

Ⅲ 土壌及び肥培管理からみた冷湿害

(1) 有機物施用と冷害

十勝農試では昭和 50 年よりてん菜、大豆、春播小麦、ばれいしょの作付け順序で、堆肥および収穫残渣物施用について長期連用試験を実施している。化学肥料単用区は収穫残渣物も搬出する有機物無施用区で、堆肥 1.5 t、3.0 t 区は収穫残渣物は搬出し化学肥料の他に毎年秋に堆肥を 10 a あたりそれぞれ 1.5 t、3.0 t 施用する。残渣還元区は化学肥料の他に各作物の残渣を鋤き込み、慣行区は残渣還元区に加えててん菜作付け前年秋に堆肥 1.5 t/10 a を施用している。なお、各区に共通する化学肥料はほぼ北海道施肥標準量である。土壌は透水性の良好な淡色黒ボク土で、有機物連用処理後 18 年を経過しており、処理により土壌の化学性は表のように明瞭に変化している。全炭素、全窒素をはじめすべての項目において有機物施用区でその含有量が増加しており、全窒素、全炭素、

熱水抽出性窒素は還元（施用）する有機物量に対応している。トルオーグリン酸および交換性カリは堆肥施用区で高く、これは堆肥中のリン酸、カリが収穫残渣物より高かった事に由来する。このような有機物施用による土壌肥沃度の向上は処理後 10 年を経ずに認められている。

最近 5 か年の有機物施用による収量傾向と冷害年である本年のそれを表に示した。極端な低温年の無かった前 5 か年（以下では平年と記す）の収量傾向は作物により異なり、有機物施用効果はてん菜＞春播小麦＞大豆＞ばれいしょの順であった。本年の化学肥料単用区のてん菜の収量および糖量は平年の 88% で不良、春播小麦は平年比 86% で不良、大豆は平年比 22% で極端な不良であった。本年の有機物施用の効果はてん菜、春播小麦で平年における効果よりわずかに大きかった。一方、大豆は開花着莢時期の 7 月下旬に異常な低温により着莢障害を起こし、著しい低収となったため子実収量には有機物の施用効果は認められなかった。有機物施用効果のほとんどは熱水抽出性窒素で表わされるような地力窒素の多少に負うところが大きいと考えられる。したがって、施用する有機物が堆肥であるか作物残渣物であるかよりも施用される量が影響しているものとする。

この試験例では堆肥 3.0 t 区が最も多収となっているが、作物残渣物の還元に加えててん菜作付け時に堆肥 1.5 t を施用している慣行区がほぼ同等の収量であった。したがって、経営内で生産される残渣物を完全に利用し、

表Ⅲ－１－１ 有機物連用による土壌化学性の変化

| 処 理        | T－C<br>(%) | T－N<br>(%) | 熱水抽        | トルオー | 交換性  |
|------------|------------|------------|------------|------|------|
|            |            |            | 出性N        | グリン酸 | カ リ  |
|            |            |            | (mg/100 g) |      |      |
| 化学肥料単用区    | 2.31       | 0.22       | 2.4        | 4.8  | 13.8 |
| 堆肥 1.5 t 区 | 2.48       | 0.26       | 3.5        | 7.0  | 23.2 |
| 堆肥 3.0 t 区 | 2.83       | 0.28       | 4.9        | 9.8  | 29.6 |
| 残さ還元区      | 2.60       | 0.24       | 3.6        | 6.2  | 20.2 |
| 慣行区        | 2.63       | 0.27       | 4.0        | 6.9  | 26.6 |

(平成 4 年跡地土壌、作土)

表Ⅲ－１－２ 有機物連用圃場の畑作物の平年収量と平成 5 年の収量

| 有機物処理      | てん菜（モノエース s） |         |        |       |       |        | 春播小麦（ハルヒカリ） |       |        |
|------------|--------------|---------|--------|-------|-------|--------|-------------|-------|--------|
|            | 根 重          |         |        | 糖 量   |       |        | 子 実         |       |        |
|            | 平年           | H 5 年   | H 5/平年 | 平年    | H 5 年 | H 5/平年 | 平年          | H 5 年 | H 5/平年 |
| 化学肥料単用区    | (4,218)      | (3,721) | 88     | (743) | (656) | 88     | (261)       | (225) | 86     |
| 堆肥 1.5 t 区 | 114          | 113     | 87     | 112   | 113   | 89     | 108         | 112   | 90     |
| 堆肥 3.0 t 区 | 126          | 132     | 92     | 119   | 130   | 96     | 114         | 122   | 93     |
| 残さ還元区      | 109          | 102     | 83     | 107   | 103   | 84     | 101         | 114   | 97     |
| 慣行区        | 119          | 122     | 90     | 116   | 123   | 93     | 110         | 120   | 94     |

| 有機物処理      | 大 豆（トヨスズ） |       |        | ばれいしょ（農林 1 号） |       |
|------------|-----------|-------|--------|---------------|-------|
|            | 子 実       |       |        | 上いも           | でんぶん  |
|            | 平年        | H 5 年 | H 5/平年 | 平年            | 平年    |
| 化学肥料単用区    | (299)     | (67)  | 22     | (4,256)       | (603) |
| 堆肥 1.5 t 区 | 106       | 97    | 21     | 105           | 107   |
| 堆肥 3.0 t 区 | 109       | 116   | 24     | 95            | 91    |
| 残さ還元区      | 105       | 96    | 20     | 104           | 109   |
| 慣行区        | 105       | 104   | 22     | 106           | 106   |

注 1) 化学肥料単用区の ( ) 内は実収量で kg/10 a である。他の区は化学肥料単用区に対する指数。  
2) H 5/平年は各区の平年収量に対する指数。

かつ若干の系外からの有機物を導入施用する事が、地力窒素の培養につながり本年のような気象災害に際しても被害を軽減しうる有機物管理法と判断された。

(山神正弘)

## (2) 連・輪作と冷害

### 1) 網走地域

#### ①連・輪作圃場における畑作物の収量の安定性

北見農試では昭和34年より6種類の畑作物の連・輪作に関する試験が行われており、平成5年で35年目を迎えている。その間、若干の試験方法の変更があったが、概ね同じ品種および施肥量で試験で行われている。一般に収量の年次変動はその年の気象条件に負うところが大きく、また作物の違いによりその程度が異なる。表は連・輪作圃場における過去30年間の平均収量と変動係数を作物別に示したものである。各作物の6年輪作区(大豆は4輪作区)の変動係数をみると、作物の違いによって変動係数は異なっていた。すなわち、大豆は28.3と最も大きく、てん菜13.3と小さかった。この傾向は他の輪作区を比較しても同様であった。これらのことから、大豆の収量は気象条件の影響を受け易く、一方、てん菜は受けにくいと考えられた。また、てん菜および秋播小麦の連作区の変動係数は輪作系列に比べて大きかった。

したがって、これらの作物の収量は連作に伴い気象条

件の影響を受け易くなり、収量が不安定になることが推察された。なお、秋播小麦の連作区では毎年各種雪腐病が多発する傾向にあり、さらに積雪期間が長いとその被害の大きいことが観察されている。

