

第 39 回

土壌物理研究会シンポジウム

水田農業の新展開と土壌物理性

講演要旨

1997 (平成 9) 年 11 月 7 日 (金)

農業環境技術研究所大会議室

土壤物理研究会第39回シンポジウム講演要旨

水田農業の新展開と土壤物理性

と き：1997（平成9）年11月7日（金）

ところ：農業環境技術研究所大会議室

茨城県つくば市観音台3-1-1

主 催：土壤物理研究会

事務局 東京農業大学農学部総合研究所内

〒156 東京都世田谷区桜丘1-1-1

電話 03-5477-2540 FAX 03-5477-2634

プログラム

10:00 受付開始

10:30 開会挨拶

座長 小野信一 (農業研究センター)

10:40 ~ 11:20 稲作技術の展開方向と土壌物理的諸問題 1
長野間 宏 (農業研究センター)

11:20 ~ 12:00 乾田直播栽培における土壌肥料及び環境保全からみた諸問題 3
石橋英二 (岡山県農業試験場)

12:00 ~ 12:15 トピック：寒地大規模直播のための播種技術
大谷隆二 (農業研究センター)

12:15 ~ 昼休み

13:00 ~ 13:45 総会

座長 河野英一 (日本大学生物資源科学部)

13:45 ~ 14:25 湛水直播栽培の展開方向と土壌・環境問題 5
金子 均 (新潟県農業総合研究所)

14:25 ~ 14:40 トピック：不耕起土壌の水分特性と乾田直播水稻の出芽安定化要因
大野智史 (農業研究センター)

14:40 ~ 15:20 Heat and dissolved oxygen (D₀) transfer phenomenon in ponded paddy field. (水田湛水層における熱と溶存酸素の輸送現象) ... 7
M.I.M. Mowjood (岩手大学大学院連合農学研究科)

15:20 ~ 16:00 石膏によるシロカキ濁水の浄化と水田土壌の分散凝集構造 9
赤江剛夫 (岡山大学環境理工学部)

16:10 ~ 17:00 総合討論
司会 小野信一、河野英一

17:00 閉会

17:30 懇親会

稲作技術の展開方向と土壌物理的諸問題

長野 宏 (農業研究センター)

1. はじめに

日本の稲作は、農産物貿易の自由化による米の輸入、米の在庫量の増加による米価の低下、担い手の高齢化と減少など大きな壁に直面している。土地の流動化が進まないため、意欲的な経営体の規模拡大も進まない。さらに、低米価による所得の減少は基盤整備への意欲を失わせ、大区画圃場における省力、低コスト技術を駆使した直播栽培の普及も進まない。このような閉塞した時代を乗り越えるためには、次の時代の稲作技術の展開方向を見定めて、必要な技術的課題を解決する必要がある。そこで、今後の稲作技術の展開に必要な土壌物理に関わる課題について整理をする。

2. 水田農業の課題

(1) 政策的な課題

- ① 低米価 → 少ない担い手で省力・低コスト＋高品質・安定多収栽培
- ② 生産調整強化 → 麦、大豆の省力・低コスト＋高品質・安定生産
- ③ 国内農産物の差別化 → 高品質、新形質作物、安全性、環境保全への参加(棚田)
- ④ 環境保全 → 地球環境保全、水田機能の活用

(2) 技術的課題

- ① 省力・低コスト技術(水稲、麦、大豆、野菜、飼料作物)
- ② 高品質、安定多収技術(水稲、麦、大豆、野菜、飼料作物)
- ③ 大規模経営向けの合理的技術体系の設計
- ④ アイドリング水田(休耕田)の管理技術
- ⑤ 環境保全機能強化型水田(脱窒、有機化、メタン発生減少)

3. 稲作技術の展開方向

(1) 経営体のイメージ

1) 稲作の主力を担う経営体の設定

- ① 大規模経営：1人の作業者が15ha以上を担う。3戸が協力して45ha以上。
- ② 複合経営：稲作部門(数ha)を省力化して花き、野菜、果樹部門を充実。
- ③ 中山間地の稲作経営：作業受託組織

2) 水田における米の生産調整を担う経営体の設定

省力、低コスト麦、大豆作 → 汎用型コンバインの利用 → 15ha以上の輪換畑面積
→ 稲作を含めた大規模経営(15÷0.3=50ha)が前提。

3) 休耕水田の維持管理を受託する組織

(2) 期待される稲作技術

1) 圃場基盤の整備

稲作技術の発展 → 圃場基盤の整備水準向上 → 稲作技術(特に直播)の発展、普及

- ① 大区画圃場の均平化、均一化。新しい道具の利用
- ② 水管理の迅速化、自動化技術
- ③ 縦浸透、畦畔漏水の防止技術、畦畔管理の軽労化

2) 直播技術の確立：適性品種で移植と同等の収量確保

- ① 乾田直播技術：降雨の影響を受け難い播種作業方法

不耕起乾田直播 (大規模経営向け、中小規模経営向け)

