

# 茨城県農業試験場研究報告

第 10 号

BULLETIN

OF THE

IBARAKI AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION

No. 10

— 1969 —

茨 城 県 農 業 試 験 場

水戸市・上国井

IBARAKI AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION  
KAMIKUNII-CHO, MITO, JAPAN

茨城県農業試験場研究報告 第10号 正 誤 表

| 頁    | 行               | 誤                           | 正                       |
|------|-----------------|-----------------------------|-------------------------|
| 8    | 第14表, P 5 の Z-C | 40..67255                   | 40.67255                |
| 9    | 左下から18          | はくさい, プロセスは15a              | はくさいプロセスは15a            |
| 10   | 第16表, 実働方式      | 傭雇・5月中旬                     | 雇傭                      |
| 18   | 左下から2           | あいばは                        | はあいば                    |
| 30   | 左上から18          | 腐植各土壌                       | 腐植質各土壌                  |
| 33   | 左下から8           | 増加するここが                     | 増加することが                 |
| 38   | 左上から1           | 頻後                          | 頻度                      |
| 40   | 第4表 下から6        | ツヒノデ                        | ハツヒノデ                   |
| 41   | 右上から6           | 珪カルと熔リン                     | 珪カル, 熔リン                |
| 43   | 第7表 注) (4)      | 各試験地                        | 各試験地                    |
| 44   | 左下から6           | 1,400 t として                 | 1,400 t, また,            |
| 44   | 左下から5           | 22.4ppmから                   | 22.4ppmとして              |
| 49   | 左上から2           | 昭和38年7から                    | 昭和38年7月から               |
| 50   | 左 図             | 第2図-1                       | 第2図-3                   |
| 50   | 右 図             | 第2図-3                       | 第2図-1                   |
| 50   | 右 図             | 上層の塩素イオン (ppm)              | 上, 下層の塩素イオン (ppm)       |
| 50   | 右 図             | 下層の塩素イオン (ppm)              | 中層の塩素イオン (ppm)          |
| 52   | 右下から12          | 堆定可能な……                     | 推定可能な……                 |
| 64   | 第3図の凡例          | □発病率                        | ■発病率                    |
| 73   | 左下から9           | 解析                          | 解析                      |
| 74   | 第1図 表題中         | 黄萎発生                        | 黄萎病発生                   |
| 83   | 右下から17          | 新海 <sup>(1)</sup>           | 新海 <sup>(16)</sup>      |
| 84   | 右下から22          | ヨコニイ                        | ヨコバイ                    |
| 85   | 左下から7           | 早生種への                       | 早生種への                   |
| 86   | 右下から8           | 既して                         | 概して                     |
| 95   | 右下から11          | 山木鉄可氏                       | 山木鉄司氏                   |
| 96   | 左下から7           | 270ccの水を                    | 270ccの水を                |
| 103  | 第11表の項目中        | cc                          | cc                      |
| 106  | 左下から7           | 栽培されている。 <sup>10)</sup>     | 栽培されている。 <sup>10)</sup> |
| 107  | 左上から4           | 工業料用                        | 工業原料用                   |
| 122  | 左上段表 上から2       | P C P A                     | D C P A                 |
| 127  | 第15図 計欄右端       | 0.5                         | 1.5                     |
| 130  | 左上から13          | 晩種栽培                        | 晩播栽培                    |
| 137~ | 第19図~第23図       | 卒                           | 率                       |
| 146  | 右中央             | 2) 作業員負担面積                  | 2) 作業負担面積               |
| 146  | 第41表            | セレオン300g                    | セレサン300g                |
| 146  | 第41表            | バイシット (乳) 2,000cc           | バイジット2,000cc            |
| 146  | 第41表            | cc                          | cc                      |
| 147  | 第42表 上から2       | 66                          | 6.6                     |
| 148  | 第43表 (2)表題中     | 圃場作業量使用, 資材量                | 圃場作業量, 使用資材量            |
| 151  | 左上から3           | 水深圃場中央                      | 水深圃場中央                  |
| 153  | 第48表 (1)の上段右端   | 作物1ha当たり利用経費がそれぞれ一段ずつ上がっている | 同左をそれぞれ一段ずつ下げる          |

# 茨城県農業試験場研究報告 第10号 目次

1. 線型計画法を適用した普通作そさい地帯における経営改善設計について  
……………大木 操・小松 徹夫・川崎 昇三…… ( 1 )
2. 牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥料的な研究  
……………小坪 和男・丹野 貢・橋元 秀教…… ( 15 )
3. 茨城県における水田土壌の珪酸供給力および水稲に対する珪酸の施用効果に関する研究  
……………高遠 宏・伏谷勇次郎・小林 登・石川 昌男…… ( 33 )
4. 鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究 (第1報)  
——常陸川の水質と塩素イオンの動向——  
……………小山田 勉・押鴨 保夫・吉原 貢・本田 宏一・石川 昌男…… ( 47 )
5. キュウリつる割病に対する石灰施用の効果……………松田 明・下長根 鴻・平野喜代人…… ( 60 )
6. ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係……………君崎喜之助・高野 十吾…… ( 73 )
7. 陸稲新品種「ハタホナミ」「ワラベハタモチ」および「チヨミノリ」について  
……………小野 信一・根本 博雄・新妻 芳弘・阿部 祥治・石原 正敏…… ( 85 )
8. 茨城県における甘藷の諸形質と澱粉歩留, 澱粉生産量について……………坪 存…… ( 95 )
9. 茨城県における水稲の乾田直播栽培に関する研究  
……………島田 裕之・坂本 尙・緑川 覚二・祝迫 親志・佐藤 修・  
丹野 貢・林田多賀夫・萩谷 俊雄・広木 光男・坪 存…… ( 109 )

# 線型計画法を適用した普通作そさい地帯における 経営改善設計について

大木 操・小松 徹夫・川崎 昇三

普通作そさい地帯の経営改善がどうあるべきかの主題の下に真壁郡協和町西蓮沼集落を選び、代表と思われる農家について実態調査—分析—設計を通じた一連の調査研究を行なった。

これらの農家は耕地規模が小さく労力が多い農家と、耕地規模が比較的大にもかかわらず労力の少い対照的な農家である。この選定の狙いはあくまでも調査研究の普遍性を考慮したものである。

設計の手法としてはとくに線型計画法を用い、2、3の知見を得るとともに、この地帯における自立化可能と思われる農家群の経営改善方向がほぼ明らかになった。

## I 緒 言

第二次大戦の際連合軍が輸送計画に活用したといわれる線型計画法（リニアプログラミング）はその後農業の分野にも適用されるようになり、わが国においても、工藤、天間、武藤、森島、今村、頼、新藤、福田氏等により研究が進められ、現在ではすでに高度な経営の分析および計画手法が開発されている。

経営方式の転換をとまなうような改善計画作成の場合には試算計画法や線型計画法が有利な武器といわれており、この両者はいづれも理論的には比較有利性を前提に最適部門組合せを作る方法とされている。しかし試算計画法の場合には経営資源の組合せを試行錯誤的に改善して望ましい改善計画作案を作り出さうとする態度であり、線型計画法の場合は条件式、目的式を設定して数学的に最適解を求めようとするものである。

筆者らは従来行なって来た試算計画法にかわるものとして、この線型計画法をとりあげ、本県における農業地域区分の普通作、そさい地帯（協和町、真壁町、明野町、筑波町）において経営実態調査を行ない、それらを基礎資料として経営改善設計を試みた。

なおこれらの設計にあたっては終始助言とご指導をたまわった農林省農業技術研究所経営土地利用部経営設計研究室長武藤和夫氏並びに経営計算研究室森島賢氏に厚く感謝の意を表する。

## II 農業の一般的特質と動向

### 1 対象集落（真壁郡協和町西蓮沼）における作物栽培の変せんと現況

この地帯はいわゆる純農村地帯で都市近郊と山間との

接点ともいうべき位置にある。

水田率はほぼ50%を示しているが、大体畑率の稍高い部類に属する町村が多い。したがって経営形態は主穀を中心としてそれに、そさいの組合わさったものが多く、就中そさい作付率の高い町村として協和町が挙げられる。主なそさいとしては、とまと、すいか、はくさい等である。

この地帯におけるそさい作の現況は近郊園芸地帯に見られる資本集約的な施設園芸とは異なり、ビニール大型とんねる等を利用するが、出来るだけ施設に要する経費（例えば暖房機等は使用しないような）を少くしていくといったそさい栽培の方法がとられており、中心となっているとまとの栽培について見ても自家生産のわらで編んだ菰を大型とんねる全体にかけて保温する方法をとり厳寒期に定植を行なっている。

西蓮沼集落は、そさいの作付規模も大きく古くよりそさい地帯として知られて来た。始めはすいか、まくわりの作付が多かったが、すいかは直播すいかであったために、いや地現象が起り、栽培面積は低下したが、その後接木すいか技術の導入により、あと作のはくさいとともに重要な地位を占めて来ている。

現在基幹となっている半促成とまとは宇都宮市の小島重定氏の影響をうけ10年前に導入しビニールの普及とともに、この集落独特の栽培法が実施されている。又現在とまとに次ぐすいかもビニール利用が高められている。

昭和43年現在西蓮沼集落（農家戸数68戸）の全体の作付面積は、とまと5～6ha、ビニールすいか（とんねるおよびとまとのあと作を含む）15ha、プリンスメロン1ha、はくさい（とまと～すいかおよびすいかのあと作）20ha以上となっている。

2 自然条件および社会経済条件の特徴

耕地はきわめて平坦であり、大別して小貝川流域の沖積土壌と平地林を開こんだ火山灰性土壌より成っている。前者は生産力の高い土壌であり、後者はいく分劣る傾向がある。栽培管理上の問題点としては、そさい連作による線虫、化学肥料多施のためにおこる土壌酸性化を指摘することが出来る。

集落の位置は水戸線下館駅と新治駅の中間にあり、下館市に約4km道路も整備されており、交通運輸の便は比較的良好い。

農家の生活水準も最近のそさいの抬頭によってかなり高くなりつつある。

3 営農およびそさい生産流通の概況

第1表に示すごとく、この集落における農家の経営規模は県平均に比較し、きわめて大きい。且つ兼業農家の比較的少ないこともその特色である。この理由は年間を通じて農業労働配分がなされるため季節的な出稼ぎはあまり見られない。8月が比較的閑である他は1年中忙しく、とくに5月上中旬の労働はきわめて重労働が続き、この間の労働力が中心作目であるとまと、すいかの規模を決定している。

この集落の所属する出荷組合は西蓮沼そさい組合と呼ばれ、組合員は30名で組織されている。現在は個選の段階であるが、集落の中央に集荷場があり、そこに集め規格出荷を行なっている。出荷市場は東京(50%程度)他は宇都宮、大宮、小山、古河、下館等があげられるが、その季節には相当の産地商人が入っており、庭先販売が見られるのも、この集落の一つの特徴である。

III 農家階層区分

昭和42年度農業基本調査資料によって、西蓮沼集落68戸について、第1次指標、専兼別、第2次指標、規模

第1表 西蓮沼集落における農家階層区分

| 専兼別       | 番号 | 規模       | 別 | 該当農家数 | 調査および設計農家 |
|-----------|----|----------|---|-------|-----------|
| 専業(一兼を含む) | 1  | 120a以下   |   | 19    |           |
|           | 2  | 120~170a |   | 5     | Na1       |
|           | 3  | 170~240a |   | 18    | Na2       |
|           | 4  | 240a以上   |   | 12    |           |
| 兼業(二兼)    | 5  | 120a以下   |   | 14    |           |
| 計         |    |          |   | 68    |           |

別にとった。第3次指標として作目別、作付割合等をとる予定であったが各農家とも同様の傾向を示しており、変化は少いので一応第2次指標までに止めることにした。

これらの階層区分の結果一応農業として自立化が考えられる農家は2~4までと想定される。したがって、それらの中より調査および設計対象農家として次の要領によりNa1農家、Na2農家を選定した。

- Na1農家 耕地規模小、労力多(3人)
- Na2農家 耕地規模比較的大、労力小(2人)

IV Na1農家およびNa2農家の経営概況

1 Na1農家

第2表 家族構成と労働力構成

| 続柄  | 年令  | 年間農業従事可能日数 | 年間兼業従事予定日数 | 備考   |
|-----|-----|------------|------------|------|
| 経営主 | 42才 | 300日       | なし         |      |
| 妻   | 42  | "          | "          |      |
| 長男  | 20  | "          | "          |      |
| 四男  | 12  |            |            | 中学1年 |

第3表 諸施設

| 種類    | m <sup>2</sup> | 建設年度 | 構造     | 建築費    | 大修理費 | 備考         |
|-------|----------------|------|--------|--------|------|------------|
| 宅地    | 495            |      |        |        |      |            |
| 住宅    | 74.25          | 昭22  | 木造瓦葺   |        |      | 昭37 50,000 |
| 納屋    | 24.75          | 昭24  | "      | 60,000 |      |            |
| 倉(くら) | 33             | 昭40  | "      | 70,000 |      |            |
| 豚舎    | 6.6            | 昭35  | 木造、トタン | 15,000 |      |            |

第4表 労働手段

| 種類     | 台数 | 購入年        | 購入費     | 備考 |
|--------|----|------------|---------|----|
| 自動耕耘機  | 1  | 8Ps 昭39    | 235,000 |    |
| オートカルチ | 1  | 3.8Ps 昭40  | 55,000  |    |
| 自動脱穀機  | 1  | 昭26        | 52,000  |    |
| 発動機    | 1  | 昭41        | 95,000  |    |
| 動噴     | 1  | 昭41        | 38,000  |    |
| 小型トラック | 1  | 1900cc 昭41 | 230,000 | 中古 |

線型計画法を適した普通作そさい地帯における経営改善設計について

第5表 経営土地面積, 団地数, 距離

| 地目      | 番号 | 実面積 | 団地数 | 圃場までの距離 | 備考               |
|---------|----|-----|-----|---------|------------------|
| 水 乾 田   | 1  | 20a | 1   | 南 600m  | 整 理 地            |
| "       | 2  | 10  | 1   | " 1500  | "                |
| 田 輪 換 田 | 3  | 65  | 1   | 0       | 内35aは昭和43年に造成の予定 |
| 普 通 畑   | 4  | 15  | 1   | 北西 150  | 湿 畑              |
| 畑       | 5  | 15  | 1   | 東 300   |                  |
| "       | 6  | 15  | 1   | 北 300   | 干害をうけやすい         |
| 計       |    | 140 | 6   |         |                  |

No.1 農家は耕地 140aを所有し労力は夫婦, 長男の3人である。かつては水田30a, 普通畑110aを耕作していたが昨年(昭和42年)家の前の畑地30aを陸田にきりかえ, さらに残りの35aを本年(昭和43年)追加する予定である。

本年度(昭和43年)作付した主要な作物は水稻60a, 大型とんねるとまと11a(とまとあと作すいか, すいかあと作はくさい)とんねるすいか15a(すいかあと作はくさい)小麦24a(小麦間作陸稲12a, 落花生12a)裸地落花生9a, 苗場として5aを使用, その他甘藷および自給用そさい等を作っている。

この農家が今後進むべき方向としては140aの耕地と3人の労力の下にそさい規模拡大の方向を目指していることである。

2 No.2 農 家

第6表 家族構成と労働力構成

| 続柄  | 年令  | 年間農業従事可能日数 | 年間兼業従事予定日数 | 備考   |
|-----|-----|------------|------------|------|
| 経営主 | 39才 | 310        | なし         |      |
| 妻   | 39  | 310        | "          |      |
| 長女  | 14  |            |            | 中学3年 |

第7表 諸 施 設

| 種類    | m <sup>2</sup> | 建設年度    | 構造      | 備考 |
|-------|----------------|---------|---------|----|
| 宅 地   | 1980           |         |         |    |
| 住 宅   | 115.5          | 昭17     | 木造瓦ブキ   |    |
| 納 屋   | 165            | 昭30 昭10 | 木造トタンブキ |    |
| 倉(くら) | 26.4           |         | 木造瓦ブキ   |    |

第8表 労働手段

| 種類     | 台数 | 購入年   | 入度   | 購入費     | 備考 |
|--------|----|-------|------|---------|----|
| 自動耕耘機  | 1  | 6~8PS | 昭 35 | 200,000 |    |
| "      | 1  | 4~6PS | " 39 | 130,000 |    |
| オートカルチ | 1  | 3.8PS | " 36 | 60,000  |    |
| 動力噴霧機  | 1  | "     | " 34 | 35,000  |    |
| 自動脱穀機  | 1  | "     | " 36 | 50,000  |    |
| " 紐摺機  | 1  | "     | " 36 | 30,000  |    |
| 精 米 機  | 1  | "     | " 37 | 15,000  |    |
| 原 動 機  | 1  | "     | " 15 |         |    |
| 発 動 機  | 1  | "     | " 30 | 50,000  |    |
| 小型軽四輪車 | 1  | "     | " 42 | 100,000 |    |

第9表 経営土地面積, 団地数, 距離

| 地目      | 番号 | 実面積 | 団地数 | 圃場までの距離 | 備考 |
|---------|----|-----|-----|---------|----|
| 水 湿 田   | 1  | 30a | 1   | 北 600m  |    |
| 田 乾 田   | 2  | 50  | 1   | 南 1000  |    |
| 畑 普 通 畑 | 3  | 50  | 1   | 北 500   |    |
| 地       | "  | 4   | 1   | 南 600   |    |
| 計       |    | 200 |     |         |    |

No.2 農家は耕地 200aを所有し労力は夫婦2人である。水田は80aで2団地, 普通畑は120aで2団地というように耕地の分散は少ない。

本年度作付した主要な作物は水稻80a(全部コシヒカリ品種)大型とんねるとまと15a(とまとのあと作すいか, さらにすいかあと作にそれぞれ半分づつ, はくさ

い、かんらんを作付けした。このはくさい、かんらんを作付けした理由は価格変動に対する危険分散の意味がある)とんねるすいか(品種こだま)15a,あと作には前と同様はくさいおよびかんらんを作付けした。とんねるすいか(品種旭都)10aあと作は前と同様である。

残りの80aは冬作休閑とし夏作は全部陸稲を栽培した。なお、この農家は水稻の田植作業のみを請負い耕作に出しており、(10aあたり3,500円)これによって5月の農繁期を切り抜けている。

この農家の経営の方向は高収益作物であるとまとは現状か、それ以下に抑えて(理由は単位当りの労働時間が多くかかり、現状でも非常な労働負担となっている。と

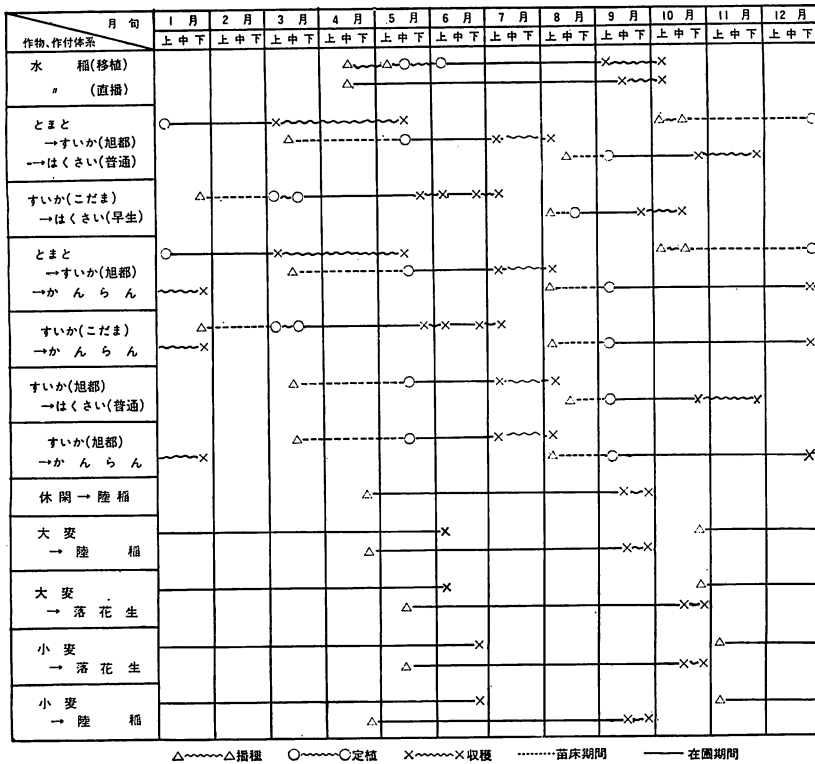
くに労働の質から見て冬季間労働が苦痛である)他の作物との合理的な組合わせを考えている。

### V 線型計画法を適用するための計算の基礎 およびデータの整理

#### 1 改善技術体系および改善作業体系

各作目については現行技術を参考として農試各部門によって作成した改善技術体系および改善作業体系を準用した。

注)茨城県における主要作目の栽培(飼養)改善技術体系と改善作業体系 昭41.3. 茨農試



第1図 主要作付体系および作期

## 2 計算基礎

### (1) 粗収入

普通作物は昭和42年産価格、そさいは東京都中央卸売市場年報昭和34年~昭和41年の8か年間の中、最低、最高年を除いた6か年間の平均価格、就中、すいかについては更に月別に価格曲線を取り、その旬にあたる価格と

収量を掛け合わせ算出した。

### (2) 可変費用

昭和42年度物質を参照、なきものは小売価格を用いた。水利費は該当地区の標準水利費。

### (3) 比例収益

粗収入より可変費用を差し引いて算出。

線型計画法を適要した普通作そさい地帯における経営改善設計について

(4) 利用可能労働時間

時期別労働時間

|             |      |
|-------------|------|
| 4月～10月      | 10時間 |
| 3月および11月    | 8時間  |
| 12月, 1月, 2月 | 6時間  |

降雨日数と作業との関係

次表によって10mm以上の日は原則として中止, 30mm以上の日は2日間中止の方法をとる。しかし施設園芸等のごとく屋内作業が多い場合には適宜許容範囲は高まる。したがって, ここではとまと収穫時における労働時間は後者を適用した。

第10表 旬別降雨日数(水戸) 自昭26～至昭35

|       | 10mm以下 | 10～30 | 30以上 |        | 10mm以下 | 10～30 | 30以上 |
|-------|--------|-------|------|--------|--------|-------|------|
| 1 月上旬 | 2日     | 0.8日  | 0.2日 | 7 月上旬  | 5.2日   | 1.6日  | 0.3日 |
| 中旬    | 2.8    | 0.3   | —    | 中旬     | 3.8    | 1.3   | 0.4  |
| 下旬    | 2.1    | 0.4   | —    | 下旬     | 3.7    | 0.6   | 0.2  |
| 2 月上旬 | 2.3    | 0.7   | 0.2  | 8 月上旬  | 3.7    | 1.2   | 0.1  |
| 中旬    | 3.2    | 0.2   | —    | 中旬     | 3.9    | 0.7   | 0.2  |
| 下旬    | 2.6    | 0.6   | 1.0  | 下旬     | 4.9    | 1.1   | 0.7  |
| 3 月上旬 | 2.8    | 0.9   | 0.2  | 9 月上旬  | 3.6    | 1.1   | 0.5  |
| 中旬    | 3.0    | 0.7   | 0.3  | 中旬     | 5.2    | 1.4   | 0.8  |
| 下旬    | 4.0    | 1.4   | 0.1  | 下旬     | 3.3    | 1.6   | 0.5  |
| 4 月上旬 | 3.1    | 1.3   | —    | 10 月上旬 | 4.3    | 1.2   | 0.3  |
| 中旬    | 4.7    | 1.2   | 0.1  | 中旬     | 2.8    | 1.5   | 0.3  |
| 下旬    | 4.2    | 0.9   | 0.1  | 下旬     | 3.6    | 1.5   | 0.5  |
| 5 月上旬 | 3.3    | 1.4   | 0.1  | 11 月上旬 | 2.4    | 0.7   | 0.2  |
| 中旬    | 3.9    | 1.1   | 0.3  | 中旬     | 2.7    | 0.5   | 0.1  |
| 下旬    | 4.1    | 1.4   | 0.4  | 下旬     | 3.0    | 0.7   | 0.2  |
| 6 月上旬 | 4.2    | 1.1   | 0.4  | 12 月上旬 | 2.5    | 0.6   | 0.2  |
| 中旬    | 3.7    | 1.3   | —    | 中旬     | 1.8    | 0.5   | —    |
| 下旬    | 4.7    | 1.7   | 0.3  | 下旬     | 2.7    | 0.5   | 0.2  |