#### ②冷害年(平成5年)における連・輪作圃場の畑作物の収量

平成5年は5月下旬から6月下旬にかけて降水量が多く、土壌は過湿条件下にあった。また、7月中旬から8月中旬にかけて低温に推移した。そのため、北見農試の連・輪作圃場においても収量に対する気象条件の影響が認められた。なかでも、気象条件の影響を受け易い大豆の連・輪作区の収量はいずれも著しく劣り、過去10年間の平均値(以下平年と略す)の37%~46%であった。これは主に7月下旬から8月上旬の開花時期の極低温に伴う稔実着きょう数の低下および生育遅延により粒肥大の不良に基づくものと考えられた。なお、7月中~下旬の開花始めころの気温が大豆の収量と正の相関関係にあることが過去30年間の結果からも認められた。一方、秋播小麦の連・輪作区の収量は平年に比べていずれも多く13%~17%上回っていた。この原因として登熟日数の増加による粒重増が考えられた。また、菜豆、てん菜およびばれいしょの連・輪作区の収量はいずれも平年に比べて劣っており、とりわけ菜豆とてん菜の連作区の収量はそれぞれ平年の66、69%と劣り、輪作区に比べて収量低

表III-2-1 北見農試連・輪作圃場における畑作物の収量と変動係数(30年間)

| 作物 <sup>2)</sup> | 平均収量 <sup>1)</sup> (kg/10a) |       |       |       |       |       | 変動係数(CV%) |      |      |      |      |      |
|------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|------|------|------|------|
|                  | 連作                          | 2輪    | 3輪    | 4輪    | 5輪    | 6輪    | 連作        | 2輪   | 3輪   | 4輪   | 5輪   | 6輪   |
| ばれいしょ            | 3,877                       | —     | —     | 4,101 | 4,043 | 3,868 | 27.1      | —    | —    | 25.6 | 26.3 | 24.9 |
| 大豆               | 201                         | —     | 232   | 239   | —     | —     | 31.3      | —    | 31.1 | 28.3 | —    | —    |
| 菜豆               | 138                         | —     | —     | —     | —     | 208   | 24.7      | —    | —    | —    | —    | 21.4 |
| えん麦              | 288                         | 319   | 335   | 342   | 327   | 329   | 20.0      | 19.1 | 17.8 | 18.0 | 22.6 | 22.6 |
| てん菜              | 2,185                       | 2,103 | 2,431 | 2,669 | 2,519 | 2,603 | 20.5      | 18.6 | 13.2 | 12.1 | 12.4 | 13.3 |
| 秋播小麦             | 238                         | —     | —     | —     | 360   | 377   | 52.8      | —    | —    | —    | 28.1 | 26.8 |

注1) 昭和34年から昭和63年までの30年間。大豆は昭和47年および55年が欠測のため、平成元年、2年の調査結果を加えて30年間とした。ばれいしょ：塊茎重、大豆・菜豆・えん麦・秋播小麦：子実重、てん菜：根重。

2) ばれいしょ：紅丸、大豆：北見白、菜豆：大正金時、えん麦：前進、てん菜：導入2号、秋播小麦：ホクエイ。

表III-2-2 冷害年(平成5年)における連・輪作圃場の畑作物の収量

| 作物    | 収量 <sup>1)</sup> (kg/10a) |       |       |       |       |       | 過去10年間の平均収量に対する指数 <sup>2)</sup> |    |    |    |     |     |
|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|----|----|----|-----|-----|
|       | 連作                        | 2輪    | 3輪    | 4輪    | 5輪    | 6輪    | 連作                              | 2輪 | 3輪 | 4輪 | 5輪  | 6輪  |
| ばれいしょ | 3,821                     | —     | —     | 4,206 | 3,498 | 3,663 | 94                              | —  | —  | 96 | 86  | 95  |
| 大豆    | 57                        | —     | 101   | 104   | —     | —     | 37                              | —  | 46 | 46 | —   | —   |
| 菜豆    | 77                        | —     | —     | —     | —     | 213   | 66                              | —  | —  | —  | —   | 89  |
| てん菜   | 2,864                     | 3,319 | 3,728 | 4,251 | 4,114 | 4,228 | 69                              | 83 | 89 | 90 | 85  | 85  |
| 秋播小麦  | 370                       | —     | —     | —     | 493   | 537   | 112                             | —  | —  | —  | 116 | 117 |

注1) ばれいしょ：塊茎重、大豆・菜豆・秋播小麦：子実重、てん菜：根重。

2) てん菜については、平成元年より品種を「導入2号」から「モノホマレ」へと、また直播栽培から移植栽培へとかえたため、平成元年から4年までの4か年の平均値とした。

表Ⅲ-2-3 連・輪作圃場の大豆収量と積算平均  
気温および降水量との相関関係  
(30 年間 昭和 34 年～平成 2 年)

| 期 間<br>(月/旬) | 大豆収量 (子実重) との相関係数 |         |         |          |       |       |
|--------------|-------------------|---------|---------|----------|-------|-------|
|              | 積算平均気温            |         |         | 降 水 量    |       |       |
|              | 連 作               | 3 年輪作   | 4 年輪作   | 連 作      | 3 年輪作 | 4 年輪作 |
| 5/下          | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 6/上          | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 中            | 0.406*            | 0.364*  | -       | -        | -     | -     |
| 下            | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 7/上          | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 中            | 0.522**           | 0.398*  | 0.438*  | -0.468** | -     | -     |
| 下            | 0.478**           | 0.527** | 0.589** | -        | -     | -     |
| 8/上          | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 中            | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 下            | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 9/上          | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 中            | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 5/下-6/上      | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 6/上-6/中      | 0.375*            | 0.449*  | 0.450*  | -        | -     | -     |
| 6/中-6/下      | 0.400*            | -       | -       | -        | -     | -     |
| 6/下-7/上      | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 7/上-7/中      | 0.446*            | 0.404*  | 0.390*  | -        | -     | -     |
| 7/中-7/下      | 0.637**           | 0.597** | 0.663** | -0.370*  | -     | -     |
| 7/下-8/上      | 0.454*            | 0.482** | 0.575** | -        | -     | -     |
| 8/上-8/中      | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 8/中-8/下      | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 8/下-9/上      | -                 | -       | -       | -        | -     | -     |
| 9/上-9/中      | -                 | 0.434*  | -       | -        | -     | -     |

昭和 47 年および 55 年が欠測のため、平成元年と 2 年の調査結果を加えて 30 年間とした。-：有意差無し。\*：5%水準で有意。\*\*：1%水準で有意。

下が著しかった。これらの原因として生育初期の湿害と低温の影響が考えられた。なお、収量低下が著しかった連作区に収量に及ぼす気象および土壌環境要因の解明が今後必要と思われた。

2) 十勝地域

十勝農試で昭和 60 年から実施しているてん菜、ばれいしょ、菜豆（大正金時）秋播小麦の作付け順の 4 年輪作を基準とした連・輪作試験の収量結果を表に示した。連作区や短期輪作区の作物生育は連作・過作障害の主要因である土壌病害による被害の消長が一定の方向性をかならずしも持っていないため気象的な平常年と本年のような低温年とを比べて論議することは困難である。てん菜は 4 年輪作に比べ 3 年輪作、交互作でもほとんど根重は低下していないが連作では低収となった。ばれいしょ

は 3 年輪作ではほとんど差がないが交互作、連作では収量が低下した。秋播小麦は交互作で低下し、連作での低下は大きい。菜豆は輪作年数の影響が最も大きく 3 年輪作で 10%程度、交互作で 15%強収量が低下し、連作では収量がほぼ 50%となった。データは示していないが 4 年輪作に比べ 3 年輪作および交互作で収量低下の小さいてん菜やばれいしょも糖分やでん粉含有率は年次を重ねるに従い低下の傾向にある。

