

農業機械学会東北支部報

NO. 40 DEC. 1993

平成5年12月

目 次

論説

- 中国における農業機械化の現状と基本政策 李 明珠 1

研究報告

- 草地の表面状態とトラクタ走行性（第1報） 田中勝千・本橋國司・杉浦俊弘・嶋田 浩 3
- 土塊破壊に亀裂が及ぼす影響 片岡 崇・小野寺一宏・渋沢 栄・広間達夫・太田義信 9
- 簡便な湿润密度の測定法 広間達夫 15
- 環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第1報） 泉 正則 19
- 環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第2報） 泉 正則 23
- 施設内における土壤障害菌の防除法 棟方晃三 27
- ホッパの排出性能に関する研究（第3報） 赤瀬 章・上出順一・本橋倫之 31
- 生糞の太陽熱直射乾燥に関する研究 工藤泰暢・C. I. ニンド・戸次英二 37
- 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） 大里達朗・鶴田正明・高橋 修・高橋昭喜・八重樫耕一 41
- 除湿乾燥米の食味評価 張林 紅・戸次英二 47
- 農業用ロボットハンドのための接近動作制御について（第2報） 高橋照夫・陳 浩 55
- 農機利用分野におけるメッセ情報の利用に関する研究（第1報） 小林由喜也・中村典裕・小沢 亘 61
- トラクタ作業性能計測システムの開発（第2報） 大下泰生・伊澤敏彦・屋代幹雄・雁野勝宣・武田純一・鳥巢 謙 67
- G P Sによる作業機の位置計測法 屋代幹雄・大下泰生・伊澤敏彦・雁野勝宣 73
- 乗用田植機を利用した小麦・大豆の立毛間播種技術 木村勝一・持田秀之・倉本器征・今園支和 79
- 蓄熱利用による農産物貯蔵装置（第3報） 大下泰生・伊澤敏彦・屋代幹雄・雁野勝宣 85

トピックス

- 新技術・新製品コーナー 91
- 会員の声コーナー 96
- 農業機械関係の試験・研究担当者名簿 97
- 支部会記事
- 庶務報告、会計報告およびシンポジウム 103
- アンケート調査結果 111
- 研修活動等の助成について 115
- 農業機械学会東北支部規約・東北支部投稿要領・東北支部役員選挙規定 117
- 会員名簿 120

〈論説〉

中国における農業機械化の現状と基本政策

李 明珠*

Present Condition and Fundamental Policy of Agriculture Mechanization in China

Mingzu Li*

この話題を進めるに当たり、まず中国の経済発展と農業の事情を簡単に紹介する。

I. 経済発展計画

中国政府は近代化を実施するため、三歩で三段階に登る経済発展計画を提出した。その第1歩は、1981年から1990年までの10年間、1人当たりG N P（国民総生産）を250ドルから500ドルに倍増して、国民生活を貧困状態から暖衣飽食状態に引き上げる。第2歩は、1991年から2000年までの10年間で、1人当たりG N Pを500ドルから1000ドルに再倍増させて、国民生活水準を世界の中の下位レベルに引き上げる。第3歩は、2000年から30年～50年間で、1人当たりG N Pを1000ドルから4000ドルに増やして、国民生活を中位先進国（世界の中の上位レベル）に向上させる。

現在この計画の第1歩は既に完成し、1991年からは毎年10%以上のG N Pの伸び率になっているので、第2歩計画の達成も間違いないと思われる。

II. 農業改革

1949年の建国後、中国政府は農村に集団化経営政策を導入した。農民は生産隊で、労働の権利はあっても経営の権利は無かった。この政策は農民の生産意欲を抑え、農業生産の向上を阻害した。1979年に政府は「農家請負責任政策」を農村に導入した。この政策によって、農家每

に政府から土地を借り、作った農産物のうち、請け負った分は政府に売り渡し、残りは自由に販売することができた。農民は経営者になって、以前になかった生産意欲が發揮された。1990年中国食糧生産は4350億Kgで歴史的な最高記録を作った。その結果1人当たりの食糧は383kgになった。2000年には1人当たりの食糧を400～425kgまで向上させる計画である。

農家請負責任制の導入に伴い農村工業は中国のいたるところで爆発的に発展している。1985年には425万戸以上の専業化した農家と土地に対する長期契約を結んで、外に働きにでた1億8000万戸以上の農家があり、600万を超える郷と村の企業があった。1986年の統計では雇用された人数は1億人に達した。農民は都市ではなく農村の工場で働くように変化している。郷村企業には建築、食料加工、養魚、飼料作物生産、鉱業（石炭と鉱石）、建築材料の製造、電子部品、織物が含まれている。農村地域における地方的工業のほかに、農民達は輸送、販売、商品の流通などに従事し、社会の需要に応じながら所得を増やしている。

III. 農業機械化の現状と対策

1958年毛主席は農業の根本的活路は機械化にあると言った。この呼び掛けで農業機械化はいじじるしい発展をした。中央政府は農業機械部を設置し、省・県毎に農業機械局を設置した。

* 中国吉林農業大学食品系、現在 岩手大学客員研究員

農業機械研究所と大学、専門学校も中央から県までそれぞれに設置された。省県毎に農業機械製作所と修理・整備工場があり、農村には農業機械サービスセンターがある。農業機械の総生産額は1978年は1953年の100倍となり、79億元だった。1983年には85億元に達した。今日、中国では各省で5~10馬力の小型4輪や歩行型トラクタから30~160馬力のホイール型やクローラ型のさまざまなものが生産され、動力機械から作業機械まで大量の農業機械がシリーズで生産されている。

1979年以前においては、各農家はトラクタなどの農業機械を所有することはできなかったが、それ以降これらの制限が撤廃された。農民個人所有のトラクタ台数が農村における総トラクタ台数に占める比率は1980年で1%，1982年で32%，1984年で78%になっている。農家生産請負制を実施してから、1981年に比べ1985年には大型、中型トラクタの生産は減少し、廉価で汎用性のある歩行型トラクタまたは小型四輪トラクタが必要とされるようになった。1984年には312万台の農民個人所有のトラクタのうち81%は小型であった。1981年から1986年にかけて機械耕起面積は16%減少し、機械播種面積は19%の減少となった。これは当時石油不足と生産請負制の普及が原因である。1970年代終わりには人力操作の田植機総数は51万台、エンジン駆動型の田植機はおよそ10万台に達した。1976年には10万haを超える水田でエンジン駆動型田植機が使用されていた。しかし1981年までは、中国の稻作において田植機が使用される比率はイネの作付面積の0.4%にすぎない。これは労働力が昔も今もあるほど豊富で、土地は少なく、機械は高価なのである。

中国の農業機械化は選択的機械化という方針の下で推進されてきた。1983年には、総馬力で

約2億4500馬力の農業機械が使用されたが、そのうち35%が灌漑、排水用、25%が穀物、綿、搾油作物加工用、30%がトラクタ、トラックなどの自走式農業機械に使用されていた。もちろん各省各地方によって状況は異なっている。例えば、中国南部は灌漑、排水面の機械化で先頭を行っているが、一般の農作業機械化は東北や大都市近郊で一層早く始まったし、機械化のスピードも一段と速かった。

中国は12億の人口でその9億人が農村で生活し、そのうちの3億人以上が農業労働力である。人口一人当たりの耕地面積は0.1haに過ぎない。これはアメリカの8分の1、フランスの3分の1という数字である。そのため、これからの中の農業機械化は資源節約型モデルでなければならない。即ち高い収穫水準の安定性の向上、土地利用率の向上、低資本投下のもとでの生物学的及び工業的技術の結合を目指した機械化である。

その対策として、

1. エネルギーや機械の投資は、必ずより高い経済収益と農業生産性向上をもたらすものでなければならないこと
2. 各地の全体の状況に応じて労働力及び役畜が利用できるようなかたちで進展しなければならないこと
3. 農村経済の発展と農村労働力の移転は、農村工業発展と結び付けて進めなければならぬこと
4. 生産請負責任制に適する高品質、低価格、小型軽量、エネルギー節約型、経済的効果が保証される機械が開発されることがあげられる。

草地の表面状態とトラクタ走行性（第1報）

— 土壌水分と土壌硬度がけん引比の大きさにおよぼす影響 —

北里大学 獣医畜産学部 田中勝千*・本橋匂司*・杉浦俊弘*
秋田県立農業短期大学 嶋田 浩**

The Effect of Surface Conditions on Tractor Mobility in Grassland (Part 1)

Katsuyuki TANAKA*, Kunizi MOTOHASHI*, Toshihiro SUGIURA*, Hiroshi SHIMADA**

I. はじめに

草地作業の場合、トラクタ走行性 (mobility) は、草地表面から深さ数センチまでの草地の表面状態(土壌水分、土壌硬度)に左右される^{1),2)}。草地の場合、その全表面を牧草根が網羅している点が水田や畑地の土壤と異なる。本報では、雪解け後の草地表面の土壌水分と表面硬度の経日変化を調査したので、その結果について報告する。また、隨時行ったけん引試験結果を用いて、草地表面の土壌水分や土壌硬度がトラクタ走行性とどのような関わりがあるのかを検討する。

II. 方 法

本学付属農場牧草地内にA区(平坦地)、B区(平坦地)、C区(10°の傾斜地)の3つの測定区を設置した(図1参照)。1つの区の大きさは幅3m、長さ15mで、各々の区を分割し3つの分割区を設けた。草地は、オーチャードグラス・チモシー・シロクローバが混播された採草専用地である。通常の草地利用に準じて6月2日に1番草を刈取った。

(1) 土壌水分

分割区毎に、採土器(Root Auger DIK-1645)を使って、草地土壌を表面から深さ0~30mm(上層含水比)と、30~60mm(下層含水比)の2つに分けて試料を採取した。これは調査ほ場

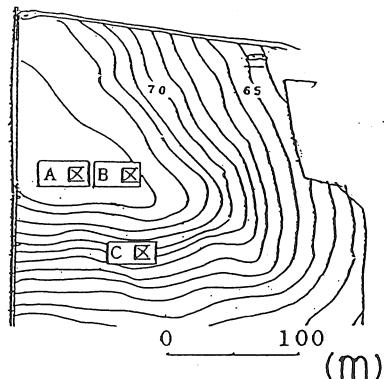


図1 調査ほ場の地形図と調査地点

の場合、牧草根の分布する垂直方向の平均的な深さが約60mmであることと、供試トラクタの後車輪ラグ高さが30mmであることによる。試料を上皿天秤(メトラー PC440)で秤量し、105°Cで24時間乾燥させた後、乾燥重量を測定して含水比を求めた。3つの分割区の含水比の算術平均をその区の土壌水分の代表値とした。

(2) 土壌硬度

2種類の硬度計を用いて草地表面の硬度を測定し、土壌硬度の指標とした。第1の硬度計はPush Pull-Gage (AIKOH 9502)である。これを草地面に垂直に貫入させ、5.9N(6kgf)載荷時の横断面貫入深さを測定した。第2の硬度計は山中式硬度計⁵⁾ (DIK 5551)である。本来は土壤断面に垂直に貫入させて使用する器具である

が、本調査ではPush Pull-Gageと同様に、草地面に垂直に貫入させてスケールの読みを求めた。

両者とも分割区毎に5点ずつ合計15点測定した。A区・B区・C区とも、15点の算術平均をその区の代表値とした。山中式硬度計を草地面に垂直に貫入させたのは、硬度計を草地横断面に貫入させてスケールの読みを求めた場合より、スケールの絶対値が3～4倍あり、ばらつきも少なかったことによる。なお、表面から100～150mmの深さにある硬盤では、土壤の垂直断面と水平面との間に、貫入値の差は見られなかった。

(3) 草高

牧草生育量として、箱尺で草丈を測定した。

(4) トラクタのけん引性能

トラクタの走行性を示すには、けん引性能が適切であると考えけん引試験を行った^{3),4)}。

III. 結果と考察

1. 草地表面の土壤水分の経日変化

図2に草地表面の土壤水分と降水量の経日変化を示した。図の横軸は雪解け後の経過日数を、左縦軸は上層含水比を右縦軸は降水量を示している。棒状グラフで示した降水量は、前回の測定日から当日の測定日までの日降水量の平均値である。図2からすると、降雨後の草地表面の土壤を採取すれば、気象データを基にその日以降の土壤水分の変化傾向を知ることができる。各区の土壤含水比は50～90% (d.b.) の範囲であった。

平坦地のA区・B区の含水比とそれより低位置にある傾斜地のC区の含水比を比較すると、傾斜地のC区含水比が低い状態であった。降雨が続いたとき、含水比のグラフが上がり傾向にあるときC区は他区より高く、反対に、グラフが下り傾向にあるときC区は他区より低かった。

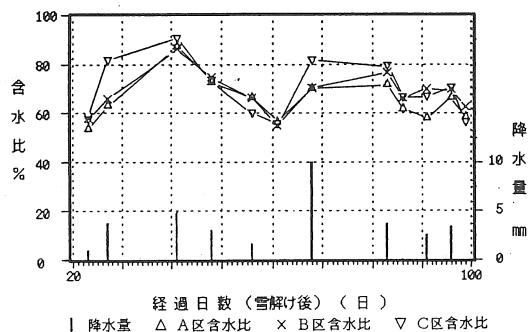


図2 草地表面の土壤水分と降水量の経日変化
注) 降水量は前回の測定日から当日の測定日までの日降水量の平均値

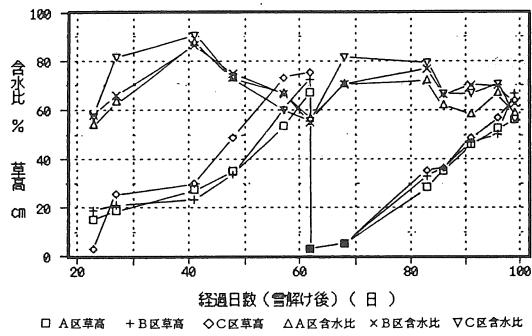


図3 草地表面の土壤水分と草高の経日変化

降雨が増加傾向の場合、C区では、農場全体が排水不良の傾向が強く、降雨直後は表面水があり、降雨後には高位部から低位部に向かって地下浸透水の流下が続くためである。調査期間は雨天日が多く、上記の理由により、平坦地のA区・B区より傾斜地のC区が土壤水分の高い状態のケースが観察されたと考えられる。また、図は省略したが、下層含水比は上層含水比と連動して変化し、その大きさは上層含水比より5～10% (d.b.) 低めの値であった。図3に草地表面の土壤水分と草高の経日変化を示す。図の横軸は

雪解け後の経過日数を、縦軸は上層含水比と草高を示している。低温のために1番刈時の草高は80cmに達しなかった。牧草は、春先からその活動が活発化し、地上部の茎葉の成長とともに、地下部では新しい根が発生する。根は表面下数センチの深さのところに密集する。草地表面の土壤水分は、草高や根量といった牧草の生育量に影響されると予想したが、雪解け後100日までのデータでは牧草の生育量と土壤水分との関係は明らかではなかった。

2. 草地表面の土壤硬度の経日変化

図4はPush Pull-Gageを用いた場合の測定結果であり、草地表面の土壤硬度と降水量の経日変化を示している。図の横軸は雪解け後の経過日数を、左縦軸はコーンの貫入深を右縦軸は降水量を示している。各区の貫入深とも降水量により変化したが、A区はB区・C区に比べて大きな貫入深を示した。図2の土壤水分の経日変化を見ると平坦地のA区とB区の含水比に大差はない。供試は場の土性も一様なことから、なぜA区の貫入深が大きいのか明らかではない。

1992年7月20日以降の晴天日に行った土壤硬度の予備調査によると、Push Pull-Gageの場合、設定荷重5.9Nでの貫入深は5mm以下であった¹⁾。刈取牧草の放置された場所では、この設定荷重で約60mmの貫入深を示した。降雨などによって表層が柔らかくなった場合、この設定荷重の貫入深を測定することで、設定荷重(5.9N)に相当する硬度の層位置が、雪解け後どのような変化をするのかを知ることができる。貫入深は、降水量の影響を受けながらも徐々に小さくなり、雪解け後99日目(7月8日)には昨年行った予備調査時と同じく貫入深5mm以下となった。従って、春先から初夏までは、降雨の有無に関わらずトラクタ走行によって草地面が損傷を受けやすい状態にあると推察される。また、貫入深が小

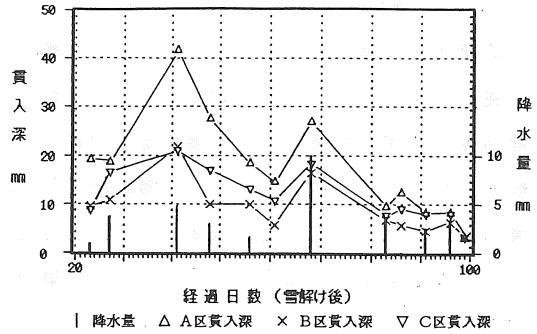


図4 草地表面の土壤硬度と降水量の経日変化
(Push Pull-Gage)

注) 降水量は前回の測定日から当日の測定日までの日降水量の平均値

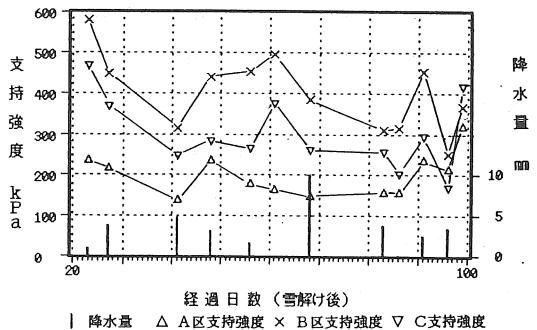


図5 草地表面の土壤硬度と降水量の経日変化
(山中式硬度計)

注) 降水量は前回の測定日から当日の測定日までの日降水量の平均値

さくなつたのは牧草の成長にともなって根量が増加したためであるとも考えられるが、この点については究明する必要がある。

図5は山中式硬度計での測定結果であり、草地表面の土壤硬度と降水量の経日変化を示している。図の横軸は雪解け後の経過日数を、左横軸はスケールの読みを支持強度に換算して示した。また、右縦軸は降水量を示した。各区とも図4と同様に降水量の影響を受けていたが、支

持強度の経日変化は図4ほど大きくはなかった。しかし、図4と異なり各区で支持強度の差は大きく、その範囲は140から600kPaであった。山中式硬度計の場合、Push Pull-Gageよりも感度が鈍い反面、各区毎に平均的な硬さが示され、降雨後の土壤の乾燥による土壤硬度の増減が比較的判断し易いと考えられる。土壤が硬いのは、貫入深が小さく、また支持強度が大きい場合であると仮定すると、図4と図5は類似した傾向を示している。しかし、その中身は大きく異なる。たとえば、図5の雪解け後41日目と83日目の支持強度はA区・B区・C区それぞれ320・250・150kPaでほとんど変わらないが、図4の貫入深はA区の場合、41mmが10mmに、B区の場合22mmが7mmに、C区の場合21mmが8mmに減少している。したがって、両硬度計の測定結果を比較する場合には、土壤水分などの他の条件を考慮する必要がある。

3. トラクタのけん引性能の変化

けん引試験は、降雨の前後に行なうようにした。通常の機械作業ができる条件にするため、降雨後はけん引の試験日まで3日間以上あけた。図6から図11は、平坦地のA区とB区で行ったけん引試験結果をもとに作図したものである。各図はそれぞれ横軸に含水比（上層）・貫入深・支持強度を、縦軸にけん引比を示している。各図のプロット点は、2輪駆動時（2WD）と4輪駆動時（4WD）のおののおのについて、滑り率が10%と20%の場合のけん引比を示している。

(1) 土壤水分とけん引比

図6と図7は、おのののA区とB区について含水比の変化とともにけん引比の変化を示している。A区・B区とも同じ日にけん引試験を行ったが、B区の含水比の値が10%高めの範囲であった。A区では、含水比が変化しても駆動条件・滑りの大きさに関わらずほとんどけん引

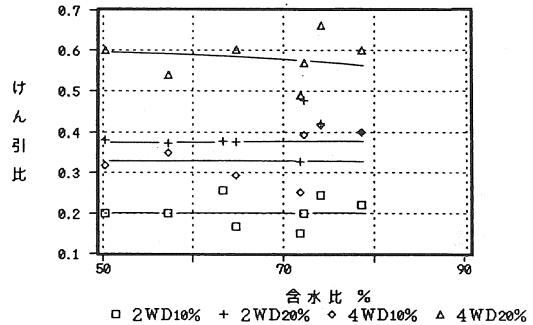


図6 土壤水分とけん引比（A区）

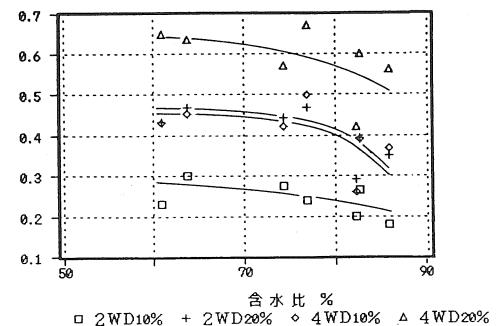


図7 土壤水分とけん引比（B区）

比は変化しなかった。一方、B区では、含水比の値が70%以上になるとけん引比の値が減少した。また、同じ含水比の範囲ではB区のけん引比が0.05程度高めであった。草地における機械作業は、おおまかにいって、降雨後の表面の含水比の増加がけん引性能をどれくらい低下させるのかということである。A区の場合、含水比の高い方のデータがないのではっきりしないが、B区では、含水比を走行性の指標とした場合、調査は場での含水比がけん引性能に影響を与えるのは含水比が70%以上の場合で、けん引比の減少は0.1程度であると推定された。

(2) 贫入深とけん引比

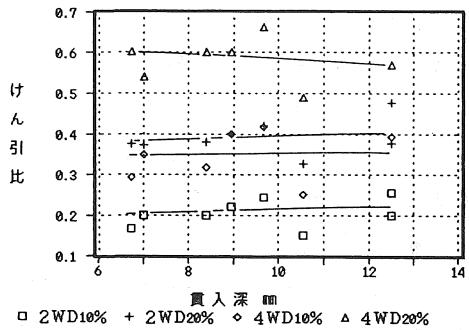


図8 貫入深とけん引比 (A区)

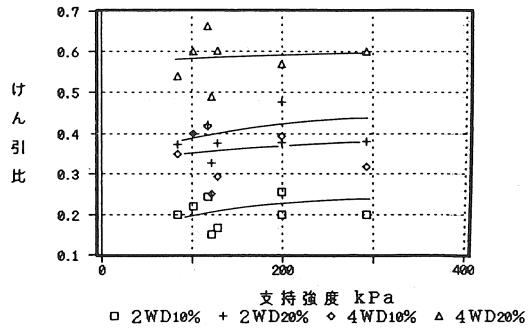


図10 支持強度とけん引比 (A区)

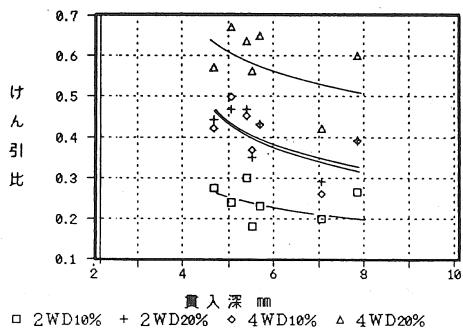


図9 貫入深とけん引比 (B区)

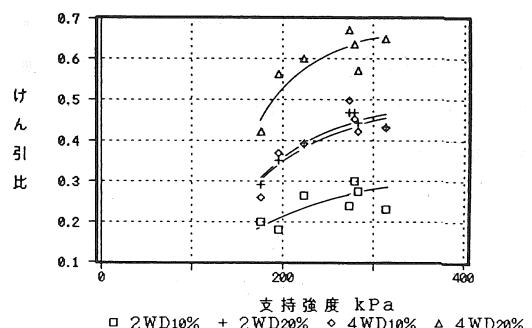


図11 支持強度とけん引比 (B区)

図8と図9は、おのおのA区とB区について貫入深の変化とともにけん引比の変化を示している。けん引試験時の貫入深は、A区で6~13mm、B区で4~7mmと小さかった。A区のけん引比は、駆動条件と滑りの大きさによって値がまちまちであったが、図6のA区と同様に変化が少なかった。B区は、各区とも貫入深の増加とともにけん引比が減少した。

B区の場合、含水比が大きくなれば貫入深が増加するので、図7・図9のいずれも減少傾向を示していた。しかし、図7のけん引比の傾向が上に凸なのに対し、図9は下に凸となり、両者の減少傾向に差がみられた。けん引比の減少

傾向が異なるのは、含水比の他に例えば牧草の根量が関係しているかも知れない。貫入深が大きくなればけん引性能が低下するB区に比べ、A区では逆に増加傾向もみられた。予備調査から7月以降の貫入深の変化は小さいことが分かっている。従って、7月以降は降雨の影響を受けるものの貫入深の変化は図8、図9の程度と考えて良い。とすれば、けん引比が一様に減少したB区でも貫入深の変化は小さく、春先からの草地利用期間の貫入深を基にけん引性能を予測することには無理があると判断した。

(3) 支持強度とけん引比

図10と図11は、おのおのA区とB区について

支持強度の変化にともなうけん引比の変化を示している。けん引試験時の支持強度の範囲は、A区で80～240kPa、B区で170～320kPaであった。A区では、含水比や貫入深を横軸とした図6や図8の傾向と異なり、支持強度の増加にともなってけん引比が増加した。B区でも同じ傾向であった。

図10、図11より、含水比や貫入深さよりも支持強度を走行性の指標とした方がよいと考えられる。A区の場合支持強度200kPa以下で、B区の場合300kPa以下でけん引比が減少した。両者の違いは含水比の範囲が異なったことによるのか、それとも場所によって硬度の違いがあるのかは明らかでなかったが、ほ場の平均的な土壤硬度を予め測定しておくことにより走行性の難易が予測できるものと推察された。

IV. 結 語

草地におけるトラクタの走行性を土壤水分、Push Pull-Gageによる貫入深、山中式硬度計による支持強度を用いて把握しようとした。トラクタの走行性をけん引比の大きさで表した場合、山中式硬度計による支持強度が、土壤水分やPush Pull-Gageによる貫入深より、的確にけん引比を予測できるものと考えられた。

V. あとがき

青森県農業試研場藤坂支場より気象データを提供して頂いた。心よりお礼申し上げる。また、専攻生の青木康太郎・吉田暢幸両君の協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 田中勝千・本橋団司・嶋田 浩・杉浦俊弘
(分担執筆) : 農業機械学会アクトイ21「耕
地環境」プロジェクト論文集 ほ場作業の耕
地環境に与える生態学的影響, 農業機械学会,
61-64, 1993

- 2) 田中勝千・本橋団司・嶋田 浩・杉浦俊弘:
タイヤのスリップによる草地面損傷と牧草生
育への影響(第2報), 日本草地学会誌, 第
38巻別号, pp.249-250, 札幌市 (1992.9)
- 3) 嶋田 浩・本橋団司・田中勝千: 傾斜地用ト
ラクタ(テラトラックTT33)の作業性能(第3報),
農業機械学会東北支部報第36号, 9-14, 1989
- 4) 田中勝千・本橋団司・嶋田 浩: 傾斜地用ト
ラクタ(テラトラックTT33)の作業性能(第4報),
農業機械学会東北支部報第36号, 15-18, 1989
- 5) 田中 孝・西村 功・東 富夫・北川 治: 水田
におけるトラクタ性能判定に関する研究(第
2報), 農業機械学会誌第26巻(3), 173-175,
1964

[閲読者コメント]

草地におけるトラクタの走行性をほ場の表面状態から予測することは重要であるといえます。本論文では、土壤の支持強度とけん引比との関係が明確であったと指摘されていますが、具体的にはどの程度の値の支持強度であれば草地におけるトラクタの走行性に問題がないかをお聞かせ願います。

[著者回答]

けん引試験の回数が少ないと支持強度の範囲が狭いことから明言はできませんが、図10、図11からすると250kPa以上の支持強度が必要であると考えられます。図5のA区はほとんどの支持強度の値が250kPa以下です。今年の雨の多かった天気によるものなのか、本来支持強度の小さい土壤なのははっきりしません。支持強度をトラクタ走行性の指標とした場合、一つのほ場にA区とB区のような支持強度を示す場所が混在するとも考えられますので、予めほ場の土壤硬度分布を調べておく必要があると思われます。

土塊破壊に亀裂が及ぼす影響

片岡 崇*・小野寺一宏*・渋沢 栄**・広間達夫*・太田義信*

Influence of Cracks on Clod Failure

Takashi KATAOKA*, Kazuhiro ONODERA*, Sakae SHIBUSAWA**

Tatsuo HIROMA*, Yoshinobu OTA*

Abstract

Clods which have frequent cracks on their surface are formed by a reverse-rotational rotary tillage in heavy clay soil. We pay attention to the cracks, and our investigation showed that the cracks led to the clod failure. In the experiment, the water poured on the clods was assumed to be the rainfall, and the clod's and the crack's behavior was observed. Then the clod failure mode was investigated.

The results were as follows; it was observed that the cracks were enlarged by the water permeation and then the clods failed. The clods got the bending action from the blade which is perpendicular to the blade rotational direction. Then the clods had the stress and the curvature was formed. The new cracks formed by the water permeation at the zone of the maximum curvature, the maximum stress zone, led to the failure of the clods.

It was considered that clods failure occurred as a result of the cracks due to the water permeation and the stress zone created by the bending action.

1. 緒言

重粘土を対象としたアップカットロータリ耕うんにおいて、表面に周期的な亀裂をもつ土塊が形成される。これまで、これらの亀裂の形成される現象を考察し¹⁾、さらに形成要因について耕うんづめの固有振動あるいは切削時の耕うん抵抗に起因する耕うんづめの振動と未耕地側土壤に形成される亀裂を関連づけて検討してきた^{1),2)}。また、亀裂や土塊の形についてフランタルの概念を導入して、ありのままの土塊形状

の幾何学的評価を試みてきた³⁾。

すくいづめを装備したアップカットロータリ耕うん装置（小橋機製 UC-120）による重粘土土塊は、その長手方向の長さが40mm以上の比較的大きなものが大半を占めている¹⁾。これは、このアップカットロータリ耕うん装置の特徴のひとつに、ただ一回の切削によって耕うん土塊をロータリ後方へ投てきする機能があることにによる。ロータリ耕うん装置のロータリ部内で何度も再耕うんを行うダウンカットロータリ耕う

ん装置と比べ十分な碎土性を有しているとはい難い面がある。

ここでは、碎土性を念頭において、重粘土を対象としたアップカットロータリ耕うん装置によって形成される特徴的な土塊、すなわち表面に亀裂もつ土塊の破壊性について検討する。亀裂が土塊の乾燥に及ぼす影響と降雨を想定した水の浸透による土塊破壊の機構について、亀裂に焦点を当てる現象の観察から考察を試みる。

2. 実験方法

実験は2種類の粘土を対象として室内で行った。表1に示す北海道大学農学部特別実験室内重粘土槽より採取した重粘土と、表2に示す久慈粘土を供試した。

表1 供試粘土組成(1)

北海道大学農学部特別実験室内 重粘土槽より採取した重粘土	
粒度分析 粘土	45.0 %
シルト	36.0 %
砂	18.8 %
液性限界	47.7 %d.b.
塑性限界	28.8 %d.b.

表2 供試粘土組成(2)

久慈粘土	
粒度分析 粘土	43.3 %
シルト	35.2 %
砂	21.5 %
液性限界	40.0 %d.b.
塑性限界	18.8 %d.b.

最初に、土塊破壊のための亀裂の効果を調べる実験を行った。上記2種類の粘土について、すくいづめを装備したアップカットロータリ耕うん装置によって図1に示すような耕うん土塊が得られる。図中見えている、亀裂の存在している面は切削の際にすくいづめのすくい面と接触していない面で、この面の丁度裏側をすくいづめが切削したことになる。このような亀裂を持つ土塊を破壊するために必要な力を、図2のように土塊の一端を固定し、もう一端に荷重を加えて測定した。土塊を固定する際には、土塊表面上の亀裂が台の角の部分にあたらないように配慮した。供試土塊には、土塊表面に亀裂の

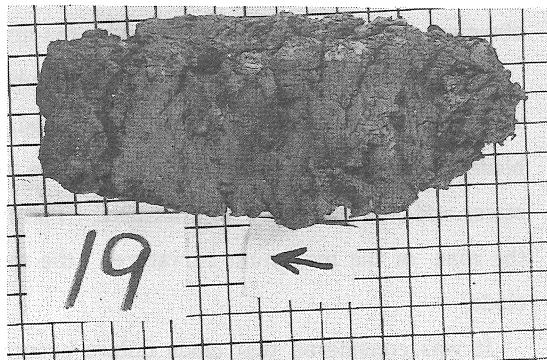


図1 耕うん土塊（北大重粘土）

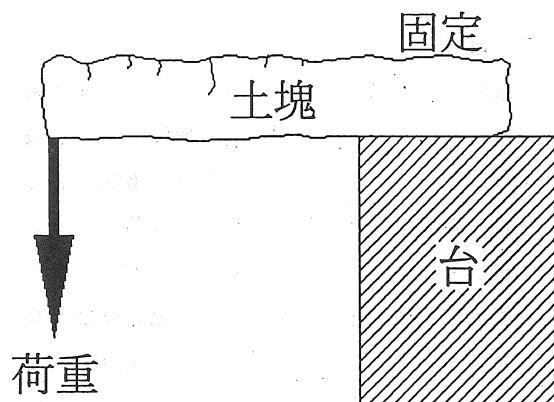


図2 土塊の破壊方法

ある耕うん土塊と、未切削土壤からスコップで耕うん土塊とほぼ同じ大きさに切り出した亀裂のない土塊を用いた。

次に、降雨による土塊の破壊を想定した水の浸透による土塊の破壊過程について実験を行った。それぞれの粘土の土塊数点について降水量約3mm（盛岡市の月別平年降水量4月は98mmから換算⁴⁾）に相当する量の水を毎日1回与え、水の浸透とともに土塊形状の変化を観察した。

3. 実験結果および考察

(1) 土塊破壊のため亀裂の効果

図3に北海道大学農学部特別実験室内の重粘土について、土塊破壊に必要な力を曲げモーメントで表した結果を示す。横軸上のCategoryは土塊の番号を示す。亀裂がある土塊とは耕うん土塊のことである。これらはいずれも土塊表面の亀裂部から破壊した。亀裂がない土塊については、最大曲げモーメントが生じる固定端の部分から新しく亀裂が発生し、破壊に至ることが観察された。

図4は、久慈粘土を対象として、含水比ごとに土塊破壊に必要な力を曲げモーメントで示した結果である。両図から、土塊表面に亀裂が存在すると、亀裂が破壊面となることによって小さな力で土塊は破壊に至ることがわかる。

図5に、土塊の乾土効果を示す。耕うんによって得られた亀裂のある土塊と、スコップで未切削土壤から切り出した亀裂のない土塊を実験室内で自然乾燥させた結果である。亀裂がある土塊の方が乾燥の程度はよいことがわかる。これは、亀裂の形成によって土塊の表面積が大きくなるためと考えられ、亀裂は土塊の乾燥速度を高める効果があるといえる。

(2) 水の浸透による土塊破壊機構

北海道大学農学部特別実験室内の重粘土につ

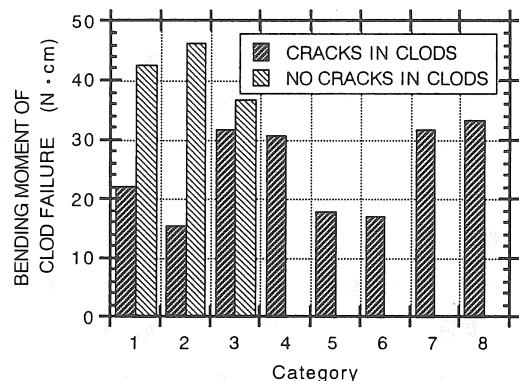


図3 土塊破壊の曲げモーメント
(北大重粘土)

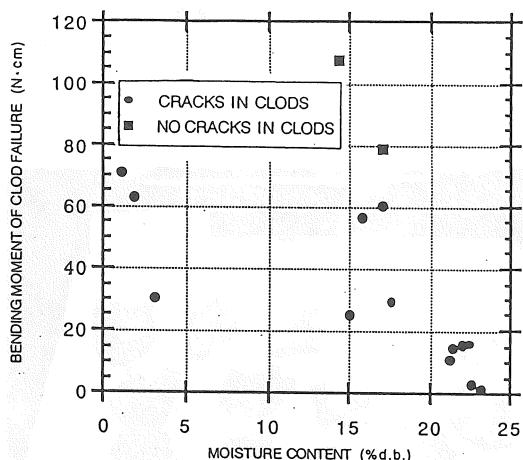


図4 土塊破壊の曲げモーメント
(久慈粘土)

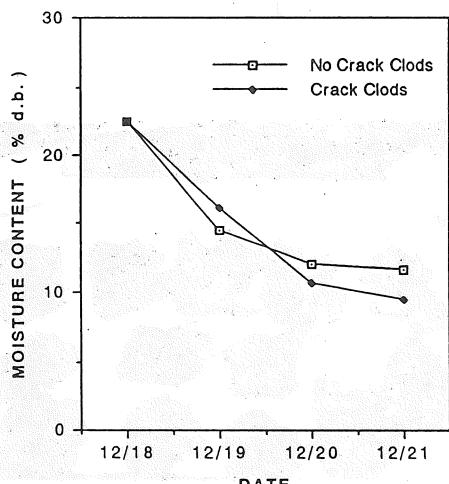


図5 亀裂による土塊の乾土効果

いて、図6、7にそれぞれ水を与える前の土塊の状態と、水を与えた4日経った土塊の状態を示す。また、図8、9に久慈粘土について、同様の土塊状態をそれぞれ示す。いずれの粘土においても、水を与えることによって亀裂が拡大し、土塊が小さく碎かれていくことがわかる。

時間と給水の経過とともに切削の際に形成された亀裂が拡大され、そこから土塊は割れて小さな土塊が形成された。乾燥した土塊ほど破壊の程度は大きく、水を与えるとすぐに破壊が始まった。耕うん直後の含水比約20%d.b.の土塊については、約半日後から土塊亀裂からの破壊がみられた。また、水を与えることによって、

耕うん時に形成される土塊表面の亀裂とは関係のない新しい亀裂が、土塊中央部に切削の際に形成された亀裂とほぼ垂直な方向に発生した。そして、この新しい亀裂が水の浸透とともに発達して破壊面となり、ここから土塊が破壊することが観察された。この新しい亀裂が発生した部分は、土塊が切削の際に曲げ作用を受け、最もその曲率が大きな部分に相当している。この破壊は、水を与えた始めて2日後から観察された。

これらの土塊破壊機構について図10に示す。水の浸透による土塊の破壊は、切削の際に形成された土塊表面の大きな亀裂に沿って起こる場合と、土塊が変形して曲率をもった場合に、そ

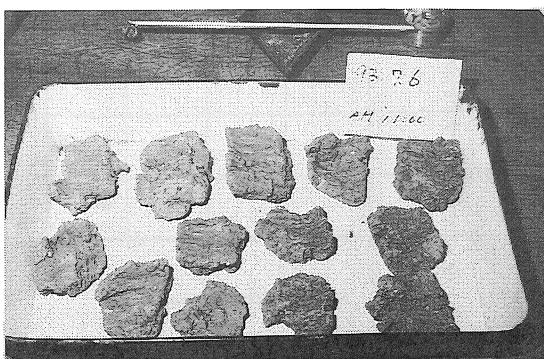


図6 水を与える前の土塊の状態
(北大重粘土)

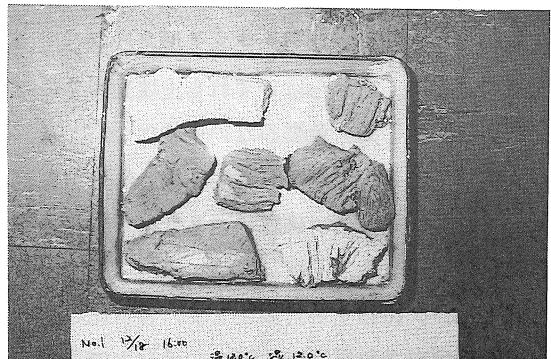


図8 水を与える前の土塊の状態
(久慈粘土)

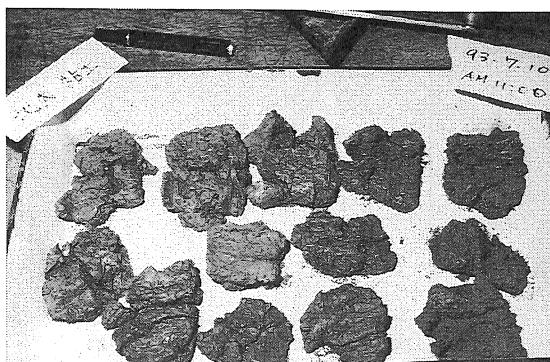


図7 4日後の土塊の状態 (北大重粘土)

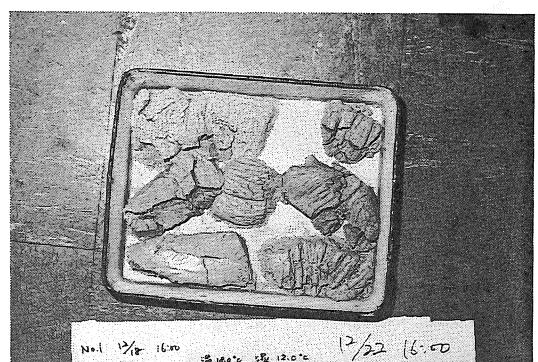


図9 4日後の土塊の状態 (久慈粘土)

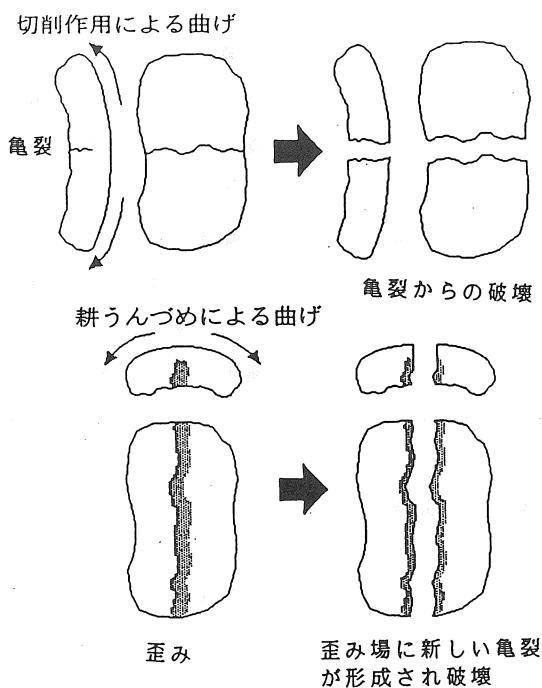


図10 水の浸透による土塊の破壊機構

の曲率の最も大きなところから起こる2つのパターンに大きく分けられる。これは、2種類の粘土に共通して観察されたことである。

切削の際に形成された亀裂からの破壊は、亀裂自体が破壊面であるため亀裂内部に水が浸透することによって亀裂をさらに拡大していく作用によると考えられる。

土塊は、切削の際、耕うんづめとの接触により曲げ作用を受ける。その結果、土塊は曲率をもち、その最も大きなところに歪み場が形成される。この部分に水が浸透することによって、土粒子間の結合状態あるいは歪みが緩和され、新しい亀裂が発生し、拡大していくことで土塊が破壊に至ると考えられる。この歪み場が形成される部分は亀裂が形成される面上で、耕うんづめと接触していない解放された面であるために、それとは反対側の耕うんづめと接触した拘束された面と比べ曲げなどの作用による歪みが

蓄積されやすいものと考えられる。

アップカットロータリ耕うんによって大きな土塊が形成された後の土塊の碎土性向上のためには、土塊に耕うん作用などによる歪み場の形成が重要といえる。切削の際に形成される土塊表面の大きな亀裂は、その歪みの解放の一つの結果である。また、土塊が曲率を持っているということは歪み場が土塊にまだ残っていることを表し、他の要因によって新しい亀裂の発生などの歪みの解放が行われる可能性があることを示している。

前述した土塊を数日間自然乾燥させた場合には、亀裂の拡大や新しい亀裂の発生、さらには土塊の破壊など全くみられなかった。耕うん後の土塊表面に亀裂が発達していても、それが自然に破壊され碎土されるためには降雨などの外的要因が重要となる。

4. 摘要

アップカットロータリ耕うんによって表面に亀裂をもつ土塊が形成される。耕うん土塊の破壊に関して亀裂が及ぼす影響について以下の結果を得た。土塊表面の亀裂は、土塊の乾燥速度を高める効果をもっている。また、この亀裂部と曲げ作用などによって形成される土塊の歪み場は、降雨などによって土塊の自然破壊を引き起こす。

水の浸透による耕うん土塊の破壊機構は、次の2つのパターンに分けられる。1つは、切削の際に形成された土塊表面の亀裂から破壊するものである。亀裂内部に水が浸透することによって亀裂を広げ、破壊に至るという機構である。もう1つは、切削の際に耕うんづめから受ける曲げ作用によって耕うん土塊に曲率部が生じ、ここに新しい亀裂が発生して破壊に至るという機構である。これは、水が浸透することによって歪み場である曲率部の土粒子の結合状態あるいは歪みが緩和され、新たな亀裂が発生し、土塊破壊に至るということである。

参考文献

- 1) 渋沢栄、片岡崇、近江谷和彦、寺尾日出男：
ロータリ耕うんにおける土塊の形成過程（第1報），農機誌52(1), p69-75, 1990.
- 2) 片岡崇、渋沢栄、朽木靖之、広間達夫、太田義信：アップカットロータリ耕うんすくいづめの振動数，農機東北支部報39, p13-18, 1992.
- 3) 渋沢栄、片岡崇、近江谷和彦、寺尾日出男：
ロータリ耕うんにおける土塊の形成過程（第2報），農機誌52(2), p3-9, 1990.
- 4) 国立天文台編：理科年表 平成3年，丸善，1991.