3 基礎データ

第11表 線型計画法を適用するための基礎データ (No.1 農家)

|              | 水      | 水<br>稲<br>(輪換田) | と<br>ま<br>と<br>す<br>い<br>か<br>(旭都)<br>は<br>く<br>さ<br>い<br>(普通)<br>(輪換田) | と<br>ま<br>と<br>す<br>い<br>か<br>(旭都)<br>は<br>く<br>さ<br>い<br>(普通)<br>(輪換田) | と<br>す<br>い<br>か<br>(こだま)<br>は<br>く<br>さ<br>い<br>(早生)   | 小<br>麦<br>落<br>花<br>生            | 小<br>麦<br>陸<br>稲                | 小<br>麦<br>陸<br>稲 |
|--------------|--------|-----------------|---|---|---|----------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 10a 当り収量     | 水稻     | 420kg 水稻        | 480kg   | とまと 5000kg<br>すいか 6000kg<br>はくさい 6000kg                                 | すいか 5000kg<br>はくさい 4000kg   | 小麦 240kg<br>落花生 240kg            | 小麦 240kg<br>陸稲 300kg            |                  |
| 価 格          | 水稻 1kg | 130円            | 水稻 1kg 130円   | とまと<br>3月~4月収穫<br>1kg 118円<br>5月収穫<br>1kg 88円                           | すいか<br>5月下~6月上収<br>1kg 82円<br>6月下~7月上<br>1kg 37円<br>8月上<br>22円<br>7月上旬収穫<br>1kg 34円<br>9月, 10月収穫<br>8月上旬収穫<br>18円<br>1kg 22円<br>はくさい<br>11月収穫<br>1kg 9円 | 小麦<br>1kg 60円<br>落花生<br>1kg 100円 | 小麦<br>1kg 60円<br>陸稲<br>1kg 130円 |                  |
| 10a 当り粗収入    | 円      | 54,600          | 62,400  | 744,200   | 384,500   | 38,400                           | 53,400                          |                  |
| 可変費用         | 円      | 6,690           | 8,102   | 259,948   | 91,829  | 6,993                            | 9,384                           |                  |
| 比例収益         | 円      | 47,910          | 54,298  | 484,252   | 292,671   | 31,407                           | 44,016                          |                  |
| 3月上旬労働(240)時 |        |                 |   | 62  | 18  |                                  |                                 |                  |
| 4月上旬労働(300)  |        | 3               | 3   | 61  | 8   |                                  |                                 |                  |
| 5月上旬労働(300)  |        | 2               | 2   | 128   | 4   |                                  |                                 |                  |
| 5月中旬労働(297)  |        | 10              | 10  | 124   | 6   | 4                                | 1                               |                  |
| 6月上旬労働(237)  |        | 15              | 15  | 4   | 32  |                                  | 2                               |                  |
| 年間労働(8364)   |        | 115             | 121   | 1657  | 374   | 82                               | 74                              |                  |

\* ( ) 内の数字は利用可能労働時間

第12表 線型計画法を適用するための基礎データ (No.2 農家)

|                | 水 稻                | 〃            | と ま   | と と ま   | と す い か  | す い か  | す い か(旭都)  | す い か(旭都)  | 休 閑         | 大 麦           | 大 麦                   | 小 麦           |
|----------------|--------------------|--------------|---|---|--|--|--|--|-------------|---------------|-----------------------|---------------|
|                | (移植)               | (直播)         | すい<br>か(旭都)   | すい<br>か(旭都)   | (こ<br>だま)  | (こ<br>だま)  | ↓  | ↓  | ↓           | ↓             | ↓                     | ↓             |
|                |                    |              | はく<br>さい(普通)  | か<br>んらん  | はく<br>さい<br>(早生)   | か<br>んらん   | はく<br>さい<br>(普通)   | か<br>んらん   | 陸 稲         | 陸 稲           | 落 花 生                 | 落 花 生         |
| 10a 当り収量       | 水 稻<br>450kg       | 水 稻<br>420kg | とまと<br>すいか<br>5000kg<br>6000kg  | とまと、すい<br>か<br>5000kg<br>6000kg   | すいか<br>5000kg<br>4000kg  | すいか<br>左に同じ<br>4500kg                                      | すいか<br>6000kg<br>6000kg  | すいか<br>左に同じ<br>4500kg                                  | 陸稲<br>360kg | 大麦<br>300kg   | 大麦<br>左に同じ<br>240kg   | 小麦<br>240kg   |
| 価 格            | 水 稻<br>1kg<br>130円 | 〃            | とまと3月~4月<br>1kg 118円<br>5月 1kg 88円<br>すいか<br>7月上 1kg 34円<br>8月上 1kg 22円<br>はくさい<br>11月 1kg 9円 | とまと、すい<br>か<br>5月下~6月上<br>1kg 82円<br>6月下~7月上<br>1kg 37円<br>8月上 1kg 22円<br>か<br>んらん<br>12月~2月<br>1kg 22円 | すいか<br>5月下~6月上<br>1kg 82円<br>6月下~7月上<br>1kg 37円<br>8月上 1kg 22円<br>はくさい<br>9月, 10月<br>1kg 18円 | すいか<br>左に同じ<br>4500kg<br>か<br>んらん<br>12月~<br>2月<br>1kg 22円 | すいか<br>6月中<br>1kg 46円<br>6月下<br>1kg 40円<br>はくさい<br>11月<br>1kg 9円 | すいか<br>左に同じ<br>4500kg<br>か<br>んらん<br>12月~2月<br>1kg 22円 | 陸稲<br>130円  | 大麦<br>1kg 44円 | 大麦<br>左に同じ<br>1kg 60円 | 小麦<br>1kg 60円 |
| 10a 当り粗収入      | 円 58,500           | 円 54,600     | 円 744,200   | 円 784,700   | 円 384,500  | 円 407,000  | 円 315,600  | 円 356,100  | 円 46,800    | 円 52,200      | 円 37,200              | 円 38,400      |
| 可 変 費 用        | 円 6,796            | 円 6,690      | 円 259,948   | 円 249,050   | 円 91,829   | 円 82,129   | 円 87,237   | 円 76,340   | 円 6,171     | 円 8,353       | 円 5,962               | 円 6,993       |
| 比 例 収 益        | 51,704             | 47,910       | 484,252   | 535,650   | 292,671  | 324,871  | 228,362  | 279,760  | 40,629      | 43,847        | 31,238                | 31,407        |
| 1 月中旬労働 (116)時 |                    |              | 21  | 60  | 12   | 51   | 12   | 51   |             |               |                       |               |
| 1 月下旬〃 (127)   |                    |              | 32  | 58  | 11   | 37   | 11   | 37   |             |               |                       |               |
| 3 月上旬〃 (160)   |                    |              | 62  | 62  | 18   | 18   | 14   | 14   |             |               |                       |               |
| 3 月中旬〃 (160)   |                    |              | 64  | 64  | 14   | 14   | 18   | 18   |             |               | 10                    | 10            |
| 4 月中旬〃 (200)   | 2                  | 6            | 63  | 63  | 15   | 15   | 15   | 15   | 3           | 3             |                       |               |
| 5 月上旬〃 (200)   | 2                  |              | 128   | 128   | 4  | 4  | 4  | 4  |             |               |                       |               |
| 5 月中旬〃 (200)   | 10                 | 2            | 124   | 124   | 6  | 6  | 6  | 6  | 1           | 1             | 3                     | 3             |
| 6 月上旬〃 (158)   | 15                 | 1            | 4   | 4   | 32   | 32   | 3  | 3  | 2           | 8             | 6                     | 7             |
| 6 月中旬〃 (174)   | 2                  | 5            | 11  | 11  | 1  | 1  | 29   | 29   |             | 15            | 15                    |               |
| 6 月下旬〃 (154)   | 3                  | 4            | 18  | 18  | 15   | 15   | 44   | 44   | 2           | .6            | 4                     | 12            |
| 7 月上旬〃 (156)   | 4                  | 2            | 69  | 71  | 15   | 17   | 15   | 17   | 2           | 2             |                       | 3             |
| 年 間 労 働 (5564) | 115                | 68           | 1657  | 1674  | 374  | 386  | 369  | 386  | 44          | 81            | 73                    | 68            |

線型計画法を適用した普通作をさい地帯における経営改善設計について

VI No.1 農家およびNo.2 農家の経営設計

1 No.1 農 家

(1) 単体表作成のための前提

この農家の所有土地は実際には水田95a(内乾田30a, 輪換田65a)普通畑45a, 計140aである。

輪換田5a(苗場用この場合輪換畑となる)および普通畑6a(4号畑3a, 6号畑3a)は設計より除外し, 水田(乾田)の水稲30aおよび水田(輪換田)の水稲30aは毎年同面積だけ栽培されるべき条件にあるので当初の設計より一旦はずしておき, 最終解の後これらの分を加えるという方法をとる。

(2) 作付制限

水稲60aは毎年作付ける。(乾田30a, 輪換田30a)

とまと~すいか~はくさいプロセスは輪作との関係で30aが最大限である。

4号畑は湿地であるため小麦~落花生はむりである。

6号畑は干ばつを受け易いため小麦~陸稲はむりである。なお4号畑と6号畑の各3aは自家菜園として必要, 輪換田5aは苗場として使用する。

(3) 労働制限

主な作業

3月上旬労働 とまとの収穫, とんねるすいか(こだま)の定植および保温施設作り

4月上旬労働 水稲の耕起, 整地, とまとの収穫, 管理  
とんねるすいかの管理

5月上旬労働 水稲田植準備, とまとの収穫, とんねるすいかの管理, 落花生播種, 陸稲除草

6月上旬労働 水稲田植, とまとあとすいかの管理, とんねるすいかの収穫, 陸稲除草

年間労働

(4) 部門編成のための線型計画法

第13表 初 期 解

| Cs↓ | 資源又はプロセス  | 単 位 | 資源量<br>又は稼<br>働水準 | C →                    |                    |                  |                  |     |
|-----|-----------|-----|-------------------|------------------------|--------------------|------------------|------------------|-----|
|     |           |     |                   | 実 働                    |                    | 方 式              |                  |     |
|     |           |     |                   | とまと~すいか<br>~はくさい<br>P1 | すいか~<br>はくさい<br>P2 | 小麦~<br>落花生<br>P3 | 小麦~<br>陸 稲<br>P4 |     |
| ○   | 畑(輪換田)を含む | P5  | 10a               | 6.9                    | 1.0                | 1.0              | 1.0              | 1.0 |
| ○   | 3月上旬労働    | P6  | 10時               | 24.0                   | 6.2                | 1.8              |                  |     |
| ○   | 4月上旬 "    | P7  | "                 | 22.2                   | 6.1                | 0.8              |                  |     |
| ○   | 5月上旬 "    | P8  | "                 | 28.8                   | 12.8               | 0.4              |                  |     |
| ○   | 5月中旬 "    | P9  | "                 | 23.7                   | 12.4               | 0.6              | 0.4              | 0.1 |
| ○   | 6月上旬 "    | P10 | "                 | 14.7                   | 0.4                | 3.2              |                  |     |
| ○   | 年間労働      | P11 | "                 | 836.4                  | 165.7              | 37.4             | 8.2              | 7.4 |
| ○   | とまと制限     | P12 | 10a               | 3.0                    | 1.0                |                  |                  |     |
| ○   | 小麦~落花生制限  | P13 | "                 | 2.7                    |                    |                  | 1.0              |     |
| ○   | 小麦~陸 稲 "  | P14 | "                 | 2.7                    |                    |                  |                  | 1.0 |

第14表 最 終 解

| CS↓ | 資源又はプロセス     | 単 位 | 資源量又は<br>稼働水準 | C →          |               |              |                 |           |
|-----|--------------|-----|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-----------|
|     |              |     |               | 実 働          |               | 方 式          |                 |           |
|     |              |     |               | 5月中旬労働<br>P9 | 6月上旬労働<br>P10 | 小麦~落花生<br>P3 | 畑(輪換畑)を含む<br>P5 |           |
| ○   | 小麦~陸 稲       | P4  | 10a           | 0.82533      | -0.07150      | -0.30133     | 0.97855         | 1.00715   |
| ○   | 3月上旬労働       | P6  | 10時           | 5.61800      | -0.48825      | -0.48621     | -0.14648        | 0.04883   |
| ○   | 4月 "         | P7  | "             | 8.36943      | -0.49030      | -0.17339     | -0.14709        | 0.04903   |
| ○   | 5月 "         | P8  | "             | 5.38192      | -1.04188      | 0.03779      | -0.31256        | 0.10419   |
| ○   | とまと・すいか・はくさい | P1  | 10a           | 1.69259      | 0.08172       | -0.01277     | 0.02451         | -0.00817  |
| ○   | すいか・はくさい     | P2  | "             | 4.38218      | -0.01021      | 0.31410      | -0.00306        | 0.00102   |
| ○   | 年間労働         | P1  | 10時           | 385.93702    | -12.62921     | -7.40169     | -2.98876        | -6.13708  |
| ○   | とまと制限        | P12 | 10a           | 1.30741      | -0.08172      | 0.01277      | -0.02451        | 0.00817   |
| ○   | 小麦~落花生制限     | P13 | "             | 2.70000      | 0.            | 0.           | 1.00000         | 0.        |
| ○   | 小麦~陸 稲 "     | P14 | "             | 1.87477      | 0.07150       | 0.30133      | -0.97855        | -1.00715  |
| Z   | —            | C   |               | 2138.50132   | 33.43445      | 72.48055     | 22.63934        | 40..67255 |

\* 計算過程 段階 転入行 転出行 目的関数値  
 1 P1 P9 925.546161  
 2 P2 P10 2105.175402  
 3 P3 P5 2138.501321  
 注) この計算は, TOSBAC 3400C 電子計算機によって行なわれ, 所要時間は2分47秒であった。

線型計画法を適宜した普通作そさい地帯における経営改善設計について

第15表 No1 農家の改善計画修正案

| 生産プロセス       | 規模  | 10a当り<br>比例収益 | 比例収益      |
|--------------|-----|---------------|-----------|
| 水 稻          | 30a | 47,910        | 143,730   |
| 水 稻 (輪 換 田)  | 30  | 54,298        | 162,894   |
| 小 麦 ~ 陸 稻    | 8   | 44,010        | 35,208    |
| とまと~すいか~はくさい | 17  | 484,252       | 823,228   |
| すいか ~ はくさい   | 44  | 292,671       | 1,287,752 |
| 計            |     |               | 2,452,812 |

## 2 No2 農 家

### (1) 単体表作成のための前提

高収益作物であるとまとを軸として、他の作物との組合せ、とり分け、この農家の労働力から見て省力作物といった観点に立っての配慮が必要である。したがって設計の手順としてはこの農家の立地条件に適すると思われる多くの作物を候補にあげ、それらの中から最適の部門編成を考慮するという方法をとる。なお、この場合労働供給の取扱い方についても考慮した。

### (2) 作付制限

水稻直播プロセスは乾田が50aであるからそれが限界となる。

とまと→すいか→はくさい、プロセスは15a  
↙かんらん

以下に抑える。

すいか、あと作のはくさい、かんらんの面積は各プロセスともに等分の面積とする。理由は、はくさいの時期別価格の変動、かんらんの年次別価格の変動を考慮したいわば危険分散の意味をもつ。

### (3) 労働制限

#### 主 な 作 業

- 1月中旬労働 とまとの管理、かんらんの収穫、とんねるすいかの床作り。
- 1月下旬 " とまとの管理、かんらんの収穫、とんねるすいかの播種。
- 3月上旬 " とまとの収穫、とんねるすいかの定植管理。
- 3月中旬 " 3月上旬に同じ。
- 4月中旬 " とまとの収穫、とんねるすいかの管理、水稻、陸稻播種。

- 5月上旬 " とまとの収穫、とんねるすいかの管理、水稻播種。
- 5月中旬 " とまとの収穫、とんねるすいかの管理、水稻田植、落花生播種。
- 6月上旬 " とんねるすいかの収穫、水稻田植、すいかの管理、大麦収穫。
- 6月中旬 " とんねるすいかの収穫、水稻管理、すいかの管理、大麦脱穀。
- 6月下旬 " とんねるすいかの収穫、水稻、陸稻管理小麦収穫。
- 7月上旬 " とんねるすいかの収穫、とまとあとすいかの収穫、陸稻管理、かんらんの床作り。

### (4) 雇 傭 制 限

5月中旬雇傭 田植労働を中心に1日あたり2人の雇傭を考慮する。

### (5) 部門編成のための線型計画法 (第16~18表)

## VII 結果および考察

計算の結果No1 農家に採用された生産プロセスは小麦~陸稻8a、とまと~すいか~はくさい17a、すいか~はくさい44a、これに計算前に控除した水稻60aを加えると129aとなる。No1 農家の耕地面積は140aであるが残りの11aは苗場用と自家菜園に利用することになる。

耕地129aの純収益総額は約245万円となり、これを一人当りに換算すると81.7万円となる。

年間の労働時間は始めに控除した水稻60a (内輪換田30a) 分を加えると5203時間となり、これを一人当りに換算すると1734時間となる。実際には自家菜園並びに農雑時間加わるので年間労働は若干これを上廻ることになる。

現在の作付面積に比べて見ると、とまと~すいか~はくさいプロセスが6a増加することができ、すいか~はくさいプロセスが29a増加することができ、初期の目的であるそさい規模の拡大が計算結果より実証することが出来た。

No2 農家に採用された生産プロセスは水稻(移植)30a 水稻直播50a 大麦~陸稻30a 休閒~陸稻57a とまと~すいか~はくさい12a すいか(こたま)~はくさい21a 計200aとなる。  
↙かんらん  
↘かんらん

第16表 初期解

|                |                          | C→     | 51,704          | 47,910 | 509,951                 | 308,771                  | 254,061                 | 40,629    | 43,847    | 31,238     | 31,407     | -1.5        |     |      |
|----------------|--------------------------|--------|-----------------|--------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-----|------|
|                |                          | 資源量    | 実 働 方 式         |        |                         |                          |                         |           |           |            |            |             |     |      |
| CS↓ 資源 又は プロセス | 単位                       | 又は稼動水準 | 水稻移植            | 水稻直播   | とまと～すいか<br>～かんらん (はくさい) | すいか(こだま)<br>～かんらん (はくさい) | すいか(旭都)<br>～かんらん (はくさい) | 休閒～       | 大麦～       | 大麦～        | 小麦～        | 備雇・5<br>月中旬 |     |      |
|                |                          |        | P 1             | P 2    | P 3                     | P 4                      | P 5                     | 陸稲<br>P 6 | 陸稲<br>P 7 | 落花生<br>P 8 | 落花生<br>P 9 | P 10        |     |      |
| 水              | 田                        | P11    | 10 <sup>a</sup> | 8.0    | 1.0                     |                          |                         |           |           |            |            |             |     |      |
|                | 畑                        | P12    | "               | 12.0   |                         | 1.0                      | 1.0                     | 1.0       | 1.0       | 1.0        | 1.0        |             |     |      |
|                | 1 月中旬 労働                 | P13    | 10時             | 11.6   |                         | 4.1                      | 3.2                     | 3.2       |           |            |            |             |     |      |
|                | " 下旬 "                   | P14    | "               | 12.7   |                         | 4.5                      | 2.4                     | 2.4       |           |            |            |             |     |      |
|                | 3 月上旬 "                  | P15    | "               | 16.0   |                         | 6.2                      | 1.8                     | 1.4       |           |            |            |             |     |      |
|                | " 中旬 "                   | P16    | "               | 16.0   |                         | 6.4                      | 1.4                     | 1.8       |           | 1.3        | 1.0        |             |     |      |
|                | 4 月中旬 "                  | P17    | "               | 20.0   | 0.2                     | 0.6                      | 6.3                     | 1.5       | 1.5       | 0.3        | 0.3        |             |     |      |
|                | 5 月上旬 "                  | P18    | "               | 20.0   | 0.2                     |                          | 12.8                    | 0.4       | 0.4       |            |            |             |     |      |
|                | " 中旬 "                   | P19    | "               | 20.0   | 1.0                     | 0.2                      | 12.4                    | 0.6       | 0.6       | 0.1        | 0.1        | 0.3         | 0.3 | -1.0 |
|                | 6 月上旬 "                  | P20    | "               | 15.8   | 1.5                     | 0.1                      | 0.4                     | 3.2       | 0.3       | 0.2        | 0.8        | 0.6         | 0.7 |      |
|                | " 中旬 "                   | P21    | "               | 17.4   | 0.2                     | 0.5                      | 1.1                     | 0.1       | 2.9       |            | 1.5        | 1.5         |     |      |
|                | " 下旬 "                   | P22    | "               | 15.4   | 0.3                     | 0.4                      | 1.8                     | 1.5       | 4.4       | 0.2        | 0.6        | 0.4         | 1.2 |      |
|                | 7 月上旬 "                  | P23    | "               | 15.6   | 0.4                     | 0.2                      | 7.0                     | 1.6       | 1.6       | 0.2        | 0.2        |             | 0.3 |      |
|                | 年間 労働                    | P24    | "               | 556.4  | 11.5                    | 6.8                      | 156.6                   | 38.0      | 37.8      | 4.4        | 8.1        | 7.3         | 6.8 | -1.0 |
|                | 水稻直播制限                   | P25    | 10 <sup>a</sup> | 5.0    |                         | 1.0                      |                         |           |           |            |            |             |     |      |
|                | とまと,すいか,はく<br>さい(かんらん)制限 | P26    | "               | 1.5    |                         | 1.0                      |                         |           |           |            |            |             |     |      |
|                | 5 月中旬 雇 傭                | P27    | 10時             | 20.0   |                         |                          |                         |           |           |            |            |             | 1.0 |      |

第17表 最 終 解

→ C

| CS<br>↓ | 資源又はプロセス                 | 単位              | 資源量又は<br>稼動水準 | 実 働 方 式           |               |                   |                   |          |                   |                                      |                  |                  |                   |
|---------|--------------------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|-------------------|
|         |                          |                 |               | 5月中<br>旬労働<br>P19 | 水<br>田<br>P11 | 6月上旬<br>労働<br>P20 | 1月中旬<br>労働<br>P13 | 畑<br>P12 | 水稲直播制<br>限<br>P25 | すいか(旭<br>都)~かん<br>らん(はく<br>さい)<br>P5 | 大麦~<br>落花生<br>P8 | 小麦~<br>落花生<br>P9 | 7月上旬<br>労働<br>P23 |
|         | 水 稻 直 播                  | P 2 10 $\alpha$ | 5.00000       | 0.                | 0.            | 0.                | 0.                | 0.       | 1.0               | 0.                                   | 0.               | 0.               | 0.                |
|         | 3 月 中 旬 労働               | P16 10時         | 1.49226       | 0.                | 4.24883       | -2.16667          | 2.68623           | 0.93275  | -3.53275          | 6.68333                              | 0.63275          | -1.33304         | -2.49709          |
|         | すいか(ごだま)~は<br>くさい(かんらん)  | P 4 10 $\alpha$ | 2.10861       | 0.                | 0.10237       | 0.                | 0.42447           | 0.05119  | -0.05119          | 1.0                                  | 0.05119          | -0.02559         | -0.25593          |
|         | 1 月 下 旬 労働               | P14 10時         | 2.31348       | 0.                | 0.11386       | 0.                | -0.62547          | 0.05693  | -0.05693          | 0.                                   | 0.05693          | -0.02846         | -0.28464          |
|         | 3 月 上 旬 "                | P15 "           | 4.86667       | 0.                | 0.31111       | 0.                | -0.22222          | 0.15556  | -0.15556          | -0.40000                             | 0.15556          | -0.07778         | -0.77778          |
|         | 大 麦 ~ 陸 稻                | P 7 10 $\alpha$ | 3.06240       | 0.                | -2.98523      | 1.66667           | -2.09322          | -0.57595 | 2.57595           | -4.83333                             | 0.42405          | 0.95464          | 1.21307           |
|         | 4 月 中 旬 労働               | P17 10時         | 3.16854       | 0.                | 0.15655       | 0.                | 0.01498           | -0.12172 | -0.57828          | 0.                                   | -0.12172         | -0.38914         | -0.89139          |
|         | 5 月 上 旬 "                | P18 "           | 3.40749       | 0.                | 0.78177       | 0.                | 0.94881           | 0.49089  | -0.29089          | 0.                                   | 0.49089          | -0.24544         | -2.45443          |
|         | 水 稻 移 植                  | P 1 10 $\alpha$ | 3.00000       | 0.                | 1.0           | 0.                | 0.                | 0.       | -1.0              | 0.                                   | 0.               | 0.               | 0.                |
|         | とまと,すいか,かん<br>らん(はくさい)制限 | P26 "           | 0.31648       | 0.                | 0.07990       | 0.                | 0.08739           | 0.03995  | -0.03995          | 0.                                   | 0.03995          | -0.01998         | -0.19975          |
|         | 6 月 中 旬 労働               | P21 10時         | 8.19363       | 0.                | 4.35549       | -2.50000          | 3.19351           | 0.90275  | -4.20275          | 10.05000                             | 0.90275          | -1.45137         | -2.01373          |
|         | " 下 旬 "                  | P22 "           | 4.24020       | 0.                | 0.88885       | -0.66667          | 0.42530           | 0.02776  | -1.12776          | 4.83333                              | 0.02776          | 0.61945          | -0.47212          |
|         | 雇 傭 5 月 中 旬              | P10 "           | 0.81161       | -1.0              | 0.06841       | 0.                | -0.86267          | -0.36579 | -0.33421          | 0.                                   | -0.66579         | 0.03290          | 2.32896           |
|         | 年 間 労働                   | P24 "           | 173.59938     | -1.0              | 8.33485       | -6.16667          | 5.92093           | 1.72576  | -9.52576          | 17.68333                             | 5.02576          | -3.27955         | -23.96213         |
|         | 休 閑 ~ 陸 稻                | P 6 10 $\alpha$ | 5.64544       | 0.                | 2.96275       | -1.66667          | 1.75614           | 1.56471  | -2.56471          | 4.83333                              | 0.56471          | 0.05098          | -1.15689          |
|         | とまと~すいか~かん<br>らん(はくさい)   | P 3 "           | 1.18352       | 0.                | -0.07990      | 0.                | -0.08739          | -0.03995 | 0.03995           | 0.                                   | -0.03995         | 0.01998          | 0.19975           |
|         | 雇 傭 5 月 中 旬 制限           | P27 10時         | 19.18839      | 1.0               | -0.06841      | 0.                | 0.86267           | 0.36579  | 0.33421           | 0.                                   | 0.66579          | -0.03290         | -2.32896          |
|         | Z - C                    | 千円              | 2011.70775    | 1.50000           | 31.94627      | 5.36333           | 67.36171          | 34.29997 | 10.02103          | 39.15633                             | 6.72997          | 14.75685         | 25.53181          |