② 湛水直播技術

出芽苗立の安定した播種技術 (大規模経営向け高能率、中小規模経営向け)

3) 移植栽培の省力化

① 耕耘、代かきの省略化: 不耕起移植栽培、無代かき移植栽培

② 育苗、苗運搬の省力化: 乳苗、ロングマット育苗・移植

4) 水田高度利用技術との結合

不耕起移植、乾田直播 → 輪換畑へのローテーション

5) 環境保全型稲作技術

脱窒機能の向上、有機化、

4. 今後の稲作技術の発展に関わる土壌物理性の諸問題

(1) 圃場基盤の整備: 直播向け

① 縦浸透の制御、畦畔漏水防止

② 大区画水田の土壌物理性の不均一性評価

③ その他

(2) 乾田直播栽培 その1 (2~5葉に湛水開始)

① 不耕起栽培の継続とコンパクション、地表面の有機物とコンパクション

② 根穴構造における養分移動

③ 冬期代かき及び冬期整地・鎮圧による漏水防止効果

④ 播種溝の形状がクラストによる出芽阻害に及ぼす影響

⑤ 不耕起土壌の窒素無機化特性

不耕起
→ リン酸表層に残存

(3) 乾田直播栽培 その2 (播種直後、または出芽前に早期湛水)

① 作溝表面条播乾田直播における溝の形状、土壌条件と崩落

② 播種深度、湛水深と初温度及び酸素供給 → 出芽・苗立率

70cm耕深
湛水約20cm
止り深さ約27cm

(4) 湛水直播

① 代かき土壌の土壌硬度の変動要因と制御方法

② 代かき土壌の物理性と播種深度

③ 作溝の形状、土壌条件と崩落過程

④ 播種深度と初温度

⑤ 落水処理と初周辺の地温、酸素供給

大粒(?)
均平な水田では
大粒が吹くと
片方に水が集まり、
窪の水はつかうと、
水がつかうと、
2割のしゅうじりが出る。

(5) 代かき土壌の物理性とロングマット苗の移植精度

代かき土壌の物理性と土の無し苗の支持

(6) 省力栽培と環境負荷

① 乾田直播

② 不耕起移植

(7) 輪換畑作へ移行する前の水稲栽培方法と土壌物理性の改善

栽培開始から
水田を2作にする
水田を2作にする
水田を2作にする

土壌の粘性
→ 30cmの湛水
30cmの湛水
沈下量を見る。
米価の低下の理由

乾田直播栽培における土壌肥料及び環境保全からみた諸問題

石橋 英二 (岡山農試)

北大作物学出身

1. はじめに

岡山県では水稻の耕起乾田直播栽培 (以下, 耕起直播) が広く普及しているが, この栽培法は播種作業や播種後の除草作業が天候に左右されるため, その欠点を補う栽培法として不耕起乾田直播栽培 (以下, 不耕起直播) が注目されている. 耕起をしないという点で不耕起直播は特殊で, 土壌肥料分野で解決されなければならない多くの問題がある. これまでに得られた知見について報告する.

山陽西南暖地

2. ち密度と根群分布

不耕起直播を継続すると, 土壌がち密化し根の伸長が抑制されることが懸念される. 大型機械が普及していなかった昭和40年代の岡山農試の研究では, 不耕起直播継続5年の作土のち密度は, 耕起移植や耕起直播と比較して大きかったが, 根群の発達には抑制されず, むしろ表層には新しい活力のある根が密生していた. また, 10年間不耕起栽培を継続した兵庫農試の例でも, 表層及び下層の根の活力が不耕起直播において高かったことが報告されている. 20数年間不耕起栽培を継続したほ場を調査した長期不耕起栽培ほ場研究グループの結果でも, 不耕起直播の作土はち密化していたが, 根の伸長は抑制されていなかった. つまり, 不耕起直播の根は作土表層に多く, 稲株から5~15cm離れた作土全層でも耕起移植と同等かむしろ多い傾向が認められた. 次に, 大型機械の作業頻度が高い大区画ほ場においてち密度と根量の影響を調査した. その結果, 作土のち密度が 5kgf/cm^2 前後の大区画ほ場 (不耕起栽培3年目) では, 根量は作土表層のみならず, 稲株から離れた地点においても隣接の耕起移植より多かった. また, 新たに区画整理された大区画ほ場の調査結果によると, 不耕起直播の作土のち密度は $10\sim 15\text{kgf/cm}^2$ で, 耕起移植のそれは明らかに小さく, 耕起直播はそれらの中間であった. 不耕起直播の根群分布は他の栽培様式と比べて土壌表層に偏在しており, 3cm より下層の根量は少なくなっていたが, 作土中の総根量には差が認められなかった.

