

12.4 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における土壌養分制御技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地農業基盤研究グループ（資源保全）

研究担当者：石田哲也、桑原 淳、岡村裕紀、横濱充宏、大深正徳

【要旨】

本研究は、地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場において、生産性及び作物の品質向上を図るため、地下灌漑時の土壌水分・土壌養分の動態を解明し、栽培作物に適正な土壌養分制御技術を開発するものである。平成 23 年度及び平成 24 年度の結果は次の通りである。

地下灌漑施設の機能を活用して、地下水位を上下させることにより根群域の土層を酸化状態にして、土層中のアンモニア態窒素を硝酸態化して洗脱する低タンパク米対策水管理試験を実施している。この試験は、泥炭が厚く堆積している 4 枚の大区画水田輪作圃場において、一定の間隔で給水と排水を複数回繰り返す地下水位制御手法で、これまで 2 日給水・1 日落水と 2 日給水・2 日落水の 2 パターンの試験を実施している。このとき圃場内地下水位の挙動は、暗渠の近傍では設定した水位まで変動していたが、暗渠と暗渠の間にまでは地下水位が十分に制御されていないことが確認できた。そのため、通常の水管理による比較対照区に対して、硝酸態窒素の減少とタンパク含有率の低下傾向は確認されたものの、圃場全体で均一に土層の還元状態が解消されるまでには至らず、無機態窒素の洗脱が想定したとおり十分には進行していない状況が認められた。

キーワード：地下灌漑、泥炭水田輪作、低タンパク米

1. はじめに

北海道には、全国に分布する泥炭農地約 22 万 ha の 40% に相当する泥炭農地が沖積平野を主体に広く分布している。道南、道央、道北南部の泥炭農地では大規模な水田営農を基幹として、国内食料供給を担っているが、農家数の激減により、今後更に戸当たり 30ha 以上の大規模経営へ移行すると想定されている。その実現には、営農作業の省力化（大区画圃場による営農の効率化、地下灌漑や乾田直播などの水管理と栽培技術の効率化）と営農の多様化（汎用田による作物の多様化と品質の向上）が必要となっている。

北海道開発局では、これらの変化に対応するため、国営農地再編整備事業による圃場の大区画化と併せて地下灌漑施設の導入を進めている。地下灌漑は、排水を目的として埋設される暗渠に給水の機能を兼用させ、地下水位を上昇させて作物の根へ水分を直接に供給する灌漑手法であり、水稲作では水管理の省力化、畑作では適切な水分供給が図られる。この地下水位を容易に制御できる機能を活用して、土壌中の水分と作物栄養成分（以下、土壌養分と表現する）を制御し、作物の品質の向上（たとえば、米粒の低タンパク化）や収量の高位安定（たとえば、小麦で 600kg/10a）という効果を発揮することが

期待されている。

そこで、国営農地再編整備事業により、圃場の大区画化と地下灌漑施設の整備が進んでいる泥炭水田地域において、地下灌漑による土壌養水分の動態を解明し、作物の収量と品質を安定して向上させる地下灌漑による土壌養分の制御技術を開発するものである。

2. 低タンパク米生産に向けた地下水制御技術の考え方

米の食味向上の観点からは、土壌養分の中でも、特に窒素が作物の品質や収量と密接に関係することから、窒素の動態を把握することが重要である。加えて、泥炭水田輪作圃場では、泥炭に由来する窒素の供給が多く、低タンパク米の生産が難しいことから、地下水位の制御により土壌中の窒素を洗脱して稲による窒素の吸収を抑制する技術の開発が求められている。

地下水位の制御によって、窒素の吸収を抑制することが可能となるのは、以下のようなメカニズムを根拠としている。

土壌中での有機態窒素は微生物の分解を受けて無機態窒素へ変化していく。畑作のような好気的条件下では、以下のような経路で変化し、最終産物は硝酸態窒素である。
有機物→タンパク質→アミノ酸→アンモニア態窒素→

亜硝酸態窒素→硝酸態窒素

水田のような嫌気的条件下では、アンモニア態窒素を硝酸態窒素化する微生物(硝化菌)が絶対好気性菌であるため、アンモニア態窒素からの硝酸態窒素の生成が進行しにくいと考えられる。

土粒子の表面は負に荷電している。そのため、アンモニウムイオンのような陽イオンは吸着保持し、硝酸イオンのような陰イオンは吸着しづらい性質を持っている。

畑作物の多くは硝酸態窒素を吸収利用する。水稻はアンモニア態窒素、硝酸態窒素のどちらでも吸収利用する。

このような窒素化合物の土壌中における形態変化、作物吸収、土壌吸着といった反応に基づいて、水稻の出穂期後の窒素成分の制御を行なえば低タンパク米の安定生産が可能となる。

この理論を実際の営農の場で実現していくためには、実際の圃場において、地下水位の意図的な調節を行い、そのときの土壌中の水分と養分の動態をデータとして蓄積・分析し、農業者が利用できる用水制御技術を開発する必要がある。

3. 現地圃場試験の内容

3.1 調査圃場

調査圃場は空知地域の、石狩川流域に発達していた原野を開拓造成した水田地帯に位置している(図-1)。4箇所の近接した試験圃場(圃場整備工事が実施された整備済水田で、A,B区は2.3ha、C,D区は1.5ha)と2箇所の対象圃場(今後の工事を予定している未整備水田で畑作利用のF区0.36haと水田利用のE区0.4ha)で構成している。2011年度の調査は試験圃場とF区で、2012年度の調査は試験圃場とE区で実施した。

試験圃場を含む工区の施工は、2009年度に実施されている。図-2に示すように30枚の水田を7枚の水田に大区画化しており、地盤高の調整のために従前地地盤を剥ぎ取った切土区域(図-2で黄色網掛けで示した)と切土を利用して従前地の地盤を嵩上げた盛土区域(図-2で緑色網掛けで示した)がある。切盛土や表土剥ぎ戻しといった圃場整備に伴う土の移動の断面模式図を図-3に示した。

大区画化後に、ビリ砂利を疎水材とした暗渠が、地下灌漑施設として10m間隔で長辺方向に埋設されている。調査圃場の2010~2012年の作付け履歴を表-1に示した。水稻が作付けされた試験区では、米の低タンパク化を目的として、水稻の出穂期以降(概ね7月下旬から8月下旬)に地下水位を上昇下降させて、硝酸態窒素の生成と

