

秋田県大潟村で展開されている新しい水田農法

—育苗箱全量施肥を用いた不耕起および無代かき移植水稻栽培—

秋田県農業試験場 大潟農場

主任専門研究員 太 田 健

(現：中央農業総合研究センター 土壤肥料部)

1. はじめに

かつて22,024haと、我が国第二の湖だった八郎潟は、昭和32年に始まった干拓事業により昭和41年に干陸され、17,203haの新たな農地となった。昭和43年から営農が始まり、現在、干拓地に誕生した大潟村では560戸の農家が一户当たり1.25haの圃場を12枚、合計15haを耕作している。干拓地の土壌の8割は「ヘドロ」と呼ばれている低湿重粘土で、粘土含量が約50%と特異な土壌である¹⁾。干陸から35年以上たった現在も地耐力が弱く、農家は大型機械の走行と作物生産に支障がない基盤作りのため、暗渠や明渠の施工などに多大な労力を費やしている²⁾。物理性、排水性は不良だが、リン酸やカリが豊富で地力窒素の供給も多く、化学的な肥沃度は高い。

筆者が秋田県農業試験場大潟農場の指定試験主任として、この大潟村に赴任したのは平成9年の4月であった。大潟村の農家や大潟農場が水稻の不耕起移植栽培に取り組んで約10年、基本的な技術は完成した時期であった。不耕起移植を実践し

ている農家グループ、O-LISA研究会（大潟村低投入持続型農業研究会）所有の不耕起田植機で初めて田植えをした時は、正直言って、これで本当に苗が活着し、実りの秋を迎えられるのか心配だった。苗よりも前年の稲株が目立つ不耕起水田の活着は代かきに比べ遅く、分けつも遅れたが、素人目にも稲の姿が良く秋の実りは充実していた。

「肥効調節型肥料」を用いた「育苗箱全量施肥」による「不耕起移植水稻栽培」および「無代かき移植水稻栽培」はO-LISA研究会を中心に、JA、農機具や肥料メーカー、秋田県立大や農業試験場の研究者が一体となって開発・改良した技術である。この新しい水稻栽培法は省力・低コスト栽培法であり、また、環境調和、環境修復型の農法でもある。

これらの農法・技術を一冊の本にまとめる編集をお手伝いすることになり、私は、この新しい農法の開発の経緯や八郎潟干拓の歴史、農家の営農の実態を知ることになった。当初、この本は自費出版として関係者だけに配布されたが、現在は農

本 号 の 内 容

§ 秋田県大潟村で展開されている新しい水田農法……………	1
—育苗箱全量施肥を用いた不耕起および無代かき移植水稻栽培—	
秋田県農業試験場 大潟農場	
主任専門研究員 太 田 健	
(現：中央農業総合研究センター 土壤肥料部)	
§ 肥効調節型肥料を鉢上げ時に利用した	
セルリーの施肥量削減……………	7
静岡県農業試験場 土壤肥料部	
副 主 任 小 杉 徹	
§ 肥料と切手よもやま話 (3) ……………	10
	越 野 正 義
§ 2002年本誌既刊総目次……………	11

文協から庄子貞雄監修「大潟村の新しい水田農法－育苗箱全量施肥・不耕起・無代かき・有機栽培－」として出版されている。最初に、この本の内容を簡単に紹介し、次に、新しい農法の特徴と、水・大気・生物環境に与える影響について述べてみたい。

2. 「大潟村の新しい水田農法」の紹介

この本は「I. 我が家の農法」、「II. 大潟村の農業と自然」、「III. 新農業技術の生い立ち」の3章から構成されており、全265ページ、農文協から出版されたのは2001年12月である。

「I. 我が家の農法」は、育苗箱全量施肥や不耕起、無代かき栽培を実践しているO-LISA研究会のメンバー11人による執筆である。干拓当初の苦労話や思い出、昆虫少年だった農家が観察した不耕起水田の生物の豊かさ、「ヘドロ」土壌と格闘する営農の実態、不耕起栽培や育苗箱全量施肥などの新しい技術開発に挑戦する熱意と工夫、農家の生の迫力ある文章が続く。

