

平成 23 年度 新潟大学プロジェクト推進経費研究成果報告書

新潟大学長 下條文武 殿

申 請 者

所 属 農学部

代表者氏名 大山卓爾 印

本年度の交付を受けたプロジェクト推進経費について、下記のとおり報告いたします。

プロジェクトの種目：助成研究 A
プロジェクトの課題：石灰窒素の深層施肥による作物の増収と環境保全型農業の両立
プロジェクトの代表者：所属 農学部 職名 教授 氏名 大山卓爾 分担者 7 人
プロジェクトの成果：(別紙可) プロジェクトの目的 現在、地球規模での人口増加により、2050 年には世界人口は 90 億人に達すると予想されている。一方、食料生産に関しては、20 世紀に化学肥料や農薬の使用等により作物の生産性を数倍に向上することができたが、一方で過剰な窒素肥料の施肥や有機物の農地への還元が行なわれなくなった事から、地力の低下や地下水や大気汚染が引き起こされてきた。作物の生産性の維持と、環境保全の両立はこれからの人類生存の最重要課題である。本プロジェクトは、これまで申請者らが考案した石灰窒素の深層施肥技術によるダイズの生産性向上技術をオオムギやイネなどにも適用し、肥料利用率の向上と環境保全の両立をはかり、世界の持続的農業に貢献する事を目的としている。本プロジェクトでは、新潟大学農学部の土壌肥料植物栄養学分野を中心とし、作物学分野、農業機械分野からも参加する。また、条件の異なる地域での実践的な試験を行うために、新潟県農業総合研究所と、秋田県立大学生物資源科学部に協力頂く。 平成 23 年度の成果の概要 石灰窒素の土壌中や植物体内における挙動を解析するための新たな ^{15}N 測定技術を開発した。また、ダイズの収量が増加しにくい原因として、同一圃場内で生育が異なり生育の良い株と悪い株が交互にならぶ傾向が認められた。ダイズ栽培圃場の土壌の化学特性や微生物特性を測定した。オオムギのアンモニウム吸収機構を解析するために、アンモニウムトランスポーターの遺伝子の単離に成功した。被覆尿素または石灰窒素の深層施肥が、多収性水稻の生育、収量への影響を解析した。石灰窒素の深層施肥区では、他の処理区に比べ登熟歩合が、10%程度上回った。深層施肥に要する施肥機のエネルギー測定を行なった。全層耕起型の試作機 PTO 軸トルクと所要動力は耕深に伴って増加する傾向を示した。 本プロジェクトの成果を更に発展させるため、本プロジェクト参加教員と協力機関の新潟県農業総合研究所、秋田県立大学生物資源科学部、農研機構北陸研究センターおよび石灰窒素肥料製造メーカーである電気化学工業株式会社、および農業機械メーカーの松山株式会社と共同で、農林水産省の平成 23 年度「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に、課題名「窒素深層施肥による水田フル活用一大豆、麦、多用途米の新規生産向上技術の開発と普及」で応募し、採択された。研究実施期間は、平成 23 年度より 25 年度である。 シアナミド、ジシアンジアミド、尿素の新規 ^{15}N 分析方法の検討 カルシウムシアナナミドを主成分とする石灰窒素の土壌および植物体内における挙動の解析のため、^{15}N 標識石灰窒素および分解産物の ^{15}N 濃度を発光分光法で測定する新規の方法の開発を行なっ

た。石灰窒素の分解、重合産物と考えられているシアナミド、ジシアンジアミドについては、薄層クロマトグラフィーにより分離し、クエン酸を含むニンヒドリン溶液で検出した。このとき溶媒としてプロパノール、ブタノールあるいはイソアミルアルコールを用いた。尿素およびシアナミドについてはニンヒドリンで検出することができたが、ジシアンジアミドは検出する事ができなかった。さらに、この発色は 30 から 1 時間程度で退色するため、 ^{15}N 発光分光法には発色直後にかきとる事が必要であることが確認された。