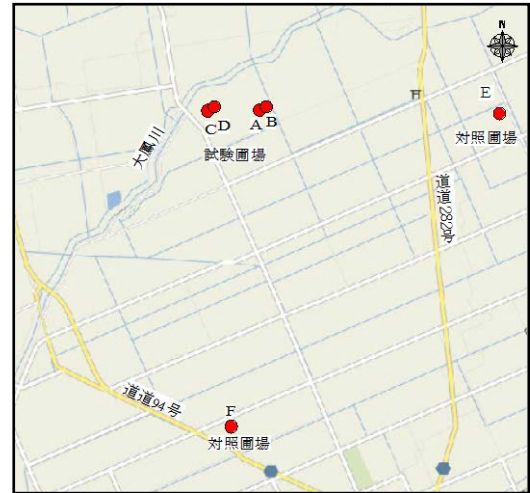


図-1 調査圃場の位置図

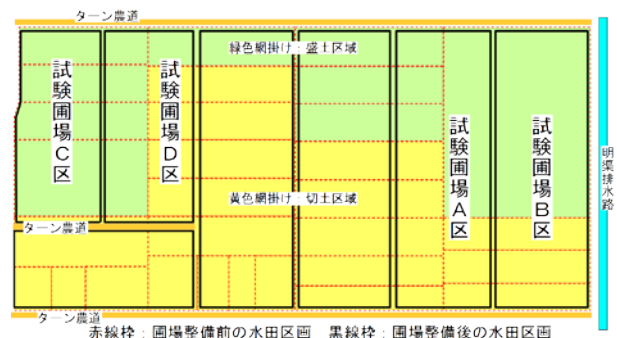


図-2 区画整理・切盛図と試験区の配置

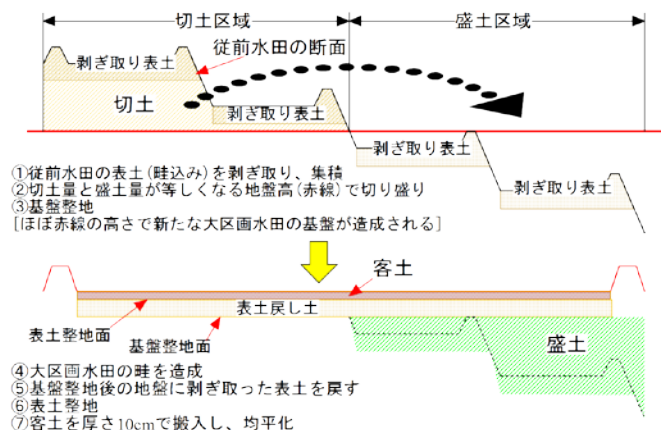


図-3 水田の大区画化に伴う運土の断面模式図

表-1 調査圃場の作付け履歴

調査圃場	2010年	2011年	2012年
A区	水稻：慣行法	水稻：慣行法	秋播小麦
B区	大豆	初冬播春小麦	秋播小麦
C区	水稻：乾田直播	水稻：無代播き湛水直播	水稻：慣行法
D区	水稻：乾田直播	水稻：無代播き湛水直播	水稻：慣行法
F区	大豆	初冬播春小麦	秋播小麦
E区	水稻：慣行法	水稻：慣行法	水稻：慣行法

洗脱を促進し、水稻の窒素吸収の抑制が期待できる手法（以下、低タンパク化対策という）を実施している。2011 年は、A 区では 7/29～8/12、C 区では 8/9～8/24 に、48 時間給水し、24 時間排水する操作を 5 回繰り返した。2012 年は、C 区で 7/28～8/16 に 48 時間給水し、48 時間排水する操作を 5 回繰り返した。

3.2 調査項目と調査手法

調査圃場の土壌の性状と地下灌漑に伴う土壌養分の変化を把握するために、以下の 5 項目の調査を実施した。

- 1) 土壌調査(土壌断面調査と試穿調査)と土壌分析
- 2) テンシオメータによる土壌水分張力の観測
- 3) Eh メータによる土壌の酸化還元電位の観測
- 4) 土中水採取器による土壌間隙水の採取と分析
- 5) 稲と米粒の窒素分析

3.2.1 土壌調査と土壌分析

2011 年度は調査 1 年目であったことから、試験圃場と F 区の土壌の概要を把握するために土壌断面調査と試穿調査および低タンパク化対策前後で任意地点での土壌試料採取を実施した。土壌調査の時期は、A, C, D 区は水稻作付け前の 5 月 10 日から 16 日にかけて、B 区は 8 月 6 日、F 区は 8 月 24 日の小麦収穫後である。2011 年度の調査箇所的位置を図-4 に示した。

2012 年度は、新規に調査圃場に加わった E 区で土壌断面調査と試穿調査を実施するとともに、土壌養分の経時変化を把握するために土壌試料を定点で適宜採取した。2012 年度の調査箇所的位置を図-5 に示した。

①土壌断面調査：試験圃場では、盛土区域において、埋設されている暗渠のすぐ脇(以下、暗渠脇という)と暗渠と暗渠の中間点(以下、渠間という)の 2 箇所を、対照圃場では任意の箇所で、深さ 1m の試坑を掘り(写真-1)、土層構成等の調査と土壌試料の採取を行った。

②試穿調査：試験圃場、対照圃場共に、任意の 10 箇所で 30cm 四方、深さ 40cm 程度の小さな穴を掘り(写真-2)、泥炭土層の上部に載っている鉱質土の土層構成の確認と層厚の計測、土層毎の土壌試料の採取を行った。

