

## 強粘質水田土壌の物理・化学的特性 と生産力向上に関する研究

### Ⅳ 排水性の向上が水稻の初期生育に及ぼす影響\*

前田 要\*\* 南 松雄\*\*\*

Studies on Physical and Chemical Properties and Improvement  
of Soil Productivities in Heavy Clayey Paddy Fields

Ⅳ. Effect of acceleration of surface soil drying on  
initial growth of rice plants in heavy clayey paddy fields

Kaname MAEDA and Matsuo MINAMI

強粘質で透水性不良なグライ低地土において乾田化と湛水後の土壌環境の変化および水稻の初期生育との関係について、透水性良好な褐色低地土と対比して検討した。

グライ低地土は褐色低地土に比べると水稻の初期生育が明らかに劣り、とくにその傾向は稲わらなど未分解な粗大有機物を施用した場合に一層顕著であった。初期生育不良なグライ低地土では生育前半の水田地温が褐色低地土より低く推移し、しかも層位間の地温較差の大きい特徴がみられた。また、植代後の作土層10cm内に残存する粗大有機物量は褐色低地土に比べグライ低地土の方がはるかに多く、かつ移植時の土壌還元状態も後者で著しかった。しかし、グライ低地土の場合でも籾殻暗渠などの施工によって水田表層土の乾燥化が促進されれば湛水後の土壌還元化が著しく緩和され、稲わら施用の場合の水稻の初期生育量は乾田の性格をもつ褐色低地土同様にむしろ無施用を上廻る傾向さえみられた。

### I 結 言

筆者らは、先に強粘質を呈する透水性不良田を対象に水稻の生産性向上を図るうえでの土壌的な制限要因の摘出とその対策について検討した結果、土壌の乾燥化対策としては籾殻埋めもどし土管暗渠、籾殻挿入心土破碎などの農業土木的な排水法改善処理と、中干しおよび適期落水（出穂期から出穂7日後）を組入れた栽培技術的な水管理法の導入が有効であることを明らかにした。さら

に、前報<sup>1)</sup>ではこれら土壌乾燥化技術が水稻の生育促進、登熟性の向上ならびに玄米の安定生産の面からみてもきわめて効果の大きいことを報告した。

従来から、透水不良な湿田における水稻の生育パターンは初期生育の不良と生育遅延による登熟性の悪化によって特徴づけられているが、収穫作業の機械化に伴って排出される稲わらの直接圃場への還元は一層その傾向を助長している。とくに、春先の耕起時における圃場状態が軟弱なグライ低地土では稲わらの散布処理によって地表面水排除機能の低下、異常還元に伴う水稻の養分吸収阻害ならびに生育遅延に起因する米質低下もみられるなど、水稻生産の安定化及び水田における生産有機物の積極的利用面でも大きな障害となっている。

以上のことから、透水不良な湿田において生産

1980年6月16日受理

\* 本報告の一部は、日本土壤肥料学会(1979年7月)で発表した。

\*\* 北海道立上川農業試験場, 078-02 旭川市氷山

\*\*\* 北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

有機物を積極的に活用した栽培体系を確立するためには水稻の初期生育不振および生育遅延に関与する土壌的な欠陥要因を明らかにするとともに、その改良法を確立する必要があるものとする。

本報告では、とくに強粘質なグライ低地土における湿田の乾田化過程と水稻の初期生育の関係について透水良好な褐色低地土と対比して検討した結果について報告する。

本報告は北海道立上川農業試験場長長内俊一氏、北海道立中央農業試験場化学部長奥村純一氏にご校閲をいただいた。また、北海道立上川農業試験場土壌肥料科長岩淵晴郎氏、同場専門技術員小林荘司氏には有益な助言と御指導をたまわった。筆者らは以上の各位に厚く謝意を表す。

## II 試験方法

### 1. 供試水田の特徴

供試圃場の土壌断面形態および物理性、化学性の特徴を図1および表1、表2に示した。

グライ低地土：上川郡鷹栖町14線17号、農家圃

場。本圃場は1969年秋に圃場整備を施工後、収穫作業に一貫して普通型コンバインを導入しているため、土壌の透水性が著しく不良となり地表水の排除機能はきわめて劣る。

土壌断面形態をみると、各層位とも粘性が強く、15cm以下はグライ層となっており、77cmには湧水面がみられる。日減水深は10mm以下で、縦への水の動きはほとんどみられない。その基本的な土壌類型は施肥改善方式では強グライ土壌・強粘土構造型、北海道の農牧地土壌分類2次案ではグライ低地土に相当する。

褐色低地土；旭川市永山6条18丁目、上川農試圃場。本土壌の表層には凝灰質を母材とする黒色の土壌が20cm近く堆積している。また、下層では砂礫層が浅く出現するため、透水性はすこぶる良好（日減水深20～30mm程度）である。基本土壌類型は施肥改善方式では黄褐色土壌・壤土満俺型、北海道の農牧地土壌分類2次案では暗色表層褐色低地土に相当する。

表1 土 壌 の 化 学 性

| 土 壌            | 層 序               | 層 厚<br>(cm) | 全炭素<br>(%) | 全窒素<br>(%) | 腐 植<br>(%) | NH <sub>4</sub> -N*<br>生成量<br>(mg) | CEC<br>(me) | 磷酸吸<br>収係数 | 遊離酸<br>化 鉄<br>(%) |
|----------------|-------------------|-------------|------------|------------|------------|------------------------------------|-------------|------------|-------------------|
| グ ラ イ<br>低 地 土 | Apg               | 0-15        | 3.26       | 0.25       | 5.62       | 17.55                              | 24.4        | 1,120      | 1.20              |
|                | A <sub>12</sub> G | 15-33       | 3.63       | 0.28       | 6.26       | 21.50                              | 23.8        | 1,084      | 1.48              |
|                | BG                | 33-         | 3.42       | 0.27       | 5.89       | 20.22                              | 23.8        | 863        | 1.58              |
| 褐 色<br>低 地 土   | Apg               | 0-12        | 6.46       | 0.49       | 11.9       | 10.03                              | 27.4        | 1,820      | 1.14              |
|                | A <sub>12</sub> g | 12-19       | 6.62       | 0.43       | 9.7        | 5.78                               | 28.8        | 1,742      | 1.32              |
|                | B                 | 19-         | 1.28       | 0.11       | 2.2        | 1.38                               | 18.2        | 1,870      | 1.03              |

