

農業機械学会東北支部報

No. 49 DEC. 2002

平成14年12月

目次

巻頭言

支部長に選出されて・・・・・・・・・・・・・・・・・・次期支部長 鳥巢 諒・・ 1

研究報告

- ・ 水稲複粒化種子を使った寒冷地における湛水土中点播栽培
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 矢治幸夫・関矢博幸・森田 敏・荻原 均・富樫辰志・・ 3
- ・ デントコーン畑における精密圃場管理（第1報）
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・古橋拓明・杉浦俊弘・馬場光久・・ 7
- ・ デントコーン畑における精密圃場管理（第2報）
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 古橋拓明・田中勝千・本橋罔司・高野 剛・杉浦俊弘・馬場光久・・ 11
- ・ 水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発（第5報）
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 富樫辰志・天羽弘一・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀・・ 15
- ・ 制御通信のためのCANシステムの標準化に関する研究（第1報）・・・・・・・・元林浩太・奥野林太郎・・ 19
- ・ 農業経営実践教育システムに関する考察
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 小林由喜也・嶋田 浩・露崎 浩・北原克宣・鈴木直建・松本 勤・・ 23
- ・ エダマメ自動選別機の開発（第1報）・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 片平光彦・・ 27
- ・ 長ネギ培土作業における歩行型管理機の作業特性・・・・・・・・・・ 片平光彦・田村保男・鎌田易尾・・ 31
- ・ 野菜作における精密播種技術の開発（第1報）・・・・・・・・・・ 松尾健太郎・屋代幹雄・安場健一郎・・ 35
- ・ ラフランスのCA貯蔵に関する研究・・・・・・・・・・ 加藤弘道・伊藤篤史・蛭沢桂介・・ 39
- ・ タカキビの機械収穫について・・・・・・・・・・ 武田純一・千田広幸・高畑義人・佐川 了・・ 43
- ・ 草地におけるプリシジョンファーミング（第5報）
 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・古橋拓明・杉浦俊弘・馬場光久・・ 47

トピックス

技術情報

- ・ 湿り空気熱力学状態値の計算・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 西山喜雄・・ 51
- 資料・・ 55
- シンポジウム報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 61
- 奨励賞を受賞して・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 67
- 東北若手の会報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69

支部会記事

- 庶務報告及び会計報告・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 72
- 支部役員選挙結果及び次期役員体制・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 77
- 平成 14 年度研究発表会発表課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 78
- 農業機械学会東北支部規約等・農業機械学会東北支部報投稿規定等・・・・・・・・ 79
- 農業機械関係の研究担当者名簿・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 83

団体賛助会員名簿

・・ 89

個人会員名簿

・・ 90

支部長に選出されて

次期支部長 鳥巢 諒 (岩手大学農学部)

平成14年11月の支部役員の改選によって、平成15年4月から平成17年3月までの2年間、支部長を勤めさせて戴くことになりました。これまでですと、来年12月に発行される支部報で、支部長挨拶ということでしたが、現西山喜雄支部長の支部改革の一つとして、手順が前倒しになりました。すなわち、来年の今頃に挨拶をしてもあまりにも間が伸びてしまう。従って、「支部長に選出された者は、あらかじめ、抱負を述べるべきだ」ということになりました。ということで、今回、前倒しで、ご挨拶することになりました。

この大変な時代に、これまでの支部長の方々のようには東北支部運営を行えるとは思えませんが、新しい幹事の皆様のご協力を得て精一杯努力をする所存でありますので、支部会会員の皆様の絶大なるご協力をお願いします。

農業機械学会、東北支部の将来を考える場合、太平洋戦争後から考えるとよいと思います。というのは、歴史の転換点とその予兆が現れていると思われるからです。1947年に農地改革が始まり、小作農から自作農へ変わりました。「1949年農林省東北試験場が盛岡に設置されました。同年新制大学として弘前大学・山形大学・岩手大学が開学しました。」1950年頃から保温折衷苗代や耕うん機が普及し始めました。東北地域の数年間の要望の後1957年3月東北支部が設立されました。農業の曲がり角といわれた時代でもありました。なお、本支部の設立は、関西(1950年6月)・九州・北海道の3支部に続くものであります。1961年農業基本法が制定されました。1965年代に入るとバインダや乗用トラクタが普及し始めました。1970年代に入ると自脱コンバインと米麦用乾燥機が普及始めますが、同時に米の生産調整も開始されます。

労作「関西支部から見た農業機械技術の発達」では、農業機械の歴史を、以下のように時代区分しています。農機の導入期(昭和40年以前)―農機の成長期(昭和40~昭和50年)―農機の成熟・飽和期(昭和51~昭和60年)―農機の多様化期(質的転換期/または衰退期)(昭和61~平成14年現在まで)。

この間に、東北農試は数回のマイナーな機構改革を行い、2000年に本格的な改革を実施し、独立法人東北農業センターと名称を変えました。ただ、あくまで農業研究を行うという目的・目標が明確であります。

もうひとつの官―各県農試農業機械部門はどういう経過をたどったか。農機の黎明期から成長期は農業の機械化とも相俟って活発な研究活動が行われました。減反政策による農業の多様化あるいは農業のシステム化等による農業機械専門職の消滅がありました。ただ、幾つかの県では、近年博士号を有する若い人たちが入って来ています。非常

に楽しみです。それに引き換え多くの大学では、助手ポストがどんどん減らされています。

他方、大学の場合はどうでしょうか。弘前・山形・岩手の3国立大学は、2004年からの非公務員型の独立法人化に向けて、研究と教育の分離を行う可能性が大きいと予測されます。また、学部・学科・専門分野の整理統合が行われるでしょう。行き先不透明で、農業機械の専門分野が生き残るためには今後4~5年が勝負だといわれています。また、県立大学も何らかの変革を迫られるであろうと考えられます。少子化で大学進学率が早晚頭打ちになるのは、明らかなので国公立を問わず、各分野の規模縮小は免れません。それに追い討ちをかけるのが、予算のなさです。学術研究の予算は大学院重点化大学等に流れるので、研究の方向を実用化研究の方向にシフトすることが必要と思われる。

現西山支部長は、支部報 No.48 の巻頭言「東北から発信する21世紀の生物生産農学」に明記されていますように、以下の8つの項目の改善・改革を実行されました。

- (1) 支部報の改革：閲読制度の廃止
- (2) 情報化の推進
- (3) 役員の若返り化
- (4) 若手の会への助成
- (5) 会員数の増加
- (6) 支部長選挙規定の改定
- (7) 支部表彰規定等の改定
- (8) Extension

私も、基本的に、西山現支部長が取られた流れの方向をそのまま継承し、できたらこの方向で少しでも前進させたいと考えています。その根底には、農業と農業機械(広義の意味の)を取り巻く状況を上に述べたように判断・予測しているからです。

以下に、項目を列記し、目標を述べます。

- (1) 情報化の推進

E-Mail 利用により幹事間の情報交換はかなり頻繁になっていますが、これを発展させ、支部ホーム・ページを整備し、支部会員間の情報交換の活性化を推進させます。

- (2) 役員の若返り化

私自身が来年は62歳を越え、今後もそう急激に若返りとはいかないように思いますが、支部長の任期を2年1期に変えたことで今後徐々に達成されると判断されます。時を待つということです。活動の中心を若手へと考えています。

- (3) 若手研究者への助成

これまでの方針を継続しますが、「東北若手の会」が高齢化しているのは事実ですし、大学院生(修士・博士課程)

と各県の若手を活動の中心にもってくる等の企画立案を、幹事の皆様のお知恵を拝借しながら提案していきたいと考えています。

(4) 会員数の増加

現在の会員数を増加させる具体的な目標として、「各県1名の増加」を努力目標とします。これによって、評議員数をもう1名増加させることができますので、幹事及び会員の皆様のご協力をお願いします。

(5) 産官学の連携

次の2つのことを考えています。

①競争的外部資金の活用

支部内での共同研究を積極的に行い、例えば北東北(青森, 秋田, 岩手)と南東北(山形, 宮城, 福島)の2地域で、計画書を書いて応募するなど、支部内の共通的な課題について協力して取組んで行きたいと考えています。

1-1 科学研究費への応募

科学研究費は、大学だけでなく東北農業センターも申請できるようになりましたので、個人単位で出すのは従来通りとしても、チームでも出すことを考え、研究の連携を活性化させます。

1-2 各省庁の競争的資金への応募

競争的資金の例としては、農林水産省や各県の研究費などがあります。これを利用しないという手はないと思います。各県との連携も考えながら、支部として申請することを考えます。

実は、農機の黎明期昭和30年代には、産一即ち地場の農業機械メーカーも結構東北支部学会に参加されているようなのです。これからは地方の時代でもありますし、農水をはじめ各省の競争的資金を地場産業と支部会員が組んで活動するよう考えます。

②支部学会活動の一環として農業高校への出前講義

各県の会員を中心に、その県の高校に出掛け、農業機械分野の取組みについて紹介します。その場合、各大学・短大との共催という形で経費を節減しながら実施できる方向を工夫します。

③その他

例えば県内、複数の県で研究領域を複合化する。旧来の農業機械の領域を越えた複合化を図ります。地域と連携(産業界との交流)を積極的に行います。

以上、希望と目標を述べましたが、次の2年間支部発展のため、努力しますので、支部会員の皆様のご鞭撻と絶大なるご協力をお願いします。

水稲複粒化種子を使った寒冷地における湛水土中点播栽培

矢治幸夫*・関矢博幸*・森田敏**・荻原均*・冨樫辰志*

A Novel Method for Rice Direct Seeding using Multiple Seed Pellet in Northern Tohoku Region

Yukio YAJI*, Hiroyuki SEKIYA*, Satoshi MORITA**, Hitoshi OGIWARA*,
Tatsushi TOGASHI*

Abstract

A novel method using multiple-seed pellets was developed for rice direct seeding cultivation in northern Tohoku, and field trials in farmers' fields in Ohta, Akita Prefecture was carried out for 5 years. The pellet is round shaped and about 10 mm in diameter, contains 5 to 7 seeds in one pellet. The pellets were manufactured by "clay-rod cutting method" with a newly invented machine, and coated with calcium peroxide (Karupa). The efficiency for pellet manufacture was about 60,000 pellets/hr (0.3 ha/hr). The pellets were seeded by an inclined belt type seeding machine attached to a 4WD tractor, in 15 cm interrow spacing and 30 cm row spacing. The efficiency for seeding with 8-row seeder was about 0.33 ha/hr at the working speed of 0.6 m/s. The average of brown rice yield varied from 5.54 to 6.14 t/ha (cv. Akitakomachi). In this cultivation method, yield was more stable and less lodging was observed compared with conventional row seeding direct seeding method.

[Keywords] rice, direct seeding, wet condition, multiple seed pellet, hill seeding

1. はじめに

東北地域では、近年水稲直播栽培の普及面積が増大し、平成14年度には前年比18%増の2,200haを示している。東北農研センターでは、水稲直播プロジェクト研究として平成5~9年度に「噴頭回転式広幅散布機を用いた湛水表層散播方式による超省力体系の確立」実施し、山形県遊佐町の現地試験において、労働時間約10h/10a、全刈り収量580kg/10a、生産コスト約10%減の成果を得た。

しかし、東北地域、特に北東北においては播種時期の気温が低いこと、さらに近年は銘柄品種の作付けが求められるなどから、苗立ちの不安定性や倒伏の危険性がある散播方式は減少傾向にある。そこで、平成10年度より苗立ちの安定化や耐倒伏性の向上などを目的として、複粒化種子を核とした寒冷地向け湛水土中点播栽培技術開発を進めている。

2. 試験方法

使用した新しい複粒化種子の造粒技術の成果は、水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発(第1~5報)に別途報告している。

複粒化種子播種技術は、前年度試作した乗用管理機装着型の8条用傾斜ベルト式播種機を、欠株防止のための改良を行い、作業能率等を調査した。

試験栽培：現地試験圃場は秋田県仙北郡太田町として、平成10年度から継続して試験栽培を行っている。

調査測定法：播種作業時の測定項目は、播種量、作業能率である。出芽苗立ち調査は播種後約30日として、全株堀取りして苗立ち率、播種深度、一株本数などを調査した。その後、太田町の現地試験圃場では、2週間毎に生育調査を行った。収穫時調査は、坪刈り調査とともに、全刈り収量、収量構成要素、倒伏程度、品質(外観品質、味度)を実施した。

3. 結果の概要

複粒化種子造粒技術は、平成11年度から粘土ひも切断方式の試作と改良を進めて、平成14年度に造粒能率約30a/h(60,000粒/h)を達成し、一粒当たり種数数の低下や不整形であった点が改善された。

複粒化種子播種技術は、リンクベルトの播種穴を円筒状から半球状として(写真1)播種穴体積を減少させ、2粒播種や欠株の原因となる種子の未落下と持回りを防止するように改良した。なお、播種穴の加工はR付きエンドミル(直径15mm)で行った。

また、各播種ユニットにベルト傾斜角調整板(オプション)を取り付けて(写真2)、ユニット毎にリンクベルト角度を可変として、ベルトと種子の接

*東北農業研究センター(盛岡市下厨川赤平4)、**農林水産技術会議事務局(千代田区霞が関1-2-1)

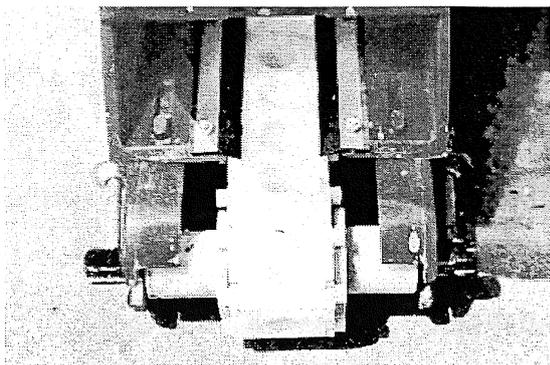


写真1 リンクベルトと半球状に加工した播種穴

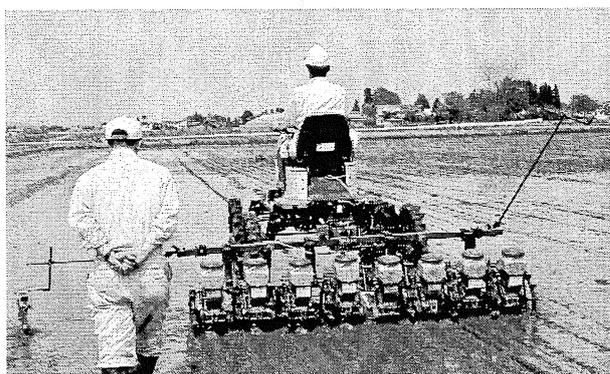


写真3 8条用播種機の作業

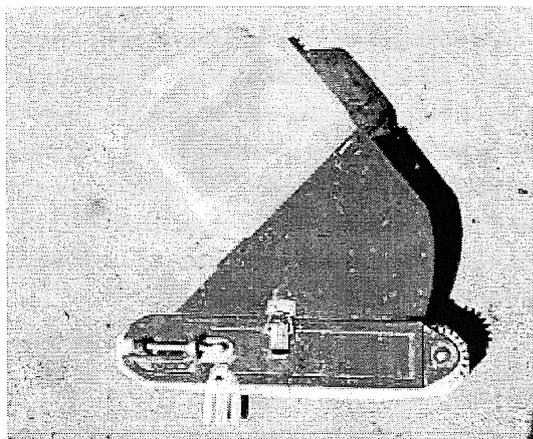


写真2 ベルト傾斜角調整板

触距離を一定に保ち最適の繰り出し状態を実現できるようにした。

上記の改良を行った8条播種機は、安定した播種作業が可能となり、1ha圃場での作業能率は、作業速度約0.6m/sで33a/hとなった(表1、写真3)。

表1 播種作業試験結果の概要

播種機 8条用傾斜ベルト式播種機	
圃場面積	100a (165m×60.7m)
総作業時間	3.05h
実作業時間	2.11h
巡回時間	0.34h
種子補給時間	0.16h
調整移動	0.43h
作業幅	2.4m (0.3m×8条)
平均作業速度	0.6m/s
理論作業量	0.518ha/h
圃場作業効率	0.63
圃場作業量	0.33ha/h

平成10~14年度の太田町N、S圃場の苗立ち調査結果の概要を表2に示した。

表2 播種条件と苗立ち調査結果

圃場	年	品種*	播種日	播種後 日数 (日)	播種量 (kg/10a)	苗立ち 率 (%)	苗立ち 数 (本/m ²)	一株 個体数 (本/株)	株数 (株/m ²)	出芽 深度 (mm)
太田町N	14	こまち	5.6	30	3.7	99.5	131	6.2	21.1	6.6
	13	"	5.5	30	2.8	83.7	77	2.8	27.8	5.1
	13	"条	5.5	30	3.5	94.5	118			4.1
	13	"移	5.19	16			89	4.4	20.0	31.7
	12	こまち	5.14	28	4.3	86.0	127	5.5	22.8	5.4
	11	"	5.6	28	3.6	55.2	63	3.6	17.8	12.4
	10	"	5.7	28	2.4	95.9	82	4.7	17.4	4.5
太田町S	14	こまち	5.7	29	3.7	98.5	127	5.8	22.0	8.1
	13	"	5.5	30	3.0	79.3	84	3.4	24.4	8.6
	12	"	5.6	28	3.9	90.2	117	5.1	23.2	6.3
	11	"	5.6	28	3.0	73.3	73	4.4	16.7	13.2

* : こまち ; 「あきたこまち」

条 : 条播、移 : 移植

複粒化種子の苗立ちは、造粒装置の改良に伴った一粒粒数の変化など造粒精度、播種深さなどの播種精度、さらに播種後の気温など気象条件の影響を受ける。平成11年度は出芽深度が12~13mmと設定の10mmより深くなり、播種後の気象条件も低温傾向であったため、苗立ち数が60~70本/m²と低下した。平成12年度は播種時の出芽深度が5.4mmと浅めとなり、気象条件も高温傾向で苗立ち数が120~130本/m²と安定した。平成13年度より連続式の造粒法としたが、粒形が不揃いなど造粒精度の低下により播種精度が低下するとともに、複粒化種子1粒に含まれる種粒数が減少した結果、播種量が減少し、苗立ち数が80~90本/m²に止まった。

平成14年度は、播種時期が低温傾向であったが、造粒精度と播種精度の向上、および播種前の加温処理（播種作業前日から25℃で加温）により、苗立ち数130本/m²と過去5年間で最も苗立ち数、一株個体数が多い結果となり、茎数が多い生育状況を示した。しかし、14年度の気象条件は、8月が低温、寡照であったため、「あきたこまち」をはじめとして生育が軟弱・徒長し（太田町N圃場の「あきたこまち」稈長は86.6cm）、中干しも不十分な実施であったなどの要因から倒伏が多い生育を示した。

平成10~14年度の収量並びに関連形質調査結果を表3に示した。

表3 収量並びに関連形質調査結果

圃場	年	品種	全刈り 収量 (kg/10a)	精玄米 収量* (g/m ²)	屑米重 (g/m ²)	初数 (百個/m ²)	穂数 (本/m ²)	一穂 粒数 (個)	登熟 歩合 (%)	精玄米 千粒重 (g)	籾わ ら比 (%)	稈長 (cm)	倒伏 (0-4)	玄米 窒素 (%)	味度 値** (点)	良質 粒 (%)
太田町N	14	こまち	554									86.6	2.2			
	13	こまち	606	604	14	278	396	70.2	92.7	23.4	0.98	85.1	0.6	1.24	89.1	95.2
	13	〃条	599	634	13	288	471	61.1	93.1	23.6	0.96	83.4	1.0	1.25	88.9	94.8
	13	〃移		602	7	270	418	65.1	95.4	23.3	0.97	83.2	0.7	1.25	87.3	97.0
	12	こまち	599	554	5	246	429	57.4	95.7	23.6	0.94		0.3	1.22	90.4	86.3
	11	〃	561	540	19	265	387	69.5	86.4	23.6	0.92	80.5	0.1	1.13	78.7	83.3
	10	〃	614	684	20	324	426	76.1	89.0	23.8	0.94	85.9	0.8	1.45	78.6	88.3
太田町S	13	こまち	578	599	16	277	399	69.8	92.1	23.5	0.97	77.7	0.3	1.26	88.0	93.8
	12	〃	563	539	8	249	425	58.6	94.0	23.1	0.96		0.1	1.24	88.9	86.4
	11	〃	603	595	16	289	479	60.3	88.2	23.3	0.84	77.3	0	1.24	78.6	83.0

*精玄米収量は粒厚1.85mm以上の精玄米で水分15%に換算した質量で示した。**味度値は東洋精米機製作所MA-90Bを用いた。

平成10年から継続しているN圃場（30a）の調査では、「あきたこまち」で全刈り収量が561~614kg/10aと、直播栽培としては安定した傾向を示した。S圃場は基盤整備後の100a大区画圃場で、全刈り収量が563~603kg/10aと安定していた。さらに、栽培試験から点播直播の特徴として、株形成（写真4）す

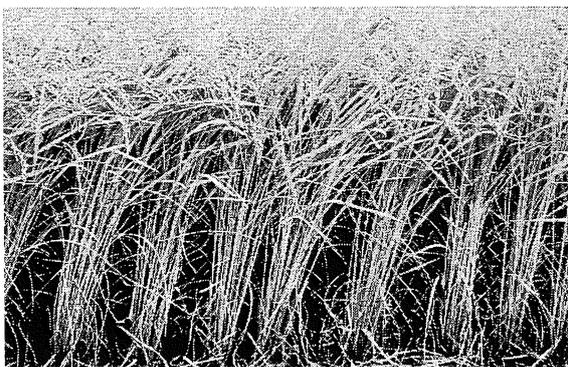


写真4 複粒化種子収穫期の株形成

るために耐倒伏性が高いことが示されているが、表3の結果からも倒伏程度は条播より少ない傾向を得ており、「あきたこまち」での移植並み収量確保につながっている。また、複粒化種子直播米の品質については、登熟歩合、良質粒歩合、味度などで移植と違いがない傾向を得ている。

平成14年度の太田町N圃場の全刈り収量速報値は554kg/10aとやや低収となった。気象条件などを含めた解析を行う予定である。

4. 摘要

1) 半球状の播種穴の採用とベルト傾斜角調節板を装着した8条用播種機は、平均作業速度0.6m/sで約0.33ha/hの能率を示した。

2) 複粒化種子の苗立ちは、造粒精度や播種条件、さらに気象条件の影響を受け、播種深度（出芽深度）を10mm以下とすれば、苗立ち率80~90%を得られる。

3) 複粒化種子点播栽培は株形成により耐倒伏性が高い傾向を示し、全刈り収量は、554~614kg/10aと安定していた。

4) 複粒化種子点播栽培の平成13年度の結果では、全刈り収量を含めて、倒伏、玄米窒素、味度などの収量関連形質は移植栽培と違いはなかった。

5. 今後の問題点

1) 高能率造粒装置の実用化と簡易造粒装置の開発
2) 播種機の高効率化のための作業速度向上と麦や大豆播種への汎用利用

3) 最適施肥管理技術や雑草防除技術を含めた複粒化種子点播技術の体系化

6. 引用文献

1) 富樫辰志・伊藤信雄・西脇健太郎・矢治幸夫・森田敏・木村勝一(1998)水稲複粒化種子の播種技術の開発(第1報), 農機東北支部報(45), 41-44
2) 富樫辰志・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀(1999)水稲複粒化種子の造粒・播種技術の

開発(第2報), 農機東北支部報(46), 23-28

3) 富樫辰志・天羽弘一・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀(2000)水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発(第3報), 農機東北支部報(47), 19-22

4) 富樫辰志・天羽弘一・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀(2001)水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発(第4報), 農機東北支部報(48), 47-50

5) 富樫辰志・天羽弘一・西脇健太郎・矢治幸夫・木村勝一・菊池康紀(2002)水稲複粒化種子の造粒・播種技術の開発(第5報), 農機東北支部報(49)

6) 森田敏・関矢博幸・矢治幸夫(2001)直播水稲の播種様式と基肥量が「なびき型」倒伏抵抗性に及ぼす影響-チェーン法による分けつ位置別の評価-, 作物学会記事(70別1), 12-13

7) 矢治幸夫・富樫辰志・森田敏・関矢博幸(2001)複粒化種子を使った寒冷地における水稲湛水点播栽培法, 農業及び園芸(76-11), 46-54

デントコーン畑における精密圃場管理(第1報)

— 草丈および茎径と乾物質量との関係 —

田中勝千*・本橋罔司*・高野 剛*・古橋拓明*
杉浦俊弘*・馬場光久*

Precision Farming of Dent Corn Field (I)

— Relationship of Plant Length and Stalk Diameter to Dry Matter Mass of Dent Corn —

Katsuyuki TANAKA*, Kuniji MOTOHASHI*, Takeshi TAKANO*, Hiroaki FURUHASHI*
Toshihiro SUGIURA*, Mitsuhisa BABA*

[Keywords] デントコーン, 草丈, 茎径, 乾物質量, 精密圃場管理

I. はじめに

東北以北における粗飼料生産用の作物としては牧草とデントコーンがほとんどである¹⁾。牧草に比べて、デントコーンは栄養価が高く高収量が期待でき、また、家畜ふん尿の還元率が高いといわれている。そのために、飼料自給率の向上(生産面積の拡大)という側面と環境保全型畜産の推進という側面の両面から栽培が推奨されている。筆者らは牧草地を対象とした精密圃場管理について、とくに圃場情報システムの作成に力点をおいて研究を進めてきた^{2)~6)}。その延長線上にある環境保全型畜産を実現するためには、デントコーン畑においても精密な圃場管理が不可欠であるとの観点からデントコーン畑にその範囲を広めることとした。第1報では、基礎データとして草丈および茎径と乾物収量との関係について検討した。

II. 調査方法

北里大学付属農場第1圃場内のデントコーン畑(全面積1.8ha)において、畝立てする際、傾斜地用トラクタ(AEBI TT33)が出入りできる4mの通路を確保した。2001年5月下旬に、通路の東側に早生品種のニューデント100を、通路の西側には中出品種のマイティコーン8492を南北方向に播種した。通路両側それぞれ50mの調査区を設け、早生と中出についてそれぞれ2.5m毎に5本ずつ合計100本選定した。8月27日と9月27日に、スタッフで選定したデントコーンの草丈を、ノギスで地面に近い茎(第2節と第3節の間)の長径と短径を計測した。収穫日は10月18日で、選定したデントコーンを刈取り、乾物質量を求めた。図1に対象圃場の配置図と調査区を、図2にデントコーンの草丈と稈長を示す。また、図3に平均径を求めるために計測した長径と短径について示す。なお、末尾に調査風景を載せた。

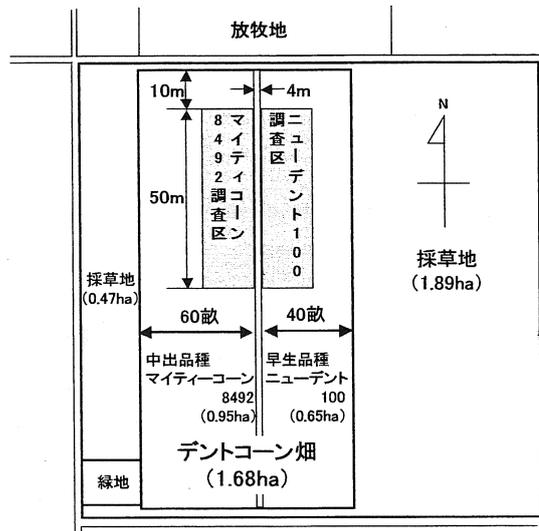


図1 対象圃場の配置図と調査区

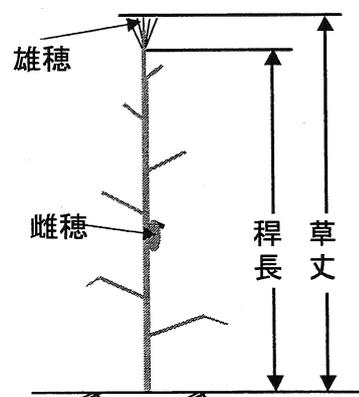


図2 デントコーンの草丈と稈長

*北里大学獣医畜産学部 〒034-8628 青森県十和田市東23番町35-1

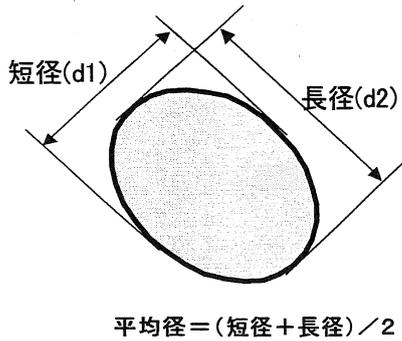


図3 デントコーンの平均径

Ⅲ. 結果と考察

(1) デントコーン草丈と乾物質量との関係

図4に早生のニューデント 100 の結果を、図5に中出のマイティコーン 8492 の結果を示す。横軸にはデントコーンの草丈を、縦軸には乾物質量をとっている。草丈の大部分は2~3m未満にあり、早生の平均値は 2.5m強、中出の平均値は 2.5m弱であった。また、乾物質量も大部分が100~400gにあり、同じ草丈でも乾物質量にばらつきが大

きかった。直線とべき乗の回帰式を併記したが、決定係数は最大でも直線回帰時の 0.121(相関係数 $r=0.348$)となり、回帰式の寄与率としては小さかった。同じ草丈でも乾物質量に差があり個体差が大きいことから、個々のデータで回帰するのではなく、データの平滑化処理を施す必要があると考えられる。

図6, 図7に、それぞれ早生のニューデント 100 と中出のマイティコーン 8492 について 2.5m毎に平均化したデントコーンの草丈と湿潤質量を示す。図の左軸に草丈を、右軸に湿潤質量を、横軸には距離をとった。草丈の変動の大きい中出の方が湿潤質量との連動が見られるように推察される。デントコーンは8月上旬に13葉齢前後に達する。これ以降、最上位の葉までの高さはほとんど変わらない。草丈の変化は最上位の葉から雄穂までの稈が伸び、長い場合は 40cm以上にもなる(図2参照)。草丈は雄穂までの高さであるから、早生と中出では同じ日に計測したとしても、最上位の葉から雄穂までの伸びの程度が異なる恐れがあり、図4, 図5に示した決定係数の違いはその差かもしれない。また、このことは8月以降、草丈とデントコーン質量との関係が草丈の計測時期によって異なる可能性があることを示唆している。いずれも、今後検討を要する。

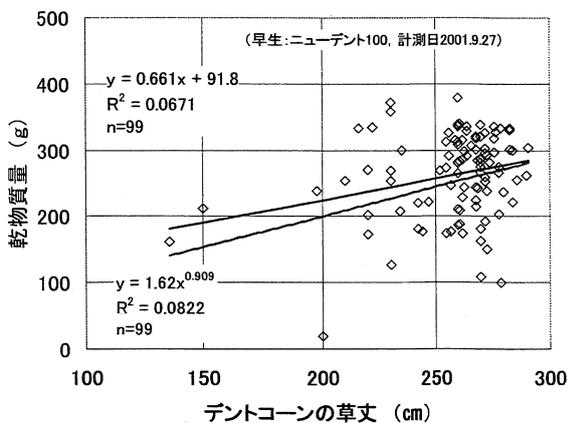


図4 デントコーンの草丈と乾物質量との関係

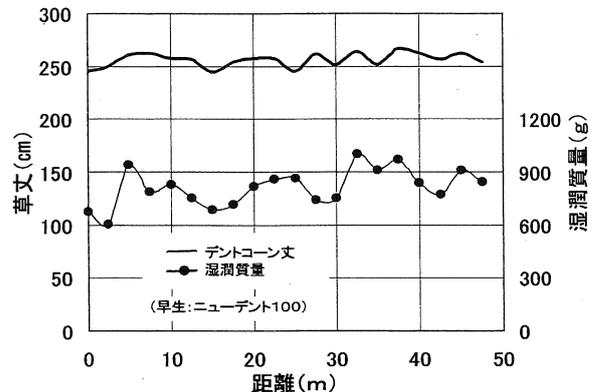


図6 デントコーンの草丈と湿潤質量(2.5m平均)

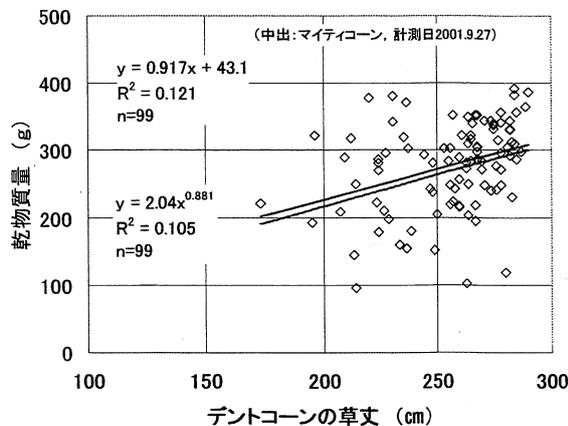


図5 デントコーンの草丈と乾物質量との関係

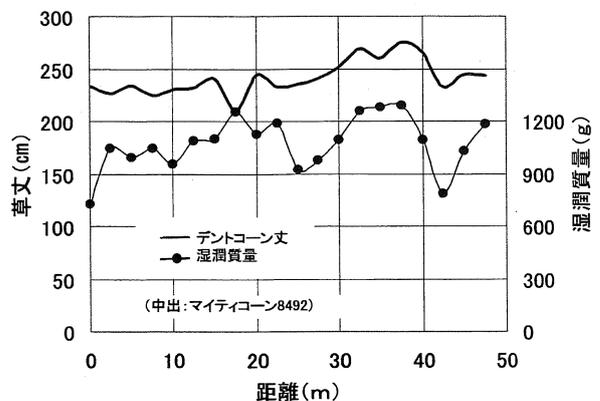


図7 デントコーンの草丈と湿潤質量(2.5m平均)

(2) デントコーンの平均径と乾物質量との関係

図8に早生のニューデント100の結果を、図9に中出のマイティコーン8492の結果を示す。横軸に平均径（(長径+短径/2)）を、縦軸に乾物質量をとった。いずれも、平均径は1.5~3.0cmにあり、その大きさに2倍程度の開きがあった。デントコーン草丈の場合と同様に、直線とべき乗の回帰式を併記した。個々のデータを用いたにも拘わらず、直線回帰時の決定係数は、それぞれ0.533(相関係数 $r=0.730$)、0.345($r=0.587$)で、デントコーンの草丈を横軸にとった場合より明らかに大きかった。したがって、連続データを取得後、セミバリエーション解析^{7), 8)}等を踏まえてデータを平滑化処理すれば、平均径を計測して乾物質量を推定できる可能性が示されたと考える。しかし、収穫時に刈取り部分にセンサ(例えば、レーザー寸法測定器)を取り付けて、今回計測に用いたノギスの精度で平均径を計測することは困難である。したがって、別の目的のカメラ(例えば、赤外線カメラ等)からの情報を用いて、例えば刈取り時に次の畝を側面から撮影して茎径を求める方法などが考えられる。今後、検討してみたい。

デントコーンは茎断面が楕円状で、草丈が大きくなるほど断面面積は小さくなる傾向にあった。したがって、平均径を相当半径とする円錐とすれば、断面面積が大きいほど乾物質量は大きくなると推測できる。早生品種の場合、べき乗で回帰したときのべき指数は1.93で2に近く、この傾向を示していると思われた(中出品種:べき指数1.48)。そこで、図10と図11に、それぞれ早生のニューデント100と中出のマイティコーン8492について、節間の高さとの関係を示した。横軸に節間の高さを、縦軸には節間の平均径をとっている。早生ではべき乗で回帰したときのべき指数が2に近かったこともあって、節間の高さが大きいほど平均径が小さくなると思われた。中出でも、その傾向は見られるが、早生よりばらつきが大きかった。また、早生では節間の高さが80cmを、中出では節間の高さが90cmを越えたところで、平均径の変化傾向に段差がみられる。この高さより上に雌穂がついていて、茎径が細くなっていることによる。さらに、この高さまでは平均径の変化は少なく、画像処理によって乾物質量の情報を引き出す場合に利用できる可能性があると考えられる。

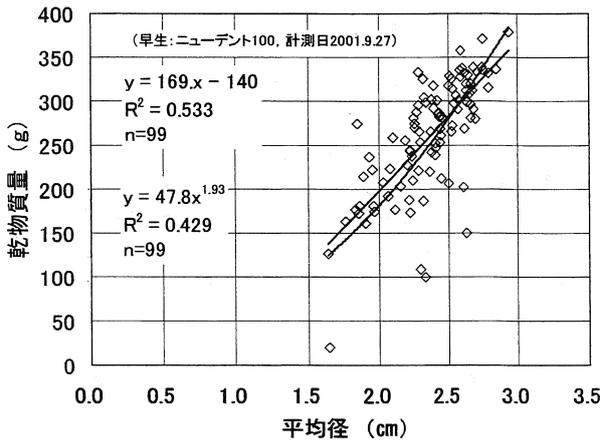


図8 平均径と乾物質量との関係

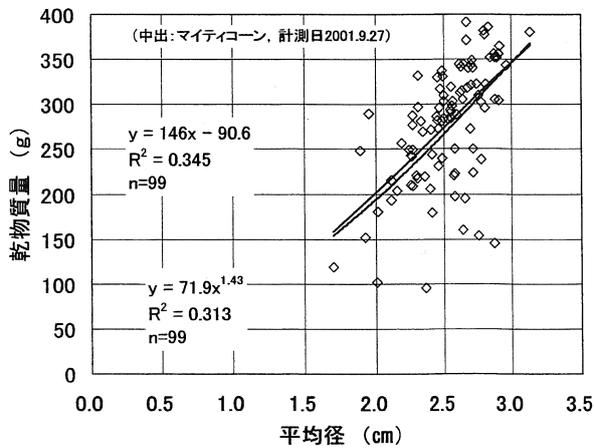


図9 平均径と乾物質量との関係

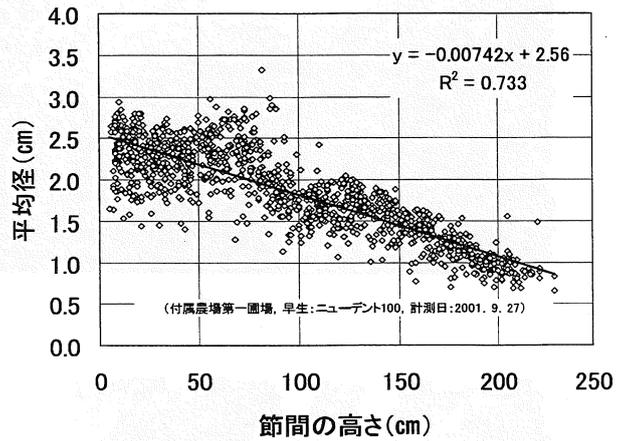


図10 節間の高さとの関係

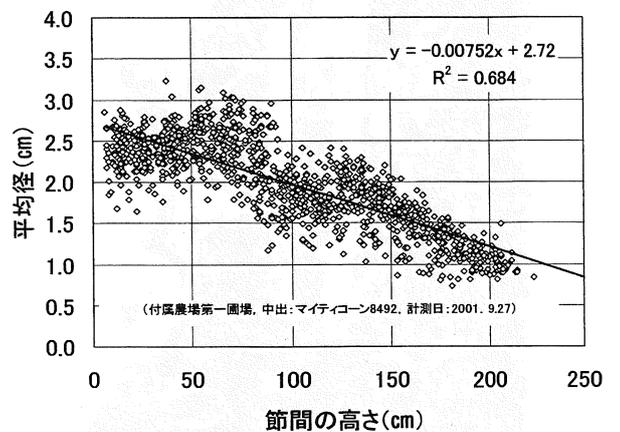


図11 節間の高さとの関係

IV. まとめ

付属農場のデントコーン畑において、早生品種のニューデント 100 と中出品種のマイティコーン 8492 の2種類のデントコーンについて、それぞれ1畝50mの区間を調査対象とした。調査項目はデントコーンの草丈と地面に近い茎（第2節と第3節の間）の平均径、および乾物（湿潤）質量である。草丈と乾物質量との関係と、地面に近い茎（第2節と第3節の間）の平均径と乾物質量との関係を調べた。その結果、乾物質量との関係でみれば、草丈よりも平均径との関係の方が深かった。今後、データを継続して取得し信頼性を高めると共に、精密圃場管理に必要な計測項目を明らかにしていきたい。