石灰窒素の深層施肥がダイズ栽培に及ぼす影響の解析

ダイズは、同一圃場でも株ごとに生育が異なり、欠株や著しく生育が劣る株の存在が全体の収量を下げている。ダイズの収量は莢数と比例関係にあるため、長岡市の新潟県農業総合研究所の長倉転換畑圃場で栽培したダイズの株ごとの生育のばらつきを株あたり莢数を指標にして調べた。2011 年 9 月 26 日の登熟始期 (R7 期) に同一の畝に栽培されている 14 株の莢数を調査した。最高は 180 個、最低は 21 個で、約 9 倍の開きがあった。平均値は、99 個であった。また、莢数の多い株と少ない株が交互に並んでいる傾向が認められた。このことは、最初に生育の良い株が隣の株を遮光し、その生育を抑制した可能性を示す。

石灰窒素深層施肥区 (基肥 1.6 kg-N/10a 混合施肥+石灰窒素 10 kg-N/10a 深層施肥)、被覆尿素深層施肥区 (基肥 1.6 kg-N/10a 混合施肥+被覆尿素 10 kg-N/10a 深層施肥)、及び対照区 (基肥 1.6 kg-N/10a 混合施用のみ) においてそれぞれダイズを栽培し、収穫期に 0~30 cm 層の土壌を採取した。採取した土壌を 5 cm 毎に切り分け、それぞれの土壌化学性を測定中した結果には各処理の影響はほとんど認められなかった。すなわち、含水率は深さ 10 cm 以下では 27~30% で安定していたが表層では 22~27% とやや乾燥状態であった。土壌 C/N 比は 0~5 cm 層で約 10 と最も大きく、深くなるにつれて徐々に小さくなり、10~30 cm 層ではほぼ同じ (約 9.3) だった。アンモニウム態窒素はどの層でもほとんど検出されなかった。また土壌 DNA の抽出を行い、土壌細菌群集構造を 16S rDNA に基づく PCR-DGGE 法にて比較したところ、層位別のバンドパターンにはこれといった特徴が認められなかった。以上のように深層施肥から 5 カ月後の土壌試料に関しては、深層施肥に起因する土壌理化学性や微生物性の変化はほとんどないことが分かった。

石灰窒素の深層施肥がオオムギ栽培に及ぼす影響の解析

石灰窒素を深層施肥した場合、石灰窒素の分解によって生じたアンモニウムイオンは、硝化を受けにくく、そのままの土壌中にとどまると考えられる。オオムギの根におけるアンモニウムイオンの吸収機構を解明するため、オオムギの根からアンモニウムトランスポーター遺伝子を単離した。その遺伝子は、根で発現していることが確かめられ、タンパク質は根の表皮に近い細胞に存在していることが明らかになった。アフリカツメガエル卵母細胞を用いた発現系においては、このタンパク質がアンモニウムイオンの輸送活性を確認できなかった。一方、 ^{15}N 標識したアンモニウムイオンを用いて、オオムギ植物体におけるアンモニウムイオン吸収の速度論的解析を行ったところ、オオムギのアンモニウムイオン吸収系は、基質に対する K_m 値が約 $80\ \mu\text{M}$ と非常に低いことが明らかとなった。

被覆尿素または石灰窒素の深層施肥が水稻栽培に及ぼす影響の解析

肥効調節型肥料 (被覆肥料) と石灰窒素の肥料種および接触施肥と深層施肥の施肥法の差異が、多収性水稻品種の全量基肥施肥不耕起直播栽培における収量形成過程に及ぼす影響を検討した。本年度は、昨年の結果から施肥量を増加した。その結果、いずれの処理区もほぼ同程度の収量がえられたが、石灰窒素の深層施肥区では、他の処理区に比べ登熟歩合が、10% 程度上回った。しかし、千粒重はいずれの処理区とも 20g 程度となった。千粒重の増加には、シンクである籾殻の大きさや、登熟期のソース活性と同化産物の転流効率の向上が必要である。このためには、登熟期の気象条件が良好であること、肥料や土壌からの窒素が十分に供給されることが必要であることが明らかとなった。

