

農業機械学会東北支部報

NO. 42 DEC. 1995

平成 7 年 12 月

目 次

支部長挨拶

支部長再任にあたって	上出順一	1
------------	------	---

研究報告

・ナタネ粗製油の噴霧粒径	富樫千之	3
・ロータリ耕うん時における駆動トルクのスペクトル解析	武田純一・鳥巣 谦・佐藤信篤	9
・大区画圃場に対応した超省力水稻散播作業法の開発（第5報）	木村勝一・矢治幸夫・山内敏雄・元林浩太	15
・被覆型直播栽培に関する実証（第1報）	若松正夫・小関一幸	19
・春季の気象と水稻直播栽培の播種作業期間	荒川市郎・青田 聰	23
・環境にやさしい低コスト米作りの実証（第4報）	泉 正則・青木伸浩・金田正弘	27
・大区画圃場における流入専用肥料施用（追肥）法	大里達朗・鈴木良則・高橋 修・小野剛志・新田政司・伊藤公成	31
・アスパラガスの機械化栽培技術	朽木靖之・沼田光夫・橋本 進・和田山安信	35
・2値画像における連結状態のリンゴ果実の識別	孫 明・高橋照夫・張 樹槐・福地 博	39
・ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究（第2報）	元林浩太・矢治幸夫・木村勝一	45
・糲の水分活性と水蒸気圧	佐々木 哲・R. C. バウテスタ・戸次英二	49
・除湿方式と温風方式による糲の乾燥特性の比較	大下泰生・雁野勝宣・高橋昭喜・大里達朗・高橋 修・新田政司	53
・ニンニクの予措乾燥に関する研究（第1報）	戸次英二・片平光彦	59
・ニンニクの予措乾燥に関する研究（第2報）	片平光彦・戸次英二	65

トピックス

新技術・新製品コーナー	69
海外報告・会員の声コーナー	78
シンポジウム	87
農業機械関係の研究担当者名簿	99

支部会記事

庶務報告・会計報告および幹事役割分担表	104
農業機械学会東北支部規約・東北支部投稿規定	112
団体賛助会員名簿	114

〈支部長挨拶〉

支部長再任にあたって

上出順一*

今回の支部役員改選によって、さらにこれから3年間支部長続投となった。支部会員皆様のご協力をお願い申し上げます。

この3年の間に日本の農業をとりまく状況は著しく変化し、ますます厳しい状況に放り出されることが予想される。ガットウルガイラウンド合意によって、聖域とされていた米問題についても、段階的とはいえ輸入自由化へと向かうこととなり、今年から年間50万トン程度のミニマムアクセスが導入された。また、本年7月にはPL法が施行され、農家の安全性が法的にも守られることとなった。農機メーカにおいてもこれまで以上に農家が安心して使える機械の提供、安全性の確保につとめなければならない。さらに、11月にはいわゆる新食糧法が施行された。新食糧法のは国内の生産と流通に関する規制緩和が第一の目的である。これまでの現行食糧管理法が制度的には米は国の全量管理してきたのに対し、米にも市場原理が取り入れられ、新法では米の売買は原則自由になったことである。このことは、これまで米作り農家は米の販売は考えなくともよかつたものが、これからは流通の対象としての製品すなわち商品としての米を作らなければならないことを意味する。米の全面自由化に対しては、食糧安保、農業の環境保全の役割の面から反対や批判があるが、いずれにしても、規制緩和、自由化は世界的な流れである。当面このような潮流となった自由化の中でどの様な農業を展開すべきかが今後の大きな課題である。

このような状況において、農業の発展のために、農機学会東北支部、また学会員それぞれがどの様な貢献ができるのか。3年前の支部長就任の挨拶において、学会はその趣旨に賛同するものの自由な参加によるものであるが、支部活動を通して地域農業の発展になんらかの貢献をすることが必要であり、学会活動が地域の農業から遊離するならば学会の存在意義が失われることになる。との主旨のこと述べたが、具体的に何をなすべきかが問題である。

よく、日本は資源が乏しいので科学技術立国として進んで行かなければならず、工業製品を輸出するためには食糧の輸入はやむを得ないと意見が述べられている。しかし、日本と同じく技術大国として発展しているドイツの食糧自給率は100%近くを確保しているのに対して、現在我国の食糧自給率はカロリーベースで35%程度に留まっており、ますます低下する傾向にあることは考えるべきでしょう。農業後継者の不足や農業従事者の高齢化も深刻な問題です。これから農業機械化はどう進むべきか、新食糧法下での自由化時代に、21世紀に展望の開ける農業の確立、食糧基地東北の知的技術的担い手として支部学会がいくらかでも貢献できることを願っているところです。

これまで、東北支部学会は試験場と大学、官学が一体となって活動を行なってきたが、今後もその連携を密に進めて行くとともに、会員個々のアクティビティを高めながら、支部学会が21世

* 山形大学農学部

紀の農業に向かっての情報発信の場、情報交換の場となることを願っているところです。そのためには、研究発表、シンポジウムの充実、研究会（助成事業）の活発な展開、支部報の情報誌としての充実をさらに進めてゆきたいと考えております。また、昨年新たに設けた研究奨励賞が有名無実のものにならないよう、とくに若手の活躍を期待するところです。

ところで、東北農試の組織再編が進行中と聞いておりますが、そうしますと、これまでのよう に東北農試に事務局を置いた執行体制は困難になります。今後の支部学会の運営に当たっては、会員の皆様のなお一層のご協力得ながら進めてまいりたいと思います。今後3年間、よろしくご指導ご鞭撻のほどお願い致します。

ナタネ粗製油の噴霧粒径

富樫千之*

Droplet Size of Unrefined Rapeseed Oil as Fuel

Chiayuki TOGASHI *

Abstract

In order to study the spray characteristics of a substitute fuel for diesel engine, the spray droplet sizes were measured when unrefined rapeseed oil (deacidified oil, degumming oil and crude oil) were used as fuel and were compared with refined rapeseed oil and light oil.

[Keyword] droplet size, unrefined rapeseed oil, substitute fuel, diesel engine

I. まえがき

ディーゼル機関の燃焼研究において、重要な問題の一つに噴射ノズルから噴射された燃料の燃焼室内での分布状態、燃料液滴の大きさ、燃料の到達度、すなわち噴霧特性がある¹⁾。この噴霧特性の良否は機関性能に大きく影響する。

一般に、粘度が高い植物油燃料はノズルから噴霧された粒径が粗大となり、燃焼室内で昇温するのに時間を要し、着火遅れ期間が長くなり、機関性能に悪影響を及ぼす可能性がある²⁾。そこで本報では、代替燃料としての可能性を検討しているナタネ粗製油の噴霧粒径を測定し、ナタネ精製油および軽油の場合と比較した。

II. 供試材料および噴射ノズル

1. 供試燃料

植物精製油は前報³⁾で示したように、原油からデスラッジ、脱ガム、脱酸、脱色、脱臭の各処理による精製工程を経て得られる。精製工程における全処理を行っていないものは粗製油である。

供試ナタネ油は、N社から入手した原油、脱酸油およびR社から入手した脱ガム油の3種類の粗製油である。また、比較のためN社から入手した精製油および市販軽油を供試した。

燃料の性質のなかで噴霧粒径に影響を及ぼす粘

度をウベローデ型粘度計によって測定した。粗製油、精製油および軽油の測定結果を図1に示す。粗製油の粘度は精製油よりやや低い値であった。

浮秤比重計によって測定した脱酸油、脱ガム油、原油および比較のため供試した精製油、軽油の比重(20°C/4°C)は、それぞれ0.920, 0.919, 0.919, 0.922, 0.837であった。

2. 噴射ノズル

供試噴射ノズルはスロットルタイプ(写真1)で、小型ディーゼル機関に広く使用されている。なお、ノズル噴射圧力は15.68MPaである。

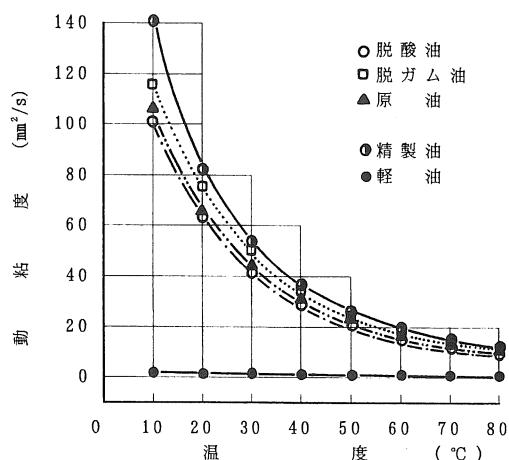


図1 供試燃料の動粘度

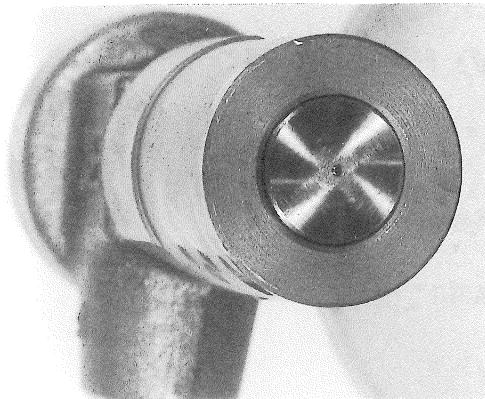


写真1 供試噴射ノズル

III. 測定方法

噴霧粒径の直径を測定する最も簡便な方法は、噴霧された液滴を適当な受止め液の中に没入させて拡大写真をとる、いわゆる液浸法あるいは受止め法と呼ばれる方法である⁴⁾。そこで、本報でもこの測定方法で行うこととした。

燃料の噴射は運転中と同様の高温・高圧下が望ましいが、取扱いが困難なため、新家²⁾および飯本ら⁵⁾と同様に室温・大気圧下での噴射試験とした。

実験の具体的手順は以下のとおりである。ディーゼル機関（ヤンマーディーゼルK.K., HA4B, 定格出力/回転数: 2.57kW/2400rpm）の噴射弁を燃焼室から取り外し、機関前方の大気中に向け燃料をほぼ水平に噴射する。噴射された噴霧液滴をシャーレに塗布した受止め液で捕捉し、顕微鏡写真で拡大撮影し、噴霧粒径を測定する。噴霧粒径の測定個数は久保田ら⁶⁾と同様に200個以上とした。

1. 噴射条件

噴射条件の違いは機関回転数だけとした。回転数の調整は、B形Vベルト2本で連結した電気動力計で行い、機関回転数は900, 1200, 1800, 2400 rpmの4段階とした。液滴捕捉シャーレは噴射ノズルから約0.8~1 mの距離、噴射中心線から20 cm程度外した位置とした。

噴射はレギュレータハンドルをフルの状態とし、測定した1回のナタネ油および軽油の噴射量は約0.025 g, 0.026 g, 捕捉時間は約3 sとした。

実験時の気温は、18~20°Cであった。

2. 受止め液

受止め液の条件として、①液滴を溶かさず、吸収もしない、②液滴は球形となり、後から飛び込む液滴と結合しない、③液滴は受止め液中を沈みもせず、浮き上がりもしない、④液滴は受止め液中で流動したり、凝集しない、⑤液滴は受止め液面から蒸発しない、⑥短時間の露出で撮影できるよう色が淡い、こととされる¹⁾。このため、軽油、重油および植物油等の燃料に対する受止め液の研究^{1) 4)}がなされた。その結果をもとにナタネ油および軽油の受止め液を次のように作成した。

ナタネ油の受止め液¹⁾

メチルセルロースを乳鉢でこすりながら水を徐々に加え混入し、メチルアルコールを加えてからかく拌し、24時間静置脱気する。これにエチルアルコールと蒸留水の混合液で希釈し、比重と粘度を噴射する燃料とほぼ同程度になるように調整した。

軽油の受止め液⁴⁾

シリコン油と蒸留水を混合し、供試軽油とほぼ同程度の比重および粘度になるように調整した。

ナタネ油および軽油には写真が明瞭になるよう着色料ズダンⅢを0.5%混入した。さらに、軽油には受止め液への溶解を防ぐためにA重油10%混入した。受止め液への溶解を防ぐために目的で軽油に混入する重油は、B重油の方が望ましい⁴⁾が入手できなかつたためやむなくA重油とした。

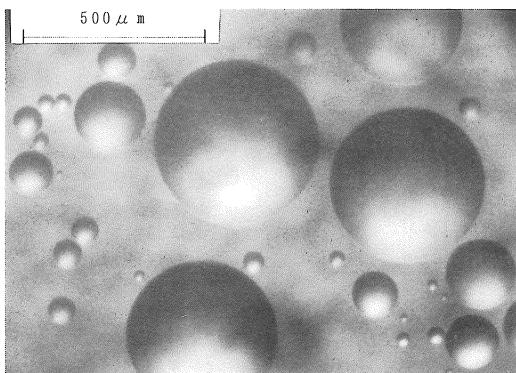
3. 噴射液滴の撮影

シャーレに捕捉した噴霧液滴は、オリンパスG-23X顕微鏡で80倍（接眼レンズ8X, 対物レンズ10X）に拡大し、カメラ（ニコンM-35.S）で撮影した。フィルムはカラーフィルム（ISO400）を使用した。

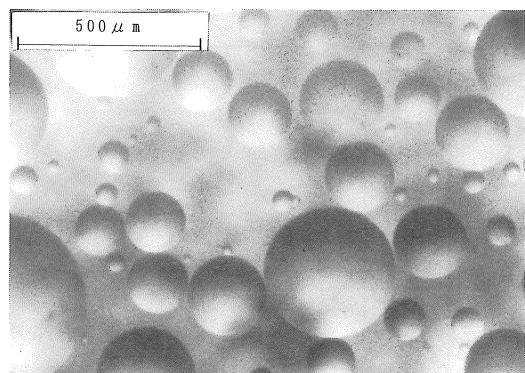
IV. 実験結果および考察

撮影したナタネ脱酸油、脱ガム油、原油および精製油、軽油の噴霧粒子を写真2-1~2-5に、測定した噴霧粒子を粒径50 μmごとに分類し、度数との関係で回転数ごとに粒度分布曲線を図2-1~2-4に示す。

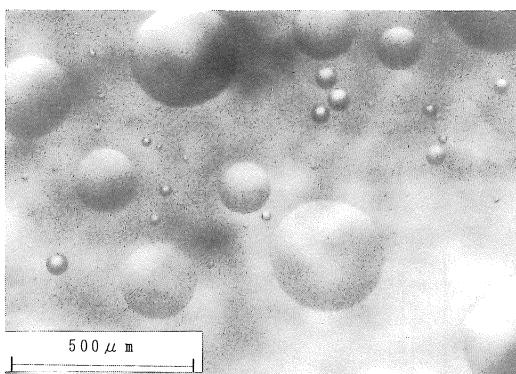
ナタネ粗製油のうち脱酸油の900rpmを除いた



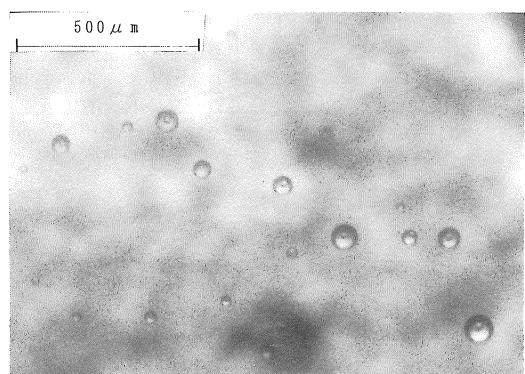
2-1 ナタネ脱酸油



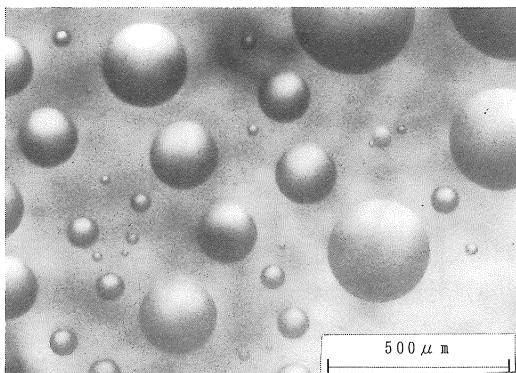
2-4 ナタネ精製油



2-2 ナタネ脱ガム油



2-5 軽油



2-3 ナタネ原油

写真2 供試燃料の噴霧粒子

粒度分布は、 $50\mu\text{m}$ 以下の粒径の度数が最も高く、概ね粒径が大きくなるにつれてその度数も低くなる傾向を示した。比較した精製油も1200rpmを除いて $50\mu\text{m}$ 以下の粒径の度数が最も高く、粗製油と同様の傾向を示した。軽油は全ての回転数で $50\mu\text{m}$ 以下の度数が80%に達し、 $150\mu\text{m}$ を越える

粒径はなかった。900~2400rpm間の回転数の違いによる粒度分布曲線の差異は認められなかった。

燃焼時間は噴霧容積に対して表面積の大小に影響されるため、平均噴霧粒径 d は総容積を総表面積で除した比表面積粒径²⁾⁵⁾で示され、次式で計算される。

$$d = (\sum x_i^3 \cdot \angle n_i) / (\sum x_i^2 \cdot \angle n_i)$$

x_i : 測定粒径

$\angle n_i$: x_i の個数

算定した平均噴霧粒径は回転数ごとに表1に示す。

ナタネ粗製油の平均噴霧粒径は $260\sim331\mu\text{m}$ を示し、粗製油間および回転数で違いが認められなかった。ナタネ精製油および軽油の平均噴霧粒径はそれぞれ $263\sim330$, $44\sim54\mu\text{m}$ を示し、粗製油は精製油との差異はなかったが、軽油と比較してかなり大きな値となった。

噴霧粒径の平均粒径 d は抜山ら⁷⁾が重力単位系の無次元式で次のように提案している。

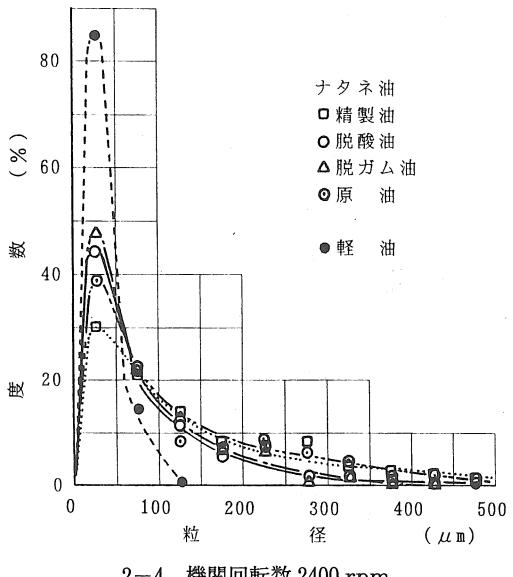
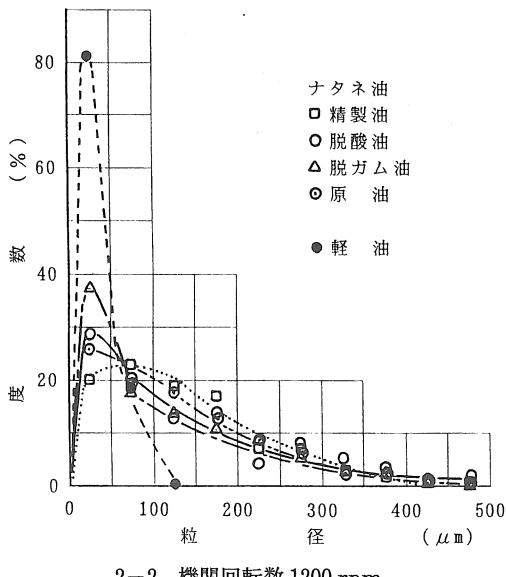
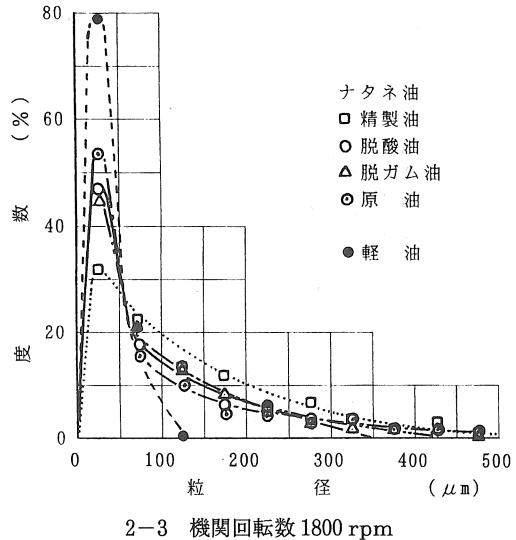
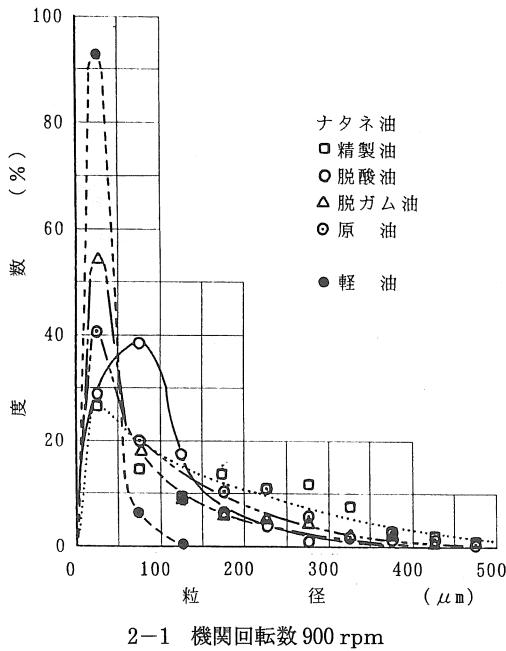


図2 噴霧粒子の度数分布

$$d = k \left(D_1 / v \right) \left(\sigma / \gamma_f \right)^{0.25} \left(\gamma_f / \gamma_a \right)^{0.25}$$

$$\sqrt{g} \left(1 + 3.31 \left(\mu_f \sqrt{g} / \sqrt{\sigma} \gamma_f D_1 \right) \right)$$

ここで、記号は下記のとおりである。

k : 燃料、ノズルの種類による定数 [-]

D_1 : 噴射ノズルのポート径 [m^2]

v : 噴射速度 [m/s^2]

σ : 表面張力 [kgf/m]

γ_f : 燃料の比重 [kgf/m^3]

γ_a : 空気の比重 [kgf/m^3]

g : 重力加速度 [m/s^2]

μ_f : 燃料の粘性係数 [$kgf \cdot s/m^2$]

同ノズルタイプ、噴射圧力および噴射量とした

表1 平均噴霧粒径

単位: μm

回転数 (rpm)	燃料	軽油	精製油	脱酸油	脱ガム油	原油
900		45	293	260	262	300
1200		54	263	331	264	290
1800		44	286	284	305	328
2400		49	330	261	260	295

実験において、上式から平均噴霧粒径および噴霧粒径の集合となる粒度分布に及ぼす影響は、燃料の表面張力、比重および粘性係数（粘度）となる。

植物油の表面張力はごく一部を除いてほとんど差がなく $30 \sim 34 \text{dyn/cm}$ (20°C) の値⁸⁾ を示し、温度が高くなるとやや低下し、 100°C のナタネ精製油で 28dyn/cm となる⁹⁾。このため、粗製油と精製油の表面張力はほぼ同程度であると考えられる。ナタネ粗製油および精製油の粘度、比重は $42 \sim 54 \text{mm}^2/\text{s}$ (30°C)、 $0.919 \sim 0.922$ (20°C) で、精製油の粘度がやや高いものの大差ない。このような供試油の物性からナタネ粗製油と精製油の平均噴霧粒径および粒径分布に差がなかったものと考えられる。

これに対して、軽油の表面張力、粘度および比重はそれぞれ $27 \sim 30 \text{dyn/cm}$ (20°C)¹⁰⁾、 $1.6 \text{mm}^2/\text{s}$ (30°C)、 0.837 (20°C) である。ナタネ油の表面張力および比重は、軽油よりやや高い程度であるが、粘度はかなり高い。この粘度の違いがナタネ油と軽油の噴霧粒径および粒径分布の差異になったものと考えられる。

本報と同じスロットルタイプ（噴射圧力 8.82 および 13.72MPa ）を用いたシリコン水溶液（ $60 \sim 70^\circ\text{C}$ のナタネ油と同様の粘度、 $20 \text{mm}^2/\text{s}$ に調整）の噴霧粒径試験⁵⁾によると、度数分布では、2種噴射圧力で粒径 $30 \sim 40 \mu\text{m}$ に明確なピークが認められ、本報とほぼ同様の結果となったが、噴射圧力 8.82 および 13.72MPa の平均噴霧粒径は、それぞれ 195 、 $159 \mu\text{m}$ を示し、本報よりかなり小さくなつた。この原因是、噴射圧力と粘度の違いと考えられるが、噴射圧力の違いが小さいため、主原因是本報の試験温度（ 20°C ）におけるナタネ油粘度（約 $63 \sim 83 \text{mm}^2/\text{s}$ ）との差異によるものと思われる。

新家²⁾ はひまわり油および軽油を供試してアイ

ドル時の噴霧粒径試験（ピントルタイプ、噴射圧力 12MPa ）を行い、平均噴霧粒径でそれぞれ約 300 および $80 \mu\text{m}$ の結果を得、平均噴霧粒径の差異原因を両燃料の粘度の違いとしている。本報の平均噴霧粒径と比較すると、本報の軽油がやや小さくなったものの、ナタネ油とひまわり油はほぼ同様の結果となった。度数分布では、 $50 \mu\text{m}$ 以下の度数が他の粒径度数よりやや高い程度で、特に粒子数の多い粒径は存在せず広い範囲に散らばっている²⁾ としている。前述のようにナタネ油とひまわり油の粘度はほぼ同程度であるため、粒度分布の違いは噴射圧力かノズルタイプの差異と考えられる。しかし、飯本ら⁵⁾ の結果から噴射圧力がやや低い 8.82MPa にあっても粒度分布に大差ない。このため、ナタネ油とひまわり油の噴霧粒度分布の違いはノズルタイプと考えられるが、噴霧平均粒径に差異は認められないことから、噴霧粒度分布の違いについては、今後の課題とする。

V. まとめ

ディーゼル燃料を研究する場合には、燃焼に直接影響を及ぼす噴霧特性の一つである噴霧粒径の把握が必要である。そこで、代替燃料としての可能性を検討しているナタネ粗製油（脱酸油、脱ガム油、原油）の噴霧粒径を測定し、ナタネ精製油および軽油の場合と比較した。供試ノズルは小型ディーゼル機関に広く使用されているスロットルタイプとした。結果は以下のとおりである。

1) 噴射量 $0.024 \text{g}/\text{回}$ におけるナタネ粗製油の比表面積粒径とした平均噴霧粒径は、 $260 \sim 331 \mu\text{m}$ となり、 $263 \sim 330 \mu\text{m}$ を示した精製油との差異はなかった。軽油の平均噴霧粒径は $44 \sim 54 \mu\text{m}$ を示し、ナタネ油と比較してかなり小さな値となつた。この原因是ナタネ油と軽油の粘度の違いにあった。

- 2) ナタネ粗製油の粒度分布曲線によると、 $50\mu\text{m}$ 以下の粒径の度数が最も高く、概ね粒径が大きくなるにつれてその度数も低く、比較した精製油と同様の傾向を示した。軽油の粒度分布は $50\mu\text{m}$ 以下の度数が80%に達し、 $150\mu\text{m}$ を越える粒径はなかった。
- 3) $900\sim2400\text{rpm}$ 間の機関回転数の違いによるナタネ油および軽油の平均噴霧粒径および粒度分布の差異は両燃料とも認められなかった。
- 最後に、本研究は本学「特別試験研究」によったことを記し謝意を表します。
-
- 参考文献**
- 1) 廣安博之：噴霧の測定、内燃機関の燃焼に関する計測、山海堂、pp.105-115, 1973
 - 2) Araya, K. : An Analysis of Diesel Engine Starttability Fueled with Sunflower Oil, J. of Environ. Sci. Lap., Senshu Univ. No 2, pp. 1-166, 1991
 - 3) 富樫千之：ナタネ粗製油を燃料とした小型ディーゼル機関の運転 — 脱酸油による燃焼騒音と始動性 —, 農機学会東北支部報, No. 41, pp. 3-6, 1994
 - 4) 棚沢泰・武野真也：燃料油粒などの直径測定用受止め液について、機械学会論文集、第35巻 276号, pp. 1741-1751, 1969
 - 5) 飯本光雄・松尾昌樹・内野敏剛：ディーゼル燃料油としてのナタネ油の噴霧粒径、千葉大園学報、第30号, pp. 13-18, 1982
 - 6) 久保田守・片岡崇・寺尾日出男：吸気管内に噴射されたアルコール噴霧の可視化に関する研究（第1報）、農機学会北海道支部報、第28号, pp. 48-56, 1987
 - 7) 抜山四郎・棚沢泰：空気流による液体微粒化の実験、機械学会誌、第5巻18号, p. 63-68, 1939
 - 8) 喜多源逸：油脂化学及試験法、至文堂, pp. 570-571, 1958
 - 9) Peterson, C. L., Auld, D. L., Technical Overview of Vegetable Oil as a Transportation Fuel, ASME FACT 12, pp. 45-54, 1991
 - 10) 小川勝：燃料油、海文堂, pp. 86-108, 1961
-

[閲読者コメント] 農用ディーゼル機関に植物油を代替燃料として使用することに意義をみいだします。ディーゼル機関の場合、燃料の噴霧粒径がその燃焼・機関性能に大きく関与することは一般に知られています。本研究で供試された植物粗製油は、噴霧粒径がいずれも大きく、この状態で機関運転を行うと着火遅れに加え燃焼時間が長くなるなどディーゼルノックや黒煙の排気を促し易いものと考えられます。この対策として、噴射圧の向上や燃焼室形状の改良などが考えられますが、具体的な対策・展望をお示し願います。

[著者回答] ご指摘のとおり、植物油の噴霧粒径が大きい場合には着火遅れ期間が長くなり、熱効率の低下、排気ガス温度の上昇、燃焼騒音の増加が起こり、甚だしいときはディーゼルノックが発生します。特に燃焼室内が低温・低圧状態時にこの着火遅れ期間が長くなり易くなります。しかし、最近の小型ディーゼル機関は高圧縮比、高回転数、高噴射圧になっているため、ナタネ粗製油のように大きな噴霧粒径であっても着火遅れ期間が短いため、軽油と比較しても熱効率が高く、排気ガス温度、排気黒煙濃度が低く、燃焼騒音が同程度であり、ディーゼルノックも発生しません。このため、噴霧粒径の点からは現状のディーゼル機関を改良する必要がないと考えられます。

ロータリ耕うん時における駆動トルクのスペクトル解析

武田純一*・鳥巣 諒*・佐藤信篤*

Spectral Analysis of Internal Drive Line Torque in Rotary Tillage

Jun-ichi TAKEDA*, Ryo TORISU*, Nobuatsu SATO*

Abstract

This research work was carried out to analyze the torque characteristics of the internal drive line of a 2 wheel drive tractor-implement system. The torque data of main shaft, rear wheel shaft and rotary shaft was analyzed by FFT analyzer. The main results are summarized as follows: (1) It was obvious that a range of 1st to 6th order of basic frequency of the rotary shaft torque, appeared on the main shaft torque, and the natural frequency seemed to exist at about 6Hz and 20Hz. This was considered to be a result of the influence of the blade arrangement of the rotary shaft. (2) The influence of rear wheel shaft torque on the main shaft torque was quite small. (3) The fundamental harmonics of rotary shaft speed also influenced rear wheel shaft torque, but the influence of higher order frequencies was not apparent, since those frequencies were absorbed in the soil and tires of the tractor.

[Keywords] tractor-implement system, rotary tillage, torque, spectral analysis

1. はじめに

各種農作業中におけるトラクター作業機系の動力伝達系の負荷特性を明らかにすることは、機械設計上重要な事項の一つである。我が国で最も普及している作業の一つであるロータリ耕うん作業に関する研究例をみると、これまでの研究の多くは、耕うん作業中の出力軸である耕うん軸トルクについて焦点を当て、トラクタ内部動力伝達系の全体の入出力関係を解析している例はあまりみられないのが現状である。例えば、岡本らは8.8kWの4輪トラクタを用いて耕うんトルクの変動を解析し、個々の耕うん条件及び爪配列により固有の注目すべきトルク変動成分があることを明らかにした。特に、ロータリ軸の周波数の6次までの周波数が顕著に現れることを明らかにしている¹⁾。

小池はロータリ耕うん時の後車軸とPTO軸の動力分布やロータリ軸のパワースペクトル密度を求めて耕うんピッチの増加に伴い、乾田と湿田でそれぞれ原波形に含まれる支配成分に特異な変動があることを示した²⁾。柴田らは耕うんトルクとトラクタの運動を解析し、耕うんトルクの低周波成分が進行方向の加速度変動に影響を及ぼしていること、後車軸トルクの変動は、耕うん軸の周波数の1次及び1/2次成分が支配的であったこと、及び耕うんトルクの変動は爪配列により耕うん軸の周波数の2次または3次成分が支配的であったことなどを明らかにしている³⁾。

本報告では、これまでにあまり解析が試みられていない耕うん時の動力伝達系に作用する入力軸(クラッチ軸)のトルクと出力軸(耕うん軸、後

車軸)のトルクを取り上げ、スペクトル解析の手法を用いて周波数解析を行い、これらのトルクの因果関係を考察した。

2. 供試機及び実験方法

1) 供 試 機

表1に供試機の主要諸元を示す。供試機は11kW(15PS)の2輪駆動乗用トラクタに、作業機幅1.3mのサイドドライブ方式のロータリ耕うん装置を装着したものである。この作業機はトラクタ本体に通常付属してくる作業機幅よりも大きいため、トラクタの車軸を延長し、耕うん部を車輪で転圧しないようにした。

本供試機のクラッチ軸、車軸、ロータリ耕うん軸にはトルクを測定するために、歪みゲージとスリップリングを利用したトルクメータを装着した。また、主な軸の回転速度は電磁式回転計と平歯車、及びF/Vコンバータの組み合わせにより測定した。データレコーダは7チャンネルのものを2台使用し、測定波形の同期をとるために各データレコーダには同時にトリガ信号を入力した。計測器類は別のトラクタを伴走車として用い、全て伴走車に車載した。図1に実験時の様子を、図2に測定データの流れを示す。

得られたデータは、FFTアナライザ(横河3655)にて周波数分析を行い、この結果をキャンベル線図に表して解析した。なお、本研究では基準パワースペクトル値を円の直径で表し、各パワースペク

トル値を正規化して示した。

2) 実験条件と方法

供試圃場は岩手大学農学部内の下台圃場で、通常は畑として利用している。実験前にこの圃場の全面をあらかじめ耕起した後でトラクタの車輪で転圧し、できるだけ一定の圃場条件になるようにした。実験条件は、定置のままロータリ耕うん装置のみ駆動した場合(定置空転)、耕うん部の土をあらかじめ排除しておいた区間を、耕うん装置を空転した状態で走行した場合(空転走行)、及び通常の耕うんをした場合(通常耕うん)の3種類の走行条件と、設定機関回転数を4種類、走行



図1 実験風景

表1 供試機の主要諸元

トラクタ形式		YM1500
車両総質量	[kg]	630
機関出力	[kW/rpm]	11/2400
全長	[mm]	2580
全幅	[mm]	1040
全高	[mm]	1755
軸距	[mm]	1415
トラクタ車輪呼び	前輪	4.00-12-4PR
	後輪	8.3/8-22-4PR
ロータリ 耕うん部	型式	RSB1300
	質量 [kg]	190
	耕幅 [mm]	1300
	爪本数 [本]	30
耕うん方式		サイドドライブ

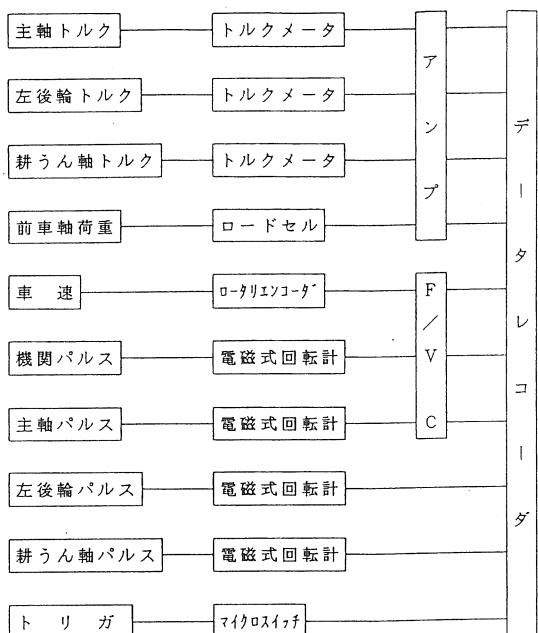


図2 測定データの流れ

変速条件を1種類、耕うん変速を3種類組み合わせて実施した。なお、空転走行実験と耕うん走行実験では機関回転数を1200rpmに設定すると走行不能になったので、この実験条件は除外した。表2に実験条件をまとめて示す。

3. 結果及び考察

1) 基本周波数

各軸の基本周波数を表3に示す。走行変速L1のエンジンと車軸の変速比は478.3であり、機関回転数が2400rpmでも車軸の回転数は0.08Hzであった。ラグの枚数28を加味しても2.34Hzと非常に低い基本周波数であった。また、機関と耕うん軸の変速比は11.8であり、耕うん軸そのものの基本周波数は機関回転数が2400rpmのとき3.38Hzであった。耕うん爪の本数は30本であり、これを加味すると100Hz以上となるが、今回の解析では主に動力伝達軸の影響を解析することにしたので、解析

スペクトルのバンド幅を50Hzとした。従って、解析結果には耕うん爪の本数の影響は考慮されていない。

2) 定置空転

図3は、定置空転時のクラッチ軸トルクのパワースペクトル解析結果を、キャンベル線図として示したものである。設定機関回転数4種類、耕うん変速3種類の全ての結果を表示したが、負荷が小さいためにスペクトルのレベルが後述する耕うん軸や後車軸のそれよりも小さいので、拡大して表した。なお、図中のfは基本周波数、fの前の数字は高調波の次数を、括弧内のP1～P3は耕うん変速を、Eはエンジン、Rは後車軸を表す。

同図から明らかなように、機関周波数の1次成分f(E)が明確に現れていることが分かる。また、それぞれの耕うん変速段における耕うん軸周波数の1, 2, 3次成分と、耕うん変速の6次成分6f(P1)が明確に現れている。また、この図から

表2 実験条件

	設定機関回転数 r p m	走行変速 副-主	耕うん変速
定置空転実験	1 2 0 0		1 2 3
	1 6 0 0		1 2 3
	2 0 0 0		1 2 3
	2 4 0 0		1 2 3
空転走行実験	1 6 0 0	L-1	1
	2 0 0 0	L-1	1
	2 4 0 0	L-1	1
耕うん走行実験	1 6 0 0	L-1	1
	2 0 0 0	L-1	1
	2 4 0 0	L-1	1

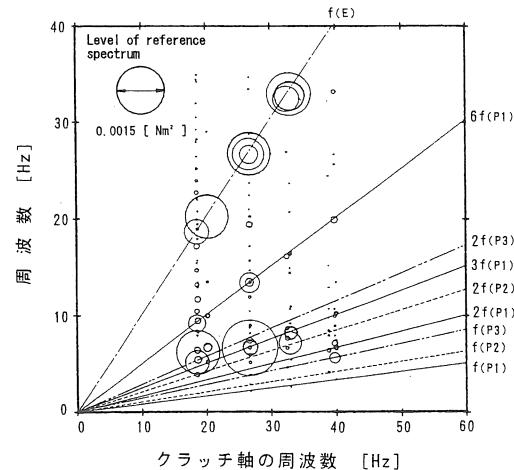


図3 クラッチ軸トルクのパワースペクトル
(定置空転)

表3 各軸の基本周波数

機 関		車 輪		耕うん爪	
回 転 数	周 波 数	車 軸	ラグ28枚を 加味した場合	耕うん変速 1速 軸そのもの	耕うん爪30本を 加味した場合
[r p m]	[H z]	[H z]	[H z]	[H z]	[H z]
1 2 0 0	2 0 . 0 0	0 . 0 4	1 . 1 7	1 . 6 9	5 0 . 7
1 6 0 0	2 6 . 6 7	0 . 0 6	1 . 5 6	2 . 2 5	6 7 . 6
2 0 0 0	3 3 . 3 3	0 . 0 7	1 . 9 6	2 . 8 2	8 4 . 5
2 4 0 0	4 0 . 0 0	0 . 0 8	2 . 3 4	3 . 3 8	1 0 1 . 4

分かる通り、6.5Hz付近には大きな円が横並びに一直線に並んでおり、固有振動数があるように思われる。20Hz付近にも若干であるが固有振動数らしい兆候が見られる。なお、耕うん軸トルクのキャンベル線図は示さなかったが、耕うん軸周波数の1次成分のみが卓越しており、その他の成分のレベルは非常に小さかった。

3) 空転走行

図4に空転走行時のクラッチ軸トルクのパワースペクトル解析結果を示す。同図より、エンジン周波数の1次成分がレベルは小さいながら明らかに現れていること、また、耕うん軸の1、2次成分なども明確に現れていることが分かる。

同図上の点線は、ラグの枚数を加味した後車軸の基本周波数を表すが、1次成分、2次成分ともにほとんどスペクトルが現れていないことが分かる。固有振動数は基準レベルを大きくしたため明確には現れていないようである。

図5に空転走行時の耕うん軸トルクをクラッチ軸トルクに換算して、パワースペクトルを求めたものを示す。図4と比較するために横軸をクラッチ軸の周波数に換算して表した。定置空転実験の場合と同様に、耕うん軸の周波数の1次成分、2次成分が明確に現れていること、及び小さいながら6次成分なども現れていることが分かる。

空転走行時の車軸トルクの解析結果については、ここでは示さなかったが、ラグの数を加味した周

波数の1次成分が顕著に現れていた。また、耕うん軸の1次成分も現れており、耕うん軸の振動の一部が後車軸にも影響を及ぼしていることが分かった。

4) 通常耕うん

図6に通常耕うん時のクラッチ軸トルクのパワースペクトル解析結果を示す。比較のために基準パワースペクトル値は空転走行時と等しくしている。パワースペクトルはトルク波形の振幅情報を反映しているので、空転実験よりも円の大きさは大きくなっている。

この図から分かるように、機関周波数の1次成分、耕うん軸トルクの1～6次成分（特に1, 2, 3, 6次成分）が大きいことが分かる。また、5.7Hz, 15.7Hz, 20Hz付近には固有振動数らしき兆候が見られた。これらの振動数はねじり振動の影響とも考えられるが、詳しくは駆動系のモデリングを行い、理論的に検討する必要がある。

図7に通常耕うん時の耕うん軸トルクを、クラッチ軸トルクに換算してパワースペクトルを求めたものを示す。同図より、機関周波数の1次成分が痕跡程度に現れているが、図6よりは顕著ではないことが分かる。この図でも図6の結果と同様に、耕うん軸トルクの1～6次成分（特に1, 2, 3, 5, 6次成分）が顕著に現れていた。これらの成分は各実験条件において顕著に現れており、おそらく爪配列によるものと思われる。詳しくは爪の打ち