注) NH<sub>4</sub>-N生成量\*：風乾細土，30℃で28日間の静置培養

表2 土 壌 の 物 理 ・ 工 学 性

| 土 壌            | 層 序               | 粒 径 組 成 (%) |      |      |      | 土 性 | アッターベルグ常数* |            |            | 収 縮<br>限 界* | 飽和透水係数<br>(K <sub>20</sub> , cm/sec) |
|----------------|-------------------|-------------|------|------|------|-----|------------|------------|------------|-------------|--------------------------------------|
|                |                   | 粗 砂         | 細 砂  | シルト  | 粘 土  |     | 液 性<br>限 界 | 塑 性<br>限 界 | 塑 性<br>指 数 |             |                                      |
| グ ラ イ<br>低 地 土 | Apg               | 0.2         | 13.7 | 37.0 | 48.2 | HC  | 62.2%      | 38.7%      | 23.5       | 23.5%       | 7.04×10 <sup>-6</sup>                |
|                | A <sub>12</sub> G | 0.2         | 14.5 | 38.9 | 46.4 | HC  | 59.2       | 39.0       | 20.2       | 23.2        | 2.47×10 <sup>-6</sup>                |
|                | BG                | 0.2         | 31.1 | 36.6 | 32.1 | LiC | 49.0       | 32.5       | 16.5       | 21.8        | 3.40×10 <sup>-5</sup>                |
| 褐 色<br>低 地 土   | Apg               | 9.4         | 41.2 | 26.1 | 23.3 | CL  | 59.2       | 44.3       | 14.9       | 38.4        | 2.14×10 <sup>-4</sup>                |
|                | A <sub>12</sub> g | 6.8         | 43.8 | 26.6 | 22.8 | CL  | 54.9       | 39.6       | 15.3       | 36.6        | 2.43×10 <sup>-5</sup>                |
|                | B                 | 1.9         | 47.9 | 32.4 | 17.8 | CL  | —          | —          | —          | —           | —                                    |

注) アッターベルグ常数\*，収縮限界\*：2mm篩別風乾細土の値

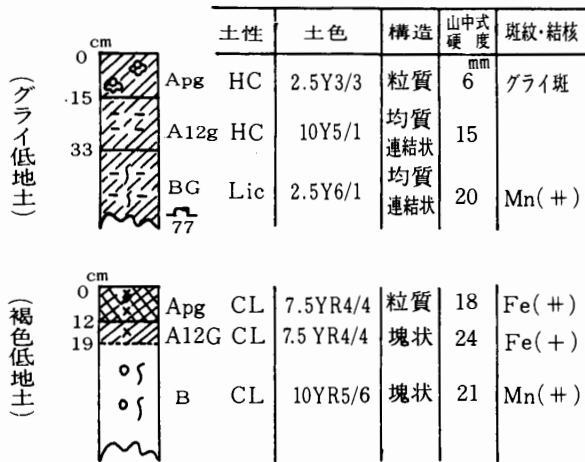


図1 土壌断面形態

つぎに、土壌の物理・工学的な特徴をみるとグライ低地土は褐色低地土に比べ土壌粒径組成中に占める粘土割合が高く、飽和透水係数も $10^{-5} \sim 10^{-6}$ オーダーで明らかに小さい。また褐色低地土に比べ塑性指数が大きく、かつ収縮限界が小さいことなどから耕起・碎土など易耕性の面で劣る様子が充分うかがえる。

一方、土壌の化学性の面をみるとグライ低地土は各層位とも遊離酸化鉄含量が高く、かつ乾土のアンモニア態窒素生成量が著しく多い。また、褐色低地土は火山灰に由来しているため磷酸吸収係数が大きい特徴がみられる。

2. 試験処理内容

本田における土壌環境の相違と水稻の初期生育の関係を見るため、両圃場に表3のような処理区を設けた。

処理内容は両圃場とも共通的に耕深処理として普通耕(12cm)および深耕(18cm)を、また有機物処理としては無施用、堆肥および稲わら施用の3処理である。また、グライ低地土の稲わら施用系列に排水法改善処理として籾殻暗渠区も設置した。

なお、この試験は1975年より1979年までの5年にわたって実施したものであり、施肥量ならびに耕種概要など詳細な内容については表3(その1, その2)に示したとおりである。

(その1)

表3 試験処理の内容

| 土壌および試験場所          | 試験年次      | 耕深処理*                     | 排水法改善処理            | 有機物処理 (kg/a)            | 共通施肥量 (kg/a)  |
|--------------------|-----------|---------------------------|--------------------|-------------------------|---|
| グライ低地土<br>(上川郡鷹栖町) | 1975~1979 | 普通耕... 12cm<br>深耕... 18cm | 土管暗渠(対照)<br>籾殻暗渠** | 無施用<br>堆肥 100<br>稲わら 50 | N 0.64~0.80<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.84~1.00<br>K <sub>2</sub> O 0.60~0.75<br>珪カル 6.0 |
| 褐色低地土<br>(旭川市氷山)   | 1975~1979 | 普通耕... 12cm<br>深耕... 18cm | —                  | 無施用<br>堆肥 100<br>稲わら 50 | N 0.80~1.00<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.80~1.00<br>K <sub>2</sub> O 0.60~0.75            |