3. 土壌構造と減水深

長期不耕起直播継続田の作土層の粗孔隙は多かったが, $\text{pf}1.5\sim 3.0$ の間の毛管孔隙は少なかった. 作土層で粗孔隙が多いのは, 根由来の孔隙が毎年破壊されず維持されるため, それらが複雑に絡み合い, 連絡し, 粗孔隙として土層中に保持されたためと考えられた. 佐藤も作土層にはスポンジ状の土壌構造が発達し, 通水機能と保水機能も持つ土壌構造の形成, すなわち団粒構造と同様な機能を持つ土壌孔隙構造が発達するとしている.

不耕起直播継続田の灌水期間中の減水深は地下水位 (40cm) が高い細粒グライ土で, 10mm/日 程度であったが, 地下水位 (1m 以下) が低い中粗粒灰色低地土では, 約 50mm/日 であった. 中粗粒灰色低地土において, 畦畔浸透を押さえるために防水シートによる漏水対策をしたところ, 7月下旬までの漏水量をかなり抑制でき, その後の減水深は隣接する耕起移植田とほぼ同レベルになった. 水稻栽培期間中の用水量は, 隣接耕起移植田の用水量 $1529\text{t}/10\text{a}$ に対して, 不耕起直播田 $3224\text{t}/10\text{a}$, その内の $1348\text{t}/10\text{a}$ が畦畔浸透, $347\text{t}/10\text{a}$ が縦浸透の増加に由来すると試算された.

3. 化学性

不耕起直播の継続で作土表層に有機物が集積し, 土壌のアンモニア化成量は多くなったが, 作土下層部では地力低下は観察されなかった (細粒グライ土).

$$\begin{aligned} 3224 - 1876 &= 1348 \\ 1876 - 1529 &= 347 \end{aligned}$$

有効態リン酸は作土表層に集積する傾向が見られた。また、下層の有効態リン酸含有量も耕起移植と比べて増加した。不耕起栽培を5年間継続したほ場において、リン酸の施用量を変えて収穫期の層位別有効態リン酸含有量を測定したところ、リン酸が下層に移動することが分かった。不耕起栽培導入当初は下層土のリン酸含有量は一時的に減少するが、時間の経過と共に粗孔隙の多いスポンジ状の不耕起土壌独特の根穴構造が発達し、さらに表層に集積する腐植層がリン酸の固定を抑制するために、リン酸が下層に移動しやすくなると判断された。

4. 窒素施肥技術と窒素利用率

従来の速効性肥料中心の施肥体系では、窒素利用率は20～40%程度であったが、被覆肥料を利用する不耕起直播では50%程度であった。不耕起直播では肥料を表面散布するため、稲わらをほ場に還元する場合と持ち出す場合とでは窒素利用率に差が認められ、わら還元によって窒素利用率が高まる傾向が見られた。

被覆肥料からの窒素の溶出は、湛水条件では反応速度論で予測できることが明らかにされているが、入水までに30日程度乾田期間が続く播種同時施肥不耕起直播においても溶出予測が可能であることがわかった。なお、肥料粒が土壌中に混和される場合とそうでない場合とで、溶出速度にほとんど差はなかった。

5. 栽培様式と窒素の溶脱

不耕起直播でわら還元の有無が施肥窒素の動向に及ぼす影響を調べたところ、表層の稲わらの存在は、土壌から無機化した窒素、施肥窒素等を一時的に取り込み、下層への溶脱を少なくしており、窒素利用率の向上にとっても環境保全の見地からも有効な技術となりうると判断された。

また、秋あるいは春先に耕起すると、乾土効果等によってより多くの土壌窒素が無機化し、降雨等によって硝酸態窒素の溶脱量が増加することが示唆された。このことは、耕起という作業が乾土効果等による窒素の無機化促進を導き、土壌有機物の消耗をもたらすが、不耕起田は耕起しないため土壌窒素の無機化量が少なく地力が消耗しにくい栽培様式であると考えられた。

6. 不耕起直播におけるメタン発生量

細粒グライ土で不耕起直播と耕起移植におけるメタン発生量を比較調査した。不耕起直播の水稻栽培期間中におけるメタン発生量は耕起移植の50%程度で、その差は不耕起開始から3年目ぐらいまで大きく、4、5年目には幾分小さくなった。また、不耕起直播が耕起移植より明らかに酸化的であったのは不耕起栽培を始めて2、3年目ぐらいまでであった。

不耕起直播における稲わら還元の有無がメタン発生に及ぼす影響を見るために、稲わら還元区と稲わら持ち出し区を設けて調査した。初年目にはメタン発生量の差は全くなかったが、その後稲わら還元区のメタン発生量が持ち出し区より相対的に多くなり、その差は4年目ぐらいから大きくなった。

