

全量基肥による水稲乾田直播栽培の実証

福島県農業試験場 農芸化学部

部長 武田 敏昭

1. はじめに

全国的に水稲直播栽培導入事業が展開されているところであり、それに伴い技術開発研究と普及、定着化も同時に進行し問題点は残しながらも成果を納めている。

かつてのように低収、不安定、多労力を理由に「名誉ある撤退」は許されないであろうし「名誉ある前進」のみが将来の稲作農業を展望する。諸先輩達が残してくれた直播研究業績は現在の新しい技術と組み合わせることによって著しく安定化、省力化してきたのも事実であり評価されるべきであろう。

福島県においては東北地域における直播栽培面積の50%を占めるに到ってお

り、本県の将来稲作農業を構想し、かつてない栽培実験を試みている。

表1 水稲直播栽培の地域的展開とその意義、目標

地域	会津	中通り	浜通り
立地の特徴	盆地 凝灰岩(火山灰含) 高温多照湿度較差大 (秋冬季:多雪少照)	河川流域低地(盆地) 安山岩,凝灰岩 高温湿度較差大	海岸沼沖積(海岸平野) 花崗岩 冷温,多湿,少照 (秋冬季:乾暖多照)
営農の特徴	水稲	水稲,果樹,野菜 (複合経営)	水稲
スケールメリット	作季,品種選択幅小		作季品種選択幅大
直播の特徴	湛水直播	湛水,乾田直播	乾田直播
直播の意義	高収湛水直播	複合経営と直播結合	(1)秋~春季の気象条件,スケールメリットの視点から乾田直播 (2)規模拡大化に有利 (3)北限の乾田直播 (4)畑作技術と稲作技術の共有 (5)水資源の効率的利用
直播面積	263(8)	212(10)	148(29)
収量レベル	516(592)	464(535)	471(506)
目標	集落営農,集落稲作 生産コスト10000円/60kg 作業時間100hr/ha以下		

註) (1)直播面積:平成10年度実績,():乾田直播面積
(2)収量レベル:平成8年度地域平均収量,():移植水稲

本号の内容

§ 全量基肥による水稲乾田直播栽培の実証..... 1

福島県農業試験場 農芸化学部

部長 武田 敏昭

§ ケイ素の生物学—3—..... 7

京都大学名誉教授

高橋 英一

§ 被覆尿素を用いた水稲の早期全量基肥施肥法の開発.....10

長野県農事試験場 土壌肥料部

研究員 上原 敬義

本県の直播栽培の現状とこれからの展開について述べ、試験研究の側面から浜通り地域の乾田直播における省力施肥技術開発の事例について紹介したい。

2. 福島県における乾田直播栽培（耕起—播種—3葉期入水体系）の位置づけ

本県における直播栽培の地域的展開の意義、特徴、目標は表1のように集約できる。

会津地域は多雪地帯であり融雪期が遅く、稲作における適期作業幅は極めて狭いため湛水直播栽培が主となり、しかも高収が目標である。逆に、浜通り地域では秋～春季には乾燥、温暖な条件下にあるため乾田直播栽培の播種期を4月中旬まで前進することが可能であり、スケールメリット（規模拡大化）に期待できる特徴を有している。また、当該地は北限の乾田直播地帯でもあり地域的な特徴づけが可能であり、少ない水資源の効率的利用が図られることなどから乾田直播栽培が主体となる。なお、当該地は大麦の主要な生産団地であり播種技術、装備の共有面からも有利である。

中通り地域の特徴は園芸作物（野菜、果樹）と結合した省力化を期待した直播栽培であり、労働力配分のため、その品目により湛水直播か乾田直播のいずれかが選択される。

3. 乾田直播栽培技術の現状とこれからの展望

水稻直播研究は古くて新しい課題である。吉岡金市は昭和22年発行の自らの著書「水稻直播に関する研究」のなかで次のように述べている。

「労働集約的な日本の稲作農業の発展目標は水稻の麦間直播栽培法である。そのための研究として(1)直播稲と移植稲の比較、(2)灌漑水の必要な時期と量、(3)水田土壌の物理構造、(4)水稻根系の展開、(5)水稻分げつ機構、(6)播種期に関する作物気象、(7)輪作方式、(8)種籾の発芽生長促進などが重要な課題である。」