\* 計算過程

| 段階 | 転入行  | 転出行  | 目的関数値       |
|----|------|------|-------------|
| 1  | P 3  | P 26 | 764.926500  |
| 2  | P 4  | P 13 | 1290.802109 |
| 3  | P 1  | P 19 | 1310.352684 |
| 4  | P 26 | P 20 | 1521.846519 |
| 5  | P 2  | P 11 | 1641.009079 |
| 6  | P 7  | P 16 | 1835.208373 |
| 7  | P 6  | P 25 | 1835.377893 |
| 8  | P 5  | P 12 | 1988.969099 |
| 9  | P 10 | P 23 | 2002.964895 |
| 10 | P 16 | P 5  | 2011.707750 |

注) この計算は、TOSBAC 3400C電子計算機によって行なわれ、所要時間は3分39秒であった。

第18表 No 2 農家の改善計画修正案

| 生産プロセス       | 規模                | 10a当り<br>収益 | 比例<br>収益  | 備考                    |
|--------------|-------------------|-------------|-----------|-----------------------|
|              |                   | 円           | 円         |                       |
| 水 稻 (移 植)    | 30a               | 51,704      | 155,112   |                       |
| " (直 播)      | 5)                | 47,910      | 239,550   |                       |
| 大 麦 ~ 陸 稻    | 30                | 43,847      | 131,541   |                       |
| 休 閑 ~ 陸 稻    | 57                | 40,629      | 231,585   |                       |
| とまと~すいか      | {はくさい<br>かんらん} 12 | 484,252     | 581,102   | はくさい,<br>かんらんは<br>等面積 |
| すいか<br>(こだま) | {はくさい<br>かんらん} 21 | 292,671     | 614,609   | "                     |
| 計            |                   |             | 1,953,499 |                       |

(比例収益計) (5月中旬雇傭労賃)

$$1,953,499\text{円} - 1,500\text{円} = 1,951,999\text{円}$$

基底より排除された生産プロセスは、すいか(旭都) — はくさい 大麦~落花生小麦~落花生であった。  
かんらん

耕地 200a の純収益総額は約 195.2万円であり、これを一人当たり換算すると97.6万円となる。年間労働時間は3828時間でこれを一人当たり換算すると1914時間となる。実際には自家菜園(宅地内)並びに農雑時間が加わるので年間労働は若干これを上廻ることになる。

現在の作付面積に比較すると、とまと~すいか — はくさい  
かん

さいが3a すいか — はくさいが4a 減ずる結果となる  
かんらん

り、そさい規模は稍稍減少される形になる。これらの結果、この農家の現在の農繁期労働は相当に苛酷であったことが類推される。高収益作目であるそさいを軸として200aの耕地を労力2人で経営するためには、普通作物については極力省力化につとめ、就中水稻については直播栽培の積極的導入が必要と思われる。

農業基本法の中に示されている社会的に妥当な所得を得るという点について、普通作、そさい地帯における専業農家はその目的を達し得るためには、ある程度の規模においても(No.1農家の例)かなりの成果が期待されるものと思われる。しかし、この場合は条件設定が改善技術体系を導入することであり、したがってそれらの技術修得が前提となる。

なお、線型計画法を適用する場合に基礎データとなる、いわゆる収量、価格、粗収入、可変費用、比例収益等を整理する場合、とくにそさいのごとき、年次別、あるいは時期別、価格変動の激しい作物の価格をいかに定めるかに、若干の修正や工夫を加えるという方法がとられるとしても矢張り、今後に残された大きな課題と思われる。

従来行ってきた試算計画法については経営の与えられる条件を配慮し、計画案そのものが、実行可能なものとして最適案を作成するという過程をとっているが、その最適案なるものは経験的判断にもとづいて作成されたものであり、経営が経済目的の最大化を追求する限り、その案がその目的を満足させるという数学的な保証はない。その点、本調査に用いた線型計画法については前述したごとき問題はかかえているが、かなり具体的な解を数学的に導き出すことの出来る設計の一手法といえよう。

参 考 文 献

- 1) 天間 征：農業経営設計，分析のためのリニャプログラミング I (1964)
- 2) 武藤和夫訳：農業経営設計，分析のためのリニャプログラミング II (1964) — 非線型及びリスク，プログラミング —
- 3) 武藤和夫訳：農業経営設計，分析のためのリニャプログラミング III (1964) — 2次計画法入門 —
- 4) 今村幸生：農業経営設計，分析のためのリニャプログラミング III (1964) — 線型計画法の基礎理論と

線型計画法を適用した普通作そさい地帯における経営改善設計について

応用一

- 5) 工藤 元：リニャプログラミングによる農業経営設計と分析 (1960)
- 6) 工藤 元：営農類型と地域計画 (1962)
- 7) 桑原正信編著：農業の経営分析 (1965)
- 8) 工藤 元：線型計画法による営農計画の作り方 帯広畜大 19号 (1960)
- 9) 天間征他：農場設計法の実証的研究 (Ⅱ) 農研報告 H 27号
- 10) 今村幸生：農業経営の分析と設計 京大簿記研究施設 (1963)
- 11) 今村幸生：農業経営設計の理論と応用 I～V 農研報告 H 35号, 36号
- 12) 武藤和夫：自立経営の経営, 経済的分析, 農研報告 H 27号, 33号, 35号
- 13) 頼 平：線型計画法による農業経営の設計 京大 (1963)
- 14) 新藤・福田：天塩町営農類型, 北海道農試 (1962)
- 15) 武藤和夫訳：飼料配分における費用最小化計画 (1960)



# 牧草導入による水田高度利用に関する土壤肥料的学的研究

小畑 和男・丹野 貢\*・橋元 秀教\*\*

輪換田における牧草栽培では、鉍質、腐植質の両土壤ともラジノクローバがイネ科各牧草に勝ることが認められた。このばあい、ラジノクローバでは加里、イネ科牧草では窒素においてそれぞれレスポンスの高いことが認められた。一方、跡地では土壤の団粒化の促進と塩基置換容量、置換性石灰などの増大が認められ、窒素の無機化量ではラジノクローバのばあいに高く、易分解性有機物の集積することがうかがわれた。また、輪換畑および裏作跡の水稲では、マメ科跡で窒素のレスポンスが低く、イネ科跡では逆に増大した。

## I 緒 言

水田利用による飼料作物の栽培、あるいはその裏作栽培跡作の水稲に及ぼす影響については、近年各地において土壤肥料的見地から検討されてきた<sup>1)</sup>。これらの成績によれば、最近畜産関係者で問題にされているイタリアンライグラスの水田裏作栽培跡における水稲収量の低下についても、問題点が解明されてきているように考えられる。

水田地帯における酪農の振興には、必然的に水田利用の飼料作物の導入によって水稲生産が低下しないこと、さらには水稲収量の一層の向上が要望されよう。とくに水稲生産の安定に裏付けされてはじめて水田酪農の成立し得る可能性の大きい事情下ではなおさらのことであるといえよう。

茨城県霞ヶ浦湖辺に位置する新利根開拓農協においては、つとに計画的な田畑輪換による粗飼料の確保と水稲生産とによって水田酪農が堅実に定着し発展の一途をたどっている<sup>2)</sup>。このような進歩的な営農形態の組合においてもなお輪換畑の水田還元後における水稲の生産確保には、かなりの腐心が払われていた実情からみれば、一般の農家においても恐らく事態は同一であるとみて差支えないであろう。

著者らはようやく県内において水田酪農が唱導されていた昭和35年から39年にかけて田畑輪換と水田裏作利用のばあいにおける飼料作物の生産、ならびに輪換畑の水田還元後および裏作栽培後における水稲栽培について、それぞれ土壤肥料的観点から検討を加えたので、その結果を報告することにした。

\* 現富山県農業試験場

\*\* 現九州農業試験場

本研究の実施にあたって、元茨城県農業試験場長森田潔氏および畜産試験場小原道郎博士（現岩手大学）からは便宜とご助言を戴き、新利根開拓農協の組合長上野満氏からは試験圃場の貸与と試験の遂行に多大のご協力を仰いだ。また場長有賀武典氏および化学部長石川昌男博士には本報告の発表にあたって多大の便宜を与えられた。これらの方々には厚くお礼を申しあげる。なお、本研究の遂行に際して終始ご援助して下さいました化学部緑川党二、高遠宏、川村隆康および元化学部、現在県農産園芸課根本弘の諸氏に心から感謝の意を表する。

## II 試験方法および結果

### 1 田畑輪換における牧草栽培試験

田畑輪換の畑地における牧草栽培試験を茨城県農試本場（水戸市若宮町）の鉍質水田土壤（灰褐色土壤粘土質構造マンガ型、以下水戸土壤と略記する）と稲敷郡東村新利根開拓農協内の腐植質水田土壤（黒泥土壤壤土腐植型、以下新利根土壤と略記する）の2カ所において実施した。両試験地土壤の化学的性質は第1表に示したとおりである。すなわち、水戸土壤は県内における鉍質土壤、新利根土壤は黒泥質土壤をそれぞれ代表しうる典型的な水田土壤であるとみなされる。以下両試験地においてえられた結果を述べてみたい。

#### (1) 水戸土壤の輪換畑における牧草栽培試験

昭和35（秋播）～38年の3カ年にわたり、那珂川沖積の農試本場内水田（乾田）において輪換畑を造成し、ラジノクローバ単播、オーチャードグラス単播、ラジノクローバ・オーチャードグラス混播の各圃場を設け、1区33.3m<sup>2</sup>の2連制とした。施肥は基肥と刈取時ごとの追肥とし、毎回生草収量と風乾物を調査した。各年次別の収量結果は第2表のとおりである。

第1表 供試土壌の化学的性質

(乾土100g当たり)

| 土 層                   | 層位層厚<br>cm | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | 全<br>窒<br>素<br>% | 全<br>炭<br>素<br>% | C/N  | 腐<br>植<br>% | 塩容<br>基置<br>換量<br>me | 全<br>塩<br>基<br>me | 塩和<br>基<br>飽度<br>% | 吸 収 係 数  |           |
|-----------------------|------------|--------------------------|------------------|------------------|------|-------------|----------------------|-------------------|--------------------|----------|-----------|
|                       |            |                          |                  |                  |      |             |                      |                   |                    | 窒素<br>mg | 磷 酸<br>mg |
| 水<br>戸<br>土<br>壌      | I 0~13     | 4.7                      | 0.31             | 2.6              | 8.4  | 4.5         | 18.6                 | 13.5              | 72.8               | 548      | 985       |
|                       | II 13~27   | 4.2                      | 0.09             | 1.1              | 11.2 | 2.6         | 17.5                 | 11.9              | 68.3               | 276      | 859       |
|                       | III 27~47  | 4.0                      | 0.02             | 0.7              | 35.5 | 1.2         | 16.5                 | 11.8              | 73.3               | 259      | 789       |
| 新<br>利<br>根<br>土<br>壌 | I 0~27     | 5.5                      | 0.47             | 5.4              | 11.6 | 9.3         | 30.5                 | 27.7              | 90.9               | 583      | 1,254     |
|                       | II 27~33   | 5.2                      | 0.33             | 4.8              | 14.6 | 8.2         | 27.6                 | 21.2              | 77.1               | 593      | 1,311     |
|                       | III 33~43  | 5.2                      | 0.25             | 4.0              | 16.1 | 7.0         | 23.5                 | 18.2              | 77.5               | 593      | 962       |

第2表 水戸輪換畑における牧草収量

| 区<br>別   | 項 目<br>年 次 | 生 草 (kg/a) |       |        |        | 風 乾 物 (kg/a) |       |       |       | 風 乾 物 率 (%) |      |      |      |
|----------|------------|------------|-------|--------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------------|------|------|------|
|          |            | 36         | 37    | 38     | 計      | 36           | 37    | 38    | 計     | 36          | 37   | 38   | 平均   |
|          |            | 1. LC      | 313.1 | 1000.7 | 341.7  | 1655.5       | 68.1  | 148.1 | 45.0  | 261.2       | 21.8 | 14.8 | 13.2 |
| 2. OG    | 324.0      | 919.0      | 155.0 | 1398.0 | 85.8   | 174.4        | 29.7  | 289.9 | 27.2  | 19.0        | 19.2 | 21.0 |      |
| 3. LC+OG | 338.5      | 1167.0     | 376.0 | 1881.5 | 73.4   | 198.6        | 56.6  | 328.6 | 21.6  | 17.5        | 15.0 | 17.5 |      |
| 分 別      | LC         | 244.7      | 791.1 | 309.2  | 1345.0 | 51.1         | 130.1 | 45.1  | 226.3 | 21.2        | 16.3 | 14.6 | 16.9 |
|          | OG         | 93.8       | 375.9 | 66.8   | 536.5  | 22.3         | 68.5  | 11.5  | 102.3 | 23.8        | 19.8 | 17.2 | 20.4 |

- 注. 1) LC…ラジノクロバ, OG…オーチャードグラス, LC+OG…ラジノクロバ+オーチャードグラス混播を示す。以下同じ。  
 2) 肥料は元肥のほか,刈取直後に毎回N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oを追肥した。  
 3) 施肥量,36年は各区5回施肥,37年7回,38年2回施肥で,3カ年間の合計施肥量は下記のとおりである。
- |       | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-------|------|-------------------------------|------------------|
| LC    | 3.65 | 5.45                          | 7.20             |
| OG    | 5.10 | 4.95                          | 6.20             |
| LC+OG | 5.10 | 5.45                          | 7.20             |
- (kg/a)

3カ年の生草収量についてみると,試験開始年度の昭和36年においてはラジノクロバ単播とオーチャードグラス単播両区間に大差は認められない。また,混播区は単播区のいずれのばあいよりも若干勝っているが,混播の草種間ではラジノクロバが著しく勝っていることが認められる。つぎに昭和37年においても前年とほぼ同様の傾向を示したが,各区ともに生草収量は3カ年の試験年次のうちでもっとも勝っている。3年目の昭和38年においても前2カ年と同様の傾向であるが,収量は低下しとくにオーチャードグラスのばあいに著しいことが認められる。したがって3カ年間の合計収量では混播区がもっとも勝り,単播区間ではラジノクロバがオーチャードグラスに勝る結果を示している。

風乾物においては,3カ年間の合計量は生草のばあい

と異なっており,オーチャードグラスがラジノクロバに勝り,風乾物率の高いことがうかがわれる。しかし,混播区は生草収量と同様に単播区のいずれのばあいよりも勝っている。

風乾物率では初年度において単・混播の別なく各草種ともにもっとも高く,以後年次を経過するにつれて漸減の傾向が認められる。

以上の結果を通覧すると,各草種ともに播種様式のいかにかわからず試験開始後2年目において収量はピークを示し,ラジノクロバがオーチャードグラスに比して,また混播が単播に比してそれぞれ収量において有利であることがうかがい知られる。

つぎに,このばあいにおける牧草の無機成分組成および吸収量ならびに三要素成分の収支を試算するとそれぞ

牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥料的な研究

第3表 水戸輪換畑牧草の無機成分組成と三要素の養分収支

その1 無機成分組成

(風乾物中%)

| 区 別 | 項 目   | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | MgO  | Na <sub>2</sub> O | SiO <sub>2</sub> |      |
|-----|-------|------|-------------------------------|------------------|------|------|-------------------|------------------|------|
|     |       |      |                               |                  |      |      |                   |                  |      |
| 1.  | LC    | 3.39 | 0.89                          | 5.58             | 1.99 | 0.60 | 0.24              | 1.20             |      |
| 2.  | OG    | 2.68 | 0.90                          | 5.73             | 0.70 | 0.35 | 0.18              | 3.25             |      |
| 3.  | LC+OG | 3.25 | 0.78                          | 5.56             | 1.64 | 0.42 | 0.34              | 2.00             |      |
|     | 分別    | LC   | 3.73                          | 0.79             | 5.61 | 1.66 | 0.51              | 0.34             | 1.29 |
|     |       | OG   | 2.85                          | 0.85             | 5.82 | 0.85 | 0.35              | 0.18             | 2.47 |

注. 昭和37~38年の刈取各回毎分析値の総平均を示す。

その2 三要素成分の収支

(a 当たり kg)

| 区 別 | 項 目     | 年次 収 量 | 施 肥 量  |                               |                  | 吸 収 量 |                               |                  | 収 支   |                               |                  |        |
|-----|---------|--------|--------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|--------|
|     |         |        | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |        |
|     |         |        |        |                               |                  |       |                               |                  |       |                               |                  |        |
| 1.  | L C     | 36     | 313.1  | 1.85                          | 0.95             | 1.80  | 2.31                          | 0.60             | 3.80  | -0.46                         | 0.35             | - 2.00 |
|     |         | 37     | 1000.7 | 1.40                          | 4.10             | 4.60  | 4.69                          | 1.38             | 8.60  | -3.29                         | 2.72             | - 4.00 |
|     |         | 38     | 341.7  | 0.40                          | 0.40             | 0.80  | 1.72                          | 0.39             | 2.19  | -1.32                         | 0.01             | - 1.39 |
|     |         | 計      | 1655.5 | 3.65                          | 5.45             | 7.20  | 8.72                          | 2.37             | 14.59 | -5.07                         | 3.08             | - 7.39 |
| 2.  | O G     | 36     | 324.0  | 1.20                          | 0.95             | 1.80  | 2.30                          | 0.77             | 4.92  | -1.10                         | 0.18             | - 3.12 |
|     |         | 37     | 919.0  | 3.10                          | 3.60             | 4.00  | 2.89                          | 1.71             | 10.49 | 0.62                          | 1.89             | - 6.49 |
|     |         | 38     | 155.0  | 0.80                          | 0.40             | 0.40  | 0.73                          | 0.28             | 1.56  | 0.07                          | 0.12             | - 1.16 |
|     |         | 計      | 1398.0 | 5.10                          | 4.95             | 6.20  | 5.92                          | 2.76             | 16.97 | -0.82                         | 2.19             | -10.77 |
| 3.  | L C+O G | 36     | 338.5  | 1.20                          | 0.95             | 1.80  | 2.53                          | 0.53             | 4.15  | -1.33                         | 0.42             | - 2.35 |
|     |         | 37     | 1167.0 | 3.10                          | 4.10             | 4.60  | 6.27                          | 1.65             | 11.34 | -3.17                         | 2.45             | - 6.74 |
|     |         | 38     | 376.0  | 0.80                          | 0.40             | 0.80  | 2.40                          | 0.39             | 3.04  | -1.60                         | 0.01             | - 2.24 |
|     |         | 計      | 1881.5 | 5.10                          | 5.45             | 7.20  | 11.20                         | 2.57             | 18.53 | -6.10                         | 2.88             | -11.33 |

れ第3表のとおりである。

本結果によれば、ラジノクローバでは N, CaO, MgO および Na<sub>2</sub>O において、またオーチャードグラスでは SiO<sub>2</sub> においてそれぞれ濃度の高いことが認められる。混播のばあいには、草種の構成を反映してラジノクローバ単播に類似の組成を示していることがうかがわれる。

草種別の吸収量については、ラジノクローバ、オーチャードグラスともに N および K<sub>2</sub>O においてそれぞれ高

い傾向を示しており、さらに混播ではラジノクローバ単播におけると同様の傾向が認められる。また、三要素成分の収支ではラジノクローバのばあいは N および K<sub>2</sub>O において、オーチャードグラスのばあいは K<sub>2</sub>O においてそれぞれ著しいマイナスを示し、混播においては単播に比して N および K<sub>2</sub>O の収奪量の大きいことが認められる。

つぎに同じく水戸輪換畑において実施したラジノクローバおよびオーチャードグラスに対する三要素試験の結

第4表 水戸輪換畑における牧草三要素試験の収量

(a 当たり kg)

| 区 別 | 項 目 |           | 生 草 収 量 |       |     |       |     | 風 乾 物 収 量 |     |     |     |     |
|-----|-----|-----------|---------|-------|-----|-------|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|
|     | 年 次 |           | 37      | 38    | 39  | 計     | 指数  | 37        | 38  | 39  | 計   | 指数  |
|     |     |           |         |       |     |       |     |           |     |     |     |     |
| L C | 1.  | 無 窒 素     | 1,089   | 1,006 | 782 | 2,877 | 98  | 145       | 153 | 118 | 416 | 101 |
|     | 2.  | 無 磷 酸     | 1,119   | 1,007 | 790 | 2,916 | 100 | 151       | 146 | 126 | 423 | 102 |
|     | 3.  | 無 加 里     | 1,074   | 844   | 708 | 2,626 | 90  | 149       | 136 | 122 | 407 | 99  |
|     | 4.  | 三 要 素     | 1,120   | 1,014 | 789 | 2,923 | 100 | 153       | 146 | 114 | 413 | 100 |
|     | 5.  | 無 石 灰     | 1,122   | 1,028 | 804 | 2,954 | 101 | 152       | 144 | 122 | 418 | 101 |
|     | 6.  | 堆 肥 三 要 素 | 1,245   | 1,007 | 790 | 3,042 | 104 | 156       | 145 | 111 | 412 | 100 |
|     | 7.  | 加 里 増 施   | 1,151   | 1,041 | 764 | 2,956 | 101 | 144       | 153 | 109 | 406 | 99  |
| O G | 1.  | 無 窒 素     | 341     | 260   | 242 | 843   | 40  | 78        | 60  | 36  | 174 | 47  |
|     | 2.  | 無 磷 酸     | 846     | 569   | 513 | 1,928 | 93  | 152       | 114 | 97  | 363 | 97  |
|     | 3.  | 無 加 里     | 914     | 531   | 503 | 1,948 | 94  | 163       | 113 | 93  | 369 | 99  |
|     | 4.  | 三 要 素     | 873     | 676   | 539 | 2,088 | 100 | 150       | 121 | 102 | 373 | 100 |
|     | 5.  | 無 石 灰     | 858     | 652   | 553 | 2,063 | 99  | 144       | 133 | 103 | 380 | 102 |
|     | 6.  | 堆 肥 三 要 素 | 839     | 652   | 547 | 2,038 | 97  | 142       | 123 | 103 | 368 | 99  |
|     | 7.  | 窒 素 増 施   | 1,067   | 734   | 587 | 2,388 | 114 | 159       | 136 | 114 | 409 | 110 |

注. 1) 施肥は元肥と刈取直後に毎回、a 当たり、ラジノクロバに対し N 0.2kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.2kg, K<sub>2</sub>O 0.3kg, オーチャードグラスに対し N 0.3kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.2kg, K<sub>2</sub>O 0.2kgをそれぞれ追肥した。

| 3年間の全施肥量(kg/a) | N   |      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |      | 堆肥  | 石灰 |
|----------------|-----|------|-------------------------------|------------------|------|-----|----|
|                | 標   | 増    |                               | 標                | 増    |     |    |
| ラジノクロバ         | 6.2 | —    | 5.2                           | 9.8              | 14.2 | 100 | 20 |
| オーチャードグラス      | 8.6 | 12.9 | 4.8                           | 5.8              | —    | 100 | 20 |

果を示すと第4表のとおりである。

本試験は昭和36年秋に開始し、昭和37年に6回刈り、38年に7回刈り、39年に6回刈りをそれぞれ行なった結果である。なお、本試験の構成は1区10m<sup>2</sup>、1連制で全刈り調査を行なった。本試験においてラジノクロバは初年目と2年目では順調な生育を示したが、3年目に至って夏季高温時において夏枯れを強く呈し、ノビエなどの雑草の繁茂が著しく、良質牧草の収量が低下した。また、オーチャードグラスのばあいは初年目では良好な生育を示したが、2年目以降は夏季に著しい生育停滞を示し、収量の著しく低いことが認められた。

