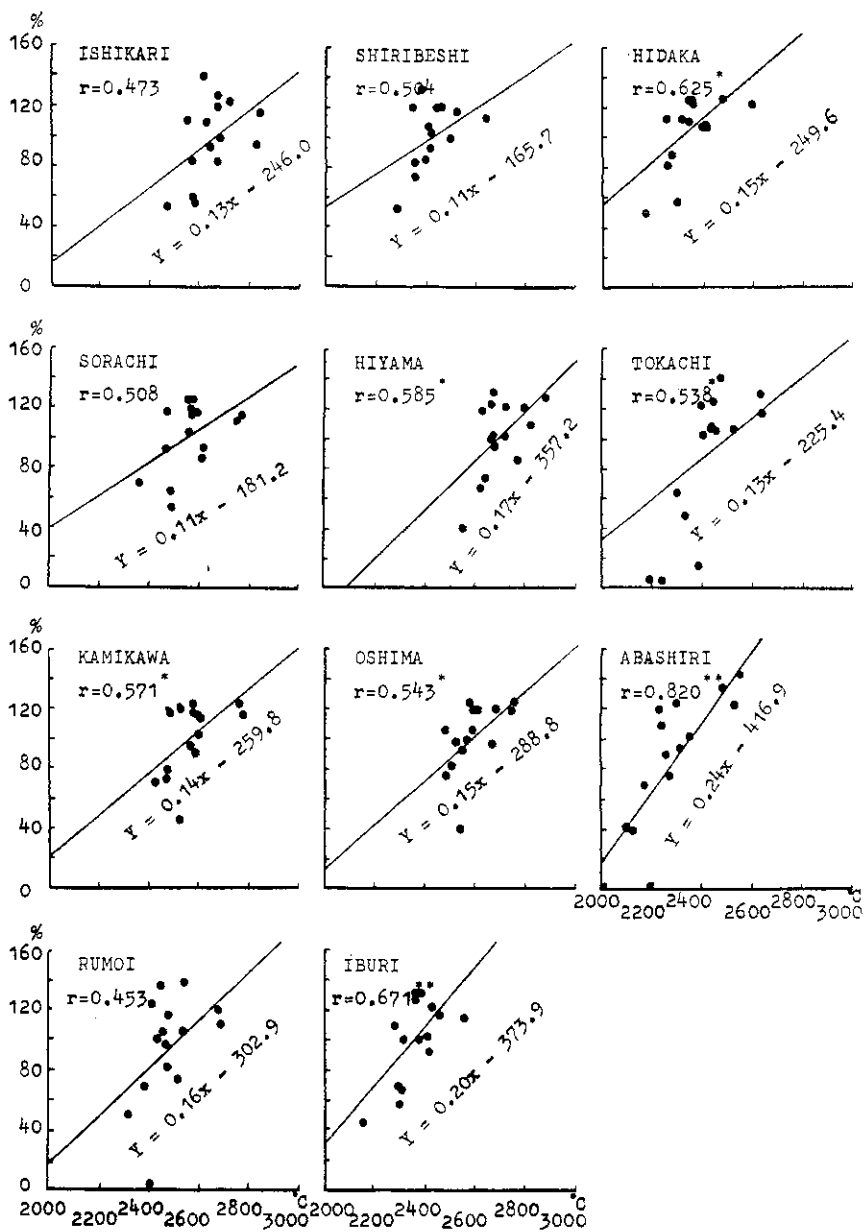
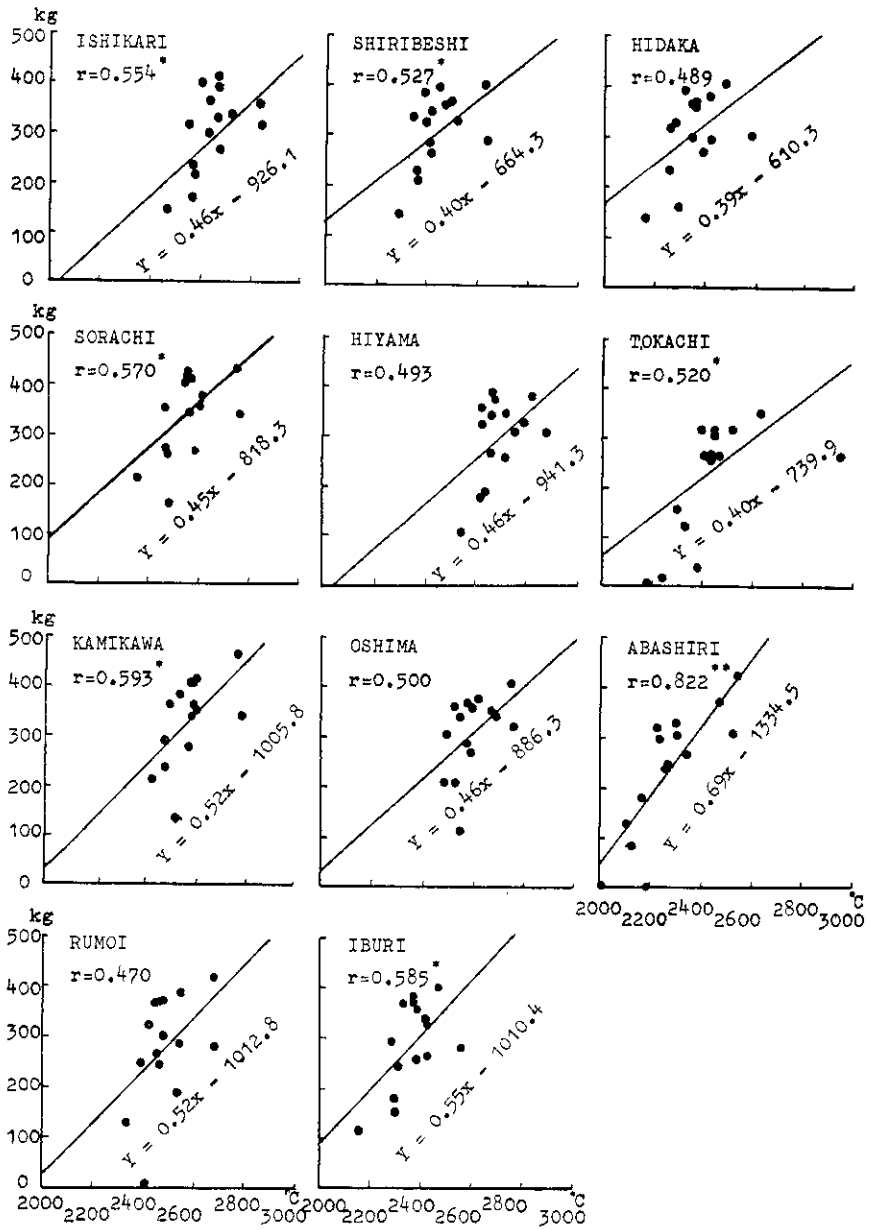


図-11・1 積算気温に対する水稲作況指数の回帰

Linear regression of the rice plant yield index in terms of the accumulated air temperature.