注) 耕深処理\* : トラクターによるロータリー耕  
籾殻暗渠\*\* : 1975年春施工, また同年秋に浅暗渠(40cm)も併設

(その2)

| 土壌     | 供試品種 | 栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )                            | 移植期 (月・日) | 幼形期 (月・日) | 出穂期 (月・日) | 成熟期 (月・日) |
|--------|------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
| グライ低地土 | イシカリ | 1975~1976 :<br>手植, 19.8<br>1977~1979 :<br>機械植, 25.3 | 5・26~6・1  | 7・7~7・15  | 7・28~8・9  | 9・19~10・3 |
| 褐色低地土  | イシカリ | 1975:手植, 22.2<br>1976~1979 :<br>機械植, 27.8           | 5・16~5・23 | 6・30~7・8  | 7・25~8・1  | 9・11~9・21 |

### III 試験結果

#### 1. 土壌の種類ならびに排水性向上と 水稻の初期生育の関係

水稻の初期生育を規制する要因としては気象条件、土壌条件、栽培条件など種々の要因があるが、ここでは圃場条件、とくに圃場の乾燥化に伴う土壌理化学性の変化と水稻の初期生育との関係についてのべる。

透水不良なグライ低地土と良好な褐色低地土において5ヶ年の年次別水稻の初期生育について検討した結果を表4に、また分けつ期および幼形期における茎数の5ヶ年平均値を図2に示した。

まず、幼形期における草丈、茎数の年次別推移を両土壌で対比してみると、草丈では判然としな

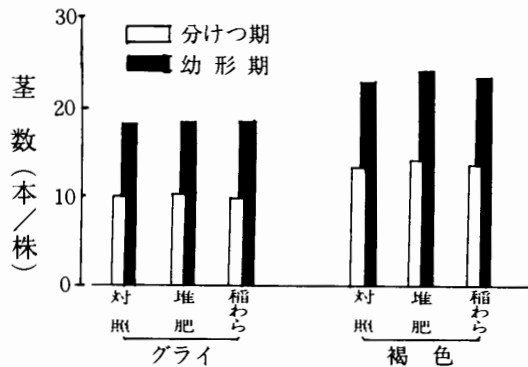


図2 茎数の比較 (5ヶ年平均値)

いが、茎数は各年次ともグライ低地土より褐色低地土の方が勝っており、かつ図2から明らかなように分けつ期から幼形期にかけての茎数増加量も前者に比べ後者の方がはるかに大きい。また有機物施用の影響をみると、透水性の良好な褐色低地土では堆肥および稲わら施用による初期生育の抑制はまったくみられないのに対し、圃場条件がきわめて軟弱であった1975、1976両年のグライ低地土では対照（無施用）に比べ稲わら施用の方が草丈、茎数とも著しく劣っており、明らかに初期生育が抑制されている。しかしながら、圃場の乾燥化が進行した1977年以降ではグライ低地土の場合でも稲わら施用による生育の抑制はほとんど認められず、とくに籾殻暗渠を施工した区では逆に対照区を凌駕する内容を示している。なお、グライ低地土において稲わらを施用した場合には普通耕よりも深耕の方が初期生育が良好であった。

つぎに、幼形期における乾物重および稲体吸収N量の年次別推移をみると(表5)、グライ低地土では前述のように1975および1976の両年は明らかに稲わら施用によって幼形期の乾物重および稲体吸収N量が無施用に比べると著しく劣っているが、1977年以降では無施用と同等かむしろ逆に勝っている。

さらに図3からうかがわれるように、1977年では生育全期間にわたる稲体吸収N量は無施用とほ

表4 草丈および茎数の年次別推移

| 土 壤            | 年 次<br>処 理 |             | 幼 穂 形 成 期 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------------|-------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                |            |             | 1975      |      | 1976 |      | 1977 |      | 1978 |      | 1979 |      |
|                |            |             | 草丈        | 茎数   | 草丈   | 茎数   | 草丈   | 茎数   | 草丈   | 茎数   | 草丈   | 茎数   |
| グ ラ イ<br>低 地 土 | 普通耕        | 対 照 区       | 48.9      | 18.9 | 43.8 | 18.3 | 53.5 | 19.9 | 48.9 | 16.7 | 38.2 | 17.1 |
|                |            | 堆 肥 区       | 46.3      | 20.5 | 41.5 | 16.2 | 49.0 | 18.8 | 49.6 | 19.7 | 37.1 | 16.2 |
|                |            | 稲わら { 対 照 区 | 40.3      | 15.9 | 37.7 | 12.5 | 52.6 | 21.5 | 47.7 | 21.0 | 38.6 | 20.7 |
|                |            | 秋散布 { 籾殻暗渠区 | 43.8      | 16.9 | 40.5 | 13.0 | 52.4 | 23.0 | 46.9 | 21.5 | 39.5 | 20.3 |
|                | 深 耕        | 対 照 区       | —         | —    | 41.7 | 17.5 | 51.7 | 20.3 | 51.5 | 16.9 | 37.0 | 15.3 |
|                |            | 稲わら秋散布区     | —         | —    | 39.8 | 14.3 | 47.3 | 14.8 | 50.1 | 24.7 | 39.9 | 19.0 |
| 褐 色<br>低 地 土   | 普通耕        | 対 照 区       | 42.8      | 17.6 | 42.7 | 24.8 | 53.9 | 28.9 | 50.1 | 24.6 | 42.1 | 21.7 |
|                |            | 堆 肥 区       | 46.1      | 16.7 | 44.1 | 28.0 | 53.1 | 26.9 | 50.4 | 28.4 | 41.7 | 20.4 |
|                |            | 稲わら秋散布区     | 41.7      | 15.4 | 44.3 | 29.2 | 56.2 | 27.8 | 49.2 | 23.7 | 41.3 | 21.5 |
|                | 深 耕        | 対 照 区       | 44.8      | 16.8 | 42.7 | 23.4 | 53.8 | 27.5 | 52.1 | 26.3 | 44.0 | 19.0 |
|                |            | 稲わら秋散布区     | 46.4      | 18.4 | 43.5 | 25.7 | 54.4 | 30.1 | 48.7 | 23.7 | 42.3 | 19.0 |