③定点土壌試料採取：暗渠埋設ラインの脇と暗渠と暗渠の中間地点で、深さ 0～15cm の表層土と 15～30cm の下層土を採取した。

④土壌分析：土壌断面調査と試穿調査で土層毎に採取した土壌試料の一般理化学性を分析した。

主要な土壌分析項目は以下のとおりである。

- 全炭素：CN コーダーを用いた燃焼法による分析で、炭素化合物の含有量を知ることができる。
- 全窒素：CN コーダーを用いた燃焼法による分析で、

窒素化合物の含有量を知ることができる。有機態窒素と無機態窒素の含量である。

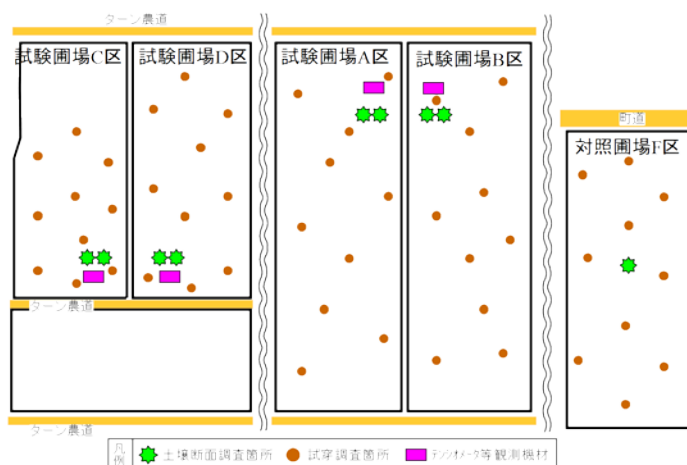


図-4 2011 年度の土壌断面調査と試穿調査の位置

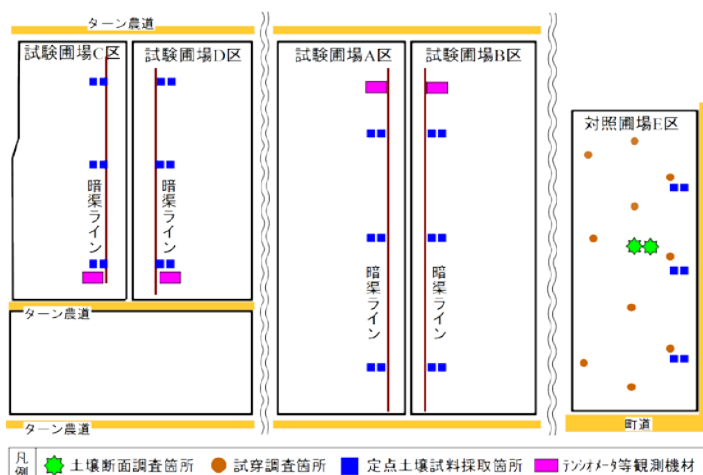


図-5 2012 年度の土壌断面調査、試穿調査、定点土壌試料採取の位置



写真-1 土壌断面調査 写真-2 試穿調査

●アンモニア態窒素：10%KCl 水溶液による土壌抽出液に含まれるアンモニア態の無機態窒素を水蒸気蒸留法で定量する分析で、土壌中のアンモニア態窒素の含有量を

12.4 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における 土壌養分制御技術に関する研究

知ることができる。

●硝酸態窒素：アンモニア態窒素と同様に抽出した土壌抽出液にデバルタ合金を添加して硝酸態窒素をアンモニア態に還元化させ、水蒸気蒸留法で定量する。上述したアンモニア態窒素の含有量との差を硝酸態窒素の含有量とする。

3.2.2 土壌水分張力の観測

土壌水分張力はテンシオメータ法で計測した。暗渠脇と渠間およびその中間点の3カ所に、深度10, 20, 30, 40, 60, 80cmにポーラスカップを埋設し、計測間隔15分で自動記録した。設置状況を写真-3に示した。

2011年度と2012年度の観測期間を表-2に示した。

表-2 土壌水分張力の観測期間

試験区	2011年	
A区	水稻→秋撒小麦	7/28～9/16
B区	春小麦→秋撒小麦	5/16～8/2、10/5～11/7
C区	水稻	7/29～10/5
D区	水稻	7/29～10/5
試験区	2012年	
A区	秋撒小麦	5/8～7/22
B区	秋撒小麦	5/8～7/23
C区	水稻	6/7～9/14
D区	水稻	6/7～9/14



写真-3 テンシオメータ設置状況

3.2.3 土壌の酸化還元電位の観測

土壌が酸化状態にあるのか、還元状態にあるのかは、養分(特に窒素成分)や水分の挙動と強い関連がある。

低タンパク対策のメカニズムを解明するにあたり、無機態窒素が酸化物＝硝酸態窒素であるのか、還元物＝アンモニア態窒素であるのかは、窒素の挙動を考える上で重要な要素となる。そこで、土壌の酸化還元の状態をEhメータで観測記録した。観測位置は、全調査圃場で渠間、センサーの埋設深度は10cmと30cmである。

写真-4に機材の設置状況とセンサーを示した。

観測期間は土壌水分張力の観測期間と同じである。

3.2.4 土中水の採取

ポーラスカップ製の土中水採取器具を用いて、地下灌漑による低タンパク対策前後での土中水を採取し、その窒素成分を分析した。写真-5に土中水採取器の設置状

況を示した。埋設深度は10, 20, 30, 40, 60, 80cmである。2011年度の土中水採取は試行的に7/29と9/13に実施した。2012年度は、C区とD区の水稲作圃場では7/17、8/6、8/8、8/23、9/14の5回採水した。A区とB区の小麦圃場では7/17のみの採水とした。



写真-4 Ehメータの設置状況とセンサー



写真-5 土中水採取状況

4. 現地圃場試験結果

4.1 土壌調査

4.1.1 土壌断面調査

試験圃場の代表的な土壌断面として、A区の暗渠脇の土壌断面を示した(写真-6)。表層約10cmは客土で、その直下、深さ約35cmまでが表土・底土層で、この土層の下部にあたる深さ20～30cmは堅密化した鋤床層となっていた。その下はヨシを主体とした埋木を含む低位泥炭の累積層であった。また、小麦を栽培していたB区の客土は下層土との混和が進み水稲作付け圃場ほど黄褐色の土層が判然とはしていなかったが、試験圃場の基本的な土層構成はいずれの区においても同じであった。これに対して、対照圃場のE区の土層構成は写真-7に示すように、作土層はプラウ耕起の及んだAp2とディスクハローによる碎土のAp1に区分でき、泥炭土層は認められなかった。写真-6と写真-7において、泥炭土層以外の土層は鉾質土である。