【閲読者コメント】重粘土土塊の破壊現象を耕うん時に形成される亀裂、ひずみとの関係で考察した点が注目される。本報の結果を今後どのように活用されるつもりか見解を伺いたい。

【著者回答】ここでは、土塊表面の亀裂に注目し、この亀裂の機能について土塊の破壊について検討しました。本研究の終局的な目的は高速ロータリ耕うん法の開発です。これを達成するためにはロータリ耕うんにおける土の切削現象の解明が必要不可欠と考えられます。このためには、未耕地切削時に未耕地側切削土壤表面に形成される亀裂について検討する必要があると考えています。ここで得られた結果をもとに、未耕地側土壤の亀裂の形成要因あるいはその機能、碎土性向上のための手法について今後検討していく予定です。

簡便な湿潤密度の測定法

広間達夫*

Simple and Convenient Measurement of Unit Mass of Soils

Tatsuo HIROMA*

Abstract

This paper describes a simple and convenient method of measurement of a unit mass of soils, provided that, a clear transparent conical shaped plastic bag of about 0.01mm to 0.02mm thickness is available in the market. A conical hole with a vertical angle of 60° is dug up on a field. The volume of soil mass removed is determined by accurately fitting the bag into the hole, then, water is poured into the bag up to the soil surface level. The water volume which is equal to the soil mass volume is measured with accuracy from the mass balance. The measured results on the volume of 60cm³ hole made from a plaster and another dug up on soil surfaces had errors of 1% and 2.3% respectively. The unit mass of soils is calculated by the mass and the volume of soils dug up on the field.

1. 緒言

圃場や室内でけん引試験などの試験を行う場合に、土の湿潤密度や単位体積質量の測定が必要になる場合がある。この場合に良く行われているのが、採土器を用いて採土円筒を土表面に垂直に挿入し、試料を採取する方法¹⁾である。また正確に測定するために、供試体をケロシンや水銀等の液体中に沈めその体積によって置き換えられた液体質量から求める体積置換法も行われている²⁾。一方、土木工事など現場における試験では、土表面に掘った穴にビニールシートを敷いて中に水を注入する方法（水置換法）や、掘った穴を砂で置換して土の体積を測る方法（砂置換法）が行われている³⁾。砂置換法については、JIS A 1214 で規定されている。

採土円筒を用いる場合は、採土円筒内壁と土との摩擦により試料が円筒内で圧縮されやすく、含水比が高い土では良好な結果が得られない場合がある。置換法は特別な装置を必要とし、簡単に実施できない。

そこで、特に室内で実験を行う場合に、簡単に実施できてかつ測定誤差が少なくなる土の湿潤密度の測定法を検討した。

2. 測定原理と測定方法

図1 (a) に示すように、透明な長方形の袋の底の一方の角を中心にして $1/4$ 円（半径 a ）になるように切り取ってこれを開くと、図1 (b) のような頂角 θ の円錐体が得られる。この円錐体底面にできる円の円周 l は

* 岩手大学農学部

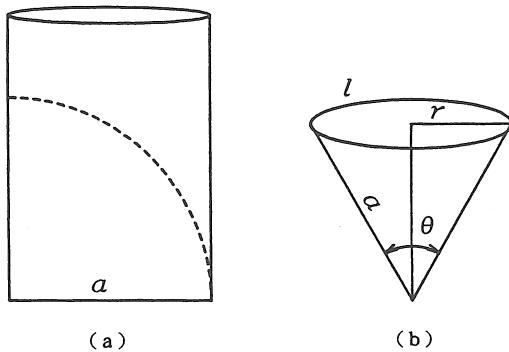


図1. 袋から得られる円錐体

$$l = \pi a \quad (1)$$

である。また底面の半径を r とすると

$$l = 2 \pi r \quad (2)$$

であるので、円錐体の頂角 θ は

$$\theta = 2 \sin^{-1} \frac{r}{a} = 60^\circ \quad (3)$$

になる。したがって、土表面から頂角 60° の円錐体を掘り取り、そこに長方形袋を一方の角が円錐の頂点になるようにおき、この中に土表面に一致するように水を入れて水の重量を測定すると、掘り出した土の体積が得られる。

円錐形に土を掘り出すのは、先がとがった細身のショベルを用いれば簡単である。透明な長方形袋は、0.01mmや0.02mm厚のポリエチレン製の袋が家庭用品として市販されており、この袋が利用できる。また、袋の厚みはごく薄く柔軟性があるので、穴の壁面が土粒子などで少し凸凹していても、注入した水の水圧によって壁面とのすき間がなくなる。なお、円錐体の頂角が 60° 以上になると誤差の原因になるので気をつける必要がある。

水面が土表面に一致しているかどうかは、図2に示すように、穴から少し離れたところに反

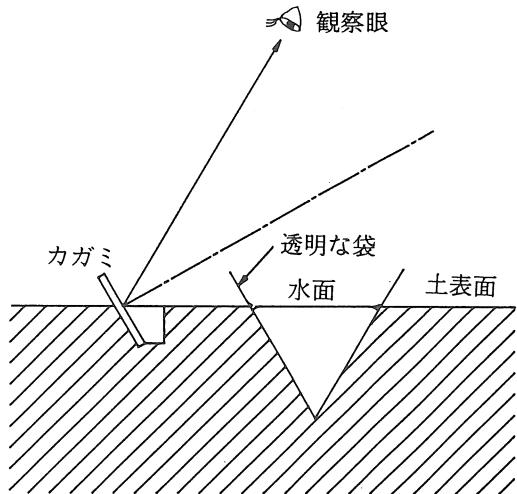


図2. 土表面に水面を一致させる

射鏡を置き、斜め上方から水面を観察して確かめる。反射鏡を用いない場合は、表面活性剤を1滴たらして、表面張力の影響を取り除いておくと、土表面と水面の一一致を確認しやすい。

3. 円錐体の大きさと誤差

図1 (b) の円錐体の体積は、高さ $h = \sqrt{3}a$ であるので

$$V = \frac{\pi h^3}{9} \quad (4)$$

で表される。 h が変化して $h - \Delta h$ になった場合、体積の変化 ΔV は高次の項を無視すると次式で与えられる。

$$\Delta V = \frac{\pi h^2 \Delta h}{3} \quad (5)$$

穴の体積との比 $\Delta V/V$ は、次式で与えられる。

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{3 \Delta h}{h} \quad (6)$$

読み取り誤差 Δh が 0.2mm あった場合に、体積誤差を 1% 程度にするには、 h が 60mm 程度必要である。円錐体の体積を 60cm^3 ($h = 55.60\text{mm}$)、

$\alpha = 32.10\text{mm}$ ）に設定した場合に、 0.2mm の読み取り誤差があると体積誤差は1.1%になる。

上記の諸元の場合について袋の厚みの影響を調べた。袋の厚みを t とすると、 $\Delta h = 2t$ であるので、厚さが 0.02mm の袋を選んでも、体積誤差は0.2%程度であり、この厚さは体積測定に関して無視できる。

4. 実験方法

湿润密度試験において測定する項目は、試料の質量と体積であるが、このうち誤差が生じやすいのは体積の測定である。そこで、体積が精度良く測定できるかどうかの検定を行った。このために正確な穴を用意する必要があり、金属で体積が 60cm^3 の供試穴作成用の円錐体を製作し、これを用いて正確な穴模型を石膏で製作した。また、土表面に、この円錐体を押し込んで正確な穴（S1, S2, S3）を作り、これらの穴の体積を3人の被験者で測定した。

なお、円錐体は直径を 64.20mm 、高さを 55.60mm にして設計し製作したが、完成後の測定結果は、直径が 64.35mm 、高さが 55.60mm であり、体積は 60.24cm^3 であった。

5. 実験結果

石膏穴模型について、3人の被験者がそれぞれ3回の測定を行った結果を図3に示す。全測定値の平均は 60.4cm^3 、標準偏差は 0.96cm^3 であった。特に大きな測定値（ 62.7cm^3 ）結果が得られていたので、測定者による測定値の偏りを分散分析で調べたが、95%の水準で測定者による有意な差は認められなかった。この場合は、ほぼ1%程度の誤差で体積を測定できた。

次に、土表面の3か所に金属円錐体を用いて正確な供試穴をあけ、3人の被験者がそれぞれの穴について、1回の測定を行った結果を図4に示す。全測定値の平均は 59.3cm^3 、標準偏差は 1.40cm^3 であった。分散分析を行った結果、95%

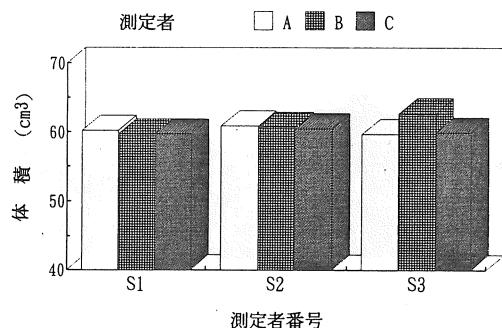


図3. 石膏型による検定

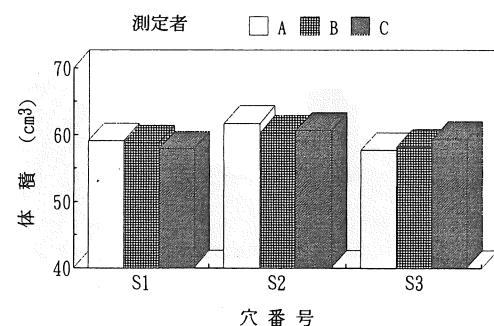


図4. 土表面での検定

の水準で穴の違いによる測定値に有意の差が認められたが、測定者による有意な差が認められなかった。

石膏模型を用いた場合は、石膏表面と水面を真横から直接観察することができるのに対して、土表面上の場合には、斜め上から間接的に観察することになる。地表面と水面の一一致を確認することが、石膏模型を用いた場合に比べてやりにくかったので、誤差は若干大きくなつて2.3%程度になったと思われる。

最後に、碎土円筒では試料の採取が困難と思われる含水比が高い土の場合について湿润密度測定の実験を行った。供試面は、土槽内の土を掘り起こして平らに均しローラで転圧して作っ

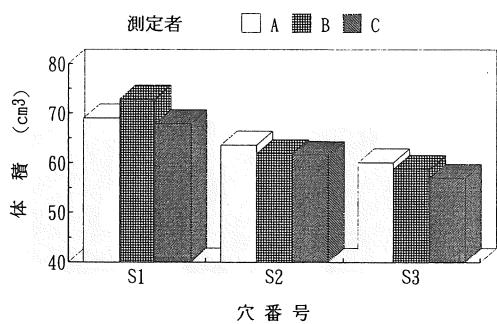


図5. 体積測定結果（ショベル利用）

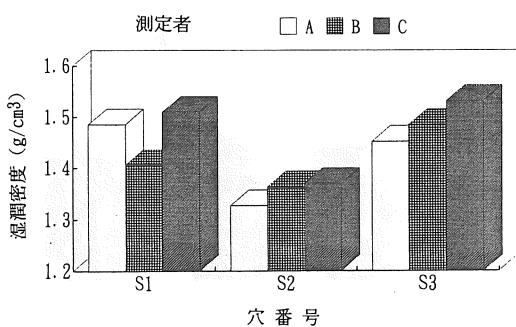


図6. 供試路面の湿潤密度

た。路面の含水比は約72% (d.b.) であった。

この路面条件で、碎土円筒に油を塗布し、ごく静かに碎土円筒を土中に押し込んだが、圧縮された土試料しか採取することができなかった。

同じ路面で、被験者がそれぞれ小型ショベルで穴 (S1, S2, S3) をあけて試料を採取し、各穴の体積を3人で測定して湿潤密度を求める実験を行った。ショベルで掘り取った土の質量と穴の体積から湿潤密度が計算されるので、厳密に60cm³の穴をあける必要はない。

体積測定結果を図5に示す。測定者による測定値の差が、S1では10%程度、S2およびS3では5%程度生じており、精度良く測定できたといいがたい。これは、土表面に少し凸凹があったので、水を少しづつ注入する作業で、水

面を土表面と一致させることができなかった結果であると思われる。この誤差は、式(6)の円錐体の高さに関する誤差 Δh に相当し、誤差を少なくするためにには、土表面を水平に均しておくことが必要であることが分かる。

湿潤密度を計算した結果を図6に示す。穴の位置で湿潤密度が異なっており、路面が一様な密度に転圧できていないことが分かる。

6. 結言

簡単に実施できてかつ測定誤差が少なくなる土の湿潤密度の測定法を検討した。

(1) 土表面を頂角60°の円錐形に掘り取り、そこに透明な袋の一方の角をおいて中に水を入れると、袋はしわにならないので穴の体積が水の質量として測定できる。

(2) 円錐形高さの測定誤差を0.2mmとした場合に体積誤差を1%程度にするには、円錐体の体積を60cm³以上にする必要がある。

(3) 正確な体積を有する供試穴作成用円錐体を用いて供試穴を作り、穴体積測定の精度を調べた結果、石膏穴模型では1%，土表面の穴では2.3%の精度で測定できた。

参考文献

- 1) 土壌物理測定法委員会編：土壌物理測定法，養賢堂，1972
- 2) 土質工学会編：土質試験法，土質工学会，1969
- 3) 高専土質実験教育研究会編：土質実験法，鹿島出版会，1985

【閲読者コメント】ビニール袋で円錐を作るアイデアはおもしろいと思う。土表面の均一性との関連をもう少し解明されたらどうか。

【著者回答】簡単な土表面均平装置などを考えています。

環境にやさしい低成本米作りの実証（第1報）

—ハロー田植機の開発—

泉 正則*

Ecological Culture of Rice Plant by Non-Harrowing (Part 1)

—Development of the Transplanter—

Masanori IZUMI*

1. はじめに

日本の稻作農家は、内圧または外圧のためコスト問題を避けて通れない現状にある。そこで最も近道である筈の直播栽培も、出芽の不安定生育遅れ、倒伏し易いなど、適品種の開発に期待するところが大きい。

しかし、稻作経営で自立する為、更に規模を拡大して低成本化を図る必要がある。

現行の田植機稻作は代掻後3~4日が移植の好適条件であり、田植機の作業能力に規制され、代掻・落水・田植・灌水作業を繰り返し行なわねばならず、田植期間は繁雑で重労働となり、複合経営や、規模拡大を阻害して省力低成本化を困難にしている。現行の作業法を見直し代掻作業を省いても移植が出来れば、代掻による泥汚れから解放されかつ環境保全を意識した「表層碎土同時田植」（以下ハロー田植という）ができるハロー田植機を開発、県農試にて性能試験・栽培試験を受けるとともに現地にて実証した。

2. ハロー田植機の構造・機能

1) 構造

市販乗用田植機の後輪と植付部の中間に碎土

ローターを装着、動力は走行軸よりクラッチを経て回転させる（図1）。碎土ローターの左右に泥押防止板をつけ、隣接条の埋没を防ぐ。又、一行程の全面を均平にするため、広巾フロートを取付けた構造とし、表層碎土と田植・側条施肥が同時に出来る田植機とした。

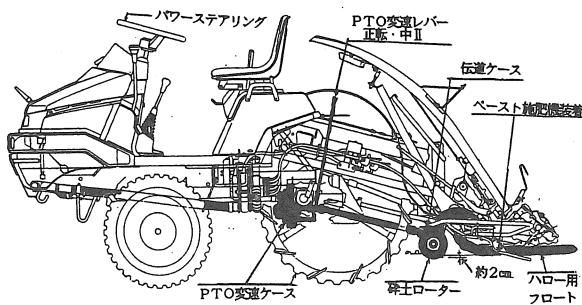


図1 ハロー田植機の構造

*三菱農機株式会社（元・古川農業試験場）

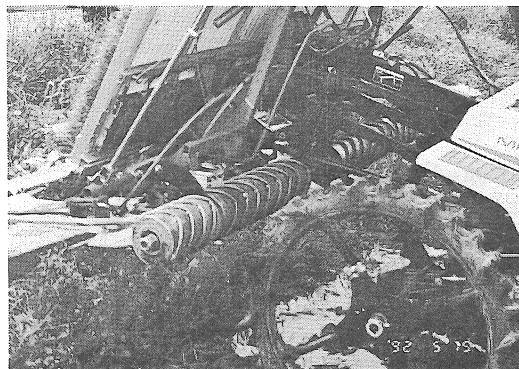


写真1 碎土ローターの形状

碎土ローターの構造は、最少限の回転力と夾雜物が巻付かぬよう円筒外周に突起刃を写真1の如く、円筒外周を4等分にして、刃を交互に斜めに付けローター1回転で刃が左右に2回50mm揺動する。ローターの回転は毎分200～300回、植付速度と連動させた。

2) 作業方法と作用特性

ロータリで耕起した圃場に田植前5～6日間、土塊が埋没する程度灌水して土塊を軟らかくする。田植当日は、土塊が半分、水面上に出る状態で田植を行う（写真2）。

田植機に装着した碎土ローターを田面に押しつけて回転する。土塊はローターの刃で削られながら左右に揺動されて泥流になる。硬い土塊はローター円筒部分にて下方に押し込まれ均される。

更に泥流は広巾フロートで均平になり、側条施肥田植が同時に行われる（図2）。

植付け後泥粒中の浮遊土粒子は水と分離、沈殿して植穴を塞ぎ、浮苗防止の役目をする。又、土塊隙間にも泥流が流れ込み保水性を高める。

碎土ローターの作用深度調節はフロート底面を基準にして、ローター支持金具で深さ2～3cmを標準とする。植付け深さは泥流上をフロートが滑走するので、深め（3～4cm）に機械を調節する。また、耕起後雑草が多い場合は入水前にドライブハローで表層を攪拌して、碎土と雑草を枯死させると同時に均平にすると入水後の田植作業は容易で植付精度は高まる（表1）。

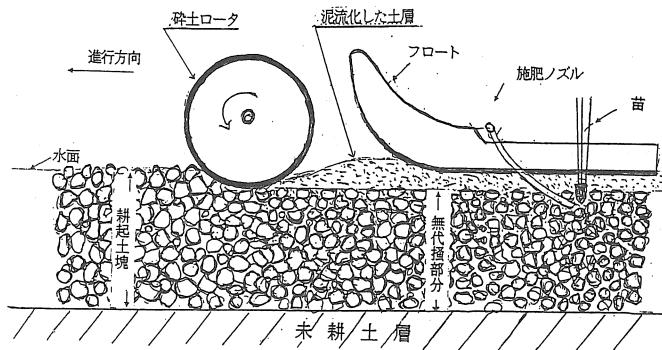


図2 ハロー田植の模式図

3) 機械の作業能率・精度

慣行の代播作業を省くので、耕土は深くならず田植機の沈下や泥の付着が少なく、運転操作が容易で走行性がよく、圃場内作業能率は変わらない。植付け精度は耕起、整地の程度によって多少の差異はあるが、欠株率1～2%増え（浮苗）植付け姿勢が乱れるが2～3日で立ち直る。植付条間や株間の変動は少ない（表1）。

埼玉農試や秋田農試では無代播移植の浮苗欠株がやや多いと指摘したが、これは改善される。又、ハロー田植の場合は田植作業が連続して行うことが出来るので、従来の代播作業日数分だ

け早く田植が終り、複合部分への労力配分や受託作業が容易になり、機械の利用拡大による低コスト化が図られる。特に圃場が分散している場合、代掻、田植と重複移動が短縮され作業が容易になる。

表1 ハロー田植機の植付精度

項目 区分	機械的欠株	浮苗欠株	計
慣行田植	1-2	0-1	1-3
ハロー田植	1-2	2-3	3-5

注) 土塊の硬・軟・大きさと欠株

- (1) 硬い 大塊 3~8% 小塊 2~4%
- (2) 軟い 大塊 2~4% 小塊 1~3%

現地実証

- ①場所、山形県庄内農業高校圃場
- ②供試圃場1区30アール
- ③トラクタ30PS級
- ④田植機6条、ハロー田植機6条側条施肥

表2 作業能率 (分/10a)

	耕起	施肥	代掻	田植	計
慣行田植	24	19	36	41	119
無代掻田植	25	15	—	43	83
ハロー田植	20	側条	—	39	59

耕起から田植完了までの所要時間は慣行に比べ30~50%節減となり、機械経費を試算対比の結果43%節減となった。また収量は慣行<無代掻<ハロー田植の順となった。

4) 機械の適応性

ハロー田植機は土質や水田の保水力によって次の目安で使い方を変える(表3)。

(1) 日減水深2cm以下の圃場はハロー田植作業を行う。(目安は慣行の代掻、田植した場合に5~6日以上水持ちする圃場)

(2) 土質は黒泥、泥炭、灰色低地土、グライ士壊の細粒土が好適である。

(3) 砂土や礫層があり漏水する圃場は、慣行の代掻、田植できる状態になってからハロー田植機で植付けすると普通田植機より高い植付精度が得られる。(圃場が硬くなった場合も同じ)

(4) 枕地旋回による、田面の凹凸はハロー田植機で均しながら植えるから、補助者が均さなくてよく作業が能率的である。

(5) 1台の田植機で表層碎土同時移植と慣行の代掻後移植にも利用でき、適応性が高い。



写真2 田植作業風景

5) 河川を汚さない

現行の移植体系では代掻泥水を水路に流し肥料成分などによる富栄養化の原因になるが、ハロー田植は泥水を流さないので汚染防止に役立つとともに、田植後の活着水となり落水、灌水の手が省ける。尚、暖まっている水を利用するから、初期活着が早まる効果も認められる。

表3 機械の適応条件

(泉試案)

1) 土壌条件別適応性

	黒泥土 泥炭土	グライ土 中粗粒	灰色低地上 中粗粒	褐色低地上 中粗粒	黄色土 中粗粒	褐色台地上 中粗粒	多湿 黒ゴク土
適応程度	◎	△	◎	○	×	○	×
凡例	◎殆どの場所・適応性大	○適応性中	△適応出来ない場所がある	×	不適		

2) 経営形態・圃場区画

水利・透水性

	経営形態		圃場条件		灌漑期・水路水位		日減水深(cm)		
	大規模	複合	大区画	小区画	低	高	1以下	1.5~2.0	2以上
適応度	◎	○	◎	○	△	○	○	○	×

3) 水持ちの悪い圃場

代掻き3~4日後ハロー田植機で移植可能(植え付け精度良好)

3. 作業上の留意事項

- 1) 代掻の目的は均平・雑草や漏水防止であるが、ハロー田植はこれらを併せて行うから耕起は丁寧に行う、特に四隅は平にする。
- 2) 植付精度を高めるため、田植前5~6日間は土塊が見えぬように灌水して軟らかくする。特に粘土が強い土壤や雑草が生えている圃場は灌水前にドライブハローで表層碎土、雑草を枯らし田植する。
- 3) 匝場毎に段差がある場合は畦シートを張り漏水防止をする。
- 4) 田植機の取扱は変わらないが、植付深はやや深く(3~4cm)根が無代掻部分に到達していると、植え位置が動かず浮苗になりにくい。

4.まとめ

稻作農家の最も多忙な田植時期に、慣行の代操作業を省略して、田植作業を連続的に行える。又、機械適応性は圃場条件・経営条件や土質に合わせて使い方が変えられ、耕起から田植までの所要時間は約半分と省力的で適応性は高い。作業体系は単純で能率的になるから、労働配分が容易になり、ハロー田植機は複合経営や規模拡大を指向する米づくり農家に、大いに期待

される技術として発展するものと信ずる。

参考文献

- (1) 泉 清一: 水田農作業の理論と実際(農文協) p 72~105 (1958)
- (2) 片倉権次郎: 誰でもできる五石どり(農文協) p 30~126 (1964)
- (3) 埼玉県農試: 新技術情報・無代掻移植栽培(1988)

〔閲読者コメント〕目的とされる作業性は得られ開発の意図は達成されたわけですが、機械としてより洗練された方向、あるいはさらに付与してみたい機能等について、差し支えなければご見解をお聞かせ下さい。

〔筆者回答〕ハロー田植機の性能を更に高める為、次の機能を追加します。1) 土壌条件に合わせて碎土ローターの回転を多段変速とする。2) 碎土ローターの作用深さを0~4cmの5段階に、レバーで調節する。3) 突起爪は刃型にして、土を削り雑草を切る作用にする。4) 走行目標となる溝付マーカーを改良する。5) 植付部への泥汚れを防ぐカバーを付ける。

環境にやさしい低コスト米づくりの実証（第2報）

—— ハロー田植機稻作が生育、環境に及ぼす効果 ——

泉 正則*

Ecological Culture of Rice Plant by Non-Harrowing (Part 2)

—— Effect of the Transplanter on Growth of Rice Plant and Environment Protection ——

Masanori IZUMI*

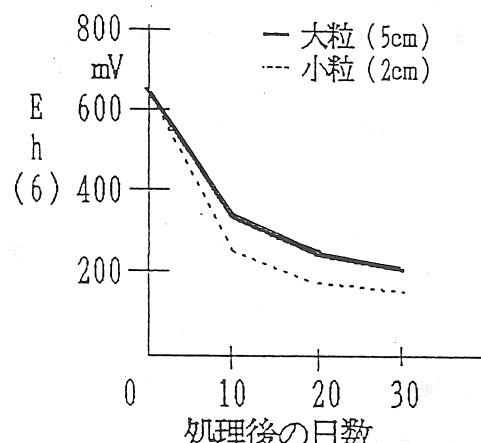
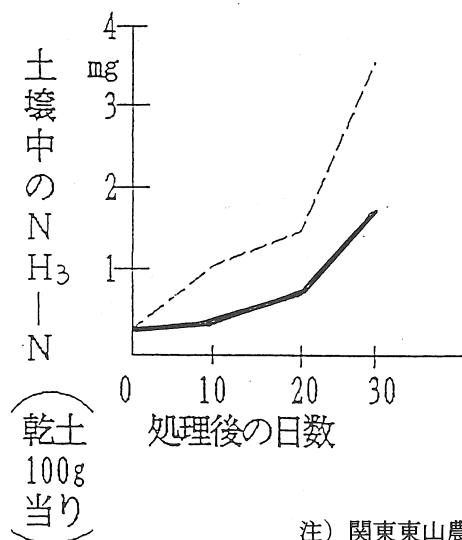
1. 表層代掻土壤の変化

水田土壤の地力発現については数多くの報告があり、代掻土壤にくらべ、無代掻土壤の無機化量は遅れて発生する。又、土塊の大小による無機化量は碎土率が高まるに従って代掻土壤に近づき、酸化還元電位が低下する事も既に報告されている（図1）。

表層碎土田植（以下ハロー田植という）圃場も、表層3～4cmのみ攪拌を行うがそれ以下は、

無代掻状態で耕起による孔隙率が高く土塊は70日頃まで消滅せずに存在したのが確認され作土層の還元化が進みにくい特徴を有する。

しかし表層碎土による泥流化が代掻土壤であり土壤窒素の発現を早めている。又、秋田農試では無代掻圃場の土壤透水量は、代掻土壤に比べ田植直後は多く（約2～2.5倍の日減水深）、30日前後には代掻圃場とやや同じ透水量になると報告されている。



注) 関東東山農試有機質肥料連用水田土壤

図1 土塊の大小によるNH-N及びEhの推移

しかし、ハロー田植圃場の水温、地温を調べると(表1)，晴天日は水温が上昇すると地温も上昇し10~20日目の地温(3cm深)は+1~2°C，曇天日で+0~0.5°C高く、又、田植後10日目より20日目の差が小さくなる傾向が見られる。これは日減水深が小さくなることと関係すると考えられる。尚、東北農試において漏水田の冷水灌水により地温低下を指摘しているので更に検討したい。

2. 本田における生育・根量の経時変化

ハロー田植圃場の初期生育は、慣行田植圃場より、やや早く葉色が濃くなり、根毛も多く見られる。これまでの報告では無代掻田植はやや初期生育が遅れると言われていたが、ハロー田植区の場合には表層碎土による無機化量がやや多くなること、土塊隙間に泥が流れ込むこと、初期地温上昇などによるものと考えられる。田植直後の活着分けは早いが、生育中期から最高分け期にかけて慣行田植区より、草丈・茎数とも少なめに推移し、茎は太く丈夫に育ち有効茎歩合が高くなる特徴が見られる(図2)。これは下層が無代掻状態のため地力窒素の発現

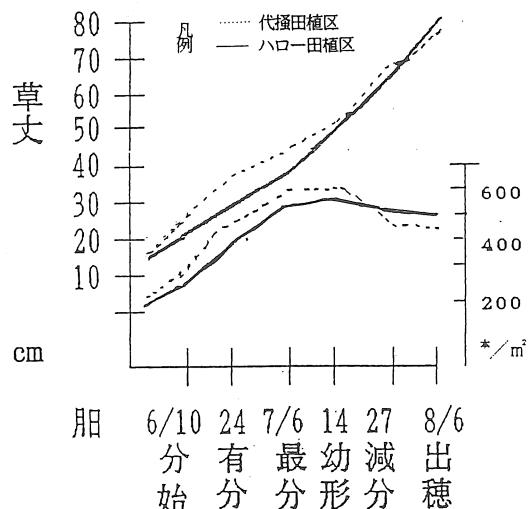


図2 代掻の有無が草丈・茎数の推移

がゆっくり行われ、生育後半まで持続する為と考えられる。生育中期(60日)以降の根色の変化は慣行田植区は赤褐色であるが、ハロー田植区は、やや白色~淡褐色で太い根が多い。この状態は成熟期まで持続している。これは適度の透水性によって土壤の還元化が進まずメタンガスの発生量が慣行田植区の半分程度であるなど、活性がある根群であることを証明している。

表1 田植初期の地温上昇効果

移植方法 項目	移植後10日~12日				移植後20日~21日			
	晴天		曇天		晴天		曇天	
	水温	地温	水温	地温	水温	地温	水温	地温
代掻田植圃場	19.5	16.2	17.4	16.0	21.5	16.5	19.5	16.5
ハロー田植圃場	19.4	17.8	17.4	16.3	21.5	17.0	19.5	16.5
温度差	-0.1	+1.6	0	+0.3	0	+0.5	0	0

注) 移植 5月10日

地温 土中3cm

測定 15時

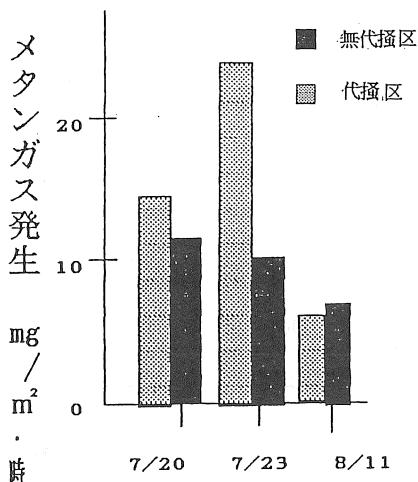


図3 メタンガスの発生推移（古河農試）

3. 稲体窒素吸収量の変化

慣行田植区・ハロー田植区とも、初期、中期までの窒素吸収量に大差は見られないが、中期以降代播田植区は最高分けつ期に渡り停滞ぎみとなり、以後は増加するが、ハロー田植区は停滞が無く吸収して穂首分化期の富養を保ち、全窒素吸収量はやや多くなる。これは重窒素施肥による解析（秋田農試）で、施肥窒素の利用率はやや低いが、地力窒素の吸収量が多かったことは、根の活力が老化せず吸収効率の高い生育経過をたどるためと考えられてる。

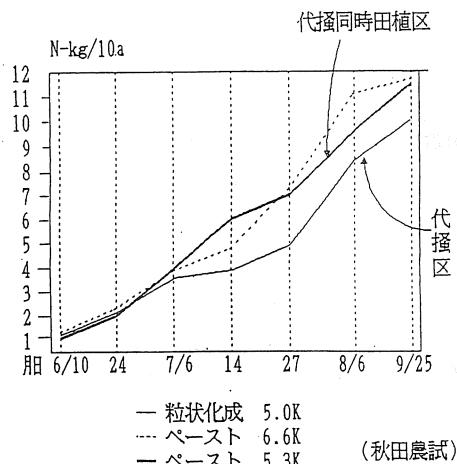


図4 窒素吸収率の推移（1992）

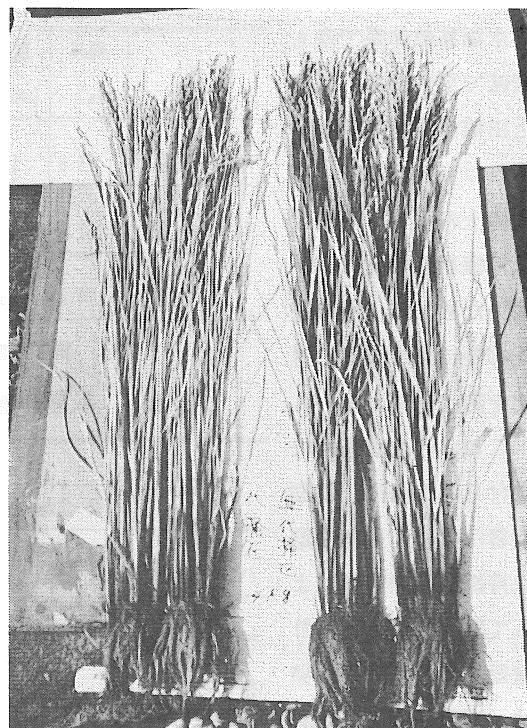


写真1 収穫時の稲姿

写真1のハロー田植区は代播田植区に比べやや草丈が長くなる傾向が見られるが、その節位は1～3節間である。また成熟期における同化能力を持つ健全葉数は1～1.5枚、ハロー田植区が多く、これを支える健全な根が維持されている結果である。

4. 登熟・品質の向上

生育中期の停滞が少なく有効茎歩合が高まり稈が太く丈夫に育ち1穂着粒数・登熟歩合・千粒重が高まり、収量は慣行田植区に比べ104～109%と多収する傾向が多く見られる。また整粒歩合を高める1.9mm以上の精玄米重歩合が増えるなど、秋まさり的生育で収量、品質が優ることが表2、表3から知られ、今後低コスト化を目指す稻作農業の期待に応えられる技術である。

5.まとめ

表2 成熟期・収量調査

区名		稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)	精玄 米重 (kg/a)	同左 比較 (%)	一穂 粒数 (粒)	m ² 当り 粒数 ≠100	登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)
ハロー田植		73.6	16.8	571	56.6	105	60.4	345	77.4	21.2
代	側条施肥	67.6	15.8	647	54.0	100	53.4	345	74.9	20.9
搔	全層施肥	70.1	16.0	518	53.8	100	65.7	340	77.9	20.3

注) 精玄米重(1.7mm以上)・千粒重は水分15.0%に換算

表3 粒厚別重量分布

(古川農試)

区名	粒厚別重量分布 %							精玄未重歩合 %		
	2.2mm	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6以下	(1)	(2)	
ハロー田植	1.3	14.7	36.3	34.1	7.9	1.9	3.7	96.2	86.4	
代	側条施肥	1.5	10.6	32.4	38.6	10.7	2.5	3.6	96.3	82.9
搔	全層施肥	0.5	7.8	30.4	42.9	11.5	2.9	4.0	96.0	81.6

これらの土壤条件に植付られた苗は、初期活着は早く、生育中期は持続的力窒素によって茎太の生育となり有効茎歩合が高く出穂は、慣行田植と変らず成熟期は2~3日遅れ秋まさり的生育をする。よって登熟歩合・千粒重が高まって、収量が増加する傾向がある。