このように、不耕起田は稲わらの還元を継続することによって、メタンが発生しやすい条件に除々に移行するが、稲わらが土壌中に鍍込まれないため耕起移植田より明らかにメタンの発生量が少ないという結果が得られた。ちなみに、中粗粒灰色低地土では、不耕起直播のメタン発生量は隣接する耕起移植田の約20%にすぎず、温暖化に対する環境負荷の少ない栽培様式であるといえる。

湛水直播栽培の展開方向と土壌・環境問題

新潟県農業総合研究所 金子 均

キーワード：湛水直播，シロカキ，無シロカキ，砕土性，作溝崩壊

1. はじめに

新潟県では、寒冷地に向く水稲直播栽培方法として湛水直播の普及に努めているが、現在の普及面積はまだわずかである。7年前に、代かきして条播する湛水溝付直播栽培技術を開発して公表した。現在は、さらに省力・低コスト化をめざした、無代かき湛水散播直播栽培について研究中である。代かきと無代かきという対照的な整地方法を取り入れた技術開発を通して、本日の話題提供を行いたい。

2. 湛水直播栽培の特徴

- | | | | |
|---|----------------------|---|-----------------|
| { | ① 降雨による播種作業の障害を受けにくい | { | ■ 苗立ちが不安定になりやすい |
| | ② 排水不良田での適応性が高い | | ■ 耐倒伏性が劣る |
| | ③ 湛水による保温効果を期待できる | | ■ 効果的な鳥害対策がない |

3. 最近の湛水直播栽培研究の動向

整地方法 { 耕起の有無 代かきの有無 } 種子処理 { 過酸化石灰剤の有無 種子被覆の有無 } 播種方法 { 播種時の湛水の有無 表面播種・土中播種 散播・条播・点播・流体播種 }

直播用品種の開発 —— 低温発芽性，初期伸長性，初期発根性，土壤還元耐性，耐倒伏性
 散播方式の増加 —— 動力散布機，有人・無人ヘリコプタ，乗用管理機等の利用
 点播方式の出現 —— 打ち込み式播種機の開発（九州農試）
 無代かき方式の再検討 —— 作溝播種，播種後湛水，播種前湛水，培土等
 過酸化石灰剤無被覆種子利用の再検討

4. 直播栽培に係わる諸問題

- ① 施肥量(無代かき栽培) ② 農薬使用量(除草剤，殺虫・殺菌剤) ③ 代かき濁水

5. 新潟農総研における近年の直播研究から

(1) 湛水溝付直播栽培技術 (昭59~平2年)

- ① ねらい 寒冷地向けに，苗立率の高位安定化をめざした播種・栽培方式

溝播き無覆土方式の採用

- ② 作業体系 本田：耕起・代かき → 落水 → 作溝・播種 → 湛水 → 除草剤散布 → 一般管理
 種子処理：種子消毒・浸種・催芽 → 過酸化石灰剤被覆・殺菌剤粉衣

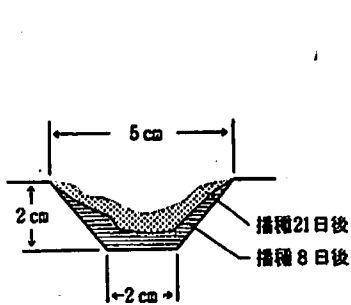


図1 播種溝の形状と経時変化

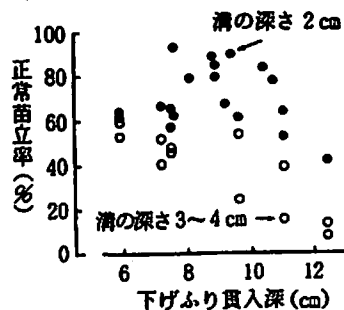


図2 田面硬度と苗立率

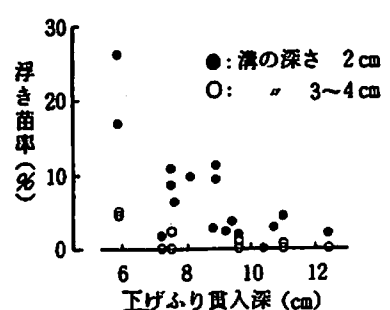


図3 田面硬度と浮き苗発生率

Handwritten note: 浮き苗発生率 ↑

(2) 無代かき湛水散播直播栽培技術 (平3年~(継続中))