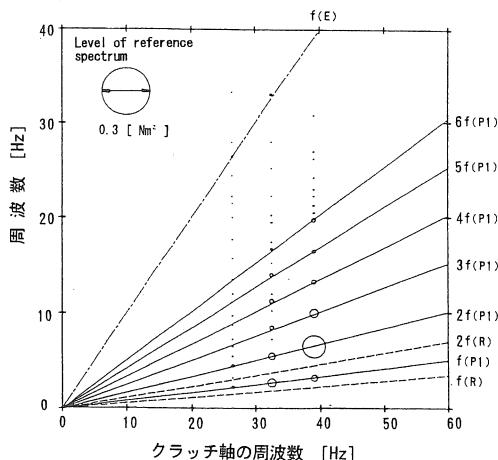


図4 クラッチ軸トルクのパワースペクトル
(空転走行)

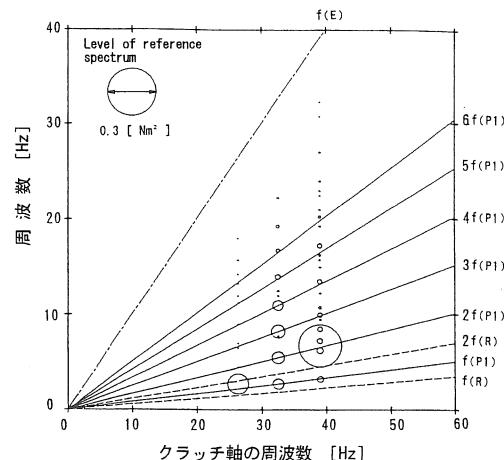


図5 耕うん軸トルクのパワースペクトル
(空転走行)

込みパターンから各爪の耕うんトルクを推定し、それを合成することにより得られると思われる⁴⁾が、この解析については今後の課題としたい。

図8に通常耕うん時の後車軸トルクのパワースペクトル解析結果を示す。この図では、後車軸トルクの値をクラッチ軸に換算しない値で、パワースペクトルを求めたものを示した。横軸もラグを加味した後車軸周波数とした。

空転走行実験の結果でも述べたが、図8から明らかなように、後車軸の1次成分の他に、耕うん軸の1次成分が顕著に現れていることが分かる。

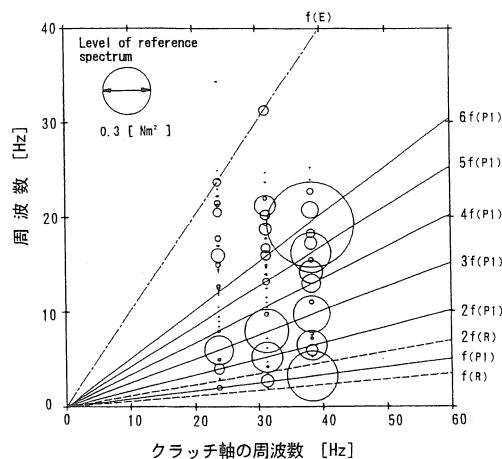


図6 クラッチ軸トルクのパワースペクトル
(通常耕うん)

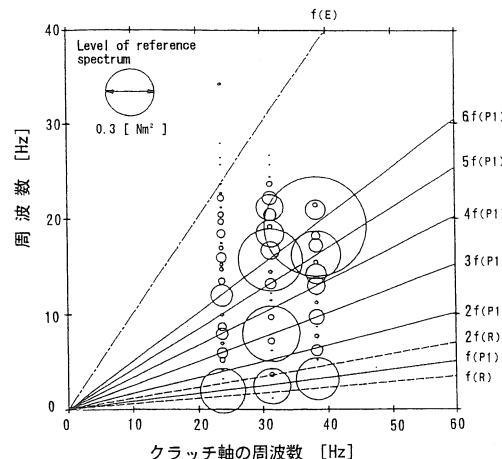


図7 耕うん軸トルクのパワースペクトル
(通常耕うん)

この原因は明らかではないが、空転走行時もこの傾向が現れていたことから、機体を通して耕うん軸の周波数が車軸に伝達されているものと推察される。また、スペクトルのレベルが空転走行時よりも大きいことから、土壤とタイヤを通して耕うん部の振動が車軸に伝達されていることが考えられる。しかし、耕うん軸トルクの高次成分の影響はほとんどなく、土壤やタイヤで吸収されているものと推察される。

以上の結果、スペクトルの大きさは図6と図7ではほぼ同様の傾向があり、耕うん軸のトルクの影響が顕著にクラッチ軸に伝達されていることが明らかである。しかし、クラッチ軸トルクに対する後車軸トルクの影響は、設定した実験条件下では非常に小さいことが分かる。これは、設定走行変速段がL1であり変速比が478と大きいことと、ロータリ耕うん時は車軸の駆動トルクはあまり要しないことによるものと考えられる。

4. おわりに

本研究で得られた結果についてまとめると、以下のようになる。

1. 定置空転、空転走行、通常耕うん実験のいずれについても、クラッチ軸トルク波形には耕うん軸の周波数の1~6次成分が明確に現れている。これは耕うん軸の爪配列の影響と思われる。また、6Hz付近と20Hz付近には固有振動数が存在した。

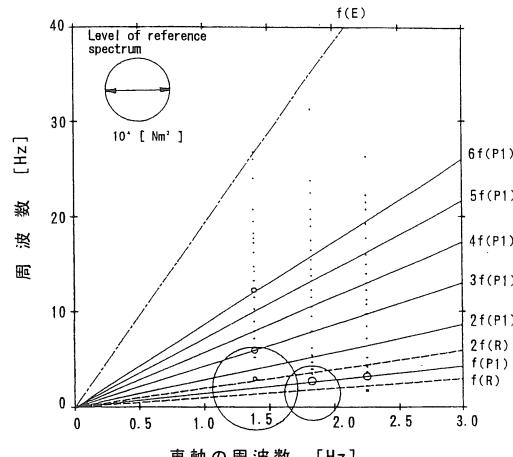


図8 後車軸トルクのパワースペクトル
(通常耕うん)

2. クラッチ軸トルクには、後車軸トルクの周波数の影響はほとんどみられなかった。変速段がL1であり変速比が478と大きいことと、ロータリ耕うん時は車軸の駆動トルクはあまり要しないことによるものと考えられる。

3. 後車軸のトルクそのものには耕うん軸周波数の1次成分が現れており、耕うん軸のトルク変動の影響を強く受けていることが分かる。耕うん軸トルクの高次成分の影響はほとんどなく土壤や、タイヤで吸収されていると考えられる。

今後の課題として、他の実験条件での解析、特に車輪がロータリ側から押されるような場合の解析や、各種作業時における駆動トルクのスペクトル解析などがあげられる。

【謝辞】本研究を遂行するに当たり、実験装置の製作では本学農学部吉田純技官の協力を頂いた。また、圃場実験では研究室専攻生の柵切澤信弘君と柴田茂君の協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 岡本嗣男, 川村 登: ロータリ耕うん部のトルク制御（第3報），農機誌，30 (3), 159-163, 1968

- 2) 小池正之: ロータリ耕うんの動的解析, 農機誌, 34 (2), 138-144, 1972
- 3) 柴田安雄, 坂井 純: ロータリ耕トラクタの動特性に関する設計論的研究（第1報）, 農機誌, 40 (3), 345-353, 1978
- 4) 坂井 純, 柴田安雄: トラクタ用ロータリ耕なた爪の配列設計理論, 農機誌, 40 (1), 29-40, 1978

【読者コメント】この研究の目的は、ロータリ耕などのトルク変動が、トラクタ内部の動力伝達系に及ぼす影響を調べ、それら伝達系の設計資料を得ることなのでしょうか。

【著者回答】ご指摘の通りです。耕うんトルクがトラクタの動力伝達系に、どのように伝播しているのかを解析すること、例えば、駆動系の固有振動数を見いだすことは、系の共振防止の観点から非常に重要な解析事項の一つです。駆動系の合理的な設計のためには、系の構成要素を明らかにし、モデリングとシミュレーションによって各種負荷変動に対する安定性などを検討する必要があります。本研究では、この第一段階としてロータリ耕うん時の負荷の伝播特性について解析いたしました。

大区画圃場に対応した超省力水稻散播作業法の開発（第5報）

— 噴頭回転式広幅散布機を主体とした湛水散播作業体系 —

木村勝一*・矢治幸夫*・山内敏雄*・元林浩太*

Development of Labor Saving Operation Technique for Direct Sowing Rice
Cultivation Coping with Large Divided Field (Part 5)

— Direct Sowing Rice Cultivation System by the Super Wide Spreader —

Shoichi KIMURA*, Yukio YAJI*, Tosio YAMAUCHI*, Kota MOTOBAYASI*

[キーワード] 大区画圃場, 直播, 広幅散布機, 作業体系

1. 目的

近年の水田大区画化の進行に対応するためには、新たな圃場機械を軸とした超省力・低コスト作業の体系化技術が不可欠である。ここでは、開発した噴頭回転式広幅散布機を主体にした作業システムによって、湛水散播直播栽培を大区画圃場で実施した結果を報告する。

2. 試験方法

1) 噴頭回転式広幅散布機の改良

①ハイクリアランス走行台車の利用と噴頭回転式

広幅散布機の走行台車前置き装着②ロータリバルブによる資材繰出しの高精度化

2) 噴頭回転式広幅散布機を主体にした作業体系の実証

①供試機械

噴頭回転式広幅散布機（試作機）、ハイクリアランス走行台車（I社JK-11）、搖動式代かき機（試作機）、自脱コンバイン（I社HL-450G、刈幅1.35m）、トラック（2ton）、粉搬送機（T社SBX-11、1ton）他

②圃場条件

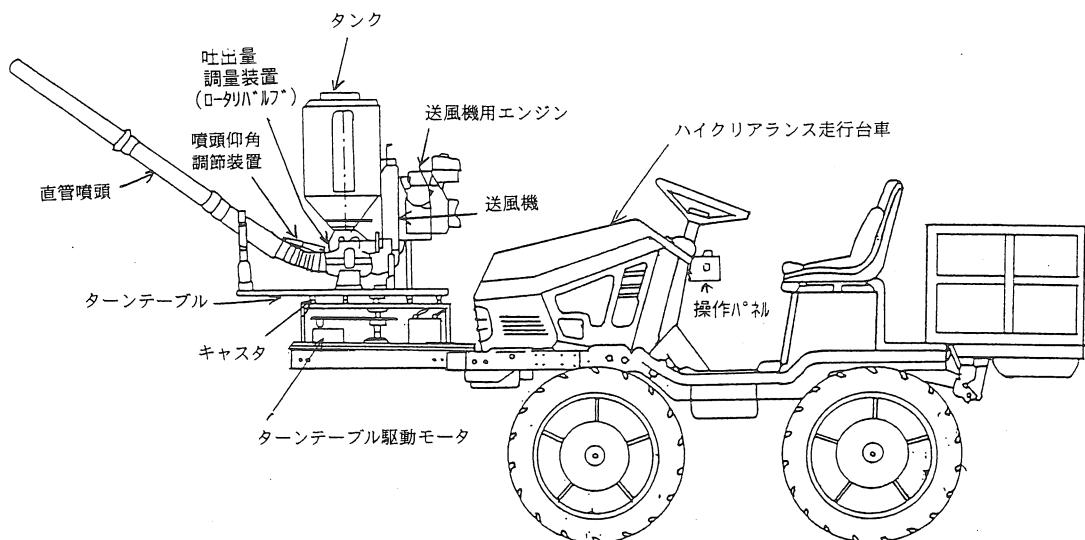


図1 ハイクリアランス走行台車に前置き装着した噴頭回転式広幅散布機

東北農試 大区画圃場、面積：2.0ha (50×400m)，開水路、前作わら切断散布、均平度：標準偏差1.5cm以下、日減水深：30mm、土壤条件：多湿黒ボク土、土性：壤土

③作物条件

供試品種：ヤマウタ、播種期：5/11、播種量：4.7kg/10a (種子1にカルパー16を2、タチガレンエースは種子の3%を粉衣)

3) 噴頭回転式広幅散布機による湛直散播栽培の生育と収量性

試験実施年次1989-1994年、圃場面積60-200a

3. 試験結果

1) 噴頭回転式広幅散布機の改良

①図1に示すように走行台車は出穂期まで作業可能な最低地上高70cmのハイクリアランスに変更した。さらに、噴頭回転式広幅散布機を台車の前部に装着して、散布幅を確認しながらワンマン作業を容易にした。稻生育中の圃場内走行時の車輪沈下は20cm程度で、車輪跡が残る以外は稻株の押し倒しもなく順調な作業ができた。しかし、噴頭回転式広幅散布機を前置きにした結果、タンクの取り付け位置が高く直進作業時には前方の視野をさえぎり、オペレータは立った状態での作業となり改良の余地を残した。

②繰出し機構は、タンク下部にあるシャッタの開閉程度を調節する方式を、除草剤の1kg粒剤等の

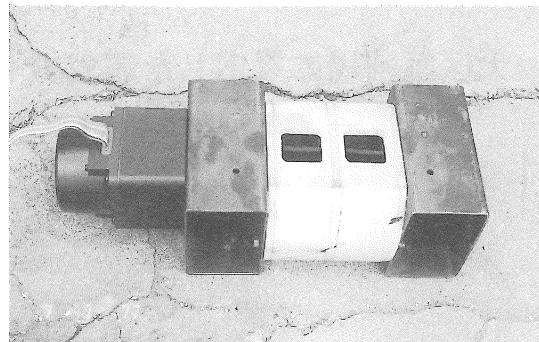


図2 試作したロータリバルブ

少量散布もできるように、図2に示すモーター駆動のロータリバルブ方式に改良した。ロータリバルブのロータ（直径：110mm、幅：40mm×2、8分割）の回転速度とロータへの供給口の可変で調量を行った。その結果、粒状肥料の最大吐出量は15kg/分となり、粒径の大きいコーティング粉や肥料から微粒剤の除草剤1kg粒剤まで多様な資材の調量が可能となった。

ロータリバルブによる粒状肥料の吐出量の経時的变化を調べた。計測方法は、噴頭回転式広幅散布機の噴頭に、吐出量計測用に作成したサイクロンを取り付け、サイクロンの吐出口から落下する資材を上皿型デジタル秤で受けた。なお、表示をビデオで撮影して、再生画面から経時的に重量表示を読みとり図3に示した。1秒間隔で計測した吐出量の変動係数は12-46%の範囲であった。

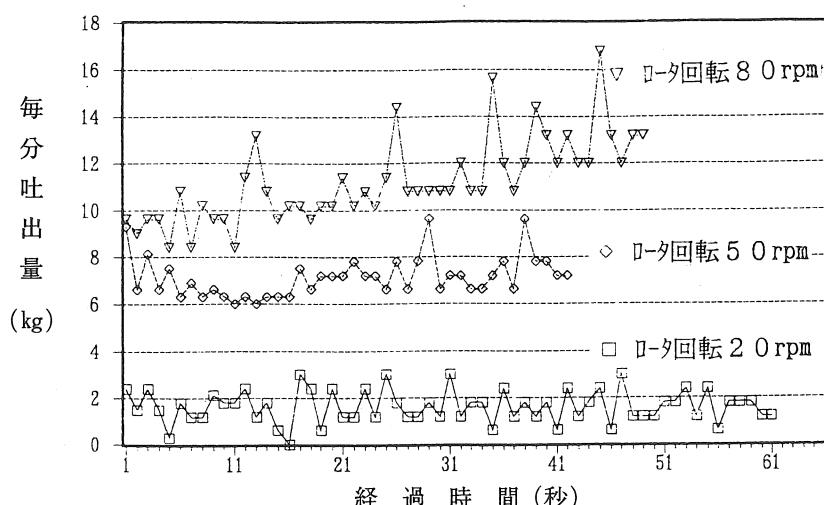


図3 ロータリバルブ吐出量の変動（粒状肥料）

表1 作業体系と労働時間 (1994年)

作業名	作業内容	作業日	使用機械	作業幅 m	作業速度 m/s	機械利用時間 h/ha	人員 人	延べ 労働時間 h/ha
種子予措	浸種 コーティング	4/27 5/10	コーティング機		-	0.8 2.0	1 2	0.80 4.00
堆肥散布	800kg/10a	4/8	マニュアル・レック	5.0	-	1.5	2	3.00
耕うん		4/26	ロタリ	2.4	-	2.7	1	2.70
基肥施用	こまちクイーン	4/28	プロト・キャスター	5.0	-	1.0	2	2.00
代かき	溝付け代かき	5/10	振動式代かき機	3.2	-	2.2	1	2.20
播種	品種ヤマウタ	5/11	噴頭回転式広幅散布機	50	0.38	0.38	2	0.76
防鳥対策		5/11	爆音器、反射テープ			-	1	2.00
除草剤散布	サンバード・粒	5/13	噴頭回転式広幅散布機 (レーザ自動直進制御)	25	0.42	0.67	1	0.67
除草剤散布	フジシュ粒	6/13	噴頭回転式広幅散布機	25	0.45	0.44	1	0.44
追肥	NK化成	6/6	噴頭回転式広幅散布機	50	0.46	0.22	1	0.22
追肥	NK化成	7/18	噴頭回転式広幅散布機	50	0.50	0.29	1	0.29
追肥補正	NK化成	8/2	背負動散	15	-	0.30	1	0.60
病害虫防除	イネスリーウムシ イモチ(ジワニン粒)	6/11 7/23	PBワイルドパック剤投込み 噴頭回転式広幅散布機	10 25	- 0.49	- 0.39	1 1	0.10 0.39
除草			手取り除草(ヒエ)		-	-	2	14.50
畦畔草刈	2回刈取り	6~8月	刈払い機		-	-	1	14.00
水管理	自動管理	5/15~8/25	自動灌水機		-	-	1	4.50
収穫		10/13	自脱コンバイン	1.4	0.68	4.65	2	9.30
乾燥調製	火力乾燥粉碎	10/14	循環式乾燥機、粉碎機	-	-	4.74	3	14.22
			圃場内作業合計 (全作業合計)			14.74 (22.28)	-	39.17 (76.69)

表2 年次別生育収量

年次	1989	1990	1991	1992	1993	1994
面積(a)	30	100	115	165	200	200
品種	あきたこまち	むつぼまれ	むつぼまれ	むつぼまれ	ヤマウタ	ヤマウタ
播種期(月/日)	5/13	5/11	5/10	5/12	5/11	5/11
播種量(kg/10a)	6.6	5.7	4.4	4.5	4.5	4.8
苗立ち数(本/m ²)	96	104	135	74	88	77
播種後5日間の平均気温(°C)	12.2	15.7	15.2	12.4	12.1	13.1
出穂期(月/日)	8/21	8/11	8/11	8/16	8/22	8/8
出穂までの積算温度(°C)	1944	1803	1772	1779	1793	1757
稈長(cm)	83.8	77.2	65.6	71.2	55.6	72.7
穗長(cm)	18.0	15.4	15.7	16.8	16.5	19.6
穂数(本/m ²)	447	484	421	398	367	383
全刈り収量(kg/10a)	488	634	553	583	380	551
(参考)移植収量(kg/10a)	508	622	536	603	329	588

(注) 東北農試圃場(盛岡)、移植の収量は場内60a区画の全刈り、品種あきたこまち

ロータリバルブの回転速度が低速であると、ロータの分割が少ないので繰出しが間欠となるので20 rpm以上での繰出しが必要であった。

ロータリバルブの繰出しによる実散布作業では、散布状態を監視し本機を停止することなく駆動モータの回転を可変することにより、計画施用量に合わせて各資材の調量を容易に修正できた。実作業での横方向散布分布の変動係数は、コーティング種子35%，除草剤1kg粒剤32%であった。

2) 噴頭回転式広幅散布機を主体にした作業体系の実証

1994年に2ha区画の圃場で実施した本作業体系の結果は表1に示した。延べ労働時間は、76.7 h/ha、畦畔管理や粉の乾燥調整を除いた圃場内作業の延べ労働時間は39.2h/haであった。多く要した労働時間は除草労力で、ヒエの発生により手取り除草を行ったためである。供試圃場でのサンバード粒剤+プッシュ粒剤（商品名）の除草体系では不十分と思われた。基幹作業機の噴頭回転式広幅散布機の作業時間は、播種 0.39h/ha（散布幅50m），除草剤散布（2回）1.11h/ha（散布幅25m），追肥（2回）0.51h/ha，病虫害防除（1回）0.39h/haと高能率を示した。

3) 噴頭回転式広幅散布機による湛直散播の生育と収量性

湛直散播は1989年から実施している。60aから200aの大区画圃場における一昨年の冷害年を含めた6年間の生育収量の概要を表2に示した。10a当たり全刈り収量の平均は532kg/10aで、隣接した圃場での移植栽培試験の収量と比較してみると、品種の違いがあるが収量的には遜色なかった。

噴頭回転式広幅散布機が稻生育中に圃場内走行し、車輪の踏みつけによる生育に与える影響を心配されたが、播種と追肥、薬剤散布に3回走行した部分を含む2.4m幅の調査区の収量は、走行していない所と比較し5%減にとどまった。噴頭回転式広幅散布機は作業幅が広く作業行程が少ないので、圃場全体からみると収量にはほとんど影響

しない。しかし、走行跡の土の盛り上がり部で除草剤の効果が少なく雑草は生じ易かった。

4) 本作業システムの問題点

①噴頭回転式広幅散布機の問題点

本機は左右に揺動する噴頭の先端から資材を放出して25から50mの広範囲に散布する方式なので、資材の性状によって風の影響を受けやすい欠点を持っている。粒状肥料やコーティング種子は平均風速5m程度までは作業可能であるが、除草剤などの微粒剤は平均風速3m以上であると作業困難であった。アメダスによる盛岡の1日の平均風速の変化をみると10時ころまでは3m以内であったので早朝に作業計画を組むことが必要である。

②直播栽培の主要な問題点

苗立ち不安定、鳥害、散播方式では特に倒伏しやすい。この解決には短稈品種を使用し、生育中期の追肥の時期と量を決めるための生育診断方法の確立が残されている。本体系の播種は深播きとなりず苗立ちの確保は容易であった。カモを対象にした鳥害対策は爆音機、反射テープや道路工事用ランプ等を組み合わせて行い、カモの発生密度が少ないので飛来するが被害は軽微であった。

5. まとめ

噴頭回転式広幅散布機を主体にした散播体系の大区画圃場での所要労力は、ヘクタール当たり77時間となり、慣行の移植体系に比べかなり省力されるが、本機の利用にあたっては、風の少ない時間帯での作業が前提となる。本体系で安定した収量を得るには、倒伏を防ぐための生育診断に基づく施肥技術の確立が必要である。

【参考文献】

- 1) 今園支和、他：東北平坦水田における大区画化と直播栽培による低コスト作業技術の開発、農作業研究 29 (3), 167-175, 1994
- 2) 矢治幸夫、他：直播稻作への挑戦 第2巻、農林水産技術情報協会, 75-93, 1995

被覆型直播栽培に関する実証（第1報）

— 試作1号機による栽培について —

若松正夫 **・小関一幸 *

Development of Rice Direct Seeding Technique by the method of covering Polyethylene film (Part 1)

— Performance and Using of the trail hand farm Rice Direct Seeding machine —

Masao WAKAMATSU **, Kazuyuki KOSEKI *

[キーワード]：被覆直播，ポリエチレンフィルム被覆，3葉時フィルム除去，歩行用播種同時被覆機

1. はじめに

1970年に苗立ちの安定と鳥害の防止をねらい岩手県のある農家が、播種後、手製の機械でポリエチレンフィルムを被覆し、その状況が「保温折衷苗代」に類似している直播栽培であったことから、岩手県農業試験場でこの直播栽培を保温折衷直播栽培と称し研究が開始された。この研究に注目し、1971年から3年間にわたりTプラスチックメーカーで試作された歩行用1条播種同時被覆機を使用して、山形県農業試験場置賜分場においてササニシキとキヨニシキを供試して研究の結果は、鳥害の被害もなく移植栽培並みの出穂を迎える、収量、品質とも良好であったが、研究期間中にオイルショックの社会情勢によってフィルムが高騰したなどにより研究も普及も中断された。

今回播種同時にポリエチレンフィルムを被覆する被覆型直播栽培を実施した場所は、山形県西村山郡河北町大字田井である。依頼農家を含め多くの農家は、100本程度のさくらんぼ樹のほかにも、西洋梨、りんごなどの果樹栽培を軸とし、水田は60a前後を所有する複合経営である。水田は小規模でも殆どが育苗施設と田植機を保有しており、育苗の作業や管理労働を伴うことからこれら削減のために直播栽培の導入を望む一方、地帯の水田生産能力は高く10a当たり660kgから720kg程度の収量は十分確保できる。果樹栽培も水稻栽培と同様に気象に作柄は左右されるだけでなく、豊

作となると価格の低迷もあることから、直播栽培であっても省力だけでなく移植栽培並みの収量、品質の確保ができる直播栽培の導入を望んでいる。このためには被覆型直播栽培が適応できると考えられたので、Tメーカーで試作した歩行用1条型播種同時被覆機を、1971年に撮影した1枚の写真を参考にして試作機の製作を完成した。

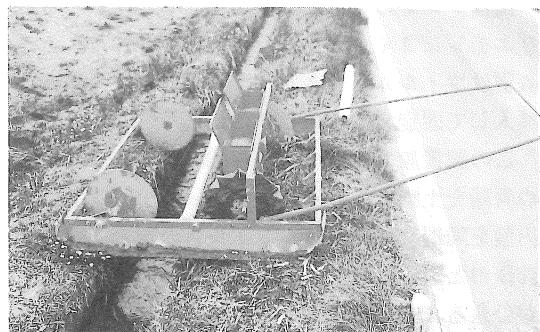


図1 歩行用播種同時被覆機（試作1号機）



図2 試作機の水田作業完了寸前

2. 試作機の諸元

幅95cmのポリエチレンフィルムに4条が播種できることを基本として製作した。図1は試作1号機の全体を撮影した写真で、図2は水田の作業状況を撮影したものである。

試作機の概要について説明すると、横120cm×縦150cm×幅1.6cm鉄製枠の両縦枠下に12.5cm幅の滑走檻を取り付けた。前方横枠には20cm間隔に4つの作溝板を取り付けた。取り付け鉄棒にスプリングはめ上下動を可能にし、取り付け鉄棒に調整穴を設け溝の深さが調整できるようにした。

作溝板から30cm後方に2つの播種タンクを1連として2連の合計4つのタンクとなる。1タンクの容量は縦10cm×横15cm×深さ10cmで鳩芽種子重500gが収納でき、タンクは種子がこぼれないよう1連ごとに蓋をつけた。各播種口の内部に落下播種粒が調整できるよう先端に刷毛をつけた鉄板を上下できるようにした。播種口直下に直径8cmのローラーに直径1cm×深さ5mmの受け皿を8個彫りこんだ。播種ローラー駆動用に直径30cmの円板を軸両端に取り付け接地駆動が確実に行われるよう11個の突起を溶接した。

播種タンクの後方20cmの位置にマルチをするポリエチレンフィルムを支える装置をつけた。この装置はフィルムをまきとっている軸ポールの穴に挿入して固定するものである。

この装置設置した箇所から40cm後方にフィルムの両端を土壤に埋め込む直径30cm×厚さ1.2mmの円盤を両端に取り付け、フィルムの幅の両端5cm前後のところを埋没する。また、この円盤は上下ができる構造となっている。

機械本体は約25kg程度であるため1人でもちあげることはできるが、播種水田での作業は1人では容易でないことから2人で牽引しやすいように湾曲鉄製ポールを取り付けた。

現在大半の農家が個々に田植機を所有していることから経済負担にならず、収納庫の片隅に置くことができ、安い価格で販売できる播種同時被覆機となる試作機を目標とした。

3. 栽培方法

1) 播種水田土壤の状況

試作機のおおよその設計が収穫時の秋に決定しなかったため、大型乗用田植機の稼働と同様に秋耕、春耕、代掻きをしたことから、播種機の牽引にあたり、足が土壤にめり込んで足が抜きにくく耕盤も深浅が著しかったので、牽引がスムーズでなかった。牽引をスムーズにできる耕起、代掻き方法を来年度検討する。

代掻きはフィルムと土面との間に空間をつくるため稻わらの残渣が土面にあるよう粗にした。

2) 耕種条件

(1) 供試品種

どまんなか、ササニシキ、はえぬき、コシヒカリの4品種である。中生種でも出穂のおそいはえぬきは、葉、穂いもち病に強く、強稈で倒伏の懸念がない。栽培にあたってはどまんなかよりも直播栽培では適していると考えられる。晩生種のコシヒカリは県の奨励品種ではないが、なんといつても人気の高い品種で農家では栽培したい品種である。また中山間部や山間部でも直播栽培を可能するには、移植栽培と同時期の出穂を確保することが絶対の条件である。この点を含め検討するため4品種を供試した。

(2) 施肥

元肥は緩効肥料（成分各15, 15, 15%）で10a当り現物量33kg、フィルム除覆後の5月15日に硫安を10a当り現物量7.5kg各品種とも追肥した。その後、どまんなか及びはえぬきは出穂前28日に高度化成（成分各14, 14, 14%）を10a当り現物量10kg+出穂前12日に上記の高度化成を10a当り現物量8kg追肥した。ササニシキとコシヒカリは出穂前24日に高度化成を10a当り現物量14kgを追肥した。

(3) 除草剤、病害虫防除剤の使用

除草剤の処理は代掻き翌日の4月23日にシーゼットフロアーブル剤10a当り500cc+除覆2日後の5月15日にマーシエット粒剤2.5を10a当り3kgを施用した。

病害虫防除剤は6月15日にいもち病予防のためオリゼメント粒剤を10a当り3kgした。7月24日以後は航空防除で4回実施した。

(4) 播種同時フィルム被覆から除覆までの経過

①播種は4月29日が土面状況が適当とおもわれた

が28日実施した。歩行が容易でない土壤条件であったことから、本機の牽引は牽引パイプと軽トラック全面とロープでつなぎ毎分当り12m程度の速度で隣接水田から牽引した。1人は播種機の性能が發揮できるよう牽引パイプを握り操作しながら歩行した。

②種糲は種子消毒剤を使用したのみで酸化剤（商品名カルパー剤）はコーティングしていない。鳩芽程度にした種糲をササニシキ、はえぬき、コシヒカリは10a当り2kg、どまんなかの大半は2kg、1部は10a当り4kg播種した。

③被覆ポリエチレンの厚さは0.02mmで経費は10a当り6千円である。作業中や被覆期間中の破損は全くなく除覆後のフィルムは他に使用可能である。

④被覆期間の状況は播種後2日目から3日目と降雨があり、フィルム面に停滞水がみられ多少の問題はあったがフィルムで密封されていることから流れ出ることはなく、5月8日には停滞水もなくなり外からフィルムを透して緑化した芽が確認できた。5月11日には4cm前後となった草丈でフィルムが盛上り1部がはがれ始めたため、5月13日に湛水してからフィルム末端をはずし、95cm幅を1本の紐になるような形ではずして畦畔に引きげた。

4. 結果と考察

1) 被覆期間の気象

表1は隣接する村山市楯岡アメダス数値を使用してフィルム被覆期間の積算値をしめしたものであるが、本年は被覆期間に3葉に達していたので来年度以降も継続して数値を積み上げて、数値の積算状況から除覆適期の判定資料としたい。

表2はフィルム被覆内の日々温度を調査したものである。5月6日になると被覆内は最高温度が40℃以上となるが、この温度を記録している時間帯は11時から14時前後の3時間程度のため、草丈が細く伸びる状況にはならなかった。最低温度は日を追うごとに上昇する。過去にビニール幌式畑苗代で地表の最低温度が9℃以上が日々続くと苗の生育が良好になることを体験しており、この場合も上記と同様な生長傾向がみられる。

2) 生育

本栽培の主たる目標は当地の移植栽培の始まる5月15日には苗立ちがしっかりと、すくなくとも2.5葉程度に生長していること。出穂期は5月15日田植えした移植栽培並みとなることである。

フィルム被覆期間の苗立ち状況をみると、播種5日目に出根、8日目（5月6日）になると根は土壤に完全にはいり地上部は直立し2葉となり、13日目（5月11日）には各品種とも3葉となり苗丈が伸びて、そのためフィルムが盛り上がって1部の場所でフィルムの端しがはずれた。5月13日に水田に湛水して1人で午前中にすべて除覆して、フィルムはすべて畦畔にひきあげた。除覆は簡単で破損は全くなかった。

5月、6月、7月は、曇天及び降雨日が多かつたが生育が停滞することなく、最高分げつ期は各品種とも6月30日に出現してm²当り800本以上を確保した。

また穗肥が適切に行なったことから1穂当たり糲数も対照移植栽培よりも確保されたことでm²当り糲数も、ササニシキ、どまんなか、はえぬきの3品種はいずれも3万8千粒、そしてコシヒカリは4万粒と適切な確保となっている。

出穂期も直播栽培各品種は対照移植栽培品種よりも2日程度早かった。

3) 精玄米重及び整粒歩合

直播栽培は各品種とも1カ所3.3m²を4カ所刈取りした。対照の移植栽培は圃場で中庸のところ

表1 被覆期間の気象
(アメダス楯岡)

積算期間	4/28~5/12	月/日
最高気温	312.2	℃
最低気温	123.5	℃
平均気温	223.1	℃
日照時間	56.7	時間
降水量	12.0	ミリ

表2 被覆内の温度(℃)

調査月日	5/6	5/8	5/9	5/10	5/12
最高気温	40.3	37.8	43.0	43.0	45.0
最低気温	5.0	8.0	9.0	10.2	12.5

第3表 出穂期及び成熟期の生育

品種名	種類	出穂期 月／日	成 熟 期			1穂当たり 粉 数 粒	m ² 当たり 粉 数 粒
			稈長 cm	穗長 cm	穗数 m ² /本		
どまんなか	直播	8/4	83.4	18.9	459.7	80.8	37143.8
	移植	8/6	80.0	20.0	436.0	69.8	30432.8
ササニシキ	直播	8/5	88.2	18.8	448.0	87.0	37632.0
	移植	8/7	90.2	19.8	536.0	79.7	42719.2
はえぬき	直播	8/9	75.3	18.5	434.9	88.5	38466.9
	移植	8/11	70.0	17.0	456.0	54.9	25034.4
コシヒカリ	直播	8/13	91.5	18.6	384.3	106.5	40925.0
	移植	8/16	84.0	18.6	401.0	72.8	29192.8

を50株刈取り10a当り収量に換算した。精玄米重は粗玄米重を一般農家が米調製に使用している網目と同様の1.85mm篩を用いこれに残る玄米重を精玄米重とした。

4カ所平均値でみたどまんなかの10a当り換算精玄米重は692kg、はえぬき677kg、コシヒカリ654kg、ササニシキ634kgである。

整粒歩合についてみると、4カ所平均値で最高値はコシヒカリの88.5%、どまんなか84.3%，はえぬき84.0%と良好であるに対してササニシキは73.7%で1等米基準内ではあるが上記3品種にくらべ低値である。

東北農政局山形統計情報事務所の10月15日現在の水稻予想収穫量の村山地域における作況指標は91と「不良」になっておるが、その主たる原因が穂数不足と穗いもち病被害の拡大があげられている。対照移植栽培などの品種のなかに地力が高く、穂いもち病の被害が微であったもので例へばひとめぼれ696kg、どまんなか685kgと多収で、直播栽培の各品種の精玄米重が突出して多収ではない。

5. 今後の検討課題

- 1) 来年度の播種同時被覆機は中古の乗用田植機の油圧を利用して操行できる試作機を製作する。
- 2) 早い年次に中山間部、山間部で実証する。
- 3) 歩行用播種同時被覆機の操行性を高めるため耕起、代搔き方法を検討する。
- 4) 更に品種を加え、収量、品質、食味の良い栽培法を検討する。

[閲読者コメント] 被覆と湛水のタイミングを適切にとることで、可能な限り除草剤の使用を減らす、という方向もこの研究の一つの発展と期待しています。お考えを聞かせて下さい。

[著者回答] 気温のあがる5月第一半旬に播種同時フィルム被覆を実施すれば、被覆7日間程度で苗立ちもしっかりして、2.5葉前後の葉数も確保は可能であることから、播種前の除草剤を削減できると思っていますので、来年度検討します。

春季の気象と水稻直播栽培の播種作業期間

荒川市郎*・青田 聰*

The Effect of Air Temperature for Seeding Period on Rice Direct Sowing
in Flooded Paddy Field

Ichiro ARAKAWA*, Satoshi AOTA*

[Keywords] 水稻, 湿水直播, 気温, 播種期, 作業期間

1. 緒 言

水稻の直播栽培は、育苗作業が省略できるため、大規模稻作農家向けの省力栽培技術として注目されている。一方、大規模稻作が成立するためには、各作業の作業期間が長く余裕があること、作業時期を限定する要因をできるだけ少なくすることが必要である。したがって、直播栽培が大規模稻作農業に取り入れられるためには、播種作業期間が広くとれることが重要である。しかし、春季の気温が低い東北地域の湿水直播栽培は、関東以西に比べて播種早限が遅くなるとともに生育期間の気温が低いため播種晩限が早まり、播種適期の幅が狭いと予想される。本研究では、福島県内の気象条件の中で特に平均気温の違いを利用し、気象条件の違いからみた水稻湿水直播栽培の播種作業期間を明らかにしたので報告する。

2. 材料及び方法

本研究では、最初にメッシュ気候図システムを利用して地域別の平均気温を求めた。次にその気温から地域別の播種早限と播種適期を推定した。さらに、栽培試験から求めた水稻生育モデルを利用して播種晩限を推定した。最後に播種適期と播種晩限の間の日数を求め、播種作業期間とした。それぞれのデータの具体的な処理手順は以下の通りである。

(1) 地域別の気温の推定

地域別の気象は、宗村³⁾が開発した福島県メッシュ気候図システムの日平均気温を利用した。こ

の気温は、毎日の実測値とは異なり、4月から8月にかけて毎日ながらかな上昇を続け、8月から10月にかけて毎日減少するもので、平年値に相当する数値である。この気温は、約1km四方のメッシュを最小単位として、福島県内の農耕地の存在する8800メッシュについて算出した。しかし、本稿では福島県内の稻作地帯を代表するメッシュについて掲載した。

(2) 湿水直播栽培の播種期間の決定

1) 播種早限

播種早限は、羽生ら²⁾の方法に従い、日平均気温11.5℃の出現日とした。

2) 播種適期

播種適期は、苗立率が80%を確保できる気象条件とした。この条件として、梅津ら⁴⁾の試験結果から、播種後10日間の平均気温が14℃以上確保できる日の初日とした。

3) 好適播種晩限

好適播種晩限は、羽生ら²⁾の方法に従い、好適出穗日までに出穂可能な播種日とした。ここで、好適出穗日は、羽生ら²⁾が提唱した出穗後40日間の平均気温22℃を確保できる日の最終日とした。

また、好適出穗日から播種晩限を求める方法は、荒川ら¹⁾が作成したササニシキの湿水直播栽培の水稻発育指数モデルを用いた。このモデルは、播種日が0、出穗期が1となる発育指数(DVI)の概念を利用している。この発育指数は、毎日の平均気温から求められた水稻の発育速度(DVR)の和となる。したがってこのモデルでは、播種後

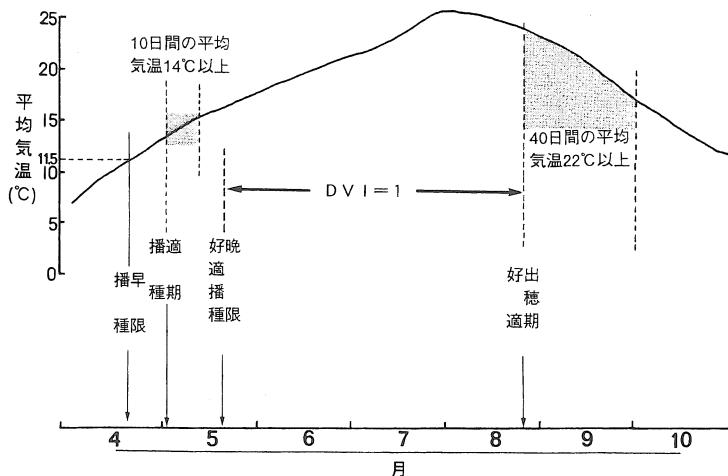


図1 気温と水稻湛水直播栽培の播種期

の日平均気温に対応する発育速度を毎日積算し、1に達した日を出穂期としている。ここでは、好適出穂日のDVIを1とし、毎日の平均気温から求めたDVRを引いて、0になった日を好適播種年限とした。

播種早限、播種適期、好適播種年限、好適出穂日の関係は、図1の通りである。

3. 結果及び考察

メッシュ気温とともに推定した地域別の播種早限、播種適期、好適播種年限を表1に示した。

(1) 播種早限の地域性

播種早限は、中通り平坦部が4月中旬の後半であり、次いで浜通りおよび会津平坦部が4月下旬であった。また、阿武隈山間および会津山間は5月上旬となった。

(2) 播種適期の地域性

播種適期は、中通り平坦部および会津平坦部では5月上旬、浜通りでは5月中旬、会津山間および阿武隈山間では5月下旬であった。会津山間および阿武隈山間の播種適期は、移植栽培の移植期とほとんど変わらない結果が得られた。播種適期は、会津平坦部を除き、現行の移植栽培の田植えの時期とほぼ一致しており、湛水直播栽培による播種作業の前進はほとんど期待できないと考えられる。

(3) 好適播種年限

好適播種年限は、中通り平坦部では5月中旬であり、県北の梁川では6月上旬と遅かった。また、会津平坦部では5月中旬から下旬であった。

浜通りでは、いわきを除いて好適播種年限が存在しなかった。また、阿武隈山間および会津山間も好適播種年限が存在しなかった。このことは、これらの地域における直播栽培では、出穂期が遅れて、登熟に十分な気温が確保できないことを示している。

(4) 播種作業期間

上記の結果から、湛水土中直播栽培の好適播種作業期間を、播種適期から好適播種年限までの期間とすると、この期間の日数は、梁川、塩川などが長く、次いで郡山、矢吹、いわきの順であった。この日数は、梁川や塩川を除いて、それぞれの移植栽培の作業期間より短く、しかも移植作業の期間と重複する。したがって、梁川や塩川は湛水直播栽培において苗立率と登熟温度および播種作業期間が確保できる地域であり、大規模稻作として湛水直播の導入が可能と推察される。しかし、郡山・矢吹・いわき・会津坂下・新鶴は、苗立率と登熟温度の確保が可能であるが、好適作業期間の短い地域である。したがって、このような地域は、湛水直播栽培が可能な地域であるが、播種作業が可能な期間が短く、大規模稻作の技術として湛水直播の導入が困難な地域と考えられる。