「II. 大潟村の農業と自然」の前半は、大潟村に昭和45年、4次入植農家として入村し、今は県立大の教官として活躍している著者が書いている。干拓の歴史から始まり、入植当時の手作業による田植えや入植農家の生活の様子、1.25haという大区画ヘドロ土壌での営農・技術の変遷、日本の農業を取り巻く情勢の変化と生産調整で揺れる大潟村の水田農業の実態が著者の経験として克明に描かれている。後半は、八郎潟干拓地の土壌、

水、気象資源の特徴が簡潔にまとめられている。肥沃だが地耐力が劣り大型機械の走行を阻むヘドロ土壌の特徴、農業や生活用水用に残された4,500haの八郎湖（残存湖）の豊かな水量と近年の水質の悪化傾向、稲作に最適な気候条件が分かりやすく説明されている。

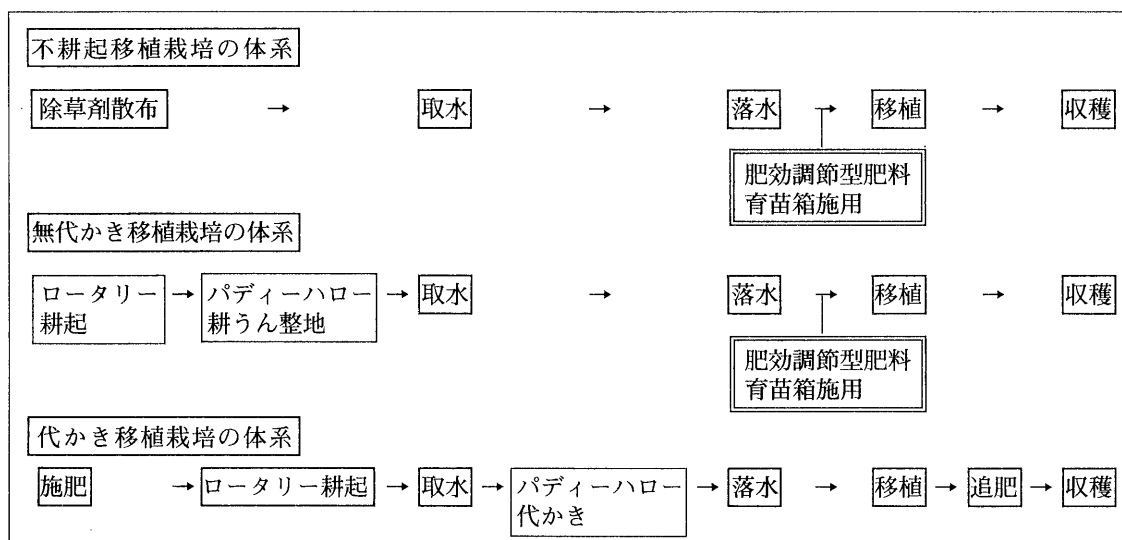
「III. 新農業技術の生い立ち」では、水稻の育苗箱全量施肥技術と不耕起移植栽培技術開発の中心となった著者が、開発の経緯から、技術の特徴、実施するときの注意事項までを解説している。ほかに、不耕起や無代かきの継続効果、水稻の有機栽培の実態、また、畑作技術として不耕起ダイズ栽培や、不耕起および無代かき水稻栽培による土壌の物理性や排水性の改善効果が述べられている。また、肥料メーカーの著者によって、肥効調節型肥料（育苗箱まかせ）による育苗箱全量施肥技術の開発秘話が語られていて興味深い。新しい技術の環境保全的な側面や経営的評価、普及の可能性についても言及されている。