(調査風景)



(1) 中出品種（左手）と早生品種（右手）



(2) 茎径の計測



(3) 草丈の計測

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(C)(2)14560213の補助金を受けました。また、調査に当たり、本学附属 Field Science Center 十和田農場には多大なご協力をいただくと共に、生産システム学研究室の専攻生には課題研究のテーマとして取り組んでいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤田裕：貯蔵粗飼料の品質改善，酪農総合研究所，7-9，1999
- 2) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・石田頼子：草地におけるプリシジョンファーミング（第1報），農機東北誌，45，21-24，1998
- 3) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・石田頼子：草地におけるプリシジョンファーミング（第2報），農機東北誌，46，41-44，1999
- 4) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛：草地におけるプリシジョンファーミング（第3報），農機東北誌，47，39-42，2000
- 5) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛：草地におけるプリシジョンファーミング（第4報），農機東北誌，48，13-16，2001
- 6) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・杉浦俊弘・馬場光久：草地におけるプリシジョンファーミング（第5報），農機東北誌，49，2002（掲載予定）
- 7) 李忠根・矢内純太・下久保敏和・飯田訓久・梅田幹雄・小崎隆・松井勤：水田における圃場マップの作成，農機誌，63(5)，45~52，2001
- 8) 間瀬茂・武田純：空間データモデリング，140-142，共立出版，2001

デントコーン畑における精密圃場管理(第2報)

— 超音波式変位センサを用いた草丈の計測 —

古橋拓明*・田中勝千*・本橋園司*・高野剛*・杉浦俊弘*・馬場光久*

Precision Farming of Dent Corn field (II)

— Estimation of height of Dent Corn Using Ultra Sonic Wave Sensors —

Hiroaki FURUHASHI*, Katsuyuki TANAKA*, Kuniji MOTOHASHI*, Takeshi TAKANO*
Toshihiro SUGIURA*, Mitsuhiro BABA*

[Keywords] ultra sonic wave sensor, dent corn, plant height, yield map, field information system

I. はじめに

収量情報は施肥などによる土壌管理に直接利用できるほか、雑草、害虫、病気の管理にも間接的に利用できるため圃場情報(Field Information System)の基礎となっている。デントコーン畑を対象として精密な圃場管理を行う場合も同様で、収量は重要な圃場情報である。本報では、超音波式変位センサを用いて、デントコーンの草丈を計測する方法について検討した。また、草丈と収量との関わりを求め収量分布推定¹⁾の可能性を検討した。

II. 実験方法

北里大学附属農場第1圃場内のデントコーン畑を対象圃場とした(図1参照)。デントコーン畑は、南北方向に畝立てされていて、東側に早生品種のニューデント 100

が、西側には中出品種のマイティコーン 8492 が栽培されている。畝立てする際、2つの品種の境界に供試トラクタ(傾斜地用トラクタ: AEBI TT33)が入ることのできる幅4mの通路を確保し、通路の両側それぞれ北側から50mを調査区として設定した。

図2に、実験装置・供試トラクタの模式図を示す。デントコーンの草丈を計測する超音波式変位センサ(KEYENCE UD-300, 以下超音波センサ)をAセンサ、茎位置を計測するセンサをBセンサとした。地面からAセンサまでの距離を3mと定め、草丈をH(m)、Aセンサからデントコーンまでの距離をX(m)とすると、草丈Hは、

$$H = 3 - X \quad (\text{m})$$

となる。調査区内の畝毎に、始点と終点には地表と垂直になるように識別板を設置し、Bセンサによって識別板

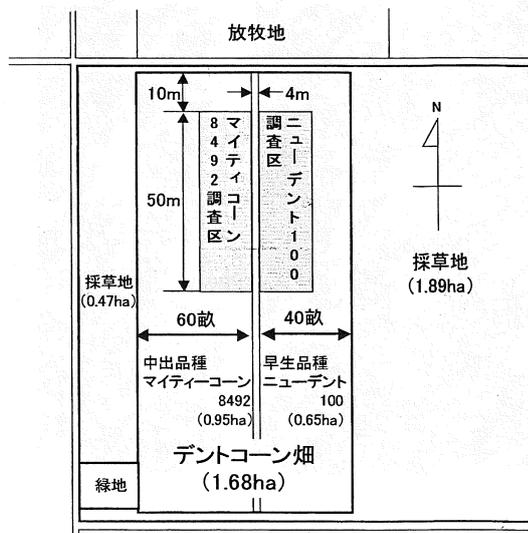


図1 対象圃場の配置図と調査区

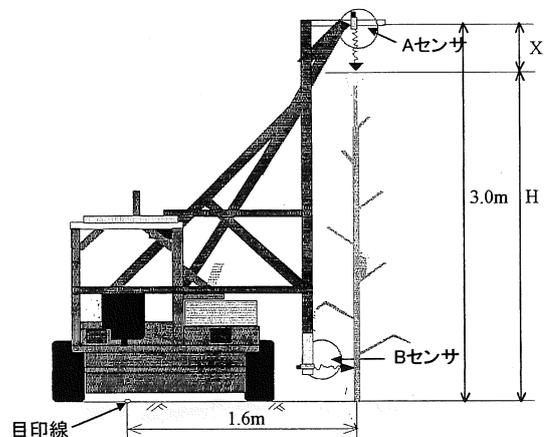


図2 実験装置・供試トラクタの模式図

を検出させ、計測の開始・終了の位置を決めた。なお、デントコーン上に A センサを正確に通過させるために、デントコーンの畝から 1.6m 離れた位置に PP ロープを南北方向に張り、走行の目印線とした。

超音波センサによって検出された草丈 (以下、超音波計測、サンプリング周期 0.05s) のデータは、アナログ信号として出力される。これをデジタル信号に変換し (高速型アナログ・デジタル変換モジュール CONTEC AD12-16TA(98)), コンピュータ (EPSON ラップトップパソコン PC-286LS) に取り込んだ。その後、A/D 変換後のデジタルコードを下の校正式により物理量に変換した。

$$\begin{aligned} \text{デントコーン草丈(m)} &= (A \times 0.291 \times 2.441 - 76.45) \times 0.001 \\ \text{デントコーン位置(m)} &= (B \times 0.291 \times 2.441 - 75.87) \times 0.001 \\ \text{回転数(rpm)} &= 1.469 \times C - 7.902 \end{aligned}$$

- A : A センサの A/D 変換コード
- B : B センサの A/D 変換コード
- C : 回転数の A/D 変換コード

2001 年 8 月 23 日から 1 週間ごとに 2 品種とも超音波計測を合計 7 回行った。速度が 1.0m/s, 1.5m/s, 2.0m/s (2600rpm, 1 速, 2 速, 3 速) となるように速度を調整し、速度毎に 3 回ずつ繰り返し走行させ、合計 18 個のデータを得た。また、計測時には人為的誤差をなくすためオペレーターは同一人物とした。人力での計測 (手計測) では、スタッフでデントコーン丈を cm 単位で計測した。また、推定精度を求める際、第一報²⁾では個々のデータで直線回帰させた場合、個体差が大きく、精度がよくなかった。そこで、2.5m 毎にデータを平均化した。

III. 結果と考察

1. 超音波計測丈と手計測丈の関係

図 3 に超音波計測によって得られた結果を示す。横軸は進行距離を、左縦軸は草丈・茎検出距離を、右縦軸は

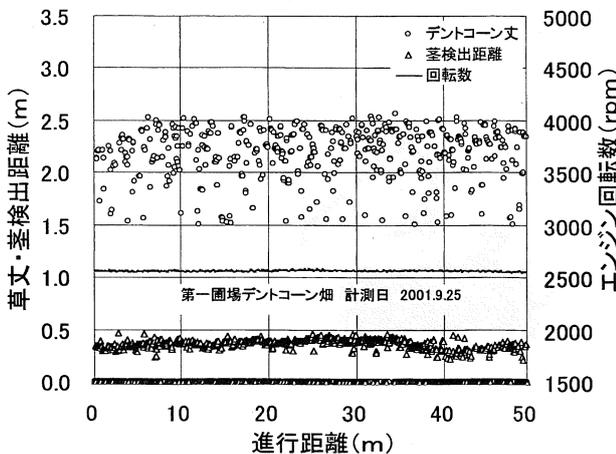


図 3 超音波計測時の生データ

エンジン回転数を表している。茎検出距離を見ると、検出距離が一定でないことがわかる。そのため、超音波センサが、正確に畝上を通過していないと考えられる。

図 4 に超音波計測丈と手計測丈の関係を示す。横軸は超音波計測丈を、縦軸は手計測丈を表している。○印は速度 1.0m/s で超音波計測を行った場合の超音波計測丈と手計測丈の関係を表しており、以下、△印・□印はそれぞれ 1.5m/s, 2.0m/s のときの超音波計測丈と手計測丈の関係を表している。また、直線はそれぞれを、直線回帰したものである。決定係数は 1.0m/s では 0.448, 1.5m/s では 0.145, 2.0m/s では 0.024 となった。これらのことから、超音波計測では速度による影響が大きく、高速ではその精度が悪くなることがわかった。精度が悪くなる要因の一つとして、上述したように超音波センサが畝上を

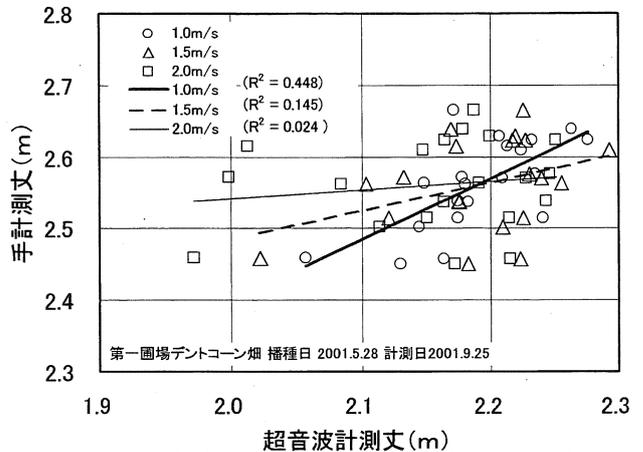


図 4 超音波計測丈と手計測との関係 (2.5m 平均)

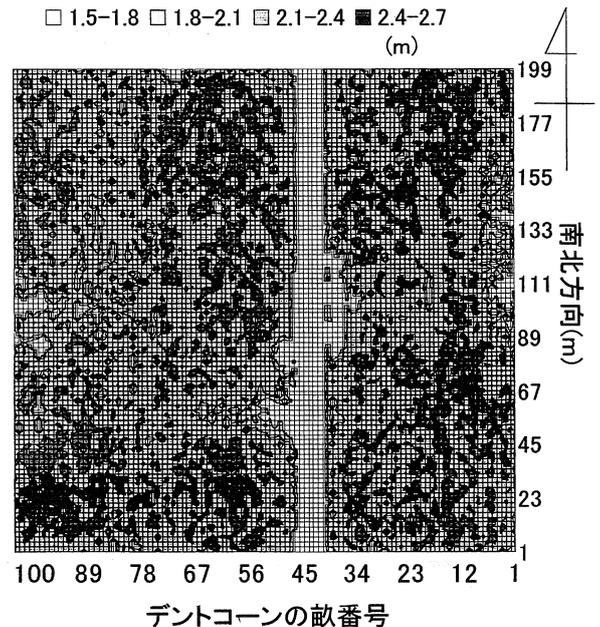


図 5 デントコーンの草丈マップ (2m 平均, 計測日 2001.10.18)

正確に通過できなかったということが考えられる。これは、圃場が平面ではないため、直進走行が難しいことや、速度が上がることにより、オペレーターの操作ミスが多くなるためである。しかし、本圃場での収穫作業速度は約 1.0m/s なので、1.0m/s の検出精度を高くできれば、超音波計測によってリアルタイムにデントコーン丈を計測することは可能であると考えられる。

図 5 に示すのは、超音波計測によるデントコーンの草丈マップである。X 方向はデントコーンの畝番号を表しており、畝は 104 列ある。また、Y 方向は距離 (m) を表している。東側のニューデント 100 が栽培されている面積は約 0.65 ha、西側のマイティーコーン 8492 が栽培されている面積は約 0.95ha で、デントコーン畑全体の面積は約 1.68ha となっている。草丈の階級幅は 0.3m とした。この図からわかるように、品種の境界線でもある通路がはっきり図に表れていることが分かる。また、この年は鳥害が著しかった。このことは、図に反映されており、実際、図の西側中央辺り、通路中央辺り、東側中央辺りではデントコーンの草丈が低いことがわかる。このように、デントコーンの草丈マップをリアルタイムに作成することができた。

2. デントコーン丈と乾燥質量の関係

図 6 に、ニューデント 100 の手計測丈と乾燥質量の関係を示す。横軸は手計測丈を、縦軸は乾燥質量を表している。直線は、手計測丈と乾燥質量の関係を直線回帰させたもので、決定係数は 0.141 となった。図 7 に作業速度 1.0m/s におけるニューデント 100 の超音波計測丈と乾燥質量の関係を示す。X 軸は超音波計測丈を、Y 軸は乾燥質量を表している。この時の決定係数は 0.183 であった。図 6、図 7 から、手計測・超音波計測、どちらも決定係数が 0.2 以下と低く、このままでは草丈から乾燥質量を推定するのは難しいと考えられた。図 8 は、先ほどと同じく、作業速度 1.0m/s におけるニューデント 100

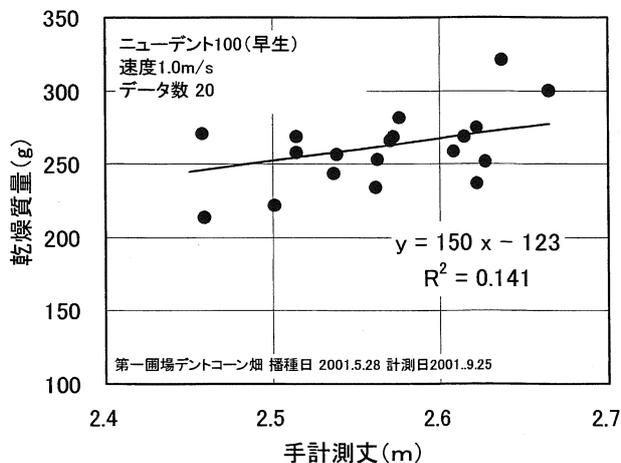


図6 手計測丈と乾燥質量(2.5m平均)

の超音波計測丈と乾燥質量の関係を示したものである。ただし、図 8 は、データ処理の 2.5m 平均処理の際に、2m 以下のデータを削除して作成したものである。X 軸、Y 軸はそれぞれ、超音波計測丈、乾燥質量を表している。これを直線回帰させた場合の決定係数は 0.486 であった。

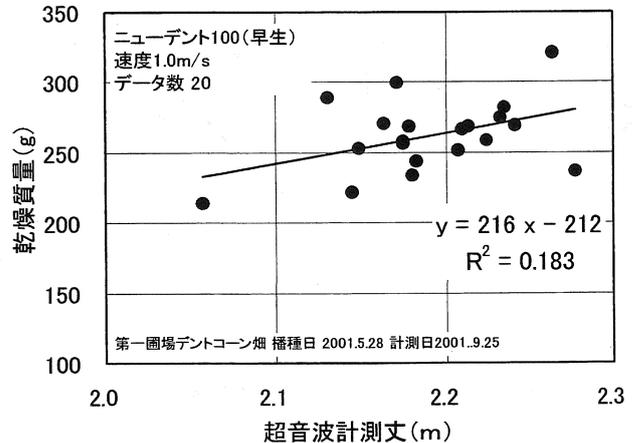


図7 超音波計測丈と乾燥質量(2.5m平均)

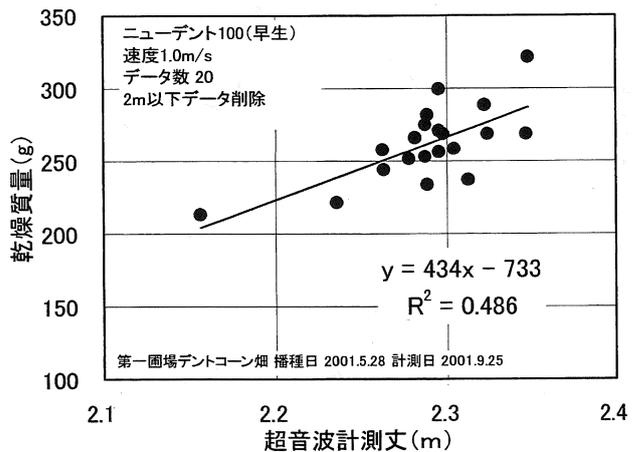


図8 超音波計測丈と乾燥質量(2.5m平均)

図 9 は、作業速度 1.0m/s におけるマイティーコーン 8492 の超音波計測丈と乾燥質量を示したものである。決定係数は 0.008 であった。また図 10 は、ニューデント 100 と同様に、2m 以下のデータを削除して作成したものである。この決定係数は 0.050 と、決定係数がわずかに高くなった。これらのことから、超音波計測丈が 2m 以下のデータを削除することにより、決定係数が高くなる傾向があることがわかった。また、ニューデント 100 では、決定係数が高かったのだが、マイティーコーン 8492 では、決定係数は高くはなかった。中出品種であるマイティーコーン 8492 の成長期に天候不良が続いたことが原因の一つであると考えられたが、詳細はわからなかった。また、乾燥質量を求める際、調査区 50m にある全てのデン

トコーンを計測したのではなく、2.5m 毎に5本ずつ計測したため、データ数が足らなかったことの影響も考えられる。

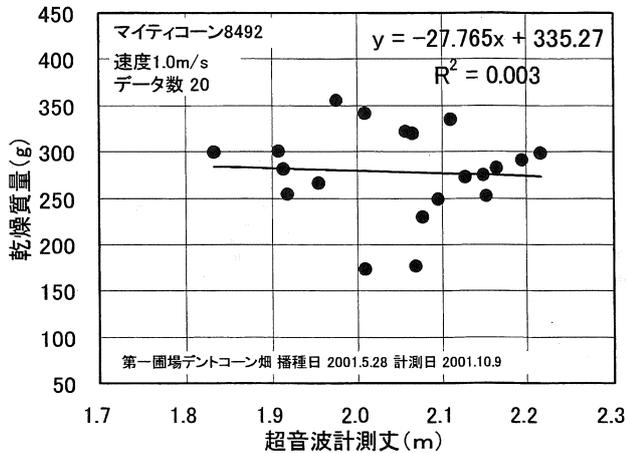


図9 超音波計測丈と乾燥質量(2.5m平均)

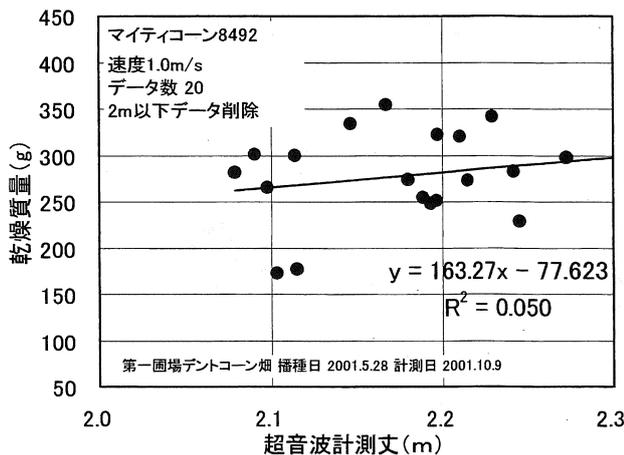


図10 超音波計測丈と乾燥質量(2.5m平均)

IV. まとめ

本報では、超音波変位センサをもちいて、デントコーンの草丈を計測する方法について検討した。前述した理由から、推定精度を求める際、2.5m 毎にデータを平均化した結果、

- (1) 超音波センサを用いた草丈の計測には、作業速度 1.0m/s が最も適していた。(図4参照)
- (2) 超音波計測丈の閾値を設定することにより、乾燥質量の推定精度が向上した。(図7, 図8, 図9, 図10参照)
- (3) 乾燥質量の推定精度が向上したことにより、草丈から収量分布推定の可能性があると考えられた。

また、速度が大きくなると、正確にデントコーン畝に沿ってセンサを通過させることができなかつた。これは、逆に考えると、速度が遅い場合でも、センサ数が多い方が精度よく草丈を計測できるということである。今後の

課題は、できるだけ正確に畝上に沿ってセンサを通過させることである。そのために、例えば車幅方向にオフセットをもたせた2つの超音波センサを用いて、畝の上を通して、その平均値を求めるといったような計測装置・計測方法の改善が考えられる。また、超音波計測丈と乾燥質量の関係では、品種によって決定係数に違いがみられた。そこで、調査区を50mから100mと倍にして調査を行い、データ数を増やして検討したいと考えている。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(C)(2)14560213の補助金を受けると共に、生産システム学研究室の専攻生には課題研究のテーマとしてご協力いただいた。また、調査に当たり本学付属農場 Field Science Center 十和田農場には多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛：草地におけるプリシジョンファーミング(第4報), 農機東北誌, 48, 39-42, 2001
- 2) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・古橋拓明, 杉浦俊弘, 馬場光久：デントコーン畑における精密圃場管理(第1報), 農機東北誌, 49(掲載予定)
- 3) 農業技術体系 畜産編7 飼料作物, (社)農産漁村文化協会, 66-67, 1979

水稻複粒化種子の造粒・播種技術の開発 (第5報)

—造粒システムの自動化(その2)及び播種試験—

富樫辰志*・天羽弘一*・西脇健太郎*・矢治幸夫*・木村勝一*・菊池康紀**

Development of Rice Direct Seeding System Using Multiple Seed Pellet (Part 5)
— Improvement of the Automatic Granulation System and Seeding Tests in Paddy Field —

Tatsushi TOGASHI*, Koichi AMAHA*, Kentaro NISHIWAKI*, Yukio YAJI*,
Syoichi KIMURA*, Yasunori KIKUCHI**

[キーワード] 水稻直播, 複粒化種子, 粘土ひも切断式造粒法, 造粒システム, 播種

1. はじめに

寒冷地における水稻直播栽培の安定化を図るため、ペレット状の複粒化種子(5~7粒の種朶を含む)を造粒して点播し、移植と同様の株立ち生育を目的とする直播技術の開発を1998年より進めている。1999年度(第2報)には、高精度な造粒法として粘土ひも切断式造粒法を開発し、2001年度には自動化・省力化を進めるために造粒システムを製作したが、主に装置の構造と製作精度に由来する造粒精度の

低下と造粒作業のトラブル・中断等が生じた。そこで2002年度(本報)では、造粒能率の向上および造粒精度の向上を主な目的とし、造粒システムの各工程について大幅な改良を行うとともに圃場での播種作業試験を行った。

2. 造粒システム各工程の配置(図1)

①粘土ひも押し出し工程：粘土ホッパには約13%, 26kg(比重2.0)の粘土が入り、油圧シリンダ(200kPa)によってモノポンプへ圧送される。モノポンプ出口の6穴にセット

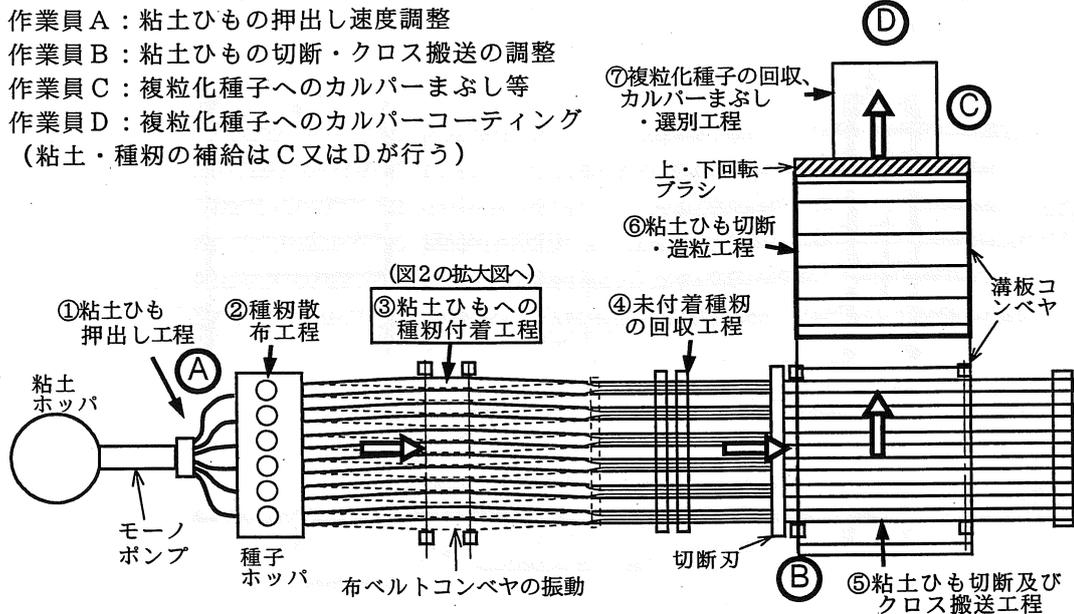


図1 改良型造粒システム各工程の配置(平面図)

*: 東北農研センター(〒020-0123 盛岡市下厨川字赤平4) **: (有)北日本ゼオライト販売

されたビニルパイプを介して6本のノズル(内径4.7mm)から粘土ひもが布ベルト(ポリウレタン製)上に押出される。

②種籾散布工程：種籾ホッパ(容量22畝)からは6本の種籾供給パイプを介して鳩胸状の催芽籾が、各々、6本の布ベルト上に一様に散布され、直後に、その上に粘土ひもが押出される。

③粘土ひもへの種籾付着工程：布ベルトの振動・搬送中に種籾が粘土ひも表面に付着する。

④未付着種籾回収工程：粘土ひもに付着しなかった余分な種籾は、布ベルトへの加振動作によって落下・回収され、再利用される。

⑤粘土ひも切断及びクロス搬送工程：粘土ひもは50cmの長さで切断され、同時に溝板コンベヤ(下側溝板)の上に100mm間隔で落下し、搬送方向を90度変える。

⑥粘土ひも切断・造粒工程：下側溝板上の粘土ひもは搬送されながら、上側溝板コンベヤによる圧縮作用で切断・造粒される。

⑦酸素発生剤(カルパー)まぶし・選別工程：造粒された複粒化種子はカルパー粉衣

され、余分なカルパーおよび単粒の種籾は振動ふるいで選別・除去される。

3. 粘土ひもへの種籾付着工程～粘土ひも切断工程(図2)

本工程が2002年の主な改良点である。布ベルト(厚さ1.2mm、幅48mm、長さ7m)を100mm間隔で6本配置して③～⑤工程の搬送コンベヤとした。

まず、種籾の散布された布ベルト上に直径4.7mmの粘土ひもが、粘土ひも押しノズルから30mm/sの速度で押出される。次に、粘土の押し速度よりも20%大きい搬送速度36mm/sの布ベルトは、搬送方向と直角水平方向に振動(4.5Hz、最大振幅15mm)するので、粘土ひもは搬送されながら布ベルト上で転動し、種籾が粘土ひもに隙間なく付着する。

粘土ひもに付着しなかった種籾は、布ベルトの両端が±5mmほど上下振動する④工程で下・回収されて再利用されるため種籾のロスが少ない(図3)。ただし、システム全体

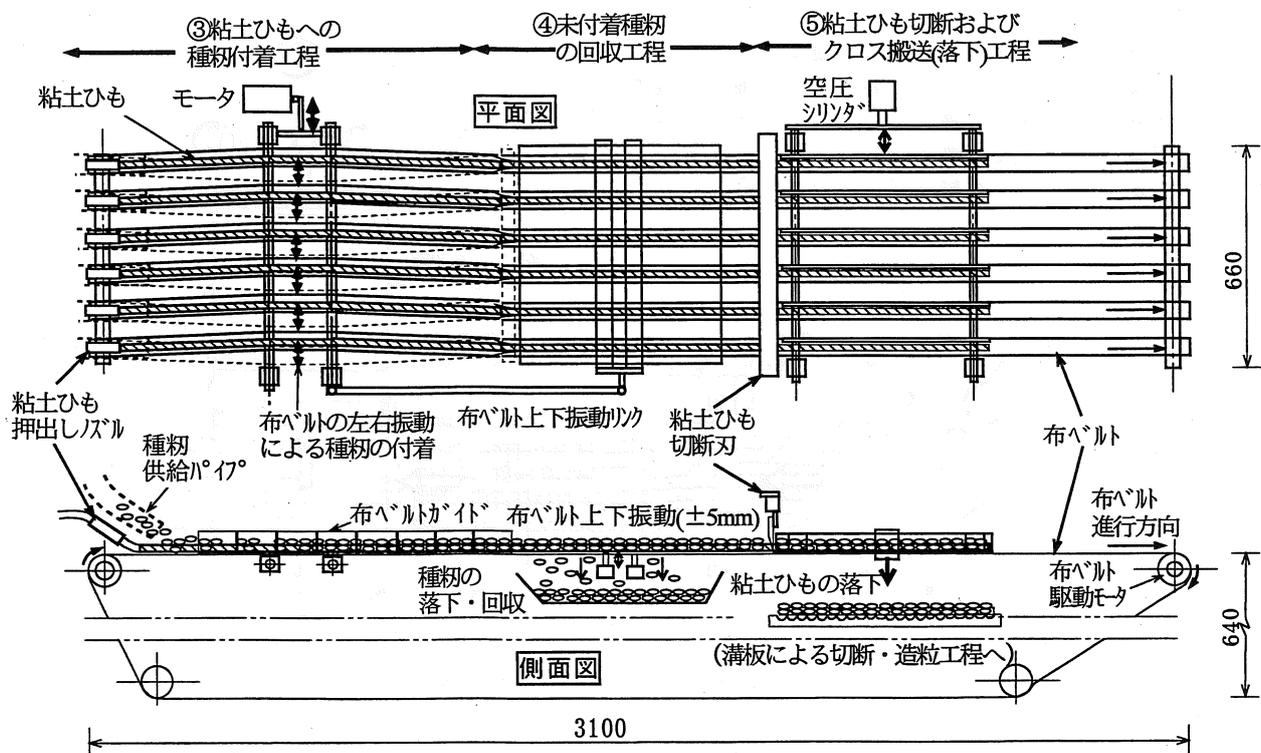


図2 布ベルト搬送による粘土ひもへの種籾付着～粘土ひも切断工程

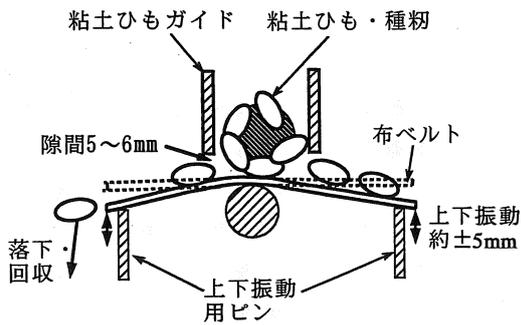


図3 未付着種籾の回収原理

での種籾ロスは、切断・造粒工程以後のロスが加わるため約20%と推定された。

次に、搬送された粘土ひもは、フォトセンサで感知され長さ500mmで切断されると同時に布ベルト間の隙間へ押出されて落下する。落下した粘土ひもは上側溝板コンベヤに約100mm間隔で並び、切断・造粒工程に進む。

4. 造粒工程および造粒精度

溝板コンベヤによる造粒工程は、基本部分は前報(2001年)と同じ装置を用いており、上側溝板と下側溝板の搬送速度は、各々、81mm/s及び44mm/sである。上・下溝板の接触距離

を小さくしたこと、全体にフレームの強度を増したこと等の改造により造粒精度を向上させた。種子の排出部においては、溝板コンベヤに付着した複粒化種子を上・下2本の回転ブラシで掻出して振動板に落下させ、カルパーを粉衣し、かつ選別ふるい（振動数5～6Hz、振幅7.5mm、図4参照）で造粒されなかった単粒種子および余分なカルパーを選別・除去した。ここまでが自動化システムであり、その後、皿型造粒機によるカルパーコーティングを行う。

複粒化種子の寸法及び含まれる種籾数は2001年よりもばらつきが少なく安定し、造粒精度の向上が確認された（表1）。造粒能率は約6万粒/h（水田30a相当分）で、作業人員はA～Dの4名（図1参照）であるが、作業が順調であれば3名でも可能であり、前報よりも2名削減できた。

5. 播種作業精度

東北農研センター内の水田圃場で行われた播種精度試験結果を表2に示した。株間17.1cmは設定通りであったが、播種深さ5.0mmは設定7.0mmよりも浅めという結果であった。ただし、含まれる種籾数から推定苗立率を計

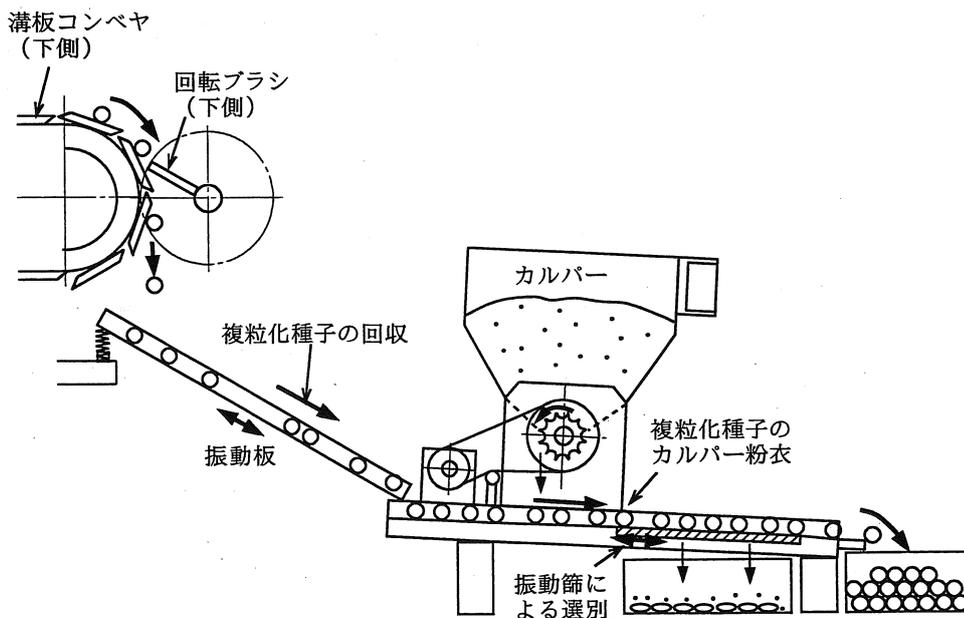


図4 複粒化種子の回収、カルパー粉衣、選別工程（側面図）

算すると、(1株苗立ち本数3.8本/含まれる種粒数7.1粒=0.54) 54%となり、予想よりも小さい値であった。主な原因は鳥害と推察された。

秋田県太田町で行われた現地実証播種作業試験の結果(表3)では、苗立率がいずれも90%以上であり、それは出芽深さが6~8mmと安定していたことが主な原因と考えられた。1株当たり苗本数も5~6本と安定しており、その後の調査で収量は移植並みであることが確認された。

6. おわりに

水稻複粒化種子の粘土ひも切断式造粒法による自動造粒システムのプロトタイプはほぼ完成したと判断される。播種後の生育も現地実証試験で移植に近い生育(耐倒伏性等)・収量が確認されている。しかし、本技術の実用化を前提とした場合、造粒能率は20万粒/h(毎時1ha分)以上が必要であろう。また、個別農家が保有できる簡易・低コストな造粒装置の開発も必要と思われた。

表1 複粒化種子の造粒精度推移

	平均直径(mm)	最大径(mm)	最小径(mm)	種粒数	粘土ひも直径(mm)
1999年	9.3(1.8)	10.7(1.1)	7.9(1.3)	6.4(2.1)	4.3
2000年	10.0(0.9)	11.3(0.8)	8.8(0.8)	7.0(1.4)	4.3
2001年	9.6(2.5)	11.7(1.6)	7.7(1.2)	5.4(2.1)	4.5
2002年	9.9(1.6)	11.9(1.3)	7.9(1.1)	7.1(1.5)	4.7

注) 括弧内は標準偏差, 測定点数各300粒

表2 播種精度試験結果(所内圃場, 2002)

	株間 (cm)	播種深さ (mm)	1株苗 本数
平均値	17.1	5.0	3.8
標準偏差	11.2	3.2	2.3
測定点数	136	140	140

注) 8条用播種機作業速度: 0.5m/s

表3 現地実証播種作業試験結果(秋田県太田町, 2002)

圃場	播種方法	播種量 (g/m ²)	苗立率 (%)	1株苗本数 (本/株)	出芽深さ(mm)		
					最小値	平均	最大値
A	複粒点播	3.7	99.6	6.2	1.6	6.6	11.7
B	//	3.6	100.0	5.8	3.2	8.1	13.3
C	//	3.5	96.6	5.8	2.7	6.9	11.9
D	//	4.1	90.6	5.1	1.7	5.8	9.9
E	単粒条播	3.2	98.1	—	—	5.7	—

注) 8条用播種機作業速度: 0.5~0.6m/s

制御通信のための CAN システムの標準化に関する研究 (第 1 報)

— 農用バスシステム LBS と仮想ネットワーク —

元林浩太*, 奥野林太郎**

A study for standardization of control and communication CAN system (I)

— Agricultural Bus System (LBS) and virtual network —

Kota MOTOBAYASHI*, Rintaro OKUNO**

Abstract

Agricultural machinery has been equipped with a lot of sensors, actuators and electronic devices which can realize highly sophisticated control such as yield data collection, navigation and variable rate application in the name of precision farming since several years. Those technologies improve productivity and quality of the product, but on the other hand, the problem of complex wiring and less compatibilities of elements are coming up. Digital data communication between distributed controllers and electronic devices makes it possible to improve control of complex processes and the performance of the tractor-implements combination. To develop a standardized communication system based on CAN and to establish compatibility of the on-vehicle control and communication data networks are the objective of this research. Development of a virtual network on PC with a customized CAN data table, which is compatible to ISO 11783 standard, are introduced in this paper.