表1 福島県内における湛水直播栽培の播種作業期間

地 域	市町村	標 高	播 種①	播 種②	好適播種③	播種作業期間	
		(m)	早 限 (月 日)	適 期 (月 日)	種 晩限 (月 日)	③-② (日)	③-① (日)
中通り 平坦部	梁 川	58	4.18	5. 2	6. 5	34	48
	郡 山	233	4.22	5. 6	5.18	12	26
	長 沼	363	4.26	5.12	-	-	-
	矢 吹	290	4.21	5. 6	5.17	11	26
	棚 倉	216	4.26	5.10	5. 6	-4	10
会 津 平坦部	塩 川	204	4.25	5. 7	5.29	22	34
	会津坂下	194	4.26	5.10	5.16	6	20
	新 鶴	204	4.27	5.11	5.14	3	17
	西 会 津	163	4.29	5.14	-	-	-
浜通り 平坦部	相 馬	17	4.27	5.16	-	-	-
	小 高	25	4.27	5.14	-	-	-
	富 岡	47	4.27	5.15	-	-	-
	い わ き	18	4.22	5.10	5.20	10	28
阿武隈 山間部	飯 館	445	5. 3	5.23	-	-	-
	川 内	435	5.15	6. 4	-	-	-
	山 間 部	都 路	499	5. 6	5.27	-	-
会 津 山間部	猪 苗 代	529	5. 3	5.21	-	-	-
	南 郷	525	5. 2	5.19	-	-	-
	田 島	625	5. 5	5.23	-	-	-

市町村は農業試験場の本支場試験地および水稻奨励品種決定調査（現地調査）の属する
メッセである。

(5) 作業期間拡大の方策

播種作業期間の拡大のためには、播種適期を早めるか好適播種晚限を遅らせる必要がある。前者は、より低温で発芽する播種法の開発や苗立率の見直しによって達成される。仮に現行の播種法よりも低温で出芽苗立ちが安定する播種法が開発され、その播種法の作業能率が低くても好適播種期間が前進し、結果的に播種面積が増大すれば大面積に適応した播種法として利用できる。

また、本報では播種適期を苗立率80%を基準としている。この苗立率の水準を下げることができれば、播種適期が前進し好適播種作業期間の拡大が可能である。苗立率の水準を下げるためには、出芽後の肥培管理の改善による単位面積当たり粉数の確保や播種量の增量が考えられる。

後者の好適播種晚限を遅らせる方法としては、播種から出穂期までの期間が短い品種の導入が考

えられる。しかし、生育期間が短い品種は、生育量が少くなり収量が上がらない欠点がある。

また、好適播種晚限を遅らせる方法として、好適出穂日の温度条件を低く設定する方法がある。この方法は、登熟温度を低く設定することから、好適出穂日が遅れて、結果的に好適播種晚限を遅らせることが可能になる。しかし、好適出穂日を遅らせることは減収につながる。

以上の結果から、福島県における湛水直播栽培の播種作業期間は、梁川を中心とする中通り北部平坦地帯および塩川を中心とする会津平坦地帯が最も長く、大規模稻作技術として本栽培法が導入可能な地域と考えられる。また、これ以外の平坦部の地域は、湛水直播栽培が可能な地域であるが、播種作業期間が短い地域であり、大面積の栽培には気象条件から見て減収が伴うと予想されることから、収量水準の見直しが必要である。

4 引用文献

- 1) 荒川市郎ら 1993 福島県における水稻湛水直播栽培の適地区分 東北の農業気象 38 : 11-14
- 2) 羽生寿郎ら 1967 北日本における水稻直播栽培の適地・適期の決定方法に関する農業気象学的研究 東北農業試験場研究報告 34 : 1-21
- 3) 宗村洋一 1989 福島県におけるメッシュ気温平年値の推定 東北の農業気象 34 : 18-24
- 4) 梅津敏彦ら 1992 散播による湛水土壤中直播栽培技術 山形県立農業試験場研究報告 26 : 77-102

環境にやさしい低コスト米作りの実証（第4報）

ハロー田植機の改良と施肥法

泉 正則 *・青木伸浩 *・金田正弘 **

Ecological Culture of Rice Plant by Non-Harrowing (Part 4)
— Improvement of the Transplanter and the Fertilization —

Masanori IZUMI *, Nobuhiro AOKI *, Yoshihiro KANEDA **

1. はじめに

ウルグアイ合意によって、米を取り巻く環境は大きく変わろうとしており、稻作農家も生産コスト問題を避けて通れない現況にある。規模拡大によるコスト低下も圃場の集約難や分散によって、効率的稻作経営を阻害している。

現行の田植機稻作体系の最も繁雑な移植作業手順を見直し、代掻作業を省き表層碎土と同時に田植出来る作業方法が完成すれば、田植期間の繁雑な重労働や、泥汚れから解放され、且つ環境保全を意識した米作りが出来る。本研究では、「表層碎土同時移植栽培法」を確立する田植機を開発、第1報で報告した。この技術を可能にしたハロー田植機を更に地域を選ばず、且つ安全に利用出来るよう改良を加え、適応範囲を広げ農家の利便性と危険防止を図るとともに、ハロー田植における施肥法の検討を行い効率的施肥位置が確認出来たので報告する。

2. 機械の改良

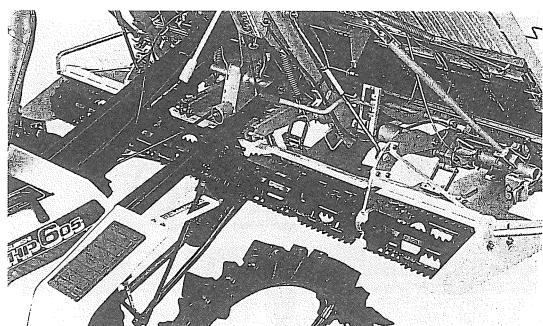
田植機への限りない要求は植付精度向上であり、植付と同時に表層を碎土するローターで泥水を押し、隣接条を埋没させる併害を防止するため、碎土ローターの形状を円筒型からカゴ型に改め碎土翼による浮遊物を土中に押し込み、碎土率を高めながら泥水がカゴの中を通過して、側方への泥押し抑制と軽量化を図った。更に円筒で押しつけた作用をカゴ翼で押しつけ均平性を向上させた。

圃場条件の異なる耕地を分散して所有する農家が大半を占める我が国農家の利便性を考慮して、碎土ローターの作用深を圃場条件によって任意の

深さ（0～5cm）にレバー1本で乗ったまま調節が出来る（図-1）。又ローターを格納状態に最大にあげると、代掻圃場では普通型田植機として利用出来るようにした。

ローター回転数を変える為ローターミッシュョンをつけ、トルクリミッターを内蔵し過負荷による動力伝達機構の保護を図った。更に植え付け部を持ち上げると自動停止装置を連動させ、苗補給や旋回時の安全性に配慮した。

湿田での進行低下、土質による碎土率を増す為ローター回転数を258～570rpmの範囲で利用するため、動力伝達系統の強度向上と出力を2PS高めて最大出力を12PSとした。



表層碎土ローター

3. 機械の適応性

慣行代掻作業時間がハロー田植によって省かれ、機械利用面積の拡大が可能になる。これに伴って多様な土質や透水性の異なった圃場に対応することになるが、碎土ローター調節と無代掻田植から代掻圃場まで、1台のハロー田植機で対応が出来、機械経費の軽減が図られる。

3ヶ年間の利用事例から次のような圃場準備があげられる。①秋耕起+春に表層のみ碎土後、入水して田植を行う。表層碎土により雑草が枯死し、田面が均平になり、植付精度が良好になる。②秋耕起+田植数日前、畦畔際一周り代搔を行い、畦畔からの漏水防止と雑草の侵入を防ぐ。段差のある圃場や砂質土壤で行う。③春耕起+碎土を行う。粘質が強く雑草が大きい時は再生防止の為、碎土率を高める。④春耕起1回。雑草が少なく壤土、火山灰土壤で有効。耕起の際ロータリーカバーを下げ仕上げる。⑤春耕起+荒代。受託面積が多く圃場に雑草が多い場合は簡単な荒代を1度に全面積を行い、湛水しておき、田植作業を連続して行う。代搔後日数経過で圃場が固まり雑草も発芽し始めるが、ローターで攪拌され埋没し田植に支障ない。⑥うなう搔き。4～5月に雨降りが続き、圃場が乾かず耕起が出来ぬうちに田植期になった場合は、灌水して耕起均平を一度に行い、数日後田植を行う。生育は変わらない。乾土効果は見込めないので施肥量を考慮する。⑦3ヶ年間実施した事例から、代搔を省いていると田面の均平度がやや乱れ、雑草も増すので2～3年に一回代搔を入れる圃場のローテーションを考えたハロー田植栽培が望ましい。

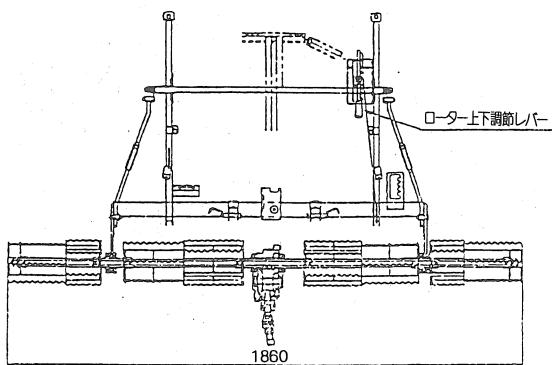


図-1 ローターの上下調節

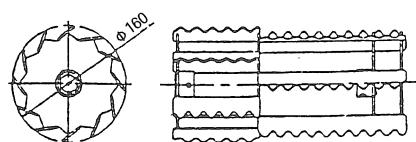


図-2 ローター形状カゴ型 2コ（波形羽根）

4. 省力化と干ばつ軽減

田植期間の繁雑な作業が解消され、省力効果も慣行対比30～50%の節減が直ちに表れ、また初年度より2年目が手順よく、植付精度も向上して作業能率が高まり慣行と大差ない。

平成6年は高温小雨のため水不足による干害があつたが、水不足で圃場が乾いてても、稻がロール状になるのが代搔田より約15日遅く、また急に大量の降雨があっても、根腐れしにくく、倒伏がなく、水不足による被害が軽減される事を確認した。

5. 施肥法と雑草発生

試験方法

- (1) 圃場：秋田農試大潟農場内の連作水田
- (2) 土壌：細粒質グライ土、土性-HC
- (3) 供試品種：あきたこまち
- (4) 試験区の構成：(2連制)

区	平成6年			平成5年			
	基肥 (kg/10a)			追肥	基肥 (kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無肥料区	0	0	0	0	—	—	—
3 cm 区	4.9	4.9	4.9	0	6.0	6.0	6.0
5 cm 区	4.9	4.9	4.9	0	—	—	—
7 cm 区	4.9	4.9	4.9	0	6.0	6.0	6.0

生育の推移と施肥効率

ペースト側条施肥深はフロート低面を基準にした設定で、ハロー田植の場合見かけの施肥深である。生育・肥効を知るため表-1の設計で検討した結果、茎数は7cm区>5cm区>3cm区の順に推移し、穂数も7cm区が最も多かった。

植え付け14日後の最長根長は施肥位置が深いほど長く、草丈は短めであった。(表-1)

7月中旬の根張りは3cm区は表層に分布するも、7cm区は下層に分布する量が多い。(図-4) 成熟期の葉色は施肥位置が深い方が少し濃く、下葉の枯れ上がりも少なかった。(図-5)

引算法による基肥窒素の利用率は施肥位置が深い方が高く、収量も3cm区に比べ、5cm区8%，7cm区10%増収した。(表-2)(表-3)

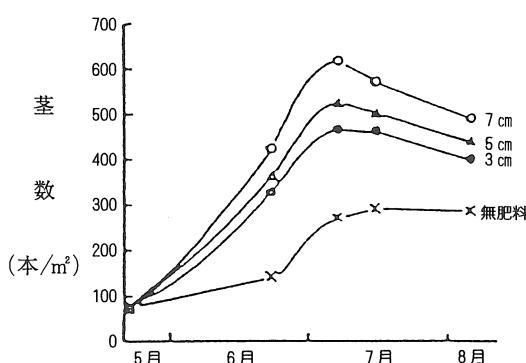


図-3 ペースト肥料の施肥位置が茎数の推移に及ぼす影響

雑草の発生

田植後1ヶ月頃の雑草の発生は特に3cm区に多く5・7cm区は少ない（平成5年も同じ傾向）。無代掻圃場の浅い施肥は碎土による拡散・脱窒や土壤が酸化的であることが雑草の再生を助長し、施肥効率を低下させていると考えられる。（表-2）

表-1 ペースト肥料の施肥位置が生育初期の水稻根長に及ぼす影響

施肥位置 (深さcm)	草丈 (cm)	最長根長 (cm)
3	21	6.2
5	20	8.5
7	16	9.8

表-2 施肥位置が差引法による基肥窒素利用率

施肥位置 (cm)	総窒素吸收量 (Ng/m²)	成熟期利用率 (%)
3	11.42	39.6
5	12.67	65.1
7	13.81	78.2

表-3 ペースト肥料の施肥位置が水稻の収量及び収量構成要素に及ぼす影響

(品種：あきたこまち)

区	稈長 (cm)	穗数 (本/m²)	玄米重 (kg/10a)	収量 指数	総粒数 (×10³/m²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
無肥料区	74	288	447	78	24.1	84.7	22.0
3 cm 区	76	409	569	(100)	31.4	83.0	21.9
5 cm 区	77	436	617	108	32.7	84.7	21.7
7 cm 区	79	493	625	110	34.5	82.1	21.9

穂肥回数の節減

1次枝梗依存型品種の穂肥回数は概ね幼穂形成期・減数分裂期の2回が東北地区の基準となっている。この穂肥の1回分を平成5年は元肥に施肥した結果、草丈が伸び、登熟歩合が低下したので、平成6年は穂肥1回分の半量を元肥に加え、穂肥1回のみとした結果5・7cm区が慣行の側条施肥+穂肥2回と同等の生育・収量が得られた。

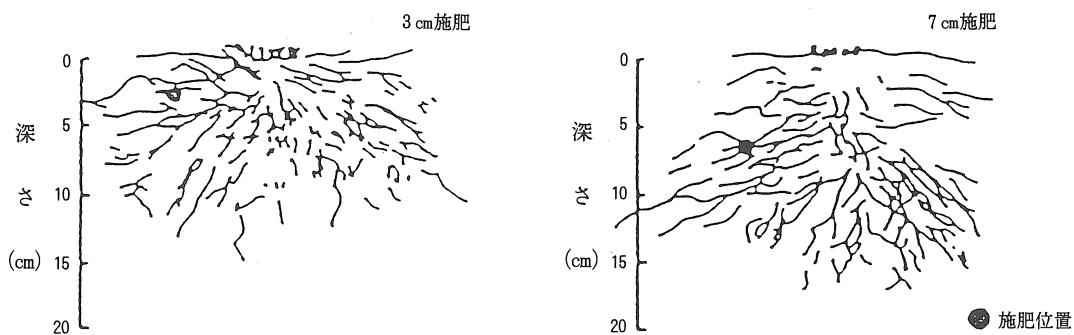
ハロー田植による地力窒素の発現が生育中～後に移行すること、根が下層に多く分布すること、土壤が強還元になりにくい状態で、根の活力が維持されることが施肥効果を高め（表-3）穂肥回数を減らせる等省力化が出来る。

6. まとめ

ハロー田植機のローターをカゴ型に改良し、泥押しを抑えたこと、更に碎土深を0～5cmに調節可能にしたこと、1台の田植機で、無代掻圃場から代掻圃場まで利用出来る等、利用拡大が容易になった。また、ハロー田植栽培において、ペースト肥料の施肥位置が水稻根の伸長や生育・収量に及ぼす影響が大きく、雑草の発生や施肥窒素利用率を考慮すると、従来の施肥位置より深めの7cm程度で効果が高いと考えられる。

謝辞

本報告をまとめるに当り宮城県古川農試加藤精一氏、山形農試小南力氏、秋田農試佐藤福男氏、



図一4 ペースト肥料の施肥位置が水稻の根張りに及ぼす影響（7月19日）

地域農業改良普及センターから有益なご教示と資料の提供を頂いた。ここに記して深く謝意を表する。

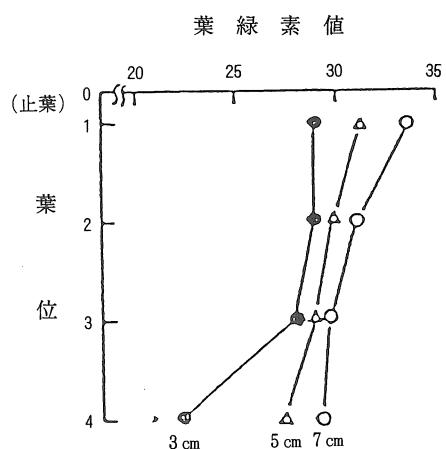
参考文献

- 庄司貞雄：新農法への挑戦（博友社 1994）
根研究会刊：根ハンドブック（1994）
秋田農試：土壤施肥試験成績（1993～1994）
古川農試：表層碎土同時移植試験成績（1992～1994）
山形農試：農業機械試験成績（1994）

【読者コメント】ハロー田植機は改良が進み、適用土壤も広くなったと思われます。技術導入上の注意事項がありましたらお知らせ下さい。

〔筆者回答〕

- 1) 田植前に雑草が伸びていると、再生し易いので雑草処理を行う。
- 2) 粘質土壤は碎土率を高めること。
- 3) 漏水田は避けること。



図一5 ペースト肥料の施肥位置が成熟期の葉色に及ぼす影響（9月5日）

大区画圃場における流入専用肥料施用（追肥）法

大里達朗 *・鈴木良則 **・高橋 修 **・小野剛志 **・新田政司 ***・伊藤公成 ***

Utilizing Method of Inflow Exclusive Fertilizer (Additional)
with Large Divided Field

Tatsuro OSATO*, Yoshinori SUZUKI **, Osamu TAKAHASHI **
Tsuyoshi ONO **, Masashi NITTA ***, Kosei ITOH ***

[Keywords] 流入専用肥料, 落水2分割施用, 省力型追肥

1. 緒 言

水稻の低コスト栽培が求められている中で、圃場区画の再編整備が行われてきているが、大区画圃場に対応した営農技術の開発が緊急の課題となつておらず、平成5年度より実証検討を行ってきていた。追肥作業については、現在乗用型管理機による方法、動力散布機による方法等がとられているが、より、低コスト・省力型の作業方法が望まれている。そこで、灌漑用水を使った肥料の流入用方法について、現在市販されている流入専用肥料の使用方法を検討した結果、実用化の知見を得たので報告する。

2. 試験方法

1) 供試肥料

N社及びA社製の水口流入専用肥料で、両肥料とも水に速やかに溶解する超微粒肥料を用いた。

2) 試験方法

4試験区を設け(表2), 4種類の施肥方法について検討を行った。

①試験A: 30a圃場において、田面水を水深2cm程度残した状態で、入水開始と同時に肥料を給水栓保護管直下に全量施用した。入水量は3時間

で水深7cm上乗せすることを目標に、パイプライン流量計で70t/hrに設定し、3時間後に止水した。

②試験B: 30a圃場において、圃場面の水深は0cmとして、入水開始後2~3分の走り水をした後に肥料を給水栓保護管直下に全量施用した。入水量は、3時間で水深7cmになるように設定し、パイプライン流量計で70t/hrに設定し、3時間後に止水した。なお、入水開始直後の走り水は、肥料成分が水の流れに乗りやすくするために行った。

③試験C: 1ha圃場において、圃場面水深0cm、入水量が4時間で水深8cmになるようにして行った。入水開始後2~3分の走り水をした後、肥料を給水栓保護管直下に投入用の半量を施用し、その後入水を続けて入水開始後2時間目に残り半量を施用し、更に2時間の入水後に止水した。水口は短辺に設置された3ヶ所全て使用し、投入肥料は3等分して各水口から施用した。

表1 供試肥料

流入専用肥料	肥料成分 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)
N社製粒状肥料	14-17-12
A社製粒状肥料	16-16-10

表2 試験区の構成

項目	A	B	C	D
試験場所	岩手農試圃場	岩手農試ほ場	石鳥谷町新堀	石鳥谷町新堀
処理区画	26.5a	27.3a	110.4a	100.0a
圃場減水深	28mm/day	28mm/day	8mm/day	8mm/day
肥料の種類	N社流入肥料	N社流入肥料	N社流入肥料	A社流入肥料
施肥時期	幼穂形成期	幼穂形成期	減数分裂期	減数分裂期
施肥量	N-2 kg/10a 現物 37.8kg	N-2 kg/10a 現物 39.0kg	N-2 kg/10a 現物 158.0kg	N-2 kg/10a 現物 125.0kg
処理時水深	2cm	0cm	0cm	0cm
施用回数	1回	1回	2分割	2分割
入水時間	3.0h	3.0h	4.0h	4.0h
施肥時間	(1min)	(1min)	(30sec)×2	(30sec)×2

④試験D：1ha圃場において、試験Cと同様の方法で、A社製肥料を用いて行った。

3. 結果及び考察

1) 施肥精度

①試験A

市販されている流入専用肥料の使用説明どおりの施肥を行い、施肥後の肥料の均一性を測定した結果、施肥終了直後のアンモニア態窒素濃度は、圃場中央部で高く、水口部と水尻部で低く、大きな濃度むらを生じた(図1-1)。施肥終了24時間後の測定でも濃度むらは解消されなかった(図1-2)。これは、肥料施用時に2cm程度田面水があつたために生じたものと考えられた。すなわち、施肥時に田面水が存在した場合に肥料施用と入水を行うと、田面にあった水は入水とともに水尻に押されて移動し、入水時からの水は肥料を溶解しながら中央部まで移動する。その時、水尻部へ移動した水への肥料分の拡散は行われにくく水尻部で濃度が低くなり、更に水口部ではその後の入水により濃度が薄くなったものと考えられた。よって、少なくとも水尻まで肥料分を到達させるためには田面水が無い方が望ましいと考えられた。

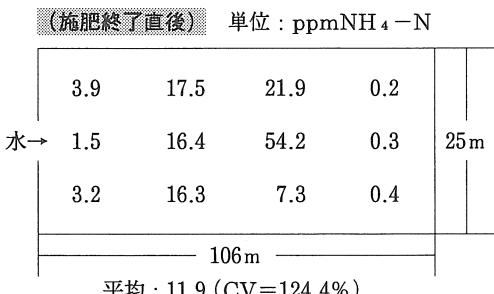


図1-1 試験Aにおける施肥むら(直後)

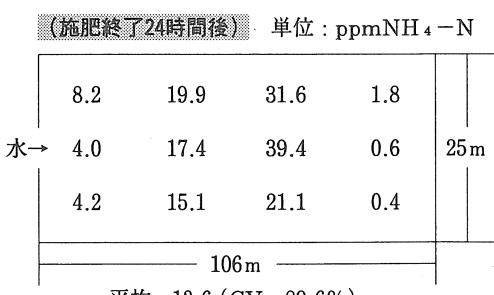


図1-2 試験Aにおける施肥むら(24h後)

②試験B

田面の亀裂が水で飽和している程度の田面水深0cmでの施用を行った。その結果、施用直後のアンモニア態窒素濃度は、水尻部で高く水口部で低かった(図2-1)。施肥終了24時間後においても濃度むらはあまり解消されなかった(図2-2)。これは、施用時の田面水がなかったことで水尻部まで肥料分が到達したものの、施肥後の入水が空水となって水口部の肥料濃度が薄くなり、濃度むらが生じたものと思われた。このことから、水尻部と水口部との濃度むらを解消するためには、施用回数を増やすことが有効であると思われた。

(施肥終了直後) 単位: ppmNH₄-N

2.7	24.5	24.5	87.5	
水→ 1.3	7.9	7.9	38.7	25m
1.4	12.7	12.7	53.0	
				109m
平均: 22.9 (CV=107.9%)				

図2-1 試験Bにおける施肥むら(直後)

(施肥終了24時間後) 単位: ppmNH₄-N

0.5	0.7	0.7	6.0	
水→ 0.4	0.6	0.6	3.5	25m
0.4	0.6	0.7	6.4	
				109m
平均: 6.2 (CV=68.0%)				

図2-2 試験Bにおける施肥むら(24h後)

③試験C

1ha圃場における施用時田面水深0cmの2分割施用を行った。

施肥終了直後のアンモニア態窒素濃度分布は、水口部で15.7~22.5ppm、中央部で7.8~18.3ppm、水尻部で8.5~14.0ppm、圃場全体での変動係数は40.0%であった(図3)。これは、粒の除草剤を人力で散布した場合とほぼ同レベルの精度であることから、実用化可能範囲の精度が確保できたものと思われた。

④試験D

試験Cと同様に 1 ha圃場において A 社製肥料についての精度について検討を行った結果、施肥終了直後のアンモニア態窒素濃度で、水口部から圃場中央部手前まで 10.3~22.5 ppm、圃場中央部奥側から水尻部までが 7.3~10.1 ppm であった。圃場全体での変動係数は 41.7% であった（図 4）。

(施肥終了直後) 単位: ppmNH₄-N

水→	22.5	9.5	8.0	8.7		
水→	15.7	7.8	8.0	8.5	80m	
水→	18.3		18.3	14.0		
					138m	

平均: 12.9 (CV=41.7%)

図 3 試験 C における施肥むら（直後）

(施肥終了直後) 単位: ppmNH₄-N

水→	10.3	20.0	10.1	9.5		
水→	11.4	20.0	8.9	8.7	80m	
水→	22.5	18.3	7.3	7.4		
					125m	

平均: 12.9 (CV=41.7%)

図 4 試験 D における施肥むら（直後）

2) 稲体窒素吸収量および収量

稻体窒素吸収量および収量について、試験C及び試験DをLP施肥試験区対照に検討を行った。

稻体窒素吸収量については、試験C, Dとともにややむらは見られるものの、8.5kg/10a程度の窒素吸収が認められた（表3）。

収量については、試験C（N社製肥料）では、やや低めであったもののむらはほとんど見られなかつた。試験D（A社製肥料）では、LP施肥区と同程度のむら、収量を確保できた（表4）。

表 4 流入施肥における収量性、収量むら程度

	稈長 cm	m ² 当り 穂数 本/m ²	わら重 kg/10a	糲ワラ比	玄米重 kg/10a	一穂糲数 粒	m ² 当り 糲 数 ×10 ³ 粒	登熟歩合 %	千粒重 g
LP施肥 ① (対照)	79.7	536	567	1.37	602	69	370	83.4	21.4
	79.6	529	698	1.27	686	72	382	83.3	21.6
	71.1	449	605	1.31	597	85	380	70.9	22.3
平均	76.8	505	623	1.32	628	75	377	79.2	21.8
CV%	5.8	7.8	8.8	3.1	6.5	8.9	1.4	7.4	1.8
試験C ①	84.9	506	578	1.27	561	64	322	88	21.4
	83.9	550	513	1.36	541	74	409	88	21.2
	71.3	415	543	1.27	543	55	227	95	21.7
平均	80.0	490	545	1.30	548	64	319		21.4
CV%	7.7	11.5	4.8	3.2	1.7	12.4	23.2	4.0	1.0
試験D ①	88.5	549	758	1.17	677	77	424	78	22.3
	81.7	428	698	1.26	658	70	299	81	22.4
	80.6	380	482	1.45	556	72	274	95	22.4
平均	83.6	452	646	1.29	630	73	332		22.4
CV%	4.2	15.7	18.4	9.1	8.4	4.3	19.8	8.8	0.2

表3 稲体窒素吸収量（10a当たり）

試験区名	乾物重全體	N濃度全體	N吸収量全體
LP ① ② ③	1.544kg 1.375 1.123	0.71% 0.66 0.60	12.7kg 12.9 8.3
平均	—	—	11.3
C ① ② ③	1.514kg 1.203 1.134	0.82% 0.94 0.74	10.8kg 7.9 6.8
平均	—	—	8.5
D ① ② ③	1.182kg 1.306 1.312	0.70% 0.74 0.61	8.2kg 9.7 8.0
平均	—	—	8.6

3) 省力効果・経済性、

流入施肥の場合と慣行の動力散布機を用いた場合の1ha当たりの労働時間、経費を表5に示す。労働時間は1ha当たり慣行施肥用2.5時間に対し、流入施肥用0.4時間と、大幅な省力効果が認められた。また、経費については、機械を使わないと機械費は削減されるが、肥料費が従来の化成肥料に比べて1ha当たり2~2.5倍と高価であるため、経済的には従来の化成肥料と同等からやや高くなつた。

表5 省力性及び経済性
(単位:円/ha)

項目	体系 慣行施肥 NK化成 (動 散)	流入施肥	
		N社	A社
固定費 (減価償却費)	3,960	0	0
肥料費 (2 kg-N/10 a)	6,270	15,730	12,500
燃料費	298	0	0
労働費 労働時間(hr) 短縮時間(hr)	2,368 2.5 —	383 0.4 2.1	383 0.4 2.1
合 計	12,896	16,113	12,883

注: 慣行NK化成57円/kg, N社肥料110円/kg,
A社肥料100円/kg, ガソリン120円/l,
オイル300円/l, 労賃単価1,000円/hrで試算。

4. 結論

- 現在市販されている流入専用肥料について、田面に均等に施用する方法について検討を行った。
- 施用時の田面水の有無については、水深2cmでの施用で、肥料成分が圃場中央部に集中し水尻部に到達しなかった。水深0cmでの施用では、水尻部まで肥料成分が到達したが、水尻側に肥料が集中して水口側の肥料濃度が薄くなつた。
- 施用回数については、1回施用では水尻側に肥料が集中したが、2分割施用を行うことによつて、田面水肥料濃度の変動係数約40%の精度で施用することができた。

- 窒素吸収量は、8.5kg/10a程度であった。
- 収量については、LP施肥区と同程度かやや低めであった。

- 従来の動力散布機による散布に比べて、単位面積当たりの投下労働時間は約6分の1に削減されるが、経費は同等からやや高くなつた。

- 以上のことから、現在市販されている流入専用肥料は、田面の亀裂等が水で飽和されている程度の水深0cmの圃場で2分割施用を行うことによつて、均一な施用が行われるものと思われた。また、従来の追肥に比べて大幅な省力化が図られた。

5. 参考文献

- 岩手農試：水田用水多目的利用に関する基礎調査総合報告書、1981
- 農業機械学会編：農業機械ハンドブック、コロナ社、602-603、1975

【読者コメント】アンモニア態窒素濃度は、サンプリング水深にも影響されると思います。サンプリングの方法についてお聞かせ下さい。

【著者の解答】肥料濃度の測定は、測定地点の田面水を十分攪拌した後、3反復ECメーターで測定して、予め供試肥料について測定して求めておいたEC値(mS)とアンモニア態窒素濃度値(ppm)の関係式($r^2=0.99$)により、アンモニア態窒素濃度に換算して求めました。

アスパラガスの機械化栽培技術

— 1年養成株を利用した促成栽培 —

朽木靖之 *・沼田光夫 **・橋本 進 ***・和田山安信 ****

Mechanical Cultivated Technology of Asparagus

— Forcing Culture Using Bred Seedling for One Years —

Yasuyuki KUCHIKI *, Mitsuo NUMATA **

Susumu HASHIMOTO ***, Yasunobu WADAYAMA ****

[キーワード] アスパラガス, 促成栽培, セル成型苗, 開孔器型移植機, 小型掘取り機

I 緒 言

福島県の中山間地域では、特産作物である葉たばこの作付面積が減少し、収益性の高い土地利用型作物の導入が求められ、その1つとして促成アスパラガスの導入が検討されている。しかし、従来のアスパラガスの促成栽培は、露地で2年の株養成期間を要し、しかも育苗、定植及び養成株の掘り上げ作業に多くの労働力を必要としており、導入する上で問題となっている。

このため、本研究では既存のたばこ用機械・施設（移植機、乾燥ハウス）が利用でき、1年で収穫可能な、省力的なアスパラガス機械化促成栽培技術について検討したので報告する。

II 耕種概要

- (1) 試験場所 福島県農業試験場(砂質埴壌土)
- (2) 試験年次 1992~1994年
- (3) 供試品種 ナイヤガラゴールド
- (4) 播種条件 催芽種子1粒播き
- (5) 栽植様式 高畦マルチ栽培（畦間120cm,
株間30cm, 畦高20cm, 畦幅50cm）
- (6) 施肥量 N:4 kg/a, P₂O₅:4 kg/a,
K₂O:4 kg/a

III セル成型苗の育苗に関する試験

1. 試験方法

(1) 育苗培地及び容器

機械移植に適する育苗培地の適性としては、保水性及び排水性に優れ、根群の形成が早いことが求められる。本試験では、福島農試で育苗培地に用いる慣行培地、バーミキュライト及びピートモスの3種類を供試し、根鉢形成が良い培地組成について検討した。なお、慣行培地は黒ボク土に堆肥を加えて2年間熟成後、堆肥、石灰等を混和した育苗培地である。

また、育苗中のアスパラガスは直径2mmほどの貯蔵根が6本程度発根するため、小さい容器で育苗した苗は老化苗になりやすい。本試験では、葉菜類用の育苗容器よりセル数が少なく、容量の大きい育苗容器に注目し、この中からセル形状の異なったプラスチック製のグローイングトレイNo51、グローイングトレイNo73及び25連結ポット（以下、GT51, GT73, 25TPとする）の育苗容器3種を供試し、根鉢崩壊率及びセルとの分離性について検討した。なお、根鉢崩壊率は0.5mの高さから根鉢を落下させ、落下前の根鉢質量に対する、根鉢から崩壊・飛散した培地質量の割合で示した。図1にセル成型トレイのセル形状を示す。

(2) 育苗期間

育苗期間については30, 45, 60, 75日育苗の4区を設定し、苗の生育及び移植後の養成株の生育について比較検討した。

2. 結果及び考察

(1) 育苗培地及び容器

表1に培地の種類と根鉢形成を示す。慣行培地含量の多い培地は根鉢形成不良となるが、バーミキュライト、ピートモスの含量が多い培地は根鉢形成が良好であった。よって、育苗培地には慣行培地、バーミキュライト、ピートモスをそれぞれ等量ずつ混和した土が適すると考える。

表2に育苗容器の違いによる苗の生育量を示す。根鉢崩壊率は、GT73で育苗した苗が、他のセル成型苗に比べ、低い値を示した。これは供試トレイ中で最も容量が小さいため、根鉢形成が促進されたと考えられる。また、機械移植時に問題となる苗のセルからの分離性は、GT51が良好であった。25TPはセル底部からの突出根が多く、引抜時の根鉢分離が不良であった。よって、総合的に見て、苗の生育及び根鉢形成が優れ、セルからの分離が容易なGT51が機械移植用苗として最適であった。

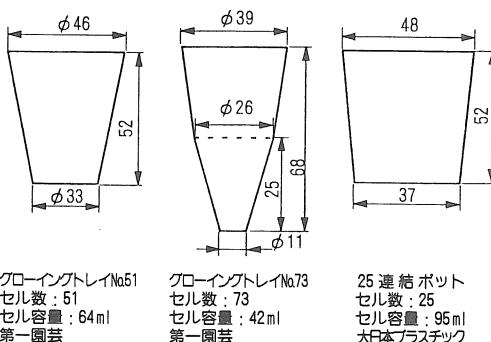


図1 育苗容器の形状

表1 培地の種類と根鉢形成

培地の組成 (vol %)			培地質量 (g/100ml)	根鉢形成
慣行 培地	バーミキュ ライト	ピート モス		
75	0	25.0	35.5	不良
75	12.5	12.5	38.2	やや不良
50	25.0	25.0	32.8	やや良
25	37.5	37.5	24.0	良

※育苗期間：60日

育苗容器：72穴樹脂トレイ (45×45×40mm)

(2) 育苗期間

表3に育苗期間の違いによる苗の生育量と養成後の株質量を示す。育苗期間が長いほど苗及び養成株の生育はよくなつたが、75日間育苗後の株は60日育苗の株に比べ、株質量の増加量は少量であつた。

た。よって、移植に適する苗は60日程度育苗した苗であった。

表2 育苗容器の違いによる苗の生育量

育苗容器名	根長 (cm)	根鉢崩壊率 (%)	乾物質量 (mg/本)		セルとの分離性
			地上	地下	
GT73 *1	10.7	30.0	213	316	やや不良
GT51 *2	18.0	43.8	228	403	やや良
25 TP *3	14.4	51.1	359	330	不良

*1 グローイングトレイNo.73 *2 グローイングトレイNo.51

*3 25連結ポット ※ 育苗期間：63日

表3 育苗期間の違いによる苗の生育量と養成後の株質量

育苗期間 (日)	草丈 (cm)	茎数 (本)	直根数 (本)	養成後の株質量 (g/株)
75	22.5	2.8	6.8	567
60	18.4	2.4	5.7	552
45	21.2	2.5	5.0	508
30	11.4	1.0	2.1	331

※移植期：5月18日、育苗容器：GT51
養成期間：209日

IV 機械移植に関する試験

1. 試験方法

(1) 開孔器型移植機の作業性能

今回供試した移植機は葉たばこ移植に用いられる開孔器型移植機である。図2に開孔器型移植機を、表4に供試機械の主要諸元を示す。植え付け機構は、苗供給カップが間欠的に回転運動を行い、苗供給位置に来たときに底蓋が自動的に開き、本体下部にある植付ホッパに給苗する。本試験では、同機を用いて上述のセル成型苗3種を移植し、移植精度について検討を行つた。

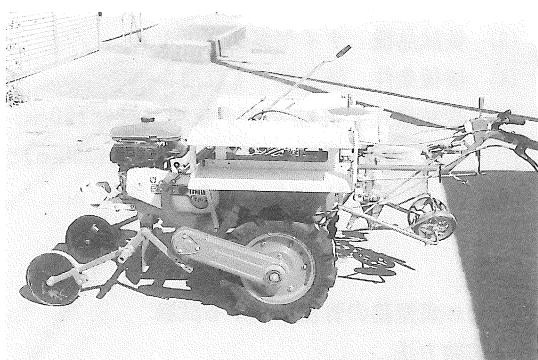


図2 開孔器型移植機

表4 供試機械の主要諸元

開孔器型移植機	マメトラTP-3
エンジン型式	G350L
全 重	155kg
出 力	1.8 kW
植え付け条数	1条
植え付け方式	ホッパー開閉式
苗 条 件	3.5~5.5mm角土付き苗
株 間	20~57cm
掘取り機	ニプロD65A
作 業 幅	650mm
選 別 部	ふるい分け用エレベータ
装着方式	3点リンク直装

(2) 移植期

60日間育苗した苗を、4月10日、4月25日、5月10日、5月25日にそれぞれ移植し、移植後の養成株生育量について比較検討を行った。

2. 結果及び考察

(1) 開孔器型移植機の作業性能

表5に移植機の作業精度を示す。圃場での給苗時のセルからの苗分離はGT51が他のセルより容易で、ハンドリング性に優れていた。上記のセル成型苗を移植した時の、植付け姿勢角が60°以上の割合は63%と高く、植付け姿勢は良好であった。また、移植後の活着率はどの苗でも100%であり、移植精度は高かった。移植機の圃場作業量は、作業速度0.26m/sで8.8a/hであった。なお、作業人員はオペレータ1名、苗補給者2名であった。

表5 移植機の作業精度

育 苗 容 器 名	苗 の 草 丈 (cm)	植 付 *1 姿勢 (%)	覆 土 *2 (%)	活 着 率 (%)
GT73	23.7	40	83	100
GT51	27.4	63	87	100
25 TP	27.2	73	87	100

*1 直立から30度以内の苗割合

*2 根鉢上面まで覆土された苗割合

(2) 移植期

表6に移植期の違いによる養成後の株質量と伏せ込み後の収量を示す。株の生育は移植時期が早い程良く、4月10日に移植した場合が、養成株質量、収量が最も高かった。このことから移植適期は4月上旬と考えられるが、晩霜のある場合は移植期を遅らせる必要がある。

表6 移植期の違いによる養成後の株質量と伏せ込み後の茎質量

移植期 (月/日)	養成後の 株質量 (g/株)	伏せ込み後 茎質量 (g/株)
4/10	740	142
4/25	730	134
5/10	672	121
5/25	511	99

※育苗期間：60日、育苗容器：GT51
養成期間：200日、収穫期間：40日

V 養成株掘り上げに関する試験

1. 試験方法

(1) 貯蔵根の長さと収量

養成株の貯蔵根を人為的に切断し、根長を15cm、25cmに切断した区をそれぞれ15cm区、25cm区とし、それに切断を施さない対照区を加えた3区を設け、伏せ込んだ。萌芽後の若茎質量を測定し、貯蔵根の長さの違いによる収量への影響を検討した。

(2) 掘取り機の作業性能

図3に養成株の掘り上げ状況を示す。本機はトタクタ直装型で、養成株と土壤を掘上げる掘取り刃と、これをふるい分けるチェーン状のふるい分け用エレベータからなっており、選別後、養成株を後方へ送る機構を有する。ここでは本機における掘上げ能率及び精度について検討した。



図3 養成株の掘上げ状況

2. 結果及び考察

(1) 貯蔵根の長さと収量

図4に貯蔵根の長さと伏せ込み後の収量を示す。収穫期間は1992年12月25日から1993年2月3日までである。15cm区の収量は少なく、25cm区は対照

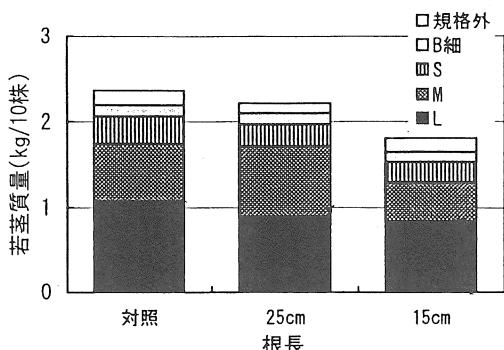


図4 貯蔵根の長さと伏せ込み後の収量
対照区 平均根長25.2cm C.V. 31.3%

区と同程度の収量となった。以上より、機械で掘上げる場合は、掘上げ時に切断される貯蔵根の長さが25cm以上となるように作業する必要がある。

(2) 掘取り機の作業性能

図5に掘り上げ時の根長の分布を示す。貯蔵根損傷割合は堀取り刃による切断根、コンベアの摩擦による損傷根を含め60%前後見られた。掘上げ後の貯蔵根長は、作業深さを畦底より13cm程度とした場合、約26cmであった。また、掘上げ後の養成株への付着土質量は0.8kg程度で、選別精度が高かった。同機の圃場作業量は作業人員1名で、1.6a/hであった。

VII 要 約

セル成型苗、開孔器型移植機、小型掘取り機を活用した1年養成株によるアスパラガスの機械化促成栽培技術を検討した。

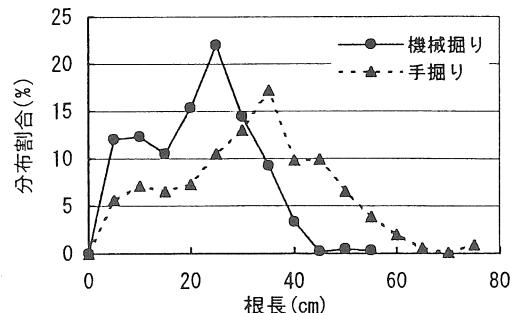


図5 掘上げ時の根長の分布

1. 育苗方法

機械移植に適するセル成型苗の育苗法について検討した結果、慣行培地、バーミキュライトとピートモスをほぼ等量に混和した育苗培地を用い、GT51で60日程度育苗した苗が優れていた。

2. 機械移植作業

開孔器型移植機による移植精度は高く、導入上問題はなかった。また、同移植機による圃場作業量は組作業人員3名で8.8a/hであった。

また、移植適期については、4月上旬に移植した苗が優れていた。

3. 養成株の掘上げ作業

伏せ込み後の収量に影響を与えない貯蔵根の長さは25cm以上であった。小型掘取り機による1年養成株の掘上げ作業は、作業深さ13cmの時、26cm程度の根長の掘上げが可能で、養成株とそれに付着する土の選別精度は高いものであった。圃場作業量は、組作業人員1名で、1.6a/hであった。

2 値画像における連結状態のリンゴ果実の識別

孫 明*・高橋照夫*・張 樹槐*・福地 博*

Discrimination of Connected Fruits in a Binary Image for Apple Harvesting

Ming SUN*, Teruo TAKAHASHI*, Shuhuai ZHANG*, Hiroshi FUKUCHI*

Abstract

An image processing method to classify, separate and discriminate connected apple fruits in a binary image was developed. These binary images were obtained by G-Y color-difference processing method. The linear discriminant function of invariant central moment and compactness, and area of each object extracted from the binary images were used and found effective for fruit classification. Two methods to separate fruits with connected images was tested. The first method utilizes the difference in fruit surface brightness level. With the light cast in front, this method separated and identified about 75% connected fruits, but poorly performed with the light cast from the back. The second method, based on a contraction processing of the binary images, separated and identified about 90% connected fruits with light cast in front and 75% with light cast from the back.