鉾質土層の厚さや緻密度は作物の根系伸長と関係し、泥炭土層の出現深度、層厚や分解程度は土壌の窒素供給能力の高低と関係する。調査圃場の土層構成から判断されることは、以下の2点である。

①強固な鋤床層が形成された場合は水稻の根系伸長は
鉍質土層内に制限されるが、下層の泥炭から供給される
無機態窒素による窒素吸収の過剰が生じる可能性がある。
②窒素の過剰吸収は泥炭が厚く堆積している試験圃場
で大きく、対象圃場では小さいと考えられる。

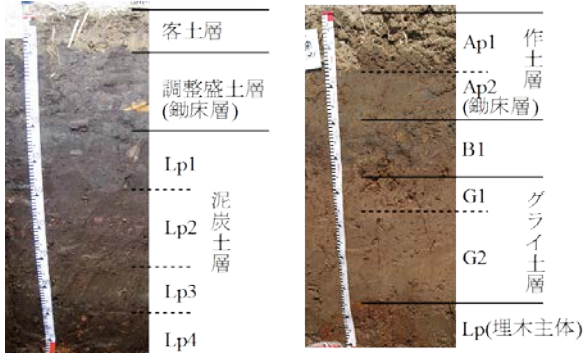


写真-6 A区土壌断面 写真-7 E区土壌断面

4.1.2 試穿調査

大区画化の施工により、表層土や下層土の層厚、泥炭
土が出現する深さにバラツキが生じていると考えられた。
このことは、作物の生育ムラや品質ムラの要因ともなる
ことから、試穿調査で確認した。

試穿調査で確認した土層の厚さを表-3に示した。

客土および Ap1（以下、両土層を併せて、表層土とい
う）は耕地の最表層に位置する土層で、A, C, D 区では、
図-3で客土と図示した部位となる。B 区と F 区ではデ
ィスクハローによる砕土深に相当し、B 区では客土と表
土戻し土層の上端部の混和層となる。表層土の厚さは、
いずれの圃場も平均すると約 10cm の厚さであり、A, B, C
区では変動係数（標準偏差を平均値で除した百分率）が約
30%となるようなバラツキの大きな状況にあった。

調整盛土層および Ap2 層（以下、両土層をととも、下
層土という）は、表層土の直下で泥炭土が出現するまで
の鉍質土層である。その厚さは、図-3の切土区域では
表土戻し土と基盤整地面以下で泥炭土が出現するまでの
土層の厚さの合計、盛土区域では表土戻し土、盛土と図
示した部位の厚さと盛土以下で泥炭土が出現するまでの
土層の合計となる。下層土の厚さは対照圃場の F 区では
15cm 程度であるが、試験圃場の A~D 区では 25~36cm と
厚くなっていた。地盤高を調整するために造成された土
層であるから、従前地盤の高低や凹凸に対応して層厚
にバラツキが生じる。

A 区で表層土、下層土ともに変動係数が大きな値とな
っているのは、12 枚もの水田を 1 枚に作り直した圃場で、
従前の地盤高の差が大きく、運土量も多かったためと考

えられる。

表-3 土層の厚さ (cm)

地点 番号	A区 表層土 下層土	B区 表層土 下層土	C区 表層土 下層土	D区 表層土 下層土	F区 表層土 下層土	E区 表層土 下層土
1	10 29	19 33	8 40	8 35	10 15	22 9
2	10 29	11 25	7 36	7 33	7 25	24 10
3	9 25	14 24	3 35	8 25	12 16	23 15
4	8 22	17 21	6 40	5 33	10 15	20 12
5	13 10	16 25	14 40	8 44	14 14	26 10
6	7 33	18 17	12 29	7 37	8 15	20 12
7	16 18	9 24	8 39	8 30	9 15	15 13
8	15 30	15 24	10 38	7 31	13 6	23 24
9	13 29	9 26	8 26	10 29	10 17	17 20
10	10 20	11 23	10 35	8 27	10 14	21 14
平均	11 25	14 23	8 36	8 32	10 15	21 14
変動係数	27% 29%	27% 17%	31% 14%	17% 12%	17% 30%	14% 34%

4.1.3 土壌分析結果

1) 全炭素含有量と全窒素含有量

試穿調査で採取した土壌試料の全炭素と全窒素の含有
率の相関を A, B, C, D 区と E, F 区に分けて図-6に示した。

A, B, C, D 区では、1 枚の圃場の中で最小値と最大値の
比率は、全炭素で 2~4 倍、全窒素で 2 倍程度の開きが
あり変動が大きかった。畑作利用の B 区では A, C, D 区よ
りも変動が小さく、やや収束の傾向にあった。

これに対して E, F 区では、値のバラツキが極めて小さ
く、F 区ではほぼ 1 点に集中していた。水平方向におい
ても、垂直方向においても均一化していると言える。

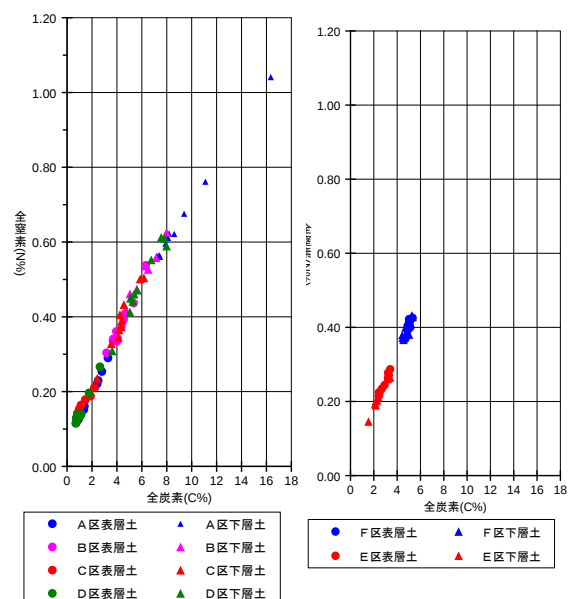


図-6 調査圃場の表層土と下層土の
全炭素と全窒素の相関

2) 土壌の無機態窒素の変化

低タンパク対策実施前と実施後に表層土と下層土を採
取し、アンモニア態窒素と硝酸態窒素の含有量を分析し
た。水稻は硝酸態窒素であれ、アンモニア態窒素であれ、
どちらの形態の窒素でも吸収利用する²⁾。低タンパク米
とは、タンパク含有率が、玄米で約 7%、精米で約 6%以下
であることが指標値³⁾となっている。低タンパク米を生
産するためには、出穂期~成熟期の窒素吸収を抑制する