このように、農家とメーカーや研究機関の技術者、研究者が一緒に作成したユニークな本となっている。一読いただけたら幸いである。

3. 育苗箱全量施肥を用いた不耕起および無代かき移植栽培

不耕起移植栽培³⁾ および無代かき移植栽培⁴⁾ の体系を慣行代かき移植栽培と比較して図1に示した。不耕起移植では田植えの2週間から10日前に、

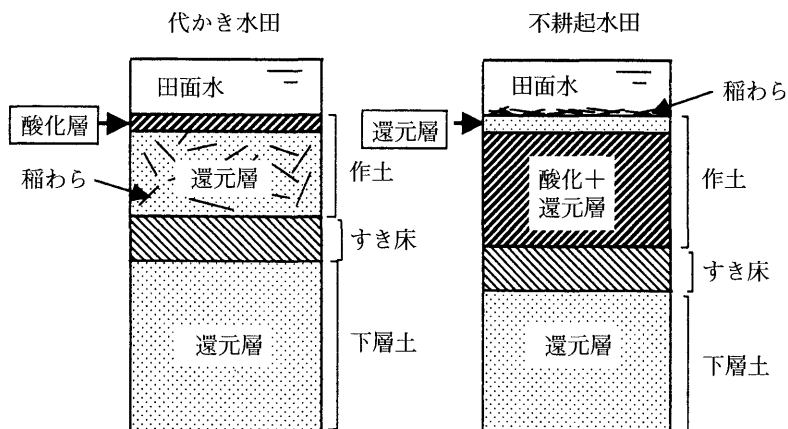
図1. 水稻不耕起および無代かき移植栽培の作業体系



非選択性除草剤を散布し、1週間ぐらい前に入水し田面を柔らかくして移植する。不耕起移植田植機の特徴は移植部分の前に駆動ツメが付いていることである。このツメで移植するところだけ、幅5 cm、深さ5 cmで耕起しながら移植していく。植え付けは慣行栽培より深めの3~4 cm深が良く、浅いと根張りが悪かったり倒伏につながる。育苗箱全量施肥の併用によって追肥も省略できるため労働時間は慣行の63%に短縮でき、コストも約20%削減できる。

無代かき移植栽培は、代かき作業を省略した栽培法である。近年では、レーザーレベラーを用いて均平作業を行った後に移植する栽培法が増えている。普通の田植機でも移植できるが、不耕起田植機を利用すると植え付け精度が良く、欠株が少なくなる。

図2. 不耕起水田と代かき水田の湛水後の土壌断面模式図
(金田 1998 を一部改変)



不耕起移植栽培を行うと、表層の酸化還元電位はワラの分解とともに低下するが、表層から3 cm以下の低下は緩慢であり酸化状態を保つ。また、根の跡の孔隙や土壌構造はそのまま維持されるので、代かき田に比べ収穫後の水はけが良く、耕起した場合は碎土性も優る(図2)。初期の生育は慣行代かき栽培に比べ劣るが、根が健全で秋優的な生育を示し、収量も慣行代かき栽培と同等かそれ以上になる⁵⁾。

無代かき移植栽培も代かきを行わないため、移植後も耕起された土塊がそのまま残り、還元的な部分と酸化的な部分が混在する状態が湛水期間中

継続する。やはり根が健全に育ち、地耐力が増し排水性が良くなる。

平成13年の普及率は不耕起移植が大潟村の水田の0.5%にあたる40ha、無代かき栽培が4%にあたる300haとなっている。育苗箱全量施肥は追肥が省略でき、生育が均一になるので代かき移植栽培でも普及しており、大潟村の水田の約40%、3,000haで利用されている。肥効率が70~80%と高く、窒素の投入量を減らした減化学肥料栽培が可能となる。

4. 水質浄化

干拓で残った八郎湖の水は主に農業用水として利用されており、19カ所の取水口から幹線水路で干拓地の水田に供給される。排水は小排水路から幹線排水路を経て南北の排水機場から八郎湖へ排出され、一部は再び用水として循環利用される。このように閉鎖性水系である八郎湖の水は水稲かんがい期に9回程度循環して利用される計算になる。干拓地や周辺からの懸濁物質や窒素、リンなど汚濁物質の流入による八郎湖の水質悪化が問題となっている。