[Keywords] image processing, apple, binary image, connected fruit, separation, discrimination, brightness level, contraction processing

1. 緒 言

ロボットによるリンゴ収穫の研究の一環として、果実を識別するための色信号処理法を検討した結果、赤色系のリンゴ果実に対しては、色差G-Yと色座標による方法が有効なことを報告した¹⁾。しかし、果実同士が重なりあった状態で撮影された場合、2値画像では果実部分が連結状態になり、果実を個々に区別できなかった。

2値画像で連結状態にある果実を識別するためには、連結状態の判定と分離の操作が必要である。Sitesら²⁾は連結果実の判別について、笠野³⁾は円形粒子群の分離について、張ら⁴⁾はパターン認識によるリンゴの検出について、それぞれ報告したが、色信号処理法を利用して連結状態にある果実の分離・識別に関する研究はこれまでほとんど見られなかった。

本報では赤色系のリンゴを対象に、2値画像における果実の連結状態の判定に判別分析を用いる方法、分離操作に輝度レベルを利用する方法と収縮処理を利用する方法を試み、連結状態の果実の

識別について検討した。

2. 供試材料及び画像処理装置

(1) 供試材料

代表的な品種のふじを実験材料とし、収穫時のリンゴ園でCCDカラーテレビカメラ（松下電器製NV-S9）で広角で撮影してテープに収録した。撮影条件は、①晴と曇、②順光と逆光の状態、③太陽光の直射状態、枝葉による陰影状態及び両方が混在する照明むらの状態を考慮した。

(2) 画像処理装置

画像処理装置の構成は、ビデオ画像入力ボード（カノーネス製VIDEOPAQ-98、濃度階調8bit、最大画素数640×480）、自然画表示ボード（カノーネス製PHOTOPAQ-98）及びパーソナルコンピュータ（日本電気製PC-9801DX）である。ビデオテープから再生されたカラー画像を画像入力ボードによりパソコンに取り込み、自然画表示ボードを介してディスプレイに表示した。本実験で用いたカラー画像の画素数は640×400である。

3. 画像処理方法

(1) 果実領域の抽出処理

色信号処理法としては、色差G-Y（緑色信号Gと輝度信号Yの差）を利用した。果実領域をカラー画像から抽出する処理は図1の実線で示す手順で行った。カラー画像から対象物を2値化するためのしきい値は、画像中の果実、葉、枝、背景のそれぞれについて色差G-Yの濃度ヒストグラムを作成し、果実と他の領域との境界部分から求めた結果 ($G-Y = -5$) を用いた。

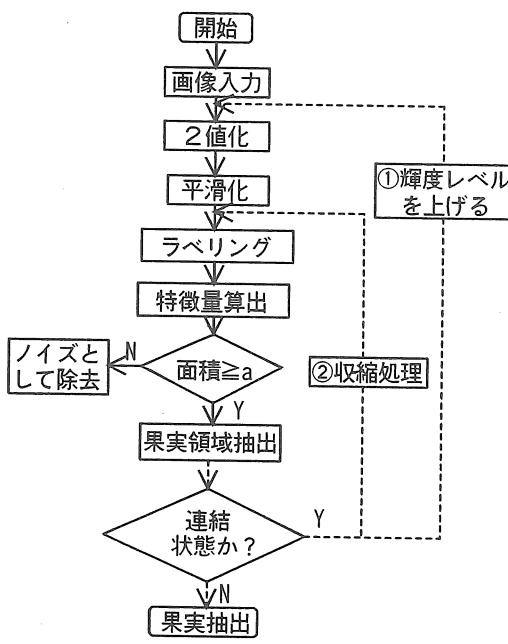


図1 処理手順

上述のしきい値によって2値化処理を行ったのち、平滑化処理を行いノイズを除去する。次にラベリング処理を行い、面積、モーメント、中心座標、周囲長、円形度を特徴量として算出する。なお、抽出面積の画素数が一定値（撮影距離2m以内の場合500）以下の場合も、果実以外のノイズと見なして除去した。

平滑化処理には、図形融合⁵⁾（拡散と収縮の処理）と近傍平均化²⁾を利用した。近傍平均化ではある画素の値の決定にあたって周囲8近傍の画素のうち5画素以上が1なら1にし、その他の場合はもとのままにした。

(2) 連結状態の果実の分離処理

抽出された領域が連結状態の果実かどうかを判別する方法として、Sitesら²⁾は7個のパラメータによる判別分析の手法を研究した。本報では、簡単のため、正規化2次モーメント²⁾と円形度⁶⁾による判別分析と面積の大きさ A_b を利用することにした。

正規化2次モーメント M_b は次式で計算した。

$$M_b = M(2,0) + M(0,2) \quad (1)$$

$$M(2,0) = \sum (X_b - X_{bc})^2 / A_b^2 \quad (2)$$

$$M(0,2) = \sum (Y_b - Y_{bc})^2 / A_b^2 \quad (3)$$

ここで、 X_b 、 Y_b 、 X_{bc} 、 Y_{bc} はそれぞれ対象図形の任意点及び図心の水平、垂直座標。円形に近いほど M_b が小さくなる。

円形度 E_b は図形の複雑さを測るもので、次式で計算した。

$$E_b = 4\pi A_b / L_b^2 \quad (4)$$

ここで、 L_b は周囲長。 E_b は円形に近いほど最大値1.0に近づく。図形が複雑になるほど小さい値となる。

判別分析のための線形判別関数式⁷⁾は次のように表わした。

$$z = a \cdot M_b + b \cdot E_b + c \quad (5)$$

ここで、 z ：判別得点、 a 、 b 、 c ：係数。

2値画像で単体の果実領域24個と連結状態の果実領域20個所について、式(5)の z が正のとき単体の果実グループ、それ以外は連結状態の果実グループに属するように各係数を求めた結果次式のようになつた。

$$z = -0.0788M_b - 0.00723E_b + 0.172 \quad (6)$$

なお、式(6)は対象の形状による判別式であるが、形状のみでは誤判別される可能性があるので、面積 A_b を併せて連結状態の判別指標とした。面積が一定値（撮影距離が2m以内の場合1000）以下のものは単体の果実と見なした。

次に連結状態の分離については、笠野³⁾が距離変換、膨張フィルタ、切断線の検出及び切断等の一連の処理による方法を報告しているが、かなりの処理時間を要するので、本報では①輝度レベルを利用する方法と②収縮処理による方法を試みた。

①輝度レベルの利用 果実は球形状のため、太陽光の直射部分と陰影部分では輝度レベルが100

以下から200以上までの範囲でかなり大きく変化する。そのため、色差G-Yのしきい値と輝度レベルを条件にすると各果実で太陽光の直射側のみが2値化され、連結状態の分離が可能になる。そこで、図1の破線部分①に示すように輝度値を100から220まで20毎に増加させる操作を加えた。

②収縮処理の利用 2値画像で二つ以上の果実が連結状態になるとそれらの重なり部分にくびれができることが多い。そのような状態のところに収縮処理を行うとくびれが拡大するので、各果実を分離することが可能になる。そこで、図1の破線部分②のように収縮処理の操作を加えた。なお、1回の収縮処理での内部計算は、果実領域の周囲に沿って1画素ずつ削除する操作を、最初10回、その後5回ずつの繰り返し計算として行った。

(3) 果実の識別の評価指標

連結状態の果実を分離して識別した割合と、識別された果実の中心位置の原画像に対する正確度を評価する指標として、識別率 R_d と中心偏差 X_{eq} , Y_{eq} ⁸⁾を用いた。各算出式は以下の通りである。

$$R_d = 100N_b / (N_b + N_n) \quad (7)$$

$$X_{eq} = 100 | X_{bc} - X_{cc} | / X_{od} \quad (8)$$

$$Y_{eq} = 100 | Y_{bc} - Y_{cc} | / Y_{od} \quad (9)$$

ここで、 N_b は原画像の果実総数、 N_n は2値画像の抽出果実数、 N_n は果実以外の抽出数、 X_{cc} , X_{bc} , Y_{cc} , Y_{bc} はそれぞれ原画像と2値画像の中心の水平、垂直座標、 X_{od} , Y_{od} は原画像の水平、垂直方向の果実直径（いずれも画素数）である。果実が正確に抽出された場合、 R_d が100%、 X_{eq} と Y_{eq} が0になる。

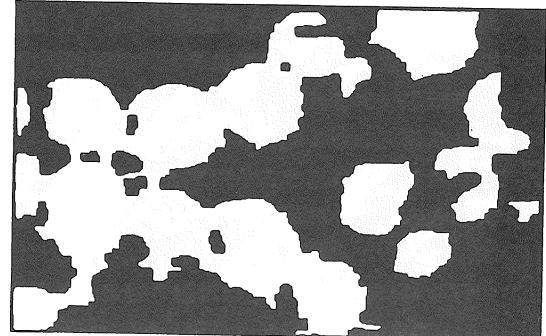
4. 結果及び考察

(1) 果実領域の抽出処理結果例

図2(a)は、1mの位置から撮影した順光状態の画像例である。天候は晴で、ほとんどの果実は右上方から日光を受け、直射部分と陰影部分が明確な状態になっている。同原画像をしきい値(-5)を使って2値化して、果実領域を抽出した結果が図2(b)である。原画像の中で20個の果実はすべて枝葉等と区別して抽出された。ただし、原画像で重なりあった状態の右側の11個と左側の2個の果実は連結状態で表示された。果実の輝度レベルは



(a) 原画像



(b) 2値画像

図2 順光状態の原画像と2値画像の例

直射部分と陰影部分でそれぞれ平均230と90で大きな差があった。

図3(a)は、晴天時に1mの位置から撮影した逆光状態の画像例である。図3(b)は、同画像の2値画像であり、12個の果実がすべて抽出されたが、9個が連結状態になっている。この場合は、果実表面の輝度レベルが100以上の部分は少なく、輝度値の変化が小さかった。

(2) 連結状態の果実の識別結果

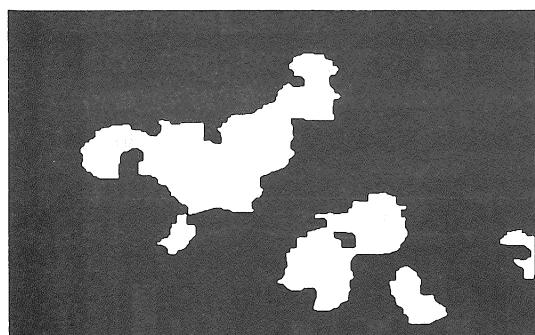
i) 連結状態の判別処理結果 15枚の画像で連結状態の果実領域と単体の果実領域各44個所について、判別関数式(6)によって判別処理を行った結果、図4に示すように39個所が連結と判定され判別率は約89%であった。連結と判別されなかった領域の状態は、二つの果実の半分以上が重なりあり、境界のくびれが明確でない場合であった。なお、単体の果実が4個誤判別されたが、面積による判定を併せると輝度の利用または収縮処理のたびに誤判別が減少した。

ii) 連結状態の分離処理結果 順光と逆光の画像各5枚について、前述の二通りの処理方法によって分離処理した。各処理法によって得られた画像例を次に示す。

輝度レベルの利用例として、順光状態の図2について輝度値が100以上の部分を抽出した結果が図5である。図中右側にある輪郭線で表示した部分は連結状態の果実から分離した果実である。輝度値を120以上にするとさらに2個分離した。



(a) 原画像



(b) 2値画像

図3 逆光状態の原画像と2値画像の例

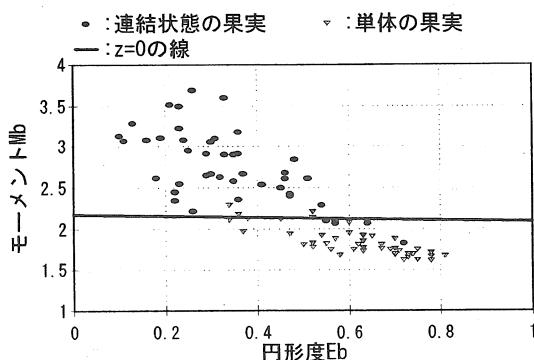


図4 連結状態の果実を判別した結果

のようにして、輝度値を順次増し220以上にするまでに、連結状態の13個のうち9個が識別された。なお、収縮処理では、25回の繰り返し計算の間に13個が全て分離、識別された。

一方、収縮処理の利用例として、逆光状態の図3について最初の1回目の処理（10回の繰り返し計算）を行った結果を図6に示す。図中下側の2つと左側の1つの輪郭線で表示した部分が連結状態から分離した果実である。30回の繰り返し計算で全て分離されたが、収縮処理の途中で消失したものがあり、識別されたのは9個のうち7個であった。

次に、各分離処理法による識別率及び中心偏差の結果は以下のことになった。

①輝度レベルを利用した場合 図7(a)は順光状態の画像5枚の中で連結状態になっている果実41個について調べた結果である。図の中で画像2は直射光を正面から受けた場合で、中心偏差が最も小さくて10%以内に収まり、また識別率が83%と高かった。画像1は図2の場合、画像3はカメラを空に向ける露出が少ない場合である。画像4と

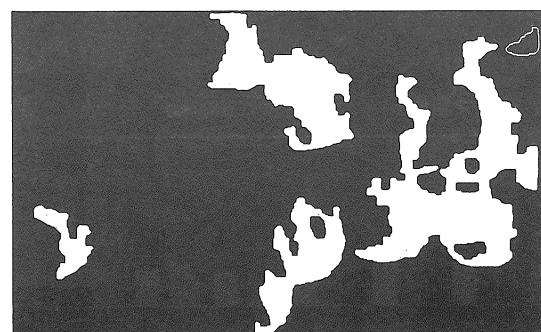


図5 輝度レベルの利用による処理例

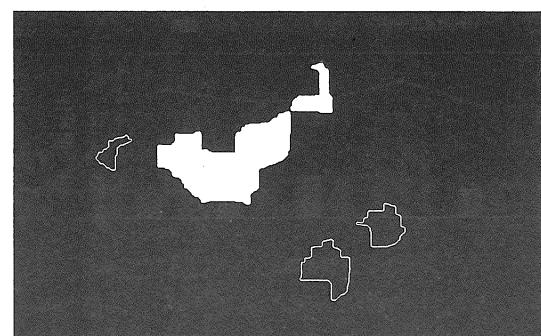


図6 収縮処理の利用による処理例

5は曇で、輝度レベルが少し低い場合である。いずれも平均中心偏差が約20%，識別率が約70%であった。41個の連結状態の果実の中で、31個が識別され、平均識別率は約75%であった。

図7(b)は逆光状態での5枚の画像中連結状態になっている果実35個について調べた結果であり、画像6が図3の場合である。画像7は画面が比較的明るいので、識別率が71%であったが、一般に逆光状態では画面上の輝度レベルが低く、果実表面の輝度値の変化が小さいため、識別率が50%以下、平均中心偏差が20%以上になる場合が多くなった。5枚の画像では35個の果実中14個が識別され、約40%の平均識別率であった。

②収縮処理を利用した場合 順光の場合、図8(a)に示すように全般に良好な識別結果が得られた。画像4と5では、果実個数が多く、しかも互いに半分以上重なりあった果実も多かったため、処理途中で消失したものがあった。重なり部分が多いほど繰り返し計算の回数が増えるとともに、識別されにくくなつた。しかし、一般に30回以内の繰り返し計算で連結状態を全て分離する場合が多くなつた。5枚の画像で連結状態の果実41個については37個が識別され、平均識別率が約90%，平均中心

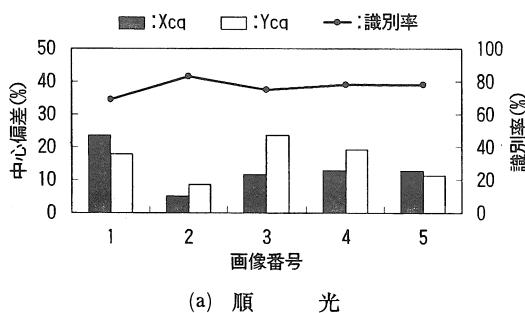
偏差が10%以内であった。

図8(b)が逆光の場合の結果であり、図7(b)と比べると識別率、中心偏差とも良好な結果が得られることが分かった。5枚の画像で35個の果実中26個が識別され、平均識別率が約75%，中心偏差が10%以内になった。

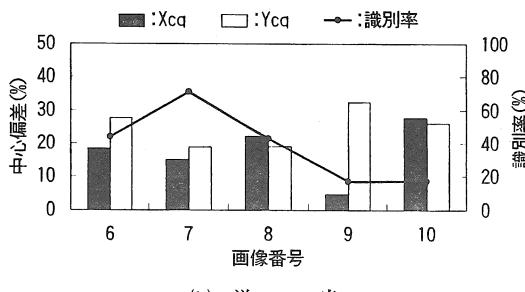
以上の結果より、輝度レベルを利用する方法は、順光であればおおむね有効であったが、逆光状態では識別率が低下するので輝度レベルをあげるように強力なライトを照射するなどの対策が必要となる。収縮処理による方法は、順光、逆光の状態とも有効であった。日照条件が刻々変化する野外作業には有効な方法であると考えられる。しかし、収縮処理中近傍処理の計算に時間がかかるため、処理時間の短縮化を図る必要があり、今後の課題である。

5. 摘 要

本報は、赤色系リンゴを対象として、2値画像において果実が連結状態にある場合の判定方法と、果実を分離処理する方法について検討したものである。

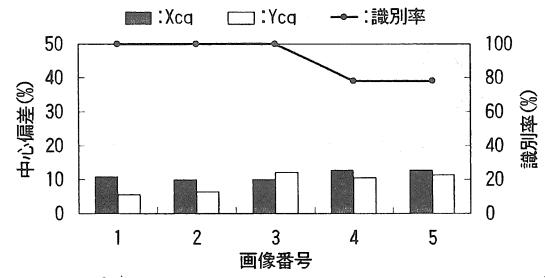


(a) 順 光

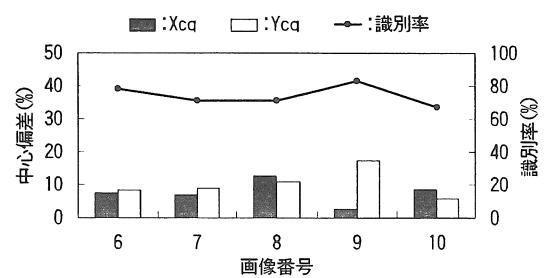


(b) 逆 光

図7 輝度レベルの利用による識別結果



(a) 順 光



(b) 逆 光

図8 収縮処理の利用による識別結果

- 1) 原画像から果実領域を抽出して2値画像を得るための色信号処理法として色差G-Yを用いた。
- 2) 2値画像における果実の連結状態の判別は、モーメントと円形度を変数とする判別関数式と面積を用いて行った結果、判別率は89%であった。
- 3) 連結状態にある果実の分離処理について、10枚の画像中計76個の果実を対象に調べた結果、輝度を利用する方法は、順光状態では識別率が約75%でおおむね有効であったが、逆光状態では50%以下となる場合が多くあった。収縮処理による方法は、識別率が順光で約90%，逆光で約75%となり、有効なことが分かった。

参考文献

- 1) 孫 明, 高橋照夫, 張 樹槐, 福地 博: テレビカメラによる収穫時のリンゴ果実の識別について, 第54回農業機械学会講演要旨, 3-4, 1995
- 2) P. W. Sites, M. J. Delwiche: Computer Vision to Locate Fruit on a Tree, Trans. of the ASEA, 31(1), 257-263, 1988
- 3) 笠野 章: 粒子解析システムにおける画像処理アルゴリズム, 第16回画像工学コンファレンス (10-4), 223-226, 1985
- 4) 張 樹槐, 高橋照夫, 福地 博: 果樹園作業の自動化に関する研究（第1報）, 第54回農業機械学会講演要旨, 1-2, 1995
- 5) 長谷川純一, 舞水大和, 中山 晶, 横井茂樹:

- 画像処理の基本技法, 技術評論社, 25-44, 1994
- 6) 八木伸行ほか: C言語で学ぶ実践画像処理, オーム社, 96-99, 1990
- 7) 菅 民郎: パソコン統計処理（下）, 技術評論社, 124-132, 1994
- 8) D. C. Slaughter, R. C. Harrell: Discriminating Fruit for Robotic Harvest Using Color in Natural Outdoor Scenes, Trans. of ASEA, 32(2), 757-763, 1989

〔閲読者コメント〕 画像処理の応用に関する研究の最大の難関は、撮影条件に左右されない処理法にあると考えます。本研究で利用している輝度値も、カメラの絞りを変えると、レベル、分布域も変化すると思われますが、この点についての今回の設定、あるいは今後の解決策についてのお考えがあればご教示下さい。

〔著者回答〕 今回の撮影はすべて自動絞りで行いました。野外では、天候、時刻、場所等により、照明条件が変化するものの、順光状態であれば自動絞りでおおむね対応可能なことが分かりました。しかし、逆光状態などのように、果実の輝度レベルが低く、しかも輝度値の分布幅が狭い場合には、その利用が難しくなります。解決策としては、輝度レベルを上げるように絞りを変えたり、強力なライトを照射するなどの方法が考えられ、今後の課題です。

ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究（第2報）

— ダイコンのクリープ特性 —

元林浩太*・矢治幸夫*・木村勝一*

Physical Properties of Root Crops for Handling Technology (Part 2)
— Creep Characteristics of Japanese Radish —

Kota MOTOBAYASHI*, Yukio YAJI*, Shoichi KIMURA*

[Keywords] 根菜類, 物理特性, クリープ試験, ハンドリング技術

1. 緒 言

重量野菜をはじめとする各種農産物のハンドリング作業の自動化・軽労力化が求められているが、損傷を受け易く大きさ・形状の均一性を欠くといった農作物に特有の性質は作業の機械化・効率化の障害となっている。本研究では、収穫物に損傷を与えることなく効率的に把持・搬送するハンドリング技術の基礎として、根菜類の力学的特性及び形状変異を解明することを目的としている。前報¹⁾では、一軸圧縮試験によりダイコンの応力緩和及びヒステリシス特性の物理特性について検討した。本報では、ダイコンを供試したクリープ試験を行って圧縮荷重と変形量の経時変化を測定し、粘弾性的性質と損傷の関係について検討した。

2. 試験装置及び方法

(1) 試験装置

一般にクリープ試験は、引張圧縮試験機で荷重が一定になるように制御して行う。しかし、クリープ試験の原理は、一定の荷重を瞬間に与えた後は変位の経時変化を記録することである。そこで、本試験では簡易な試験装置（図1）を試作してクリープ試験に供試した。

試作した試験装置は、アングル材（25mm×25mm, L型）及び鋼板（3mm厚）から作った上下の台枠を、4本のリニアシャフト（20φ）で接続したもので、リニアシャフト上を自在に上下に移動できるリニアブッシュに載荷板を取り付けた構造である。

る。試験では、載荷板の上に所定の質量の重錘を配置し、下部台枠上に整置した試験片に瞬間に接触させて一定の静的荷重を与えるものである。

(2) クリープ試験

供試ダイコンは東北農試場内で栽培した「耐病総太り」で、圃場にて掘り取り直後に葉を切断しさらに洗浄して使用した。試験には根長約300mm、根茎約55mm、根重約500gのものを供試した。

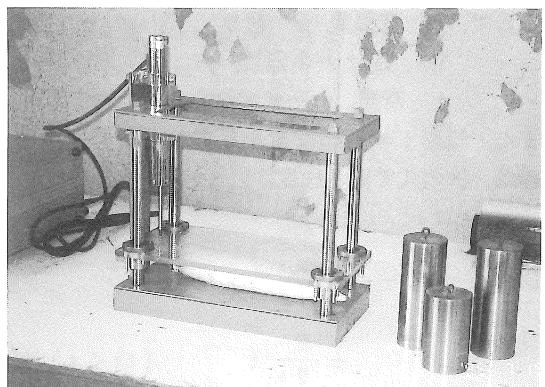
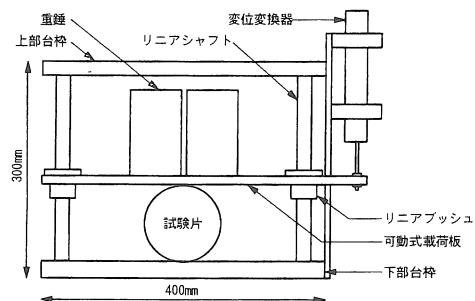


図1 試作クリープ試験装置

供試ダイコンの変形量の経時変化は、載荷板の上下方向変位を変位変換器（K社、DLT-50AS）により検出し、ストレインアンプ（K社、DPM-611）を介してデータレコーダに記録した後、A/D変換ソフト（C社、DSS98-4）を用いてパソコンによるデータ解析を行った。また試験に際しては圧力測定フィルム（F社、測定範囲5~25kgf/cm²）を供試して、供試ダイコンと載荷板、及び供試ダイコンと装置下部台枠との接触状態を測定した。

試験方法は、所定の重錐を配置した載荷板を静かに試験片に接触させ、所定時間が経過した後に重錐を除去し除荷後の挙動も測定した。設定載荷重は約50~120Nである。

3. 青果物のレオロジーモデル

(1) Burger Modelによるモデル化

物質のクリープ挙動の表現するレオロジーモデルとしてはBurgerモデル（4要素モデル）²⁾があげられる。このモデルは一組のバネとダッシュボットが並列につがなり、さらにもう一組のバネとダッシュボットがこれらに直列に配置されるものである（図2(a)）。一般にトマト、りんご等の挙動がこのモデルで良く近似できることが知られており³⁾、時間と変位の関係は一般的に次の載荷曲線で示される。

$$D = \frac{P}{G_1} + \frac{P}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{G_2}{\eta_2} t}\right) + \frac{P}{\eta_3} t \quad (t < t_1) \quad (1)$$

ここで、D：変形量、P：荷重、

G₁、G₂：バネ定数、η₂、η₃：粘性係数、

t：時間、t₁：荷重除去までの載荷時間
また、時刻t=t₁に荷重を除去した後の回復曲線は、次の式で表される。

$$D = \frac{P}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{G_2}{\eta_2} t_1}\right) e^{-\frac{G_2}{\eta_2} (t-t_1)} + \frac{P}{\eta_3} t \quad (t < t_1) \quad (2)$$

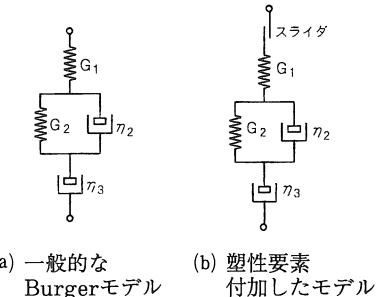


図2 青果物のレオロジーモデル

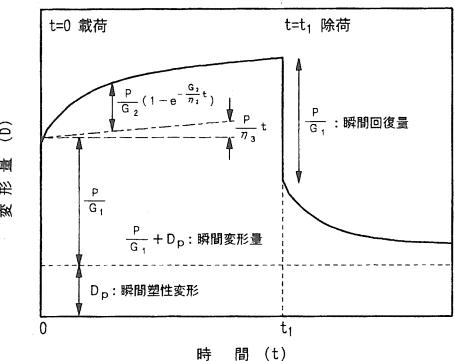


図3 レオロジーモデルによる載荷・回復曲線

(2) スライド要素を組み込んだ実用的モデル

実際の青果物では、荷重を除荷した時の瞬間回復量は、静荷重を与えた時の瞬間変形量に対して小さくなることが知られている⁴⁾。これは細胞の破壊及び配列の乱れによるもので、Burgerモデルに塑性要素（スライダ）を追加したモデル（図2(b)、図3）で良く説明される。このスライダによる瞬間塑性変形量をD_pとすれば、(1)、(2)式はそれぞれ次のように書き換えられる。

$$D = \frac{P}{G_1} + \frac{P}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{G_2}{\eta_2} t}\right) + \frac{P}{\eta_3} t + D_p \quad (t < t_1) \quad (3)$$

$$D = \frac{P}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{G_2}{\eta_2} t_1}\right) e^{-\frac{G_2}{\eta_2} (t-t_1)} + \frac{P}{\eta_3} t + D_p \quad (t_1 < t) \quad (4)$$

本試験で採用した試験方法とその理論的背景は以上の通りである。本試験ではダイコンを供試し

た静的圧縮試験を行って上記の各パラメータ値を特定し、荷重の大きさ及び載荷時間が損傷程度に与える影響を解明する。

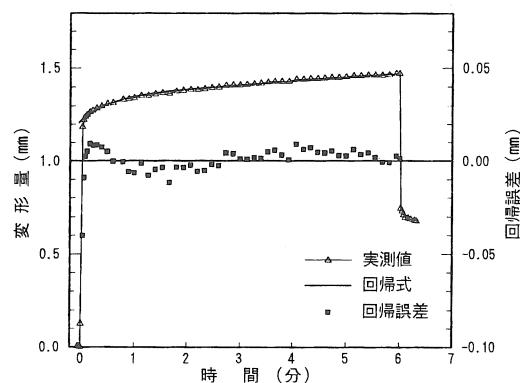
4. 結果及び考察

ダイコンに静荷重を載荷してクリープ試験を行った結果、Burger Modelとよく一致する傾向が認められた。載荷重120N、載荷6分後に除荷した場合の測定結果の一例と、この時の(3)、(4)式で示される回帰式の諸定数は図4の様に求められた。ここで実測値と回帰式の差を回帰誤差とすれば、載荷後約2分30秒で回帰誤差の傾向が大きく変化しており、この時点での内部組織の破壊・再配置が発生したものと推定される。

載荷重が一定の場合、初期の瞬間変形量には顕著な個体差が認められ、載荷重87Nの場合0.45～0.65mm、載荷重122Nの場合0.57～0.94mmとばらつく結果となった（図5）。図6には荷重が一定（122N）の場合の各実測値の変動を示した。この図からも瞬間変形量、最大変形量、回復時変形量の個体差は明らかであり、試験片高さあるいは載荷重を接触面積で除した値（接触応力）との間にも特に相関は認められなかった。したがってダイコンの初期変形は、ダイコンの材料特性に比して、ダイコン上面及び下面の接触位置のズレなどによるダイコン自体のしなり変形や転がりによる最配置等の影響を大きく受けると考えることができる。このため回帰式の G_1 の値は、形状変異による個体差により大きく影響されることが明らかになった。

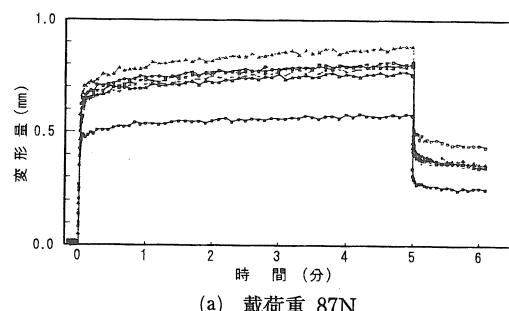
いっぽう載荷直後から時間経過とともに徐々に増加していく逐次変形量および除荷後の変形回復率は、載荷重が一定の場合は大きな変動が認められずほぼ類似の傾向となった。すなわち、5分経過時変形量から瞬間変形量を差し引いた逐次変形増分は、載荷重87Nのとき約0.18～0.20mm、載荷重122Nのとき約0.23～0.25mm、変形回復率は載荷重87Nのとき約40～55%、載荷重122Nのとき約50～70%となった。

さらに既報⁵⁾の結果から、本試験で供試したダイコンを高さ1mに堆積した場合には、堆積層数は約20層となり、最下層での垂直荷重は約100N

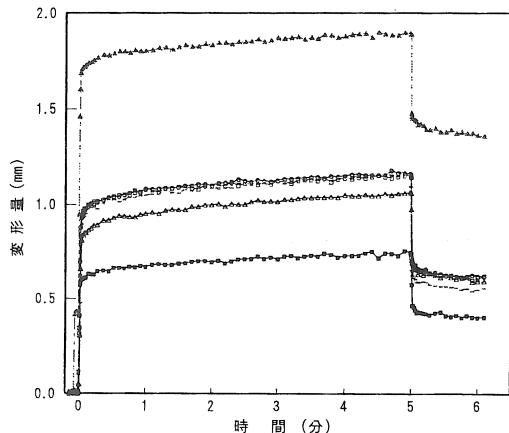


測定条件：載荷重 $P=110$ (N)、載荷時間 $t_1=360$ (s)
諸定数：パネ定数 $G_1=161 \times 10^3$ (N/m),
 $G_2=815 \times 10^3$ (N/m)
粘性係数 $\eta_2=2.8 \times 10^6$ (N·s/m)
 $\eta_3=3.2 \times 10^7$ (N·s/m)
瞬間変形量 $D_i=1.22$ (mm)
瞬間回復量 $D_r=0.66$ (mm)
瞬間塑性変形量 $D_p=0.56$ (mm)

図4 クリープ特性測定結果一例



(a) 載荷重 87N



(b) 載荷重 122N

図5 載荷重別ダイコンのクリープ特性

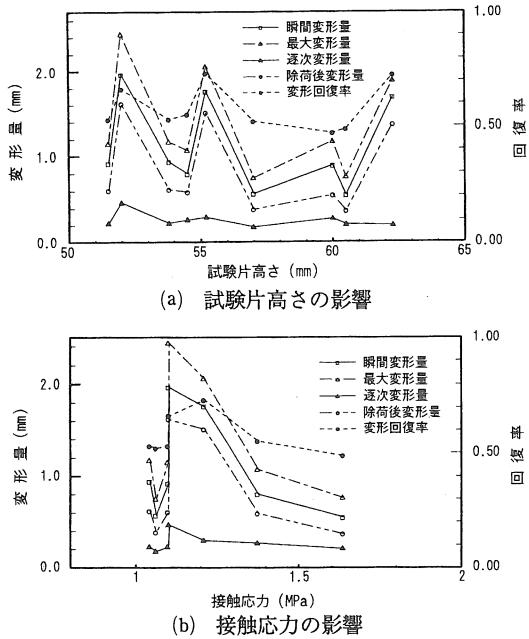


図6 クリープ特性の変動（載荷重 122N）

と試算される。したがって、最下層での圧縮変形量は載荷直後は約0.9mm、5分経過後には約1.1mm、5分で除荷した際の永久変形は約0.5mm程度と算出される。

5. 結論

本試験では、静的荷重下におけるダイコンのクリープ特性を4要素モデルで近似し、この場合の近似式の各パラメータを導出した。この結果、任意の静荷重、任意の時刻での変形量の推定式が導かれ、大型コンテナ内での損傷や一定条件での堆積貯蔵後の損傷量の予測が可能となった。

また本試験の結果と併せて、供試作物の破壊に対する限界エネルギーがわかれば、任意静的荷重下で破壊するまでの時間が推定可能になり、破壊しないための堆積時間、あるいは堆積高さといったパラメータについての検討が可能となった。

供試ダイコンの品種、大きさや外形、収穫時期、収穫後の経過時間等の変動による、各パラメータへの影響の検討は今後の課題である。

【参考文献】

- 長坂善徳、他：ハンドリングのための根菜類の力学的特性の研究（第1報）—ダイコンの圧縮試験—、農機学会東北支部報 No.41, pp. 45-48, 1994
- Mohsenin, N. N.: 食品の物性（林弘通監訳），pp.116~119，光琳，1982
- Chappell, T. W. et al. : Poisson's Ratio and Young's Modulus for Apple Fresh under Compressive Loading. Transactions of the ASAE 11(5), pp.608-610, 612, 1968
- 石橋貞人、他：温州みかんの流通技術改善に関する研究（第3報），農機誌 33 (3), pp.304-311, 1971
- 元林浩太、他：ハンドリング技術のための数值シミュレーション—堆積ダイコンの静力学的解析—、農機学会東北支部報 No.41, pp. 39-44, 1994

[閲読者コメント] 根菜類への載荷応答がパラメータを適切に選ぶことにより、ある種のモデルで表現されることはわかりました。今後は、事前にパラメータを推定することが必要とされます、どのような方法をお考えでしょうか。

[著者回答] 根菜類の載荷応答は、材料の物性値等の物理特性と、個々体の形状に依存する形状特性とで決定されます。前者のパラメータが定形の試験片を供試した材料試験から得られることは既知のところです。後者に依存するパラメータは実物を供試した載荷試験から定性的に求められると考えられますが、その具体的な方法は今後の検討課題であると考えます。

穀の水分活性と水蒸気圧

佐々木 哲*・R. C. バウテスタ*・戸次 英二*

Water Activity and Vapor Pressure of Rough Rice

Satoshi SASAKI*, Rustico C. BAUTISTA*, Eiji BEKKI*

Abstract

Water activity of rough rice sample was compared using the Comway instrument and the temperature-humidity chamber for short period experiment. Readings from the Comway instrument were lower than the temperature-humidity chamber for all periods of 2, 4 and 6 hours. This is attributed to the slow rate of vapor adsorption and desorption from or to the grain sample under natural convection of the air in the small space inside the Comway instrument. Moreso, under static condition where natural convection prevails, longer period is needed to reach equilibrium. To shorten the time to reach equilibrium condition, the experiment was conducted under dynamic condition in the temperature-humidity chamber, which adsorbs or desorbs humidity rapidly with forced convection. The air current recirculates at a constant temperature and relative humidity inside the chamber. The result shows that water activity were not significantly different among the 2, 4 and 6 hours period. When drawn, the adsorption isotherms at 25, 30, 35 and 40°C set temperatures obtained by weight balance in accordance to Landrock's method were nearly parallel. From the moisture content-water activity graph, at constant temperature the water activity can be determined at a certain moisture content. Consequently, available moisture in a rice sample is derived from the water vapor pressure, P_i , by the product of the saturated vapor pressure, P_s , and the water activity, a .

