

農業機械学会東北支部報

NO. 37 DEC. 1990

平成 2 年 12 月

目 次

論 説

技術による貢献を……………伊澤敏彦…………… 1

研究報告

・クランク耕うん機の水田における耕うん特性について……………武田純一・鳥巢 諒・伴野達也…………… 3

・セラミックスと土との摩擦係数について……………太田義信・林 徹…………… 9

・トラクタの自律型、位置・地形認識装置について……………本橋罔司・嶋田 浩・田中勝千…………… 13

・閉鎖循環気系の除湿による高水分糞の乾燥……………戸次英二・大里達朗…………… 17

・ホッパに関する研究……………赤瀬 章・小林健一…………… 23

・バイオマス熱分解装置の開発と物質収支の検証
清水 浩・S. ウパリボン・E. カルカソナ・R. パイリントラ…………… 27

・開発したバイオマス熱分解炉の熱収支の検証
清水 浩・E. カルカソナ・S. ウパリボン・R. パイリントラ…………… 35

・有機物発酵乾燥における充填層の熱伝導についての研究……………呉 星五・清水 浩…………… 43

・クロレラ培養槽の、転作水田利用による液温制御について……………清水 浩・菅原朋幸…………… 49

・乗用型左右揺動式床締め代かき機の試作
藤井清信・今園支和・木村勝一・坂上 修・菊池宏彰・伊藤信雄…………… 55

・農用作業車の動的側方転倒に関する研究(第2報)……………高橋照夫・武田太一・西川裕之…………… 59

・転換畑における耕盤管理技術について(第1報)
大下泰生・矢治幸夫・伊澤敏彦・屋代幹雄・古川嗣彦…………… 67

・心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機の作業性能
大下泰生・伊澤敏彦・屋代幹雄・矢治幸夫・古川嗣彦…………… 71

・レーザー光利用による水田の自動均平化技術の開発(第4報)
木村勝一・今園支和・藤井清信・坂上 修…………… 77

・シートソルガム茎葉分離・搾汁装置(2号機)の開発
屋代幹雄・伊澤敏彦・大下泰生・古川嗣彦…………… 81

・水稻育苗用ハイドロポニクス施設の開発……………屋代幹雄・伊澤敏彦・大下泰生・古川嗣彦…………… 85

・農作業における電波利用……………屋代幹雄…………… 89

・農作業試験における簡易な圃場条件調査法について……………橋本 進・影山義春・和田山安信…………… 93

東北地域における農業機械化研究の歩み—第11回—
青森県農試・岩手県農試・宮城県農業センター…………… 97

支部会記事…………… 103

会員名簿…………… 109

技術による貢献を

伊澤 敏彦*

Contributions to Agriculture through Technology

Toshihiko IZAWA*

農業にかかわる学問が必ずしも農業のために役立っていない、とはよく言われることです。時には、学問が農業を歪めてしまったり、袋小路に追い込んでしまっている、とすら指摘されることがあります。

わが国の食糧基地として重要な役割を果たす東北において、日夜農業技術の教育、普及、開発に携わっている会員の皆様には、このような批判を苦々しく感じているのではないのでしょうか。あるいは、批判をしているだけの評論家や学者先生達は、農業の本当のことなどわかってはいないさ、と横目でらみ返しているのでしょうか。まさか、批判を全面的に受け入れて、それでも居心地のよい自分の立場だけは守ろうと考えている方はいないでしょうけれど。

ただ、私達一人一人の会員が、それぞれの持ち場でまじめに活動を続けていても、外部からの大きな流れ、大きな力が土台ごとわが国の農業を押しつぶしてしまうような動きがあるのは確かです。そして、心ならずもそのような動きに迎合して技術を論じる舞台に引きずり出され、冒頭に記した批判に晒されるような役割を演じてしまう恐れなしとしないのです。

ここで農業の本質的価値を考えながら、私達がこれからそれぞれの立場で技術による貢献として何をなすべきか論じてみたいと思います。

巻頭にはふさわしくないかもしれませんが、今一度原点を見直し、私達が自信を持って普段の活動に励む手がかかりとしたいのです。

1) 農業の役割の永続性

恥ずかしながら、私の個人的経験から記させ

て下さい。私の通った東京城南地区の中学は新設間もないもので、校庭の一部には未買収の畑に落花生が栽培されており、周囲は田園地帯、養鶏場からニワトリの音がきこえてくることもありました。その中学時代、社会科の研究発表で「産業別人口割合について」というテーマを受け持ちました。そのとき「約50%程度農業就業人口がいるわが国の状態は先進国に比べ遅れており、この値がどれだけ小さく成るかがわが国発展の指標です。」などと言った記憶があります。今にして思えば、深く考えたわけではなく、単に諸外国との比較と歴史の変遷などから中学生なりの勝手な解釈を述べたのでした。ところが、このような思い込みは、私だけではないようで、世の中特に都会で暮らしている人達には「農業の社会的地位の低下こそ社会の発展を示すものである。」とする風潮がどこかあるようです。たしかに、工業や第3次産業の発展により、農業の相対的地位は低下します。そのことは紛れもない事実ですが、農業の本来の役割を軽視して良いものではありません。人々が生きて行くのに不可欠な食糧を、安全なものとして、安定して供給する任務の重要性はいささかも揺らぐものではない筈です。さらに農地の持つ環境維持機能を保つなど、農業には大切な役割が課せられています。相対的地位の低下の行き着く先を、わが国農業の安楽死と誤解してはなりません。

工業製品の輸出で獲得した外貨で世界の食糧を買いあさっているわが国の現状は、21世紀の初頭にも迎えると言われているエネルギー危機に対し責任ある将来像を描かせるものであり

ませんし、第一工業製品の国際的優位性が永遠に続くであろうなどという前提が成立しないことは、世界の歴史を見れば明らかなのです。日本人は勤勉で優秀だからそのような心配はない、と言う人がいるかもしれませんが、一方には、買いたたかれて農産物を輸出している発展途上国の農村の生活が決して満足の行く方向に向かっていないことは、明治時代のわが国の養蚕農家、製糸工場労働者の例を考えればわかるとおりで、こういう無理のある輸入環境も永続性ももちません。そのような事情も考慮した食糧の安定供給が必要とされるのですから、簡単にわが国の農業を切り捨てて良いものではありません。地球規模での農林水産業の永続性を考えるとき、わが国の農林水産業を抜きにしたバランスはありません。

しかし、わが国の農業技術の今までの発展の経過で、コストについての吟味が不十分でその結果コスト高を招いてしまっている点があるとすれば、素直に反省し、必要とされる技術面からの対応を図らなければならないでしょう。

2) 今日の課題、長期的課題

わが国の農業は今後とも永続的に営まれる必要があります、そのためには技術のうえで解決して行かなければならない課題が沢山あります。機械や施設が適切に用いられ、生産に役立つよう図るにはどのような課題に答える必要があるのでしょうか。

機械施設の導入が農業経営を圧迫してしまうようでは、「永続性」が期待できなくなってしまいますから、適度な経費で利用できるもの、というのが第一の条件でしょうか。しかし、この場合「適度な」という判断がなかなかむつかしいところです。計算のうえでは導入が不適当とされる機械施設でも、そこで農業を続けるに

はどうしても必要とされるのであれば、社会的経費として国が補助をしてもおかしくはありません。だからと言って、補助に頼って経営計算を怠るようになってはいけません。これが一方に片寄ることなく、両面からの厳しい検討に十分耐える機械施設が農業を支えるべきなのです。

農業が環境汚染の源になってしまったり、「土」が年々病んで行くようなことになっては永続性が保障されないわけで、このようなことの起こらないようにするには、技術的に解決しなければならぬ課題が数多くあると思います。もう少し広く言えば、農産物が安全に消費者の口に届くようにするのも大切なことです。このことが第二の条件でしょうか。

農業が安全で快適に行われるようにするのも、機械施設の責任です。残念ながら、農作業事故の報告に接する機会がまだまだ多すぎます。技術の力でこのような障害を克服しなければなりません。

終わりに

21世紀を展望した一般的な将来予測は、現状の延長上には明るいものを描ききれていません。どちらかと言えば、良心的な予測の多くは現状のままでは壁にぶつかる、としています。農業技術にかかわる者として、遠い先までよんで研究、教育、開発、普及などに取り組む姿勢が大切でしょう。

機械施設を高度化するための要素は日々進歩しています。この進歩を農業の永続的営みの中に活かして行くよう務めるのが、我々の責任だと思います。

卑屈にならず、尊大にもならず、農業の本質的意義を常に頭に入れて、それぞれの立場で技術の進歩に貢献したいものです。

クランク耕うん機の水田における耕うん特性について

武田純一*・鳥巢 諒*・伴野達也*

Tilling Property of Crank Hoe in Paddy Field Operation

Junichi Takeda*, Ryo Torisu*, Tatsuya Banno*

Abstract

This paper described the characteristics of burying properties and power characteristics of crank hoe (CT1604) in paddy field operation.

The cutting knives were welded to the edge of each hoe. Several tilling trajectories were selected by changing coupler and lever length of four-bar linkage mechanism on CT1604, and field tests were carried out. The knives were very effective since they prevented the rice stubbles from wrapping around the hoe. This resulted to the improvement of burying properties. Tilling trajectory named C₂ is recommended for paddy field operation to improve the burying properties. It is also recommended that the trajectories A and D will improve the aeration of orchard soil.

Key words : crank hoe, four-bar linkage, burying property,
power characteristic, paddy field, tilling trajectory

1. はじめに

筆者らはクランク耕うん機の深耕特性に注目し、畑地における耕うん特性・振動特性、動力特性について明らかにしてきた^{1) 2) 3) 4) 5)}。

本報告では、これまでの研究で問題となってきた地表面の有機物などを地中に埋没させる埋没・反転性の改善を図り、水田への適用の可能性を検討するために、耕うん爪を改良試作して、埋没・反転性を中心とした耕うん特性について実験したので報告する。

なお、本研究にあたり三菱農機株式会社よりクランク耕うん機を提供していただいた。実験

にあたっては平成元年度専攻生の助力を得た。ここに記して謝意を表す。また、本研究は科学研究費（昭和63年度課題番号：63560235）の補助を得て実施されたことを付記し、関係各位に謝意を表す次第である。

2. 実験装置及び実験方法

2-1. 供試機

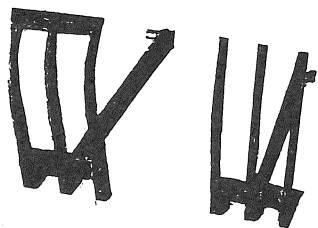
供試機は三菱CT1604で仕様諸元を表1に示す。耕うん部は4節リンク機構を有し、写真1に示すような耕うん幅20cmの耕うん爪1対をチェーン駆動できるようユニット化されてお

り、このユニット4列を並列に機体フレームに懸架して、160 cmの耕うん幅に耕うんできるようになっている。CT 1604の耕うん爪は写真1の(b)のように、三又の備中鍬のような形状になっており、予備実験で稲株が爪に挟まり耕うん性能が低下したため稲株の詰まり防止と耕うん土壌のブロック化(大土塊化)を図り反転性能を向上させるために、写真1の(a)に示すように爪先にバネ鋼の切断刃を溶接した耕うん爪を試作し、実験に使用した。

トラクタ	三菱 機関出力 形式	MT2501D 25PS/2400rpm 4サイクル、水冷 ディーゼル
作業機	形式 耕うん機構 耕うん爪 作業幅	三菱 CT1604 4節リンク機構 4ユニット 8本 (2本/ユニット) 1.6m

表1 供試機諸元

Table 1 Specifications of the tractor and hoe



(a) 切断刃あり (b) 切断刃なし

写真1 供試耕うん爪

Photo 1 Types of hoe

また、畑での実験と同様に耕うん軌跡を変えて、水田での耕うん軌跡と耕うん特性の関係を明らかにした。軌跡は図1に示すように、CT 1604本来の軌跡D、直立気味の細長い楕円状

の軌跡A、作業方向に幅広の横倒しの軌跡B₁、軌跡AとDの中間型の軌跡C₂の4種類について検討した。

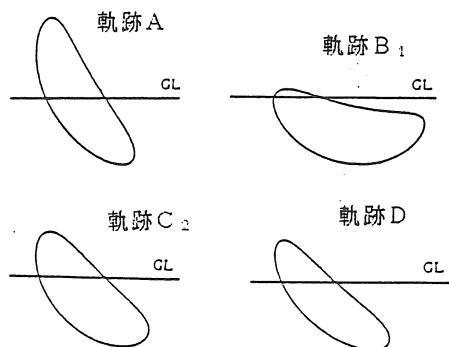


図1 供試耕うん軌跡

Fig.1 Trajectories of tested hoe-brades

2-2. 供試圃場

本学附属滝沢農場の洪積層火山灰土壌の水田を使用した。実験は稲刈後1月を経過した刈跡地で行い、土壌の含水比は約42%でやや湿った状態であった。

2-3. 実験方法

実験は水田に適合した耕うん方法を把握するために埋没・反転性と動力性能を検討した。実験の方法は4種類の耕うん軌跡(D, A, B₁, C₂)3種類の耕うんピッチ(2.8, 4.5, 12.0 cm)切断刃の有無との関係について調べた。

埋没・反転性の測定の次項に示すように、埋没チョークの耕うん後の変位を3次元測定して、表示する方法、耕うん後の稲株の状態から表示する方法、ビデオで耕うん状態を撮る方法などを試みてみた。

2-4. 埋没性と反転性の測定方法

耕うん後の土壌の変位を測定する方法として、予め土中にチョークを埋没しておき、その移動距離を測定する玉ころがし法^{6,7)}や、発芽種

子の移動により判定する方法⁸⁾、試薬を土中に混合しておき、耕うん後の土層中の試薬量を測定する方法⁹⁾などがあるが、本実験では玉ころがし法を採用した。チョークの埋設位置は各ユニットごとに進行方向に8 cm間隔で4個、耕うん幅方向に4列置き、地表面と設定耕深(15 cm)の半分の位置にそれぞれ埋設した。チョーク変位の測定は試作した専用ルール式測定装置で、x, y, z方向それぞれの変位を実測した。地表面のチョークの耕うん後の平均埋没率を判定するために次式を用いて埋没率Mと有効埋没率 Me を計算した。

$$M = \Sigma \frac{h_1}{mH} \times 100 \quad [\%] \dots\dots(1)$$

$$Me = \Sigma \frac{h_1}{mHe} \times 100 \quad [\%] \dots\dots(2)$$

h_1 : 耕うん後のチョークの埋没深さ [m]

H : 見掛けの耕深 [m]

He : 有効埋没深 = 0.10 [m]

但し、刈株が完全に地中に埋没する深さを基準にした。

m : チョークの個数

埋没率Mは、見掛けの耕深に対する耕起後のチョークの平均埋没深さ割合を示す。また、地表面の稲株等は必ずしも見掛けの耕深まで埋没させる必要はなく、ある一定の深さ(有効埋没深さと仮称)まで埋没した場合を100%とした。式(2)では100%より大きい値になることがあるが、このような値は全て100%とした。

反転率 τ は式(3)に示すようにチョークを埋設した土層の反転性を示す指標で、本報告では川島らの式⁶⁾を利用した。

$$\tau = \left(\frac{\alpha_2}{\alpha} \times 100 + \frac{\beta_1}{\beta} \times 100 \right) \times \frac{1}{2} \dots\dots(3)$$

α : 反転前の上層の埋没チョーク個数

α_2 : α のチョークが反転後下層へ移動した個数

β : 反転前の下層の埋没チョーク個数

β_1 : β のチョークが反転後上層に移動した個数

なお、式(3)による計算値が100%を示せば上層と下層が完全に反転をしたことになる。

式(1)、(2)と式(3)の相違は、式(1)、(2)では土壌表面のチョークの移動のみを考慮しているだけであるのに対し、式(3)では土層中に埋没されたチョークの移動をも考慮しているところにある。式(3)はロータリ耕うんのように土塊や稲株などの夾雑物が細断され、土中に比較的均一に分布するような場合には適合するが、プラウ耕のように土塊が大きい場合などは反転性を正しく評価できない場合が考慮される。すなわち、大きな土塊で完全に上下反転されても、大きな土塊の中央に埋没したチョーク位置は余り変わらないので、式(3)での表現には多少問題は残るが、一応この方法でも検討してみることにした。

その他に耕うん後の土壌の反転性を簡便に測定するために田面の稲株を利用して、次式のような株埋没率 Mk を表現してみた。

$$Mk = \left[1 - \frac{1 \times K_1 + 0.5 \times K_2}{K} \right] \times 100 \dots\dots(4)$$

K : 全株数 [個]

K_1 : 上向き株数 [個]

K_2 : 横向き株数 [個]

(4)式では、耕起後に稲株全てが上向きになっている場合は0%、同様に全ての株が横向きになっている場合は50%を示す。

2-6. 動力性能の測定方法

耕うん所用動力Nは、トルクメータとストレインプを用いてPTO軸トルクを測定し、エンジン回転速度と減速比からPTO軸回転速度を計算して次式により算出した。

$$N = \frac{Tn}{716.2} \dots\dots(5)$$

T : PTO軸トルク [kgf・m]

n : PTO 軸回転速度 [rpm]

3. 実験結果と考察

1) 供試軌跡と埋没率・反転率・投てき特性

表2から明らかなように埋没率M, 有効埋没率Me, 反転率 τ とも軌跡C₂が最も良好であった。

	供試軌跡			
	A	B ₁	C ₂	D
M [%]	20.8	33.0	63.3	27.4
M _e [%]	44.2	77.5	100.0	61.1
τ [%]	6.5	11.1	25.8	10.0

エンジン回転速度=2000rpm、耕うんピッチ=12cm、耕深=25cm

表2 供試軌跡と埋没特性の関係
Table2 Relationship between the trajectories and burying properties

その理由としては他の軌跡よりは耕うんした土塊の上下を回転させる作用が顕著であったからで、他の軌跡との相違が明白であった。この結果は畑地での実験結果と類似していた⁴⁾。

投てき特性は各軌跡の埋設チョークの平均変位位置を地表面埋設のチョークは中空印、地中8cmに埋設したチョークは中実印で表した図2に示すように、軌跡B₁の横変位が上下層とも大きく、軌跡AとDは上下のチョーク位置を結んだ直線の傾きが軌跡B₁と類似していたが、横変位が約10cm小さかった。一方、軌跡C₂は下層のチョークの横変位は軌跡B₁とほぼ等しく、上層の横変位は軌跡A、Dとほぼ等しかった。しかし、埋没深さは15cmで他の軌跡よりも約10cm深かった。上下層のチョーク位置が逆転しなかったものの、上層のチョークが十分下方に移動したことから良好な埋没性が読み取れる。また、耕うんピッチが小さくなると上層の埋没深さはやや浅くなるが横変位が大きくなった。

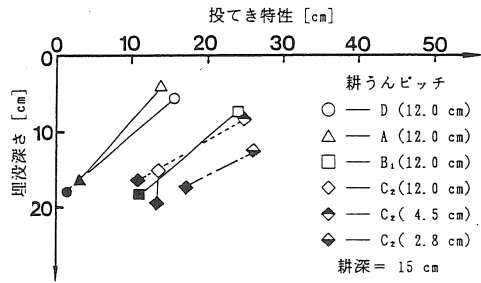


図2 供試軌跡と投てき特性
Fig.2 Displacement of buried chalks

稲株100個の株埋没率Mkは図3に示した。同一耕うんピッチで耕うん爪に切断刃がある場合について各軌跡ごとに比較してみると、軌跡AとC₂のMkは67~68%で、軌跡B₁とDのMkよりも約15%良好であった。また、切断刃がある場合は無い場合よりもMkが大きくなり、切断刃によって反転性が向上することが分かった。株埋没率が最も良好だったのは、切断刃を装着し耕うんピッチの小さい条件で耕起した場合であり、株埋没率Mkは76%を示した。逆に最も小さかったのは切断刃を装着しない耕うん軌跡A, 耕うんピッチ12.0cmの条件で45%であった。

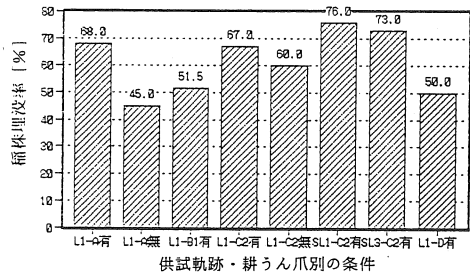


図3 供試軌跡と稲株埋没率
Fig.3 Ratio of buried rice stubble

ビデオテープによる耕うん実験の観察によっても、耕うん軌跡による土壌の反転性の相違は明らかであり、軌跡AとDはごく表層で土塊が

回転している現象が観察されるものの、大部分は切削した土塊をそのまま後方に移動しているだけで、軌跡 C₂ のように表層の土塊が下層に移動している現象は観察されなかった。

チョーク埋没法と稲株埋没法の結果を比較すると、耕うん軌跡Aの評価が大きく異なる。これは前述したように稲株が表層で回転しているためと考えられ、軌跡AがDよりも完全に反転している株数が多かったことによるものと推察される。株埋没法は耕うん土塊が大きい場合はチョーク埋没法よりも比較的簡便に土壌の反転性を評価できるものと考えられる。

2) 耕うんピッチと埋没率・反転率の関係

表3に示す通り、埋没率Mは耕うんピッチ12cmの条件が約63%で最も良好で、耕うんピッチ4.5cmの条件が最も低かった。また、Me、τともピッチ4.5cm以外の条件では100%、約26%となり埋没率Mとほぼ同様の傾向を示した。

	耕うんピッチ [cm]		
	2.8	4.5	12.0
M [%]	53.9	37.8	63.3
M _a [%]	100.0	85.9	100.0
τ [%]	25.9	13.3	25.8