要素感応については、ラジノクロバのばあいは各年次とも無加里区において生育、収量の劣ることが認めら

れるが、加里増施の効果は認められない。他の要素欠除区も三要素区とほとんど差異のないことが認められる。また、風乾物では各要素の欠除区と三要素区との間にそれぞれ差異のないことが認められる。一方オーチャードグラスにおいては無窒素のばあいに生草および風乾物ともに著しく低いことが認められ、無磷酸と無加里では生草においてやや劣るが、風乾物ではほとんど大差がみられない。なお、窒素増施の効果は生草および風乾物のいずれにおいても著しいことがうかがわれる。

(2) 新利根土壌の輪換畑における牧草栽培試験

腐植質輪換畑におけるマメ科およびイネ科飼料作物の施肥感応を知るため、稲敷郡東村平須新利根開拓農協内

牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥料学的研究

の黒泥土壌において検討を行なった。ラジノクローバは周年栽培を3年間実施し、イネ科作物では同一圃場においてイタリアンライグラス→デントコーン→テオシントの輪作により、それぞれ三要素に対する感応を主として検討した。試験規模は1区33.3㎡、1連とし、収量は全刈りとした。なお、デントコーンでは生育が早いのに反してテオシントのばあいには初期生育が遅いので、両種を隔畦に同時播種し、デントコーンの刈りとり後に継続してテオシントの栽培を行ない、それぞれの収量を調査した。以上の結果を示すと第5表および第6表のとおりである。

1) 生育

ラジノクローバでは、2年目まではかなり順調な生育

を示したが3年目に至って7月中旬以降の盛夏高温時に白絹病が多発し、そのため草の消失が著しく、それにもなつてメヒシバ、ノビエなどの畑雑草の繁茂が旺盛となり、牧草の収量が低下した。また、各処理区間の差異も明らかでなくなつたので試験を中止することにした。

デントコーンおよびテオシントのばあいは、隣接水田の影響を受けて圃場はかなり多湿となり、両作物ともにやや肥料不足あるいは湿害の傾向を呈することがうかがわれた。

2) 収量

a. ラジノクローバ 無肥料では各年とも収量低く、窒素を増加してもそれほど増収を示していない。磷酸のばあいは、増施による収量の増加は大きくないが、収

第5表 新利根輪換畑におけるラジノクローバに対する肥料試験

| 区 別   | 項 目 |   | 生 草 収 量 (kg/a) |       |     |       | 左 指 数 (%) |     |     |       | 風 乾 物 収 量 (kg/a) |     |     |     |    |  |   |
|-------|-----|---|----------------|-------|-----|-------|-----------|-----|-----|-------|------------------|-----|-----|-----|----|--|---|
|       | 年 次 |   | 37             |       | 38  |       | 39        |     | 平均  |       | 37               |     | 38  |     | 39 |  | 計 |
|       |     |   | 37             | 38    | 39  | 計     | 37        | 38  | 39  | 平均    | 37               | 38  | 39  |     |    |  |   |
| 1. 無  | 肥   | 料 | 820            | 897   | 485 | 2,202 | 76        | 80  | 74  | 76.7  | 115              | 148 | 67  | 330 |    |  |   |
| 2. 無  | 窒   | 素 | 1,031          | 1,082 | 671 | 2,784 | 95        | 98  | 102 | 98.3  | 126              | 148 | 83  | 357 |    |  |   |
| 3. 無  | 磷   | 酸 | 1,008          | 1,063 | 570 | 2,641 | 93        | 96  | 87  | 92.0  | 126              | 149 | 71  | 346 |    |  |   |
| 4. 無  | 加   | 里 | 978            | 1,021 | 647 | 2,646 | 90        | 92  | 98  | 93.3  | 113              | 143 | 80  | 336 |    |  |   |
| 5. 三  | 要   | 素 | 1,081          | 1,104 | 659 | 2,844 | 100       | 100 | 100 | 100.0 | 130              | 158 | 84  | 372 |    |  |   |
| 6. 窒  | 素   | 増 | 1,139          | 1,148 | 715 | 3,002 | 105       | 104 | 108 | 105.7 | 137              | 162 | 87  | 386 |    |  |   |
| 7. 磷  | 酸   | 増 | 1,093          | 1,197 | 695 | 2,985 | 101       | 108 | 106 | 105.0 | 135              | 169 | 84  | 388 |    |  |   |
| 8. 加  | 里   | 増 | 983            | 1,132 | 702 | 2,817 | 91        | 102 | 106 | 99.7  | 121              | 155 | 87  | 363 |    |  |   |
| 9. 三  | 要   | 素 | 1,094          | 1,055 | 705 | 2,854 | 101       | 95  | 107 | 101.0 | 139              | 148 | 92  | 379 |    |  |   |
| 10. 窒 | 素   | 増 | 1,120          | 1,275 | 705 | 3,100 | 104       | 115 | 107 | 108.7 | 144              | 179 | 84  | 407 |    |  |   |
| 11. 加 | 里   | 増 | 1,078          | 1,208 | 787 | 3,073 | 100       | 109 | 119 | 109.3 | 141              | 181 | 91  | 413 |    |  |   |
| 12. 微 | 量   | 要 | 1,150          | 1,132 | 819 | 3,101 | 106       | 102 | 124 | 110.7 | 137              | 160 | 107 | 404 |    |  |   |

注. 1) 施 肥 量 (kg/a)

|     | N   |     |     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |     | K <sub>2</sub> O |     |      | 微量元素                          |     | ベント<br>イトナ |
|-----|-----|-----|-----|-------------------------------|-----|------------------|-----|------|-------------------------------|-----|------------|
|     | 標   | 増   | 増々  | 標                             | 増   | 標                | 増   | 増々   | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO |            |
| 37年 | 3.4 | 5.1 | 6.9 | 4.2                           | 6.2 | 5.0              | 7.5 | 10.0 | 0.1                           | 0.5 | 100        |
| 38年 | 3.1 | 4.6 | 6.2 | 3.4                           | 5.1 | 4.5              | 6.8 | 9.0  | —                             | —   | —          |
| 39年 | 0.8 | 1.2 | 1.6 | 0.8                           | 1.2 | 2.0              | 3.0 | 4.0  | —                             | —   | —          |

2) 刈 取 回 数

37年 7回 38年 8回 39年 4回

3) 施 肥 法

元肥+刈取直後毎回追肥(各成分)

第6表 新利根輪換畑におけるイネ科飼料作物の肥料試験 (生草収量, a 当たり kg)

| 区 別                    | 作 物 |  | イタリアンライグラス |     |     |       | デントコーン |     |       |       | テ オ シ ン ト |     |       |       |     |
|------------------------|-----|--|------------|-----|-----|-------|--------|-----|-------|-------|-----------|-----|-------|-------|-----|
|                        | 年 次 |  | 37         | 38  | 39  | 平均 指数 | 37     | 38  | 平均 指数 | %     | 37        | 38  | 平均 指数 | %     |     |
| 1. 無 肥 料               |     |  | 96         | 146 | 46  | 96.0  | 27     | 83  | 243   | 163.0 | 43        | 182 | 176   | 179.0 | 67  |
| 2. 無 窒 素               |     |  | 215        | 184 | 40  | 159.7 | 44     | 116 | 225   | 170.5 | 44        | 146 | 216   | 181.0 | 68  |
| 3. 無 磷 酸               |     |  | 368        | 399 | 115 | 294.0 | 82     | 202 | 436   | 319.0 | 83        | 237 | 262   | 249.5 | 93  |
| 4. 無 加 里               |     |  | 385        | 385 | 119 | 296.3 | 82     | 229 | 417   | 323.0 | 84        | 261 | 178   | 219.5 | 82  |
| 5. 三 要 素               |     |  | 420        | 524 | 136 | 360.0 | 100    | 285 | 438   | 384.0 | 100       | 312 | 221   | 266.5 | 100 |
| 6. 窒 素 増 量             |     |  | 401        | 574 | 136 | 370.3 | 103    | 408 | 550   | 479.0 | 124       | 355 | 259   | 307.0 | 115 |
| 7. 磷 酸 増 量             |     |  | 387        | 506 | 108 | 333.7 | 93     | 329 | 496   | 412.5 | 107       | 380 | 283   | 331.5 | 124 |
| 8. 加 里 増 量             |     |  | 383        | 525 | 107 | 338.3 | 94     | 313 | 491   | 402.0 | 104       | 286 | 251   | 268.5 | 101 |
| 9. 三 要 素 増 量           |     |  | 450        | 604 | 149 | 401.0 | 111    | 299 | 688   | 493.5 | 129       | 424 | 249   | 336.5 | 126 |
| 10. 窒 素 増 々 量          |     |  | 428        | 686 | 163 | 425.7 | 118    | 465 | 584   | 524.5 | 136       | 297 | 248   | 272.5 | 102 |
| 11. 加 里 増 々 量          |     |  | 370        | 573 | 128 | 357.0 | 99     | 299 | 550   | 424.5 | 110       | 361 | 247   | 304.0 | 114 |
| 12. 微量要素・ベントナイト・三要素増々量 |     |  | 427        | 665 | 216 | 436.0 | 121    | 466 | 592   | 529.0 | 138       | 451 | 272   | 361.5 | 136 |

注. 1) 刈 取 回 数 1 回 2 回 1 回 1 回 1 回 2 回 1 回

|          |                                 |     |     |     |      |      |      |     |
|----------|---------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| 2) 施 肥 量 | 標                               | 2.2 | 1.4 | 0.6 | 0.5  | 0.6  | 0.8  | 0.6 |
|          | N 増                             | 3.3 | 2.1 | 0.9 | 0.75 | 0.9  | 1.2  | 0.9 |
|          | 増々                              | 4.4 | 2.8 | 1.2 | 1.00 | 1.2  | 1.6  | 1.2 |
| 肥 量      | 標                               | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.6  | 0.5  | 0.8  | 0.6 |
|          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 増 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 0.9  | 0.75 | 1.2  | 0.9 |
|          | 増々                              | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.2  | 1.0  | 1.6  | 1.2 |
| (kg/a)   | 標                               | 1.4 | 1.0 | 0.6 | 0.75 | 0.5  | 1.15 | 0.8 |
|          | K <sub>2</sub> O 増              | 2.1 | 1.5 | 0.9 | 1.15 | 0.75 | 1.45 | 1.2 |
|          | 増々                              | 2.8 | 2.0 | 1.2 | 1.50 | 1.0  | 2.3  | 1.6 |

3) 施肥法は、元肥および追肥に三要素を施用した。

量比において無磷酸区では収量低下の傾向がうかがわれる。加里のばあいには、初年目では加里を増施してもそれほど増収を示していないが、経年的に加里増施とともに収量の明らかに高くなる傾向がみられる。

b. イネ科飼料作物 イタリアンライグラスでは、窒素の増施 にもなって増収の傾向がみられ、とく

に窒素多量のばあいに顕著なことが認められる。また三要素をそれぞれ増量したばあいも収量の増大することが認められる。

以上のことから、各要素欠除のばあいにはいずれも収量は明らかに低下し、とくに窒素に対するレスポンスの高いことがうかがわれる。また、デントコーンおよびテ

牧草導入による水田高度利用に関する土壤肥料学的研究

オシントにおいても、イタリアンライグラスにおけるとほぼ同様の傾向が認められ、窒素と加里のばあい、とくに前者において肥効が高く、したがって三要素多施のばあいに顕著に収量の増大する傾向が認められる。なお、いずれの作物においても、ペントナイトと微量元素の施用効果は若干認められるが顕著ではない。

(3) 跡地土壤の理化学性的変化

転換畑を水田に還元する直前の水戸土壤について、土壤三相、耐水性団粒の分布および生物相について検討を加え、以下のごとき結果がえられた。

1) 土壤三相

土壤三相の分布は第7表に示すとおりであるが、ラジ

第7表 輪換畑跡地の土壤三相(水戸)

(原土100ml当たり)

| 項目<br>区別  | 全重<br>g | 実容積<br>ml | 乾土重<br>g | 水分<br>ml | 空気<br>ml | 固相<br>ml | 真比重 |
|-----------|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----|
| 1. L C 跡  | 148.5   | 85.2      | 104.0    | 44.5     | 14.9     | 40.6     | 2.6 |
| 2. O G 跡  | 145.4   | 81.6      | 105.3    | 40.2     | 18.4     | 41.5     | 2.6 |
| 3. LC+OG跡 | 145.2   | 80.7      | 105.0    | 40.2     | 19.3     | 40.5     | 2.6 |

注. 表層土の5~10cmについて調査した。

ノクローバ跡では実容積および水分容積において増大し、空気容積の小さくなっていることがうかがわれる。また、オーチャードグラス跡および混播跡では空気容積の大きい傾向が認められ、土壤団粒化の促進されている

ことが示唆される。

2) 耐水性団粒

耐水性団粒の生成状況を示すと第8表のごとくであ

第8表 輪換畑跡地作土の耐水性団粒(水戸)

| 区分<br>区別  | 土塊(%)      |               |      | 団粒(%)         |               |               |      | 微細粒子(%)       |            |      |
|-----------|------------|---------------|------|---------------|---------------|---------------|------|---------------|------------|------|
|           | >5.0<br>mm | 5.0~2.0<br>mm | 計    | 2.0~1.0<br>mm | 1.0~0.5<br>mm | 0.2~0.2<br>mm | 計    | 0.2~0.1<br>mm | <0.1<br>mm | 計    |
| 1. L C 跡  | 24.0       | 18.8          | 42.8 | 22.3          | 12.2          | 3.1           | 37.6 | 2.1           | 17.5       | 19.6 |
| 2. O G 跡  | 18.0       | 20.0          | 38.0 | 24.0          | 12.3          | 3.9           | 40.2 | 2.8           | 19.0       | 21.8 |
| 3. LC+OG跡 | 16.1       | 17.1          | 33.2 | 19.3          | 22.3          | 14.6          | 56.2 | 4.3           | 16.3       | 20.6 |
| 4. 輪換休耕地  | 29.8       | 21.7          | 51.5 | 18.4          | 12.3          | 5.8           | 36.5 | 4.0           | 8.0        | 12.0 |

る。本結果によれば、牧草跡地土壤では休耕地土壤に比しいずれも2mm以上の土塊部分において減少し、2~0.2mmの部分ではオーチャードグラス跡および混播跡のばあいに増大しているが、ラジノクローバ跡では大差がみられない。したがって前述の土壤三相と対応してオーチャードグラス跡および混播跡において団粒化の促進されていることが確認される。一方、0.2mm以下の微細粒子については休耕地に比して跡地土壤のいずれも顕著に

増大しているが、これは耐水性の弱い団粒の生成増大を示唆していると考えられる。

3) 土壤の生物相

表層(12cm) 1m<sup>2</sup>内において、ミミズを主とする土壤生物相の差異を調査した。このばあいにはミミズについては便宜上体色で区分し、頭数と重量の棲息量を表示した。

調査の結果は第9表に示したが、休耕地に比して牧草

第9表 輪換畑跡地の生物相(水戸)

| 生物<br>区別 | 総量  |      | 緑色ミミズ |     | 赤色ミミズ |      | コガネ虫幼虫 |     |
|----------|-----|------|-------|-----|-------|------|--------|-----|
|          | 数   | 重量   | 数     | 重量  | 数     | 重量   | 数      | 重量  |
| 1. L C   | 198 | 47.9 | 112   | 5.3 | 64    | 38.5 | 20     | 4.1 |
| 2. O G   | 146 | 62.8 | 38    | 5.3 | 92    | 50.8 | 16     | 6.7 |
| 3. 休 閑 地 | 77  | 28.7 | 34    | 8.1 | 26    | 12.5 | 21     | 8.2 |

注. 1) 1m<sup>2</sup>×12cm(作土)の調査結果を示す。

2) 重量はm<sup>2</sup>当たりgを示す。

跡地ではいずれもミミズの棲息数量が増加し、とくに緑色ミミズの増加が顕著に認められた。しかし、ラジノクロバおよびオーチャードグラスの両牧草跡地間では、明らかな差異がうかがわれない。なお、新利根輪換畑の調査を欠くが、その還元直後において田面水に多量の小ミミズ死体の浮遊しているのが観察されたので、牧草導

入の輪換畑では顕著にミミズの増殖することが推知される。

4) 輪換畑跡地土壌の化学的性質

輪換畑跡地土壌および対照の二毛作田土壌の化学的性質を示すと第10表のごとくである。本結果によれば、牧

第10表 輪換畑跡地土壌の化学的性質(水戸)

(乾土100g当たり)

| 区 別      | 項 目<br>pH<br>(H <sub>2</sub> O) | 全<br>窒<br>素<br>(%) | 全<br>炭<br>素<br>(%) | C/N  | 塩<br>基<br>置<br>量<br>(me) | 置 換 性 塩 基 (me) |              |                           |      | 塩 基<br>飽 和 度<br>(%) |
|----------|---------------------------------|--------------------|--------------------|------|--------------------------|----------------|--------------|---------------------------|------|---------------------|
|          |                                 |                    |                    |      |                          | 石 灰<br>(CaO)   | 苦 土<br>(MgO) | 加 里<br>(K <sub>2</sub> O) | 計    |                     |
| 1. LC    | 5.0                             | 0.29               | 2.90               | 10.0 | 24.3                     | 11.6           | 1.2          | 0.9                       | 13.7 | 56.5                |
| 2. OG    | 5.7                             | 0.28               | 2.65               | 9.5  | 17.6                     | 11.2           | 1.6          | 1.0                       | 13.8 | 78.5                |
| 3. LC+OG | 5.3                             | 0.29               | 2.75               | 9.5  | 20.9                     | 11.2           | 1.4          | 1.0                       | 13.6 | 66.0                |
| 4. 二毛作田  | 5.1                             | 0.27               | 2.68               | 9.9  | 16.4                     | 7.0            | 1.6          | 0.7                       | 9.3  | 57.0                |

草跡地土壌ではいずれも全窒素においてやや高くなっており、ラジノクロバ跡では全炭素含量も高い傾向がみられる。塩基置換容量はいずれの跡地でも増大している傾向がみられ、とくにラジノクロバのばあいには顕著である。置換性塩基についても跡地土壌では明らかに増大しているが、とくにCaOにおいて顕著なことが認められる。

5) NH<sub>4</sub>-Nの無機化量

水戸および新利根の両土壌について、湿潤土と風乾土のばあいにおける時期別、温度別の窒素無機化の室内実験を行なった。両土壌のいずれも牧草跡地土壌と対照水田土壌とを供試した。湿潤土および風乾土の各50gをポリエチレン製浸出管に採り、蒸溜水を加えて攪拌し、気泡を抜いてから20°Cおよび30°Cの恒温器中に所定の期間放置し、10%塩化加里液で浸出した。これら浸出液について常法によりNH<sub>4</sub>-Nを定量した。

定量の結果は第11表に示すとおりであるが、このばあいにおける時期別乾土効果の推移を第1図に示した。実験結果の概要を述べるとつぎのとおりである。

a. 湿潤土 両土壌ともに20°C、30°Cのいずれの

温度でもそれぞれ経日的に無機化量の漸増する傾向がうかがわれる。また、20°Cのばあいは明らかではないが30°Cでは対照土壌よりも牧草跡地土壌において高い傾向が認められる。

b. 風乾土 水戸土壌のばあいにはいずれの温度においてもラジノクロバ跡土壌は対照土壌に比して高い傾向が認められ、オーチャードグラス跡土壌では逆に明らかに低いことがうかがわれる。一方、新利根土壌においてはラジノクロバ跡土壌は対照土壌に比して20°Cでは大差を示さないが、30°Cでは水戸土壌とほぼ同一の傾向を示している。

c. 乾土効果 乾土効果においても風乾土のばあいとほとんど同一の傾向がうかがわれる。すなわち、水戸土壌では対照土壌に比してオーチャードグラス跡のばあいに明らかに低く、また両土壌のいずれもラジノクロバ跡は30°Cの場合に対照土壌より高い傾向を示している。なお、このばあいにラジノクロバ跡は対照土壌に比して初期における無機化量の低い傾向が認められる。

2 還元田水稲に対する窒素適量試験

上述の水戸および新利根における輪換畑を水田に還元



牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥料学的研究

第11表 輪換田土壌の時期別・温度別NH<sub>4</sub>-N無機化量

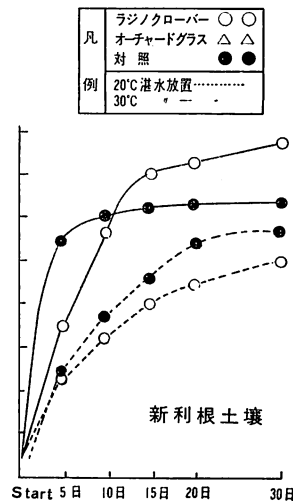
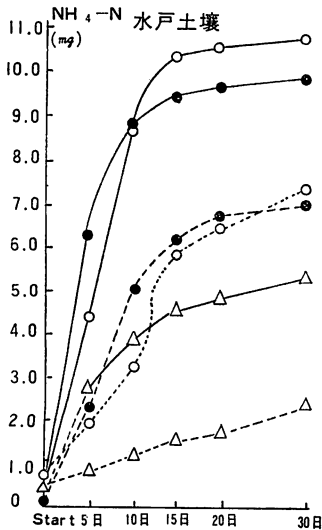
(乾土100g当たりmg)

| 土 壌 の 種 類       | 無 機 化 量     |       |          | 実 験 開 始 時 | 20°C 放 置 |      |      |      |      | 30°C 放 置 |      |      |      |      |
|-----------------|-------------|-------|----------|-----------|----------|------|------|------|------|----------|------|------|------|------|
|                 | 湿 潤 土       | 風 乾 土 | 乾 土 効 果* |           | 5 日      | 10 日 | 15 日 | 20 日 | 30 日 | 5 日      | 10 日 | 15 日 | 20 日 | 30 日 |
|                 |             |       |          |           |          |      |      |      |      |          |      |      |      |      |
| 水               | 湿 潤 土       |       |          | 0.5       | 0.5      | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 1.1      | 1.4  | 1.6  | 1.8  | 2.0  |
|                 | L C 跡 風 乾 土 |       |          | 1.1       | 3.0      | 4.3  | 6.9  | 7.5  | 8.3  | 5.5      | 9.7  | 11.4 | 11.6 | 11.8 |
|                 |             |       | 乾 土 効 果* | 0.6       | 1.9      | 3.2  | 5.8  | 6.4  | 7.2  | 4.4      | 8.6  | 10.3 | 10.5 | 10.8 |
| 戸 土             | 湿 潤 土       |       |          | 0.5       | 0.6      | 0.9  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.1      | 1.4  | 1.7  | 2.1  | 2.3  |
|                 | O G 跡 風 乾 土 |       |          | 1.0       | 1.8      | 2.2  | 2.5  | 2.7  | 3.4  | 3.6      | 4.8  | 5.5  | 5.8  | 6.3  |
|                 |             |       | 乾 土 効 果* | 0.5       | 0.8      | 1.2  | 1.5  | 1.7  | 2.4  | 2.6      | 3.8  | 4.5  | 4.8  | 5.3  |
| 壤 対 照<br>(水稲単作) | 湿 潤 土       |       |          | 0.2       | 0.8      | 0.9  | 1.0  | 1.1  | 1.2  | 0.9      | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.3  |
|                 | 風 乾 土       |       |          | 0.2       | 2.5      | 5.2  | 6.3  | 6.8  | 7.2  | 6.4      | 8.9  | 9.6  | 9.8  | 10.0 |
|                 |             |       | 乾 土 効 果* | 0         | 2.3      | 5.0  | 6.1  | 6.6  | 7.0  | 6.2      | 8.7  | 9.4  | 9.6  | 9.8  |
| 新 利 根 土 壤       | 湿 潤 土       |       |          | 0.4       | 0.6      | 1.4  | 1.6  | 2.0  | 2.4  | 1.8      | 2.2  | 2.4  | 2.6  | 3.0  |
|                 | L C 跡 風 乾 土 |       |          | 1.4       | 6.0      | 7.8  | 9.4  | 10.2 | 11.4 | 8.4      | 12.8 | 15.4 | 15.8 | 16.8 |
|                 |             |       | 乾 土 効 果* | 1.0       | 4.6      | 6.4  | 8.0  | 8.8  | 10.0 | 7.0      | 11.4 | 14.0 | 14.4 | 15.4 |
| 対 照<br>(二毛作)    | 湿 潤 土       |       |          | 0.4       | 0.8      | 1.0  | 1.2  | 1.4  | 1.8  | 1.6      | 2.2  | 2.2  | 2.4  | 2.4  |
|                 | 風 乾 土       |       |          | 0.6       | 5.4      | 8.0  | 9.8  | 11.4 | 12.0 | 11.6     | 12.6 | 13.0 | 13.2 | 13.2 |
|                 |             |       | 乾 土 効 果* | 0.2       | 4.8      | 7.4  | 9.2  | 10.8 | 11.4 | 11.0     | 12.0 | 12.4 | 12.6 | 12.6 |