(1) 代かき水の落水に伴う流出

最初に、干拓地内の慣行代かき水田での水質汚濁物質の流入・流出がどうなっているか見てみよう。土性が異なる1.25haの水田、3カ所でかんがい期間に流入・流出する懸濁物質(SS)、全窒素(T-N)を調査した。いずれも肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥を取り入れた代かき移植水田である。作土の土性はA水田が砂壤土(SL)と粗く、B水田が埴壤土(CL)、C水田は重埴土(HC)で粘土含量は50%程度である。

表1にSSとT-Nの流入負荷と流出負荷、その収支を示した。懸濁物質の収支は+900~4200 kg/haと3カ所とも水環境に莫大な負荷を与えており、作土の土性が細かいほど多くなっていた。特に、移植前の落水による負荷が多く、代かき~移植時に全かんがい期間流出量の85%以上が排出されていた。懸濁物質の主体は粘土で、肥沃な作土が失われていることになり、作物生産の面からも問題である。全窒素の収支は+10~13kg/haと、やはり

表1. 代かき水田の水質汚濁物質の収支
(全栽培期間: kg ha⁻¹)

	懸濁物質	全窒素	全リン
A 水田	936 (85)	11.5 (42)	5.96 (39)
B 水田	2335 (94)	10.0 (60)	5.51 (57)
C 水田	4155 (92)	12.8 (70)	3.15 (81)

注) 作土の土性 A 水田: 砂壤土 (SL)
B 水田: 埴壤土 (CL)
C 水田: 重埴土 (HC)

収支=流出負荷-流入負荷

流入負荷=用水+雨からの流入量,

流出負荷=田面水の落水など表面排水+暗渠からの流出量

()内は全栽培期間流出量に対する代かき~田植え時期の流出量の割合 (%)

3カ所とも水環境に負荷を与えていた。代かき~移植時に全かんがい期間流出量の40~70%が排出されていた。

このように、代かきを行い、移植直前にSSなどを多量に含んだ田面水を落水することが問題で、八郎湖、特に、西部承水路(南部排水機場からの排水が流入し、八郎湖でも水質の悪化が著しい)のSSやT-N濃度はこの代かき・移植時期に急上昇し、徐々に低下する。

(2) 不耕起移植栽培による水質浄化⁶⁾

次に、不耕起と慣行代かき栽培の水質汚濁物質の負荷を1993~1996年の4年間調査した事例を見

表2. 代かき、不耕起水田の水質汚濁物質の収支
(土屋ら, 1997)

年次	栽培法	SS COD T-N T-P (kg/ha/かんがい期)			
		1993年	代かき栽培	3528	276
	不耕起栽培	-128	111	0.7	0.9
1994年	代かき栽培	9	35	-0.5	-0.4
	不耕起栽培	-775	-47	-8.4	-2.8
1995年	代かき栽培	80	58	3.2	0.6
	不耕起栽培	-503	66	2.9	0.6
1996年	代かき栽培	-17	8	1.1	-0.6
	不耕起栽培	-224	56	1.4	1.2

注1) +は周辺水域に環境負荷を与え、-は浄化を意味する。

2) 収支=(田面水の落水など表面排水+暗渠からの流出量)-(用水+雨からの流入量)

てみよう。1993年は農家の1.25ha圃場、それ以外は、秋田農試大潟農場の10a圃場で調査している。

不耕起移植栽培では田植え前に落水しても、代かきしていないので泥水にならず、田植え時期の流出は少ない。全かんがい期間の流出と流入の負荷の差である収支をみると、不耕起移植栽培では懸濁物質(SS)、全リン(T-P)の環境負荷が軽減され、特に、SSではその効果が著しく高い(表2)。