冷害が連作・過作の悪影響を増幅している、または 4 年輪作が被害を軽減しているとは必ずしもいえないが、以上の結果は畑作における輪作の重要性を示している。

(赤司和隆、山神正弘)

(3) 土壌肥沃度と冷害

豆類とりわけ小豆はこれまでも冷害年にはその初期生育を確保するためには土壌のリン酸肥沃度およびリン酸増肥が重要であるとされている。リン酸肥沃度の低い十

表Ⅲ-3-1 冷害年におけるリン酸肥沃度を異にする  
土壌での小豆のリン酸、窒素施肥反応

1) 淡色黒ボク土（リン酸肥沃度低）

| 施肥量(kg/10 g) | 初期<br>生育 | 莖葉<br>(kg/10 a) | 子実<br>収量比 (ヶ/株) | 莢数  |
|--------------|----------|-----------------|-----------------|-----|
| リン酸 窒素       |          |                 |                 |     |
| 0 4          | 3.9      | 72              | 18              | 14  |
| 0 4 + 6      | 2.9      | 72              | 19              | 15  |
| 20 4         | 4.1      | 112             | 131             | 100 |
| 20 10        | 7.1      | 202             | 227             | 173 |
| 20 4 + 6     | 6.6      | 194             | 153             | 117 |
| 50 4         | 7.5      | 159             | 182             | 139 |
| 50 4 + 6     | 7.5      | 197             | 209             | 160 |

2) 褐色低地土（リン酸肥沃度高）

| 施肥量(kg/10 g) | 初期<br>生育 | 莖葉<br>(kg/10 a) | 子実<br>収量比 (ヶ/株) | 莢数  |
|--------------|----------|-----------------|-----------------|-----|
| リン酸 窒素       |          |                 |                 |     |
| 0 4          | 14.4     | 282             | 154             | 63  |
| 0 4 + 6      | 15.4     | 221             | 242             | 99  |
| 20 4         | 19.8     | 244             | 245             | 100 |
| 20 4 + 6     | 18.6     | 291             | 259             | 106 |

- 1) 窒素施肥量の 4 + 6 は基肥 4、7 月下旬 6 kg 追肥である。  
2) 初期生育は 7 月 15 日で kg/10 a。

表Ⅲ-2-4 主要畑作物の連・輪作による収量性の差異（十勝農試）

| 輪作年数  | てん菜 (モノエース s)<br>収量<br>作付け順                 | ばれいしょ (ワセシロ)<br>収量<br>作付け順 | 秋播小麦 (チホクコムギ)<br>収量<br>作付け順 | 菜 豆 (大正金時)<br>収量<br>作付け順 |
|-------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| 4 年輪作 | (4,775) <sup>1)</sup> B-P-K-W <sup>2)</sup> | (3,532) B-P-K-W            | (435) B-P-K-W               | (178) B-P-K-W            |
| 3 年輪作 | 102 B-K-P                                   | 95 B-K-P                   | 101 P-W-K                   | 83 K-B-P                 |
| 交 互 作 | 101 B-P                                     | 85 P-K                     | 90 W-P                      | 81 K-P                   |
|       | 101 B-K                                     | 87 P-W                     | 95 W-K                      | 85 K-W                   |
| 連 作   | 92                                          | 82                         | 78                          | 52                       |

注 1) ( )内はそれぞれ根重、上いも重、子実重 kg/10 a で、昭和 61 年から平成 5 年までの平均値である。  
2) 作付け順の B はてん菜、P はばれいしょ、K は菜豆、W は秋播小麦である。

勝農試の淡色黒ボク土（トルオーグリン酸4.5 mg/100 g）圃場と気象的にはほとんど変わらない芽室町内の褐色低地土（同30.2 mg/100 g、十勝川流域）での小豆に対するリン酸用量試験の結果を表に示した。リン酸肥沃度の低い淡色黒ボク土では収量がきわめて低く、リン酸増肥と窒素増肥は顕著な増収効果をもたらした。リン酸および窒素増肥区では初期生育が比較的良好であり、それが根粒着性を促進し、増収の要因となったものと推察される。通常年では基肥窒素の増肥は発芽障害を起こすが、本年は6月上旬の大量降雨により基肥窒素の流亡が推定され、このため窒素増肥区で初期生育が確保されたと考えられる。一方、リン酸肥沃度の高い褐色低地土では、無リン酸系列では窒素追肥により収量は標準区と同等であったが、無追肥では著しい低収であった。

リン酸施肥系列では窒素追肥の効果は少なかった。これ等の結果はリン酸肥沃度が高いため根粒の着性が多く追肥窒素の反応がでにくかったためと考えられる。

以上の結果は土壌型が異なるためリン酸肥沃度以外にも生育に影響を及ぼす要因があるが、その主なるものはリン酸と考えられる。本年の冷害でもリン酸肥沃度の低い土壌での初期生育確保のためのリン酸増肥の効果が確認された。

肥沃度とは直接関連しないが本年の6月上旬の集中豪

雨により透水性の良好な農試圃場では基肥窒素の一部が流亡した恐れがあり、それについては先に指摘した。データは示さないが、この傾向は菜豆の窒素追肥試験でも認められており、平成4年より本年の方が追肥効果が大きかった。また後述するてん菜の現地調査でも基肥窒素の流亡が一部で示唆されている。6月中旬にこれまでの成果をとりまとめ追肥の要否に関して降水量と土性から指導指針を出した。今後、降水量と基肥窒素の流亡の関係については硝酸化成の程度、土壌の保水量、透水性などの観点からさらに研究を進める必要がある。

（山神正弘）

#### （4）湿 害

（十勝管内におけるてん菜湿害と土壌との関係）

本年の湿害は6月上旬の豪雨とそれにつづく中旬の多雨により引き起こされた。この時期てん菜の根系は完成されておらず停滞水と過湿により根域の拡大が阻害され、生育が遅延しその後一時的な好天はあったものの、基本的には低温寡照に経過したため管内的には低収となった。記録的な豪雨となった更別以南は土性が比較的粗い土壌が広範に分布しているが表面流去水が集中し冠水した圃場の被害が著しかった。また、低温でかつ排水不良の低地土の分布が多い豊頃では一層被害が激しかった。