エンジン回転速度=2000rpm、耕深=15cm、耕うん軌跡=C₂

表3 耕うんピッチと埋没特性の関係

Table3 Relationship between the tilling pitch and burying properties

3) 動力特性

図4に示すように、軌跡 B₁ とDの所要動力はほとんど変わらず、軌跡AとC₂ はそれよりも約17%低い値であった。なお、耕うんピッチを小さくした場合は畑地での実験結果と同様に、耕うんピッチが小さくなるほど所要動力が増加した。

動力特性については供試機の全てのユニットを装着した訳ではないので傾向を見るにとどめ

た。今後全ユニットに切断刃を装着して実験し、他の耕うん法との比較を試みたい。

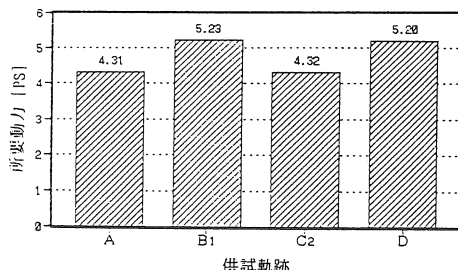


図4 動力特性

Fig.4 Power characteristics of PTO

4) 切断刃の効果

耕うん爪の先端に切断刃を溶接した効果は顕著で、稲の刈株を容易に切断するのみならず耕うん爪の間に刈株が挟まるような状態も殆どなく、水田においても良好な耕うんが実現できる見通しを得た。前述の実験結果から、切断刃を有する耕うん刃は雑草の繁った畑の耕うん土壌の反転効果も期待でき、また、耕うん軌跡Aのように直立した軌跡は下草が覆っている果樹園等での通気性の改良効果も期待できる見通しを得た。リンク機構を可変できるように設計すれば、各種の耕うん効果を一台の機械で得ることも可能で、今後の実験を通して各種土壌条件での適用性の検討を加えていきたい。

4. おわりに

改良を加えた耕うん爪を装着したクランク耕うん機 (CT 1604) の水田への適用試験を実施した。得られた結果は以下に示す通りである。

1) 耕うん爪に切断刃を取付けた場合、埋没・反転性の改善効果、耕うん時の稲株の絡み付き防止効果が極めて大きかった。また、軌跡 C₂ による埋没・反転結果が良好で昨年度畑地で実験した結果と類似していた。

2) 耕うん後の土塊が比較的大きくなる場合は、稲株を利用する事により簡便に反転性を推定することが可能である。

3) 耕うん軌跡の直立気味な軌跡AやDを用いることにより、果樹園等での土壌通気性改良効果が期待できる。

参考文献

- 1) 劉 蛟竜, 鳥巢 諒, 武田純一, 伴野達也 : クランク耕うん機の所要エネルギーについて, 農業機械学会東北支部報, 33 : p9-12, 1986
- 2) 伴野達也, 鳥巢 諒, 武田純一 : クランク耕うんに関する基礎的研究Ⅰ. 耕うん爪の運動解析と深耕性能について, 岩手大学農学部報告, 18 (2) : p339-350, 1989
- 3) 鳥巢 諒, 劉 蛟竜, 伴野達也 : クランク耕うんに関する基礎的研究Ⅱ. 1自由度モデルによるクランク部の振動特性の解析, 岩手大学農学部報告, 18 (2) : p351-360, 1987
- 4) 伴野達也, 鳥巢 諒, 武田純一 : クランク耕うんに関する基礎的研究 (第3報) ——軌跡の形状と埋没性の関係——, 岩手大学農学部報告, 19 (3) : p211-222, 1989
- 5) 鳥巢 諒, 伴野達也, 武田純一 : クランク耕うんに関する基礎的研究 (第4報) ——土壌耕うん中に発生する振動について——, 岩手大学農学部報告, 19 (4) : p369-381, 1989
- 6) 川島通義, 小森 盛 : 動力耕運機における土壌変位について (第1報) ——土壌変位の性能判定——, 農業機械学会誌, 24 : p56-59, 1962
- 7) 常松 栄, 吉田富穂, 奥田教海 : 自動耕うん機における土壌変位について (第1報), 農業機械学会誌, 17 : p11-16, 1955
- 8) 陳 鈞, 南部 悟, 寺尾日出男 : ロータリ耕うん刃の反転性能向上に関する研究 (第1報) ——市販刃の反転性能実験——, 農業機械学会誌, 47 : p459-467, 1985
- 9) 森泉昭治, 林 尚孝, 山森主悦 : ロータリ耕うんにおける耕土の移動に関する研究 (第1報) 農作業研究, 24 (3) : p252-258, 1989
- 10) 木谷 収 : 各種耕うん装置比較のための基礎的研究 (第10報) ——変形回転式(クランク式)耕うん方式の研究——, 農業機械学会誌, 27 : p231-238, 1966
- 11) 土屋功位, 小松幸雄 : 動力耕うん機の形式別負荷特性 (第2報), 農業機械学会誌, 14 : p32-38, 1952
- 12) 松尾昌樹 : 耕うん機具の歴史, 農業機械学会誌, 42 : p597-602, 1980
- 13) 守島正太郎 : 曲柄式耕うん機耕うん装置に関する機構学的考察並びに歯杆の型に関する研究, 農業機械学会誌, 7 : p15-22, 1943
- 14) 横山良明 : 機械機構の設計——4節機構(1)——, 自動化技術, 5 : p89-93, 1973
- 15) Sandor N. George et al. : Advanced Mechanism Design, p110-111, Prentice-Hall, 1984

〔読者コメント〕 耕うんにおいては、土壌の反転性が重要と思います。今後の研究の発展を期待します。

セラミックスと土との摩擦係数について

太田義信*・林 徹*

Measurement of the Coefficient of Friction between Ceramic
Material and Soil

Yoshinobu OTA*, Toru HAYASHI*

1. はじめに

セラミックスの特性には耐熱性や半導性等があるが、そのひとつ耐摩耗性に着目して農業機械の土切削部への利用を検討している。一般に土の切削時には、切削部は土のせん断破壊抵抗および土と切削刃との摩擦抵抗を受けている。この中の摩擦抵抗は、付随して切削刃の摩耗をもたらすものである。土のようなアブレシブ摩耗においては、摩耗量は作用荷重、摩擦係数および移動距離等により影響される。したがって土による切削部の摩耗を検討する場合には、土と切削刃表面との摩擦係数を把握することが重要である。本報では、耐摩耗性を有するセラミックスを溶射した鋼板と各種の土性との摩擦係数を検討した。

2. 実験方法

摩擦係数の測定には、傾斜板の傾斜角度を上げながら試験片がすべり始めた時の傾斜角を測定するすべり傾斜角法¹⁾、試験片を引張りその時の抵抗を測定する水平引張り法^{2) 3)}、および接触面が円環の試験片を回転させてトルクを測定する回転リング法⁴⁾等がある。ここでは土を摩擦表面として長方形の鋼板を使用しすべり速度を変化させるので、水平引張り法を採用した。

実験装置は図1に示した土槽部とロードセルからなる。土槽(長さ505 mm, 幅415 mm, 土の深さ60 mm)は土槽架台に取り付けられており、油圧シリンダによって一定速度でレール上を水平に

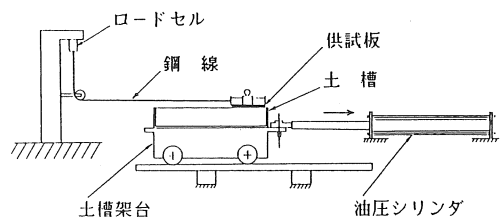


図1. 実験装置

表1. 供試土

土性	粘土(%)	シルト(%)	砂(%)	塑性限界(%)	液性限界(%)
砂土(S)	4.7	0.8	94.5	NP	NP
砂壤土(SL)	13.5	21.0	65.5	36.4	47.5
軽粘土(LIC)	41.8	10.2	48.0	63.7	89.0

移動できる。ロードセルの一方は支柱に固定し、他方は鋼線(直径0.45 mm)により供試板に取り付けてある。土槽の移動により供試板は供試土表面を水平に移動し、その時の摩擦力を測定した。供試板はつぎの3種で、形状は180 × 50 mmの長方形で板厚は5 mmである。

- ① ばね鋼板(材質 SUP 9)
- ② 非酸化セラミックスのタングステン・カーバイト溶射板(ばね鋼板に溶射厚さ0.3 mm, 以下WC溶射板と略記する)
- ③ 酸化セラミックスの酸化アルミナ溶射板(ばね鋼板に溶射厚さ0.3 mm)

これに垂直荷重として9.8～39.2 N(1～4 kgf)を加えた。したがって、供試板の平均垂直応力は、1.09～4.36 KPa(0.011～0.044 kgf

*岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate Univ.

/cm²)となる。供試土は粒度試験により表1に示すような砂土、砂壤土および軽埴土の3種である。

3. 実験結果と考察

一般に土との摩擦係数は、土の種類と土壌水分、摩擦表面のあらさ、面圧、すべり速度などが影響する。本実験では動摩擦係数で表示しているが、含水比の低い砂土の場合、図2に示すように酸化アルミナ溶射板の摩擦係数は約0.5と高く、銅板とWC溶射板は0.3~0.4とそれより低い数値である。また、図3のようにすべ

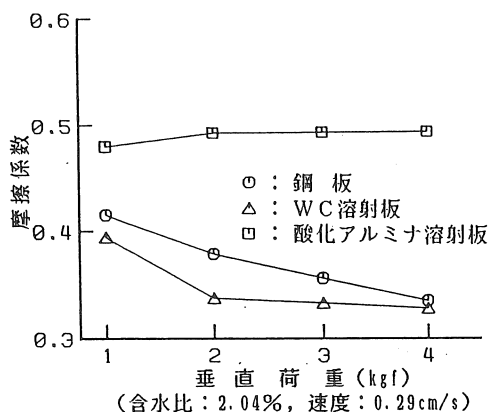


図2. 砂土における摩擦係数(その1)

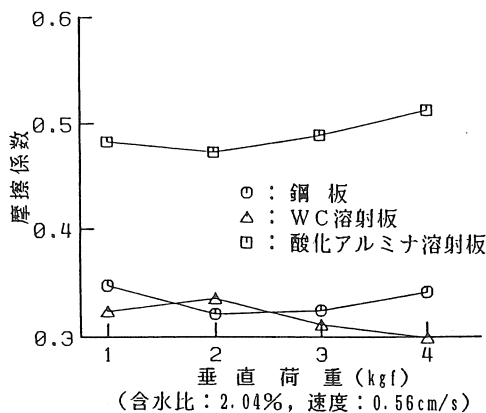


図3. 砂土における摩擦係数(その2)

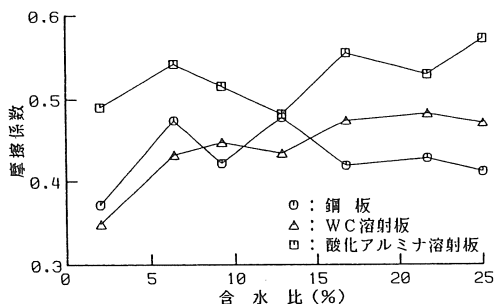


図4. 含水比の変化による摩擦係数(砂土)

表2. 供試板の表面あらさ

供試板	中心線平均あらさ Ra (μ)	最大高さ Rmax (μ)	十点平均あらさ Rz (μ)
ばね鋼板	1.2~1.6	14	11.4
タングステン・カーバイト溶射板	3.0~3.6	36	28.6
酸化アルミナ溶射板	5.4~5.8	42	39.6

り速度を2倍の0.56 cm/sとしてもその傾向はあまり変わらず、本実験で用いたすべり速度0.29~0.56 cm/sの範囲では、すべり速度は摩擦係数にあまり影響を与えていない。一般に農用作業機が土と接触移動する場合、すべり速度は上記より早い、摩擦の法則に従えば動摩擦係数としてはあまり変わらないと考えられる。

つぎに砂土の含水比を漸次高めた場合の実験結果をまとめたのが、図4である。ここでは含水比の2%から25%への増加に伴い、摩擦係数は酸化アルミナ溶射板の場合は0.5から0.6へと増し、WC溶射板の摩擦係数も0.35から0.48へと増大したが、銅板は0.40~0.45とあまり変化していない。

また、表面粗さは摩擦に影響する⁴⁾とされているので、関連して供試板の表面あらさを触針式表面あらさ測定機(小坂研究所 SE-42型)で測定した結果を、表2に示した。砂土の場合、

含水比 15% 以上においては、表面あらさに相
 応した摩擦抵抗を示していると言える。

粘着性土壌の場合は、含水比が大きくなると
 供試板と土との間に付着力が発生してくる。そ
 こで Nichols は土壌水分が影響する土と鋼と
 の摩擦係数の特性曲線として、図 5 のように表
 わした⁵⁾。すなわち、土壌水分の低い領域では、
 土粒子と鋼表面間での摩擦現象となり摩擦係数
 は一定値を示す。この領域を「摩擦相」と呼び、
 つぎのクーロンの法則で表わされる。

$$F = \mu W \quad (1)$$

ここに μ : 摩擦係数

W : 垂直荷重

F : 摩擦力

土壌水分を増加させると土粒子と鋼表面間に
 水分薄膜が発達して付着力が発生する。土壌水
 分の増加により付着力は増大してくる。この場
 合の付着力は、単独での測定が困難なために、
 この領域では摩擦力と付着力との和として見か
 けの摩擦力が測定される。この領域を「付着相」
 と呼び、「見かけの摩擦係数」は次式で表わさ
 れる。

$$P = F + Q \quad (2)$$

$$P = \mu' W \quad (3)$$

ここに P : 見かけの摩擦力

Q : 付着力

μ' : 見かけの摩擦係数

さらに土壌水分を増加させると、水分が潤滑
 剤として作用してくるために見かけの摩擦係数
 は減少してくる。この領域を「潤滑相」と呼ぶ。

粘土分を含む土性である砂壤土において、
 すべり速度を 0.29 cm/s とした場合の含水比の
 変化による見かけの摩擦係数を図 6 に示した。
 全体として上述の Nichols の特性曲線の形を
 示している。すなわち、含水比が 20% 位まで
 は摩擦相を示し、20 ~ 40% の範囲は付着相と

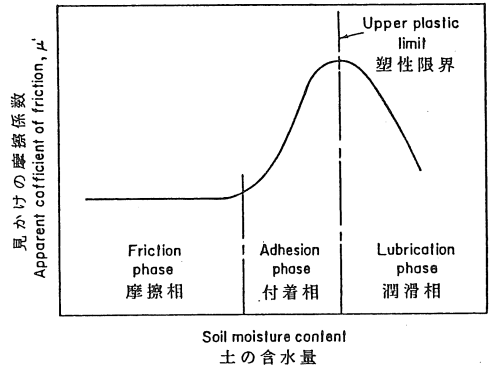


図 5. 土と鋼との見かけの摩擦係数の特性曲線
 (M. L. Nichols⁵⁾)

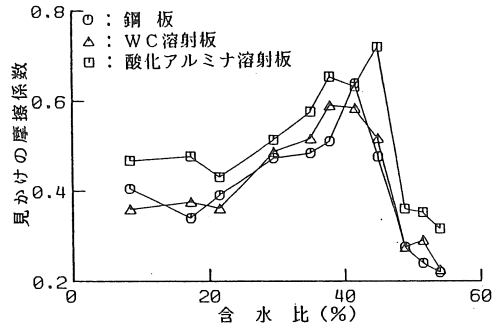


図 6. 含水比の変化による見かけの摩擦係数
 (砂壤土)

なり、それ以降は潤滑相とみなされる。このな
 かで全領域に渡って酸化アルミナ溶射板の摩擦
 係数が、鋼板や WC 溶射板のそれより大きな数
 値を示しているが、摩擦相に比べて付着相や潤
 滑相では小差となっている。摩擦相および付着
 相での見かけの摩擦係数は、酸化アルミナ溶射
 板で 0.45 ~ 0.70、鋼板で 0.35 ~ 0.65、WC
 溶射板で 0.35 ~ 0.60 となる。

つぎに粘土分を多く含む軽埴土において、す
 べり速度を 0.29cm/s とした場合の含水比の変
 化による見かけの摩擦係数を図 7 に示した。こ
 の場合も Nichols の特性曲線の形をしており、
 摩擦相と付着相の境界は含水比が 20% 程と推

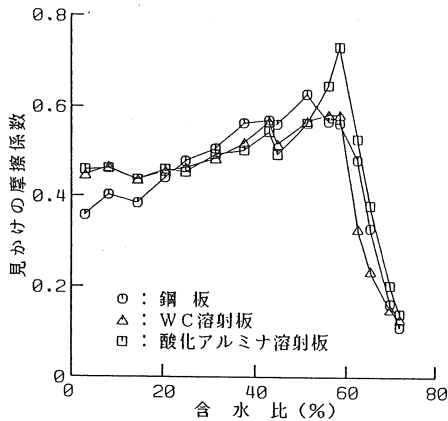


図7. 含水比の変化による見かけの摩擦係数 (軽埴土)

定される。付着相の含水比は20~60%位と広くなり、それ以上の含水比では潤滑相となっている。見かけの摩擦係数は、摩擦相では鋼板の場合で0.35~0.40, WC溶射板と酸化アルミナ溶射板とで0.45前後であり、付着相では3種の供試板とも差異が少なく0.45~0.65位になる。

これまでの実験結果より、鋼板と比べてセラミックス溶射板は、土壤水分の低い摩擦相においては高い摩擦係数となる。しかし、砂壤土や軽埴土からなる圃場においては、実際には摩擦相より高い土壤水分を保持しているので、付着力が発達し潤滑作用が生じる付着相や潤滑相の範囲にある。これらの両相では3種の供試板とも見かけの摩擦係数の差異は小さいので、セラミックス溶射板の摩擦抵抗は、従来の鋼板より幾分大きくなると推察される。したがって摩擦係数の観点からは、従来の鋼板よりセラミックス溶射板は、摩擦量増加の方向を示していると言える。

4. まとめ

新素材のファインセラミックスの耐摩耗性に

着目して、土切削部に利用する場合の資料として、土とセラミックス溶射板との摩擦係数を検討した。

その結果を要約すると、次の通りである。

(1) 砂土の場合は、摩擦係数は酸化アルミナ溶射板で0.5~0.6と高く、タングステン・カーバイト溶射板で0.35~0.48, 鋼板で0.40~0.45となり、供試板の表面あらさと相応している。

(2) 砂壤土および軽埴土においては、含水比の増加に伴い摩擦相、付着相および潤滑相が存在する。摩擦相での見かけの摩擦係数は、酸化アルミナ溶射板が0.45と大きく他の2種は0.4程である。付着相では見かけの摩擦係数は0.4~0.7で、3種の供試板間の差異は少なくなる。

参考文献

- 1) JIS P 8147 : 紙及び板紙の摩擦係数試験方法, 日本規格協会, 1987.
- 2) Fox, W. R., C. W. Bockhop : Characteristics of a Teflon-covered simple tillage tool, Trans ASAE 8 (2), 227-229, 1965.
- 3) 伊藤信孝 : 車両用タイヤゴムのまさつ係数測定 (1), 農機誌 36 (2), 325-330, 1974.
- 4) A. J. コーレン, H. カイバース : 農業土壤力学, 養賢堂, 1986.
- 5) Nichols, M. L. : The Dynamic Properties of Soil : II. Soil and Metal Friction, Agric Eng. 12 (8), 321-324, 1931.

〔閲読者コメント〕ニューセラミックスは、耐熱性や耐摩耗性に優れ各方面で注目されていますが、本報は土に対するその物理性の基礎資料になると思われます。さらに耐摩耗性・耐衝撃性なども検討されることを期待します。

〔著者回答〕現在、各種セラミックス溶射爪の土砂摩耗に関する研究を継続しております。なお、耐衝撃性についても実験を予定しております。

トラクタの自律型, 位置・地形認識装置について

本橋 紈司*・嶋田 浩*・田中勝千*

A Farm Tractor Navigation System

Kuniji MOTOHASHI*, Hiroshi, SHIMADA*, Katsuyuki TANAKA*

Abstract

Some special automobile has a Navigation System which revises the location detecting error as comparison with a map in CD ROM. Such a system is helpful to know the location of itself and traffic information. This system must be useful to the farm tractor. For that reason, specially for automize, we studied about a Farm Tractor Navigation System. This system has a detecting function of location and level of itself. But it has no location revising function such as a CD ROM map. Therefore, this system is simple and cheap. Some experimental results are as follows.

A distance and a turning angle from starting point were measured by rotary encoders. A level from same point of the field were calculated from a measured rear axle torque. These traveling locus and slope were showed on a monitor screen as in Fig. 3 through 5.