\* 乾土効果=A-B

A=風乾土を20°Cおよび30°Cにそれぞれ湛水放置後のNH<sub>4</sub>-Nmg

B=実験開始時の風乾土 NH<sub>4</sub>-Nmg



第1図 時期別乾土効果の推移

したばあいの水稻に対する窒素適量試験をそれぞれ実施した。以下に水戸および新利根の両水田における試験結果を述べてみたい。

(1) 水戸還元田における試験

ラジノクロバ、オーチャードグラスおよび両牧草混播の輪換畑を昭和38年に水田に還元し、窒素に対する水稻の適量試験を3年間実施した。規模は1区8.3㎡、2連制とした。生育ならびに収量の概況は下記のごとくである。

1) 生育

ラジノクロバ跡では、初年度はいずれも初期から旺盛な生育を示して窒素過多の様相がうかがわれ、窒素の用量間に差異がみられず、窒素のレスポンスのきわめて低いことが認められた。2年目では7月中旬以降の盛夏

時に至って窒素用量間に生育差がみられたが、窒素の適量はなお低く、0.5kg前後にあることが認められた。3年目においては、オーチャードグラス跡および混播跡との差異は認められず、窒素の適量はかなり高くなっていることがうかがわれた。

オーチャードグラス跡のばあいは、初年目においても窒素の増施とともに草丈、茎数が増大し、2~3年目でも同一の傾向であることが認められた。

混播のばあいは、初年目では初期から旺盛な生育を示したが、2年目には窒素のレスポンスはかなり高くなり3年目では生育相において輪換の影響はほとんど消失していた。

2) 収量

水稻の経年収量を示すと第12表のとおりである。ま

第12表 還元田における水稻の収量(水戸)

| 区 別                        | 年 次       | 収 量        |      |      | 指 数 (%) |     |     | 玄 米 (kg/a) |      |      | 指 数 (%) |     |     |
|----------------------------|-----------|------------|------|------|---------|-----|-----|------------|------|------|---------|-----|-----|
|                            |           | わ ら (kg/a) |      |      | 指 数 (%) |     |     | 玄 米 (kg/a) |      |      | 指 数 (%) |     |     |
|                            |           | 38         | 39   | 40   | 38      | 39  | 40  | 38         | 39   | 40   | 38      | 39  | 40  |
| L<br>C<br>跡                | 1. N— 0   | 111.0      | 57.0 | 53.6 | 93      | 87  | 77  | 57.8       | 45.4 | 42.3 | 110     | 93  | 90  |
|                            | 2. N— 0.4 | 112.5      | 66.0 | 71.4 | 94      | 100 | 102 | 55.3       | 49.8 | 47.0 | 106     | 102 | 100 |
|                            | 3. N— 0.6 | 120.0      | 66.0 | 69.4 | 100     | 100 | 100 | 52.4       | 49.1 | 47.4 | 100     | 100 | 100 |
|                            | 4. N— 0.8 | 123.0      | 70.0 | 71.8 | 103     | 106 | 104 | 53.4       | 50.0 | 50.3 | 102     | 102 | 106 |
| O<br>G<br>跡                | 1. N— 0   | 72.0       | 51.0 | 57.0 | 62      | 79  | 84  | 46.6       | 38.9 | 42.3 | 84      | 79  | 93  |
|                            | 2. N— 0.4 | 95.0       | 60.0 | 58.8 | 81      | 94  | 86  | 51.1       | 45.7 | 43.9 | 92      | 94  | 96  |
|                            | 3. N— 0.6 | 117.0      | 64.0 | 68.1 | 100     | 100 | 100 | 55.7       | 48.8 | 45.9 | 100     | 100 | 100 |
|                            | 4. N— 0.8 | 111.0      | 67.0 | 66.0 | 95      | 105 | 97  | 57.8       | 50.1 | 45.3 | 104     | 102 | 99  |
| L<br>C<br>+<br>O<br>G<br>跡 | 1. N— 0   | 99.0       | 52.0 | 59.3 | 87      | 78  | 87  | 49.2       | 39.4 | 42.5 | 88      | 78  | 90  |
|                            | 2. N— 0.4 | 95.0       | 61.0 | 68.9 | 83      | 91  | 101 | 50.5       | 46.5 | 45.3 | 91      | 92  | 96  |
|                            | 3. N— 0.6 | 114.5      | 67.0 | 68.0 | 100     | 100 | 100 | 55.6       | 50.4 | 47.4 | 100     | 100 | 100 |
|                            | 4. N— 0.8 | 124.5      | 63.0 | 69.6 | 109     | 94  | 102 | 55.6       | 47.0 | 45.7 | 100     | 93  | 97  |

- 注. 1) 水稻の品種 クサブエ(中生)  
 2) 施肥量および肥料の種類  
 N: 区別数字のうち、0.1kgを幼穂形成期に追肥(塩安)  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 0.6kg 全量基肥施用(熔燐過石等量混合施用)  
 K<sub>2</sub>O: 0.6kg 全量基肥施用(塩加)  
 3) 栽植密度 30.0cm×15.0cm 3.3㎡当たり72株植  
 4) 各年とも5月下旬田植

牧草導入による水田高度利用に関する土壌肥科学的研究

ず、ラジノクローバ跡についてみると、初年目においては窒素の増施とともにわらでは漸増の傾向を示しているが、玄米では無窒素区において最高の収量を示し、窒素の施用は倒伏をもたらす玄米には反映していない。2年目では窒素の増施とともにわらでは漸増しているが、玄米では窒素の施用区間において大差が認められない。しかし、3年目に至ってわら、玄米のいずれも窒素の増施にもなって増収する傾向が認められ、3年目において窒素のレスポンスの高くなることが認められる。

オーチャードグラス跡のばあいは、初年目から窒素の増施にともない、わら、玄米ともに増収の傾向を示し、2～3年目においてもほぼ同一の傾向がみられる。したがって、オーチャードグラス跡ではラジノクローバ跡に比して初年目から窒素のレスポンスの高いことがうかがわれる。

混播跡のばあいには、初年目では窒素の増施とともにわらは増収の傾向を示し、玄米も漸増の傾向がみられるが、窒素の適量はオーチャードグラス単播跡のばあいより低く、0.6 kg前後に存するようである。2～3年目で

は、窒素の増施とともにわら、玄米ともに漸増の傾向がみられ、適量は初年目と同様、ほぼ0.6 kgであると思われる。しかし3年目に至ると他のばあいと同様に、輪換による影響は消失していることがうかがわれる。

2) 新利根還元田における試験

3年間ラジノクローバを導入した新利根開拓農協の輪換畑を水田に還元したばあいの水稻について、窒素の適量試験を昭和36～37年の2カ年にわたって実施した。還元田における水稻はいずれも窒素過多の生育を呈し、窒素施用区間における差異はみられなかった。7月中旬から強還元による根腐れと倒伏、病害発生のおそれが生じたので間断排水を実施したが、それ以降は健全な生育を示すに至った。2年目においては、初期には窒素の増施とともに草丈、茎数の増大を示し、土壌還元による水稻の根系障害は前年に比し少ないことが認められた。一方対照二毛作田のばあいには窒素少量では葉色淡く、窒素不足の様相を示し、両年次ともに窒素適量は還元田に比して高いことがうかがわれた。対照田および還元田における収量は第13表のとおりである。

第13表 還元田における水稻の収量（新利根）

| 種別                         | 昭和36年（初年目） |            |         |            |         |           | 昭和37年（2年目） |         |            |         |  |  |
|----------------------------|------------|------------|---------|------------|---------|-----------|------------|---------|------------|---------|--|--|
|                            | 区別         | わら         |         | 玄米         |         | 区別        | わら         |         | 玄米         |         |  |  |
|                            |            | 重量<br>kg/a | 指数<br>% | 重量<br>kg/a | 指数<br>% |           | 重量<br>kg/a | 指数<br>% | 重量<br>kg/a | 指数<br>% |  |  |
| L<br>C<br>跡<br>還<br>元<br>田 | 1. N— 0    | 70.6       | 88      | 60.6       | 94      | 1. N— 0   | 53.1       | 89      | 40.3       | 86      |  |  |
|                            | 2. N— 0.3  | 77.4       | 97      | 61.9       | 96      | 2. N— 0.4 | 51.5       | 86      | 45.9       | 98      |  |  |
|                            | 3. N— 0.5  | 80.0       | 100     | 64.4       | 100     | 3. N— 0.6 | 59.9       | 100     | 46.9       | 100     |  |  |
|                            | 4. N— 0.7  | 81.9       | 102     | 61.1       | 95      | 4. N— 0.8 | 58.7       | 98      | 45.4       | 97      |  |  |
| 二<br>毛<br>作<br>田           | 1. N— 0    | 53.7       | 86      | 38.2       | 80      | 1. N— 0   | 41.5       | 76      | 37.0       | 82      |  |  |
|                            | 2. N— 0.3  | 58.2       | 93      | 46.0       | 97      | 2. N— 0.6 | 52.2       | 96      | 44.9       | 99      |  |  |
|                            | 3. N— 0.5  | 62.7       | 100     | 47.7       | 100     | 3. N— 0.8 | 54.5       | 100     | 45.2       | 100     |  |  |
|                            | 4. N— 0.7  | 59.3       | 95      | 52.1       | 109     | 4. N— 1.0 | 57.6       | 106     | 48.1       | 106     |  |  |

- 注. 1) 品種 フジミノリ（早生）  
 2) 施肥量および肥料の種類  
 N：区名のうち 0.1kgを幼穂形成期に追肥（塩安）  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：0.8kg全量基肥施用 熔燐，過石等電混合施肥  
 K<sub>2</sub>O：0.7kg 全量基肥，塩加  
 3) 移植期 5月下旬田植  
 4) 栽植密度 30cm×15cm×15cm（96株/3.3㎡） 1株2本植

還元田のばあい、初年目においては対照二毛作田に比していずれも高い収量を示している。しかし、窒素の増施にともなう、わらではやや増収したが玄米ではそれほど増収を示さず、適量はほぼ0.5kg前後であると推定される。2年目においてもほぼ同様であるが、無窒素の玄米収量の低下していることが認められる。

対照の二毛作田においては、窒素の増施とともにわら、玄米のいずれも増収の傾向を示し、適量は高く0.8~1.0kgであると思われる。

### 3 飼料作物の水田裏作導入に関する試験

水田裏作を利用して栽培した飼料作物の生育、収量について知見を得るとともに、これら裏作の跡作水稲に及ぼす影響を検討するため、水戸の水田圃場において試験を実施した。

#### (1) 飼料作物の裏作栽培試験

##### 1) 飼料作物の生育ならびに収量

昭和37~40年にわたって水田裏作に飼料作物を導入

し、その生育、収量について検討を加えた。早期水稲の刈取後に耕起、整地、施肥、播種を行ない、1区16.5m<sup>2</sup>2連制の規模で実施した。

生育についてみると、早春の3~3月の気温と降水量等によって作物により年次差のあることが認められ、早春からの生育量はエン麦およびイタリアンライグラスがいずれの年次においても他に勝り、したがって収量においても他に勝ることが認められた。これに対して、オーチャードグラスおよびラジノクローバは春先の生育伸長が遅延し、年次によって収量の劣るばあいがみられ、不安定であることがうかがわれた。また、イタリアンライグラスとレンゲの混播のばあいには播種期の遅れによってレンゲの生育伸長はイタリアンライグラスに抑圧される傾向が観察された。

つぎに、これらの飼料作物の収量結果を示すと第14表のとおりである。

各年次の平均生草収量では、単播のばあいはイタリアンライグラス>エン麦>ラジノクローバ>オーチャードグラスの順であり、また混播では(イタリアンライグラス

第14表 水戸水田における裏作飼料作物の収量 (a 当たり kg)

| 区 別              | 年 次   | 生 草 収 量  |       |       |       |       | 風 乾 物 収 量 |       |       |       |       |
|------------------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|                  |       | 37       | 38    | 39    | 40    | 平均    | 37        | 38    | 39    | 40    | 平均    |
|                  |       | 1. エ ン 麦 | 323.1 | 420.0 | 431.5 | 457.2 | 408.0     | 104.3 | 116.7 | 118.4 | 127.0 |
| 2. L C           | 494.4 | 309.3    | 429.0 | 182.0 | 353.7 | 63.9  | 42.3      | 52.2  | 22.8  | 45.3  |       |
| 3. O G           | 260.1 | 432.9    | 313.2 | 110.4 | 279.2 | 66.8  | 91.6      | 65.3  | 33.1  | 64.2  |       |
| 4. I R G         | 603.9 | 339.3    | 392.0 | 486.9 | 457.3 | 146.9 | 79.7      | 65.1  | 97.4  | 97.3  |       |
| 5. L C + O G     | 519.4 | 414.3    | 429.6 | 249.9 | 403.3 | 74.5  | 65.1      | 69.1  | 54.5  | 65.8  |       |
| 6. I R G + R e n | 666.0 | 330.6    | 601.2 | 355.5 | 488.3 | 148.3 | 77.5      | 75.6  | 63.1  | 91.1  |       |

(注) 1) 播種方法 水稲刈取後耕耘整地→施肥→播種

各年とも9月下旬播種

2) 播種量(kg/a)エン麦:1.0(条播), LC:0.1(全面播), OG:0.2, IRG:0.2, Ren:0.3 (各全面散播)

3) 施 肥 量

|               | 元 肥 |                               |                  | 追 肥 |                               |                  |
|---------------|-----|-------------------------------|------------------|-----|-------------------------------|------------------|
|               | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| エ ス 麦         | 0.4 | 0.6                           | 0.6              | 0.4 | 0.4                           | 0.4              |
| L C           | 0.2 | 0.4                           | 0.6              | 0.2 | 0.4                           | 0.6              |
| O G           | 0.4 | 0.6                           | 0.6              | 0.4 | 0.6                           | 0.4              |
| I R G         | 0.4 | 0.6                           | 0.6              | 0.4 | 0.6                           | 0.4              |
| L C + O G     | 0.4 | 0.6                           | 0.6              | 0.2 | 0.4                           | 0.6              |
| I R G + R e n | 0.4 | 0.6                           | 0.6              | 0.2 | 0.4                           | 0.6              |

4) 略記号(以下同じ) LC:ラジノクローバ, OG:オーチャードグラス, IRG:イタリアンライグラス, Ren:レンゲ

牧草導入による水田高度利用に関する土壤肥学的研究

+レンゲ) > (ラジノクロバ+オーチャードグラス)の傾向であることが認められる。風乾物収量では、単播はエン麦>イタリアンライグラス>オーチャードグラス>ラジノクロバの傾向を示し、イネ科作物において乾物率の高いことが認められる。混播では生草のばあいと

同様の傾向であることがみられる。

2) 飼料作物の窒素吸収

前述の飼料作物について、窒素成分の吸収を示すと第15表のごとくである。すなわち、いずれのばあいにもか

第15表 裏作飼料作物の窒素成分収支

| 区 別 | 項 目         | 4 月 2 2 日  |      |      | 5 月 1 4 日  |      |      | 合 計<br>吸収量 | 窒 素<br>施肥量 | 収 支   |
|-----|-------------|------------|------|------|------------|------|------|------------|------------|-------|
|     |             | 風乾物<br>収 量 | N濃度  | 吸収量  | 風乾物<br>収 量 | N濃度  | 吸収量  |            |            |       |
| 1.  | エ ン 麦       | —          | 2.84 | —    | 116.7      | 1.09 | 1.27 | 1.27       | 0.8        | -0.47 |
| 2.  | L C         | 11.4       | 2.84 | 0.28 | 30.9       | 2.32 | 0.72 | 1.00       | 0.4        | -0.60 |
| 3.  | O G         | 38.8       | 2.67 | 1.04 | 52.8       | 1.74 | 0.92 | 1.96       | 0.8        | -1.16 |
| 4.  | I R G       | 33.5       | 2.63 | 0.88 | 46.2       | 0.99 | 0.46 | 1.34       | 0.8        | -0.54 |
| 5.  | L C + O G   | 20.0       | 2.57 | 0.51 | 45.1       | 1.87 | 0.84 | 1.35       | 0.8        | -0.55 |
| 6.  | I R G + Ren | 40.2       | 3.30 | 1.32 | 37.3       | 1.40 | 0.52 | 1.84       | 0.8        | -1.04 |

- 注. 1) 収支=施肥料-吸収量として示す。  
2) N濃度以外はすべてa当たりkgを示す。  
3) 昭和38年度成績。

なり多量の窒素が吸収されているが、とくにオーチャードグラスとイタリアンライグラスのばあいに高いことがうかがわれる。また、窒素成分の収支ではいずれもマイナスを示している。

3) 裏作牧草の残根残渣

水田裏作に飼料作物を導入するばあい、跡作水稻に対する影響を知るうえで、それぞれの残根残渣の有機物の多少を明らかにすることはきわめて重要であると思われる。そこで昭和36年の前述裏作田において、刈取り直後に飼料作物の2、3について地下残根と地上部の残渣量を調査し、第16表のごとき結果がえられた。

第16表 裏作飼料作物の残根残渣量 (a 当たり kg)

| 種 類 | 項 目   | 現 物  |      |      | 風 乾 物 |      |      |
|-----|-------|------|------|------|-------|------|------|
|     |       | 残 渣  | 残 根  | 計    | 残 渣   | 残 根  | 計    |
| 1.  | L C   | 37.9 | 31.2 | 69.1 | 13.7  | 3.7  | 17.4 |
| 2.  | O G   | 28.2 | 38.4 | 66.6 | 9.4   | 8.3  | 17.7 |
| 3.  | I R G | 41.4 | 44.5 | 85.9 | 22.7  | 11.2 | 33.9 |

注. 昭和37年5月調査

本結果によればラジノクロバでは残根量よりも地上刈株ならびに残渣有機物が多く、イタリアンライグラス、オーチャードグラスのイネ科作物では逆に残根量の多い傾向が認められる。このうちとくにイタリアンライグラスでは、多量の残根と残渣の残存することが確認された。風乾物重としては、ラジノクロバのばあいは残渣が多く残根は少ないが、オーチャードグラスでは残根と残渣の間には大差がみられない。しかし、イタリアンライグラスのばあいには残根、残渣のいずれも多く、とくに残渣量の多いことが認められる。したがって、牧草の残根はマメ科牧草に比してイネ科牧草において多いことが認められた。

なお、裏作連年導入栽培跡地土壌の分析結果は第17表のとおりであるが、ラジノクロバおよびイタリアンライグラス跡地では有機物の多くなっている傾向がうかがわれ、また前者の場合塩基含量がやや高く、土壤反応も高くなっていることが認められる。

(2) 跡作水稻に及ぼす影響

上述の裏作導入圃場において、跡作水稻均一栽培を行ない、飼料作物の導入と水稻の生育、収量との関係を検討した。水稻品種としてホウネンワセを供試し、5月中

第17表 裏作導入田跡地作土の化学的性質 (水戸)

(乾土100g当たり)

| 区 別 | 項 目   | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | 全窒素<br>% | 全炭素<br>% | C/<br>N | 腐 植<br>% | 塩基置<br>換容量<br>me | 全塩基<br>me | 塩基飽<br>和 度<br>% |
|-----|-------|--------------------------|----------|----------|---------|----------|------------------|-----------|-----------------|
| 対 照 | 二毛田   | 5.1                      | 0.29     | 2.5      | 8.6     | 4.3      | 19.0             | 14.2      | 74.9            |
| L   | C 跡   | 5.7                      | 0.32     | 2.7      | 8.4     | 4.7      | 21.2             | 15.4      | 72.8            |
| I   | R G 跡 | 5.0                      | 0.30     | 2.9      | 9.7     | 5.0      | 22.0             | 14.4      | 65.4            |

第18表 飼料作物跡の水稻収量 (水戸)

| 区 別 | 年 次          | 収 量<br>わ ら (kg/a) |      |      |      | 指 数 (%) |     |     |     | 玄 米 (kg/a) |      |      |      | 指 数 (%) |     |     |     |
|-----|--------------|-------------------|------|------|------|---------|-----|-----|-----|------------|------|------|------|---------|-----|-----|-----|
|     |              | 37                | 38   | 39   | 40   | 37      | 38  | 39  | 40  | 37         | 38   | 39   | 40   | 37      | 38  | 39  | 40  |
| 1.  | 水 稻 単 作      | 82.2              | 65.3 | 63.5 | 65.8 | 100     | 100 | 100 | 100 | 54.5       | 45.3 | 52.8 | 41.9 | 100     | 100 | 100 | 100 |
| 2.  | エ ン 麦 跡      | 74.9              | 60.8 | 63.0 | 65.3 | 91      | 93  | 99  | 99  | 50.8       | 46.2 | 54.3 | 42.6 | 93      | 102 | 103 | 102 |
| 3.  | L C 跡        | 82.9              | 73.5 | 72.0 | 72.7 | 101     | 112 | 113 | 112 | 56.7       | 48.5 | 45.3 | 37.0 | 104     | 107 | 86  | 88  |
| 4.  | O G 跡        | 72.0              | 64.5 | 64.0 | 56.3 | 88      | 99  | 101 | 85  | 52.5       | 43.8 | 51.2 | 43.9 | 96      | 97  | 97  | 105 |
| 5.  | I R G 跡      | 70.1              | 62.3 | 61.0 | 53.5 | 85      | 95  | 96  | 81  | 47.5       | 42.5 | 54.6 | 43.8 | 87      | 94  | 103 | 105 |
| 6.  | L C + O G 跡  | 76.2              | 69.8 | 69.0 | 66.1 | 93      | 107 | 109 | 100 | 54.0       | 48.8 | 48.5 | 40.7 | 99      | 108 | 92  | 97  |
| 7.  | I R G + Ren跡 | 75.3              | 65.3 | 67.0 | 53.9 | 92      | 100 | 105 | 82  | 51.8       | 44.2 | 55.6 | 42.1 | 95      | 98  | 105 | 100 |

注. 1) 品 種 ホウネンワセ

2) 施肥量

(均一栽培) 基 肥 { N 0.4kg  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.6 追肥 N 0.1kg (幼穂形成期)  
K<sub>2</sub>O 0.4

3) 栽植密度 30cm×15cm 22.2株/m<sup>2</sup> 1株2本植

旬(15~20日)に移植した。水稻の経年収量は第18表に示すとおりである。

本成績によれば、ラジノクローバ跡地では無処理に比してわらにおいて経年的に増収しているが、玄米では1~2年目において高く、以後は減収の経過をたどることが認められる。これに対してオーチャードグラスおよびイタリアンライグラス跡では、わらにおいては一定の傾向を示さないが、玄米においては最初の1~2年に、とくに後者のばあいには減収を示している。しかし、3~4年目からは無処理と大差がないか、あるいはむしろやや増収の傾向を示すことがうかがわれ、もみわら比も高くなることが認められる。なお、エン麦跡および各混播跡では初年目を除いて水稻単作におけると大差のない収量

であることが認められる。

以上のように、鉬質水田土壌の裏作にラジノクローバを連年導入したばあい、経年的に施肥窒素のレスポンスの低下することが認められた。

このことは畑地のばあい<sup>3) 4) 6) 5) 7)</sup>と同様に、マメ科牧草による易分解性有機物の蓄積と、有効態窒素の富化に起因していると考えられる。

### Ⅲ 考 察

#### 1 輪換田における牧草栽培

前述のごとく、著者らの行なった試験では鉬質、腐植質の両土壌ともに輪換畑においてラジノクローバの生育

は順調であったが、オーチャードグラスのばあいには盛夏時に生育が著しく抑制され、とくに輪換3年目においてこの傾向が顕著に認められた。したがって、いま鉍質土壤におけるラジノクローバとオーチャードグラスの各単播栽培における3カ年間の収量傾向をみると、前記の事情を反映して生草収量ではラジノクローバが明らかに勝っていた。このような傾向は腐植質土壤のばあいにおいても認められ、鉍質、腐植質のいずれを問わず輪換田における牧草収量は、マメ科において勝ることがうかがい知られた。なお、鉍質土壤のみの結果ではあるが、マメ科とイネ科の混播は単播に勝る傾向を示しており、混播の有利であることが認められた。

つぎに、三要素の要因別に検討を加えた結果、ラジノクローバでは鉍質土壤において無加里区の収量低下が甚だしく、腐植質土壤においては無磷酸ならびに無加里の両区において収量低下の大きいことが認められた。イネ科牧草では両土壤に供試した草種は異なっているが、両土壤ともに無窒素区の収量が著しく低く、無磷酸ならびに無加里の各区も三要素区に比して若干劣ることが認められた。これらの結果を閲覧すると、ラジノクローバは加里欠除の、またイネ科の各牧草では窒素欠除の影響のそれぞれ大きいことがうかがわれる。ラジノクローバにおいて窒素欠除の影響が少ないのは、もちろん根瘤による窒素固定に由来すると考えられるが、腐植質土壤における無磷酸区の収量低下は、おそらく土壤磷酸吸収力の高いことに起因するものと思われる。なお、イネ科の牧草では両土壤ともに窒素増施の効果が大きく、窒素の response の高いことが認められる。