表Ⅲ-4-1 調査地点の土壌断面の特徴と作土の土壌理性

| 地点<br>番号 | 腐植層の<br>厚さ(cm) | 斑紋の<br>有 無 | グライ斑<br>の 有 無 | 三相分布（％、pF 1.5） |      |      | 水分含有率（％） |      |      |
|----------|----------------|------------|---------------|----------------|------|------|----------|------|------|
|          |                |            |               | 固 相            | 気 相  | 液 相  | 5/28     | 8/30 | 9/27 |
| 1-a      | 47             | 68 cm      | な し           | 36.1           | 9.1  | 54.8 | 39       | 39   | 40   |
| 1-b      |                | 著富む        |               | 36.9           | 8.4  | 54.8 | 38       | 39   | 39   |
| 2-a      | 55             | 55 cm      | な し           | 37.0           | 5.4  | 57.6 | 41       | 42   | 43   |
| 2-b      |                | 著富む        |               | 35.3           | 4.3  | 60.5 | 42       | 41   | 41   |
| 3-a      | 67             | 67 cm      | あ り           | 43.3           | 12.3 | 44.4 | 28       | 30   | 34   |
| 3-b      |                | 著富む        | 67 cm         | 39.0           | 8.0  | 53.0 | 35       | 36   | 37   |
| 4-a      | 62             | 75 cm      | な し           | 32.0           | 7.0  | 61.0 | 43       | 40   | 40   |
| 4-b      |                | 著富む        |               | 34.3           | 7.9  | 57.8 | 41       | 40   | 41   |
| 5-a      | 65             | 75 cm      | あ り           | 33.2           | 8.0  | 58.9 | 44       | 43   | 44   |
| 5-b      |                | 著富む        | 75 cm         | 34.8           | 5.5  | 59.7 | 42       | 42   | 44   |
| 6-a      | 55             | 55 cm      | な し           | 33.3           | 9.3  | 57.3 | 42       | 40   | 41   |
| 6-b      |                | 含 む        |               | 35.0           | 5.8  | 59.1 | 42       | 41   | 42   |
| 7-a      | 75             | 75 cm      | あ り           | 34.8           | 4.5  | 60.7 | 42       | 41   | 43   |
| 7-b      |                | 著富む        | 75 cm         | 35.3           | 6.8  | 58.0 | 41       | 40   | 42   |
| 8-a      | 67             | 67 cm      | な し           | 38.0           | 6.5  | 55.5 | 38       | 38   | 38   |
| 8-b      |                | 著富む        |               | 41.5           | 5.6  | 52.8 | 34       | 35   | 36   |
| 9-a      | 60 以上          | な し        | な し           | 36.7           | 6.2  | 57.2 | 39       | 39   | 39   |
| 9-b      |                |            |               | 36.0           | 7.4  | 56.6 | 40       | 38   | 40   |
| 10-a     | 47             | 47 cm      | あ り           | 33.4           | 3.9  | 62.7 | 44       | 44   | 45   |
| 10-b     |                | 著富む        | 63 cm         | 31.3           | 6.9  | 61.9 | 47       | 46   | 46   |
| 11-a     | 44             | な し        | な し           | 32.3           | 9.2  | 58.5 | 45       | 45   | 47   |
| 11-b     |                |            |               | 32.2           | 9.3  | 58.5 | 46       | 47   | 46   |
| 12-a     | 60             | 60 cm      | な し           | 35.1           | 5.5  | 59.3 | 43       | 43   | 43   |
| 12-b     |                | 富 む        |               | 34.5           | 9.8  | 55.6 | 41       | 41   | 42   |

注1) 各地点のaは5月下旬に同一圃場内で排水の良好と思われた所、bは不良と思われた所。

2) 腐植層の厚さ、斑紋およびグライ斑の有無はa、bに拘らずその地点の代表的断面の特徴。

表Ⅲ-4-2 厚層腐植質多湿黒ボク土における多雨年のてん菜収量の低下と土壌要因 (平成5年)

| 地点番号 | 収量<br>(kg/10 a) | 糖分<br>(%) | 糖 量<br>(kg/10 a) | 地点としての被害 | 地点としての要因 | 道 路<br>明きょ | 備 考                                                                                                     |
|------|-----------------|-----------|------------------|----------|----------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-a  | 4,381           | 16.0      | 700              | 被害軽      | 透水不良     | なし         | a は礫が有り、肥料流亡の可能性あり<br><br>斑紋の出現位置も深く、土層として問題が少ない<br>暗きょが効いていない、b は少し高い地点で被害が軽い<br>微傾斜で畑の端が小河川につながり表面排水良 |
| 1-b  | 4,533           | 15.8      | 715              | 被害中      | 透水不良     | なし         |                                                                                                         |
| 2-a  | 4,385           | 15.5      | 677              |          |          |            |                                                                                                         |
| 2-b  | 2,169           | 15.4      | 334              | 被害中      | 透水不良     | なし         |                                                                                                         |
| 3-a  | 3,276           | 15.4      | 504              |          |          |            |                                                                                                         |
| 3-b  | 4,577           | 15.6      | 715              | 被害軽      |          | なし         |                                                                                                         |
| 4-a  | 5,446           | 14.9      | 813              |          |          |            |                                                                                                         |
| 4-b  | 5,123           | 15.1      | 774              | 被害中      | 透水不良     | あり         |                                                                                                         |
| 5-a  | 2,831           | 15.7      | 446              |          |          |            |                                                                                                         |
| 5-b  | 4,853           | 15.8      | 765              | 被害軽      |          | なし         |                                                                                                         |
| 6-b  | 4,340           | 15.2      | 658              |          |          |            |                                                                                                         |
| 6-b  | 5,254           | 15.5      | 812              | 被害中      | 透水不良     | なし         |                                                                                                         |
| 7-a  | 3,840           | 17.4      | 668              |          |          |            |                                                                                                         |
| 7-b  | 3,886           | 16.7      | 651              | 被害中      | 肥料流亡     | なし         |                                                                                                         |
| 8-a  | 4,379           | 15.7      | 688              |          |          |            |                                                                                                         |
| 8-b  | 4,442           | 15.5      | 690              | 被害中      | 透水不良     | あり         |                                                                                                         |
| 9-a  | 3,342           | 17.6      | 587              |          |          |            |                                                                                                         |
| 9-b  | 4,231           | 16.7      | 706              | 被害中      | 透水不良     | あり         |                                                                                                         |
| 10-a | 2,122           | 16.8      | 356              |          |          |            |                                                                                                         |
| 10-b | 3,297           | 17.0      | 559              | 被害甚      | 透水不良     | なし         |                                                                                                         |
| 11-a | 5,067           | 15.6      | 791              |          |          |            |                                                                                                         |
| 11-b | 5,067           | 15.8      | 802              | 被害軽      | 肥料流亡     | なし         |                                                                                                         |
| 12-a | 4,346           | 15.1      | 654              |          |          |            |                                                                                                         |
| 12-b | 3,778           | 15.0      | 565              | 被害中      | 透水不良     | なし         | 客土した土壌が膨軟で容水量過多を増幅<br><br>容水量過多で透水不良の土壌であるが暗きょが効いている<br>容水量過多、近くに明きょがない                                 |

注1) 地点として根重が4.5t/10a程度以上を被害軽、3.5t~4.5t程度を被害中、3.5t以下を被害甚とした。

2) 道路明きょとは圃場と道路の間にある明きょのことをさす。

3) 低収の要因として、a b間で収量が下がり、糖分が上昇している場合肥料流亡と推定した。

た。

ここでは十勝管内の畑作の主体を占める火山性土のうち湿性を呈する多湿黒ボク土における土壌とてん菜の湿害について芽室町での調査事例から考察する。

調査地点は芽室町の台地に分布する厚層腐植質多湿黒ボク土のてん菜作付け圃場12地点で5月中旬に他の目的で一圃場につき排水の良好と思われる所(a)と排水が不良と思われる所(b)を観察により選定した。

いずれの地点もいわゆる湿性火山性土であり地点1、3、8を除けば作土はいずれも容水量過多の土壌で湿害の可能性が常にある。また地点1、3、8にしても淡色黒ボク土に比べれば容水量は大きく、透水性は小さい。3-aが低収であるのは肥料流亡の可能性が高い。斑紋およびグライ斑がない地点11や、斑紋が出現してもそれが深い地点1、4、6では被害は軽微であったが、グライ斑のある地点では被害が大きく土壌断面の特徴と被害はほぼ対応していた。しかし、このような土壌断面の特徴以外に地点5、6で観察されるように、その地点が圃場の高いところに位置し、表面流去水が圃場外に排出されている場合は被害が少なかった。調査した12圃場中8圃場にしか道路との間に明きょがなく、一時的にせよ大量の降雨があれば表面流去水が圃場の一部に停滞する。このことが透水性が不良で、容水量過多な多湿黒ボク土に