化学的酸素要求量(COD)、全窒素(T-N)、特に、CODは年によっては、不耕起栽培の方が収支が大きくなっている。これは、ワラが田面にあって、有機物が田面水中に溶け出しやすかったのが原因であろう。

(3) 無代かき移植栽培による水質浄化

次に、無代かき移植栽培の水質汚濁物質の環境負荷を秋田農試大潟農場の10a圃場で慣行代かきと比較した結果を示す。

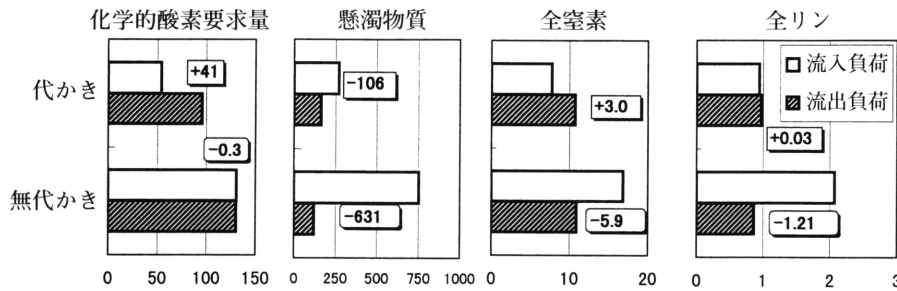
用水量は慣行代かきに比べ、無代かき移植栽培で2倍以上と多くなった。これは畦畔からの漏水などによるものである。なお、慣行代かきは、なるべく汚れた水を出さないよう節水した水管理を行った。

無代かき移植栽培の移植時の落水に伴うSSの負荷は27kg/ha、T-Nは0.7kg/ha、T-Pは0.1kg/haと、慣行代かきに比べ半分の量になった。

通常、無代かきでは耕起後に水を入れて土塊を軟らかくし、自然落水後、移植は圃場表面に水がスジ状に見える程度で行う。このため、耕起から移植時の流出量が慣行代かきに比べ少なく、落水する場合でも不耕起栽培と同様、代かきをしないので水は泥水にならない。

全かんがい期間の流入と流出量から汚濁物質の収支を計算すると、無代かき移植栽培ではCOD、SS、T-N、T-Pともにマイナスの値になっており、水田で浄化されていた。特に、SSでは-630kg/ha、T-Nでは-6kg/haとその効果が高かった。これは、移植時の落水に伴う負荷が少ないことに加え、無代かきでは土塊が大きく、かんがい時の用水流入に伴う田面土壌の巻き上げが少ないこと、さらに、土塊に懸濁物質が吸着するなど、土壌表面での浄化効果が大きいためと推定される。慣行代かきでも節水した水管理を行ったので、流出負荷は少な

図3. 代かき, 無代かき水田の水質汚濁物質の収支 (kg ha⁻¹, 5/12~8/31)



流入負荷=用水+雨からの流入量, 流出負荷=田面水の落水など表面排水+安渠からの流出量,
収支=流出負荷-流入負荷
図中の数字は収支: +は環境に負荷を与え, -は浄化することを表す

図4. メタンガスフラックスの推移 (伊藤ら 1995)