三要素成分の収支は鉍質土壤のみの結果ではあるが、きわめて特徴的な差異が認められた。すなわち、ラジノクローバのばあいには窒素の収奪吸収量は施肥窒素量の2倍以上に達し、収支結果ではかなり大きい負の数値を示した。これは根瘤による窒素固定に起因すると考えられるが、オーチャードグラスに比してより高い吸収量を示していることは、蛋白源としてのマメ科牧草を特徴づけるものと解されよう。磷酸ではラジノクローバ、オーチャードグラスともに収支結果は正の数値を示したが、加里は両牧草ともに著しく高い負の結果を示し、加里収奪量のきわめて大きいことが認められた。したがって、輪換田の牧草栽培にあたっては畑作における<sup>3)</sup><sup>8)</sup>と同様に窒素および加里が施肥対策上重要な指標となるものと考えられる。

なら、オーチャードグラスのばあいには、水分が高いばあい湿害をうけやすく、これが低収の一要因とも考え

られ、牧草の田畑輪換導入にあたっては集団化と同時に排水施設の完備などを必須条件とする必要がある。

## 2 輪換畑の理化学性

輪換畑における輪換跡地の表層土では、土壤三相、耐水性団粒、生物相、化学性、窒素の無機化量などにおいてかなりの変化が見られ、水田においても牧草導入の影響の大きいことがうかがい知られた。

まず土壤三相ならびに耐水性団粒の分析結果から、ラジノクローバならびにオーチャードグラスのいずれを栽培したばあいにも団粒化の促進されることが認められ、ことに両牧草を混播したばあいにはこの傾向は顕著に認められた。このような結果は第16表に示すごとく土壤における根量の差異に起因すると推定されるが、さらに生物相の差異も無視できないように思われる。すなわち、輪換畑の土壤生物に関連して、両土壤とも3年目でモグラが侵入してくることがみられたが、これは牧草による土壤有機物の富化にともなう土壤生物相の変せんを示していると考えられる。つまり、有機物の富化とともにミミズ等の生物が増殖するので、これら土壤生物の棲息地にモグラが集中してくるのであろう。

ミミズの棲息について畑井氏の調査した結果<sup>10)</sup>によると、わが国の畑地では $m^2$ あたり6~190匹となっている。これに対比すると、水戸の牧草輪換畑はもっとも多い部類に属し、ミミズの棲息数と土壤の耐水性団粒の生成とがほぼ同一の傾向を示す<sup>9)</sup>ことからみて、ミミズの棲息と土壤団粒とが密接していることを容易に知り得る。

つぎに化学性については、ラジノクローバ、オーチャードグラスの各跡地ともに表層土の塩基置換容量および置換性石灰が増大し、とくにラジノクローバでは塩基置換容量の増加していることが明らかに認められる。これらの結果は、輪換畑への牧草導入によって、有機物の増大したことに基づくものと考えられる。

さらに、跡地土壤における土壤窒素の無機化には明らかな差異が認められ、ラジノクローバ跡地においてはオーチャードグラス跡地に比して無機化量は明らかに多く鉍質、腐植質の両土壤ともにラジノクローバ跡地では牧草無作付土壤に比して30°Cにおける窒素無機化量は勝ることが認められた。これに反してオーチャードグラス跡地では対照土壤よりも無機化量は少なく、炭素率の高いイネ科牧草の残根による窒素の有機化が行なわれていることを示すものと思われる。

かくして、輪換畑に牧草を導入したばあいには土壤理化学性に及ぼす影響の大きいことが認められた。

### 3 還元田における水稻栽培

これまでに述べたごとく、輪換畑に牧草を導入したばあい、有機物の集積に基づく土壤理化学性の変化はきわめて大きい。したがって、輪換畑を水田に還元したばあいに、有機物の集積ならびにその分解が水稻栽培上に及ぼす影響もまたきわめて大きいと考えられる。これらについては、すでにかかりの検討が加えられている<sup>11)12)13)</sup>が、著者らは土壤の種類を異にしたばあい、すなわち、県内の水田土壤を代表するとみなされる鉬質ならびに腐植質の両土壤の還元田における施肥対策について若干の検討を加えた。

還元田における水稻栽培上の問題点としては、牧草根のまん延集積による耕起の難易がまず想定されるが、これについては西川<sup>14)</sup>がすでに検討を加えており、ここでは主として有機物の分解による窒素の無機化が窒素のresponseに及ぼす影響について論議を進めることにしたい。

著者らの行なった試験結果では、鉬質、腐植各土壤ともにラジノクロバ跡では還元初年目における水稻の窒素適量はきわめて低く、鉬質土壤では無窒素が最高収量を示し、腐植質土壤においてもアール当たり0.4kg~0.5kgにすぎなかった。これは前述の土壤窒素の無機化と密接に関連すると考えられる。一方、鉬質土壤におけるオーチャードグラス跡地においては、還元初年目の水稻窒素適量はきわめて高く、アール当たり0.8kgにおいて最高収量を示すことが認められた。このような結果は、牧草草種の相違によって残根ならびに集積有機物に質的差異のあることを示すものと考えられる。

ラジノクロバ還元田では、年次の経過にともなって窒素の適量は増大する傾向を示し、オーチャードグラス還元田においてはむしろ3年目に至って窒素適量は若干減少することが認められた。これらの傾向は、上述の有機物の質的差異に起因するものであろう。すなわち、ラジノクロバ還元田においては、窒素含量の高い、易分解性の残根は速やかに分解し、また土壤窒素の無機化も速やかに行なわれる結果、年次の経過とともに土壤中からの可給化窒素量は減少するが、これに対して、オーチャードグラス還元田では難分解性の残根および有機物が集積しているので、施用窒素の有機化が起り、したがって当初は窒素の増施を必要とするが、年次の経過とともに分解が進むにいたることを反映していると解される。無窒素区における玄米収量の推移は、この間の事情を裏書きしているように考えられる。

つぎに腐植質土壤のラジノクロバ還元田において

は、還元初年目において有機物の急激な分解が行なわれる結果、著しい還元障害をひきおこすことが認められた。このような障害の傾向は、おそらく両土壤間における酸化還元緩衝能の差異、すなわち、鉬質の水戸土壤に比して新利根土壤において著しく弱いことに起因すると推定されるが、障害防止対策としてつぎのことが考えられる。1) ラジノクロバの栽培を前年秋に打切り、冬季間飼料カブなどを無窒素で栽培して、易分解性有機物をあらかじめ利用かつ分解せしめる。

2) 牧草畑を耕起放置してのち移植する。このような方法については、すでに石川<sup>14)</sup>、西川<sup>14)</sup>らによって検討が加えられている。3) 還元田初年目には比較的酸化的に経過する乾田直播栽培の導入をはかる。<sup>15)</sup> 4) 稲作にあたってはとくに初年目において徹底した水管理を行なう。

かくして、鉬質土壤に比して土壤還元の進行しやすい腐植質土壤においては、牧草、とくにラジノクロバのごときマメ科牧草輪換畑を水田に還元するばあい、窒素残効の軽減をはかり、間断排水のような十分な水管理を行なって有害物質の除去をはかる必要のあることが認められた。

### 4 裏作牧草導入の水稻作に及ぼす影響

通常裏作牧草としては短年牧草が主として用いられる。著者らは、これらの各牧草について鉬質土壤において栽培試験を実施し、イタリアンライグラス、エン麦等が生草収量において勝ることが認められた。また、レンゲとイタリアンライグラスの混播はもっとも勝り、輪換畑のばあいと同様に混播のすぐれていることが立証された。

裏作に牧草を導入するばあいには、水稻作との関連がとくに重要となるが、すでに述べたごとく輪換畑のばあいと同様に、牧草根に由来する有機物の土壤中での集積が問題になると思われる。著者らは上述のごとき観点から、裏作に牧草を導入したばあいの水稻に及ぼす影響について検討を加えた。その結果イタリアンライグラス跡地における水稻収量が試験開始初年目においてももっとも減収し、またイネ科牧草を導入したばあいには水稻収量は初年目に減収する傾向が認められた。一方、ラジノクロバ跡のばあいには、逆に若干増収する結果がえられた。これらの結果は、輪換畑還元田において論議したごとく、主としてそれら牧草根の分解の差異に基づくところが大きいと考えられる。すなわち、イタリアンライグラス、オーチャードグラスなどイネ科牧草の残根量はマメ科牧草に比して多い傾向がみられ、輪換畑還元田にお



けると同様に、マメ科牧草とイネ科牧草とでは窒素の適量にかなりの差異のあることが推定されるので、後者のばあいには窒素の増施をはかることが当然であろう。

久保田ら<sup>12)</sup>は、イタリアンライグラスの三要素施用量と跡作水稲生育との関連について検討を加え、イタリアンライグラスの窒素施用量アール当たり5kg以上のばあいに水稲は残根による障害からまぬかれることを指摘している。本研究では、このような点についてさらに土壌形態別に検討を加える余地が残されているといえよう。

#### IV 要 約

水田高度利用の一環として、牧草を導入した輪換田ならびに二毛作田における牧草、水稲の栽培法確立をはかるため、鉍質（水戸土壌）および腐植質（新利根土壌）の土壌形態別に土壌肥料的な見地から検討を加えた。その結果を述べるとつぎのごとくである。

(1) 輪換畑における牧草栽培では、鉍質、腐植質の両土壌ともにラジノクローバがイネ科各牧草に収量において勝った。また、単播、混播の比較では、後者の明らかに勝ることが認められた。

(2) 輪換畑におけるラジノクローバは加里欠除のあいばいに、イネ科牧草は窒素欠除の影響がそれぞれ大きく、三要素成分施肥量と吸収量との収支から各牧草ともに窒素および加里が施肥対策上重要な指標となることが認められた。

(3) 輪換畑土壌においては団粒化が促進され、塩基置換容量ならびに置換性石灰の増加することが認められた。さらにまた、ラジノクローバ畑土壌ではオーチャードグラス畑土壌に比べて土壌窒素無機化量が明らかに勝り易分解性有機物の多く集積することがうかがわれた。

(4) 輪換畑ならびに裏作跡の水稲生育収量は、イネ科とマメ科の差異によって明らかに異なり、マメ科跡では窒素のレスポンスは低下し、イネ科跡では逆に増大した。さらに、腐植質土壌におけるラジノクローバ畑還元田では、還元障害対策をとくに考慮する必要があることを指摘した。

#### 参 考 文 献

- 1) 草地、飼料作物に関する土壌肥料研究集録、全購連 (1967)
- 2) 的場徳造・鶴田知也・上野満：農業の近代化と共同経営 文教書院 (1960)
- 3) 押鴨保夫・小野瀬和男：牧草畑土壌について——イ

ネ科・豆科牧草混栽が窒素的地力および土壌の理化学性に及ぼす影響、茨城農試研究報告, 2, 90 (1959)

- 4) 宮本正・仁平照男・北崎進・本田仁：牧草栽培が跡作物に及ぼす影響、茨城農試研究報告, 6, 53 (1964)
- 5) 小原道郎・小瀬川康雄：草地に関する土壌肥料的な研究 (I)、関東東山農試研究報告, 8, 112 (1955)
- 6) 小原道郎・小瀬川康雄：草地に関する土壌肥料的な研究 (II)、関東東山農試研究報告, 11, 75 (1957)
- 7) 小原道郎・小瀬川康雄：草地に関する土壌肥料的な研究 (III) 草地部資料 (II) (1959)
- 8) 農林省畜産試験場：草地部土壌肥料試験成績概要 (1962)
- 9) 宮坂増穂：ミミズの団粒構造形成について、農業土木研究, 26, 190 (1958)
- 10) 畑井新喜司：ミミズ, 改造社 (1931)
- 11) 西川光一・牧 俊郎：還元田における水稲の肥培管理, 農業技術, 17巻, 280, 324 (1962)
- 12) 久保田徹・鈴木新一：イタリアンライグラスの三要素施用量とあと作水稲生育との関連性, 四国農試報告, 14, 117 (1966)
- 13) 鬼鞍 豊・仲谷紀男・後藤重義：粗大有機物施用水田における湛水時の還元の進行と水稲の生育, 九州農試彙報, 13, 157 (1967)
- 14) 石川昌男：水稲に対する緑肥レンゲの肥効増進に関する土壌肥料的な研究, 富山農試報告, 特第5号 (1963)

# 茨城県における水田土壌の珪酸供給力および水稻に 対する珪酸の施用効果に関する研究

高遠 宏・伏谷勇次郎・小林 登・石川昌男

近年、水稻収量の増加にともなう、土壌からの養分奪取量も増えており、とくに水稻は多量の珪酸を吸収しているため、水田に対する珪酸の補給が必要となっており、水田に対する珪酸資材の施用は水稻多収獲のための重要な問題の一つになっている。

そこで、茨城県において実施された水田に対する珪酸資材施用に関する既往の試験成績を取りまとめ、珪酸資材施用の判定について検討した。

その結果、次のような珪カル施用の判定基準を作成した。すなわち、土壌中の有効態 $\text{SiO}_2$ 含量 $30\text{mg}/\text{乾土}100\text{g}$ 、わら中の $\text{SiO}_2$ 含有率 $15\%$ 、この基準値以下の場合には珪酸施用の効果が大きいものと考えられる。

また、水田からの珪酸奪取量についてみると、今までの分析成績から玄米収量 $600\text{kg}$ をあげた場合、水稻は水田から約 $120\text{kg}$ の $\text{SiO}_2$ を奪取していることになる。これを供給の面からみると、茨城県の水質の平均値ではかんがい水からの供給量は $10\text{アール}$ 当たり約 $31\text{kg}$ 、土壌中からは約 $24\text{kg}$ で、合計約 $55\text{kg}$ となる。これで水稻の珪酸奪取量との差は約 $65\text{kg}$ となり、必要最少限その不足分を珪カルなどの施用で補給する必要がある。

珪素は地球表面を被う土壌の主要構成元素であり、この地上に生育する植物は量的な差異はあるにしても、ほとんどが珪素を含有している。そのため珪素が高等植物に対して必須元素であるか否かについては古くから多く論議されており<sup>1) 2) 3) 4)</sup>、いまだに結論を得ていない。しかし水稻が吸収する養分のうち最大量のもは珪素であり、水稻に対する珪素の栄養生理的意義<sup>5) 6)</sup>、水稻体内における珪素の存在様式に関する研究<sup>7)</sup>などの結果から、珪素は水稻の生育に欠くことのできない元素の一つであろうと考えられている。

水稻に対する珪酸資材の施用については、塩入<sup>8)</sup>によって水田土壌の老朽化問題が出されて、水田土壌の老朽化がすすむと、鉄およびマンガンだけでなく、その他の塩基類と同時にリン酸や珪酸なども溶脱されていくことが明らかになってから、老朽化水田に対する珪酸施用が行なわれた。その結果、珪酸を多量に施用した場合には水稻の生育がよくなり、収量も増加するここが明らかとなった。

ついで1952年頃から珪酸資材として鉍滓の一種である珪酸石灰が導入され、珪酸石灰の肥効試験が全国的に実施された。その結果、老朽化水田だけでなく、普通水田および有機質水田などにおいてもその肥効が顕著であることが確認された<sup>9) 10)</sup>。その後、秋落水田や有機質水田などでは珪酸石灰の施用がすすんだが、一般に積極的な

施用は少なく、施用量の伸びも停滞状態となっていた。

1963年頃から、国内産米が不足気味になり水稻増産の声が起り、全国各県で「米づくり運動」が推進されるようになって、今まで秋落水田を対象として施用されていた珪カルが、水稻の反収増を目的とした多肥栽培における土づくりの意味の土壌改良資材として多量に用いられるようになってきた。また、水稻反収の増大にともなう、土壌からの養分奪取量も増えてきて、水田に対する珪酸の補給が必要となっており、水田に対する珪酸資材の施用は水稻多収獲のための重要な問題の一つになると考えられる。

そこで茨城県において実施された水田に対する珪酸資材施用に関する既往の試験成績から、珪酸資材施用の判定基準や施用の適地、施用量などについて検討し、取りまとめることによって、水田での珪酸資材施用に対する指針が得られるものと思われる。このような観点から、茨城県農業試験場化学部で行なわれた施肥改善事業、低位生産地調査事業、地力保全調査事業や土壌肥料試験の中から、珪酸資材施用に関する成績の取りまとめを行なった。もとより、本報告は珪酸施用に対して系統的に調査研究を行なったものではなく、不十分な点は多いが、珪酸施用が稲作技術指導の上でも問題となっている折から、珪酸資材施用に関する当面の技術的指針になればと考えて、ここに報告する。

本報告を取りまとめるに当たり、上記の調査、試験研究に従事された当場化学部の元職員および現職員、またご協力をいただいた多くの方々に対して深く感謝します。

1 土壤中の有効態珪酸 (pH 4.0 酢酸・酢酸ナトリウム緩衝液可溶<sup>12)</sup>)

水稻に対する珪酸の施用効果は、水田土壤中の有効態珪酸含量と密接な関係があり、また有効態珪酸含量は土壤の母材、土性あるいはかんがい水の水質によって異なる

ことが報告されている。そこで、珪酸資材の施用効果について考える上での一つの目安とするため、本県水田土壤の有効態珪酸含量について調査成績より取りまとめた。

1) 土壤中の有効態珪酸含量の分布<sup>11)</sup>

地力保全基本調査で土壤調査を実施した石岡、小川・鉦田、岩井・猿島、利根川下流地域の全点数の土壤中の有効態珪酸含量の分布を第1表に示した。

第1表 土壤中の有効態 SiO<sub>2</sub> 含量の分布

| SiO <sub>2</sub> 含量mg/乾土100g | 10.0以下 | 10.1~15.0 | 15.1~20.0 | 20.1~25.0 | 25.1~30.0 | 30.1以上 | 計   | (13.0以下) |
|------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----|----------|
| 点数                           | 15     | 17        | 27        | 18        | 18        | 10     | 105 | (26.)    |
| 比率 (%)                       | 14.3   | 16.2      | 25.7      | 17.1      | 17.1      | 9.6    | 100 | (24.8)   |

今泉・吉田<sup>12)</sup>は土壤中の有効態珪酸含量が 13mg/乾土 100g 以上の場合には珪酸施用の効果が期待できないと報告しているが、上記の地域では有効態珪酸含量13mg以上の場合が多く、約75%を占めている。

2) 地形および土性と有効態珪酸<sup>11)</sup>

前記の地力保全基本調査で土壤調査を実施した4地域を地形との関連で見ると、利根川下流地域はほとんどが利根川の沖積であり、岩井・猿島地域は一部の谷津田を除けば、利根川と飯沼川の沖積地である。また石岡地域は台地間小河川沖積と谷津田が主体をなし、小川・鉦田地域は谷津田と湖岸沖積である。

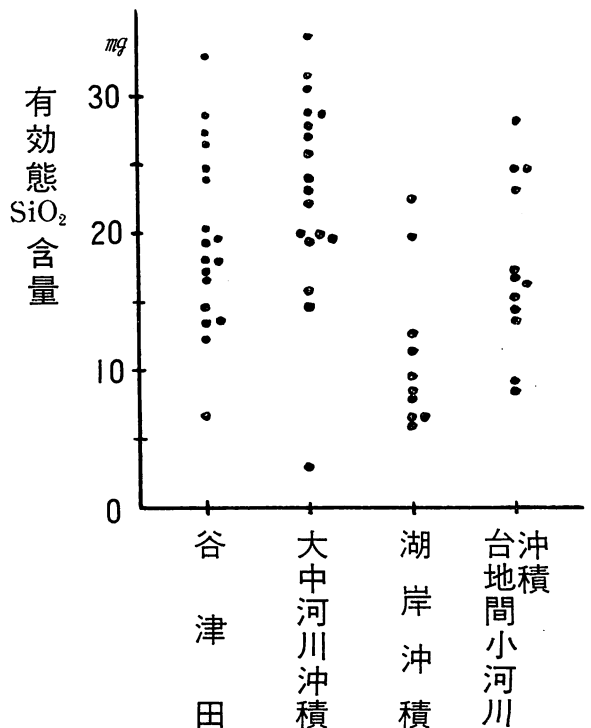
これら地形区分と珪酸含量についてみると第1図のようになる。

これで見ると、湖岸では珪酸含量が少なく、谷津田・台地間小河川沖積がこれにすぎ、20mg以下のものが多く大中河川沖積では20mg以上のものが比較的多い。

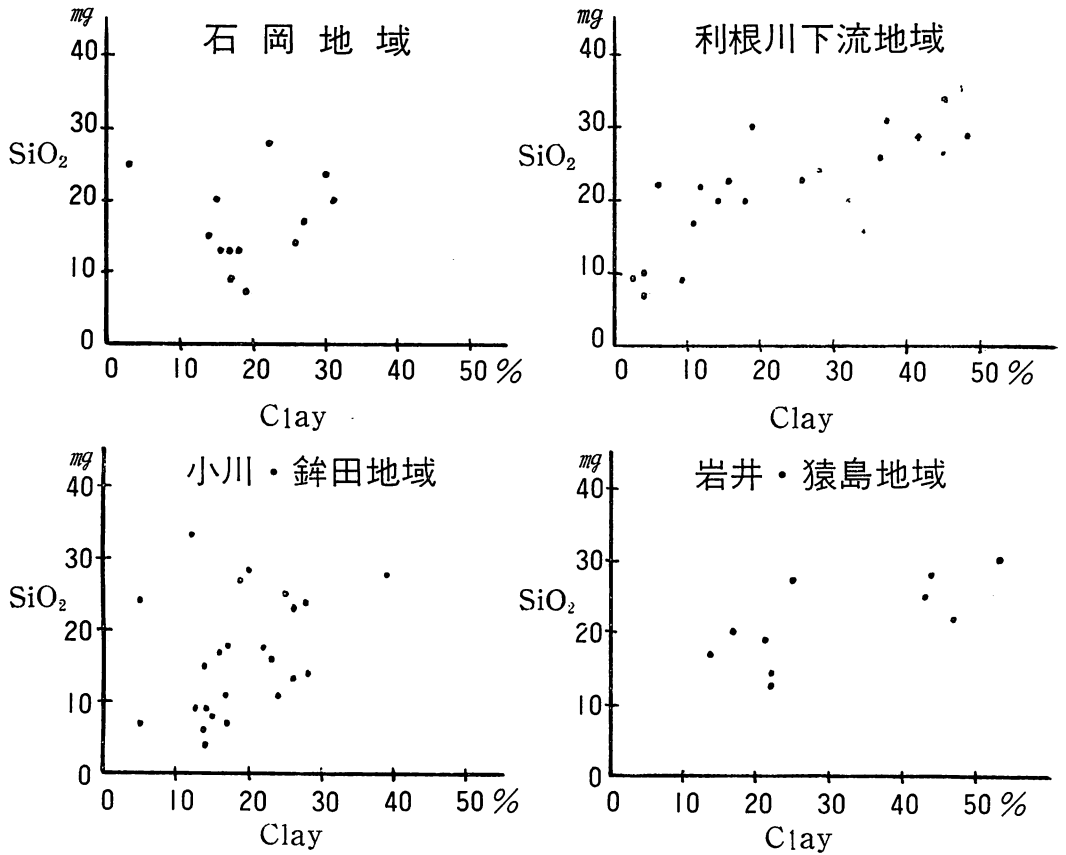
土性と有効態珪酸含量の関係を第2図に示したが、大中河川沖積が大部分を占める利根川下流地域と岩井・猿島地域の場合には土壤中の有効態珪酸含量と土性との関係が深く、粘土含量に比例している。

3) 土壤型と有効態珪酸<sup>11)</sup>

土壤型と有効態珪酸含量の関係を第3図に示した。これで見ると各土壤型の間には明瞭な差は認められない。しかし、この有効態珪酸含量は乾土 100g 当たりの値で



第1図 地形と有効態SiO<sub>2</sub>含量の関係 (1964~1967年調査)



第2図 粘土含量と有効態SiO<sub>2</sub>含量の関係 (1964~1967年調査)

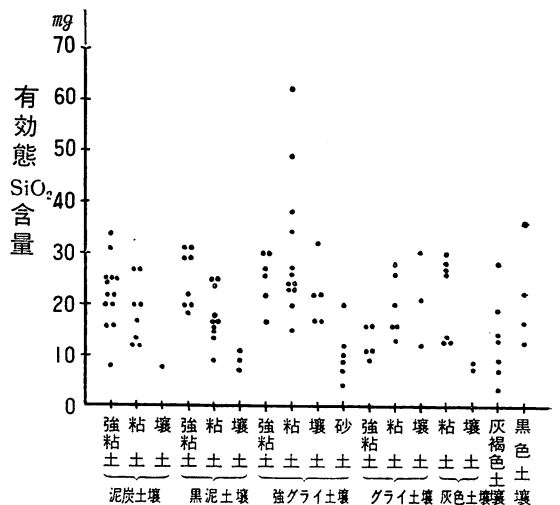
あって、これを土壌の容積あたりに換算したとすれば、泥炭・黒泥など容積重の小さい土壌では、他の土壌に比して珪酸含量が低いものと考えられる。