又、代搔泥水を流さず川を汚さない、メタンガスの発生源となる有機物の分解を低減する等環境保全型稲作りとなる「表層碎土同時田植技術」が実証された。

謝辞

本報告を取りまとめにあたり、東北大学教授庄子貞雄氏、古川農試・加藤正美氏、秋田農試佐藤福男氏、柴田義彦氏、金田吉弘氏より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

- (1) 泉 精一: 水田農作業の理論と実際 (農文協) (1958)
- (2) 埼玉県農試: 研究成果情報、水稻無代搔移植栽培技術 (1988)

注) 精玄米重 (1.7mm以上)・千粒重は水分15.0%に換算

(3) 関 寛三 : 東北農業試験場30年研究成果水田作、無しきかき栽培

(4) 秋田県農試 : 研究成果情報及び試験成績、水稻の無しきかき栽培法 (1992)

(5) 金田吉弘 : 農業技術47、低湿重粘土汎用水田の水稻の不耕起及び部分耕起移植栽培 (1992)

〔閲読者コメント〕 窒素の発現パターンは、気象条件との関係からも興味深いところです。冷害年次における効果(場合によってはマイナスであっても)についても報告されるよう、続報を期待しております。

〔筆者回答〕 期待に添えるよう努力します。

施設内における土壤障害菌の防除法

—栽培試験による一確認—

棟方晃三*

Preventive Method of Plant Pathogenic Soil Fungi in a Greenhouse
— A Study of Plant Growing Test —

Kozo MUNAKATA *

1. はじめに

露地の野菜栽培では古くから連作障害に悩まされてきた。

これまで連作障害を回避するために輪作とか客土、湛水などの耕種法の外に土壤くん蒸剤などによる化学的防除法などで対処してきたが、まだまだ満足できる手段は見当たらず、そればかりか土壤伝染性病原菌そのものの解明すらも充分でない。

今日、化学的防除法では環境汚染などの公害問題との関連も生じて、ますます実施が困難になりつつある。

施設栽培では、これらの方に加えて土壤の総入れ替えであるとか、蒸気消毒機を用いて土を一定量づつ消毒する方法などもとられているが、施設全体の土を消毒するには、大きな労力と時間を投入しなければならない。

そこで、施設土壤の消毒を簡便で公害のない物理的防除法によって行う方法がないか検討することとした。

既に報告されている研究結果¹⁾によると、土壤障害菌は湿潤な土壤中では抵抗力が弱く、60℃前後で死滅するが、この程度の温度では有益菌は殺さずに済むことが確認されている。

本研究で想定している土壤の簡便な消毒法とは、土壤に充分散水し、湿った土壤の下層から熱風を噴射し、熱風が地上に到達するまでに蒸気消毒と同じ効果が得られることを期待したものである。

簡便な防除装置の具体的設計に入る前に、この蒸気消毒が他の消毒法よりどの程度有効であるかについて実験を行った。今回は主として蒸気による殺菌法の有効性について報告すると共に、土壤昇温の実験も一部ではあるが行ったので、これについても報告する。

2. 実験方法

(1) 栽培試験

インゲンに根ぐされ病をもたらすフザリウム菌を土壤に混入し、インゲンの生育中に表れる障害の程度を確認するため、菌混入土壤を殺菌消毒したものと、しないものについて障害の表れ方を比較した。

① 菌数

フザリウム菌の大型分生胞子を乾土1g当たり約44,000個混入した。通常約1000個で発病するとされている故、発病には充分の個数である。

② 試験区

表1のような試験区を設けた。

表1 試験区

菌入無処理区	菌を混入し、殺菌はしない
熱処理区	100～130℃、20～30分間の熱殺菌
蒸気処理区	70～100℃、20～30分間の蒸気殺菌
無菌無処理区 (対照区)	菌混入せず、殺菌もせず 自然土壤のまま

蒸気殺菌は図1のような方法で行った。

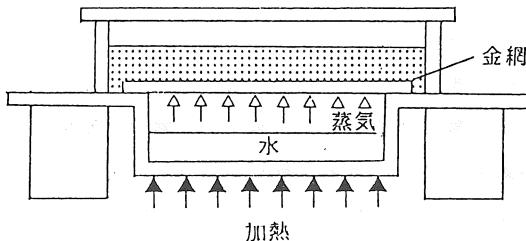


図1 蒸気殺菌法

③ その他

各試験区に容量約15 lの鉢3個を使用。1鉢につるなしインゲンの種子5粒を播種し、肥料として苦土石灰、化成肥料、過リン酸ナトリウム50g投与した。

生育中は草丈を調査し、生育終了後は胚軸部（図2）の障害の程度を確認した。

(2) 土壌の昇温試験

図3のように含水比3.1%の砂の中に塩化ビニールの管を埋設し、管内へプロアーで熱風を圧送した。熱源には電熱線を用いた。

塩ビ管の側面に直径7mmの穴を80mm間隔に3個両側面で計6個あけた。この穴から吐出した熱風による砂中の温度変化を測定した。

測定点は塩ビ管の側面から1cm、5cm、15cm隔た

った点、管の上部10cmの点の砂中温と気温をそれぞれ記録した。

この外に管内の温度を棒状温度計で読み取りを行った。同時に管内圧力をU字管（水柱）によって読み取った。

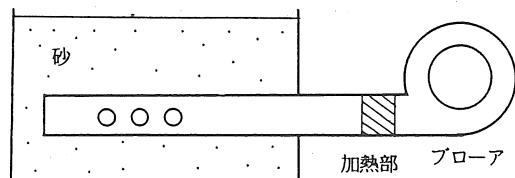


図3 熱風吐出装置

熱風圧送用プロアーは市販のロータリータイプで、その主な仕様は

動力 0.4 kW 回転数 650 rpm

压力 0.5 kg/cm^2 、風量 $0.25 \text{ m}^3/\text{min}$ である。

3. フザリュウム菌²⁾

連作障害の出る土壌伝染性の菌としては最も代表的で、多くの植物に病害をもたらす。

菌糸は厚膜胞子や小型分生胞子、大型分生胞子をつくるて植物体の組織へ侵入していく。

厚膜胞子は耐久性が強く、一度発病が見られた圃場では長年菌の潜在が続く。

大型分生胞子は繁殖力が大きく、適合した環境では病状が出やすい。したがって今回は大型分生胞子を混入した土壤で実験を行った。

胞子は根から一旦植物体の組織内へ侵入すると、根だけでなく地上部のあらゆるところへ移動して繁殖する。その病気の表れ方はおよそ品種毎に表れやすい部位や病徵がある。

病徵型としてはインゲンのような豆科植物には根ぐされ型が多く、ウリ類では萎凋型、イチゴやダイコン、キャベツに萎黄型、イモ類に乾腐型が多く表れる。

4. 実験結果および考察

(1) 栽培試験

① 生育試験

6月3日に播種し、7月23日までの50日間にわたりてインゲンの生育状況を調査した。

草丈で見ると、図4のように蒸気処理区の生育が最も良好で、播種後50日目には平均83cmに達している。

菌入無処理区と無菌無処理区はおおよそ73cm程度まで生育したが、熱処理区は極端に生育が不良で40cmに満たなかった。

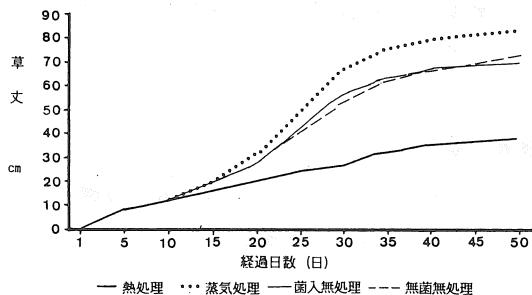


図4 生育状況

これはフザリウム菌の混入土壤を熱殺菌した際に、80°C前後を目標にしたものが表1に示したように100°Cを越えてしまい、有益な菌や微生物が死滅してしまったと考えられること、さ

らには土壤の粒子が破壊され粉末状になったことが生育を遅らせた大きな原因と考えられる。

蒸気処理区の生育が菌入無処理区や無菌無処理区より優れていたのは、1鉢に5粒ずつ播種したにもかかわらず、発芽した本数が少なかった。その生育密度が疎であったことが、生育に有利に働いたと考えられる。

② 障害菌による病状

病状としてはフザリウム菌に犯されたインゲンは胚軸部が茶色に変色し、病状が進むにつれ褐色、黒褐色となり、やがて地上部と根とが胚軸部で切断する。

今回の試験では生育終了とした時点で各試験区のインゲンの胚軸部分について、その褐変の程度を目視により確認した。

病状が顕著に現われたのは菌入無処理区で、図5の写真にも見られるように菌入無処理区の胚軸部は黒褐色となり、他の試験区と比較してもフザリウム菌によって完全に犯されていることが確認できた。地上部を持上げると根の重さに耐えられず胚軸部から切断してしまうものが多くかった。また、生育中に倒伏したものも見られた。

蒸気処理区の胚軸は白っぽく、最も健全な胚

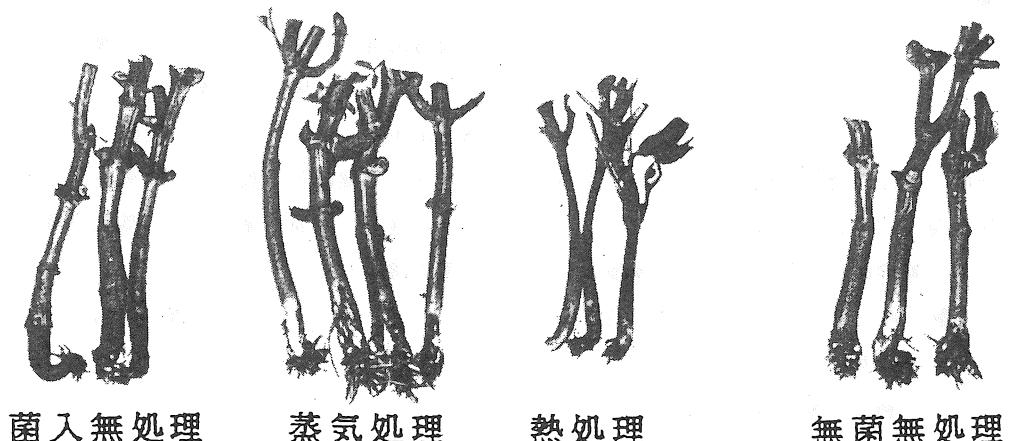


図5 フザリウム菌による胚軸部の被害状況

軸部であった。

熱処理区と無菌無処理区は蒸気処理区に比較するとやや茶色がかったはいたが、病菌に犯されていると言えるほどのものではなかった。

この結果、土壤中のフザリウム菌の消毒には蒸気消毒が最も有効であることが確認できた。

(2) 土壤昇温試験

砂中に埋設した塩化ビニール管から両側へ約100℃の熱風を吐出して、砂中の温度上昇を測定した結果が図6である。

管側面から5cmの距離では15分程度で殺菌有効温度の60℃に達しているが、15cm離れると3時間ぐらいかかる。管の真上10cmの所では1時間程度で60℃に達した。

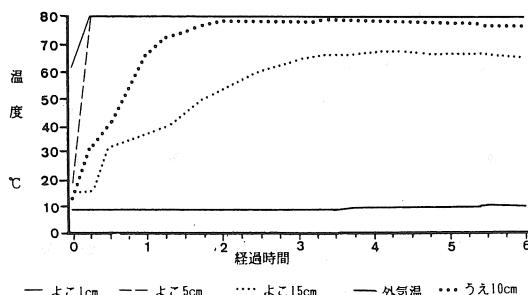


図6 砂中の昇温経過

この時の管内の静圧を大気との差圧で測定した。試験開始時で50mmAq以上あったが、砂温の安定する約3時間経過した後では35mmAq前後に下がった。これは砂中に空気の通りやすい通気経路が生じたことによるものであろうと考えられる。実際、砂面に空気を噴き上げている数個の小穴を発見することがしばしばあった。

この結果は乾燥砂によるもので、今後湿潤土壤による試験と吐出温や吐出圧などの関係についても検討を必要としている。

今回の昇温試験は試験回数も少なく、傾向を示す程度の報告にとどめた。

5.まとめ

施設内での連作障害を回避する目的で、土壤を簡便に消毒する方法について検討してみた。

フザリウム菌の予防には、蒸気殺菌が有効であることが確認できた。

砂中に埋設したパイプから熱風を送った結果、乾燥砂では防除上有効とされる60℃には達したが、湿潤土壤ではどの程度の範囲をカバーできるか、さらに吐出圧と昇温範囲の関係などについて今後の検討を必要としている。

本研究に当たって、当短大の植物病理学研究室古屋廣光助教授に多大のご協力をいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 後藤美明・市川友彦：熱風土壤消毒機の試作研究（第1報） 農機誌 42(4) 477～485, 1981
- 2) 小林達治：根の活力と根圈微生物 農文協 1991

【読者コメント】施設環境にやさしい土壤消毒法として注目されます。実際には、施設内で土壤層へどのようにして熱風を送るのでしょうか。

【著者回答】土壤中の作物根に影響しない深さの所に、一定間隔に常時配管しておき、管は熱風吐出用のコンプレッサーに接続しておきます。作付前に土壤に充分散水し、熱風を送ると、熱風が上昇して地表に達する間に蒸気消毒と同じ効果が得られるものと考えております。

コンプレッサーの設置位置は、施設の内部になるか外になるかは、その施設の状況で適宜選びます。

ホッパの排出性能に関する研究（第3報）

— 粒排出の経時変化について —

赤瀬 章*・上出順一*・本橋倫之*

Studies on the Discharge Characteristics of the Hopper (Part 3)

— On the Time-change of the Flow Rate of Particulate Materials —

Akira AKASE*, Junichi KAMIDE*, Tomoyuki MOTOHASHI*

Abstract

Authors investigated the flow rate of particulate materials in the flat bottom hopper by changing conditions of the hoppers and materials. Main results are as follows;

1. In the measurement of the flow rate using the strain gauges (Fig.1), the variation of oscillogram is large because of a natural vibration of the beam. The measurement of the flow rate using the electrobalance has high accuracy.
2. In the 30cm high plywood-hopper and the 1m high glass-hopper, the flow rate of material is constant in the time-change.
3. The flow rates of the plastic particles with straw chips were measured. The more chips lower the flow rate. And for the same quantity of straw chips, the longer chips lower the flow rate.
4. As materials include chips, the variation of the flow rate is large.

1. はじめに

ホッパの排出性能についてはこれまで種々検討されており^{1, 3, 4)}、粒状材料の排出については、水の場合と異なりヘッドすなわち材料高さが排出速度に影響しないと言われている。しかし材料が極端に少なくなった時には排出速度が変わることが予想されるし、また水分が高く夾雜物が多いコンバイン収穫粉では間欠的に排出されるのが観察される。そこでホッパおよび材料の条件を変えて排出速度の経時変化を調べた。測定はストレインゲージによる方法、電子天秤

による方法の2つの方法で行った。

2. 実験装置および方法

1) ホッパ、供試材料

ホッパとしては前報⁵⁾と同じ平底ホッパ（ベニヤ板製、横目、断面200mm×200mm、高さ300mm）を使用した。他に高さ1mの平底ホッパ（ガラス製、断面：100mm×100mm, 150mm×150mm）を併用した。供試材料としては前報と同じプラスチック粒（B粒）を使用した。夾雜物として稻わらの稈を1, 2, 3cmに切ったものを使用した。

* 山形大学農学部 〒997 山形県鶴岡市若葉町1-23 Tel 0235 (23) 1521

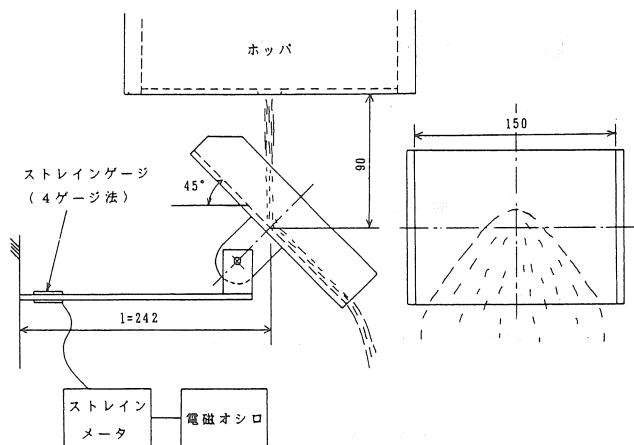


図1 排出速度測定装置
(ストレインゲージによる)

2) ストレインゲージによる排出速度測定装置

ホッパから流下する粒を水平と45°をなす板で受け、その板を片持梁の先端に取り付け、片持梁にストレインゲージを貼った装置(図1)を使用して排出速度を測定した。

3) 電子天秤による排出速度測定装置

ホッパからの排出材料を電子天秤上に直接落下させて質量を測定すると、材料の衝撃力が加

わり落下高さの影響も出るので、ホッパを天秤上に載せ排出材料を外部に取り出して、質量減少量を測定する事によって粒の排出速度を算出した(図2)。電子天秤からの出力をRS-232Cでコンピュータに入れ排出質量を算出した。測定は1.2s毎に行ない、その間における平均流量を質量流量とした。

3. 実験結果および考察

1) ストレインゲージによる排出速度測定

材料の落下点から梁の固定端までの長さが242mmの時のオシログラムを図3(a)に示す。図の左端は0ラインでありタイミングラインの間隔は0.6sである。この時梁が長くて系の固有振動数が10.7cpsと低い。また粒の流れによって梁が固有振動数で振動しオシログラムの振幅が大きい。上図はプラスチック粒のみであり、下図はそれに夾杂物としてわらを混ぜたものであるが、排出速度の変動が分かりにくい。そこで材料の落下点から固定端までの長さ l を195mmと短くした(図3(b))。固有振動数は13.3cpsと幾分上がりオシログラムの振幅が小さくなつた。感度は(a)に比べ少し低下するが材料の排出速度の変動が分かりやすい。

図4は $l=242\text{mm}$ と 195mm の時、粒の流れが受け板に及ぼした荷重の振れ幅を示したものである。プラスチック粒のみの時、両者の平均値は同じであるが、 195mm の時振れ幅が小さくなっている。粒のみの時に比べわらが入ると平均値は下がっているが、これは排出速度が下がったためである。一方振れ幅は大きくなっているがこれはわらによって排出速度の変動が大きくなつたためである。

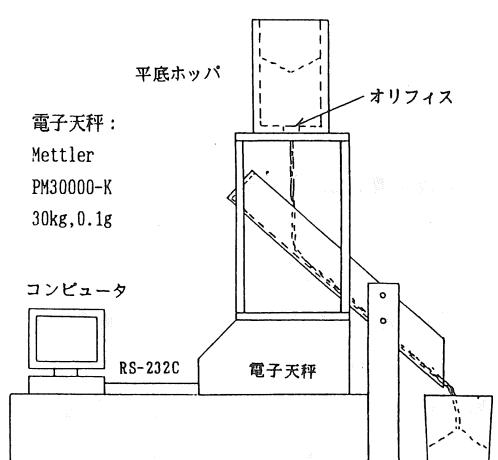


図2 排出速度測定装置
(電子天秤による)

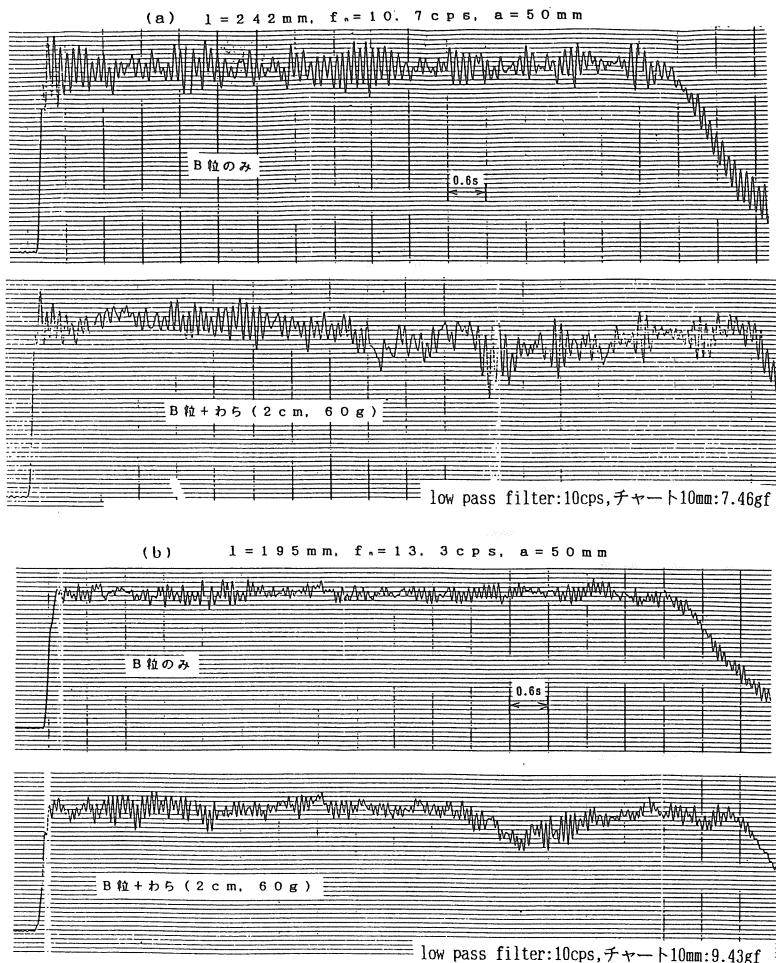


図3 ストレインゲージによる排出速度測定

オリフィスの大きさを変えてB粒の排出速度（質量流量）を測定しておき、それと図4から図5を作成した。これは材料による受け板中心部の荷重と質量流量の関係を示しており、ストレインメータにより荷重を測定することによって色々な粒の質量流量を知ることができる。ただし大流量に対してはさらに梁を短くする必要がある。

ストレインゲージによる排出速度測定は次の電子天秤による排出速度測定に比べ、変動は連続的に取れるが、オリフィスから板までの距離が影響しき

らに板上の材料滞留量も影響するので、排出速度の値は精度が幾分劣ると思われる。

2) 電子天秤による排出速度測定

一辺20cm、高さ30cmのペニヤ板製（横目）正方形平底ホッパを使ってプラスチック粒（B粒）の排出速度を測定した。図6は正方形オリフィスの一辺長を20mmから50mmに変えて排出質量（黒丸）、質量流量（白丸）の経時変化を記録したものである。大まかに見れば材料高さが変わっても Q_m は一定のように思われる。しかし Q_m が低下しへじめてから0になるまで3～4秒かかっている。低下開始の状態をさらに詳しく見る必要がある。

— B粒
 × B粒 + わら (2cm, 60g)

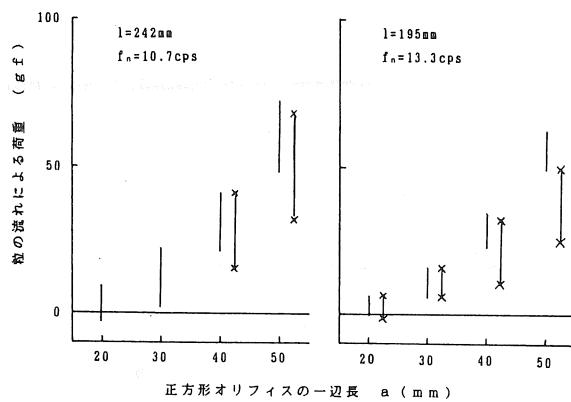


図4 粒の流れによる荷重

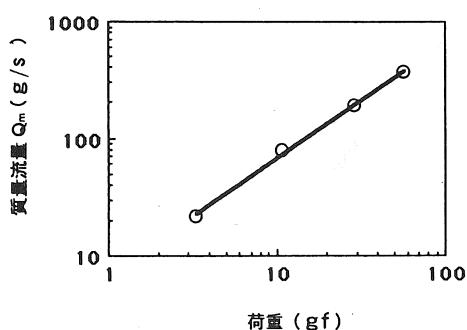


図5 受け板中心における荷重と質量流量の関係

3) 高さ 1 m のガラス製ホッパ

高さ 1 m のガラス製ホッパを供試し排出質量、質量流量を測定した (図 7)。正方形オリフィス一辺長 a が 20, 30, 40 mm のいずれにおいても材料高さ (head) が 1 m に亘って Q_m は一定とみなせる。ガラス製 10 cm 角ホッパで $a = 20$ mm, B 粒では、2 回の内 1 回はすぐ詰まった。これは側壁がガラスのため滑りがよくヘッド 1 m の材料による重量の大部分が底面にかかり、粒間圧力が大きくなつたためではないかと思われる。

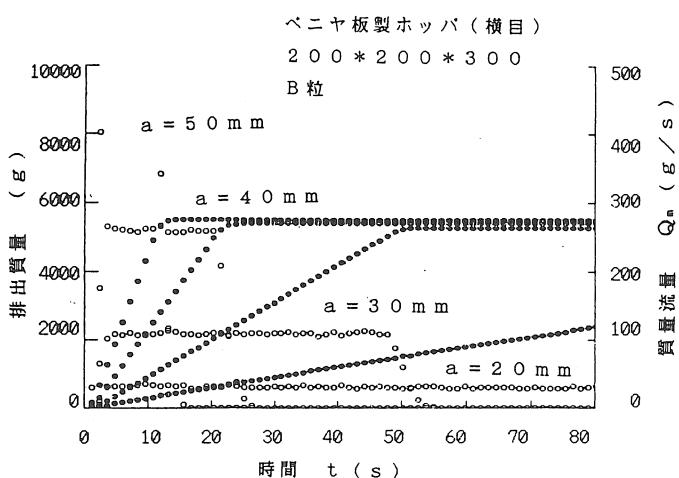


図6 正方形オリフィスの一辺長と排出質量、質量流量の関係

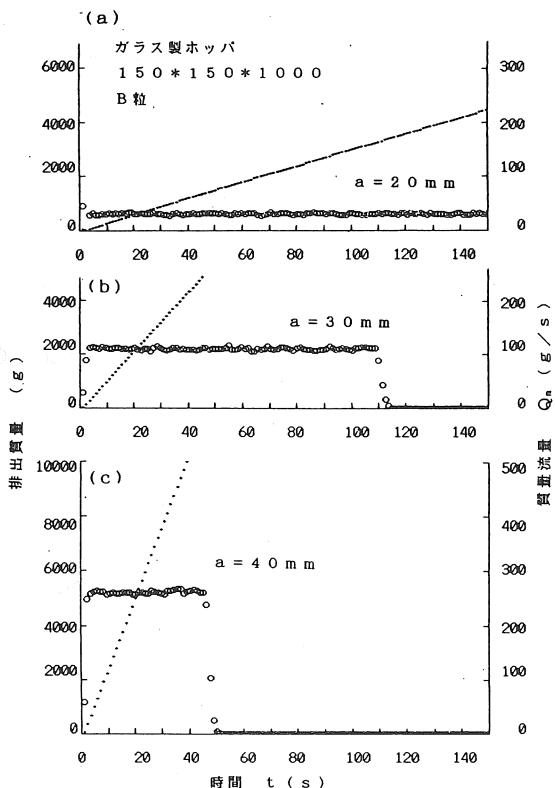


図7 高さ 1 m のガラス製ホッパの排出質量、質量流量

図8 は $a = 30$ mm, B 粒の時, 10 cm 角と 15 cm 角の違いを, Q_m の感度を上げて比較したものである。

図7 で一定に見える Q_m もかなり変動していることがわかる。一般的にはオリフィスの大きさに対してオリフィスからホッパ側壁までの距離が大きくなつた場合、側壁の影響があると言われている²⁾。しかし 15 cm 角の Q_m が少し高いように見えるが大きな違いはないようである。これは側壁がガラスで摩擦が小さいことが影響しているのかもしれない。今後高さ 1 m の摩擦のある側面 (ベニヤ板製のホ

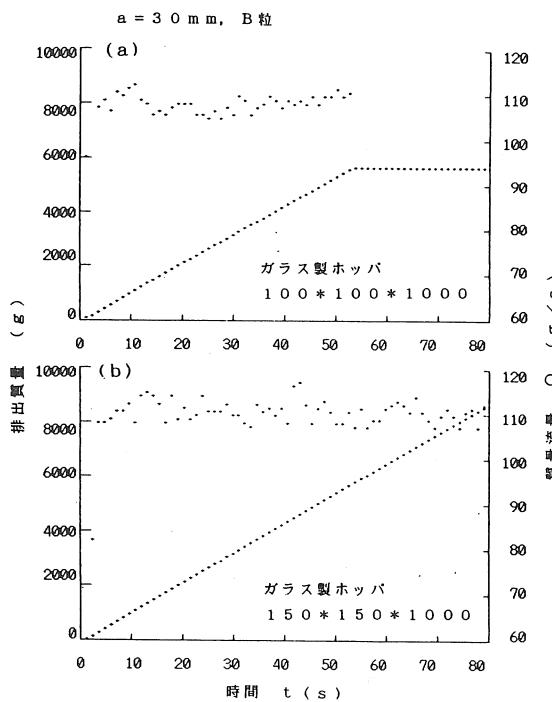


図8 高さ1mのガラス製ホッパの排出質量、質量流量

ッパ)の実験をする予定である。

4) 夾雑物の影響

プラスチック粒に夾雑物としてわらを混入して、排出量と排出時間を測定し質量流量 Q_m を算出した。わらの長さを1, 2, 3cm, わらの量を30, 60, 90gに変えた結果が図9である。

夾雑物は材料の質量流量を明らかに低下させている。わら長さが同じ時、わら量が多いと Q_m は低下する。また量が同じであっても、長さが長くなると Q_m は低下することが分かった。わらの割合が1%以上で Q_m の低下が大きい。

わら混入時の排出速度を、電子天秤で計測記録した。図10はわらのない状態とわらの長さ2cmでわら質量を30, 60, 90gに変化させた場合で、排出質量、質量流量を比較したものである。わらのない状態では質量流量はほぼ一定であるが約10g/sの変動がある。しかし Q_m はわらが30, 60, 90gと増えるにつれて変動が大きくなっている。

り、わら90gでの変動が約50g/sで約50%となっている。

わらが混入している時、時間の経過に伴っていずれも同じように質量流量が低下し回復している。ヘッドの減少に伴って粒の流れの状態がマスフロー(mass flow)からファネルフロー(funnel flow)に移行することが知られている²⁾が、これと質量流量の低下との関係をさらに検討する必要がある。(d)(e)は全く同じ条件であるが、変化の状態が若干異なっている。

今後コンバイン収穫物、乾燥物、夾雑物のある粉の排出速度について検討する予定である。

4. 摘要

平底ホッパによる粒の排出速度を、ホッパおよび材料の条件を変えて経時的に調べた。

1. ストレインゲージによる排出速度の測定

(図1)では、梁の固有振動に伴うオシログラムの変動が大きい。電子天秤による排出速度の測定(図2)では、精度が高い。

2. 高さ30cmのベニヤ板製ホッパおよび高さ1mのガラス製ホッパでは共に排出速度は一定

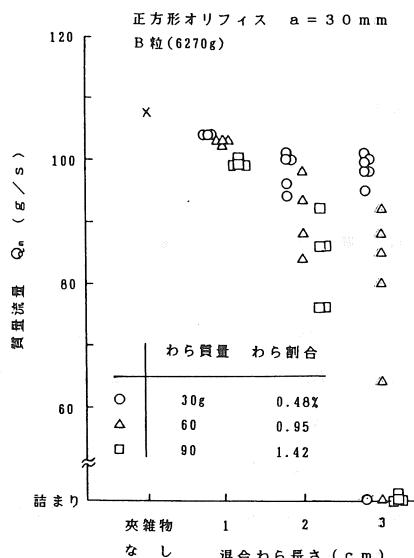


図9 わらの長さと量が質量流量に及ぼす影響

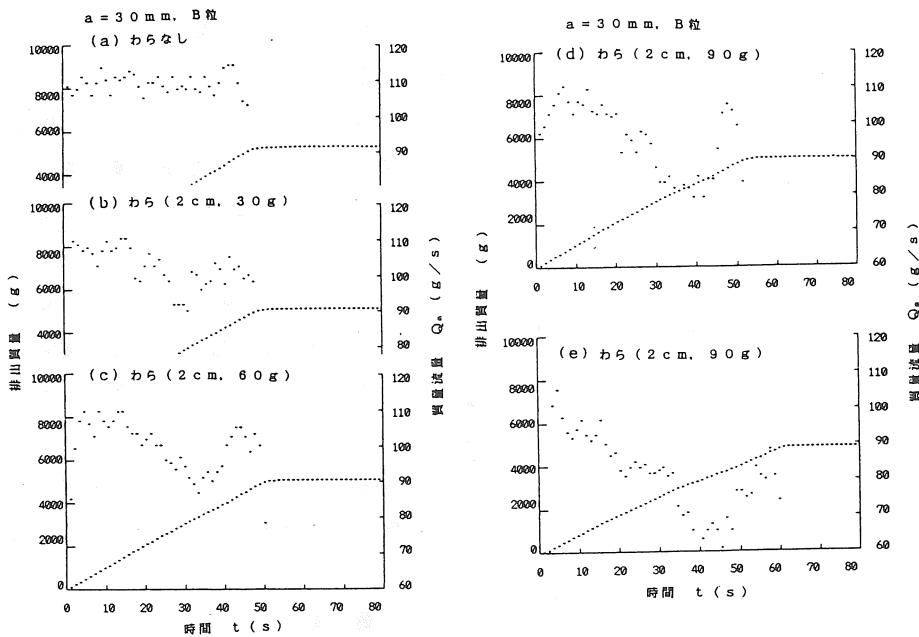


図10 排出速度に及ぼすわらの影響

であった。

3. プラスチック粒にわらを混入して排出速度を測定した。わら量が多いと排出速度は低下する。またわら量が同じ時、わらの長さが大きいと排出速度が低下する。
4. わらが混入した時、排出速度の変動幅が大きくなる。

参考文献

- 1) W.A.Beverloo : The flow of granular solids through orifices, Chem.Eng.Sci., 15, 1961
- 2) 三輪茂雄：粉体工学通論，日刊工業新聞社，1981
- 3) E. B. Moysey : Flow rates of grains and oilseeds through sharp-edged orifices, Trans. of ASAE, 31(1), 1988
- 4) C. S. Chang : Flow rates of wheat and sorghum through horizontal orifices, Trans. of ASAE, 31(1), 1988
- 5) 赤瀬 章, 上出順一, 山本明彦 : ホッパの排

出性能に関する研究（第2報）－平底ホッパにおけるプラスチック粒の排出－，農業機械学会東北支部報，第39号，1992

【閲読者コメント】粒の排出速度の測定法で電子天秤の方が精度が高いとされていますが、測定精度を比較する場合、図3に示されている波形も電子天秤と同じ1.2秒間の平均をとって比較すべきと考えますが、今回のデータ処理法を教示願います。

【著者回答】電子天秤による方法はホッパと粒の質量の経時変化を測定していますので直接的な方法です。それに対しストレンメータによる方法は、特定の粒を使用して質量流量と片持梁の荷重の関係を較正しておき、別の状態の粒や他の粒の片持梁荷重から排出速度を算出する間接的なものです。従って粒の種類による影響など誤差が入り易いので、前者に比べて精度が低くなります。なお梁の固有振動による荷重の周期変動は1.2秒間で平均すれば除去出来ます。

生穀の太陽熱直射乾燥に関する研究

— 途上国の気象条件調査 —

工藤泰暢*・C.I.ニンド*・戸次英二*

Studies on Sun Drying of Raw Rough Rice

— Investigation of Meteorological Condition in Developing Countries —

Yasunobu KUDO*, Nindo C.I.*, Eiji BEKKI*

Abstract

In sun drying, the temperature, humidity, velocity of atmosphere and solar radiation have an effect on drying time required. In fact, most developing countries which rely on this drying method have high level solar radiation in the harvest season, but there are differences among the countries ranging radiation from 15 to 26MJ/m², temperature from 18 to 30 °C and relative humidity from 25 to 83%. Therefore in applying the result of experiments obtained in Japan to these countries, basic characteristics of rough rice which are effected by meteorological condition need to be clarified, then it is necessary to consider about operating method like as the thickness of stational bed, staring method and others.