1. 緒 言

穀粒表面の放湿あるいは吸湿は、表部の水蒸気圧 (P_i) と外囲の水蒸気圧 (P_e) との差 ΔP ($= P_e - P_i$) で説明される。 P_e は湿度計で直接測定できるけれども、 P_i は特別な装置を必要として、容易でない。本報では、簡易な方法として水分活性(a)あるいは平衡相対湿度 (H_e) を知ることにより、間接的に P_i を求める方法について検討した。まず a あるいは H_e を求めるに当たり、従来塩類の過飽和水溶液を使ったデシケータ法が多く、海外はもとより国内でも例えば内藤¹⁾、反田²⁾、豊田ら³⁾、平田ら⁴⁾、亀岡ら⁵⁾ がこの方法を実験に用いている。筆者らも市販のコンウェイ水分活性測定器を用いて試みたが、全粒を粗碎した状態でも P_i と P_e が平衡するのに長時間を要し、しかも過

飽和溶液の微妙な調整の違いで安定した値を得るのが難しかった。そこで、筆者らはデシケータ法に立脚しているが、短時間に測定可能な Landrock 法⁶⁾ を恒温恒湿器内で行う独特の方法を試みた。簡易にしかも安定した a 値が得られたので、ここにその結果を報告する。

2. 吸着理論における水分活性と水蒸気圧

穀粒の乾燥物質と含有水分の混合系における水の自由エネルギー G は含水率 (%d.b) m と温度 T の関数であり、

$$G(m, T) = f(T) + RT \ln(a) \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 $f(T)$ はある含水率におけるエンタルピの増加を表し、温度のみの関数である。 $RT \ln(a)$ は乾燥物質の水分吸着に伴う自由エネルギー

変化で、 a は水分活性である。式(1)で穀粒内の自由水の状態が T と水分活性 a によって定まることを知り、吸着等温線で表される。

一方、穀粒を外囲する湿り空気の自由エネルギー G は温度 T と圧力 P の関数で、

$$G(P_e, T) = f(T) + RT \ln P_e \quad \dots \dots (2)$$

平衡状態で式(1)と(2)は等しくなる。温度 T における飽和蒸気压 P_s を標準状態においていた時の自由エネルギーの減少は、

$$\begin{aligned} G(P_e, T) - G(P_s, T) &= RT \ln(P_e/P_s) \\ &= RT \ln H_e \quad \dots \dots (3) \end{aligned}$$

ここで、 H_e は外囲の相対湿度である。穀粒表面の圧力 P_i と外囲の圧力 P_e が等しくなければ、平衡状態にあり、

$$a = P_i/P_e = P_e/P_s = H_e \quad \dots \dots (4)$$

a あるいは H_e は温度 T における吸着等温線から読み取り、 P_i あるいは P_e はまず蒸気表から同温度における P_s を読み取って、式(4)のとおり間接的に知ることができる。本実験では粉の乾燥において使われる加熱空気の温度範囲で、吸着等温線を作成する。

3. 実験方法

穀粒周囲の温度25, 30, 35, 40°Cのもとで湿度(H)を適宜変え、一定時間経過後の吸・放湿による増減量を秤量で求め、 H に対する増減量の関係をグラフに載せた。平衡状態に当たる増減量0の点における H を a あるいは H_e とした。含水率 m を適宜変え同様に a を求めて行き、両者の関係を吸湿等温線として作成した。 P_e と P_i は式(4)から $a \cdot P_e$ で求めた。

具体的には、含水率を適当に変えて調製した粉を供試し、その約1gを精度 1.25×10^{-5} の上皿天秤(ザウトリウス、BP210D型)で秤量し、試料とした。これを直ちにコンウェイ水分活性測定器附属のアルミ皿に入れ、前もって温湿度を設定しておいた恒温恒湿器(タバイ、PE-1型)内に置いた。器内の循環気流で飛散しないようにアルミ皿の上に小孔をもつ蓋をした。開始後6時間まで2時間ごとに試料を入れたアルミ皿を秤量し、初期重量に対する増減量を求めた。

実験装置は図1のように恒温恒湿器内に設けた。

器内に温湿度センサ(シバウラ、HV-361型)を固定し、器外の温湿度変換器とデジタル・レコーダ(チノー、EH800-12型)へ接続した。試料を入れたアルミ皿はセンサの先端に接続させて置いた。実験中の器内の温湿度は備え付けの乾湿球温度計(白金抵抗体)の指度も参考にしながら、正確に設定されるように留意した。

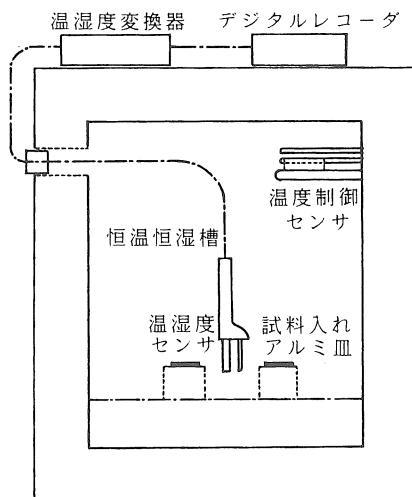


図1 実験装置

供試粉は1994年産品種むつほまれで、収穫後約4°Cの冷蔵庫に翌年の6月の本実験時まで保存しておいたものである。24%水準以上の高水分粉は加水養生で、また低水分粉は室内にさらして自然乾燥でそれぞれ調製した。

4. 実験結果と考察

(1) コンウェイ測定器による静的測定

多水分食品の水分活性を測定する一般的な装置として、自然対流下で静的に吸・放湿の行われるコンウェイ水分活性測定器が市販されている。筆者はこれを用いて粗碎粒への適用を試み、併行して循環気流の強制対流下で動的に吸・放湿の行われる恒温恒湿器による測定値と比較した。

両測定は温度25°Cのもとで同時に行なった。水分活性 a はコンウェイ測定器で含水率16, 17, 21, 25, 29%, d.b. の時に0.68, 0.74, 0.86, 0.93, 0.96、また恒温恒湿器で含水率15, 17, 21, 24, 29%, d.b. の時に0.65, 0.74, 0.83, 0.89, 0.94であった。これらを図2に表して比較すると、含

水率が17%以下では両測定のa値が一致している。しかし、それ以上に含水率を高くすると、恒温恒湿器によるa値のほうがコンウェイによる値よりも高くなり、したがってその差を開いて、許容しがたい程度になっている。

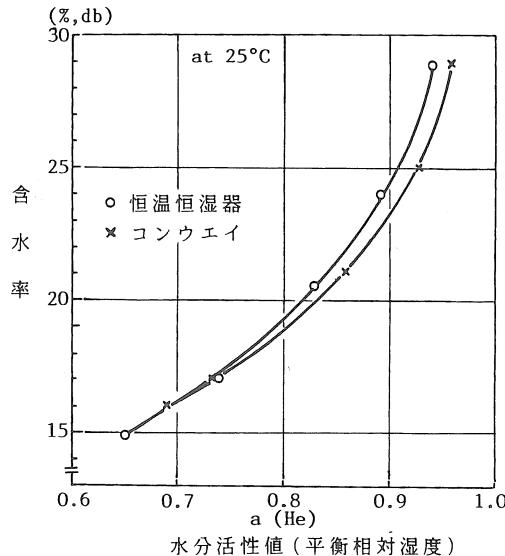


図2 コンウェイ水分活性測定器（塩類過飽和溶液）と恒温恒湿器による測定結果の比較（25°C）

2時間後の試料の増減量はコンウェイ測定器を用いた場合に恒温恒湿器によるよりも1/10程度もなく、その後4, 6時間経過においても同様であった。初期重量の1 gに対する増減量が少ないとため、2時間ごとの秤量時の微妙な手動作が人

的誤差として影響したかもしれない。また、試料を入れたアルミ皿を収めるガラス製閉鎖容器内で、塩類の過飽和溶液の量も吸・放湿による増減量に微妙に影響しているように思われた。けっきょく、図2から含水率に対する水分活性の値がより低くなる恒温恒湿器による方法がより適当と判断される。

(2) 恒温恒湿器による動的測定

恒温恒湿器内の温度を25°Cに設定して、2, 4, 6時間経過後の試料重量を初期重量との差で表すと、図3のとおりである。増減量0においては、設定相対湿度Hと穀粒含水率mの関係が両者の水蒸気分圧で平衡しており ($P_e = P_i$)、aあるいは H_a として読み取れる。たとえば、含水率28.9%, d. b. の試料で2, 4, 6時間経過後のそれぞれのaあるいは H_a が等しいので、2時間すでに安定した値が得られたことになる。含水率をそれ以下に下げた試料についても同様で、2時間と4時間経過後の増減量は0点で交わっている。後述する設定温度30°Cと40°Cにおいても2, 4, 6時間経過後のa値は同様に0点で交わっていた。

一般的に組織が緻密でない多水分食品の静的測定では、吸放湿の増減量0のa値を短時間に見い出すことができる。これに対し、穀粒のように組織が緻密で少水分の場合は、粒の中央部から表部への水移動が遅く、平衡水分に達するのに長時間を要してしまう。

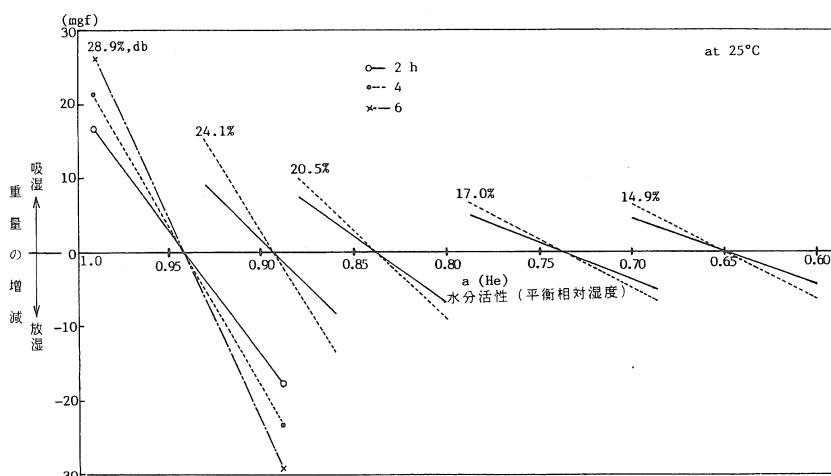


図3 重量平衡法によって得られる水分活性(a) (平衡相対湿度 H_a)

したがって、静的条件下では前項で述べたように、手動作による誤差も加わるおそれがある。けっきょく、粉を粗碎して恒温恒湿器の動的条件下で行なった本実験においては、2時間の経過でa値を知ることができた。

(3) 吸湿等温線

恒温恒湿器内の温度を25, 30, 35, 40°Cに設定し、適宜調製した含水率の試料についてa値を前項で述べた手法で求めた。これらの関係を吸湿等温線として図4にまとめて示す。

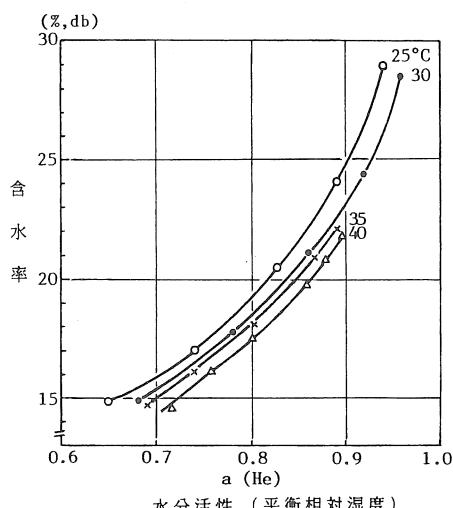


図4 恒温25, 30, 35, 40°Cにおける吸湿等温線

各設定温度の吸湿等温線はほぼ平行しており、試料の含水率が高くなるにつれて、また同じ含水率の粉でも温度が高くなるほどa値が高くなる傾向がある。試料の含水率が高くなると穀粒内の自由水分が多くなるので、a値は高くなる。さらに温度が上昇すると飽和水蒸気圧も高くなるので、a値が高くなる。その結果が本図に表れている。なお、設定温度35°Cと40°Cにおいて、含水率23%以上の粉のa値は恒温恒湿器内の相対湿度を95%以上に安定して保つのが困難であったため測定できなかった。

5. 摘要

穀粒表部の水蒸気圧 P_i は、吸湿等温線から読み取る水分活性aあるいは平衡相対湿度 H_e と同温度の飽和水蒸気圧 P_s との積で得られる。本報はこのaあるいは H_e の値を求める手法について検討したものである。

多水分食品に一般的に使われているコンウエイ水分活性測定器を少水分の穀粒を粗碎して試用した。自然対流の静的条件下では初期重量に対して吸・放湿による重量の増減速度が遅く、また、2, 4, 6時間を経過した試料の各a値が異った。よって、適用は困難と判断された。そこで、吸・放湿の増減量が0になる、いわゆる平衡状態に達する時間をもっと短縮させようと、恒温恒湿器内で循環気流による強制対流の動的条件下におくことを試みた。その結果、a値は2, 4, 6時間経過の間で差がなく、短時間で得られることを知った。かくして、この恒温恒湿器による重量平衡法で設定温度25, 30, 35, 40°Cにおける各吸湿等温線を一図にほぼ平行に表すことができた。

参考文献

- 1) 内藤広：粉の含有水分量と関係湿度との関係について、食研報 10 : 41-52, 1995
- 2) 反田嘉博：米の含水率に関する研究（第1報）米の粒質と水分平衡の関係、日作紀 35 : 38-42, 1986
- 3) 豊田清彦ら：穀類の吸湿現象に関する基礎的研究、農機誌 43(3) : 459-467, 1981
- 4) 平田孝ら：電気抵抗式湿度センサおよびガスクロマトグラフによる水分活性の測定、食総研報 44 : 9-14, 1984
- 5) 亀岡孝治：粉、玄米、粉がらの脱着平衡含水率について、農機誌 50(2) : 37-45, 1988
- 6) A. H. Landrock and B. E. Proctor : A new graphical interpolation method for obtaining humidity equilibria data, Food Tech., 5 : 332-337, 1951

除湿方式と温風方式による糀の乾燥特性の比較

大下泰生*・雁野勝宣*・高橋昭喜**・大里達朗***・高橋 修**・新田政司****

The Comparison of Rough Rice Drying Characteristics
with Dehumidification and Heated Air

Yasuo OHSHITA*, Katsunobu GANNO*, Akiyoshi TAKAHASHI **
Tatsuro OHSATO***, Osamu TAKAHASHI **, Masashi NITTA ****

Abstract

Rice drying is an important matter of concern for Japanese farmers and rice consumers, because of the drying cost and taste of rice. The rice with dehumidification drying may be more tasty than that with heated air drying. The rough rice drying system utilizing dehumidifier have increased in Japan. However, the drying rate of rice by dehumidifier is generally lower than by heated air drying under the condition of low temperature and high humidity in the northern part of Japan. In this experiment, the drying characteristics of rough rice were compared with dehumidification drying and heated air drying in the Tohoku district. The drying rate of dehumidifier was less than 1/2 of the heated air drying. The drying cost of electricity and fuel with dehumidifier was 2~7 times much as the cost with heated air drying. The rate of cracked rice by rapid drying increased in proportion of the temperature of air in case of heated air drying. However, the rice seldom cracked by the dehumidification drying. The taste of rice with dehumidification drying was better than the rice dried heated air with especially high temperature.

keyword : Dehumidification drying, Heated air drying, Drying rate, Drying cost, Rice taste
キーワード：除湿乾燥，温風乾燥，乾燥速度，乾燥コスト，食味

1. はじめに

消費者の良食嗜好や食品安全性の観点から、米・麦・そば等の穀類の乾燥作業においては、除湿乾燥・遠赤外線乾燥・太陽光乾燥など品質維持や品質劣化を抑制する新しい乾燥方式が開発され、共同乾燥施設や個別農家に導入されつつある。中でも除湿乾燥は常温で乾燥することにより自然乾燥に近い乾燥方式として東北地域にも積極的に導入が図られている。しかし、除湿乾燥は吸入空気の条件により除湿効率が異なり、特に秋季の糀乾燥の場合、東北地方のように夜間が低温で高湿条件のもとでは乾燥速度が大幅に低下する。また、除湿乾燥装置は初期コストやランニングコストの

面でも従来の温風乾燥に比べて割高であり、新食糧法施行後の農業情勢の変化に対応するためにも、コストの軽減が必要となっている。そのため、東北の気象条件・作業能率・作業コスト等を考慮した高品質乾燥技術を確立する必要がある。

ここでは、東北地方の気象条件のもとで糀の乾燥作業における除湿方式と温風方式の乾燥特性を明らかにすることを目的として、除湿による常温乾燥から最高60℃の温風乾燥まで送風温度を数段階に設定し、さらに使用する乾燥機も静置式・循環式・回転ドラム式の3機種を用いて、送風温度および乾燥機種が乾燥速度、乾燥コストおよび品質等の乾燥特性に及ぼす影響を調査した。

表1 供試乾燥機の主要諸元

	静置式	循環式	回転ドラム式
型 式	山本FB-38E	山本CD-7M	新日本乾燥機SNK-30
最大張込量	400kg	700kg	1600kg
加温装置	灯油バーナ ポットタイプ	灯油バーナ ガントタイプ	電気ヒータ 20kW
送 風 機	軸流式 口径380mm 1700rpm	軸流式 口径380mm 1420rpm	遠心式 口径100mm 2700rpm
最大張込時風量比 (m³/s・100kg)	0.084	0.065	0.018
そ の 他		自動水分計測装置付	

2. 試験方法

(1) 試験装置

供試した乾燥機は市販の静置式、循環式および回転ドラム式の3機種で、主要諸元を表1に示す。

静置式は最大張込量400kg、循環式は最大張込量700kgで、温風乾燥における加温装置には灯油バーナを使用している。回転ドラム式は断面が8角形のドラム内に穀物を入れ、水平方向を回転中心としてドラムを回転させる構造となっており、穀物はドラムの回転により攪拌される。乾燥空気は回転軸中心部から放射状に送風され、ドラム外板の網目よりドラム外に排気される。なお、温風乾燥時の加温装置には電気ヒータを使用している。

除湿乾燥時に使用した除湿装置の主要諸元を表2に示す。この除湿装置はエバボレータ（蒸発器）とコンデンサ（凝縮器）が送風経路に直列に配置されており、エバボレータにより送風空気を冷却して空気中の水分を凝縮させ、さらにコンデンサにより加熱して除湿空気を発生させる。除湿装置は、除湿された空気と大気を混合し、一定の相対

表2 除湿装置の主要諸元

型 式	ヤソマ-DAG2000H
除湿能力	2000kcal/hr
送 風 機	遠心式 モータ出力3.7kW
補助加温装置	電気ヒータ 3.0kW
電 源	AC200V 三相
外 形 尺 法	1980L×1300W×1600H

湿度になるように混合比を制御する。また、除湿装置は補助ヒータを備えており、低温・高湿条件で除湿能力が不足する場合にはヒータにより送風空気を加熱して相対湿度を低下させる。

乾燥試験時の送風方式は、温風乾燥では各乾燥機の加温装置を使用して、それぞれ独立して送風し、除湿乾燥では図1に示すとおり、1台の除湿装置の送風を3方向に分配し、同時に各乾燥機に送風した。

(2) 試験方法

設定送風温度は、除湿（送風温度は約20°C）、25°C、30°C、60°Cの区を設け、循環式については35°C、45°Cの区を加えた。除湿乾燥区は前述のとおり1台の除湿装置の送風を分配して送風し、同一条件の乾燥空気を送風した。25°C以上の温風乾燥区は各乾燥機の加温装置を使用した。

試験装置の温度・湿度の測定位置は図1のとおりである。除湿装置および各乾燥機の吸気ダクトおよび排気ダクトにT型熱電対および高分子薄膜湿度センサ（TDK CHS-PS）を取り付け、多点データ記録装置（岩崎通信機 SC-7502）を用いて、10分毎に計測した。粒温は、熱電対を粒層内

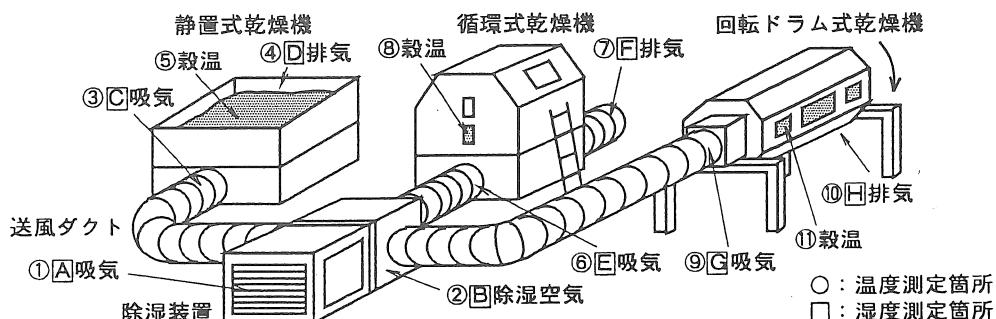


図1 乾燥試験装置の概略（除湿乾燥時）

に入れて測定した。粉水分は数時間毎に電気抵抗線式単粒水分計（静岡製機 CTR-800）を用いて測定し、風速についてはベーン回転式風速計（テストターム FC-4510）により測定した。また、乾燥コストを求めるために電力消費量、灯油消費量を調査した。乾燥した粉は、胴割れ、発芽率、食味官能等の品質を調査した。

なお、静置式については乾燥むらを少なくするために粉攪拌を1日1回程度行った。また、回転ドラム式についても、乾燥むらを抑制するために、運転中はドラムを常時回転させた。

供試した粉の品種はあきたこまちで、試験は1年間に2つの温度設定区の乾燥処理を行い、全ての区を1992～1994の3年間に行った。

3. 試験結果および考察

(1) 乾燥速度

乾減率で乾燥速度を比較した結果を図2に示す。乾減率は乾燥機種により差があるものの、送風温度が高くなるにつれて上昇し、除湿乾燥区では0.12～0.20%/hrと低い値であるのに対して、送風温度60°C区では0.62～1.59%/hrと高い値を示した。一般に、高温・高速で乾燥すると品質が低下する恐れがあるため、乾減率は0.8%/hrが上限と言われている。循環式の例では、45°C区が0.78%/hrと実用的な送風温度の上限であった。循環式での除湿乾燥区の乾減率は0.19%/hrであり、45°C区に比べると1/4程度の乾燥速度であり、最も低い温風乾燥の25°C区の0.35%/hrに比べると1/2程度の乾燥速度であった。静置式では、風量比が循環式に比べて高いため、同じ送風温度では循環式に比べて乾燥速度は高くなつたが、それでも除湿乾燥区の乾減率は0.20%/hrと、温風乾燥に比べると1/2以下の低い値になつた。回転ドラム式の風量比は他の2機種に比べて大幅に小さく、乾燥速度は低くなつた。

次に、穀温を比較した結果を図3に示す。穀温は送風温度が高くなるにつれて上昇し、乾燥機種で比較すると、静置式が最も高くなり、回転ドラム式、循環式の順に高くなつた。送風温度60°Cの場合で平均穀温を比較すると、循環式で32°C、回転式で36°Cに対して、静置式では45°Cと著しく高

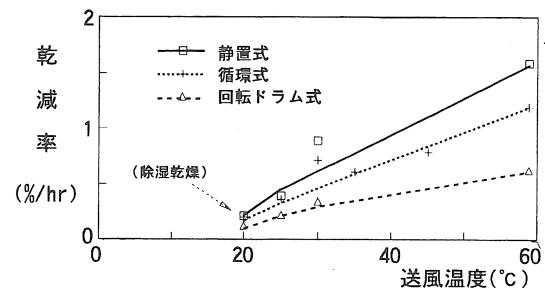


図2 乾減率

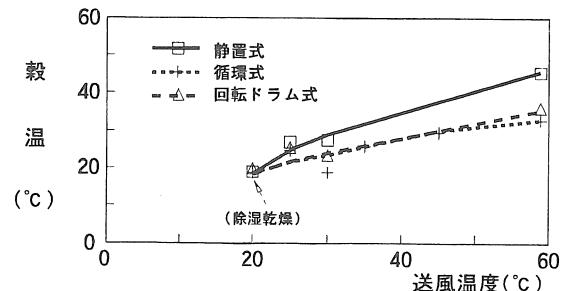


図3 平均穀温

くなり、最高穀温は52°Cであった。除湿乾燥時の平均穀温は、各乾燥機種とも20°C程度であった。

(2) 平衡水分

Chen-Claytonの平衡水分式 ($hr = \exp(-9.014 \times 10^2 \times Tp^{-0.009} \times \exp(-2.678 \times 10^{-4} \times Tp^{1.17} \times Md))$), hr : 相対湿度 %, Tp : 穀温 K, Md : 平衡含水比 %db) を用いて、送風空気を粉の平衡水分に換算して平均値を求めた結果を図4に示す。

除湿乾燥区の送風空気の平均平衡水分は約12%wbであり、温風乾燥では、送風温度が高くなるにつれて平衡水分は低くなり、25°C区で約10%wb、60°C区で約6%wbであった。

除湿乾燥時の送風空気の温度、湿度、平衡水分の変化を図5・6に示す。除湿装置の吸気は平均温度約18.8°C、平均相対湿度80%に対して、排気は、平均温度22.3°C、平均相対湿度54%であった。試験時は補助ヒータを作動させる状態で運転したことにより、エバポレータ、コンデンサおよび補助ヒータにより送風空気の除湿・加温を行つた。測定中、相対湿度が高くなつた夜間の一例では、吸気温度14.3°C、相対湿度86%に対して、コンデンサ通過後では温度14.9°C、相対湿度80%，補助ヒータ通過後では温度16.8°C、相対湿度63%になつ

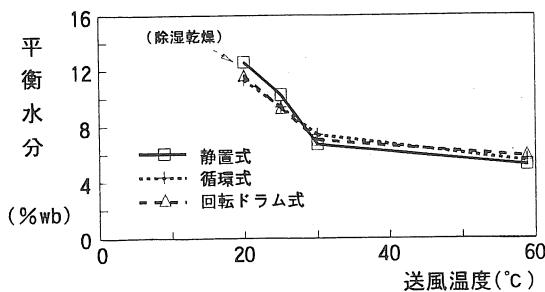


図4 送風空気の平衡水分

た。これを粉の平衡水分に換算すると、吸気は17%wbで、このままでは仕上げ乾燥が困難な空気であったが、コンデンサ通過後で15%wb、補助ヒータ通過後で13%wbとなり、仕上げ乾燥が可能な空気となっていた。ただし、湿度低下の効果はエバポレータ・コンデンサよりも補助ヒータの寄与が大きく、補助ヒータ無しでは乾燥速度が大幅に低下すると考えられる。

これに対して、25°C温風乾燥の場合の送風空気の温度、相対湿度、平衡水分の変化を図7・8に示す。吸気の平均温度20.3°C、相対湿度86%に対

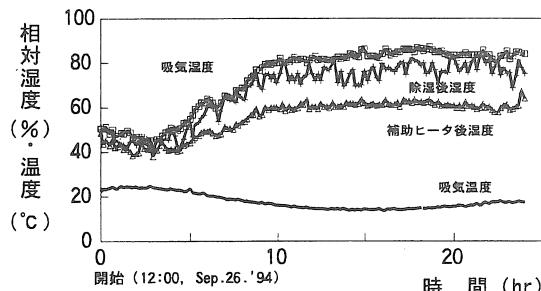
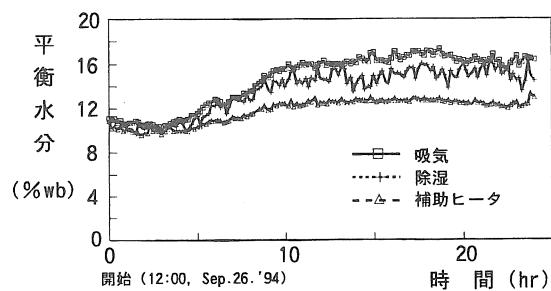
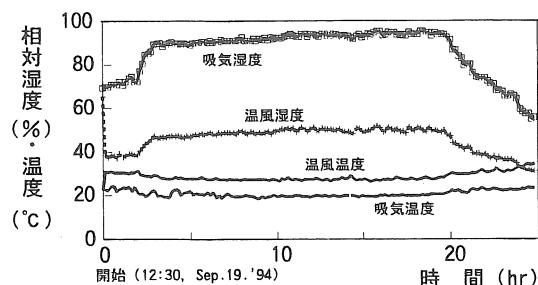
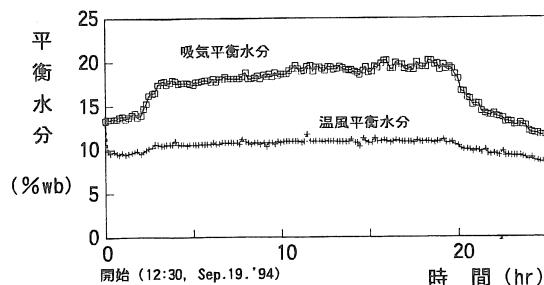
して、加温後の温風では平均温度28.2°C、平均相対湿度46%であった。夜間の一例では、吸気の温度19.7°C、相対湿度93%に対して、加温後には温度26.7°C、相対湿度40%となり、粉の平衡水分に換算すると、20%wbから10%wbに低下しており、除湿乾燥区に比べると乾燥能力の高い空気となっていた。

したがって、温風乾燥は除湿乾燥に比べて乾燥能力の高い空気を発生し、比較的温度の低い25°C程度の温風でも、除湿装置による乾燥空気に比べると平衡水分は低く、乾燥能力は高くなることが明らかになった。

(3) 乾燥コスト

乾燥操作に要するコストを比較するために、粉水分1kgを除去するのに要する燃料や電気料金等の経費、すなわち脱水経費を求め、図9に示した。なお、ここではコストを算出するための単価は、灯油45円/リットル、電力料金23円/kWhとした。

灯油バーナを使用して温風を発生する静置式および循環式乾燥機の温風乾燥区での脱水経費は11～30円/kgであった。これに対して、この2機種

図5 送風空気の相対湿度・温度
(循環式・除湿区)図6 送風空気の平衡水分
(循環式・除湿区)図7 送風空気の相対湿度・温度
(循環式・25°C区)図8 送風空気の平衡水分
(循環式・25°C区)

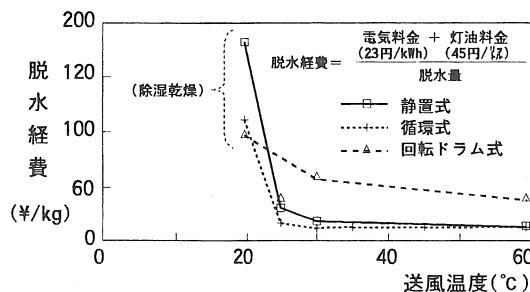


図9 脱水経費

の除湿乾燥区での脱水経費は110~182円と大幅に増加し、温風乾燥区の中で脱水経費が最も高い25°C区と比べても、6~7倍になった。回転ドラム式は、温風乾燥区での温風発生に電気ヒータを使用しており、他の2機種に比べて脱水経費は40~60円/kgと高くなかった。しかし、除湿乾燥区における回転ドラム式の脱水経費は97円/kgと、温風乾燥時の2倍程度であった。

1円当たりの発熱量は、灯油の場合818kJ(発熱量46MJ/kg、比重0.8、45円/リットルとして)に対して、電気では157kJ(3.6MJ=1kWh、23円/kWhとして)と少なく、これが電気ヒータや除湿装置使用時の脱水絏費を高くする要因と考えられる。また、東北地方のような冷涼な地域では、吸気が低温・高湿となり除湿装置が十分に除湿された乾燥空気を発生させることができず、粉の水分を低下させることが困難となり、その結果として、乾燥時間が長くなり、電気消費量が高くなると考えられる。

(4) 脭割れ

乾燥処理された玄米の脣割れを調査し、重脣割れを起こした玄米の割合を図10に示した。

脣割れ率は送風温度が高くなるほど高い割合を示し、同じ送風温度では、静置式が最も高く、循環式、回転ドラム式の順に高くなり、この傾向は乾減率の傾向と一致した。静置式では、穀物の攪拌が少なく、乾燥むらを生じやすいことに加えて、供試機の中で風量比が最も高いため、乾減率が高くなかった。そのため、脣割れを発生しやすく、60°C区ではほとんどの粒が脣割れし、30°C区でも一部に脣割れが発生した。循環式では、60°C区で半数程度脣割れを起こしたが、実用的な乾減率である

0.8%/hr以下の乾燥速度では、脣割れは大幅に減少した。また、乾燥速度の低い回転ドラム式では他の2機種に比べて脣割れ率は低くなった。除湿乾燥区では3機種とも脣割れは発生せず、品質は良好であった。また、温風乾燥でも送風温度を低く設定した25°C区は除湿乾燥区と同様に脣割れの発生はほとんどなく、乾減率が0.4%/hr以下であれば脣割れの発生は少ないと考えられる。

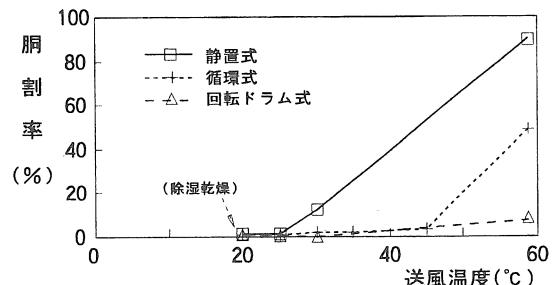


図10 脣割れ率

(5) 発芽率

乾燥処理した粉の発芽率を調査した結果を図11に示した。全区ともほとんどの粉が発芽し、乾燥処理による発芽への影響は少ないと考えられる。

表3 発芽率 単位: %

乾燥機種	静置式	循環式	回転ドラム式
除湿	97	99	100
25°C	98	100	99
30°C	99	91	99
35°C	—	100	—
45°C	—	100	—
60°C	97	100	100

(6) 食味官能

食味官能試験による評価結果を図12に示す。試験は乾燥処理して約1カ月後に行い、基準米には常温通風乾燥した材料を使用した。

総合評価項目でみると、60°C区と35°C区の一部に有意な食味の低下が認められた。除湿乾燥区は基準米と同等の評価であり、25°C区および30°C区は基準米と有意差はないものの、同等もしくはそれ以上の評価であった。常温除湿乾燥および30°Cまでの温風乾燥では顕著な差はみられなかった。また、外観、香り、味、粘り、および硬さの各項

目については、有意差のある区もあったが、いずれもわずかの差であり、明確な傾向はみられなかつた。なお、この食味官能試験は乾燥処理後1カ月と比較的期間が短いため、長期保存後に再度試験を行う必要がある。

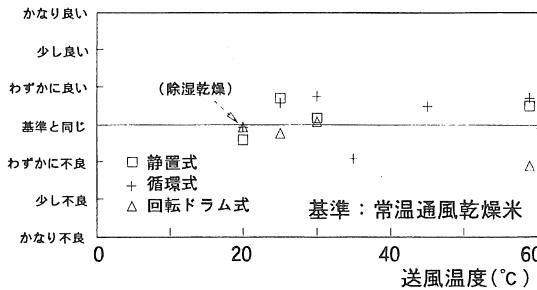


図11 食味（総合評価）

4. おわりに

冷涼な東北地域における粉の乾燥処理について、静置式・循環式・回転ドラム式の3機種を供試して、除湿乾燥と温風乾燥による乾燥特性の比較を行った。特に除湿乾燥と温風乾燥を比較すると、

- 1) 除湿乾燥による乾燥速度は、温風乾燥の1/2以下であった。
- 2) 脱水経費で乾燥コストを比較すると、除湿乾燥は温風乾燥の2~7倍程度となった。
- 3) 胴割れは乾燥温度が高くなるほど多くなり、除湿乾燥や低い送風温度の温風乾燥ではほとん

どみられなかった。

- 4) 高温の温風乾燥では食味の低下がありうるが、除湿乾燥や送風温度の低い温風で乾燥した米では食味の差は見られなかった。

したがって、除湿乾燥は胴割れや食味の低下の防止に効果があるものの、東北の気象条件のもとでは乾燥速度が低く、乾燥コストも高くなつた。乾燥速度や乾燥コストから判断すると、25°C程度の比較的低い温風乾燥が効率的と判断される。しかし、除湿乾燥は市場や消費者の評価が高いメリットがあり、一概にどちらが有利とは判断できない。どの乾燥方式を選択するかは農家や作業者自身の判断にゆだねられるといえる。

参考文献

- 1) 張林紅, 戸次英二: ヒートポンプによる生糀の除湿乾燥に関する研究, 農機学会東北支部報, 39, p27~34, 1992
- 2) 大里達朗, 鶴田正明, 高橋修, 高橋昭喜, 八重樫耕一: 大規模乾燥調製施設における除湿乾燥に関する研究(第1報), 農機学会東北支部報, 40, p41~46, 1993
- 3) 西山喜雄, 山本忠博, 今飯田賢: 常温貯蔵乾燥施設の調査研究(第1報), 農業施設, 25(4), p201~208, 1995

ニンニクの予措乾燥に関する研究（第1報）

— 乾燥特性と所要エネルギー —

戸次英二*・片平光彦*

Studies on Preparatory Drying for Storage of Raw Garlic Bulb
— Drying Characteristics and Energy Requirement —

Eiji BEKKI*, Mitsuhiro KATAHIRA*

Abstract

In heated air drying, the average air inlet temperature in the drying chamber was 38.1 °C. In dehumidified air drying the average temperature was 33.4°C with a set temperature of 35°C during the first half and 40°C in the latter half of the drying process. The difference in temperature and relative humidity of air at the inlet and outlet of the chamber were very small for both methods which indicated an unsaturated exhaust air. Air temperature difference inside the chamber did not exceed 1°C within the first stage of drying and became uniform thereafter as the temperature of the bulbs stabilizes. The rate of moisture removal was 0.19%/h for heated and 0.08%/h for dehumidified air respectively. No deterioration in bulb quality was observed even with high air temperature and slow drying rate. The drying rate per kW of electric energy was 0.009%/kWh and 0.022%/kWh for heated and dehumidified air respectively. Comparative cost using electricity and kerosene was also discussed with the present domestic price of both fuels. The cost to reduce 1kg weight by artificial drying are 218.8yen and 302.6yen for heated and dehumidified drying respectively.

1 緒 言

堀取り直後のニンニク球根には湿った土が付着しており、その後の自然乾燥でカビによる汚染や腐敗をきたすことがある。これまで7月初旬の収穫時に低温・湿潤の天候が続いたため、30~50%の高い損失を出したこともある。年次の天候による品質の不安定は消費者の信頼を損ねる。その対策として1970年ころから農家が苗床用に使ったビニールハウスを利用し、強制換気と共に加熱装置を設備して人工乾燥を行うようになり、それ以来品質の高位安定が定着した¹⁾。最近、これらの設備を商品として製作・販売しようと、試作と試験が各地で行われているが²⁾、本研究はそれに使用された農産物汎用乾燥機を用いて、ニンニク球根の乾燥特性および所要エネルギーとその経済性について検討したものである。

2 実験方法

(1) 供試材料：1994年7月4日と8日に青森県常盤村で収穫されたニンニク（品種：福地ホワイト6片種）約200kgを弘前大学農学部の実験室に運び、直ちに実験に供した。

(2) 供試機と操作法：図1の農産物汎用乾燥機（佐竹製作所、VDR 3 A型）を用いた。これは除湿機と熱交換バーナを直列に配置し、それぞれを独立に運転する構造である。乾燥チャンバーは側面図に見られるように、原料を床面に均一に配置するよう投入してから、周囲空気との気密および断熱を兼ねたエアパックに空気を圧入するようにしている。

(3) 乾燥方法

a. 加熱乾燥：灯油バーナからの熱風乾燥用送気温度を40°Cに設定し、7月4日16:45~8月12:00まで87hの加熱乾燥を行った。終了4時間前には

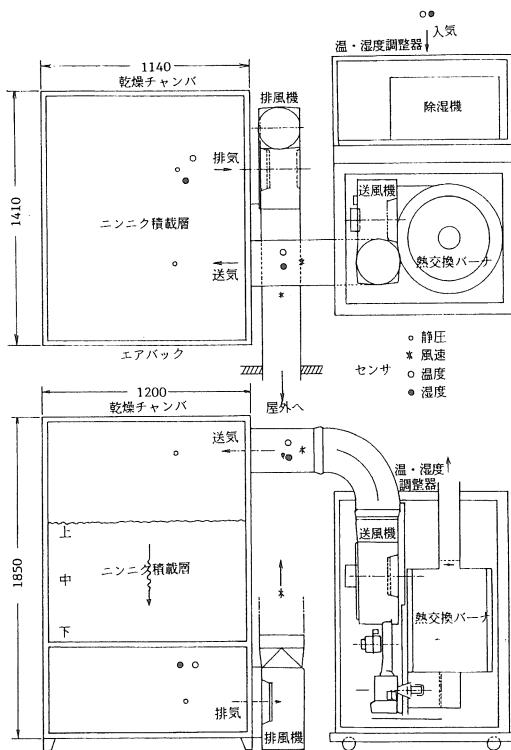


図1 供試機VDR 3Aとセンサ取り付け位置

バーナの燃焼を止め、除湿機による冷却運転に切り替えた。

b. 除湿乾燥：7月8日18:00に除湿機の温調器を35℃に設定して運転を開始したが、途中で除湿された送気温度が35℃を越えてしまい、自動的に冷却操作に切り替わったことがあった。そこで184hを経過した時点で設定温度を40℃に変更し、そのまま7月22日15:20まで運転した。総除湿乾燥時間は333hであった。

(4) 測定項目

1) 風量：風速測定は図1の*印の位置に風速センサを取り付け、送気は日本科学工業製6141型、排気は同社製24-3111型を用いた。

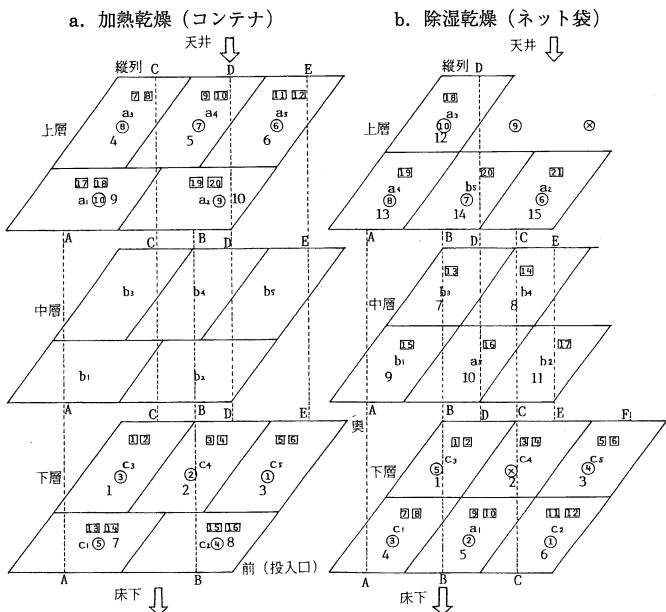
2) 静圧：図1の乾燥チャンバ内に○印で示す点で、U字管で定期的に静圧を測定した。

3) 通気の温・湿度：図1に示すように、入気は除湿機の蒸発器前方300mm

の位置に、湿度センサ（神栄、DPM-05-V型）と温度センサ（熱電対T型）を配置した。送気は乾燥チャンバの上部へ接続している送風管内に、温・湿度センサ（芝浦電子、TPH-2C・PH-2C型）を取り付けた。排気は乾燥チャンバの下部で、通気がニンニク充填層を通過してくる位置に、湿度センサ（エース、白金薄膜抵抗体・ポリマフィルム）と温度センサ（熱電対T型）を取り付けた。なお、室温は乾燥機から約2mと床上1mの空間に温度センサ（熱電対T型）を、また外気温は実験棟の外側で測定し、湿度は20m離れた百葉箱内の毛髪湿度計の記録を参考にした。

4) 球根の温度：球根の表皮から鱗茎の中心へ向けて1mmφの穴を10mmの深さで開け、温度センサ（熱電対T型）を埋め込んだ。これら球根の配置を図2a, bに示す。各位置を表現するため、横方向を上、中、下の各層に、またこれらを貫く縦方向をA, B, C, D, E列とした。

5) 乾減量：試料の採取位置を図2a, bに示す。ビニールネットに入れた1個の球根を床下のプレナム・チャンバに試料番号①～⑤として懸し、最上部の表面には試料番号⑥～⑩として配置した。



- ①～⑤：床下懸垂（単粒重）
- ⑥～⑩：最上層配置
- 1～10：コンテナN_g（全重）
- ①～⑩：コンテナ内特定球根（単粒重）
- a₁～b₁～c₁～：球根温度測定用熱電対
- A～F：縦列
- ⊗：配置不能箇所
- ①～⑤：床下懸垂（単粒重）
- ⑥～⑩：最上層配置
- 1～15：ネット袋N_g（全重）
- ①～⑩：コンテナ内特定球根（単粒重）
- A～F：縦列

図2 温度センサと重量測定試料採取位置

これらの乾燥前後の重量は直示上皿天秤（ザルトリウス、2255型）で秤量した。球根は加熱乾燥ではコンテナに入れ、除湿乾燥ではネットに詰めて積み上げる方法をとった。乾燥前後の重量は電気抵抗秤（クボタ、KL-15-60A型）で計量した。コンテナとネットの番号は加熱乾燥の図2aに1~10、除湿乾燥の図2bに1~15で示す。また、コンテナとネット内にマークを付けた球根を入れ、乾燥前後の重量減少と形状の縮小を測定した。それらの配置は図2a、bに①~⑩で示す。

6) 消費電力：三相電力計（日置、3184型）で計測した。

7) 燃料消費量：電気抵抗式秤（クボタ、KL-15-60A型）で計量した。

3 実験結果と考察

(1) 風量：送気と排気の風速は小さな変化を示し、ほぼ一定した経過とみなせたので、平均値から風量と風量比を求めた。両乾燥方法の風量は以下のとおりであった。

ここで、排気量が送気量を上回ったため周囲から空気がエアパックのスカート部を通り、下部の

加熱乾燥	送気量	$35.6 \text{ m}^3/\text{min}$
	排気量	$36.8 \text{ m}^3/\text{min}$
	供試量	194.8kg（初期）
		162.6kg（終期）
	風量比	$3.05 \rightarrow 3.65 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{t}$
除湿乾燥	送気量	$35.3 \text{ m}^3/\text{min}$
	排気量	$38.3 \text{ m}^3/\text{min}$
	供試量	196.0kg（初期）
		144.5kg（終期）
	風量比	$3.01 \rightarrow 4.08 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{t}$

プレナムチャンバへ漏入があった。

(2) 静圧：加熱乾燥はニンニク球根を籠の子状のコンテナにばらで入れて二段積みとしたため、ネットを積み上げた除湿乾燥の時より圧力損失が、図3に(a)で示すように小さく経過した。静圧差の平均はコンテナで2mmAq、ネット袋で4mmAqと、ニンニク積載層の空気抵抗が