深層施肥に要するエネルギーの測定

深層施肥に要する施肥機のエネルギー測定を行なった。全層耕起型の試作機 PTO 軸トルクと所要動力は耕深に伴って増加する傾向を示した。作業機側回転数は各実験条件下で 280rpm 前後に保たれ、耕深に伴って減少した。部分耕起型の改良機 PTO 軸トルクは、上記試作機と同様に耕深に伴って増加した。供試水田の耕深 15cm、L2 速、耕深 20cm と 25cm でロータリ内に土塊の抱え込み及びイネ残渣の巻きつきによる過負荷が生じ、作業機側回転数が 75rpm 前後と低下した。特に、L2 速、耕深 20cm ではトルクが 614Nm となり、L1 速、耕深 25cm では機関が停止した。含水比が低

く、土壌の粘りが比較的少ない畑地の耕深 15cm までは改良機による所要動力低減、つまりエネルギー消費の節減効果が認められた。粘性度が高く土塊を形成しやすい特徴を有するシルト質埴土では、改良機による深層耕起は現時点では困難であると考えられた。

農林水産省「平成 23 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」「窒素深層施肥による水田フル活用—大豆、麦、多用途米の新規生産向上技術の開発と普及」の採択

平成 21、22 年度に実施した新潟大学プロジェクト推進研究の成果を基盤に、農林水産省「平成 23 年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に「窒素深層施肥による水田フル活用—大豆、麦、多用途米の新規生産向上技術の開発と普及」を申請し採択された。この課題では、北陸研究センターが開発した畝立て栽培技術と、新潟大学と新潟県が開発した緩効性肥料の深層施肥技術を組み合わせて、大豆の安定多収栽培をめざすとともに、深層施肥機の汎用化により、大麦、小麦、多用途米生産にも利用することを目的した。本課題の、代表機関は新潟大学農学部がつとめ、併せて大豆、大麦、多用途米の栽培試験と関連する基礎研究を担当する。独立行政法人北陸研究センターでは、大豆畝立て深層施肥試験を、秋田県大学では、大豆と小麦の試験を実施する。新潟県農業総合研究所作物センターでは、現地実証試験、技術マニュアルの作成を通して、普及センター、各 JA 等との協力による技術の普及を行なう予定である。さらに、肥料メーカーである電気化学工業株式会社は、大豆の畝立て深層施肥による現地実証と農家への普及を、また、農業機械メーカーである松山株式会社は、深層施肥機の改良と普及を担当する。