① ねらい 重粘多湿土壤に適用可能な整地方式

散播による超省力化, 過酸化石灰剤種子被覆の省略

② 作業体系 本田: 耕起・鎮圧・作溝 → 湛水 → 播種 → 除草剤散布 → 早期追肥 → 一般管理

種子処理: 種子消毒・浸種・催芽

無代かき整地方法 → 通常のロータリを用いた耕起のみの整地方法
→ 重粘土壤に適した耕起同時鎮圧・作溝機の開発

表1 耕起・同時鎮圧・作溝機の作業概況

ローラ	作溝形状:	5×5			8×8			7.5×5			12×8 cm (溝幅×深さ)		
回転速度	土壤水分:	乾	湿	多湿	乾	湿	多湿	乾	湿	多湿	乾	湿	多湿
(低速)		△	△	○	○	○	◎	○	◎	◎	○	◎	◎
↑		×~△	△	○	△	△	○	○	◎	◎	○	◎	◎
↓		×	×~△	△	×	×	×	○	○	◎	△	○	◎
(高速)		×	×	△	×	×	×	×~△	○	◎	△	○	◎

耕うんピッチ 17cm

土壤水分 乾:38% 湿:56% 多湿:68%

×:均平整地不可能 △:均平可能だが作業性不良 ○:作業性やや良 ◎:作業性良好
(ローラ溝への土の詰まり, 整地表面の仕上がり状況などからの, 観察による総合評価)

湿~乾土では, 低速の方が良い。

表2 鎮圧・作溝ローラの形状

溝形状 (溝幅×溝深)	ローラ寸法(cm)		
	A	B	C
5×5	29	19	5
8×8	35	19	8
7.5×5	29	19	7.5
12×8	35	19	12

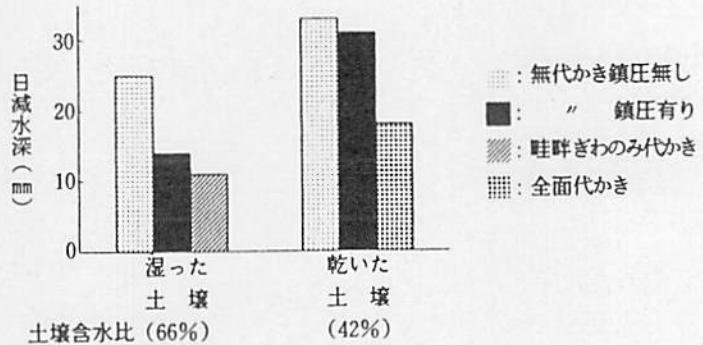
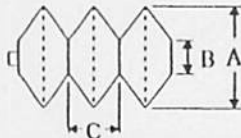


図4 耕起同時鎮圧・作溝の漏水防止効果

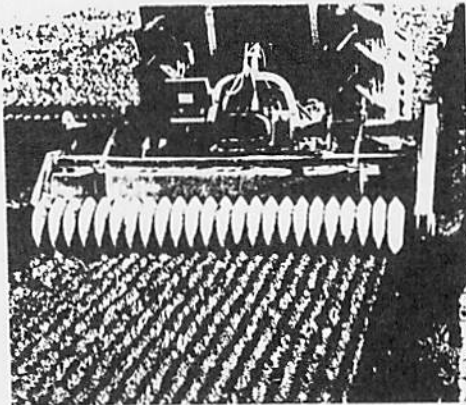


表3 整地方法の履歴と碎土率

前年の整地方法 (土壤水分)	耕うんピッチ (cm)	土塊の分布(%)			
		~1	1~2	2~4	4~(cm)
代かき (57%)	4.6	11	32	55	3
	0.9	12	34	47	7
無代かき (40%)	4.6	29	32	38	1
	0.9	40	48	12	0

均平な整地作業
平なローラが良い
碎土と共に作溝, 鎮圧と同時に進行感じ
表面は固くなり, 湛水省力化もある。

粘質土では, 崩壊しやすい
覆土効果の小さい
↓
浸水苗

Heat and Dissolved Oxygen(DO) transfer phenomenon in ponded paddy field

M.I. Mohammed Mowjood,
The United Graduate School of Agricultural sciences,
Iwate University.

In a view of increasing agricultural productivity and caring the soil friendly to the environment, a comprehensive understanding on diverse processes that take place in the soil is necessary. Ponded condition in a low land paddy field gives a unique characteristics in terms of heat and oxygen transfer which are very critical factors for the growth and development of rice plants. There are very few research have been conducted on this subject. This study is intended to clarify the phenomena of heat and dissolved oxygen (DO) transfer in the paddy field water layer.

Vertical profile of temperature in the water layer of a paddy field was investigated. The result was then verified with a lab-scale model without plant cover under natural solar and artificial infrared radiation. The total energy reached to the systems and the actual input for both water and soil were calculated for both systems under solar and infrared radiation using their thermal parameters.

DO concentration profile was investigated in relation to temperature profile under convective and non-convective condition. Diurnal variation of DO and their cause were investigated in the paddy field and the results were verified in the model.