12.4 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における 土壌養分制御技術に関する研究

手法が水稻作において採用されている。しかし、移植から幼穂形成期までは作物体の生育量を確保するためにも十分な窒素吸収が必要である。つまり、出穂期を境として、土壌中の窒素量を急激に減少させるという制御が求められることとなる。そこで、地下灌漑システムを利用した洗脱が効果的と期待されている。

2011 年度に低タンパク化対策の前後で採取した表層土のアンモニア態窒素含有量を図-7に、硝酸態窒素含有量を図-8に示した。

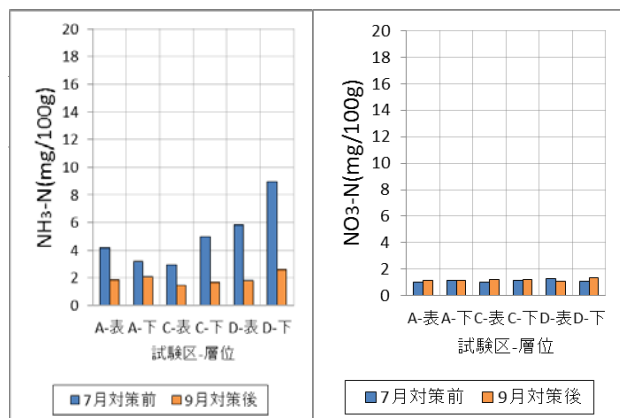


図-7 低タンパク
対策前後での土壌中
のアンモニア態窒素
の変化

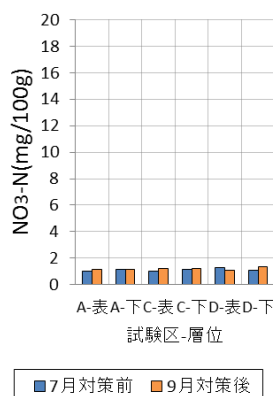


図-8 低タンパク
対策前後での土壌中
の硝酸態窒素の変化

2012 年度は、6 月初旬から水稻収穫後の 10 月上旬までの期間、定点で表層土と下層土の土壌試料を採取した。試験圃場で低タンパク化対策を実施した C 区、低タンパク化対策を実施しなかった D 区、対照圃場の E 区のアンモニア態窒素と硝酸態窒素の経時的変化を図-9～12 に示した。

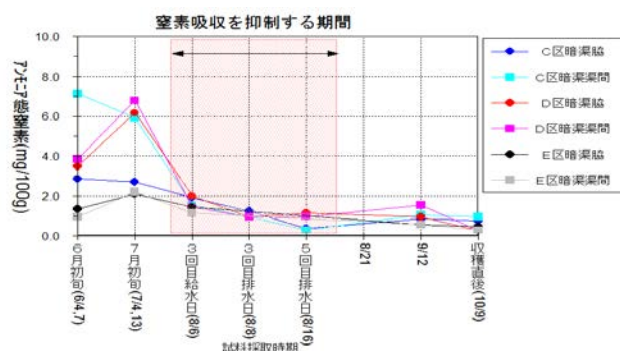


図-9 表層土のアンモニア態窒素の経時変化

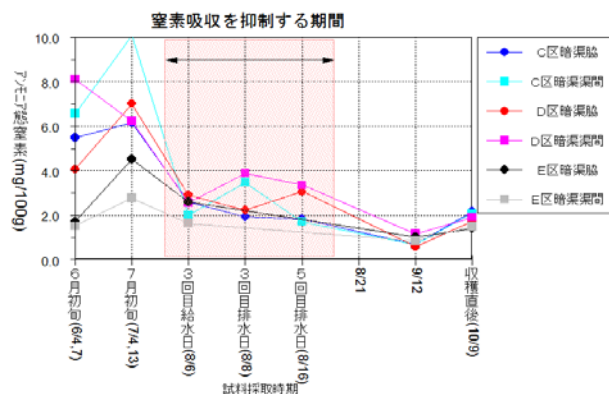


図-10 下層土のアンモニア態窒素の経時変化

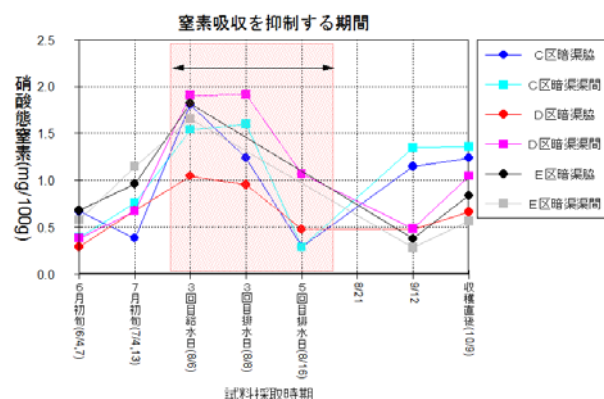


図-11 表層土の硝酸態窒素の経時変化

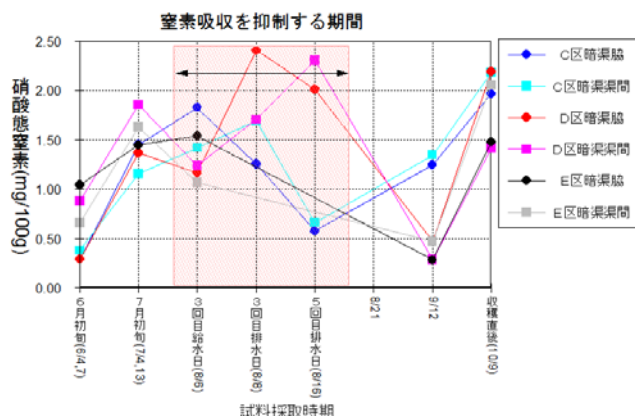


図-12 下層土の硝酸態窒素の経時変化

対照圃場の E 区で収穫される米粒のタンパク含有率は低タンパク米～一般米のレベルにある。したがって、試験圃場の土壌中の窒素の経時変化も、対照圃場と同様となることで低タンパク化が達成されると考えられる。