[Keywords] Agricultural BUS System (LBS), ISO 11783, CAN, virtual network, simulation tool

1. 緒言

近年の農業機械のインテリジェント化の進展はめざましく、農用トラクタや作業機械には様々なセンサやアクチュエータが取り付けられ、高度な制御が可能となってきた。しかし、ナビゲーションシステムや可変作業、データ収集機能などを活用した精密管理手法のような機能の高度化に伴い、信号線の数が増加して作業機の着脱が複雑になるとともに、汎用利用の妨げとなっている。したがって、このようなシステム構成や制御プロセスそのものが複雑になりがちな制御系をリアルタイムで緻密に最適化し、全体として最大の作業性能を引き出すことが求められている。本研究では、相互接続の互換性と省配線化を達成するために、ISO 11783 を始めとする国際諸規格の動向を視野に入れながら、CAN (Controller Area Network) 方式¹⁾による分散計測制御ネットワークを作業機械上に構築し、その通信規格を標準化することを目的とする。本報ではまず農業機械用の CAN ネットワーク諸規格について概説し、さらに CAN プロトコル標準化のための試験用プラットフォームとして構築した仮想ネットワークについて報告する。

2. CAN による車上ネットワーク

トラクタ-作業機の汎用的な制御通信インターフェイ

スとしては、ドイツ規格 DIN 9684/2-5 で規定される「農用バスシステム LBS (Landwirtschaftliches BUS System)」と、現在も一部が推敲中の国際規格 ISO 11783 (通称 ISO BUS, ISO-CAN) が挙げられる²⁾。これらはいずれも CAN によるシリアルデータ通信ネットワークである。しかし、LBS ではメッセージ識別子 (identifier, ID) に 11 ビットを使用する CAN 2.0A の「標準フォーマット」を基礎としているのに対し、ISO BUS では 29 ビットの CAN 2.0B の「拡張フォーマット」を基礎としている (図 1) 点が異なる。また、いずれも ID のビットのうちの 3 ビットは CAN 特有の優先順位 (priority) の定義に使われる。従って、LBS ではメッセージの識別に 8 ビット (256 種類) しか割り当てられない。このため、実際にはこの 8 ビットではメーカー名及び機種名のみを定義し、ID に続くデータフィールドの中でデータの種類とその具体的な値を記述することになっている。また、各社の実装の違いにより相互接続の互換性に若干の制約があり、これに対処するために 2000 年に「LBS+調和書」³⁾ が出された。現在では、LBS 市販製品の多くがこのバージョンへと移行している。

一方 ISO BUS では、具体的なメッセージの識別には 29 ビットの ID のうち 24 ビットが使われる。即ち、理論的には最大 1677 万以上 (2^{24}) の種類のメッセージの定義

* 農業技術研究機構 畜産草地研究所 〒329-2793 栃木県那須郡西那須野町千本松 768

** 農業技術研究機構 北海道農業研究センター 〒082-0071 北海道河西郡芽室町新生

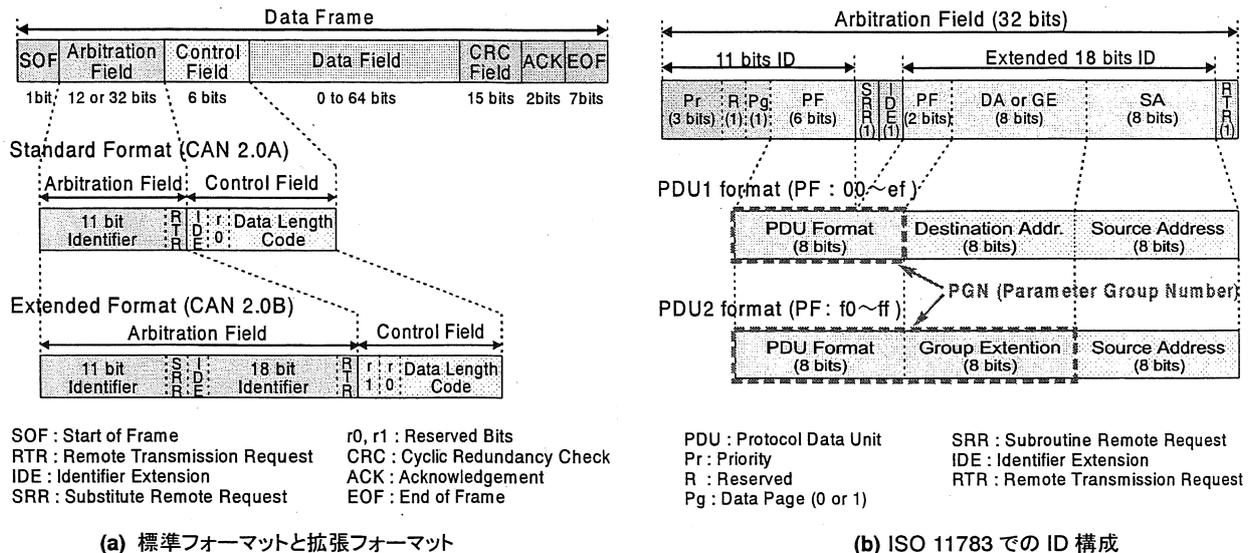


図1 CAN のデータフレーム構造
 Fig.1 Construction of CAN data frame.

が可能であり、メッセージの種類を表す最大 8670 通りのパラメータグループ名 (PGN) に加えて、最大 8 ビットの送受信アドレス等の定義ができる⁴⁾。具体的な PGN 値と個々のデータフォーマットについては、ISO 11783 の「第7章 作業機メッセージとアプリケーション層」、及び「第8章 動力系メッセージとアプリケーション層」において具体的に定義される。本研究ではこの 29 ビット拡張フォーマットを基礎に、ISO BUS との整合性を保ちながら、日本型農業機械体系に適した標準プロトコルの開発を目指す。

3. 解析システム

分散計測制御ネットワークの最適化シミュレーションを行い、異なる作業機械の組み合わせに柔軟に対応できるように標準化通信プロトコルを検討するために、市販の CAN インターフェイスと PC を利用して、CAN バスによる簡易なネットワークを試作した (図2)。この中で解析用 PC には、インターフェイスとして 2 チャンネルの独立した CAN ポートを持つ PCI ボードを装着した。これは 2 つの CAN コントローラ (SJA1000) を内蔵しており、完全に独立した 2 チャンネルの CAN を提供する。

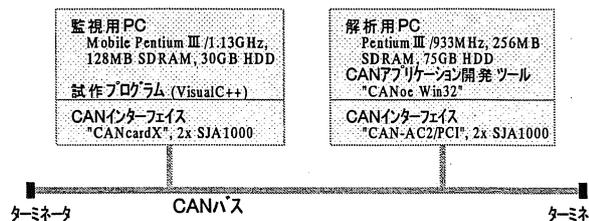


図2 供試ネットワークシステム
 Fig.2 Structure of the network tested.

ここでは、2つのポートをそれぞれ個別のノードとして同一のネットワークに接続した。解析ソフトウェアは、CAN アプリケーション開発ツール (V社 CAN Open Environment, “CANoe” Win32)⁵⁾ を組み込んだ。後述の仮想ネットワークノードは、このソフト上で仮想的に構築・実施される。また、使用した CAN ケーブルは CiA 規格準拠の D-Sub 9 ピンであり、後に実ノードとして追加される機器類はこのケーブルにバス接続される。監視用 PC はそのひとつであり、試験用 ECU と見なすことができる。ここでは 2 チャンネルの独立した CAN を持つ PCMCIA カードを装着し、ネットワークバスの監視及び任意のメッセージの送付の機能を持たせるよう C 言語 (Visual C++) でプログラムを作成した。

4. 仮想ネットワークの構築

供試ソフトウェアは、ネットワークコンポーネントのレイアウトと統合のためのシミュレーション及びテストツールであり、実ノード (real node) と仮想ノード (virtual node) を混在させた CAN ネットワークの解析・評価が可能である。すなわち、バスに接続される全てのコンポーネントをまず仮想的に構成し、個々のノードに必要なプログラムを CAPL (CAN Access Programming Language) と呼ばれる言語で記述する。ネットワーク自体が仮想的に構成されているため、この段階で制御機器やセンサー等の接続機器は、実際のネットワークに組み込むことなく個別に検討・評価することができるため、通信の仕様さえ確定していれば、個々の要素の開発は同時並行的に進めることができ、その後、順次これらを実ノードに実装するという手順が可能となる (図3)。

ここでは解析用 PC 及び監視用 PC としての実ノードに加えて、トラクタの機関・変速機・油圧等の制御を扱う

「トラクタ ECU」、散布機等の制御・管理を行う「作業機 ECU」、マシンビジョンを想定した「外部センサシステム」、及びアプリケーションマップを始めとする作業支援情報や結果データ等を管理する「データストレージ・システム」の各 ECU と、それぞれの制御パネル等を仮想ノードとして組み込んだ仮想ネットワークを構成した。これに加えて、解析のための試験用ダミーメッセージを送信するジェネレータブロックを組み込んだ（図4）。通信速度は ISO BUS 規格に準じて 250k bit/s とした。

5. CAN データテーブル

国際諸規格との将来的な互換性を確保するためには、ID やデータフォーマット等を定義するデータテーブルに ISO BUS 規格との整合性を持たせることが重要である。ここでは供試ソフトウェアのデータテーブル編集モジュールである“CANdb editor”を使用した（図5）。これは、シンボリックなメッセージ名、29 ビット ID（10 進/16 進の変換表示可）、優先順位やデータフィールドに含まれる信号の詳細を容易に規定できる。例えば、RTK-GPS 受信器から送出される“GPS_TimeReport”というメッセージに 0x18FEE666 という拡張フォーマットの ID を割り振ると、この ID には優先順位（6）、データページ（0）、PDU フォーマット（2）、PGN（254.238）、送信元アドレス（102）という情報が含まれる。データテーブル編集ではこれに加えて、データ長（8byte）、データフィールドに含まれる信号名（秒、分、時、日、月、年）、それぞれのビット構成と物理値への変換式を定義する（表1）。この作業は全てインタラクティブに入力できるほか、ネットワークシミュレーションに際しては、随時その機能呼び出して使うことができるため、データテーブルの構築や解析結果の評価に際して高い利便性を示した。

これらのメッセージ ID や PGN 名、データフォーマット

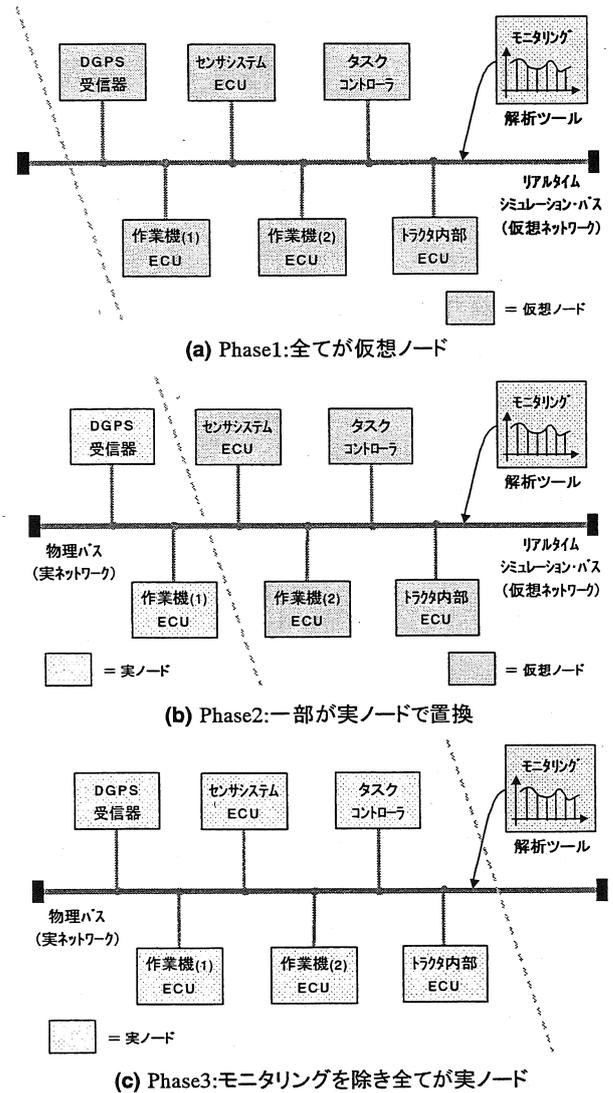


図3 CANoe によるネットワーク開発過程
Fig.3 Development process by "CANoe".

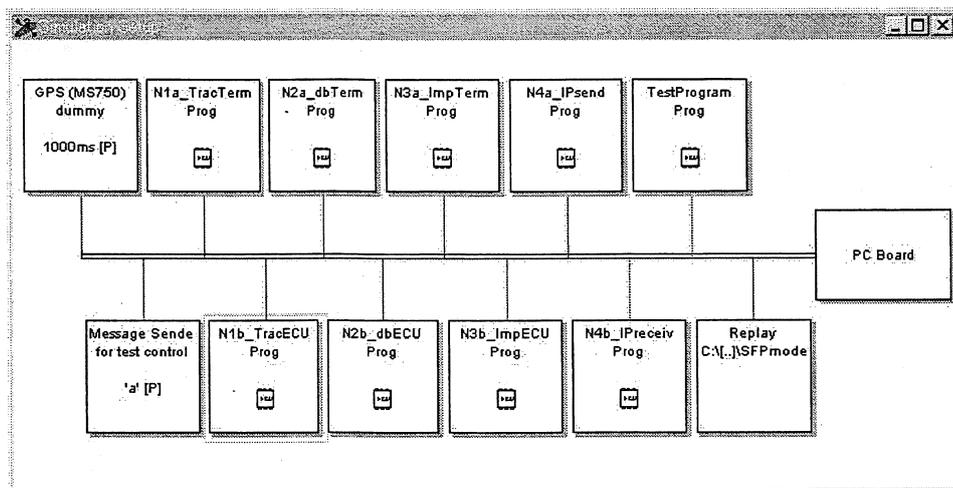


図4 CANoe 上で構築した仮想ネットワークの例
Fig.4 Example of the virtual network built on "CANoe"

表1 CANdb Editor で定義する内容
Table 1 Data definition by "CANdb Editor".

定義項目	具体的な値の例
(1) シンボリックな名称	GPS_TimeReport
(2) 29 ビット ID	18 FE E6 66
メッセージ優先順位(0~7)	6
データページ番号 (0 or 1)	0
PGN (最大 8670 種類)	FE E6
送信先アドレス (PDU フォーマット=1 の場合)	-
送信元アドレス (0~255)	66
(3) データ長	8 bytes
(4) データフィールド	
メッセージに含まれる信号名	Sec,Min,Hr,Mon,Dat,Year
信号値のバイト数	1byte ×6
物理値への変換式	物理値=(a×信号値)+b
(5) その他	標準 or 拡張フォーマット, コメント等

トは、国際規格 ISO 11783 及び米国規格の SAE J1939 に準ずるものとした。ただし、上記の規格では未定義の ID (空き ID) が存在するため、本研究ではこれらのリソースを有効活用して、独自のメッセージ ID を定義した。また、送受信アドレスとして用いられるノード ID に関しては、国際規格では現時点でまだ公開されていないため、本研究の中で矛盾の生じないように独自に定義した(表2)。

表2 本研究でのノード ID の割り当て
Table 2 Node ID assignment for this study.

ノード ID	割り振り
0x00~0x1F	(reserved)
0x20~0x4F	トラクタ内部制御系
0x50~0x7F	データベース系
0x80~0xAF	散布機制御系
0xB0~0xDF	外部センサ (マシンビジョン) 系
0xE0~0xFF	(reserved)

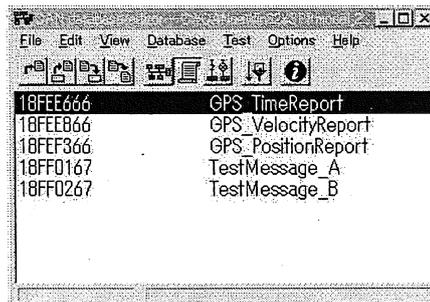
詳細なアドレスの割り振りに関しては国際規格の今後の動向に追従する必要があるが、個別に開発するネットワーク機器を、実機に搭載 (Hardware-in-the-Loop) することなく最適化することが可能となった。

6. まとめ

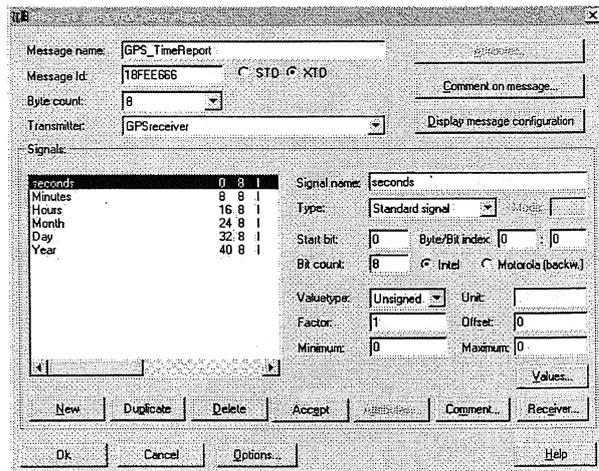
CAN インターフェイス及び対応するソフトウェアにより仮想ネットワークとデータテーブルを構築し、日本型農業機械のための標準化 CAN プロトコルを評価検討するための基盤システムが確立された。

[参考文献]

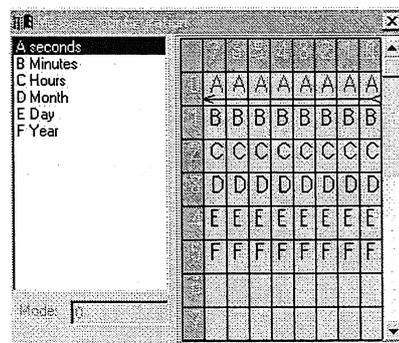
1) Robert Bosch GmbH : ボッシュ自動車ハンドブック(日本語版), 山海堂, pp.800-803, 1999



(a) ID とメッセージ名の対応例



(b) メッセージの詳細設定



(c) データフィールドの書式例

図5 "CANdb Eeditor"によるデータテーブルの編集

Fig.5 Data table configuration by "CANdb Editor".

2) 元林浩太: CAN による制御・通信のためのトラクタ作業機ネットワーク, 農機誌 63(4), pp.17-22, 2001
 3) The LBS harmonisation group : DIN 9684 - LBS + Harmonisation Paper ver.1, Dronningborg Industries A/S, Agrocom GmbH & Co. and AGCO GmbH & Co., 2000
 4) ISO11783-3 : Tractors and machinery for agriculture and forestry -Serial control and communications data network - part3:Data link layer, International Standard, 1998
 5) CANoe User's Guide ver.3.0, Vector Informatik GmbH, Stuttgart, Germany, 2000

農業経営実践教育システムに関する考察

— 農業機械利用等の学習サポートシステムについて —

小林由喜也*・嶋田 浩*・露崎 浩*・北原克宣*・鈴木直建*・松本 勤*

A Trial Study on the Practical Education System for Agricultural Management

— Preliminary Examination on Learning Supporting System of Agricultural Machinery Utilization and so on. —

Yukiya KOBAYASHI*, Hiroshi SHIMADA*, Hiroshi TSUYUZAKI*, Katsunobu KITAHARA*,
Naotake SUZUKI*, Tsutomu MATSUMOTO*

[キーワード] 農業教育, 経営実践, 農業機械利用, 学習サポートシステム

1. はじめに

平成11年4月, 秋田県立農業短期大学が県立大短期大学部に改編された際, 諸般の事情で卒業単位が74単位から64単位に縮小された。そのため, 特に農業自営者, 農業技術者養成を目的とした生物生産学科においては, 農学系実験・農場実習単位が大幅に縮小された(16単位⇒6単位)。その後, 農場実習を一部増強したが, 地域農業を担う人材養成を目的とする短大教育における実践教育の低下について, 教員や進路先からも指摘される状況がでてきた。

そこで, 本年4月より, 卒業単位を変更することなく, 実践的教育の質を確保することなどを目的に, 卒業研究を活用して「農業経営実践」教育を開始した。本年は学科・専攻を越えた教員有志が参加し, 従来型の卒業研究のテーマを共同で設定する形で試行した。

この「農業経営実践」は, これまでの農場実習のように栽培技術教育を中心として, 細切れの時間割りで実施されるものとは異なり, 経営計画から生産・販売に至るまでを, 教員の指導と助言の下に, 学生が主体的に実践するものである。その実施形態は, いわば Student Company とも言える組織体であり, 学生は, チームを組織し, チームリーダーのもと各自役割を分担しながら, 実践の中でさまざまな農業経営の課題を学習・研究し, 結果を報告書(≒卒論)にまとめることになる。

(参考; <http://machinery.agri.akita-pu.ac.jp/farm/>)

このような学生主体の「農業経営実践」教育を, 農業系短大の専門教育プログラムとして確立するためには, さまざまな視点から検討を続ける必要があるが, 実施の経過を見ると, これまで作物や栽培技術に偏っていた農業教育に経営面の実践教育が付加された意義は大きかったと考えている。

しかし, 短大2年次という時間制約や事前の基礎教育の不足を補うため, 相応の学習サポートシステムが必要であると痛感している。

本報では, 試行した経営実践の概要を報告するとと

もに, 特に, 作物生産に係わる栽培技術, 農業機械利用あるいは栽培管理のためのモニタリングシステム等の学習サポートシステムについて検討した結果を報告する。

2. 試行した農業経営実践の概要

1) 指導体制; 指導教員5名(作物, 病理, 農機, 経営, 流通), 助言教員4名(園芸2名, 土壌肥料, 農機)。

2) 対象学生; 教育の目的と内容をガイダンスした結果, 学科・専攻を越えた9名の学生が希望した。内1名は卒業後営農を希望する社会人入学生で, 社会人入学生用特別カリキュラムの単位として扱う。

3) 経営概要; 当初の経営収支計画は表1のとおりである。ただし, 所得, 経費については秋田県の標準値を参考に計画したものであり, 実践の結果と計画との違いについて検討することが学生にとって経営学習のポイントになることを期待している。次年度は稲作のほか他の作物も視野に入れているが, 本年はガイダンスや準備期間の都合で作物が限定された。

表1 当初の経営収支計画

作物	面積	収入(円)	経費(円)	所得(円)
サツマイ	0.5a	4,096	3,605	491
カボチャ	21.5a	510,000	358,581	151,419
ダイズ	25.0a	118,159	78,047	40,112
チンゲンサイ	1.0a	50,625	42,649	7,976
ハクサイ	1.0a	27,675	18,400	9,275
ダイコン	1.0a	33,000	31,094	1,906
ニンジン	1.0a	25,200	18,427	6,773
計	51.0a	768,755	550,803	217,952

4) 実施日程

4月; 組織・施設整備, 経営計画, 圃場準備(暗渠施工), 作業計画。5月~11月; 栽培・収穫・販売, 12月; 経営総括。2月; 卒論発表・報告書作成。

*秋田県立大学短期大学部

(学外研修計画) カボチャ作研修, 市場研修, 野菜作研修, 大豆作研修, スーパー販売研修

3. 経営実践教育に必要な学習サポートシステムについて

1) 学習サポートシステム検討上の前提条件等

短大教育の中で, 生産から販売までの経営実践を行うためには, 次のような制約の下で教育効果を確保するための指導態勢と学習サポートシステムを構築する必要がある。

- ① 時間割が過密で, 休日や時間割外での作業や打ち合わせが必要となるほか, 学生には就職活動や部活等の時間を確保する必要がある。
- ② 1年次に履修した専門教育を前提に教育プログラムを構成する必要がある, その後の準備教育は実践と同時並行的に行う必要がある。
- ③ 教員側から見ると, 研究室に所属する従来型の卒論学生もおり, 質的に異なる2種類の卒論指導を同一時間内に対応する必要がある。

2) 具体的な学習サポートシステム

4月からの実施経過を踏まえると, 図1のように大きく分けて3つの学習サポートシステムが必要と考えられた。

第1は, 数名の学生が共同して実践するとはいえ, さまざまな履修状況にある学生間の連絡調整や確実に共通的な情報伝達は, 実践の成否を左右する重要な要

素である。そのためには, 学生が自由に利用できる情報サーバーなどのコンピュータネットワークの利用が不可欠であると考えられたことから, 実践チーム専用のパソコンの整備とサーバーおよびネットワーク掲示板等を予め準備した。その結果, 学生間, 学生と教員あるいは指導教員間の連絡調整と情報伝達が機能的に行われ, 1週間に1度程度の直接的な打合わせで実践を遂行することができた。

第2は, 経営計画・管理, 販売に関するサポートシステムであるが, 経営計画を立案するためにはさまざまな経営情報が必要である。これらの情報は学術的に見れば膨大な情報が存在するが, 教育面で利用しようとする, その存在範囲が広く, かつ多種にわたることから, 学生が効率的に利用できる経営情報の一覧やインターネット情報一覧などの整備が不可欠と考えられた。学生が自主的に学習する上で最も時間を費やした部分は計画と管理であった。例えば, 販売計画にしても, リアルタイムに市場情報を把握できるシステムの準備が間に合わなかったため, 短期日での出荷が必要な葉菜の販売に支障がでたこともあった。これらのシステムについては, 学生の自主的な探求心の発現を阻害しない範囲で整備する工夫をしたいと考えている。

第3は, 作物生産に直接かかわる部分であり, 今回最初に整備を検討したサポートシステムである。次項でその検討結果と一部実施できたシステムについて紹介する。

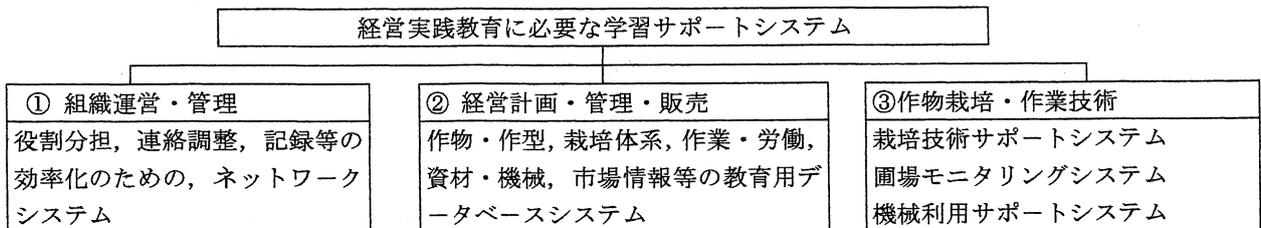


図1 経営実践教育に必要な学習サポートシステム

3) 作物栽培・作業技術に関するサポートシステムの検討

当初は比較的容易にサポートできる分野と考えられた。しかし, 実施してみると, 時間や教育内容の制約からさまざまな不都合が発生した。そこで, 次の3つサブサポートシステムについて検討し, 順次整備しつつある。

① 作物栽培技術のサポートシステム

学生に経営実践を指導する場合, 作物生理等の基本事項以外についての指導も不可欠となる。例えば, 作物の仕立て方1つにしてもさまざまな様式がある。カボチャを例にとると1株1本仕立て2果取りもあれば,

3果取りも考えられる。また, 1株2本仕立て2果取りもある。どちらを採用するかは, どのような品質の作物を生産し, どこをターゲットとして販売するかという経営戦略にも係わることである。しかし, その場合の栽培管理方法や作業体系に関する指導の全てを教員に期待することは, 現実的ではない。その理由は, 多くの教員は研究対象の作物や研究内容のある分野に特定せざるを得ない事情があるからである。

そこで, 特定の作物を実際に栽培している農家を研修先に依頼するとともに, 日常的に学生と指導教員が見学・相談できるサポート態勢を整えた。その結果, 教員の過度の負担が低減されるとともに, 農家での研

修内容について教員が補完的に指導助言することにより、学生は実際と理論の理解が可能となり、限られた時間と基礎的知識の下で栽培実践をこなすことができたと考えられる。

今後これらのサポートシステムをどのように創り上げていくかが大きな課題である。そのためには、まず学外の研修先が近くに得られることが望ましく、その点では意欲的に農業に取り組んでいる多数の農家が存在する大潟村に本学があることは極めて幸いである。さらに、研修依頼先の農家を非常勤講師的な身分に位置付けた上で、指導教員とともに指導方針等を共有するための組織化も必要であると考えられた。この際、教育資源を学内にのみ求めることなく、地域の力を活かした教育システムをも視野に入れることによって実践教育の成果が期待できると考えている。

② ネットワークを利用した栽培管理サポートシステム（生育モニタリングシステム）

作物栽培には「日々の作物との会話」が重要であるといわれるが、尤もなことである。しかし、時間的に制約のある学生がこれを実施することは極めて困難であった。仮に複数の学生が分担しながら継続して圃場へ出かけたとしても、そこで得られた情報の内容とその精粗には個人差がありすぎるのが現実であった。

そこで、圃場に無線LANを設置し、遠隔操作可能なネットワークカメラで日常的に圃場の状況を知ることができる態勢を整備することで、この困難の打開を試みた（図2）。これらの整備に要した費用は25万円程度であった。



図2 圃場の無線LANとネットワークカメラ（電源は太陽電池を利用）

さらに、農場の作業基地にもネットワークを整備して気象や日々の作業日報等の記録・収集システムを整備し、学生が圃場を観察した結果を、個人差があると

しても記録に残すことで、その後のフォローが容易となるような工夫も試みた（図3）。

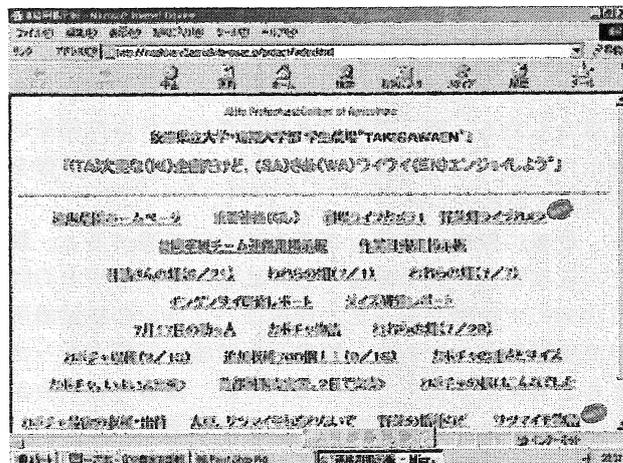


図3 経営実践チーム用ホームページ（ネットワーク掲示板、連絡サーバー等）

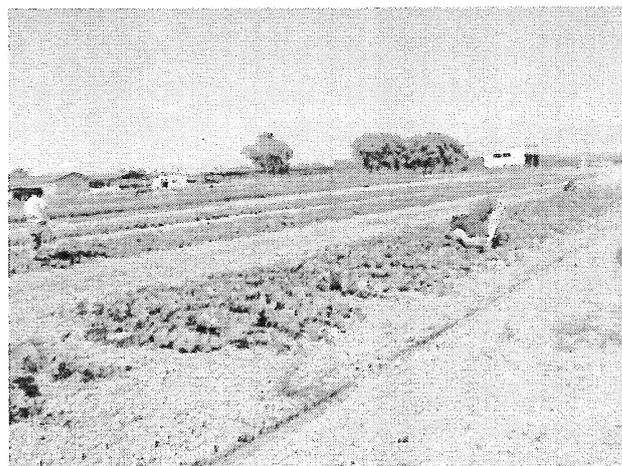


図4 ネットワークカメラで取得したカボチャ畑画像の例

その結果、ネットワークカメラの利用については、学生、教員ともかなりの頻度で利用され、圃場の現状を継続的に認識する手段としては有効であった。図4はカボチャ畑画像の例である。ただし、いくつかの問題があり、次のような改善策を検討している。

a. 50aに固定カメラ2基設置したが観察範囲が上下左右ほぼ90度（遠隔で旋回制御可能）であり、全圃場の観察ができなかったこと。これについては、遠隔制御可能な移動式無線カメラ車の配置を検討し、現在試作中である。

b. カメラにズーム機能がなかったため局所的な観察に限界があったこと。特に病気発生の兆候把握や果実の肥大の程度の確認などに支障があった。これについてはカメラの機能向上が必要であった。

c. 今年度は作物の生育をカメラ画像でモニタリングするための基礎調査も行ったが、上記の a, b, が整備できれば、相当精度良く作物の地上部の成長監視が可能となり、学生が肥培管理の時期の判断に利用できると考えられる。また、作物によっては地下部（根）の伸張状態や肥料・水分の継続監視が栽培管理上有効な場合もある。地下部モニタリングシステムの開発が待たれるところである。土壌については次年度整備を予定している。

d. 最後に観察の記録システムについて述べると、数行の観察記録の入力を指示したにもかかわらずその利用は極めて低調であった。理由はパソコンの設置場所が農場建物の中であり、観察した圃場と距離があったためと考えられた。これについては、圃場での入力が可能となるよう次年度整備する予定である。さらに、ほとんどの学生が所持する携帯電話からサーバーへアクセス可能なシステムの導入も検討中である。

③ 機械作業に関するサポートシステム

経営実践で最も教員のサポートを要した分野は農業機械作業であった。暗渠施工を始めとして、耕起、整地、畝立て、施肥、播種、防除など作業の種類と機械の多さのため、さらには作業安全上の配慮から、学生が単独で作業できるケースはまれであった。

その大きな理由は、1年次の実習等だけでは機械に対する知識、作業方法の習得が断片的、教科書的であったためである。しかし、一定のサポートシステムがあれば、あまり精度を要しない作業については学生が作業できると考えられることから、次のような機械作業・作業安全サポート体制の整備を検討している。

a. 安全教育も含め春休み中の機械操作講習などの事前訓練を徹底的に行う。

b. 30台近い農場が装備する機械のうち学生が利用する機械を可能な限り絞込み、習熟し易いよう配慮する。また、現在、畑作用汎用作業車を製作中であり、1台で数種の作業を行わせることで、習熟度と安全性を高める。図5、図6は試作した汎用作業車である。試作車は、当面はカボチャ栽培に利用するため、半自動も含め次の作業ができるよう製作中である。

カボチャ苗の移植作業、作業道の草刈り作業、マルチ作業、カボチャの芯止め作業、追肥作業、防除作業、収穫・運搬作業（クレーン装備）、除草用ロータリ作業、マルチ撤去作業、さらに前述したモニタリング用の遠隔操縦可能な移動用ネットワークカメラ搭載車両としても活用する予定である。

c. 利用する機械の全てにわかり易いマニュアル・注意書を貼付する（防水性確保する）。合わせて、機械マニュアル手帳を作成して常時携帯させる。

e. 安全のため教職員不在時（土日等）の利用をしな

くても済むよう、経営実践のための科目の新設と時間割りの配置に配慮する。

f. 複数の農機担当教員を指導教員に加えるとともに、農場技師等の支援体制を充実する。また、学生1人での機械作業は厳禁させる。

g. 農場内の危険個所等に警告掲示を設置する。

h. 全学共通の学生安全保険に加えて、強制的に別途保険加入を義務付ける。



図5 製作中の汎用作業車（動力噴霧機搭載）



図6 汎用作業車によるマルチ撤去作業風景

4. おわりに

以上が今年度の経営実践教育の実施経過を踏まえて考察した学習サポートシステムの概要である。これらの検討結果を有効な学習サポートシステムの構築につなげるためには、まだ多くの課題があるが、本学が模索している「これまでの短大教育の枠を越えた農業教育のあり方」と密接に関連しており、大学教育における経営実践教育の確立を目指して検討続けたいと考えている。ちなみに、来年度は経営内容の異なる2つの「経営実践プロジェクト（稲作+畑作および露地野菜作）」の実施を予定している。

エダマメ自動選別機の開発 (第1報)

片平光彦

Development of Auto Sorting Machine for Vegetable Soybeans (Part 1)

Mitsuhiko KATAHIRA*

Abstract

This paper verified about the method of taking in a vegetable soybeans damage pod from a CCD camera to a personal computer as a digital image, and the technique of recognizing a blemish using brightness value information. Moreover, in order to separate a vegetable soybeans, it pulled away with the speed of the conveyance section and the change height of distance and the connection section was examined. Appearance extraction of a vegetable soybeans picture has used the component with high frequency of appearance as a threshold of binarization by the mean value of the brightness peak value of pod shade and the pod section. The component with little frequency of appearance has used extraction of the blemish section contained in a vegetable soybeans pod as a threshold of binarization with the brightness peak value of the blemish section. Conveyance of the vegetable soybeans should set the velocity ratio of the band conveyor to connect to 2, and should secure the interval of about 8.9cm. A conveyance band conveyor needs to make the height of the portion to connect larger than 15cm. As for acquisition of a vegetable soybeans picture, It is suitable for practical use that use of a fall picture is better than top view picture.