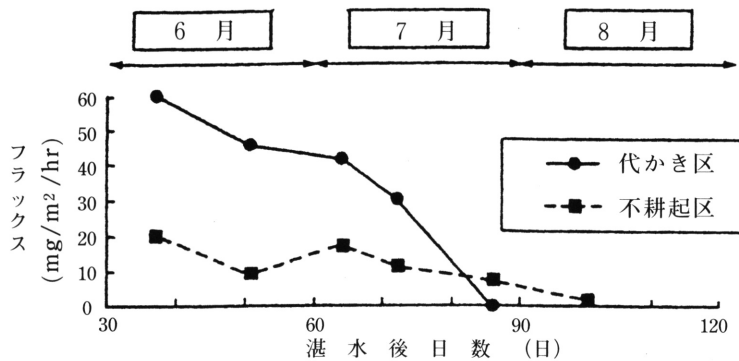
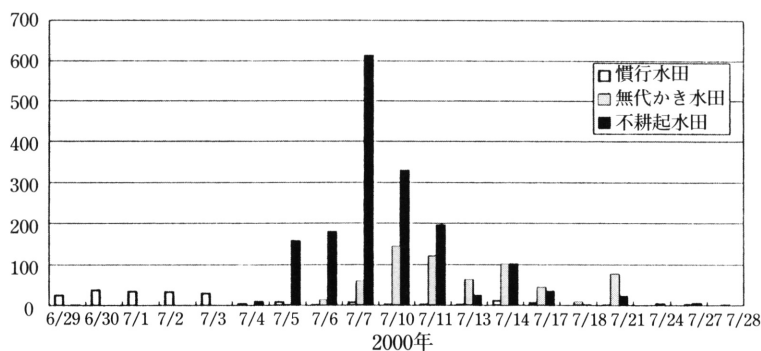
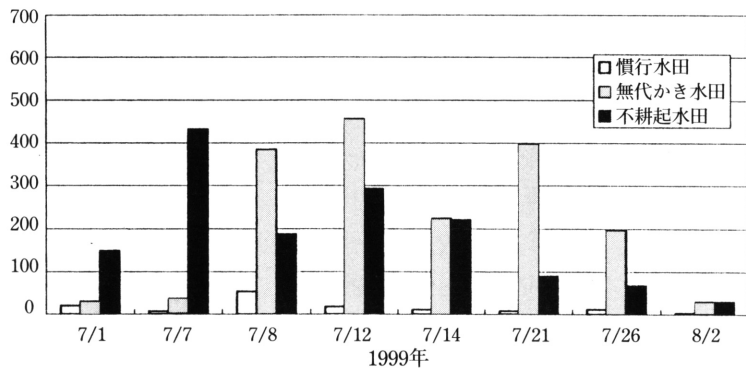


図5. 水田のアカネ属幼虫の羽化殻数 (神宮字 2001)

羽化殻数は, 水口と水尻側の5m×5mの枠内の合計数



くなっている (図3)。

近藤ら⁷⁾によれば, 現在, 大潟村の水田から稲作期間に排出される懸濁物質は, 排出される負荷量から取水で流入する負荷量を差し引いた差引排出負荷量で12,000tという莫大な量になる。近藤らのシミュレーションによれば, 不耕起移植栽培が大潟村の水田の半分に普及すると, 差引排出量は半分になる。

一般に水田には水質浄化作用があり, 窒素やリンを浄化できることが知られている。しかし, 八郎潟干拓地では粘土が多くスメクタイトが主体であり懸濁しやすい。このため代かき水の落水に伴う流出などで, 逆に, 水田が水環境を悪化させている。不耕起, 無代かき移植栽培は, このような土壌条件のところでも水環境を保全・修復できる農法である。

5. 大気環境の改善

先に述べたように, 慣行代かきでは, 耕起・代かき作業でワラが鋤き込まれ構造が破壊されるため, 特に夏場には作土は酸素がない還元状態となる。強還元状態になると, ワラなど有機物の分解によって温室効果ガスのメタンが発生する。伊藤ら⁸⁾が秋田農試大潟農場の10a圃場でチャンバー法を用いて行った慣行代かきと不耕起水田からのメタン発生量(フラックス)を測定した(図4)。

6月上旬から8月上旬までの水田からのメタンフラックスをみると, 慣行代かき水田では6月上旬に最高値を示し, それ以降次第に減少し, 7月下旬には少量となった。これに対して, 不耕起水田では, 6月上旬から7月上旬までほぼ一定で, 慣行代かき水田の

1/3程度で推移した。6月上旬から8月上旬までの総発生量は、慣行代かき水田43g/m²に対し、不耕起水田では16g/m²となった。このように、作土が酸化的に推移する不耕起移植栽培は、地球温暖化ガスのメタンの発生量を抑える農法である。