注) 草丈cm, 茎数 本/株

表5 幼形期における乾物重および稲体吸収N量の年次別推移

| 土 壤        | 年 次        |       | 乾 物 重 (g/m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       | 平均*   | 同 比 (%) | 稲 体 吸 収 N 量 (g/m <sup>2</sup> ) |      |      |      |      | 平均*  | 同 比 (%) |
|------------|------------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------------------------------|------|------|------|------|------|---------|
|            |            |       | 1975                      | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  |       |         | 1975                            | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |      |         |
| グライ<br>低地土 | 普通<br>耕    | 対 照 区 | 157.8                     | 94.1  | 216.3 | 126.3 | 68.3  | 126.0 | 100     | 4.07                            | 3.69 | 8.00 | 4.70 | 2.12 | 4.63 | 100     |
|            |            | 堆 肥 区 | 140.6                     | 80.2  | 203.7 | 166.1 | 86.0  | 134.0 | 106     | 3.22                            | 2.64 | 7.56 | 6.89 | 2.49 | 4.90 | 106     |
|            | 稲わら<br>秋散布 | 対 照 区 | 68.6                      | 68.3  | 203.7 | 157.6 | 70.0  | 125.0 | 99      | 1.87                            | 2.72 | 7.35 | 5.86 | 1.81 | 4.44 | 96      |
|            |            | 籾殻暗渠区 | 101.9                     | 85.4  | 193.6 | 170.4 | 95.3  | 136.0 | 108     | 2.87                            | 2.82 | 6.72 | 6.73 | 2.67 | 4.74 | 102     |
| 深<br>耕     | 対 照 区      | —     | 88.1                      | 174.6 | 168.6 | 84.3  | 128.9 | 102   | —       | 3.32                            | 6.79 | 7.03 | 2.51 | 4.91 | 106  |         |
|            | 稲わら秋散布区    | —     | 73.3                      | 186.0 | 194.9 | 85.2  | 144.0 | 114   | —       | 3.07                            | 6.51 | 8.48 | 2.05 | 5.03 | 109  |         |
| 褐色<br>低地土  | 普通<br>耕    | 対 照 区 | 80.7                      | 239.1 | 158.1 | 131.6 | 97.0  | 141.3 | 100     | 2.60                            | 7.27 | 4.89 | 5.29 | 2.78 | 4.57 | 100     |
|            |            | 堆 肥 区 | 103.6                     | 283.6 | 154.4 | 164.0 | 97.3  | 160.6 | 114     | 3.32                            | 8.56 | 5.19 | 6.23 | 2.92 | 5.24 | 115     |
|            | 稲わら秋散布区    |       | 72.5                      | 282.2 | 198.7 | 186.2 | 99.2  | 167.8 | 119     | 2.51                            | 8.89 | 6.97 | 6.48 | 2.85 | 5.54 | 121     |
|            | 深<br>耕     | 対 照 区 | 71.0                      | 218.2 | 142.3 | 137.3 | 94.5  | 132.7 | 94      | 2.36                            | 6.18 | 4.28 | 4.78 | 3.11 | 4.14 | 91      |
| 稲わら秋散布区    |            | 84.4  | 240.5                     | 168.3 | 127.9 | 87.8  | 141.8 | 100   | 2.89    | 7.82                            | 5.22 | 4.45 | 2.70 | 4.62 | 101  |         |

注) 平均\*: グライ低地土……1976~1979年の4ヶ年平均値  
褐色低地土……1975~1979年の5ヶ年平均値

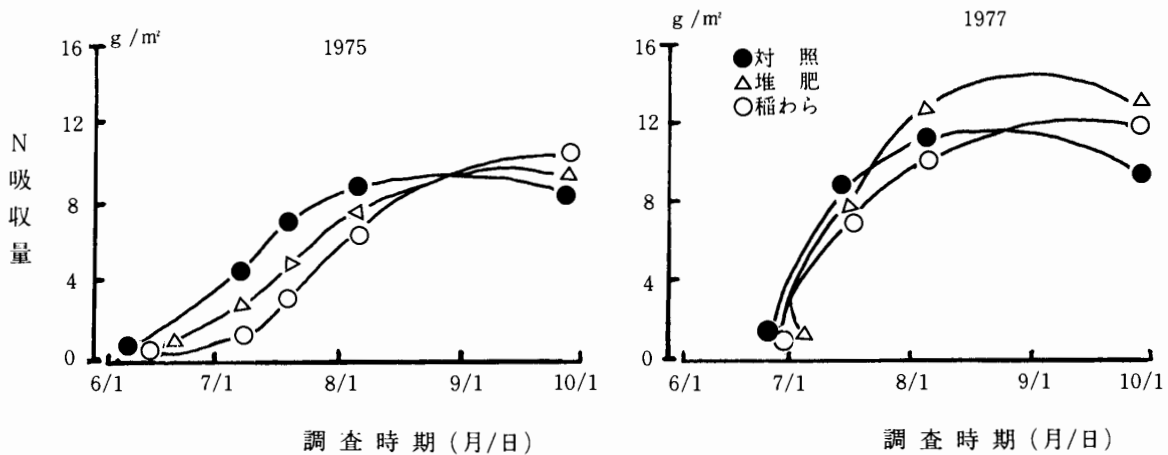


図3 稲体吸収N量の時期別推移 (グライ低地土)

ば同様なパターンをたどっている点が注目される。また同じ稲わらを施用したのもでも籾殻暗渠および深耕処理を併用した場合には稲わら単独施用に比べほぼ各年次とも水稻の乾物重およびN吸収量が明らかに勝っている。

なお、非かんがい期における土壌乾燥の良好な褐色低地土では各年次とも堆肥区および稲わら施用区が対照区を上廻る乾物重、N吸収量を示した。

以上の結果から圃場条件の軟弱なグライ低地土は表層土の乾燥が良好な褐色低地土に比べ水稻の初期生育が著しく劣り、しかも稲わらなど未分解な粗大有機物の施用によってその傾向が一層助長されるが、籾殻暗渠などによって水田表層土の乾

燥化を図ればそのマイナス面もかなり消去されることを示唆している。

## 2. 水稻の初期生育を規制する土壌的要因

水稻の初期生育を支配する土壌的要因として地温、土壌養分および有害物質などの影響が考えられるが、ここでは前述の水稻生育経過に基づき、両土壌環境の比較、またグライ低地土においては湿田の乾田化に伴う土壌理化学性の変化を水稻の初期生育と関連づけて検討する。