[Key Words] Vegetable soybean, Image processing, Auto sorting machine

1. 緒言

エダマメ調製作業は、脱莢機と振動式選別機の現地普及により高能率化が顕著となっている。その一方で、生産現場では、高品質の生産物を出荷する必要性から一次選別後に手作業での精選別を行っている。選別に関し、秋田県南部のJAでは以下の選別基準を設け、出荷前に説明会を開くなどして生産農家に指導を行っている。

- ・A品：2粒以上の完全莢で莢の厚さが充実したもの。
- ・B品：莢の黄変がなく1粒莢、2粒・3粒莢の1粒欠け、2粒以上の小粒のもの。
- ・無印品：莢の黄変がなく1～3粒の混合品

莢の黄変、虫食いの程度は、莢に含まれる傷の大きさよりも多さを重視した判定基準で選別している。また、JAでは鮮度保持の観点から早朝の収穫、莢の水洗いによる品温の低下、集出荷所での予冷を徹底しており、美味しいエダマメが出荷できる体制づくりを徹底している。しかし、洗浄後に行われる精選別作業は、その他の工程と比較して作業能率が低いため、早期予冷を困難にする等問題が多い現状にある。

そこで、秋田県農業試験場では、精選別時間の短縮と選別の均一化が可能なエダマメ自動選別機の開発を行っており、これまで得られた結果について報告する。エダマメの選別機については、佐々木らや徳田らがマシンビジョンを用いた知的選別の可能性について報告¹⁾²⁾して

いるが、筆者は簡易な方法を用いての開発による現地への早期普及を目的とした。そのため、本報は虫害等で変色した部分を有する被害莢を CCD カメラからデジタル画像としてパーソナルコンピュータへ取り込む方法と、輝度値情報を利用して傷を認識する手法について検証した。また、エダマメ莢は、画像処理部や選別部に一個ずつ導入するため、一次選別機からまとまって排出される莢を分離する必要がある。そこで、莢の分離を行うために搬送部は、速度差をつけたベルトコンベアを連結して用いることにし、その際速度差と引き離し距離、連結部の乗り継ぎ高さの設定について検討を行った。

2. 実験方法

(1) 供試材料

実験に供したエダマメは、2000、2001年に秋田県河辺郡雄和町の農業試験場内圃場で栽培したものを用いた。品種は中晩性種の錦秋、晩生種の秘伝とした。両者は、栽植密度が1330株/a(畝間75cm、株間20cm、2粒播種)、施肥がコープコートFS211-2.5M(N:3.0kg/10a, P₂O₅:2.8kg/10a, K₂O:2.8kg/10a)を用いた。

(2) 実験機の構成

エダマメ莢は、カラー3 - CCDカメラ(SONY, FCB-IX47型)で撮影し、S端子ケーブルを介して画像入力ボード(フォトロン, FDM-PCI III型)に入力し、パーソナルコンピュータ(富士通, FMV6500DX4型)

* : 秋田県農業試験場 秋田県河辺郡雄和町相川字源八沢 34-1

で記録を行った。また、ベルトコンベアの段差を利用した落下莢画像の取得には、カラー3-CCD高速度カメラ(フォトロン, Fastcam net-1000C型)で250FPS(1フレーム0.004秒)の速度で撮影し、SCSIカード(Adaptec, APA1245/50/60型)を介してパーソナルコンピュータ(富士通, FMV633NU4C/W型)に記録した。

両方法で取得した画像は、画像処理ライブラリ(フォトロン, Image Ruler 2000型)を基にVisual Basicで制作したソフトで、RGB三原色各256階調の輝度値データを得た上で二値化等の処理を行った。屋外作物の撮影では、水や土の要素を含むためカラー画像の分析にRGB三原色の輝度値をHSI値に変換して用いることが多々ある³⁾。しかし、本試験は屋内選果場で用いる選別機の開発であることから、他要素が画像情報に取り込まれる要因が少ないためRGB表色系をそのまま用いた。

エダマメ莢の搬送は、速度調節機能を有したベルトコンベア(マルヤス, MMX-2型)を二基連結して行った。

(3) 検討項目

1) エダマメ莢外形と傷部の認識

撮影画像のRGB輝度値情報を基に閾値を設定し、得られた二値化画像を比較して外形と傷部を抽出可能な閾値の決定手法を検討した。

2) エダマメ莢の搬送手法

ベルトコンベアに付属したスピードコントローラ(設定範囲: 90 ~ 1400rpm)の目盛りを基に両者の速度差を7段階に設定した。エダマメ莢は搬送元のベルトコンベア上に10cm間隔で6個配置し、速度差を付けた他方のベルトコンベアに全て乗り移った後で停止させ、引き離されたエダマメの間隔を計測した。

3) 乗り継ぎ部高さの設定

連結する2基のコンベア高さを0、15、30、35cmに設定し、エダマメ莢の乗り継ぎ精度を測定した。乗り継ぎ精度は、エダマメ莢の長辺をコンベアの進行方向に対して平行位置、垂直位置、45°回転位置にそれぞれ50個ずつ配置して、連結したコンベアに正常に乗り移った個数との割合で表した。

4) エダマメ画像取得方法

エダマメ莢画像の取得方法は、コンベア搬送時にコンベアの上面から莢を撮影する方式、乗り継ぎ部段差を利用して落下時に莢を段差の正面から撮影する方式について検討した。

3. 結果と考察

(1) エダマメ莢と傷の認識

莢に傷を有するエダマメ画像(品種: 秘伝)とRGB各成分の輝度値のヒストグラムを図1, 2に示す。図1で得られた画像情報は、背景の輝度ピーク値がRGBいずれも140、莢の影部が94、傷部が49、莢部がRGで66、Bで61であった。ピーク値の出現頻度は莢の影と背景が全て同じ、莢がB成分、傷部もB成分の出現頻度が高

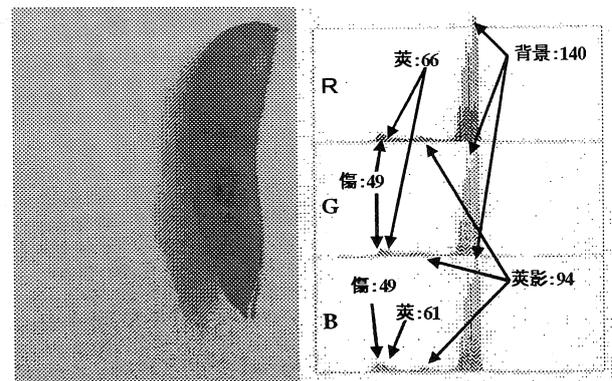


図1 エダマメ画像とRGB輝度値ヒストグラム

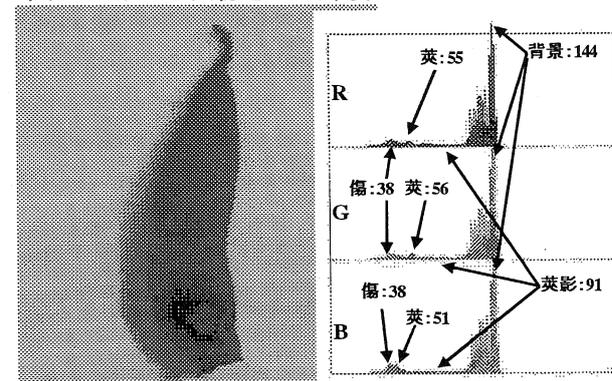


図2 エダマメ画像2とRGB輝度値ヒストグラム

かった。図2は、背景の輝度ピーク値がRGBいずれも144で、莢の影部が91、傷部が38、莢部がRで55、Gで56、Bで51であった。ピーク値の出現頻度は莢の影と背景が全て同じ、莢がB成分、傷部がG成分の出現頻度が高かった。

撮影したエダマメ画像は、RGB輝度値の分布がいずれも重なり、各成分で異なる輝度ピーク値を利用して二値化する水稻⁴⁾などと傾向が異なった。しかし、各部位別の輝度ピーク値は背景、莢、影、傷部でそれぞれ異なり、それらの二峰性を用いて二値化を行うことが各部位の抽出に利用できる。すなわち、図1に示されるエダマメ画像では、外形抽出に莢影部輝度ピーク値と莢部で出現頻度の高いB成分輝度ピーク値の中間点であるB=77の閾値で二値化した結果、光の反射と傷部分も含めた莢全体の認識を行うことができた(図3)。しかし、同様の手法によりR=80で二値化した結果では、B成分よりも輝度ピーク値の情報が少ないため、照明が莢に反射した部分と傷の区別が不十分で外形認識に適さなかった(図4)。莢から傷部の抽出は、両者の輝度値情報を基にB成分の中間値で二値化した結果、傷以外のノイズが多くなった(図5)。そこで、閾値は傷部の輝度ピーク値側に移動し、傷の情報量を高めて二値化した結果、出現頻度が高いB値で傷以外の傷に近似したノイズが多く含まれた(図6)。しかし、RG成分の利用では、黒変した傷部のみが抽出できた(図7)。

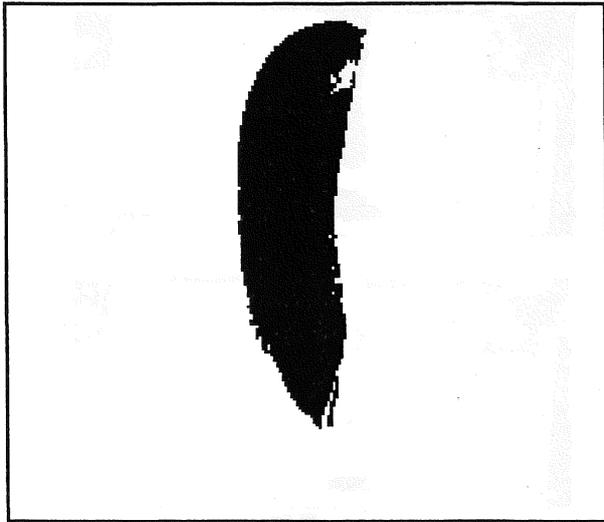


図3 エダマメ外形抽出二値画像(B=77)

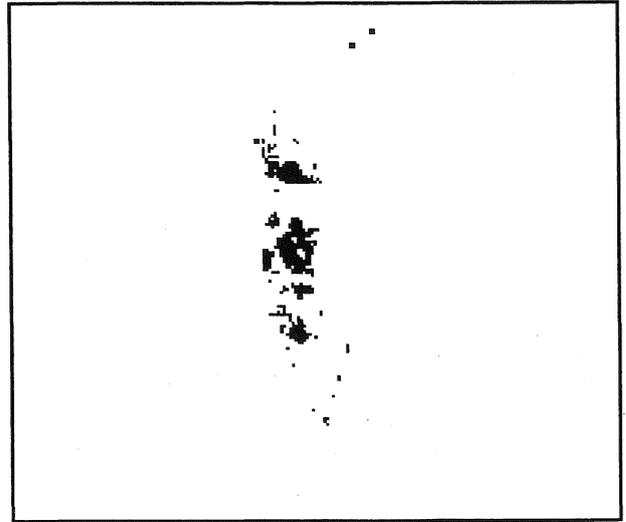


図6 エダマメ傷部抽出二値画像(B=49)

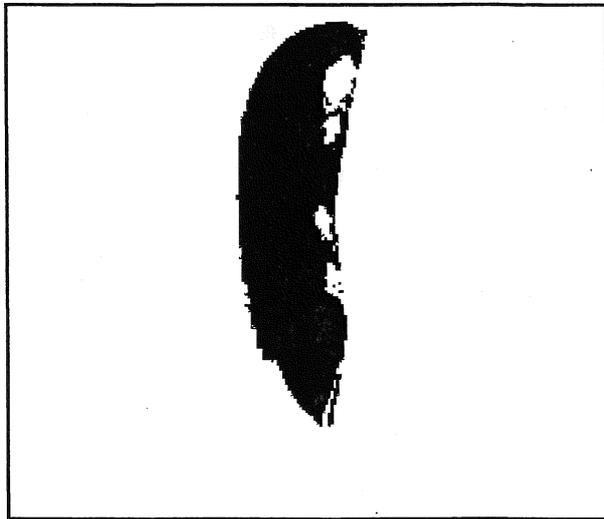


図4 エダマメ外形抽出二値画像(R=80)

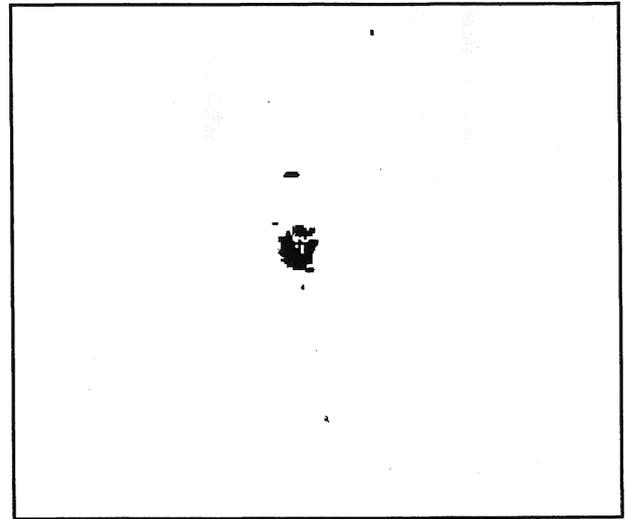


図7 エダマメ傷部抽出二値画像(RG=49)



図5 エダマメ傷部抽出二値画像(B=55)

図2では、外形抽出にB成分での莢と莢影の中間値71を利用した二値化が効果的であった。傷の抽出は、傷部の輝度ピーク値で出現頻度の高いG成分でなく、R成

分のピーク値38での抽出が適していた。

以上から、エダマメ画像では、背景から外形の抽出に莢部と影部で出現頻度の高い輝度ピーク値の中間値を、傷部の抽出に出現頻度の少ない成分の傷部輝度ピーク値情報を閾値として利用することが望ましい。

(2)エダマメ莢の搬送手法

速度差を付けた2台のベルトコンベアを用いたエダマメ莢の引き離し間隔を図8に示す。

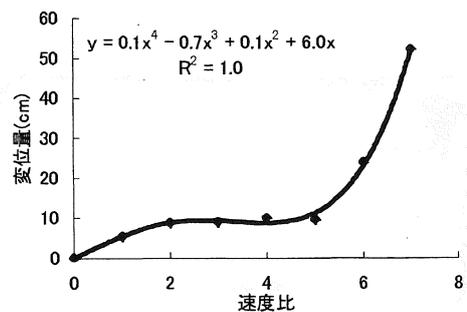


図8 ベルトコンベアの速度比と変位量の関係

エダマメ莢を引き離す間隔は、速度比1で5.5cm、2で8.9cm、3で9.1cm、4で10.0cm、5で9.6cm、6で23.8cm、7で52.1cmとなり、四次関数の線形で回帰できた。ベルトコンベアに付属したスピードコントローラダイヤルの目盛でベルト移動速度を調節することは、モータ回転数を一次関数的に制御することが不可能で、速度比2～5の範囲で変位量に差を付けることができなかった。すなわち、本試験機では、エダマメ三粒莢が約6.5cm、二粒莢が約5.6cmの全長を有することから、速度比を2に設定して用いるべきである。

(3) 乗り継ぎ部高さの設定

ベルトコンベアの乗り継ぎ高さの違いが乗り継ぎ精度に与える影響を図9に示す。

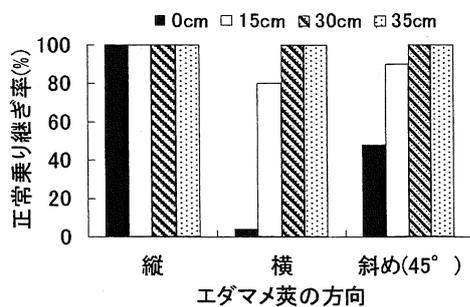


図9 ベルトコンベア高さが莢の乗り継ぎに与える影響

引き離しを行う2個のベルトコンベアの高さが0cmでは、莢の長辺が進行方向と平行時に正常乗り継ぎ率が100%あったが、進行方向と長辺が垂直位置で4%、45°で48%と低下した。高さの差15cmでは、垂直位置で80%、45°で90%に向上した。高さの差30cm、35cmでは、エダマメ莢の方向に関係なく乗り継ぎが100%となった。以上から、コンベアを選別装置に用いるには、両者の高さを15cmより大きくして、搬送される莢の向きに関係なく乗り継ぎを行わせる必要がある。

(4) エダマメ画像取得方法

段差を用いたエダマメの落下画像を図10に、前記した手法で行った外形抽出画像を図11、傷抽出画像を図12にそれぞれ示す。

落下画像の取得は、高速度カメラを利用することで精度良く取得することができた。画像取得位置は、段差を付けたベルトコンベアから莢全体が落下した瞬間を用いることが莢の捻れ等がなく、良好に撮影することができた。落下画像の利用は、莢上面からの撮影が裏面の情報

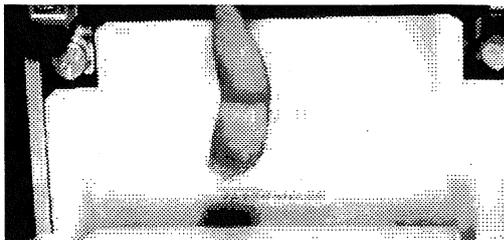


図10 エダマメ落下画像

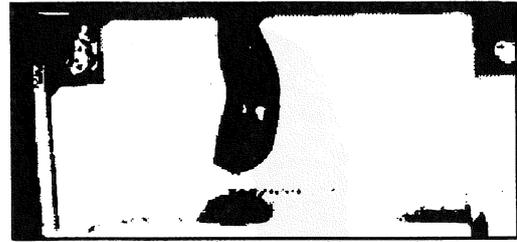


図11 エダマメ外形抽出画像

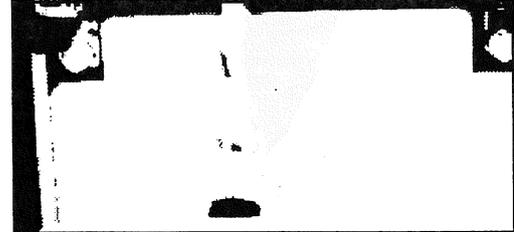


図12 エダマメ傷部抽出画像

入手に困難であるのに対し、裏面の空間を利用して両者の情報を一括して入手できる可能性が高く、実用に際して優位といえる。

4. 摘要

- 1) エダマメ画像の外形抽出は、莢影部と莢部の輝度ピーク値の中間値で出現頻度の高い成分を二値化の閾値として利用できた。
- 2) エダマメ莢に含まれる傷部の抽出は、傷部の輝度ピーク値で出現頻度の少ない成分が二値化の閾値として利用できた。
- 3) 本試験でのエダマメ莢の搬送は、連絡するベルトコンベアの速度比を2にして8.9cm程度の間隔を確保すべきである。
- 4) 搬送ベルトコンベアは、連絡する部分の高さを15cmより大きくすることで、エダマメ莢の乗り継ぎを完全に行うことができる。
- 5) エダマメ画像の取得は、落下画像の利用が上面からの画像取得よりも実用に適していると考えられた。

参考文献

- 1) 佐々木豊, 鈴木正吐, 陳山勝, 斎藤友宏: マシンビジョンによる枝豆の知的選別機の開発—形状特徴を利用した枝豆の等級選別の可能性—, 農機誌 62(6), 92—97, 2000
- 2) 徳田優, 山本博昭, 川村恒夫, 伊藤博通, 松山善之助: 特産大豆丹波黒枝豆の選別に関する研究(第1報)—形状解析による粒数, 粒種, 湾曲莢の判別—, 農機誌 64(4), 68—75, 2002
- 3) 鹿沼隆宏, 岡本嗣男, 鳥居徹: 画像処理による作物列検出および自己位置同定(第1報)—色相・明度による2値化および境界線検出—, 農機誌, 59(2), 58—63, 1997
- 4) 小林由喜也, 中村典裕, 嶋田浩: 圃場における画像撮影環境と画像の濃度分布について(第1報), 農機東北支報, 44, 51—56, 1997

長ネギ培土作業における歩行型管理機の作業特性

— 耕耘爪と培土板角度が培土に与える影響 —

片平光彦* 田村保男* 鎌田易尾*

Characteristics of Working by Walked Type Power Tiller with the Soil Heaping of Welsh Onion

— Effect of the soil heaping for tilling blade and soil heaping plate angle —

Mitsuhiko KATAHIRA*, Yasuo TAMURA* and Yasuo KAMADA*

Abstract

This paper, using the normal type tilling tine attached to the walked type power tiller, and the improvement tilling blade which has improved the throw capacity of soil, the shape of the distribution property of soil heaping, throw height and shape of furrow was measured. Consequently, spraying width of soil heaping is wider than normal tilling tine, and an improvement tilling blade has a uniform distribution rate. The volume of soil heaping had most six improvement tilling blade division, and next were six normal tilling tine division, a three normal tilling tine division, and three improvement tilling blade division. When the side plate of soil heaping plate is made into a vertical position, the volume of soil throwing decreases except for six improvement tilling blade. It is improvement tilling blade that throw height of soil became higher 11-14 cm than normal tilling tine, but the difference reduced all by soil heaping plate angle smallness. When a side plate is made into a vertical position, six improvement tilling blade has a throw bouncing motion smaller than other divisions. It is the combination of a tilling tine and angle of soil heaping plate that there are six normal tilling tine and low or middle angle at the first to middle stages, and there are six improvement tilling blade, high angle and open the side plate at the final stage, respectively.

[Key Words] Characteristics of working, Power Tiller, Soil Heaping, Welsh Onion

1. 緒言

秋田県の長ネギは、野菜の粗生産額（平成 11 年度）でキュウリ、トマトについて第三位の主要農産物であり、県北地域の能代市・鷹巣町周辺、由利地域の金浦町周辺を中心に栽培が行われている。

長ネギ栽培では除草や追肥時の中耕、倒伏防止と軟白部確保を図るため培土作業を行う必要がある。培土作業は、主に歩行型管理機で定植後 5 回程度行っている。初期の埋め戻しから 4 回目までの培土は、生育初期から培土量を多くした場合に葉鞘径が細く葉鞘長が長くなるため、一般に分岐部の 5cm 程度下まで行う。5 回目の培土は仕上げ作業となり、軟白部確保のため収穫前 20 ~ 30 日前に分岐部の上までこれまでよりも土量を多めに培土を行う。これらの作業に対し、各農家は長年の経験を基に培土板を含めて歩行型管理機全般の設定を行うため、培土技術に優劣が生じ易く生産物の形態や軟白部の確保が不均一になっている。

そこで、本報では市販の歩行型管理機に付属した耕耘爪と土壌の投擲能力を改善した改良爪を用い、培土の分布特性や土量、投擲高さ、作溝形状等を計測し、適正な

培土量を確保する手法について検討した。

2. 実験方法

(1) 試験場所

試験は秋田県河辺郡雄和町にある秋田県農業試験場内圃場（土壌：表層腐食質黒ボク土）で行った。試験圃場は縦 20m × 横 10m の区画で、縦方向 5m と 10m の位置に調査棒を横方向 0.3m 間隔で 26 本、縦方向 2.5 m 間隔で 3 本の合計 156 本（78 本 × 2 カ所）を設置した。

(2) 使用機械

試験には出力 4.8kW の歩行型管理機（井関、KMS 6 型）を用いた。歩行型管理機の全幅は、付属する培土板の角度で 41 ~ 67cm まで変化した。培土作業は歩行型管理機の尾輪の高さを一定に保ち、耕耘爪の回転を逆転—高速位置、速度を低速の設定で行った。

(3) 試験区の構成

試験区は、以下に示す耕耘爪と培土板角度、培土板側板位置を組み合わせ、合計 24 区作成した。

1) 耕耘爪の構成：慣行爪区は、市販の歩行型管理機に付属した耕耘爪の組み合わせをそのまま利用した 6 本爪区（対照区）、耕耘爪を取付フランジから 3 本除去し

* : 秋田県農業試験場 秋田県河辺郡雄和町相川字源八沢 34-1

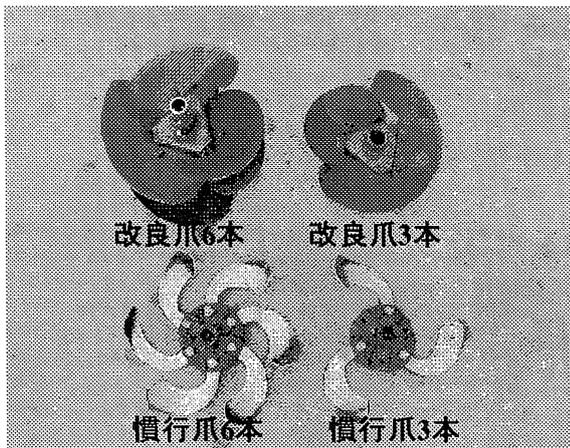


図1 使用耕耘爪一覧

た3本爪区とした。改良区は溝掘り専用の耕耘爪(井関、スーパーロータ 29 型)を用い、取付フランジにそれを3本取り付けけた改良爪3本区、取付フランジを2枚並列に配置した改良爪6本区を設定した。

使用した耕耘爪を図1に示す。

2) 培土板角度の構成: 培土板角度は、歩行型管理機に付属する角度調整用ラック溝(5段階)を調節して行った。試験区は角度大(52°, ラック溝5)、中(34°, ラック溝3)、小(15°, ラック溝1)に設定した。

3) 培土板側板の構成: 培土板の端に付属した側板は、培土板に対して垂直と平行位置に設定した。

(4) 調査項目と調査方法

1) 培土の分布傾向: 走行する歩行型管理機の中心に位置した調査棒から左右 30cm 離れた場所を基点とし、サンプリング用の長方形バット(29 × 41 × 6.5cm)を左右5個ずつ配置した。培土の分布調査は、培土作業後にバットに入った土壌の質量(kg)をそれぞれ計測し、全量に対する比率で表した。

2) 培土量の算出: 培土量は、試験圃場の3カ所から土壌採取缶(φ50mm, 高さ50mm)で採取した土壌を105°Cに設定したオープン(ヤマト, DNF44型)で24時間乾燥し、仮比重を求めて算出した。

3) 最大投擲高さ: 歩行型管理機の中心から60cmの位置に投擲高さ計測用のポール(マーカ間隔5cm)を設置し、走行する歩行型管理機の土壌最大投擲高さをデジタルカメラ(日立, MP-EG10型)で撮影(動画像, Mpeg1形式)し、パーソナルコンピュータ(富士通, FMV633NU4C/W型)に取り込んで分析した。

4) 作業状態の調査: 各設定で行った培土作業の状態は、縦方向に設定した調査棒間(5m間隔)で作業速度、各耕耘爪が作成した溝の幅と深さを計測した。

3. 結果と考察

(1) 培土の分布

各耕耘爪で培土板角度を変え、側板を平行にした場合での培土分布を図2a, 3a, 4aに、側板を垂直位置にし

た場合の培土分布を図2b, 3b, 4bにそれぞれ示す。

慣行6本爪での培土の分布は、培土板角度が大きいかほど散布幅が広く、角度が小さいほど中央付近の散布幅で分布割合が増加した。角度大区では、投擲性が角度小区よりも向上するため散布幅が拡大し、角度小区で分布割

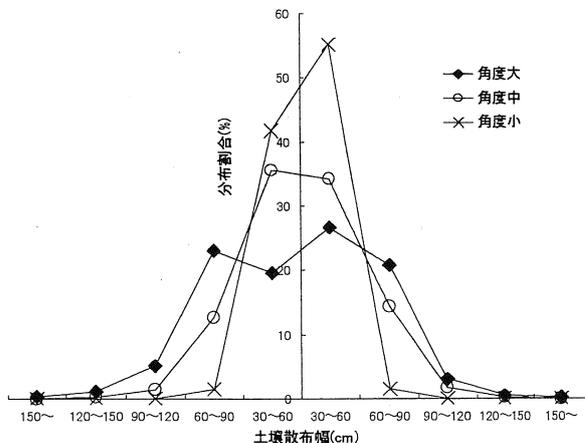


図2a 慣行爪6本区での土壌分布(側板平行)

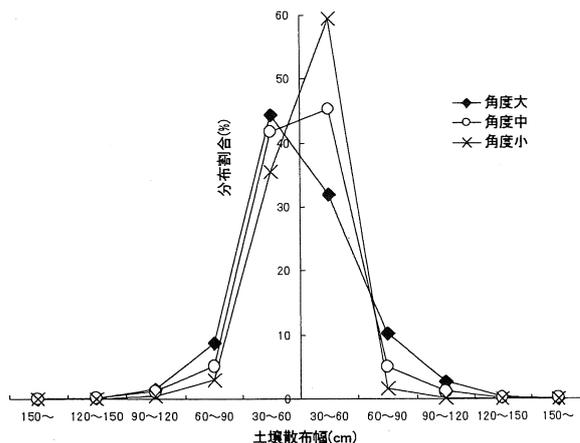


図2b 慣行爪6本区での土壌分布(側板垂直)

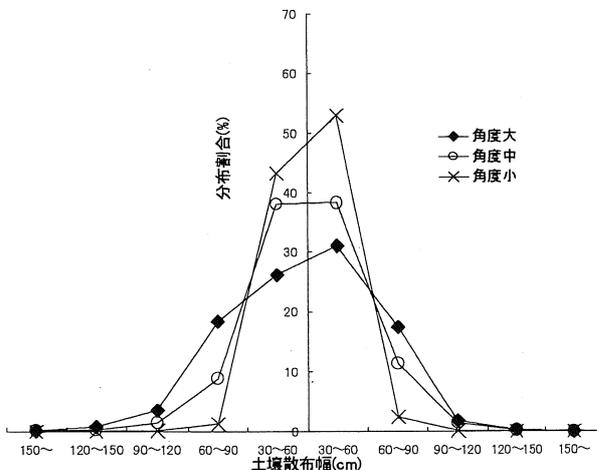


図3a 慣行爪3本区での土壌分布(側板平行)

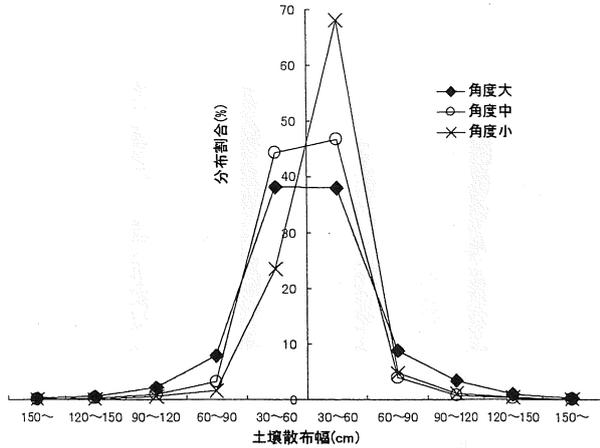


図3b 慣行爪3本区での土壌分布傾向(側板垂直)

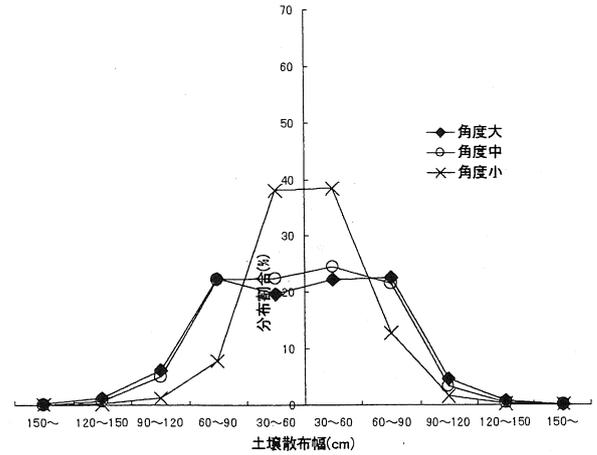


図5a 改良爪3本区での土壌分布傾向(側板平行)

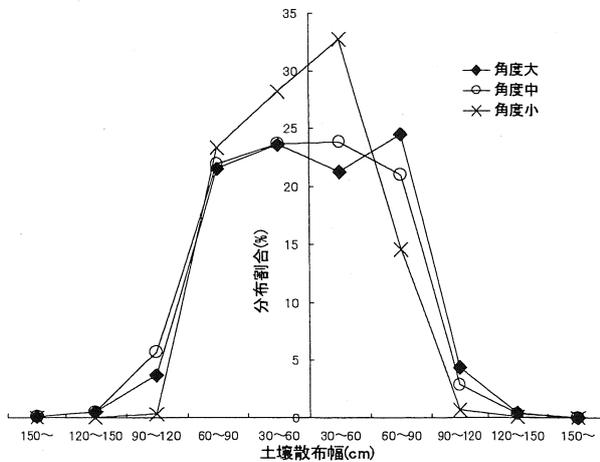


図4a 改良爪6本区での土壌分布傾向(側板平行)

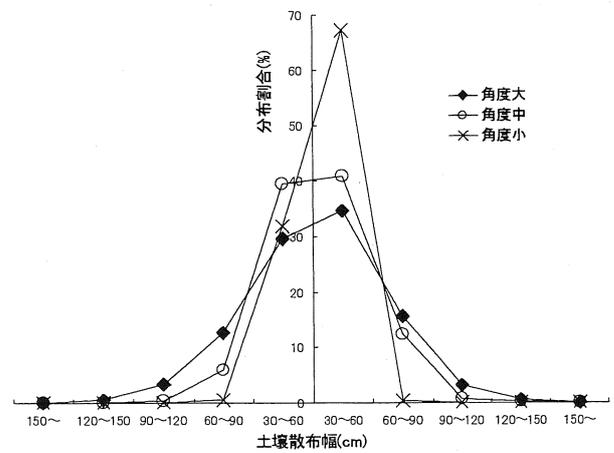


図5b 改良爪3本区での土壌分布傾向(側板垂直)

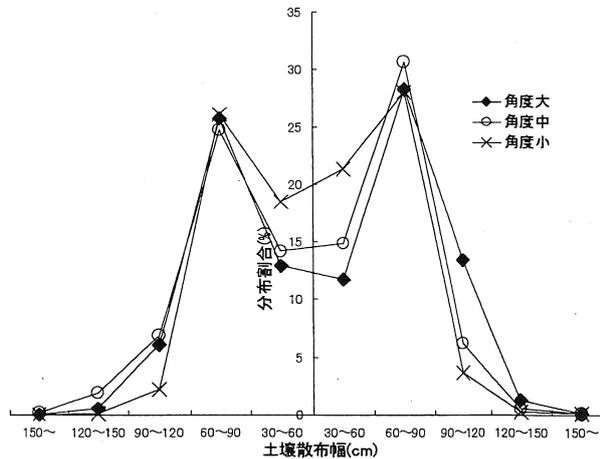


図4b 改良爪6本区での土壌分布傾向(側板垂直)

合が高かった中央付近の土が外側へ投擲され、60～90cmの範囲での分布割合を高めた。

培土板側板が垂直位置では、角度大区で散布域が平行位置よりも縮小し、中央部の分布割合を高くした。しかし、角度小区では、中央部付近の散布が中心であるため、その影響が少なくなった。これら傾向は、慣行耕耘爪の

本数を少なくしても同様であった。

改良爪区は、6本爪区で培土板角度にかかわらず120cm以内の散布幅で均一な分布が可能であった。側板を垂直位置にした場合では、各角度で60cm以内の分布割合が減少し、60～90cmの散布域で分布割合が増加した。また、角度小区では、90～120cmに散布される分布割合が増加した。これは、6本爪区が3本爪のフランジを2枚並列に配置しているため、内側の耕耘爪で切削された土壌が外部へ投擲されないで側板に接触して耕耘部に再度落下し、外側の爪で再度外部に投擲された結果である。3本爪区は散布幅が慣行爪区と近似したが、角度大・中区の90cm以内散布域で分布割合が慣行爪よりも均一になった。側板の影響は、慣行爪区と同様に垂直状態で60cm以内の中央付近に散布幅を偏らせ、60cm以上の散布域で分布割合が縮小した。

(2) 培土量の傾向

側板が平行位置での各試験区の培土全量を表1に、垂直位置の場合を表2に示す。

側板を平行位置にした場合、培土全量は改良爪6本区が最も多く、次いで慣行爪6本区、慣行爪3本区、改良

表1 側板平行位置での培土全量の変化

測定項目	投擲土量全量(L)		
	角度大	角度中	角度小
使用耕耘爪			
慣行6本	17.8(0.64)	16.7(1.55)	7.9(0.48)
慣行3本	16.8(1.08)	14.7(1.08)	8.2(1.11)
改良6本	22.7(0.63)	24.5(2.18)	18.7(0.76)
改良3本	12.0(1.63)	13.8(1.65)	8.7(1.17)

*()内数値は標準誤差

表2 側板垂直位置での培土全量の変化

測定項目	投擲土量全量(L)		
	角度大	角度中	角度小
使用耕耘爪			
慣行6本	14.1(0.8)	11.1(1.5)	2.9(0.1)
慣行3本	11.7(0.5)	8.3(2.0)	3.6(0.8)
改良6本	21.8(4.8)	22.1(4.1)	15.8(0.3)
改良3本	12.0(-)	7.2(4.1)	3.1(-)

*()内数値は標準誤差

爪3本区であった。培土全量は、角度大区・中区で差が見られなかったが、角度小区で前者の1/2程度と少なかった。なお、その差は改良爪区よりも慣行爪区が大きかった。耕耘爪の本数は、慣行・改良爪区ともに培土全量に与える影響が小さかった。

側板垂直位置での培土全量は、角度大・中区で平行位置とほぼ同様の順位となったが、改良爪6本区を除き平行位置よりも減少した。慣行爪区、改良爪3本区で土量が減少したのは、側板を垂直にすることで30～60cm以内の散布幅で土壌の分布割合が増加したため、歩行型管理機最端部と30～60cmに設置したトレイとの間に落下した土壌の影響である。一方、改良爪6本区は散布幅が外側に広がったため、前述した部位での土量が少なく、他区よりも側板位置による培土量の影響が小さかった。

(3) 投擲高さの傾向

側板を平行位置にした場合の各試験区の培土投擲高さを図6に、垂直位置の場合を図7にそれぞれ示す。

側板位置を平行にした場合、培土の投擲高さは改良爪区が慣行爪区より11～14cm高くなったが、培土板角度が小さくなるほど改良爪区と慣行爪区との差が縮小した。

側板位置を垂直にした場合、慣行爪区と改良爪区では培土の投擲高さの傾向と差が平行の場合とほぼ同様であった。培土板角度は、角度大区でその影響が少なかった

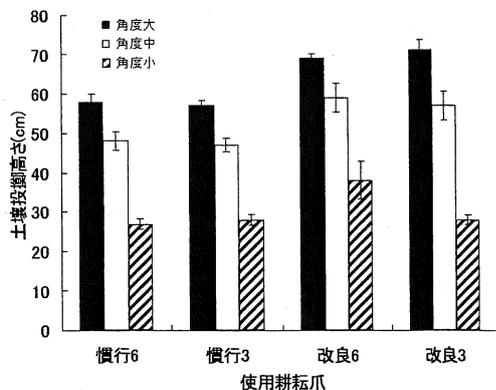


図6 側板平行位置での培土の投擲高さ

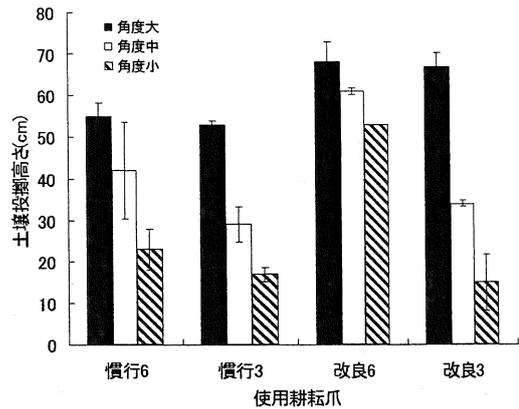


図7 側板垂直位置での培土の投擲高さ

が、角度中・小区で投擲高さを平行区よりも低くした。ただし、改良爪6本区は側板を垂直にした場合でも外側の散布域で分布割合が大きいため、角度小区でも培土の投擲高さが他区よりも高くなった。

(4) 培土機の設定

作成溝の形状と作業速度を表3に示す。

表3 作溝形状と作業速度に及ぼす耕耘爪の影響

測定項目	溝形状(cm)		作業速度 (m/s)
	幅	深さ	
使用耕耘爪			
慣行6本	36.9(0.4)	15.6(0.5)	0.22
慣行3本	35.2(0.7)	14.9(0.4)	0.22
改良6本	57.2(1.6)	12.5(0.7)	0.21
改良3本	36.9(0.8)	11.8(0.7)	0.24

*()内数値は標準誤差

使用した耕耘爪で作られた作溝幅は、改良爪6本区が最も広がった。溝の深さは、改良爪区が慣行爪区と比較して浅かった。作業速度は各試験区で差がなかった。

以上の傾向から、歩行型管理機による長ネギ培土作業は、初期から中期にかけて株もと付近に少量の土を一定量培土する必要から、慣行6本爪を利用して培土板の角度を小、側板が垂直位置での作業が望ましい。生育状況により培土量を増加する場合は、培土板の角度を中にして対応する。最終培土では、改良爪6本を用いて培土板の角度を大、側板を平行位置にして作業することが望ましい。

4. 摘要

- 1) 改良耕耘爪は、慣行爪よりも散布幅が広く分布割合が均一である。
- 2) 培土量は、改良爪6本区が最も多く、次いで慣行爪6本区、慣行爪3本区、改良爪3本区であった。
- 3) 培土板の側板は、改良6本爪区を除き垂直位置で投擲土量と散布幅を減少し、土壌の投擲高さを角度大区を除き低くした。
- 4) 培土の投擲高さは、改良爪区で慣行爪区よりも11～14cm高くなった。
- 5) 耕耘爪と培土板の組み合わせは、生育初・中期に慣行爪6本で培土板角度を小～中、側板を閉、生育後期に改良6本爪で培土板の角度大で側板開が望ましい。

野菜作における精密播種技術の開発(第1報)

—ベルト式播種機の播種精度—

松尾健太郎*・屋代幹雄*・安場健一郎*

Development of Precision Drilling System at Vegetable-Growing (1)
— Metering accuracy of inclined belt-seeder —

Kentarō MATSUO*, Mikio YASIRO*, Kenitiro YASUBA*

Abstract

Thinning work is a time-consuming and labor-intensive component of vegetable-growing with direct sowing. Precision drill is needed to simplify thinning work. The objective of this research was to develop a low cost precision drilling system. Despite of its rather high metering accuracy, inclined belt-seeder is known to have low seeding accuracy. In this paper, the cause of deterioration in accuracy of seeding is examined. The main causes were forward to be: 1) deviation in release timing of seeds from sells; 2) bounces of seeds in seeding chute and consequent delay in falling time; 3) long falling distance from feeding belt to the ground.