当時の社会情勢、栽培技術、品種などは現在のそれとは大きく隔てているにかかわらず、それらの研究内容はまさに、現在の直播研究課題と一致している。

いわば、直播研究の枠組みはもうすでに当時点で完成しており、現在のそれはその延長線上にすぎず先達の洞察力には驚異を禁じ得ない。

しかし、当時の直播研究と現在のそれを比較して、大きく異なる点は直播栽培の安定化を可能にする次の四つの新技術が開発されたことであろう。

その一つは種子の発芽苗立、生長促進にとって前提条件となる土壌の碎土率を高める耕耘農機「逆転ロータリー」の開発。その二つは肥効の効率化、省力化を可能にした「被覆肥料（LPコート）」の開発。その三つは5葉期前後まで生長したヒエまでを枯死させる「新規除草剤」の開発。その四つは圃場の装置として発芽に係わる播種後の土壌水分調節を可能にする「地下灌漑装置」の開発である。

表2に示したように相馬支場で継続実施してき

表2 相馬支場における乾田直播栽培実績
(4月25日播種)

年次	品 種	乾田直播実績 (kg/10a)	浜通り作況	
			反収(kg/10)	指数
H4	初 星	599	476 (483)*	99
	5 初 星	336	235 (480)	49
	6 初 星	619	530 (481)	110
	7 初 星	594	501 (482)	104
	8 初 星	587	506 (483)	105
	ひとめぼれ	578		
	コシヒカリ	582		
9	東北157号 (じょうでき)	660 (3/07)**	509 (483)	105
	東北152号 (まなむすめ)	591 (8/12)		
	ひとめぼれ	554 (8/15)		
	コシヒカリ	423 (8/24)		
	日 本 晴	528 (8/30)		

註)*: 平年反収 ** : 出穂期 日本晴: 4月16日播種

ている乾田直播（耕起）栽培の収量が600kg/10a水準に達しそれを維持しているのは逆転ロータリ一耕による碎土率向上，それに伴う発芽，苗立率向上に依るところが大きい。

4. 乾田直播稻の生育相の特徴と施肥改善の目標

昭和30年代後半から40年代前半にかけて盛んに行われた乾田直播栽培研究はその体系的施肥法について明らかにした。その窒素施肥体系(kg/10a)をみると基肥には3kg，3葉期の入水時には6kgを施用している。また，分けつ肥2~3kg，穂肥時2~3kgの合計13~15kgを施用する多肥，多回数追肥体系であり，一時畑期間を経る乾田直播の特異性と当時の肥料形態からすればこの体系はやむを得ない事情といえる。

近年，脚光を浴びている被覆肥料(LPコート)はその溶出量は温度に左右されること，そのため水稻の生育に合わせた計画施肥が出来ること，利用率が高くロスが少ないことなどの特性からかつての施肥法の矛盾点を解決できる特異的な肥料として評価できる。

この肥料を活用しながら乾田直播栽培においても全量基肥による施肥体系を組み立てるのが当面の目標であり，このためには乾田直播稻の生育相の特徴を把握しておく必要がある。

(1) 生育相の特徴

表3には移植稻と比較した直播稻の生育相の違いを品種毎に示した。

1) 有効分けつ決定期

移植稻のひとめぼれ（中生種）では6月23日，

コシヒカリ（晩生種）は6月26日であるのに対し，直播稻ではそれぞれ7月8日，7月5日であり，15日および9日遅れであった。この時期の葉令は移植稻，直播稻，品種にかかわらず8葉前後である。

2) 最高分けつ期

移植稻のひとめぼれ7月5日，コシヒカリ7月15日に対し，直播稻では両品種とも7月25日であり，それぞれ20日，10日遅れ，晩生種より中生種で顕著であった。この時期の葉令は移植稻，直播稻，品種にかかわらずほぼ10葉と言える。

3) 出穂期

移植稻に比べ中生種，ひとめぼれの出穂期の遅れが目立ち13日の遅れ，コシヒカリのそれは7日の遅れであった。また，止葉葉令については中性種，ひとめぼれは移植稻と同じ12.7葉であったが晩生種，コシヒカリでは0.7葉ほど少なくなった。

4) 乾物生産推移

直播稻の時期的な乾物重を追跡すると図1に示したようにその大転換点は7月の第一半旬にあった。それ以前の乾物重推移は極めて緩慢であり，7月第一半旬を境にして乾物生産速度は急速に高まる特徴を示している。