図—11.2 積算気温に対する水稲収量の回帰

Linear regression of the rice plant yield in terms of the accumulated air temperature.

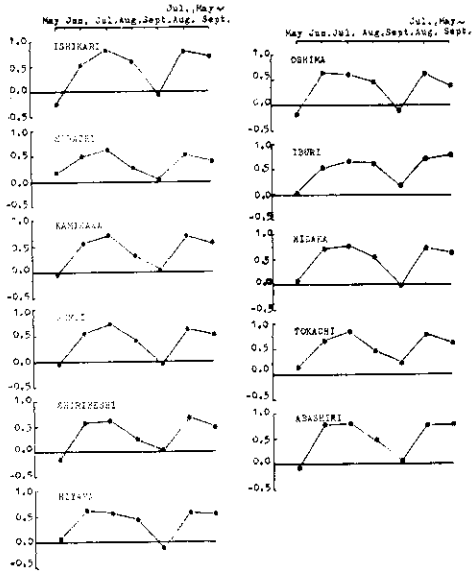


図-12.1 月別、7・8月平均および積算気温と大豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly mean, July-August mean and accumulated air temperatures and the soy bean yield.

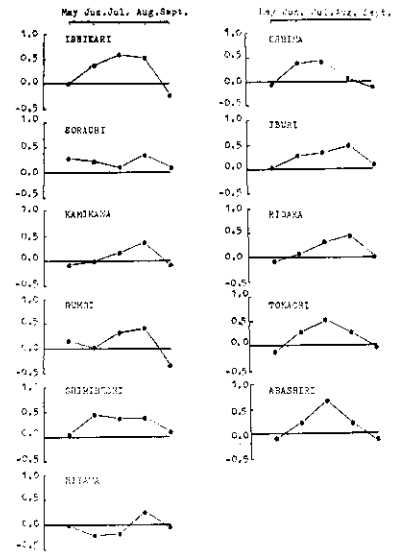


図-12.2 月別日照時間と大豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly hours of sunshine duration and the soy bean yield.

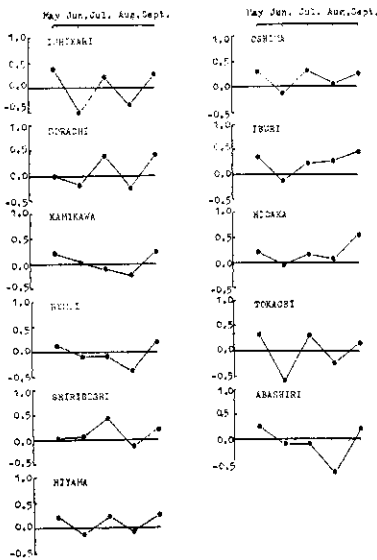


図-12.3 月別降水量と大豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly precipitation and the soy bean yield.

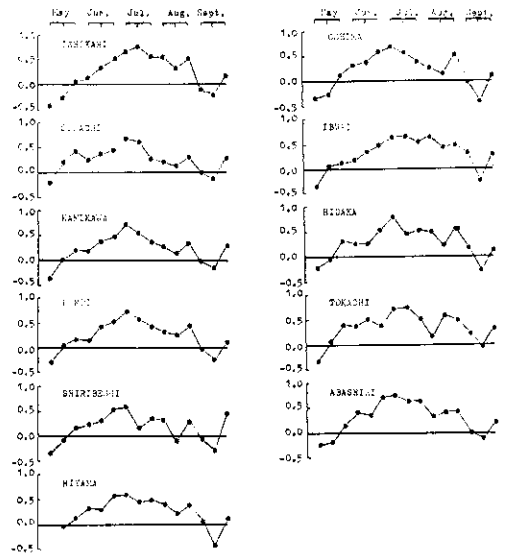
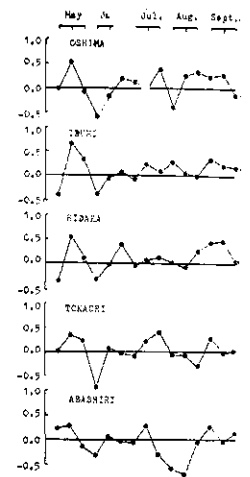
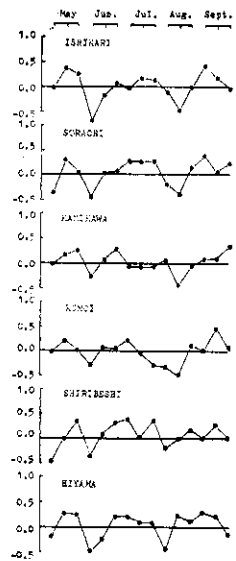
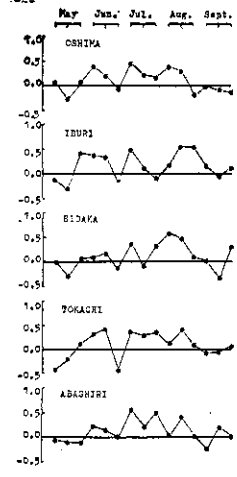
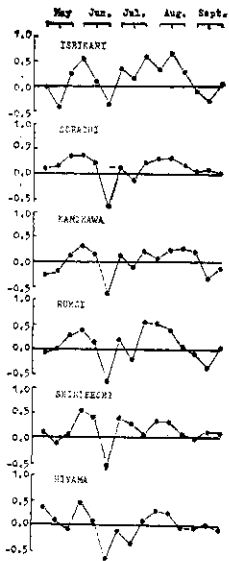
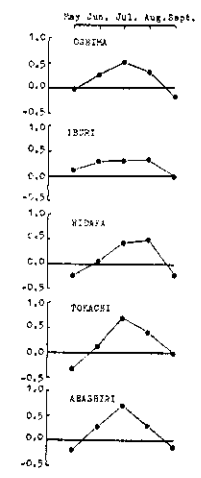
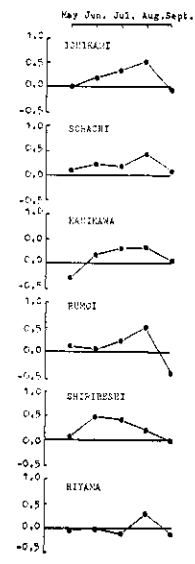
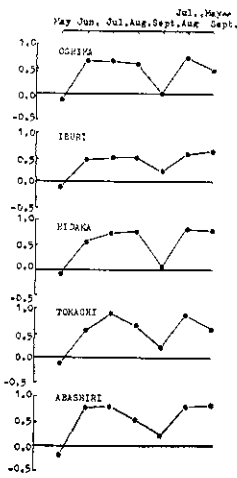
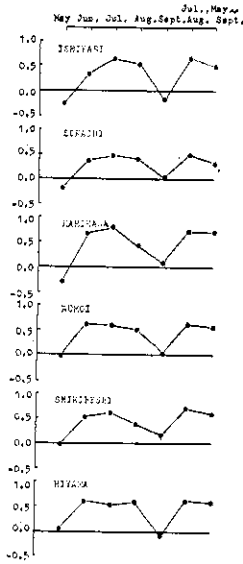


図-12.4 旬別平均気温と大豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day mean air temperature and the soy bean yield.