表6には1975、1976両年の水田積算地温の月別推移を、また植代後の作土層(0~10cm)に分布する粗大有機物量を図4に示した。

まず、6月上旬から7月下旬までの水田地温の

表6 水田積算地温の月旬別推移

(°C)

| 年次および場所 | 測定位置<br>(cm) | 6 月 |     |     | 7 月 |     |     | 計   |       |
|---------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|         |              | 上旬  | 中旬  | 下旬  | 上旬  | 中旬  | 下旬  |     |       |
| 1975    | 永山           | 5   | 177 | 175 | 179 | 181 | 199 | 236 | 1,147 |
|         |              | 10  | 166 | 172 | 184 | 183 | 196 | 236 | 1,137 |
|         | 鷹栖           | 5   | 166 | 172 | 199 | 206 | 223 | 260 | 1,226 |
|         |              | 10  | 145 | 156 | 172 | 179 | 191 | 230 | 1,073 |
| 1976    | 永山           | 5   | 203 | 156 | 210 | 206 | 207 | 254 | 1,236 |
|         |              | 10  | 171 | 157 | 192 | 204 | 206 | 254 | 1,184 |
|         | 鷹栖           | 5   | 165 | 149 | 182 | 194 | 208 | 263 | 1,161 |
|         |              | 10  | 161 | 145 | 181 | 201 | 212 | 264 | 1,164 |

注) ○測定時間：午前9時～10時(自記地温計による)  
○鷹栖試験地の場合、1975年は稲わら施用区で、  
また1976年は対照区で測定した。

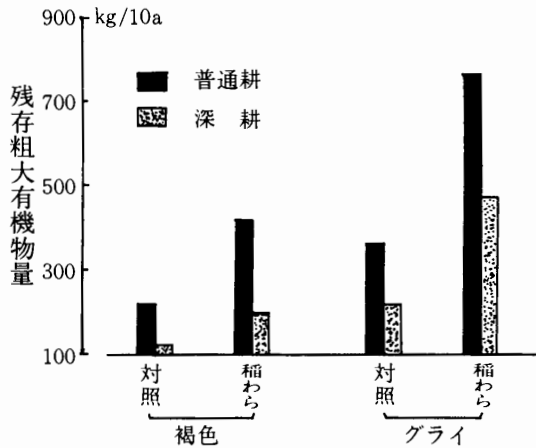


図4 作土層に分布する残存粗大有機物量(1975)

注) 粗大有機物量の測定法：植代後の作土層(0～10cm)から1,130ml容の円筒で土壌を採取(3連)し、2mm目の篩上で土壌を洗い落した後残渣有機物を風乾し、その重量を測定する。

推移をみると、氷山(褐色低地土)では6月上・中旬の生育前半の地温が鷹栖(グライ低地土)に比べると明らかに高く、かつ全生育期間にわたり上層(0～5cm)、下層(5～10cm)の層位間の温度較差が小さいのに対し、水稻の初期生育抑制が顕著に認められた1975年のグライ低地土の稲わら施用区では10cm深の地温が5cm深に比べて極端に低く経緯している。しかしながら、同一鷹栖圃場でも正常な生育進歩を示した1976年の対照区ではこのようなことは認められない。

このことから、排水不良なグライ低地土でみられる水稻の初期生育不振の要因として、まず第一

に地温の問題が取り上げられよう。

さらに、稲わら施用に伴う水稻の生育阻害および生育遅延は土壌中の有害物質の生成に加え、表層下の地温上昇緩慢の影響も関与しているものと考えられる。

一方、植代後作土層10cm内に残存する粗大有機物の量をみると(図4)、グライ低地土は褐色低地土に比べると著しく多量の未分解な有機物が残存しており、とくに稲わらを施用した区では2倍以上も上廻っている。これは明らかに圃場の土壌水分状態、地温などによる有機物分解の遅速の影響によるものと思われる。また、両土壌とも普通耕に比べ深耕では粗大有機物が下層に鋤込まれるため、表層での分布量はきわめて少ない。

つぎに、稲わら施用による水稻の初期生育量に大きな差異がみられたグライ低地土の1975および1977の両年について土壌の物理・化学的な特徴を比較してみる。

表7は春の耕起時における圃場の土壌水分および3相組成について示したものであるが、1975年の場合稲わら連用土壌は無施用土壌に比べると作土、心土の土壌含水比ならびに土壌3相中に占める液相の割合がきわめて高く、明らかに圃場状態の軟弱な様子がうかがえる。一方、1977年では稲わら連用土壌でも土壌含水比が60～70%の範囲内で比較的低く、1975年と対比すると圃場の乾燥化が著しく進展しているが、これは収穫作業機種の変更(普通型コンバイン→4条刈小型コンバイン)に加え隣接区の粃殻暗渠および浅暗渠の影響をう

表7 春耕時の圃場の乾燥状態

(グライ低地土)