2 かんがい水中の珪酸含量<sup>14)</sup>

かんがい水の水質の相異は土壌の有効態珪酸に影響している。わが国の河川の平均水質<sup>13)</sup>では珪酸含量は19.0 ppmで、地質年代の新しい火山を水源とする河川が高い値を示し、反対に水成岩を貫流する河川が低い値を示している。水稲生育期間中にかんがい水から供給される珪酸の量は、かんがい用水量を1,400m<sup>3</sup>/10aとして、かんがい水中の珪酸含量19 ppmで、約26.6 kg/10a/年である。

県内のかんがい水系の水質を第2表に示した。大中河川の珪酸は22ppmで関東地方の平均水質<sup>16)</sup>と同程度である。しかし台地間河川ではやや低く21ppm、山間河川は17ppm、湖沼は12ppm、溜池10ppmと低くなっている。

これを年間用水量1,400m<sup>3</sup>/10aとして、かんがい水に



第3図 土壌型と有効態SiO<sub>2</sub>含量の関係

(1964~1967年調査)

第2表 県内河川湖沼の水質の特徴

| 水系                       | 水源名称                                | (mg/l) |     |                   |                  |                 |                 |      |                  |                                |                               |                    |                    |      | 蛋白質N  | 蒸残渣  | 浮遊物 | pH |
|--------------------------|-------------------------------------|--------|-----|-------------------|------------------|-----------------|-----------------|------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|------|-------|------|-----|----|
|                          |                                     | CaC    | MgO | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | Cl   | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | NO <sub>3</sub> -N | NI <sub>3</sub> -N |      |       |      |     |    |
| 大中河川水系                   | 那珂川, 小貝川, 鬼怒川, 利根川, 桜川(真壁)          | 15.6   | 4.1 | 7.9               | 1.44             | 15.0            | 14.3            | 6.3  | 22.4             | 0.47                           | 0.01                          | 0.18               | 0.07               | 0.08 | 94.2  | 22.4 | 7.1 |    |
| 山間河川水系                   | 久慈川, 大北川, 藤井川                       | 10.0   | 2.2 | 5.1               | 1.13             | 11.7            | 5.9             | 2.3  | 16.6             | 0.08                           | 0.01                          | 0.13               | 0.08               | 0.06 | 60.6  | 7.4  | 7.0 |    |
| 台地間内小河川水系                | 酒沼川, 酒沼前川, 巴川, 大川, 桜川(中妻), 小野川, 乙戸川 | 11.0   | 3.1 | 7.6               | 1.24             | 12.4            | 7.9             | 6.6  | 20.8             | 0.80                           | 0.01                          | 0.17               | 0.14               | 0.07 | 66.9  | 25.3 | 6.9 |    |
| 溜池水系                     | 先後池, 古徳池, 菅谷溜池, 武見池, 宇立沼, 牛久沼       | 5.9    | 1.7 | 5.8               | 1.02             | 4.8             | 5.0             | 4.6  | 9.6              | 0.63                           | 0.02                          | 0.28               | 0.07               | 0.05 | 44.3  | 28.5 | 6.5 |    |
| 湖沼水系                     | 霞ヶ浦, 北浦, 堀割川                        | 19.4   | 7.2 | 26.5              | 3.40             | 18.1            | 17.3            | 26.9 | 12.1             | 0.24                           | 0.03                          | 0.24               | 0.12               | 0.08 | 132.3 | 12.5 | 7.1 |    |
| 関東地方河川平均水質 <sup>1)</sup> |                                     | 17.8   | 4.9 | 9.1               | 1.67             | 14.7            | 13.5            | 6.1  | 22.1             | 0.31                           | 0.02                          | 0.32               | 0.07               | 0.08 | 91.8  | 20.4 | 7.1 |    |

注) 県内河川水質については、7月および8月に各1回づつ採水分析し、平均値を示す。(1953~1961年調査)  
 関東地方河川平均水質は1, 3, 5, 7, 9, 11の各月に1回採水分析し、平均値を示す。

よる珪酸の供給量を算出すれば、大中河川30.8、台地間河川29.4、山間河川23.8、湖沼16.8、溜池14.0kg/10aとなる。しかし、かんがい水からの珪酸の供給は実際には溶脱などもあって少ないと考えられる。

### 3 水稲の珪酸吸収と収量との関係

前述のように土壌中の有効態珪酸およびかんがい水中の珪酸含量は場所によってかなりの差がみられる。これらは当然、水稲による珪酸の吸収に影響することが考えられる。

#### 1) 水稲止葉の珪酸含有率と各種要因との関係<sup>1)</sup>

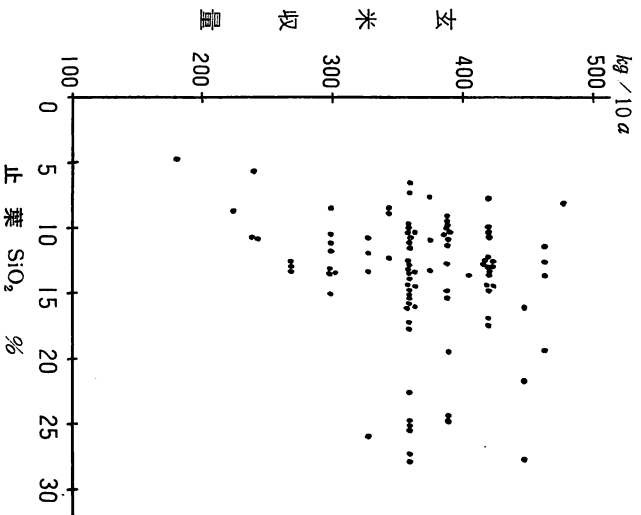
昭和30年に県下各地域456箇所から収穫期に水稲止葉を採取して、珪酸含有率を測定し、各種要因との関係について解析した。その結果は第3表のとおりである。

止葉の珪酸含有率と各種要因との関係についてみると、つぎのとおりである。

土壌の成因との関係では、珪酸含有率は海成あるいは湖成沖積水田では15%以上のもが多く、古生層や第三紀層を母材とする水田では15%以上のもが少くない。

水田の乾湿の別では、湿田は乾田に比べて若干低いものが多くなっている。かんがい水や土性による区分では差異は明らかでない。

品種の早晩との間では、早生に比べて中晩生で珪酸含



第4図 止葉の珪酸含有率と収量との関係 (1955)

茨城県における水田土壌の珪酸供給力および水稻に対する珪酸の施用効果に関する研究

第3表 水稻止葉の珪酸含有率と各種要因の関係 (1955)

| 区 分      | SiO <sub>2</sub> |     | 9.9%以下 |     | 10.0~14.9% |     | 15.0~19.9% |    | 20.0~24.9% |    | 25.0%以上 |  |
|----------|------------------|-----|--------|-----|------------|-----|------------|----|------------|----|---------|--|
|          | 全点数              | 点数  | 頻度     | 点数  | 頻度         | 点数  | 頻度         | 点数 | 頻度         | 点数 | 頻度      |  |
| 台地内谷津田   | 47               | 11  | 23.4   | 18  | 38.3       | 12  | 25.5       | 3  | 6.4        | 3  | 6.4     |  |
| 台地間谷津田   | 114              | 27  | 23.7   | 48  | 42.1       | 21  | 18.4       | 8  | 7.0        | 10 | 8.8     |  |
| 河成沖積     | 180              | 33  | 18.3   | 89  | 49.4       | 40  | 22.2       | 10 | 5.6        | 8  | 4.4     |  |
| 海成沖積     | 11               | 1   | 9.1    | 4   | 36.4       | 4   | 36.4       | 2  | 18.8       | 0  | 0       |  |
| 湖成沖積     | 38               | 7   | 18.4   | 13  | 34.2       | 11  | 28.9       | 4  | 10.5       | 3  | 7.9     |  |
| 古生層母材    | 13               | 4   | 30.8   | 6   | 46.2       | 2   | 15.4       | 1  | 7.7        | 0  | 0       |  |
| 第三紀層母材   | 36               | 10  | 27.8   | 16  | 44.4       | 8   | 22.2       | 2  | 5.6        | 0  | 0       |  |
| 花崗岩母材    | 27               | 2   | 7.4    | 14  | 51.9       | 10  | 37.0       | 0  | 0          | 1  | 3.7     |  |
| 計        | 466              | 95  | 20.4   | 208 | 44.6       | 108 | 23.2       | 30 | 6.4        | 25 | 5.4     |  |
| 河川かんがい   | 247              | 48  | 19.4   | 119 | 48.2       | 52  | 21.1       | 17 | 6.9        | 11 | 4.5     |  |
| 溜池       | 28               | 6   | 21.4   | 14  | 50.0       | 5   | 17.0       | 0  | 0          | 3  | 10.7    |  |
| 湖沼       | 26               | 4   | 15.4   | 14  | 53.8       | 7   | 26.9       | 1  | 3.8        | 0  | 0       |  |
| 天湧水      | 75               | 14  | 18.7   | 28  | 37.3       | 21  | 28.0       | 6  | 8.0        | 6  | 8.0     |  |
| 湧水       | 82               | 18  | 22.0   | 38  | 46.3       | 17  | 20.7       | 7  | 8.5        | 2  | 2.5     |  |
| 計        | 458              | 90  | 19.7   | 213 | 46.5       | 102 | 22.2       | 31 | 6.8        | 22 | 4.8     |  |
| 乾田       | 90               | 13  | 14.4   | 45  | 50.0       | 20  | 22.2       | 9  | 10.0       | 3  | 3.3     |  |
| 半湿田      | 168              | 31  | 18.5   | 82  | 48.8       | 39  | 23.2       | 10 | 6.0        | 6  | 3.6     |  |
| 湿田       | 143              | 36  | 25.2   | 66  | 46.2       | 28  | 19.6       | 8  | 5.6        | 5  | 3.5     |  |
| 計        | 401              | 80  | 20.0   | 193 | 48.1       | 87  | 21.7       | 27 | 6.7        | 14 | 3.5     |  |
| 粗粒質      | 109              | 20  | 18.0   | 45  | 41.3       | 28  | 25.7       | 10 | 9.2        | 6  | 5.5     |  |
| 細粒質      | 341              | 79  | 23.2   | 156 | 45.7       | 71  | 20.8       | 17 | 5.0        | 18 | 5.3     |  |
| 微粒質      | 28               | 6   | 21.4   | 14  | 50.0       | 7   | 25.0       | 1  | 3.5        | 0  | 0       |  |
| 計        | 478              | 105 | 22.0   | 215 | 45.0       | 106 | 22.2       | 28 | 5.8        | 24 | 5.0     |  |
| 早生       | 71               | 10  | 14.1   | 27  | 38.0       | 27  | 38.0       | 3  | 4.2        | 4  | 5.6     |  |
| 中生       | 37               | 10  | 27.0   | 10  | 27.0       | 10  | 27.0       | 4  | 10.8       | 3  | 8.1     |  |
| 晩生       | 341              | 73  | 21.4   | 167 | 49.0       | 71  | 20.8       | 17 | 5.0        | 13 | 3.8     |  |
| 計        | 449              | 93  | 20.7   | 204 | 45.4       | 108 | 24.0       | 24 | 5.4        | 20 | 4.5     |  |
| ごまはがれ病被害 | 22               | 3   | 13.6   | 10  | 45.6       | 7   | 31.8       | 1  | 4.6        | 1  | 4.6     |  |
|          | 254              | 37  | 14.6   | 126 | 49.6       | 62  | 24.4       | 21 | 8.3        | 8  | 3.2     |  |
|          | 149              | 31  | 20.8   | 70  | 47.0       | 33  | 22.1       | 4  | 2.7        | 11 | 7.4     |  |
|          | 37               | 13  | 35.1   | 13  | 35.1       | 9   | 24.3       | 0  | 0          | 2  | 5.4     |  |
| 計        | 462              | 84  | 18.2   | 219 | 47.4       | 111 | 24.0       | 26 | 5.6        | 22 | 4.8     |  |
| 普通田      | 303              | 43  | 14.2   | 138 | 45.5       | 77  | 25.4       | 22 | 7.3        | 23 | 7.6     |  |
| 落田       | 110              | 39  | 35.5   | 47  | 41.4       | 20  | 23.1       | 3  | 2.7        | 1  | 0.9     |  |
| 計        | 413              | 82  | 19.8   | 185 | 44.8       | 97  | 23.5       | 25 | 6.1        | 24 | 5.8     |  |

有率の低い頻後がやや高くなっている。

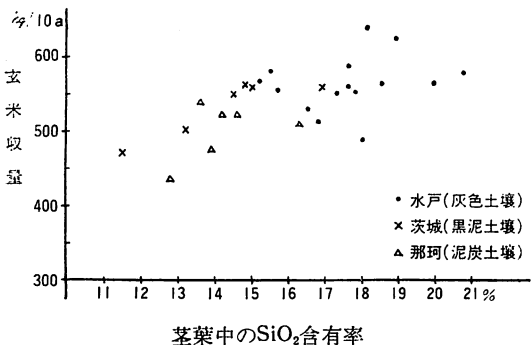
こまはがれ病の被害程度との間には明瞭な差が認められ、被害が多いものほど珪酸含有率は低くなっている。

秋落水田は普通水田に比べて珪酸含有率の低いものが明らかに多い。

### 2) 茎葉中の珪酸含有率と収量<sup>18)</sup>

前項の水稲止葉中の珪酸含有率と収量との関係を見ると、第4図のように珪酸含有率が15%までは濃度に比例して玄米収量の増加が認められるが、15%以上では横ばいの傾向である。また珪酸含有率が15%以上のものでは玄米収量350kg/10a以下のものはほとんどないが、15%以下で350kg/10a以下のものが多い。

同様のことは昭和41年度の試験結果でもみられた。すなわち、第5図でみられるように、水稲の茎葉中の珪酸含量と水稲収量との間には、珪酸含有率15%までは水稲収量（玄米収量）と正の相関があり、15%以下では珪酸資材の施用効果が期待できるようである。しかし、15%以上になると玄米収量との間には正の相関は認めにくいようである。

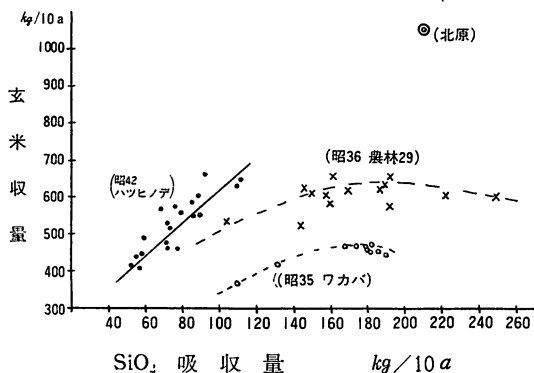


第5図 茎葉の珪酸含有率と収量の関係 (1966)

### 3) 珪酸吸収量と玄米収量<sup>18)19)</sup>

水稲の珪酸吸収量と玄米収量との関係を第6図に示した。昭和35年に結城（灰褐色土壌・二毛作水田）で、ワカバ（晩生種）を供試して行なった試験では、珪酸の吸収量は最高で190kg/10aであるが、珪酸吸収量が160kg以上では収量はほぼ頭打ちとなっている。この場合の玄米100kg生産に要した珪酸は約40kgである。

昭和36年の出島（火山灰土壌新開田）での農林29号（晩生種）を用いた試験では、珪酸の吸収量はいちじるしく多く、実に250kg/10aも吸収しているが、結城での試験と同様に珪酸吸収量が160kg以上では収量の頭打ち



第6図 珪酸吸収量と玄米収量の関係

が認められる。この場合の玄米100kg生産に要した珪酸は約33kgである。

昭和42年のハツヒノデ（早生種）を用いた試験では、珪酸吸収量が100kg/10a前後までは玄米収量は珪酸吸収量に比例して増加している。この場合の玄米100kg当たりの珪酸要求量は約17kgである。

一方、山崎<sup>21)</sup>が分析した北原氏の7石（1050kg）どりの稲では、10a当たり210kgの珪酸を吸収しているが、玄米100kg当たりの珪酸は約20kgであり、きわめて効率的である。

これらのことから、次のことが考えられる。もみ／わら比の大きい早生種は、もみ／わら比の小さい晩生種よりも、玄米生産に要する珪酸は少なくともすむようである。結城と出島の場合には、珪酸は多量に吸収されたが、これが玄米生産増に直接役立っていないようであり、いわばぜいたく吸収ともいえよう。この場合、登熟すなわち茎葉から穂への炭水化物の転流を阻害している要因を除去することが、第一の問題点で、それを除去することによって珪酸の効果もより高まるものと考えられる。

### 4 珪酸資材の施用効果

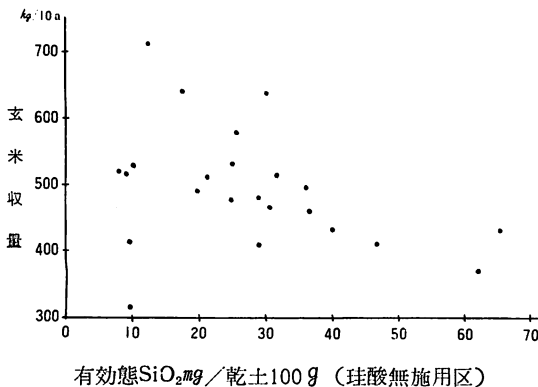
水田で用いられる珪酸含有資材としては、珪酸質肥料としてのスラッグ（鋳滓）、客土材料の山土・ベントナイト・大谷石や堆厩肥など数多くのものである。しかし、水田に対して珪酸補給の意味で多く用いられているものはスラッグが大部分で、珪酸質肥料としての珪酸石灰（珪カル）である。また、最近は熔リンもリン酸肥料としてだけでなく、珪酸や苦土をもった土壌改良資材の一つとして施用されている。

そこで、現在までに珪酸資材として用いられてきた珪

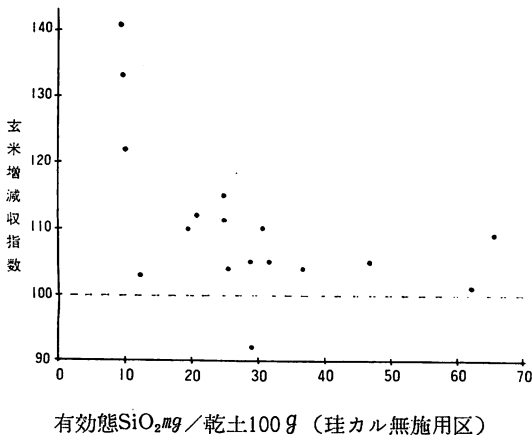
カル施用試験成績を主体にして、その効果について検討する。

1) 土壌中の有効態珪酸と珪カル効果<sup>13)</sup>

土壌中の有効態珪酸含量と玄米収量との関係は第7図に示したとおり、明らかでなく、有効態珪酸が12mg/乾土100gしかなくても玄米700kg以上の収量をあげている場合もある。水稲収量は珪酸が制限因子となるような極度の珪酸欠乏土壌においては、収量は珪酸に支配されるが、それ以外のところでは、珪酸以外の因子も収量決定に関与することを考えれば、上記のことはむしろ当然といえよう。



第7図 土壌中の有効態珪酸と玄米収量との関係 (1967)



第8図 土壌の有効態珪酸含量と珪カル施用による増収比

しかし、第8図に示したように、珪カルの施用による

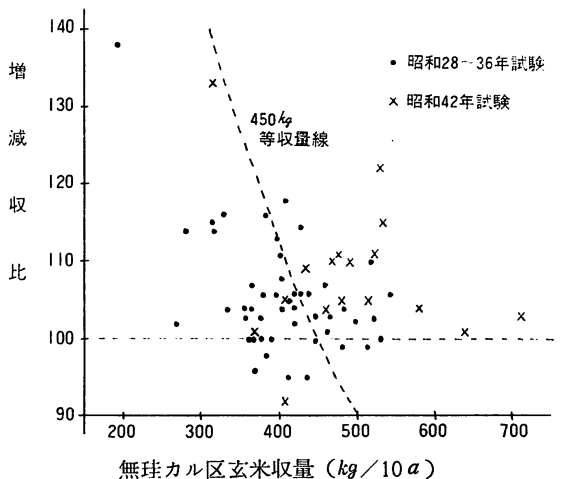
収量の増収比は、土壌中の有効態珪酸含量が少ない場合の方が高い。また、有効態珪酸含量が40~50mgある場合でも珪カル施用の効果は認められており、今泉ら<sup>12)</sup>の報告とかなり異なっている。このことは今泉らが成績をまとめた時代に比べて、水稲の栽培法や品種が変化し、また施肥技術などの向上から収量レベルがいちじるしく高まり、それにつれて水稲の珪酸吸収量がさらに増加したためと考えられる。

2) 土壌型と珪カルの効果<sup>13)20)</sup>

土壌型と珪カルの効果についてみると第4表のとおりである。これによれば泥炭土壌・(黒泥土壌)・黒色土壌および灰色土壌での珪カル施用の効果は大きい、黄褐色土壌では効果が少なく、強グライ・グライ・灰褐色土壌は中間である。

3) 水稲の収量レベルと珪カルの効果<sup>13)20)</sup>

上記の昭和28~36年および42年に実施した試験結果によれば、珪カル無施用区の収量レベルの低いほど珪カル施用(珪カル170~210kg/10a)による増収比が高い。第9図に示したように昭和28~36年度の試験では無珪カル区の玄米収量が450kg以下の場合珪カル施用の効果が大きかったが、昭和42年の試験では無珪カル区の収量が550kg以下で増収効果が大きい。



第9図 珪カル施用の効果

さらに珪カル無施用区の収量が同じレベルの場合、昭和42年の試験は昭和28~36年の場合よりも珪カル施用による増収比が大きい。これは昭和42年の試験では大部分が早生種で早植えであるのに対して、昭和28~36年の試



茨城県農業試験場研究報告 第10号 (1969)

第4表 土 壤 型 と 珪 カ ル の 効 果

(収量kg/10a)

| 土 壤 型       | 試 験 地 名   | 作土土性 | 試 験 年 次 | 標 準 区 | 珪 カ ル 区 |       | 品 種 名   |
|-------------|---|------|---------|-------|---------|-------|---------|
|             |   |      |         | 玄米収量  | 玄米収量    | 収量指数* |         |
| 泥 炭 土 壤     | 勝 田<br>村 松<br>五 合<br>六 郷<br>竜ヶ崎<br>水海道<br>平                             | LiC  | 28~30   | 290   | 331     | 114   | 農 林 29  |
|             |   | CL   | 29~31   | 391   | 415     | 106   | 〃       |
|             |   | SiL  | 29~31   | 381   | 397     | 104   | 〃       |
|             |   | HC   | 30~32   | 405   | 434     | 107   | 〃       |
|             |   | LiC  | 42      | 489   | 539     | 110   | ハツヒノデ   |
|             |   | CL   | 42      | 578   | 600     | 104   | マンリョウ   |
|             |   | 均    |         | 422   | 453     | 107   |         |
| 黒 泥 土 壤     | 下 館   | CL   | 42      | 477   | 528     | 111   | ハツヒノデ   |
| 黒 色 土 壤     | 芳 野<br>鯉 淵<br>筑 波<br>那 珂<br>平   | SiL  | 29~30   | 390   | 441     | 113   | 農 林 29  |
|             |   | L    | 30~32   | 340   | 377     | 111   | 〃       |
|             |   | CL   | 34~36   | 493   | 508     | 103   | 〃       |
|             |   | L    | 42      | 410   | 429     | 105   | ハツヒノデ   |
|             |   | 均    |         | 408   | 439     | 107   |         |
| 強 グ ラ イ 土 壤 | 緒 川<br>岩 井<br>美 浦<br>平  | LiC  | 42      | 514   | 539     | 105   | ホウネンワセ  |
|             |   | CL   | 42      | 370   | 375     | 101   | コシヒカリ   |
|             |   | CL   | 42      | 460   | 480     | 104   | トネワセ    |
|             |   | 均    |         | 448   | 465     | 104   |         |
| グ ラ イ 土 壤   | 山 下<br>中 妻<br>石 崎<br>美 里<br>十 王<br>大 子<br>平                             | CL   | 30      | 363   | 363     | 100   | 農 林 29  |
|             |   | LiC  | 30~32   | 427   | 436     | 102   | 〃       |
|             |   | CL   | 32~34   | 497   | 502     | 101   | 〃       |
|             |   | SiL  | 33~35   | 412   | 425     | 103   | 〃       |
|             |   | L    | 42      | 522   | 585     | 112   | ハツヒノデ   |
|             |   | L    | 42      | 711   | 733     | 103   | 北 陸 76  |
|             |   | 均    |         | 489   | 507     | 104   |         |
| 灰 色 土 壤     | 上 中<br>中 妻<br>明 妻<br>八 野<br>金 千<br>十 砂<br>十 郷<br>山 王<br>高 方<br>東 萩<br>平 | SiL  | 30      | 384   | 446     | 116   | 農 林 29  |
|             |   | CL   | 31~33   | 373   | 381     | 102   | 〃       |
|             |   | SiCL | 34~36   | 455   | 473     | 104   | ワ カ バ   |
|             |   | LiC  | 35~36   | 513   | 534     | 104   | 農 林 29  |
|             |   | LiC  | 42      | 531   | 612     | 115   | 新 光 錦   |
|             |   | SL   | 42      | 431   | 472     | 109   | ハツヒノデ   |
|             |   | SL   | 42      | 466   | 511     | 110   | 〃       |
|             |   | L    | 42      | 314   | 418     | 133   | ホウネンワセ  |
|             |   | L    | 42      | 528   | 645     | 122   | 〃       |
|             |   | L    | 42      | 638   | 665     | 104   | ハツヒノデ   |
|             |   | 均    |         | 463   | 516     | 111   |         |
| 灰 褐 色 土 壤   | 瓜 連<br>佐 野<br>関 城<br>水 戸<br>水 府<br>平                                    | SiL  | 28~30   | 369   | 391     | 106   | 農 林 29  |
|             |   | L    | 29~31   | 411   | 440     | 107   | 〃       |
|             |   | SL   | 35~36   | 424   | 428     | 101   | ワ カ バ   |
|             |   | CL   | 41      | 608   | 631     | 104   | ツ ヒ ノ デ |
|             |   | CL   | 42      | 480   | 504     | 105   | 中生新千本   |
|             |   | 均    |         | 458   | 479     | 104   |         |
| 黄 褐 色 土 壤   | 協 和<br>桂<br>平   | SiCL | 34~36   | 443   | 435     | 99    | ワ カ バ   |
|             |   | CL   | 42      | 408   | 374     | 92    | 秋 晴     |
|             |   | 均    |         | 426   | 405     | 98    |         |