1. はじめに

交通の流れの円滑化を図るため, 自動車交通情報システム (Advanced Mobile Traffic Information and Communication System)¹⁾ が研究開発され, 一部の車種では実器の搭載も開始されている。農業機械でもほぼ同様な構想が発表され, 外部標識を使った研究結果²⁾ が報告されているものの利用場所も利用形態も一定しないトラクタの場合, 外部標識の要らない自律方式のほうがより好ましいのは当然のことと思われる。

しかし, トラクタの場合, 要求される位置認識精度は自動車より高いにも関わらずオフロードで使われると言う条件の悪さがあり, 自律型

の位置認識が可能かどうか, また問題がどこにあるか, どのような方式がトラクタ用として適するか, 等を確認する必要がある。そこで, トラクタに電算機を利用した距離, 機体偏角の計測装置を装着し, 農道を走行し問題点について考察した。同時に農道の傾斜についても測定し, レベルを計算させ, 地形と位置認識精度の関係について考察した。

2. 実験と計測方法

距離計測: 後車輪の回転数を Rotary Encoder (COPAL RMW38-1024 pulse/rev. 精度 1.67 mm/pulse) で計測し後輪の進行距離をもとめた。同様の方法で前輪の進行距離を求め (精度 1.76 mm/pulse), これを基準として後輪のすべり率

*北里大学獣医畜産学部

を求め進行距離を補正した。

偏角の計測：左右後軸に Rotary Encoder を取り付け(距離計測と併用) それらの回転差から偏角を計算した。偏角は出発点からの角度変位を意味し、精度は 0.072 deg/pulse と計算された。

以上の計測値を使い、以下の式からトラクタの刻々の座標を計算させ、その軌跡と地形を搭載したラップトップパソコン(PC-286)の画面にモニタ表示させた。

$$X = \sum L_i \sin \theta \quad (1)$$

$$Y = \sum L_i \cos \theta \quad (2)$$

ここで

X : トラクタの X 座標 (m)

Y : トラクタの Y 座標 (m)

L_i : 単位時間内に進んだ距離 (m)

θ : 機体の偏角 (積算値)

L_i はサンプリング時間内にトラクタが移動した距離で両後輪の進行距離の平均値を使い、トラクタは Y 軸方向に走行を開始し、舵取りによって生じた機体の積算偏角 θ 方向に走行してゆくと考えた。今回は計算機のメモリ容量と計測時間の関係でサンプリング間隔を 0.5 秒としたが、ソフト上の問題が解決すれば速度に応じたサンプリング間隔設定が必要と考えている。

標高計算：ひずみゲージを使って両後輪の車軸トルクを検出し、以下の式から出発点を基準とした標高を計算した。

$$\phi_i = \cos^{-1}((b \pm c^{1/2})/a) \quad (3)$$

$$H = \sum L_i \sin \phi_i \quad (4)$$

ここで

$$a = Rr^2 + 1$$

$$b = (f \cdot Rr)/W$$

$$c = Rr^2 - (f/W)^2 + 1$$

Rr : 転がり抵抗係数

W : 機体重量 (kgf)

f : 推進力 (kgf)

ϕ : 傾斜角 (deg)

H : 標高 (m)

この標高から路面の傾斜軌跡をモニタ表示させ地形の認識や、位置認識精度と地形の関係等について検討した。

供試トラクタと試験に供した農道：実験に使ったトラクタは出力 31 kW, Wheel base 1820 mm, 重量 1690 kgf の国産車であり、実験の様子を図 1 に示した。図 2 は実験に利用した圃場の等高線図である。圃場は約 9 ha の採草地でフェンスに添って運搬用農道がありこれを実験につかった。一つは左上の出発点から左下の A 点まで約 350 m を往復する試験、もう一つは出発点から左周りに外周を一周する試験である。この場合走行距離は約 1200 m, 標高差は 18 ~ 20 m になる。



図 1. 実験の様子

3. 実験結果と考察

実験装置はトラクタ単体のみについての試験ばかりではなく、実際に作業機械を装着して作業する場合にも計測することを想定し、作業機械のじゃまにならない場所に装着した。

予備試験：図 2 の圃場で実験する前に平坦なグラウンド上で走行試験を行い、距離、偏角がほぼ

満足できる値をしめすことを確認した。図3は100 m区画のグラウンド上で適当に走行し出発点に戻った時の走行軌跡を記録したものである。これはよい結果の得られた例で、距離、偏角とも正確に計算され出発点とゴールは一致した。

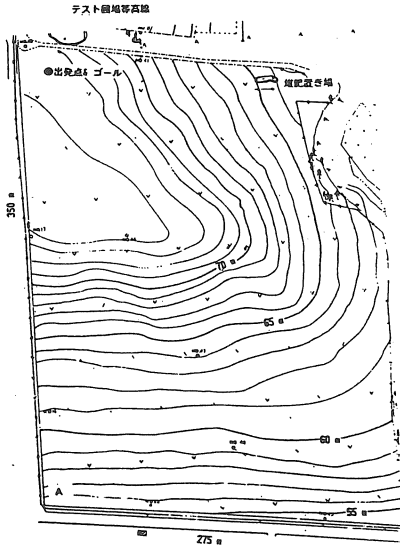


図2. 試験ほ場の等高線図

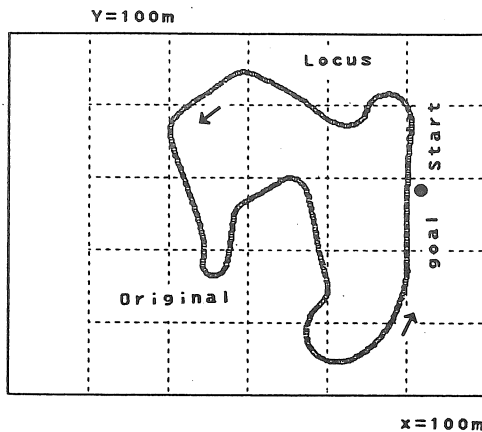


図3. グラウンド上で走行した時の軌跡

グラウンドは一部土の露出した部分もあったが背丈の短い草が播種されている草地に近い路面であった。他にも同様な予備試験を行ったが必しも図3のような精度が得られたわけではなく、

誤差の出た場合もあった。その理由については検討中である。

圃場走行試験：図4はコンピュータに表示された画面をコピーしたもので、右側の太い線（実際には○の連続表示）が走行軌跡を、左側の太線が傾斜した地形を表している。この場合、軌跡は一辺500mの画面表示とし、トラクタは先ずY方向に走行開始するよう設定した。地形の場合、Y軸が軌跡と共用の走行距離、X軸は標高で左端が-50m、右側の一目盛りは走行軌跡の場合と異なって、一目盛りが+50mの標高に相当する。

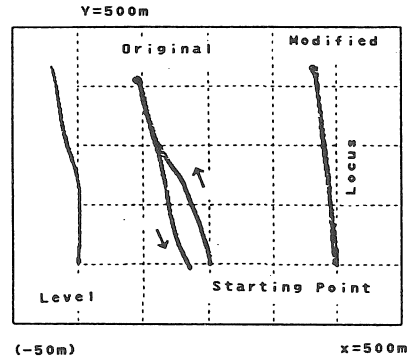


図4. 傾斜した農道の往復走行

図4は図2の出発点からA点までの間を往復した時のものであり、軌跡については生データと重みづけを行い修正したデータとの、両方を示してある。生データによる軌跡は後から図面にはめこんだので傾斜データとの相関はない。

生データによる最終座標は $X = -30m$ 、 $Y = -6.9m$ の誤差を生じ、Y方向に直線走行したのに100m近く左方向に走行したような軌跡となった。生データの場合でも、距離に関してはほぼ満足出来る精度である。しかし、偏角に関しては折り返し点以外は直線走行をしており、意識的な舵取りはしていない。このことは、路面の前後、左右の傾斜、凹凸等が小さな、偏角と認識され、式(1)、(2)のような方式では誤差が

積算されてくるものと思われた。

路面からのノイズの少なかった図3の場合、複雑な舵取りをしているにも関わらず機体の偏角の誤差は無視しうる程であった。

しかし、両後輪の pulse 差が思惟的な舵取りによるものなのか、路面からの noise によるものなのか、見分けると言うのは今の装置では難しい。そこで、小さな偏角、即ち、 $0 \sim \pm 2$ 度以下の偏角に重みづけをして、修正を行った。図4の修正データがその効果を示している。しかし、今のところこの重みづけの程度が、実験によって微妙に異なり、決定的なものが求まっていない。今後、ファジイ理論等の利用が可能かどうか検討したい。

図4の左端にしめす圃場面の傾斜(地形)は距離計測が正確であり、また車輪の捻じり抵抗も正確に求まるので、誤差は少なかった。従って傾斜の計測精度はころがり抵抗係数の取り方によって決定されるとも言える。ところが、実験に使った道路は平坦、傾斜、草地、凹凸と実際には一定値が取れると思えない路面である。

図4の傾斜測定では下りの時に0.05, 上りの時に0.03を使った。しかし、同じ所で実験しても降雨後何日経過しているかdecorがり抵抗係数が異なった。ただ今回の実験では下りの時のころがり抵抗係数は比較的一定しているように見受けられた。

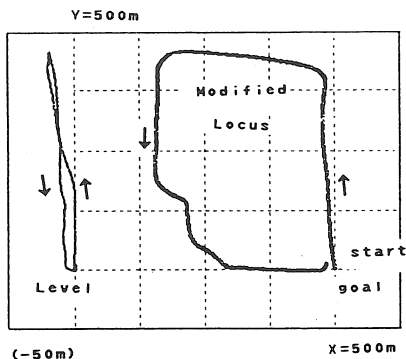


図5. 傾斜したほ場の周回軌跡

図5は図2に示すほ場の外周1200mを一周した時の軌跡で重みづけによって小さな偏角をより小さく評価してある。修正の程度は図4よりやや小さく $0 \sim \pm 1.5$ 度の範囲である。走行軌跡がほ場の形をしているのでその地形と比較してみると、出発点からA点に向かう下りで誤差が大きく、またA点から等高線に添って走行した時にも緩やかに舵を取ったように記録されている。即ち、機体が左右方向に傾斜していると、谷側の走行距離が大きくなり、山側に偏った走行をしていると認識される。左右傾斜の程度と偏角の関係を調べ、適正な修正方法等を決定するのが今後の課題である。

傾斜については図4と同じころがり抵抗係数を使っている。測定の精度も図4とほぼ同じであった。傾斜については路面の状態に応じてころがり抵抗係数をどう決定するかが課題である。

4. 結 語

本実験の結果から、トラクタの自律型、位置、地形認識装置の開発の可能性は充分にあると考えている。

参考文献

- 1) 松井春夫他3名:新自動車交通通信システム(AMSTIC)車載装置の開発, SANE88-51, pp. 9-15
- 2) 鈴木正吐他4名:自律走行システムの研究(1)~(4)報, 第47回農機学会大会講演要旨, pp. 120~123: 1988

〔閲読者コメント〕位置・地形認識を積分で求められるため、誤差の集積程度の具体的な評価法の確立が一つのポイントと思われる。

閉鎖循環気系の除湿による高水分籾の乾燥

—循環気と冷媒の状態変化—

戸次英二*・大里達朗**

High-Moisture Rough Rice Drying by Dehumidifying in Closed Recirculated Air System

—State Changes of Recirculated Air and Refrigerant—

Eiji BEKKI*, Tatsuro OHSATO**

緒言

現在、自脱コンバインの収穫能力に合わせて循環型乾燥機による0.8%/hの乾燥速度が一般的にとられている。ただし、大型乾燥施設におけるドライ・ストアの貯留乾燥0.2%/hと連続流下型の間欠乾燥0.5%/hは低速である。最近、エネルギーの効率的利用、大気へのCO₂放出による温暖化、米の高品質化の要請などでヒート・ポンプを利用した除湿乾燥、すなわち低速乾燥が高コストの批判にもかかわらず見直されるようになってきた。この種の研究は既に国内で石橋ら¹⁾をはじめ、加藤ら^{2~4)}や田原迫ら^{5,6)}によって詳細に行われ、国外でも他の穀物についての研究例^{7~9)}が多い。

筆者らは1988年から静置貯留槽とヒート・ポンプの除湿機を閉鎖循環気系に組み込んで、周囲の湿度変化の影響を受けない籾乾燥について検討してきた。本報は1989年の実験結果を主に、1990年の実験にそなえて冷媒管内にそり入した圧力センサーの予備実験の結果を混じえて述べるものである。

実験方法

閉鎖循環気系内に鋼板製円柱槽(直径1m×高さ1.8m)とヒート・ポンプの除湿機(三菱RFH-2B, 1.8kw)を図1のように配置した。貯留槽へは上部のターボ・ファンから下方へ向けて堆積層を通航させる。下方からの排気は除

湿機内装備のシロッコ・ファンでも吸引されて、蒸発器と再熱器を通過するさいに冷却・減湿される。ついで凝縮器通過時に加熱されて貯留槽へ戻り、乾燥・加熱された入気となる。これらを実線の矢印で示す。一方、冷媒R-22の循環系は鎖線で示すとおりである。ここで蒸発器の吸気が15℃以下となると隣接の再熱器へ凝縮器からの高熱冷媒が自動的に流れて除霜される。

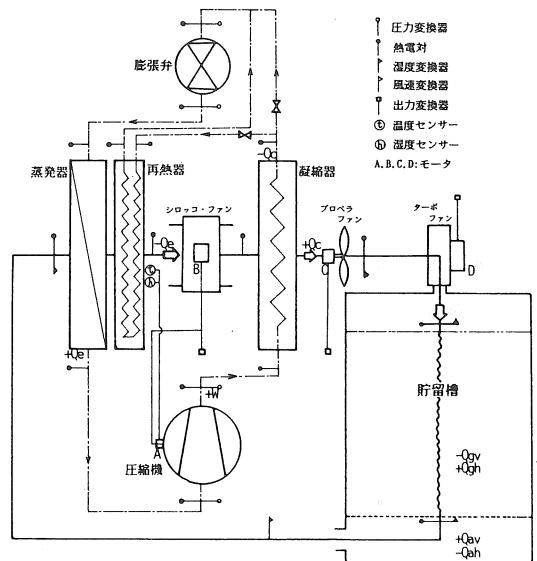


図1 実験装置

測定に関し、図1に記入した位置に温・湿度センサーを取付けた。除湿機の入・排気側に乾・湿球式(千野R321)、また貯留槽の入気側に高分子膜式(千野HN-P30)と排気側に熱伝導率式(芝浦HV-362)である。圧縮機と膨

* 弘前大学農学部, ** 岩手県盛岡農業改良普及所

張弁の冷媒入・排出口は熱電対 Cu-Co (JIS:T) を用いて测温した。特に1990年の予備実験では冷媒の圧力と温度の変動を直接見るため、拡散形圧力ユニット(豊田PD114A)とシーズ熱電対(千野, JIS:T)を冷媒管内にそう入した。また、圧縮機と各ファンの消費電力は電力計(日置:2P用3182, 3P用3184)で計測・記録した。

平均水分27.3%の供試生粳500kgを1mの高さに張り込み、乾燥用空気を静圧75mmAqで通過させた。風量比で0.56 m³/s・tであった。仕上り水分の平均14.8%まで乾燥する過程で3回のローテーションを入れ、上下層の水分較差の縮小をはかった。ローテーション中の約1時間に閉鎖循環気系を開放したことになる。粳水分を赤外線水分計(F-1A)で検知するための試料採取を1時間ごとに行い、一方除湿機からの排水量を継続的に測定するため、電子台ばかり(ザウトリウスI-12000, 感量:0.1g)を用いてコンピュータ(PC8801 MA2)に記録した。

実験結果と考察

1. 熱授受

図1で循環気は、貯留槽内の穀温上昇に熱量 Q_{ah} を伝達し、水分蒸発の潜熱量 Q_{av} を奪って両者の釣合温度で排気される。これが除湿機

に吸入されると、まず蒸発器の冷却フィンに触れ、水分凝結により除湿されて潜熱量 Q_e を奪われる。ついで再熱器と凝縮器の加熱フィン間を通過して、加熱量 Q_r と Q_c を得る。周囲への熱損失を考慮しなければ、次式の熱平衡が破られながら、乾燥は進んで行く。

$$Q_r + Q_c - Q_e = Q_{av} - Q_{ah}$$

一方、冷媒は圧縮機の仕事 W により圧力を上げて熱当量 Q_o を得る。凝縮器と再熱器で循環気へ熱量 Q_c と Q_r を移動し、膨張弁で圧力と温度を下げた後、蒸発器で循環気より Q_e を受ける。所要の乾燥速度を得るには、けっきょく

$$Q_o = Q_e - (Q_c + Q_r)$$

が穀温を高める次式の熱量を満足させる必要がある。

$$Q_{gh} - Q_{gv} = rG\Delta t$$

ここで、 r : 粳の比熱 (kJ/kg・°C), G : 貯留槽内粳量 (kg), Δt : 目標穀温と初期穀温の差 (°C)

2. 穀温の上昇

一般に、コンバイン収穫した生粳は高湿の夜間に乾燥することが多い。張り込み時の穀温が10~20°C程度であるのに対し、夜間の常温通気は外気温の下降と乾燥に伴う冷却で穀温を下げることから、乾燥速度が遅くなる。穀温上昇の措置は所要の乾燥速度を得るに不可避である。

本実験の除湿機操作により蒸発器での冷却と

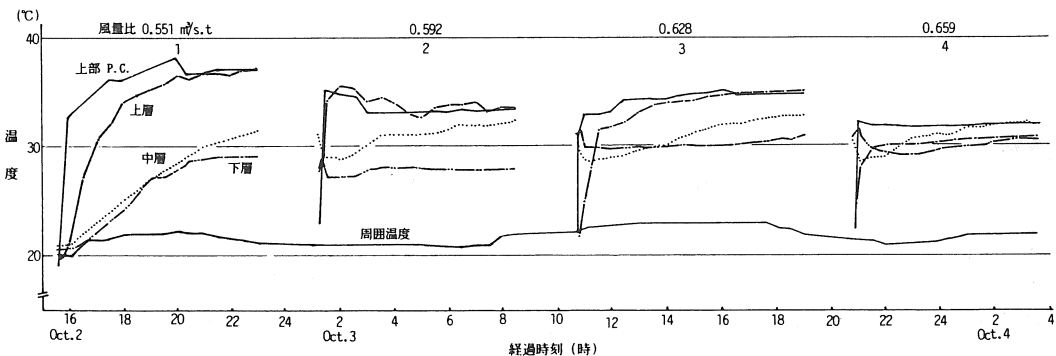


図2 貯留槽の周囲温度に対する内部温度の経過

凝縮器での加熱の差は、図2のとおり平均22℃の周囲温度に対し貯留槽への入気温度を37→32℃に高め、穀温を31℃付近まで押し上げることができた。

3. 乾燥結果

初期水分27.3%から終期水分14.8%まで約30時間を要し、途中の乾燥速度は0.60→0.35%/hで経過した。この間の胴割れ率は重度で1~2%であったが、軽度のものはいしだいに増加して、仕上り時に17%であった。静置した貯留乾燥のため、低湿な入気の側に胴割れが発生した。また、排気側の内壁面には結露を生じ、これを吸水した籾に若干の異臭を感じた。これも数時間ごとに入れたローテーションにより、仕上り籾にかび汚染の被害粒は認められなかった。

4. 電力消費量

本実験装置で消費した電力量は表1に示すとおりで、1kgの水乾減に0.26kwhを要した。このさい、除湿機を制御する湿度調整器の設定湿度は平均70%であった。圧力ユニットを冷媒管に取り付けた予備実験で、設定湿度を70, 65, 60%にそれぞれ設定した場合の発停サイクルから、圧縮機が作動したonの時間割合を求め、本実験の乾燥時間と乾減水量をもとに水1kg当りの消費電力量を試算した。設定湿度70%時の0.26kwh/kgに対し、65%と60%の設定で0.330と0.396kwh/kgにそれぞれなる。これより湿度を低く設定するほどonの時間割合が大きくな

り、凝縮温度は高まって、所要電力量が増加する。

これらの消費量は従来の循環型乾燥機の0.9~2.0kwh/kg^{5,7)}と比較して1/3~1/5に相当する。また、これまでの文献に見られる諸値(例えば、田原迫ら⁵⁾の0.617, Hoganら⁹⁾の0.557)と対比しても小さい。これは本実験が室内で閉鎖循環気系にして行い、風量比を大きくして、ローテーションを3回入れるなど、乾燥促進をはかったためと思われる。

5. 循環気の状態変化と除湿能力

循環気の状態変化について、貯留槽通過時の加湿、蒸発器通過時の減湿、凝縮器通過時の加熱を湿度図表上に平均的に画くと図3のとおりである。貯留槽からの排気湿度は初回に98%と高く、ローテーションを重ね乾燥が進むにつれて下がるが、それでも最終回に74%であった。

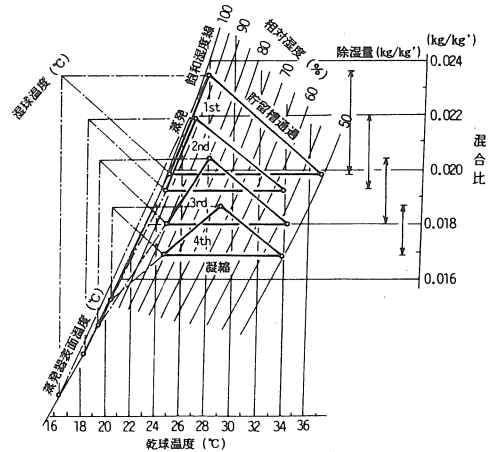


図3 閉鎖循環気系における状態変化

表1. 消費電力と積算量

除湿機						貯留槽		総計
圧縮機用		蒸発器用		凝縮器用				
* モータ	シーブ・ヒータ	シロッコ・ファン	シロッコ・ファン	プロペラ・ファン	プロペラ・ファン	ターボ・ファン		
1.384 ^W	6.245 ^{kwh}	43 ^W	1.293 ^{kwh}	173 ^W	5.204 ^{kwh}	**23 ^W	0.692 ^{kwh}	220 ^W 6.618 ^{kwh}
								20.052 ^{kwh}

* 30.08 時間のうちon : 14.7%の間欠作動

**負荷変動ファンの平均電力

これらの高温空気の温度 28.0 ~ 24.7℃は蒸発器の冷却フィン（表面温度 16.5 ~ 20.6℃）通過時に熱を奪われて、湿球温度線との交点に当たる乾球温度の 25℃前後まで降下した。そのさい水分凝結によって混合比（絶対湿度）を図中に矢印で示す分だけ下げた。減湿分は乾燥が進むにつれて小さくなった。

凝縮器の通過時には 37 ~ 34℃に上昇し、50 ~ 57%に降湿した。除湿機は湿度調整器の設定湿度を基準に、その前後で圧縮機を発停制御するので、凝縮温度の上限（本器は 65℃）まで設定湿度を下げるができる。本実験では湿度 70%の設定で凝縮温度を 60 ~ 65℃に抑えることができた。