比較的小さかった。これより、コンテナの方が乾燥を均一に仕上げる上で、また取り扱い作業の容易さからも良好である。

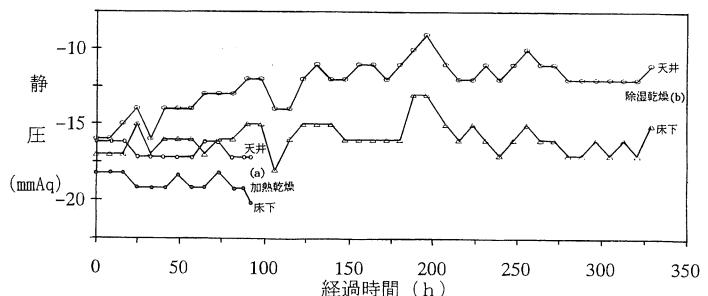


図3 静圧経過 (a) 加熱乾燥、(b) 除湿乾燥

(3) 通気の温・湿度

a. 加熱乾燥：図4aのとおり、外気温度に追随する室内の入気温度は平均して22.5°C附近にあり、約15°C加熱されて、送気温度は38.1°C附近で経過した。ニンニク積載層を通過した排気の温度は1°C程度しか低下していない。湿度の方は図4bのとおり、入気が50~80%間で経過しているなかで、送気は熱交換バーナの加熱により23~38%へ降下している。最終段階の4時間は冷却運転に切り替え、湿度を急速に上昇させている。

b. 除湿乾燥：図5aのとおり、333h（15日間）の乾燥中に入気温度は16~32°Cで、送気温度は28°Cから設定温度の40°C間を経過した。排気は加熱乾燥の場合と同じく、送気温度より1°C程度の降下である。湿度は図5bのとおり、入気が42~92%間で経過しているなかで、除湿操作により送気を32~39%へ降下させている。ただし、経過の中

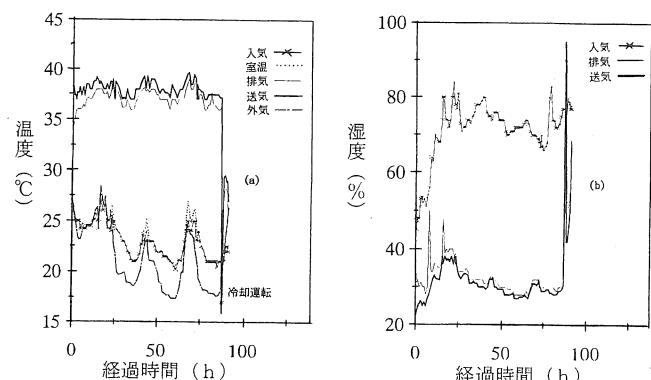


図4 加熱乾燥における温・湿度経過

間点で冷却操作へ自動的に切り替わった際には、50~60%へ上昇している。除湿機の操作上からすれば、除湿乾燥における設定温度を前半も後半と同様に40°Cとすべきであった。ただし、この点は加熱温度と品質との関係も配慮しなければならない。

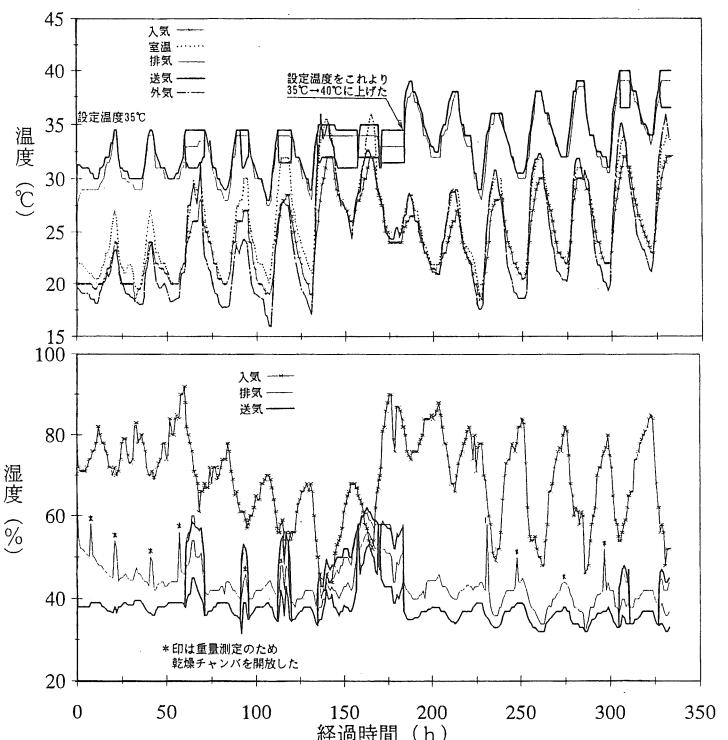


図5 除湿乾燥における温・湿度経過

(4) 球根の温度

a. 加熱乾燥：送気と排気の各温度間を球根温度が経過した。縦方向の温度分布は図6 a のとおり、

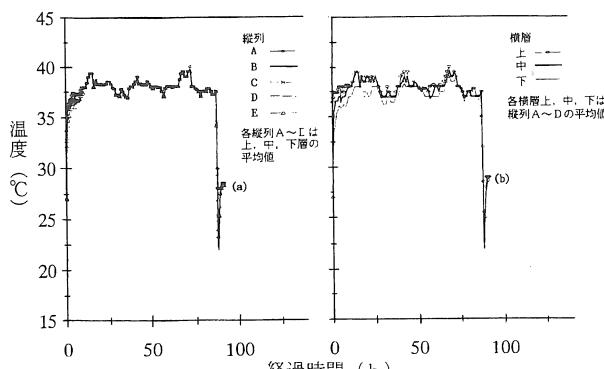


図6 a, b 加熱乾燥における球根温度の経過
(a) 縦方向, (b) 横方向

縦列のC, D, Eが乾燥開始10h位までA, Bより1°C程度低く経過したが、その後は全列ほぼ等しい温度となった。横方向は図6 b のとおり下層で1°C程度低く、上部で1°C以内の差で経過した。

b. 除湿乾燥：球根温度は送気と排気の各温度間にあった。縦方向の温度分布は図7 a のように、

縦列Bが乾燥開始後20h位で他列より1°C以内ではあるが高かった。その後は全列ではほぼ等しい温度となった。横方向は図7 b のように、下層で乾燥開始後20 h位まで1°C程度低かった。その後は上、中、下層ともに等しい温度となった。

(5) 乾減量：床下と最上部に配置した球根の単粒重は図8 a, b のとおり経過した。加熱乾燥では初期に除湿乾燥の場合より早く乾燥が進んだが、25hを過ぎると速度差はほとんどなくなった。ここで、加熱乾燥実験に引き続き除湿乾燥実験の開始日時を決めていたので、貯蔵に適当な重量減少率を得る前に打ち切らざるを得なかった。

コンテナとネット袋内に入れた特定球根の寸法と単粒重は、表1に示すとおり加熱乾燥では重量減少率16.6%，寸法の縮小率1.8%であつ

た。除湿乾燥では重量減少率26.1%，寸法の縮小率4.4%であった。加熱乾燥の方は貯蔵水分に至る前に乾燥を終了したので、除湿乾燥より重量減少率と寸法縮小率が小さくなっている。農家では盤茎部が乾燥して固化し、重量減少率で30~35%となった時点を乾燥終了の目安としている。しかし、これは原料の初期水分によってそれぞれ異なるため、実験の除湿乾燥では26.1%で適当な乾燥状態にあることを農協の検査員によって確認された。

コンテナとネット袋に入れた総量については、加熱乾燥のコンテナで平均16.5%，除湿乾燥のネット袋で平均26.2%の重量減少率であった。これは前記の単粒重の減少率とほとんど同じである。10個のコンテナ

間、また15個のネット袋間の減少率の各偏差は小さく、乾燥チャンバ内で均一に乾燥することが確認された。参考まで赤外線水分計（ケット、F-2B型）で測定した乾燥前後の鱗茎水分は、加熱乾燥で乾燥前62.3%が終了時に57.7%，除湿乾燥で乾燥前61.6%が終了時に55.1%と乾減した。それぞれの差は4.6%と6.5%と小さく、乾燥部位は

主に盤茎、鱗茎表皮、花茎であった。

(6) 消費電力：図9の加熱乾燥では、熱供給源の熱交換バーナ（0.5kW）と送風機（0.25kW）および乾燥部の排風機（0.36kW）とエアバック用送風機（0.23kW）を運転するのに平均1.3kWを消費している。87hの加熱乾燥と最後の4hの冷却運転（平均3.5kW消費）で、総消費電力量は $113.1 + 14.0 = 127.1\text{kWh}$ となった。基本料金を含めない電気料は13円／kWh（1995年1月現在）であるから、総電力料金は1,652.3円である。除湿乾燥では除湿機2.8kWと前記の送・排風機類を運転するのに平均3.6kWを消費し、総消費電力量は1,198.8kWhとなった。総電力料金は15,584.4円となる。

(7) 燃料消費量：熱交換バーナの運転は加熱乾燥のみで、仕様の毎時消費量1.5～3.0 l/hに対し、実際には2.03 l/h（実測量1.60kg/hを灯油の比重0.79で換算）で、総消費量は139.20kgであった。なお、灯油の低位発熱量を10,360 kcal/kg=12.0 kWh/kgとすると、1.60kg/hは19.2kWに相当する。また灯油の原価は42円/1l（1995年1月現在）であるから、総燃料費は7,417.6円となる。

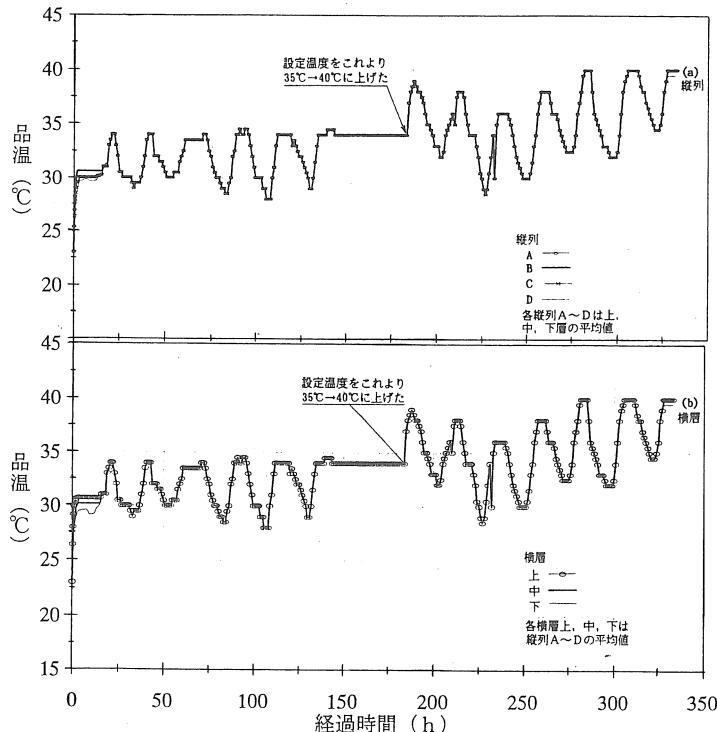


図7 a, b 除湿乾燥における球根温度の経過
(a) 縦方向, (b) 横方向

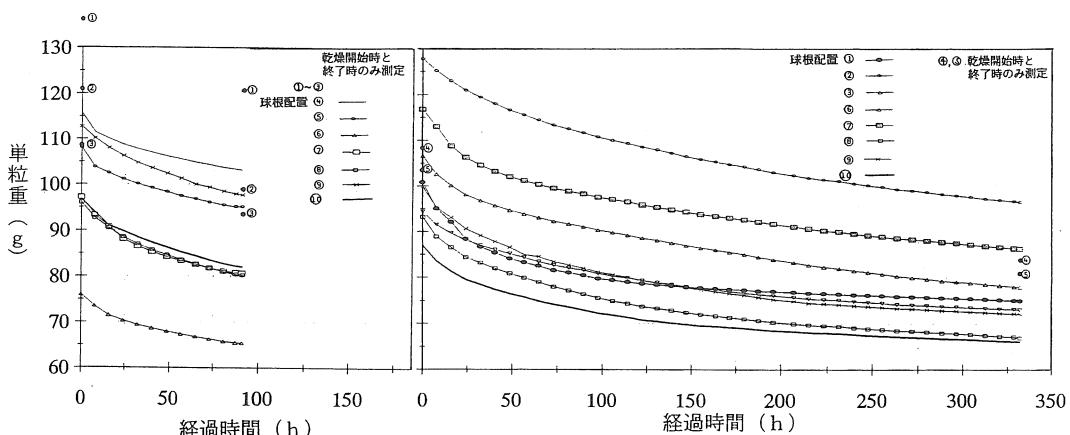


図8 a, b 球根の単粒重（床下懸垂と最上部）乾減経過

表1 乾燥前後の寸法と縮小率
および重量と減少率

項目	乾燥前	乾燥後	差	縮小(減少)率
加熱 a (cm)	6.52	6.44	0.08	1.2 %
加熱 b	11.51	11.25	0.26	2.3
乾燥 b-a	4.98	4.86	0.12	2.4
乾燥 長径	6.60	6.50	0.10	1.5
乾燥 短径	5.90	5.80	0.10	1.7
重量 (kg)	103.75	86.57	23.37	22.9
除湿 a (cm)	6.90	6.63	0.27	3.9
除湿 b	11.88	11.32	0.56	4.7
除湿 b-a	4.98	4.69	0.29	5.8
除湿 長径	6.89	6.64	0.25	3.6
除湿 短径	6.32	6.06	0.26	4.1
重量 (kg)	112.77	83.30	29.47	26.1

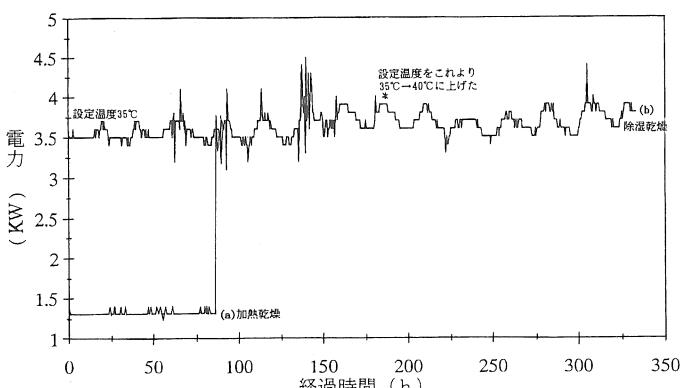
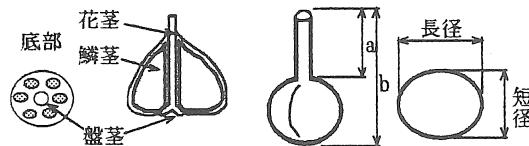


図9 電力消費の経過 (a) 加熱の乾燥, (b) 除湿乾燥

4 摘要

1) 送気温度は加熱乾燥で平均38.1℃、除湿乾燥で設定温度の前半35℃と後半40℃に対し、平均33.4℃で経過した。送気と排気の温・湿度差は両乾燥法とも小さく、排気に依然として高い乾燥能力が残存していた。

2) 球根温度は両乾燥法とも、全体として送気と排気の温度の中間を経過した。温度分布は乾燥初期の段階で一部に1℃程度の差があったが、その後は殆ど等しく経過した。全体として温度むらは

非常に小さかった。

3) 每時重量減少率は加熱乾燥で16.5%/87h=0.19%/h、除湿乾燥で26.3%/333h=0.08%/hと、緩慢な乾燥経過であったが、品質は良好に保持された。

4) 加熱乾燥では電力1.3kWと灯油1.6kg (19.2kW相当) で 9.9×10^{-3} %/kWhと 1.9×10^{-3} %/円、除湿乾燥は電力3.6kWのみで 22.2×10^{-3} %/kWhと 1.7×10^{-3} %/円となる。除湿乾燥は加熱乾燥に比べ1 kWhで2.24倍もの乾燥能力を発揮したが、消費したエネルギーの費用の面では逆に加熱乾燥の方が除湿乾燥よりも1円で1.12倍の乾燥能力を持った。

5) 乾減量1kg当たりの電気料金と燃料費を試算すると、加熱乾燥で281.7円、除湿乾燥で302.6円となる。市販ニンニクの価格が国産で720円/kg³⁾、中国産の自然乾燥もので150円/kgである現状

(1995年1月)に鑑み、人工乾燥に要する200~300円をいかに節減するか、今後の課題である。

参考文献

- 青森県：野菜生産指導要綱、畑作園芸課試料第117号, pp.104~106, 1976
- 桃野 寛, 道場三喜雄, 島田実幸：ニンニクの乾燥調整法に関する研究, 農業機械学会北海道支部報32, 55~59, 1991
- 青森県農林部：図説農林業の動向 平成5年度版, p.23, 1994

[閲読者コメント] 加熱乾燥と除湿乾燥のそれぞれにおいて、乾燥製品1kg当たりの消費エネルギー及びコストはどうなりますか。

[著者回答] 加熱乾燥は11.055kWhと55.8円、除湿乾燥は8.2965kWhと107.9円になります。

ニンニクの予措乾燥に関する研究（第2報）

— 赤外線水分計による乾減量の測定法について —

片平光彦*・戸次英二*

Studies on Preparatory Drying for Storage of Raw Garlic Bulb

— Determination of Optimum Drying Method Using Infrared Heating Type Moisture Meter —

Mitsuhiko KATAHIRA*, Eiji BEKKI*

Abstract

Optimum conditions in drying raw garlic bulb for storage has not been reported. This study was done to determine the optimum combinations of drying temperature and drying time prior to storage using an infrared heating type moisture meter (Kett, F-2B). Heating temperatures of 75, 80, 85, 90, 105 and 120°C and drying time of 50, 60, 70 and 80 minutes were tested respectively. A drying combination of 90°C and 70 minute was found optimum based on moisture rate reduction, minimum odor and burned color production.

1 緒 言

青森県で栽培されているニンニクは、1992年度に作付け面積で2250ha, 収穫量で24400t, 出荷量で16100tと、わが国における最も高い占有率¹⁾を誇っている。ニンニクの収穫時期は、6月下旬から7月初旬の梅雨の時期と合致する。そのため収穫直後の多水分のニンニクは、そのまま放置すると盤茎の表面にカビを発生させ、品質を著しく損なう。以上から、良好な状態で貯蔵・流通させるには予措的な乾燥が必要である。

乾燥方法は、ニンニクの花茎を鱗片の頂部から約150mm残した状態の球根を、ネット袋あるいはコンテナへ詰めて、ビニールハウス内での太陽熱と熱対流による風乾、または乾燥室内での熱対流による乾燥があげられる。いずれにしても、乾燥終了時には収穫時の含水状態によって乾燥初期よりも30~35%の重量減とする乾燥が進められている²⁾。乾燥中には水分以外に水溶性成分も部分的に揮発するので、ニンニクの含水状態は乾燥前重量に対する乾減量の割合で表現されている。なお、鱗片の含水状態は58~62%が貯蔵のための上限とされている。

しかしながら、乾減量の測定法には未だ規定が

なく、多くの場合常圧下で105°CのAir-oven法がとられており、その測定時間は実験者によってそれぞれ異なっている³⁾。本研究はニンニクの乾減量を測定するための最適な方法を見出すためにおこなったものである。

2 実験方法

(1) 供試器

実験には赤外線水分計（ケット、F-2B型）を使用した。熱源には185W赤外線ランプを3個使用し、測定精度は±0.1%含水率であった。

(2) 供試材料

市販の乾燥ニンニク（ホワイト6片種）を構成する個々の鱗片に分割混合した後、図1のように花茎に対し直向する1mm厚の切片に細断した。加工を施した試料は、赤外線水分計の試料皿（直径170mm、深さ18mm）上に重ならないように載せた。多水分農産物の場合、試料が少量では乾減量の測定値に大きな変動をきたすため⁴⁾供試重量を50gとした。重量の秤量には、直示上皿天秤（ザルトリウス、2255型）を使用し、乾燥前と乾燥直後の重量を精秤した。

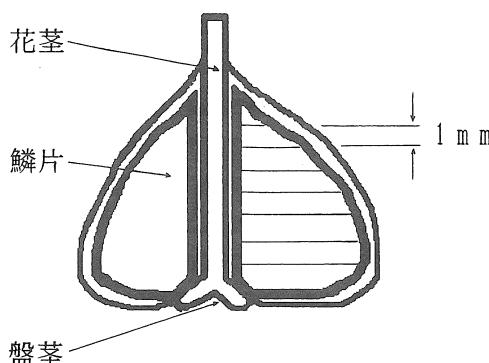


図1 鳞片の細断

(3) 検討項目

1) 温度

ニンニクの乾減量を測定する上で最適な温度を見出すため、温度範囲を各15°C差で広範に設定し、その中から良好と判断される温度範囲をさらに5°C間隔に設定した。それら一連の経過を図2に示す。測定時間は120°Cの50分を除き、全て80分とした。

広範な温度(75, 90, 105, 120°C)に設定(1回目)



温度を75, 80, 85, 90°Cに設定(2回目)



最適測定温度の決定

図2 測定温度の設定順序

2) 時間

測定温度を決定した後、測定時間を50, 60, 70, 80分の10分差で設定した。

3) 乾減量の再現性

実験日を変えて各測定実験を二~三度繰り返した。その結果から再現性を検討した。

4) 仕上がり状態

乾燥直後の試料を肉眼で観察すると同時に、写真撮影をおこなった。仕上がり時の色合いを測定温度と測定時間の決定に際して参考とした。

5) 測定誤差

初期重量と乾燥直後の重量を直示上皿天秤で精秤し、それらの重量差の乾減量を秤量値とし、赤外線水分計による測定値と比較した。なお、秤量値は湿量基準による。

3 実験結果と考察

(1) 温度

重量の減少率は、表1のとおり測定温度が高くなるにつれて大きくなつた。それは105°Cを越えると、高温のため水分以外の水溶性成分が揮発したことが原因である。特に120°Cでは50分を経過

表1 ニンニクの温度別乾減量

(単位 %)

測定温度\実験(月/日)	4/24	4/26	4/28	4/29
75 °C	58.2	59.2	58.6	—
80	—	—	59.8	62.9
85	—	—	58.5	63.3
90	59.1	59.4	58.9	—
105	59.5	60.4	—	—
120	62.3	61.2	—	—

すると、ニンニク特有の臭い(フレーバ酵素⁵⁾)が強くなり、黒褐色に焦げ付くようになった。

一方、75~90°C間は臭いと色合いから揮発量が少ないと判断され、測定値の差は小さかった。以上の結果から、75~90°Cの範囲が適当な温度と判断されたため、この間をさらに細分した。それら

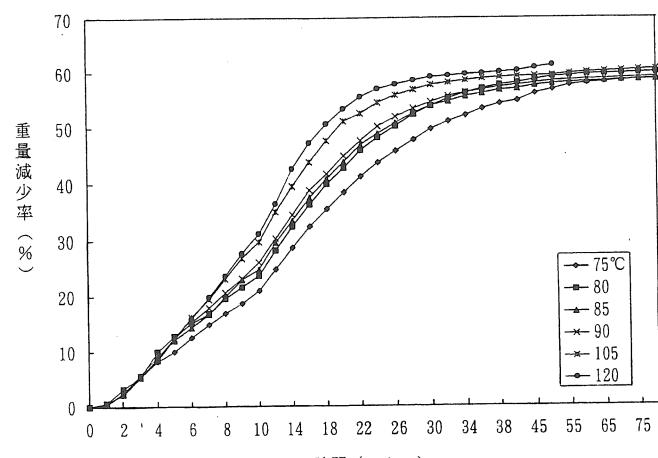


図3 重量減少率の経過曲線

の実験結果を図3に示す。それによると75と80℃では、乾減曲線が終期においても緩やかな上昇を続け、水分などの蒸散が継続していた。85と90℃では乾減曲線が水平に収束して、重量減少率にほとんど差が見られなかった。105と120℃は測定初期から高温のため曲線が急な勾配で立ち上がり、曲線終期には水溶性成分の揮発による上昇が見られた。図4に示した仕上がり状態は、105と120℃にシャーレ中の試料に焦げ付きが全体的に見られ、90℃では試料の上部に若干の焦げが散見され、85℃以下にはそれが見られなかった。

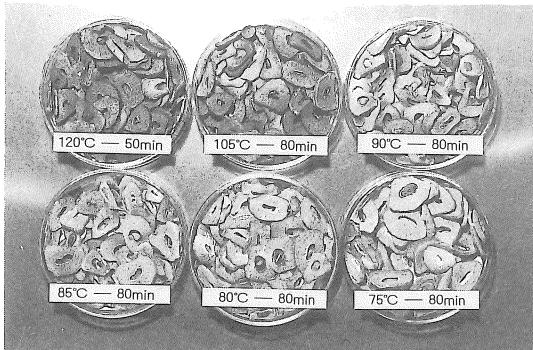


図4 温度別仕上がり状態

これより、90℃は測定時間を調整することによって、焦げ付きを避けることができ、曲線も水平に収束させてるので、最適温度と判断される。

(2) 時間

測定温度90℃における適当な測定時間を決定す

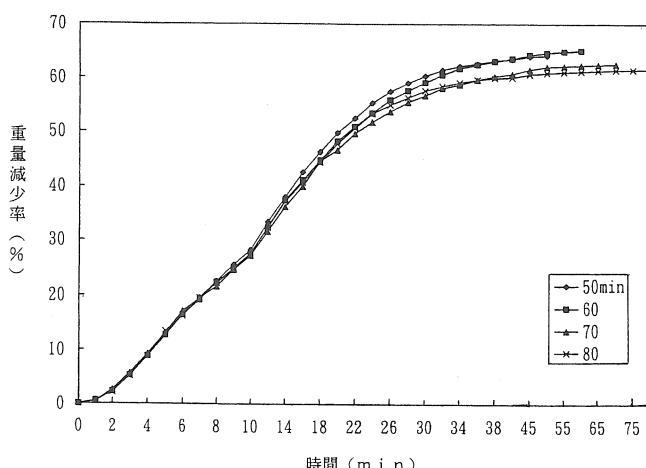


図5 測定温度90°Cにおける測定時間別重量減少率

るに当たり、図5に示すとおり50と60分の時間では、乾減曲線が終期においても測定値の変動が大きく、水分等の蒸散が継続していた。70と80分の時間では、乾減曲線の終期における測定値の変動率が30秒間に0.01%と小さく、測定終了の規定⁶⁾を満たして水平に収束した。

図6の写真に見られるように測定時間別の仕上がり状態は、80分ではシャーレ上部の試料に若干の焦げ付きが散見され、70分以下ではそれが全く見られなくなり良好な状態にあった。

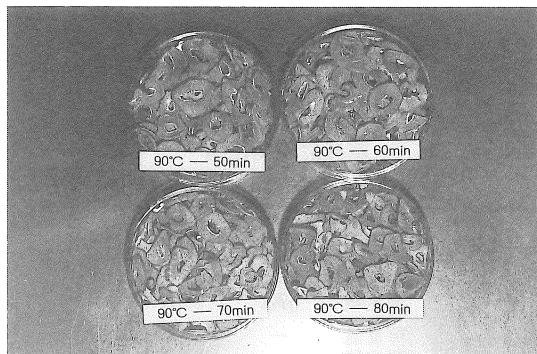


図6 測定温度90°Cにおける測定時間別仕上がり状態

(3) 再現性

乾減量の測定値から算出した標準偏差は表2に示したとおり、最大で3.39%，最小で0.25%となった。80と85℃の値が大きかった原因是、供試体の初期状態が実験日で異なっていたことによる個体差と考えられる。その他の試験区では、値が全て0.8%を下回り分散が微少で再現性が高い結果といえる。

つまり試料の初期状態が同じで、温・湿度条件を均一な状態として測定をするならば、伴ら⁷⁾の報告に見られるように、測定値の再現性はさらに高くなる。

表2 測定温度別測定値の標準偏差

測定温度(℃)	75	80	85	90	105	120
標準偏差(%)	0.50	2.19	3.39	0.25	0.64	0.78

(4) 測定誤差

直示上皿天秤による秤量値と、対象の赤外線水分計による指示値を比較すると表3のとおり、全ての測定温度において最大で0.48%，最小で0.13%，平均0.29%，標準偏差が0.11%であった。

測定値の平均は赤外線水分計の機器仕様に記載されている精度±0.1%より0.19%大きいが、標準偏差は0.11%と値の分散が微少で安定していた。測定温度とした90℃では、平均値が0.26%，標準偏差が0.13%となった。標準偏差は全体と比べて若干大きかったが、平均値は全体より小さく精度が良好であったと判断できる。

表3 乾減量の秤量値と赤外線水分計の測定値

(単位 %)

測定温度	実験(月/日)			
		4/26	4/28	4/29
75 ℃	秤量値	59.5	59.0	—
	測定値	59.2	58.6	—
80	秤量値	—	60.1	63.1
	測定値	—	59.8	62.9
85	秤量値	—	58.6	63.6
	測定値	—	58.5	63.3
90	秤量値	59.9	59.2	—
	測定値	59.4	58.9	—
105	秤量値	60.7	—	—
	測定値	60.4	—	—
120	秤量値	61.4	—	—
	測定値	61.2	—	—

4 摘 要

1) 測定温度に関し、90℃以上ではニンニク特有の臭いの放散が強く、焦げ付きが見られた。それ以下の温度では、乾減速度が遅くなり、曲線が水平に達する時間が長くなった。90℃では局部的に焦げが散見されたが、途中で皿上の細片位置を変えることや、測定時間の調整でこれを避け得るので、90℃が臭いの放散と焦げ付きおよび能率の面から最適温度と判断される。

2) 測定時間に関し、90℃の下で50,60分では乾減曲線の水平に達する時間が長引き、測定値の変動も大きかった。80分では曲線を水平にするが、焦げ付きが見られるようになった。したがって、70分が乾減量の変動値を最小にし、仕上がり時の

色合いも適度であることから、最適時間と判断される。

3) 日時を変えて二、三度測定した結果、いずれの測定温度においても測定値は、標準偏差で0.25～0.78%と分散が小さく安定した値を取った。よって、測定値は再現性が高いと判断された。

4) 乾燥前後の重量変化を直示上皿天秤で秤量して求めた値を基準とし、赤外線水分計の測定値とを比較すると、それらの差は平均で赤外線水分計の仕様に記載されている測定誤差の範囲(±0.1%)より若干大きいが、標準偏差は0.11%と小さく安定した値を示した。

参考文献

- 青森県農林部：図説農林業の動向 平成5年版, pp. 82～85, 1994
- 農文協編：園芸野菜大百科10, 農山漁村文化協会, pp. 217～219, 1989
- 桃野 寛, 道場三喜雄, 島田実幸：ニンニクの乾燥調整法に関する研究, 農業機械学会北海道支部報32, 55～59, 1991
- 香川綾：4訂食品成分表, 女子栄養大学, p. 18, 1994
- 島 英治：食品工業と酵素, 朝倉書店, p. 219, 1983
- 境真二郎, 斎藤雄孝：ケット科学製半自動デジタル式赤外線水分計精度試験結果, 全農昭和60年度試験成績, pp. 27～37, 1985
- 伴 敏三, 諏澤健三, 鷹尾宏之進：常圧低温乾燥法による穀物の含水率判定に関する研究 農業機械学会誌34, 365～371, 1973

[閲読者コメント] 温度が低いと揮発量は少ないかもしれないが、未蒸発水分が増えるのではないかでしょうか。安定性だけから見れば、105℃が最適ではないでしょうか。

[著者回答] 測定温度が80℃以下の低い場合には、指摘されるとおり鱗片の未蒸発水分が多く、測定時間を長引かせます。揮発成分の多いニンニクの場合、その測定温度は安定性だけでなく、色合いや揮発性も含めて検討する必要があり、本実験では90℃が最適と判断されました。

〈新技術コーナー〉

コンテナ収集用ハンドリング作業車

大下泰生*

1.はじめに

収穫した農産物あるいは肥料袋等の重量物のハンドリング作業は労働負担が大きく、人手不足や高齢化に対応するためにも、作業の機械化による軽労化・省力化、さらには高度制御技術を導入した作業の快適化が求められている。

そこで、重量野菜等を対象に、収穫後圃場から集荷場に運搬するまでの収集・運搬に関するハンドリング作業の機械化を目的として、作業車を開発した。試作機の設計条件は以下のとおりとした。

- ①コンテナ等の収納具を用いる作業体系とする。
- ②1個当たりの取り扱い重量は50kg程度とする。
- ③試作機はコンテナの拾い上げ・運搬・荷降ろし等の作業を行うものとする。
- ④試作機は走行装置にアームやハンドを装着した本体と、コンテナを積載するためのトレーに分離された構造とする。

これらの基本目標をもとに、上下駆動方式の多関節アームを用いた簡易構造・低コスト型の1号機、および全電動方式の多関節アームを用いてリモコン操作を可能とした高機能型の2号機を試作した。

2. 試作機の概要

(1) 1号機の概要

1号機は上下駆動式多関節型アーム・2本爪式ハンドを特徴とする。使用するコンテナの大きさは幅60×長80×高50cm程度とした。アームは上下方向操作のみ電動で、水平移動は手動で操作するパワーアシスト型である。コンテナを把持するハンドは2本爪を用いた手動操作式で、カムおよびリンク機構で爪の開閉を容易にしている。また、肥料袋等を取り扱う場合は吸着式ハンドに交換する。作業は走行部操作、アーム部操作、積載部整列の3人で行う。作業方法は、最初に収穫した重量野菜をコンテナに収納し、ハンドリング装置でコンテナを収集し、圃場外まで運び出して、コン

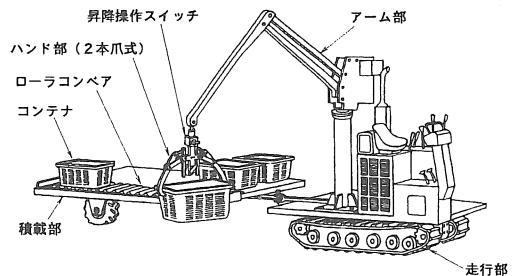


図1 ハンドリング作業車（1号機）の外観

テナごとトラックに乗せ換える。

(2) 2号機の概要

2号機はアームやハンドの可動部全てを電動方式とし、スイッチ操作でコントロールできるフルリモコン操作方式である。アーム部は「上下」・「水平（内外）」・「旋回」の各駆動装置がある。また、傾斜地でも支柱を水平に保つ自動平衡装置を備えている。ハンド部は電動による8本爪式で、コンテナの大きさや向きにかかわらず容易につかむことができる。作業はオペレータと積載部補助作業者の2人で行う。制御部には有線式スイッチボックス、無線コントローラを備えており、オペレータが運転席に着座してスイッチボックスにより取り扱う有線方式、オペレータが圃場に立ってワイヤレスコントローラによりアーム部・ハンド部・走行部を取り扱う無線方式での操作が可能である。さらに外部制御入力端子を備えており、将来コンピュータによる運転も可能なシステムとしている。

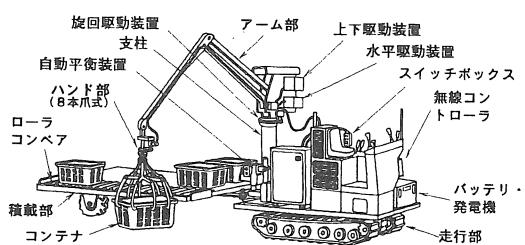


図2 ハンドリング作業車（2号機）の外観

表1 ハンドリング作業車の主要諸元

	1号機	2号機
機体寸法等		
全長	7860mm(積載部を含む)	6940mm(積載部を含む)
全幅	2070mm(積載部を含む)	2080mm(積載部を含む)
全高	3070mm	2930mm
重量	2020kg(積載部を含む)	2770kg(積載部を含む)
アーム部		
上下動	電動	電動
水平動(内外)	手動	電動
旋回	手動	電動
アーム部姿勢	固定	自動平衡制御
持上荷重	250kgf	80kgf
最大旋回半径	2000mm	2500mm
ハンド部		
把持爪形式	2本爪式 または吸引式	8本爪式
制御部		
操作方法	手動操作	リモコン操作 または 外部制御

3. 基本動作特性および作業性能

(1) 基本動作特性

1号機および2号機の基本動作特性を調査するために、地面に置かれたコンテナを拾い上げ、積載部に降ろすまでの作業時間を調査した。1号機では1個当たり約15秒で作業することができたが、2号機では、アーム部およびハンド部の作動速度が1号機に比べて遅く、1個当たりの作業時間は約50秒であった。次に、コンテナ6個を5m間隔で1列に配置した調査区間を設け、コンテナを連続して拾い上げる作業を行った結果、作業時間は1号機では3分程度であったが、2号機では約7分と、1号機の2倍程度を要した。

(2) 重量野菜の収集・運搬作業性能

ダイコンの収集・運搬作業における人力および機械使用時（1号機・2号機）の作業能率および

作業強度を調査した。慣行の人力による作業方法は、ダイコンを1輪車に積み込み、圃場端に停車したトラックまで運搬し、乗せ換える方法で、ダイコンは単体で取り扱い、バラ積みする作業方式とした。機械作業では、まず最初にコンテナを配布し、ダイコンをコンテナに収集し、作業機によりコンテナを収集してトラックにコンテナごと乗せ換えた。

作業時間は（表2）、人力作業に比べて1号機使用時では若干長くなり、2号機使用時では2倍以上を要した。しかし、心拍数増加率は（表2）、機械作業時が人力作業時に比べて小さくなり、特に2号機では作業者がコンテナを直接取り扱うことが少ないため低い値を示し、作業強度は大幅に軽減された。したがって、ハンドリング作業車を使用することにより、重量物のハンドリングが機械化され、省力化および労働強度の軽減に役立ち、人手不足や高齢就農者への対応、腰痛などの障害防止等へ有効な対策となる。

4. 今後の課題

今回試作した1号および2号機により、野菜収穫・運搬作業におけるハンドリング作業の機械化・省力化のための基礎技術を開発することができた。1号機では従来の人力作業体系に比べて同程度の作業能率で、ハンドリング作業の機械化が可能となり、2号機では、将来、作業のワンマンオペレーション化や自動化のためのリモコン操作技術を確立した。ただし、作業時間が長くなるなど改良すべき課題もあり、今後さらに性能の向上を図る必要がある。

表2 作業能率および作業強度

作業方法	人力作業 (1輪車使用)			機械作業 (1号機)			機械作業 (2号機)		
取扱量	ダイコン 865kg			ダイコン 862kg			ダイコン 872kg		
作業面積	2.5a			2.5a			2.5a		
作業人数及び作業内容	3人 (1輪車操作×2 トラック乗せ換え)			3人 (走行部操作 アーム部操作 積載部整列)			2人 (走行部操作 積載部整列)		
作業時間	22分00秒			27分03秒			54分43秒		
心拍数測定	作業者	A	B	C	A	B	C	A	B
	性別	男(50代)	男(30代)	女(40代)	男(50代)	男(30代)	女(40代)	男(50代)	男(30代)
	作業内容	1輪車	1輪車	乗せ換え	走行部操作	アーム部操作	積載部整列	走行部操作	積載部整列
	安静時(拍分)	78	69	72	78	69	72	78	69
作業時(拍分)	118	127	86	112	103	125	102	98	
増加率	51	84	19	44	49	77	31	42	

〈新技術コーナー〉

水田用栽培管理ビークルの実用化試験について

瀬野幸一*

1. はじめに

水稻作における機械化は、昭和60年代にはいると高速田植機や汎用コンバインの誕生により省力化、高速化が一層進展した。現在では、研究の中心がトラクタを主体としたロボット化に移り、実用化段階に到達しつつある。

このように、無人化が図られつつある水稻作業の中にあって今なお、歩行作業が主流となっているのが除草剤散布作業、追肥作業、防除作業等の管理作業である。

一方、山形県内における大区画ほ場整備は、庄内地域を中心に年々増えており、ほ場の大型化が一層進むものと予想される。こうした背景から、行政、普及現場等各方面より水稻作における管理作業の乗用化の要望があげられている。

山形農試では、平成6年から生研機構が実施している「水田用栽培管理ビークルの開発」の一環として、実用化試験を委託され取り組んでいる。

ここでは、その概要について紹介する。

2. 水田用栽培管理ビークルの特徴

生研機構では、平成5年度から農機メーカー7社との共同研究で水田用栽培管理ビークルの開発を行っている。

これは、乗用型田植機を本機とし、これに田植機、液剤少量散布機、粒状物散布機等の各種作業機を搭載し作業を行う。

現在市販されている乗用管理機と類似するものであるが、ビークルは乗用田植機の汎用化の観点から開発が進められ、田植え作業が可能である点から田植機の年間稼働期間の拡大にもつながるメリットが考えられる。

ビークルの特徴としては、以下のことがあげられる。

(1) 本機については、各作業機共通化したオートヒッチを有すことから作業機の着脱が簡単であり、2本のPTO軸（回転数が作業速度に比例したものとエンジン回転に比例したもの）を持つ。また、田植機より地上高が10cm程度高いため、稲の押し



図1 水田用栽培管理ビークルによる防除風景

*山形県立農業試験場

倒しが少ない。

- (2) 液剤少量散布機は、散布幅7.5mのブームを有し、300倍希釈の液剤を25リットル/10aの少量散布が可能である。さらに、走行速度に応じた吐出量が得られるため高精度散布が可能で、エアーアシスト装置により株元まで薬液が散布できる。
- (3) 粒状物散布機は、作業幅7.5mの散布ブームに約60cm間隔にとりつけた吐出口から粒状農薬は1~6kg/10a、肥料は5~50kg/10a程度を散布できる。これは、吐出口2個につき1個の繰出装置を持ち、作業速度と連動して高精度に散布できることを目標に本年度試験中である。

3. 試験結果の概要

(1) 田植作業の実用性

試作機による田植作業は、移植時の土壌条件、試作機前輪の種類が違う条件で試験した結果、植付深さが2.0cm、全欠株率が1.0%程度と植付精度に問題はなかった。

作業時の走行速度は、耕土深がやや深かったが1.0m/s以上の速度が確保でき、ほ場作業量は28.8a/hrであった。

以上のことから、試作機は従来の高速田植機と同等以上の性能が認められ、実用性が高いと判断できる。

(2) 走行性

ほ場内におけるビーカーの走行性能は、車輪の種類の違いにより左右されることから、前後車輪の種類を変えて検討した。

その結果、走行時は、ほ場内を湛水状態にすることで車輪による泥の持ち上げが少なくなり、有効であった。

進行低下率は、走行時期による大きな差ではなく、前回の走行が影響することはなかった。

走行による収量への影響は、後輪の種類の違いによる減収はほとんど認められなかった。これに対し、前輪を変えた場合の収量比は、99.1~96.4%となりやや低下した。

(3) 液剤少量散布の実用性

30a区画ほ場における作業時間は、作業速度0.42m/sで23.0~23.5分、高速作業とした作業速度0.72m/sの時は15.9分となった。

この結果、ほ場作業量は69~103a/hrとなり高能率作業が可能であった。また、作業速度を速めた場合でもほぼ設定した薬液量が散布でき、高い速度連動散布能力が得られた。

防除作業で発生する稻体の損傷株は、旋回時や条間が輪距と不適合になった場所で一部観察されたが、走行経路が毎回同じであるため、損傷株の発生は最小限に止めることができた。

(4) 粒状物散布機の実用性

粒状物散布機の具体的な作業は、除草剤散布、オリゼメント散布、穂肥散布で、各作業とも慣行の背負動力散布機と比較しながら作業能率、散布効果等を調査している。

能率は、液剤少量散布と同等程度のほ場作業量が期待できると思われる。

詳細については、次年度以降公表できる予定である。

4. ビーカー利用のメリット

水稻作の管理作業は、夏場の暑い時期に実施することが多く、特に穂肥作業や防除作業は重量物を背負いながら歩行作業をする必要があり、重労働の代表とされてきた。

しかし、このビーカーの登場により水稻作業は一層省力化し、完全な「乗用化時代」に到達したことになる。

表1 田植作業の作業性能 (30a区画ほ場: 98m×28m)