(2) 施肥改善の目標

従来までの乾田直播栽培の施肥法は前述の通り多肥，しかも多回数追肥体系であり多くの労働力を必要とし，直播栽培普及，定着化の阻害要因のひとつでもあった。

表 3 直播稻の生育相 (H8)

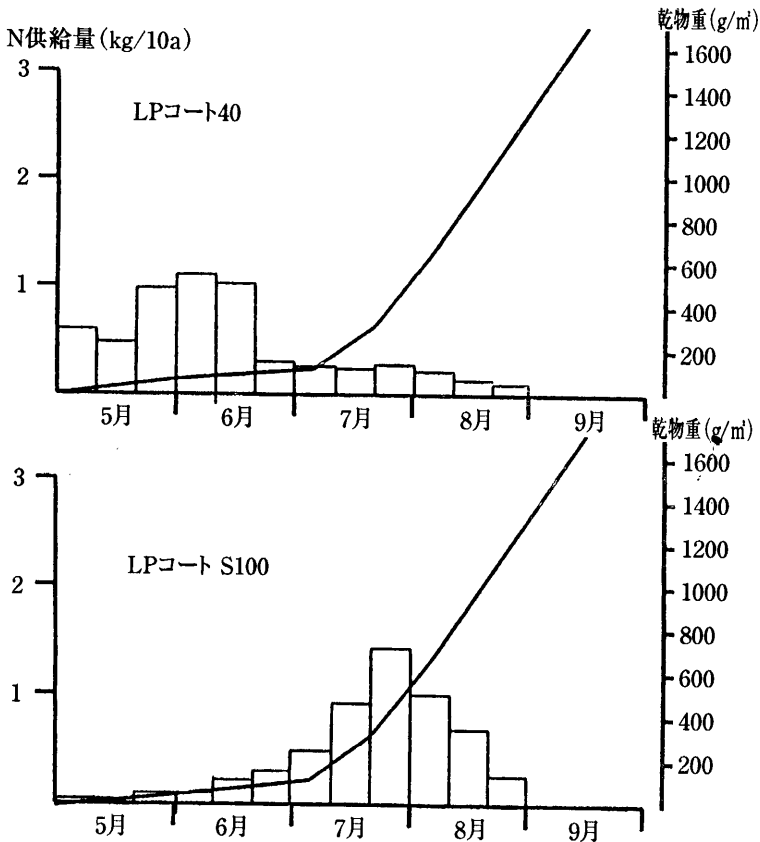
品 種	試験地	栽培様式	有効分けつ決定期		最高分けつ期		止葉(葉)	出穂期
			月/日	葉齡(葉)	月/日	葉齡(葉)		
ひとめぼれ	相馬支場	移植	6/23	8.2	7/05	9.7	12.7	8/08
		乾田直播	7/08	7.8	7/25	10.2	12.7	8/21
	原町市高	乾田直播	7/08	7.6	7/25	9.5	12.6	8/23
コシヒカリ	相馬支場	移植	6/26	8.8	7/15	10.8	13.5	8/16
		乾田直播	7/05	8.0	7/25	10.1	12.8	8/23

註) (1)相馬支場移植稻：稚苗，5月10日植(作況)

(2)相馬支場直播稻：4月26日播種，標準施肥

(3)原町市高直播実証圃：5月3日播種，地域基幹耕種法

図1 乾物生産パターンII (600kg レベル) に対する窒素供給モデル



注 (1) LPコート 6kg/10a 施用の場合
 (2) 供給量は6年度測定地温および溶出シュミレーションから試算

それを改善するため、効率的、省力的施肥法としての全量基肥体系確立のため①被覆肥料(LPコート)の利用、②乾物重推移に適合してNを供給出来る被覆肥料(LPコート)の種類と組み合わせ、③N基肥量の設定の3つの面から改善の目標を考えた。

図1のように乾物重推移の特徴に合わせそれに

表4 乾田直播栽培の収量レベルおよび利用率(施肥位置)からみた施肥量試算

施肥位置 (施肥法)	品 種	-N収量 (kg/10a)	600kg/10a水準		利用率 (%)	N施肥量 (kg/10a)
			施肥Nで得る収量 (kg/10a)	吸収すべきN量 (kg/10a)		
全 層	ひとめぼれ	300	300	6	60	10
	コシヒカリ	300	300	6	60	10
側 条	ひとめぼれ	300	300	6	80	8
	コシヒカリ	300	300	6	80	8