供試した除湿機の除湿能力線図（各湿度における周囲温度と毎時除湿量の関係）上に本実験で経過した平均の温・湿度をのせると、連続動作で 7.8 ~ 5.5 kg/h の除湿があったことになる。しかし、実際には圧縮機の on-off の間欠作動で on の時間割合が小さいから、平均で 2.5 kg/h と低かった。

6. 冷媒の状態変化と成績係数

圧縮機が設定湿度に対していかなる発停サイクルで間欠作動し、on の時間割合がどのくらいかを知ることは、所要の乾燥速度に適合した除

湿機を選定する上で参考になる。予備実験で得られた圧縮機の入出口における冷媒の絶対圧力の変化を図 4 に示す。温度制御器を周囲温度の 24℃よりも高い 28℃に設定したうえ、湿度調整器の湿度を 80%の設定から下げて行くと、圧縮比は上がって発停サイクル中の on の時間割合が大きくなる。供試除湿機の冷媒温度は蒸発器で -10 ~ 15℃と凝縮器で 28 ~ 65℃に使

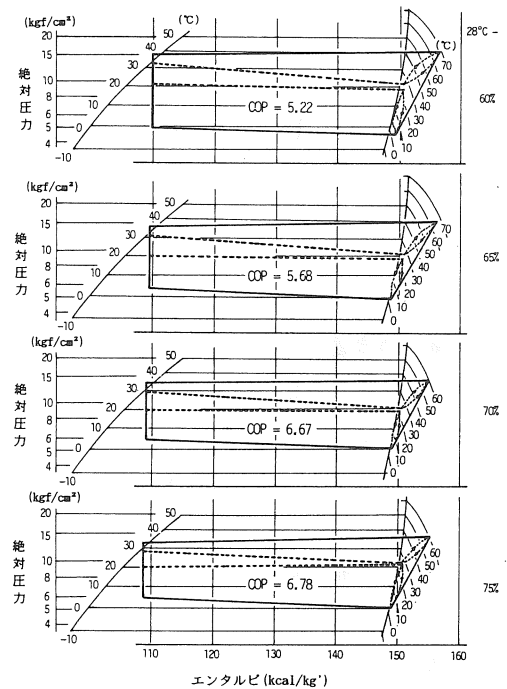


図 5 モリエール線図上の冷媒の状態変化

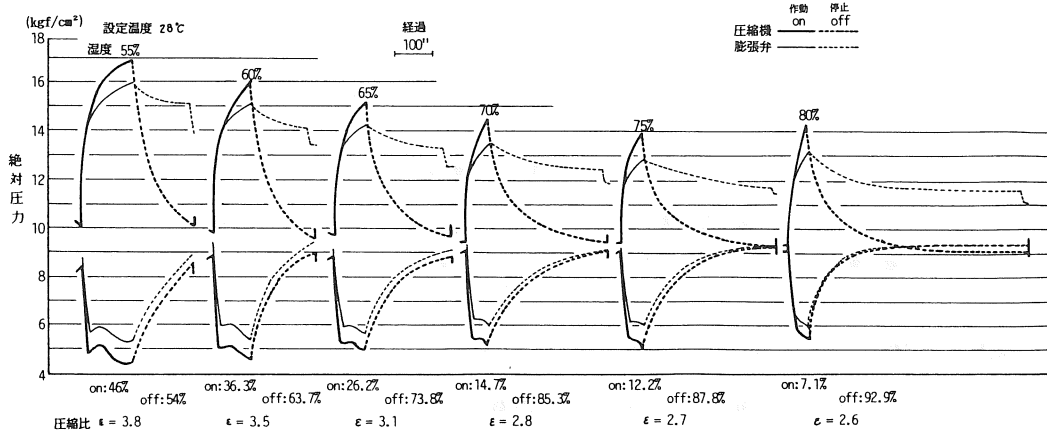


図 4 各設定湿度における冷媒 (R-22) の絶対圧力変化

用の範囲を制限されているので、この凝縮器の上限温度へ接近した時の設定湿度である70%が適当ではなかったかと思われる。

図4に表わした結果をモリエール線図上にのせれば、図5のとおりとなる。ここで、圧縮行程は圧力センサーの示した絶対圧力で作図した。絶対圧力と温度は破線で示すところで最低になり、実線で最高に達する。各設定湿度における成績係数COPは冷却サイクルで5.22～6.78である。これまでの文献に見られる諸値(例えば、田原迫ら⁵⁾ 4.42, 加藤ら²⁾ 3.60)よりも高いのは、発停サイクルが短いため蒸発温度が高い水準にあつたためである。

7. 乾減状態の現時把握

貯留槽と除湿機の各前後で温・湿度を連続計測して、混合比をコンピュータで現時計算し、もみ水分を間接的に求める方法を検討した。このうち貯留槽の入気側と除湿機の排気側は温・湿度センサーをファンの直後に取付けているため、指示値のふれが大きい。そこで最高値と最低値と平均値の三つをもって除湿機での減湿量(Wc)、貯留槽での加湿量(Wg)をそれぞれ求め、図6に累積曲線で表わしてみた。さらに乾燥開始時、各ローテーション時、乾燥終了時に各充てん重量を測定して乾減水量(W')を求め、

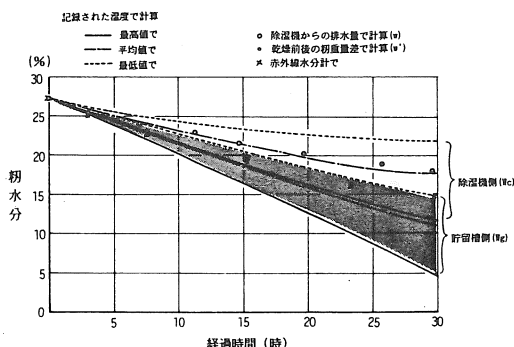


図6 除湿機と貯留槽で各入・排気の湿度差より算出した粗水分

除湿機からの排水量(W)と共にのせた。

Wについて：平均値によるWcの曲線にはほぼ一致し、終了時にはそれと0.47%の僅差であった。しかし、基準とするW'とは大きく離れ、W/W'より74.3%の水分回収率であった。加藤ら²⁾の90%と比較して低いのは、貯留槽の底部に残溜した結露のほか、ローテーション時に外部へ飛散した一部の粗やチャフが未回収のまま続けられたこと、粗表面からの水分蒸発および循環気系外への熱貫流などが原因としてあげられる。

W'の予測：貯留槽側で前半の平均値から後半の最低値による曲線へ向けてW'は移行した。乾燥操作においては後半に過乾燥の防止に留意しなければならぬから、最低値によるWgをもってW'を予測することが可能である。平均値からそれたのは前述のW減少の理由と同じく考えられる。ローテーション時にもっと慎重に扱えば、平均値による曲線上にのるものと予想される。

結論

1. 除湿乾燥で所要の乾燥速度を得るには、圧縮機の仕事の熱当量 Q_0 が凝縮器による穀粒加温を満足させ、蒸発器での凝結除湿を確実にすることである。乾燥結果は乾燥速度0.6%/hから0.35%/hで経過し、胴割れは軽度であるがしだいに増えて、仕上り時に17%であった。
2. 湿度調整器の設定湿度70%において、1kgの水乾減に0.260kwhの電力を消費した。また圧力センサーを冷媒管内にそう入した予備実験で、圧縮機の間欠作動on-offの時間割合から試算した電力消費量は、湿度65%と60%の設定で0.33と0.396kwh/kgであった。これらは循環型乾燥機の0.9～2.0kwh/kgと比較して1/3～1/5に相当する。
3. 循環気は貯留槽の排気口と除湿機の入口で初期に湿度98%と高く、ローテーションを重ね

るにつれて下がり、終期には74%にあった。凝縮器を通過した循環気は受熱により初回の37℃から3回ローテーション後の4回目には34℃へ上昇し、湿度はそれに対応して50～57℃に下がった。これを受ける貯留槽の穀温は初回の35℃から4回目の32℃の間にとどまった。風量比は終始 $0.56\text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{t}$ で行い、除湿能力 $2.5\text{ kg}/\text{h}$ を得たが、湿度50～57%に対応する仕様の $7.8\sim 5.5\text{ kg}/\text{h}$ と比較して $1/3\sim 1/2$ にしか相当しない。

4. 除湿機の設定湿度を低湿へ向けて行くと、圧縮比が上がって発停サイクル中のonの時間割合が長くなる。凝縮器内の冷媒温度の上限(本器では65℃)を越えない湿度設定として、本実験の70%でonの時間割合は14.7%であった。湿度調整器の取付位置が循環気の蒸発器通過後にあるため、圧縮機の発停サイクルは短く、蒸発温度があまり下がらないのが特徴で、成績係数は5.22～6.78とこれまでの文献に見られる4前後と比較して若干高かった。

5. 貯留槽中の籾の乾燥状態を随時知るため、通気の入・排気口で測定した温・湿度から混合比の差を求め、通気量をかけて籾水分を推定しうることを確認した。湿度センサーの取付位置の制約から入気湿度のふれが大きかったので、ふれ幅全体で試算すると、湿度最低値をもって水分計で測定した値にほぼ近づいた。

引用文献

- 1) 石橋真人ら：穀物の冷却乾燥貯蔵に関する研究，農機誌31(2)，129-135，1969.
- 2) 加藤宏朗ら：乾燥機における排気エネルギーの再利用(第1報)，農機誌37(4)，613-623，1975.
- 3) 同上(第2報)，農機誌38(3)，385-393，1976.
- 4) 同上(第3報)，農機誌43(4)，598-597，1982.
- 5) 田原迫昭爾ら：常温除湿空気による穀類の通気乾燥，農業施設18(3)，23-33，1988.
- 6) 同上：ヒートポンプ除湿機の除湿性能および穀類乾燥への利用，鹿大農報37，261-269，1987.
- 7) Flikke, A.M. et al.: Grain drying by heat pump, Agr. Eng., 592-597, 1957.
- 8) Hodgett, D.L.: Efficient drying using heat pumps, The Chemical Engineer, 510-512, 1976.
- 9) Hogan, M.R. et al.: Heat Pump for Low-Temperature Grain Drying, Trans. ASAE 26(4) 1236, 1983.

〔読者コメント〕 本方式は、コストの問題から、米のような付加価値の低い粗粒穀物の乾燥には向かないと言われてきましたが、本研究で、主として実用的な観点から低コスト運転の可能性を示されたことは、本技術の実用価値を大いに高めるものとして評価されると思います。

本研究では、各部の湿度測定に各々異なった方式を採用していますが、各々の測定誤差特性が水分収支の誤差に影響しているとは考えられないでしょうか。

〔著者解答〕 循環気の各部位の状態に応じ、除湿機の入・排気側では風速 $3\text{ m}/\text{s}$ 以上が得られるので乾・湿球湿度計を、また貯留槽の入気側では高い静圧と乱流下の低湿状態にあるのでポリマー薄膜フィルムを、排気側は低風速の凝結に近い高湿状態にあるので加熱サーミスタを用いました。これらの測定誤差は新品でいずれも3%以内を保証されていますが、水分収支の誤差に影響していることは確かだと思います。しかし、どの程度であるかは確認できません。水分収支は湿度差から一応の目安として概算し、乾燥機操作のデータとして役立てたいと思いましたので、かりに計器誤差が各々違っても、さほど大きな影響を及ぼさないと見えています。

ホッパに関する研究

— 粒の流動状態と排出性能について —

赤瀬 章*・小林健一*

Studies on the Hoppers

— On the Flowing Characteristics and the Discharge Rate of Particulate Materials —

Akira AKASE*, Kenichi KOBAYASHI*

I はじめに

ホッパは粉状、粒状物質の供給、貯蔵装置として工業プラント、産業機械に広く使われている。農業機械の分野でも、種子、土、肥料、収穫物などを対象として播種機、施肥機、コンバインその他調製機械に多く用いられている。これまでいくつかの形態、大きさのホッパを供試しコンバイン収穫機、乾燥機、玄米の排出速度、藁の混入率の影響など調査してきたが、本報では主にホッパ中の粒の流動状態、排出速度を基礎的に調べるために、プラスチック粒を使い、観察を容易にする為に大型のモデル粒を作製して実験を行った。

II 供給材料

供給材料として、図1に示すプラスチック粒と鉄製粒を使用した。プラスチック粒は円盤型と円筒型の2種類、鉄製粒は円板(A)と楕円板(B, C)を使用した。楕円板は長径、短径を変え、2種類を使用した。円板と面積は同じである。

III 供試ホッパ

図2、図3に示す二面傾斜ホッパ、および、オリフイス型ホッパを使用した。二面傾斜ホッパは、傾斜面の材質は、プラスチック粒の場合はトタン、鉄製粒の場合はプラスチックフィル

ムで、 θ は 0° から 90° まで変更可能で、前面にはガラスを使用し、流動状態が観察可能である。 α は調節可能で β はプラスチック粒の場合は50mm、鉄製粒の場合は4mmで固定した。オリフイス型ホッパの材質は木で、水平な底板の中央に矩形の排出口がついており、排出口の縦横の寸法比 $a : b$ を1, 2, 3, 4と変化させた。なお、排出口面積は図8に示す4段階に変化させた。

IV 実験方法

(1) 二面傾斜ホッパ

① プラスチック粒による測定

ホッパに円盤形の粒を充填し α を4, 6, 8,

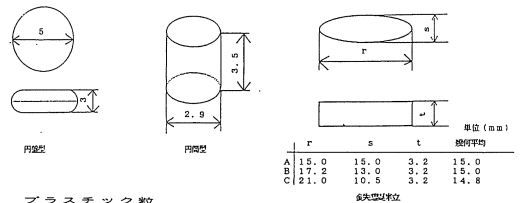


図1. 供試材料

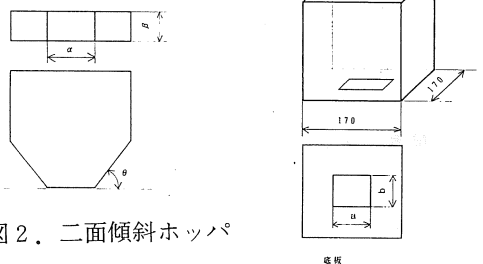


図2. 二面傾斜ホッパ

図3. オリフイス型ホッパ

*山形大学農学部

10 mmと変化させ、排出速度および m_1/m を測定した。ただし m はホップ内の粒の初めの全質量、 m_1 は、シャッター開放後流れが停止するまでに流下した質量である。

② プラスチック粒の排出所要時間

二面傾斜ホップのガラス面に X, Y 座標を設定し円盤型の粒を充填後、トレーサーとして黒色の円筒型の粒をピンセットで一粒入れ、排出口までの流下所要時間を測定した。

③ 鉄製粒による測定

二面傾斜ホップに鉄製粒をランダムな方向に充填するために、同ホップを水平に倒し前面のガラスを取り、粒を一層並べその方向がランダムになるようにし、その後ガラスを取り付け静かにホップを立てた(写真1(1), (5))。αを40~60 mmと変化させ排出速度、つまり率、 m_1/m を測定した。同一条件で充填、排出を繰り返して実験し(5~10回)、実験回数に対するつまりを生じた回数の比をつまり率とした。

④ 流下中の粒の長軸の角度

二面傾斜ホップに鉄製粒を一層充填し、その流下状態をビデオカメラで撮影した。シャッターを開放し一定時間後、排出口中央、直上20 mmの点を中心とした一辺20 mmの正方形内に含まれる粒の長軸の角度をビデオ画面から読み取った。

(2) オリフィス形ホップ

矩形排出口の縦横比を変化させ排出速度を測定した。また、一般に排出速度は粒子層高に無関係であることが実験によって認められているので¹⁾、粒子層高60 cmで行った。

V 結果および考察

(1) 二面傾斜ホップにおける排出速度

図4は二面傾斜ホップでプラスチック粒を使用しθを0°~80°まで変化させた場合の排

出速度を表わしている。材料は円盤型、円筒型の2種類を使用した。両方ともθが30°で排出速度が最も減少している。この二つの材料の安息角は25°, 27°であるが排出速度の減少している30°に近いことから、傾斜角度が安息角付近で排出速度が最も小さくなっていると言える。θが安息角以上の時を考えると、粒はトタン板上を流下し摩擦係数は小さいので、比較的速度は大である。θが80°より小さくなるにつれ排出口付近の粒の下方分速度は小さくなり排出速度は小さくなる。一方θが安息角以下の時、粒は傾斜板上に停滞した粒上を流れるため粒の速度は小さく、粒の下方分速度、排出速度はθ=30°より小さくなるはずである。しかしこれは実験値と異なる。今、θが安息角以上の時、θが80°より小さくなるにつれて排出口付近の粒の水平分速度が大きくなるので、それによって粒の流出断面積が排出口面積より小さくなる効果が生じていると仮定する。そうするとθが安息角以下の時水平分速度が小さいのでこの効果が小さくなり、流出断面積が大きくなり実験値と符合する。以上は想像の域を出ないが今後詳細な観察、検討が必要である。

(2) 二面傾斜ホップ内粒子の排出所要時間

図5は排出口の大きさα×βが10×50と15×50の場合の円筒型プラスチック粒(トレーサー)の排出所要時間を表わしている。α=10の場合、壁面からの距離Xが0, 10, 20 mmまでは高さ100 mmの方が150 mmより時間がかか

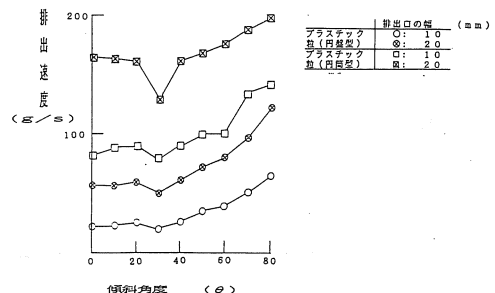


図4. 二面傾斜ホップにおける傾斜角度の違いによる排出速度の違い

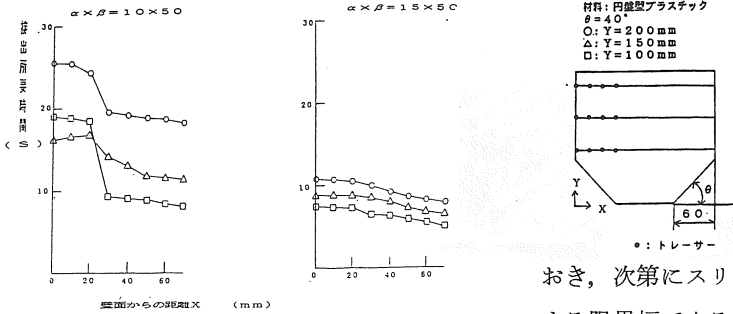


図5. 二面傾斜ホッパ内の材料の位置と排出所要時間

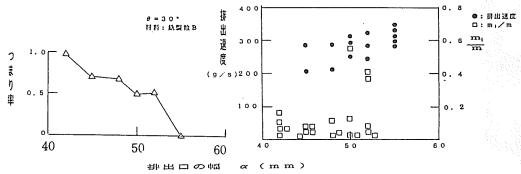


図6 二面傾斜ホッパの排出速度、つまり率、 m_1/m

っている事がわかる。しかし $\alpha = 15$ の場合、トレーサーの高さが低いほうが早く流下している。これは θ が 40° の場合であるが、 $60^\circ, 80^\circ$ では、 α を小さくしてもこのような現象は起きなかった。これは $\theta = 40^\circ$ の時、 α が小さいとファンネルフローを生じるが、 α が 15 mm ではマスフローとなり、また α が小さくても θ が 60° 以上ではマスフローになる事を示している。

(3) モデル大粒を供試した結果

図6は鉄製粒Bの排出速度、つまり率、 m_1/m を表わしている。つまり率は $\alpha = 40\text{ mm}$ で1.0であるが、 α が大きくなるにつれ、つまりらないで流下する割合が大となり、 $\alpha = 55\text{ mm}$ では全くつまりを生じなかった。つまり率1.0の最大の α は粒の短径の3.2倍、つまり率0の最小の

α は4.3倍でありその差は1.1倍であった。庄司氏²⁾は流出に対する限界スリット幅を測定しているが、これは粒を自然流出させて

おき、次第にスリット幅を狭めて、流出の停滞する限界幅である。著者らは、粒充填後シャッターを開く方法で流出開始時の排出に着目したので、今後両者の比較検討を要すると思われる。 m_1/m をみると大部分が0.2以下である。即ちつまりは比較的早い段階で生じることが多い事が分かった。

図7は鉄製粒の長軸が水平となす角度を表わしている。 α が45, 50 mmではつまりが発生し角度の変化はほとんど無いが、 α が大きく流動している場合、排出口付近では長軸の角度が大きくなり整粒作用が見られた。

粒の流出が停止するのは、排出口で粒が架橋(ブリッジ、アーチ)を形成するためであるとみられた。大粒モデルでの架橋の状態を写真に示す。写真(1)は円盤型の充填状態であるが、各所に空隙が見られる。写真(2)は $\theta = 60^\circ$ 、 $\alpha = 40\text{ mm}$ の円盤型の場合であるが排出口の關係でこのような規則正しいブリッジが形成された。写真(3)は $\alpha = 45\text{ mm}$ 、側壁間距離95 mmの場合である。流下後空隙がなくなり、規則正しく最密充填となり、ブリッジが形成されている。写真(4)は $\theta = 30^\circ$ 丸みを帯び