①アンモニア態窒素の経時変化

C 区の暗渠脇の表層土は対照圃場と同様の推移となっているが、C 区の暗渠渠間と D 区では、表層土も下層土も 7 月初旬まで高濃度であることが示されている。8 月上旬には、C、D 区ともに対照圃場と同じ濃度レベルに低

下しているが、同時期に硝酸態窒素含量の上昇が認められ、アンモニア態窒素が硝酸態窒素に変化したと推察される。

図-9 表層土のアンモニア態窒素の経時変化

②硝酸態窒素の経時変化

8 月初旬から中旬の低タンパク化対策を実施した期間において、C 区と D 区では濃度の変化が明らかに異なっており、C 区での低下が認められる。このことは、低タンパク化対策により硝酸態窒素の洗脱が可能であることを示唆している。

4.2 土中水の窒素成分の分析結果

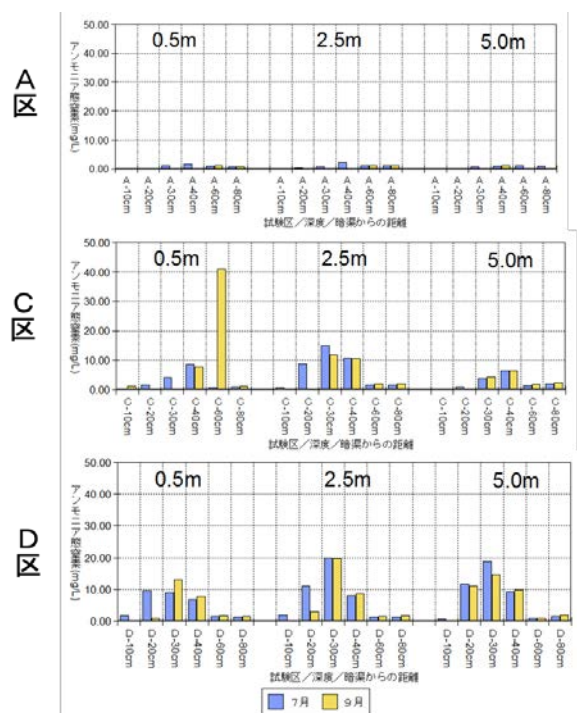


図-13 土中水のアンモニア態窒素の含有量

図-13 に、2011 年における土中水のアンモニア態窒素の含有量を示した。

図中の 0.5m、2.5m、5.0m の記載は、暗渠の埋設ライから離れている距離である。C 区の 0.5m、採水深度 60cm、9 月のアンモニア態窒素の含有量が突出して大きい、その理由は不明であり、このデータを除けば、総じて、いずれの試験区においても、低タンパク対策前後でのアンモニア態窒素の含有量に有意な差はないと言える。

一方、硝酸態窒素は、低タンパク化対策前に検出されていたが対策後には全く検出されなくなっていた。これらのことから、低タンパク化対策による地下水の上昇下降で土粒子に捕捉されにくい硝酸態窒素は洗脱され、土粒子に捕捉されやすいアンモニア態窒素は保持されてい

たとえられる。

土壌と土中水の無機態窒素濃度の変化から、低タンパク化対策による硝酸態窒素の洗脱は可能と考えられる。しかし、アンモニア態窒素の濃度に比べて、硝酸態窒素の濃度は低いため、洗脱による効果は大きくないと考えられる。

低タンパク化対策の実効性を高めるためには、アンモニア態窒素の硝酸態窒素化を強く促進させることが求められる。アンモニア態窒素の硝酸態窒素化を促進するためには、土壌をある程度乾燥化させることが必要である。このような窒素の形態変化をスムーズに進行させながら地下灌漑システムの適宜な利用を組み立てていかなければならない。

4.3 稲と米粒の窒素成分の分析結果

4.3.1 稲の窒素成分

稲は止葉期(7/17)と成熟期(8/20)に、C 区と D 区で採取して、根部・茎葉部・穂部に分離して窒素成分を分析した。供試体を写真-8 に、分析結果を表-4 に示した。



写真-8 稲の供試体

表-4 稲の窒素成分の分析結果

(単位：%)			
試験区	部位	止葉期	成熟期
C 区	根部	1.13	0.90
	茎葉部	2.61	1.52
	穂部	—	1.31
D 区	根部	1.13	0.94
	茎葉部	2.79	1.74
	穂部	—	1.36

作物栄養診断基準¹⁾では、茎葉部の窒素含有率の基準値が示されており、止葉期で 1.8～2.6%、成熟期で 0.6～0.8%となっている。この基準値で供試体の分析値を評価すると、止葉期においてはほぼ満足しているが、成熟期においては約 2 倍となっており、稲に

よる窒素の過剰吸収が認められる。しかし、今回の供試体は試験圃場の中で標準的な生育を示している株を採取したもので、暗渠との位置関係は配慮していない。地下水位の観測結果では、暗渠渠間より暗渠脇で大きく水位が変動していることが示されており、低タンパク化の効果の発現状況が異なっている可能性が考えられる。そのため、稲の供試体も暗渠直上で生育した株と、暗渠渠間で生育した株を仕分けて分析を行う必要があり、2013年度の調査で実施する。

4.3.2 米粒のタンパク含有率

2011年産と2012年産の米粒のタンパク含有率を図-14に示した。

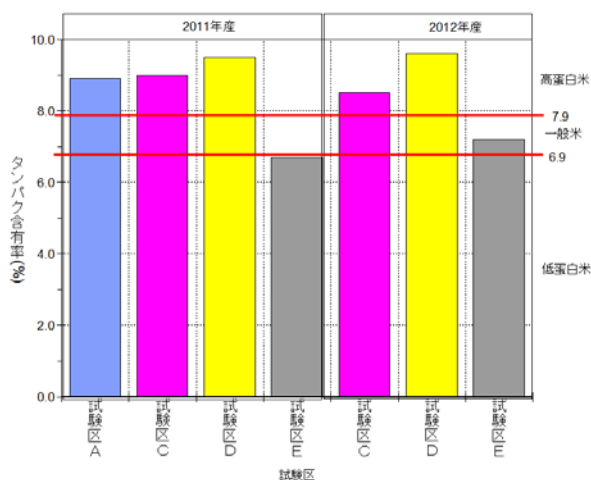


図-14 米粒のタンパク含有率

北海道米の精米のタンパク含有率は、6.9%未満で低タンパク米、6.9～7.9%で一般米、7.9%を超えると高タンパク米とされている³⁾。調査圃場で収穫された米粒のタンパク含有率は、対照圃場では低タンパク米～一般米の品質であるが、試験圃場では2カ年とも高タンパク米の品質であった。しかし、低タンパク化対策を継続しているC区では0.5ポイントの低下が認められ、低タンパク化対策を実施していなD区では変化がない。このことから、低タンパク化対策が徐々に効果を生じ始めてきている可能性がある。