1. はじめに

近年、発展途上国では灌漑整備や多収品種の開発などで年々米の生産量は増加する傾向にある。しかし、ポストハーベストの分野においては、どの国も改善は進んでおらず、特に穀物を貯蔵水分まで下げるための乾燥過程では、太陽熱を直接照射させる乾燥方法が依然として続けられている。太陽熱直射乾燥は日射と対流熱を利用した方法であり、条件となる日射量、大気の温度、湿度、風速がすべて自然の変化にしたがっている。このため天候によっては乾燥が停滞、不足、過剰になることがあり、一次的な品質低下ばかりでなく、搗精時の肌ずれや碎米など二次的な低下を招くことがある。また、省力化も今後の課題となっている。

現在、品質改善のため人為的に調整可能なものは、静置層の厚さと攪拌方法である。実際に太陽熱直射乾燥を行なっている発展途上国のはほとんどは、日射量は豊富であり、天候に恵まれれば乾燥速度は速く、規定の貯蔵水分まで乾燥することが容易である。この乾燥方法を検討してきた青森県弘前市は日本の北部に位置して日射量が低く、実際の太陽熱直射乾燥を効率よく行なうには困難である。しかし、今後ここで得られた結果を日射量の高い地域に相似させて、その乾燥方法の改善点を見い出そうと考えている。その際、適用国の状況を前もって知っておくことが重要と考え、ここに5ヵ国の例を挙げてそれぞれの特徴を日本と対比しながら把握しようとした。

2. 乾燥に影響をおよぼす要素

(1) 日射量

太陽からの日射は粉層の表面へ直接入射し、粉の温度を上昇させて、周囲空気との水蒸気圧差を増大させる。これにより粉から周囲空気への水分蒸発が促進されるので、乾燥速度にとって重要なエネルギー量である。

(2) 気温

粉層表面では日射を受けて温度が上昇すると同時に、周囲空気への対流伝熱によって熱を奪われる。この対流熱伝達量は粉層表面と周囲空気との温度差に比例するため、気温の高いときにはその差を縮小し、穀温を高位に保つことになる。したがって周囲温度は日射量とともに穀温決定の重要な要素である。

(3) 湿度

太陽熱直射乾燥は、粉と周囲の水蒸気圧差によってその乾燥速度を変えるので、関係する湿度も温度と同様に重要な要素である。

(4) 風速

粉層表面と周囲空気の間で対流熱伝達と水分蒸発潜熱の授受があるので、風速はその重要な要素となる。乾燥中は一般に風速の変動は小さく、穀温を大きく変化させることはない。

(5) その他

可照時間（日の出から日の入までの時間）に対する日照時間（実際に太陽が照っていた時間）の割合を示す日照率は、雲の有無に左右され、これが大きいと日射量も多くなる。

太陽の放射熱は地表面に達するまでに、水蒸気分子、空気分子およびエアロゾルによって吸収あるいは散乱される。この大気混濁は日照率と同様に日射量を変化させる。

なお、これらが乾燥にどの程度関与するかについて筆者ら⁷⁾が1992年に行なった。

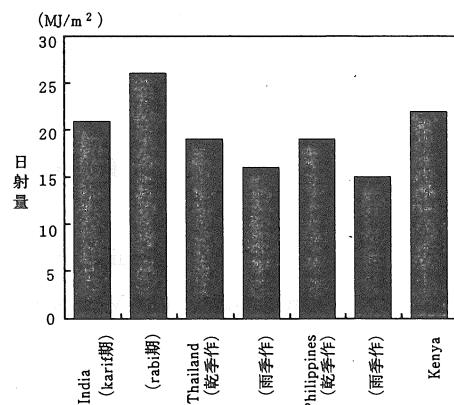


図1. 太陽熱直射乾燥を行なっている代表地域
(日射量)

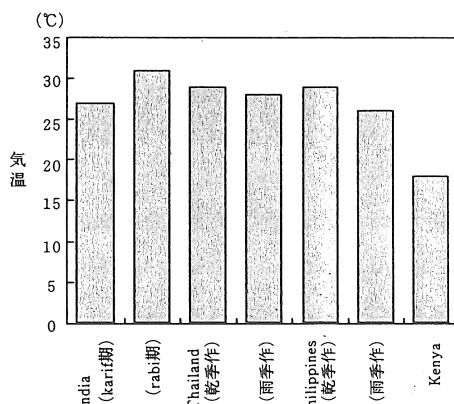


図2. 太陽熱直射乾燥を行なっている代表地域
(気温)

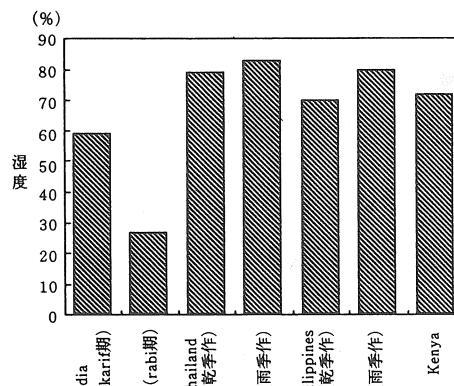


図3. 太陽熱直射乾燥を行なっている代表地域
(湿度)

3. 世界各地の収穫期の気象

乾燥に影響をおよぼす要素別に世界各地の値を対比させて図1～3に表わす。なお、日射量は月別平均値、気温および湿度は平年値で示し、それぞれ文献^{1),2)}を参考にした。

(1) インド

広い国土と地理的条件により稻作の栽培期間が異なる。ここに取り上げたAllahabadはインドの中央北部に位置し、主にkharif期（5月～10月）と称する期間に大部分が栽培されているが、その他rabi期（10月半～4月）にも栽培されることがある³⁾。kharif期の収穫時期は日本と同じ10月であり、日射量は21MJ/m²、気温は平均27℃である。rabi期には日射量が26MJ/m²、気温は31℃にまで達する。特徴的なのは相対湿度で、年間を通して低く、それぞれの収穫期に59%，27%と非常に低い。

(2) タイ

二期作栽培が行なわれ、雨季の稻作は6月播種で10月に収穫する場合が多い。なかには8月播種で12月に収穫する場合もある。また、乾季の稻作は3月播種で6月に収穫するのが普通である⁴⁾。収穫期に当たる10月の気象条件は日射量が6月の19MJ/m²に比べ16MJ/m²まで減少しているが、気温が29℃、28℃ほとんど差がないのが特徴である。

(3) フィリピン

タイと同様に雨季（6月～12月）と乾季（1月～5月）に分けて栽培されている⁵⁾。乾季の気象条件はタイの乾季とほとんど同じ条件にあるが、湿度が10%低い。雨季には日射量が15MJ/m²、気温が26℃であり、乾季の19MJ/m²と29℃に比べてかなり低い。

1日の作業内容⁶⁾を表1に例示する。乾燥可能な時間帯は8時から3時までで、この7時間の日射量は1日の全日射量の80%を占める。作業行程では国や地域による差はみられないが、作業場所や方法は表2に示すように、その規模によって変わる。

(4) ケニヤ

収穫期は12月から1月までの乾季である。この間の日射量は23MJ/m²、気温は平均18℃、湿度は平均72%である。稻の作付け地帯は標高1000m以上の高地にあるため、赤道直下でありながら気温はそれほど高くないのが特徴である。

(5) 日本

米の収穫は主に9月中、下旬から10月初旬に行なわれている。ここで、青森の1年間の気象条件の変化を図4に表わす。日射量は10MJ/m²と小さく、気温は平均12℃、湿度は平均74%である。年間を通して見ても気温はそれほど高くならず、7、8月に最高30℃を超えることがあるが、日射量は20MJ/m²以上になることはない。

表1 太陽熱直射乾燥の作業工程（フィリピンの例）

7:00 AM	準備	道路に糀を運び込む
8:00 AM	乾燥開始	糀の入った袋を1mおきに道路に置く 糀を袋から出す 道路の片側を使って糀をの厚さに広げる 30分おきに木製のスコップやレーキを使い糀を反転攪拌する
3:00 PM	乾燥終了	糀を集めて袋につめ、口を縫い合わせる
5:00 PM	作業終了	袋を運び出す

表2 規模による作業方法の違い

	個人または小規模	大規模	その他
場所	むしろや庭先	専用コンクリート床	場所が足りないときにはアスファルトの道路を使用
攪拌方法	手や足	木製のレーキやトラクタ	
広げ方	平滑	平滑, 波型, 山型	

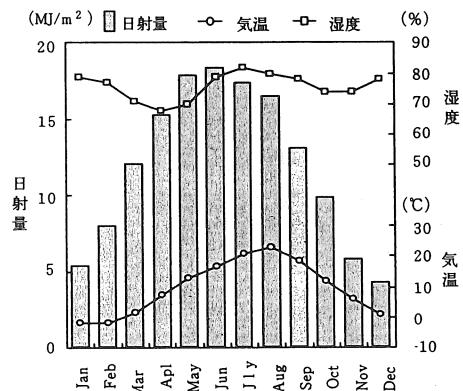


図4. 青森県における年間気象条件の推移

4.まとめ

太陽熱直射乾燥を慣行としているインド、タイ、フィリピン、ケニアについて収穫期の乾燥に関連する気象条件を比較した。いずれの国も日射量は高水準にあり、太陽熱直射のみで乾燥可能である。しかし、地域によって日射量は15~26 MJ/m²、気温は18~30°C、湿度は25~83%とかなり差がある。日射量が多いところで気温が必ずしも高いとは限らず、地域的な特徴が見られる。また、これ以外の国で特徴のある気象条件下で栽培しているところもある。日本で得られた太陽熱直射乾燥の実験結果を現地へ適応させるためには、乾燥に影響をおよぼす要素である日射量、気温、湿度、風速についてまず知っておく必要がある。本調査の結果を踏まえ、筆者らがこれまで行なった実験結果から乾燥中に被害粒を発生させないような太陽熱直射乾燥法について今後検討したいと考えている。

参考文献

- 1) Parker,B.F.: Solar Energy in Agriculture, Elsevier.Sci.Co.Inc., 111-112, 1991
- 2) 国立天文台編：理科年表、丸善、70-153, 1992
- 3) 大内 穂ほか：インドの農業、国際農林業協力協会、27, 1981
- 4) 松田藤四郎、金沢夏樹編：タイ稻作の経済構造、(財)農林統計協会、170-171, 1991
- 5) 松田藤四郎、金沢夏樹編：フィリピン稻作の経済構造、(財)農林統計協会、105, 1991
- 6) 古池壽夫：フィリピン稻作の農業機械学び土壤肥料学的生産阻害要因の解明と対策に関する研究、国際学術研究書、86, 1993
- 7) 工藤泰暢、ニンド.C.I., 戸次英二：生粉の太陽熱直射乾燥に関する研究（第2報），農機誌（校閲済），1993

【読者コメント】気象条件によって乾燥はどういうように進行するのか、作業方法はどう改善されるのかなど、さらなる研究の発表を期待する。

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）

－除湿性能について－

大里達朗*・鶴田正明*・高橋 修*・高橋昭喜*・八重樫耕一**

Dehumidification Drying in Rice Center (Part 1)

Tatsuro OHSATO*, Masaaki TSURUTA*, Osamu TAKAHASHI*, Akiyoshi TAKAHASHI*,
Koichi YAEGASHI**

1. 緒 言

最近の食料事情の変化に伴い、米の良食味化・高品質化が要望されている。乾燥方式においても、より自然乾燥に近い乾燥方式の確立が望まれ、その一方として除湿乾燥方式がある。除湿乾燥方式については、多くの報告がなされており、その能力・特性・利用法が検討され、現在、一部実用化されている。

岩手県においても、米の良食味化、モチ米のハゼ化（りょく化）促進への利用から、実用化の要望が強まり、平成3年度からライスセンターへの除湿乾燥方式の採用が本格的になされ、平成4年現在で県内に3ヶ所設置されている。しかし、設置に当たって、設備投資が従来の火力乾燥方式に比べて高くなること、貯留方式で場所をとるため利用方式がプール処理方式を前提とすることでその導入利用が限定されることが予想される。また、東北地方のような秋期の夜間外気条件が低温・高湿になる環境において、乾燥効率と品質への影響を、ライスセンター等の大規模乾燥調製施設における実態を明らかにする必要がある。

そこで、岩手県に導入されている除湿乾燥方式を採用した大規模乾燥調製施設について、その性能と利用実態を調査した。本報では、施設に導入された除湿機の除湿性能について検討し

た。

2. 試験方法

(1) 調査施設

表1 調査施設

試験区No.	調査施設	調査月日
1	J A 一関市乾燥調製施設	平成3年11月10日～11月12日
2	紫波町福種子乾燥調製施設	平成4年9月24日～9月26日
3	J A 北上市乾燥調製施設	平成4年10月9日～10月13日
4	J A 一関市乾燥調製施設	平成4年10月18日～10月21日

(2) 調査作物

表2 供試作物

試験区No.	供試作物
1	水稻（品種：こがねもち）
2	水稻（品種：ヒメノモチ）
3	水稻（品種：ひとめぼれ）
4	水稻（品種：こがねもち）

(3) 乾燥方式：Y社常温定湿乾燥(DAG)方式

(4) 測定方法

① 外気温度・相対湿度

* 岩手県立農業試験場, ** 宮古農業改良普及所

除湿機入口部に乾球温度計と湿球温度計を設置し、出力を打点式自動平衡記録計に入力して記録した。

②送気温度・相対湿度

送風機出口部（第一貯留槽プレナムチャンバ入口部）に乾球温度計と湿球温度計を設置し、出力を打点式自動平衡記録計に入力して記録した。相対湿度は Wexler-Hylandの式で求めた。

③排気温度・相対湿度

貯留槽出口部に乾球温度計と湿球温度計を設置し、出力を打点式自動平衡記録計に入力して記録した。

④層別粒水分、単粒水分偏差

2～6時間おきに、上層（穀層上面から約10cm）、下層（フロア面から約10cm）、中層（上層と中層の中間）別に採取し、穀粒水分は105°C 24時間法で測定するとともに、Kett穀粒水分計で2回反復で測定した。単粒水分偏差は、500粒づつ2回反復で計測し、偏差を求めた。

3. 施設の概要

試験施設における乾燥部は、図1に示すように、常温定湿空気発生装置（以下、除湿機という）、送風機、貯留槽で構成される。除湿機によって作られた乾燥空気が送風機（ロータリーコンプレッサー）によって貯留槽へ送られ、フ

ロア面から穀層を通過した空気は排気となって貯留槽上部に設けられた排塵ファンから外へ排出される構造となっている。エアダンパーは貯留槽中央部のプレナムチャンバーに位置する。荷受け設備の容量、除湿機の能力、送風機の送風量、1系列の貯留槽設置数、系列数等は受益面積（処理量）によって決められる。その概要を表3に示す。

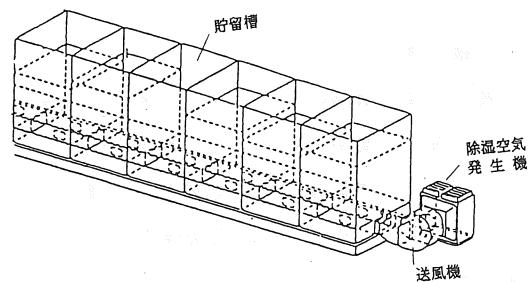


図1 除湿乾燥施設

4. 試験結果

表4に試験条件と試験結果を示す。

(1) 試験1：図2に示すように30.8時間の乾燥期間中の外気条件は温度4.0～11.0°C、相対湿度（以下、湿度という）42～79%と湿度の低い条件にあったが、送風空気は温度5.5～14.3°C、湿度43～76%であった。最大除湿運転（湿度設

表3 調査施設（貯留乾燥部）の概要

試験区No.	設備名	仕様・能力	設備数	処理能力
1・4	荷受設備	最大荷受け量：毎時10トン／1系列	1系列	水稻：500t（乾穀） 受益面積： 100ha（もち）
	乾燥設備	除湿機：Y社DAG20000(コップ・レット-20PS)、15kW 送風機：Y社DSF70(1000m³/min.・130mmAq)、37kW 貯留槽：50t/1槽	2基 2基 6槽×2系列	
2	荷受設備	最大荷受け量：毎時10トン／1系列	1系列	水稻：191t（乾穀） 小麦：121t（乾穀） 受益面積：水稻40ha 小麦7ha
	乾燥設備	除湿機：Y社DAG20000(コップ・レット-20PS)、15kW 送風機：Y社DSF70(1000m³/min.・130mmAq)、37kW 貯留槽：50t/1槽	1基 1基 6槽×1系列	
3	荷受設備	最大荷受け量：毎時20トン／1系列	2系列	水稻：2,500t（乾穀） 受益面積：
	乾燥設備	除湿機：Y社DAG20000(コップ・レット-20PS)、15kW 送風機：Y社DSF80(1450m³/min.)、55kW 貯留槽：50t/1槽、断熱仕様	4基 4基 11槽×4系列	381ha

表4 除湿乾燥条件と試験結果

項目 \ 試験区	1	2	3	4
供試糀重量 (kg)	2, 043	7, 000	12, 063	5, 384
初期水分 (%)	19.3	24.7	23.2	21.7
水分偏差 (%)	1.13	4.78	2.56	4.03
堆積高 (m)	0.24	0.80	1.38	0.62
風量比 ($m^3/s \cdot t$)	-	0.44	0.26	0.65
仕上げ糀重量 (kg)	1, 947	6, 115	10, 771	4, 942
水分 (%)	15.0	13.8	15.6	14.7
水分偏差 (%)	0.91	2.26	0.51	0.52
乾燥時間 (hr)	43.0	44.6	108.0	64.0
乾減率 (%/hr)	0.13	0.20	0.07	0.10
外気温度 (°C)	4.0 - 11.0	17.6 - 23.0	7.1 - 19.7	12.1 - 14.3
湿度 (%)	42 - 79	47 - 97	52 - 98	80 - 92
送気温度 (°C)	5.5 - 14.3	20.2 - 27.4	9.6 - 23.0	13.5 - 17.5
湿度 (%)	43 - 76	49 - 67	49 - 85	50 - 83
排気温度 (°C)	5.6 - 13.7	19.4 - 24.5	9.6 - 20.4	13.1 - 17.4
湿度 (%)	44 - 76	54 - 89	78 - 100	69 - 85

定: 40% - 以下同じ) で、外気湿度が80%以上では送風空気の湿度は60%以上で推移した。図3は乾燥期間中の糀水分の経時変化を示したものであるが、乾減率は外気温度が低かったにも関わらず、最大0.35%/hr、最低0.10%/hr、平均

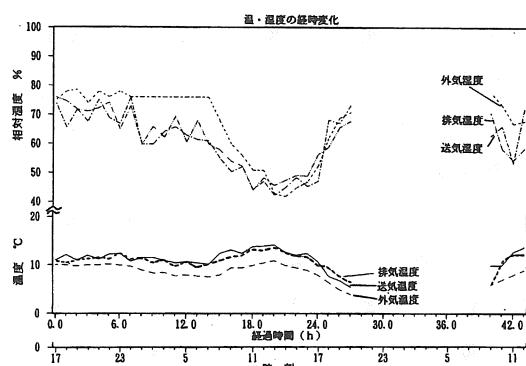


図2 温・湿度の経時変化(試験1)

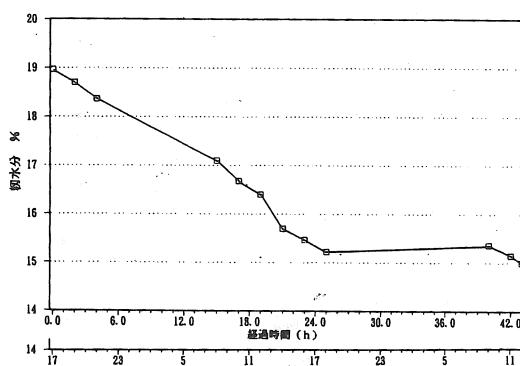


図3 粕水分の経時変化(試験1)

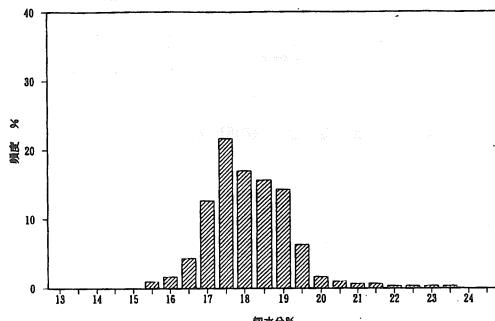


図4 乾燥前の糀水分の偏差(試験1)

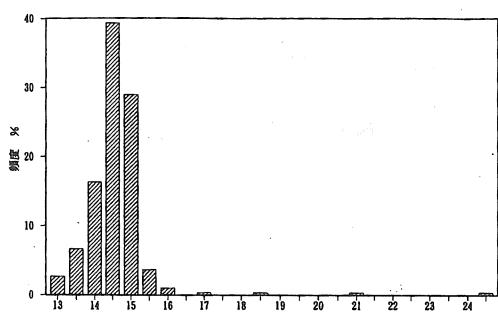


図5 乾燥後の糀水分の偏差(試験1)

0.13%/hrであった。図4、5に単粒水分偏差を示すが、乾燥前1.13%であったのが、乾燥終了時は0.90%となった。

(2)試験2: 図6に示すように、44.6時間の乾

燥期間中の外気条件温度が17.6~23.0℃、湿度47~97%で、送風空気温度20.2~27.4℃、湿度49~67%であった。最大除湿運転で外気湿度が90%以上では送風空気の湿度は60%前後で推移した。乾減率は図7に示すように上層で0.06~0.55(平均0.25)%/hr、中層で0.05~0.64(平

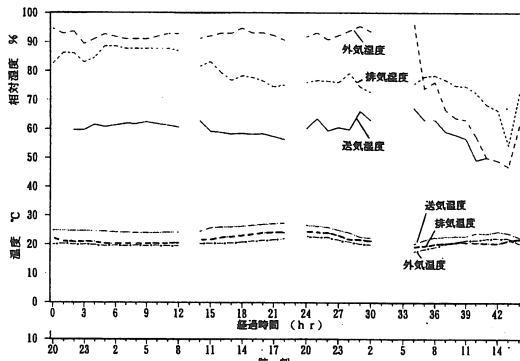


図6 溫・湿度の経時変化(試験2)

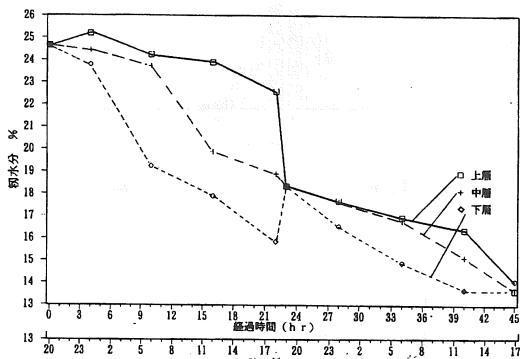


図7 粉水分の経時変化(試験2)

均0.25) %/hr下層で0.20~0.76(平均0.24) %/hrであった。単粒水分偏差は図8、9に示すように、初期4.78%で、乾燥終了時は2.26%であった。

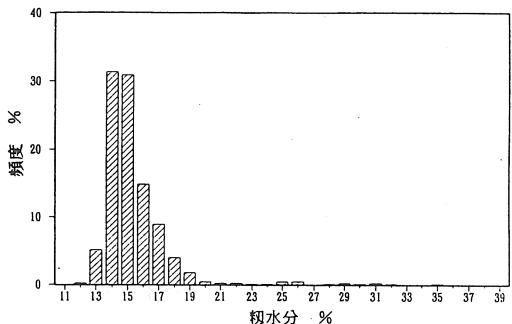


図9 乾燥後の粉水分の偏差(試験2)

(3)試験3: 図10に示すように108.0時間の乾燥期間中の外気条件は温度7.1~19.7℃、湿度52~98%で、送風空気温度9.6~23.0℃、湿度49~85%だった。最大除湿運転で外気湿度が95%以上では送風空気の湿度は70%前後で推移して、外気湿度が60%まで下がると送風湿度は50%まで低下した。図11に層別粉水分の経時変化を示すが、乾減率は上層で0.002~0.36(平均0.07) %/hr、中層で0.01~0.40(平均0.07) %/hr、下層で0.20~0.30(平均0.07) %/hrであった。単粒水分偏差は、図12、13のように初期2.56

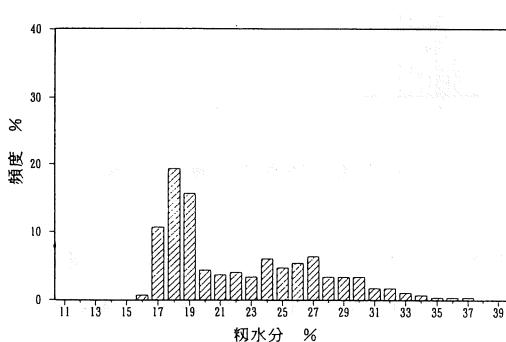


図8 乾燥前の粉水分の偏差(試験2)

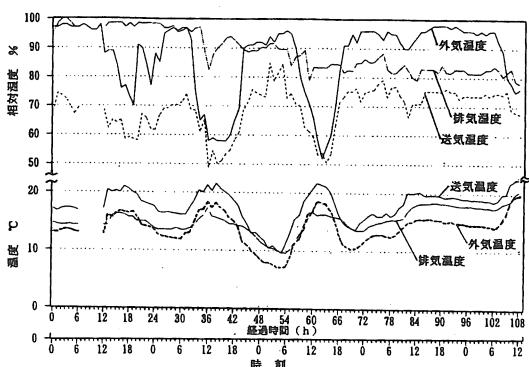


図10 溫・湿度の経時変化(試験3)

%であったのが、乾燥終了時には0.51%と非常に小さくなった。

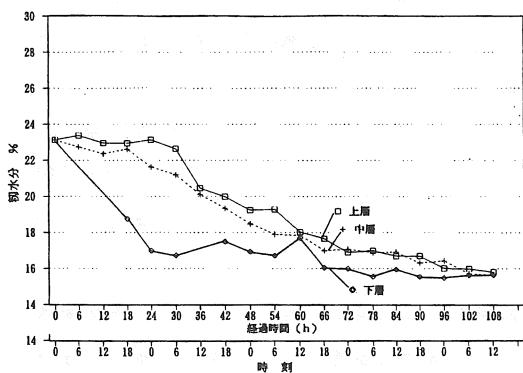


図11 粉水分の経時変化(試験3)

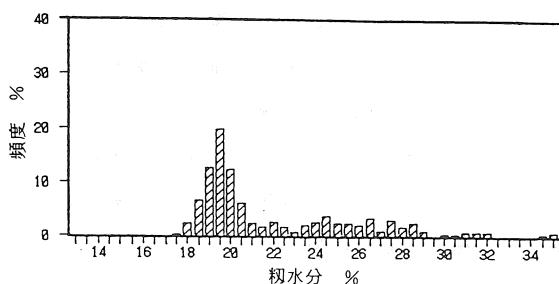


図12 乾燥前の粉水分の偏差(試験3)

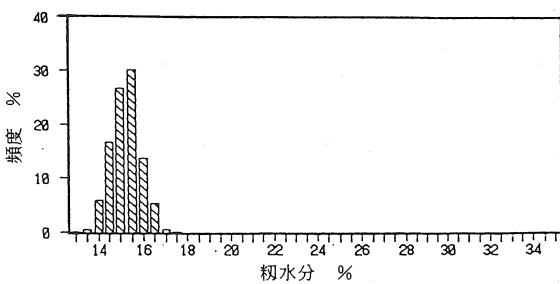


図13 乾燥後の粉水分の偏差(試験3)

(4)試験4：図14に示すように64.0時間の乾燥期間中の外気条件は温度12.1~14.3℃、湿度80~92%で、送風空気温度13.5~17.5℃、湿度50~83%だった。最大除湿運転で外気湿度が85%以上では、送風空気の湿度は65%前後で推移した。また、乾燥開始48時間後からは定湿運転にしたため、除湿機がOn-Off制御され（送風空気湿度55%でOff），図のように送風空気の温湿度が波打つ経過をとった。図15に層別粉水分の経時変化を示すが、乾燥率は上層で0.03~0.25（平均0.10）%/hr、中層で0.02~0.18（平均0.10）%/hr、下層で0.07~0.26（平均0.09）%/hrであった。単粒水分偏差は、図16、17のように初期4.03%であったが、乾燥終了時には0.52%と小さくなった。

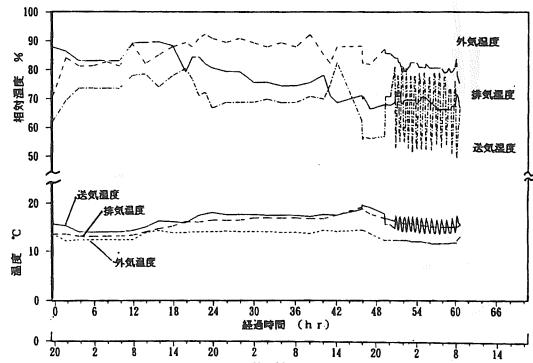


図14 溫・湿度の経時変化(試験4)

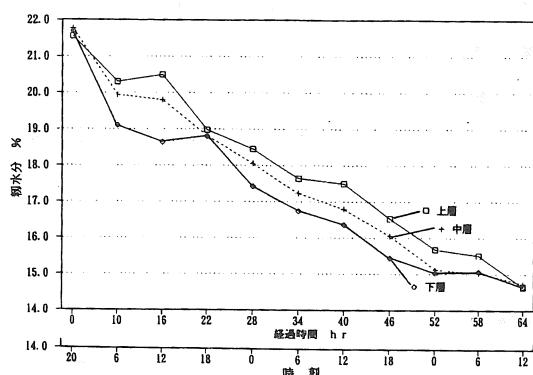


図15 粉水分の経時変化(試験4)

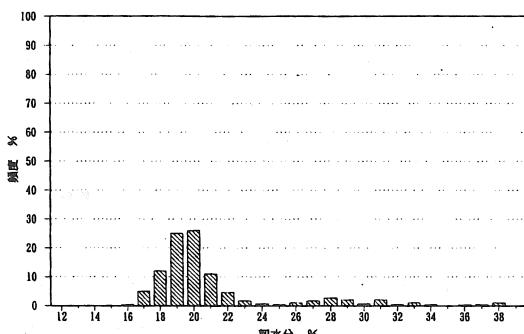


図16 乾燥前の粉水分の偏差(試験4)

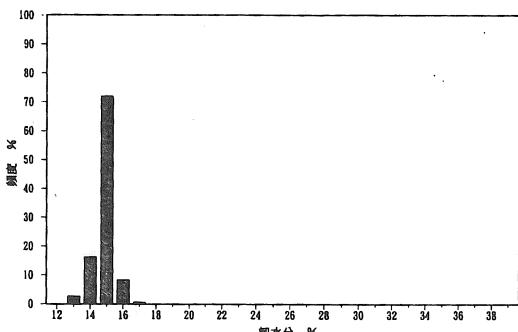


図17 乾燥後の粉水分の偏差(試験4)

5. 考 察

試験1では、外気温度11℃以下と低かったものの、毎時乾減率は平均0.13%を保つことができた。これは、供試粉水分が平均19%という半乾粉であったことと、供試粉重量が2トンと小量乾燥であったことによるものと思われる。

試験2では、外気温度が20℃前後に安定的に経過したため、送風空気の湿度は60%前後で推移した。その結果、堆積高さが80cmあったにもかかわらず、毎時乾減率は上・中・下層ともに0.5%以上であった。しかし、粉水分の偏差は乾燥前4.78%であったのが、乾燥終了時は2.56%にとどまった。これは、平成元年岩手農試で試験した火力乾燥の場合の水分偏差とほぼ同じ値であり、乾燥速度がやや速かったためと思わ

れた。穀層間の水分むらもかなり大きく、上・下層間の水分むらは、最大で約7%であった。

試験3では、試験開始後1日目と4日目が、雨天でその期間と夜間の外気湿度が90%以上であった。そのため、送風時間の約6割が送風空気湿度70%前後での通気であった。そのため、毎時乾減率は0.07%と低かった。粉水分偏差は0.51%とかなり小さくなかった。これは乾燥時間が長かったためと思われる。上・下層間の水分むらは小さく、0.5%～3%であった。

試験4は、試験1の施設における生粉乾燥試験で、送風空気湿度は70%前後で推移し、毎時乾減率は平均0.10%であった。水分偏差は、初期4.03%であったが、乾燥終了時は0.52%とかなり小さくなかった。上・下層間の水分むらも小さく、0.5～2%であった。

以上のことから、当該除湿乾燥方式による乾燥では、乾燥速度は外気条件（温度、湿度）によって左右され、低湿外気条件の下では0.50%以上の毎時乾減率が得られるが、高湿外気条件（湿度80%以上）の下で基準体積1m³前後の乾燥を行う場合、毎時乾減率は0.1%以下に抑えられるものと思われた。

参 考 文 献

- 1) ドライエアジェネレーターによる粉の乾燥試験、岩手県立農業試験場技術部平成元年度試験成績概要集、岩手農試、10、1989

「閲読者のコメント」送風空気の湿度低下のうち除湿機部分のみではどのくらい低下していますか。また、この種の施設が東北地方に適するかどうかについての意見を聞かせて下さい。

「著者回答」除湿装置としての性能を見たため除湿機単独での除湿効果は見ていません。東北地方に適するかどうかについては、現在追加試験で検討しているところです。

除湿乾燥米の食味評価

張 林紅*・戸次英二*

Taste Evaluated by Palate on Rice with Dehumidifier

Lin-hong ZHANG*, Eiji BEKKI *

Abstract

As the latest consumers' preference on rice, and with the present government attaching more importance on the enhancement of rice taste, rice dried with air which is dehumidified and slightly heated may be more tasty than that which is dried with various conventional artificial methods. Taste of the dehumidifier-dried rice was inferred from the experimental results of the authors and also from evaluations done by various prefectural Agricultural Experiment Stations. The dehumidifier-dried rice had a better taste when compared to rice which had been dried with burner-heated air and kept for three months after harvesting and drying, especially when increased temperature of burner was considered.

However, there was almost no difference from naturally-dried rice. Taste is well known to have a negative correlation with the temperature of heating, so it should be easy to determine what kind of taste to expect depending on temperature of heating or drying rate used in various conventional drying methods.

[Keywords] dehumidifier-dried rice, naturally-dried rice, artificially-dried rice, taste evaluation
[キーワード] 除湿乾燥米, 自然乾燥米, 人工乾燥米, 食味評価

I. 緒言

除湿機によって減湿・加熱された空気で人工乾燥した米が、これまでの種々の方法で乾燥した米と比較してどの程度の食味であるのか、消費者の食味指向が強まるなかで関心事である。筆者らは1990年の模型実験¹⁾に引き続き、'91年と'92年には市販の循環式乾燥機のバーナ加熱部を除湿機に差し換えて実際規模の乾燥実験を行い、得られた「除湿乾燥米」に対し、同一

原料を並行して乾燥した「陰干し米」とバーナ加熱の循環式乾燥機による「火力乾燥米」を相互に比較した。これらの試験結果にこれまで各地の農業試験場等で実施してきた「除湿乾燥米」の食味評価の諸結果を加味して、一般的な食味評価とその位置づけを総合的に試みた。

II. 試験方法

1. 試料の準備

* 弘前大学農学部 弘前市京文町3

(1) 1991年産米：除湿乾燥の条件は表1に示すとおりである。品種むつほまれを収穫適期間内に3回収穫し、直ちにそれぞれの除湿乾燥実験を実施した。供試乾燥機はバーナ加熱部を持つ循環式乾燥機（佐竹 ADR-24CA）で、除湿機に差し替えて使用した。10月1日収穫の第1回目の乾燥は次回の収穫を予定していた4日にな

っても17.1%にとどまっていたので、いったんこの半乾状態で引き出し、8日間袋詰めで貯留後再び12日から最終回として始めた。各収穫日に同じ原料から室内での「陰干し米」とバーナ加熱の循環式乾燥機による「火力乾燥米」を調製し、相対比較する試料を準備した。なお、搗精は10月15日に一括して表2のとおり行った。

表1 除湿乾燥条件 (1991)

収穫日・乾燥期間 (10月)	水 分 (%)		温・湿度変動幅 (°C, %)				初温 (°C)	乾減率 (%/h)
	初期	終期	入 気 口	乾燥コラム入口				
1日	1-4日	22.8 17.1	17.5-24.0	78-51	27.5-33.5	40-30	18-23	0.09
	*12-14	17.1 15.0	16.5-21.5	89-51	27.0-31.5	43-29	18-23	0.04
4	4-8	24.5 15.1	14.0-22.5	85-45	18.5-27.0	59-32	15-21	0.11
8	8-12	23.0 15.0	14.5-21.5	88-59	18.0-24.0	62-49	15-19	0.09

* 一時（8日間）貯留後

表2 供試試料 (1991)

試 料 (乾燥方法)	搗 精 度 (%)	精 選 度 (%)	白 度		*発芽率 (%)	*水 分 (%)
			玄米	精白米		
N ₁	89.6	95.9	19.0	37.1	100	15.6
N ₂	89.9	98.7	18.8	37.2	99	15.0
N ₃	91.4	97.3	18.6	36.9	100	15.0
H ₁	89.9	93.4	18.8	37.6	91	14.7
H ₂	90.7	92.3	18.2	37.2	89	14.7
H ₃	95.5	94.7	17.9	35.4	96	15.3
D ₁	89.8	96.0	19.5	37.8	100	15.6
D ₂	89.9	98.0	18.9	37.8	98	15.6
D ₃	90.1	97.4	18.7	37.6	100	15.5

備 考

N : 室内陰干し（自然乾燥）米

添字 : 1. 10月1日収穫

H : バーナ加熱・循環式乾燥機米

2. 4日〃

D : 除湿・循環式乾燥機米

3. 8日〃

* 発芽率と水分はアミログラム測定時（11月6日～20日）の値

温・湿度については、除湿機への入気と乾燥コラムへの入気に分けて、温・湿度計（芝浦PH-C型とチノーHN-P30型）により測定した。乾減率は乾燥の初期と終期の水分差を所要時間で除し

た毎時平均値である。

(2) 1992年産米：前年同様、品種むつほまれの収穫適期間内に循環式乾燥機で4回乾燥実験を行った。乾燥機への入気は表3の備考に示す

ように収穫日によって異なる方法で調整した。このうち、第3回目の除湿機のみにより減湿・加熱した入気で乾燥したものを、「除湿乾燥米」と称して食味評価の基準においた。また、第1回目と第4回目の電熱器による加熱のみで乾燥したものを、「加熱乾燥米」と称して比較試料

とした。さらに、各収穫日の同じ原料で表4に示す「陰干し米」とバーナ加熱の循環式乾燥機で「火力乾燥米」を調製し、同様に比較試料とした。搗精は89~90%の歩留で過度の状態にあった。このため、水分は13.1~14.9%と通常より過乾の水準にあった。

表3 低温度加熱と除湿による乾燥条件 (1992)

収穫日・乾燥期間 (10月)	水 分 (%)		温・湿度変動幅 (°C, %)				粉 温 (°C)	乾減率 (%/h)
	初期	終期	入 気 口	乾燥コラム入口				
1 日	1~3 日	26.1 14.9	14.5~24.0	77~46	27.5~39.5	35~24	21~30	0.20
5	5~9	25.4 15.1	10.0~23.5	70~45	16.5~25.0	53~36	13~21	0.12
11	11~16	23.8 15.1	12.0~20.5	84~49	15.0~22.5	71~50	13~19	0.07
16	16~21	23.0 15.1	10.0~21.0	76~39	16.5~24.0	59~35	12~19	0.09

備考：循環式乾燥機に使用した電熱器と除湿機

収穫日、1日：6kw 電熱器、5日：0.3kw 除湿機+1kw 電熱器、11日：0.3kw 除湿機、
16日：1kw 電熱器

2. 食味の試験

日本穀物検定協会に依頼して、
1991年産米は10月23日~11月13日、
1992年産米は11月4~6日にそれ
ぞれ異なる付属研究所で実施され
た。試験は食糧庁の実施要領²⁾に
準じて行なわれた。官能評価値は、
基準米の数値(0)と相対評価しよ
うとする対象米の項目別平均値と
の差について、95%の信頼水準で
有意性を判定した。一般に、基準
試料と対象試料の評価平均値につ
いては、その差が±0.4~0.5で
あれば、試料間の食味に優劣の差
があるとみられている^{3), 4)}。なお、
硬さの+は基準試料より硬く、粘
りの+は強くなり、総合評価は個
別評価にとらわれない。

表4 供 試 試 料 (1992)

試 料	*発芽率 (%)	*水 分 (%)	備 考
N ₁	100	14.2	
N ₂	—	—	自然乾燥 (室内陰干し)
N ₃	100	14.5	
H ₁	97	13.9	
H ₂	—	—	バーナ加熱乾燥 (循環式乾燥機)
H ₃	98	14.9	
D ₁	99	13.1	
D ₂	—	—	電 热 乾 燥
D ₃	99	13.4	除 湿 乾 燥
D ₄	—	—	(循環式乾燥機)

添字：収穫日を示す。1→10月/1日、2→5日、3→11日
4→16日

** 収穫日による電熱器あるいは除湿機の使用は
表3の備考を参照

III. 試験結果

(1) 1991年産米：平均官能評価値は表5のとおりで、1基準3点比較に任意組み立てた3回の試験とも基準を「陰干し米」において。第1回目の収穫において、「陰干し米」は「除湿乾

燥米」と「火力乾燥米」に対し差がなかったが、第2回目の収穫になると除湿と火力の双方に対し優る結果がでた。さらに、第3回目の収穫では差がなかった。

(2) 1992年産米：表6のとおり、3回の試験

表5 食味試験結果 (1991.10.23-11.13)

基準試料	対象試料	個別評価					総合評価		
		外観	香り	味	粘り	硬さ	評価値	信頼区間	有意差
N_1	H_1	-0.050	-0.050	-0.050	-0.050	0.100	-0.050	± 0.266	0
	D_1	0.000	-0.050	-0.100	-0.050	-0.150	-0.150	± 0.266	0
N_2	H_2	-0.050	-0.050	-0.100	0.100	-0.150	-0.150	± 0.129	-
	D_2	-0.150	-0.050	-0.100	-0.200	0.150	-0.200	± 0.129	-
N_3	H_3	0.150	-0.050	0.150	0.050	-0.250	0.100	± 0.196	0
	D_3	-0.050	-0.050	-0.050	0.200	0.050	0.150	± 0.196	0

表6 食味試験結果 (1992.11.4-6)

* 対象試料	評価値	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合評価	備考
N_1	平均	0.292	-0.083	-0.042	-0.208	-0.125	-0.042	
	信頼区間	± 0.348	± 0.277	± 0.348	± 0.374	± 0.348	± 0.348	
	有意差	0	0	0	0	0	0	
N_2	平均	0.042	0.167	0.000	-0.500	0.708	-0.042	陰干し乾燥
	信頼区間	± 0.306	± 0.209	± 0.374	± 0.362	± 0.362	± 0.348	米との比較
	有意差	0	0	0	-	+	0	
N_3	平均	0.125	0.042	-0.042	-0.417	0.416	0.042	
	信頼区間	± 0.306	± 0.209	± 0.374	± 0.362	± 0.362	± 0.362	
	有意差	0	0	0	-	+	0	
H_1	平均	0.167	-0.083	-0.416	-0.292	0.542	-0.458	
	信頼区間	± 0.348	± 0.277	± 0.348	± 0.374	± 0.348	± 0.348	
	有意差	0	0	-	0	+	-	
H_2	平均	0.000	-0.042	0.042	-0.167	0.292	0.125	バーナ乾燥
	信頼区間	± 0.348	± 0.277	± 0.348	± 0.374	± 0.348	± 0.348	米との比較
	有意差	0	0	0	0	0	0	
H_3	平均	0.125	-0.083	0.292	-0.042	0.167	0.042	
	信頼区間	± 0.306	± 0.209	± 0.374	± 0.362	± 0.362	± 0.348	
	有意差	0	0	0	0	0	0	

D ₁	平均	-0.208	0.041	-0.458	-0.125	0.500	-0.541	
	信頼区間	±0.333	±0.265	±0.374	±0.445	±0.389	±0.389	
	有意差	0	0	-	0	+	-	
D ₂	平均	-0.250	0.208	0.083	0.041	0.458	-0.166	電熱乾燥米 との比較
	信頼区間	±0.333	±0.265	±0.374	±0.445	±0.389	±0.389	
	有意差	0	0	0	0	+	0	
D ₄	平均	0.166	0.208	0.250	0.083	0.125	0.208	
	信頼区間	±0.333	±0.265	±0.374	±0.445	±0.389	±0.389	
	有意差	0	0	0	0	0	0	

* 基準試料は除湿乾燥米 D₃

とも基準を「除湿乾燥米」において。第1回目の収穫における6kW電熱器の「加熱乾燥米」は味と総合の評価で「除湿乾燥米」より劣ったが、第4回目収穫の電熱容量1kWにおいては、全く差がなかった。また、第2回目収穫の1kW電熱器と0.3kW除湿機を併用した「除湿+補助加熱乾燥米」とは硬さを除き差がなかった。「火力乾燥米」との比較では、第1回目収穫において「除湿乾燥米」は味と総合に優り、第2回目と第3回目の収穫では個別と総合ともに全く差がなかった。「陰干し米」との比較では、粘りが強く硬いこともあったが、総合評価には差が見られなかった。