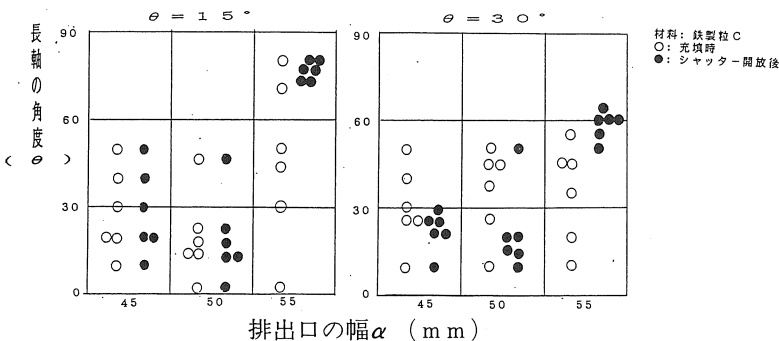


図7 楕円板の長軸の角度

た楕円の場合であるが8粒で大きなブリッジが形成され、楕円の長軸が排出口の方を向いているのが見られる。写真(5)は $\theta = 30^\circ$ 、鉄製粒Cの充填状態で

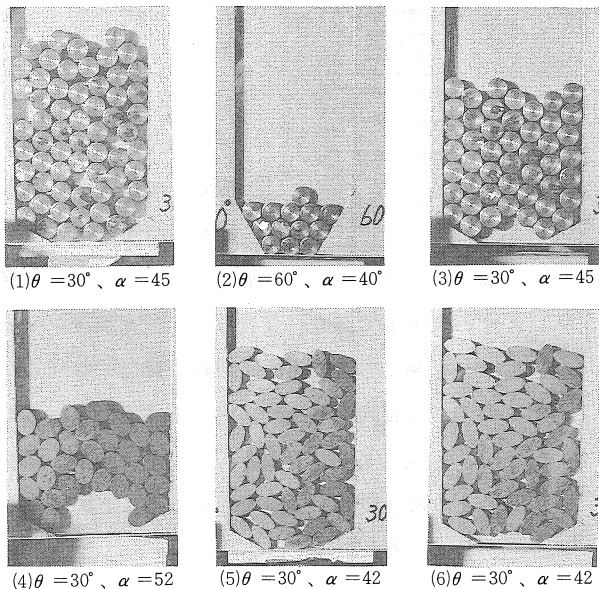


写真1. 鉄製粒の充填状態とブリッジ形成後の状態

ある。写真(6)はブリッジ形成後の状態であるが、写真(5)、(6)を比較すると下の5粒が落下し、そのまわりの6粒が回転してブリッジが形成された事が分かった。

(4) 矩形オリフィスの排出速度について

図8はオリフィス形を変化させた場合の結果である。縦横比が大きくなるにつれ排出速度が減少している。これは、前述の限界スリット幅が存在する事からわかるように、オリフィスの近辺は粒が流れないため、縦横比が大きくなる

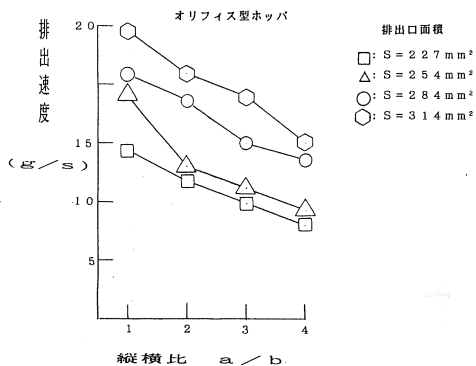


図8. 排出口の形の違いによる排出性能の違い

と流出有効面積が小さくなるためであるとみられた。

VI 摘要

本実験ではモデルホップおよびモデル材料を使用し次のような結果を得た。

- (1) 底面傾斜角 θ が粒の安息角とほぼ等しい場合、排出速度が最小になった。
- (2) $\theta = 30^\circ$ の時全く流下しない排出口幅の上限は楕円板短径の3.2倍、全くつまらない上限は4.3倍であった。
- (3) 楕円粒がホップ中を流動している時排出口付近で整粒作用が見られた。
- (4) 排出口の形が矩形の場合、縦横比が大きくなると排出速度が小さくな

った。

参考文献

- 1) 児島初男：穀粒の流体力学的特性（その2）——穀粒の輸送——，農産物性研究（第2集），（1985）
- 2) 庄司英信，小笠隆夫：穀粒の槽内流動に関する実験的研究，農機誌，第1巻第1号

〔閲読者コメント〕基礎的にしっかりとした研究を意図されていて感心しました。しかし、この種の問題を確率論的に解決する研究は粉体工学分野で蓄積されていますから、基礎的である程、国際的な文献照合が必要だと思えます。それとも、農産物対象の実用的研究へと連げるおつもりですか。

〔著者回答〕本研究ではホップにおける農産物、その他の流動状態、排出性能、詰まりとモデル粒を使ったそれらとの橋渡しを考えています。御指摘のとおり他分野での研究は多く行われていますので、国内外の文献収集を現在進めております。

バイオマス熱分解装置の開発と物質収支の検証

清水 浩*・S. ウバリボン*・E. カルカソナ*・R. パイリントラ*

Material Balance Verification of the Developed Biomass Pyrolysis Apparatus

Hiroshi SHIMIZU*, Sittisak UPARIVONG*, Edwin CARCASONA*・Rattanachai PAIRINTRA*

Abstract

Updraft biomass pyrolysis apparatus, a small-sized equipment, that uses rice husk and bark pellet as raw materials was constructed for lab-scale studies. Since in an updraft biomass pyrolysis apparatus, a large quantity of water is condensed and accumulated within the reactor layer, operating such a system becomes difficult. The development of this apparatus forced all products to be discharged and condensed outside the reactor chamber to the desired lowest temperature T_c . Gas outlet temperature was limited by automatic control. Water was supplied at the bottom part of the apparatus. Additionally, water was generated within reactor chamber. Output gas flowed through a cooling part to separate liquid tar and upgrade gas which is used to run a PS engine. Material balance was verified by measuring the amount of material supply W_s , air supply W_a , and water supply W_w , including output products such as liquid tar in which the proportion of liquid tar was divided into water W_{tw} , residue W_{tr} , and light oil W_{to} . For producing acquistively condition of the equipment some parts were restructured to do experiment. It was observed that the upgrade gas W_g , and light oil W_{to} , could be separated from the product gas in the experiment when the equipment condition was remodelled. Each of these model could be identified by the difference in the amount of material supply at the same air supply. Also, each model have an effect in the material balance. For example, cooling cyclone and suction blower have a great ability to separate upgrade gas and light oil. In the case of using bark pellet, water W_{to} , was 27% of the total material supply, approximately 1/3 of the moisture content, and the remaining 2/3 of the total material was converted into energy. Light oil usually obtained is about 3%, the use of which is to utilize as liquid fuel. The method of determining the amount of light oil is now clarified.

1 緒言

もみ殻・樹皮など未利用な農林資源を、活用するための研究を蓄積してきた。従来は、それらを熱利用する目的で研究し、各種の燃焼炉を開発して、一部は実際に普及するまでに至った。しかし、熱よりも動力、とくに電力とする方が

利用価値が高いので、今後は動力用の研究へ発展させることにした。従来の燃焼炉も「ガス化燃焼式」であって、熱分解した後にガス燃焼する方式であったから、研究手法としては継続性を持っている。

例えば、チップ工場で発生する樹皮はほぼ未

利用な現状だが、これを粗選別して大塊を除去した程度の無加工な状態で熱分解炉へ投入してガス化し、ガスエンジンで発電し、工場の電力をまかなうシステムの構築を考えている。チップ工場の生産費の約40%が電力費であるとされるから、その経済効果は大きい。かつて普及が意図されたバークペレットは、粗粉碎・乾燥・微粉碎・圧縮整形する加工費の他に流通費も大きかったので、多大な犠牲を払った後に挫折したとみられる。そうではなくて、前述のように粗大物だけを粉碎処理する程度の「ミル後置き式閉回路粉碎」とし、加工費・流通費を掛けずに発生場で資源活用する方式が必要なのである。しかも、ライスセンタは年間稼働日数が少ないが、チップ工場はフル稼働なので施設償却に有利である。まずそこから、早速に普及開始できるものと期待する。

もみ取りきが慣行の東南アジア諸国では、もみ殻を発生するライスマルの稼働期間が長い。

かつ、それら諸国では労力費に対しエネルギーコストが割高である。従って、もみ殻原料の熱分解装置へ熱意が高いので、その期待へ応える意義は大きい。日本でも、灰分をファインセラミックス材料(SiC)へ加工して付加価値を大きくする処置が伴うなら、その研究の意義も絶大となる。よって、もみ殻も目的へ含めたいと考えている。他に、プラスチック類を含む都市可燃ごみも対象になるので、近年ますます拡大するこの問題への対処も念頭に置いている。

この研究は、現在、東大・博士課程に在学するタイ国からの留学生・パイリントラが、岩手大での修士論文としてまとめた熱分解炉のシュミレーション¹⁴⁾に立脚し、後続のタイ人留学生・ウバリボンとフィリピン人留学生・カルカソナとが協力して担当し、パイリントラも直接参加して後援した。清水は主研究者として立案・指導し、文部省科学研究費(一般B, 1989~91)を得て実施した成果であることを付記する。

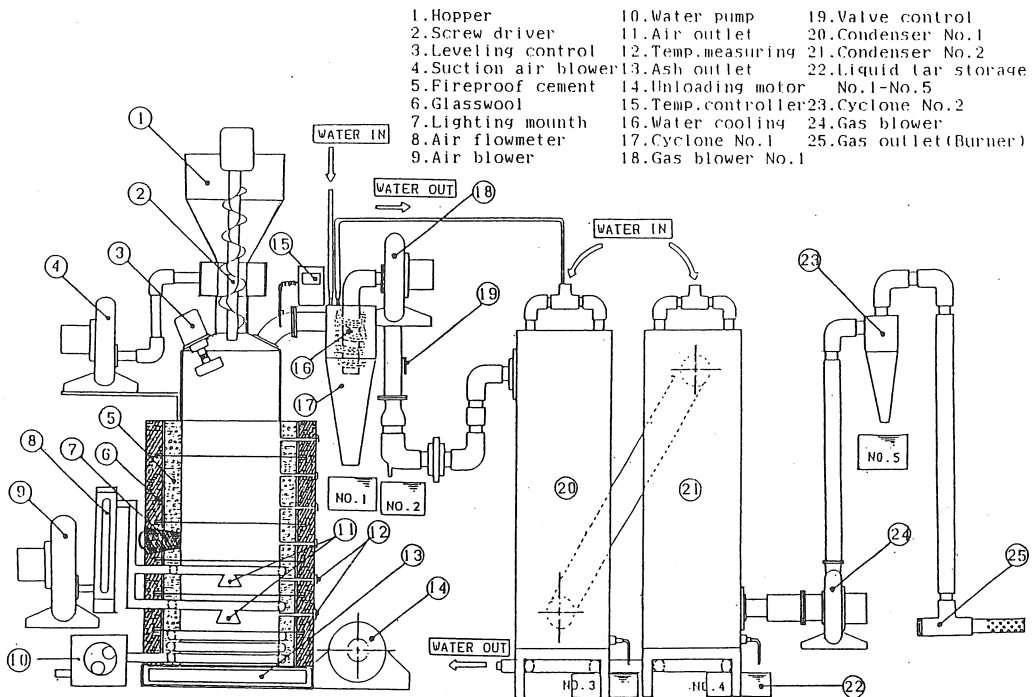


Fig.1 : Schematic diagram of biomass pyrolysis apparatus
(Experiment date:12/July)

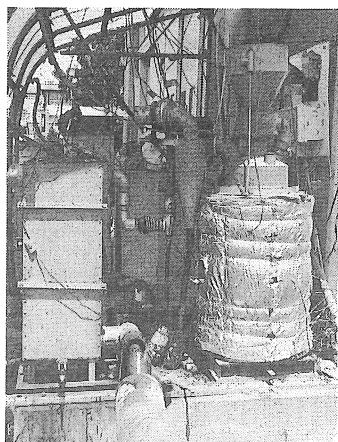


Fig.2 Front view of biomass pyrolysis apparatus with cover

2 装置の概要

1989年7月に設計完了して製作発注し、10月に完成部品を組み立て調整し、11月から実験研究へ入った。その後、装置を部分改良しつつ実験し、各改良段階での性能を測定して比較した。樹皮ペレットが主対象で10～15 kg/hrの処理能力として設計し、9 ps エンジン（ヤママー水冷式）を準備して発生ガスで運転し、動力利用を目的としているのだが、ガス燃焼の基礎的実験結果として報告する。

図1に90年7月段階での装置の概要を示す。図2には、その段階での装置の外観写真を掲げる。材料はホッパー①から投入し、スクリュ②の駆動で炉内へ落下堆積する。あらかじめ、前回は採取した燃え滓を炉底部へ堆積した後に、対象材料を新たに追加投入して、炉中央部の点火口⑦から着火し、ブロワ⑨（富士リングブロワ、VFC-101 C, 90 W）から燃焼空気を供給した。以後は、排出ガスの温度センサ⑩を設定温度 T_c に維持するようスクリュ②によって材料供給量を自動制御し、堆積材料がレベルスイッチ③へ達するとブザーが鳴り、アンローダ⑬を駆動するように装置した。燃焼空気は風量計⑧（フロート式、460 l/min）で一定値に

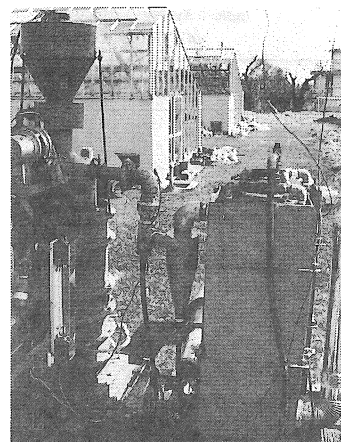


Fig.3 Backside view of biomass pyrolysis apparatus without cover

定め、かつ、炉周と中央部から減速供給し、クリンカーの生成を防止した。また、炉最下部にはボイラー機能を持つコイル管を介して、定量ポンプ⑩（東京理化学機、EYECA, MP-3）で水を供給し、余熱で蒸発・上向流させて、還元層で水性ガス反応を伴う場合も実験した。

排出ガス中には、後記のように多量の水分を含むが、従来は排出ガス温度が低かったために炉内で凝縮・蓄積したので、炉内反応を著しく阻害していた。従って、前記のセンサ⑩で水分を凝縮させぬ必要最低温度（例えば $T_c = 105^\circ\text{C}$ ）へ排出ガス温度を制御する操作が、本研究の一つの課題であった。それは、前記したシュミレーションで解明した成果であった。炉装置の寸法諸元、ブロワ⑨⑬、ポンプ⑩の仕様なども、シュミレーションへ立脚して定め、設計の根拠とした。

発生ガスは水冷サイクロン⑰（出口管 A 65）、吸引ブロア⑱（ショーワ、SF-55 SH, 70 W）、熱交換器⑲⑳、補助ブロア㉑（ショーワ、SF-40 S, 65 W）、小サイクロン㉒（出口管 A 50）を経てパーナ㉓（A 40）へ送った。途中、No.1～5点でタールを採取した。なお、ブロア⑱でホッパー①からも空気が吸引されんとするが、

Table 1 Average Composition of Pyrolyzed Biomass

Item	Rice Hull (%)	Bark Pellet (%)
Ash	19.02	3.59
Fixed Carbon	22.09	30.33
Solid Tar	7.10	6.18
Liquid Tar	21.80	29.86
Gas	29.20	30.04
Calorific Value of Dry Matter	3845 Kcal/Kg	4490 Kcal/Kg

プロア④(ショーワ, SB101, 64W)で吸引して煙が少し出る程度に維持するようバルブ⑩を調節して, 取得する可燃ガスの中への空気混入を防止した。この方法で, 複雑高価な気密フィーダーを用いずに, 簡易安価に装置して, 良く機能を維持できた。

炉内径は30cmであり, 鋼板円筒内へ厚さ5cmに耐熱材⑤(ニチアス製キャスト, CR-130-S)を充填した。その外周(直径40cm)を, さらにグラスウール(厚5cm)⑥でカバーした場合も実験した。炉円筒は高さ10cm・20cmの2種を準備して, 合わせ面は上記の耐火材で気密に積み重ね, 各種条件へ組み合わせ変化できるようにした。従って, 装置の全高は変化するが, 図の場合で, 1.55mであった。図3には, 炉を露出した改良前の状態で背面から撮った外観写真を掲げた。

3 物質収支の検証方法

(1) 供給材料

供給材料には, もみ殻も用いたが, 主にバークペレットを用いた。緒言で述べたように粗加工の樹皮が元来の対象だが, 実験用の小型装置なのでペレットで代用した。

バークペレットは市販品(葛巻林業㈱製)であり, もみ殻は岩手県花巻地区の業者から購入したものであった。既往の測定結果を合わせ, それら諸元は表1に示すようであった。

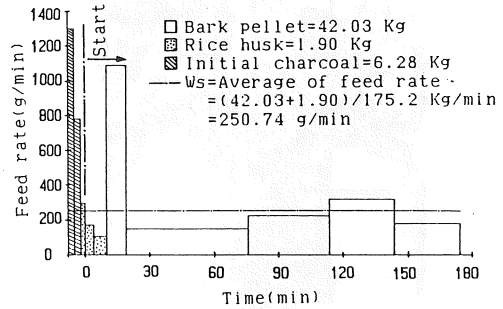


Fig.4 Material supply (12/July)

Table 2 Method of measuring the left material W1(Exp.Date 14/June)

Sample Number	Bulk Density (gm/cc)	Ash Percent (%)	Material Weight (gm)	Ash Weight (gm)
1	0.487	16.52	2214.04	365.76
2	0.440	25.04	2000.37	500.89
3	0.449	14.57	2041.28	297.41
4	0.437	19.57	1986.73	388.80
5	0.424	11.02	1927.63	212.42
6	0.376	10.34	1709.41	176.75
7	0.428	15.15	1945.81	294.79
8	0.387	10.66	1759.41	187.55
9	0.400	11.45	1818.52	208.22
Total:			17.403Kg	2.633Kg

Where: Initial charcoal supply =8.6kg
 $W_1 = (17.403 - 8.6) \text{kg} / 3.82 \text{hr} = 38.41 \text{gm/min}$

(2) 材料供給量の測定方法

前述のように, 前回は生成した「燃え滓」(char-coal)の一部をあらかじめ炉底部へ堆積し, 次いで, 着火し易いようにもみ殻を少量だけ堆積し, 後, 対象のバークペレットを排出ガス温度に基づき自動制御で投入した。材料をホッパー①内へ間欠にバケツで補給したが, 一例は図4のようであった。着火から投入中止してホッパー内が空になるまでを「実験時間」と定め, 「燃え滓」はそのまま排出されるとみて除外し, 図示のように平均の材料供給量 W_s を求めた。

(3) 材料使用量の測定方法

実験後, アンローダ⑬を作動し, 1作動(容積約3,530cm³)毎に排出物を採取缶へ密封して水冷し, その状態でかさ密度を求め, 均分器で少量化して灰分率(1000℃-24hr)を求めた。

一実験例では表2のようであった。⑨の作動で炉内の堆積層が乱れてはいたが、「燃え滓」の合計量と平均物性を求め、表示のようにして残滓排出量 W_l を求めた。また、平均の材料使用量 W_u は、 W_s と W_g との差として求めた。

(4) タール分の測定方法

バイオマス熱分解では大量のタール分が発生し、分別採取して計量した(図1の例ではNo.1~5点)。各採取点別試料について、分留装置(Vigreux 蒸留カラムと Graham 型コンデンサ)により 75→125℃で緩速に蒸留し、残留した「滓分」の比率 W_{tr} を求め、次いで、蒸留液をガスクロ(島津GC-7A, C-R1A型)分析で「水分」の比率 W_{tw} を求め、残りを「油

分」 W_{to} とみなした。油分は自燃できる物性を持ち、既知の木炭と混合して熱量計(熱研式改良B型, 吉田YMB型)で計測した。未確定ながら、油分の発熱量は約1万 kcal/kgと認められた。

(5) 物質収支の総括方法

一実験例について例示すると、図5のようであった。材料供給量 W と空気供給量 W_a が収入であり、ガス W_g とタール W_t と燃え滓 W_l とが支出であって、収支は合致する。水供給の場合はその量 W_w も収入に加わり、同様に合致する。また、 W_s と W_l の差は材料使用量 W_u であって、それらの関係は下式のように表わされる。

$$W_s + W_a + W_w = W_g + W_t + W_l$$

$$= W_g + W_{tw} + W_{to} + W_{tr} + W_l$$

$$W_s - W_l = W_u = (W_g + W_t) - (W_a + W_w)$$

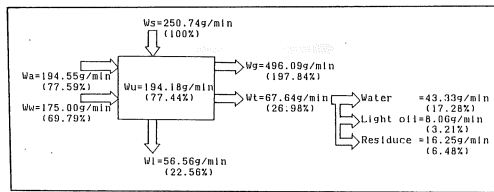


Fig.5: Flow diagram for material balance (Experiment date:12/July)

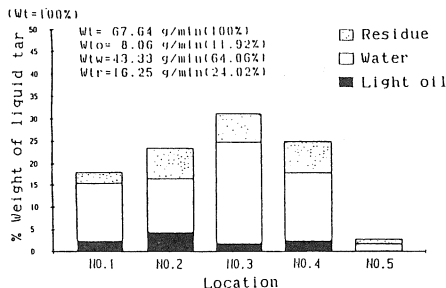
4 実験条件と実験結果

装置を部分改良しつつ順次に実験し測定したので、その改良段階別の特性を比較することができた。よって、図1の装置を基準に置き、それと異なる装置部分を明示した上で、同一様式で実験結果を整理して図6~10へ一覧した。

ただし図5と同一内容ながら、供給空気量を基準にして実験条件間の物質収支の数量比較が可能のように、棒グラフで収入と支出とを対比する別の表示方法を採用した。また、タール W_t の内容が、採取点別に比較できる図も合わせ、それらを実験日別に組み合わせ示した。