図—12・5 旬別日照時間と大豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day hours of sunshine duration and the soy bean yield.

図—12・6 旬別降水量と大豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day precipitation and the soy bean yield.



図—13・1 月別、7・8月平均および積算気温と小豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly mean, July-August mean and accumulated air temperatures and the red bean yield.

図—13・2 月別日照時間と小豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly hours of sunshine duration and the red bean yield.

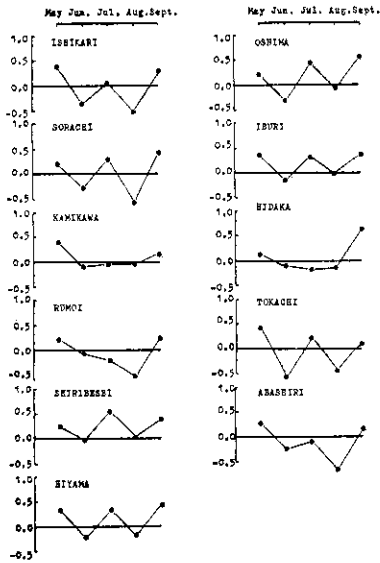


図-13・3 月別降水量と小豆収量との相関々係  
Correlation between the monthly precipitation and the red bean yield.

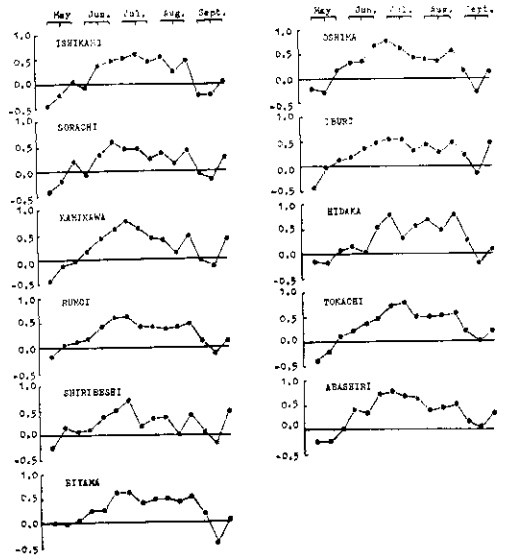


図-13・4 旬別平均気温と小豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day mean air temperature and the red bean yield.

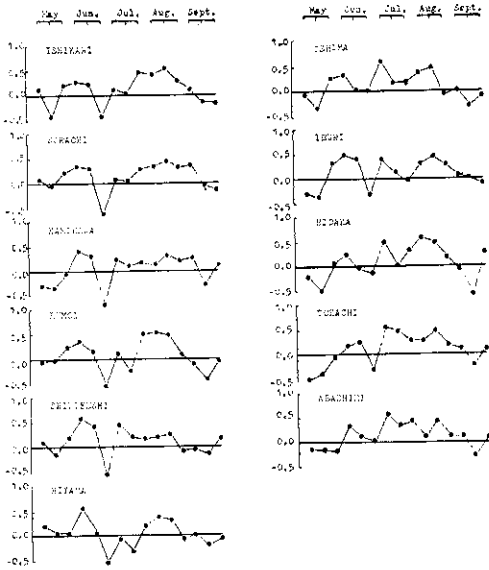


図-13・5 旬別日照時間と小豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day hours of sunshine duration and the red bean yield.

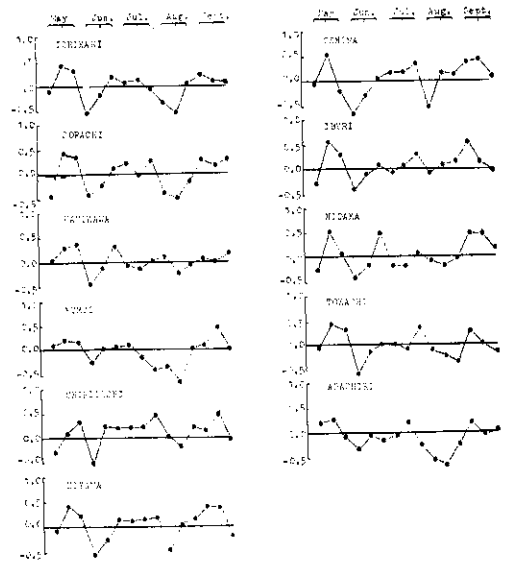
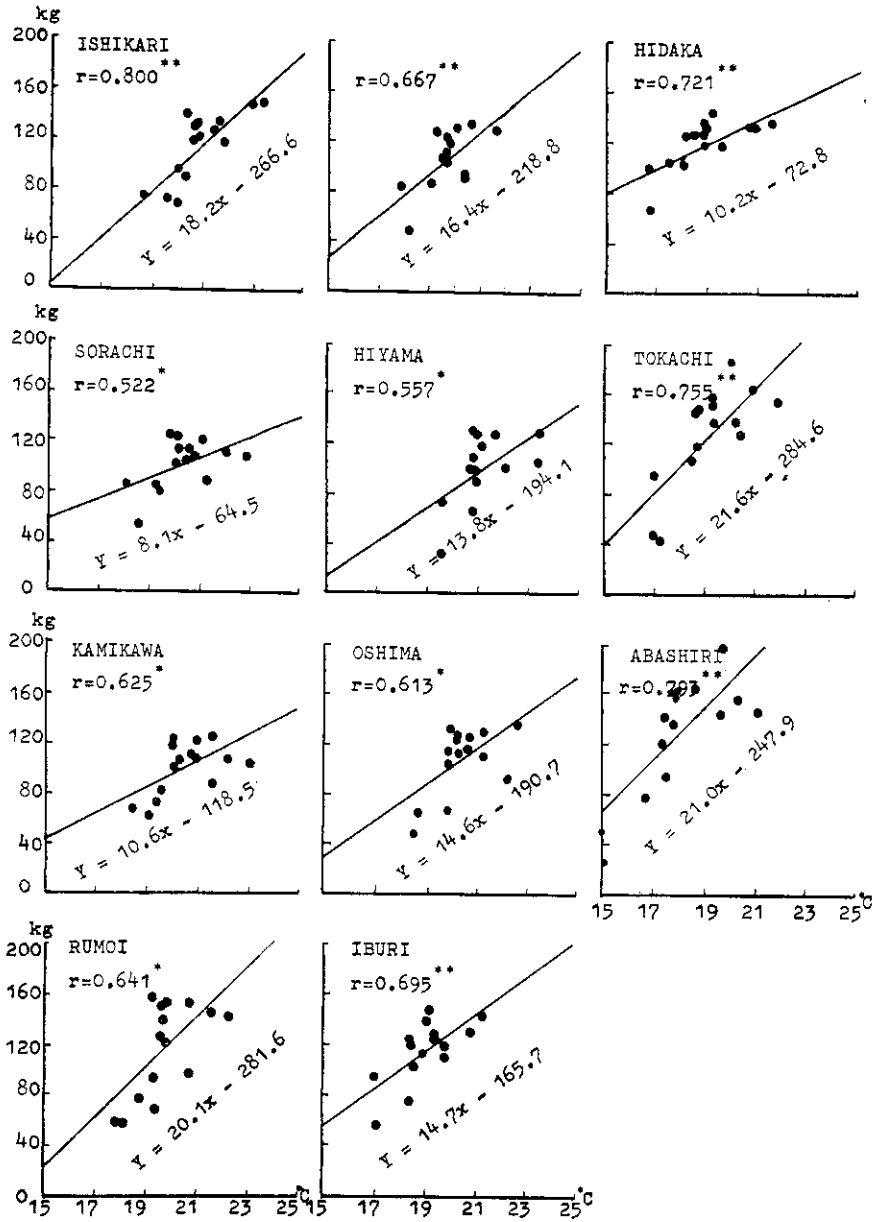