The temperature at the soil surface was always higher than the temperature in the water layer. The temperatures at different depths in the water layer were almost uniform(Fig.1). Similar and more clear result was observed in the lab-scale model. This indicates that solar radiation was absorbed at the soil surface and generated heat was transferred to both, adjacent water and soil layer. Because of the high temperature at the soil surface, the water density was reduced relative to the water above. Consequently, a convection current resulted in as the lower density water moved up and replaced the cool dense water. This convection process continued even after the cessation of radiation due to the temperature difference at the air-water and water-soil boundaries. This result was confirmed with the results of a non-convective system which was created using infrared radiation. Infrared radiation was absorbed at the water surface consequently a decreasing temperature gradient was observed towards the soil surface. Thus, the water is at a standstill during radiation. This confirmation made clear the role of solar radiation for heat transfer in the lowland paddy field.

Energy received as sensible heat flux into the system in both cases was about 50% of the total energy. The energy input ratio between water and soil in the non-convection (under infrared) and the convection(under solar) condition was not the same but was 4:1 and 3:2, respectively. The convection plays an important role in transferring the heat in the ponded paddy field particularly in their early stage with negligible interception to solar radiation by leaves.

The DO concentrations at different depths in the water layer were generally uniform during the day and during the night time under the solar radiation(Fig.2). There was no distinctive concentration gradient either from the water surface or from the soil surface. The corresponded temperature data which was uniform throughout the water layer, confirming the existence of a convection current in the water layer. This convection current resulted in a uniform DO concentration throughout the profile. The resulting DO profile generated under this convective system was compared with the profile generated in a non-convective system, which was created using infrared radiation as described above. Because of this non-convective

Thermal
Diffusivity

捕獲と同様に、
光合成の抑制
は、
弱く、
陽草の光。

condition, the DO concentrations were not uniform throughout the profile. Instead, a gradient was observed from the soil surface during the radiation period. There was oxygen generation at the soil surface, and generated oxygen was transferred to upper water layer by molecular diffusion, not by convection. This comparison of infrared and solar radiation systems lead to the conclusion that convection plays a significant role in the DO transfer in the water layer of a paddy field.

A typical diurnal variation was observed for DO concentration in the water layer. The DO concentration followed the same general pattern as the intensity of solar radiation with about 3 hr lag between solar noon and the maximum DO concentration. The maximum DO concentration that we recorded was twice the saturated concentration level at atmospheric equilibrium. This results indicates that the oxygen is produced in the ponded water of a paddy field in during the daylight hours by photosynthetic activity of micro-algae. This oxygen is transported within the water layer by convection and then to the atmosphere by deaeration. Eventually the water becomes supersaturated with oxygen.

From these results it is clear that in the day time the DO generated by micro algae is transferred from the ponded water to the atmosphere. In contrast, during the night time oxygen moved from the atmosphere into the water layer by reaeration which depends on the oxygen deficit related to the saturation. Regardless of whether reaeration or deaeration is occurring, convection within the water layer greatly influences the transport mechanism of DO.

The convection plays a greater role in heat and dissolved oxygen transfer in the ponded paddy field.

The future research should be directed to investigate the quantitative analysis for convective heat and DO transfer in the paddy field water layer. The significance of reaeration, respiration of micro organisms, and soil absorption of oxygen on diurnal and seasonal changes of DO in the paddy field also should be studied.

Solar Rad.
↓
DO ↑
IR ↑
convection
DO 高

水層中のDO濃度は?
O₂ productionは?

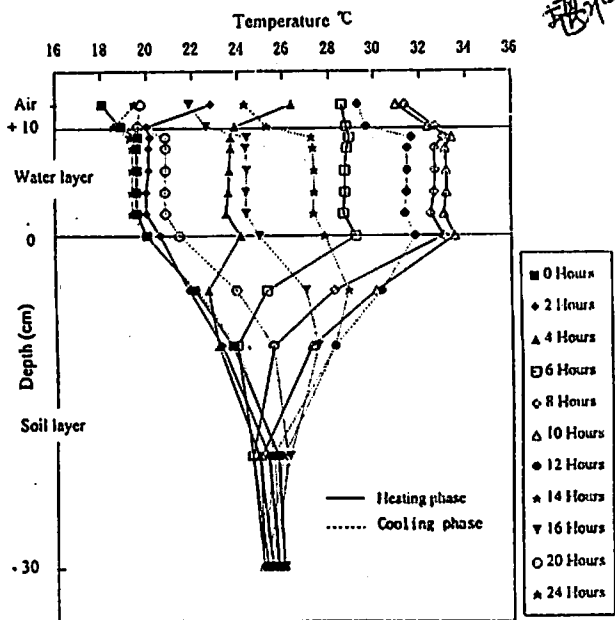


Fig.1. Temperature profile in the paddy field.