対してNの供給量(N溶出量)を試算してみると7月第1半旬までの乾物量に対してはLP40、それ以降の急速な乾物重増加に対してはLPS100によるN供給が適合しており、その組み合わせによって理論的には全量基肥体系は可能であると考えた。

また、N基肥量の設定については前提条件として600kg/10aの収量水準および100kgの玄米を生産するのに2kgのN吸収が必要とみて①-N区の収量はどのくらいか、②被覆肥料の利用率はいくらか、③600kg/10aから-N区の差し引いた分の収量を得るにはどれだけのNを供給しなければならないか、から必要なN基肥量を試算すると表4のようになる。

すなわち、LP40とLPS100の組み合わせで全層施肥の場合、ひとめぼれ、コシヒカリとも基肥N量は10kg/10a、利用率の高い側条施肥では8kg/10a施肥すれば充分と試算された。

5. LP40とLPS100の組み合わせによる全量基肥法の検証

被覆肥料の種類と組み合わせ、N施肥量が明らかになったので表5の施肥設計に基づき全量基肥による乾田直播栽培の検証を実施した。平成8、9年度のデータを中心にして紹介する。

なお、側条施肥については移植稲の全N施肥量(基肥+追肥)分、すなわち、ひとめぼれ8kg/10a、コシヒカリ5kg/10aを全量基肥量とした。全層、側条にかかわらずLP40、LPS100のN施肥量は全量の1/2づつである。

表6には収量の結果について示した。乾田直播栽培の-N区における収量はひ

表 5 試験施肥設計

年次	施肥位置	区No.	区 名	肥料の種類 基肥N量(kg/10a)	追肥時期 追肥量(kg/10a)	全N量 (kg/10a)	
H8,9	全層	A	標 準	普通化成(3)	入水時(6)+分けつ肥(3)+穂肥(3) (2)*	15 14*	
		B	40S100	LP40(5)+LPS100(5)			
		C	-N	-	-	-	
		D	移植稲	普通化成(6) (3)*	穂肥(2) (2)*	8 5*	
H9	側条	E	側40S100	LP40(4)+LPS100(4) LP40(2.5)+LPS100(2.5)*		8 5*	

註:(1)品種:ひとめぼれ, コシヒカリ(*) (2)播種期:4月25日 (3)播種量:8kg/10a (4)磷酸, 加里:10kg/10a

表 6 施肥法と収量および構成要素 (H8)

品 種	区No.	出穂期 (月・日)	玄米重 (kg/a)	比	Ke (%)	桿長 (cm)	穂数 (本/m)	籾数 (万粒/m)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
ひとめぼれ	A	8/21	57.8	(100)	36.3	84.8	486	3.68	74.1	23.7
	B	8/21	56.9	98	37.9	88.1	497	3.65	74.7	23.5
	C	8/21	38.1	66	36.6	69.5	324	1.94	80.4	22.8
	D	8/21	63.2	109	38.3	89.5	519	3.71	75.7	22.5
コシヒカリ	A	8/23	56.7	(100)	32.5	88.4	412	3.11	73.7	22.1
	B	8/23	58.2	103	31.4	89.3	396	3.69	75.7	21.9
	C	8/26	39.6	68	33.2	74.5	279	1.87	82.0	21.7
	D	8/16	64.0	112	34.0	99.2	426	3.73	75.0	22.9

註)Ke(%):玄米重/総乾物重

ひとめぼれ, コシヒカリの両品種とも 400kg/10a であった。また, A区(標準施肥区)に対してB区(全量基肥区)の収量はひとめぼれ 569kg/10a, コシヒカリ 582kg/10a であり, A区に対する収量比はそれぞれ 98, 103 であった。

B区では桿長はわずかに伸びるものの移植稲と

比較しても不安定要因となっていない。シンクとしての単位面積当たり籾数および登熟歩合も移植稲と同等であった。

以上のことから, 従来の乾田直播栽培の慣行的な多肥, 多分肥型の施肥法(A区)を被覆肥料を利用することにより収量レベルを落とすことなく省力型の全量基肥の施肥法に改善できることを実証した。