図-13・6 旬別降水量と小豆収量との相関々係  
Correlation between the ten-day precipitation and the red bean yield.



図—14 7・8月平均気温に対する大豆収量の回帰

Linear regression of the soy bean yield in terms of the July-August mean air temperature.

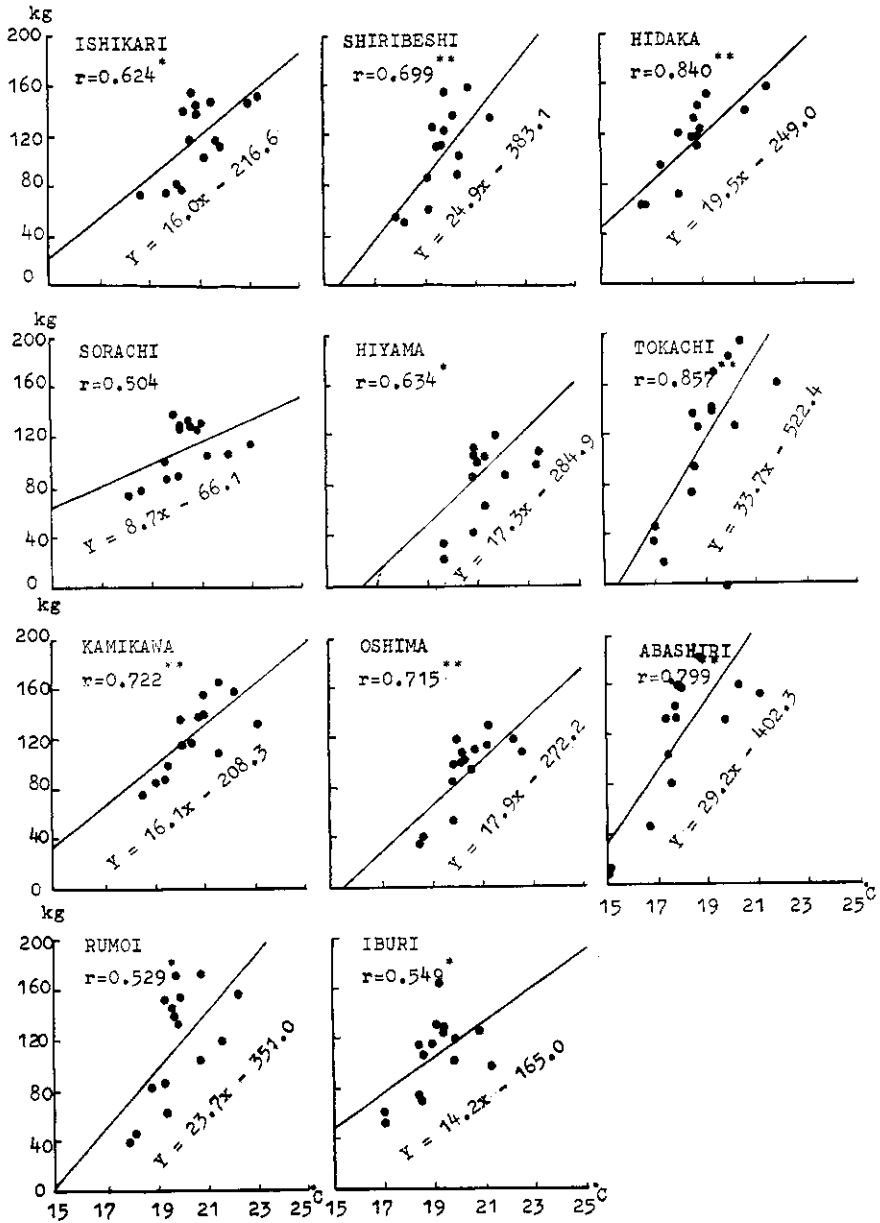


図-15 7・8月平均気温に対する小豆収量の回帰

Linear regression of the red bean yield in terms of the July-August mean air temperature.