| 土 壤        | 年次および処理       |       | 容積重<br>(g/100ml) | 合水比<br>(%) | 3 相 組 成 (%) |      |      | 孔隙率<br>(%) | 容気度<br>(%) |      |
|------------|---------------|-------|------------------|------------|-------------|------|------|------------|------------|------|
|            |               |       |                  |            | 固 相         | 液 相  | 気 相  |            |            |      |
| グライ<br>低地土 | 1975<br>5月16日 | 対 照 区 | 作土               | 103.6      | 52.7        | 39.8 | 54.5 | 5.7        | 60.2       | 9.5  |
|            |               |       | 心土               | 112.1      | 48.8        | 43.5 | 54.3 | 2.2        | 56.5       | 3.9  |
|            |               | 稲 わ ら | 作土               | 78.9       | 87.0        | 27.4 | 68.6 | 4.0        | 72.6       | 5.5  |
|            |               |       | 秋散布区             | 心土         | 73.3        | 92.9 | 26.4 | 68.1       | 5.5        | 73.6 |
|            | 1977<br>5月10日 | 対 照 区 | 作土               | 106.8      | 49.2        | 39.0 | 52.5 | 8.5        | 61.0       | 13.9 |
|            |               |       | 心土               | 104.9      | 55.9        | 38.4 | 58.6 | 3.0        | 61.6       | 4.9  |
|            |               | 稲 わ ら | 作土               | 84.1       | 68.3        | 30.5 | 57.3 | 12.2       | 69.5       | 17.6 |
|            |               |       | 秋散布区             | 心土         | 98.0        | 60.1 | 35.6 | 58.9       | 5.5        | 64.4 |
| 褐 色<br>低地土 | 1975<br>5月17日 | 対 照 区 | 作土               | 111.0      | 48.5        | 43.7 | 53.8 | 2.5        | 56.3       | 4.4  |
|            |               |       | 心土               | 111.8      | 46.5        | 45.1 | 52.0 | 2.9        | 54.9       | 5.3  |
|            |               | 稲 わ ら | 作土               | 106.0      | 51.4        | 42.7 | 54.4 | 2.9        | 57.3       | 5.1  |
|            |               |       | 秋散布区             | 心土         | 112.4       | 48.4 | 45.3 | 54.3       | 0.4        | 54.7 |

注) 作土: 0~10cm, 心土: 10~20cm

表8 湛水後の土壌の化学性

(1975)

| 土 壤            | 処 理           | NH <sub>4</sub> -N<br>(mg) | 活性2価鉄<br>(mg) | N/100KMnO <sub>4</sub><br>消費量<br>(ml/g) | Eh <sub>6</sub><br>(mV) |
|----------------|---------------|----------------------------|---------------|---|-------------------------|
| グ ラ イ<br>低 地 土 | 対 照 区         | 6.21                       | 169.5         | 360.0                                   | -122                    |
|                | 堆 肥 区         | 7.23                       | 171.4         | 350.6                                   | -142                    |
|                | 稲 わ ら 秋 散 布 区 | 6.99                       | 643.9         | 1,034.0                                 | -145                    |
| 褐 色<br>低 地 土   | 対 照 区         | 3.45                       | 79.4          | 275.4                                   | -10                     |
|                | 堆 肥 区         | 3.22                       | 105.8         | 348.2                                   | -12                     |
|                | 稲 わ ら 秋 散 布 区 | 3.37                       | 238.5         | 543.5                                   | -45                     |

注1) N/100KMnO<sub>4</sub>消費量\*: 湿潤土20gに0.5N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 30mlを加え、30分振温後遠心分離。

分離液をN/100KMnO<sub>4</sub>で電位差滴定。

2) 調査時期: グライ低地土…… 6月20日,  
褐色低地土…… 6月25日

けたためと考えられる。また、湛水約1ヵ月後の土壌化学性の面をみると(表8), 耕起時の圃場条件がきわめて軟弱であった1975年のグライ低地土では褐色低地土に比べて活性2価鉄溶出量ならびに土壌の還元発達程度の指標となる還元容量(N/100KMnO<sub>4</sub>消費量)が高く、明らかに生育初期の土壌条件は還元的である。さらに、グライ低地土では稲わら施用によってその傾向が一層助長されており、ちなみに同年の移植後の水稻根は黒変し、葉身も一部枯死したほどであった。

一方、グライ低地土における1977年の活性2価鉄の推移を1975年と対比してみると(図5), 1977

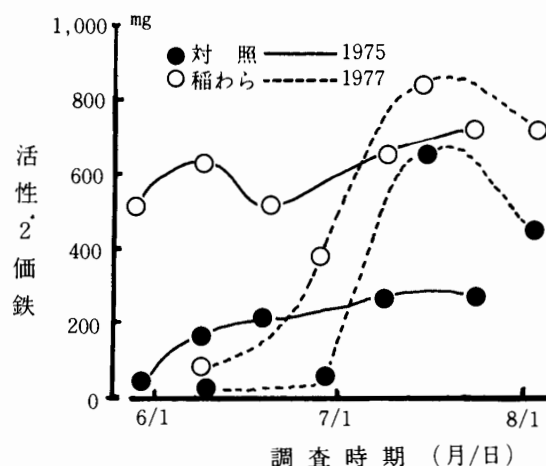


図5 活性2価鉄溶出量の年次別比較 (グライ低地土)

年では1975年に比べ生育前半(6月中)の溶出量がきわめて少なく、幼形期以降急激に高まっている。この差異は耕起時ならびに灌水時の土壤乾燥程度の影響によってもたらされたものと考えられる。また、各年次とも普通耕より深耕の方が灌水後の活性2価鉄溶出量が少なく、かつ酸化還元電位も高い傾向が認められた。

以上、耕起時ならびに灌水時の土壤の乾燥程度と灌水後の還元発達パターンにみられるように、たとえ強粘質で排水不良なグライ低地土であっても籾殻暗渠などの施工によって水田表層土の乾燥化が確保されれば水稻の初期生育不振もかなり改善され、稲わらなどの粗大有機物も有効な有機物資源として積極的に利用されるものと考えられる。

#### IV 考察および論議

寒冷地において、良質米の安定的生産を維持するためには冷涼な気象条件に対処しうる稲作技術の確立が必要であることは論をまたない。とくに、商品価値としての道産米の評価が厳しく問われている現況下にあつては、品種改良による品質向上はもとより、栽培技術的な改善によって水稻の初期生育量の増大を図り、生育遅延による登熟性の悪化および品質低下の軽減につとめなければならない。

寒地水田において水稻の初期生育を支配する要因としては①気象条件、②栽培条件、③土壤条件などがあるが、強粘質な排水不良田では土壤的な欠陥に起因する場合がきわめて多い。事実、排水不良な湿田地帯では土壤条件を無視した画一的な機械収穫と収穫残渣物(稲わら)の圃場への直接還元によって一層圃場の乾燥化を低下させており、作土層の泥状化と土壤の異常還元に伴う水稻の養分吸収阻害ならびに生育遅延による玄米品質の低下が従来にも増して頻繁にみられている。