これを施肥効率の視点から見ると表7のように移植稲にはまだ及ばないものの, 単位施肥窒素量当たりの玄米生産, 籾数生産および吸収N当たりの玄米生産効率は明らかにA区よりB区で優っていた。

このように施肥効率でも改善が見られ, この面

表 7 施肥効率 (H8)

品 種	施肥位置	区No.	(N)	(Y)	(P)	施肥効率		N利用率 (%)	玄米 生産 効率
			窒素施肥量 (kg/10a)	玄米重 (kg/10a)	籾数 (万粒/m)	Y/N	P/N		
ひとめぼれ	全層	A	15	578	3.68	38.5	24.5	25.3	51.6
		B	10	569	3.65	56.9	36.5	33.0	54.2
		D	8	632	3.71	79.0	46.4	-	-
コシヒカリ	全層	A	14	567	3.11	40.5	22.2	51.0	43.3
		B	10	582	3.69	58.2	36.9	35.4	62.6
		D	5	640	3.73	128.0	74.6	-	-

註)(1)利用率(%):差引法 (2)玄米生産効率:玄米重/N吸収量

表 8 側条施肥による施肥窒素効率向上 (H9)

品 種	施肥位置	区No.	(N) 窒素施肥量 (kg/10a)	(Y) 玄米重 (kg/10a)	(P) 籾数 (万粒/m ²)	施肥効率		N利用率 (%)	玄米 生産 効率
						Y/N	P/N		
ひとめぼれ	全層	A	14	465	2.83	33.2	20.2	30.6	47.9
		B	10	473	3.69	47.3	36.9	63.3	40.4
		D	8	610	2.94	76.3	36.8	-	76.3
	側条	E	8	518	2.72	64.8	34.0	51.6	54.5
コシヒカリ	全層	A	14	377	3.62	26.9	25.9	28.4	34.9
		B	10	406	3.22	40.6	32.2	34.5	39.4
		D	5	536	3.06	107.2	61.2	-	60.9
	側条	E	5	408	2.74	81.6	54.8	48.2	43.9

註) (1) 側条施肥位置: 深さ2cm, 播種位置より5cm (2) 利用率(%): 差引法 (3) 玄米生産効率: 玄米重/総乾物重

からも被覆肥料を利用した全量基肥の施肥法を評価できる。

さらに施肥Nの効率が高まると予想される全量基肥・側条施肥について検討したところ表8に示したように単位施肥窒素量当たりの玄米生産、籾数生産および吸収N当たり玄米生産効率、施肥N利用率など効率に関する要因については全層施肥に比べ明らかにその効率は向上していた。

6. まとめと今後の課題

諸先輩達が苦勞して築きあげてきた乾田直播栽培での施肥法は新しい機能を持つ被覆肥料(LPコート)を利用することにより多肥・多分肥型から乾田直播栽培でさえも全量基肥型に大きく飛躍できることを検証した。

また、単位施肥N量当たりの玄米生産、籾数生産、吸収N当たり玄米生産効率、N利用率など効率に関する要素の向上も明らかであり、省力化、効率化の目的が達成され両面からの評価が可能である。

ただ、環境問題が重要視される現在、さらに施肥効率を移植稲並に引き上げる必要がある。投入資源の系内での最大利用効率を図り、系外へのアウトプットを限りなく抑えることは生態学的手

法から見ても作物生産の高収化、品質向上と環境への負荷軽減(環境保全型農業)を両立させる唯一の農法であり、これからの土壌肥料研究の重要な課題と考えるからである。

この問題解決には出穂期が遅れることにより必然的に随伴する登熟遅延に伴う物質、水分輸送の障害を如何に生理生態面から克服し、如何に登熟向上、品質向上を目指すかと連動しておりこれからの研究課題の一つでもある。

最後に筆者が日頃、直播稲作について気になっていたところを記しまとめたい。

(1) 画一的な日本型直播稲作でなく地域性を発揮できる多様化した直播栽培方式の立地配置であって欲しい。

(2) 省力化が達成されたものの、低コスト化のための収量レベル論議が曖昧であり、意識的に避けて通っているのではないかという感じがする。

(3) 日本農業の基本である稲作農業の土台が揺らいでいたのでは農業全体が盤石でなくなる。地域の個性を発揮出来る直播栽培の定着化によりその土台の修復を図るべきではないかと思う。