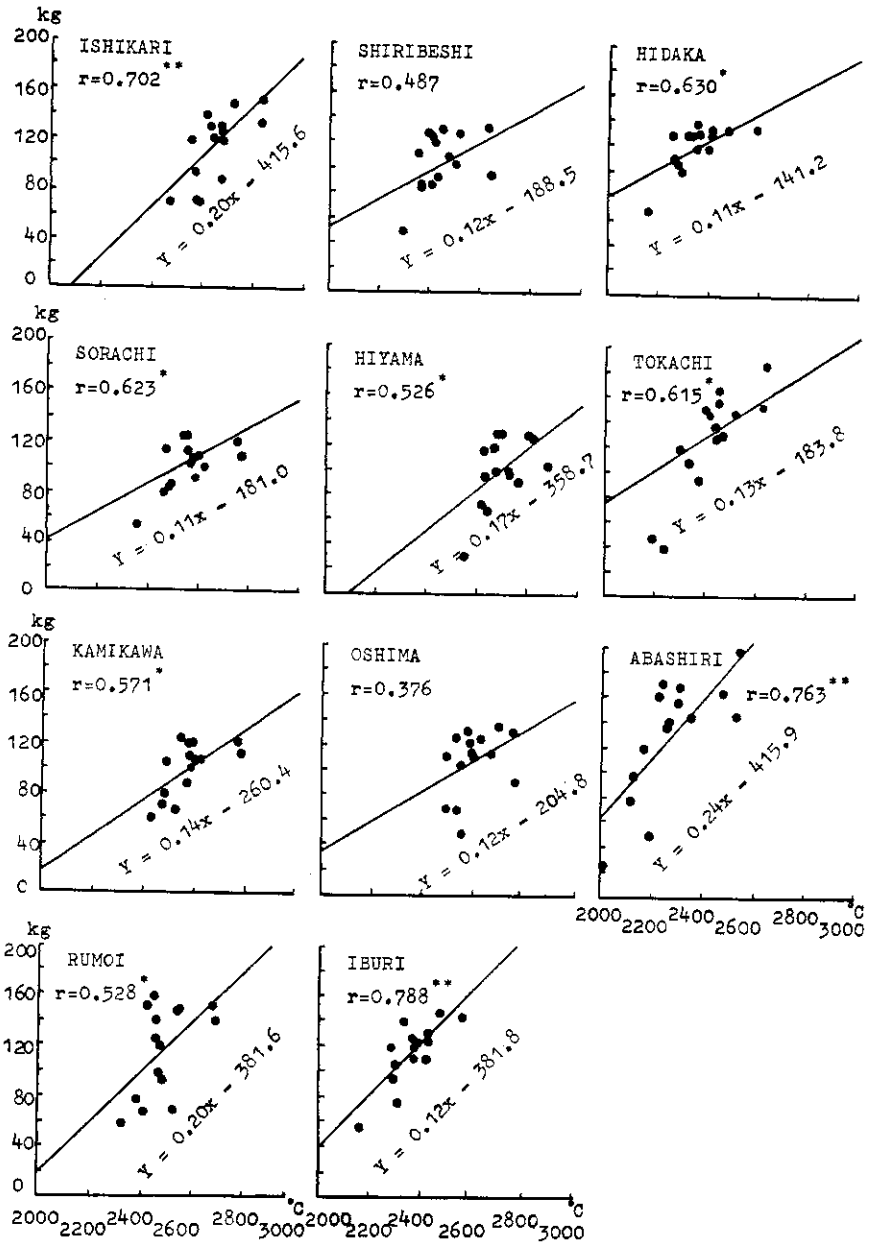


図-16 積算気温に対する大豆収量の回帰  
 Linear regression of the soy bean yield in terms of the accumulated air temperature.

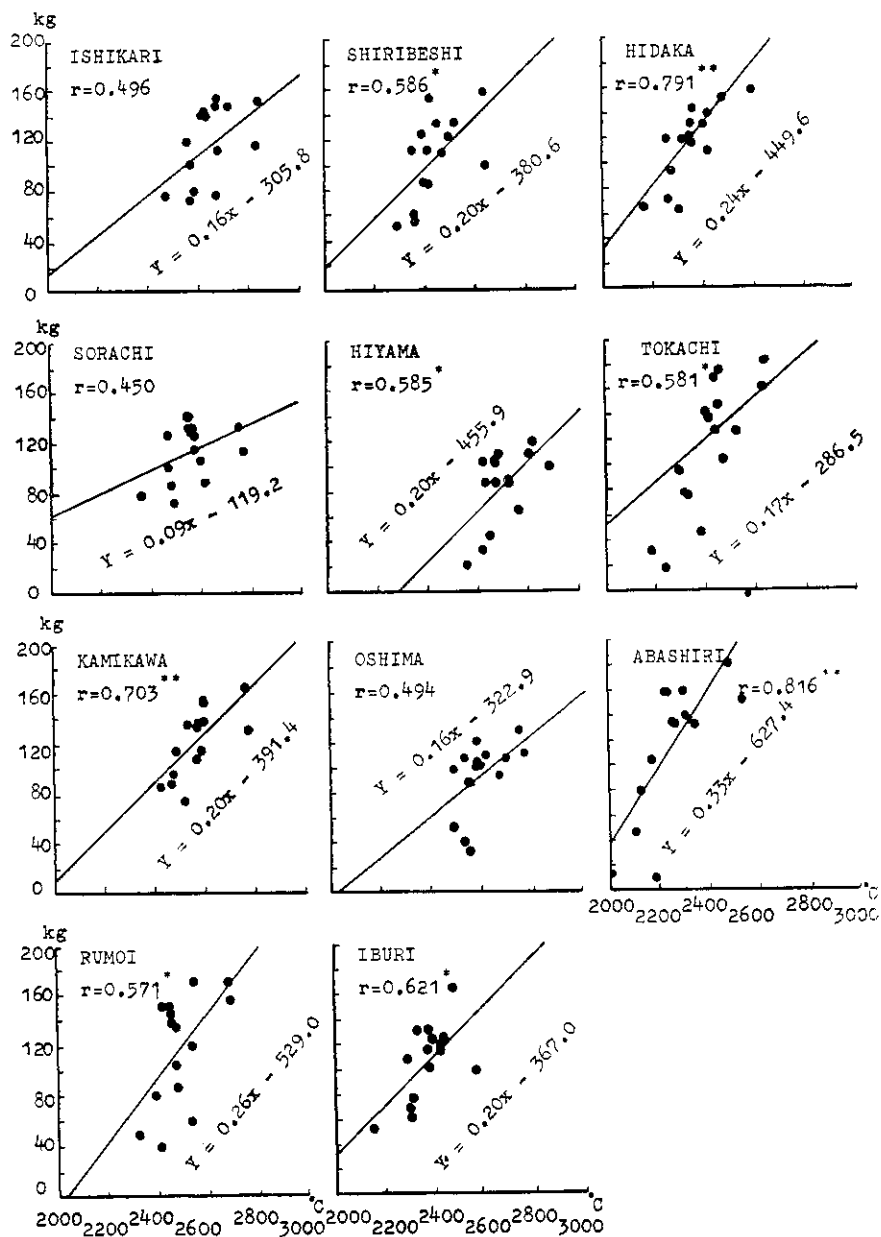


図-17 積算気温に対する小豆収量の回帰  
 Linear regression of the red bean yield in terms of the accumulated  
 air temperature.