Income	
$W_a = 194.55 \text{ g/min}$ (42.0%)	$W_s = 17.5 \text{ g/min}$ (6.85%)
$W_w = 175.00 \text{ g/min}$ (69.79%)	$W_g = 250.74 \text{ g/min}$ (151.15%)
$W_u = 194.18 \text{ g/min}$ (77.44%)	
Out let	
$W_l = 56.56 \text{ g/min}$ (22.56%)	$W_t = 67.64 \text{ g/min}$ (26.98%)
	$W_{tw} = 43.33 \text{ g/min}$ (17.28%)
	$W_{to} = 8.06 \text{ g/min}$ (3.21%)
	$W_{tr} = 16.25 \text{ g/min}$ (6.48%)

(a) Material balance



(b) Tar content at each position

(c) Structure Same to fig.1

Air supply : $W_a = 150 \text{ l/min}$
 Experiment time: $\theta_{it} = 2.92 \text{ hr}$
 Control temp. : $T_a = 95 \text{ }^\circ\text{C}$
 Gas outlet temp.: $T_u = 34.3 \text{ }^\circ\text{C}$

Fig.6: Synthetic achievement of biomass pyrolysis apparatus (Experiment date:12/July)

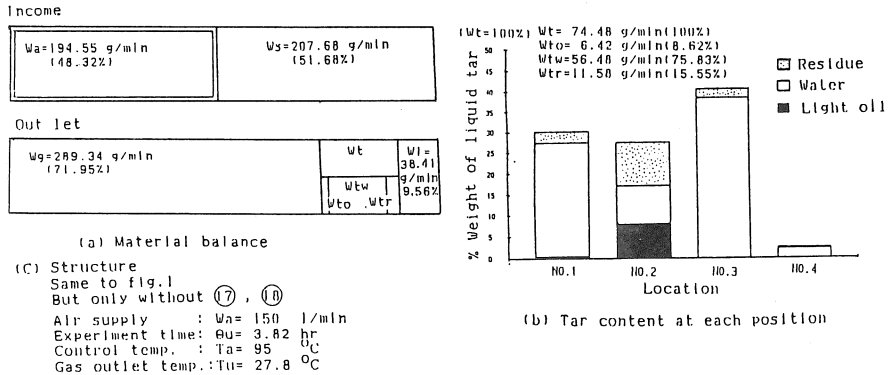


Fig.7: Synthetic achievement of biomass pyrolysis apparatus (Experiment date:14/June)

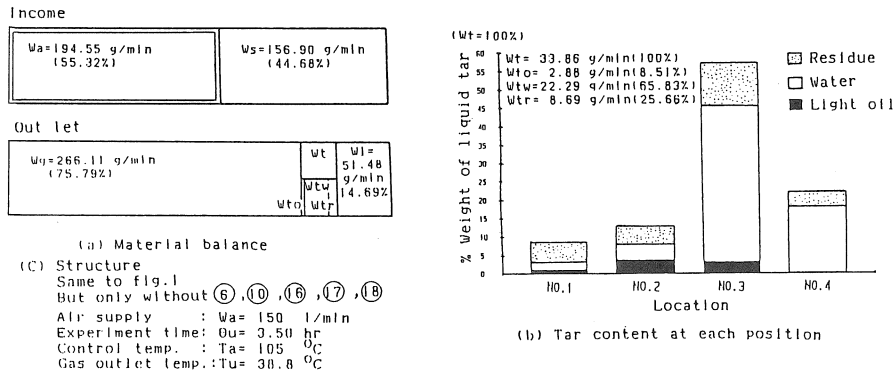


Fig.8: Synthetic achievement of biomass pyrolysis apparatus (Experiment date:31/May)

5 実験結果の考察

(1) 燃焼空気供給量 W_a に対する材料供給量 W_s は、実験条件によって著しく相違した。残滓排出量 W_g を差し引いた材料使用量 W_u で比較しても相違は大きかった。とりわけ、炉周壁の断熱性改善による相違は著しかった。

(2) 排出ガス温度の自動制御で、発生水分を炉内へ集積させず排出するのに成功した。しかし、タールはミスト状でガス流に乗るので、単純な冷却過程では分離し難かった。水冷サイクロンや吸引ブロワの強制渦が有効と分かった。

(3) タール中の油分 W_{t0} は、常に材料供給量 W_s の約3%が得られ、エンジン燃料へ利用し得るとみられた。その W_{t0} を、まとめて高濃度取得できる装置の条件が有るように認められた。

(4) タール中の水分 W_{lw} は W_s の約27%

出たが、その約1/3が材料水分からであり、他の大部分は熱分解で発生すると認められた。水分量が少ない例はガスの冷却分離が不十分なためとみられ、一層の改善を要すると認めた。

(5) 樹皮ペレットを主対象としたが、もみ殻の場合は未だ成功していない。かき密度が過小なためであり、空気供給料 W_a を大幅に下げ、処理能力を低下させる必要があるとみられた。そうではなくて、スクリー②で材料を加圧供給して炉内充填密度を高くする新規の方法を、次回は試みたい。

6 あとがき

実験研究は開始して間もないので、未だこれから多方面に研究蓄積して、科学的な筋道を付けてゆく計画でいる。幸いに、熱心な留学生生達に参加しているし科研費も有るので、残された

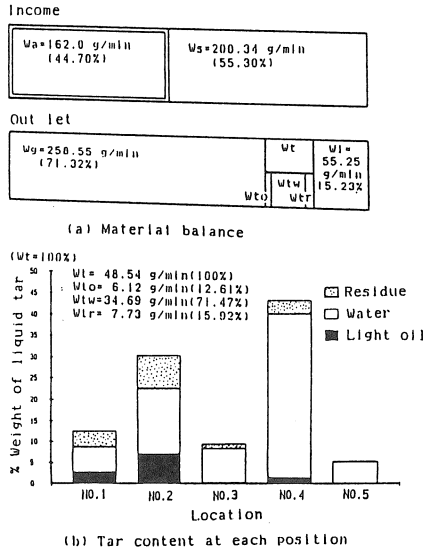
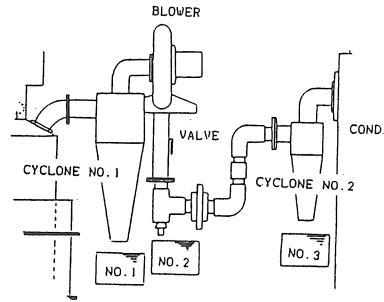


Fig.9: Synthetic achievement of biomass pyrolysis apparatus (Experiment date:17/May)



(c) Structure
Same to fig.1
But only changed the part of upper figure (liquid tar storage No.1-No.3), and without (6), (11), (16), (7), (8)

Air supply : $W_a = 125 \text{ l/min}$
Experiment time: $\theta_u = 2.92 \text{ hr}$
Control temp. : $T_a = 120 \text{ }^\circ\text{C}$
Gas outlet temp.: $T_u = 26.0 \text{ }^\circ\text{C}$

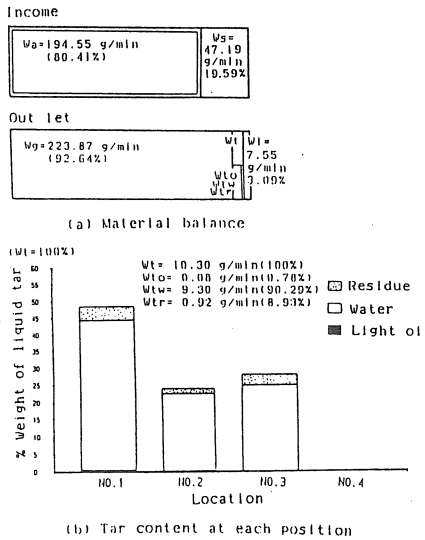
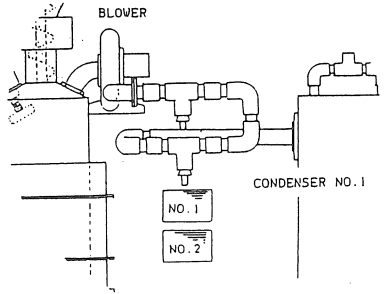


Fig.10: Synthetic achievement of biomass pyrolysis apparatus (Experiment date:28/March)



(c) Structure
Same to fig.1
But only changed the part of upper figure (liquid tar storage No.1-No.2), and without (6), (11), (16), (7), (8)

Air supply : $W_a = 150 \text{ l/min}$
Experiment time: $\theta_u = 4.45 \text{ hr}$
Control temp. : $T_a = 120 \text{ }^\circ\text{C}$
Gas outlet temp.: $T_u = 17.1 \text{ }^\circ\text{C}$

年月を彼等と有効に過ごしたい。その研究蓄積を基に、まずは日本のチップ工場を手始めにして装置を実用化し、間伐材などへと順次に拡大して、限り有る資源の有効利用と、地球環境の持続的保全の夢を実現したい。経済性が成立して初めて理想は現実性を持つと、私は理解している。留学生達の各々も彼等の母国で、夢の実現を継承することであろう。

参考文献

- 1) 清水 浩, 菅野明宏, 西山喜雄: 燃料としてもみがらの物性研究, 農機誌, 39-4, (1978/3), 477~481.
- 2) 清水 浩, 木村俊範: もみ殻燃焼における揮発分の研究, 農機誌, 42-3, (1980/12), 383~389.
- 3) 清水 浩: もみがらの熱源としての利用,

施設農業への新エネルギー利用(地熱・バイオマス・産業廃熱), (1980/10), 488~510, フジ・テクノシステム, 東京.

- 4) 清水 浩, 木村俊範, 西山喜雄, 照井 勉:
もみがらの固形炭分の燃焼についての研究,
農機誌 44-1, (1982/6), 79~84.
- 5) 清水 浩, 木村俊範: もみがらの直接燃焼
時の特性についての基礎的研究, 農機誌 46
-1, (1983/6), 633~638.
- 6) H. Shimizu, Y. Nishiyama, T. Kimura:
Utilization of Generated Heat from
Rice Hull and Other Agricultural Bypro-
ducts. Reports of Special Project on
Energy Under Grant in Aid of Scientific
Research of The Ministry of Education,
Science and Culture, Japan, (1983), 193
-198.
- 7) 清水 浩: バイオマス熱利用の現状と将来,
エネルギー・資源 5-2, (1984/2), 97~
102.
- 8) 清水 浩: もみがら燃焼炉, 農機ハンドブ
ック, (1984/3), 152~154, コロナ社,
東京
- 9) 清水 浩: バイオマス燃焼炉についての研
究, 農機学会東北支部報 31, (1984/12),
53~57.
- 10) 清水 浩: バイオマスの熱分解条件の究明,
農機誌 47-1, (1985/1), 73~78.
- 11) H. Shimizu, T. Kimura, R. Pirintra:

Integrated Regional System of Thermal
Utilization of Biomass Resources, Agri.
Mach. in Asia etc. 18-1, (1986/1),
65~71.

- 12) H. Shimizu, T. Kimura, R. Pairintra:
Direct Utilization as a Heat Source.
Reports of Special Project on Energy
Under Grant in Aid of Scientific Res-
earch of The Ministry of Education,
Science and Culture, Japan, (1987),
107~112.
- 13) 清水 浩: バイオマス資源の熱分解による
熱と動力への利用, 太陽エネルギー 16-1,
(1990), 20~26.
- 14) R. Pirintra, H. Shimizu, O. Kitani:
Case Study on the Control Condition
of Up-Flow Biomass Pyrolysis Gasifier,
Journal of the Society of Agricultural
Structures, Japan, 21-1, (1990/3),
13-21.

〔読者コメント〕 熱分解炉内での材料別の反
応のメカニズム, 例えば, 熱的な条件, 供給空
気の量と材料物性との関係等の解明を期待して
いる。

〔著者回答〕 この開発研究と合わせて, いろい
ろな基礎的データが解明されて行くこととなる
でしょう。

開発したバイオマス熱分解炉の熱収支の検証

清水 浩*・E. カルカソナ*・S. ウバリボン*・R. パイリントラ*

Heat Balance Verification of the Developed Biomass Pyrolysis Reactor

Hiroshi SHIMIZU*, Edwin CARCASONA*, Sittisak UPARIVONG*, Rattanachai PAIRINTRA*

Abstract

Concerning the developed biomass reactor, the heat balance was verified by analysis, with each kind of measurement as the basis for calculation of the reaction inside the reactor. Automatic recording of temperature such as the reactor wall temperature was done. The exhaust gas temperature indicated by T_c , for example was successfully controlled by automation at $T_c=105^\circ\text{C}$. At this temperature, the water vapor inside the reactor can not condense. The temperature inside the reactor was measured by frequently inserting a thermocouple. In the combustion layer, the temperature was found to be over 1000°C . It was confirmed that above this layer, the reduction layer (approximately 800°C) is thick; and above this, the pyrolysis layer (600°C less) is relatively thin; and the top-most layer, the drying layer (135°C less) is extremely thin. Heat loss was computed from the reactor materials' thermal conductivity λ and the difference between the inside and outside reactor temperature. Also, the heat balance inside the reactor was verified by assuming that the oxygen in the air supply was totally consumed in the combustion layer in order to calculate the value of the produced heat H_c ; each layer's reaction heat and the increase in material heat temperature as well as the above stated heat loss are necessary for computing the net heat at each layer from the heat value carried by the gas in the upward direction. Furthermore, the gas heat value H_g was computed by subtracting the measured results of the experiment's residue heat value H_l , tar oil heat value H_{to} , tar oil's residue heat value H_{tr} from the original heat value of the material H_m . The heat computed from direct burning of the produced gas and air supply was less than the heat H_g stated above. It was thought that H_g is the exact value. A big difference was noticed in the heat balance when the operating condition and the equipment condition were changed. For example, when the reactor wall was covered by a thermal insulator such as a glass-wool, the result was an increase in reaction heat value, a 32% increase in material supply W_s ; and a 21% increase in gas heat value. The effect when water was supplied was a generation of H_2 and CO gases, and furthermore, the material supply W_s increased by 20%.

*岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka (020), Japan

1 緒言

樹皮やもみ殻などの未利用な農林資源を原料として熱分解し、その発生ガスをエンジン燃料として自家発電する必要装置の全体を開発研究している。その際、熱分解残物中の炭分は固形燃料、生成したタール分中の油分も液体燃料などとして有効利用する。従って、バイオマスの総合利用システムが研究目的である。そのため装置を可変に設計して、各種の構造条件と運転条件で実験し、結果を比較して最良条件を検証する手法を採った。装置の構造と物質収支の検証とを行なった別報(清水ら¹⁾)、以下、別報

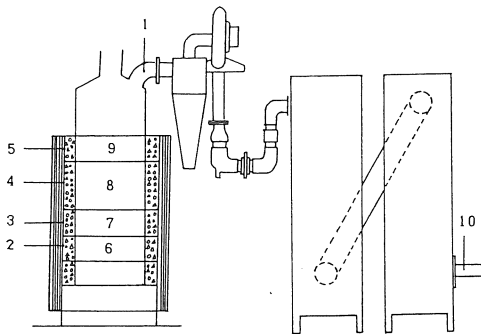


Fig. 1: Measuring points of temperature in the experimental equipment (Example.14/June)

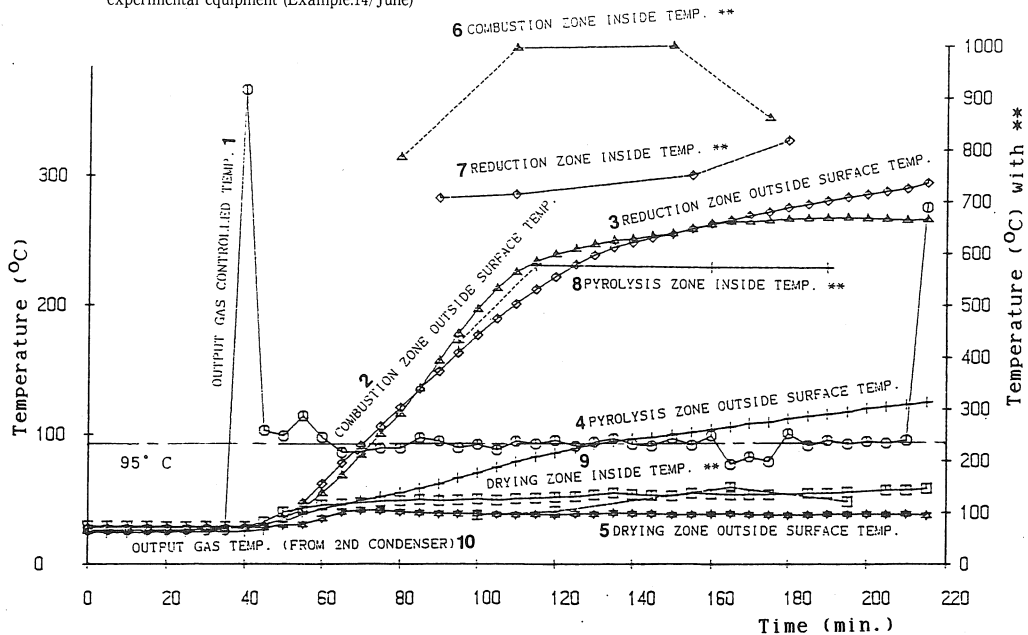


Fig. 2: Temperature measurement result (Example.14/June)

と略記する)に続き、本報は熱収支の検証を中心にして報告する。研究の分担関係は別報と同様であり、科研費(一般B, 1989~91)によって実施したことを付記する。

2 実験方法と結果

(1) 温度測定

装置の各部分の温度は、熱伝対を用いてデジタル記録計(千野, プロコスVII)で計測記録した。図1に例示する装置の略図において、点1と点10で示す部分は低温度であるためI C熱伝対を貼付して計測した。炉外壁をさらに保温材で被った場合には比較的高温度となったため、点2~5の各部はC A熱伝対を貼付して計測した。また、炉内堆積層の温度測定点6~9は、材料の流下を阻害しないためと、1000°Cを上廻る場合があったために、セラミックス保護管付きP R熱伝対を必要時にだけ炉側壁外から中心部まで挿入して手持ちデジタル温度計(千野C D 700)で測定した。

測定結果の一例は図2のようであった。着火から中止までの実験時間・3.82 hr について各部の温度変化を示した。他の実験例も同様に記録されているが、省略する。

Air velocity (m/s)	Air density (kg/m ³)	Specific heat, Cp (kJ/kg °C)	Air temp. (°C)		Heating value (kJ/hr)	Gas flow rate (kg/hr)	Calorific value (kJ/kg)
			before	after			
3.32	1.116	1.013	33.1	193.78	68220.51	17.36	3929.65

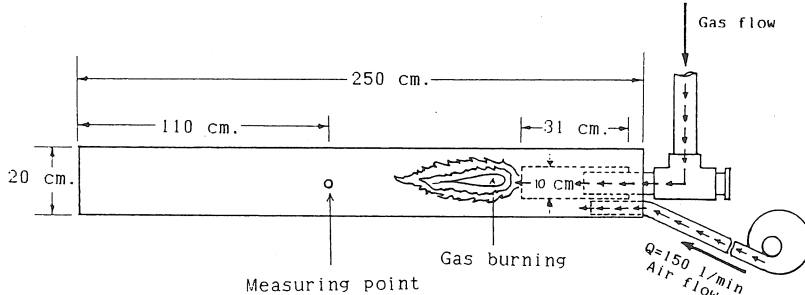


Fig.3: Method of measuring the exhaust gas heat value (Example.14/June)

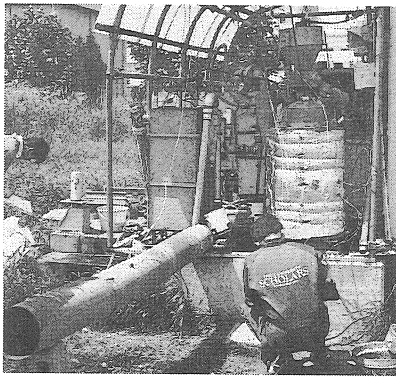


Fig.4: Picture shows the measuring of gas heat value

(2) 排出ガス温度の自動制御

図1の点1に付設したセンサで排出ガス温度を感知し、温度制御計器（オムロン、E5AS）によって材料供給スクリュをオンオフ駆動して、排出ガス温度を設定値 T_0 へ制御した。

T_0 は炉内で水蒸気が凝縮せず炉外へすべて排出できる温度として、当初は $T_0 = 125\text{ °C}$ としたが、実際は水蒸気が凝宿してもミストとして炉外へ排出されることが

判明したので、段々に低く修正し、 $T_0 = 105\text{ °C}$ or 95 °C として実験した。図2には 95 °C に制御した場合を例示した。図示のように、細かい波状に制御できていて、良く目的を達成できた。その制御のためには、ツインタイマ（オムロン、H3BF）を付設し、例えば5 sec 作動後に25 sec 休止の反復として、材料供給を遅速にして制御した結果であった。なお、図で開始時に短時間だけ高温度を記録しているが、それは着火に石油を使用したためであり、石油を使用せずにガスバーナのみで徐々に着火させて回避できることが、後の実験例で判明した。

(3) 発生ガスの発熱量

ガス熱量計を所有していないので、図3のように、燃焼ガスで大量の送風空気を加温して、その温度差と物質収支の検証で把握したガス量とから、ガス熱量を求めた。図には、一実施例を併示した。本例の場合、付表のようにしてガス熱量は約940 kcal/kgと推計できた。この実施例でもガスは安定して燃焼持続した。なお、表中の空気速度・温度は各5回測定平均である。

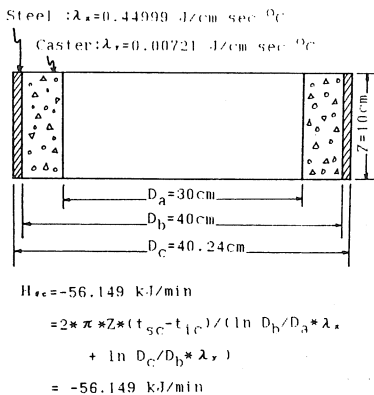


Fig.5: Calculation of heat loss from reactor wall

Table 1 : Calculation of necessary heat of reaction inside the reactor (Example. 14/June)