作業内訳	作業時間(min)	57.7	一株本数(本)	平均	5.3
	植付け(min)	28.1 (49%)		標準偏差	1.87
	回行・移動(min)	10.0 (17%)	根付け深さ(cm)	平均	1.7
	苗補給(min)	18.6 (32%)		標準偏差	0.69
	調整・停止(min)	1.0 (2%)	全欠株率(%)		0.6
ほ場作業量	欠株: 機械的欠株(%)				0.6
	内訳: 浮苗欠株(%)				0.03
燃料消費量(l/h)	28.8				
燃料消費量(l/h)	2.2				

すなわち、トラクタ、ビークル、コンバインの機械化体系で水稻栽培が可能になり、以下のようなメリットが考えられる。

①田植～管理作業までワンマン作業が可能になり、現行区画の水田から大区画水田まで幅広く利用できるため、低コスト生産に貢献できる。②農薬や

肥料を適期に高精度散布できるため、生育の均一化や高品質化も期待できる。

③は場内作業となるため、周囲への漂流飛散が少なく環境保全的な散布技術となり、きめ細かな対応が可能である。

表2 車輪の種類と直進部の進行低下率、耕盤下車輪沈下量及び収量比

試験区		試験条件				試験結果				
区名	走行回数	走行部ほ場条件				走行速度(m/s)	進行低下率		耕盤下累積車輪沈下量(cm)	車輪跡両側条収量比(%)
		水深(cm)	耕盤深さ(cm)	下振り貫入深(cm)	耕盤円錐貫入抵抗(MPa)		1)	2)		
A区	1 5月27日	5.1	16.5	9.0	1.23	0.41	4.3	6.0	1.5	99.1
	2 7月12日	6.4	16.6	7.5	1.43	0.42	3.7	5.4	2.4	
	3 7月28日	8.2	13.2	8.6	1.51	0.42	4.6	6.3	4.8	
	4 8月9日	11.3	12.8	8.8	1.30	0.46	—	—	6.2	
	平均	7.8	14.8	8.5	1.37	0.43	4.2	5.9	—	
B区	1 5月27日	5.0	18.5	7.7	1.46	0.42	4.1	5.6	1.5	96.4
	2 7月12日	6.9	16.3	8.6	1.17	0.42	5.1	7.0	2.7	
	3 7月28日	8.4	14.0	7.3	1.72	0.42	5.2	6.6	5.9	
	4 8月9日	—	—	—	—	—	—	—	—	
	平均	6.7	16.3	7.9	1.45	0.42	4.8	6.4	—	

注) A区 前輪: 空気入りゴム車輪(幅76mm, カバー付き)
後輪: 空気入りゴム平ラグ車輪(ラグ幅120mm, リム幅60mm)

B区 前輪: 中実ノーパンクゴム車輪(幅96mm, カバーなし)
後輪: 空気入りゴム平ラグ車輪(ラグ幅120mm, リム幅60mm)

表3 液剤少量散布機の作業能率

走行月日		7月12日	7月28日	8月9日
供試品種		どまんなか		
草丈(cm)		60		107
ほ場長辺×短辺(m)		98×28		
走行部水深(cm)		6.0	9.0	11.5
走行部作土深さ(cm)		16.0	11.0	12.0
走行部車輪跡溝深さ(cm)		4.0	7.0	10.0
作業速度(m/s)		0.42	0.42	0.72
散布量(/10a)		27.0	26.8	25.3
作業時間(min)		23.5	23.0	15.9
散布時間(min)		15.6	15.4	9.2
回行・ほ場内移動(min)		2.8	3.4	2.5
水補給 ¹⁾ (min)		3.2	3.2	3.2
調整・停止(min)		1.9	1.0	1.0
ほ場作業量(a/h)		69	71	103
燃料消費量(l/10a)		—	0.41	0.31

¹⁾ 別途測定した値の平均値、ほ場外での移動時間は含まない

5. おわりに

これまで、生産・普及現場では農業機械の汎用化についてその利点等については認識していたが、機械操作の煩雑さや作業体制の複雑さ等から積極的な導入、活用がなされていなかった。

今回開発された水田用栽培用管理ビークルは、

これらを解消した機械として移植栽培に限らず、直播栽培や畠作・野菜栽培にも十分活用できると思われる。

今後予想される高齢化、労働力不足に対応し、大規模経営が求められている21世紀型農業を担う機械として活躍することを期待したい。

〈新製品コーナー〉

野菜用播種機

(株)コンマ製作所*

1. まえがき

野菜作用播種機としては、吸引式とロール式とに大別される。ロール式での機械的な装置としては以前より販売されている（幣社例SP-V21形）タイプをより一層省人化されたものが要望されている。

これらの要望にこたえたのが「野菜播種コンベア（XSP-V150）」である。以下でその概要について説明します。

2. 主な特徴と諸元

XSP-V150の諸元を表1に示します。

主な特徴として

- (1) 12種のポットに対応可能、切換はワンタッチ
- (2) 入口部よりポット供給すると、出口まで自動搬送
- (3) 床土、播種、覆土ホッパの下部にセンサー付で、土や、種子のロスがありません。
- (4) 播種精度は定評あるロール方式で、確実にポット中央に一粒ずつ播種されます。
- (5) 安全装置付で、入口部・出口部の2ヶ所で機械の全停止可能で安心です。

3. 使用可能なポット

- (1) カサハラ SP144, SP220, SP299
- (2) カサハラ SP72S, SP128S, SP220S
- (3) NK NK136, NK253, NK171
- (4) ヤンマー 128, 200, 288

4. 構造と機能

各作業行程を説明します。

- (1) トレイを供給しますと、搬送が開始します。
- (2) 床土部においてトレイを検出し、床土が充填され、ブラシ・ゴムで鎮圧後、回転ブラシでトレイ表面を均平にする。
- (3) 播種部において、種子をガイドするための凹み（鎮圧）をつけ、次にトレイのピッチに合わせて横一列ずつ、播種されます。
- (4) 覆土部において、種子を覆うべく覆土した後、灌水部において灌水を行ない、一連の作業が完了する。

各トレイ毎に切替なるのは次の部品です。

- (1) 播種ロール（標準はLコート）
- (2) 鎮圧プラグ

尚トレイ毎に異なる送りピッチの変更をスイッチの切替一つで可能にしたことが本機の最大の特徴です。

5. 今後の課題

コート種子の専用機であり、裸種子に使えないこと、また能率、取扱性の向上等の課題は多くあり、今後とも改善していく必要がある。

表1. XSP-V150諸元

機 体 寸 法	全長(mm)	6300	動 力	電源	AC100V	ホ容 ツ バ量	播種(1)	2.4	灌 水 播 種	2条散水2連
	全幅(mm)	610		床土	60W		床土(1)	65		ロール（コート種子専用）
	全高(mm)	1195		播種	60W		覆土(1)	40		
	重量(kg)	160		搬送	パルスマーター		能力(箱/時)	150		搬送方式
										間歇送り

〈新製品コーナー〉

苗箱の自動供給装置の開発について

（株）斎藤農機製作所*

1. はじめに

今日、農業経営の大規模化、集約化が進み高能率低成本化農業が要求されています。

粉の播種時、或いは、田植え後の苗箱の洗浄時にも苗箱の枚数が数万枚に達すると、それを1枚ずつ人手によって供給するのは非常に労力を要し、かつ時間のかかる作業となっています。

そこで、独自の苗箱自動供給方式を採用し、また、コスト削減を図るために播種機、洗浄機どちらにも自動供給できる装置を開発したので紹介する。

2. 特長と主要諸元

本機の特長としては、

- (1) 箱の分離、搬送方式がシンプルであるため安価である。
- (2) 特殊な分離爪を採用しあらゆる形状の箱に適応できる。
- (3) 播種機、洗浄機両方の供給装置として使用でき1000枚/時の高能力を有する。

等があげられ、図1及び表1に外観図とその主要諸元を表わす。

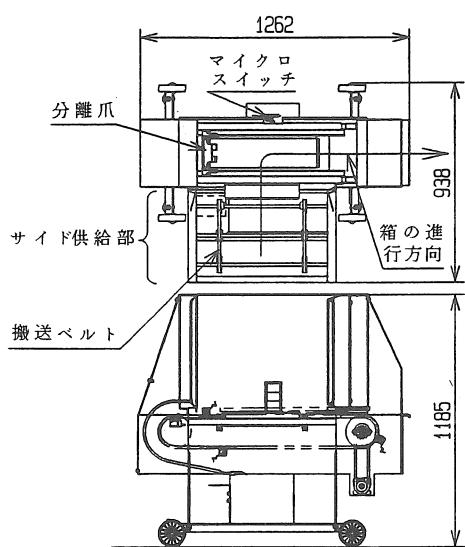


図1 外観図

表1 主要諸元

型 式		SW-K
名 称		苗箱自動供給機
機体 寸法	全 長 (mm)	1262
	全 幅 (mm)	938
	全 高 (mm)	1185
全 重 量 (kg)		87
所 要 動 力		40W × 2個 (単相 200V)
処理能力 (枚/h)		1000
自 動 作 業 形 態		15枚積み /1 ブロック

3. 苗箱の供給機構

サイド供給部に苗箱を10~15枚を乗せるだけで自動的にベルト搬送により供給機本体に取り込まれる。取り込んだことをマイクロスイッチより検知し待機させておいた分離爪を作動させ図2のように支点を中心に回動する分離爪が下から2枚目の箱を持ち上げ、下の箱とのめあいを分離した後、最下位の箱を播種機、或いは、洗浄機に1枚ずつ供給していく。

この分離爪は回転する左右2本のチェーンに3個取り付けられ箱がなくなるまで回り続ける。

箱がなくなるとマイクロスイッチにより空になったことを検知し、サイド供給部の搬送ベルトを駆動し、再度箱が取り込まれる。このサイクルが繰り返される。

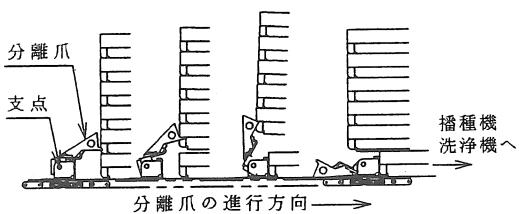


図2 苗箱の分離、供給行程

4. 分離爪の形状

苗箱の供給にとって最大のネックは、箱の種類が多岐にわたることである。箱内面の寸法には規定があるものの外周部の形状、高さ、リブの位置等は千差万別で様々な種類の箱が存在するのが現状である。それら苗箱の制約条件のもとでは、それぞれの箱に適合した分離爪を製作しなければならなかつた。

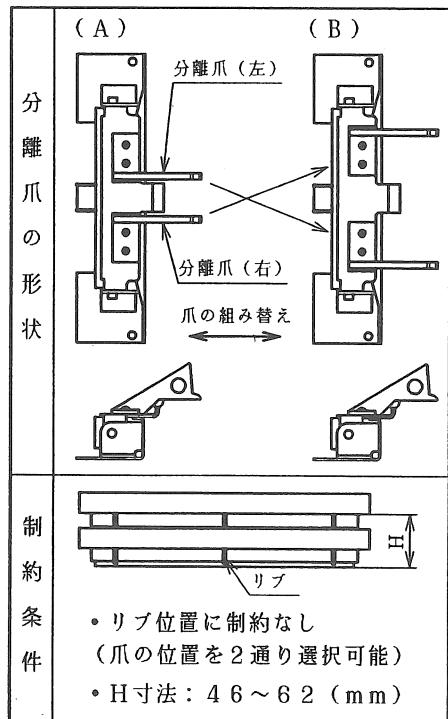


図3 分離爪の形状と箱の制約条件

そこで今回、図3に示す分離爪を考案することにより苗箱の制約条件を大幅に軽減することができた。

この分離爪は極力、箱に接する面積を小さくし図のように薄くすることで(A)の状態でほとんどの苗箱に対して適合するようになった。

もし、(A)の状態で爪がリブに干渉する場合は、(B)のように組み替えも可能とした。

また、箱の高さの上限も46から62mmと広げ、高さの高い箱にたいしても適応可能となつた。

5. 供給機の発展性

これら供給方式の開発により播種機への供給機、或いは、洗浄機への供給機としての兼用化使用も

可能となり、経費及び労力の削減に大きく寄与できるものと考える。

ここで、この装置を組み入れた使用例を図4、5に示しておく。

図4は、播種機への供給機としての使用例であり、この場合当社の播種機用供給補助装置（オプション）の介在を必要とし、播種機は1000枚/時間まで対応できる。

図5は、洗浄機への供給機としての使用例で洗浄、水切り（プロア吹き出し）、消毒（噴霧方式）、自動積み上げ（10枚/1ブロック）の行程があり、1時間当たり1000枚の高能力タイプである。

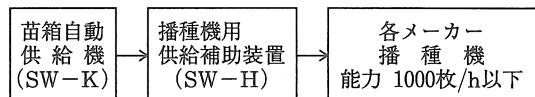
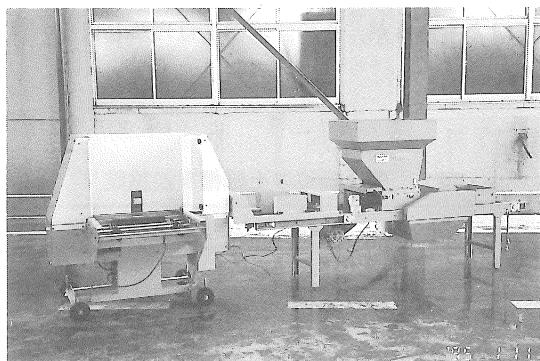


図4 播種機への供給

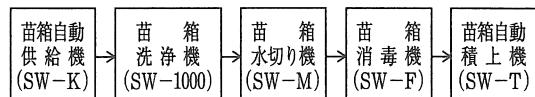
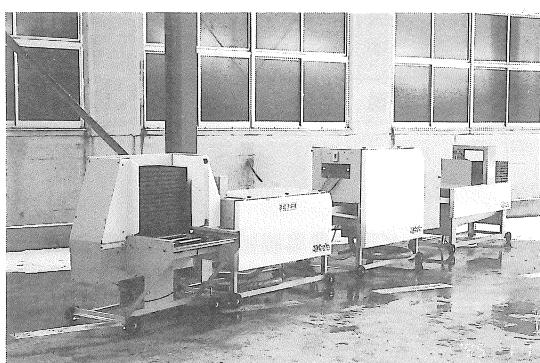


図5 洗浄機への供給 (SW-1000KTMF)

〈海外報告〉

欧米における耕うん及びけん引関係研究の実験施設について

太田義信*

Experimental Facilities for Studies Related with Tillage
and Traction in Europe and America

Yoshinobu OTA*

1. はじめに

今春、2ヵ月間であったが文部省短期在外研究员として、米国と欧州の農業機械研究施設を視察する機会に恵まれた。欧米の学会誌等に土壤一機械系の実験装置について写真や構造図が掲載されることもあるが、その詳細構造は理解しにくい現状にある。

表1 農業機械の土壤槽実験施設¹⁾

国名	施設数（大学施設）	土壤槽数
ベルギー	1	(1) 3
カナダ	3	(2) 5
デンマーク	1	(1) 1
ドイツ	2	(2) 5
フランス	1	(0) 2
オランダ	2	(1) 3
ポーランド	3	(2) 4
中国	3	(1) 12
タイ	1	(1) 2
英國	6	(3) 20
米国	10	(7) 25
日本	3	(3) 8
12カ国	36	(20) 90

ここでは、見聞した車輪の走行性や踏圧、および耕うんに関する研究に使用されている実験施設について報告する。

まず最初に予備知識として、1984年にWismer¹⁾が発表した農業機械関係の実験に使用されている土壤槽（soil bin）実験施設を表1に示した。全施設のうち、大学施設は55%の過半数を占めており、土壤槽の80%は屋内施設である。また、耕うん実験ができる施設が72%，けん引実験が可能な施設が58%あり、土工作業実験もできる施設は6カ所であると報告している。当時、わが国には表2に示すように北海道大学、九州大学、三重大学の3カ所にしか土壤槽実験施設はなかったが、1986年に帯広畜産大学にも設置された。表1の土壤槽の大きさの平均値は、長さ22m、幅2m、深さ0.8mであり、これと比較すると国内の実験土壤槽は、幅は少し狭いが槽底が深い方といえる。

2. カリフォルニア大学デービス校ウパジャヤ研究室（生物・農業工学科）

(1) 可動式単車輪性能試験機（図1）

土壤とゴム車輪の力学的相互作用を実際の圃場において総合的に研究するために、1985年可動式単車輪性能試験機を開発した²⁾。トラクタにより任意の圃場までけん引できるように車輪付き長方形フレーム構造であり、その上にディーゼルエンジン搭載の油圧駆動による移動台車が載っている。走行実験は供試車輪を移動台車に装着して、油圧装置により垂直荷重は最大26.7kN(2,724kgf)まで、けん引抵抗は最大13.3kN(1,357kgf)まで制御できる。供試車輪は、最小リム径0.46mから最大車輪外径2.0mまで、車輪幅は1.0mまで装着可能であり、長方形フレーム内に12.2mの走行距離が取れる。

表2 わが国の農業機械の土壤槽実験施設

所属	槽数	長さ	幅	深さ(m)	
北大	3	38	4.0	1.0	屋内
九大	3	17	1.65	1.0	屋外
三重大	2	30	1.5	1.5	屋外
		8	0.8	0.8	屋内
帯畜大	1	100	4.2	1.0	屋外

*岩手大学農学部



図1 可動式単車輪性能試験機

走行実験には油圧回路により、「けん引力制御モード」と「すべり率制御モード」を選択でき、けん引力、垂直荷重、駆動トルク、進行速度、すべり率、わだち深さ、タイヤたわみ等を計測する。計測データはCampbell Scientific Digital Data Acquisition Systemによりデジタルデータとして実験圃場でMicro Loggerに収録して持ち帰り、研究室のマイクロコンピュータで解析する。

(2) 可搬式土壤力学特性測定器

車輪や履帯と土壤との相互作用を研究するために、平板載荷一沈下試験、長方形平板による一面せん断試験、およびコーン貫入試験がひとつの計測装置として取り扱える土壤力学特性測定器を1990年に開発した³⁾。この測定器はトラクタ3点ヒッチに装着し、油圧管を接続して油圧シリンダを制御して計測を行う。計測データは上記の計測システムにより同様に取り扱われる。載荷平板の大きさは幅64~102mm、長さ152~203mmで5種類あり、それらの形状比(長さ/幅)が1.5~2.8となっており、ゴムタイヤの接地比率に近似させている。

3. 農務省農業研究所土壤力学研究所(USDA-ARS-NSDL)の土壤槽実験施設

アトランタの南南西で約180km離れたアラバマ州アーバン市に、プラウやハロー等の耕うん機械およびトラクタやコンバイン等のけん引装置について、各種土壤の条件変化に関係して変化していく力学的特性を研究するために、1935年に世界で最初の実作業ができるFull-sizeの土壤槽施設が建設された。ここでは現在も土壤踏圧を軽減し、

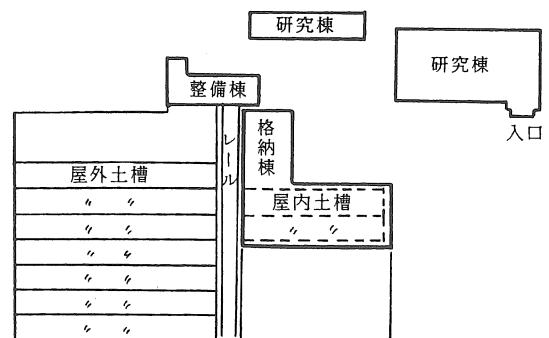


図2 土壤力学研究所(NSDL)の全体図

土、水およびエネルギーを保全するために有効な耕うん法やけん引法を研究している。屋外土壤槽(長さ76.2m、幅6.1m、深さ0.61m)が7槽、屋内土壤槽(長さ57.3m、幅6.1m、深さ1.8m)が2槽あり、スパン6.5mのレール上に動力計測装置付き単車輪走行試験車、土壤条件調整準備車、土壤槽シートカバー敷設車、土壤槽間移動用車両等が備えられている(図2)。

単車輪走行試験車はディーゼルエンジンを搭載しており、電気-油圧サーボにより垂直荷重は71.2kN(7,265kgf)、けん引抵抗は44kN(4,490kgf)、駆動トルクは42,000N·m(4,286kg·m)まで出力する。供試車輪は外径183cm、幅82cmまで装着可能であり、車輪の回転速度は3~40rpm、試験車の走行速度は0~1.3m/sまで制御できる(図3)。コンピュータによる油圧制御により、垂直荷重、けん引力、すべり率、タイヤ空気圧および接地圧の変化等を精密にかつ迅速に計測して、画像出力している⁴⁾。

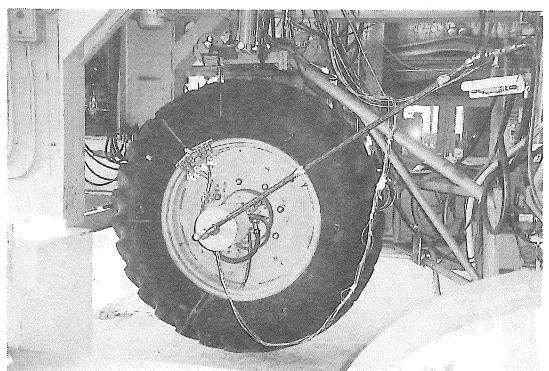


図3 ゴム車輪上の接地圧測定装置

4. シルソウ研究所（英国）の単車輪走行試験機

研究所はロンドン郊外の北約80kmにあり、以前は国立農業工学研究所（NIAE）と称していたが、1995年に現在の“Silsoe Research Institute”というわが国の生研機構のような組織に改組された。ここには1973年に開発された単車輪走行試験機がある⁵⁾。この試験機はFord County Super 6型トラクタ（98PS）後部に一体化して装着されており、トラクタ側油圧で供試車輪を駆動制御する方式を採用している。一般圃場での車輪実験が可能であり、垂直荷重は1,161～2,721kgf、推進力2,268kgf、後方制動力454kgf、駆動トルクは24,251kg・mまで出力して、走行最大速度は7.5m/sである。供試車輪は外径172cm、幅47cmまで装着可能である。

5. シルソウ大学（英国）の土壤槽実験装置

シルソウ研究所に隣接する場所にCranfield University の Silsoe College があり、Newcastle Upontine College と並ぶ農業工学科がある。この土壤槽幅は1m位、長さは20m位であるが、深さは約1mもあり、耕うん実験や土壤踏圧実験等が行える。走行機構は電気動力室からのワイヤけん引により、走行速度5.5m/sまでレール上の台車をけん引する。台車には土壤移動用のバケットと転圧ローラを装備しており、台車の前方に各種耕うん装置や供試車輪を装着する。台車の遠隔運転と各種計測を土壤槽の脇部屋で行っている。

6. フランス農業・環境工学研究所（Cemagref）の単車輪走行試験機

パリ郊外の南約30kmのAntonyにあり、この研究所に所属する国内9研究施設のひとつでOECDコードによる欧州全域のトラクタ性能試験等を行っている。ここにはトラクタ3点ヒッチ装着式の単車輪走行試験機があり、供試車輪への垂直荷重は重りで調節し、駆動トルクはトラクタ側からのPTO動力により油圧モータを作動させている（図4）。

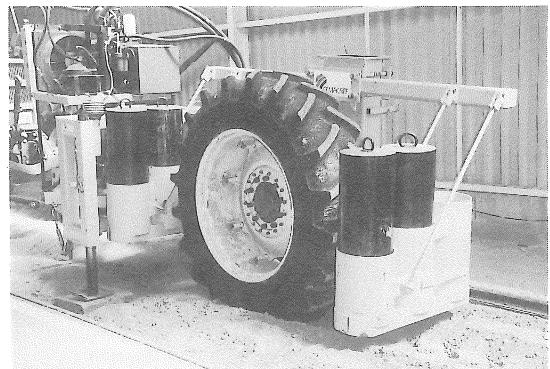


図4 3点ヒッチ装着式単車輪走行試験機

屋内土壤槽（長さ15m位、幅1m位）および圃場での車輪走行実験を行うことが出来る。

今回は短期間ずつ各地に滞在する視察旅行であったため、上述の研究施設で各種実験装置の使用状況を詳細に観察する時間は少なかったが、カメラに収めることができたので、今後の研究に役立てたいと考えている。

参考文献

- 1) Wismer, R. D. : Soil bin facilities : characteristics and utilization, Proc. of 8th ISTVS Vol. 3, 1201–1213, 1984
- 2) Upadhyaya, S. K. et al. : Development of a unique, mobile, single wheel traction testing machine, Transaction of ASAE 29 (5), 1243–1246, 1986
- 3) Upadhyaya, S. K. et al. : An instrumented device to obtain traction related parameters, J. Terramechanics 30 (6), 1–20, 1993
- 4) Burt, E. C. et al. : A machine for testing tractor tires in soil bins, Transaction of ASAE 24 (3), 546–547, 552, 1980
- 5) Dwyer, M. J. : The tractive performance of a wide, low-pressure tyre compared with conventional tractor drive tyres, J. Terramechanics 24 (3), 227–234, 1987

〈海外報告〉

7 th ISAFPW 95 に出席して

岩渕和則*

Reports of ISAFPW 95
Kazunori IWABUCHI *

1. ISAFPWについて

1995年6月18日から20日まで、シカゴのHYATT REGENCYでSeventh International Symposium on Agricultural and Food Processing Wastes（農業・食品加工廃棄物に関する国際シンポジューム、ISAFPW95）が開催され、これに出席して参りました。この国際シンポの歴史等の詳しいことは、勉強不足であまりよくわからないのですが、筑波大学の前川孝昭先生が農業施設（Vol. 21(2), 1990）に書いておられるのが、たぶんこの会議のことだろうと考えています。これによると、米国の地下水汚染防止技術の開発・普及が目的だったようですが、今回の発表内容を見る限りでは農産、食品廃棄物処理を含め、そこから発生する様々な問題を広くカバーしている印象がありました。

2. シンポジュームの内容

このシンポへの参加者は約250名ほどで、3つの会場を用いて開催された小規模な会合でした。とはいっても、一般に生物系の廃棄物処理について研究している人間はそう多くはないのですが、世界からかき集めると、「結構いるなあ」というのが率直な印象でした。後述するように、ASAEのAnnual Meetingがすぐ隣で開催されていましたので同時参加の方が多く、講演会場にはお互い入り乱れておりました。また、このシンポがあったため、通常はASAEで発表されている方も、ISAFPWへの発表にシフトしたためか、ASAEでは廃棄物関連の発表は少な目でした。

セッションの内容は以下のようになっておりました。

Physical / Chemical Treatment / Systems
Biological Treatment / Systems
Constructed Wetlands

General Waste Treatment / Management	(2 sessions)
Land Application / Treatment / Utilization	(2 sessions)
Odor / Emissions / Particulates / Noxious Gases	(2 sessions)
Anaerobic Digestion / Treatment	
Composting	
Food Processing Waste Treatment / Management	
すべての発表を聞いたわけではありませんが、スケールの大きな、実証プラント型の問題が多く取り上げられており、基礎的な研究はわずかでした。このためかどうかわかりませんが、筆者のコンポスト材料の熱物性は「Composting」のセッションではなく「General Waste Treatment」に入れられたのにはちょっと驚きました。廃棄物処理の分野では基礎データの蓄積が必要と常々考えていましたが、これについては参加者の何人かは強く同意してくれました。	

3. 発表会場および発表について

シカゴのHYATT REGENCYの地下には街の1区画がすっぽり入るような極めて広大なスペースがあり、ここには多くの会場や商店まであります。そのため日中は地下で学会に出て、夜は上のホテルで寝るという、日本の学会ではあり得ないような真面目な生活が送れます。

3つの発表会場は特別大きいと言うわけではありませんが、テーブルがなく、椅子の置かれている間隔が広くてゆったりしてました。会場には聴衆者用のテーブルがなかったのですが全く気になりませんでしたので、発表会場には実はテーブルはいらないのかもしれません。

発表はすべて口頭発表で、ポスターセッションは用意されませんでした。発表方法はスライド、OHPのいずれかを選択できますが、ほとんどがスライドでした。日本からの参加者はブルースライドを使用していた人が多かったのですが、我々以外でブルースライドを使っていた人はなく、皆きれいなカラースライドでした。

各セッションの始めには、座長が会場前方に立ち（座長席はなく、補助者もいない），これから始まるセッションの説明をし、最初の演者の紹介をします。この紹介の仕方が非常にうまくて、ついつい笑ってしまうものもあります。筆者のように、座長が演者についての予備知識を持っていない場合は座長が直接聞きにきますので、セッションの最初に発表する場合は少し早めに会場に行くと良いでしょう。各自の発表の番が来たら、スライドを入れたカートンを自分でプロジェクターに装着し、いそいそと演者のテーブルにつきますが、プロジェクターは会場の一番後ろの、かなり高いところにおいてあり、そこから前方のスクリーンめがけて映写します。背の高い外国の方は簡単に装着できますが、筆者のような背の低い者にはちょっと難しいので、座長に頼みました。座長はセッションを円滑に進めることが仕事なので、頼めばなんでもやってくれます。

持ち時間は30分間でしたので、20~25分間発表して、質疑応答に入る形式です。筆者は約20分で発表が終わる予定でしたが実際には28分もかかってしまいました、質問が出ないのでと懸念されましたが、2つあったのでほっとしました。

4. 参加者について

参加者は、開催地がシカゴでもあり、またASAEのAnnual Meetingとほぼ同時開催であったため、圧倒的にアメリカ人がたくさん参加しておりました。発表者数はアメリカ45、カナダ4、日本4、インド3、オランダ3、台湾3、イギリス3、イ

タリア2、ドイツ2、オーストラリア2、ベルギー1、ブラジル1、ギリシャ1、スウェーデン1と、アメリカがやはり多いのですが、日本も健闘しておりカナダと同数の2番目でした。日本からの参加は北大の松田先生、筑波大の木村先生、国際科学振興財団の上野氏、オリオンバブソンの山守氏、そして筆者でした。なおASAEには木谷先生がいらしていて、CIGRのブース（CIGRのプレジデントであります）に座っていました。先生は確か今回のASAEの総会でFellowになられたと記憶しています。ASAEには北大の川村先生やその他に何人かの参加があったようです。また、かつて岩手の連大（環境調節）により、現在カナダのサスカチュワンにポストドクで来ている田中章浩君も来ており、一緒にご飯を食べました。

5. おわりに

国内での発表を聞いていても、日本人が行なっている研究の中には、かなり面白く、オリジナルに富んだ良いものが多くあります。じゃんじゃん出かけてしゃべりましょうと言いたいのですが、語学力がついて来ないのでなかなかそうは行きません。特にASAEの口頭発表会場を覗いてきましたが、参加者がほとんど米国人ばかりなので、内輪の雰囲気があり、質問のスピードがかなり早くて私にはただの音楽にしかなりませんでした。上記の田中君の話す英語もかなりうまくて溜息が出そうでしたが、質問の対処には苦労しておりました。そこで、ねらい目としてはISAPPWやCIGRのように沢山の国からの参加がある会議です。個人的な感触ですが、このような会議では参加者に考慮して、質問を話す速度もやや落としているように感じられます。またASAEにはポスターセッションがありますので、こちらも面白いと思います。最後になりましたが、本会議への出席に際しまして山形大学小嶋国際学術交流基金の援助を頂きました。ここに記して謝意を表します。

〈若手の会報告〉

第5回「東北若手の会」in福島の報告

岩渕和則*, 片岡 崇**

Reports of 5th 'Toh-hoku Wakate-no-kai' (seminar for young researchers) in Fukushima 95
Kazunori IWABUCHI *, Takashi KATAOKA **

1. はじめに

平成7年7月31日から8月1日にかけて、第5回東北若手の会（代表：廣間達夫）が福島県農業短期大学校において開催されました。平成5年8月17日に第1回目が岩手大学農学部附属農場でスタートして以来、早くも今年平成7年7月31日には第5回を数えるまでになりました。この間、第2回九州大学（アクティ21プロジェクトInterNetと共に）、第3回宮城農業短期大学、第4回東京大学で、それぞれ開催されて参りました。

今回の出席者は自営業、メーカー、県庁、試験場（県、国）、大学関係者からなり、計26名が参加致しました。この会の特徴は会場に若い？エネルギーが溢れています、研究紹介や夜のディスカッションでは激論が交わされ、学会の研究発表会ではなかなか味わえない緊迫した雰囲気を持っています。しかし、かといって常に緊張状態にあるわけではなく、スポーツタイムにはきっちりとテニスラケットを振り回しています。特に筆者などは、テニスをするために会に参加しているようなものです（失礼！）。それでは以下に第5回「東北若手の会」の報告を致します。

2. 第5回「東北若手の会」の報告

1) 研究紹介

「大豆不耕起播種機の開発（宮城農短大 松森一浩氏）」、「高速・ロータリ耕うん法の開発（岩手大農 小野寺一宏氏）」、「トラクタの最短時間制御における操舵角比変化に伴う運動性（岩手大農 中坪敏行氏）」、「Thermal properties of stem in selected plants（山形大農 松嶋卯月氏）」、「農用車両の位置認識（北里大獸畜 高野剛氏）」の5題について実用レベルから基礎研究まで幅広い範囲にわたって研究紹介が行われた。また、当

初参加予定であった野口伸氏（北海道大農）より「階層型GAによる農作業システムの多目的最適化」について要旨およびポスターが寄せられ、会場に展示された。

2) フリーディスカッション

「大学研究に期待すること－東北農業の現状と課題から－」と題し、片平寛氏（山本製作所）と青田聰氏（福島農試）から話題提供があった。

片平氏からはメーカサイドから大学に(1)製品の保証、(2)開発のアイディアなどを期待しているが、研究期間が長すぎるということが問題点として挙げられた。また、大学研究の研究テーマにおいて動機付けに理解しがたいものがあり、何のために何を行うのか明確に示す必要があるとの意見が出された。青田氏からは試験場サイドの研究の立場として、目の前にある問題、課題を直ぐに解決しなければならず研究期間、研究費等についての実情が紹介された。その他、産官学共同研究の例として宮城県における大区画水田の実情、種翻塩水選別、深耕田植機などが紹介された。大学研究をメーカ、試験場等に「売り込む」ためには「開発コンセプトの明確化」、「研究内容の紹介方法の工夫」が必要であると集約された。

大学で取り上げる研究テーマは、農家、メーカー、試験場などの意見を幅広く聞き、これらを意識したものに設定する必要があるのではないか。しかし、それぞれの立場（特許、失敗が許されない、研究期間等）と大学の要求は必ずしも一致しない場合があり、またこれらを追い求めすぎると大学の独自性が損なわれたり、社会情勢に左右されない新しい発想が出なくなる恐れがある。つまり、現状の大学研究における研究と現場が要求する実用的研究の接点、バランスをいかにとるか、という古くて新しい課題にたどりついた。

また、他にここで持ち上がった問題として、大学研究のわかりやすい（素人にもわかる）概要が学会の講演要旨のはじめにかかれていれば、現場の技術者や企業側がそれを読んで大学にapplyしやすくなる。講演要旨の書き方を少々工夫してはどうかということであった。この提案は主に講演要旨を書いている大学関係者にとって耳の痛い話である。要するに現在の講演要旨は読んでもよくわからないものになってしまっているのだろう。分かり易い情報をより広く発信する努力から始めてみようということである。

3) テーマディスカッション

「日本農業の今後の展開－中規模複合法人経営の提唱－」と題し、植木貴昭氏（自営、福島市）より話題提供があった。

職業としての農業をどのようにとらえるか、アメリカ型農業を追い求めてきた日本農業への批判にはじまり、農家が価格・生産物等を自由に設定できる新しい日本型農業、農業経営という面での中規模複合法人化についての持論が述べられた。また、大学研究に期待することとして、汎用型・複合作業型機械の要望、東北の気候・作物（生物の機能）に合った機械の開発が要望された。特に、乾田直播機械・技術の開発研究を切望しているとのことであった。現場サイドでは、現場の声をどこに言ったらよいのかわからないでいるということもつけ加えられた。

4) 基礎講座

有限要素法について、広間達夫氏（岩手大農）と元林浩太氏（東北農試）を講師として基礎講座を開催した。

広間氏からは、有限要素法の基本原理についてトラスと2次元弾性解析を題材に解説があった。元林氏からは農業機械分野における有限要素法の応用例の紹介があった。また、両氏ともパソコン上で計算させ、画面上に出力させるサンプルプログラムを用意していただいたので有限要素法を感覚的にも理解することができた。

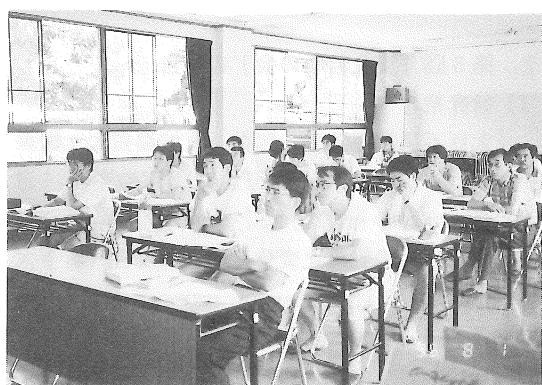
5) 次回にむけて

今回の若手の会は、東北地域における農機研究の重要な担い手である試験場関係者の多くの参加が得られることを目標に行ったが、残念ながら新

たなる試験場関係者の参加は得られなかった。試験場関係者にとって簡単には出張できないという問題や県農試の農業機械部門で扱っていることは作業技術であり、「東北若手の会」の目標との相違等様々な問題点があげられた。今回作成した研究紹介冊子を送付し、引き続き「東北若手の会」をアピールする。また、「東北若手の会」は農業機械学会東北支部会の支部会員で組織されているが、これへの参加に関しては会員資格等の制約条件は特に設けていない。次回からの新しい参加者を期待している。

3. おわりに

以上が報告の概要です。今回の若手の会は農業を実践している方や企業の方を迎えて行ったこともあります、現場の問題に十分に対応しきれていない大学の研究について考えさせられました。大学における研究テーマと現場で要求されているテーマの隔たりについては、古くから指摘されています。大学での研究が常に現場での利用、応用を念頭においているものかどうか、あるいは全く基礎的なものか、いずれでも構わないと思います。しかし、農学部に籍をおいている限り、そこでその研究を行う必要性については各自が明確にしておく義務はあると思います。逆に、位置付けを明確にすることによって、各自のスタンスがより明確になると見えられます。最後に、福島県農業試験場および福島県農業短期大学校の皆様には大変お世話になりました。記して謝意を表します。



〈会員の声コーナー〉

新 入 会 員 か ら 一 言

張 樹槐*

1 自己紹介

私は1994年1月に弘前大学農学部の助手として赴任し、それと同時に東北支部に入会した。その前は、5年間ほど北海道大学農学研究科に在籍し、その後約2年間建設機械メーカーでの研修を経験した。大学院とメーカーでの数年間は、主に農業用車両や建設車両の自動制御に関する研究を行ってきた。弘前大学に赴任してから、上記研究以外に青森県特に津軽地方の地域性を考え、リンゴの自動収穫に関する研究を開始した。去年は、果樹の画像からパターン認識によるリンゴの検出について検討した。今年は、自動収穫を行う際解決すべき問題としてリンゴの三次元位置計測について、2台のCCDカメラによるステレオ法の応用を試みている。これに関連して、主に東北支部会員が中心となっている本部学会のアクティ21の“果樹生産におけるマンーマシンシステム”的プロジェクトにも参加し、他の会員との交流と共に、共同研究などの可能性を模索している。

2 東北支部に望む事

本部学会誌や支部会報の論説を読むと、大多数の会員が、学会に行っても得る事が少なく、研究発表や論文の投稿の場ぐらいしか考えていないとの問題は提起されている。幸いな事に東北支部には、若手の会という意見交流の場が全国に先駆けてでき、支部発表会以外に年一回の合宿研修を行っている。私の経験から言えば、このような自由交流の場が、若手特に大学院の学生諸君には非常に有意義ではないかと思う。そこから最新な情報を収集し、日頃悩んでいた事でも何かの解決の糸口を見つけた事も多々あった。そこで、一会员として私が東北支部に望む事を述べてみたい。

- ① 東北支部の活性化のために、会員による研修会を資金的に一層援助し、その活動報告等に支部会報を積極的に活用する。
- ② 東北支部の表彰規定を積極的に運用し、若手研究者の育成に生かす。
- ③ 支部研究発表会において、優秀論文やポスターの表彰も積極的に取り入れて欲しい。

3 おわりに

以上で自己紹介と東北支部に望む事を述べてきた。しかし昨今の大学改革の実態を見ても、農業機械の名前がほとんど消え、一部には農業機械の不要論さえ囁かれている。これに対し、私は、21世紀における世界的な食糧不足や環境問題を解決するためには、農業機械がなくてはならない存在であると確信している。この現状を開拓するためにも、東北支部が会員特に若い会員の要望を積極的に取り入れ、魅力的な学会になって欲しいと強く望んでいるところである。

*弘前大学農学部

〈会員の声コーナー〉

東北支部会報によせて

高野 剛*

東北支部会には大学院の時からお世話になって3年目となり、今年の4月より北里大学畜産機械学講座に助手として勤務することになりました。これから「職業として農業機械の研究」をする身分になった今、過去の自分自身の研究姿勢を振り返ると数々の反省点が思い浮かびます。特に「一般の農家の方々が機械作業で何に困っているのか、どういう機械の開発を望んでいるのか」という点を自分自身が全く把握してこなかったことであります。これは、私が農業機械の分野に居ながら実際に機械作業の経験が全くないことで、単なる自己満足の研究をしてきた可能性があるわけです。これからはできる限り実際に田畠に入り機械作業を行うこと、もしくは農家の方々の意見にもっと目を向ける必要性があると思っております。我々研究者は、農業機械分野のみならず電気、コンピュータ等の分野の技術、知識、解析手法を学び、それらを応用して短期的、長期的視野に立った農業機械の開発、研究を行いますが、常にそれらが農業の現場の要求と一致しているかどうかを確認しなければならないと思います。その様な場が支部会発表会や支部報であつてよいのではないかと思います。具体的には、支部会発表、支部報が「研究論文」の水準でなくとも現場の農家の方々の「知恵」のようなものや意見、批判をどんどん公表できるような場とすることはできないかということです。この様な方法でも我々研究者や、農家の方々がお互いに学び、協力し合い、結果的に農業機械分野を発展させることができるのでないかと思います。最近「東北若手の会」でメーカー、農家、試験場、他大学の方々との貴重な意見交換、情報交換を行い、勉強させていただく機会を頂き大変有り難く思っております。様々な問題があるとは思いますが、この様な機会を足掛かりとして、将来的に各研究機関や農家の方がそれぞれ得意とする研究分野の知識、技術、知恵を持ち寄った共同研究開発等を行い、全国にアピールできるような東北支部会であつて欲しいと思います。

〈シンポジウム〉「東北の米をどうする」基調講演(1)

東 北 の 米 を ど う す る

鈴木英雄*

ただいま、ご紹介を頂きました鈴木でございます。私は郡山市役所から南西に約8km位離れた場所の水田単作地帯で農業経営している者です。私は農業者でありまして、研究している皆さんとは違い話すことが大嫌いで、どうにも何を話していくか若干困っておりますが、私の農業経営の一端を申し上げまして、本日のシンポジウムの話題提供とさせて頂きたいと思います。