(注) 報告書は 2 枚以上とする。別紙による場合も同じ

プロジェクト成果の発表（論文名，発表者，発表紙等，巻・号，発表年等）（別紙可）

- 1) A New Technology of Deep Placement of Slow Release Nitrogen Fertilizers for Promotion of Soybean Growth and Seed Yield. Kaushal TEWARI, Yoshifumi NAGUMO, Yoshihiko TAKAHASHI, Kuni SUEYOSHI, Norikuni OHTAKE and Takuji OHYAMA
In Advances in Environmental Research, Volume 9, Editor: Justin A. Daniels. 1-39, Nova Science Publishers, Inc. New York (2011)
- 2) Production and consumption of green vegetable soybeans “Edamame”. Yoshihiko TAKAHASHI and Takuji OHYAMA, In Soybeans: Cultivation, Uses and Nutrition. 427-443, Nova Science Publishers, Inc. New York (2011)
- 3) Effect of nitrate on nodulation and nitrogen fixation of soybean. Takuji OHYAMA, Hiroyuki FUJIKAKE, Hiroyuki YASHIMA, Sayuri TANABATA, Shinji ISHIKAWA, Takashi SATO, Toshikazu NISHIWAKI, Norikuni OHTAKE, Kuni SUEYOSHI, Satomi ISHII and Shu FUJIMAKI, In Soybean, Physiology and Biochemistry. Ed. by HA. El-Shemy, 333-364, InTech, Rijeka, Croatia, Open access URL <http://www.intechweb.org/books/show/title/soybean-physiology-and-biochemistry>
- 4) 第3章 作物栄養条件がしわ粒発生に及ぼす影響の解明. 2. 窒素施肥法が子実成分集積としわ粒発生に及ぼす影響, 大山卓爾・大竹憲邦・末吉 邦・ティワリ カウサル・南雲芳文・土田徹・高橋能彦、ファーマーシングシステム研究「北陸地域に多発する大豆しわ粒の発生防止技術の開発」、10巻 50-75 (2011)
- 5) Power and Energy Requirement for Deep-Placement Fertilizer Applicator. Takanori Fujii, Hideo Hasegawa, and Takuji Ohyama. The 13th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering and International Conference on Agricultural Engineering. (2012)
- 6) 12-4「ダイズ栽培における窒素及びリン酸質肥料の施用効果」（ポスター発表）日本土壤肥料学会 2011 年度つくば大会
- 7) 「水稻多収性品種における肥効調節型肥料の全量基肥施肥不耕起直播栽培」 バイオマス&エネルギー expo in 新潟 朱鷺メッセ (2012)
- 8) Effect of L- β -Phenyllactic acid on growth of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. Adachi, Y., K. Kimura, M. Saigusa and T. Oyama H. Watanabe Plant Production Science (In submission) (2012)
- 9) 「ダイズ根粒の生長におよぼす硝酸、温度、明暗条件の影響について」平成23年度植物微生物研究会、開催地岡山大学
- 10) ダイズの窒素栄養と生産性 シンポジウム：植物栄養と作物の生産性、大山卓爾、日本土壤肥料学会 2011 年度つくば大会
- 10) 「ダイズの窒素固定と代謝に関する基礎的研究とそれに基づく施肥法の開発」、大山卓爾、日本土壤肥料学会：土と肥料の講演会 (東京)
- 11) 基調講演：ダイズ生産 における共生窒素固定の役割、大山卓爾、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 転換畑連作ダイズの収量低下防止・回復技術の実用化・成果発表会 (京都)
- 12) 古川恵・安達祐介・大山卓爾・渡邊 肇 肥効調節型肥料の全量基肥施肥不耕起直播栽培における水稻多収品種の生育と収量 日本作物学会紀事 79(別2):230-231. (2010)

収支決算書

単位：円

配分額：6，300，000円					
費目別収支決算表					
設備備品費	消耗品費	旅 費	謝金・賃金	そ の 他	合 計
2,978,346	2,501,031	433,760	147,418	239,445	6,300,000
設備備品費内訳					
設備備品名	仕様・型式等	数 量	単 価	金 額	
ガスクロマトグラフ	(株)島津製作所 GC-2014	1 式	2,400,000	2,400,000	
直結型ロータリーポンプ	RV3	1 式	349,125	349,125	
マイクロ冷却遠心機	3500	1	229,221	229,221	
計				2,978,346	
消耗品費内訳					
品 目		数 量	単 価	金 額	
試薬、器具等		1	2,501,031	2,501,031	
計				2,501,031	
旅 費 内 訳					
事 項 ・ 出張先		回 数	単 価	金 額	
農林水産省・東京		1	24,060	24,060	
農林水産省・東京		1	23,780	23,780	
南青山会館・東京		1	23,660	23,660	
つくば国際会議場・つくば		1	50,000	50,000	
新潟県農業総合研究所・長岡		1	5,980	5,980	
岡山大学・岡山		1	73,480	73,480	
山口大学・山口		1	113,480	113,480	
新潟県農業総合研究所・長岡		1	6,440	6,440	
大阪府立大学・堺		1	60,020	60,020	
東京農工大学・府中		1	52,860	52,860	
計				433,760	
謝 金 ・ 賃 金 内 訳					
事 項		員 数	単 価	金 額	
非常勤職員（3月分）		1	147,418	147,418	
計				147,418	
そ の 他 内 訳					
事 項		員 数	単 価	金 額	
投稿料、参加費及び機器運搬等		1	239,445	239,445	
計				239,445	