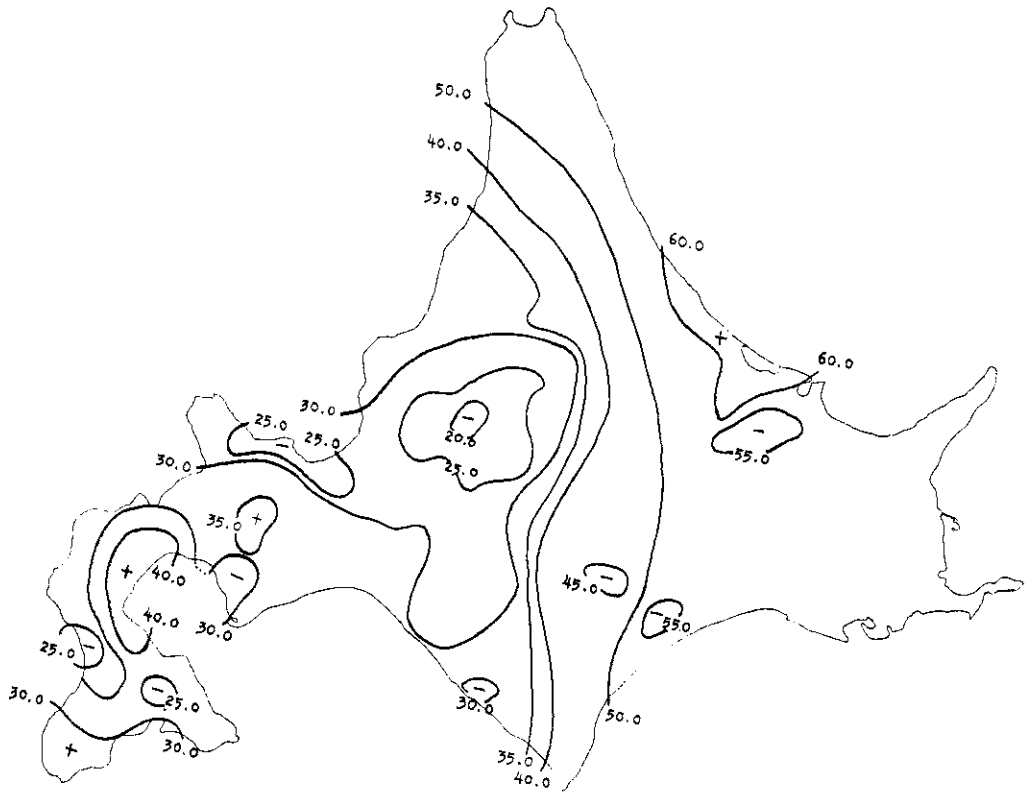


図-18 北海道における町村別水稲収量の変異係数の分布(%) (昭25~39)  
Distribution of the variation coefficients (in %) of rice plant yield at municipalities of Hokkaido for years from 1950 to 1964.

表-2 10a 当り収量が150kg および 300kg 以下となる7, 8月の平均気温(限界温度°C)と各地の7, 8月平均気温が限界温度以下となる発現頻度(%)

Mean air temperature of July-August (critical temperature in °C) when the rice yield of the year is below 150 or 300kg per 10 ares and frequency distribution (in %) of the values under this critical temperature.

### 3.2.2 地帯別冷害危険度の推定

#### 3.2.2.1 7・8月の平均気温よりみた水稲冷害危険度の推定

前項の調査で最も高い相関関係の得られている、7、8月の平均気温と水稲収量との相関式を用いて、10a 当り収量が150kg 及び300kg となる限界温度を求め、つぎに各地の7、8月の平均気温がこの限界温度以下となる発現頻度を算出して、冷害の危険度を推定した。

その結果、かつて昭和20年以前の北海道における冷害の限界収量である150kg水準で考えると、北海道では、十勝、網走支庁の冷害の危険度が20%であるのを除くと他の支庁は頻度は0となり、冷害の危険は一応解消されたことになる。近年の著しい増収により、限界収量も増大して、今日では300kg前後と考えられているので、(昭和39年の北海道平均収量の約25%減)このような高い水

気象官署	150kg		300kg		統計年
	支 庁	限界温度 °C 頻 度 %	限界温度 °C 頻 度 %	頻 度 %	
札幌	石狩	16.2 0	20.7 45	40	
岩見沢	空知	15.1 0	19.4 17	18	
旭川	上川	15.9 0	19.7 28	40	
留萌	留萌	16.9 0	20.1 65	20	
倶知安	後志	16.1 0	19.4 35	20	
江差	檜山	16.8 0	21.3 60	20	
函館	渡島	16.5 0	20.1 35	40	
苫小牧	胆振	15.4 0	19.3 55	20	
浦河	日高	14.1 0	18.5 42	38	
帯広	十勝	17.9 20	20.1 65	40	
網走	網走	16.6 20	19.0 60	40	

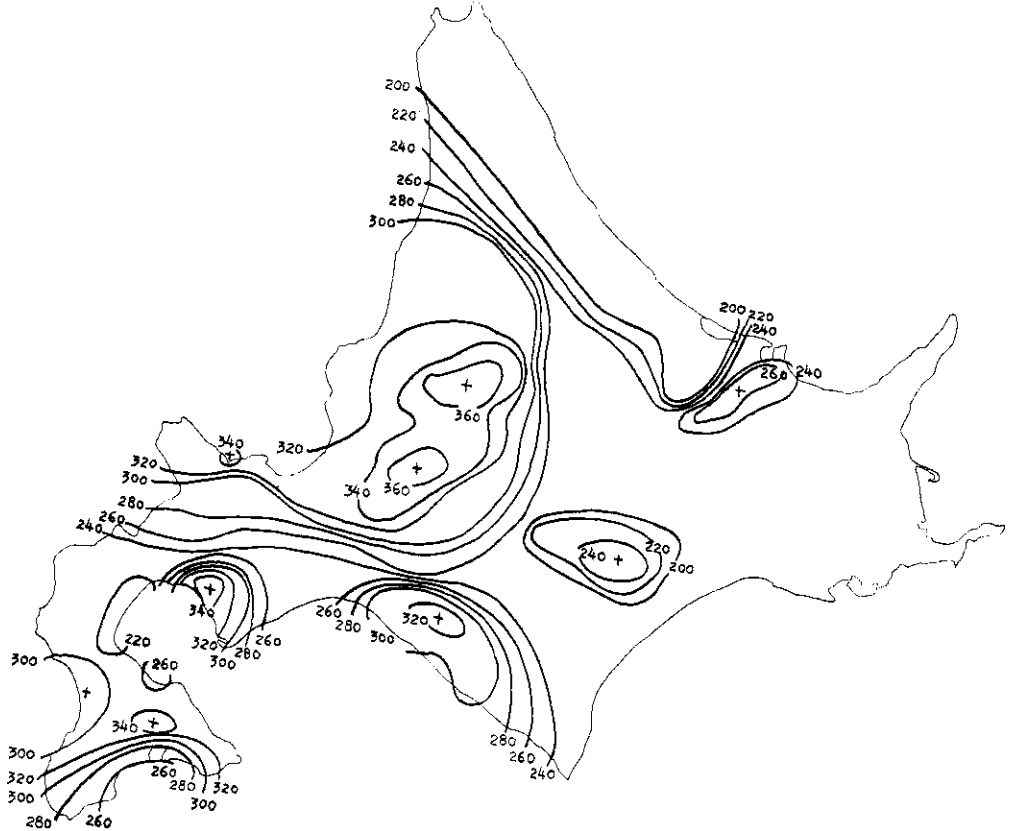


表-3 7,8月気温の階級別発現頻度(%)  
Frequency distribution of classified July-August mean air temperatures (in %).

場所	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	20>	統計年
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
札幌					10	15	30	30	8	7	25	40	
岩見沢					11	17	39	22	6	5	28	18	
旭川					12	18	25	23	17	17	30	40	
留萌				5	25	35	15	10	10		65	20	
倶知安				5	10	45	20	20			60	20	
江差				10		15	30	25	10	10	25	20	
函館					15	20	27	18	20		35	40	
苫小牧			5	10	30	35	15	5			80	20	
浦河			10	15	32	24	16	3			81	38	
帯広			5	17	17	25	28	5	3		64	40	
網走	2	8	15	20	15	20	15	5			80	40	

準で限界収量を考えると、危険度50%以上の支庁は、留萌、檜山、胆振、十勝及び網走の支庁となる。従って北海道の稲作は限界収量を300kg前後に考えると、周辺地帯ではなおかなり高い冷害の危険度にさらされているこ

図-19 北海道における町村別水稻年収量の分布(kg) (昭25~39)

Distribution of yearly mean rice plant yields (kg/10a) at municipalities of Hokkaido for years from 1950 to 1964.