6. 生物環境の改善

神宮字⁹⁾は、八郎瀧干拓地内にある秋田県立大学短期大学部附属農場の1.25haの圃場で、慣行代かきと、不耕起、無代かき移植栽培水田における水生生物の種類を調査した。その結果、不耕起、無代かき水田では11種類の水生生物が確認されたが、慣行代かき水田では、そのうち、ガムシ4種類が確認できなかった。

また、神宮字⁹⁾はトンボ（アカネ属）の羽化殻調査も行っている。それによると、1999年7月1日から8月2日までの羽化殻数は50m²当たり、慣行代かきで110、無代かきで1699、不耕起で1293となった（図5）。2000年の6月から8月までの総羽化殻数は慣行代かきで202、無代かきで625、不耕起で1674となった。この理由として、神宮字は次のように推定している。慣行代かき水田ではアカネ属の卵の大部分は耕起、代かきという攪乱によって作土中に埋伏され、酸素欠乏と有害物質の発生によってふ化率の低下と幼虫の死亡率を高めた。一方、不耕起水田では卵は埋伏されることなく好气的条件下でふ化し、田面の稲わらも好气的に分解し水生生物に豊富な餌が供給され、発生に貢献した。無代かき水田では、慣行と同様に卵は作土中に埋伏されるが、無代かき水田の作土中には多量の孔隙があり、その孔隙が田面に通じ、比較的酸化的で有害物質の発生が少ないことが発生を増加させたという。

また、ある農家は不耕起水田を「54,000匹の赤トンボのふる里」と呼び、7月の早朝、不耕起水田で多数の赤トンボが羽化する様子を観察している。また、ミミズや他の昆虫も多くなり、雨が降り出す前、ツバメが不耕起水田から隣接する慣行代かき水田に数m飛んだところで、昆虫を求めてまた不耕起水田に引き返す行動も観察している¹⁰⁾。

このように、不耕起、無代かき水田は慣行代かき水田に比べ、水田を住处とする生物にとって安定した生息環境となっている。

7. おわりに

大潟村では、農家、役場、JA、秋田県立大や秋田農試の研究者が一緒になって「21世紀大潟村環境創造型農業宣言」を発表し、環境と調和した農業と暮らし方を村ぐるみで創り出そうという運動が展開中である。環境に対する意識が高まるなかで、農業に対しても環境保全と作物生産が調和した持続的な安定生産技術が求められている。ここで紹介した不耕起、無代かき移植栽培は、農業環境の保全・修復に大きく貢献する農法として、この宣言の中でも目玉の一つとして重要視されている。

しかし、不耕起や無代かき移植の普及率はまだ低い。技術的に慣行代かきに比べ難しいこと、不耕起田植機の値段が普通の田植機より高いこと、環境保全に対する市場の評価がなく経済的メリットが少ないことなどが理由であろう。また、均平問題や用水量が増加することなど解決すべき課題もある。不耕起や無代かき移植栽培が環境調和型の省力・低コスト栽培法として、大潟村ばかりでなく、他の水田地帯でも普及することを願っている。

引用文献

- 1) 三浦昌司：秋田農試研報，26，85～190（1984）
- 2) 金田吉弘：秋田農試研報，33，1～45（1993）
- 3) 金田吉弘ら：土肥誌，65，385～391（1994）
- 4) 鎌田易尾：機械化農業，17～20（1995）
- 5) 金田吉弘：農業技術，47(5)，23～27（1992）
- 6) 土屋一成ら：平成8年度総合農業研究成果情報，93～94（1997）
- 7) 近藤正ら：庄子貞雄監修「大潟村の新しい水田農法」，p.219～225，農文協，東京（2001）
- 8) 伊藤千春ら：東北農業研究，48，103～104（1995）
- 9) 神宮字寛：庄子貞雄監修「大潟村の新しい水田農法」，p.232～238，農文協，東京（2001）
- 10) 池端哲夫：同上，p.11～14