水稻の初期生育を支配する土壤環境要因として地温、透水性、酸化還元状態、有害生成物質濃度および土壤養分などの影響が考えられる。

本試験を実施した鷹栖町のグライ低地土は圃場整備後の収穫作業に毎年普通型コンバインを導入し、かつ、排出稲わらを全量圃場に還元するという画一的なパターンが繰り返されていたため、試験開始時の圃場状態はきわめて軟弱であった。さきに筆者ら<sup>16)</sup>が指摘したように、圃場整備後の大

型機械の過度な走行による踏圧、練返し、さらには稲わら施用によって助長される作土層の泥状化した水和膨潤層が本試験地土壤の地表面水排除機能の低下を一層助長したと思われる。

このような土壤環境下におけるグライ低地土の水稻の初期生育を乾田的性格をもつ褐色低地土と対比してみた場合、幼形期における茎数および乾物生産量の不足、あるいは分けつ期からの生育進度の遅滞という生育パターンの相違がある。この時の圃場の土壤条件の差異をみると、排水不良なグライ低地土は乾田的な性格をもつ褐色低地土に比べ生育初期の地温が低く推移し、かつ層位間の地温較差が大きかった。さらに、生育異常の認められた1975、1976両年のグライ低地土の稲わら施用区では作土層下部に施用稲わらが未分解のままマット状に集積しており、かつ根圏土壤が著しく還元的であったため、幼形期における水稻根の伸長は明らかにその位置で停滞していた。

灌水条件下における土壤還元の発達過程と物質変化に関する基礎的研究については古くから数多くの報告がある<sup>1,3-10,21-23)</sup>。

また、粗大有機物施用に伴う有害生成物質が水稻の初期生育に悪影響を及ぼすことも多くの研究者によって明らかにされている<sup>5,13-15,18-20)</sup>。これらの研究成果から裏付けされるように、灌水下の水稻根圏では微生物の活発な代謝によって種々の物質が生成されるが、中でも水稻の生育に関与する主な物質として2価鉄、硫化水素、有機酸およびメタンガスなどが取りあげられよう。

酸化還元と根の障害について田中<sup>12)</sup>のまとめた結果によると、硫化水素は30~40°Cで生成量が多く、しかも遊離酸化鉄含量の少ない土壤で障害が大きいこと、また有機酸は30°Cよりも18°Cで生成量が多く、かつ阻害程度は酪酸、酢酸、蟻酸>プロピオン酸、乳酸>コハク酸、蔞酸の順に大きいとしている。さらに、水稻の健全な生育条件下では水稻根は2価鉄を酸化する能力があるが、有機物の分解などによる水田土壤の急激な還元化のもとでは有害な2価鉄および硫化水素が根に侵入し、正常な養分代謝が阻害されるとの報告もある<sup>5)</sup>。一方、長井<sup>13-15)</sup>は稲わら施用に伴う水稻の初期生育障害は稲わらのエタノール可溶部の易溶性および易分解性物質中に含まれるフェノール系化合物(パラクマリン酸、パラオキシ安息香酸など)



による直接的な影響がきわめて強く、微生物による無機態窒素の一時的な固定によってもたらされる窒素飢餓および2価鉄の過剰吸収による生育障害は2次的なものであろうと報告している。また、筆者ら<sup>18)</sup>が行なった試験でもほぼ同様なことが確認された。

以上の事象を総合すると、土壌環境が水稻の初期生育障害に関与する場面はきわめて複雑多岐にわたっており、多くの障害は各種要因が重複して発現するものであろうと考えられるが、1975および1976の両年にわたってみられたグライ低地土での水稻初期生育の著しい不振は、主として水稻根圏域の低地温の影響と施用稲わらの過剰集積によって生成される有害物質(フェノール系化合物)の直接的な関与によって惹起された可能性が強い。なお、この点に関しては次報で論及したい。

つぎに、排水不良なグライ低地土においても土壌の乾燥化が進行した1977年以降では湛水後の土壌還元化がきわめて軽微となり、かつ稲わら施用による水稻の生育障害はほとんどみられず、幼形期までの乾物生産量および稲体吸収N量も無施用とほぼ同様なパターンを辿った。とくに、籾殻暗渠を施工して稲わらを施用したものでは無施用を凌駕する傾向さえみられた。

石原<sup>2)</sup>および滝嶋<sup>11)</sup>の報告によると、水田における透水の意義は有害生成物質の排除に寄与する面が大きく、適度な透水は水稻根の活性を高め初期生育を旺盛にすることを認めている。また筆者らが前報<sup>17)</sup>で報告したように、籾殻暗渠の施工によって生成されるキレツは深く下層土まで達するため、湛水後の微生物代謝によって生成される種々の有害物質は長期間根圏域に停滞することなく、比較的短期間のうちに下層土に排除されるものと考えられる。さらに、見逃すことのできない大きな要因は湛水後の土壌還元発達時期の相違に求められる。すなわち、圃場が軟弱であった1975年と圃場の乾燥化が進行した1977年の活性2価鉄溶出量の推移からうかがえるように、水田表層土の乾燥化が進展した場合には、移植時の土壌環境が酸化するため水稻苗の活着と養分吸収が円滑であり、たとえ幼形期以降に急激な2価鉄溶出量の増加があっても根はすでに下層まで深く伸長し、かつ活性が高まっているため水稻根はそれらを酸化し、排除しうる能力を充分備えているもの

と思われる。

その意味からも、圃場整備後の画一的な機械化作業ならびに稲わら散布などによって排水不良がより一層助長された強粘質水田においては籾殻暗渠などの排水性改善処理によって圃場の乾燥化を促進すれば、移植時の土壌環境を酸化的に保つことが容易であり、結局そのことが湛水後の土壌還元化の抑制と水稻の活着ならびに初期生育の良化に結びつくものと考えられる。