おける湿害を増幅したと推察される。地点5のように暗きょが機能していない圃場もあるのでさらなる暗きょの整備が重要なことは論を待たない。圃場の地形および農道との関係で表面流去水を停滞させないための明きょの整備が必要である。

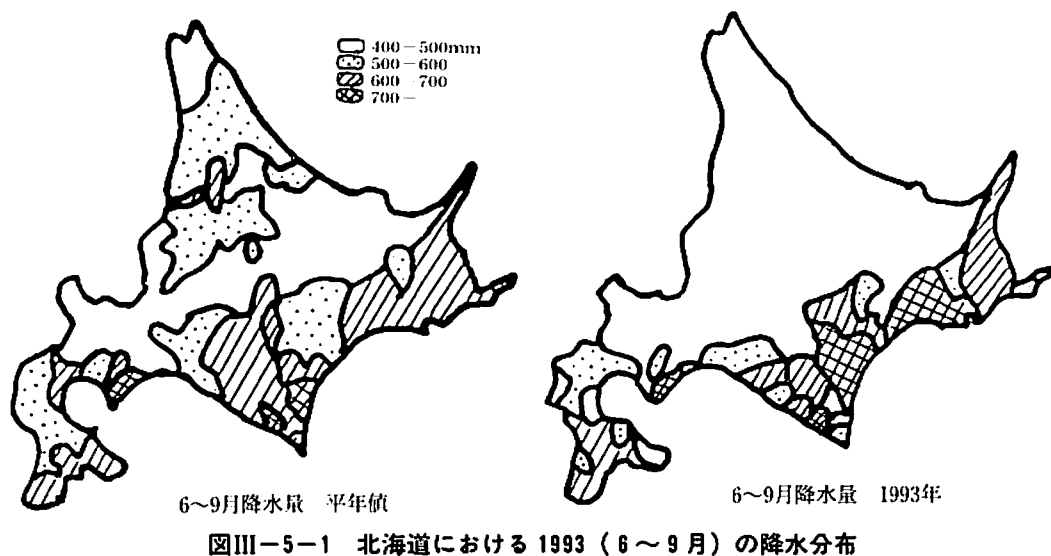
(山神正弘)

#### (5) 十勝管内における平成5年度のてん菜収量地図

平成5年度の十勝管内における作物収量に影響を及ぼした気象要因としては、低温に加えて降水量の多かったことがあげられている。

事実、図Ⅲ-5-1に示した6~9月の年間降水量、平成5年度降水量からみて平成5年度の十勝管内における降水量が特異的に多かったことが示されている。なお、十勝全域が一様に降水量が多かったのではなく、南十勝>西部十勝・中部十勝>東北部十勝の順で、地帯によって異なる傾向がみられた。

この降水量とてん菜の収量との関係について、管内におけるてん菜の集落別収量地図を作成し、検討を試みた。てん菜収量の資料は、十勝農協連および日本甜菜製糖、ホクレン、北海道糖業などの各製糖工場の協力によったものである。



表III-5-1 十勝管内におけるてん菜収量の平年に対する平成5年の割合(%)

| 農協    | 収量割合 | I (60未満) | II (60以上~70未満) | III (70以上~80未満) | IV (80以上~90未満) | V (90以上~100未満) | VI (100以上) | 集 落 数 |
|-------|------|----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|------------|-------|
| 本 別   |      |          |                | 7.7             | 40.4           | 42.3           | 9.6        | 52    |
| 士 幌   |      |          |                | 10.5            | 47.4           | 38.6           | 3.5        | 57    |
| 川 西   |      |          |                | 11.4            | 62.9           | 22.9           | 2.8        | 35    |
| 芽 室   |      |          | 4.3            | 21.3            | 64.8           | 9.6            |            | 94    |
| 広 尾   |      | 21.4     | 42.9           | 28.6            | 0.0            | 7.1            |            | 14    |
| 大 樹   |      | 3.7      | 22.2           | 40.8            | 29.6           | 0.0            | 3.7        | 27    |
| 豊 頃   |      | 36.4     | 36.4           | 27.2            |                |                |            | 11    |
| 全 農 協 |      | 1.4      | 3.9            | 23.2            | 51.4           | 17.1           | 3.0        | 839   |

図III-5-2 はてん菜の平年収量 (S60~H1の5か年平均) 地図で、図III-5-3 は平成5年の収量地図である。

これから、平成5年度のてん菜収量の著しく低いことが伺われる。また、地帯によって収量差があることもみられる。次に、地帯によって収量差がどのように分布しているかについて検討した。

収量差は、集落別に平成5年収量を平年収量で割った値で図示した(図III-5-4)。また、表III-5-1は、十勝管内における農協別にみたてん菜収量の平年に対する平成5年の割合について示した。

これから、降水量の多かった南十勝では平年収量よりも40%以上の低下がみられ、降水量が比較的少なかった東北部では10%程度の減収に止まった。

降水量によるてん菜の減収要因としては、養分の流亡、排水不良土壌における湿害、一時的冠水などが考えられる。

これら要因については順次検討する予定である。

(菊地晃二)