IV. 考察

1. 既往の諸結果との比較

1991年の試験で、「陰干し米」を基準に収穫日の違う3回の「陰干し米」相互の比較において、異なる評価がなされた。これは収穫段階で原料に差が既にあったか、その後の搗精過程で生じた穀粒の温度、水分、搗精度等の相違が食味に影響を及ぼしたか、などによる原因と考え

られる。後者については、柳瀬ら⁵⁾が搗精度の違いは食味に大きく影響すると述べており、本結果も試料の調製段階の相違によったもので、乾燥そのものの不安定さを意味するものと考えられる。

1992年の試験において、毎時平均乾減率は電熱容量1kWで0.07%/h、6kWで0.20%/hに上昇しただけで食味に差がでている。これらの試料の調製過程で過搗精と過乾燥の状態になってはいるが、基準試料も同様であるから、乾燥時の加熱の強さがまず影響し、それに搗精時の違いが加わったものと思われる。0.3kW除湿機と1kW電熱器を併用した乾燥実験では0.12%/hの乾減率が得られ、食味も除湿機のみの場合と差がなく、有用と思われる。除湿は入気温度を2、3℃しか上昇させず、相対湿度も大きく降下させないので、補助加熱は小容量の除湿機で降湿するには有効である。

官能による食味試験に当たり、搗精度を揃えることは必須条件であるが、微妙な差は避けられないで、これまで各地の農業試験場等から報告された試験例⁶⁻²²⁾を参考にして一般的な判

断をせざるをえない。1986年からの17例の「除湿乾燥米」の食味試験結果を一覧すると、ほぼ一定した傾向がうかがえる。

収穫・乾燥後約3ヵ月以内において、種々の乾燥方法のもとで「除湿乾燥米」は自然乾燥の「はさ掛け乾燥米」とそれに近い「常温通風乾燥米」や「陰干し米」と比較して差のない結果が多い。優劣の差が出た例には、前述した試料の調製段階で通常の値と差のあるものが見受けられる。「除湿乾燥米」は一般に「自然乾燥米」と食味に差がなく、「火力乾燥米」とは差のない結果のほかに優ることもある。「火力乾燥米」が「自然乾燥米」より食味で劣った例を九州農試²³⁾と北陸農試²⁴⁾が挙げており、また東北農試²⁵⁾は食味を若干下げるが、穀温30℃以下では差がなかったと報告している。これに関し、岩崎ら²⁶⁾は基礎実験で加熱温度の高いほど食味低下の傾向があると述べている。

2. 乾燥条件と食味の一般的な関係

以上を総括して、乾燥条件に対する食味の一般的な関係を模式的に図1に示す。火力乾燥の乾燥速度は胴割れの許容限界で上限を0.8%に規

制されている。一方、「はさ掛け米」の自然乾燥や「常温通風乾燥米」の人為乾燥があり、発酵やかびの繁殖に対して下限が存在する。「除湿乾燥米」は人為乾燥のうち低温度加熱（使用する除湿機はパッケージ型なので、水蒸気の凝縮熱と送風機や圧縮機の動作熱が通気に熱伝達され、幾分温度を上昇する²⁷⁾）。これまでの実験例では風量により異なるが、1~5℃高い温度を示している）に部類するものであり、ドライ・ストアやデポの商標で知られる貯留槽式乾燥米に近い。高乾減率の急速乾燥には山形多管式や循環式の乾燥機があり、灯油バーナを使用した「火力乾燥米」である。

したがって、「自然乾燥米」を基準にした食味評価では、中乾減率0.3%/hくらいまではほとんど差がなく、それ以上に乾燥速度を上げようと加熱温度を高めて行くと、差がでてくることがある。食味を優位に保つには「自然乾燥米」、あるいは「除湿乾燥米」や「貯留槽式低温度加熱乾燥米」のように近周囲温乾燥を行った方がよい。自然乾燥はその年により収穫・乾燥期の大気の温度や湿度が異なり、発酵やかびの繁殖

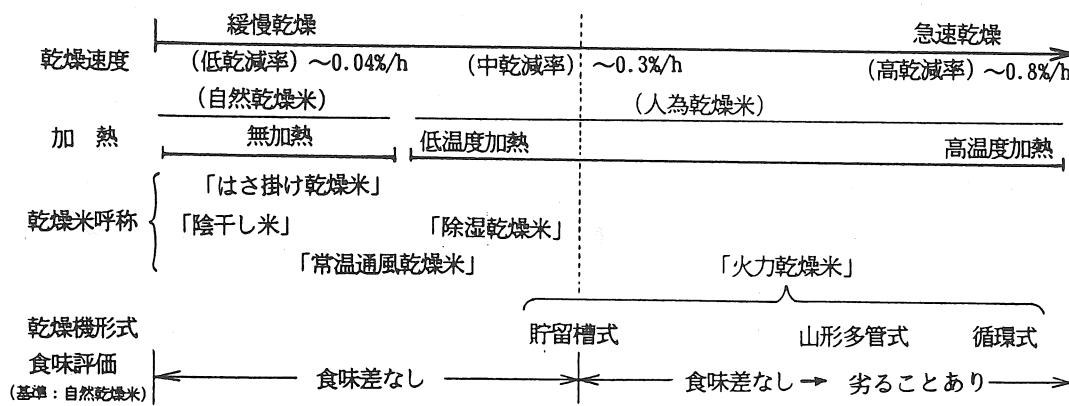


図1 乾燥速度と食味評価の関係（収穫・乾燥後3ヵ月以内）

に対する不安定さがある。例えば、北海道農試²⁸⁾は自然乾燥中の悪天候が食味を劣化させた例を挙げ、東北農試²⁹⁾でも収穫直前に降雨を受けた材料に食味のやや劣ったものがあったと報告している。これに対し、近周圃温乾燥は入気温度を若干上げて相対湿度を動的平衡湿度以下に下げ、乾燥を進めることができるので、品質保全が確実である。これに属する除湿乾燥は除湿機による減湿・加熱で入気の相対湿度を下げ、水蒸気分圧の低水準下で行われ、また低温度の火力乾燥は灯油のバーナ燃焼のさい凝結水分により増湿・加熱で相対湿度を下げ、水蒸気分圧の高い水準で行われる。貯留槽式乾燥で除湿機を使用する場合、入気の相対湿度を火力の場合と同程度に下げても、加熱温度を低く抑えることができる。しかし、乾燥速度が遅くなるので、品質保全上所要の通気量の確保が必要になる。

3. 貯蔵期間が長くなった場合の影響

長い貯蔵期間を経て越夏時には、粒温は气温を追って断熱程度により1~2か月遅れで徐々に上昇する³⁰⁾。そのさい、各地の農業試験場の食味評価^{9,10,13,16,21)}から、かつて乾燥時にいかなる穀温で経過していたかにより、食味劣化の進みに差が生ずるようである。これに関して、相原³¹⁾は乾燥温度が高かったほど古米化を速めるので、乾燥温度を20~30℃程度に抑えて除湿乾燥することを推奨している。また、森田³²⁾は乾燥時の加熱が粒貯蔵時の品質劣化の引きがねになることを示唆し、常温または低温での乾燥を提唱している。「除湿乾燥米」の長期貯蔵後の食味変化については、データがまだ不足であり、今後積み上げが必要である。

V. 結言

「除湿乾燥米」の食味評価は、筆者らや各地

の農業試験場の試験結果から、収穫・乾燥後3か月以内において「自然乾燥米」と概ね差がなく、「火力乾燥米」と比較して、その加熱温度を高めるほど優る例が多くなっている。食味は加熱温度と負の相関があるので、「除湿乾燥米」も従来の種々の乾燥方法によるものと比較する中で、加熱温度あるいは乾燥速度で食味の位置付けをすべきと考える。除湿乾燥後の貯蔵期間が長びくほど、乾燥時の加熱温度が食味の差を生じるようになるという報告例を見受けるので、今後はこれを確認するためのデータの積み上げが必要である。

急速乾燥を必要としてきたこれまでの米流通事情の下で、食味指向の強まるにつれ緩慢乾燥へ転向しつつあり、収穫能力に見合う収容量を有する貯蔵・乾燥方式の導入が増えるものと予想される。除湿乾燥はまさにその一翼を担うものと期待される。

参考文献

- 1) 張林紅・戸次英二：生粒乾燥における温・湿度の品質に及ぼす影響，農機東北支部報 38 : 53-58, 1991
- 2) 日本穀物検定協会：昭和60年度農林水産省 ジーンバンク事業に係わる植物遺伝資源特性調査依頼事業報告書，米の食味試験実施要領，pp17-21, 1986
- 3) 稲津脩・佐々木忠雄・新井利直：お米の味 p 47, 1982
- 4) 農林省食糧研究所：米の品質と貯蔵，利用，食糧技術普及シリーズ 7, p19, 1969
- 5) 柳瀬肇・大坪研一：精米加工と米飯食味の関係（第1報），食総研報 46 : 148-161, 1985
- 6) 石川県農総試：昭和61年度試験研究成績概要，農業機械開発・改良試験打ち合わせ会

- 議資料, 生研機構, 323-324, 1986
- 7)鳥取県農試：同 上, 333-334, 1986
- 8)秋田県農試：昭和62年度試験研究成績概要, 同 上, 295-296, 1987
- 9)秋田県農試：昭和63年度試験研究成績概要, 同 上, 168-169, 1988
- 10)石川県農総試：同 上, 210-211, 1988
- 11)宮城県農業センター：平成2年度試験研究成績概要, 同 上, 396-397, 1990
- 12)山形県農試：同 上, 420-423, 1990
- 13)富山県農技センター：同 上, 458-459, 1990
- 14)岩手県農試：平成3年度試験研究成績概要, 同 上, 296-299, 1991
- 15)山形県農試：同 上, 306-309, 1991
- 16)富山県農技センター：同 上, 342-343, 1991
- 17)岩手県農試：平成4年度試験研究成績概要, 東北農業試験研究推進会議資料, 東北農試, 作業技術 43, 1992
- 18)同 上：同 上, 作業技術 46, 1992
- 19)東北農試：同 上, 作業技術 55, 1992
- 20)山形県農試：同 上, 農業機械開発・改良試験打ち合わせ会議資料, 生研機構, 294-297, 1992
- 21)同 上：同 上, 298-301, 1992
- 22)山形県農試：同 上, 302-305, 1992
- 23)九州農試：研究成果77, 米の食味改善に関する研究, 農林水産技術会議事務局, pp.54-61, 1974
- 24)北陸農試：同 上, pp.44-51, 1974
- 25)東北農試：同 上, pp.28-43, 1974
- 26)岩崎哲也・竹生新治郎・谷達雄：高水分米を加熱した際の品質変化に関する研究, 日本食品工業学会誌17(2) : 73-76, 1970
- 27)山田治夫：冷凍および空気調和, p.281, 養賢堂, 1988
- 28)北海道農試：研究成果77, 米の食味改善に関する研究, 農林水産技術会議事務局, p.6, 1974
- 29)東北農試：同 上, p.6, 1974
- 30)戸次英二・武田太一・高橋照夫・小峰卓一：一重鋼板製貯留ビンにおける乾燥もみの貯蔵性について, 農機誌36(3) : 426-432, 1974
- 31)相原茂夫：米の劣化と新乾燥法の開発, 京大食科研報49 : 8-10, 1986
- 32)森田雄平：米－収穫・乾燥・貯蔵と品質・栄養, 化学と生物22(11) : 710-718, 1984

【閲読者コメント】米の食味において、糀の乾燥速度は最も大きな影響を与えることが知られているが、これまで明確な提言はない。この論文は収穫・乾燥後約3ヶ月以内の食味試験において、乾減率0.3%/hを境に各種緩慢乾燥法は食味低下の傾向がなく、除湿乾燥米もこの範囲にあることを明確にしたことを評価したい。

農業用ロボットハンドのための接近動作制御について（第2報）

— 視点座標と基本動作パターンを利用した制御則 —

高橋 照夫* 陳 洁*

A Control Algorithm for Reaching Movement on Agricultural Robot Hands (Part 2)

Teruo TAKAHASHI*, Jie CHEN*

1 はじめに

前報¹⁾では、農業用ロボットハンドの接近動作の「自律的」な制御を目標にした方式として、経験則に基づく制御アルゴリズムとその有効性を検討した。ただし同方式は、ハンド各部の関節の所要回転角を逆計算で求めるため、関節数が多い場合や移動距離が長い場合などには計算時間が増大し、リアルタイムの制御が困難になることが懸念される。

ところで、ロボット本体が不動の状態であれば、ハンドの動作空間はその自由度によって決まる一定の範囲内に限定される。そこで、その範囲内にいくつかの位置（所定点）を定め、基点からそれぞれの点に到達するために必要な各関節の合理的な回転角度、速度、トルクなどの一連のデータをまとめて基本動作パターンとして予め記憶させておき、目標点への動作量の計算ではその近傍にある所定点のパターンを利用すれば、比較的容易にかつ高速に目標に接近できると予想される。

本報は、上述の方式の利用可能性を探るため、所定点と目標点の座標値が視覚情報センサによって獲得できるものとして、視点座標と所定点の基本動作パターンを利用した接近動作の制御アルゴリズムを考察し、それによる接近精度を数値シミュレーションで検討したものである。

2 視点座標と基本動作パターンを利用した制御則について

(1) 視点座標と所定点の設定 TVカメラなどの視覚センサを用いたロボットについては、農業分野でもすでに果菜類やブドウなどの収穫用ロボットをはじめとして種々研究されている²⁾。視覚情報から対象物の位置座標を求めハンドを接近させる方法にも、例えばハンド先端部分にカメラを装着して行うもの^{2,3)}などいろいろある。

本報では、視覚センサがロボット本体に装着され、その先端が上下、左右に回転できる状態を想定する。これにより所定点などの位置座標は、視覚センサからの距離 r 、視線の上下角度 ϕ 及び左右角度 ψ の視点座標で表される。

基本動作パターンを予め与える所定点は、数が多いほど目標点との相対的距離が短くなり利用上有利であるが、一方メモリ量が多数必要になる。ここでは所定点を、視点座標の各変数がそれぞれ一定間隔となる平面（曲面）の交点上に定め、所定点と目標点の位置関係が視覚センサからの距離、角度で比例的に表し得るようにする。

(2) 目標点の動作パターンの計算方法 目標点の動作パターン（基点から到達するための一連の動作量データ）を簡単に求めるには、図1の

* 弘前大学農学部

ように目標点Pを囲む8個の所定点（1～8）を一組とし、各点のデータと位置関係をもとに比例計算で補間を行う方法がある。

すなわち、まずP(r, φ, ψ)を通るr面と所定点1及び4を通るψ₁及びψ₄面との交線上に投影した点P'及びP''の動作パターンを求め、次にそれらとPのψ方向の比例関係よりPの動作パターンを算出する。点P'の動作パターンは、ψ₁面上でr, φと動作パターン因子（例えばある関節の回転角度θ）の関係が図2のように三次元上で平面構造で表されれば、所定点1, 2, 5及び6の値より比例計算で求められる。点P''についても同様である。

したがって、目標点Pの動作パターンの1因子θの計算式は次のようになる。

$$\begin{aligned} \theta = & B_1(r - r_1)(\phi - \phi_1)(\psi - \psi_1) \\ & + B_2(r - r_1)(\phi - \phi_1) + B_3(\phi - \phi_1) \\ & (\psi - \psi_1) + B_4(r - r_1)(\phi - \phi_1) \\ & + B_5(r - r_1) + B_6(\phi - \phi_1) \\ & + B_7(\psi - \psi_1) + \theta_1 \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、視点座標及びθの添字は所定点番号に対応し、係数B₁～B₇は次式で表される。

$$\begin{aligned} B_1 &= (\theta_7 - \theta_8 - \theta_6 + \theta_5 - \theta_3 + \theta_4 + \theta_2 - \theta_1) \\ & / (r_2 - r_1)(\phi_5 - \phi_1)(\psi_4 - \psi_1) \\ B_2 &= (\theta_6 - \theta_5 - \theta_2 + \theta_1) / (r_2 - r_1)(\phi_5 - \phi_1) \\ B_3 &= (\theta_8 - \theta_4 - \theta_5 + \theta_1) / (\phi_5 - \phi_1)(\psi_4 - \psi_1) \end{aligned}$$

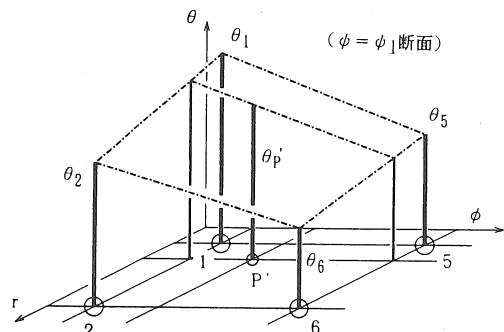


図2 動作パターン構造の模式図

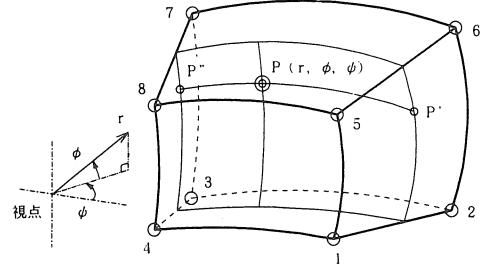


図1 目標点と所定点の位置関係

$$B_4 = (\theta_3 - \theta_4 - \theta_2 + \theta_1) / (r_2 - r_1)(\psi_4 - \psi_1)$$

$$B_5 = (\theta_2 - \theta_1) / (r_2 - r_1)$$

$$B_6 = (\theta_5 - \theta_1) / (\phi_5 - \phi_1)$$

$$B_7 = (\theta_4 - \theta_1) / (\psi_4 - \psi_1)$$

式(1)は動作パターンの他の因子についても同様に成り立つ。

ところで、式(1)の各係数は所定点1～8の視点座標と動作パターンで決まる定数なので、所定点1に関する特性値とみなし予め算出してメモリに格納しておけば、目標点の動作パターンは、その視点座標に応じて上述の点1に該当する位置の所定点を見つけ出すことにより容易に計算できるようになる。

(3)制御アルゴリズム 手先の接近動作に関する本方式の制御アルゴリズムをまとめると次のようになる。まず、①手先の動作空間内に視点座標に基づく所定点を定め（8個以上），各点について基本動作パターンを決定し、式(1)の係数を算出してメモリに格納する。次に、②目標点の視点座標を入力し、③同点付近の所定点（前述の点1に相当するもの）を探索して、式(1)で動作パターンを計算する。さらに、④手先の現時点の視点座標を入力し、⑤よりその動作パターンを求める。⑥それぞれの動作量の差などにより、手先を目標点まで移動させるための所要動作量を求める。⑦ハンドの各関節の駆動命令を出力する。なお、移動経路（軌道）上に

害物などがある場合には、中経点を設定し、その点の動作パターンを算出して利用する。

3 数値シミュレーションによる接近精度の検討

本方式による制御計算では所定点8個で1ブロックを構成して利用するので、各所定点間の距離、目標点との位置関係、動作パターンの変化傾向などによって式(1)の結果が影響を受けることになる。そこで、所定点の設定状態と接近精度の関係を、前報の簡易ロボットハンドを対象として数値シミュレーションによって検討した。

(1) ロボットハンドの動作概要 ハンドの主な仕様は前報と同じであるが、肘関節部分を駆動できるようにしたため、移動の自由度は腕、肩及び肘の3である。各関節は直流モータのON-OFF制御で独立、同時に駆動することができる。動作概要を図3(a)に示す。視覚センサは腕軸上肩面から20cmの位置に装着を想定した。手先の動作範囲は、視点座標で $r = 13\sim 42\text{cm}$, $\phi = -70\sim 0^\circ$, $\psi = 50\sim 130^\circ$ である。一例として $\psi = 70^\circ$ 断面での動作範囲は図3(b)のようになる。

(2) 数値シミュレーションの方法と計算条件
目標点に対する手先の接近精度は、基点から目

標点に到達するために必要な3関節の回転角度を本方式で算出して手先位置を求め、その点と目標点との直線距離を接近誤差として表して調べた。

なお、供試ハンド手先の動作範囲が、 r 方向については図3(b)のように他の方向に比べて狭く、所定点を等間隔に設定するのが難しいため、不等間隔でも取り扱えるように式(1)を以下のように修正して使用した。

$$\begin{aligned} \theta = & \{B_{11}(r - r_8) + B_{12}(r - r_5) + B_{13}(r - r_4) \\ & + B_{14}(r - r_1)\}(\phi - \phi_1)(\psi - \phi_1) \\ & + \{B_{21}(r - r_5) + B_{22}(r - r_1)\}(\phi - \phi_1) \\ & + B_3(\phi - \phi_1)(\psi - \phi_1) + \{B_{41}(r - r_4) \\ & + B_{42}(r - r_1)\}(\phi - \phi_1) + B_5(r - r_1) \\ & + B_6(\phi - \phi_1) + B_7(\psi - \phi_1) + \theta_1 \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、

$$\begin{aligned} B_0 &= (r_7 - r_8)(\phi_5 - \phi_1)(\phi_4 - \phi_1) \\ B_{11} &= (\theta_7 - \theta_8)/B_0, \quad B_{12} = -(\theta_6 - \theta_5)/B_0 \\ B_{13} &= -(\theta_3 - \theta_4)/B_0, \quad B_{14} = (\theta_2 - \theta_1)/B_0 \\ B_{21} &= (\theta_6 - \theta_5)/(r_6 - r_5)(\phi_5 - \phi_1) \\ B_{22} &= -(\theta_2 - \theta_1)/(r_2 - r_1)(\phi_5 - \phi_1) \\ B_3 &= (\theta_8 - \theta_4 - \theta_5 + \theta_1)/(\phi_5 - \phi_1)(\phi_4 - \phi_1) \\ B_{41} &= (\theta_3 - \theta_4)/(r_3 - r_4)(\phi_4 - \phi_1) \\ B_{42} &= -(\theta_2 - \theta_1)/(r_2 - r_1)(\phi_4 - \phi_1) \\ B_5 &= (\theta_2 - \theta_1)/(r_2 - r_1) \\ B_6 &= (\theta_5 - \theta_1)/(\phi_5 - \phi_1) \\ B_7 &= (\theta_4 - \theta_1)/(\phi_4 - \phi_1) \end{aligned}$$

計算条件は、所定点ができるだけ少ない状態での接近精度をみるため、 r 方向の動作範囲を1~2分割、 ϕ 及び ψ 方向を2~8分割した場合（所定点数で18~243個、1分割区の r の長さ7~3.5cm、 ϕ 及び ψ の角度30~7.5°）について、各分割区の境界点に所定点を設定し、所定点間を10等分した目標点について接近誤差を求めた。

(3) 数値計算結果及び考察 本方式では動作パ

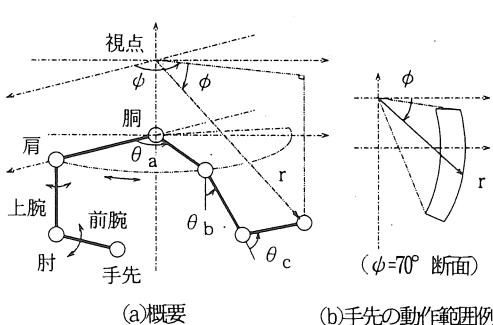


図3 供試ロボットハンドの動作概要

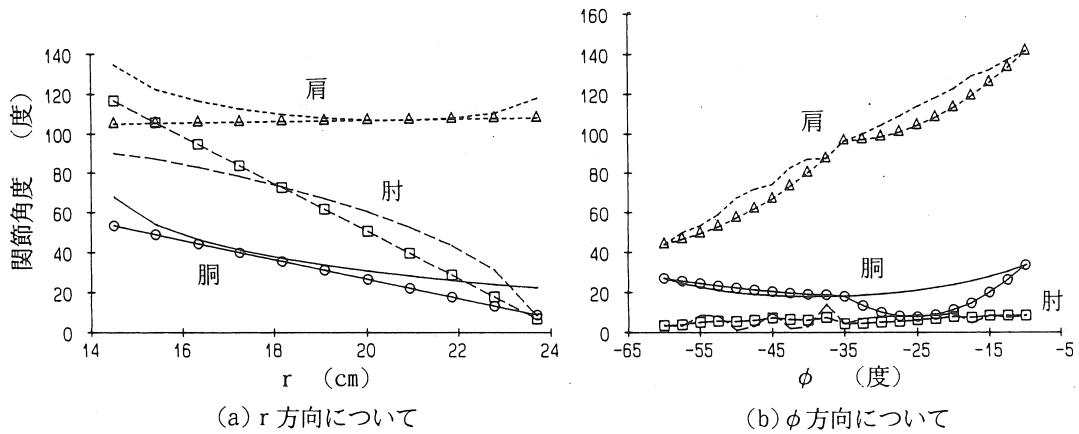


図4 各関節角度の変化状態の例

ターンの変化が所定点間で図2のような構造にあることを前提にしている。そこで実際の状況をみるために、視点座標から関節角度を直接逆計算で求めた例を図4に示す。

同図(a)は $\phi = -22.5^\circ$, $\psi = 75^\circ$ で r 方向にみた場合で、実線が腕、点線が肩、破線が肘の各関節角度を表している。同図(b)は同じ ψ 断面について、 r の最大限界部分(同図(a)の右端に相当)を ϕ 方向にみた場合である。なお、○、△、□印を付した線は本方式による場合で、分割数が[r 方向=1, ϕ 方向=2, ψ 方向=2]のときの結果である。

両図から伺われるよう、この ψ 面では r , ϕ に関する腕関節の動作パターン構造はやや凹面で r 方向に下降傾向、肩関節もやや凹面で ϕ 方向に上昇傾向、肘関節では凸面で r 方向に下降の状態にある。

このように実際の動作パターンが平面構造とはやや異なるため、本方式による関節角度の値は所定点の設定数が少ないほど適正值から離れる部分が多くなる。例えば分割数が[1, 2, 2]の場合、腕及び肩関節では上方ブロックの外縁付近ほど逆計算値との差が大きく、又肘ではブロック中央付近にも差の大きい部分がみら

れる。

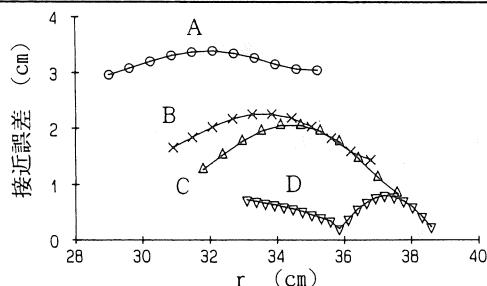
手先の接近誤差は、各関節角度の上述のような適正值との差が累積された結果として現れる。

図5は各分割条件について、それぞれ最右下側のブロック中央を通る r 方向の線上に目標点をとった場合の接近誤差の分布例である。なお、分割条件によってブロックの大きさが異なり r 方向の手先の動作限界が変わるために、同図のように r の始点、終点の値が異なっている。

同図で接近誤差は、分割数[1, 2, 2]の場合が3~3.5 cmで最も大きく、分割数が[2, 8, 8]の場合には、最大が0.8 cmとなった。接近誤差は、 r 方向だけでなく、 ϕ , ψ 方向の分割数が増すことによっても小さくなっている。

また同図では、ほぼ所定点間の中間付近で接近誤差が最大になる傾向がみられるが、これは、図4のように肘関節の変化傾向が凸形になっている影響のためである。分割条件によっては、 r 方向の接近誤差分布の傾向が ϕ の値で異なり、 ϕ が0に近いほど中央付近の誤差が減少し、両端部分の誤差が増大する傾向のものもみられた。

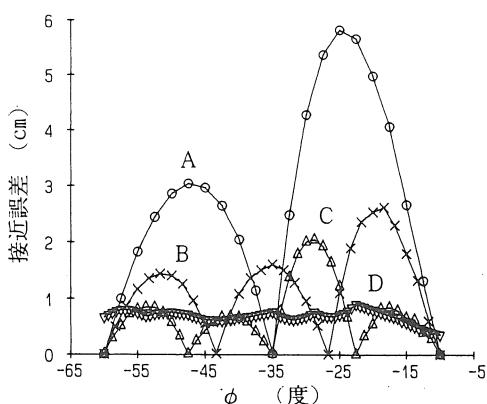
図6は ϕ 方向の接近誤差の分布例で、対象部分は各分割条件とも動作範囲中央よりやや右側で最外側のブロックである。接近誤差は、分割

図5 r 方向の接近誤差の分布例

A : 分割数 [1, 2, 2] , B : 同 [1, 3, 3]
C : 同 [1, 4, 4] , D : 同 [2, 8, 8]

数 [1, 2, 2] の場合、上下ブロックとも中央部分で最大になっているが、とくに上方のブロックでは約 6cm と極めて大きな値となった。なお、このブロックを通る r 方向の誤差分布はブロック中央付近で最低であった。この理由は、 ϕ が 0 に近いほど胴関節の角度が r の増加とともに二次曲線的に変化し凹面の傾向が強くなるため、 r 方向の分割数を 1 とした本方式の結果とはとくに大きな差が生じたためである。 ϕ 方向の分割数が増えると接近誤差は減少するが、 ϕ が 0 に近い領域では上述の理由からその減少割合が小さい傾向にあった。

図7は、最下部外方のブロック中央部分を通

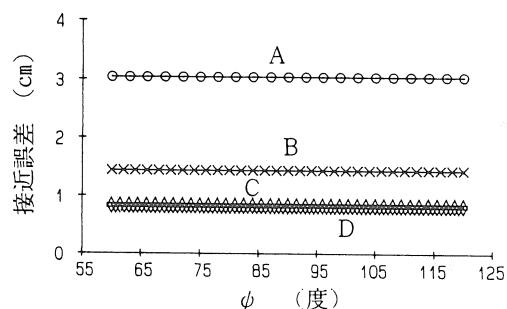
図6 ϕ 方向の接近誤差の分布例

(記号は図5と同じ)

る ϕ 方向の線上で接近誤差を調べたものである。

ϕ 方向に関する所定点間の変化傾向は各関節とも直線となるため、同図のように接近誤差が一定になっている。誤差の大きさは、同図では分割数 [1, 2, 2] の場合約 3cm であるが、同じ分割数でも上方のブロックでは最大約 6cm で一定となる。なお、分割数が [1, 4, 4] と [2, 8, 8] の場合誤差は約 0.8cm とほぼ同じで、分割数 [1, 2, 2] の約 1/4 であった。

なお、いずれの場合も 3 関節の中では胴関節の角度誤差が手先の接近精度に大きな影響を及ぼす状況が多かった。

図7 ϕ 方向の接近誤差の分布例

(記号は図5と同じ)

以上のように、本方式による制御計算では、動作パターンの変化が曲面的傾向の強い部分ほど、分割数の多少が接近誤差に大きく影響すること、分割数が [2, 8, 8] の場合にはほぼ動作範囲全域にわたり誤差が 0.8cm 以下になることが分かった。

ハンド手先の接近精度が 0.8cm 程度という値は、工業用ロボットでは過大で実用にならないが、農業用として「自律的」制御を目標とする立場からは許容し得るようと思われる。例えば、本方式を前報の経験則による制御とあわせて利用し、対象物を認識後手先をすばやくその近くまで接近させるために使用することなどが考えられる。

接近精度をさらに向上させるためには分割数を増し所定点数を多くすればよいが、一方1個の所定点で必要なメモリ量は動作パターン因子個数に式(2)の係数の個数を掛けた分になるので、全体の所要メモリ量が急激に増加する。

したがって、本方式の利用にあたっては、所定点数を減らしかつ接近精度を確保するため、予め動作パターンの変化傾向を調べ曲面的傾向の強い部分については分割数を増し、平面的傾向の部分では減らすなどの対策が必要になる。

なお、本方式の実用化に関する課題として、上述の所要メモリ量のほか、動作パターン計算のための所定点の探索、動作因子の相互の影響、ハンド姿勢、軌道生成の方法などが、又視点座標の獲得に関連して対象物の認識のための画像処理方法などが上げられる。

4 摘要

(1) 農業用ロボットハンドの接近動作の「自律的」制御方法の開発に資するため、関節角度などの所要動作量を逆計算によらずに算出する方式として、視点座標と所定点の基本動作パターンを利用した制御アルゴリズムと、それによる接近精度を検討した。

(2) 3自由度の簡易ロボットハンドを対象にした数値シミュレーションの結果、手先の動作範囲を視点座標の r , ϕ , ψ 方向にそれぞれ2, 8, 8個に分割して所定点数が243個の場合、接近精度は約0.8cmであった。

(3) 接近精度を確保し所定点数を減らすためには、手先の動作パターンの変化傾向を十分考慮して所定点の位置、数を決める必要がある。

参考文献

- 1) 高橋照夫, 陳洁: 農業用ロボットハンドのための接近動作制御について—接近動作の制御アルゴリズムの検討—, 農機東北支部報39:47-50, 1992
- 2) 岡本嗣男他: 知能ロボット工学, 実教出版, 1992
- 3) 広田薰: あいまい制御知能ロボット, マグロウヒル, 1985

【閲読者コメント】 基本動作パターンを予め与える制御方式に興味を持ちました。精度を上げるためにには分割数を多くする必要があるとのことです、平面でなく2次曲面などで近似すると複雑になるけれども、逆に分割数が減って有利になる場合もあると思われるがいかがでしょうか。

【著者回答】 極めて示唆に富むご指摘で、全く同感です。本報文では複雑化を恐れて検討しませんでしたが、動作パターン因子によってはそのような考慮が必要になることも予想され、今後の課題と考えております。

農機利用分野におけるメッシュ情報の利用に関する研究（第1報）

－作業可能日数率メッシュ情報の試作－

小林由喜也*・中村典裕*・小沢 亘*

Studies on the Utilization of the Mesh Climatic Information for Agricultural
Machine Use (Part 1)

-Development of a Mesh Information of the Available Working Days for
Agricultural Machines-

Yukiya KOBAYASHI*, Norihiro NAKAMURA*, Wataru OZAWA*

1. はじめに

農業分野において各地で様々なメッシュ情報システムが整備されている。メッシュのサイズも1kmから100mレベルへと細密化され、利用範囲も県、郡、あるいは市町村単位へと変化しつつある¹⁾。農業分野で利用されているメッシュ情報としては、気象、地理・地形、地質・土壤、耕作生産力情報などがあり、これらの情報を有効に活用するためには、その利用方法と利用システムの開発が不可欠である。現在のところ、農地の生産力区分、栽培適地選定、病害虫発生予察、生育・開花予測などへ利用されつつあるが²⁾、農機利用の分野では機械運用システムへの応用などが考えられているものの研究例は見当らない。

本研究では秋田県を例に、農業機械導入計画などにおいて利用されている平均的な（＝平年値）機械作業可能日数率（以下、可能日数率という）をメッシュ情報化する手法を検討したので結果を報告する。

2. 方法

水田耕起（ロータリ）と水稻収穫（自脱コンバイン）を対象として、1978年～1987年の県内アメダス（24地点）の日降水量をもとに可能日数を求めた。作業の可否は降水量のほかに土性や排水の良否などに影響されると考えられるが、今回は最も影響の大きい日降水量によってのみ判定することとし、文献^{3,4,5,6)}を参考に表1のような判定条件を設定した。

次に、月別作業可能日数と月別積算降水量の回帰式を求め、地域的、時期的な類似性を検討した上で適用範囲を決定し、月別積算降水量（平年値）の1キロメッシュ情報をもとに各メッシュの可能日数率を月別に推定した。

表1 作業可能判定基準日降水量 [mm/day]

	当日	前日	2日前	3日前
耕 起	5 mm	8 mm	17 mm	50 mm
水 稲 収 穫	5 mm	16 mm	21 mm	50 mm

降水量メッシュ情報は、気象庁より貸与されたものを秋田県農業気象情報利用システムに組替え整備したものである。ちなみに、秋田県は約18000の陸メッシュで表わされる。

3. 結果と考察

1) アメダス地点の作業可能日数率

10年間の日降水量から求めた可能日数率（ロータリ耕起）の4月の例と、従来から利用されてきた秋田県地方の可能日数率の目安を、各々表2、表3⁷⁾に示す。10年間の日降水量から求めた月別の可能日数率は最大99%から最小27%に分布し、従来から利用されてきた平均的な値より平均で10数%～数%，日数にして最大4日少ない結果であった。地点別にみると、同一年であっても地点によって可能日数率は異なり1983、1984を除き最大値と最小値の差が30数%あった。また、同一地点について年次別にみると

表2 10年間の日降水量より求めた4月
の作業可能日数率(%)

地 点	1978	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	平均
八森	70	47	53	60	53	57	73	60	50	87	61
能代	73	47	57	60	57	67	70	63	63	80	64
雄勝	67	43	53	57	53	60	77	67	60	67	60
大館	77	30	57	70	53	60	67	70	57	67	61
毛馬内	80	30	60	63	53	70	70	80	63	67	64
湯瀬	83	40	77	87	60	70	67	83	87	77	73
八幡平	99	33	63	67	60	63	70	80	67	60	66
男鹿	70	60	63	80	53	60	73	70	63	83	68
大潟	77	53	60	70	57	57	77	67	73	83	67
五城目	77	43	53	63	57	60	73	60	73	80	64
五城目合	63	37	50	57	47	53	70	67	63	63	57
阿仁	63	37	50	60	53	57	67	60	53	70	58
秋田	80	40	43	60	53	57	67	60	63	83	62
岩見沢	67	33	47	53	47	57	70	53	50	67	54
角館	77	33	53	57	53	60	73	60	47	63	58
田沢湖	63	27	57	53	60	57	67	57	53	57	55
大正寺	77	30	57	60	50	60	70	60	50	67	58
大曲	83	37	53	60	57	63	73	67	60	77	63
本荘	77	47	53	57	53	57	73	60	57	77	61
東由利	70	40	53	57	57	63	70	63	63	83	62
領家	93	60	70	63	63	67	77	73	67	90	72
象潟	77	60	57	53	53	57	73	53	73	80	64
矢島	60	33	37	50	53	60	70	73	63	73	59
湯沢	83	60	67	77	67	83	73	80	83	99	77
湯岱	67	47	53	50	60	47	67	73	60	77	60
平均	75	42	57	62	55	61	71	67	63	75	63

表3 従来の作業日数率の目安⁷⁾

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
秋田	70	68	67	69	71	70	65	53

と、北部山間地で特に差が大きかったが（毛馬内50%，湯瀬47%，八幡平66%），その他は30～40%と同一年の地点間の差とほぼ同じであった。この値は日数にすると9～12日であり、平均値±20%（日数にして6日）が上下限値の目安と考えられた。

次に、アメダス地点の値の適用範囲を探るため、24地点間の可能日数率の相互相関を調べた。その結果、図1に示す八森の例のように、相関係数は0.9～0.5の範囲に分布し、アメダス地点間の距離に比例して指数関数的に小さくなることが明かとなった。しかも、距離が50km離れるごとに相関係数が0.7程度（決定係数0.49）になり、従来からよく利用されている近傍のアメダス地点の推定値を流用する場合は、精度的に限界があることを示している。したがって、より的確な機械導入計画や作業日程計画の策定には精度の高い可能日数率メッシュ情報のようなきめ細かな情報が必要になるとを考えられる。

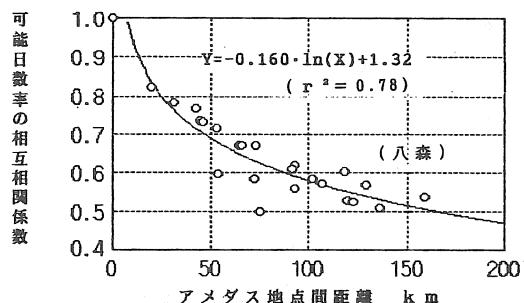


図1 アメダス地点間距離と作業可能日数率の相互相関係数

2) 月別作業可能日数率と月積算降水量

図2は、ロータリ耕起を対象とした月別作業可能日数率と月積算降水量の関係を示した例である。平均的にみると100mmの降水量の時に可能日数率は60%～80%，200mmで40%～60%，400mmで20%～40%に分布し、積算降水量100mm