1) Basic condition:

$$\begin{aligned} Wsd &= Ws * (1 - Mc) = Ws * (1 - 0.0949) \\ &= 0.1643 \text{ kg/min} \\ C(0) &= Wsd * (FC + ST) \\ &= 0.05999 \text{ kg/min} \\ FC &: \text{Fixed Carbon} = 30.33\% \\ ST &: \text{Solid Tar} = 6.18\% \\ C(1) &= 0.21 * Wa * (12/32 + 1) * 12/44 * Xr \\ &= 0.01226 \text{ kg/min (at } Xr = 0.80) \\ C(2) &= 0.21 * Wa * 12/32 \\ &= 0.01532 \text{ kg/min} \\ C(3) &= C(0) - (C(1) + C(2) + C(3)) = 0 \\ C(4) &= Ww * Xr * 12/18 = 0 \end{aligned}$$

2) Combustion layer

$$\begin{aligned} HRC &= C(2) * 33440 - Hw \\ &= 512.328 \text{ kJ/min} \\ HLC &= (Tsc - Tic) / (Rz + Ry) \\ &= -56.15 \text{ kJ/min} \\ HNC &= HRC - HLC = 456.18 \text{ kJ/min} \\ Toc &= HNC / \sum (Mgas * Cpgas) \\ &= 1667.32 \text{ C} \end{aligned}$$

3) Reduction layer:

$$\begin{aligned} HRR &= (C(0) + AS - C(1) - C(4)) * 1000 \\ &\quad * Sh1000 - (C(0) + AS) * 600 * Sh600 \\ &\quad + (C(1) + C(4)) * 866 * Sh866 - 136 \\ &= -145.699 \text{ kJ/min} \\ AS &: \text{Ash} = 0.03 \\ Sh &: \text{Material' specific heat} \\ HLr &= (Tsr - Tir) / (Rz + Ry) \\ &= -51.294 \text{ kJ/min} \\ HNr &= HNC - HRR - HLr \\ &= 259.19 \text{ kJ/min} \\ Tor &= HNr / \sum (Mgas * Cpgas) \\ &= 811.82 \text{ C} \end{aligned}$$

4) Pyrolysis layer:

$$\begin{aligned} HRp &= (C(0) + AS) * 600 * Sh600 - M * 135 \\ &\quad * Sh135 + (Wsd - C(0) - AS) * 280 \\ &\quad * Sh280 \\ &= -33.002 \text{ kJ/min} \\ HLP &= (Tsp - Tip) / (Rz + Ry) \\ &= -43.08 \text{ kJ/min} \\ HNP &= HNr - HRR - HLP \\ &= 183.1 \text{ kJ/min} \\ Top &= HNP / \sum (Mgas * Cpgas) \\ &= 496.27 \text{ C} \end{aligned}$$

5) Drying layer:

$$\begin{aligned} HRd &= Wsd * 135 * Sh135 - Wa * 20 \\ &\quad * Sh20 + Wa * Mc * 2510 \\ &= -58.47 \text{ kJ/min} \\ HLD &= (Tsd - Tid) / (Rz + Ry) \\ &= -0.3307 \text{ kJ/min} \\ HNd &= HNP - HRd - HLD \\ &= 124.3 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

6) Other heat:

$$\begin{aligned} \text{a) Heat before cyclone:} \\ Hbc &= \sum (Mgas * Cpgas) * (Tc9 - Tod) \\ &= -65.237 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

b) Material supply heat

$$\begin{aligned} HMs &= (4300 - 600) * (9 * 0.055 + Mc) \\ &\quad / (1 + Mc) * 4.1868 \\ &= 3457.83 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

c) Tar oil calorific value:

$$\begin{aligned} Hto &= 1000 * Woil * 4.1868 \\ &= 268.79 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

d) Tar residue calorific value:

$$\begin{aligned} Htr &= 8000 * Wres * 4.1868 \\ &= 387.87 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

e) Gas calorific value:

$$\begin{aligned} Hg &= HMs - (Hto + Htr + HLT + HPT \\ &\quad + HML) \\ &= 1410.18 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

f) Actual gas heat value:

$$\begin{aligned} &= Hg / Wg \\ &= 4873.78 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

g) Left material heat value:

$$\begin{aligned} HML &= (Wl - Am) * 8000 * 4.1868 \\ &= 901.67 \text{ kJ/min} \end{aligned}$$

析した。採取ガスには多種の有機ガスを複雑に含有することを理解できていたが、その分析は回避して、CO、CO₂、H₂、N₂の4種類だけの含有率を計測した。この結果から、炉内の還元層における反応効果、例えばCO₂のCOへの転換比率、あるいは、H₂OのH₂とCOへの転換比率を、供給空気量W_aを代表するN₂へ対する比率として究明する目的であった。他成分をも含む取得ガスの熱量などは、上記のように別の簡易確実な方法へ委ねるつもりであった。

図4にはガス熱量測定時の全景写真を掲げた。

上記の方法では、燃焼管周側への熱損失の他に吸引ブローなどからのガス漏れがかなりあったので、ガス量の実値は表示の測定値よりやや大きいはずと推定された。それは後で検証できた。

(4) ガス組成の分析

ガスクロマトグラフィ(島津GC-7A, C-RIA)によって、採取した清浄ガスをガス分

分析結果を得つつはあるが、未だ確定値とするまでには至らないので今回は発表に含めず、

Table 2: Calculation of necessary heat of reaction inside the reactor

(Example. 12/June. considering water supply)

$$\begin{aligned}
 Hw &= Mw * [(1000 - Tw) * CpH2O + 600J] = 52.95 \text{ kJ/min} \\
 Tw &= \text{water supply temperature: } 28 \text{ C} \\
 CpH2O &= \text{specific heat of water at } 1000^\circ\text{C: } 2.4828 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \\
 Hnc &= HRC + Hw - Hl.c = 512.64 \text{ kJ/min} \\
 &= 512.328 + 52.95 - 52.19 = 512.64 \text{ kJ/min}
 \end{aligned}$$

還元反応比率は後記のように推定値によった。

(5) 炉周壁からの熱損失量

炉周壁は厚さ 5 cm の耐火材（ニチアス、キャスター、CR-130-S）で構成し、その外壁を厚さ 1.2 mm の普通鋼板で囲った。各資材の熱伝導率は既知なので、実測した炉内と周壁の温度差から円筒での熱伝導の式で熱伝導量 q を求め、炉周壁からの熱損失量を知ることができる。それは、炉の鋼板外壁をさらにグラスウールなどで被覆して断熱した場合でも、鋼板外壁温度が高くなり熱伝達量が減じるという関係で、同様に求まる。

図 5 には、図 1～2 へ示した実施例の燃焼層の場合を例として、計算方法、使用した熱伝導率 λ 値などを示した。他の場合は、この例に準じて理解できることなので、省略した。

3 反応必要熱量の推計

R. パイリントラ等による上向流式熱分解炉についてのシュミレーション方法に準拠し、炉内の熱収支を推定計算した。計算方法を要約すると、空気供給量 W_a 中の酸素がすべて燃焼へ消費されて CO_2 に成るとして燃焼層で発生した熱量から、材料の昇温と気化潜熱および反応熱量を必要熱量として層別に求め、それと上記の周壁からの熱損失量とを層別に差引いて、層間を上向流する熱量を順次に求め、炉外へ排出後にサイクロン前でガスが持つ熱量との差額から、堆積層以上での損失熱量を求めた。一例として、図 1 と同じ例（14/June）の計算経過

を表 1 に掲げた。また、水供給がある場合として（12/July）の例で、差異部分だけを表 2 で補足した。供給水量は水蒸気になり、燃焼層と同一温度まで昇温するのに必要な熱量を冷却層で得るとして、計算した。それらを一般式で示すより、この方が簡潔であるし、他の例は類推して理解できるはずである。

結果を 3 例、カバー無しの場合（31/May）、カバー有りの場合（14/July）カバー有りで水供給の場合（12/July）を図 6～8 に示した。サイクロン前までの損失熱量へは計算誤差が集約されるが、いずれの例も偏差が少なく適正とみられる値へ納まっている、この計算方法が妥当であることを示していると認められた。

この結果から 3 種条件の性能を比較できた。図 7 のカバー有りは図 6 のカバー無しに比較して周壁からの熱損失が少なく、同一供給熱量に対して反応必要熱量が多くなり、炉の機能が有効化していることが理解できる。ただし、カバー有りによって燃焼層下の冷却層が過熱し、熱損失が大きくなったのだったが、水供給の条件・図 8 では水冷で過熱を防ぎ、高温水蒸気で熱量を上層へ運んで、さらに有効化できていた。

なお、図に示し計算へ用いた層別堆積厚は、図 1～2 のようにして熱伝対で実測した結果であるが、装置の関係から測定間隔が粗かったため、今後はもっと精密に測定する方法へ改善したいと計画している。

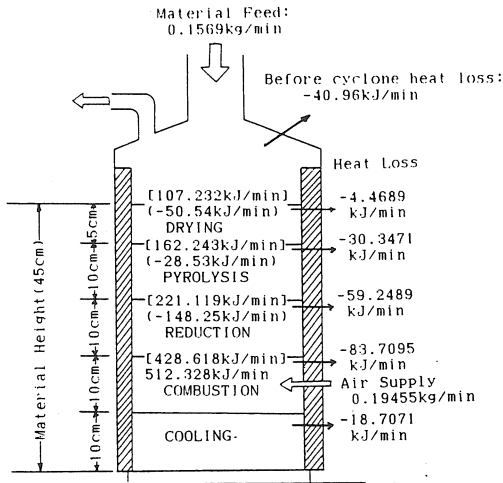


Fig. 6 : Heat consumption inside the furnace (no cover, 31/May) at each layer :

[] : Net heat of leaving gas
() : Reaction heat

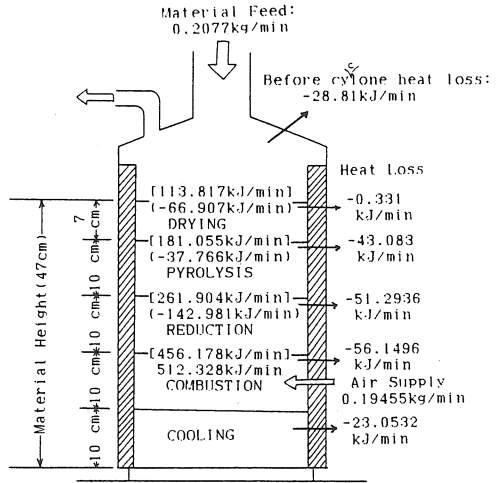


Fig. 7 : Heat consumption inside the furnace (with cover, 14/June) at each layer:

[] : Net heat of leaving gas
() : Reaction heat

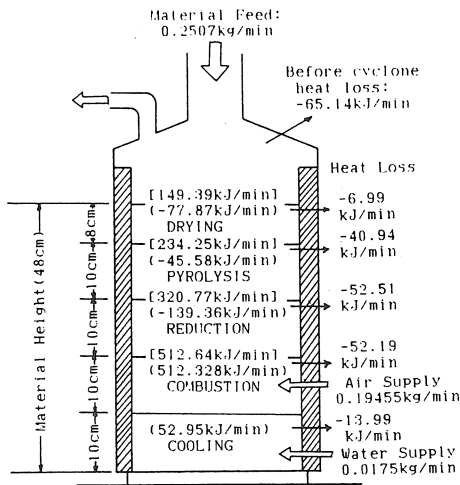


Fig. 8 : Heat consumption inside the furnace (With cover water supply, 12/July) at each layer:

[] : Net heat of leaving gas
() : Reaction heat

収支を検証した。

計算方法は (14/June) の例で表 1 へ併示した。材料供給量 W_s ・残滓排出量 W_o ・タール中の油分 W_{to} ・同滓分 W_{tr} は各々の質量に既知の発熱量を掛けて求め、炉内消費熱量中の反応必要熱量と損失熱量は各々毎に集計して求め、その収支差額がガス熱量であるとした。タール中の水分は無熱量として除外した。さきに図 3 で示した実測のガス熱量を図中に破線で区分して示したが、上記のガス熱量の計算値よりもやや少値であった。実測値には、吸引ブロワなどからのガス漏れと、熱量測定用直管など周壁からの熱損失が誤差として介在し、実測値は真値より少値に表われるので、真値はむしろ計算値へ接近するはずであり、この推定計算方法の妥当性を実証すると認められた。図中には、計算値から求め直したガス発熱量を示した。

図 9 ~ 11 に示した 3 条件を比較して、優劣差を明確化できた。グラスウールなどでキャス

4 熱収支の検証

別報で示した物質収支の検証結果を用い、炉内熱消費の上記成果を合わせて、装置全体の熱

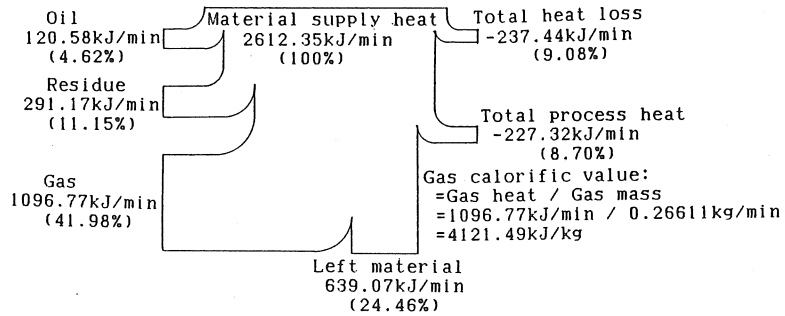


Fig.9:Result of heat balance (Example no cover,31/May)

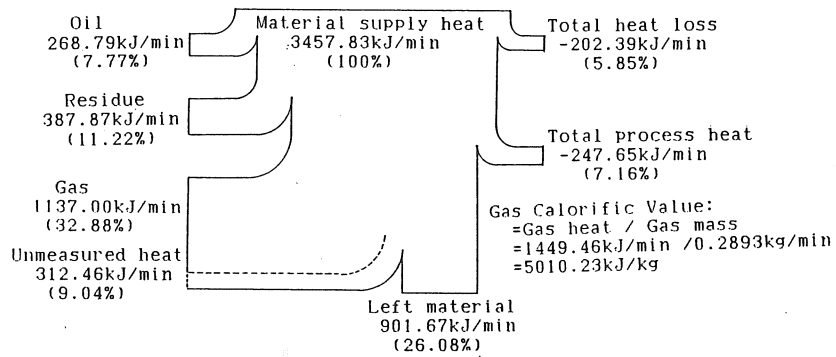


Fig.10:Result of heat balance (Example with cover,14/June)

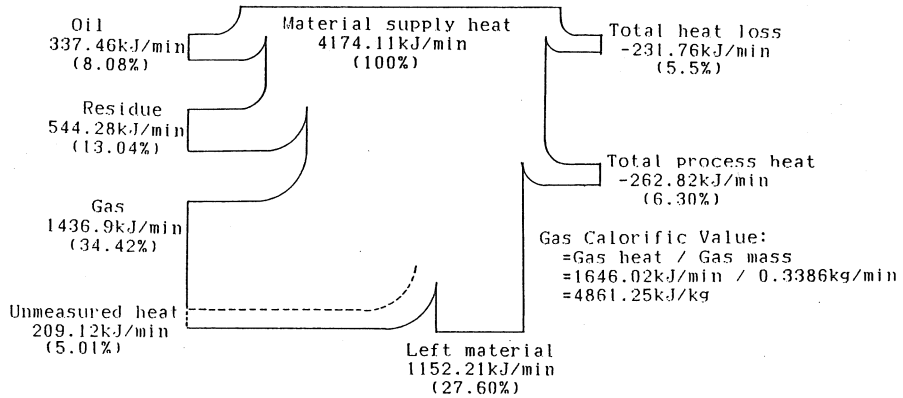


Fig.11:Result of heat balance (Example with cover and water supply,12/July)

ターをさらにカバーして、断熱性を改善することで熱損失を減少した結果は、収入の増加をもたらして熱収支を著しく改善した。それはガス熱量の比率増加として表われ、動力利用へ有効なことが分かった。さらに水供給を加えることで効果はさらに増加する実体を、数量的に図示

できた。

水供給でガス発熱量が少し低下する値が出たのは、矛盾するようであった。水供給で水性ガス反応が起こり、ガス発熱量は増加すべきだからである。思うに、タール中の水分比率が減少した結果と符合しているが、ガス量増加で冷却

が不足して取得ガス温度が高くなったために、ガス中水分が増加した結果であるとみられる。ガスクロによる組成分析の精度が増し信頼値が得られれば、その事実検証も可能となるので、今後に継続する。

5 結果の考察

(1) 熱分解炉からの排出ガス温度の自動制御に成功し、熱分解で発生する大量の水分を炉内へ集積させず、炉内反応を安定させた状態に維持して収支を検証できた。

(2) 多種条件の実験内から、キャスト製の炉周壁をさらにグラスウールで断熱したカバー有りの場合と無しの場合、カバー有りの条件で水冷・水性ガス反応を伴う場合の、3種条件の熱収支を比較検証できた。熱工学的推定計算を伴う検証結果は、誤差が少なく有効とみられ、各々の優劣差を論理的に理解できた。

(3) カバー有りの場合には周壁からの熱損失が減じた結果、排出ガス温度を同一に制御しているため、反応熱が増加して炉の処理能力を増し、取得ガス熱量を増加できた。キャストのみで断熱性を増すと周壁熱容量が過大になるので、耐熱温度別でグラスウールなどを併用する本法は、有効と認められた。

(4) 燃焼層より下層への水供給は、燃焼後に材料が保持する熱量を有効化し、残滓排出装置の過熱と熱損失とを防止し、かつ、水性ガス反応を併発させ、極めて有効と認められた。ただし、炉下部の気密性や取得ガスの冷却などに未

だ改善を要する部分が認められた。

6 あとがき

一発勝負の開発研究ではなくて、装置を順次に部分改造しつつ実験し、測定結果を対比して相違部分の優劣を比較検証する本研究は、国際的に長い年月を掛けてなお解決し得ずにいるバイオマス熱分解炉の開発研究へ、打開の一石を投じることになると自負している。しかも、熱分解へ対して基礎的実験で蓄積してきた理解を基に、熱工学的に解析して問題の本質を探る手法を並行させつつあり、理論整備をも伴え得ればと願っている。未だ研究は緒についたばかりなので、残された年月を精一杯、有効に使って蓄積を増やしたい。

参考文献

- 1) 清水 浩, S. ウバリボン, E. カルカナ, R. パイリントラ: バイオマス分解炉の開発と物質収支の検証, 農機学会東北支部報 No. 37, 1990.

〔閲読者コメント〕バイオマス熱分解炉の実用的実験に成功されたことは、高く評価されます。今後さらに精緻な実験分析結果と自動運転への発展、および熱工学的なプロセスの理論解明を期待します。

〔著者回答〕御期待へ応えるべく継続研究すると共に、実用的な普及へと発展させたいと願っています。

有機物発酵乾燥における充填層の熱伝導についての研究

呉 星五*・清水 浩*

Studies on Heat Conduction in the Packed Bed of Organic Materials for the Aerobic Fermentation Process

Xingwu Wu*, Hiroshi SHIMIZU*

Abstract

The thermal conductivity λ of the packed bed organic materials was evaluated from the temperature gradient which was measured by setting ten thermocouples near the wall of the fermentation tank. The value of λ was about 0.00330 [$J/s \cdot cm \cdot ^\circ C$].

Also investigated was the apparent thermal conductivity λ' relative to the aeration rate, using the data of previous experiments. It was known that the value of λ' decreased, as the aeration rate increased; and that the values of λ' showed big deviations as affected by the aerobic fermentation heat.