## (6) 地理情報システム、衛星リモートセンシングを利用したてん菜の冷湿害解析

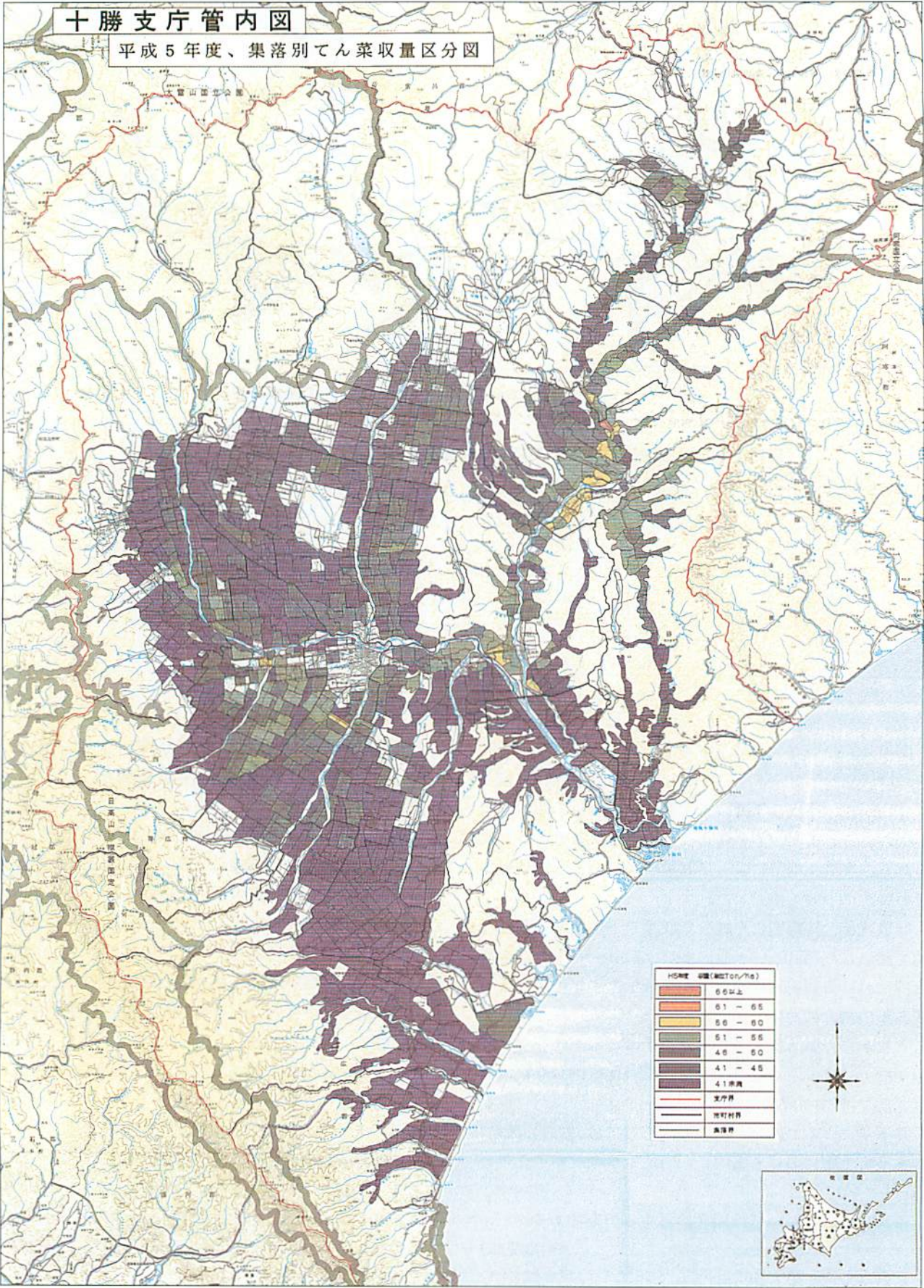
### 1) 背景及び目的

気象要因による生育障害は広範囲にわたって発生するため、人力による被害調査には多大な労力と時間を要する。そこで、効率的な被害状況の把握には、広域を一時に観測する衛星リモートセンシング(R/S)が有効な調査補助手段として利用できる。また、R/Sデータ、気象情報、土壌・地形情報などを効率的に解析するには、地図情報と属性データを結合して管理可能な、地理情報システム(GIS)が有効である。

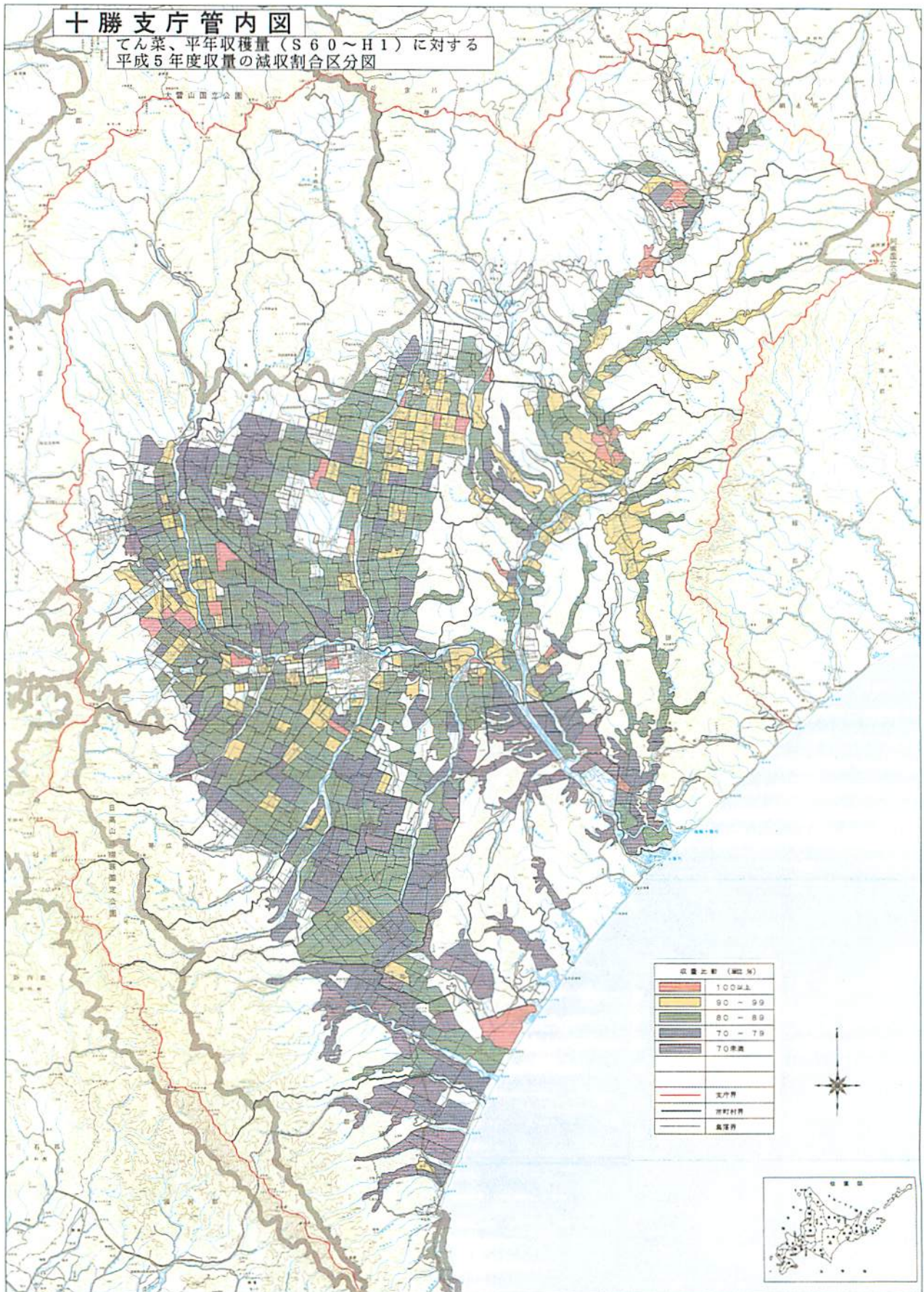
平成5年の十勝地方のてん菜は、生育期間中の低温および6月上旬の多雨のため、地域によって著しい低収となった。そこで本試験ではGIS、R/Sを利用して、てん菜の冷・湿害の広域的解析を試みた。