[Keyword] seeding accuracy, metering accuracy, inclined belt seeder, high-speed video camera

1. 緒言

現在、直播野菜栽培体系の中で間引き作業には、多大な労働時間を要している。ハウレンソウ栽培の場合、10aあたりの総労働時間は約268時間で、その内、収穫・調整作業が175時間、出荷作業が68時間、薬剤散布を除いた間引き作業などの栽培管理が28時間となっている¹⁾。収穫と調整については研究が進み、近年、調整機が市販されており、労働時間の短縮が考えられる。出荷作業においても共同出荷施設などにより時間の短縮が可能である。

しかし、間引き作業を簡略化するためには正確な間隔に種子を播く精密播種機か、もしくは間引き機が必要である。精密播種機は、テープシーダや真空播種機などがあるが高コストであり、低コストの播種機を求められている。間引き機についても研究が行われているが、ハウレンソウを間引き対象の作目としている研究は行われておらず、また、他の野菜についても研究段階である²⁾。

本研究では、間引き作業を簡易化するために低コストな精密播種機を開発することを目的としている。今回は、繰出し機構が簡易なベルト式播種機を用い、ベルト式播種機の播種精度を低下させる原因を調査したので報告する。

なお、傾斜ベルト式播種機の繰出し精度については、ダイコン種子の播種作業において作業速度が0.50m/s以下ならば、一粒繰出し精度は90%以上あるが、播種精度(播種設定間隔 ± 1 cm)は20%以下であり、繰出し以降のいずれかの過程に播種精度を下げる原因があると報告されている³⁾。

2. 調査方法

(1) 実験装置

播種機は、M社製の傾斜ベルト式および、アップダウンベルト式の2種類のベルト式播種機(図1・2)を用いた。両播種機とも1条播きの手押し式で、駆動方式は接地駆動輪方式である。

傾斜ベルト式播種機において、種子の平均落下距離(種子落下開始位置から、播種深さ10mm:図1ラインAからラインB)は329mmである。アップダウンベルト式播種機において種子の平均落下距離(図2ラインAからラインB)は195mmである。また、それぞれのシュート(種子が落下中に通過する管)の形状を図3に示す。

また、播種間隔の設定を5.5cmとするために、半球形の穴があるセルを傾斜ベルト式では32個、アップダウンベルト式では28個を用い、傾斜ベルト式およびアップダウンベルト式播種機ともに歯車の歯数を33:27に設定した。

* 独立行政法人 農業技術研究機構 東北農業研究センター

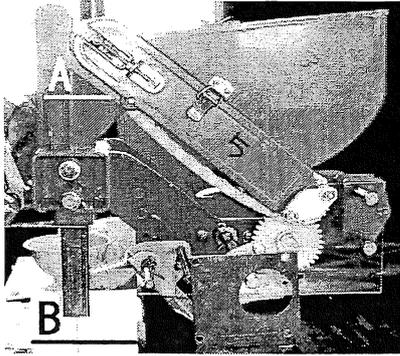


図1 傾斜ベルト式播種機

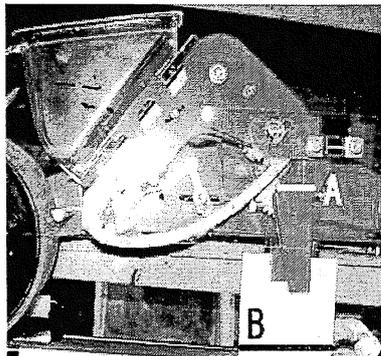


図2 アップダウンベルト式播種機

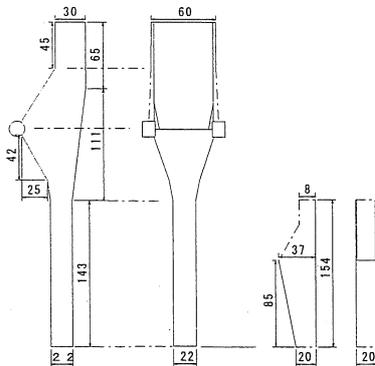


図3 シュートの形状(傾斜ベルト式・アップダウンベルト式)

(2) 供試材料

調査に供した種子は、ホウレンソウ種子(会社:S社、品種:ツロモン、サイズL、PRIMAX 処理済、図4・表1)、コマツナ種子(会社:T社、品種:ひとみ小松菜、平均粒径:36mm(±0.11mm)、質量:0.002g、ベノミル剤、チユーラム剤処理済)、プラスチック球(直径:6mm、質量0.2g)の3種類を用いた。また、それぞれの種子の播種に用いたベルトのセル穴半径は、供試材料の種子の2粒繰出し、欠粒繰出しのもっとも少なくなる長さのものを用い、ホウレンソウでは2.5mm、コマツナでは1.5mm、プラスチック球で3.75mmのものを用いた。また、ホウレンソウ、コマツナ種子は播種する際、静電気による



図4 ホウレンソウ種子の概略図

ベルトへの余分な付着を防止するために石灰をまぶした。

(3) 調査方法

室内でベルト式播種機を固定台に取り付け、スピードコントロールモータ(O社製MSD425)で接地輪を回転させ、作業速度を変えて種子の繰出しを行う定置調査と、圃場で実際に播種作業を行う圃場調査を行った。

調査項目は定置調査の場合、種子が落下してくるまでの時間間隔と、落下時の前後方向のばらつきを高速カメラ(P社製FASTCM-Rabit2)を使用して測定し、画像をメモリに取り込み解析した。また、圃場調査の場合は、播種後に播種間隔をメジャーを用いて測定した。

今回の調査は欠株や2粒播き以外の播種精度を低下させている原因の調査なので定置調査、圃場調査ともに、欠株や2粒播きによる播種精度の低下を除くために、播種間隔が1cm以下と12cm以上の値は削除した。

3. 結果及び考察

(1) 傾斜ベルト式の繰出し直後の播種精度(定置調査)

種子が繰出された直後(図1ラインA)の落下位置変位と、播種間隔(時間間隔×作業速度)の関係を図5・6に示す。ここで落下位置変位が0cmの場合、対象の種子の落下位置と対象の1つ前に落下した種子の落下位置が同じであることを表し、正の場合は対象の種子が1つ前の種子の落下位置よりも、後の位置に落ちたことを表し、負の場合は1つ前の種子の落下位置よりも前の位置に落ちたことを表す。

作業速度0.36m/sの場合、ホウレンソウ種子では、繰出された直後から播種間隔にばらつきがあること、および落下位置変位と播種間隔との間に相関関係があることが明らかとなった(図5)。

これは、ホウレンソウ種子の形が不均一でベルトのセル穴に引っ掛かるために、ベルトによって運ばれる種子の移動距離がばらつくので落下位置変位がばらつき、同時にその距離を進むための時間も変化するので、播種間隔もばらついたものと考えられる。また、種子は垂直に落下するので落下位置変位は、ベルトに運ばれる距離で決まり、種子の落下速度はほぼ同じなので播種間隔もベルトに運ばれる距離を進むための時間によって決まるので、相関関係があると考えられる。

表1 ホウレンソウの性状

	長径(mm)	短径(mm)	腹径(mm)	質量(g)
平均	4.1	2.4	3.6	0.02
	(±0.3)	(±0.2)	(±0.2)	(±0.001)

* 表の中の(±)は、標準偏差

作業速度 0.56m/s の場合、ハウレンソウ種子では落下位置変位と播種間隔の相関はなく、播種精度は 0.36 m/s のときより、コマツナ種子、ハウレンソウ種子で低下していることが明らかとなった（図6）。

ハウレンソウ種子において相関関係がなくなったのは、作業速度が速くなり種子が垂直ではなく、斜め方向に落下したためと考えられる。また、コマツナ種子は、プラスチック球と比べ表面の摩擦が大きい(もしくは、静電気)のため、ベルトに運ばれる距離が変わってしまい播種精度が低くなったと考えられる。

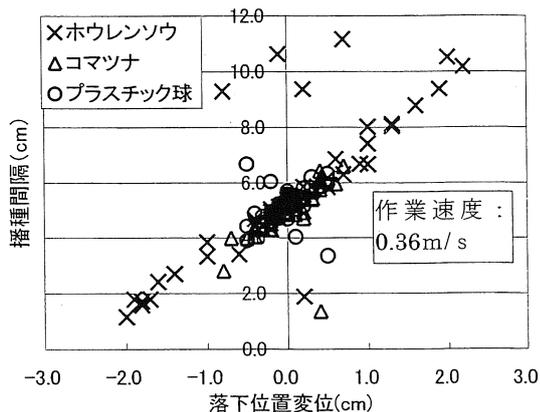


図5 播種間隔と落下位置変位の関係(傾斜ベルト式)

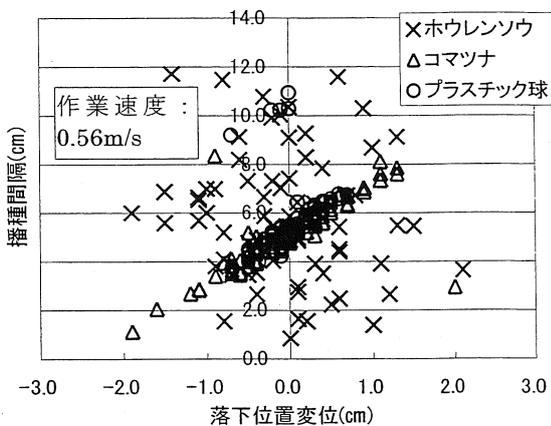


図6 播種間隔と落下位置変位の関係(傾斜ベルト式)

(2) 傾斜ベルト式のシュート通過後の播種精度 (定置調査)

播種深さ 10 mm と想定した位置（図1・ラインB）での種子の落下位置変位と播種間隔の関係を図7・8に示す。繰出し直後(シュート通過前)の図5・6と比較すると、落下位置変位と播種間隔との間に相関関係がないことと、播種精度が低下したことが明らかとなった。

これは種子がシュートを通過するときシュートの内側に種子がぶつかるために落下位置が変化し、また、種子がシュートの内側にぶつかる回数などが一定ではないため、到達時間間隔のばらつきが大きくなったためと考えられる。

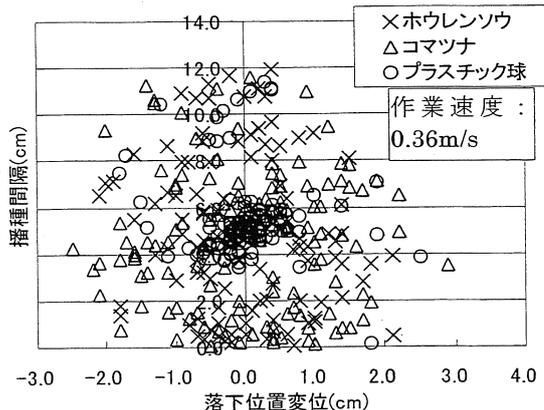


図7 落下位置変位と播種間隔の関係(傾斜ベルト式)

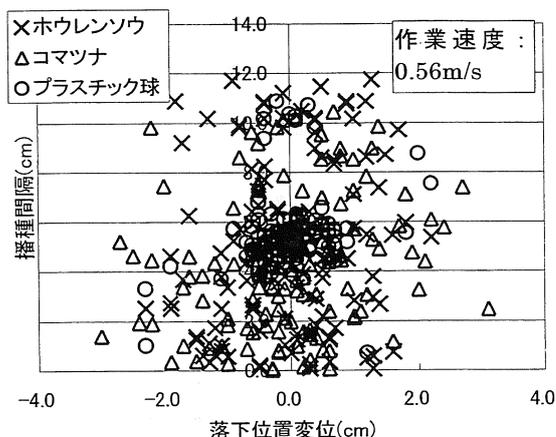


図8 落下位置変位と播種間隔の関係(傾斜ベルト式)

(3) 傾斜ベルト式とアップダウンベルト式の播種精度 (定置調査)

傾斜ベルト式とアップダウンベルト式のベルト式播種機の播種深さ 10 mm と想定した位置での播種間隔の標準偏差と作業速度の関係を図9に示す。作業速度が速

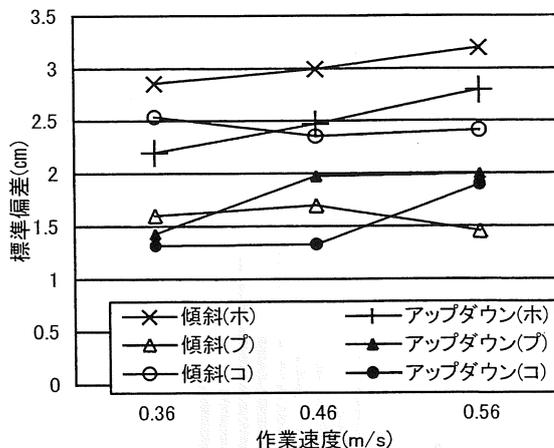


図9 作業速度と播種精度

* 凡例の中の(ホ)・(フ)・(コ)は、播種した種子の種類を表し、それぞれハウレンソウ、プラスチック、コマツナ種子を表す。

くなるにつれて、播種精度が低下する傾向がみられた。また、ハウレンソウ種子とコマツナ種子で、傾斜方式とアップダウンベルト式の播種間隔の分散度合には差があると認められた (F検定で有意水準 5%)。プラスチック球の場合、傾斜ベルト式とアップダウンベルト式の播種間隔の分散度合に差があるとは認められなかった。

これは、傾斜方式の場合、アップダウンベルト式に比べてシュート長 (落下距離) が約 150 mm 長いために、シュートに種子が衝突する回数が多くなり、時間間隔の分散度合が高くなるためと考えられる。ただし、プラスチック球の播種の場合、落下位置が安定しているためシュートにぶつかることが少ないためシュート長の影響がほとんど無かったと考えられる。

(4) 圃場調査と定置調査の播種精度

傾斜ベルト式・アップダウンベルト式のベルト式播種機の圃場試験と定置試験における播種間隔の度数分布を図 10・11 に示す。また、傾斜ベルト式・アップダウンベルト式それぞれの播種設定間隔 5.5 cm ± 1.0 cm の間と、もっとも相対度数が高かった播種間隔から ± 1.0 cm の間の相対割合を表 2・3 に示す。

アップダウンベルト式では、設定播種間隔より約 2

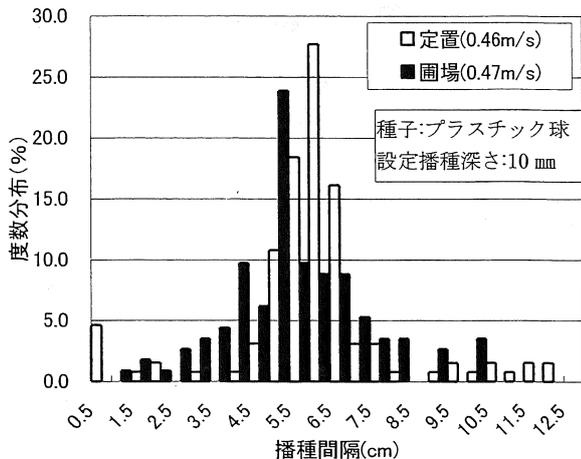


図 10 傾斜ベルト式の播種間隔別度数分布

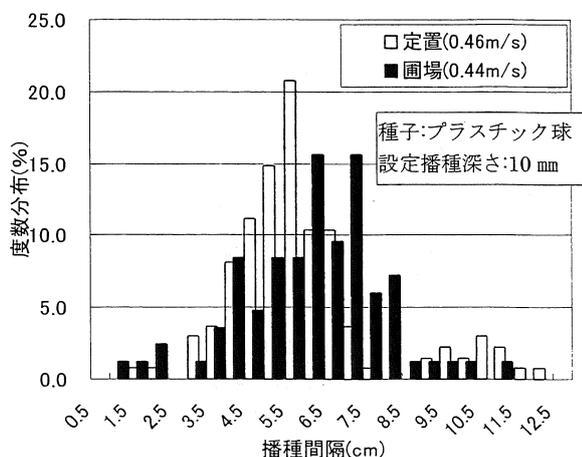


図 11 アップダウンベルト式の播種間隔別度数分布

cm のずれが発生した。これは播種機の駆動輪がスリップし、播種間隔が設定よりも広がったと考えられる。

アップダウン方式と傾斜方式の比較すると、傾斜方式の低下率の方が高いことが明らかとなった。

これは、傾斜ベルト式のシュート長が長いために、シュートに当たる回数がより多いことや、落下距離が長いために種子が地面に落下したときに地表面でバウンドするなどの挙動によるものと考えられる。

表 2 傾斜ベルト式の播種精度 (プラスチック球)

	5.5 ± 1.0 (cm)	最大 ± 1.0 (cm)
定置の播種精度	76.2%	76.2%
圃場の播種精度	57.5%	58.1%
精度低下率	18.7%	18.1%

表 3 アップダウンベルト式の播種精度 (プラスチック球)

	5.5 ± 1.0 (cm)	最大 ± 1.0 (cm)
定置の播種精度	67.4%	67.4%
圃場の播種精度	47.0%	57.8%
精度低下率	20.4%	9.6%

4. まとめ

今回の調査によってベルト式播種機の播種精度を低下させている原因が次のように明らかとなった。

- (1) 播種する種子の形状が均一ではない場合、ベルトのセル穴に種子が挟まることによってベルトから落下する位置が安定しない。
- (2) 種子がシュート内を通過する途中で壁にぶつかり、それぞれの落下距離が変わる。
- (3) シュート長が長くなると、シュートにぶつかる回数が増える。
- (4) 種子の落下距離が長くなると、速度や方向が異なり圃場に落ちた時のバウンド等種子の挙動が大きくなる。

今後、以上の結果を踏まえてベルト式播種機の改良を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省経済局統計情報部編：農業経営統計調査報告・野菜果樹品目別統計、平成 11 年度、15-16
- 2) 張 樹槐ほか：根菜類野菜の間引き作業の自動化に関する研究 (第 1 報)、農業機械学会誌 63(2)、47-52、2001
- 3) 大塚寛治ほか：精密播種機の開発に関する研究—ベルト式播種機の 1 粒繰出し精度について—、野菜・茶業試験場報告 A 1、135-146、1987

ラフランスのCA貯蔵に関する研究

加藤弘道*・伊藤篤史*・蛭沢桂介*

Study on Controlled Atmosphere (CA) Storage for La France Fruits

Hiomichi KATO*, Atsushi ITO*, Keisuke EBISAWA*

Abstract

European pears (cv. La France) were stored in several-controlled atmosphere, and the influence of the density of the storing environment gas was investigated. The pears stored in controlled atmosphere were more advantageous than cold storage with regard to weight, hardness, and the eating quality. If storage condition is made appropriate, ripening is normally performed. Most suitable storage condition for the pear is 5-9% density of oxygen in this experiment. Especially, 9% density of oxygen is the best judging from respect of the weight decrease. And, 0% is the best for the density of carbon dioxide. Because, La France is easy to receive for the gas trouble.

[キーワード] ラフランス、CA貯蔵、品質、追熟

はじめに

ラフランスは山形県をはじめ、東北地方で盛んに栽培されるようになった。独特の食感、風味があり、特に東北地方では旬の味覚として重宝されている。ラフランスは食べ頃になるまでには、追熟をさせなければならないが適当な食味時期に食べることができるならば、生食用の果実として高い需要が見込める。

現在ラフランスは10月上旬から下旬にかけて収穫されて、予冷・低温貯蔵されて1月中旬頃までの出荷が一般的とされている。特に年内での販売が大半であり、旬の果物のイメージが強いのは、このためである。缶詰用のパートレットとは違い、生食用としてのラフランスは低温貯蔵が行われており、収穫から2ヶ月間の貯蔵が一般的である。このことから、低温貯蔵よりも貯蔵期間の長期化が望めるCA貯蔵をすることにより、ラフランスの出荷時期の延長を実現するために、ラフランスの低温貯蔵とCA貯蔵の比較、貯蔵条件・期間を見出すことについて検討した。本研究を実施するにあたって、ご助言いただいた福地博先生、張樹槐先生、また、実験に協力された生産機械学講座の学生諸君に深く感謝します。

I 実験方法

1. 供試果実および貯蔵方法

実験は、平成12年度から13年度までにわたり青森県産のラフランスを平成12年度は1試験区50個計400個、平成13年度は1試験区80個計600個を使用し、兩年とも貯蔵条件を変えて行った。

気密性を保てる450×900×600 mmの貯蔵箱を作り、それを貯蔵庫の小型模型として冷蔵庫内に設置した。貯蔵条件は温度0℃、湿度95%以上として、貯蔵期間は80日に設定した。貯蔵箱内の空気組成の調節は、ガスクロマトグラフ(島津製、GC18A)によってガス分析を行い、窒素ガスと炭酸ガスとを直接封入する方法(フラッシュ法)によった。試験区は表1の通りで、比較のために普通貯蔵区も設けた。CA貯蔵では、貯蔵条件の設定が重要となる。設定条件の決定は、本研究室で行われた実験結果⁷⁾をもとに決定した。

表1 試験区

平成12年度			平成13年度		
試験区	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	試験区	O ₂ (%)	CO ₂ (%)
5-0区	5	0	5-0区	5	0
7-0区	7	0	5-1区	5	1
9-0区	9	0	5-3区	5	3
7-0区	7	0	7-0区	7	0
7-2区	7	2	7-1区	7	1
7-4区	7	4	7-3区	7	3
普通区	20.8	0.03	普通区	20.8	0.03

2. 測定方法

品質試験は貯蔵開始から10日間毎に、1試験区について4個の供試果実を用いて含水率、硬度、糖度、酸度、ビタミンC、外観について行った。

* 弘前大学農学生命科学部

- ・ 重量は、6個の同一供試果実を METTLER PJ4000 で計量した。
- ・ 含水率は貯蔵終了後に可食部について 24 時間絶乾法で測定した。
- ・ 硬度はユニバーサル硬度計を用いた。
- ・ 糖度は屈折糖度計で測定した。
- ・ 酸度は、1/10N 水酸化ナトリウムによる中和滴定法で行い、リンゴ酸に換算した。
- ・ ビタミンCは還元型ビタミンC量をインドフェノール滴定法により測定した。
- ・ 外観は、供試果実の断面及び外部を観察し、また、デジタルカメラで撮影・記録した。

食味試験は貯蔵 40 日及び 80 日後から追熟期間を考慮して、12 年度は貯蔵終了 14 日後に行い、13 年度は 7 日後及び 14 日後に行った。試験員は実験担当者を除く、5 人以上であった。これら試験員に高品価値としての見た目・匂い・歯ざわり・甘味・酸味などの評点を記入してもらった。また、CA 貯蔵後の果実の追熟具合についても検討した。

II 実験結果

1. 酸素濃度の影響

酸素濃度が果実の性状に及ぼす影響は、図 1 のように貯蔵直前の重量に対する割合から見た場合、酸素濃度 5、7、9%では貯蔵 80 日経過後でも 97%を保っているのに対し、普通貯蔵区では 94、95%と重量が大きく減少する結果となった。果実は、一般的に重量が 5%減少すると萎縮などが見られるようになり、商品価値を失うとされている。

果実硬度でも、図 2 より若干ではあるが普通貯蔵区において硬度の低下が早くなっている。しかし、その他の測定品質である含水率、糖度、酸度、ビタミン C、外観については有意差が見られなかった。

障害果については、平成 12 年度では貯蔵した果実全般にわたって障害が出てしまったものの、普通貯蔵区と酸素濃度 5、7、9% (炭酸ガス 0%) 試験区での障害の発生率は少なく、それほど変わらなかった。また、平成 13 年度には、普通貯蔵区及び酸素濃度 5、7% (炭酸ガス 0%) 試験区では障害果は発生しなかった。

2. 炭酸ガス濃度の影響

炭酸ガス濃度の影響は、貯蔵にマイナスな面として貯蔵障害が挙げられる。表 2 は障害果の発生率を表したものである。平成 12 年度では、普通貯蔵区でも障害果が発生していることから炭酸ガスによる障害ではないものも含まれると思われるが、炭酸ガス濃度が高まり、また貯蔵日数が長くなるにつれて障害の程度が供試果実の広い範囲にわたり発生し、症状も重くなった。

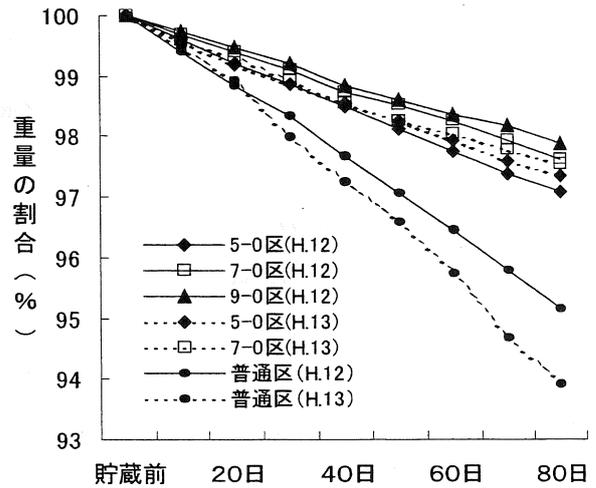


図 1 重量の貯蔵経日変化

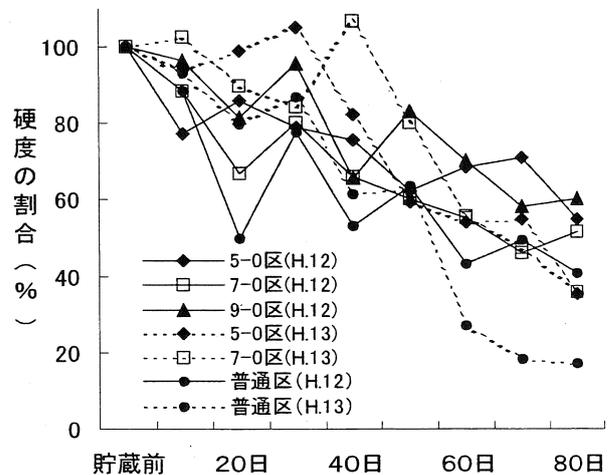


図 2 硬度の貯蔵経日変化

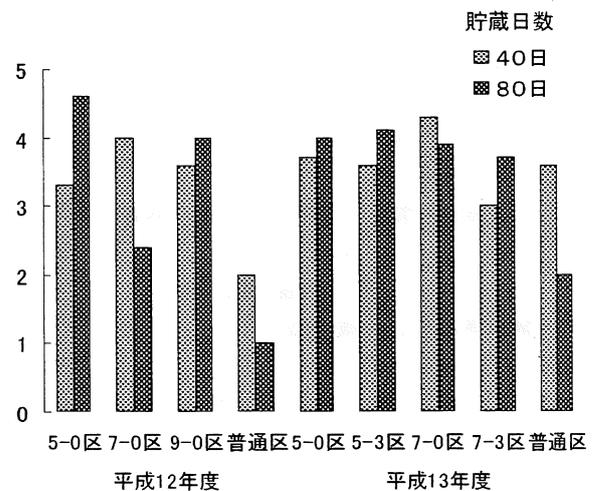


図 3 食味試験結果

平成13年度には炭酸ガス濃度が1、3%の試験区にのみ障害果が発生した。食味試験の結果は、果実の嗜好を5段階で評価した。その結果は、図3のようであった。(貯蔵40日、80日後から追熟させて食味試験を行ったものである。)酸素濃度5%貯蔵区において、貯蔵80日後で5点満点中4.6(平成12年)、4点(平成13年)といずれも良い評価が与えられた。それに対し、普通貯蔵区の点数は1(平成12年)、2.8点(平成13年)と最も悪い評価であった。品質の面では、硬度は炭酸ガス濃度が高いほうが硬度低下は小さかった。その他の酸度、糖度、含水率、ビタミンCの変化には炭酸ガス濃度による影響は見られなかった。

表2 障害果の発生個数

平成12年度	平成13年度	
障害発生個数 (50個中)	障害発生個数 (80個中)	
普通貯蔵区	普通貯蔵区	
13	0	
7-0区	5-0区	7-0区
18	0	0
7-2区	5-1区	7-1区
26	4	27
7-4区	5-3区	7-3区
39	5	13

3. CA貯蔵後の追熟具合

CA貯蔵後の果実を追熟させて、酸度、糖度、硬度について測定し、それぞれを貯蔵前に追熟させて測定したものと比較した。

酸度は普通貯蔵区、CA貯蔵区ともに同じように低下し、差は見られなかった。ガス障害による影響も見られなかった。

糖度は貯蔵前の追熟では、およそ12Brix%から15Brix%へと大幅に上昇したが、それに比べると貯蔵後の上昇は緩やかで、およそ14Brix%までの上昇であった。

硬度は、表3のように貯蔵日数が長くなるほど硬度低下が早かった。また、普通貯蔵区に比べてCA貯蔵区は硬度低下が緩やかであった。7-1区、7-3区ではガス障害の影響で追熟が正常に進まず、硬度が低下しないという現象が出た。

追熟期間としては、平成12年度、13年度ともに7日目頃から食べ頃となり、14日目を経過するころには若干追熟が進みすぎている。

表3 追熟時硬度変化

貯蔵40日	追熟前	7日後	14日後
5-0区	2.13	0.22	0.06
5-1区	2.57	0.15	0.05
5-3区	1.87	0.31	0.12
7-0区	2.59	0.18	0.03
7-1区	2.06	1.70	0.06
7-3区	1.04	0.28	0.00
普通区	1.49	0.14	0.09
貯蔵前	2.43	0.21	0.17
貯蔵80日	追熟前	7日後	14日後
5-0区	0.86	0.23	0.00
5-1区	0.87	0.35	0.03
5-3区	1.70	0.51	0.10
7-0区	0.87	0.33	0.00
7-1区	1.55	2.03	1.02
7-3区	0.26	0.26	0.00
普通区	0.41	0.12	0.00
貯蔵前	2.43	0.21	0.17

硬度単位 (MPa)

4. 外観

写真1の向かって左端の供試果実とは7-3区で貯蔵中にガス障害が出た果実内部の写真である。ガス障害が出ると、果実内部に空洞ができる現象が現れ、障害が発生した果実については硬度減少がほとんどなくなった。

写真2は7-0区貯蔵80日後に追熟を7日間行った後の果実内部の写真である。

写真3は、貯蔵80日後に14日間追熟した供試果実であり、写真2からさらに7日間経ったもので、同じ試験区の写真である。写真3のような現象は、ラフランスの貯蔵で、貯蔵開始が遅れた果実や、成熟した果実を低温・CA貯蔵した際に、同じように果実内部が褐変する現象が現れた。

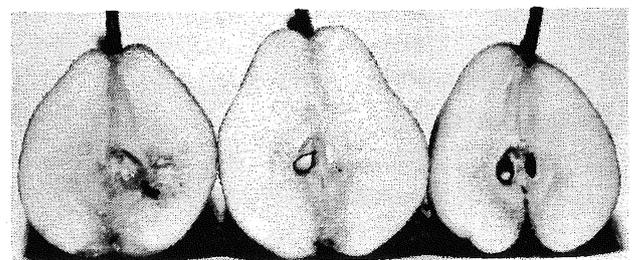


写真1 ガス障害による障害果

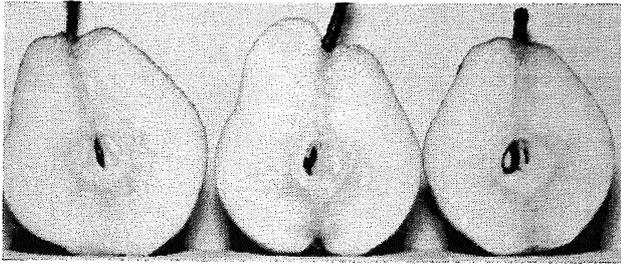


写真2 7-0区貯蔵80日後追熟7日目

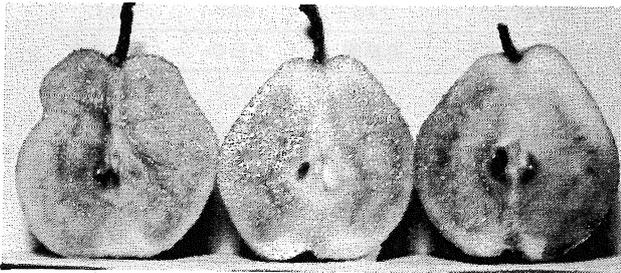


写真3 7-0区貯蔵80日後追熟14日目

III 考察

1. 酸素濃度の影響

酸素濃度の影響については、重量減少を見た場合にCA貯蔵区と普通貯蔵区では明らかな差があり、CA貯蔵区では酸素濃度が高くなるにつれて重量減少が緩やかになった。食味試験では酸素濃度5%の試験区が最も成績が良かったが、酸素濃度9%とを比較した場合に差はそれほどない。その他の品質測定結果では試験区間に有意差は見られず、むしろ供試果実の個体差による影響のほうが大きいくらいであった。よって、重量減少での成績から酸素濃度は9%の場合が最適な貯蔵条件と言える。

2. 炭酸ガスの影響

西洋ナシではガス障害の発生に最も関与するのは炭酸ガスとされている。ラフランスについても炭酸ガス障害と思われる障害果が見られ、それは炭酸ガス濃度が高まるにつれて増加していた。品質の測定結果において炭酸ガス濃度が高いほど硬度が比較的保たれることを除けば、炭酸ガス0%の場合と比較して、それほど有利な結果は出ていないことから、ラフランスの炭酸ガス濃度は0%の場合が最適な貯蔵条件であると言える。

3. CA貯蔵後の追熟

CA貯蔵後の追熟は、貯蔵中に果実に障害が出なかったものについては、貯蔵前の追熟期間より若干期間が短くなるものの正常に進んだ。CA貯蔵による追熟不良は炭酸ガス障害が発生したものには起きたが、それ以外にはごくまれに輪紋病が出た程度であった。これは貯蔵しない場合の追熟時にも起こりうるものである。

したがって、貯蔵条件を整えればCA貯蔵による追熟障害はないと思われる。また、CA貯蔵を行った場合の追熟期間は短いもので7日間であり、14日間後には熟し

過ぎたものが見られるようになる。

4. ガス濃度の選定

以上のことから、ラフランスのCA貯蔵における最適条件は酸素濃度9%、炭酸ガス濃度0%の場合である。また、ラフランスの凍結点は -2°C 付近にあり、 0°C よりマイナス側での貯蔵が可能である。貯蔵中の温度管理を厳密に行うことで果実を高品質に保ちながら、さらに貯蔵期間を延長することが可能である。

IV 今後の課題

今後の課題としては、果実の貯蔵において 0°C 付近の貯蔵では温度管理が非常に重要になることはよく知られているが、今回は各貯蔵箱で貯蔵温度に若干の違いがあった。そのことで果実の品質に影響をおよぼした事も十分に考えられる。このことから、温度管理、CA貯蔵条件の管理を強化することにより、貯蔵日数の延長を実現する必要がある。そのうえで、4月頃までラフランスのCA貯蔵を行い貯蔵可能期間について導き出すことが必要である。

V 摘要

西洋ナシの一種「ラフランス」についてCA貯蔵を行い、貯蔵環境ガス濃度の影響を検討した。ラフランスをCA貯蔵した場合、重量および硬度、食味において普通貯蔵よりも有利であった。

追熟についてもCA貯蔵条件を適切に調節したならば、正常に行われた。

本実験でのラフランスにおける最適なCA貯蔵条件は、酸素濃度5~9%であり、特に重量減少の面から9%が最適であった。炭酸ガス濃度はガス障害を受けやすいことから0%が最適であった。

参考文献

- 1) 伊庭慶昭ほか：果実の成熟と貯蔵, 養賢堂, 315-319, 1993
- 2) 北川博敏, 樽谷隆之：園芸食品の流通・貯蔵・加工, 養賢堂, 43-45, 1990
- 3) 農山村文化協会：果樹園芸大百科リング, 471-496, 2000
- 4) 農山村文化協会：果樹全書ナシ・西洋ナシ, 717-726, 755-756, 1989
- 5) 伊藤三郎：果実の科学, 朝倉書店, 47-57, 167-184, 1991
- 6) 山下律也ほか：新版農産機械学, 文永堂, 156-158, 173-177, 1996
- 7) 平崇：ラフランスのCA貯蔵に関する研究, 弘前大学農学研究科学位論文, 56-58, 97-98, 2000
- 8) 桜井芳人, 杉山直儀, 蔀花雄, 松井修, 緒方邦安：果実・野菜の加工・貯蔵ハンドブック, 257, 1970

タカキビの機械収穫について

武田純一*¹・千田広幸*²・高畑義人*¹・佐川 了*²

Mechanical Harvesting for Grain Sorghum

Jun-ichi TAKEDA*¹, Hiroyuki CHIDA*², Yoshihito TAKAHATA*¹, Satoru SAGAWA*²

ABSTRACT

An ordinary type combine was modified and tested to harvest grain sorghum that had a height of about 3 m. The tested combine is axial flow type with a cutting width of 1.444 m. Two rows are harvested at once in each run. Side dividers are installed in each side of cutting head to prevent the stems from twining around the shafts. Also three guide bars are welded inside the cutter head to help cut stems smoothly go into a header auger. Protecting plates are installed to prevent cut stems twining with the machine. The average cutting height was about 65 cm. The head loss was about 20%, but the threshing loss was low. It is suggested that the protecting device for the double cutting of the crop head is necessary to decrease the head loss.