## 引用文献

- 1) 浅見輝男.“水田土壌中における遊離酸化鉄の行動に関する研究, 第1報 水田土壌中における遊離酸化鉄の還元と土壌有機物”. 土肥誌, **41**, 1—6 (1970).
- 2) 石原 邦.“透水と水稻の生育について”. 土壌の物理性, **16**, 22—26 (1969).
- 3) 弘法健三, 金野隆光.“透水条件下における水田土壌の物質変化, 第1報 pH変化, Eh変化, 炭酸発生, 2価鉄生成について”. 土肥誌, **41**, 178—187 (1970).
- 4) 弘法健三ほか.“水田状態土壌中の物質変化に及ぼす透水の影響, 第1報 還元状態の発達について”. 土肥誌, **41**, 438—444 (1970).
- 5) 川口桂三郎編.“水田土壌学”. 講談社, 1978 299—332.
- 6) 小管伸郎, 飯村康二.“水田土壌におけるガス収支について”. 土肥学会講要集, **21**, Part 1, 78 (1975).
- 7) 後藤重義, 鬼鞍 豊.“水田土壌の還元容量”. 土肥学会講要集, **15**, Part 1, 83 (1969).
- 8) 高井康雄, 小山忠四郎.“水田土壌の微生物代謝に関する研究, 第2報 現地水田のガス及び有機酸について”. 土肥誌, **26**, 507—512 (1956).
- 9) 高井康雄.“水田土壌の還元と微生物代謝”. 農業技術, **16**, 1—4, 5—53, 122—126, 162—166, 213—216 (1961).
- 10) 滝嶋康夫, 塩島光州, 有田 裕.“水田土壌中の有機酸代謝と水稻生育阻害性に関する研究, 第2報 有機酸の根生長並に養分吸収阻害”. 土肥誌, **31**, 441—446 (1960).
- 11) 滝嶋康夫.“泥炭地水田土壌に関する研究, 第18報 土壌の水洗, 排水処理が水稻の初期生育に及ぼす影響”. 土肥誌, **30**, 521—524 (1960).
- 12) 田中 明.“酸化還元性の障害”. 農及園, **44**, 1226—1227 (1969).

- 13) 長井武雄, “稲わら施用による水稻の初期生育障害に関する研究, 第 1 報 稲わらの施用が水稻の初期生育に及ぼす影響”. 鳥取大学農学部研究報告, **25**, 1—13 (1973).
- 14) 長井武雄, “同上, 第 2 報 エタノール可溶性画分による生育障害の特徴”. 鳥取大学農学部研究報告, **25**, 14—20 (1973).
- 15) 長井武雄, “稲わら中のフェノール化合物が水稻の初期生育に及ぼす影響”. 土肥学会講要集, **21**, Part 1, 85 (1975).
- 16) 前田 要, 南 松雄, “強粘質水田土壌の物理・化学的特性と生産力向上に関する研究, 第 1 報 排水不良土壌の物理・工学的解析”. 北海道立農試集報, **35**, 18—28 (1976).
- 17) 前田 要, 南 松雄, “同上, 第 3 報 水管理法の改善が水稻の収量性に及ぼす影響”. 北海道立農試集報, **40**, 19—29 (1978).
- 18) 前田 要, 南 松雄, “強粘質水田の物理・化学的特性と透水性改良法に関する研究, 第 5 報 稲わら施用に伴う初期生育阻害要因の探索とその改善法 (その 1)”. 土肥学会講要集, **25**, Part II, 231 (1979).
- 19) 三井進午, 熊沢喜久雄, 菱田 孝, “作物の養分吸収に関する動的的研究, 第 23 報 湿田土壌に於ける有機酸の生成と水稻の生育に就て (その 2)”. 土肥誌, **32**, 346—367 (1961).
- 20) 三井進午, 熊沢喜久雄, “同上, 第 41 報 水稻根の活性に及ぼす三要素の供給および土壌還元の影響”. 土肥誌, **35**, 115—118 (1964).
- 21) 本村 悟, 秋山 豊, 山中金次郎, “湛水条件下に於ける土壌の物質代謝に及ぼす有機物添加効果”. 土肥誌, **32**, 605—611 (1961).
- 22) 森田修二, “土壌の酸化還元電位に就て”. 土肥誌, **14**, 43—62 (1940).
- 23) 山根一郎, 佐藤和夫, “水田土壌中における植物構成物質とガスの生成”. 土肥誌, **32**, 364—367 (1961).

## Studies on Physical and Chemical Properties and Improvement of Soil Productivities in Heavy Clayey Paddy Fields

### IV. Effect of acceleration of surface soil drying on initial growth of rice plants in heavy clayey paddy fields

Kaname MAEDA\* and Matsuo MINAMI\*\*

#### Summary

As part of studies on physical and chemical properties and improvement of soil productivities in heavy clayey ill-drained paddy fields, this paper deals with the effects of soil environmental factors under flooded and non-flooded conditions on initial growth of rice plants.

Subjected to the studies were two soils : (A) gley lowland soil of ill-drained paddy fields and (B) brown lowland soil of well-drained paddy fields.

Results obtained are summarized as follows :

1) The rate of increase in dry matter produced of rice plants from the tillering stage to the stage of young panicle formation and the amount of dry matter produced at the latter stage were found smaller in A than B ; in particular in A, whose paddy fields were extremely soft in 1975 and 1976, the amount of growth in the initial stage was found markedly smaller in plots to which rice straw was applied than in otherwise plots.

2) In A to which rice straw was applied, in 1977 and subsequent years, when the drying of paddy fields progressed, the degree of advancement in reduction of soil was found remarkably mitigated and the growth in the initial stage of rice plants became favorable ; in particular this trend was observed conspicuous more in plots treated with rice-hull underdrainage than in the control with earthen-pipe underdrainage.

3) It is concluded from the foregoing findings that in the heavy ill-drained paddy fields, if the drying degree of surface soil is sufficient in the plowing time, it is easy to maintain the environment of the surface soil in a favorable level for oxidization after flooding, which is looked on as helpful for rice plants to root firmly and grow well in the initial atage.

\* Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido, 078-02, Japan.

\*\* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.