熱の伝達と convection 輸送
→ 大気放出
植床に大気中のO₂供給

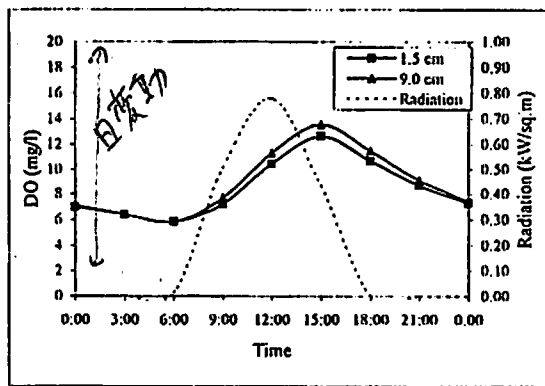


Fig.2. Diurnal variation of DO concentration at the top(1.5 cm) and bottom(9.0 cm)of water layer in paddy field.

O₂ 供給
NaNO₃
Sodium Azide

DO 8ppm (4.0 mg/l) 程度
2ppm 以下 かなり低い
大気中にも O₂ 供給
土壌の反作用も
関係している

石膏によるシロカキ濁水の浄化と水田土壌の分散凝集構造

岡山大学環境理工学部 赤江剛夫

1. はじめに

農地開発事業や営農にともなう濁水の発生は、下流の自然環境や生態系に与える影響に対する関心の高まりの中で、きびしく指弾される状況となっている。滋賀県でも、河川や琵琶湖に流入するシロカキ濁水が、アユ、フナなどの漁獲量の減少、水質悪化の一原因と目されている。これに対し、県は浅水シロカキ、畦畔浸透防止策、排水の反復利用など種々の抑止策を実施する一方で、さらに効果的な方法の検討を進めている。本報告は、シロカキ濁水を圃場内で短時間に凝集沈降させて発生源から排出負荷を抑制しようとする目的で、Ca資材とくに石膏散布の効果、凝集理論、室内実験、現地試験を通じて明らかにしたものである。

2. 調査対象地点

例年滋賀県が行っているシロカキ濁水発生状況調査において、最も高い濁度が観測されている宇曾川流域の湖東町、中一式、大沢、中里の3地区を対象を選んだ。この地区の土壌は強粘質細粒褐色低地土(中島統)で、土性はLiC~Lである。X線回折から粘土鉱物はハロイサイト(7A)と推定された。

3. イオン添加による限界凝集領域の推定

ヘテロ凝集理論で、本地区土壌のNa、Caイオンによる限界凝集条件を推定した。ハロイサイトを球状と仮定し、外液中イオン濃度とpHを変化させて1結合当たりの相互作用エネルギーを計算した。これが15kT以下になる時、凝集が生じるとして、イオン濃度-pH平面上に凝集領域を推定した。推定結果を分散凝集実験の結果とあわせて示す(図1)。凝集実験結果は、Na、Caのいずれについても推定結果とほぼ一致した。凝集領域はpH5.7以下あるいはNa添加では50mmol/l以上、Caでは2mmol/l以上であった。実際に現地調査したシロカキ水は、pH6.5、Caイオン濃度0.2mmol/lで、分散領域に属していた。

4. 凝集資材の選定

Caイオン濃度を2mmol/l以上にすることが、実際に有効な凝集法であることが分かった。これをどのような資材を用いて実現するか検討が必要である。農業上よく使用されるCa含有資材を選び、これを固相率7.5%でよく混合した懸濁液に、0.1、0.25、0.5、1.0g/l

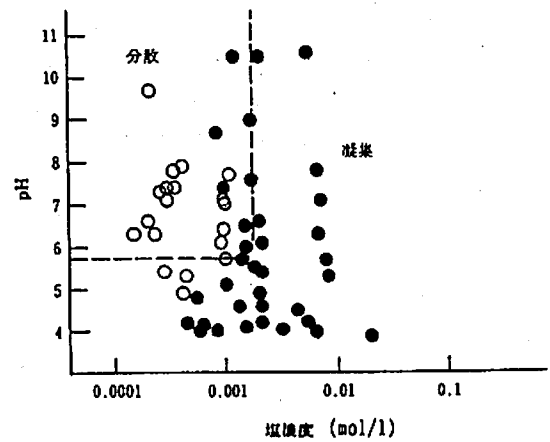


図1 Caイオン添加時の凝集(中一式表土)