我々は東北の米をどうするかと言われても、自分の生活をどうするかの方が非常に重要であります。人様のことを構っていられないというが現状でございます。私の経営の内容、私の考えていることを、時間のなかでお話したいと思います。

1 地域の概況

地域概況は、郡山駅を中心として南西に約10km離れた所で、水田単作地帯であります。非常に水の奇麗なところで、磐梯山の麓にある猪苗代湖の水が、生活排水が一滴も入らないで私どもの地域まで来ています。ですから、その水はそのまま飲料水にもできるのではないかという水が流れております。非常に水に関しては環境がいいところです。

私の地域の農家戸数が150戸くらいありますが、その内稻作専業農家として従事しているのが4戸位ございます。いずれも大規模で10haくらい、あるいは20haくらい、私くらいということで、あとは兼業農家です。すぐ近くまで大規模な住宅団地が造成されまして、都市化の波が非常に押し寄せてる地域です。

2 家族構成と労働力

私の家族は8人ですが、昨年の暮れに女房が脳溢血で倒れまして、去年の暮れから今年にかけて、農業形態を変えざるをえない状況になってきております。やはりなんといっても、どんな仕事をやるにも健康が第一であります。重要な位置、ポストを占めていた女房に倒れられることになります

と、非常に農作業や色々な面からもマイナスされまして、私も今年の経営の中では苦慮しております。

ただ、息子夫婦がおりまして、同居して一緒に農作業をやっております。息子は専業でやっておりますが、息子の嫁は、私は孫が3人おりますが、その子育てということで、農作業には一切タッチしておりません。ほとんど炊事と洗濯と子育てということで、農作業についてはできない。その代わりに近くのお母さん方にパートとして来てもらっています。

これは、春先の育苗、あるいはその後の苗の管理、田植え時期の補植とかこまごまとした仕事についてもらっていますが、1時間800円というパートです。あと、早急に人が欲しいという時期は、電話一本で6人から7人のお母さん方が来てくれるような体制作りを過去数年の中で行ってきました。パートのお母さん方を引き止めるということで、お母さん方の慰安旅行とか色々と出費も嵩みますが、自分が樂するにはどうにも止むを得ない。

今回は農業機械ですので、人間の代わりのできるような機械を作ってくれないかと思っていますが、やはり人間の手でやらなければならないものがありまして、その辺がいくら機械が進歩しても駄目だなと思っています。

3 経営の概況

私の経営の概況ですが、耕地24.1haの内自作が5.4haで、あとの土地は総て借りております。総勢で43人の地主の方々から土地を借りてるので、非常に条件は良くありません。

秋田県からお出での方もおると思いますが、あの大潟村のあの国の事業で整備された条件のいい所で恩恵を受けてやっている農家と、我々みたいにこつこつと10aあるいは20aという面積を借り集めてこの面積にしたその内容はまるっきり違っております。そういう中で、その機械化体系の中でも非常に苦労がございます。私の場合には田んぼの区画が狭く、約21.6haの水田作地の中で田

*福島県郡山市で農業経営

んばの枚数が約170何枚あります。ですから、平均的に10aちょっとということで、非常に条件が悪い場所でやっております。この地では条件の良い場所だけで規模拡大するわけにはいきません。

郡山もだいぶ基盤整備はされているのですが、私の住んでいる安積町は都市化が進み、土地価格も若干高く、住宅団地もできていることで、なかなか基盤整備が思うように進まない状況です。そういう中でも、皆さん方が研究して作った機械をうまく利用させて頂いて、今頑張っている一人であります。

4 経営の柱（成苗ポット移植体系）

私の場合は水稻の育苗が若干違います。湛水直播、乾田直播あるいは乳苗、一般的な稚苗という体系がございますが、私は成苗ポット苗でやっております。これはポットができた年から始まりまして、昭和58年に1年試作しまして、59年に総てポットに切り換えた経過がございます。

県の農業試験場の経営部の方にその実態ということで調査を頂きましたが、あまりにも機械を総て換えるのでこれはコストアップになるのではという御指摘もありました。しかし、農家として研究者の皆さんに話しておきたいのですが、農家としてはただ単に労働を短縮することだけがコストダウンというものではないのです。肉体的労働だけの労働時間短縮だけではなく、その反面精神的な苦痛を与えないようなことが大事なんです。例えば、田植え後に心配しながら田んぼに何度も通う、そのような精神的な労働というようなものを研究機関では研究してくれませんが、精神的ないうものは肉体的なものより苦痛が伴うのです。「この稻で大丈夫だべか、湛水直播やって鴨に食われる、いやいや風が吹いたら苗が流された、発芽が悪い。なじょにすっぺ、なじょにすっぺ」と夜も寝ないで3日も4日も悩む。これだけでも肉体労働で言えば1ヵ月くらいの疲れが出ます。そういうものを、やはり研究の中に今後は入れてもらいたいと思います。

地域によっては成苗でなければならない場所もありますが、この辺ですと、稚苗でも充分同じ位の収量はあげることはできます。ただ私の場合には規模拡大していく中で、如何に精神的に苦痛を

伴わない、精神的な労働力が伴わないような楽な農作業ができるかということで、成苗ポットに切り換えた訳です。20日から25日の稚苗体系と違いまして、成苗の場合ですと約40日から50日育苗期間が掛かります。ただ単に日数がそれだけ掛かるから1箱当たり10a当たりの労働時間が掛かるというように研究者の方は計算しますが、私たちはそういう計算はしません。成苗の場合には、種を播いた後も捨てておけます。そういう作業体系の流れ、全般的な流れの中でそういう苗の体系にした訳です。このように規模拡大した中で、その他に販取りということで、地域の兼業農家の皆さんに、あるいは農協の育苗部に、稚苗の苗をつくって販売しておりました。

たまたま、先程も申しましたように、女房が倒れましたので、今年は約4,000箱程稚苗の生産を減らしました。昨年までは稚苗約10,000箱、1箱680円で販売していました。育苗というものは大変危険を伴いますけど、儲けのあるものです。たかだか1ヵ月で680万円、700万円近くの売上ができるのは、正直言って苗作りくらいしかないんですね。そういう中で私の経営では、この苗の販売というものが、非常に大きな役割を担っております。

育苗するハウスが約1,500坪ありますが、これをただ置いておくのはもったいないので、秋冬ニラを作っています。ポット苗の場合には、昨年まではそのまま夏秋トマトを作付けし、去年は約4,300本ほど取り入れていました。今年からは野菜担当の女房ができないものですから、ニラ約10aだけにし、それ以外のハウスについては全部稻を作付けしました。

私は経営の柱として、まず水稻と育苗、野菜ということでやっていたのですが、今年は野菜はニラだけで、トマトについてはお金は欲しいが命が惜しいということで止めました。水稻は21.6haありますけど、その他に約3ha程、代かいて田植えを受託でやっております。合計で約25ha弱の、耕うん、代かき、田植え、育苗とこれら総て入った状態です。先ほど申しましたとおりで条件が悪いので、耕うんは前の年からやっておりますので問題はないんですけど、代かきの時期が問題です。今年は5月6日から代かきを始めまして、代かき

が終わったのが5月30日です。その間、1日も代かきを休むことなく、毎日毎日一人で代かいている。その後、除草剤をかけて、5日遅れで家の息子が成苗ポットの田植えをずっとやっていく。成苗ポットの田植えをやるころまでに、稚苗の苗を総て販売する。そういう状況で一つの流れ作業でやっていますので、一番最後に植えたのが6月10日です。これはハウスの代かきということで若干時間がかったものですから、平年ですと、6月2日から3日で田植えが終わります。

条件が良ければ、まだまだ1日に3から4haの代かき、あるいは田植えも2から3haできるんですが、先程言いましたように、170枚以上の枚数、ひと廻りすると30km以上のは場なので思うとおりにいきませんので、これも若干仕方がない。

しかし、容易でないと思うとなかなか仕事が渉りませんので、「これを終わらしたらゴルフをやって、次はあそこさに行く。アメリカさ行ってくるか、あるいはヨーロッパさ行ってくるか。」とそういう夢を見ながら毎日やっています。

5 規模拡大と施設・機械化

そういう状況で、周りの兼業農家の人からすれば、あの気違いと片づけられてもしょうがないんです。ただ、そのやる気持ちというのが大切です。後から話しますが、地域のなかで4人の若い後継者と一緒にになって機械の共同利用ということで、ミニライスセンタを運営しております。10年前、ちょうど昭和59年ですか、県の稻作安定事業の中の一環として、内部施設とコンバインそれについての3分の1の補助ということで作りました。25ha対応のライスセンタなんですが、本来ですと行政あるいは機械屋、農協とかのそういう中で内部施設の配置を作るのが、25ha対応でも将来50、70haの面積を処理できるようなライスセンタにしようということで、機械の配置そういうものも我々の方で考えて、それを機械屋さんにお願いして作ってもらったライスセンタです。

まず、お金を掛けないということで、総て業者さんは単独にお願いしました。農業機械は農業機械屋さん、建物は建物、それも鉄骨は鉄骨、屋根は屋根、サイディングはサイディング、サッシは

サッシ、基礎は基礎、総て別々、あと出来ることは我々がやりました。私のライスセンタの設計図をもとに1年後に作った方が入札しましたら、2,500万円になりましたが、私は別々の業者にお願いしまして1,300万円位でした。あと、周りのコンクリートとかU字溝とか諸々の設備を入れて、祝賀会、落成式まで含めて1,500万円で総て出来上がったわけです。作り方によって値段的な面で変わるのでないか。行政任せ、あるいは機械屋さん任せではなく、機械屋さんがいて申し訳ありませんが、そういう風にこれからの農家はやつていかなければと考えております。

機械のことですけど、実は私らには、農機具、特にコンバインが非常に高いんですね。機械に何であんなにコンピュータを使って、壊れると機械屋さんも直せないようなメカを使ってやんなきやならないんだと思います。プロの農家用のコンバイン、余計なものを一切外してもらって、オペレータの技術を争う、技術の中でやれるようなコンバインを作ってもらいたいなと思います。1,000万円するコンバインが500万円で出来るんでないかと思っています。機械屋の方でそういう研究をして、コンピュータがないとできない農家には、そういうようなコンバインあるいはトラクタを売り、それからプロの農家技術を誇る農家には余計なものを外して売ることができないもんでしょうかね。なんでもかんでも楽すればいいってもんじゃないんですよ。機械が100万円高いだけで1日幾らづつ稼がなければならぬかと、そういう計算は研究課題の中ではやんないと思うんですよね。何でもかんでも高く作るのであつたら誰でもできる。安く上がるような研究の方も、一農家として切にお願いしたいと思います。

6 生産組織について

先程述べましたが、私ども生産組合ということで作りましたが、やはり、これからは個人で農機具を所有して作業する時代ではないと思います。ただ、それを行政の面あるいは農協とかの関係機関の方は、生産組織は法人化に移行すべきだというふうに考えている人が非常に多いと思います。私は、下手に頭のない者が法人化して、ま

ともにうまく行くはずはないと思うんです。農家なんていうものは皆一国一城の主、親方なんですよ。トップから順序に縦割りが効かなければ、生産組織はうまく行くはずがないんです。親方同士が4から5人集まって協議したってまとまる訳がないんです。まあ、社長一人の号令一下総て従業員が右ならいするような体制ができれば、法人化した会社組織も充分対応できるのではと思います。

それが、父ちゃん方が母ちゃんに怒られ怒られて出てきてやるような組織で、そうそう税金対策になんかなりませんからね。組織化したって、事業税なんだかんだで余計税金掛かってしまいます。利益の上がらない生産組織を法人化して、何がいいのかというのです。

私はいつも、そういう場所で言うのですけど、自分の組織をまとめることが出来ないものを法人化して何になると。だったら私は機械の共同利用をしっかりと図りなさい、その共同で利用したなかでの、自分の掛かる経費を減らしなさいと。ということで、私のライスセンタでは4人の仲間でやっております。

25ha対応でミニライスセンタを作りました。平成6年度、昨年度の実績のなかで70haを処理しています。米の俵数で7,000俵ちょっとです。25ha対応のライスセンタで70haの規模をやらなければならないということになれば、やっぱり機械を休ませないということですよ。うちのライスセンタの乾燥機は24時間動いています。人間も一人は必ず寝ずの番でセンターに泊り込んでいます。昨年は1シーズンで47回使っております。1日1回という乾燥機の使い方ではどうにもしょうがない訳ですね。

コンバインと乾燥機は最低でも11から12年使う。クボタさん、佐竹さん、山本さんの機械を使っていますが、「いつまで使っているんだい。」と機械屋が言うんですがね。私は何を言っているんだと、これだけお宅の機械が性能がいいんだから、やっぱりこういういい機械をどんどん作ってくださいと言うんです。面倒くさい操作をしないような機械、ボタン一つ押すと、あとは総てというけれど、ボタン一つで総ての機械は一つ壊れると本当に我々はギアアップですよ。機械屋を呼んでも地元の機

械屋では駄目で、製造元の本社のほうからとなる。今忙しいから2から3日掛かりますとなる。秋の最盛期の時期に、コンバインが調子が悪いからといって、3日も4日も休んだのでは商売になりません。やはり農機具についても一般の農家が修理可能のようなものでなくては困ります。

我々の農家の意見を聞いて、試験場や大学の先生方が農機具開発なんてやっているんでしょうね。私は今まで聞かれたことは一度もありません。ですから、是非とも今後の農機具の色々な改良のなかでも、実際に使う人の立場、それを考えて頂きたいなと思います。

ですから、もっともっとやはり我々農家が欲しがる機械、我々の悪い頭でも修理可能な機械、そして長持ちする機械を作つて頂きたい。資源の無駄遣いです。コンバインの1,000万円もするやつを5、6年使って、所狭しと積み重ねてあるわけですから。あれを処理してもらうだけで機械屋さんでは何万何十万と取られるわけですから。20年くらい使われるコンバインを作つてもらうと大変我々も助かります。我々が修理を頼むと、古いからといって見に来てくれないんですから、いやいや困りますよ。もう少し農家の身になって機械を作つていただきたい。そうしますと、国からの農業予算の中で補助金なんか要らないんです。自己資金で充分やっていけるんですよ。補助金をもっと別な方に、先生方の研究開発費、そういうたるものにも十分回すこともできますから。ひとつお願いしたいなと思います。

ライスセンタの4人の若い連中は夫婦共々来ていますが、1時間1,000円で一番稼ぐ者で、だいたい1シーズン50万円をライスセンタに来て稼ぎます。ですから、夫婦で80万円くらいシーズンで稼ぎ、反対にライスセンタに支払うのが、少ない人で60万円くらい、一番多いのが私で230万円くらいです。ライスセンタから私のほうで給料、機械の賃貸料ということで貰うのが140から150万円、実際の差引支払いがだいたい80万円から多いときで90万円、特に作業に出ないと言う年には100万円というときもあります。私も20haの面積やつていて100万円の差を払えば総て間に合うのですから、これは、原価とコストとすれば非常に安い。

そういうなかで、何でかんでライスセンタを利用して各自の面積規模拡大を図りなさいということで、4人で昨年は46haの面積を持っています。今年は若干4ha増えていますから、約50haが4人の耕作面積になっています。その他、20から25haくらいはよそ様の仕事をやらせてもらって、自分の出す費用分を減らしている。これが今のうちのライスセンタの形態なんです。

7 今後の農業

私は今、ライスセンタの事務所に『五気を持て』と書いて額に入れておきます。五気とは五つの気を持ちなさい。まず一つ、我々何といつても健康だ。元気でいかなければいけない。まず、元気でいきましょう。2番目にはやる気のない者はなにをやっても駄目なんです。まず、やる気を持ちましょう。元気でやる気を持ちましょうと。やる気ばっかり持っても石橋叩いてバックするようではしようがないですから。まず、勇気をもって実行しようと。そして、三日坊主ではしょうがあんめいと。やっぱり、長続きしなければならないと。根気だと。元気、やる気、勇気、根気のこの四つを持てば、だいたいできないものはないだろうと。しかし、人間生身の体で生きている中に働くばかりでは何の楽しみもない。最後に、人生の楽しむということで、陽気。ということで、人生を楽しみましょうと、この五気を掲げています。何と言っても農業をやりながら人生を楽しむ、それをしないとどうにもしようがないと思うんですよ。五気を持つということは、元気、勇気、やる気、根気、陽気と言いますけれど、そこに研究機関の先生方と交流を図りながらの技術向上、これをもって初めて自分の農業の確立ができるのではないかと思います。

今アメリカの農業がどうの、ニュージーランドの、オーストラリアのどうのこうの言う以前に、やはり自分の農業経営をこれだけやって、そして、自分の後継者、女房、嫁、家族にどれだけの給料を払えるか、そういう方が大事なんです。はっきり言って、これが払われないのであつたら、米作りも考え直さざるを得ない。別な道を考えなければならない。農業を苦しくともやはり楽しむ、そ

ういう気持ちを持たないとこれからやっていけないのではないか。また、そういう気持ちを持つことによって新たな意欲も出てくるのではないかと考えています。

8 行政に望む

最後に、行政に望むということなんですが、私ら口を酸っぱくして色々と言っておりますけれど、やはり農家の立場をもう少し理解してほしい。そして、やる気のない所にごちゃごちゃやっている必要はないと言うんですよ。

行政の中で後継者問題がよく出ます。花嫁不足の問題が出ます。後継者だって親父が毎日会うたび、錢ねい錢ねいと言ってれば誰だって息子なんて跡継ぐ奴なんている訳がありません。嫁ねい嫁ねいと嫁に言つていれば、嫁様に来る人なんていないです。

私もこの前福島の農業委員会に行ったときに言いました。農業委員会で農業後継者と女性の集いをやるんです。街場から女性呼ばってきて交歓会やるんですよ。やるのはいいんですけど、女性の口説き方も分からない男性が、街場からすっただぐつっちゃ女性を連れてきて、交歓会だなんていつても、まとまる訳ないです。だから、そういうことをやるんだったら、福島の市役所にも女性に強い職員が何人かいるべと、そこでひとつそういうテクニックを指導してからやってくれたらいいのではないかと。

若い後継者が自分の農業に対しての自信が無いんですね。やはり、自信を持てば、女性に対しても仕事に対しても、自分の誇りとそういうものの中で進んでいくのではないかと。何と言つても、我々農家が自分自ら農業に対する意欲、それから気持ち、プラス志向というんですか、考えを改めていかないとダメじゃないかなと思っています。

今日は大変まとまりのない話をしまして、ちょっと時間をオーバーしましたけれど、今日のテーマに、シンポジウムに合わない体験発表で大変申し訳ありませんが、以上で発表を終わらさせて頂きます。御静聴ありがとうございました。

〈シンポジウム〉「東北の米をどうする」基調講演(2)

東 北 の 米 を ど う す る

— 世界の米事情から考える —

佐々木邦男 *

How to do Rice Issue of TOHOKU District of JAPAN

— From Information of World Rice Situation —

Kunio SASAKI *

1. はじめに

最近のガット・ウルグアイラウンドにおいて、我が国の選択は米の関税化を回避してミニマムアクセスを受諾合意した。そのため国内農業の強化に向けて6兆100億円のラウンド対策費が予算化された。その上、原則自由を旨とした主要食料の需給及び価格安定に関する法律（以下「新食糧法」という）が本年11月1日より施行された。当然のことながら、我が国の米産業の3分の1を占める東北の米への影響、そして地域経済に与える影響は少なからぬものがあると考えられる。そこで、東北の米の効率的な生産手段として係わりを持つ農業機械学会東北支部が今回、シンポジウムを開催することは時宜を得たものと考え

る。

そこで筆者は、世界の米事情に関する手持ちの情報を提供しながら、東北の米問題について考えてみることにする。

2. 世界の米出産状況

先ず、FAOの資料から、1993年の世界の米生産状況をみると表1に示した通りである。米生産

表1 世界の米生産状況（1993）

項目	数量	うちアジア	比重
生産国（カ国）	122		
栽培面積（千ha）	147,517	131,665	89.3
生産量（糲千t）	527,413	482,549	91.5
単 収（kg/ha）	3,575	3,665	102.5

(注) FAO Production, 1993より

表2 米生産国トップテンと生産変動

順位	生産国	生産量(糲千t)		伸び率 90/86	変動率(対前年比: %)				
		1990	シェア(%)		87	88	89	90	平均
1	中 国	189,097	36.3	7.9	1.1	-1.2	5.2	3.4	1.9
2	イ ン ド	112,500	21.6	23.4	-6.1	24.8	4.5	3.4	5.5
3	イ ン ド ネ シ ア	45,270	8.7	14.0	0.9	4.0	4.4	4.0	3.3
4	バ ン グ ラ デ シ ュ	29,385	5.6	27.2	0.1	0.0	19.9	6.1	6.2
5	タ イ	19,000	3.7	0.2	-2.3	15.4	-1.2	-9.5	0.7
6	ベ ト ナ ム	18,000	3.5	20.1	20.0	4.3	27.1	-2.3	4.8
7	ミ ャ ン マ ー	13,620	2.6	-3.6	-3.5	-3.5	4.8	3.2	-0.9
8	日 本	13,164	2.5	-8.7	-8.8	-6.5	4.6	2.0	-2.3
9	フィリピン	9,300	1.8	3.8	-3.0	6.0	-2.4	3.5	0.9
10	ア メ リ カ	7,026	1.3	16.4	-2.6	23.4	-3.4	0.3	3.9
(12)	オーストラリア	924	0.2	29.1	-14.4	22.5	7.2	14.8	6.6
	世 界 計	520,524	100.0	10.6	-0.6	5.6	4.3	0.9	2.5

(注) FAOの資料より

国122ヶ国で栽培面積は約1億5千万ha、生産量が穀数量で約5億3千万tである。世界の米生産に関する資料は通常、穀量で示されるから、我が国で用いられている玄米量に換算すると約4億2千万tとなる。小麦、コーンと並んで世界の3大穀物の一つとなっている。しかもこのうち、90%強がアジアに集中している。このことに関して、米生産国トップテンをみると表2に示す通り、9位までがアジアで占めている。アジアモンスーン地帯が米の栽培適地であることを裏付けている。特にトップの中国(36.3%)、2位のインド(21.6%)で世界の米の生産量の約58%を占めている。生産量の伸び率では4位のバングラディッシュ、2位のインド、6位のベトナム、10位のアメリカが目立つ。注目すべきは、日本人好みの良食味米生産国である12位のオーストラリアが29.1%の伸び率を示していることである。世界の伸び率は10.6%，玄米重で4,470万t増となっているが、人口増や異常気象などによる食料危機の解消には程遠い。反面、日本は8.7%のマイナスとなって、ミャンマーと並んで世界の米作国と比べて異色の存在といってよい。そして、この両国のみがマイナスの変動率となっている。

この世界の米生産量のうち、注目されるのは、国際市場に出廻る米の量が常に3.2%~3.6%，玄

米量で1,350万t~1,520万t、つまり、日本の米生産量を僅かに上回る程度の少ない量という点である。人口増に伴って米不足の国が多く、国際市場へ出す余力が少ないことを示している。ちなみに、世界の米の3大輸出国は1位タイ、2位アメリカ、3位ベトナム、逆に輸入国トップテンは表3に示す通りである。

この3大輸出国の合計輸出量は玄米量で1989年714万t、内訳はタイ60%，アメリカ24%，ベトナム15%，同じく1990年は510万tで、内訳はそれぞれ54%，25%，21%という割合となって、タイの減少とベトナムの急進が目立つ。

3. 良食味米の海外生産状況

国際市場に出廻る米は殆どが長粒米であり世界的に米といえば長粒米が常識となっている。

筆者が海外で体験した米の食文化から、ライスロードがあると考えている。米の原産地といわれる中国の雲南省及びインドを起点として、東廻りコースと西廻りコースのライスロードがあると分析している。東廻りコースは、中国、朝鮮半島を経て日本へ伝來した炊飯文化、ご飯文化である。西廻りコースはヨーロッパからアメリカへかけてのサラダ感覚の食文化といえる。炊飯文化はご飯としておいしい米が好まれるので、粘り気のある

ジャボニカ米の短粒種又は中粒種である。ところがサラダ感覚の食文化としての米は全く反対の食味となって、インディカ米の長粒種が好まれるのである。

従って、ここでいう良食味米というのは、日本人にとって、ご飯としておいしい米をさす。その日本人向け良食味米の海外における生産状況

表3 主要輸出国の輸出手先

輸入国	輸出国		タイ		米国		ベトナム	
	1989	1990	1989	1990	1989	1990	1989	1990
バングラディッシュ	222	12	28	1	33	-	-	-
中國	927	17	1	0	14	-	-	-
香港	251	257	10	5	-	-	-	-
印度	104	6	13	13	510	42	-	-
インドネシア	356	21	28	8	-	-	-	-
イラン	440	379	-	-	-	201	-	-
伊拉克	41	114	388	222	-	-	-	-
サウジアラビア	133	158	189	191	-	-	-	-
シンガポール	277	219	2	5	-	2	-	-
スリランカ	89	13	-	-	74	71	-	-
アジア合計	3,816	2,146	1,008	737	685	832	-	-
アフリカ合計	1,307	1,116	557	438	676	465	-	-
ヨーロッパ合計	242	181	614	440	16	28	-	-

(注) FAOの資料より

をみると、量的には①カリフォルニア米、②オーストラリア米となろう。もともと、カリフォルニア米は日本人移住者によって持ち込まれた九州の「渡舟」がそもそも元祖といわれている。アメリカ西部鉄道開設当時、中国から多くの労働者を受け入れたが、ご飯文化で育った中国人にとっては、過酷な労働に耐えるにはパン食よりもご飯を欲求したため、現地で米を調達し、ご飯を提供する必要に迫られたのである。そこで南部ミシシッピー川デルタ地帯の長粒米をカリフォルニアで試作してみたが、乾燥気候のため実らなかつたという。カリフォルニアは南部と異なつて4月から11月まで55ミリの雨量しかない乾期なのである。そこで登場したのがジャポニカ米で、ライスキングといわれた国府田敬三郎氏（福島県出身）はその代表者である。以後、収量増を狙つて、短粒種と長粒種を交配して、品種改良を重ねた結果、ジャポニカの血をひく現在の中粒米に至つたのである。その生産状況は表4に示す通りで近年では中粒種が92.7%を占めている。品種の改良や育成は州内北部のビッグス稻作試験場で行われ、S (short grain), M (medium grain), L (long grain), それに早晩性と系統を示す数字で表示される。例えばM401は中粒種で数字の4は晩性を意味し、最後の数字の1は、ご飯としておいしい系統品種となる。人気ブランド田牧米や錦はこのM401とい

う同一品種であるのも自由化の国といえよう。

このカリフォルニア米で注目すべきは単収の多い点である。世界の国別単収では日本がトップであるが、アメリカ産米からカリフォルニア米を独立させれば断然世界のトップの単収となる。中でも中粒米の平均単収は玄米重で10a当たり700kgを越している。このようにカリフォルニア米は食味と収量の両面で驚異といえる。しかし、アキレス腱は水で作付面積も減少傾向を示している。1989～93年まで5年連続の少雨の為、飲料水まで前年使用料の80%まで制限され、乾燥地帯で水を多く必要とする米作は果たして妥当なのかという真面目な世論が聞かれるまでになっている。

もう一つの着眼点は生産費である。10a当たり作業時間は0.92時間、労賃8ドル65セント、燃料修理費15ドル67セント、資材費32ドル38セント、外注委託費46ドル47セント、利子4ドル25セント、経営費8ドル50セント、生産費合計では、115ドル92セント。1ドル110円の為替レートとすれば、10a当たり約12,750円の生産費である。これは、東北の米生産費の約10分の1である。平均規模が115ha、その上、大型で強力な機械による地上作業と効率的な空中作業によって低コストと生産性向上を実現しているのである。

尚、参考までに日米米生産費比較の一例を表5に示す。

最近、カリフォルニア州の日系スーパーにアキタオトメ（アキタコマチ）、コシヒカリが姿をみせており、9キロ入り袋12ドル99セントの最高値で売られている。田牧米や錦というカリフォルニア米のトップブランド米よりも2ドル高である。一般にカリフォルニア米はジャポニカの血が入っているとはいえ、ご飯が冷えると味が落ちる欠点がある。ところがコシヒカリは冷めてもおいしいところに人気がある。

また、全米一の米作地、アーカンソウ州ライスランドのイザベル農場は自力で5年の歳月をかけてコシヒカリの栽培に成功している。その外、ルイジアナ州立大学でも日本人好みの良食味

表4 カリフォルニア米生産状況

		作付面積 (ha)	単 収 (kg/10a)	生産量 (ton)	割合 (%)
1989	S	20,000	689	137,800	11.8
	M	132,000	718	947,760	81.2
	L	12,000	675	81,000	7.0
	計	164,000	(694)	1,166,560	100.0
1990	S	4,800	675	32,400	3.0
	M	146,000	696	1,016,160	92.7
	L	7,200	657	47,304	4.3
	計	158,000	(676)	1,095,864	100.0
1991	S	4,000	684	27,360	3.0
	M	120,000	705	846,000	92.7
	L	6,000	648	38,880	4.3
	計	130,000	(679)	912,240	100.0

(注) U.S.D.A. Agricultural Statistics より

表5 日米米生産費比較（玄米60kg当たり：円）

	日本（3ha以上層）		アメリカ（全体平均）		日米比 日／米
	1987年	割合(%)	1988年	割合(%)	
物貲費	8,232	47.5	1,424	68.7	5.8
（うち農機具費）	(4,394)	(25.4)	(333)	(16.1)	(13.2)
労働費	4,014	23.2	296	14.3	13.6
第一次生産費	12,246	70.7	1,720	82.9	7.1
資本利子	733	4.2	82	4.0	8.9
地代	4336	25.0	272	13.1	15.9
第二次生産費	17,315	100.0	2,074	100.0	8.3

(注) 合作資料

米育成に取り組んでいるという情報もある。

日本人好みの良食味米の急激な量的拡大は見込めないが、既にミニマムアクセスの平成7年第1回SBS入札（輸入米売買同時入札）では、米国産アキタコマチ（329t）、コシヒカリ（17t）、それに国宝ローズ（643t）、田牧米（578t）が輸入された。こうした動きにはアンテナを高くしておく必要がありそうだ。

尚、アメリカにおける米消費量は表6に示す通りで、健康食として人気を呼び、過去25年間で、約3倍に伸びている。スシ、ペントウ、ドンブリなど長寿国日本の米飯食文化がアメリカ人の米消費量拡大に拍車をかけたといえる。

次いで、オーストラリア産米であるが、オーストラリアで最初に米栽培に着手したのが四国から移住した日本人である。しかし、米を生産したものの、現地オーストラリアでは当時米の需要がなかったので、結局、稲作経営に失敗したのである。後に、この日本人移住者の米作技術を手本として、カリフォルニア米のカルローズ種の栽培を始めたのである。米产地はニューサウスウェールズ州で、シドニーと首都キャンベラの中間地帯である。このほか、ケイーンズランド州でも少量であるが栽培がみられる。

生産量は1992～1993年に109万tで、年によって、1万tのプラス、マイナスの変動がみられる。従って、基本量は100万tとみてよい。ブランド名はサンライスであるが、ジャポニカの血が流れているカルローズが母本として改良されてきたので、良食味米といえる。オーストラリアは南半球に位置しているため、季節が日本と反対である。

それ故、日本のカントリー米が4月以降、今摺り米として威力を発揮する頃、オーストラリア米の新米と競合することになる。例え、生産量が100万t程度とはいえ、輸入業者によって価格操作の道具に

使われることが憂慮される。現地では、米消費拡大に向けて、ポン菓子などの多様な米加工品が見られる。

また、オーストラリアでも水の問題があり、急激に量的拡大は見込めない。その上、米専作農家は皆無で、羊との複合経営が一般的である。

尚、このほか、良食味米としては、日本種によるタイヒカリ、イタヒカリ、スペインコマチなどのブランド名で極微量であるが現地日系人に流通しているという情報も聞かれる。

表6 米国内米消費量

	消費量 (ton)	増加率 (%)	1人当たり (kg)
1970	1,317,600	100.0	5.3
1975	1,515,600	115.0	6.1
1980	2,311,200	175.4	9.2
1985	2,368,800	179.8	9.5
1990	3,301,200	250.6	13.2
1994	3,672,000	278.7	14.7

(注) U.S.D.A. Agricultural Statistics より

4. 緊急輸入米の教訓

わが国は平成5年度に作況指数74という未曾有の大冷害に見舞われた。そこで、アメリカ、オーストラリア、タイ、中国の4ヶ国から合計259万tの外米を緊急に輸入した。その内訳は、アメリカ米55万t、オーストラリア米19万t、タイ米77万t、中国米108万tである。これらの外米は米パニックから日本人の食卓を救ったのは事実である。しかし、タイ米を筆頭とする長粒種の食味に消費者の多くは拒否反応を示した。また、中国米

の保存状況が悪いため変質米が多く、質の面からこれ又、消費者の拒否反応があり、1994年10月末現在、モチ米3万tを含めた外米98万tが売れ残った。そこで、一部は家畜の飼料に回されたり、途上国への援助米としてネパールとラオスへ3万t、次いで、北朝鮮へ有償、無償合わせて30万t、フィリピンへも3万tを輸出するという緊急輸入米の放浪劇を演出してしまった。

この緊急輸入米の売れ残りに加え、2年連続の国産米の豊作が重なって、米余剰感、それが価格破壊に向かったのである。安売り競争で10kg3,980円（サンキューパ）という言葉まで飛び出した。

このように緊急輸入米は、海外の米生産国に対しては、日本人はご飯としておいしい米しか食べない、それも良質のものであることを教訓として残したといえる。これは日本独自の米の食文化であり、世界の米の食文化の常識にはなじまないものである。

5. 食料危機説

今、地球規模で食料危機説がささやかれている。本来、食料は需要と供給の関係で成り立つもので

ある。この需要増の因子は人口増であり、一方の供給減の因子は世界的な異常気象、土壌劣化や農地減少などである。これらの点について、検証してみることにする。

(1) 人口問題

国連による世界の人口の推計は表7の通りである。それによれば、1990年現在の世界の総人口は約52億8千万人、それが10年後の2,000年には約62億になると推計している。これは、毎年約1億人ずつの人口増という計算となる。事実、リアルタイムで増えている状況がインターネットで確認できるし、1995年11月1日現在、57億8千万人となって、人口増の推計が裏付けられている。人口の伸び率が顕著なのは開発途上国が集中している地域で、南アフリカ31.4%、南アメリカ25.2%、また、人口集中地域はアジアで世界の人口の58.3%を占めている。アジアの中でも表8に示す通り約12億人といわれる中国が21.5%、約8億9千万人といわれるインドが16%となって、両国で36.5%という突出した人口シェアがみられる。発展途上国と合わせて、中国、インドの人口増、つまり食料増に伴う供給量が危惧されることから、世界

食料危機の火薬庫とさえいわれている。

尚、穀物供給量が年間一人当たり250kg以下は飢餓の状態に入るといわれている。現状では280kg程度であるから、極めて飢餓に近い状態にあり、FAOによれば既にサハラ以南のアフリカ諸国では2千3百万人が食料不足に直面している。従って、世界の食料供給の現実は飽食と飢餓が同居しており、人口と食料の面からも南北問題が存在しているのである。

(2) 異常気象

最近、世界的に異常気象が相次いでおり、その状況を概括すると北半球は低温と熱波、干ばつ、洪水、南半球は干ばつと少雨続きとなる。

今年の6月以降の世界の異常気

表7 世界の人口（推計）

	1990年(A)		2000年(B)		(B)/(A)の伸び率
	実数 (百万人)	比率 (%)	実数 (百万人)	比率 (%)	
世界計	5,275	100	6,199	100	+17.5
アジア	3,077	58.3	3,611	58.3	+17.4
アフリカ	630	11.9	828	13.4	+31.4
南アメリカ	314	6.0	393	6.3	+25.2
北アメリカ	435	8.2	505	8.1	+16.1
ヨーロッパ	501	9.5	520	8.4	+3.8
ソ連	292	5.5	312	5.0	+6.8
オセアニア	26	0.5	30	0.5	+15.4

(注)国際連合による推定

表8 中国、インドの人口と伸び

	1980/70年	1988/80	1988年人口	人口シェア
	(%)	(%)	(百万人)	(%)
世界計	20.5	14.9	5,114	100
中国	20.0	10.5	1,101	21.5
インド	24.3	18.9	819	16.0

(注)国際連合資料により作成

象をみただけでもアメリカのイリノイ、ウィンスコンシン、ミズーリ州など、中西部や東部では記録的な熱波で800人以上の住民が犠牲となり、また家畜や農作物にも大被害となった。中米のメキシコでは農作物の主産地である北部を中心に少雨、干ばつが報告されている。

一方、アジア地域では中国南部の大洪水で667万haの農作物が被害、また、北部で高温、少雨による干ばつで約200万haの水田が被害、その上吉林省などでも700万haに及ぶ大洪水の被害を受けた。北朝鮮も慢性的な冷害に加えて大洪水の被害が国連で確認されている。

ヨーロッパ地域でも南部の地中海地域を中心に熱波、また、オーストラリアの北東部の穀倉地帯で平年の20%という少雨が続いて小麦、大麦への影響が心配されている。一方、アフリカのジンバブエや南ア共和国などの南東部で干ばつが報告されている。

(3) 土 壤 劣 化

熱帯雨林など、過度の森林開発や工場などから排出される化学物質の汚染によって、土壤の劣化が進んでいる。これによって、毎年、約700万haが農耕不能地になる恐れがあるとFAOは警告している。また、ヨーロッパなどの先進国では、これまでの多投入・多産型農業から持続的環境保全型農業に切り替えつつある。しかし、高度経済成長の途上にある中国やインドなどアジア地域では、都市化に伴う農地の減少、スプロール化が顕著になっている。また、内乱国では農地が荒廃、放棄状態となっている。

国連環境計画等の試算によれば、世界の土壤劣化状況は表土の流出や塩害による面積は20億haで世界の陸地面積133億haの15%に相当、また、このうち過放牧地6.8億ha、不十分な休耕期間地5.5億haの計12.3億haも含まれている。この面積は世界農用地の25%に相当する。

(4) 農 地 減 少

急速な経済発展に伴い農地の工業用地や宅地への転用が増え、また、異常気象による洪水などで農地面積は減少に向かっている。特に12億人の人口を抱える中国では、高度経済成長に伴って1994年だけで約70万haの耕地を失ったとされる。そ

の上、農村から都市への農民の流出が盛んなため、耕作放棄地が拡大しているという。そのため、中国政府は米とトウモロコシの禁輸措置を講ずると共に、大都市周辺の農地転用の禁止に踏み切ったという。9億の人口を抱えるインドも同様の傾向にある。従って、この巨大人口を抱える両国の食料自給体制を憂慮する識者の論評が、最近多くみられるようになっている。

尚、これまで米の自給国だったインドネシア、フィリピンなどが輸入国に転じたことも、食料危機説を加速させている。

6. 東北の米の位置づけ

表9に全国と東北の水稻生産状況を示した。表から全国に占める東北の米の生産量は平成6年で27.1%となっている。このことからも、東北は日本の食料基地といわれる故縁である。これは日本の米産業をマクロ的に表現すると3兆円産業といわれ、東北はその3分の1を担っていることになる。

次に米の食味の点からみれば、(財)日本穀物検定協会による平成6年産米食味ランキング特A産地銘柄をみると、全国210産地品種の食味評価の中から「特A」の評価は12産地銘柄となっている。この中に、東北からは、岩手県南ひとめぼれ、秋田県北あきたこまち、山形庄内はえぬき、山形内陸はえぬき、山形内陸どまんなか、宮城県北ひとめぼれ、福島会津コシヒカリ、福島中通コシヒカリの8産地銘柄がランクづけされている。

以上のことから、生産量、生産額共に全国の3分の1、質の点では良食味米が7割を占め質、量共に米の主産地に東北の米が位置づけられる。

7. 新食糧法への対応

これまで53年も続いた食管法が原則自由の新食糧法に変わった。法律名は主要食料の需給及び価格の安定に関する法律とはいいうものの最大の関心事は価格の安定といえよう。緊急輸入米の残量、2年連続の豊作に加え、本年からミニマムアクセス米40万tが重なって、米の余剰感が支配的である。新聞論調では10kg 3,980円、サンキューパーという言葉まで飛び出して価格破壊を匂わせてい

表9 全国・東北の水稻生産状況

年次	全 国			東 北		
	作付面積 (ha)	単収 (kg/10a)	生産量 (ton)	作付面積 (ha)	単収 (kg/10a)	生産量 (ton)
40	3,123,000	390	12,181,000	610,000	463	2,824,000
45	2,836,000	442	12,528,000	602,000	535	3,225,000
50	2,719,000	482	13,085,000	627,000	553	3,466,000
55	2,350,000	412	9,692,000	550,000	410	2,342,000
60	2,318,000	502	11,613,000	572,000	577	3,502,000
2	2,055,000	509	10,433,000	521,000	565	2,946,000
3	2,093,000	470	9,635,000	515,000	497	2,983,000
4	2,106,000	504	10,573,000	533,000	545	2,904,000
5	2,127,000	367	7,811,000	544,000	304	1,654,000
6	2,200,000	544	11,950,000	556,000	581	3,236,000

(注) 農水省統計情報部資料より

る。需要と供給の関係が崩れれば、市場原理が働くことで価格は上下変動をする。新食糧法には、この余剰の際の価格の下落防止策がない。あるとすれば、第1次出荷取扱い業者のJAによる減反強化以外に見当たらない。この辺に、原則自由とはいいうものの、売る自由はあっても作る自由は自己規制しなければならないところに矛盾がある。

しかし、売る自由については、流通チャネルが複線化したことから、食味、価格、安全と量で戦略を講ずる必要に迫られる。今後、生き残りをかけた品種間、産地間の競争がますます激化することが予想される。これまで消費者ニーズはおいしくて安全、量的に安心、価格的に安価という3安といわれた。しかし、価格破壊では安価、安全、安心へ変化する。その際、年配者層はブランド志向、若者はある程度(食味値74)以上であればノンブランドの安価品志向といわれるから、より細かい消費者対策も必要となる。

そこで戦略のキーワードは健高(健康好適米で高品質米)とみたい。

尚、個人であれ、団体であれ、米代金は高額となるから、代金回収には確実な対策を講ずることである。

8. あとがき

世界の3大穀物の一つである米の需用は、人口

爆発や異常気象などから、今後、継続的に増加することが確実視される。但し、世界の米の常識はインディカで、ジャボニカは少数派であるから、ミニマムアクセス込みの自由化問題には良食味米の輸入急増の材料は少ない。緊急輸入米がその教訓を示した。マスコミの宣伝に惑わされない冷静な判断が望まれる。

しかし、カリフォルニア米とオーストラリア米、その上、日本種の開発輸入の動向等には今後とも、要注意である。

従って、良食味米の主産地である東北の米は輸入米や他の国産米の産地間競争にも生き残れる。そのキーワードは「健高米」づくりに徹することである。従って、作る側の論理から食べる側の論理へ発想転換することである。問題はコストの点にある。市場競争は食味と価格が支配的要因となるからである。

そこで、効率的な地上作業を可能とする圃場基盤整備と空中作業を組み合わせた生産体制づくりと低コスト米づくり技術の確立を急ぐことである。そして、世界米情報にアンテナを高くして、常にライス戦略を構築することである。尚、米の自給率はミニマムアクセスの6年間は96%~92%であるが、その先がどうなるかを見定める必要がある。