[Keywords] grain sorghum, ordinary type combine, head loss

I. はじめに

タカキビは草丈が 3m 前後の雑穀で、岩手県内では県北地方や北上山系で栽培されている。また、日本ではモロコシ、海外では grain sorghum、高粱¹⁾などとも呼ばれている。子実にはポリフェノールが含まれていることから、近年の雑穀ブームと相まってその機能性が見直されている。栽培方法は比較的簡単であるが、穂が高い位置に付くので収穫は穂刈りをしているのが現状で、他の雑穀と異なり収穫時の労力が多く作付けを伸ばすのが難しい現状にある。国内外でのグレインソルガムの収穫試験については普通型コンバインと自脱型コンバインによる結果が公表されているが、自脱型コンバインについては穂高が 1.5m までとされているので 3m 前後のタカキビには適用できない。また、普通型コンバインについてはムギ用のものを供試し、刈高さを高くすると脱穀選別損失は小さくなり、作業速度を速めると損失が大きくなることが報告されている²⁾。

このような現状をふまえ、筆者らは突然変異による低稈のタカキビの創出および普通型コンバインによる機械収穫の可能性について検討しているが、本報告では後者について報告する。

II. 試験方法

1) 供試圃場と栽植様式

供試圃場として、岩手大学附属滝沢農場管理棟南側に 21.3a (60m×35.5m) の矩形圃場を設定した。畝間は 60cm、株間は 20cm とし 1 本立てとした。また、現地委託農家として岩手県大東町の農家にも試験圃場を設定したが、平成 13 年の 8 月下旬から 9 月上旬にかけて 2 度

にわたる台風のため全て倒伏したため、委託農家については倒伏前までの生育調査のみ実施した。

2) 生育調査

収穫までの間に草丈(葉をまっすぐに伸ばしたときの地表から測って 1 番長い部分までの長さ)を測定した。ただし、収穫直前には草高(手を加えない時の植物体の高さ)を測定した。

3) 供試機および試験条件

機械収穫試験は、平成 13 年 10 月 15 日～16 日に岩手大学附属滝沢農場で実施した。供試機は、ヤンマー農機株式会社製の軸流式普通型コンバイン GS320CE (刈幅 1.444m) である。供試機の諸元を表 1 に示す。また、表 2 に供試機の運転条件を示した。

予備刈取り試験の結果、順調な刈取りを行うためには以下のような項目について検討する必要があると認められた。

(1) タカキビの茎稈が隣接する畝同士の間で錯綜している場合が多く、供試機の有する基本機能だけでは刈取り部を最大限上昇しても、リールの位置を上下に変えても、茎稈を適切にオーガ部に取り込めず、茎稈の押し倒しや機体への絡みつき、または穂首部を 2 度刈りするなどの症状が出る。従って、適当な分草装置を装着しないと、適切に収穫できないこと

(2) 刈取られたタカキビはなお茎稈が長いので、ヘッダ部の掻込みオーガにスムーズに入るよう、ヘッダ最後部の上部に何らかの仕切り板(保護板)が必要なこと。

(3) リールの回転軸部や刈取りヘッダの狭い部分、突起部分などにタカキビの茎葉が挟まってしまい、刈取り不能に陥る場合があるので、ヘッダの各部には穂や茎葉が挟まるような隙間を作らないこと。

* 1 岩手大学農学部、* 2 岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育センター

(4)枕地等ではヘッダを上下するため、分草装置として装着した部品はヘッダ可動範囲でスムーズに動きうること。
 (5)脱穀性能は、大豆用の受け網（前部2枚）と格子状の受け網（後部2枚）を用いることで、ほぼ満足のいく結果が得られるが、2条刈りで刈取り速度を上げた場合や3条刈りをした場合は、2番還元口が詰まる傾向が見られること。

以上のような指針を元に、刈取りヘッダの左右部に試作した分草装置を装着するなど刈取りに必要な改造を施した（図1, 2）。性能試験は、できるだけ平坦な直線距離が長い区間を選定し、この区間で助走区間を約20m程度取り、その後の10mを試験区間に設定した。この区間で、合図とともに走行時間、排塵口と排粒口から排出されるものを全てシートで受け、全質量、茎稈と子実の質量、グレインタンク内に流入した子実の全質量等を測定した。測定区間内の全子実質量のうち、刈取り部での損失（刈取り部に入っていかなかった子実質量/全子実質量）を頭部損失とした。走行速度は3種類（0.21, 0.29,

0.38m/s）変えて実施した。

Ⅲ. 試験結果および考察

1) 成育調査

図3に成育調査結果を示す。委託農家では8月上旬、滝沢農場では8月中下旬に3m程度の草丈になった。播種後40日~70日までの草丈の伸びが顕著で、この1ヶ月の間に草丈が250cmも伸びたが、その後の伸び率は低かった。また、ガンマ線照射区（100, 200, 300Gr）を設定し、草丈の比較を行ったが、現地農家の圃場で300Gr照射区の草丈が低い傾向が見られたが、滝沢農場

表1 供試機の諸元

項目	単位	
名称		ヤンマー普通型コンバイン
型式名		GS320GC
全長×全幅×全高	[mm]	4825×1780×2310
出力/回転速度	[kW/rpm]	23.5/2800
刈幅	[mm]	1444
刈高さ範囲	[mm]	-50~880
リール回転径×幅	[mm]	1000×1283
脱穀部形式		軸流式（扱歯式）
タンク容量	[リットル]	グレインタンク：700%
作業能率	[分/10a]	18~23

表2 供試機の運転条件

設定項目	設定値
送塵弁開度	4
コンケーブ	前部2枚（ダイズ用） 後部2枚（格子状）
とうみ回転速度	高い方から2つ目
チャフシーブ	CS2（前後）、後全開（1）
ロータ回転速度	ダイズ用
P Fオーガ	ダイズ用
副変速	低
リール回転速度	高速
エンジン回転速度	2806 rpm（無負荷時）
第1とうみ回転速度	821 rpm（無負荷時）
第2とうみ回転速度	306 rpm（無負荷時）
こぎ胴回転速度	377 rpm（無負荷時）

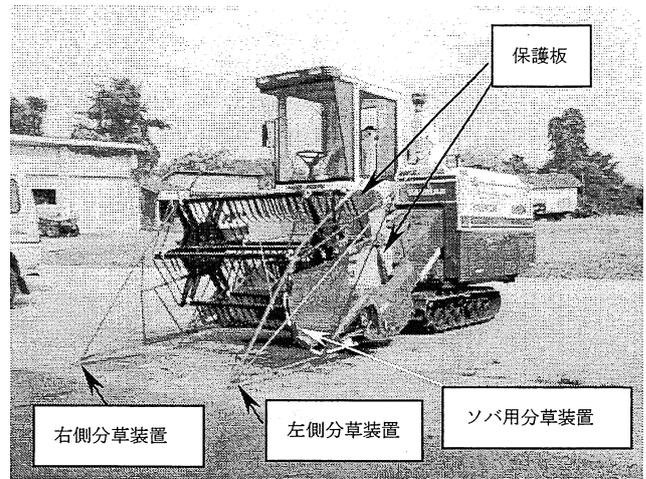


図1 改造後の供試機（その1）



図2 改造後の供試機（その2）

の方は、各区とも草丈に大きな差は見られなかった。

表3には坪刈り調査(3畝×3m×3箇所)の結果を示した。10a当たりの総株数は約8400株で、収量の推定値は376kgであるが、茎の折れている株が約25%程度あったこと。また、後述するように頭部損失が20%程度あったことから、実際の収量は約230kgであった。

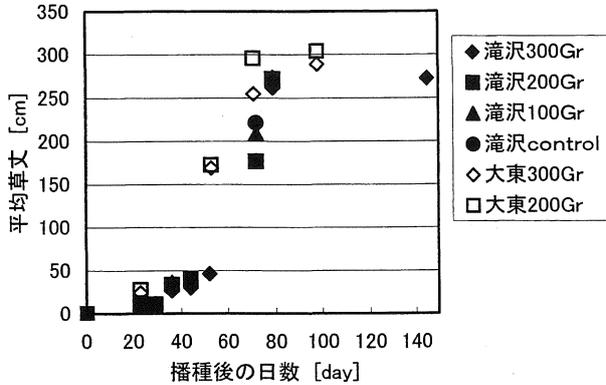


図3 生育調査結果

表3 坪刈り調査の結果

項目	単位	結果
単位面積当たり株数	[株/10a]	8380
茎の折れている株の割合	[%]	25.9
1穂当たりの平均子実質量 (含水率15%に換算)	[g]	44.8
刈取り時の子実の平均含水率	[% w. b.]	27.8
1穂当たり平均粒数	[粒]	1848
1粒当たり平均子実質量	[g]	0.0242
10a当たり平均収量(含水率15%に換算)	[kg/10a]	376

2) 刈取り状況

全ての刈取試験において2番口のつまり等はなく、タカキビの稈長が長いことによる穂首の2度刈りの影響で頭部損失が生じた以外は順調に収穫できた。

3) 刈高さ

各走行速度における刈高さは、表4に示すとおり走行速度の低い方から順に、56.7, 65.9, 68.1cm, おおのこの標準偏差は3.0, 3.6, 5.8cmであった。走行速度が大きくなるほど平均刈高さがやや大きくなる傾向がみられるが、オペレータが任意に刈高さをセットできることから、誤差の範囲と思われる。

4) 穀粒口内の穀粒の内訳

測定区間内においてグレインタンク内に流入した穀粒全てを回収し、単粒、夾雑物(茎など)、包皮粒などの質量を測定した。ただし、グレインタンク内に流入してくる子実は、外穎が剥離した状態のものと剥離しないものがほとんどであったので、単粒とはこのような子実を表すことにした。また、損傷粒は検出されなかったため、穀粒口内の穀粒は、単粒、夾雑物(小さな茎)、枝梗付粒・穂切れ粒の3種類に分別した。この結果、3種の走行条件とも単粒が98%前後、夾雑物が0.3~0.4%、枝梗付粒が1.2~1.8%となり、ほとんどは単粒で占められていた。

5) 頭部損失割合

各走行条件において立毛中のタカキビは全て刈刃にて切断することができたが、頭部損失は、走行速度の遅い方から順に15.7%, 24.4%, 19.5%となり、速度の遅い場合はやや損失が小さいようであったが、明確な傾向はつかめなかった。

6) 刈取り損失低減への指針

頭部損失の対策としては、以下のようなことが挙げられる。

表4 刈取り試験の結果

項目		単位	試験区1	試験区2	試験区3	試験区平均
作業速度		[m/s]	0.21	0.29	0.38	0.29
平均刈り高さ(標準偏差)		[cm]	56.7(3.0)	65.9(3.6)	68.1(5.8)	63.6(4.1)
流量	全流量	[kg/h]	2301	1823	2825	2316
	穀粒流量	[kg/h]	532	398	671	533
	M O G 流量	[kg/h]	1769	1425	2154	1783
穀粒口内の穀粒の内訳	単粒	[%]	98.3	98.3	97.8	98.1
	枝梗付粒, 穂切れ粒	[%]	1.2	1.4	1.8	1.5
	損傷粒	[%]	0.0	0.0	0.0	0.0
	夾雑物	[%]	0.4	0.3	0.4	0.4
穀粒口穀粒割合		[%]	77.5	74.1	73.4	75.0
穀粒損失割合		[%]	22.5	25.9	26.6	25.0
刈残し損失割合		[%]	0.0	0.0	0.0	0.0
頭部損失割合		[%]	15.7	24.4	19.5	19.9
脱穀損失割合		[%]	6.8	1.5	7.1	5.1

- (1) 新たにロークropp用ヘッダを開発する。
- (2) 穂部が2度刈りされないよう、刈刃部に穂が触れないようカバーの様なものを開発する。
- (3) 刈り幅を大きくする。
- (4) リール部と刈取り部の再調整。
- (5) タカキビを品種改良により草丈を2m程度まで低くする。

このうち、(1)と(2)については新たに多額の開発費が必要となる。特にコーン収穫用ロークroppヘッダのように、茎の下部を確実に保持して刈刃部に導入できるような装置が装着されていれば、刈取った作物の全量を脱穀部に搬送できると考えられるので、穂首を2度刈りする確率は減少するものと思われる。

(3)については刈取られた穂がヘッダ部から不用意に出ていなくなる可能性があるので挙げた。刈り高さの設定は0.6~0.7mとしたが、それでも残りの2.3~2.4m程度はヘッダ部を通して脱穀・選別部へ運ばれる。供試機は刈り幅が1.444mと普通型コンバインでは最も刈幅が小さいので、切断された茎の上部、ちょうど穂の部分がヘッダの右側から外に出ることが多く、掻込みオーガによって搬送口に運ばれる途中で、穂の部分だけ再度刈刃によって刈られてしまい、2度刈りされるケースが多々見受けられた。試験機の1ランク上位モデルであれば刈幅が2m強となり、比較的2度刈りされる確率は低くなると思われる。しかし、刈幅が大きいということは機体全体も大きくなり、中山間地の傾斜のある小区画における使用は、作業効率、投資効率の面から導入には無理があると思われる。従って、共同利用や他の穀類の収穫にも利用して、稼働率を高める必要があると思われる。

(4)については、岩手県農業研究センター県北試験場にて、他機種を改良してアマランサスの収穫試験を行っているが、草丈の高いアマランサスの収穫をするため、リールの径を大きくして供試し好結果を得ている例³⁾があるので、今後の検討課題である。

(5)については別途検討しているが、すぐには結果が出ないので今後の研究の結果待ちの状況である。

IV. おわりに

今回の試験の結果、頭部損失の低減が大きな課題とし

て残された。このためには、ロークropp用ヘッダの開発、穂首が2度刈りされないように刈刃部にカバーのようなものを装着するなどが考えられる。また、高価なコンバインの導入に当たっては、地域内の他の作物の刈取りなども検討し、稼働率を高めることなどが課題である。

謝 辞

本研究は、「平成11年~13年度岩手県農林業産学官連携推進事業—東磐井地方農林業分野における産学官連携システムの構築—」の一環として実施した。ここに記して関係各位に謝意を表す。供試機のご提供をはじめ有益なご助言・ご指導を賜ったヤンマー農機株式会社第二開発部植原陽三郎氏、大家輝光氏、同仙台サービスセンター長藤崎次男氏、貴重なご助言と資料を頂いた生物系特定産業技術研究推進機構主任研究員杉山隆夫氏、現地圃場の提供およびタカキビの栽培法について熱心にご教示頂いた大東町の小山鉄夫氏に対し厚く謝意を表す。また、日夜研究のお手伝いを頂いた岩手大学植物育種学研究室の専攻生諸氏、生物機械工学研究室の専攻生諸氏および岩手大学有機農業研究会の皆さんに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 星川清親：新編食用作物，養賢堂，338-349，1984
- 2) 農業機械学会編：新版農業機械ハンドブック，コロナ社，626-627，1984
- 3) 岩手県，岩手県農業機械化協会：地域特産農作物用機械開発促進事業成績書，1-84，1998
- 4) 生物系特定産業技術研究推進機構：コンバイン（普通型）ヤンマーGS320G任意鑑定成績書，2001
- 5) 生物系特定産業技術研究推進機構：コンバイン（普通型）ヤンマーCA750総合鑑定成績書，1991
- 6) 北海道農業機械工業会：普通型コンバイン[大豆]（GC800ARH250-800）の性能，平成12年度性能試験成績書，2001
- 7) 農作業試験法編集委員会編：農作業試験法，農業技術協会，76-90，1987
- 8) 日向康吉，羽柴輝良：植物生産農学実験マニュアル，ソフトサイエンス社，65-67，1995

草地におけるプリシジョンファーミング(第5報)

— 収量のセミバリエンス解析 —

田中勝千*・本橋罔司*・高野 剛*・古橋拓明*
杉浦俊弘*・馬場光久*

Precision Farming of Grassland(V)

— Analysis of semi-variance for grass yield —

Katsuyuki TANAKA*, Kuniji MOTOHASHI*, Takeshi TAKANO*, Hiroaki FURUHASHI*
Toshihiro SUGIURA*, Mitsuhisa BABA*

[Keywords] semi-variance, grass yield, grassland, yield map, precision farming

I. はじめに

第2報¹⁾では、永年草地の収量について刈り倒し列毎に一次元のセミバリエンス解析を行った場合、適切なサンプリング間隔は10m以下であることを報告した。調査圃場での刈取り作業の方向は、追肥作業と同方向である。刈取り方向に注目したのは、刈取り方向では施肥量が一定と見なせることから、土壌肥沃度の差異が強く現れると考えたからであった。本報では、適切なサンプリングサイズ(面積)を推定するために、これまで調査を行った区の中で比較的面積の広い二つの区(長辺50m)の一番草の収量について、2次元のセミバリエンス解析を試みたので解析結果を報告する。



(a) 刈取り

II. 収量調査法とセミバリエンス解析

1. 収量調査法

セミバリエンス解析に用いたデータは、第4報の収量マップ作成のために行われた収量調査によって得られたものである。収量調査法および乾物収量マップ作成の概略を以下に示す。本学附属農場内のイタリアンライグラスを主体とする採草地に、20a(長辺50m×短辺40m)の試験区を2つ設けた。フロントドラムモアを装着した傾斜地用トラクタ(AEBI TT33)を供試し、2001年5月28日に1番草を速度約1m/sで刈り取った。刈り倒し列5m毎に刈り幅を求めたところ、平均刈り幅は1.5mであった。その後、調査区内の全刈取り牧草を対象に、1.5m×2.0mを小区として電子質量計(AIKO 9500, Max.20kg)を用いて生草質量を秤量した。また、刈り倒し列2列毎に少量の牧草を持ち帰り、上皿電子天秤(METTLER TRED0-PB1502-S Max. 1.51kg)で計量後、乾燥機(PV-221M)で絶乾し、水分(%w.b.)を求めた。得られた水分を用いて、生草質量を各小区毎の乾物収量(t/10a)に換算し、市販の表計算ソフト(Microsoft Excel2000)を用いて収量マップを作成した。図1に実験風景を示す。



(b) 集草



(c) 計量

図1 実験風景

2. 収量のセミバリエーション解析^{2), 3)}

牧草の乾物収量を(1)式を用いて標準化した。Y(i)は標準化された特性値、x(i)は実測データ、x̄ とσはそのデータセットの平均値と標準偏差である。

$$Y(i) = [x(i) - \bar{x}] / \sigma \quad (1)$$

標準化したデータをもとに(2)式を用いてセミバリエーションを求め、セミバリエーショングラムを作成した。ここで、1Lagは

$$1Lag = (2m + 1.5m) / 2 = 1.75 \text{ m}$$

とした。2mと1.5mはそれぞれ小区の縦と横の長さである。

$$\gamma(p, q) = \frac{1}{2(m-p)(n-q)} \sum_{i=1}^{m-p} \sum_{j=1}^{n-q} \{y(i, j) - y(i+p, j+q)\}^2 \quad (2)$$

γ(p, q): セミバリエーション

p: 横方向の空間距離

q: 縦方向の空間距離

m: 横方向のデータ数

n: 縦方向のデータ数

y(i, j), y(i+p, j+q): 地点i, j, i+p, j+qにおける標準化された各特性値

1Lag: (2.0m + 1.5m) / 2 = 1.75m

III. 結果と考察

1. 収量マップ

図2に、2-1-A区の収量マップを示す。横軸は車幅方向の距離で、平均刈り幅の1.5mが目盛りとなっている。また、縦軸は刈り取り方向の距離で、2mが目盛りとなっている。図1(a)の刈り取りの写真では、収量の差異がそれほど大きいとは思えない。しかし、小区のような狭い面積で視覚化すると、図2から明らかなように4倍以上の差異がある。どの程度の面積でサンプリングすれば良いのかは、草地管理の程度によるし、作業機械の側の制限要因もある。ここでは、空間モデリングの手法を用いているだけで、実用面は考慮していない。図3に、春先にN・P・K385を散布したときのトラクタの走行軌跡を示す(他に、養リン、炭酸カルシウム、尿素を散布している)。施肥作業に用いたブロードキャスタの有効散布幅は約20mで、図の走行軌跡を考慮すると、散布時に重なり合う部分、つまり、図2の横軸が5mと25m前後の範囲が南北方向(=刈り取り方向)に収量が多いように推察できる(この点については、現在検討中である)。図4に、2-4-B区の収量マップを示

す。同様に、走行軌跡から、散布時に重なり合う範囲は横軸5m, 17mおよび34m前後の範囲である。図2ほどではないが、散布時の影響を受けているように見える。

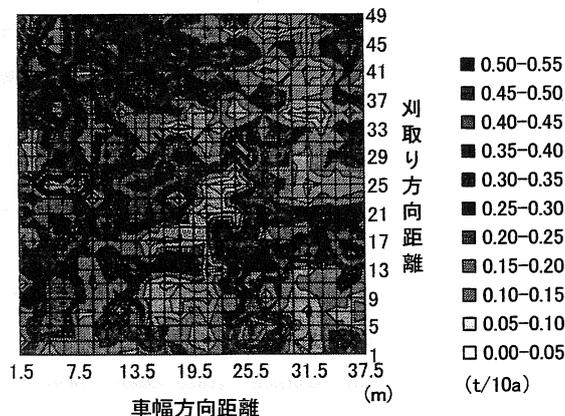


図2 実測値による収量マップ (サンプリング面積2.0m×1.5m, 1番草2-1-A区)

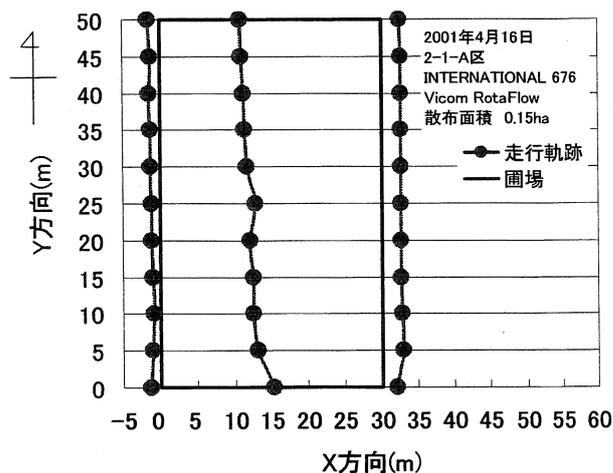


図3 NPK(385)の走行軌跡

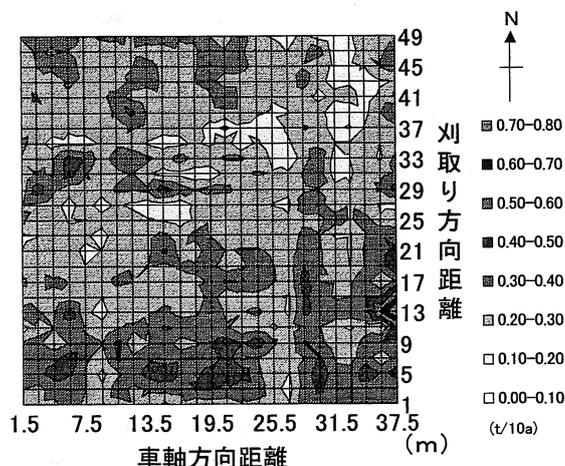


図4 実測値による収量マップ (サンプリング面積2.0×1.5m, 1番草2-4-B区)

2. セミバリオグラム

図5と図6に、図2と図4を基に計算された結果をセミバリオグラムとして示す。図の横軸はLagであるが、両図とも実距離に換算している。縦軸は式(2)で定義されたセミバリエアンスである。サンプリングした位置が離れていても収量に空間依存性があればグラフは右上がりとなり、収量に空間依存性がなくなれば(無関係であれば)、グラフは一定(セミバリエアンスは一定)となる。それ以降、どのような変化があっても空間依存性という点では意味がない(しかし、第2報¹⁾で図示したように、対象としている特性値の変動とグラフの変動は似通っていると言われている)。その点までの距離をレンジ、そのときのセミバリエアンスをシルという。レンジを求めるために、通常最小2乗基準による球モデルの当てはめなどを行うが、ここでは典型的なセミバリオグラムを描くものとして、目の子によって判断することにした。

図5の場合レンジは7.0m、図6の場合レンジは5.25m～7.0mであるとみることができる。したがって、空間依存性を持たせたサンプリング面積は7m×7m以下であると判断される。この結果は、1次元の解析ではあったが、レンジは10m以下であるとした第2報の結果を追認するものである。また、セミバリエアンス解析した場合に特性値(ここでは収量)のレンジ以下でサンプリングしなければ、その特性値のレンジを見つけれないから、2m×1.5mという小区面積の設定は妥当であったと考えられる。

図7は、セミバリエアンス解析結果に基づいて収量マップを作成したものである。ただし、サンプリングサイズは4m×3mとした。これ以上サンプリングサイズを大きくすると、マップ上での収量の差異が不明確になると判断したからである。このサイズであれば、小区の元図(図2)に比べてデータの平滑化によってばらつきが抑えられながらも、概況を把握するには十分な分解能を有していると思われる。

第3報⁵⁾と第4報⁶⁾では、超音波センサによる収量分布の推定法について報告した。図7の程度で良いのであれば、例えば、サンプリングサイズ(面積)次第では、実測値と超音波センサを用いた推定値との差異を小さくすることができ、収量マップ作成を簡略化することが可能となる。

今後、データ数を増やして解析結果の信頼性を高めたいと考えている。とくに、同じ草地の場合、刈取り番草によってレンジが異なるのか、また、経年変化がどの程度あるのかを明らかにしたい。また、草地更新直後から収量のデータを集積することによって、いわゆる採草専用地のレンジの変化を調べると共に、収量の減少が見られる永年草地との違いを明確にしていきたい。

IV. まとめ

附属農場で採草に供している永年草地内に、長辺が50m、短辺が40mの区を設け、1番草の収量について2次元のセミバリエアンス解析を行ったところ、空間依存性を持たせたサンプリング面積は7m×7m以下であった。

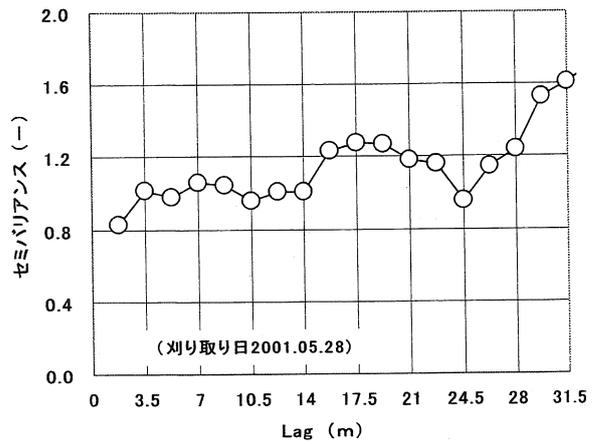


図5 セミバリオグラム(1番草, 2-1-A区)

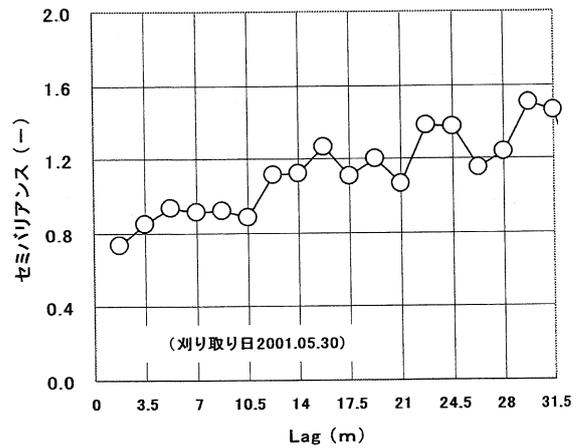


図6 セミバリオグラム(1番草, 2-4-B区)

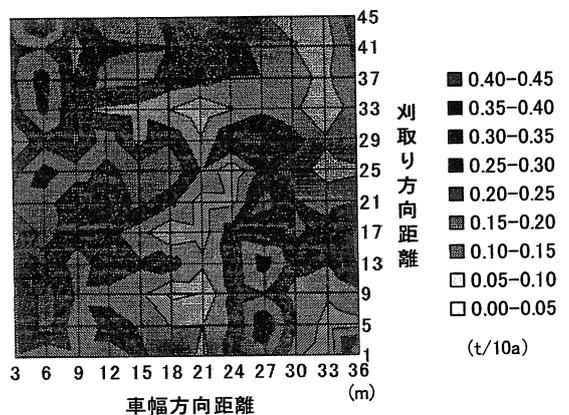


図7 実測値による収量マップ (サンプリング面積4.0m×3.0m, 1番草2-1-A区)

謝辞

本実験は岩手大学農学部農林環境科学科リサイクル生物生産工学講座生産基盤工学研究室のご厚意により執り行った。また、本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(C)(2)14560213の補助金を受けると共に、2001年度生産システム学研究室の専攻生には課題研究のテーマとして取り組んでいただきました。さらに、調査に当たり本学附属Field Science Center十和田農場には多大なご協力をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛・石田頼子：草地におけるプリシジョンファーミング(第2報), 農機東北誌, 46, 41-44, 1999
- 2) 李忠根・矢内純太・下久保敏和・飯田訓久・梅田幹雄・小崎隆・松井勤：水田における圃場マップの作成, 農機誌, 63(5), 45~52, 2001
- 3) 間瀬茂・武田純：空間データモデリング, 140-142, 共立出版, 2001
- 4) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛：草地におけるプリシジョンファーミング(第3報), 農機東北誌, 47, 39-42, 2000
- 5) 田中勝千・本橋罔司・高野 剛：草地におけるプリシジョンファーミング(第4報), 農機東北誌, 48, 13-16, 2001

湿り空気熱力学状態値の計算

西山喜雄*

1. はじめに

水蒸気を含んだ湿り空気の熱力学状態量を求めることにより、乾燥、貯蔵、空調など空気が介在する加工操作について、湿り空気の温度・湿度の制御、加熱・吸収されたエネルギー量などを求めることができることはよく知られている。湿り空気線図を使って湿り空気の状態量を求めるのでは、時間もかかるし精度も低い。また、制御には使えない。

筆者は原道宏岩手大学教授と共同で、湿り空気の計算に便利で簡単で精度の高い計算式を開発した¹⁾。開発した式で使われている状態値は、工学的計算によく使われる、乾き空気質量当りの値であるが、これを気体の計算に使いやすいモル当りの状態値に変換した。また、大学生への熱工学の講義録として基礎的事項から記述したので、実際への応用とともに、熱力学の講義などの参考になれば幸いである。

2. 水蒸気と乾き空気の物理量

乾き空気は窒素や酸素などの混合気体であるが、モル分率による加重平均値を物性値とする単一気体として扱うことができる。

乾き空気と水蒸気および湿り空気の質量をそれぞれ、 m_d , m_w , m [kg], モル数をそれぞれ、 N_d , N_w , N [kmol] とすれば、乾き空気の相当分子量 M_d (=28.97 kg/kmol, 「 $'$ 」は乾き空気を表す)、水蒸気分子量 M_w (=18.015kg/kmol) との間にはそれぞれ次の関係がある。

$$m_d = N_d M_d \quad m_w = N_w M_w \quad (1)$$

また、乾き空気と水蒸気のモル分率 r_d , r_w [-] は次のように定義される。

$$r_d = N_d / N \quad r_w = N_w / N \quad (2)$$

1気圧 (atm) 25°Cにおける乾き空気と水蒸気の定圧モル比熱 C_{pd} , C_{pw} は次の値である。

$$C_{pd} = 29.15 \text{ kJ/kmol}^\circ\text{K}, \quad C_{pw} = 33.60 \text{ kJ/kmol}^\circ\text{K}$$

質量当りの定圧比熱 c_{vd} , c_{vw} [kJ/kgK]は、加熱熱量 Q [kJ]と温度変化 ΔT [K]の関係、

$$Q = NC\Delta T = mc\Delta T \text{ より、 } c = C/M \text{ であるから、}$$

$$c_{pd} = 1.0061 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}, \quad c_{pw} = 1.865 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

ここで単位 K は温度差°Cを表す。国際 (SI) 単位系では、温度差を°Cではなく、K を使うことになっている。

定容比熱は次の比熱比 $\gamma = C_p / C_v$ の値から、

$$\gamma_d = 1.403, \quad \gamma_w = 1.33$$

$$C_{vd} = 20.77 \text{ kJ/kmol}^\circ\text{K}, \quad C_{vw} = 25.26 \text{ kJ/kmol}^\circ\text{K}$$

$$c_{vd} = 0.7171 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}, \quad c_{vw} = 1.40 \text{ kJ/kg}^\circ\text{K}$$

温度 0°Cにおける水の蒸発熱 L は、

$$L = 45066 \text{ kJ/kmol}, \quad l = 2501.6 \text{ kJ/kg}$$

3. 湿り空気の圧力と乾き空気と水蒸気の分圧

圧力の単位は、SI 単位系では、kPa=kJ/m³が使われ、状態式やエネルギーの計算に都合がよい。しかし、湿り空気の圧力 (全圧という) を 1atm とみなすことが多いので、湿度の計算には atm の方が使いやすい。そこで、次の基準圧力を定義して圧力単位を一般化し、いずれの単位も使えるようにする。

$$P_0 = 1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa} \quad (3)$$

湿り空気は理想気体としての乾き空気と水蒸気の混合気体と考える。湿り空気の圧力を P , 温度を T [K] (ここでの単位 K は絶対温度 Kelvin), 容積 V [m³]とすれば、

$$PV = N R_0 T \quad (4)$$

ここで R_0 は一般化気体定数で、 $R_0 = 8.3143 \text{ kJ/kmol}^\circ\text{K}$ 同じ温度、圧力での単一気体としての乾き空気と水蒸気については、

$$PV_d = N_d R_0 T = r_d N R_0 T = r_d PV \quad (4')$$

$$PV_w = N_w R_0 T = r_w N R_0 T = r_w PV \quad (4'')$$

これらの式の値は、気体膨張によるエネルギー増加 [kJ]を表しているが、この値は、絶対温度とモル数に比例し、気体の種類にはよらないことがわかる。

一方、理想気体の分子の運動エネルギー (分子の質量を m , 速度を v として、 $mv^2/2$) を見ると、これも絶対温度 T に比例し、気体の種類にはよらない。すなわち、気体分子の運動エネルギーの総和は絶対温度とモル数に比例し、気体の種類によらない。

それでは、乾き空気と水蒸気が混合して湿り空気となった場合にはどうであろうか。マクロ的に見れば、圧力はどこも同じだから、乾き空気も水蒸気も等しい圧力 P を受けており、それぞれ、 V_d と V_w の容積を占めていると考えるのが自然であろう。

しかし、気体分子としてミクロ的に見れば、乾き空気も水蒸気も V の容積全体に存在している。また、圧力はどうに発生するかを見れば、「気体分子が壁に衝突するときの力 (mv に比例)」×「衝突する頻度 (v に比例)」

*岩手大学農学部 〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8

($=mv^2$) と考えることができる。したがって、圧力も気体分子の運動エネルギーに比例し、気体の種類にはよらない。このように見れば、乾き空気と水蒸気がそれぞれのモル数 N_d , N_w に比例した圧力 P_d と P_w (これらを分圧という) を発生し、これらの分圧が足し合わされて、湿り空気の圧力 P が発生していると考えるのが正しい。

これらをまとめると次のようになる。



以上のことから、分圧 P_d , P_w とモル数 N_d , N_w などの間には、次の関係がある。

$$P_d = r_d P \quad P_w = r_w P \quad (5)$$

$$\text{すなわち, } P_d + P_w = P \quad (5')$$

湿り空気の圧力 P を全圧という。

湿り空気中の乾き空気と水蒸気の正しい状態式は次のようになる。

$$P_d V = N_d R_0 T \quad (6)$$

$$P_w V = N_w R_0 T \quad (6')$$

4. 飽和水蒸気圧, 湿度

自由水表面から水分子がエネルギー(蒸発熱)を得て周囲の湿り空気中に飛び出す。一方湿り空気中からは水蒸気分圧に比例する量の水蒸気分子が蒸発熱に等しいエネルギー(凝縮熱)を放出して水中に飛び込んでいる。この差が見かけの蒸発(凝縮)速度である。蒸発量と凝縮量が等しくなると、最早見かけ上蒸発も凝縮も起こらない。このときの水蒸気分圧を飽和水蒸気圧という。水と水蒸気は平衡状態にあることから、水の水蒸気圧は飽和水蒸気圧に等しい。

水温 θ [°C] の飽和水蒸気圧が大気圧に等しくなると水は沸騰する。したがって、水の沸騰温度を計測すれば大気圧を求めることができる。

(1) 飽和水蒸気圧の式 (原・西山の式)¹⁾

温度 θ [°C] のときの飽和水蒸気圧 $P_{ws}(\theta)$

$$P_{ws}(\theta) = P_0 \exp(11.97 - 3997.6^\circ\text{C} / (\theta + 234\text{K})) \quad (7)$$

係数 234K は覚えやすいように人為的に調整して与えたものである。この式は厳密な Goff and Gratch の式²⁾ と比較して、はるかに単純であるが実用的に十分な精度を持つ。たとえば、実用的な温度域である、 $8^\circ\text{C} \leq \theta \leq 45^\circ\text{C}$ で、温度換算で誤差 0.01K 以内という、単純な式からは想像できない高い精度を有する。

(2) 水蒸気分圧と相対湿度

相対湿度 ϕ [-] は、湿り空気の水蒸気分圧 P_w と空気温度 θ [°C] における飽和水蒸気圧 $P_{ws}(\theta)$ との比である。

$$\phi = P_w / P_{ws}(\theta) \quad [-] \quad (8)$$

それでは水蒸気分圧 P_w はどのように求めるか。簡易

でありながら精度の高い計測法として、アスマン (Assmann) 湿度計がある。アスマン湿度計で計った湿球温度 θ_{wb} [°C] と乾球温度 (空気温度と同じ) θ_{db} [°C] から次の Sprung の式で計算できる。

$$P_w = P_{ws}(\theta_{wb}) - P (\theta_{wb} - \theta_{db}) / 1510\text{K} \quad (9)$$

あるいは、精度の高い湿度計として露点湿度計がある。露点湿度計は、湿り空気を鏡面のような冷却板で冷却して、飽和温度 (露点温度 θ_{dp} [°C]) に達して水蒸気が凝縮して鏡面に曇るときの温度を計測する。このとき水蒸気分圧 P_w と露点温度における飽和蒸気圧 $P_{ws}(\theta_{dp})$ は等しいから、

$$P_w = P_{ws}(\theta_{dp}) \quad (10)$$

高分子膜を使った湿度計などで相対湿度 ϕ を計測すれば、(8)式から水蒸気分圧 P_w を求めることもできる。

(3) モル湿度と絶対湿度

水蒸気の乾き空気に対するモル数の比を、モル湿度 (molar humidity) X [kmol/kmol] (kmol' の「'」は、乾き空気を表す) と定義する。(6), (6)' から、

$$X = N_w / N_d = (1\text{kmol/kmol}') P_w / P_d = (1\text{kmol/kmol}') P_w / (P - P_w) \quad [\text{kmol/kmol}'] \quad (11)$$

水蒸気の乾き空気に対する質量比を絶対湿度 x [kg/kg'] (kg' は乾き空気 kg を表す) と称し、工学的にはこの絶対湿度を用いる。(1)の関係から、

$$x = m_w / m_d = M_w N_w / M_d N_d = 0.622 [\text{kmol}'\text{kg}/\text{kmolkg}'] X = 0.622 [\text{kg}/\text{kg}'] P_w / (P - P_w) \quad [\text{kg}/\text{kg}'] \quad (12)$$

逆にモル湿度 X および絶対湿度 x から、水蒸気分圧 P_w は、(11), (12)式から、

$$P_w = P X / (X + 1\text{kmol/kmol}') \quad (13)$$

$$= P x / (x + 0.622\text{kg}/\text{kg}') \quad (13')$$

5. 各種温度

温度 θ [°C] のとき、 θ と 0°C との差 θ_{-0} を定義する。

$$\theta_{-0} = \theta - 0^\circ\text{C} \quad [\text{K}] \quad (14)$$

例えば、 $\theta = 30^\circ\text{C}$ のとき、 $\theta_{-0} = 30\text{K}$ である。

(1) 露点温度

水蒸気分圧が P_w のときの露点温度 θ_{dp} [°C] は、(7), (10) 式の関係から、

$$\theta_{dp} = 3997.6^\circ\text{C} / \{11.97 - \ln(P_w / P_0)\} - 234\text{K} \quad (15)$$

P_w / P_0 の部分で、圧力の単位を合わせて、無次元化している。(15)式のように簡単な式で露点温度が計算できるのは、飽和水蒸気圧の式 ((7)式) から、温度 θ の逆関数が陽関数として容易に求められるからであり、(7)式の優秀性のひとつである。(15)式の精度は(7)式の精度に等しく、 $8^\circ\text{C} \leq \theta_{dp} \leq 45^\circ\text{C}$ で、誤差 0.01K 以内である。

(2) 湿球温度

農産物の乾燥をするとき、表面温度は湿球温度に近いと考えられる。そこで、乾燥の制御などで、湿球温度を知る必要がある。(7)式を使用しても、厳密に湿球温度を求めるのは簡単ではなく、逐次近似法などで求

める。次に挙げるのは、(7)式および Sprung の関係式 ((8)式) から(15)式を参考に近似式を作り、係数値を最小二乗法で求めたものである。(原・西山の式)¹⁾

全圧 P は 1atm, すなわち, $P=P_U$ として, 温度 θ , 水蒸気分圧 P_w の湿り空気の湿球温度 θ_{wb} [°C] を求める。

$$\eta' = P_w + P_U \theta_{-0} / 1510K \quad (16)$$

$$\eta = \ln(\eta' / P_U) \quad (16)'$$

とするとき,

$$\theta_{wb} = 38^\circ C \eta - 14.68K + 1245K / (\eta + 11.06) \quad (17)$$

この式の精度は, $6^\circ C \leq \theta_{dp} \leq 98^\circ C$ で, 誤差 0.2K 以内, $10^\circ C \leq \theta_{dp} \leq 30^\circ C$ で, 誤差 0.1K 以内である。¹⁾