5. 室内実験

5.1 目的

低タンパク化対策における地下水位の制御パターンは、給水日数と排水日数の期間の組み合わせとなる。また、低タンパク化対策が効果的な時期は、水稻が米粒への窒素蓄積を開始する出穂期以降の20日間と考えられている。この限られた時期に現地圃場で多様な制

御パターンを実験することは困難である。

そこで、土壌中の窒素成分は、どのようなパターンで排水と湛水を行うことで効率良く減少するのかを確認することを目的として室内実験を実施した。窒素成分の減少は以下のプロセスで進行することを想定している。

有機態窒素の無機化＝適潤状態で進行する

↓

無機態窒素の硝化＝排水状態で進行する

↓

硝酸態窒素の洗脱＝湛水状態から排水する時に生じる

5.2 装置の概要

実験装置の外観を写真-9に示した。一組の実験装置は、以下の部品で構成している。

①水槽：幅150×奥行300×高さ900mm。

底部に給水と排水のためのバルブをセット。

②土柱籠：直径50mm×長さ700mmのステンレス製パンチングメタルの有底円筒。

③不織布袋：直径50mm×長さ750mm。供試土壌を充填して土柱籠に収めるための不織布を縫製した袋。この実験装置を7組作製した。



写真-9 室内実験装置の外観

5.3 実験方法

試験圃場から定点で採取して風乾保管してあった表層土と下層土を、それぞれに混和調整し、室内実験供試土とした。充填密度は現地土壌と近似させることとし、60cmの供試土柱の上部30cmには表層土を489g、下部30cmには下層土を553g充填した。

この供試土柱を56本作成し、室内温度を30℃に設定した恒温室に置いた7個の水槽にそれぞれ8本づつ投入し、バルブから蒸留水を給水して供試土柱を完全に水没させた。

第3区にはEhメータを仕込んだ供試土柱を2本(Ehセンサーの深度が10cmのものと50cmのもの)追加し、土壌の還元状態をモニタリングした。

12.4 地下灌漑を伴う泥炭水田輪作圃場における 土壌養分制御技術に関する研究

供試土中を水没させてから、19 日後に Eh メータの値が-150mV より低下したことから、排水と給水の操作を開始した。排水期間と給水期間の組み合わせの違いを試験区とし、設定した試験区は7区で、図-15 に示した。

図-15 で、茶色は排水状態、水色は湛水状態であることを意味している。また、青四角印は供試土柱を1本採取したタイミングを示した。採取した供試土柱は 10cm 刻みに6分割して風乾し、窒素分析に供した。

処理区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1区	13排1給1排																以下、落水
2区	4排1給×3回																以下、落水
3区	1排1給																以下、落水
	2排1給																
	3排1給																
	4排1給																
4区	2排1給×5回																以下、落水
5区	2排2給×4回																以下、落水
6区	1排2給×5回																以下、落水
7区	0排16給																以下、落水

図-15 室内実験での試験区設定

5.4 実験結果

6 分割した深さ別の試料ごとの全窒素含有率を図-16～図-21 に示した。

有機態窒素であれ、無機態窒素であれ、洗脱されれば全窒素の量は減少することとなる。今回の実験では、そのような明らかな結果は得られなかったが、以下の知見を得ることができた。

①20～30cmの土層は、その直下で土壌の充填密度が大きくなり、重力水や毛管水の移動速度の変曲点になっていると考えられる。この土層では、全ての試験区で実験終了時には実験開始時の窒素含有率より高い値となった。このことから、現地圃場では鋤床層の直上で窒素濃度の上昇が生じている可能性があり、調査を行う必要がある。

②7 種類の処理区の中で、最も強い乾燥状態とした第1区においても期待したような窒素濃度の低下が生じなかった。硝酸化成菌等の微生物の活性維持を配慮した水分の維持が必要と考えられる。