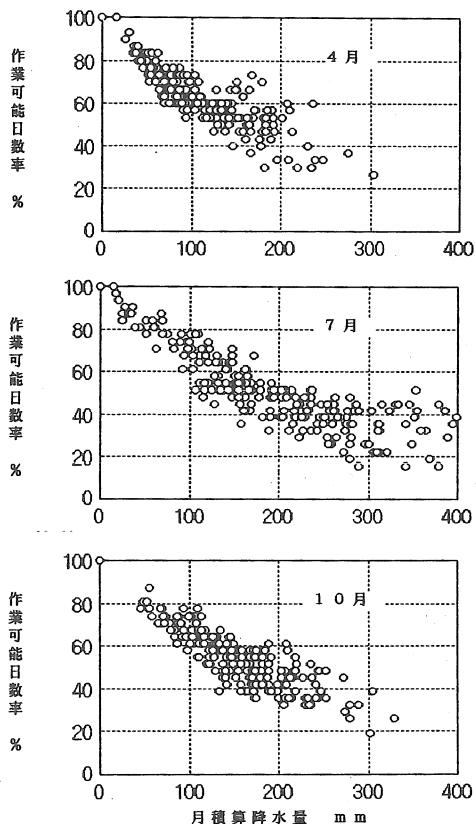


図2 月別の作業可能日数率と月積算降水量の関係(耕起, 10年間, 全アメダス地点)

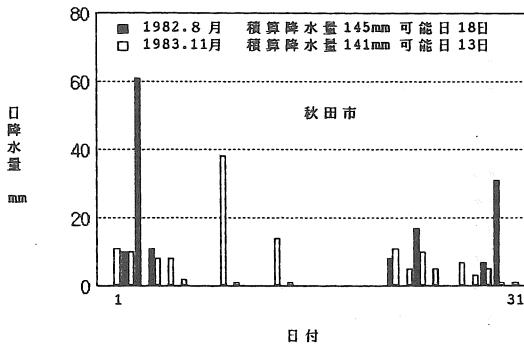


図3 降雨状況と作業可能日数率(秋田市)

につき約20%（日数にして6日）づつ減少する結果であった。いずれの月も可能日数率は降水量にはほぼ比例して減少するが、降水量が多い場合に変動幅が大きい傾向がある。その理由は、図3に示すように同じ程度の月積算降水量であっても、雨の降り方によっては可能日数率に

差が出るためであり、正確を期す場合は日降水量の月変動を考慮する必要がある。しかし、図4に月積算降水量と日降水量の月内標準偏差の関係を10年分示したが、変動の激しい降雨のケースはあまり多くはなく、平年値的な可能日数率を推定する場合は無視できると考えられた。

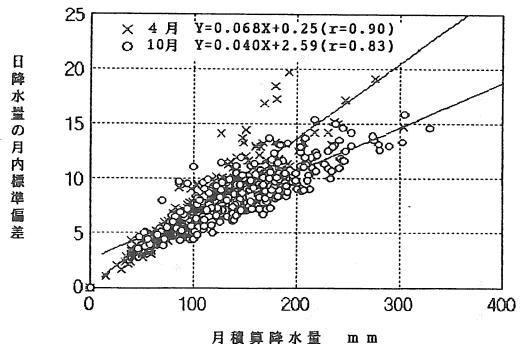


図4 月積算降水量と日降水量の月内標準偏差の関係(全アメダス地点, 10年間)

図5は地点別に可能日数率と月積算降水量の関係を示した例であるが、傾向も変動幅も月別にみた場合とほとんど同じであった。

以上の結果、平年値的な可能日数率は月積算降水量を変数とした一次回帰式で推定できると考えられた。ただし、月別、地点別に詳細に検討すると傾向に若干の違いがあり、さらに検討を要する点もある。表4は全地点の月別作業可能日数率と月積算降水量の相関係数の一覧であるが、地点別にみると、角館、田沢湖、矢島など山間部は相関の高い月($r \geq 0.8$)が若干少なく、月別では5月と9月に相関の低い地点が多いなど、一次回帰式では推定精度が低い場合も想定される。今後の課題として、山間部など地形的に特異な地域については、二次回帰など詳細な検討も必要と考えている。

3) 作業可能日数率メッシュ情報の試作と利用

今回は平年値の推定という前提で、可能な限り少ない回帰式で全県を網羅するため、農林事

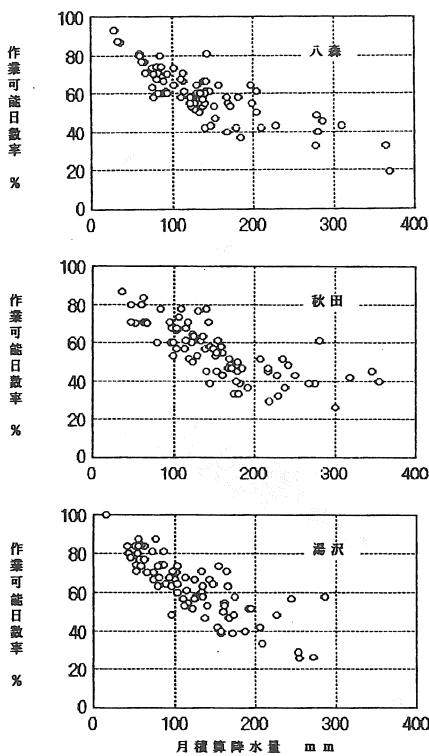


図5 地点別の作業可能日数率と月積算降水量の関係（耕起，10年間，4月～10月）

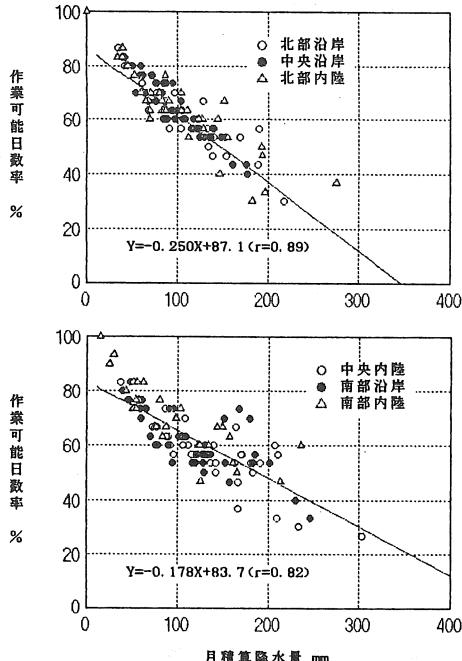


図6 県北、県南に地域区分した場合の作業可能日数率と月積算降水量の関係

務所単位など地域区分して回帰式の適合性を検討した。最終的には、図6に示すように県内を北部、南部にほぼ二分した回帰式で可能日数率メッシュ情報を試作した。ただし、今回の試作では県南の推定精度は県北に比べて若干悪いと推察されたほか、一次回帰であるため、図6でもわかるように、降水量の少ない場合の可能日数率が10%程度低めに推定される問題が残った。

図7は自脱コンバインによる水稻収穫を対象とした可能日数率の試作メッシュ情報から、国土地理院製・国土数値情報を利用して水田メッシュのみを抽出し、農林事務所毎の可能日数率の分布を求めたものである。地域の平均でみると56%～67%であり、地域差も10%（3日）程度と余り大きくはない。また、これらの値は

表4 月別作業可能日数率と月積算降水量の相関係数（_____は相関係数0.8以上）

地 点 名	地 区 域 分	耕起										水 稻 收 穫
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	
八森	北部沿岸	0.903	0.790	0.903	0.902	0.816	0.792	0.759	0.881	0.866	0.846	0.842
能代	〃	0.867	0.811	0.925	0.887	0.879	0.773	0.846	0.846	0.846	0.846	0.846
鷹巣	北部内陸	0.884	0.773	0.945	0.778	0.881	0.736	0.707	0.846	0.846	0.846	0.846
大館	〃	0.847	0.722	0.924	0.838	0.869	0.859	0.775	0.873	0.873	0.873	0.873
毛内	北部山間	0.910	0.668	0.960	0.643	0.867	0.823	0.800	0.851	0.851	0.851	0.851
湯沢	〃	0.815	0.750	0.930	0.885	0.899	0.681	0.848	0.961	0.961	0.961	0.961
八幡	〃	0.909	0.816	0.974	0.865	0.902	0.676	0.930	0.896	0.896	0.896	0.896
男鹿	中央沿岸	0.907	0.838	0.899	0.854	0.911	0.687	0.902	0.910	0.910	0.910	0.910
大潟	〃	0.959	0.867	0.955	0.742	0.691	0.820	0.898	0.924	0.924	0.924	0.924
五城	〃	0.912	0.876	0.931	0.864	0.809	0.900	0.849	0.883	0.883	0.883	0.883
阿仁	中央内陸	0.909	0.643	0.863	0.834	0.831	0.616	0.801	0.837	0.837	0.837	0.837
秋田	中央沿岸	0.909	0.665	0.816	0.748	0.911	0.857	0.871	0.920	0.920	0.920	0.920
岩見	中央山間	0.981	0.689	0.821	0.819	0.796	0.942	0.902	0.892	0.892	0.892	0.892
角館	〃	0.896	0.785	0.785	0.939	0.841	0.497	0.896	0.888	0.888	0.888	0.888
田沢	〃	0.628	0.695	0.745	0.766	0.844	0.498	0.786	0.807	0.807	0.807	0.807
大正	南部内陸	0.919	0.744	0.803	0.964	0.872	0.956	0.956	0.971	0.971	0.971	0.971
大曲	〃	0.938	0.508	0.779	0.944	0.880	0.758	0.929	0.957	0.957	0.957	0.957
本荘	南部沿岸	0.465	0.576	0.863	0.950	0.818	0.838	0.888	0.921	0.921	0.921	0.921
東由利	〃	0.791	0.646	0.859	0.871	0.921	0.422	0.740	0.892	0.892	0.892	0.892
横手	南部内陸	0.785	0.814	0.802	0.931	0.914	0.634	0.888	0.780	0.780	0.780	0.780
會津	南部沿岸	0.842	0.740	0.809	0.941	0.704	0.890	0.878	0.937	0.937	0.937	0.937
矢島	南部山間	0.696	0.583	0.908	0.888	0.948	0.495	0.785	0.804	0.804	0.804	0.804
湯沢	南部内陸	0.843	0.520	0.812	0.960	0.786	0.609	0.865	0.850	0.850	0.850	0.850
湯岱	南部山間	0.629	0.801	0.875	0.917	0.841	0.850	0.549	0.683	0.683	0.683	0.683

表3に示す従来の目安(65%)とも大きな違いはなかった。しかし、その内容は北部山間地の北秋田地方や南部内陸部の雄勝地方が平均値±3~4日の範囲に広く分布するのに対し、他の地域は比較的分布が集中しているなどの地域的な特徴が見られた。

以上のように、作業可能日数率のメッシュ化が可能となれば、従来は全県一律に平均的な数值で代表するか、または、近傍のアメダス地点の値を推定して利用した場合に比べて、より的確な機械導入計画や営農計画が可能となると考えられる。また、多くの県では既にリアルタイム降水量メッシュ情報システムも運用されている¹⁾ことから、平年値と組合せることによって、農機利用分野におけるメッシュ情報の利用場面もさらに広がると期待される。

本研究も最終的には狭い地域での農機の融通システムの構築を展望している。農機の融通については、例えば、水稻収穫期が異なる新潟県と秋田県のような遠隔の地域間でコンバインを対象に一部導入されている。同一県内の場合は、作期や天候が大きく違わないという認識から「融通」という考え方は生れていない。しかし、作期や気象条件の詳細な地域特性を明らかにし、リアルタイムな農機融通システムを開発することによって、同一県内であっても地域間融通が成り立つ可能性がある。

4. おわりに

月積算降水量から月別作業可能日数率を推定する手法を検討して作業可能日数率(平年値)のメッシュ化を試み、次の結果を得た。

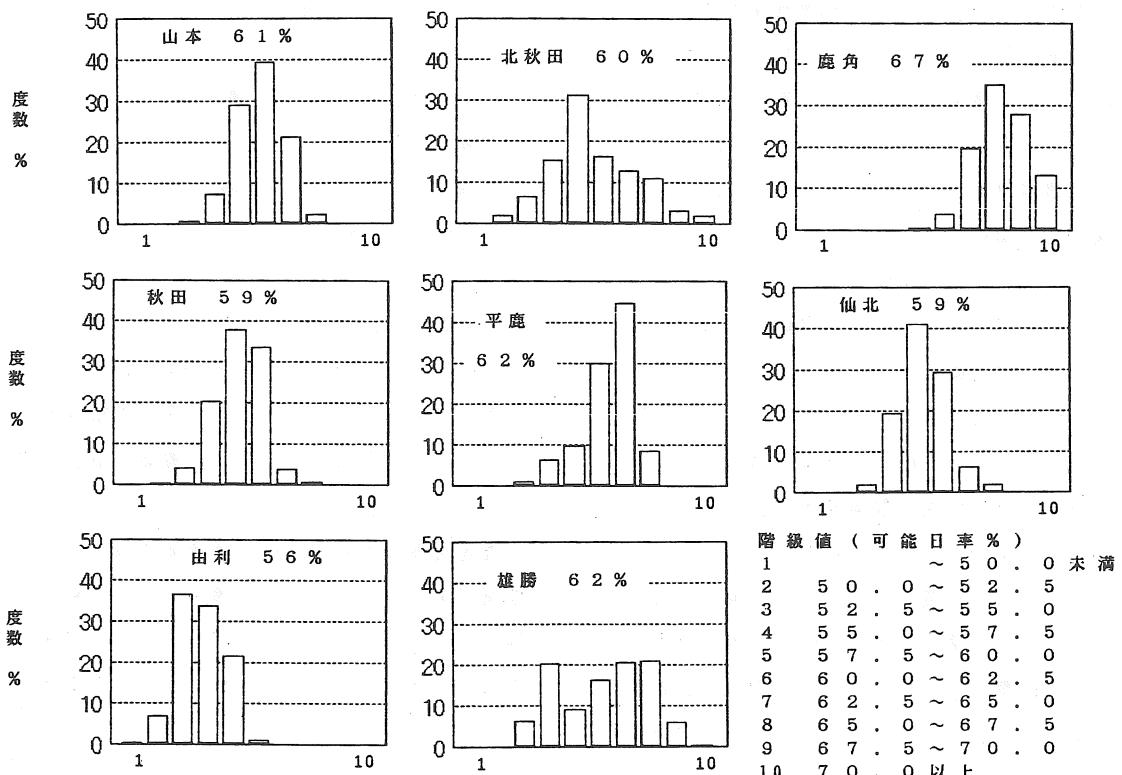


図7 農林事務所別の可能日数率分布

(10月, 水稻収穫, 水田メッシュのみ)

- 1) 秋田県内24カ所のアメダスの10年間(1978-1987)の日降水量から求めた可能日数の平均値は、秋田市の気象値を基準とした従来の値より2~4日少ない程度で大きな差はなかったが、地点別、年別の変動は大きかった。
- 2) 同一年であっても地点によって、可能日数率で最大30%程度（9日）の差があった。また、同一地点における10年間の可能日数率も30%~40%（12日）の差があった。したがって、平均的な可能日数率を利用する場合も、平均値±20%（日数にして6日）の幅があることを念頭におく必要があると推察された。
- 3) 各地点相互の可能日数率の相関係数は0.9~0.5の間に分布するが、アメダス地点間距離が50kmで相関係数0.7（決定係数0.49）程度となり、近傍のアメダスデータの流用には精度的な限界がある。より的確な機械導入計画などには可能日数率のメッシュ化が有効と思われる。
- 4) 月別作業可能日数率は月積算降水量を変数とする一次式で回帰できると考えられ、平均的には積算降水量100mmにつき可能日数率が20%減少する傾向であった。
- 5) 10年間の日降水量をもとに、地域区分しながら月別に可能日数率と月積算降水量の回帰式を求めて適用範囲を検討し、秋田県をほぼ南北に二分した推定式で可能日数率のメッシュ情報を試作した。その結果、従来明確でなかった農林事務所毎の可能日数率分布の違いなどを明らかにする手がかりが得られた。

今回は、降水量によってのみ作業可能日を判定したが、作業の可否は土性や排水の良否によっても影響されることから、地力保全調査などによって整備されている土性や地下水位情報のメッシュ化を行い、これらの情報を加味して推定精度を高めたいと考えている。

参考文献

- (1) 山田一茂:農業気象情報とシステム化について、-自治体における動向分析-, 農業情報研究, Vol. 2(1), 1-15, 1993.
- (2) 原薦芳信ほか:農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用[1]~[12], 農業および園芸, Vol. 65(7)~Vol. 66(6), 1991~1992
- (3) 荒川市郎:福島県における降水量からみた作業期間の地域的特徴, 農機学会東北支部報, No. 36, 113-115, 1989.
- (4) 小森盛:水稻作業における気象条件等の影響について, 第1報 春作業における作業制約, 農作業研究, Vol. 21(2), 35-42, 1986.
- (5) 小森盛:水稻作業における気象条件等の影響について, 第2報 防除・収穫作業における作業制約, 農作業研究, Vol. 21(3), 1-7, 1986.
- (6) 農作業研究会:新版 農作業ハンドブック, 農林統計協会, 382, 1987.
- (7) 農業技術研修会:農業機械導入利用と安全管理, 44, 1984.

[閲読者コメント] アメダスデータの農機関係への利用という面で非常に興味深い研究である。今後は農家段階までリアルタイムで各種情報が伝達できるようなネットワーク構築が望まれます。

[著者回答] 本研究は秋田県農業情報システム整備事業（こまちネット、運用中）への協力を契機に始めたものです。リアルタイムなアメダス情報の加工システムへ利用できるよう研究を続けたいと考えております。

トラクタ作業性能計測システムの開発（第2報）

－分散処理によるデータ計測・解析システム－

大下泰生*・伊澤敏彦*・屋代幹雄*・雁野勝宣*・武田純一**・鳥巣 誠**

Development of Tractor Field Performance Measurement System (Part 2)
— Data Acquisition and Analysis System with Distributed processing Units —

Yasuo OHSHITA*, Toshihiko IZAWA*, Mikio YASHIRO*, Katsunobu GANNO*,
Junichi TAKEDA**, Ryo TORISU**

Abstract

A tractor-mounted, data acquisition and analysis system with distributed processing units was developed for monitoring the power input to implement. The sub-computer unit measures drawbar pull, ground speed, PTO torque and PTO speed, and transmits the measured data to the host computer unit by a serial interface cable. The host computer unit records the measured data to floppy disk, and displays the calculated data on a monitor. The system was tested to measure some implements working condition operated in the field. The performance data of the implements could be quickly and easily collected in the field. The performance and handling of the system were satisfactory.

Keyword: Tractor, Drawbar power, PTO power, Measurement system, Distributed Processing System

1. はじめに

ロータリやプラウ等のトラクタ用作業機の性能を精度良く迅速に計測するために、けん引力やPTO軸所要動力等を総合的に計測するシステムの開発が必要である。第1報では、トラクタの3点リンクと作業機との間に計測用の枠を取り付け、けん引力を直接測定する3点リンクダイナモを試作し、荷重変換器の出力特性を調査した。さらにPTO軸の伝達動力や走行速度を検出する測定器を使用し、データレコーダーを用いて計測出力信号を記録して、作業機の性能を解析する計測システムを開発した。

一方、コンピュータ技術の発展により携帯用

パソコンや多機能のボードコンピュータが市販されるようになり、トラクタなどの移動車両に容易に搭載できるようになった。

そこで、本報では、複数のコンピュータを使用し、計測出力信号の収集・変換はサブコンピュータに、データの記録・解析はホストコンピュータに処理を分割し、迅速に効率よく計測・解析を行う分散処理方式による計測システムを開発したので、その概要を報告する。

なお、ソフトウエアは主として中井明紀氏（平成4年3月岩手大学農学部卒）が開発し、著者が改良した。ここに記して謝意を表する。

* 農林水産省東北農業試験場 ** 岩手大学農学部

2. 計測システムの概要

試作した計測システムは、①検出部（3点リンクダイナモ、PTO軸トルク変換器、PTO軸回転検出器、レーダードップラ式速度計）、②変換部（ストレインアンプ、F/V変換器、サブコンピュータ）、③記録・解析部（ホストコンピュータ）により構成される。システムの概略を図1に、検出部に使用した荷重

変換器、測定器の特性・検出精度を表1に示す。試作した3点リンクダイナモの構造および荷重変換器の出力特性等は第1報で詳細を記述しているのでご参照いただきたい。

検出部を構成する各測定器は図1に示すように、まず3点リンクダイナモをトラクタの3点リンクと作業機の間に装着し、PTO軸トルク変換器およびPTO軸回転検出器をトラクタPTO軸とユニバーサルジョイントの間に装着した。レーダードップラ式速度計は電磁波の反射波のドップラ効果を利用して走行速度を非接触で計測するもので、取付金具を介してトラクタ側面に装着した。使

用した速度計は電磁波の放射方向を地表面水平角37度に取り付けるよう指定されており、角度が変化すると測定値に影響する。特に、機体の振動やピッキングによる影響を抑制するためにトラクタの重心位置の近傍に取

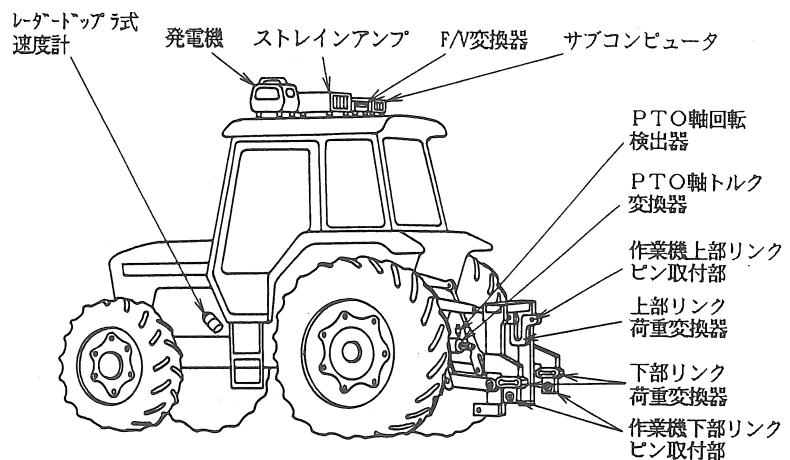


図1 計測システム概略図

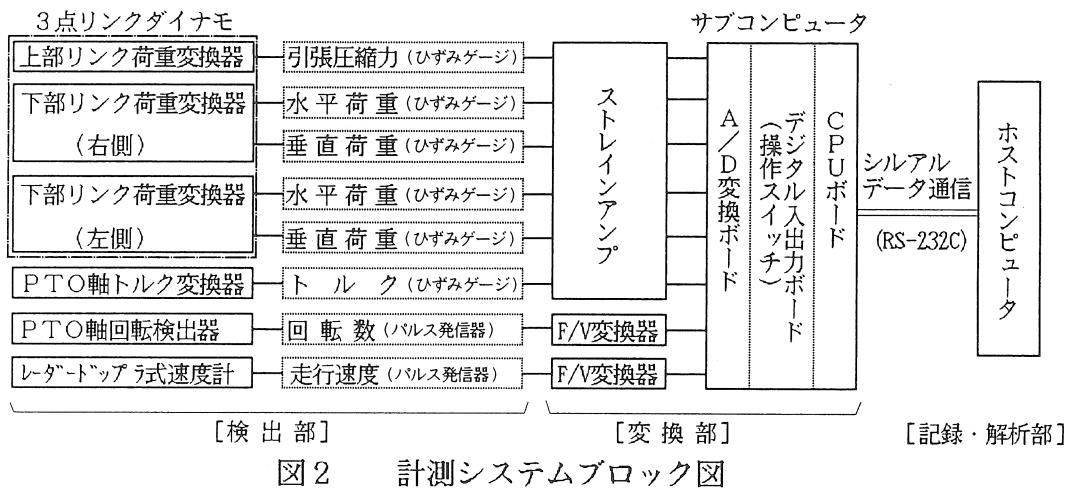
り付けることが望ましく、今回は前輪タイヤと後輪タイヤとの間のスペースにあるキャビン乗降用ステップに取り付けた。

変換部を構成するストレインアンプ、F/V変換器、サブコンピュータ、および電源用の携帯用発電器はトラクタキャビンの屋根上に取り付けた。

記録・解析用のホストコンピュータには当初デスクトップ型コンピュータを使用し、これを地上に設置して、データ転送にワイヤレス型通信装置を使用した。しかし伝達距離が20m程度と短く、大区画圃場での計測が困難であった

表1 検出部の出力特性

測定項目	検出方法	定格容量	出力感度	非直線性(%)	ヒステリシス(%)
上部リンク引張圧縮荷重	ひずみゲージ式荷重変換器	5.88kN (600kgf)	4.80N/μ (0.490kgf/μ)	3.3	3.1
下部リンク水平荷重(左)	ひずみゲージ式荷重変換器	7.85kN (800kgf)	9.60N/μ (0.978kgf/μ)	2.7	2.2
下部リンク水平荷重(右)	ひずみゲージ式荷重変換器	7.85kN (800kgf)	10.01N/μ (1.020kgf/μ)	5.4	4.9
下部リンク垂直荷重(左)	ひずみゲージ式荷重変換器	4.90kN (500kgf)	15.8N/μ (1.61kgf/μ)	1.1	3.3
下部リンク垂直荷重(右)	ひずみゲージ式荷重変換器	4.90kN (500kgf)	15.6N/μ (1.58kgf/μ)	1.0	2.4
PTO軸トルク	ひずみゲージ式トルク変換器	1.18kN·m (120kgf·m)	0.369N·m/μ (0.04kgf·m/μ)	0.1 (メカ-値)	0.1 (メカ-値)
PTO軸回転速度	パルス発信式回転検出器	0~1000rpm	120パルス/rev	—	—
走行速度	レーザードップラ式速度計	0.2~5m/s	1.26パルス/cm	—	—



ため、携帯型パソコンを使用してトラクタに搭載し、有線式のシリアルデータ通信ケーブル(RS-232C)を介してサブコンピュータと接続した。

3. ソフトウェアの概要

計測システムのブロック図を図2に示す。試作した計測システムは、検出部の出力を収集・変換するサブコンピュータと計測データの記録・解析を行うホストコンピュータの2つのコンピュータを使用したことを特徴とする。処理内容によって役割を分割する分散処理システムにより、各コンピュータの処理量を軽減し、処理速度を向上させるとともに、それぞれのコンピュータの制御または解析プログラムを単純化することができる。さらにサブコンピュータを複数化して計測項目を増やすようなことも容易で、システムの柔軟性が高い。

サブコンピュータにはZ80CPUを使用したシングルボードコンピュータを中心に、A/D変換ボード(12ビット、8ch)×2枚、デジタル入出力ボードを使用した。制御プログラムはROM

(読み出し専用メモリ)に書き込まれており、電源を投入すると自動的に起動する。サブコンピュータは起動するとまず最初にホストコンピュータからのサンプリング間隔指定コマンドの入力待ち状態になる。サンプリング間隔は1, 2, 3, 5, 10, 30, 60, 120, 300, 600秒の10段階ある。次に計測開始コマンドの入力待ち状態になり、このコマンドを受け取ると、以後指定された時間毎に検出部からの出力信号をデジタル値に変換し、ホストコンピュータに転送する。なお、デジタル入出力ボードにはON-OFFスイッチが接続されており、手動で計測・停止の操作を行うことができる。

表2 システムパラメータファイルの内容

No.	項目	オフセット	較正 電圧	較正 電圧	較正 値	較正 係数	単位	備考
0	FLV	0.015	1.936	500	2.056000	kgf		; 下部リンク左垂直荷重
1	FLH	0.020	2.021	1000	0.874000	kgf		; 下部リンク右水平荷重
2	FRV	0.020	2.004	500	1.716000	kgf		; 下部リンク右垂直荷重
3	FRH	0.015	2.034	1000	0.864000	kgf		; 下部リンク右水平荷重
4	TOP	0.017	2.041	1000	0.407900	kgf		; 上部リンク荷重
5	PTOT	0.029	1.987	1000	0.037630	kgf·m		; PTO軸トルク
6	PTOS	-0.002	0.998	1000	0.500000	rpm		; PTO軸回転数
7	FWD	0.115	1.115	100	0.007680	m/s		; 走行速度
8	MGX	0.0	1.0	1	1.0	V		; 地磁気センサX軸出力
9	MGY	0.0	1.0	1	1.0	V		; 地磁気センサY軸出力
10	HPRS	0.0	2.0	1000	1.0		kgf/cm ²	; 油圧外部取出圧力
11	HFLW	0.0	2.0	1000	1.0		l/m	; 油圧外部取出流量
12	NONE	0.0	1.0	1	1.0	none		; 予備
13	NONE	0.0	1.0	1	1.0	none		; 予備
14	NONE	0.0	1.0	1	1.0	none		; 予備
15	NONE	0.0	1.0	1	1.0	none		; 予備

表3 計測データファイルの内容

年月日	時分秒	インデックス	計測データ
92/09/22	10:28:15	ZERO	*00806*10807*20808*30806*40807*5080C*607F#*7082#*068A*90611*A05A0*80557*C0560*D0550*E054B*F053E
92/09/22	10:29:18	CAL	*00818*1083A*20834*30840*40842*5082D*608BB*7082F*806C3*9061D*A05B0*8056B*C0582*D0571*E055F*F0551
92/09/22	10:56:50	LUM4	*00867*1090A*20859*308BF*40804*5080D*608B4*70AFB*806A5*905F2*A0582*B0538*C054B*D053B*E0528*F0519
92/09/22	10:56:53	LUM4	*00869*1091E*20859*30917*40804*5080E*608B5*70AD1*A06EE*90568*A05C*E058A*50C5*2D0528*B0545*E0542*F058A
92/09/22	10:57:29	LUM6	*00874*108C6*2084B*3088B*40830*5080F*608A4*70AD1*8065B*9060B*80549*8054F*C0564*D0552*E053F*F052E
92/09/22	10:57:32	LUM6	*00852*10928*2086A*3092B*40803*5080D*609AC*70C01*806F3*905E5*A05F3*B0581+C05CC*905B6*E05AB*F0593
92/09/22	10:57:35	UMB	*00884*1091F*2086D*3091A*40804*5080C*6098B*70C15*806C9*9066E*A0608*B05C8*C059*E05DC*D05CA*F0582
92/09/22	10:57:38	UMB	*00850*10902*20857*30901*40804*5080D*6098B*70C06*80700*D0672*90654*B055D*504F*D05E6*E05D54*F0580

サブコンピュータの外形寸法は幅25×高100
×奥行15(cm)と小型で、AC100V電源で
駆動される。

ホストコンピュータは携帯型パソコン（8086系CPU）を使用し、測定データの保存（フロッピーディスク）、各種データの演算および画面表示を行う。測定項目には3点リンクの荷重・PTO軸トルク・PTO軸回転数・走行速度の他に、トラクタ走行方向検出のための磁

気方位センサ出力、トラクタ油圧外部取り出しを使用する作業機の所要動力測定のための圧力・流量などがある。それぞれの測定項目に対して次の式で実際の荷重・トルク・速度等を求めた。

$F = K \cdot C_a (V - V_0) / V_c$

F : 求める荷重・トルク・
速度等

K : 較正係數

Ca · 較正值

V · 測定電圧

V_0 ：オフセット電圧

V_C ：較正電壓

これらのパラメータはシステムパラメータファイルに記録してあり、プログラム起動時に読み込むとともに、設定値変更メニューで修正することもできる。システムパラメータファイルの内容を表2に示す。

井プロコンピュータお上げホス

トコンピュータの操作手順は次のとおりである。

- ①ホストコンピュータの記録解析プログラムを起動する。
 - ②サブコンピュータの電源を投入し、ROMプログラムを起動する。
 - ③サンプリング間隔を選択し、ホストコンピュータからサブコンピュータに指定コマンドを転送する。
 - ④ホストコンピュータからサブコンピュータ

④ホストコンピュータからサブコンピュータ

UNIT: LOAD・POWER		* * * * * * * * * * * * * * * *						DATE: 92/09/22	
PRINT OUT: OFF		* ラクタ用作業機験力測定試験 *						TIME: 11:24:11	
DATA OUTPUT: OFF		* * * * * * * * * * * * * * * *						FILE: DY_RUN1.DAT	
No.	INDEX	左水平 右垂直 左垂直 右垂直	右水平 トップ リンク垂直荷重 (N)	トッ けん引 走行速度 (m/s)	引 動力 (N)	PTOトルク PTO回転	PTO動力子備 PTO回転	PTOトルク PTO回転	PTO動力子備 PTO回転
49	RR6	2.96 194.27	10.22 85.51	-2.92 279.78	16.10 	1.15 	0.25 	-0.32 501	-0.22 -0.58 -0.91
50	RR6	599.50 266.86	615.86 84.47	-3.41 351.33	1218.77 	1.08 	17.57 	0.10 484	0.07 -0.58 -0.91
51	RR6	991.20 336.87	930.09 182.86	-2.92 499.73	1924.21 	0.84 	21.52 	0.10 469	0.06 -0.58 -0.91
52	RR6	689.18 159.27	687.42 154.50	-2.92 313.77	1378.52 	0.87 	15.98 	0.38 477	0.25 -0.58 -0.91
53	RR6	678.68 148.90	665.64 155.54	-2.92 304.44	1347.24 	0.96 	17.21 	0.24 483	0.16 -0.58 -0.91
54	RR6	643.84 137.23	662.53 133.59	-2.92 270.82	1309.29 	0.97 	16.91 	0.19 484	0.13 -0.58 -0.91
55	RR6	696.63 141.12	667.72 145.09	-2.92 286.21	1367.26 	0.92 	16.83 	0.10 482	0.07 -0.58 -0.91
56	RR6	680.79 132.04	691.57 143.00	-2.92 275.04	1375.28 	0.87 	16.00 	0.10 479	0.07 -0.58 -0.91

図3 ホストコンピュータ画面 (MK S単位系)

UNIT: LOAD・POWER		* *						DATE: 92/09/22	
PRINT OUT: OFF		* ト ラ ク タ 用 作 業 機 構 力 測 定 試 験 *						TIME: 10: 29: 39	
DATA OUTPUT: OFF		* *						FILE: DY920922.DAT	
No.	INDEX	左水平 左垂直 右垂直	右水平 右垂直 左垂直	トップ引 リング 垂直荷重	走行速度 (m/s)	けん引 力	けん引 力	PTO回転 PTO回転	PTOトル PTOトル
9	CAL	2.017 1.934	2.031 2.002	2.036		0.115		1.985 0.457	-0.77 -1.18
10	CAL	2.021 1.936	2.034 2.007	2.041		0.115		1.987 0.459	-0.63 -0.98
11	CAL	2.021 1.936	2.034 2.007	2.041		0.115		1.987 0.457	-0.61 -0.94
12	CAL	0.017 0.015	0.015 0.020	0.017		0.117		0.029 0.454	-0.61 -0.94
13	CAL	865.56 1021.35	857.50 849.61	405.70 1870.96	1317.36 1318.40	-0.00 -0.00	-0.00 -0.00	37.09 227	11.77 -0.60
14	CAL	865.56 1020.05	858.53 849.61	405.70 1869.66	1318.40 1869.66	-0.00 -0.00	-0.00 -0.00	37.09 231	11.96 -0.60
15	CAL	-0.20 -1.48	-0.15 -0.20	0.02 -1.68	-0.37 -0.00	-0.00 0.00	-0.00 0.01	0.01 0.00	0.00 -0.60
16	CAL	865.56 1018.76	857.50 840.61	405.70 1989.26	1317.36 1869.66	-0.00 -0.00	-0.00 -0.00	37.09 229	11.83 -0.60

図4 ホストコンピュータ画面（電圧表示）

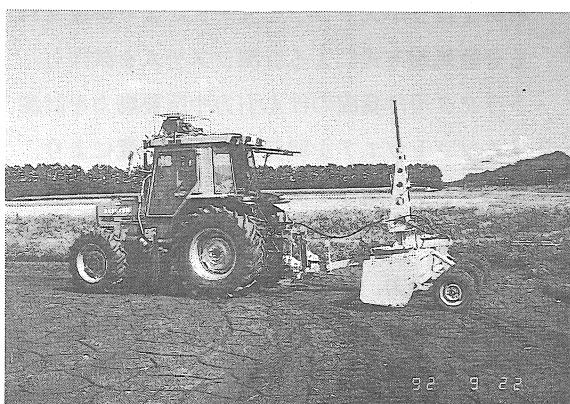


図5 計測作業風景（圃場均平機）

1-2-3等)で読み込むことも可能である。

4. 作業機動力測定試験

トラクタ（機関出力58kW{79PS}）に3点リンクダイナモを介して圃場均平機（けん引式、作業幅3.2m）を装着し、作業性能を測定し、計測システムの操作性・取扱性を調査した。供試圃場は湛水代かき後、作付けを行わず落水した水田で、この圃場の凹凸を均平にする作業を行い、けん引力およびけん引所要動力を測定した。

5. 試験結果

1) 圃場均平作業時のホストコンピュータ画面の一例を図3に示す。この計測システムにより各種データが即座に画面に表示され、リアルタイムで測定値や作業状態のモニタリングが可能となった。けん引力や垂直荷重は総合値とともに、左右の下部リンクおよび上部リンクについて個別に表示され、詳細なモニタリングが可能となった。また、けん引所要動力およびPTO軸所要動力については数値とともに棒グラフでアナログ的に表示するため、動力の変動具合を容易に観察でき、視認性が向上した。

表4 所要動力測定例

作業機	堆肥条施機	心土破碎ロータリ	床締め代かき機	圃場均平機
作業機諸元 全長(m) 全幅(m) 全高(m) 質量(kg) 3点リンク	4.16 1.87 1.98 1040 カテゴリ I	2.30 1.84 1.78 550 カテゴリ I	1.39 2.97 1.35 600 カテゴリ II	3.00 3.20 2.50 820 ドローバ
作業速度(m/s)	0.61	0.66	0.27	0.89
けん引抗(kN) (kgf)	9.4 (809)	2.66 (271)	7.19 (733)	18.87 (1924)
けん引所要動力(kW) (PS)	4.9 (6.6)	1.8 (2.4)	1.9 (2.6)	16.8 (22.9)
PTO軸所要動力(kW) (PS)	0.4 (0.5)	18.7 (24.5)	8.2 (11.1)	—

に計測開始コマンドを送信する。

⑤無負荷時の信号を計測する。

⑥較正信号を計測する。

⑦作業時の信号を計測する。

無負荷時および較正信号の計測は、既定値と変更なければ省略できる。

サブコンピュータからホストコンピュータに転送されるデータフォーマットはヘッダ(*印)とチャンネル番号(0～Fの16進数)および計測値(0000～FFFの16進数)である。ホストコンピュータはこのデータブロックに測定日、測定時間、インデックスを加え、計測データファイルに保存する。さらに、各計測項目毎に較正係数、オフセット電圧などの設定値を計測パラメータファイルに保存する。データを再表示するときは計測データファイルおよび計測パラメータファイルを読み出し、オリジナルデータとパラメータを乗じてけん引力や所要動力を演算する。表3に計測データファイルの内容を示す。

なお、このプログラムにはけん引力や所要動力等の演算値をテキストファイルに出力する機能もあり、このファイルを市販の表計算ソフト（ロータス

2) 本計測システムは初期設定でS I 単位系またはMK S 単位系を選択することができ、異なる単位系表示の要求に容易に対応できる。また、測定中において演算値表示モードと測定電圧を直接表示する電圧表示モードがあり、電圧と演算値を切り換えて画面に表示した例を図4に示す。電圧表示モードは検出部の無負荷時信号計測、較正信号計測時に使用し、ストレインアンプやF/V変換器の0 V調整、出力ゲイン調整を行なうことができ、システムの較正作業の能率が向上した。

3) 圃場均平機を供試した動力測定試験風景を図5に示す。最大けん引力は18.9 k N {1924kgf}、最大けん引所要動力は17 kW {23PS}であった。

これまで計測システムを使用して性能測定を行った作業機の主要な諸元と性能の概要を表4に示す。試作した計測システムは作業機の機体質量1トン程度、けん引力20 k N {2039kgf}、けん引所要動力17 kW {23PS}、PTO軸所要動力19 kW {25PS}まで計測しており、大型の作業機に対しても十分な強度と計測容量を有していることが認められた。また、計測時はトラクタのオペレータがサブコンピュータに接続されたスイッチをON-OFFするだけで容易に計測・停止操作を行うことができるため、取扱いは良好で、一人でトラクタの操縦と計測システムの操作が可能であった。さらに、従来のデータレコーダに記録して後で解析する測定方法に比べて作業能率が大幅に向上した。

6. まとめ

トラクタ3点リンクに装着してけん引力を測定する3点リンクダイナモ、PTO軸の伝達動力および走行速度を測定する測定器等の出力信号を計測するサブコンピュータとデータの記録・

解析を行うホストコンピュータにより構成される分散処理方式による計測システムを試作し、トラクタ用作業機のけん引力や所要動力を計測するソフトウェアを開発した。本装置により、
 1) トラクタ用作業機のけん引力、垂直荷重、走行速度、PTO軸トルク等を直接計測し、けん引所要動力、PTO軸所要動力をリアルタイムでモニタリングすることが可能となった。
 2) 計測作業が省力化され、データの記録・解析までの作業能率が大幅に向上した。

今後は、グラフィックス表示など解析機能の向上と、トラクタ走行方向データの活用による圃場内の位置計測などモニタリング項目の拡大を行いたい。

参考文献

- 1) 岡本嗣男、木谷 収、章 益柱：デジタル無線通信によるトラクタ作業モニタリングシステムについて、農機誌、51(4), p5~13, 1989
- 2) F.D.Tompkins, L.R.Wilhelm : Micro-computer-Based, Tractor Data Acquisition System, Trans. ASAE, 25(6), p1540~1543, 1982
- 3) I.W.Grevis-James, D.R.Devoe, P.D. Bloome, D.G.Batchelder, B.W.Lambert : Microcomputer-Base Data Acquisition for Tractors, Trans. ASAE, 26(3), p692~695, 1983

GPSによる作業機の位置計測法

屋代幹雄*・大下泰生*・伊澤敏彦*・雁野勝宣*

Position Measuring System Using GPS for Farm Equipment

Mikio YASHIRO*, Yasuo OHSHITA*, Toshihiko IZAWA*, Katsunobu GANNO*

Abstract

Position Measuring system using the Global Positioning System(GPS) is developed to determine the location of farm equipment while working in the field.