6. 比物性値

乾燥プロセスなど, 湿り空気が流動する場合は, 湿り空気中の乾き空気を基準に取るのがよい。それは, プロセス中に, 水蒸気の蒸発や凝縮によって湿り空気のモル湿度 (絶対湿度) が変化しても, 乾き空気量は常に一定だからである。それ故, モル比熱や比熱等, モル比・・は乾き空気モル数 (kmol³) 当りの, 比・・は乾き空気質量 (kg³) 当りの, それぞれ, 湿り空気の物性値をいう。

(1) 比容積

乾き空気 1kmol³ 当りの湿り空気の容積 v [m³/kmol³] をモル比容積という。(6)式から,

$$\begin{aligned} v &= V/N_d = N_d R_0 T / P_d N_d = R_0 T / P_d \\ &= 8.3143 [kJ/kmol^3 K] T / (P - P_w) \\ &= 0.082056 [m^3/kmol^3 K] T P_U / (P - P_w) \quad (18) \\ &= 0.082056 [m^3/kmol^3 K] T (1kmol/kmol^3 + X) P_U / P \\ &\quad [m^3/kmol^3] \quad (18)' \end{aligned}$$

同様に, 乾き空気 1kg³ 当りの比容積 v [m³/kg³] は,

$$\begin{aligned} v &= V/m_d = V/M_d N_d = v/M_d = v/28.97kg/kmol^3 \\ &= 0.0028324 [m^3/kg^3 K] T P_U / (P - P_w) \\ &= T P_U / 353 [kg^3 K/m^3] (P - P_w) \quad (19) \\ &= 0.004554 [m^3/kg^3 K] T (0.622kg/kg^3 + x) P_U / P \\ &\quad [m^3/kg^3] \quad (19)' \end{aligned}$$

湿り空気風量が F [m³/s] のとき, 乾き空気モル流量は $N_{fd} = F/v$ [kmol³/s], 乾き空気質量流量は $m_{fd} = F/v$ [kg³/s] となる。

(2) 比熱

乾き空気 1kmol³ 当りの湿り空気の比熱 [kJ/kmol³K] をモル比熱という。このように定義したモル比熱を C とすれば, 加熱熱量 Q [kJ] のときの温度変化を ΔT [K] とすれば,

$$Q = N_d C \Delta T = N_d C_d \Delta T + N_w C_w \Delta T \quad \text{から,}$$

$$C = C_d + N_w C_w / N_d = C_d + C_w X$$

したがって, 定圧モル比熱および定容モル比熱は,

$$C_p = 29.15kJ/kmol^3 K + 33.60[kJ/kmol^3 K] X \quad (20)$$

$$C_v = 20.77kJ/kmol^3 K + 25.26[kJ/kmol^3 K] X \quad (21)$$

同様に, 乾き空気質量当りの湿り空気の定圧比熱 c_p と定容比熱 c_v [kJ/kg³K] は,

$$c_p = 1.0061kJ/kg^3 K + 1.865[kJ/kg^3 K] x = C_p / M_d \quad (22)$$

$$c_v = 0.7171kJ/kg^3 K + 1.40[kJ/kg^3 K] x = C_v / M_d \quad (23)$$

(3) 比エンタルピー (specific enthalpy)

エンタルピー H [kJ] は, 内部エネルギー U [kJ] と $PV (= N R_0 T)$ [kJ] の和として定義されるが, 定圧変化のときは, 熱の移動量とエンタルピー変化量とは等しくなる。エンタルピーは状態量であるから, 基準状態を決めないと状態値が確定しない。そこで, 温度 0°C の乾き空気と水を, 湿り空気の基準状態として, この状態のエンタルピーを 0 とする。したがって, 0°C の水蒸気はすでに, 45.07MJ/kmol (=2501.6kJ/kg) のエンタルピーを持っている。

湿り空気の変化として最も一般的な定圧変化に限ることとする。基準状態からの, モル比エンタルピーの変化を $(h - h_0)$ [kJ/kmol³], 比エンタルピーの変化を $(h - h_0)$ [kJ/kg³] とすれば, エンタルピーの変化 $(H - H_0)$ [kJ] は,

$$H - H_0 = N_d (h - h_0) = m_d (h - h_0) \quad (24)$$

モル比エンタルピーおよび比エンタルピーで表すと,

$$N_d (h - h_0) = N_d C_p \theta_{-0} + N_w L$$

$$m_d (h - h_0) = m_d c_p \theta_{-0} + m_w l$$

温度 0°C の基準状態では, $h_0 = h_0 = 0$ だから, 湿り空気のモル比エンタルピーおよび比エンタルピーは,

$$h = C_p \theta_{-0} + LX \quad [kJ/kmol^3] \quad (25)$$

$$h = c_p \theta_{-0} + lx \quad [kJ/kg^3] \quad (26)$$

(20), (21) 式の定圧比熱の値を代入すれば,

$$\begin{aligned} h &= (29.15kJ/kmol^3 K + 33.60[kJ/kmol^3 K] X) \theta_{-0} \\ &\quad + 45066 [kJ/kmol^3] X \quad (27) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= (1.0061kJ/kg^3 K + 1.865[kJ/kg^3 K] x) \theta_{-0} \\ &\quad + 2501.6[kJ/kg^3] x = h / M_d \quad [kJ/kg^3] \quad (28) \end{aligned}$$

(4) 水の蒸発熱

次の 2 つのプロセスで作られた温度 θ [°C] の水蒸気のエンタルピーは等しい。

(1) 0°C の水が蒸発して 0°C の水蒸気とし, 温度 θ [°C] まで加熱する (経路 1)。

(2) 0°C の水を温度 θ [°C] まで加熱し, 温度 θ [°C] で蒸発させて, 温度 θ [°C] の水蒸気とする (経路 2)。

したがって, 温度 θ [°C] での蒸発熱を $l(\theta)$, 水の比熱を c_{lw} (=4.1868kJ/kgK) とすれば, 水 1kg について,

$$h = l(0^\circ C) + c_{pw} \theta_{-0} = c_{lw} \theta_{-0} + l(\theta) \quad \text{から,}$$

$$\begin{aligned} l(\theta) &= l(0^\circ C) + c_{pw} \theta_{-0} - c_{lw} \theta_{-0} \\ &= 2501.6kJ/kg - 2.322[kJ/kgK] \theta_{-0} \quad (29) \end{aligned}$$

あるいは,

$$L(\theta) = 45066kJ/kmol - 41.83[kJ/kmolK] \theta_{-0} \quad (30)$$

乾燥操作など水分蒸発のある系で, 加熱エネルギーは湿り空気のエンタルピー差に等しいとする, 間違った考えをしている者が, 高名な方にも多い。例えば, 50°C での水の蒸発熱は 2385kJ/kg であるが, エンタルピー増加で見ると, 2595kJ/kg であり, 蒸発熱の約 1 割の誤差を生じる。

(5) 比エントロピー (specific entropy)

エントロピーが湿り空気の熱計算に登場することは少

ないが、今後熱操作の評価等に使用されることを考えて検討する。

エントロピは、 dQ/T の値を、可逆変化として反応経路について積分したもので、単位は[kJ/K]である。

湿り空気のエントロピの基準もエンタルピと同じく、 0°C ($=T_0=273.15\text{K}$) の乾き空気と 0°C の水とする。基準状態からの、モル比エントロピの変化を $(s-s_0)$ [kJ/kmol \cdot K]、比エントロピの変化を $(s-s_0)$ [kJ/kg \cdot K] とすれば、エントロピの変化 $(S-S_0)$ [kJ/K] は、

$$S-S_0=N_d(S-s_0)=m_d(s-s_0) \quad (31)$$

モル比エントロピの変化で表すと、

$$N_d(S-S_0)=N_w L/T_0 - (N_d R_0 \ln r_d + N_w R_0 \ln r_w) + N_d C_p \ln (T/T_0) \quad (32)$$

ここで、第1項は蒸発、第2項は水蒸気と乾き空気の混合、第3項は混合気体を温度 T_0 から T [K]までの定圧加熱の、それぞれの過程におけるエントロピの変化(増加)を表す。温度 0°C の基準状態では、 $s_0=0$ だから、湿り空気のエントロピ [kJ/kmol \cdot K] は、

$$S = 165.0[\text{kJ}/\text{kmol}\cdot\text{K}]X - 8.3143 [1[\text{kJ}/\text{kmol}\cdot\text{K}] \ln r_d + 1[\text{kJ}/\text{kmol}\cdot\text{K}] X \ln r_w] + C_p \ln (T/273.15\text{K}) \quad (33)$$

同様に、比エントロピ [kJ/kg \cdot K] は、

$$s = 9.158[\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}]x - 0.2870[\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}] \ln r_d - 0.4615[\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}]x \ln r_w + c_p \ln (T/273.15\text{K}) = s/M_d \quad (34)$$

7. 応用事例 (演習問題)

湿り空気状態値計算法の応用例を演習問題として示す。

【問題】

大気空気(湿り空気)をソーラ・コレクタに送風して、太陽熱で加熱する。全圧はどこも 1 atm であった。送風ファンによる空気のエントロピ変化は無いものとし、コレクター部での太陽熱の吸収の外は熱の出入は無いものとして、次の値を計算によって求めよ。

(1) 大気の状態をアスマン湿度計で計測したら、乾球温度 20°C 、湿球温度 15°C であった。Sprung の式などを使って、大気(すなわち、送入空気)の次の値を求めよ。

①水蒸気分圧、②モル湿度と絶対湿度、③相対湿度、④(モル)比エンタルピ、⑤定圧(モル)比熱、⑥(モル)比容積

(2) 送入風量は $0.2\text{m}^3/\text{s}$ であった。⑦乾き空気(モル)流量はいくらか。

出口空気の温度は 50°C に上昇した。出口空気の⑧相対湿度、⑨(モル)比エンタルピはいくらか。⑩集熱されたソーラエネルギー[kW]、⑪空気の(モル)比エントロピ変化はいくらか。

【解答例】

(1) (7)式から、

$$P_{ws}(15^\circ\text{C}) = 1\text{atm} \exp(11.97 - 3997.6^\circ\text{C}/(249^\circ\text{C})) = 0.01683\text{atm}$$

①Sprung の式(9)式から、水蒸気分圧 P_w は、

$$P_w = P_{ws}(15^\circ\text{C}) - 1\text{atm}(20 - 15)\text{K}/1510\text{K} = 0.01352\text{atm}$$

$$\textcircled{2} X = (1\text{kmol}/\text{kmol}') P_w / (1\text{atm} - P_w)$$

$$= 0.013705\text{kmol}/\text{kmol}'$$

$$x = 0.622(\text{kmol}'\text{kg}/\text{kmolkg}') X = 0.008525\text{kg}/\text{kg}'$$

$$\textcircled{3} P_{ws}(20^\circ\text{C}) = 0.02308\text{atm} \text{ だから、}$$

$$\phi_1 = P_w/P_{ws}(20^\circ\text{C}) = 0.01352\text{atm}/0.02308\text{atm} = 0.586$$

$$\textcircled{4} h_1 = (29.15 + 33.60 \cdot 0.013705) [\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K}] \cdot 20\text{K}$$

$$+ 45066\text{kJ}/\text{kmol} \cdot 0.0137051\text{kmol}/\text{kmol}'$$

$$= 1209.8 \text{ kJ}/\text{kmol}'$$

$$h_1 = h_1/M_d = 1209.8 \text{ kJ}/\text{kmol}' / 28.97 \text{ kg}'/\text{kmol}'$$

$$= 41.76\text{kJ}/\text{kg}' \quad ((28)\text{式からも計算できる})$$

$$\textcircled{5} C_p = 29.15\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K} + 33.60\text{kJ}/\text{kmol}\cdot\text{K} \cdot 0.013705\text{kmol}/\text{kmol}'$$

$$= 29.61\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K}$$

$$c_p = C_p/M_d = 29.61 \text{ kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K} / 28.97 \text{ kg}'/\text{kmol}'$$

$$= 1.022\text{kJ}/\text{kg}'\cdot\text{K} \quad ((22)\text{式からも計算できる})$$

$$\textcircled{6} v = 0.082056\text{m}^3/\text{kmol}'\cdot\text{K} \cdot 293.15\text{K} \cdot 1\text{atm} / 0.98648\text{atm}$$

$$= 24.385 \text{ m}^3/\text{kmol}'$$

$$v = v/M_d = 24.385\text{m}^3/\text{kmol}' / 28.97 \text{ kg}'/\text{kmol}'$$

$$= 0.8417 \text{ m}^3/\text{kg}' \quad ((19)\text{式からも計算できる})$$

$$\textcircled{2} \textcircled{7} N_{fd} = F/v = 0.2 \text{ m}^3/\text{s} / 24.385 \text{ m}^3/\text{kmol}'$$

$$= 0.008202\text{kmol}'/\text{s}$$

$$m_{fd} = F/v = 0.2 \text{ m}^3/\text{s} / 0.8417 \text{ m}^3/\text{kg}' = 0.2376\text{kg}'/\text{s}$$

⑧湿り空気の全圧とモル湿度が変わらないので、水蒸気分圧も不変で、 $P_w = 0.01352\text{atm}$ 。 $P_{ws}(50^\circ\text{C}) = 0.1217\text{atm}$ から、 $\phi_2 = P_w/P_{ws}(50^\circ\text{C}) = 0.01352\text{atm}/0.1217\text{atm} = 0.111$

$$\textcircled{9} h_2 = (29.15 + 33.60 \cdot 0.013705) [\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K}] \cdot 50\text{K}$$

$$+ 45066\text{kJ}/\text{kmol} \cdot 0.0137051\text{kmol}/\text{kmol}'$$

$$= 2098.2 \text{ kJ}/\text{kmol}'$$

$$h_2 = h_2/M_d = 2098.2 \text{ kJ}/\text{kmol}' / 28.97 \text{ kg}'/\text{kmol}'$$

$$= 72.43\text{kJ}/\text{kg}'$$

⑩水分蒸発・凝縮が無く、モル湿度が不変なので、

$$Q = N_{fd} C_p \Delta \theta = 0.008202\text{kmol}'/\text{s} \cdot 29.61\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K} \cdot 30\text{K}$$

$$= 7.286\text{kW}$$

あるいは、 $Q = N_{fd} \Delta h$ 、 $Q = m_{fd} c_p \Delta \theta$ 、 $Q = m_{fd} \Delta h$ から求められる。

⑪湿り空気のエントロピは不変であり、エントロピの変化量を求めるのだから、不変の蒸発・混合部は無視して、加熱部分((33)式第3項)のみの差を求めればよい。

$$\Delta S = C_p \ln (T_2/T_1) = 29.61\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K} \cdot$$

$$\ln (323.15\text{K}/293.15\text{K}) = 2.885\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K}$$

$$\Delta S = 2.885\text{kJ}/\text{kmol}'\cdot\text{K} / 28.97 \text{ kg}'/\text{kmol}' = 0.0996\text{kJ}/\text{kg}'\cdot\text{K}$$

8. 参考文献

- 1) Michihiro Hara and Yoshio Nishiyama : mathematical expressions of moist air conditions, J. Fac. Agriculture, Iwate University 16(2), 107-121, 1983
- 2) 内田秀雄: 湿り空気と冷却塔(改訂版), 裳華房, p.8, 1972

<資料>

<地域自立の資源循環型社会づくりを目指して>

菜の花プロジェクト

— 第2回菜の花サミットに参加して —

富樫千之*・石田光晴*・田村孝浩*

1. はじめに

資源と化石燃料を多量に使い大量生産・大量消費・大量廃棄する社会、いわゆるワンウェイ社会はCO₂の不可逆的な排出、ごみの大量投棄と最終処分場の縮小等、地球規模でエネルギー、環境、経済の複合的な問題が発生し続けている。これらの問題を根本的に解決するためには、省資源、再生可能でクリーンなエネルギーの投入、消費物質を再資源化する循環型社会の構築が重要で、わが国においてもその推進のため各種法体系が整備されてきている。一方、循環型社会を構築するためには、国や地方自治体のみならず、住民においても一人ひとりが地域のなかで地球人という意識を持ちつつ、確実な実践活動を推進することが必要である。

菜の花は、アブラナ科の作物でナバナとしての食用または採油のために栽培される。採油された食用油は天ぷら油としての利用後廃油となるが、ディーゼル機関の燃料として再利用可能であることから、廃棄物を出さないことが可能である。さらに、ディーゼル燃料としてのCO₂排出は、生育期の炭酸同化作用のO₂放出で相殺され、カーボンニュートラルとなる。さらに、広大な菜の花畑は日本の原風景とも重なるため、菜の花は循環型社会を構築するうえで象徴的な作物と考えられている。

このような菜の花の栽培をとおして「地域自立の資源循環型社会づくり」を推進するための市民運動が「菜の花プロジェクト」で、今回第2回「菜の花サミット」が平成14年5月18日(土)、青森県横浜町で開催された。その概要を報告する。

2. 経緯

1970年代に水源としての琵琶湖を食用廃油の汚染から守るために、「廃食用油を回収して石けんにリサイクルする」という運動は、1990年代になって「廃食用油を軽油代替燃料(Bio Diesel Fuel = BDF)に精製して地域内で利用する運動」へと展開し、さらに21世紀には「転換田や休耕地を活用して菜の花を栽培しよう」という動きに発展し、間もなく全国各地に広がっていった。前述したように、この菜の花をと

おした「地域自立の資源循環型社会づくり」の取り組みを「菜の花プロジェクト」と呼んでいる^{1,2)}。

この盛り上がりは、2001年4月、全国27都道府県から参加した滋賀県新旭町で開催した第1回「菜の花サミット」に結実した。サミットでは、「菜の花プロジェクトネットワーク」の設立と「菜の花サミット」の継続開催が決定された。「菜の花プロジェクト」の個別的取り組みは、全国一律ではなく、各地域の特性を尊重した方法で展開され、それぞれ個性に富んだものである。

3. 菜の花プロジェクトの概要

「菜の花プロジェクト」は、菜の花の栽培をとおして、環境問題のみならず、地域自立の資源循環や持続的な社会の構築に寄与しようとするもので、その循環サイクル概念を図1に示す。

収穫されたナタネ子実は搾油され、食用油と油かすに分けられ、このうち油かすは畜産飼料と有機質肥料として活用される。精製された油は食用に供されるが、廃食用油はナタネ油以外の廃食用油とともに回収し、エステル化したディーゼル燃料(BDF)および加工した石けんとして再利用する。BDFはディーゼル機関を搭載したトラクタや公用車の燃料として利用される。このため、循環型社会の最も理想とする廃棄物を出さない地域循環システムの構築が可能になる。

(1) 廃食用油の回収システム

滋賀県愛東町では、家庭から出る資源ゴミを回収する「資源の日」が、毎月1回設定されている。このとき、「廃食用油」も一緒に回収され、地域住民がストックヤードと呼ばれる集積所に運び、BDFや石鹸に加工される。回収システム自体は複雑なものではないが、地域住民一人ひとりが資源回収の意義を十分認識する必要がある、行政と地域住民が一体となって持続的な社会を構築しようとする高い意識が感じられる。

なお、滋賀県には、このような廃食用油回収ポイントが約300か所にも及び、このシステムの浸透が全国一である。

*宮城県農業短期大学 982-0215 宮城県仙台市太白区旗立2-2-1

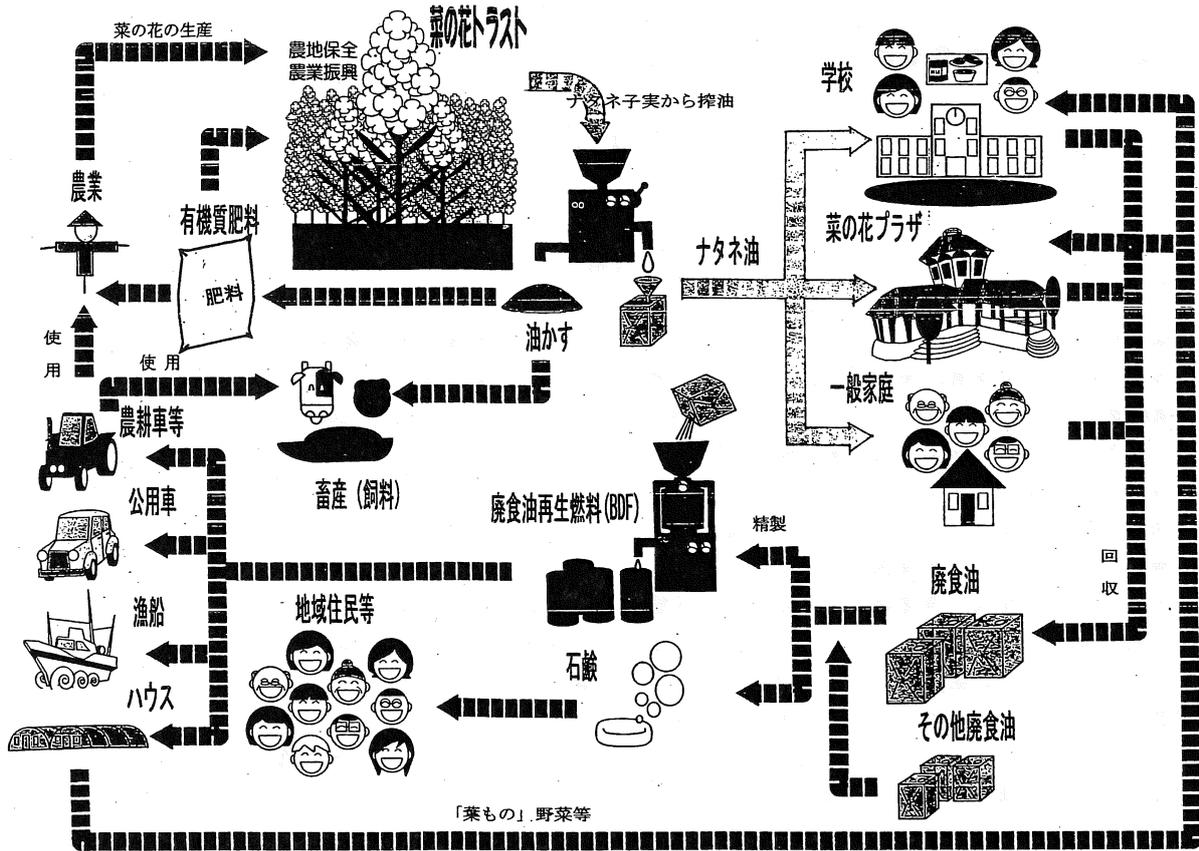


図1 菜の花プロジェクトにおける資源循環サイクル概念 (横浜町)

(2) 廃食用油のエステル化

食用油の成分は、植物性・動物性ともトリグリセリド(グリセリン1分子に脂肪酸3分子がエステル結合したもの)が大部分を占めている。この構成は、

廃食用油になってもほとんど変わらないが、調理法によっては、水や夾雑物が若干混ざることもある。このため、廃食用油をディーゼル燃料として使う場合は、最初にこれらの水分や目に見えるような夾雑物を除いてから、トリグリセリドの粘性を低下させるために、トリグリセリドの脂肪酸をアルコールと結合させるメチルエステル変換処理が行われる。前述した BDF とは、このエステル変換した液状の成分である脂肪酸メチルエステルのことである。

写真1は、廃食用油をメチルエステル化して BDF を精製する「エルフ A3 型 100LS」((有)エルフ)装置である。この装置は、廃食用油と共にメタノールと水酸化カリウムをセットするだけでほぼ自動的に BDF(脂肪酸メチルエステル)を製造する小型のプラントである。その製造原理は大きく3段階で行われる。最初に廃食用油の濾過・脱水を行った後、反応槽でメチルアルコールと水酸化カリウムによって、トリグリセリドが分解され脂肪酸メチルエステルが生成される。次いで、副産物であるグリセリンを除き、残った脂肪酸メチルエステルを水で洗浄する。最後に、洗浄水を分離して脱水を行って製品となる。1回の処理能力は、廃食用油100Lに対し、メタノール20L、触媒として水酸化カリウム800gを使用して、BDFが約100L精製される。原料(廃食用油)の投入

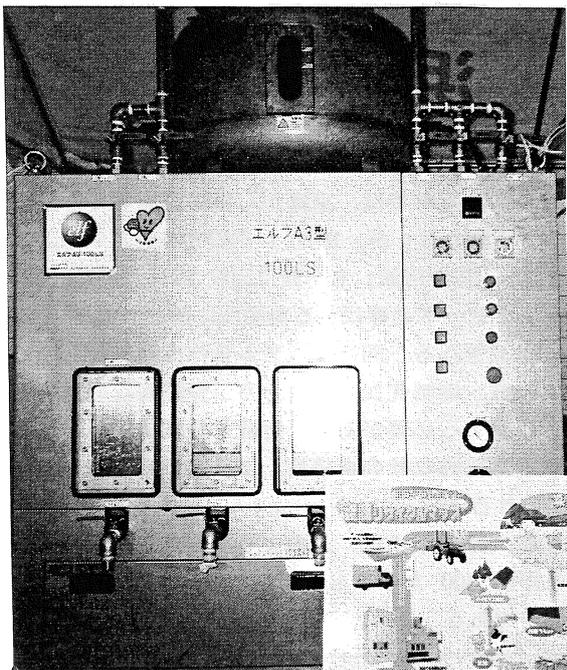


写真1 BDF 製造機「エルフ A3 型-100LS」

から精製まで全工程が終了するには4日間が必要である。

写真2は装置で得られたBDFで、色彩はガソリンに似ており、廃食用油特有の嫌な臭いはない。

表1にBDFのディーゼル燃料としての分析結果を示す。密度は、軽油の上限値³⁾に近く、ナタネ精製油よりやや小さい⁴⁾。動粘度は、ナタネ精製油よりかなり小さく、軽油よりやや大きい程度である。引火点は、一般の植物精製油と規格軽油の中位にある^{5, 6)}。

イオウ分は規格軽油よりかなり小さく、10%残油残留炭素分はほとんどない。セタン価は、ナタネ精製油や軽油よりかなり高く、ディーゼルノックの発生はほとんどないと推察される。燃焼室内に蓄積させる不燃焼物となる灰分は、燃料として不的確と判断される⁴⁾0.01%未満であった。流動点は、2号軽油の規格より高いが、1号軽油の規格の-5℃以下よりは低い。低位発熱量は、軽油はもちろんのことナタネ精製油より小さい。

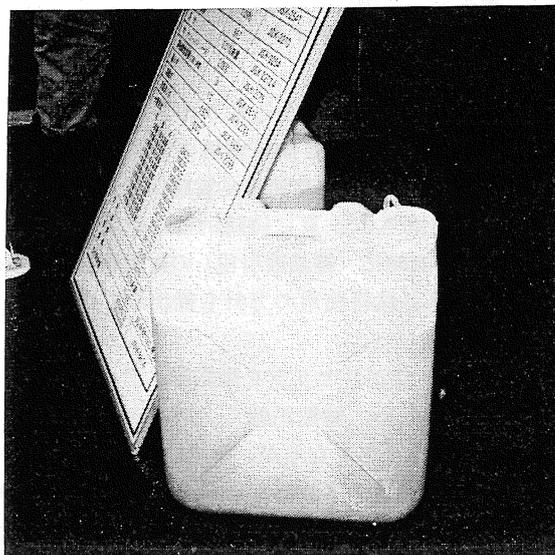


写真2 製造されたBDF

表1 廃食用油エステル化燃料の分析結果

項目	廃食用油エステル化燃料 (BDF)	ナタネ精製油 ^{4, 6)}	軽油 ³⁻⁵⁾
密度(15℃)	0.8891 g/cm ³	0.922 g/cm ³	0.837 g/cm ³
動粘度(30℃)	6.64 mm ² /s	42.0 mm ² /s	1.39 mm ² /s
引火点(P.M.法)	178℃	約300℃	45℃以上*
イオウ分	0.0001%	—	1.20%以下*
10%残油の残留炭素	0.09%	—	0.15%以下*
セタン価	56.2	40程度	45以上*
灰分	0.01%未満	0.01%程度	0.01%未満
水分	0.09%	—	—
銅板腐食試験	1 a	—	—
雲り点	1℃	—	—
流動点	-7.5℃	—	-10℃*
目詰まり点	2.0℃	—	—
低位発熱量	36.6 MJ/kg (8.74 Mcal/kg)	39.1 MJ/kg (9.34 Mcal/kg)	45.6 MJ/kg (10.89 Mcal/kg)
炭素	76.5%	—	—
水素	12.0%	—	—
窒素	0.1%未満	—	—
酸素	11.4%	—	—

(注) BDFの測定はJIS法 * : 2号軽油の規格

(3) BDFの問題点
軽油を購入する場合、1L当たり32円10銭の「軽

油取引税」がかかる。この税金は、道路の新設や修復などの道路整備の費用に充てられる。

BDF100 %で燃料用として使用する場合には、この税の適外となるが、軽油と混合して使用する場合には、混合した分量に同税が加算される。このため、現行法で BDF を使用する場合は単味燃料とならざるを得ない。

折しも、バイオマスから取り出されたアルコールをガソリンに混ぜた自動車燃料の普及を促すため、2003 年通常国会に揮発油等品質確保法改正案を提出する方針である⁷⁾。真に持続的社會の構築を推進するならば、同時に「軽油取引税」の対象外とした BDF と軽油の混合燃料使用の方針も提出してほしいと考えられる。

BDF はトリグリセリドを脂肪酸メチルエステルに替えているため、粘性が低くノズルから噴霧される燃料の粒子は小さくなるが、始動性がやや低下する。そのため、噴射ノズル部を暖める予熱装置や始動用ガソリンカップを具備しているディーゼル機関であることが望ましいが、例えば一般自動車には前述のような装置は装備されていない。このため、実際に BDF を利用に当たっては、とくに冬季の朝の始動性がやや不良であるため、この克服も課題である。

4. サミットのプログラム

サミットのプログラムは、野坂 充実行委員長の開会宣言、杉山憲男横浜町長の歓迎の挨拶で始まった。以下にプログラムの概要を記す。

基調講演「町おこしは心おこしで」

鈴木健二氏(青森県文化アドバイザー)

基調報告

「新旭町の菜の花エコプロジェクトについて」

海東英和氏(滋賀県新旭町長)

- 1) 資源循環型社会への取り組み・自然エネルギー、
・里山保全、・水の学校
- 2) 菜の花栽培を初めて・失敗続きの試験栽培・転作田を菜の花畑に！目標 10ha
- 3) 菜の花まつりの開催・菜の花を生かした取り組み・菜の花ウォーク・菜の花結婚式・菜の花コンサート・菜の花コンニャク・菜の花コロケ
- 4) 石鹸作りから BDF 精製へ・年間廃食油から 1 万トンの BDF・通園バス 3 台を BDF で運転
- 5) 今後の取り組み
リレートーク (5 氏)

進行 藤井絢子氏

(菜の花プロジェクトネットワーク会長)

・「菜の花畑から資源循環型社会システムの構築を目指して」

粕谷弘陽氏(NPO 資源循環型社会発信地域創造グループ「エッグ」理事長)

・「千葉県・なのはなエコプロジェクト」

浅岡 隆(千葉県環境政策課環境再生室主幹)

・「菜の花の沖・のふるさとが始める菜の花プロジェクト」

砂尾 治氏(兵庫県五色町長)

・「I: IT, N: 菜の花, E: エコの取り組み」

保田哲博氏(NPO, INE・OASA い〜ね! おおあさ理事長)

・「ひむか環の国・なのはなプロジェクト」

蒲生芳子氏(エコネット代表)

サミット宣言・閉会

千葉県では県庁、滋賀県や兵庫県では町長自らが行政の先頭に立ち、さらには地域住民が小さな種から芽を育み、少しずつ小さな花を咲かせ、資源循環型社会の構築を目指す活動していることが印象的であった。

菜の花サミット 2002 宣言

水環境を守るために始まった廃食油の回収と再利用の運動が、再生可能エネルギーというテーマと出会う中なら”菜の花プロジェクト”が生まれ、環境保全の運動を超えて、地域自立の資源循環型社会の具体的な地域モデルづくりとして進んできた。

”菜の花プロジェクト”は、農の機能を「食糧生産業」だけに限定せずに、地域の維持と創造のための「多面的な機能を引き出すムーブメント」である。

私たちは、この「農」が本来持っていた多面的な機能を評価し、活用することこそが、21 世紀における地域の再生と日本の再生の鍵となると考える。

その具体的モデルとして”菜の花プロジェクト”は、20 世紀の近代化・工業化の中で失ってきた「資源循環のシステム」を甦らせ、21 世紀を持続可能な世紀にするために、有効で、大いなる可能性を持つものであるということを感じている。

いま国は「食と農の再生」を目指したプランを打ち出そうとしている。それは歓迎すべき方向である。しかし、「再生」を実現するためには、これまでの農政を大転換し、日本の「食料・環境・資源エネルギー等の安全保障」の観点から関係省庁と連携し、実行性のあるプランを策定するとともに、その実現を「農林水産省の思想」としてだけでなく、「わが国の明確な国家意志」にしなければならない。

私たちは、「食と農の再生=アグリ・ルネッサンス」の鍵は”菜の花プロジェクト”が取り組み、全国に広がりつつある「具体的な地域モデル」の中にあり、生きいきとした地域の再生と資源循環型社会の形成には、「食の量と質の安全保障」と「農の多面的機能の活用」を中核にすえた、関係各省庁の連携による「再生戦略プラン」が不可欠であると考えている。

私たちは、国に向けては、地域からの具体的な取り組みを踏まえ、「食と農の再生プラン」の具体化のための、国（関係省庁）と市民（消費者・生産者・NGO等）による「アグリ・ルネッサンス・プラン策定会議」を設置し、各地における取り組み実績を踏まえた「再生プラン」を策定し、強力にその実現を図ることを呼びかけたい。

同時にこのサミットに参加した私たちは、それぞれが勧めてきた”菜の花プロジェクト”の意味と意義を再認識し、この流れが21世紀への大河へと導くものであるという自信と希望を持ち、近い将来の日本列島の春が鮮やかな菜の花の色に染め上げられるよう、ともに、元気に、明るく”菜の花プロジェクト”を進めていきたい。

ここから時代が変わると期待を込めて、「菜の花サミット2002宣言」を行う。

2002年5月18日

青森県横浜町にて開催した

「菜の花サミット2002」に参集した一同



写真3 輪作としてのジャガイモ畑

5. 横浜町と菜の花

昭和30年頃には800ha、同40年代初頭においても750haに及んだ横浜町の菜の花は、主に食用油の搾油を目的とした換金作物として栽培され、作付面積全国第1位を誇った。

図2は、子実ナタネ栽培の主産県である青森県、鹿児島県および全国の作付面積の推移を示す⁸⁾。全国の子実ナタネの作付は、子実ナタネや加工品としての食用油の輸入におされて経年的に低下し、平成12年には319haにまで落ち込んだ。青森県の作付は、平成3年に鹿児島県を抜いて全国第1に回復し、ほぼ300haを維持したものの平成12年には245haに縮小した。平成3年でみると、横浜町の子実ナタネの作付面積は、青森県全体の約62%となる約200haであった¹⁾。

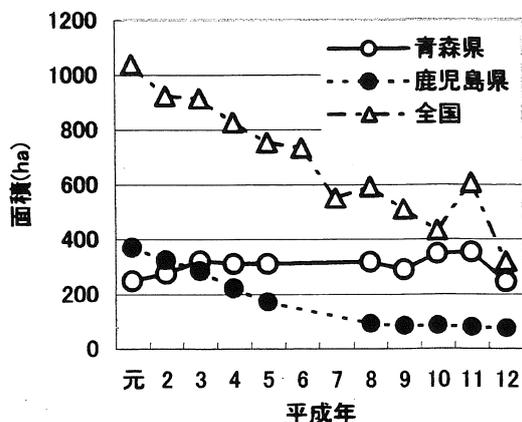


図2 子実ナタネの作付面積

横浜町の特産は、ホタテ、ナマコの海産物とナタネ、ナタネの輪作作物としてのナガイモ、ジャガイモ(写真3)の農産物で、確たる名所旧跡はない。このため、とくに早春観光客の誘致が大きな課題であった。平成3年にその打開策として、地域おこしと連携しながら青森県の5月を代表する菜の花畑を活かした「菜の花フェスティバル」が開催された。第12回目となる平成14年は「菜の花サミット」と連携し、サミットの翌日5月19日(日)に行われた。「菜の花フェスティバル」では、そこかしこに菜の花を眺めながら、菜の花の迷路(写真4)、菜の花マラソン、フォトコンテスト等の催し物に加えて、屋台、踊りも楽しむことができた。「菜の花フェスティバル」は、行政としての町と地域住民が一体となって運営し、

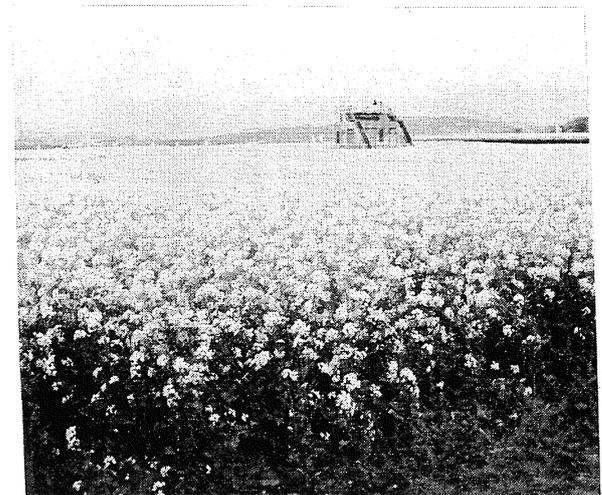


写真4 菜の花フェスティバル(菜の花迷路)



写真5 地域住民による
菜の花フェスティバルの説明

遠来の観光客の誘導や地域説明(写真5)は、地域の豊富な人材を活用している。

ナタネ栽培には転作奨励金が付加されるが、このような地域住民参加型の「菜の花フェスティバル」も、ナタネの栽培を堅持させ、比較的長い間作付面積を一定の水準人に維持させた要因の一つであると考えられた。

しかし、このような地域活動にもかかわらず、ナタネ栽培への転作奨励金の廃止が目前に迫り、平成14年の横浜町における子実ナタネの作付面積は40haに激減し、新たな「菜の花」振興対策が求められている。

なお、子実ナタネ以外のナバナとしての生産は、千葉県が最も多く、全国収穫量の51%、3,499tonに達している。

6. おわりに

次期2003年の「菜の花サミット」は、広島市山県郡大朝町で開催されることが決定した。サミット宣言にあるように、地域の特性を活かした資源循環型社会システムの構築の輪が拡大していくことが望まれる。しかし、この「菜の花プロジェクト」ネットワークへの参加は西日本の地域が多く、とくに東北地方は少ない。今後は、東北地方の各地域での実践活動の推進が重要であると考えられる。そして、農業機械、食品加工、地域計画の各分野からこの活動に協力できれば幸いである。

引用文献

- 1) 第2回菜の花サミットポスター, 2002
- 2) 藤井絢子: 日本の原風景「菜の花」から「循環型社会」づくり, BIO City, 22, 106-111, 2001
- 3) 川村 登, 外: 農業機械学, 文永堂出版, 28, 1998
- 4) 富樫千之: 小型ディーゼル機関燃料としてのナタネ粗製油に関する実験的研究, 宮城県農業短期大学紀要, 9, 4-9, 1998
- 5) 梅田重夫, 外: 農業動力学, 朝倉書店, 68-75, 1975
- 6) 小原哲二郎, 外: 食用油とその加工, 建帛社, 7-48, 1981
- 7) 朝日新聞朝刊: 2002年11月24日, 2002
- 8) 農林水産統計表: 第66次~第76次(1989~2000), 農林水産省