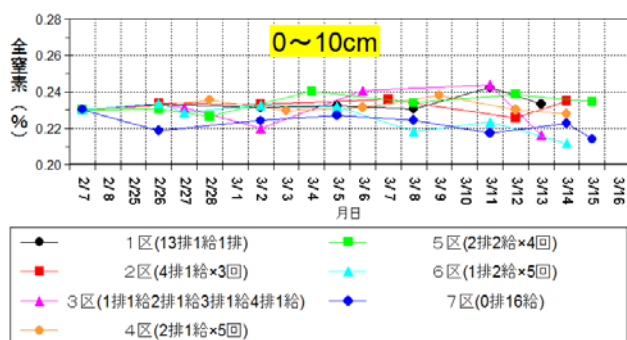


図-16 深さ 0～10cm の土層の全窒素の経時変化

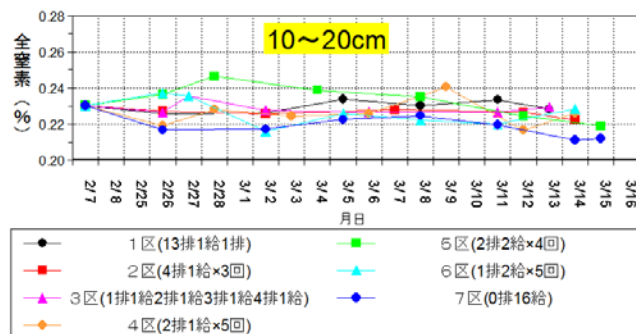


図-17 深さ 10～20cm の土層の全窒素の経時変化

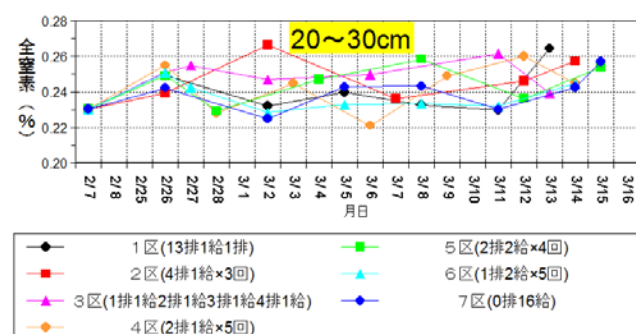


図-18 深さ 20～30cm の土層の全窒素の経時変化

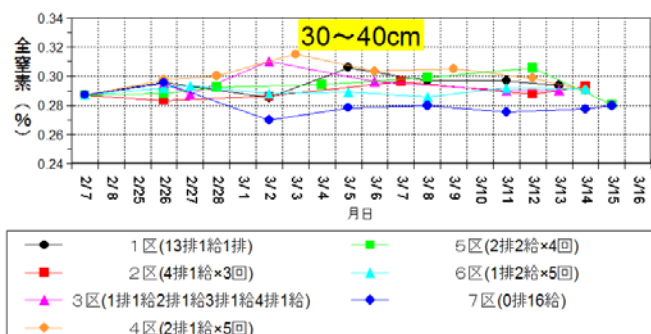


図-19 深さ 30～40cm の土層の全窒素の経時変化

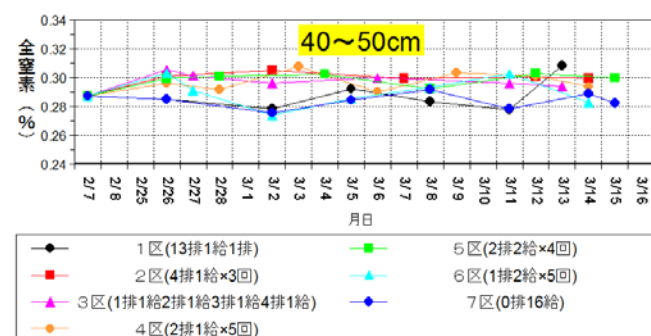


図-20 深さ 40～50cm の土層の全窒素の経時変化

部資源課監修、平成12年1月

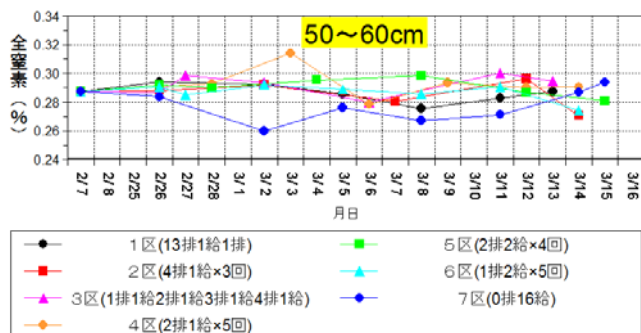


図-21 深さ 50~60cm の土層の全窒素の経時変化

6. まとめ

2 ヶ年の現地調査から以下の事項が明らかとなった。

- ①土壌中の硝酸態窒素は、低タンパク化対策により洗脱されていると評価できる結果が得られた。
しかし、その量は小さいことから、硝酸化成を強く進行させる対策と複合させる必要が示唆された。
- ②土壌中のアンモニア態窒素は、低タンパク化対策の適期である出穂期～成熟期において、表層土は適正な濃度にあるが、下層土において高い状態にあった。室内実験においても、土層の緻密度が大きくなる土層の直上に窒素の集積が認められた。これらのことから、鋤床層の上部の窒素を硝酸態窒素化して洗脱する方法の追究が必要と考えられた。
- ③米粒のタンパク含有率の試験区比較では、低タンパク化対策の実施によりタンパク含有率が低下する傾向が認められたが、品質評価基準では高タンパク米のレベルにある。また、稲の茎葉部の窒素含有率は作物栄養診断基準の値を大きく上回っており、窒素の過剰吸収が認められた。分析に供試した株は、圃場内で標準的な生育をしている株を無作為に用いたが、低タンパク化対策による地下水の上昇下降に大きな差がある暗渠近傍と暗渠間を明確に仕分けた供試体の採取と分析により、確認する必要がある。

参考文献

- 1) 北海道農政部：北海道施肥ガイド 2010(施肥標準・診断基準・施肥対応)、平成22年3月
- 2) 山根一郎：水田土壌学、社団法人農山漁村文化協会、昭和57年8月
- 3) 社団法人北海道米麦改良協会：平成24年度産に向けての北海道の米づくり、平成24年2月
- 4) 社団法人農業土木学会：土地改良事業計画設計基準 計画「ほ場整備(水田)」基準書 技術書、農林水産省構造改善局計画

A STUDY ON SOIL NUTRIENT CONTROL TECHNOLOGY IN PEATY PADDY-UPLAND ROTATION FIELD AREAS WITH SUBSURFACE IRRIGATION

Budgeted : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Rural Resources Conservation
Research Team

Author : ISHIDA Tetsuya

KUWABARA Jun

OKAMURA Yuuki

YOKOHAMA Mitsuhiro

OFUKA Masanori

Abstract : The object of this study is to develop optimum soil nutrient control technology for rise of yields and qualities of crops by elucidating movement of nutrition and water under subsurface irrigation technique in peaty paddy-upland rotation field. The result of investigation in fiscal year 2011 and 2012 were as follows:

By using subsurface irrigation system, we rose and fell the ground water level and tried to decrease protein content of rice by making the root area oxidized condition to change ammonium-nitrogen to nitrate-nitrogen and flush nitrate-nitrogen. Using four large scale peaty paddy fields, we tried two-patterns of groundwater control, the one was five rotations of two days up and one day down the other was five rotations of two days up and two days down. At that time, clear fluctuation of ground water level was only occurred near under drainage. And insufficient fluctuation of ground water level was observed between under drainages. Because of that, only slight decreases of nitrate-nitrogen in root area and of protein content of rice were confirmed.

Key words : subsurface irrigation, peaty paddy-upland rotation, low-protein rice