This system is consisted of the GPS receiver, computers and the Radio Communication System. The collected data from GPS receiver and several sensors by computer on the field machine is transmitted by radio to computer on the fixed station near the field, and then the position of the field machine relative to the fixed station is determined.

Overall positioning accuracy is about 5m. The position coordinates can be utilized to control machine direction and speed and to adjusted for specific field requirements by automatic controls.

This system can be used in many different machines and for many different tasks such as the control system of field machines, the information system of field and crop condition, and the observation system of cattle.

1. 目的

農業機械・施設の高度利用および作業の省力化を図るとともに作物の生産性向上を図るために、作物生育情報、施設内環境情報等を収集し、過去のデータおよび他の関係情報等と比較して総合的に解析し、その結果に基づいて施設設備および作業機・装置を適切に制御し、作物に適した環境を創り出すことが可能なインテリジェント型生産制御システムを開発し、高度な作物生産システムに発展させていく必要がある。

そのためには、圃場作業機の現在位置を正確に把握することが必要であり、コンピュータを中心とした位置認識システムの開発が求められている。

そこで、本研究では最近産業界で普及し始めたG P Sを利用した圃場作業機の位置計測法を検討するとともに、電波を用いた通信シス

テムを開発し、遠隔地で圃場作業機を追跡監視し、必要に応じて作業機の制御も行える作業機の遠隔追跡・制御システムを開発した。

2. 研究方法

1) G P Sを利用した位置計測器とその位置計測性能の検討

G P S（グローバル・ポジショニング・システム：全世界測位システム、汎地球測位システム）とは、高度約20,180kmの6つの円軌道に各4個づつ合計24個配置されたG P S衛星から発射される電波を受信して現在位置を計測できる測位システムである。現在では24時間常に計測は可能となっており、計測装置も小型化し登山、海洋レジャー等やカーナビゲーションに普及し始めている。また、各種建設工事における地盤の測定を始め、地震による地殻変動の計測等科

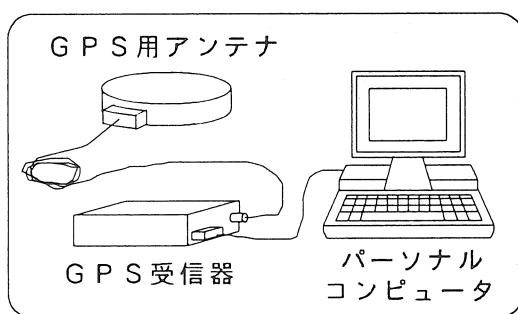


図1 GPS利用による位置計測法

学目的にも利用研究が行われており、今後の研究や技術開発によって、より幅広い分野で実用的に利用されていくと考えられる。

そこで、GPSによる測位システムを農業現場に利用することを検討するためにGPSを利用した位置計測器（以下、GPS位置計測器という）を調査するとともに作業機に設置して、その位置計測性能を検討した。

2) 無線通信システムと作業機の遠隔追跡・制御システムの開発

GPS利用による位置精度を高めるとともに作業機の位置や状態を遠隔地で追跡監視をしな

表1 GPS位置計測器の仕様

	仕 様
アンテナ	Φ100×31(H)
受信器	71(W)×32(h)×109(D)
受信信号	1575.42MHz C/A Code
測定間隔	1秒
インターフェイス	RS-232C仕様
伝送速度	9600bps
出力データ	緯度、経度、高度、速度、方向

がら作業機を制御するために、遠隔地のコンピュータと作業機のコンピュータを無線回線を介して接続する無線通信システムとこれを利用した作業機の遠隔追跡・制御システムを開発した。

3. 結果と考察

1) GPS位置計測器の概要

本研究に供試したGPS位置計測器（N社製）は、GPS用アンテナおよびGPS受信器からなり、アンテナでGPS衛星からの発信されている測位用電波信号を受信し、受信器で演算処理を行い、1秒間に1回づつ計測した位置データ

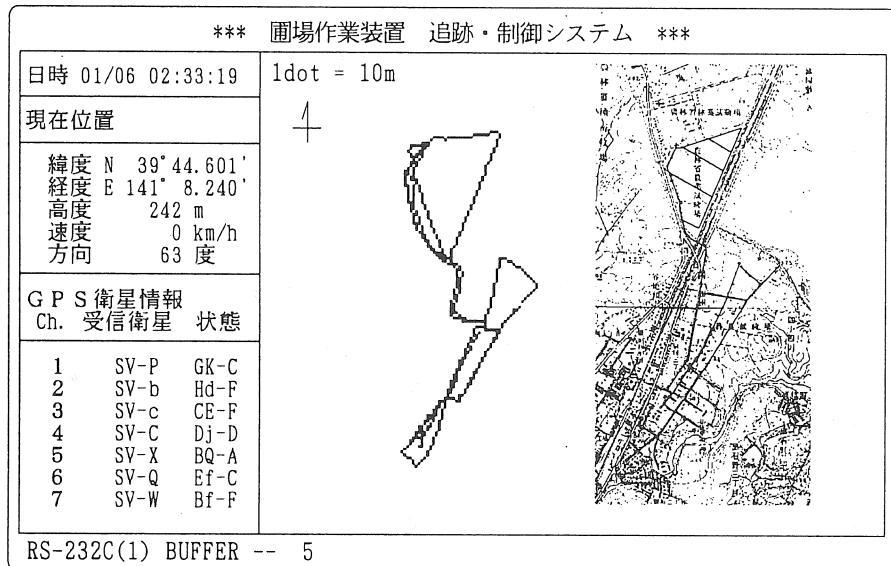


図2 GPS利用による位置計測例

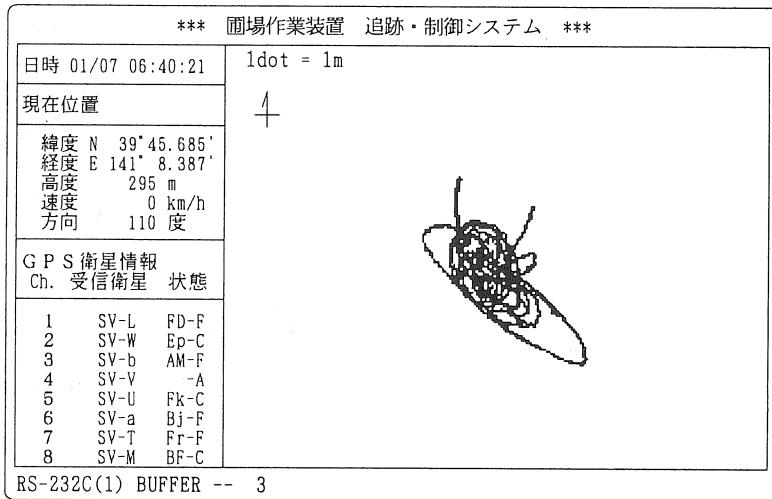


図3 G P S位置計測器の誤差測定例

タ（緯度、経度、高度、速度、方向）をRS232Cを通じて9600 bpsで出力する（図1、表1）。本計測器は、同時に8個の衛星信号を受信処理でき、その中から4個の衛星信号を選択して現在位置の演算処理を行い、データを出力する。

2) G P S計測器の位置計測性能

G P S計測器を作業機上に設置し、作業機を移動させて位置データを計測した結果、位置データは、緯度・経度とも0.001分（距離に換算すると、盛岡においては緯度で約1.8m、経度で約1.4m）まで計測できた。しかし、そばに木や建物があると衛星からの信号が受信できなくなり、大きな位置誤差が生じた（図2）。また、作業機を固定させて、作業機の位置を連続的に計測した結果、位置データは衛星の位置の変化によって変動し、緯度で約50m、経度で約75m程度の誤差が生じた。この誤差は、衛星の移動にともなう演算誤差で、時系列的に変動する（図3）。そこで、もう1台の計測器を用いて、ある点に固定して固定点の位置データの変動を求め、この変動に基づき移動体の位置データを補正すれば移動体の位置誤差は少なくなると考えられる。

3)無線通信システムの概要

開発した無線通信システム（図4）は、1台の固定局用無線送受信装置と2台の移動局用無線送受信装置ならびに各無線送受信装置に接続したコンピュータからなり、各コンピュータ間で無線回線を介してデータ通信を行うことができる（図5、図6）。無線送受信装置は、無線機とモデムからなる（表2）。無線機は車載用無線機をデータの通信と音声の通話の両方が可能なように改良したもので、400MHz帯の周波数を用い、送信出力は2Wである。データの伝送速度は1200bpsで、通信距離は半径5km程度まで可能である。なお、無線の種類は「業務用無線局」に属する。モデムはコンピュータと無線機間のデータ転送を行うもので、図6に示す形式のデータをRS232C準拠の半二重調歩同期方式で1200bpsの速度でデータを伝送する。

4)無線通信システムを用いた遠隔追跡・制御システムの開発

遠隔追跡・制御システム（図7）は、G P S位置計測器2台と当研究室で開発した無線通信システムを組み合わせたもので、無線通信システムの移動局をG P S位置計測器を搭載した作

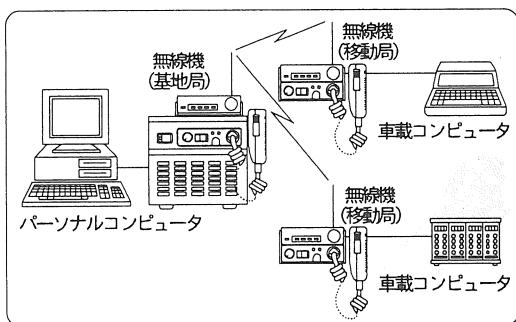


図4 無線通信システムの構成

業機に、基地局を圃場外に設置し、GPS位置計測器により計測した作業機の位置データおよびホストコンピュータからの制御信号を相互に転送することにより作業機の位置を遠隔地から監視し、併せて作業機の制御も可能にしたものである。

4) 無線通信システムを用いた遠隔追跡・制御システムの開発

遠隔追跡・制御システム（図7）は、GPS位置計測器2台と当研究室で開発した無線通信システムを組み合わせたもので、無線通信シス

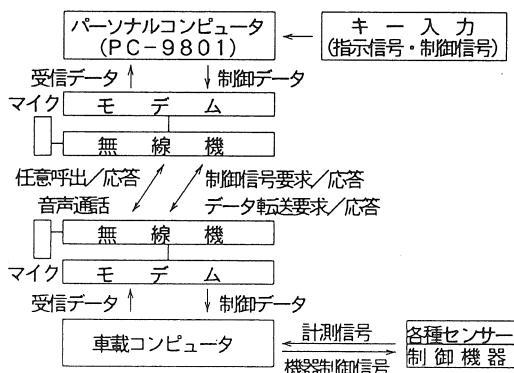


図5 無線通信システムの概要

表2 無線送受信装置の仕様

項目	仕 様
無線機	
通信方式	プレストーク方式
送信出力	2W
周波数帯	400MHz
寸法	99(W)×24(H)×150(D) mm
モデム	
寸法	99(W)×24(H)×180(D) mm
無線機通信方式	MSK方式
無線機通信速度	1200bps
データ伝送方式	RS232C準拠
データ伝送速度	半二重調歩同期方式 2400bps
データ形式	1バイト11ビット構成
共通仕様	
周囲温度	-10~+50°C
電源電圧	13.8V

テムの移動局をGPS位置計測器を搭載した作業機に、基地局を圃場外に設置し、GPS位置計測器により計測した作業機の位置データおよびホストコンピュータからの制御信号を相互に転送することにより作業機の位置を遠隔地から監視し、併せて作業機の制御も可能にしたものである。

遠隔追跡・制御システムの制御プログラムとして基地局側の総合管理プログラムと移動局側の計測・制御プログラムを作成した（図8）。

①総合管理プログラムは、あらかじめ定まった

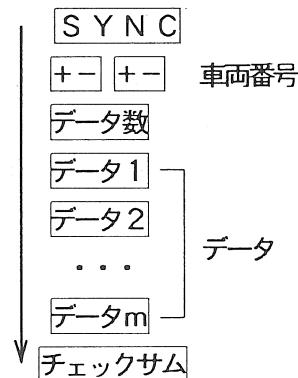


図6 伝送データ形式

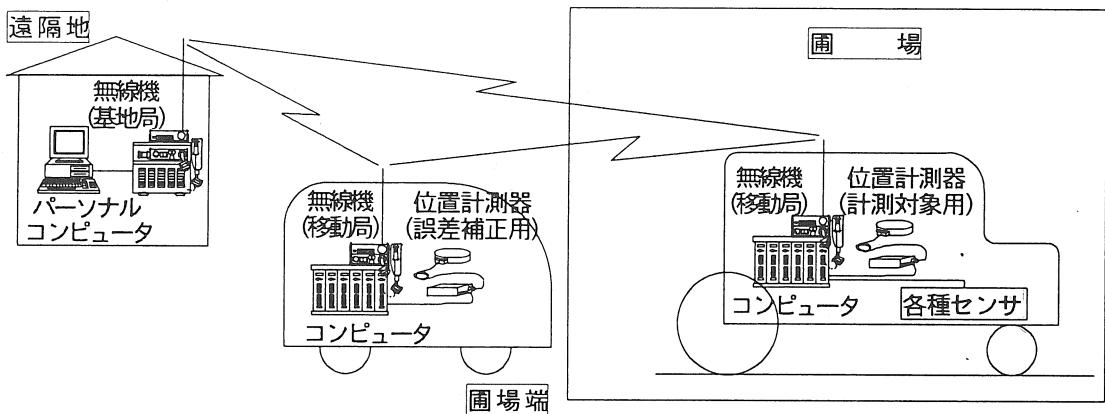


図7 G P S利用による作業機の遠隔追跡・制御システムの概要

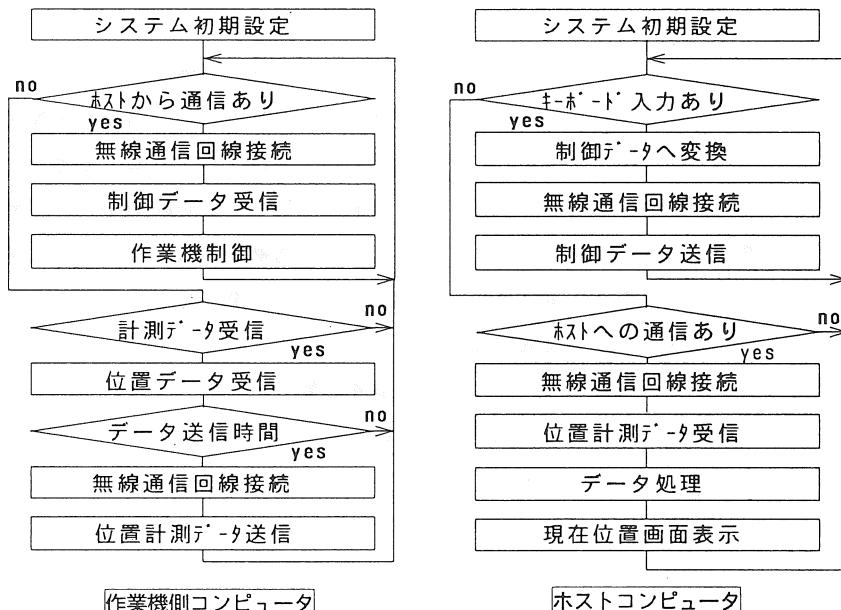


図8 遠隔追跡・制御プログラムのフローチャート

時間に圃場内の移動作業機および圃場端に固定した作業機のコンピュータから送出されてくる作業機の位置データを受信し、両者の位置データで誤差等を補正したのち、ディスプレイに移動作業機の位置を表示し、作業機の移動経路を追跡・監視することができるようにした。また、必要に応じてキーボードから入力した各種装置の制御信号を移動作業機のコンピュータに送出

できるようにした。②計測・制御プログラムは、まずあらかじめ定めたサンプリング時間に、位置センサ（G P S位置計測器）から送出される位置データを基地局コンピュータに送信する。また、異常時には、異常信号を基地局コンピュータに送信する。また、基地局コンピュータから各種制御装置に対する制御信号が送られてきた場合には、その制御信号を対象制御装

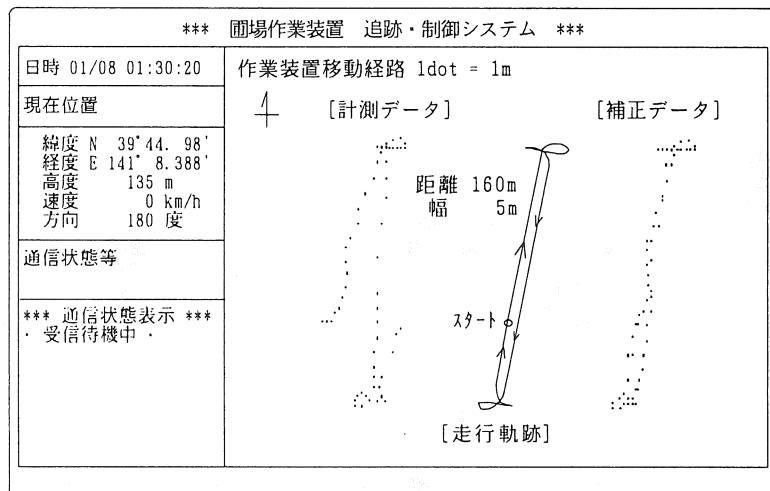


図9 誤差補正による位置計測例

置に送出するようにした。

なお、本プログラムは、BASICおよびC言語を用いて作成した。

本システムを用いて、移動局の1局を作業機上コンピュータに設置し、もう1局を固定点として圃場端のコンピュータに設置し、基地局を遠隔地のコンピュータに設置して、作業機の位置を計測した結果、固定位置の位置データで作業機の位置データを補正することによって、約5m以内の誤差に収めることができた（図9）。

4.まとめ

本研究では最近産業界で普及し始めたGPSを利用した圃場作業機の位置計測法を検討するとともに、電波を用いた通信システムを開発し、遠隔地で圃場作業機を追跡監視し、必要に応じて作業機の制御も行える作業機の遠隔追跡・制御システムを開発した。

GPS位置計測器については、位置精度はまだ不十分であり、すぐに適用できる場面は少なく、実用化のためには他の測位システムとの併用等による精度向上等の研究を進めていく必要がある。しかし、本研究で開発したGPSを利

用した作業機の遠隔追跡・制御システムは、作業機の遠隔計測および制御や複数作業機制御、作業機間同調・協調制御、圃場及び作物の情報収集、放牧牛の動態観測等の研究開発装置として、また圃場利用図・土地利用図等の作成等現場のデータ収集に利用することが可能である。

参考文献

- 1)特集 ナビゲーションシステムとセンサ: センサ技術: VOL.8, NO.1 28-36 1988
- 2)特集 測位システム: センサ技術: VOL.11, NO.1 33-38 1991
- 3) GPS. Rapid solutions for transportation management : Launen K. J.: Surv. Eng.: VOL.119, NO.1 40-49 1993
- 4) GPS -人工衛星による精密測位システム: 日本測地学会編著: 日本測量協会: 1986
- 5) 人工衛星によるカーナビゲーションと精密測量:土屋淳: 道路: NO.615 42-45 1992
- 6) 人工衛星による測位技術: 中園嘉治: 港湾: VOL.68, NO.1 85-87 1991

乗用田植機を利用した小麦・大豆の立毛間播種技術

木村勝一*・持田秀之**・倉本器征*・今園支和**

Establishment the Wheat and Soybean into the Interseeding Technique by using of
Riding-type Transplanter

Shoichi KIMURA*, Hideyuki MOCHIDA**, Noriyuki KURAMOTO*, Sasakazu IMAZONO**

1. 緒言

田畠輪換を軸とする水田輪作体系の確立が水田農業再編の最も重要な課題となり、東北地域では省力的で多収を見込める小麦一大豆2年3作体系の確立が強く求められている。

しかし、東北地域においては、気象的制約から多毛作化の程度は自ずから限定され地域性を伴う。図1には、小麦後作大豆の生育期間の積算気温を基に採り得る作付体系を示した。この図にみられるように、東北地域は、大豆単作地帯(I), 小麦一大豆の2年3作地帯(II・IV), 小麦一大豆の1年2作地帯(III)のおおよそ三地帯に分かれ、秋田県、岩手県を中心に北東北の中南部において小麦一大豆の2年3作地帯が広く存在する。

立毛間播種技術（いわゆる、間作）を導入すれば単作地帯でも小麦一大豆の2年3作体系が可能となり、北東北全域が2年3作体系の対象地域となるが、現状では有効な機械化体系ができていない。

東北農業試験場では、間作の機械化に取り組んできて、今までに間作方式や間作下での小麦、大豆の栽培法について検討し、歩行用管理機体系を開発した。しかし、歩行型であるため、長時間の作業では労働負荷が大きく、大区画圃場における立毛間播種作業には適していないので、乗用田植機の走行部を利用した立毛間施肥

播種機を開発した。

田植機の走行部を汎用利用するメリットは、労働負荷を小さくするとともに、車輪幅の狭さを活かし畦間や条数の設定を容易にし、立毛間播種に有効である。また、1年のうちごく限られた時期にしか使用されない田植機を効率的に利用することは、小麦、大豆のみならず稲作のコスト低減にもつながる。

開発した立毛間施肥播種機の性能と、本機を主体にした小麦一大豆の2年3作体系の実証試験の結果を報告する。

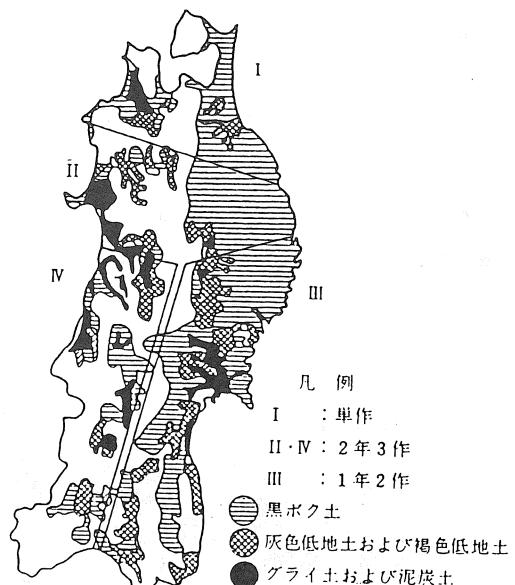


図1 気象条件による小麦・大豆作付体系
の地帯区分

* 農林水産省東北農業試験場, **農林水産省九州農業試験場

2. 試験方法

- (1) 供試圃場：東北農試大区圃場（厨川，多湿黒ボク土），1区 60a 規模
- (2) 供試機械：乗用田植機(Y社ARP5G)に施肥播種機(S社S0-6形)を取付けた立毛間施肥播種機(図2)，自脱型コンバイン(小麦)，大豆用コンバイン，汎用コンバイン他
- (3) 立毛間播種の実証試験

①作付体系：小麦前作大豆—大豆間作小麦—小麦間作大豆の2年3作，前作関係は水田3年—畑作物3年の輪換圃場で畑作物1作作付後の圃場

②供試品種：ナンブコムギ，コユキコムギ(小麦)，フクナガハ(大豆)

③播種期：1作目の小麦前作大豆(前作大豆)は適期の5月中旬に，2作目の大豆間作小麦(間作小麦)は適期の9月下旬に，3作目小麦間作大豆(間作大豆)は晩播となる6月下旬に，それぞれ播種する。

④栽植様式：畦間90cmと75cmの2つの体系を実施，図3に示す。

畦間90cm体系：供試田植機の輪距90cmに合わせた様式で，畦間90cmに前作大豆は1畦に2条，間作小麦は前作大豆の畦間に3条，間作大豆は1畦に2条それぞれ播種した。

畦間75cm体系：慣行の適期播大豆に合わせた栽植様式で，前作大豆を1畦1条栽培，間作小麦と間作大豆は2条に播種する体系とした。1

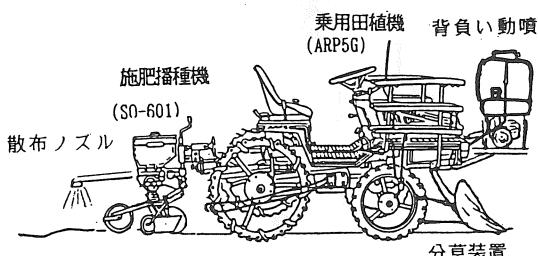


図2 乗用田植機利用立毛間施肥播種機

作目に前作大豆を1条栽培すると管理作業がしやすく，自脱型コンバインによる小麦の収穫は2条刈を行って能率向上が期待できる。

⑤試験実施年次：1989-1992年

3. 試験結果及び考察

- (1) 乗用田植機を利用した立毛間播種機

開発した立毛間施肥播種機は，乗用田植機の植付け部の換わりに市販の施肥播種機を装着し

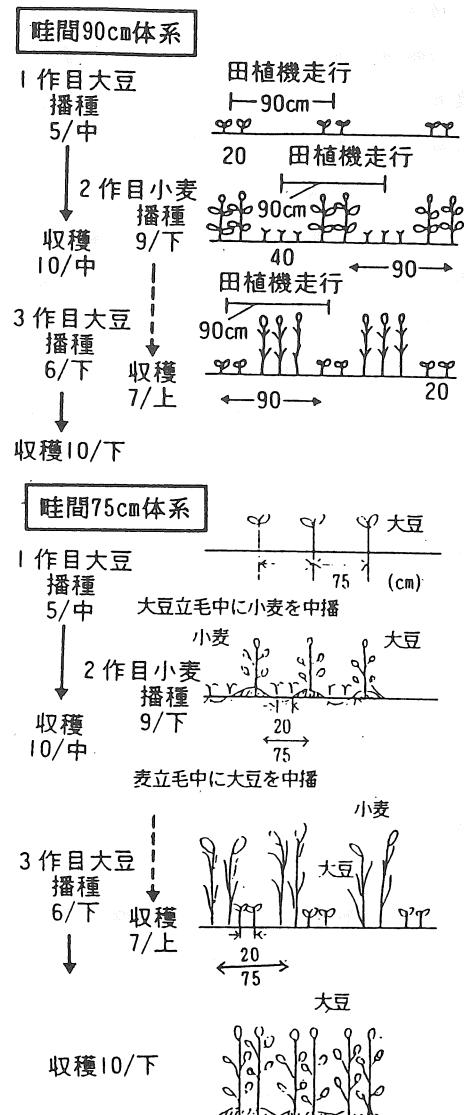


図3 小麦・大豆2年3作体系の作期と播種様式

た。最低地上高が35cmと高く車輪幅が狭いため、条数や畦間が設定しやすく、各種栽植様式への適応性が高かった。

コンパクトにまとめられた大豆・麦兼用ロール繰出し式の施肥播種機を1畦間に1~3ユニット装備でき、立毛中の麦・大豆をまたいで2畦分を施肥播種する。その特徴は、作物の茎葉が折り重なったり、なびいたりしたときでも、円滑な作業ができるように走行部の前部に分草装置を装備した。さらに、施肥播種機の種子と肥料の繰出しをDCモータ駆動にして、小麦・大豆種子の繰出しを安定させている。除草剤散布も同時作業が可能なようにその装置も搭載した(図2)。

(2) 立毛間播種作業

2作目の間作小麦の立毛間播種は、前作大豆の落葉期で、播種適期の9月下旬~10月上旬に行った。播種時には分草装置が有効であった。大豆が落葉前であると乗用田植機に茎葉が絡まり作業が困難となる。落葉後の播種の場合には、播種機の作溝部にデスクコールタを用い落葉した大豆茎葉が絡まないようにした。

3作目の間作大豆の立毛間播種は、小麦収穫予定の2週間前とした。間作期間がこれ以上長くなると、大豆は軟弱で徒長した草型になり、コンバインで小麦を収穫するときに切断されや

すい。また、小麦の稈長が80cm以上では立毛間播種時にやや押し倒し、小麦の収穫時期が7月中旬以降に遅くなると倒伏して作業に支障を与えた。背負い動噴を装備し、播種同時除草剤散布作業を可能にしたが、背負い動噴では薬液の吐出量がやや不足であった。

小麦と大豆それぞれの立毛間播種作業時間はほぼ0.4~0.6hr/10aの範囲であった。9月下旬の大麦間作小麦と6月下旬の小麦間作大豆の播種時に、作物をまたいで作業をしても、田植機の最低地上高は35cmほどで作物の損傷は少ない(表1, 図4)。

乗用田植機を利用した播種機は、利用できる動力が小さいため、畦間は管理機などで中耕を



図4 小麦立毛中の大豆の播種

表1 立毛間播種作業能率

作物	大豆播種(小麦立毛間)	小麦播種(大豆立毛間)
作業幅	1.8m 畦間90cm2条播き	1.5m 畦間75cm2条播き
作業面積	58a	35a
作業時間	2'40'	1'56'41"
作業速度	0.69m/s	0.40m/s
作業能率	0.46hr/10a	0.56hr/10a
小麦稈長	83.5cm	-
大豆主茎長	-	77.9cm

(1991年)

行って土壤を膨軟にして、播種時の作溝覆土を行えることが必要であった。

(3) 間作された小麦と大豆の収穫

前作大豆の収穫は、畦間に播種後約30日の小麦が生育してあるが、コンバインの走行部踏圧は麦踏みに相当する作用なので、圃場両端のコンバインの旋回場所以外は生育収量に影響しなく、大豆用コンバインや汎用コンバインで行った。間作大豆は密植状態で最下着莢位置が21.5 cmと高く、収穫時のコンバイン刈取り損失は少なかった。大豆用コンバインによる収穫は、脱穀損失がやや多く作業能率は0.51hr/10aであった(表2)。汎用コンバインの作業能率は0.25hr/10aであった(表3)。いずれも大豆の茎水分55%以下で汚粒が発生しなかった。

供試したフクナガハはこの品種の特性として

莢先熟の傾向が強く、成熟の進まない水分過湿の莢の立毛割合が10%あって、汚粒発生防止の点からコンバイン収穫時期は降霜後が望ましい。

間作小麦の収穫は、畦間に播種後2週間目頃の大豆があり、コンバインの走行部で踏圧しても支障がないとの報告もあるが、ここでは、できる限り踏圧しない収穫体系とするため走行部の幅の狭い自脱コンバインを用いた(図5、図6)。また、コンバインの後方に切断散布された麦の排稈は雑草を抑える効果があるので、大豆の畦間の土壤表面へ均一に散布することが重要である。ただし、大豆に直接被覆されると、機械的な損傷や被陰の原因となるので、麦稈の排出口に被覆防止カバーを取り付けた(図5)。

設定した畦間90cmと75cmの栽植密度では、コンバインによる大豆の踏圧は起らなかった。

表2 大豆用コンバインの間作大豆収穫性能

作業能率	有効刈取幅 作業面積 作業時間 作業速度 作業能率	1.8m 畦間90cm2条播き 50a 2'32' 0.36m/s 0.51hr/10a
率	小麦播種後	30日
刈取損失	脱穀損失 ヘッドロス 刈残し 穀粒口 刈取面積	6.0% 2.9% 4.2% 86.9% 2.35a(大豆収穫量54.5Kg)
		(供試機 HB200 1991年)

表4 間作小麦収穫作業能率

作業機	自脱型コンバイン
有効刈取幅	1.5m
作業面積	43.6a
作業時間 (刈取) (旋回、他)	2'30'48(100%) 1'47'28(71%) 43'20(29%)
作業速度	0.63m/s
作業能率	0.57hr/10a
大豆播種後	14日

(供試機 HD2000 1992年)

表3 汎用コンバインの間作大豆収穫作業性能

作業能率	有効刈取幅 作業面積 作業時間 刈取 旋回 移動 荷下し 作業速度 作業能率	2.25m 畦間75cm3畦刈取り 13.1a 19'22"(100%) 13'28"(69.5) 3'10"(4.7) 54"(4.7) 1'50"(9.5) 0.92m/s 0.25hr/10a
	刈取高さ 小麦播種後	13.6cm 26日
刈取損失	作業速度 全流量 穀粒流量 脱穀損失 ヘッドロス 刈残し 穀粒口	0.91 m/s 1892 Kg/hr 746 Kg/hr 1.3 % 8.1 % 7.2 % 83.4 %
失	刈取高さ	9.1 cm
	含水率 子実 莢 茎	20.2 % 26.3 % 48.6 %

(供試機 AX85 1992年)

表5 立毛間播種による小麦・大豆2年3作体系の播種作業能率と収量

作付年次 圃場面積	1作目 大豆 (小麦前作)	2作目 小麦 (大豆間作)	3作目 大豆 (小麦間作)
畦間90cm 1989-1991	フクナガハ 収量 388(319)	ナゾコムギ、コヨキコムギ 収量 513(488)	フクナガハ 収量 277(240)
畦間75cm 1991-1993	フクナガハ 収量 323(270)	コヨキコムギ 収量 465(451)	フクナガハ 収量 236(201)
施肥播種 作業能率	0.43hr/10a	0.56	0.49
(参考) 歩行用管理機体系			
収量	361	365	253
作業能率	0.98hr/10a	1.35	0.98

注) 収量は部分刈り収量(Kg/10a), カッコ書きは全刈り収量。歩行用管理機体系は1986-1988年の平均。乗用田植機体系の作業時間は1991年の実績。

また、畦間75cm体系の有効刈幅は2畦分の1.5mで作業能率は0.57hr/10aとなり、1畦刈りの畦間90cm体系より収穫作業能率は高かった（表4）。

(4) 小麦・大豆の2年3作体系の生育収量

4か年の畦間90cm体系と75cm体系をこみにした10a当たり平均収量は、1作目前作大豆 345kg、2作目間作小麦 498kg、3作目間作大豆 263kgであった（表5）。東北農試で以前に行った歩行用管理機体系にくらべて大豆は増収効果がみられなかったが、小麦は栽植株数の増加によって36%増収した。



図5 自脱コンバインによる間作小麦の収穫

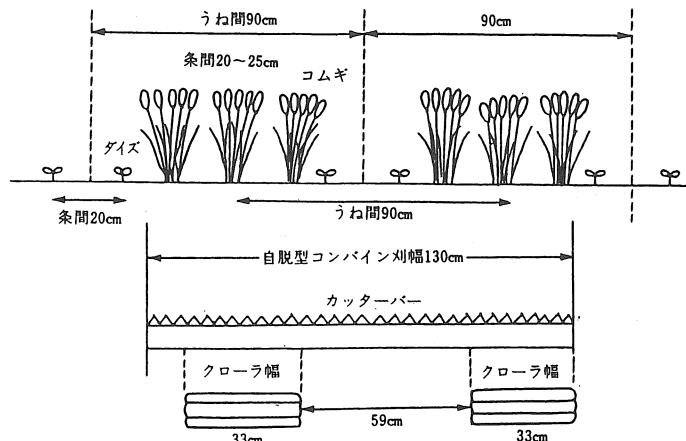


図6 間作小麦の自脱型コンバインによる収穫走行状態

表6 間作区と整地播区の収量比較
(1992)

年次	播種様式	播種期 (月/日)	収量 (g/m ²)	莢数 (/m ²)	一莢粒数	百粒重 (g)	栽植密度 (本/m ²)
1990	間作	6/21	310(111)	433	1.90	37.6	12.3
	整地播	7/7	279(100)	394	1.89	37.5	17.5
1992	間作	7/2	236(116)	406	1.77	33.0	23.0
	整地播	7/17	204(100)	345	1.78	33.2	22.1

注 ()内の数字は、整地播区を100としたときの指標を示す。

間作大豆と、間作しないで小麦収穫後に整地播きした大豆の収量比較を表6に示した。間作大豆と麦収穫後整地播大豆の生育と収量は、開花期までの生育には両者に差がなく、それ以降間作大豆の主茎節数、分枝数、乾物重が多くなって11~16%の収量増加をみており、東北地域において間作を採用するメリットが大きいことを示した。

畦間90cm体系と75cm体系の特徴は、90cm体系の場合、畦間内の栽植面積の比率の高い小麦の収量が高かった。しかし、1作目大豆が複条栽培になるため条の中の機械除草が困難であった。75cm体系の場合は小麦の栽植面積が少なくなるが、大豆は畦間が慣行の栽培様式と同様であり、機械除草が可能であった。また、自脱型コンバインによる小麦の収穫は有効刈幅が広く能率が向上した。

(5) 作業体系の策定

畦間90cmと75cmの栽植様式を実施し、年次変動もあるが収量の高かった90cmの体系を1例として作業体系を策定した。

種子準備や圃場外の管理作業（たとえば、畦畔草刈）を除き、実証試験のデータを基にして延作業時間を算出した結果、10a当たりの延作業時間は、前作大豆10.0時間、間作小麦7.2時間、間作大豆5.2時間となり、間作大豆の場合には、播種前後の作業のなかで耕うん、堆肥及び土壤改良資材の散布、防鳥対策等の作業が省略され

作業時間が縮少された。

本機の立毛間播種作業の負担面積を試算すると、播種適期が10日間が限界で作業可能日数を加味すると8~12ha程度であった。

5. 今後の課題

田植機を利用した立毛間施肥播種機が適応できる範囲は、乗用田植機の動力が小さいため作土の攪拌・作溝機能が劣り、耕うん・碎土作業がしやすい火山灰土壌の北東北全域と南東北の中山間地帯である。灰色低地土、グライ土など易耕性の劣る土壌では、最近、開発・市販されている野菜用乗用管理機に施肥播種機を取り付ければ適用ができると思われる。

今後、不耕起播種を導入するなど作業機を改良していく必要がある。また、間作の効果を作付集約度に主眼をおいて述べたが、この他にも耕うん回数が少なくなる、防風効果、鳥害防止効果があるなどの長所もあり、北東北に限らず広範囲に間作を取り入れた技術の導入が期待できる。

参考文献

「水田農業の基礎技術－転換畑研究の主要成果情報－、農林水産技術会議、昭和63年3月、p334~337

蓄熱利用による農産物貯蔵装置（第3報）

－集熱量の計測および蓄熱量シミュレータの開発－

大下泰生*・伊澤敏彦*・屋代幹雄*・雁野勝宣*

Agricultural Products Storage System Utilizing Thermal Storage (Part 3)

—Measurement of Heat Transfer and Development of Simulator for Thermal Storage—

Yasuo OHSHITA*, Toshihiko IZAWA*, Mikio YASHIRO*, Katsunobu GANNO*

Abstract

The thermal performance of the storage facility for agricultural products warmed by solar heat and cooled by natural energy of winter coldness was studied. The storage system was constructed with the warm water tank connected to heat exchange panels from solar heat and the cold water tank fastened heat exchange pipes from air to water. The heat transfer was measured from heat resource to water tank and considered the relation as a function of temperature in order to simplify. The developed simulator estimates thermal storage of the facility under several conditions with different temperature.