とになる。然し、上川、空知の主産地帯でも小さい危険度を示しており、適地、適作という点からも興味深い。

なお、限界温度についてであるが、支庁間でかなり相違するが、150kg水準で求められた7、8月平均気温の限界温度は16°C前後で、かつて、昭和25年頃までの資料から求められた150kgをわる限界温度が20°C前後であることを考えると、技術的に4°C前後も低温条件を克服していることになり、この点はとくに注目値しよう。然し、近年の著しい年収量の増大により、今日では限界収量がかつての2倍の300kg前後となっているので、限界温度も大体20°C前後となり、やはり以前と同様、7、8月平均気温では20°C前後から減収割合が著しく大きくなる。10a当り収量150kg及び300kg以下となる7、8月の平均気温と各地の平均気温が限界温度以下となる発現頻度を示すと、表-2のようである。なお参考ま

で、7, 8月平均気温の階級別発現頻度についても表一3に示したが、この頻度は冷害危険度と必ずしも一致しないことは前述の通りである。

表一4 終霜日および初霜日の累年平均(M)と終霜日の M+F, M+2F および初霜日の M-F, M-2F  
Averaged dates of the last and first frost(M), M+F and M+2F of the last frost, or M-F and M-2F of the first frost.

区 分	函 館	終 霜			
		月 日	月 日	月 日	月 日
終 累年平均(M)	5 9	5 18	5 22	5 23	
霜 M + F	5 17	5 27	5 30	6 2	
日 M + 2F	5 25	5 5	6 7	6 11	
初 累年平均(M)	10 15	10 5	10 3	9 28	
霜 M - F	10 13	9 29	9 28	9 23	
日 M - 2F	10 11	9 23	9 22	9 18	

(注) 統計年、明治26~昭和39年の72年  
M±F よりそとに出る確率は25%  
M±2F よりそとに出る確率は8.9%

表一5 冷害年の終霜日および初霜日(月・日)  
Dates of the last and first frost in years of cool summer damage.

区 分	終 霜				初 霜			
	函 館	札 幌	旭 川	帯 広	函 館	札 幌	旭 川	帯 広
明 治 35 年	5. 12	5. 28	5. 5	6. 20	10. 21	9. 27	9. 21	10. 8
38	5. 13	5. 24	5. 22	5. 9	9. 30	9. 29	10. 4	9. 24
39	6. 1	6. 3	6. 23	6. 1	9. 27	9. 24	9. 28	9. 24
大 正 2	5. 16	5. 15	6. 6	6. 6	10. 5	9. 19	9. 14	9. 14
昭 和 1	5. 16	5. 16	5. 17	5. 20	10. 10	10. 10	10. 10	9. 29
6	5. 21	5. 19	5. 19	6. 1	10. 12	10. 11	10. 12	10. 1
7	4. 24	5. 16	5. 12	5. 12	10. 15	10. 13	10. 13	9. 17
9	5. 3	5. 3	5. 3	5. 4	10. 3	10. 2	10. 2	9. 26
10	5. 11	5. 12	5. 13	6. 3	10. 24	10. 23	9. 16	9. 16
16	5. 13	5. 16	6. 1	5. 13	10. 22	9. 23	9. 23	9. 23
20	5. 22	5. 15	5. 22	5. 7	10. 21	9. 27	10. 15	9. 27
28	5. 19	5. 20	5. 20	5. 19	10. 15	10. 12	10. 2	10. 2
29	4. 28	5. 8	5. 28	6. 9	10. 5	9. 30	10. 2	10. 5
31	4. 22	5. 15	5. 25	5. 25	10. 24	10. 1	10. 2	10. 12
39	4. 30	4. 30	5. 5	5. 12	10. 11	9. 28	9. 30	9. 24
冷 害 年 平 均	5. 10	5. 16	5. 20	5. 23	10. 12	10. 2	9. 30	9. 26
平 年 値 (M)	5. 9	5. 18	5. 22	5. 23	10. 15	10. 5	10. 3	9. 28

注 統計年：明治26~昭和39年(72年間)

### 3.2.2.2 市町村別10a当り収量の平年値および変動値からみた冷害危険地の推定

つきに手法をかえて市町村別の水稲収量の平年値と変動係数を算出して、その等値線から危険地を探索してみた。

結果は図一18及び図一19に示すようであるが、いま平年収量 300kg, 変異係数 40% を限界条件と考えると危険地帯は、十勝、網走地方となる。前項で述べたような7, 8月の平均気温から求めた危険地と多少くい違いもあるが、大局的には一致しておりこのような市町村別収量の変動値から検討すると、かなり詳細な地帯区分や栽培限界の推定が可能と思われる。

この結果からも、空知、上川の内地地帯は収量も高く最も安定していることが分かるが、また、ほかの地帯においても局地的な好適地帯が所在することもうかがわれる。

### 3.3 霜についての二、三の統計的考察

#### 3.3.1 霜の初、終日の統計

冷害年にはしばしば霜害が問題となるので、霜害対策の資料とするため、初霜日については、M-FとM-2F

表-6 半旬別の最低気温低極の累年値(M)と最低気温低極のM-FおよびM-2F(°C)  
Averages of the lowest values of the 5-day minimum air temperature (M), M-F and M-2F of the lowest values of minimum air temperature. (in °C)

区 分		札 幌	旭 川	帯 広
9. 5	M	6.4	5.6	4.5
	M - F	4.7	4.1	2.5
	M - 2F	3.0	2.3	0.5
9. 6	M	5.1	4.2	3.5
	M - F	3.3	2.4	1.0
	M - 2F	1.5	0.5	-1.5
10. 1	M	3.8	2.8	1.7
	M - F	2.3	1.0	0.6
	M - 2F	0.7	-0.8	-2.8
10. 2	M	2.8	1.9	0.8
	M - F	1.5	0.6	-1.2
	M - 2F	0.2	-0.7	-3.2

注 M-F のそとに出る確率は25%  
M-2F のそとに出る確率は8.9%

を、終霜日については、M+FとM+2Fを算出した。  
(Mは累年平均、Fは確率誤差)ここで調査した72年間の霜の初、終日が正規分布をすと考えると、霜の初

終日がM+Fよりそとに出る確率は25%であり、M+2Fよりそとに出る確率は8.9%(約10%)となるが、前述のような統計値を計算しておくで霜害対策の基準日や、作付計画上の統計的な目安が得られることになる。