注) \*標準区(無珪カル)を100とした場合の収量比

験は大部分晩生種で、現在よりも田植時期が約半月～1か月遅く、このような栽培法の相異が、珪酸に対する感応度のちがいをもたらしたものと考えられる。

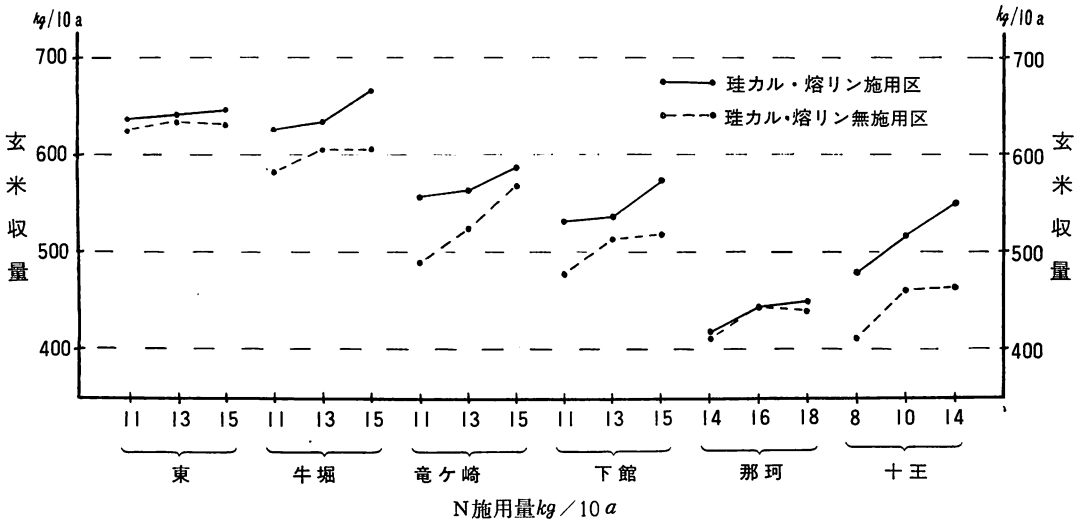
4) 窒素施用量と珪カル<sup>18)</sup>の効果

水稲の収量を高めるためには、窒素肥料を多施する必要のあることは既知の事実であるが、窒素を多施すると、いもち病にかかりやすく、また倒伏などの障害を受

けて、収量増が期待できなくなる。

そこで窒素多施による障害を軽減するために、珪酸の機能の一つとして知られてきた、いもち病と倒伏に対する抵抗性を高めることで、珪カル施用の効果が期待できるとされている。

第10図に窒素施用量と珪カルと熔リン併用の効果について示した。窒素施用量をかえた場合の珪カル熔リン施



第10図 N施用量と珪カル熔リンの効果

用の効果はいずれの場合にも認められるが、窒素施用量と珪カル熔リン施用の間には交互作用がみられない場合もあって、これらの施用によって窒素の適量が上昇することは一概にはいいにくい。しかし、窒素を多施して増収をねらう場合、これらの施用は安全性を高めることによって、さらに窒素の肥効を高めることもできるものと考えられる。

5) 珪カルと熔リンの併用効果<sup>19)</sup>

近年、米作日本一農家の水稲の養分吸収量を調査した結果<sup>21)</sup>、三要素以外の養分も多量に吸収しており、また、これらの養分を何らかの形で十分に供給していることがわかった。

そこでこれらの必要な養分を十分に土壤に与えて、土壤改良を行なった基盤を作り、その上で水稲の増収を図ろうという考えがでてきた。そして土つくりに必要な改良資材として、珪酸資材、熔リンあるいは両者の併用が効果あるとされ、水田へ100kg/10a以上の熔リンの多施用が行なわれるようになっていく。

しかしながら両者の併用効果については必ずしも明らかではないので、効果確認のため昭和42年に試験を行った。

水田に対する珪カルおよび珪カルと熔リンの併用による土壤改良の効果を第5表に示した。珪カルの施用効果はほとんどの土壤で認められており、珪カルと熔リンとの併用効果も二、三の土壤を除いて認められている。しかし、二、三の例外を除いて大部分が20kg/10a以下の増収であり、この程度の増収では、熔リン併用による経済的效果については疑問である。したがって、火山灰新開田のようにリン酸不足の場合や、老朽化水田などの塩基類も欠乏している土壤の改良には珪カルと熔リンの併用効果が期待されるが、その他の土壤では経済的にみて効果は期待されないものと考えられる。

6) 多収穫栽培における珪酸資材の利用<sup>18)</sup>

多収穫をあげるということは、水稲の生育のために必要な養分が多量に土壤から奪取されることであり、窒素・リン酸・カリの三要素については施肥により十分補わ

第5表 珪カルと熔リンの併用効果

| 土 壤 型       | 試験地名       | 玄 米 収 量 $kg/10a$ |      |                   | 熔リン併用による         |       |
|-------------|------------|------------------|------|-------------------|------------------|-------|
|             |            | 標準区              | 珪カル区 | 珪カル<br>熔リン<br>併用区 | 増減収量<br>$kg/10a$ | 増減収比* |
| 泥 炭 土 壤     | 竜ヶ崎<br>水海道 | 489              | 539  | 545               | +6               | 101   |
|             |            | 578              | 600  | 579               | -21              | 98    |
| 黒 泥 土 壤     | 下 館        | 477              | 528  | 531               | +3               | 100   |
| 黒 色 土 壤     | 那 珂        | 410              | 429  | 417               | -12              | 99    |
| 強 グ ラ イ 土 壤 | 岩 井        | 370              | 375  | 394               | +19              | 103   |
| グ ラ イ 土 壤   | 十 王        | 522              | 585  | 637               | +52              | 104   |
| 灰 色 土 壤     | 金 砂 郷      | 531              | 612  | 663               | +51              | 104   |
|             |            | 431              | 472  | 492               | +20              | 102   |
|             | 山 方        | 314              | 418  | 431               | +13              | 102   |
|             |            | 528              | 645  | 658               | +13              | 102   |
|             | 東          | 638              | 665  | 641               | -24              | 98    |
| 灰 褐 色 土 壤   | 水 戸<br>美 和 | 608              | 631  | 625               | -6               | 100   |
|             |            | 413              | 585  | 504               | -81              | 93    |
| 黄 褐 色 土 壤   | 桂          | 408              | 374  | 427               | +53              | 97    |

注) \* 珪カル区を100とした場合

れている。しかし、稲にもっとも多量に吸収されている珪酸についてみると、玄米100kg生産した場合に稲が吸収する珪酸の量は約20kgで、玄米収量600kgをあげるためには約120kgの珪酸が必要となる。

そこで、10アール当たり玄米600kgを越えるような積極的な増収をねらう場合には、それに見合うだけの必要

な養分を不足ないように、しかもバランスが保たれるように施用すべきであろう。このような考えから、水稲の多収穫栽培には珪カル・熔リン・堆厩肥などの珪酸資材の施用が行なわれてきた。

昭和41・42年に県内で地域別の水稲増収要因の解析に関する試験を行なった結果を第6表および第7表に示し

第6表 地域別水稲増収要因の解析 (昭41)

| 要 因     | 項 目              |            |     | 灰色土壌 (水戸) |     |     | 黒泥土壌 (茨城) |     |     | 泥炭土壌 (那珂) |     |   |
|---------|------------------|------------|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|-----|-----------|-----|---|
|         |                  |            |     | わら        | 玄   | 米   | わら        | 玄   | 米   | わら        | 玄   | 米 |
|         | kg               | kg         | 比   | kg        | kg  | 比   | kg        | kg  | 比   |           |     |   |
| 施 肥 N   | 標 肥<br>多 肥       | 100<br>106 | 585 | 548       | 100 | 558 | 561       | 100 | 581 | 530       | 100 |   |
|         |                  |            | 686 | 581       | 106 | 597 | 557       | 99  | 609 | 516       | 97  |   |
| 栽 植 密 度 | 7 3 株<br>9 2 株   | 100<br>101 | 620 | 562       | 100 | 539 | 542       | 100 | 539 | 494       | 100 |   |
|         |                  |            | 651 | 568       | 101 | 582 | 528       | 98  | 560 | 506       | 102 |   |
| 土 壤 改 良 | な し<br>あ り       | 100<br>108 | 611 | 543       | 100 | 526 | 488       | 100 | 459 | 455       | 100 |   |
|         |                  |            | 661 | 586       | 108 | 558 | 561       | 115 | 581 | 530       | 116 |   |
| 耕 深     | 1 2 cm<br>1 8 cm | 100<br>105 | 612 | 552       | 100 | —   | —         | —   | —   | —         | —   |   |
|         |                  |            | 659 | 577       | 105 | —   | —         | —   | —   | —         | —   |   |
| 最 高 収 量 | 標 準<br>最 高 区     | 100<br>131 | 584 | 489       | 100 | 550 | 502       | 100 | 438 | 436       | 100 |   |
|         |                  |            | 726 | 639       | 131 | 600 | 563       | 112 | 581 | 538       | 123 |   |

- 注) (1) 施肥N { 水戸: 標肥8+2, 多肥10+2kg/10a  
茨城, 那珂: 標肥6+2, 多肥8+2kg/10a
- (2) 土壌改良は珪カル200kg, 熔リン100kg/10aを施用
- (3) 供試品種: ハツヒノデ (早生, 短稈, 穂数型)
- (4) 収量は10a当たりkg

第7表 地域別水稻増収要因の解析 (昭42)

| 要 因     |     | 項 目   |     | 灰色土壌 (東) |           |     | グライ土壌 (牛堀) |           |     | 泥炭土壌 (竜ヶ崎) |           |   |
|---------|-----|-------|-----|----------|-----------|-----|------------|-----------|-----|------------|-----------|---|
|         |     |       |     | わら<br>kg | 玄 米<br>kg | 比   | わら<br>kg   | 玄 米<br>kg | 比   | わら<br>kg   | 玄 米<br>kg | 比 |
| 土 壤 改 良 | な し | あ り   | 659 | 631      | 100       | 561 | 600        | 100       | 509 | 526        | 100       |   |
|         |     | あ り   | 679 | 641      | 102       | 577 | 639        | 106       | 517 | 567        | 108       |   |
| 基 肥     | N   | 8 kg  | 668 | 634      | 100       | 576 | 612        | 100       | 497 | 543        | 100       |   |
|         |     | 10 kg | 672 | 638      | 100       | 561 | 627        | 102       | 529 | 550        | 101       |   |
| 実 肥     | N   | 0     | 668 | 634      | 100       | 552 | 611        | 100       | 504 | 523        | 100       |   |
|         |     | 2 kg  | 670 | 638      | 100       | 586 | 628        | 102       | 522 | 571        | 109       |   |
| 最 高 収 量 | 標 準 |       | 666 | 625      | 100       | 543 | 582        | 100       | 446 | 489        | 100       |   |
|         |     | 最 高 区 | 695 | 652      | 102       | 642 | 672        | 108       | 565 | 587        | 110       |   |

| 要 因     |     | 項 目   |     | 黒色土壌 (下館) |           |     | 黒色土壌 (那珂) |           |     | 灰色土壌 (十王) |           |   |
|---------|-----|-------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|---|
|         |     |       |     | わら<br>kg  | 玄 米<br>kg | 比   | わら<br>kg  | 玄 米<br>kg | 比   | わら<br>kg  | 玄 米<br>kg | 比 |
| 土 壤 改 良 | な し | あ り   | 430 | 506       | 100       | 409 | 434       | 100       | 534 | 466       | 100       |   |
|         |     | あ り   | 475 | 545       | 107       | 427 | 438       | 100       | 568 | 511       | 110       |   |
| 基 肥     | N   | 8 kg  | 419 | 510       | 100       | 403 | 420       | 100       | —   | —         | —         |   |
|         |     | 10 kg | 485 | 540       | 106       | 433 | 452       | 108       | —   | —         | —         |   |
| 実 肥     | N   | 0     | 442 | 519       | 100       | 419 | 437       | 100       | 542 | 476       | 100       |   |
|         |     | 2 kg  | 463 | 531       | 102       | 417 | 435       | 100       | 560 | 502       | 105       |   |
| 最 高 収 量 | 標 準 |       | 412 | 477       | 100       | 394 | 410       | 100       | 465 | 411       | 100       |   |
|         |     | 最 高 区 | 543 | 604       | 113       | 473 | 484       | 109       | 630 | 553       | 109       |   |

- 注) (1) 土壌改良は珪カル200kg, 熔リン100kg/10aを施用  
 (2) 各試験地とも減分期追肥としてN3kg/10aづつ施用  
 (3) 供試品種: ハツヒノデ  
 (4) 栽植密度: 各試験地とも73株/3.3m<sup>2</sup>  
 (5) 収量は10a当たりkg

た。

昭和41年の試験結果では、各試験地とも窒素施肥量の増、密植あるいは深耕のいずれの要因よりも珪カルおよび熔リンの多施用による土壌改良が、水稻増収に対してもっとも効果が高くなっている。水戸試験地では多肥と深耕の効果も認められている。

昭和42年の試験結果では、東および那珂試験地を除いては土壌改良の効果が高く、基肥窒素多施の効果は下館と那珂で認められ、また、実肥の効果は竜ヶ崎で認められた。

玄米収量が600kg/10a前後までは珪カル施用による効果が高くでているが、それ以上の増収を旨とする場合には、栽培法の改善(追肥の方法など)や十分な水管理のともなった土壌改良が必要であろうと考えられる。

### 総 合 論 議

水稻は多量の珪酸を吸収しているが、いまだに水稻体内における珪素の栄養生理的な機作については十分に説明されていない。しかし、多収穫の稲では珪酸の吸収量はきわめて多く、水稻体内の珪酸含量と玄米収量との間には相関が認められており、積極的な珪酸の吸収増加が玄米収量増と結びついている。このことから、珪素は植物の生育に対して必須元素であるとは、まだ断定し難い点も多いが、水稻の生育に対しては必要な元素であるといえよう。

水稻は珪酸が不足していても、とくに目立った欠乏症状をあらわすことはない。したがって珪酸欠乏または不足の判定としては、水稻体中の珪酸を分析する方法と水

稲生育環境の調査の二つの方法しかない。

そこで、今泉ら<sup>12)</sup>が提案している珪酸石灰の要否判定基準をもとにして、前述の多くの珪酸資材施用に関するデータを検討する。

まず、土壤中の有効態珪酸含量についてみると、県内の代表的な水田地帯である利根川下流地域をはじめ、石岡・小川・鉾田・岩井・猿島地域における調査土壤の大部分は、有効態珪酸含量が20mg/乾土100g以上で、15mg以下の土壤は約30%しかなく、今泉らの提案している珪カル施用の効果が期待されるという基準に入るものは少ない。しかし、県内で行なった珪カル施用試験では土壤中の有効態珪酸含量が30mg/乾土100g以上の土壤でも、珪カル施用の効果が認められている場合もあり、とくに30mg以下の場合には珪カル施用の効果が顕著に出ている。また、収量の面からみると土壤中の有効態珪酸含量が12mg/乾土100g位でも700kg/10a以上の玄米収量をあげている場合もあり、土壤中の有効態珪酸含量が少ないからといって、必ずしも玄米収量が低いとは限らないが、珪カル施用による玄米収量の増収比は土壤中の有効態珪酸含量が少ない場合の方が高くなっている。

以上のことから、茨城県での土壤中の有効態珪酸含量からみた珪カル施用の要否判定基準としては、30mg/乾土100gを目安としてよいものと考えられる。

つぎに、水稻茎葉中の珪酸含有率からみた珪カル施用の要否判定基準について検討してみると、水稻の茎葉中の珪酸含量と玄米収量との間には、年次による多少の差はあるが、相関が認められている。すなわち、わら中の珪酸含有率が15%までは、わら中の珪酸含量の増加ともなって玄米収量も増えている。このことから、わら中の珪酸含有率からみた珪カル施用の要否判定基準としては、15%を目安としてよいものと考えられる。

水稻が正常に生育するために水田から収奪される珪酸の量は多く、今までの多収穫水稻の分析成績から玄米収量100kg当たりの水稻全体が吸収した珪酸の量は約20kgである。そこで10アール当たり600kgの玄米収量をあげた場合には、10アールの水田から約120kgの珪酸が収奪されることになる。

これを供給の面からみると、年間のかんがい用水量を10アール当たり約1,400tとして、茨城県大中河川平均水質SiO<sub>2</sub>含量22.4ppmから、かんがい水から供給される量は10アール当たり約31kgである。また、県内の土壤中の有効態珪酸含量の平均値は乾土100g当たり20mgで、これを10アール当たり換算すると約24kgである。したがって土壤とかんがい水からの供給量は約55kgとなる。

前述の水稻の珪酸含量120kgに対して、供給量は55kgであり、その差は65kgとなり、少なくともその分は何らかの形で補給しなければならない。

もちろん、土壤中の有効態珪酸の測定法にも問題があり、また、かんがい水中の珪酸の利用率にも問題があるので、上述の算出方法が妥当なものであるとは限らないが、ともかく、多量の珪酸を補給する必要があると考えられる。

次に珪酸の補給については一つは堆厩肥や生わら施用による方法があり、生わら500kg(堆肥として1t)を施用した場合約50kgの珪酸が補給される。さらに珪酸資材としての珪カル施用の方法もあり、100kgの珪カル施用によって約25kgの珪酸が補給される。したがって、珪酸の補給には生わらや堆厩肥と珪カルを併用または交互施用するのが適当と考えられる。

近年、水稻の栽培は、品種、作期、施肥法等が変化してきており、晩生種の晩植栽培から、早生種の早植栽培になり、玄米生産に要する珪酸の量もやや少なくなっている。これは晩生種よりも早生種の方がみ/わら比が小さいということも一つの要因と考えられる。また、栽培法の変化によって、今までは無珪カル区の収量が450kg/10a以下の場合に効果が認められていた珪カル施用についても、早植えになったことで、550kgまたはそれ以上でも効果が認められるというように、水稻の珪酸に対する感応度も変わってきているものと考えられる。

水稻生育において珪酸の大半は生育後期に吸収される<sup>13)</sup>が、珪酸の吸収を阻害する硫化水素や酪酸<sup>22)</sup>の発生が水稻生育後期における土壤の強還元起因すると思われるので、この土壤の強還元が問題となってくる。また、これらの物質は水稻根に対しても障害を及ぼし、カリウムやリン酸の吸収も阻害することが知られている<sup>22)</sup>。

そこで、水稻の安全多収をはかるためには十分な珪酸資材の施用も必要であるが、珪酸の吸収を阻害する要因を除去することが第一で、それには間断かんがい、地下水位の低下等の積極的な水管理で根の健全化をはかる必要がある。それと同時に合理的な施肥改善が行なわれてこそ珪酸資材施用の意義も発揮できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) 大川金作：珪酸の植物に対する生理的機能に関する研究 土肥誌, 10, 95 (1936)
- 2) 岡本嘉・他 珪酸欠乏水稻の生育について 山梨大

茨城県における水田土壌の珪酸供給力および水稲に対する珪酸の施用効果に関する研究

- 学芸学部研究報告, 7号, 177~180 (1956)
- 3) SOMMER, A.L.: Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for plant growth. *Univ. Calif. pub. Agr. Sci.*, 5, 57~81 (1926)
- 4) WAGNER, F.: Die Bedeutung der kieselsäure für das Wachstum einiger Kultur Pflanzen, ihre Nährstoffhaushalt und ihre Anfälligkeit gegen echte Mehlaupilze. *Phytopath. Z.*, 12, 427~479 (1940)
- 5) 三井進午・高遠宏: 禾本科作物に対する珪素の栄養学的意義  
(第1報) 水稲の無珪酸栽培とその症状 土肥誌, 30, 535~539 (1959)  
(第2報) 放射化学的方法による珪素栄養に関する研究 土肥誌, 32, 338~341 (1961)  
(第3報) 水稲のケイ素吸収に対する各種代謝阻害剤の影響 土肥誌, 33, 449~452 (1962)
- 6) 奥田東・高橋英一: 作物に対するケイ酸の栄養生理的役割について  
(第1報) ケイ酸欠除栽培方法の検討 土肥誌, 32, 475~480 (1961)  
(第2報) ケイ酸欠除時期が水稲の生育ならびに養分吸収におよぼす影響 土肥誌, 32, 481~488 (1961)  
(第3報) ケイ酸の供給量が水稲の生育ならびに養分吸収におよぼす影響 土肥誌, 32, 533~537 (1961)  
(第9報) 水稲のケイ酸吸収に対する代謝阻害剤の影響 土肥誌, 33, 453~455 (1962)
- 7) 吉田昌一: 水稲体内におけるケイ素の存在様式と生理的意義に関する研究 農技研報告, B 15, 1~58 (1965)
- 8) 塩入松三郎: 水田の土壌化学 施肥改善奨励資料, 特第5輯, 大日本農会 (1943)
- 9) 太田道雄: 鉍滓の肥料学的利用に関する研究 風間書房, 東京 (1964)
- 10) 小幡宗平・他: 水稲に対する珪酸・珪酸石灰の効果およびその施用方法に関する試験 富山農試報告, 7集 (1955), 10集 (1959)
- 11) 茨城農試: 昭和39年度~昭和42年度 地力保全基本調査成績書 (1965~1968)
- 12) 今泉吉郎・吉田昌一: 水田土壌の珪酸供給力に関する研究 農技研報告, B 8, 261~304 (1958)
- 13) 茨城農試: 昭和42年度 低位生産地調査事業, 特殊調査および改良対策試験成績書 (1968)
- 14) 茨城農試: 昭和28年度~昭和36年度 施肥改善事業の調査研究成績書, 灌漑水調査の部 (1953~1962)
- 15) 小林純: 日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究 農学研究, 48 (2), 63~106 (1960)
- 16) 小林純: 関東地方河川水質報告書 (昭和28年度, 総合開発調査, 利根川特定区域)
- 17) 茨城農試: 昭和30年度 低位生産地調査事業, 特殊調査成績書, 水稲珪酸含量に関する調査 (1966)
- 18) 茨城農試: 昭和41年度, 昭和42年度 土壌肥料試験成績書 (1967, 1968)
- 19) 茨城農試: 昭和35年度, 昭和36年度 土壌肥料試験成績書 (1961, 1962)
- 20) 茨城農試: 昭和28年度~昭和36年度 施肥改善事業の調査研究成績書, 施肥標準試験の部 (1954~1962)
- 21) 山崎伝: 肥料増施による水稲多収の可能性 全購連 (1966)
- 22) 三井進午・熊沢喜久雄・石原達夫: 作物の養分吸収に関する動的研究  
(第7報) 水稲根の養分吸収に及ぼす  $H_2S$ ,  $NaCN$ ,  $NaN_3$  等呼吸酵素阻害物質並びに酪酸の影響について 土肥誌, 24, 45~50 (1953)