Keyword: Thermal storage, Solar heat, Winter coldness, Heat storage simulation

1. はじめに

炭酸ガス発生量の増加による地球温暖化、窒素酸化物による環境汚染、化石エネルギーの大量消費など地球を取り巻く環境は大幅に悪化している。この対策として太陽熱、地熱、氷や雪による冷熱などの自然エネルギーを有効に利用する技術の開発がさかんになっている。

著者らはこれまで太陽熱を温水に蓄熱して暖房用の熱源に、冬季冷熱を氷に蓄熱して冷房用熱源に利用する蓄熱型農産物貯蔵装置を開発し、主に移植栽培用水稻苗を貯蔵して温度調節性能や利用可能時期を明らかにしてきた。

本報では、蓄熱型農産物貯蔵装置の集熱性能

を明らかにし、蓄熱量を予測するシミュレータを開発したので、その概要について報告する。

2. 集熱性能試験

(1) 試作装置の概要

試作した蓄熱型農産物貯蔵装置は図1に示すように蓄熱水槽部・熱運搬部・苗貯蔵部より構成され、太陽熱を温水に変換して蓄える温熱蓄熱水槽、冬季冷熱を氷に変換して蓄える冷熱蓄熱水槽、農産物を貯蔵する貯蔵庫、不凍液により蓄熱水槽部に蓄えた熱を貯蔵部まで運搬するための配管系統、補助熱源としてのヒータ、クーラ等を備えている。各部の制御はプログラマ

* 農林水産省東北農業試験場

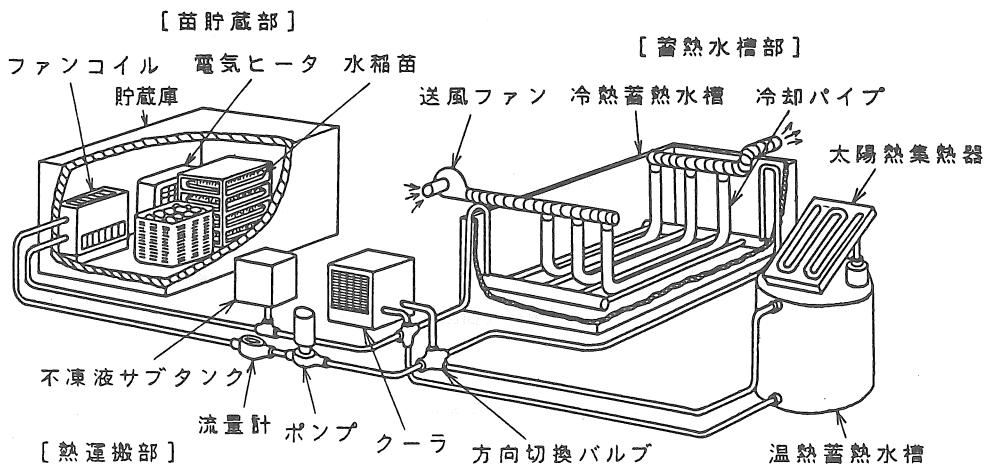


図1 蓄熱型農産物貯蔵装置

ブルコントローラにより行われ、温熱蓄熱・冷熱蓄熱・温熱蓄熱利用暖房・ヒータ暖房・冷熱蓄熱利用冷房・クーラ冷房の6種類の運転が可能である。

(2) 試験方法

①太陽熱の集熱性能

昼間に太陽熱を温水に蓄熱し、夜間の低温時に貯蔵庫の暖房用熱源として使用することを想定して、太陽熱集熱器（ $1 \times 2\text{ m}$, 2枚）および温熱蓄熱水槽（ 1.3 m^3 , 2個）を供試して、1992年8月15日より9月8日まで集熱運転を行い、外気温・太陽熱集熱器水温・温熱蓄熱水槽水温等を測定して集熱量および放熱量を求めた。

②冷熱の集熱性能

冬季の冷熱を水として蓄熱し春季以降に貯蔵庫の冷房用熱源として使用することを想定し、冷熱蓄熱水槽（ 2.6 m^3 ）および水槽内に寒冷な外気を送風して氷を生成させる冷却パイプ（ 80ϕ , 6.5 m , 8本）を使用して、1992年12月16日より翌年1月10日まで集熱運転を行い、外気温・冷熱蓄熱水槽水温等を測定して集熱量および放熱量を求めた。

(3) 試験結果

①太陽熱の集熱特性を調査した結果を図2に示す。測定期間中、太陽熱集熱器の水温は最高 65°C まで上昇し、温熱蓄熱水槽の水温は 42°C まで上昇した。一方、夜間は温熱蓄熱水槽からの放熱により、水温は最低 22°C まで低下した。平均水温は 31°C で、外気温の平均 24°C より 7°C 高かった。外気温・太陽熱集熱器・温熱蓄熱水槽水温の変化より太陽熱集熱器の集熱量および温熱蓄熱水槽表面からの放熱量を求め、これをモデル化して次式を得た。

$$Q(\text{熱量(J/hr)}) =$$

$$Q_h(\text{集熱量}) - Q_m(\text{放熱量})$$

$$Q_h = Vh \cdot \rho \cdot c (t_h - t_i)$$

$$Q_m = \lambda m \cdot A_1 (t_1 - t_e)$$

Vh ：集熱器循環水量(m^3/hr)

ρ ：水密度(kg/m^3)

c ：水比熱($\text{J}/\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

λm ：放熱時係数($\text{J}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{hr}$)

A_1 ：水槽表面積(m^2)

t_h ：集熱部出口水温($^\circ\text{C}$)

t_i ：集熱部入口水温($^\circ\text{C}$)

t_1 ：温熱蓄熱水槽水温($^\circ\text{C}$)

t_e : 外気温(℃)

さらにこの式を基に外気温と集熱量・放熱量の関係を求め、外気温に対するこれらの熱量の予測を行った。一般に集熱量は日射量をパラメータとして予測する例が多いが、今回の試験では簡易な予測法の開発を目的としており、外気温をパラメータに使用した。

②冷熱の集熱特性を調査した結果を図3に示す。集熱水槽の温度は試験開始時2.2℃から4日後に0℃まで低下し、これ以後、外気温の変化によって凍結・融解を繰り返しながら徐々に氷は成長した。外気温・冷却パイプ排気温・水槽水温の変化より冷熱の集熱量および水槽表面からの放熱量を求め、これをモデル化した。なお、凍結時の潜熱測定は困難なため、凍結するまでの温度変化より集熱量・放熱量を求め、ここでは集熱量を水槽の水温の変化より求める方法と冷却パイプ入口と出口の空気の温度差より求める方法の2式を作成した。

$$Q \text{ (熱量(J/hr))} =$$

$$Q_c \text{ (集熱量)} - Q_n \text{ (放熱量)}$$

$$Q_c = \lambda c \cdot V_2 (t_2 - t_e)$$

または

$$Q_c = V_a \cdot \rho' \cdot c' (t_c - t_e)$$

$$Q_n = \lambda n \cdot A_2 (t_e - t_2)$$

λc : 集熱時係数($J/m^3 \cdot ^\circ C \cdot hr$)

V_2 : 冷熱蓄熱水槽容積(m^3)

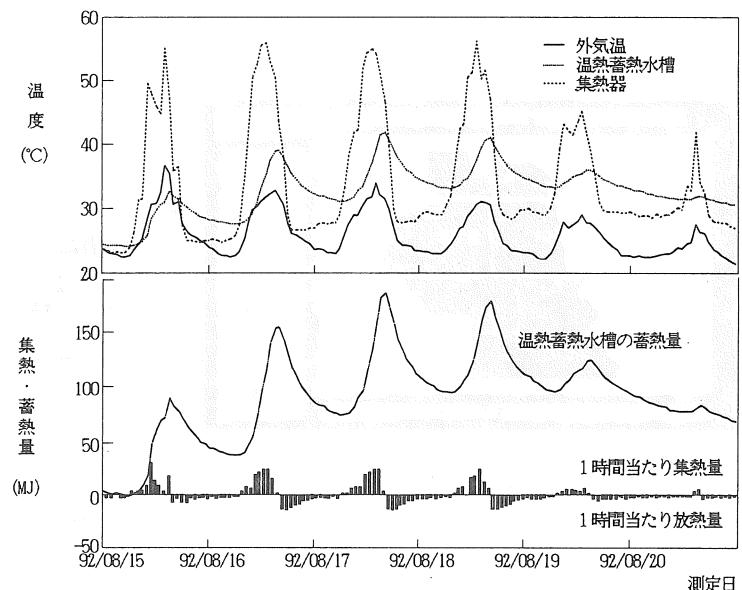


図2 温熱集熱特性

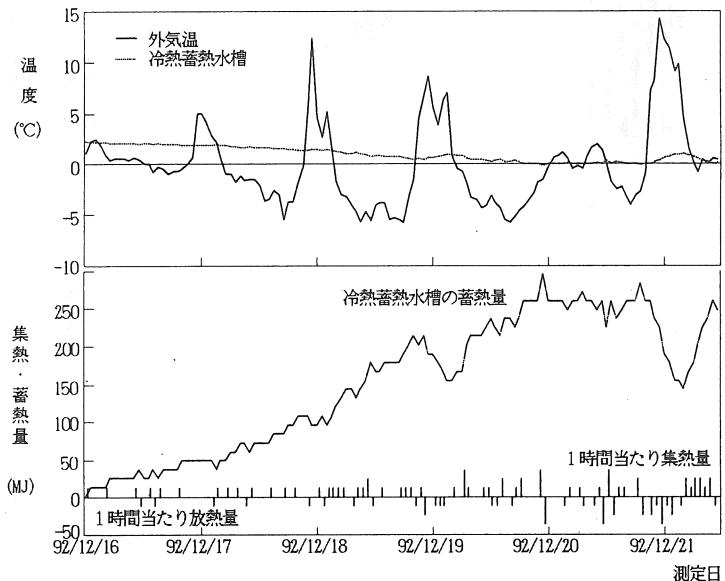


図3 冷熱集熱特性

V_a : 送風量(m^3/hr)

ρ' : 空気密度(kg/m^3)

c' : 空気比熱($J/kg \cdot ^\circ C$)

λn : 放熱時係数($J/m^2 \cdot ^\circ C \cdot hr$)

A_2 : 水槽表面積(m^2)

t_2 : 冷熱蓄熱水槽水温($^\circ C$)

t_c : 送風排気温($^\circ C$)

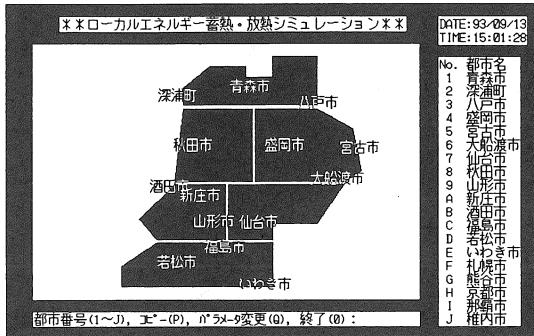


図4 初期表示画面

※ パラメータ変更 ※					
No.	項目	設定値	No.	項目	設定値
0.	※ 終了		E.	貯蔵庫表面積(m ²)	65
1.	(外)蓄熱冷房初期値(水ton)	0	F.	貯蔵庫充填量(J/hr)	1000
2.	冷熱蓄熱温度(℃)	0	G.	外気→冷熱交換(KJ/m ³ ·hr·℃)	130
3.	蓄熱冷房利用温度(℃)	5	H.	冷熱断熱係数(KJ/m ² ·hr·℃)	24
4.	蓄熱冷房初期値(wton)	0	I.	冷房時空換効率(-)	0.70
5.	温熱蓄熱温度(℃)	16	J.	外気→温熱交換(KJ/m ³ ·hr·℃)	240
6.	温熱冷房利用温度(℃)	14	K.	冷熱断熱係数(KJ/m ² ·hr·℃)	200
7.	貯蔵庫冷房温度(℃)	10	L.	暖房時空換効率(-)	0.70
8.	貯蔵庫温熱温度(℃)	9	M.	暖房時空換効率(KJ/hr·℃)	6.00
9.	冷熱水槽容量(m ³)	26	N.	ファイル出力(MONITOR,K3)	0
A.	温熱水槽表面積(m ²)	73	O.	プリント設定	1
B.	温熱水槽容量(m ³)	3	P.	※ 画面コピー	
C.	冷熱水槽表面積(m ²)	16	Q.		
D.	冷熱水槽容量(m ³)	33	R.		

◎変更する項目のNo.を入力して下さい。(0~R) :

図5 パラメータ設定画面

te : 外気温(℃)

さらにこの式を基に外気温と集熱量・放熱量の関係を求め、外気温に対するこれらの熱量の予測を行った。ただし集熱量は冷却パイプの表面積、熱伝達効率などのパラメータを含めて予測する必要があるが、今回の試験では係数 λ_c に一括して含めた。今後予測精度の向上のために詳細な解析が必要である。

3. 蓄熱量シミュレータ

(1) シミュレータの概要

集熱性能試験により得られたモデル式を基に蓄熱量を予測するプログラムを開発した。旬ごとの温度データ（平均・最高・最低）を基に1時間当たりの温熱集熱・冷熱集熱・放熱量を求め、これを積算して1年を通して蓄熱量を予測

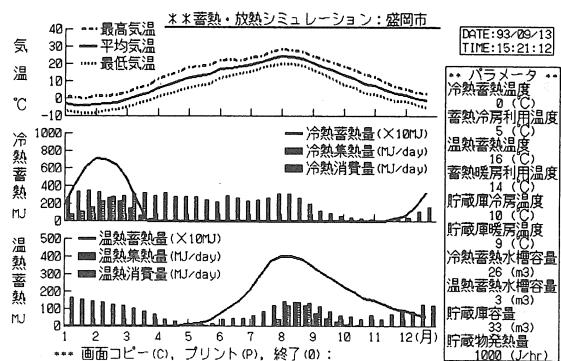


図6 シミュレーション結果（盛岡市その1）

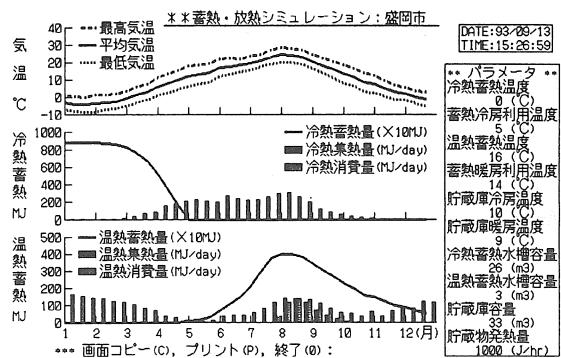


図7 シミュレーション結果（盛岡市その2）

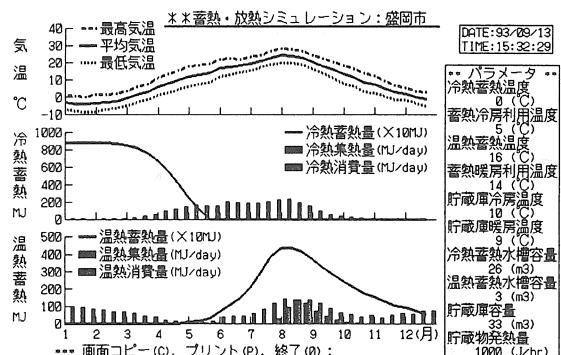


図8 シミュレーション結果（盛岡市その3）

した。シミュレーションは稚内市から那覇市までの全国26都市について行った。図4にシミュレータの初期画面を示す。

シミュレーションを行うためのパラメータに蓄熱水槽容量・集熱運転温度・冷暖房設定温度・

貯蔵庫容量・熱交換効率・断熱係数・貯蔵物発熱量などを使用し、図5にパラメータ設定画面を示す。

(2) シミュレーション結果

試作した農産物貯蔵装置の仕様を適用し、盛岡市における蓄熱量をシミュレーションした結果を図6に示す。図中の冷熱消費量および温熱消費量を示す棒グラフは貯蔵庫の空調に必要な熱量と蓄熱水槽から損失する放熱量を合わせた量を示す。また、蓄熱量を示す折線グラフは貯蔵庫の空調に利用可能な熱量を示し、0 MJのときは蓄熱を

利用した空調運転ができないことを表す。この図では、冬季の冷熱を基に氷を生成すると3月下旬まで蓄熱した冷熱を利用した冷房運転が可能なことを示しており、1992年に実施した運転試験結果と一致した。

次に、1月に冷熱蓄熱水槽に雪を投入して、以後冷熱集熱運転を行わない、いわゆる「雪室」と同様の方式でのシミュレーション結果を図7に示す。この例では5月上旬まで冷熱を利用できると予測された。

さらに、断熱材を変更して2倍の断熱性能に改良した場合のシミュレーション結果を図8に

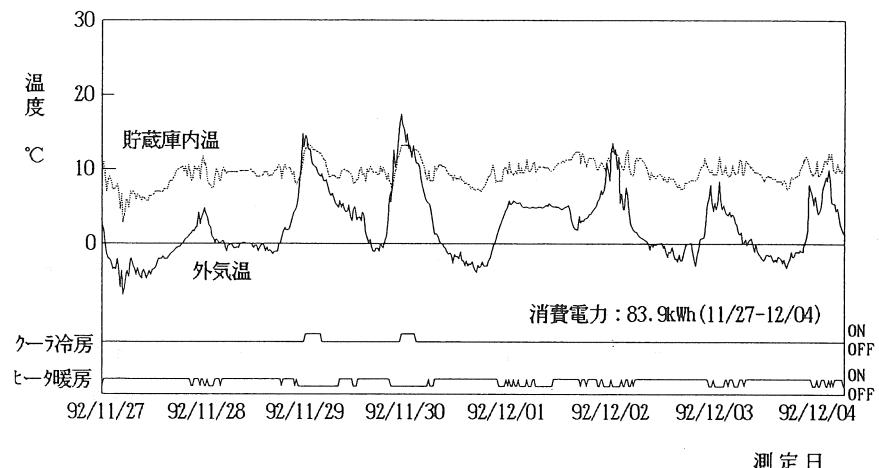


図9 運転試験結果（蓄熱を利用しない場合）

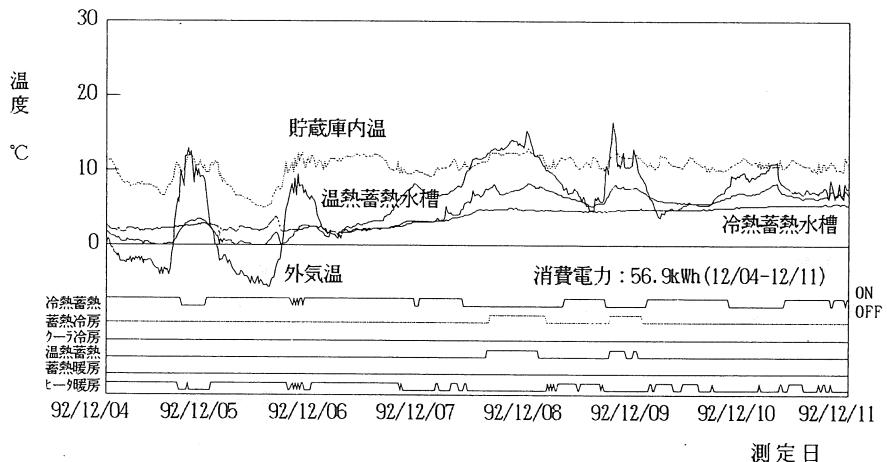


図10 運転試験結果（蓄熱を利用した場合）

示す。この例では冷熱の利用可能時期が5月下旬まで延長できると推測された。

開発した蓄熱量シミュレータにより集熱量・消費量・蓄熱利用可能時期の予測が容易となり、蓄熱型農産物貯蔵装置の改良点の検討およびその評価にも活用できると思われる。

4. 温度制御運転試験

(1) 試験方法

貯蔵庫の温度制御に蓄熱エネルギーを効率的に使用するため、蓄熱による温度制御が可能な時にはこれを優先して使用し、蓄熱水槽の熱源が

不足した場合にはヒータおよびクーラを使用する自動温度制御プログラムを開発した。このプログラムにより運転試験を行い、蓄熱利用による経済性を検討するために、蓄熱を利用せずヒータ・クーラのみ使用して温度制御を行った場合（1992年11月27日～12月4日）と蓄熱を利用して温度制御を行った場合（1992年12月4日～11日）の温度制御特性および消費電力を調査した。使用した器具はヒータ800W、クーラ950W、冷熱蓄熱水槽送風ファン200W、不凍液循環ポンプ400Wであった。貯蔵庫は幅2.7m×奥行3.6m×高さ2.1mで、壁面には厚さ10cmの発砲スチロール製断熱材を使用し、庫内設定温度は10°Cとして、庫内の温度が12°C以上に上昇すると冷房を、8°C以下に低下すると暖房を行った。

（2）試験結果

蓄熱を利用しなかった場合の運転試験結果を図9に、蓄熱を利用した場合の運転試験結果を図10に示す。

蓄熱を利用せずに温度調節を行った運転試験では、測定期間内の平均気温は2.2°Cで、クーラによる冷房を要した時間は7.3hr、ヒータによる暖房を行った時間は119hrであった。測定期間内の消費電力は83.9kWhであった。

蓄熱を利用して温度調節を行った運転試験では、測定期間内の平均気温は5.6°Cで、冷房を要した時間は16.3hrであり、全て蓄熱を利用して冷房した。暖房を行った時間は82hrで、温熱蓄熱水槽の温度が利用可能温度より低かったためヒータにより暖房を行った。測定期間中の消費電力は56.9kWhであった。測定期間中の平均気温が異なるため一概に比較できないが、蓄熱を利用することにより消費電力が減少し、運転コストを低減できる見通しが得られた。

5. まとめ

自然エネルギーの有効利用技術の一環として、太陽熱による温水暖房および冬季冷熱による冷房を行う蓄熱型農産物貯蔵装置を開発し、温熱および冷熱の集熱性能を調査し、外気温・蓄熱水槽水温を基に集熱量・放熱量を求めるモデル式を得た。また、全国の主要都市の気象データを基に蓄熱型農産物貯蔵装置を適用した場合の集熱量・熱消費量を予測する蓄熱量シミュレータを開発した。さらに蓄熱利用による経済性を検討するために、蓄熱した温熱および冷熱を利用して空調を行った場合とヒータ・クーラのみを使用して空調した場合の消費電力を比較して、蓄熱利用による運転コスト低減効果を明らかにした。

今後、自然エネルギーを活用した貯蔵装置の実用化に向けて性能の向上を図るとともに、蓄熱量シミュレータを改良して自然エネルギー活用・評価システムを確立する予定である。

参考文献

- 1) 岡野利明、山本雄二郎：水蓄熱式太陽熱温室(1)，農業気象，42(1)，p19～27，1986
- 2) 佐藤雅紀、中島正之：冬期間の冷氣を利用した製氷実験、農機北海道支部報，28，p37～47，1987
- 3) 対馬勝年：エネルギー資源としての氷雪、エネルギー・資源，12(2)，p149～154，1991
- 4) 環境庁「地球温暖化問題研究会」：地球温暖化を防ぐ、NHKブックス、日本放送協会出版
- 5) 高橋浩一郎、岡本和人：21世紀の地球環境、NHKブックス、日本放送協会出版

新技術・新製品コーナー

芽出し直播栽培について

鶴田正明*

はじめに

現状の育苗・移植体系でコスト低減を考えると、能率的にもコスト的にも限度があることから、直播栽培による効率的な作業体系の確立が望まれています。直播の研究は、岩手農試でも過去に幾たびか実施してきたものの、未だにその技術確立にいたっていません。ここでは、現在岩手農試で行っている直播研究を紹介します。学会員各位の直播栽培に対するアドバイスがいただければ幸いです。

1. 岩手農試での直播栽培研究

直播研究は、どの県でも古くから取り上げられてきた課題である。岩手農試でも、過去に3回ほど研究が課題化され、取り組んでいる。最初は、手植え時代末期の昭和37～42年にとりくまれ、播種様式・播種期・除草剤・品種・播種機等の研究がされたが、機械移植技術の急速な普及により、研究の成果を活かすことはできなかった。

昭和45～50年には、保温折衷苗代からヒントを得て、保温折衷直播機が開発された。この機械を用いて、現地実証等も行なわれ、普及寸前までいったが、オイルショックによるマルチ資材の高騰や被覆マルチの処理問題が解決されず普及に至らなかった。

昭和50年代後半には、初期の苗立向上技術として、種粉をカルバーコーティングして播種する技術が開発され、その技術開発に取り組んだ。しかし、初期成育の不安定さ、倒伏などの課題が解決されず現在に至っている。

2. 土壌ペーストによる芽出し直播栽培

土壌ペーストによる芽出し直播栽培は、県北

地方で古くから行なわれていた「ボッタ播き」にヒントを得て県南分場で基礎試験が行なわれた。平成2年から、本場農業機械科を中心に、その機械化と栽培法を確立するための研究を始めた。芽出し直播の研究は、生研機構・東北農試・中国農試などで行なわれていたことから、それらの研究成果を参考にしながら、①播種機構と土壤ペースト材料の選定、②播種粉の芽の長さ、③播種時の圃場の状況などについて検討した。ここでは、それらの概要について示す。

なお、試作機は三菱農機との共同研究で製作されたものである。

(1) 播種機構

播種は、チューブポンプ方式（野菜などの流体播種機で用いられる）で田植機のPTO軸から動力をとっている。ローラの繰り出しによってチューブ内の種子を押しだす。点播に播種するので、生育が進んでくると従来の移植とほとんど区別がつかなくなる。株間は乗用田植機の株間調節で大18cm、中16cm、小14cmに切り替えが可能である。

(2) 土壌ペースト材料の選定

芽出し粉を播種するにはゲル状の物質中に均一に分布した状態で播種する必要がある。当初、野菜用流体播種機むけに開発された吸着性高分子物質（イゲタゲルFS）を用いて検討したが、粘度低下速度が早いことや価格がやや高いことなどから、より実用的な資材としてベントナイトを用いた。ベントナイトはモンモリロナイトを主成分とする細粒質の鉱物で、水との親和力が強く、水に浸すと著しく吸水膨張し、ゼリー状を呈する物質である。

* 岩手県立農業試験場

(3) 播種溝方式と圃場条件

芽出し直播は、覆土をすることによって苗立が極端に悪くなることから、新潟農試などで研究されている溝播種方式とした。入水した時に播種溝がすぐくずれるようでは覆土したこと変わりないことから、代かき後、下げ振り貫入深で7～8cmほどになるように圃場を固くして、播種している。溝形状は圃場の硬さによって異なり、圃場が硬い場合は下幅1cm、上幅2cm、深さ2cmの溝が良い。また、圃場が柔らかい場合は大きな溝の方が土のかぶりが少なく、苗立が良くなる。

(4) 種子の処理

種粉の芽の長さはその後の苗立や生育量に大きく影響する。2mm程度の芽の長さの場合が最も苗立が不安定で、苗立率が落ちる。5mm程度が比較的苗立率の安定している芽の長さと思われる。播種量を10a当たり4～5kg（乾粉換算）とすると土壤ペースト材と粉の混入割合は容積比で15%程度である。なお、芽出し処理はハトムネ催芽器を利用し、根は出さないものを使っている。

(5) 播種機の能率・精度

作業能率は、田植機の作業速度の設定によって変わるが、作業速度ギアを中（0.5m/s）にすると10a当たり28～30分と普通の田植機並である。株間は平均14.8cm、m²当たり株数22.5株とほぼ設定どおりに播種が可能であった。

実際に圃場で株当たり播種粒数を測定すると（平成4年）平均6.2粒、m²当たり42粒（乾粉換算で5.4kg/10a）とやや多めであった。

(6) 播種期・苗立率及び生育経過

播種の作期試験は現在検討中であり、確立されていない。平成3、4年は稚苗移植の5～6日前で平年の平均気温12.5℃の日に行なった。

播種してから1ヶ月後に苗立本数と苗立率を調

査した。平成3年は播種後10日間の平均気温が16.3℃と比較的温暖な天候に恵まれ苗立率86%，m²当たり苗立本数133本であった。平成4年は播種後10日間の平均気温が12.9℃と平年よりやや寒い気象経過であったものの苗立率78%，m²当たり苗立本数109本と良好な苗立であった。

(7) 鳥害対策

直播の大敵はカモであり、その対策に頭をいためているが、直播の先進農家で道路工事用のランプを設置したところ効果がみられたというので、3年ほど試験しているがまだ被害にあっていない。30aほ場では4隅に播種直後に設置するだけによく、経費も安い（レンタルで1月1,100円／1本）。

3. 残された問題点

芽出し直播の欠点は、覆土に弱いことである。完全に、圃場を乾かしてから播種する条件をつくるのが現実には非常に難しく、現在、より軟弱な圃場で苗立向上する技術を検討している。

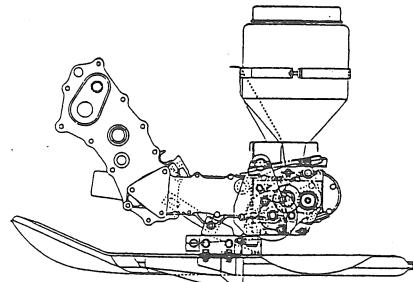


図1. 試作芽出し直播機（側面図）



図2. 芽出し直播機の播種部

ロータリーストーブ機シリーズ化完成

— 小規模農家用から業務用まで —

株式会社 石井製作所*

稻や野菜の播種機普及によってそれぞれの育苗に適した粒土の床土や覆土が必要となり、碎土機の需要も高まっている。

従来使用された装置は、稻脱穀装置の扱い部を真似た構造で土の含水率が30%近いと碎土杆に付着し碎土能力を失い、更に固定ないし振動の選別網が目詰りし連続作業ができなかった。

碎土機に農家より要望されることとは、乾燥不充分で含水率が高くても碎土でき、選別網が詰らざ連続作業できること、更に育苗規模に合った生産能力の機種であることである。

これら要望にそって開発されシリーズ化し、完成された碎土機の概要は以下の通りである（表1）。

希望粒土寸法の選別孔を全面に開孔した交換容易な回転筒を若干の傾斜を設け機碎に取付け、傾斜上端側に塊土を供給するホッパーを、回転筒内部には複数の薄鋼板の碎土爪をほぼ回転筒全長にわたって高速回転する軸に設けた。更に回転筒の外周には、回転筒にそって選別孔の目詰りを防止するブラシが回転自在に装着されている。

上部装置によって次の様に性能向上ができた。

(1) 塊土を碎く碎土爪に薄鋼板を採用したことによって爪に対する土の付着を防止でき、更に回転筒外周に溶接したブラシの作用により選別孔の目詰りがなくなり、それによって土の含水率45%でも連続作業が行なえる。

(2) 塊土に混入の石や草根は、回転筒内部を通り抜け排出されるため、碎土への混入がなく、良質な培土を得られる。

(3) 毎時能力1, 4, 8, 10トンの四機種がシリーズ化され、小規模農家から業務用まで育苗規模に合わせて機種を選ぶことができる。

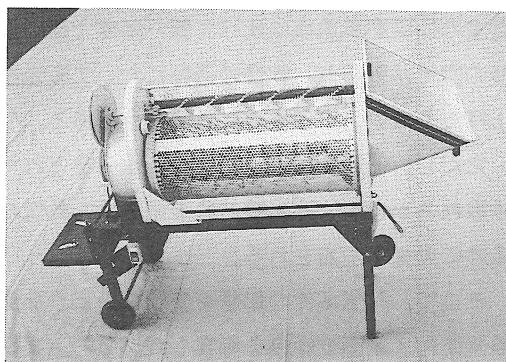


図1 ロータリーストーブ機の内部

表1 各機種仕様

型 式	RKS	RKM	RKL	RKG
能 力 (t/h)	1	4	8	10
モーター (kW)	0.25	0.75	3.7	5.5
重 量 (kg)	23	49.5	100	300

* 山形県酒田市

加温装置付き除湿乾燥機

臼井 鏡*

穀物の乾燥において、時世の流れが特に粉の乾燥では、食味重視の思想が反映して、従来とは異なる方式の乾燥機が歓迎されている。

そうしたなかで、除湿乾燥機も乾燥機としての独自の地位を主張し始めているようである。

除湿乾燥機は一般的には冷凍機の原理を利用した除湿機と送風機を組込んだ装置を備えた乾燥機のことをいい、小型では静置式や循環式、大型では丸ビン方式、貯留ビン方式がある。除湿機の原理については専門書にまかせることにし、特に詳しい説明は省略するが、大まかには、空気中の水分をエバボレーターで冷却し結露水として取り出し、コンデンサーで元の空気より温度を2~3℃上昇させて、相対湿度の低い空気とすることである。

除湿機を乾燥に使うことのメリットとしては、従来の加温熱風乾燥に比べて低い温度で低い湿度の空気が得られ、乾燥の過程において穀温を上げたくないという場合には好都合である。

ただし、一般的には、空気中の水分をどれだけ取れるかを示す除湿機の除湿能力は、外気の条件に大きく左右される。

そこで、外気条件の影響を受けないような加温装置付き除湿乾燥機を考案した。その主要諸元を図1に示す。

それは、除湿機4台(3.75kW×4)、ガスバーナー2台から構成される。除湿能力は、40l/h(外気温度25℃、外気相対湿度80%の場合)、加湿能力は80000Kcal/hである。

除湿機だけを用いた乾燥機では、穀物の収穫時期の外気条件によっては、その使用において

項目	諸元 (50/60Hz)
型式	ACS20GAM
外装	ページュ
圧縮機(kW)	3.75×4
コンデンサー	多通路クロスフィン式
エバボレーター	多通路クロスフィン式
冷媒制御装置	キャビラリチューブ
冷媒	フロン22
送風機	両吸込多翼送風機
風量(m³/min)	220
機外静圧(mmHg)	0
送風機用電動機(kW)	0.75×4
除湿能力(L/h)	40
法定冷凍能力(kcal/h) (冷凍ton)	6640×4 / 7968×4 2.0×4 / 2.4×4
保護装置	過電流遮断器(圧縮機、送風機) 操作回路用ヒューズ 高圧遮断装置
運転調節装置	温度センサー、湿度調節器
電源	φ3AC200V
製品重量(kg)	700
電消費電力(kW)	17.6 / 21.6
気運転電流(A)	61.6 / 67.2
特力率(%)	93
始動電流(A)	460 / 440
バーナー最大発熱量(kcal/h)	80,000
燃料	LPGガス
バーナーファン(kW)	0.15×2
安全装置	圧力スイッチ、フレームロッド、風圧スイッチ
電源	φ1AC200V
外形寸法(mm)	巾4300×奥行2200×高さ2200

図1. 加温装置付き除湿乾燥機の主要諸元

適地あるいは不適地という地域性が出て来る。

つまり、収穫時期が10月から11月になるような地域では、外気温度が除湿機の最もにがてとする温度条件となり、除湿の効果は期待できない。場合によっては除湿の内部が凍結することとなる。このような理由から平成5年、岩手県盛岡市農協ライスセンターには、前述の加温装置付き除湿乾燥機を設置していただいた。

表1にライスセンターの規模を、図2に設置状況を示す。施設規模としては、対象面積；水稻98ha、2系列12ビン、1系列当りの送風量1000m³/min、の貯留ビン方式中規模ライスセンターといえる。

加温装置付き除湿乾燥機の空気の流れを図3の概略図に示す。

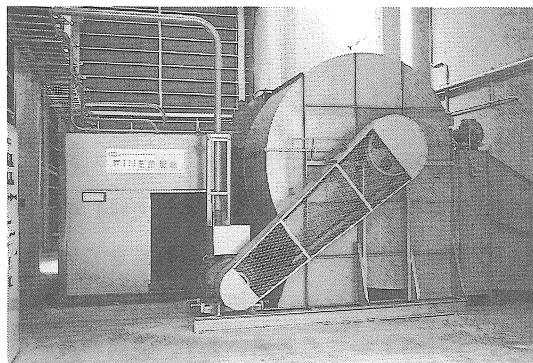


図2. 設置状況

除湿機に吸引された空気は、エバポレーター、コンデンサーを通り除湿され、さらにガスバーナーによって加温された空気と混合され、調質空気としてビンへ送風される。

調質空気は、送風機の後に取付けられた湿度センサーにより除湿機及びガスバーナーを制御し、一定湿度に保たれる。

ここでいうガスバーナーは、あくまでも除湿機の補助的な役割を担っており、たかだか4～5℃の温度上昇しか期待できない。雨が降り、外気湿度が90%近くある場合、あるいは外気温度が10℃近辺の場合、除湿機がフルに運転しているにもかかわらず、設定する湿度に制御できないときに、ガスバーナーは運転される。

制御方法は、設定した湿度に達しない場合、除湿機を1台、2台、3台と順次運転していく、最終的にはバーナーをえた運転となる。逆に設定した湿度に達した場合は、最初にバーナーを1台ずつ停止し、順次除湿機を停止して行く。

表1. 盛岡市農協ライスセンターの規模

敷地面積	2000.25 m ²	
建築面積	699.18 m ²	
施設	水稻	小麦
対象面積	9.8 ha	5.9 ha
規模	対象品種	あきたこまち ナンブコムギ
	総処理量	玄米551 t 乾麦177 t

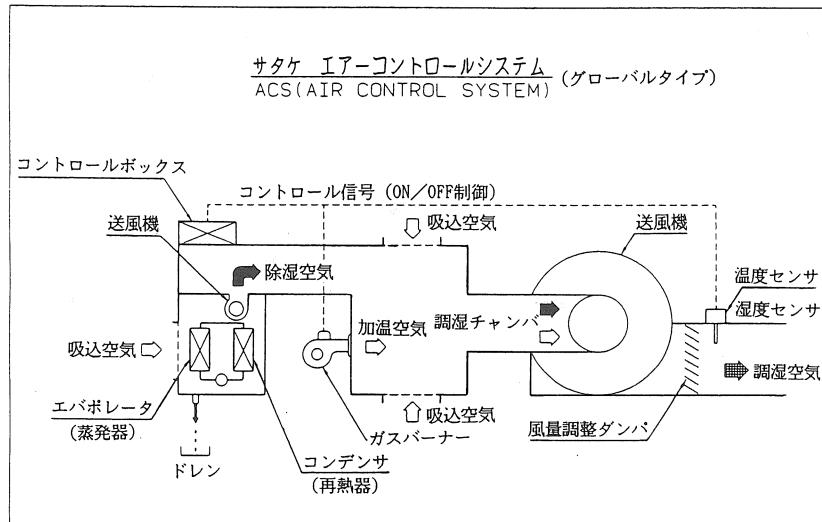


図3. 概略図

最後に除湿乾燥機は、穀物の乾燥機の中では新しい位置付にあり、今後どのような形で進んでいくのかは定かではない。ただ、メーカーあるいは乾燥機の開発に携わる者としては、除湿乾燥についての正しい考え方をユーザーに伝えることと、更に除湿のメリットを期待できるような乾燥機の開発に微力を尽くしていきたいと考えている。

会員の声コーナー

東北支部研究発表会のポスターセッションについて

岩手大学農学部 片岡 崇

国際学会はもとより、最近、国内の研究発表会（第53回農業機械学会年次大会（九州大学）のアクティ21の研究発表等も）でも、ポスターセッションという発表形式が多く取り入れられてきています。今回の平成5年度農業機械学会東北支部研究発表会で、ポスターセッションが初めて導入されました。これは新しいものを貪欲に吸収するという姿勢の現れで、すばらしいことだと思います。従前の口頭発表に比べ、時間に押されず聞き手と十分なディスカッションができ、特に、日本語の不得手な留学生や、研究を始めたばかりの大学院生にとってはこれから研究の方向づけや理解を深める上で非常に有意義であったと感じました。次年度以降も東北支部研究発表会でポスターセッションを継続して取り入れて頂きたいと考え、今回の反省も含めて次のような提案をしたいと思います。

今回のポスターセッションは口頭発表の合間に行われ、ポスターセッション単独の時間が得られませんでした。口頭発表とパラレルにするのではなく、ポスターセッションのみの時間を設けてはいかがでしょうか。また、国内の他の学会等でもみられるような、学会（研究発表会）出席者全員の投票によるベスト・ポスター賞などを設けることも、楽しみながら見栄えのするポスター作りの励みになると思います。また、極論になるかもしれません、東北支部研究発表会の発表全てをポスターセッションで行うというのはいかがでしょうか。

東北若手の会

岩手大学農学部 片岡 崇

平成5年8月17日に岩手大学農学部附属滝沢農場において、第1回「東北若手の会」を開催しました。事前に、東北地区の農業機械分野の各研究機関に開催案内を送付しましたところ、若手研究者を中心に大学院生、4年生など約35名の参加がありました。第1回は、基礎講座として「有限要素法の農業機械学への応用（岩手大 広間達夫氏）」、研究紹介として「草地環境とトラクタ走行性（北里大 田中勝千氏）」「家畜ふんを主体としたコンポスト資材の有効熱伝導率（山形大 岩渕和則氏）」「平成5年度試験研究課題（福島県農試 栄木靖之氏）」「トラクター作業機系の過渡特性に関する研究（岩手大 武田純一氏）」の計5題の話題提供がありました。この会の主旨は、東北地域内の若手研究者間で研究紹介や解析手法、実験手法などの基礎的な勉強を行っていくなかで相互理解を深め、さらに個々のレベルアップをはかっていこうというものです。当面、この会は農業機械学会東北支部研究発表会に前後して開催する予定です。次回以降、何らかのテーマを設定してそれについての意見交換等を行うことも企画しております。「若手」とあるのは精神的に若い人の集まりという意味ですので、興味のある方は是非ご参加下さい。この会の代表は、岩手大学農学部の広間達夫氏にお願いしています。また、世話役として山形大学農学部の岩渕和則氏、岩手大学農学部の武田純一氏と私の3名が担当しています。ご意見等ありましたらお知らせ下さい。