結果は表-4及び表-5に示すとおりで、調査した場所は函館、札幌、旭川及び帯広の4か所である。

また明治35年以降の冷害年次の初霜日についても調べた。その結果冷害年には年次間の変動は大きい、とくに半年よりも初霜日が早くなるという傾向はみられず、従って冷害年に霜害の危険度が高まるのは主として生育の遅延によるものといえる。

### 3.3.2 初霜期の最低気温強度の統計

9月第5、6半旬と10月第1、2半旬の初霜期について、札幌、旭川および帯広における最低気温低極の強度を前項と同様な手法で調査した。このような低温の強度を統計的に明かにしておくことは、防霜方法の研究からも必要と考えられるからである。

いま、霜害からとくに問題となる9月下旬の低温強度を、札幌、旭川、及び帯広についてみると、9月第5半旬のM-Fは2.5~4.7°C、M-2Fは0.5~3.0°Cであるが、9月第6半旬になるとM-Fは1.0~3.3°C、M-2Fは-1.5~1.5°Cと著しく強度な低温となる。したがってこの程度の低温が4年に1回(M-F)あるいは10年に1回(M-2F)あることを理解して営農計画が立てられなければならない。

表-7 冷害年の半旬別最低気温の低極(°C)  
The lowest values of the 5-day minimum air temperature in years of cool summer damage.

地名	札 幌				旭 川				帯 広			
	9 月		10 月		9 月		10 月		9 月		10 月	
	5	6	1	2	5	6	1	2	5	6	1	2
年次	°C											
明治 35 年	5.3	2.7	4.5	1.9	1.1	5.7	3.4	-1.6	6.7	5.5	1.5	-2.4
38	5.1	3.2	-0.7	3.2	4.8	1.5	-2.3	0.6	0.9	0.3	-3.7	1.4
39	1.1	-0.9	-0.5	0.3	1.5	-0.3	-0.7	-0.5	-1.5	-4.7	-3.0	-5.6
大正 2	3.5	1.9	1.8	3.8	2.0	1.3	-3.1	0.6	1.2	0.8	-2.8	-3.0
昭和 1	6.4	3.5	4.2	1.9	6.7	2.7	0.7	2.2	3.4	-0.6	-0.9	-2.3
6	5.6	7.9	4.1	3.4	6.0	6.6	4.7	3.2	5.2	9.6	2.2	2.0
7	6.2	6.5	8.3	4.5	5.4	4.9	8.3	4.2	4.2	7.9	6.3	6.6
9	8.1	5.8	2.2	-0.2	7.7	3.2	1.3	-0.9	6.6	2.8	-2.9	-2.4
10	6.1	11.5	7.6	5.1	6.4	9.9	6.0	3.2	6.2	11.7	8.9	0.0
16	1.9	11.3	4.1	3.0	2.0	4.7	2.2	2.7	-0.3	8.3	1.8	1.5
20	7.4	2.6	7.0	4.2	6.0	3.2	6.0	3.5	6.1	-0.1	2.7	5.4
28	5.9	8.9	3.5	2.4	6.3	9.7	2.0	2.5	4.2	7.9	2.6	0.4
29	6.6	3.8	5.0	-0.8	6.5	4.0	2.2	1.6	6.1	7.0	2.4	0.7
31	6.5	5.1	3.0	4.8	5.3	5.0	3.9	3.6	4.1	3.6	8.3	3.1
39	5.7	0.8	3.1	4.0	4.1	0.3	3.9	2.3	3.0	0.5	0.8	1.6
冷害年平均	5.4	4.9	3.8	2.7	4.7	4.1	2.5	1.8	3.7	4.0	1.6	0.6
平年値(M)	6.4	5.1	3.8	2.8	5.6	4.2	2.8	1.9	4.5	3.5	1.7	0.8

また霜害の防止法もこのような低温に十分対処しうるものでなければならぬ。

参考までに各冷害年次の最低気温の低極についても調べたが、結果は表一七に示すように年次により変動がかなり大きいことがわかる。

#### 参 考 文 献

1. 阿部亥三、島山国土、東山春紀、小野清治(1964)：青森県における冷害危険度の推定に関する研究。農業気象，19巻4号。
2. 荒川秀俊(1944)：東北凶冷に関する統計的調査。気象集誌，2輯22巻5号。
3. 藤原忠(1961)：冷害，農業気象ハンドブック。
4. 大後美保、野村健一、鈴木雄次(1953)：農業気象災害の地域区分に関する研究(第1報)。農業気象，8巻3，4号。
5. 星野達三、岡部四郎(1960)：北海道における夏季気温の変動と作物収量の変動との関係。北農試験報，75号。
6. 北海道(1957)：北海道冷害誌。
7. 北海道農業試験場(1963)：北海道における昭和31年の冷害に関する調査。農林水産技術会議研究成果14。
8. ———(1965)：北海道における昭和39年の冷害の実態(中間報告)。
9. 日下部正雄(1954)：農業気象災害の地域区分に関する研究(第5報)冷害の場合。農業気象，9巻3，4号。
10. ———(1959)：霜害対策のための気候調査。農業気象，12巻1号。
11. ———(1959)：晩霜期の気温。農業気象，14巻3号。
12. 三原義秋(1963)：海水温の周期変動と冷害。水温に関する研究，7巻2号。
13. 中山林三郎(1951)：北海道における稲反収の年変異に関する研究。北海道立農試報告，第2号。
14. ———(1951)：北海道における稲の収量予想。北海道農試報告，第4号。
15. 桑原武司(1950)：十勝地方における主要作物の特性と年変異並びに収量と気象との相関々係に関する調査。北農，17巻9号。
16. 木村耕三(1963)：日本における気候変動と警告。天気，9巻1号。
17. 木村吉郎(1951)：東北地方の稲の凶作発現に関する資料。農業気象，6巻2号。
18. ———(1951)：日本の稲凶作に関する地域型について。農業気象，6巻3，4号。
19. ———(1953)：日本における稲凶作型における特性。農業気象，8巻3，4号。
20. ———(1953)：北海道における稲凶作の地域性。農業気象，8巻3,4号。
21. 国分均(1954)：北海道の冷害について。産業気象調査報告，18巻1号。
22. 農業気象学会(1955)：水稲冷害の文献的研究。
23. 農業技術協会(1954)：昭和28年冷害気象調査。
24. ———(1957)：水稲冷害対策に関する総合的研究。農業改良，第8号。
25. 奥田稔(1957)：日本の冷害。日本経済評論社。
26. 斎藤博英(1948)：北海道の気候の歴史的調査。応用気象，2巻4号。
27. 札幌管区气象台(1965)：異常気象調査報告，第1号。
28. 柴田和博(1959)：水稲収量と気象条件に関する一考察。北海道立農試集報，第4号。
29. 坪井八十二(1963)：冷害の危険度を推定する。農業技術，18巻7号。
30. 和田英夫、安藤正次、松倉秀夫(1963)：東北地方夏季の低温。気象研究ノート，14巻1号。