<シンポジウム報告>

—講演要旨—

「スイカ・果実の機械化栽培・収穫」

- 講演-1 「山形の果樹と機械化」
- 講演-2 「すいか収穫運搬の機械化」
- 講演-3 「果実の機械収穫」

果樹農業自営 (元 生研機構・園芸工学研究部) 小川幹雄
 山形県置賜農業改良普及センター 芳賀泰典
 山形大学農学部 赤瀬 章
 (司会: 夏賀元康; 山形大学農学部)

日 時: 平成 14 年 8 月 22 日 (木), 15 時~
 場 所: 山形県生涯学習センター・遊学館

<講演要旨 1>

山形の果樹と機械化

小川 幹雄*

1. はじめに

果樹栽培は、東北の農業生産の中で重要な役割を担っている。山形県においては農業粗生産額の約 22 %が果実であり、米の 44 %に次いで第 2位の座を占めている。一方、輸入自由化枠の拡大や各種嗜好食品との競合、内的には生産者の高齢化など、我が国の果樹産業が抱える問題は少なくない。これらの問題に対する回答の一つが、消費者の多様なニーズを満たす高品質果実を生産し、外国産果実との住み分けを図ることであるとされている。山形の地域特産品であるオウトウやラ・フランスは、まさにその好例といえる。生産者となってわずか1年であるが、自ら体験した生産の現状を紹介し、省力化を中心とした今後の課題について私見を述べてみたい。

表 1 主要果樹の栽培面積 (ha)

樹 種	昭和50年	平成12年	増減率%
ミカン	169,400	61,700	△63.6
リンゴ	53,200	46,800	△12.0
ブドウ	29,200	21,500	△26.4
オウトウ	2,900	4,360	50.3
西洋ナシ	1,200	1,950	62.5
ウメ	16,300	19,000	16.6
その他	158,200	130,890	△17.3
果樹合計	430,400	286,200	△33.5

2. 山形の果樹栽培

我が国における果樹の栽培面積は昭和 49 年をピークに、以降は年 1~3 %の割合で減少しており、山形県でもほぼ同様の傾向にある。当県では、表 3 のように栽培面積、収穫量ともリンゴが最も多く、粗生産額では単価の高いオウトウが第 1位となっている。リンゴの面積は「ふじ」や「つがる」などの新品種出現によって昭和 50 年代には増加傾向にあったが、平成に入ってからでは暫減が続いている。ブドウは、昭和 40 年代後半から 50 年代前半にかけて、堅調な需要と高価格により水田や養蚕からの転換作物として急激に増加した。しかしその後は供給過剰となって減少に転じ、これに代わってオウトウと西洋ナシの増加率が高くなってい

表 2 果実生産県と収穫量の全国比 (%、平12年産)

順位	リンゴ	ブドウ	オウトウ	西洋ナシ
1	青森 50.9	山梨 24.6	山形 75.4	山形 64.2
2	長野 23.2	長野 13.1	山梨 7.8	長野 8.4
3	岩手 7.3	山形 9.3	北海道 7.0	青森 6.1
4	山形 5.5	岡山 6.6	青森 4.0	岩手 5.6
5	福島 4.2	福岡 5.4	秋田 1.8	秋田 4.1

った。これらの増加の背景としては、以下の要因が考えられる。

- ①消費者ニーズの多様化や、バブル経済を背景とした高級品、高品質志向に合致した。
- ②オウトウは山形の特産品として従来から知名度が高く、観光資源としても有効であった。
- ③高品質の佐藤錦や雨よけハウスの出現により、安定

*果樹農業自営 (元 生研機構・園芸工学研究部)

表3 山形県の果実生産の概要 (平成11年)

樹種	栽培面積	収穫量	粗生産額
リンゴ	3,060ha	64,200t	11,178 ^{百万円}
オウトウ	2,610	11,900	21,109
ブドウ	2,100	22,000	10,189
カキ	1,300	12,500	1,580
西洋ナシ	1,130	15,500	4,809

生産が確保されるようになった。

- ④ラ・フランスの追熟調節技術の進歩により、可食適期に消費されるようになった。
- ⑤宅配物流システムの確立により、良好な鮮度で消費者に届けられるようになった。

表4 果樹栽培に使用される作業機等

作業名	使用される作業機等
整枝・剪定	チェンソー、動力運搬車、(せん定枝粉碎機)
地表面管理	乗用草刈機、歩行用草刈機、刈払機、トラクタ作業機 [草刈機、ロータリ]
施肥	動力運搬車、マニユアスプレッダ、ブロードキャスタ、(バックホー)
薬剤散布	スピードスプレーヤ
収穫・調整	動力運搬車、トレーラ、車輪付作業台、高所作業車、小型選果機、梱包機

4. 省力化の課題

山形の特徴的な果実であるオウトウ、ブドウそしてラ・フランスに限定して話を進めたい。オウトウの特徴は、他の果樹に比較して樹高が高いことと、収穫時の短期間に労力が集中することである。一方ブドウとラ・フランスは、棚仕立てで樹高は低いものの、窮屈な作業姿勢が強いられる。ラ・フランスの場合、県全体としては立木仕立てが多いと思われるが、上山ではブドウからの転作が契機となったこともあって、ほとんど棚仕立てである。立木に比べて収量面では不利であり、積雪が多いときには雪下ろしが必要になるが、上山産は「日当たり良好で高品質」をセールスポイントにしている。実際、他の産地よりも高値で取引されており、これまでは差別化が成功している。表4は私の地域で見た機械の利用状況であるが、全般的に省力化のレベルは高いと言える。

私が体験した中で強く改善の必要性を感じた作業は、オウトウの雨よけの設置と、棚下での樹体管理と収穫である。前者は高所の足場が不安定な状態での作業であり、落下事故の例も耳にした。足場部分の幅を広げるなど、簡単な対策で作業性や安全性の向上が図られるほか、雨

3. 現状と問題点

私が住む上山市の本庄地区は、かつての羽州街道に沿った細長い農村地帯である。約30年ぶりにそこに戻って驚いたことは、「何々果樹園」と看板を掲げる農家が実に多いことである。その主役はオウトウとラ・フランスである。かつては、ほんの一握りの果樹農家以外は、稲作と数頭の家畜、そして養蚕の複合経営が一般的であった。それが時代の流れとともに大きく様変わりし、現状を見る限りその転換は大きな成功を収めたと言える。ここでは、高齢化や後継者問題はよその国の話にさえ感じられる。しかしこの1年の間に、転換期の到来を予感させるいくつかの出来事に遭遇した。紙面の関係で詳細は避けるが、要点は市場価格の不安定化、観光客の減少、労力不足に起因する品質低下の懸念などである。

よけハウスの骨組みを、他の作業にも積極的に利用できるのではないかと考えられる。また棚下作業については、以前から指摘されているところである。園地の条件や作業者の身長に合わせて、楽な姿勢をとれる工夫をしているのが現状である。一方で、将来のロボット化を考えたとき、棚仕立ては大きなメリットとなる一面を持っている。

5. おわりに

果樹生産の場に身を置いてからわずかに1年余りである。もっぱら栽培技術の習得に努めながら、地域社会に馴染むべく日々の生活を送っている。幸運にも生研機構での27年間は、果樹栽培の機械化研究に専念することができた。そこで得られた知見とネットワークを、自らの経営と地域の発展に還元できるよう努力していきたいと思っている。学会の皆様には、今後ともより一層のご支援をお願いいたします。また、資料を提供していただいた東北農政局山形統計情報事務所、山形県農業改良普及課及び生研機構には厚くお礼を申し上げます。

<講演要旨2>

すいか収穫運搬の機械化

芳賀 泰典

1 はじめに

山形県のすいかは、粗生産額約80億円で、野菜生産の第1位(20.7%)を占める最重要品目である。県全体の作付面積は1,180haで、熊本県、千葉県に次いで、全国第3位となっている。8月の東京中央市場では約50%のシェアがあり、全国的にも重要な産地である。

一方、農業従事者の高齢化、兼業化のため、農家数は減少する傾向にあり、今後産地を維持発展させていくためには、経営の規模を飛躍的に拡大していく必要がある。農協では、大規模選果施設を導入するなど生産出荷体制の整備を行い、1戸当たり栽培面積は10年間に2倍に拡大している。

しかしながら、その栽培は、耕耘、ベタマルチなど一部に機械力が利用されているだけで、多くは手作業や一輪車など簡易な機械に負うところが多く、機械化が大幅に遅れているのが現状である。特に、収穫作業については、夏の炎天下、重量物を運搬する重労働で、最も機械化が望まれる作業である。

そのため、山形県では、すいかの収穫、運搬をシステム化し、できるだけ人手による持ち運び回数を少なくし、収穫作業から重労働を追放する**すいか収穫運搬機械化システム**の開発を平成9年～12年に行ったので紹介する。

2 山形県におけるすいか収穫運搬の機械化に関する研究

(1) 一輪車によるすいかの収穫運搬 (昭和63年～平成2年)

すいかをほ場から搬出するために改良した一輪車は、積載量が約100kgと従来の2倍載り安定性もあった。

(2) コンベア方式によるすいか収穫運搬装置の開発 (平成4年～平成5年)

チェンコンベア式で、軽トラックに簡単に着脱できるすいか運搬装置を試作し、模擬すいかによる搬送試験の結果、0.27m/sの速度で、3.5s/個の積み込み間隔であった。また、試作チェンコンベア式運搬装置による軽トラックへの積み込みでは、人力作業と時間的に大差がなかった。ほ場内に適当な通路を設け、特殊タイヤを装着した軽トラック等のほ場内への乗り入れにより労働強度が低減するものと思われた。

(3) 重量野菜運搬作業車によるすいか収穫作業の省力化 (平成6年)

圃場内に、トラクタや重量野菜運搬作業車が走行

できる通路を設けることにより、収穫作業にトラクタ装着リアフォークリフトや重量野菜運搬作業車が利用できる。

3 すいか収穫運搬機械化システムの開発

(1) 開発機の概要

ア 開発機は、すいかを運搬する「自走式運搬車」(シャトルカート)、自走式運搬車にすいかを積込む「積み込み作業車」、自走式運搬車から公道上のトラックにコンテナを積込むための「リフター」、すいか選果施設で選果ライン上にすいかを荷下ろしするための「自動荷下ろし装置」である。

イ 自走式運搬車は、すいか栽培畦2畦に1組の割合で設置した2本のレール上を走行する台車と、実際にすいかを積込むためのコンテナから構成される。自走式運搬車は、モータで駆動し、前進、後退、停止の操作が行え、最大積載時(300kg)に最大斜度5度程度の勾配に対応して制動できる。

ウ コンテナは、上、中、下3段に分割でき、各段に平均荷重10kg程度のすいかを9個程度収納できる容量と強度を持つものである。圃場内での積み込みの際は、側面を開閉して積み込み、選果施設での荷下ろしの際は、前面を開いてすいかを送り込む。

エ 積み込み装置は、アームから延びるワイヤーの先端に取り付けた吸着部で、圃場内のすいかを吸着し、そのワイヤーを巻き上げることですいかのハンドリングを行う。アームは、360度回転し、機体の左右どちらでも積み込みができる。アームの回転半径は、1.8mであるが、ワイヤーに自由度があるので、実際の積み込み位置は、さらに広がる。吸着部は、エジェクタで駆動する3つの真空パッドで構成し、1個当たりの最大保持能力は、15kgである。なお吸着部は、生研機構基礎技術研究部で開発した「すいかハンド」の技術を使用している。電源は、発電機によるAC電源を使用している。

オ リフターは、レールと運搬用トラック荷台との間に設置する装置で、自走式運搬車の荷台からトラックの荷台までコンテナをリフトするために使用する。リフトストロークは500mm、最大積載量は400kgである。

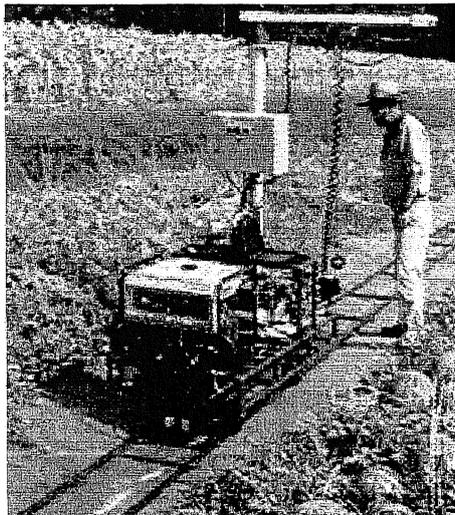
カ 自動荷下ろし装置は、選果施設においてトラックからコンテナを降ろし、コンテナ内のすいかを

集荷コンベアに送込む装置である。装置は、上段・中段・下段3段に分割されているコンテナの各段の高さを、集荷コンベアの高さに合わせるリフ

ト構造を持ち、さらにコンテナを傾け集荷コンベアにすいかを転がし送り込むためのダンプ式リフトテーブルを装着したリフターとなっている。

(2) 主要諸元

項目	主要諸元・構造
自走式運搬車	走行方式：自走式（軌道上、軌道幅0.4m） 走行部：4輪 作業条・幅：5m畦×2畦 作業人数：1人（すいか積込む） 諸元（概数）：全長1.3m 全幅0.8m 全高1.0m DCモータ120W×2
積み込み作業車	走行方式：自走式（軌道上、軌道幅0.4m） 走行部：4輪 作業条・幅：5m畦×2畦 作業人数：1人（すいか積込む） 諸元（概数）：全長1.3m 全幅0.8m 全高2.0m 走行部：ACモータ×2 すいかつり上げ部：ACモータ×1 吸着部：吸着パッド×3（15kg保持） つり上げ部：つり上げ能力30kg
コンテナ	寸法（概数）：全長1,000mm 全幅750mm 全高350mm 重量17kg/段
リフター	走行方式：人力（移動） 走行部：タイヤキャスター4輪 作業条・幅：1圃場1基 作業人数：1人 諸元（概数）：全長1.3m 全幅1.4m 全高0.44m～0.95m 動力：リフト部 DC12V油圧シリンダー×1 リフトストローク：500mm
自動荷下ろし装置	走行方式：定置式 作業条・幅：選果施設1レーン×1基 作業人数：1人 諸元（概数）：全長1.2m 全幅0.85m 全高0.5～1.1m 動力：リフト部 AC200V 三相電動油圧シリンダー×2 リフトストローク600mm ダンプ部 AC200V 三相電動油圧シリンダー×1 傾斜角 最大20度



(開発した積み込み装置)



(すいか把持積み込み状況)

(3) 残された課題と対応

すいか積み込み作業時間が、人力と比較して2倍以上かかっており、操作部の作業性改善とつり上げ部の

改良が必要である。また、コンテナの質量が1段当たり17kgと重いので、軽量化に向けて、素材の面から再検討が必要である。

果実の機械収穫

山形大学農学部 赤瀬 章

1. はじめに

我国で生産される果実は概ね品質は良いが、高価である。果実生産労働の約70%を占める収穫作業の労働力の確保が困難になりつつあることがその一因であろう。収穫作業の機械化が望まれる。

2. オウトウ(加工用)の振動収穫

1) 引張り脱離抵抗力

脱離抵抗力の経日変化、脱離部位を調べた。脱離層形成が十分でないオウトウでも横方向の脱離抵抗力は低い。

2) 室内振動試験

果実の着いた結果枝に正弦振動を与え高速ビデオで撮影した。振幅が小さい時果梗抜け果が多く発生した。それに対し振幅が大きい時、果梗付き果が多く得られた。

3) オウトウ専用シェーカーの試作

加工用オウトウは果梗付き果でないと商品価値がないため、上記2)の結果から振幅を大きく設計した。

4) ほ場試験および加工試験

オウトウ専用シェーカーを使用してほ場試験を行った。その結果あまり枝垂れていない枝で、1果房あたりの果実数が少ない条件で高い落果率が得られた。今後剪定、整枝を検討する必要がある。収穫された果実を着色加工した結果、手収穫果と比べ遜色のない製品が得られ、缶詰業者から商品になりうるとの評価が得られた。

5) 収穫作業が一貫してできるオウトウ専用シェーカーの製作

小枝を対象としたオウトウ専用シェーカーを製作した。ブーム先端のクランプを枝に掛け手元のラチェットで枝を締め付け、振動させ、収穫後ラチェットを外して収穫作業を終るシェーカーを製作した。

3. ブルーベリーの振動収穫

1) ブルーベリー

近年ブルーベリーの栽培が増えている。果実は房状になり1果房の中でも徐々に熟す。従って熟した粒から手収穫しシーズン中数回収穫する。果実は小さく、柔らかく収穫能率は低い。生食用では熟果(粒全体が紫色)で果梗のないもののみが商品となる。

2) 引張り抵抗力測定

脱離抵抗力は未熟果の2-3Nに対して熟果では1Nと低く熟果を選択的に収穫することが可能である。

3) 室内振動試験、高速ビデオ撮影

振動数と振幅を変えて果房を振動させ、高速ビデオで撮影をした。

4) ほ場試験

梅用シェーカー、オウトウ専用シェーカーを試してほ場試験を行った。振幅の大きいオウトウ専用シェーカーの脱離率が梅用より高い値を示した。振動数は10Hz以上では未熟果の落果率が増える。7-8Hzでは選択収穫指数が高かった(選択収穫指数=熟果の落果率×未熟果の非落果率)。果実は枝の両側に置かれたフレームに掛けられたビニールシートで回収した。果実の損傷は見られなかった。熟果では果梗付き果は殆どなかった。実験したのは15年生のハイブッシュ系ブルーベリーで列間2.5m、樹間1.5m。列の間の空間は0.5-1.0mと狭く機械収穫には列間は3.5mが望ましい。オウトウ専用シェーカーよりブームが50cm短いブルーベリー専用シェーカーを試作した。

4. リンゴの振動収穫

1) ほ場試験

リンゴの振動収穫は、枝から脱離された果実に損傷を与えないで回収するのが難しいということでこれまでなされていない。試みとして、枝にロープを付け人間(成人男子)が強く枝を

1 回引っ張ったところ、果実の脱離率は 70-80 %であった。アウトウ用シェーカで3秒振動させると脱離率は 100 %であった。ベニヤ板に厚さ 97 mmのウレタンフォームを張った面積 2.8 m× 2.8 mの捕集装置を地面において果実を捕集した。果実の捕集率は約 90 %であった。捕集された果実の無傷率及び果梗付き果率は共に約 80 %であった。

2) 保存試験

ほ場試験においてウレタンフォーム上に落下した無傷果実は 2 ヶ月後 (常温保存) においても損傷はなかった。

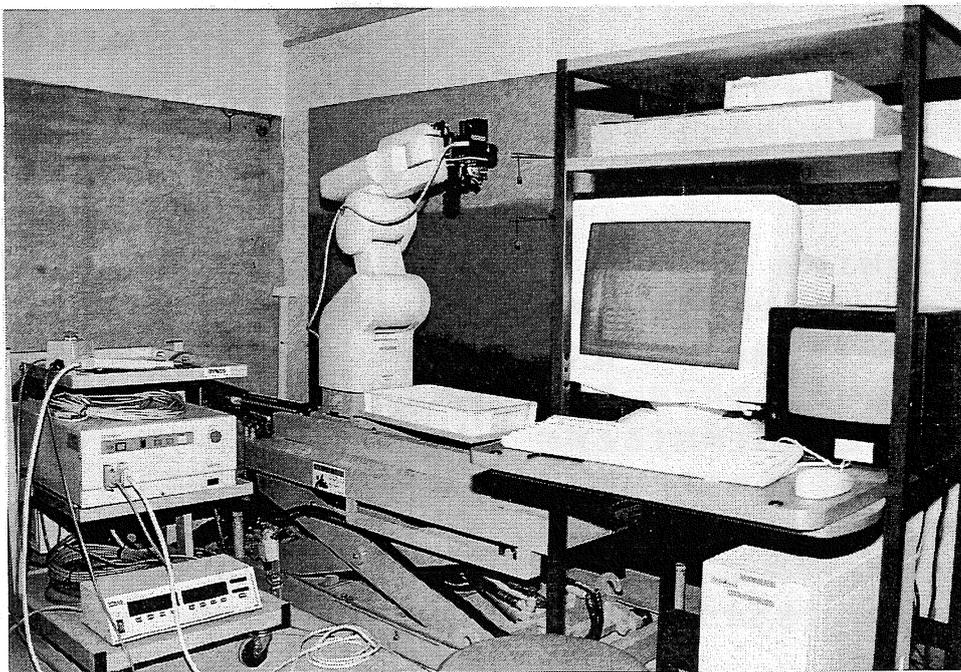
5. オウトウ(生食用)のロボット収穫

生食用のアウトウは価格が高く現時点では労働力が確保されている。しかし若い労働力が少なく年々の高齢化から将来その確保に不安があ

る。生食用のアウトウ収穫を念頭においてロボットを導入した (今後農業の場面にもロボットが導入されると思われるので教育用でもある)。ロボットは三菱電機社製の産業用のムーブマスター (6軸の多関節型) である。CCD カメラで画像を取り込み2値化しアウトウ果実の位置を確定し、超音波センサーで果実との距離を測り、ハンドでアウトウの果梗を掴みひねって摘み取りコンテナに収納するものである。

6. 終わりに

今後ますます収穫労働力の確保が困難になる。木全体の機械収穫は当面難しいとしても、収穫しやすい部分の果実をシェーカやロボットで補助的に収穫することはすぐ必要となる。それには樹体のわい性化、整枝、剪定が重要となる。



アウトウ(生食用)収穫のための実験用ロボット

奨励賞を受賞して

「赤外線熱画像によるリンゴの検出に関する研究」

張 樹 槐*

この度、平成14年度の農業機械学会東北支部奨励賞を授かり、身に余る光栄と感じております。これを契機に、農業機械学会の更なる発展、または奨励賞にご推薦していただいた諸先輩並びに会員の皆さんのご厚意に恥じないよう、今後一層研究に励み少しでも皆さんへのご恩返しができますよう精進します。どうぞこれからもご指導、ご鞭撻のほど宜しくお願い申し上げます。

本研究の実施にあたって、共同研究者でもある北海道大学大学院農学研究科寺尾日出男教授、弘前大学農学生命科学部高橋照夫教授、福地 博講師、元岩手大学大学院連合農学研究科孫 明さん(現在中国農業大学助教授)、並び修了生・卒業生の諸君に、大変有意義なご助言・ご協力をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

研究の背景及び目的

農業機械分野では、現在果実や野菜の収穫ロボットに関する研究が、省力化の観点から盛んに行われている。しかしながら、リンゴ園のような時々刻々変化する光条件、複雑な樹木形または葉や枝、果実の品種などの影響で、収穫対象となる果実を色特性のみで検出することは極めて困難であると指摘されている。

本研究は、これらの問題を解決するため、赤外線熱画像を導入し、従来のCCDカメラのような対象物の色特性のみに注目していた研究に新たな計測手法を取り入れ、更に遺伝的アルゴリズムによるパターン認識、ステレオ画像による果実までの距離計測までも検討を加え、野外環境でのリンゴ樹上の果実の識別方法を提案することを研究の目的とした。

果樹の温度変化及び果実の検出方法

本研究は、赤外線熱画像撮影装置を利用して、果樹園

において樹上のリンゴ果実や葉の温度変化特性及びそれらの外気温との関係について長時間の計測によって詳しく調査した。次にその温度情報に基づいて、リンゴ果実と葉を識別する2値画像の取得方法をも検討し、良好な2値画像を得た。

遺伝的アルゴリズムによるリンゴの検出方法

本研究は遺伝的アルゴリズムによるパターン認識方法を応用し、リンゴ果実を円として検出するアルゴリズムを考案した。その結果、昼間や夜間の撮影条件にほとんど影響されずに、画像中に存在するほとんど全てのリンゴ果実を検出することができた。しかも検出されたリンゴ果実は原画像中の位置及び大きさとはほぼ一致している。また、果実の一部が葉などに隠れている場合や連結されている状態でも良い検出結果を得た。

左右ステレオ画像によるリンゴ果実の距離計測

実際にロボットなどによりリンゴの収穫を行う場合、リンゴ果実の位置を知らなければならない。本研究は、これまで赤外線熱画像によるリンゴ果実の認識方法の研究結果を踏まえ、ユークリッド距離による単純類似度を計算し、左右のステレオ画像の中にあるリンゴ果実の対応付け方法、及び果実までの距離の計測方法について検討を行った。その結果、単純類似度による果実の対応付けは、対象となる果実についてほぼ正確にできることを確認した。また果実までの距離の計測値は、実測値との誤差が最大で17cm(実測値に対して約8%)である結果を得た。

この一連の研究では、リンゴ収穫ロボットのための基礎であるリンゴ果実の認識方法についてほぼ完結した。今後計測精度や計算時間などの問題を解決していきながら、リンゴ収穫ロボットの開発を行う予定である。

*弘前大学農学生命科学部

奨励賞を受賞して

「馬鈴薯加工工場における浸漬工程後排水からの電気透析による還元型アスコルビン酸の濃縮」

小出章二*

この度は平成14年度農業機械学会東北支部奨励賞をいただき、ありがとうございました。本研究は日本学術振興会科学助成金基盤(C)「高機能分離膜による農産物・食品廃液の資源再利用に関する研究：課題番号12660226」の研究成果の一部であり、共同研究者であります岩手大学農学部農林環境科学科西山喜雄教授、颯田尚哉助教授には様々な観点からご教授・ご指導を頂きました。また、本研究を取りまとめるにあたり、岩手大学農学部農林環境科学科小藤田久義講師には有機化学の観点から、岩手大学農学部寒冷バイオシステム研究センター上村松生教授には生体膜とイオン輸送の観点からアドバイスを頂きました。さらに、(株)旭化成の山根信正部長並びに北川直揮部長には本研究に関し貴重なアドバイスとご支援を頂きました。この場をお借りしまして、心よりお礼申し上げます。

さて、この研究を始めた動機ですが、近年の環境に対する関心の高まりと、岩手大学改組に伴う専門基礎科目・講座科目の環境分野（特にリサイクル工学・資源循環工学関連分野）への移行が挙げられます。そこで、少しでも環境に役に立つような研究はなかろうか、と考え高機能膜を使ったイオン性物質の回収や、廃棄される物質の循環性や物質収支に着目しました。この高機能膜処理は、透過の選択性が高く、加熱しない分離法であること、成分の変質が生じにくいプロセスである等のメリットを有しており、このことは生体膜や生体模擬膜の機能や特性と類似していることから、膜を使った技術は、資源の永続的利用や水環境浄化の観点から必要性が極めて高いと考えています。また、膜分離技術は、液体中の有価成分を省エネルギー的に分離・回収出来るため、循環型社会（ここでは農業、工業の立場から見た循環型社会）の

構築を行う際の一つのプロセスとして、今後多いに期待できると考えています。

以上が動機ですが、本研究は、高機能膜処理の中でもイオン交換膜電気透析法に着目し、馬鈴薯加工工場排水からの有機酸および電解質の濃縮／分離を試み、併せて電気透析前後の水質変化について考察を行ったものです。本研究の結果と意義は、以下の三点に要約されます。

まず、イオン交換膜電気透析法により排水中の無機塩のみならず有機酸（還元型アスコルビン酸：ビタミンC）も濃縮／分離できたことです。このことは、化学工学的に考えますと、イオン交換膜の環境分野においての実用性（例えば、硝酸イオンや乳酸の濃縮など）が広がることを意味します。次に、計測したBOD, COD, TS, VS, およびイオン性物質全てに物質収支が成立したことです。このことは、先駆的な研究を含め初めて明らかにされたことであり、イオン交換膜電気透析法を環境浄化に用いる際、上述したインデックスの予測が極めて単純となることを意味します。三つ目に、イオン交換膜電気透析による溶質濃度変化を膜理論により解析したところデータと一致する結果が得られたことです。以上の三点は、今後更なる溶液（排水）を用いて実証していかねばなりません。資する知見として、イオン交換膜電気透析における各イオンの挙動（電気泳動）の解析に役立つものと考えます。

今後は、環境に関して一層の複視眼的視野を持ち、農業機械学会員のみならず、他分野の研究者とも研究のネットワークを構築し、種々の環境工学的手法を確立・公表し、将来の農業機械学会若手研究者へ参考となる道を残せるよう努めたいと考えています。今後ともよろしくご指導をお願い致します。

*岩手大学農学部

〈東北若手の会報告〉

第13回東北若手の会 in Tsuruoka の報告

小出章二*

Report of 13th Tohoku Wakate-no-kai (Seminar for young researchers; Tohoku Branch of the Japanese Society of Agricultural Machinery) in Tsuruoka in 2002

Shoji KOIDE*

1. プログラム

日時：平成14年8月19日(月)～20日(火)

場所：山形大学農学部鶴岡キャンパス

(山形県鶴岡市)

宿泊：山形大学農学部附属農場

参加者：23名

基礎講座

「近赤外分光法の基礎と応用」

夏賀元康氏(山形大農)

「計測制御のためのTCP/IPネットワーク入門
—ネットワーク構築とデータ通信の実例—」

嶋田浩氏(秋田県短大)

研究紹介

「非線型現象のモデル化」

堤成一郎氏(東北大工)

「作物生育情報測定装置の性能試験」

石田頼子氏(秋田県農試)

研究発表

「フランスのCA貯蔵に関する研究」

伊藤篤史氏(弘前大農生)

「高張液に浸漬した円柱大根の活性度測定」

渋谷和之(岩手大農)

「車輪と土の接触問題」

斎藤正幸(岩手大農)

海外報告

「前田先生の欧州報告2002」

前田武己氏(岩手大農)

作戦会議

「第61回農業機械学会年次大会における全国の若手の会の交流会について」等

2. 基礎講座

夏賀先生(1日目)からは、近赤外分光法の基礎と応用について説明があった。ここではまず、重回帰分析による成分の分析の推定について必要な統計学の基礎理論について説明があった。また、近赤外分光法の応用について、主に農産物の成分分析を中心に、既往の報告・研究例を交えて紹介があった。当日、参加者からは、分光法や分光測定メカニズムについて多数の質問があった。夏賀先生の懇切丁寧な回答から、分光に関する基礎的知見を深められた方も多いいえよう。

嶋田先生(2日目)は、はじめに会場内にネットワークを構築し、ネットワークを介してデータ通信に関する説明があった。このデータ通信は、安全性やリアルタイム性、遠隔操作性等が秀でており、農業機械やほ場管理でのデータ処理や計測制御には有益な手法である。いかにネットワーク構築が便利となるか、またある意味で如何に大変であるかを思い知らされた講演でもあった。

3. 研究紹介

東北若手の会初参加の堤成一郎氏(東北大工)は始めに自己紹介を行いました。研究紹介「非線型現象のモデル化」では、非線型現象の例について、身近な事例や、堤氏の学位論文および現在の東北大学工学部での研究に基づき、そのモデル化法やモデルによる結果について説明があった。研究内容は物質圧縮の弾塑性解析を有限要素法で評価した極めて難しいコンテンツであったが、複雑な変形挙動を場によるものと簡易に説明され

* 岩手大学農学部

た。内容に不思議な魅力を感じた講演であった。発表後も、モデルのパラメータや材料の形について、夜中まで議論した方もいたように（写真1）有意義なコンテンツであった。

三年ぶりに東北若手の会に復会された石田頼子氏からは、現在秋田県農試で取り組んでいる研究「作物生育情報測定装置の性能試験」についての説明があった。ここでは、水稻に対して生育診断・栄養診断に必要な草丈・茎数・SPAD値を自動的に計測する携帯型生育量測定装置について説明があった。石田氏は、実際使用している測定装置を持参（写真2）し、その機構を説明するとともに、併せてその測定原理（分光）についても説明した。測定装置の現時点での精度に興味や疑問を持たれた方も多かろうが、今後の発展が強く望まれる技術である。

4. 研究発表

今回は三名の修士過程の学生からの講演があった。講演には、非常に活発な質問が飛びかい、設定時間を大きくオーバーしました。質問に堪え、かつ答え続けた三人、支部会や修論発表の予行練習として最適だったのでは…。

5. 海外報告

前田武己氏（岩手大農）から、デジタル画像を交え、ヨーロッパ（今回はデンマークとドイツ）の滞在記について以下の項目を中心に紹介がありました。①デンマークでの家畜排泄物利用や畜産環境保全の事例、②デンマーク・ドイツの見所、③渡欧の楽しさと注意点。きめの細かな説明を聞き乍ら、デンマーク通になった方も多いのでは、と思います。

6. 作戦会議（総会）

- 1) 第61回農業機械学会年次大会における「全国の若手の会の交流会」について
- 2) 来年の東北若手の会（秋田）での世話人について
- 3) 来年の東北若手の会（秋田）での基礎講座について
- 4) 会計報告

謝 辞

今回、山形大学農学部鶴岡キャンパスおよび山形大学農学部附属農場で若手の会を行うにあたり、会場・宿泊・機器等全面的にお世話頂いた山形大学農学部の夏賀元康先生に厚くお礼申し上げます。

なお、本会は農業機械学会東北支部の助成とご理解によるところが大きい。農業機械学会東北支部からの本東北若手の会への活動のご理解と助成に心より感謝申し上げます。

会 長：張 樹槐（弘前大農生）

世話役：小出章二（岩手大農）、

西脇健太郎（東北農研セ）

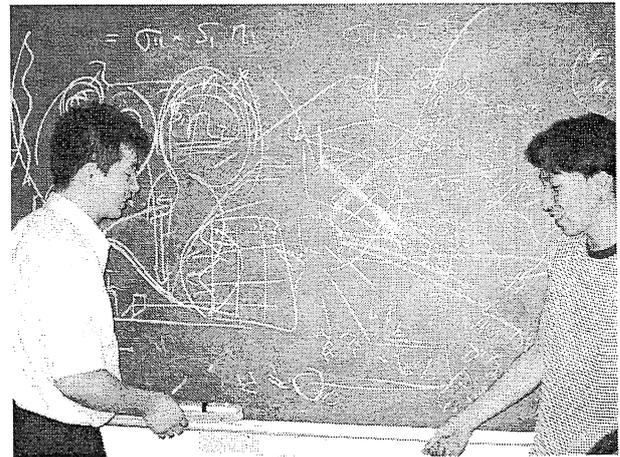


写真1 深夜のディスカッション

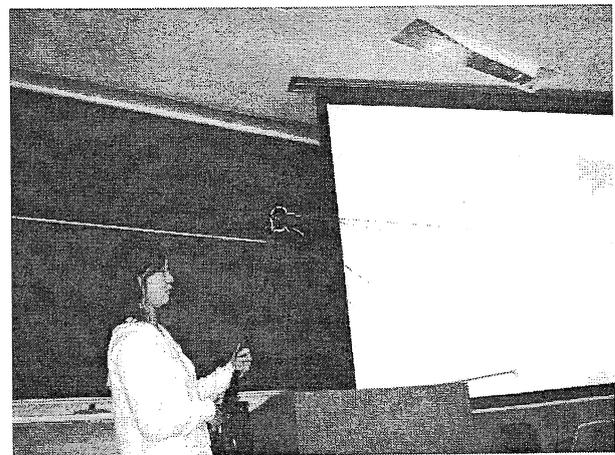


写真2 作物生育情報測定装置

<東北若手の会報告 2>

全国の若手の会との交流会@Morioka の報告

東北若手の会プロデュース

はじめに

2002年9月17日～9月19日に、岩手大学において第61回農業機械学会年次大会が開催されました。そこでこの機会を利用して、全国の農業機械関係の若手研究者が一堂に集まり、各地域にある若手の会の活動紹介から大学の統合・再編まで幅広く交流しようとの目的で、東北若手の会が企画し、九州支部若手交流会及び関西支部若手の会の協力を得て、9月17日に全国の若手の会との交流会@Morioka が開催されましたので、ここに報告します。

本企画は、年次大会の正式行事ではないし、早い時間帯に設定されたこともあって、果たしてどれ程度集まるのかと心配しましたが、最終的に30名以上の出席者があり、非常に有意義、しかも活発な意見交換ができました。この場を借りて、年次大会の準備・運営等で忙しい中、本企画を担当していただいた岩手大学の小出章二先生、東北農業研究センターの西脇健太郎さん、並びに東北若手の会の皆さん、各支部若手の会の皆さん、出席者の皆さん、特に貴重な情報を提供していただいた講演者の皆さんに、東北若手の会を代表して御礼申し上げます。

交流会の内容

本企画は、以下の日程で実施されました。主な内容は各若手の会の変遷、活動の紹介、その中で特に宮崎大学の日吉先生からは、宮崎大学と宮崎医科大学の再編・統合に関する貴重な情報を提供していただきました。

日時：平成14年9月17日(火) 12:40～14:40

場所：岩手大学学生センター棟1階G1番教室

プログラム：

12:40 張 樹槐@東北若手の会会長より開会の挨拶

12:50 九州若手の会交流会より

タイトルⅠ：九州支部若手交流会の歩み

ナビゲーター：田中宗浩先生(佐賀大学)

タイトルⅡ：九州における大学合併及び独法化に関する情報

ナビゲーター：日吉健二先生(宮崎大学)

13:20 関西若手の会より

タイトル：関西支部若手の会のこれまでの活動 - 過去8年 -

ナビゲーター：難波和彦先生(岡山大学)

13:50 東北若手の会より

タイトル：東北若手の会2002, および東北若手の会の紹介

ナビゲーター：田中勝千先生(北里大学)

14:20 フリートーク

14:40 閉会(アナウンス)

参加費：無料

進行係：東北若手の会世話人

張 樹槐@弘前大学(会長) zhang@cc.hirosaki-u.ac.jp

小出章二@岩手大学農学部 shojides@iwate-u.ac.jp

西脇健太郎@東北農業研究センター nisiwaki@affrc.go.jp

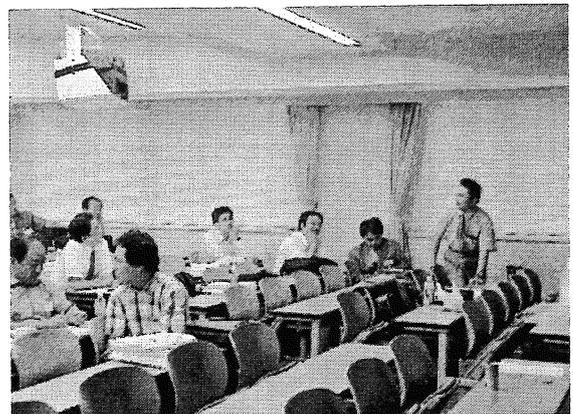
また、夜には北海道大学の片岡 崇先生のお世話で盛岡名物「わんこそば」大会を催し、普段一緒に話すことは少ない全国の皆さんと楽しい一時を過ごせました。

最後に

今全国の国立大学、その中で特に農業機械分野がおかれている状況を考えると、皆さんもご存知の通り、まさに生き残れるか否かの厳しいものがあります。このような現状を打破するには、全国の若手研究者が一致協力して農業機械学会の更なる発展のためにも、積極的に情報交換をし、努力していかなければならないと思います。このような企画は今回で4回目と記憶しておりますが、今後とも年次大会などの機会を利用して、交流を深めていきたいと思っております。

最後に、本企画の開催にあたりいろいろとご配慮をいただいた年次大会組織委員会の皆さんに御礼申し上げます。

(文責：東北若手の会代表、張 樹槐)



質問応答の様子