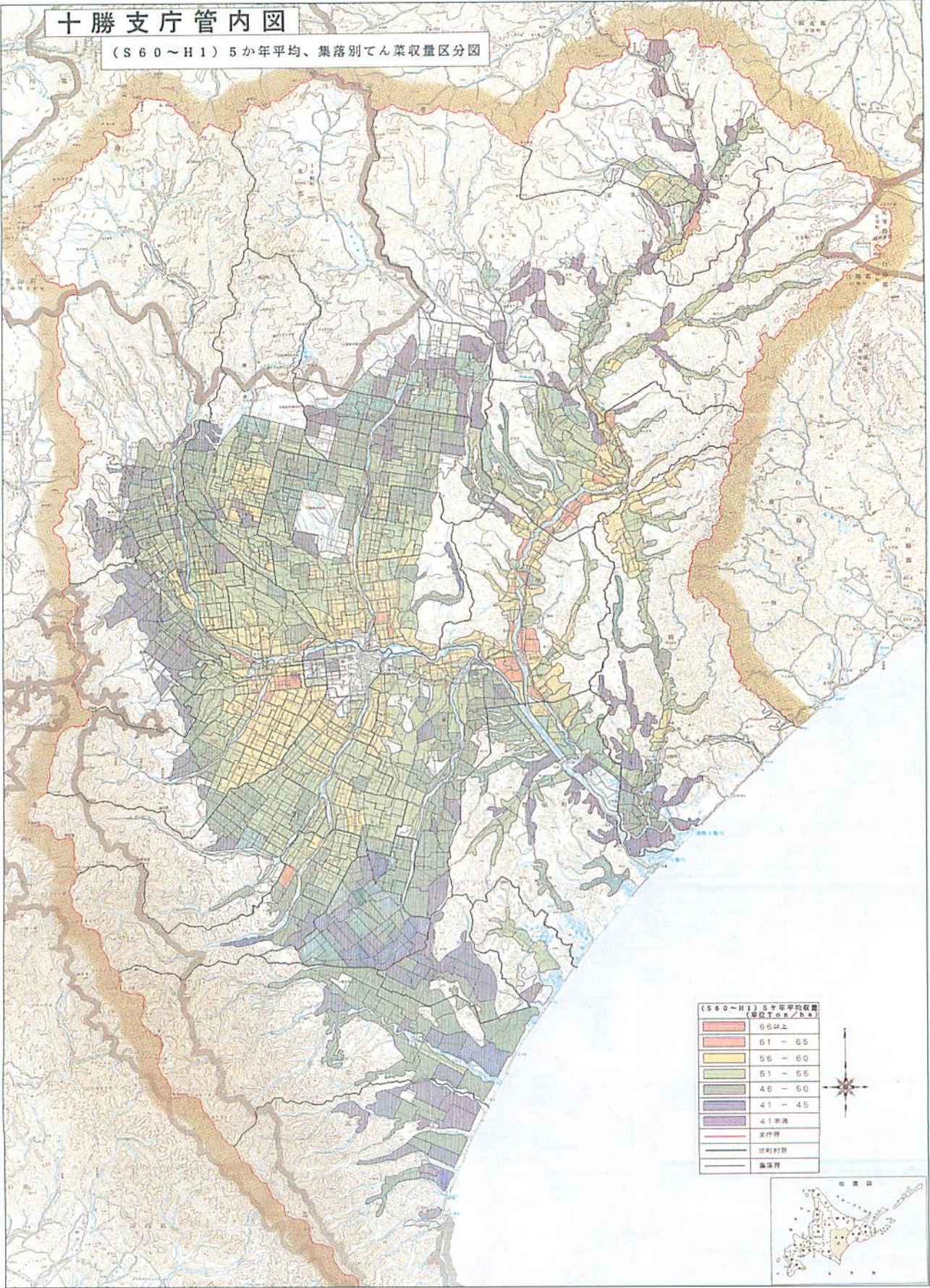
### 2) 方 法

①対象地域：十勝全域の東西85km南北110kmを対象地域とした。当該地域には陸別町を除くてん菜の主要栽培地域の大部分が含まれる。



図III-5-2 てん菜収量地図 (平年)





図III-5-4 てん菜の平成5年減収割合区分図

表Ⅲ-6-1 農事組合収量・減収率と気象要因との関連

|           |        | 最 低   | 最 高   | 平 均   | 相 関 (n=81) |         |
|-----------|--------|-------|-------|-------|------------|---------|
|           |        |       |       |       | 収 量 (t/ha) | 減収率 (%) |
| 平均気温(°C)  | 5 月    | 8.3   | 10.0  | 9.3   | 0.43       | 0.05    |
|           | 6 月    | 11.0  | 12.9  | 12.2  | 0.62       | -0.31   |
|           | 7 月    | 14.2  | 16.1  | 15.3  | 0.67       | -0.38   |
|           | 8 月    | 16.9  | 18.3  | 17.7  | 0.59       | -0.22   |
|           | 9 月    | 13.3  | 15.0  | 14.4  | 0.46       | 0.08    |
|           | 10 月   | 7.5   | 8.9   | 8.4   | -0.01      | 0.37    |
| 積算気温(°C)  | 6～8月   | 1,297 | 1,447 | 1,386 | 0.64       | -0.32   |
|           | 5～10月  | 2,210 | 2,468 | 2,367 | 0.55       | -0.12   |
| 降 水 量(mm) | 6月第1半句 | 37    | 507   | 170   | -0.38      | 0.53    |

- ②使用データ
1. 気象データ：平成5年のアメダスデータおよび国土数値情報の標高値から、全道の5～10月平均気温及び、6月第1半句降水量データを1kmメッシュ化し、対象地域の1kmメッシュ気象図を作成した。
2. R/Sデータ：平成5年は天候不順のため、衛星データの取得回数が少なく、十勝地方全域を網羅するシーンは取得されなかった。用いた衛星データは、1993年7月8日に取得されたランドサット5号TMセンサ（パス107-ロウ30）である。
3. 農事組合収量データ：十勝地方の農事組合のうち、地域・収量の異なる81組合について、過去5か年（昭和63～平成4年）および平成5年の収量（t/ha）・糖分含量（%）を収集し、農事組合収量データとした。また過去5か年の平均収量に対する平成5年の減収率を算出した。
4. 現地圃場収量データ：十勝地方全域から1区画10a以上のてん菜作付圃場61圃場の収量（t/ha）・糖分含量（%）を収集し、このうち衛星画像上で圃場が確認可能な41圃場について現地圃場収量データとした。

3) 試験方法

- ①農事組合収量データと気象データの関連解析：各農事組合の位置を1：50,000地形図上に記し、これとメッシュ気象図とを重ね合わせて、各農事組合別の月別平均気温、6月上旬降水量を算出し、収量・減収率との関連について検討した。
- ②R/Sデータと現地圃場収量データの関連解析：7月8日のランドサット画像から各圃場を切り出し、バンド毎の平均分光反射値を求め、またバンド間演算によって植生指数（NDVI）、被覆率（K値）を算出して、これらの値と地上データの収量・糖分含量との関連について検討を行った。

4) 結果の概要

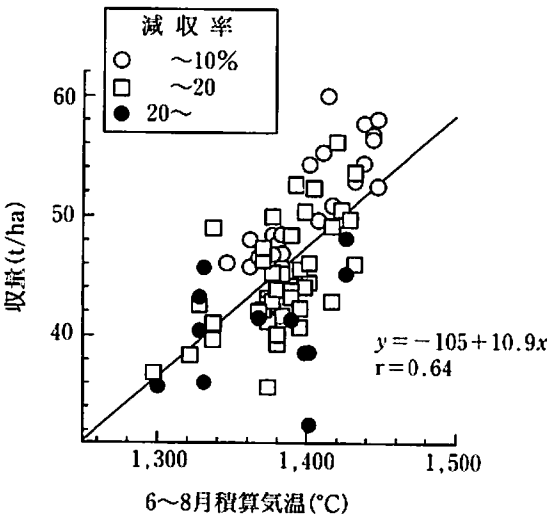
- ①農事組合収量データと気象データの関連解析：平成

5年は低温に推移したため、生育期間中の平均積算気温は、ほとんどの地域でてん菜生育に必要とされる2,400°Cに達しなかった。また、6月第1半句の降水量は最高500mm以上に達し、生育期間中の総降水量の50%以上になる地域がみられた。各農事組合収量・減収率と気象データとの関係について表Ⅲ-6-1に示した。