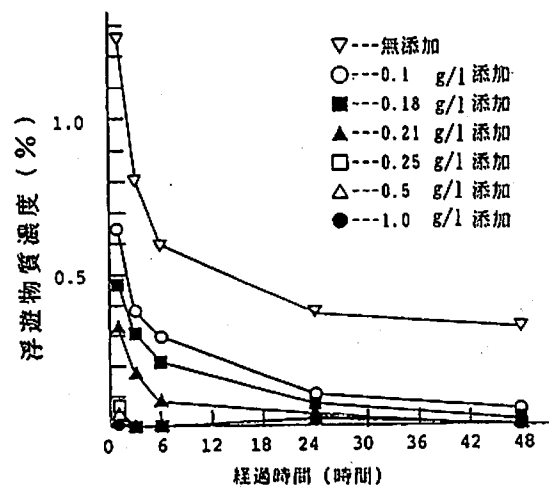


図2 石膏添加後時間と浮遊物質濃度

散布した時の浮遊物質濃度 (SS)、電気伝導度、pH、Ca濃度を経時的に測定した。

凝集効果の順は、石膏>消石灰>石灰窒素>炭酸カルシウム>過燐酸石灰<ヨウリン<苦土石灰<ケイカルであり、石膏では0.25g/l添加で30分後ほぼ完全な凝集沈降効果が得られた(図2)。添加1時間後SSが、0.1%以下に低下したのは石膏と消石灰のみであった。この時、凝集の発生したCa濃度は1.3mmol/l以上であり、推定した凝集条件とほぼ一致した。

5. 現地試験による凝集浄化効果の確認

中一式、大沢地区圃場に畦畔板を用いて試験枠を作り(図3)、シロカキ後石膏を10から100kg/10a散布し、SS、電気伝導度、pH、Ca濃度の時間変化を測定した。また元肥施用区と施さない区を設定して比較した。

中一式の対照では、シロカキ直後4%近いSSが3時間後1.3%、12時間後1%、24時間後0.7%と濁水は極めて安定していたのに対し、石膏処理区では、散布後短時間に清浄化し、30kg/10aで12時間後にSSが0.1%以下

で低下するなど、大きな濁水浄化効果が認められた(図4)。元肥施用はやや凝集を早めたが、石膏30kg/10a以上では石膏の効果が卓越し、元肥施用による差は認められなかった。大沢地区は全体にSSが中一式の1/3程度であったが、石膏の効果は中一式同様顕著であった。圃場試験においても、0.1%以下のSSが実現された時のCa濃度は、中一式で1.3mmol/l、大沢で2mmol/lであり、推定した凝集条件とほぼ一致していた。

6. 濁水排出負荷量削減効果の推定

石膏散布により漏水に関する水理特性が変化しないと仮定すると、落水および畦畔漏水による排水路への濁水排出負荷量の削減割合は、濁水濃度の時間積分で推定できる。計算結果によると、中一式地区では30kg/10aで、散布後(シロカキ後)24時間の排出負荷量が約75%削減され、大沢では30kg/10aで同じく83%程度削減できるものと推定された。

7. おわりに

本地区土壌では、シロカキで生じる高濃度の安定な濁水を、30kg/10a程度の石膏散布により効果的に沈降浄化できることが室内試験と現地試験を通じて検証され、排出負荷量を70~80%削減できることが推定された。また、凝集浄化が生じるCa濃度は、ヘテロ凝集理論による予測とほぼ一致した。石膏施用が水稻生育に及ぼす影響については、100kg/10a以下では対照と同等の収量が得られたことが滋賀県農業試験場における1993年度試験成績として報告されている。環境生態への影響など未解明な点も残されているが、濁水排出抑制の一方法として有望であろう。他の土壌への適用にあたっては、ヘテロ凝集理論による推定が有効であると考えられる。

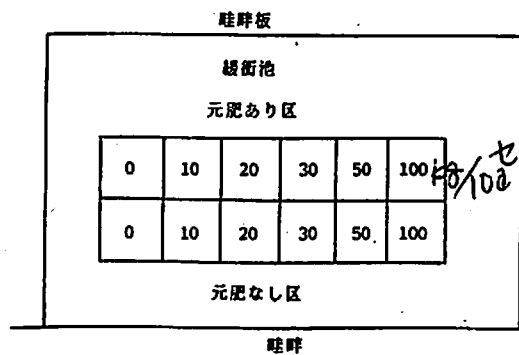


図3 現地試験区の概要

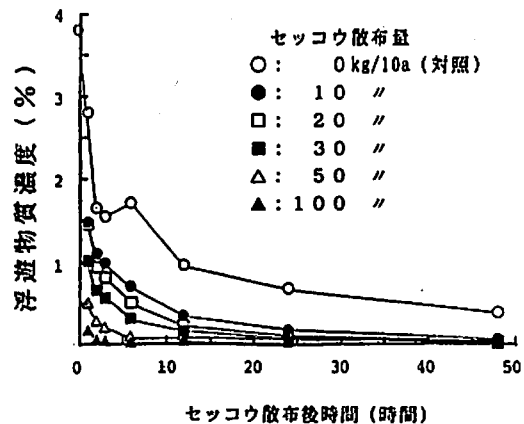


図4 石膏散布後時間と浮遊物質濃度

自由性
2500ppm
72 平均
150kg/10
以上212
収量