てん菜収量は生育初～中期の平均気温、積算気温と高い正の相関が認められた。5月の平均気温と収量との相関は幾分低かったが、これは対象地域全域で低温に推移したため、収量との関係が明確でなかったと考えられた。

また、6月第1半句の降水量は過去5か年の平均収量に対する減収率と高い正の相関が認められ、この時期の多雨が収量を減収させる大きな要因であったことが推察された。図Ⅲ-6-1に6～8月積算気温と収量との関係、図Ⅲ-6-2に6月第1半句降水量と農事組合別減収率の関係を示した。

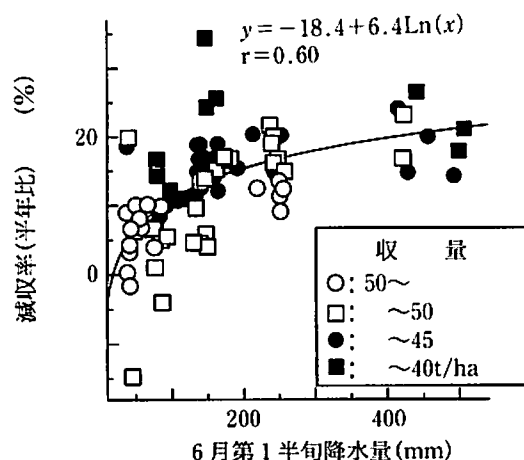
6～8月積算気温と収量との間には $r=0.64$ の高い正



図Ⅲ-6-1 6～8月積算気温と農事組合別収量の関係

表III-6-2 分光反射値と収量・糖分含量の関係

| 衛星・センサ                        | バンド | 最 小   | 最 大   | 平 均   | 相 関 (n=41) |          |
|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|------------|----------|
|                               |     |       |       |       | 収 量 (t/ha) | 糖分含量 (%) |
| ランドサット 5 号 TM                 | 1   | 61.8  | 91.6  | 69.8  | -0.43      | 0.09     |
|                               | 2   | 27.0  | 48.4  | 32.7  | -0.32      | 0.03     |
|                               | 3   | 25.2  | 64.9  | 32.8  | -0.54      | 0.10     |
|                               | 4   | 51.7  | 119.5 | 92.6  | 0.61       | -0.12    |
|                               | 5   | 53.7  | 179.8 | 86.6  | -0.78      | 0.01     |
|                               | 6   | 130.6 | 161.1 | 146.2 | -0.39      | -0.02    |
|                               | 7   | 14.9  | 75.3  | 37.6  | -0.82      | 0.04     |
| 植 生 指 数 (NDVI) * <sup>1</sup> |     | 12.9  | 59.6  | 36.5  | 0.78       | -0.16    |
| 被 覆 率 (K 値) * <sup>2</sup>    |     | 25.3  | 65.2  | 47.1  | 0.77       | -0.14    |

\*<sup>1</sup>: (Band 4 - Band 3) / (Band 4 + Band 3) × 100\*<sup>2</sup>: (Band 4 - 1.12 × Band 3) / 153.2 × 100

図III-6-2 6月第1半旬降水量と農事組合別減収率(過去5か年平均収量比)

の相関が認められた。収量を減収率別に区分すると、減収率の少ない農事組合は推定される収量よりも多収傾向にあり、減収率の多い農事組合は減収傾向であった。6月第1半旬降水量と減収率との間には対数式がよく適合し、 $r=0.60$ の高い正の相関が認められた。降水量100mmで減収率はおよそ10%となり、収量40t/ha以下の低収であった農事組合はいずれも降水量100mm以上・減収率10%以上であった。

② R/S データと現地圃場収量データの関連解析：7月8日のランドサット画像から切り出したてん菜現地圃場の分光反射値および、バンド間演算によって算出した植生指数(NDVI)・被覆率(K値)と、収量・糖分含量との関係について表III-6-2に示した。

植物体に高い反射特性を示す近赤外域のバンド4と収量との間には正の相関が認められた。また作物の生育程度の指標となる植生指数、被覆率と収量との間にも高い正の相関が認められた。このことから7月8日の地上部

生育程度から収量を予測可能であると考えられた。また、中間赤外域のバンド5、バンド7と収量との間には高い負の相関が認められたが、これは中間赤外域の分光反射値が、土壌では大きく植物では小さいことから、てん菜地上部の被覆程度に対応しているためと考えられた。バンド5、バンド7と被覆率との相関はそれぞれ $r=-0.7$ 、 $-0.8$ であり、高い負の相関を示していた。

糖分含量と分光反射値、植生指数・被覆率との間には有意な関係は認められず、7月8日の生育状況から糖分含量を推定することはできないと考えられた。

以上から、1993年の意十勝地方におけるてん菜収量は、主として生育初～中期の気温に制限され、また6月上旬の多雨は平年収量に対する減収率に大きく関与していた。また、7月8日のR/Sデータから算出された植生指数によって収量の推定が可能であった。

今回用いた7月8日のR/Sデータのみでは、対象地域全域のてん菜圃場の判別は困難である。そこで現在、1993年9月1日に観測されたMOS-1 MESSERデータ、10月28日に観測されたランドサットTMデータを用いててん菜圃場の判別を行っており、今後対象地域全域について、植生指数からてん菜収量を推定し、土壌・気象要因との関連について検討を行う予定である。

(安積大治)

## (7) 土壌肥料の問題点と今後の技術対策

①冷害年であった本年の作物収量は、大部分の作物が平年収量以下となった。なかでも、大豆は他の作物が平年比80~90%であるのに対して20~30%と、気象条件に大きく影響を受けた。現在まで畑作物に対する土壌肥料研究は多収、高品質に向けられ、安定(気象変動)生産に向けての研究の比重が低かった。

北海道においては、数年に1度は低温年に遭遇し、畑

作物に対しても冷害のおそれ大きい。したがって作物の栄養生理に基礎をおく低温軽減研究が1つの柱として推進していくべき重要な課題と考える。

②低温年において、有機物施用圃場は無施用圃場に比較して、てん菜、春小麦では平年よりも若年高い効果がみられており、畑地には有機物を導入し、地力窒素を高めておくことが、畑作物の気象災害の軽減に効果があると考えられる。しかし、その軽減機作については不明の点が多く今後その解析を行い技術定着を図る必要がある。

また、低温年における連・輪作と作物収量の関係についてみると、てん菜、菜豆の連作圃場の収量は、平年の低下割合よりもさらに低い値を示している。このことは、畑作においては連作体系の確立が低温年の収量低下軽減技術としても有効であることを示している。しかし、連・輪作と気象および土壌環境要因との関係解明については

今後の課題として残されている。

低温年における土壌肥沃度と作物収量との関係では、土壌のリン酸肥沃度を高めておくことが、作物の初期生育を確保し、冷害を克服するための土壌管理としての必要事項である。

③多雨年における作物の生育収量は、透水性良好な土壌においては肥料養分の流亡を招き、多収は期待できない。したがって、降雨時期、降雨量から土壌別の養分状態を把握し、さらに、作物の生育時期を考慮して追肥技術の定着化が望まれる。

また、透水性不良な土壌においては、多雨により停滞水を生じ、てん菜、ばれいしょなどの作物は湿害を受け収量低下が著しい。排水効果が不十分な圃場に対しては、その排水組織の総点検を実施し、排水法の見直しが必要である。

(菊地晃二)