I 緒言

小直径 (26.4 cm) の発酵槽を用い、鶏糞と解繊稲藁を混合した充填層へ下面から通気して発酵乾燥させ、品温と空温の層別実測値からその過程を推計する方法を確立した。その場合充填層内のたて方向の熱伝導の影響を省略したけれども、計算値と実測値はかなり良く一致する結果が得られた。しかし、もっと詳しく研究するには温度差を持つ薄層間の熱伝導を考慮して、推計式の精度を高める必要がある。そのために、今回は充填物の熱伝導率 λ を求めた。また、大直径の実用槽へ成果を適用するためには、熱損失を伴う周壁の影響 (横方向への熱伝導が原因) を究明する必要がある。そのために、上記の熱伝導率 λ を用い、通気方向 (縦方向) への熱移動との関係で調べた。

II 既往データからの整理

(1) 研究方法

かつての測定例によると²⁾、充填層断面の直径方向の温度分布は、中心部分がほぼ同じで、壁近くの約3 cmぐらいの厚き部分で温度低下の勾配が現れていた。また、従来の実験例中では、熱電対による中央部の第5層の外壁に熱流素子を貼って、そこからの熱貫流量 q_{ws} を、中心部品温 T_{mc} と同時に、経時的に測って記録した例があった。その例を表1に一覧した。

よって、試料の厚さを3 cmと決め、半径方向の熱貫流量 q_{ws} は熱伝導だけによって発生するとして成り立つ熱伝導の円筒の式 (下記の(1)式) から、他の条件 (後記の如き内部発熱と鉛直方向への気流の存在) を無視した値としての「見掛けの熱伝導率」 λ' [$J/s \cdot cm \cdot ^\circ C$] を算出した。

*岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka (020), Japan

$$\lambda' = A \cdot q_{ws} \cdot \ln(r_o/r_x) / (t_x - t_o) / 2\pi \dots\dots\dots(1)$$

q_{ws} : 壁からの熱貫流量 [kcal/m²・hr]

r_o : 発酵槽半径 13.2 cm

t_o : 外壁部の品温 °C

r_x : x 位置の半径 13.2 - 3 = 10.2 cm

t_x : x 位置の品温 $t_x = T_{mc}$ °C

A : 換算定数

表1 見掛けの熱伝導率 λ' に用いた実験条件

番号	空塔速度 [cm/min]	初期含水率 [% w.b]	かさ密度 [g/cm ³]
0	1.09	62.9	0.45
1	1.83	59.2	0.46
2	9.15	58.5	0.50
3	14.6	60.6	0.45
4	27.5	59.9	0.45

(2) 結果と考察

通気量別に行った表1の実験例について、上記のようにして求めた見掛けの熱伝導率 λ' の結果を、図1に示した。図を見ると、大通気量であるほど λ' が小値となる傾向が認められた。また、 λ' にはばらつきが大きいことが分かった。前者は通気によって熱量が奪われるからと見られ、通気量が大なる場合はその影響が大きくなる関係が分かった。また、後者は発酵熱量の影響も加わるからと見られ、複雑な関係にあると認められた。

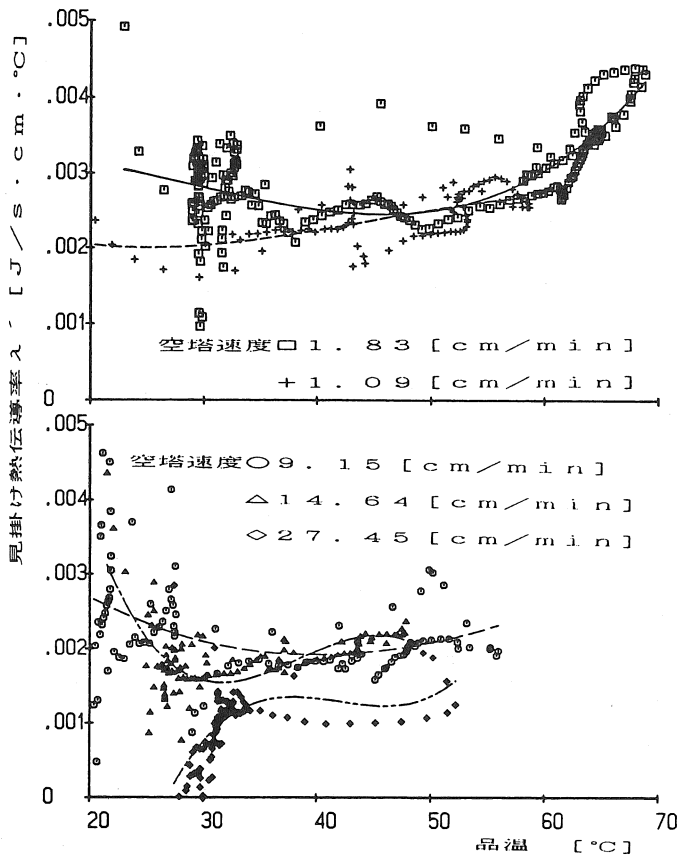


図1 中心部品温と熱伝導率 λ' の関係

III 熱伝導率 λ の実測

1. 実験装置と方法

空塔速度にして通気量 1.83 [cm/min] の場合で、他の実験条件は従来と同じとし、例えば初期含水率を 60 [% w・b]、鶏糞と解繊稲藁の乾物重量比を 2 : 1 とし、従来の装置を用いて同様に実験した。ただし、第5層位置の周壁に近い部分へ多数個の熱電対を設置して (0.3 cmの間隔で10個) 周壁部の温度勾配を測定し、周壁へは熱流素子を貼って、熱貫流量との関係を実測した。

2 結果

空塔速度 1.83 [cm/min] の実験例での測定結果は、図2 (図4) のように壁に近い部分の充填層の品温はS字カーブを示すのが一般であった。横方向への伝熱量 q_w

が一定に保たれていると認められる測定例を探し出し、そこから円筒の熱伝導式(式1)で試料の熱伝導率 λ を求めた。結果は図3に示した。

式(1)に基づき、 λ と q_{ws} と t_0 を代入して求めた品温 t_x の回帰曲線を図中に点線に入れて、実測値と照合して適応域を明示した。実測値と推計値は全域ではほぼ一致していたので、全域で λ が適用できていると認められていた。それは、熱伝導以外の熱移動の条件(内部発熱と鉛直方向へ気流による熱移動)および熱貫流量 q_{ws} の経時変化が、誤差範囲内に入れて無視できる状態にあったからと考えられる。これから充填層の熱伝導率 λ は 0.00330 [$J/s \cdot cm \cdot ^\circ C$]であると判断してよいとみられた。また、この値は山形大学農学部で畜産廃棄物における熱物性値を測定した結果⁵⁾の範囲内にあった。

IV 周壁部の熱伝達についての総括

(1) λ を用いた整理データと考察

空塔速度 1.83 [cm/min]における一般の測定例について、上項で求めた熱伝導率 λ と(1)式を適用し、最小自乗法によって、温度勾配部分の品温の回帰曲線を描いた。ただし、純粋な熱伝導ではないから(1)式が単純に適用できない故、

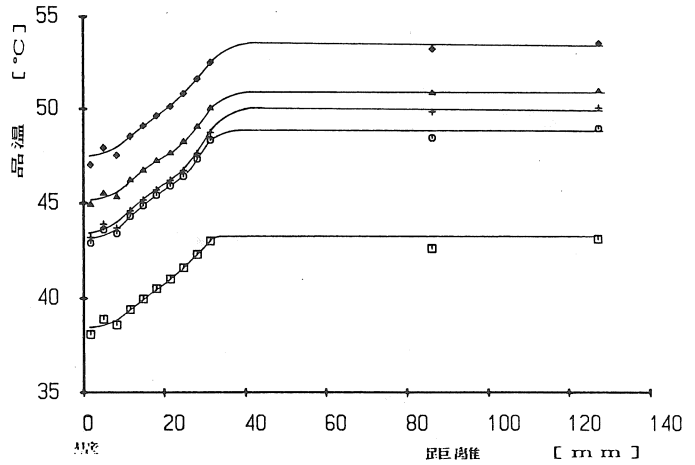


図2 周壁部品温分布

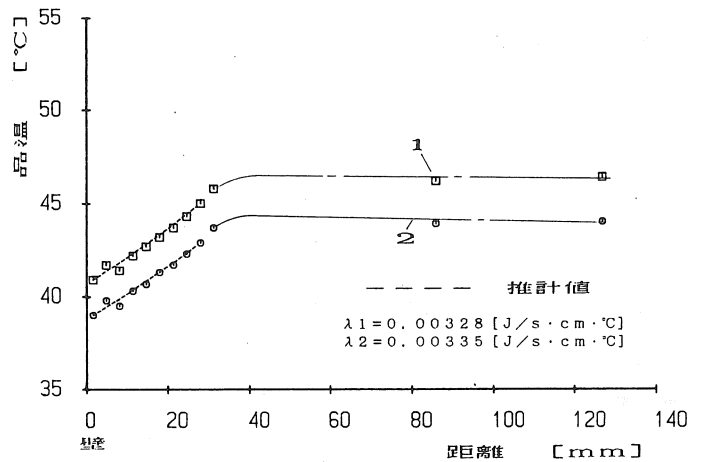


図3 周壁部品温分布

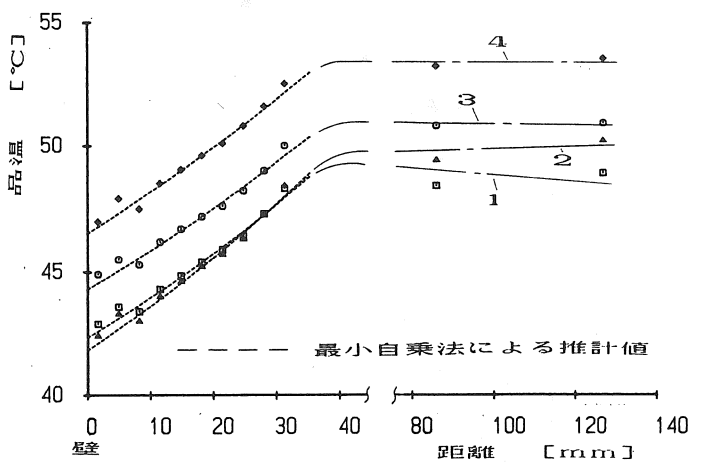


図4 周壁部品温分布(昇温期)

測定点 10 点中の周壁から 6 番目の点の温度値が曲線上に乗るとして求めて、実測値との差を比較した。図 4 (昇温期間) と図 5 (降温期間) の点線はその結果である。中央の品温が高い部分では、実測値が推計値より上側にあつて、強い勾配を示していた。

上記の回帰曲線から単純に計算した熱伝導量計算値と熱貫流量 q_{ws} の実測値との比較は表 2 中の「勾配部全体」の欄に示した。表中の番号は図 4, 5 に示した事例番号である。また、図 6 は品温

T_{mc} の経時変化であつて、△印は計算の時刻を示し、番号は表 2 と同様である。両者の差を見ると、品温上昇時の計算値は実測値より小さく、品温下降時は逆に計算値が大きくなっているようであつた。第 3 番は品温下降時と同じく、5 番は品温上昇時と同様な結果が表れている。昇温の時は発酵熱が加われ、降温の時は通気に熱を奪われたと理解できるようであつた。

表 2 の「勾配高温部」の欄は、中央の品温が

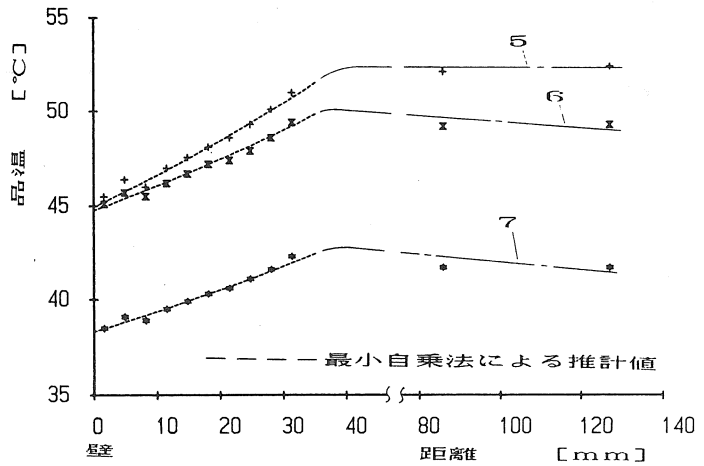


図 5 周壁部品温分布 (降温期)

高い部分だけについての計算結果である。計算値は実測値より常に大きかった。品温が高い部分なので、通気の影響が大きかったためとみられた。

(2) 考察

周壁部での熱移動は、試料品温 T_m と通過空気温 T_a の時間的な変化の影響を省略した時、単純化して平板の式とみると、次式へ示す関係にあるとみられた。

表 2 周壁部の熱伝達についての検討

番号	熱貫流量 [kcal/m ² ·hr]					品温変化率 dT _m /dθ [°C/hr]
	勾配部全体			勾配高温部		
	実測値	計算値	差	計算値	差	
1	48.7	44.5	4.2	55.6	- 6.9	0.7
2	58.8	49.1	9.7	62.5	- 3.7	-0.2
3	33.1	42.0	-8.9	55.1	-22.0	0.3
4	46.0	44.6	1.4	55.6	- 9.6	0.0
5	47.8	46.0	1.8	55.2	- 7.4	-0.3
6	31.7	35.3	-3.6	46.1	-14.4	-0.1
7	21.0	28.8	-7.8	44.8	-23.8	-0.5

$$\Delta q_{ws} = \Sigma \Delta q_x = \Sigma \{ -\Delta q_{x \cdot (i+1)} + \Delta q_{x \cdot (i-1)} + h_m \cdot \Delta D_x \} \dots \dots (2)$$

Δq_{ws} : 壁からの熱貫流量の増加量 [kcal/m²・hr]

Δq_x : 横方向 x 位置の熱貫流量の増加量 [kcal/m²・hr]

$q_{x \cdot (i)}$: たて方向断面 i の伝熱の増加量 [kcal/m²・hr]

h_m : 単位重量の乾物減当りの発熱量 [kcal/kg]

ΔD_x : 乾物減量 [kg/hr]

発酵に伴って発生した熱量が通気によって奪われる現象が伴うので、伝熱量は前者ではプラス後者ではマイナスする関係にあるが、S字曲線の下向き曲線部では伝熱量が合計して増 ($\Delta q_x > 0$)、上向き曲線部では合計して減 ($\Delta q_x < 0$) の関係にあるとみられた。上記のように、図2に示した実測例では、いずれも上向き曲線の関係にあり、つまり、通気によって鉛

直方向への熱移動が生じ、その結果、周壁部からの熱損失が少なくなって、一層に断熱された同一の関係が生じると理解できた。

通気量と壁からの熱損失との関係については、本研究より以前の報文でも論述した。さきの報文²⁾の式(3)は、空塔速度 7.32 [cm/min] の例についての中心部品温と壁からの熱損失との関係の実験式であった。また、報文³⁾の式(1)はさらに通気量 Q の変化を加えて究明した。但し、中心部の品温 T_{ma} と空温 T_{mc} の差は大きくないので無視していた。それらの式から、

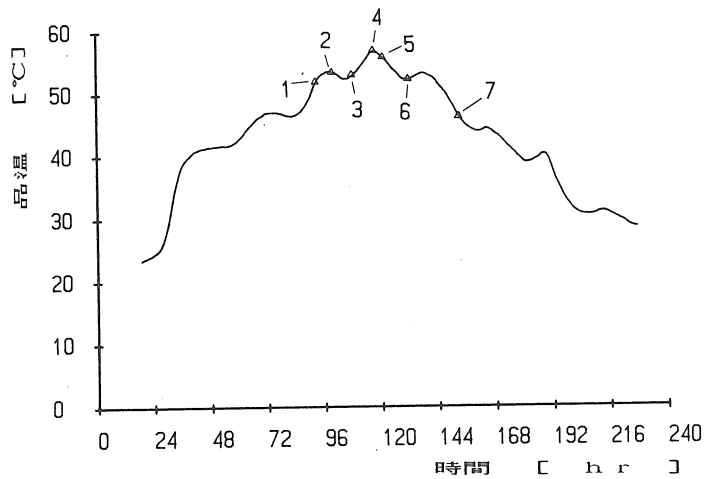


図6 品温の経時変化

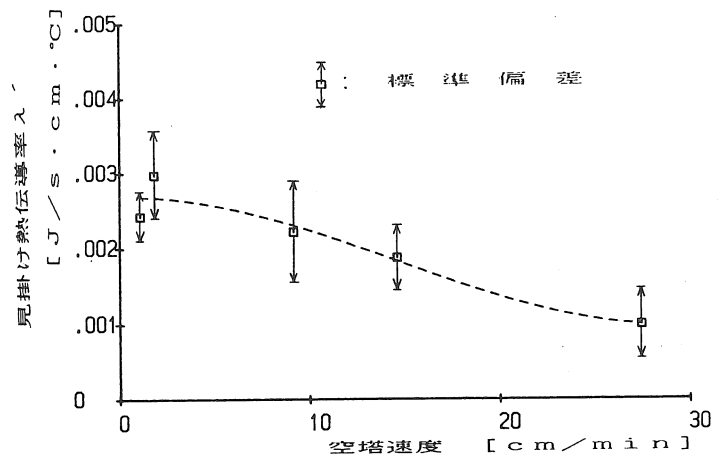


図7 通気量と見掛け熱伝導率 λ' の関係

通気量が大きくなると熱損失が少なくなることは理解できていた。今回はその関係をさらに具体的に証明できた。図7は図1に示した見掛けの熱伝導率 λ' の平均値を通気量別して比較した結果である。図によって、通気量が大きくなると、 λ' が小なること、即ち、壁からの熱貫流量が少なくなることが分かった。

V 摘要

以上から次の結論が得られた。

1. 周壁部の温度勾配から試料の熱伝導率 λ

を求めることができた。 λ は約 0.00330 [J /s · cm · °C] と認められた。

2 通気量が周壁の熱伝達へ影響することが分かった。空塔速度 [cm/min] が大きいと、壁からの熱貫流量 q_{ws} は少くなり、見掛けの熱伝導率 λ' は小値を採ることが分かった。

3 発酵熱量の大小によっても周壁の熱伝達は相違するようであった。品温上昇時には見掛けの熱伝導率 λ' は大きく、下降時には λ' は小さくなると認められた。

参考文献

- 1) 呉・清水：発酵乾燥過程における通気量の影響について，農業機械学会東北支部報 35 (1988)
- 2) 清水・呉・西山・木村：有機物充填層の発酵乾燥過程における熱と物質との移動現象に関する研究 (英文)，農業施設，20 卷 2 号，(1989)
- 3) 呉・清水・西山・木村：有機物発酵乾燥過程における通気量の影響についての研究，農業施設，20 卷 3 号，(1990)
- 4) 呉・琵琶坂・清水：大底面積の堆積層における有機物発酵乾燥過程の研究，農業機械学会東北支部報 36 (1989)
- 5) 岩淵・上出：畜産廃棄物における熱物性値の測定，農業機械学会第 49 回大会講演要旨，2—12 (1990)

クロレラ培養槽の；転作水田利用による液温制御について

清水 浩*・菅原 朋幸*

The Control System of Liquid Temperature at the Chlorella Culture Pan through Utilization of the Vacant Paddy Field.

Hiroshi SHIMIZU*, Tomoyuki SUGAWARA*

Abstract

As an example of high intensive bio-production the authors conducted a model experiment of pure culture chlorella, to develop usage of paddy field. The culture pan was assumed to have a zig-zag flow and circulation so that it could be applied to both of the irregular and small portion efficiently. But if the pan could be covered with clear plate, the liquid temperature inside the pan might be increased and inhibited the growth of chlorella. It could be confirmed that if the pan is cooled by irrigated water from the outside, the liquid temperature could be controled within the permitted limit on summer weather at Morioka. Though the liquid temperature exceeded the permitted limit for a moment, the case covered in the upper part with a net could be kept in the range of conformity. It should be justified in the cold atmospheric area called "Yamase". Also the irrigated water kept the external liquid warm on spring weather and could be expanded more in the conformity season for production.

1. はしがき

日本農業は、難しい局面に立たされている。しかし、欧米など先進国農業と同様に広大な耕地で機械化により低コスト化を計る方策では、如何に対処困難かは既に共通の理解へ達したものと思う。ましてや、米国式稲作農業すらも低賃金の開発途上国と競争困難な場面にある。従って、日本が得意とする工業技術を利用して己れのハンディを克服する、絶えざる努力こそが必要であるとの理解へ到達できるであろう。クロレラ生産の研究は、その努力を代表する一つの試みと理解して載きたい。

この研究は、報告者・清水が1971年度から開始して¹⁾²⁾³⁾、途中、農林水産省特別研究費を受けるなどして蓄積してきたものだが、今だに实用へ至らぬ現実には残念である。この生産方

式が経営として成立し、利潤を産む行為へ先鞭が打たれるならば、必ずや普及は急速に広まることであろう。日本農業の置かれた立場が逼迫する中で、筆者らは早期の実現を期し、残された問題点を多少なりとも整理して、世の理解を問わんとする次第である。

2. 問題の所在

(1) クロレラ生産の現状

クロレラの純粋培養は、1951年に東大・田宮博士が世界に先駆けて確立し、科学技術庁などが採り上げてから、未来の生物生産として多大の関心と努力とが傾注された。しかしそれは、意図に反して失敗に終わったと今では評価できない。クロレラは「健康食品」として、高価格で少量が販売される現状だからである。

なぜそうなったかと言うと、田宮博士の意図

* 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka (020), Japan

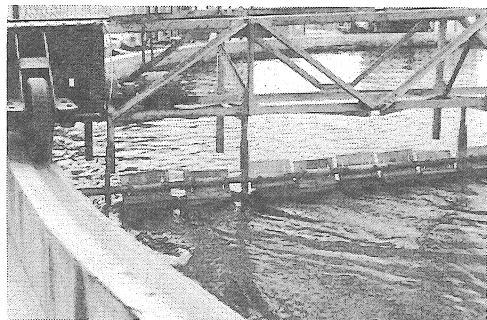


図1 在来型・開放式円形攪拌槽

とは反し、実用段階では純粋培養の条件が維持できなかったからである。母菌は扁平フラスコを用いて純粋培養の要件を保持してはいるが、母菌を基にする増殖過程では開放式円形攪拌槽が採用され、純粋性が放棄されたからである。

図1にその培養槽を示す。順次に大直径槽へと移して増量し、最終、45 m槽で全量を遠心分離して収穫する。ただし、大直径槽を密閉式とすると巨大ドーム形となり、建設費と気密性維持が至難である。従って、上面開放式となったから雨水・塵芥が混入し、純粋性が保持できずに培養液が汚濁して、順次に生産力は低下した。残液は廃棄して、槽をブラッシング洗浄後

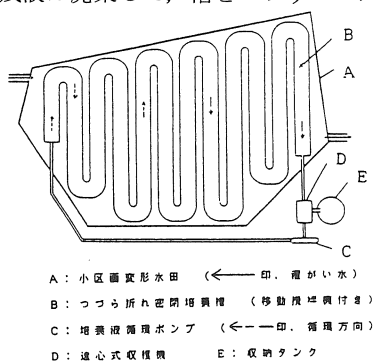


図2. 新型培養槽の構想
(つづら折り流路式密閉槽による循環培養)

に再生産する必要が起こるので、その労力が過大となった。かくして、生産費が高くなり、薬効を唄って高価格で少量生産する現状へと帰結したのであった。しかも、クロレラの増殖速度

を高く維持するために暖地へ、かつ、低賃金を求めて主産地は台湾などへ移転し去った。

(2) つづら折り流路式循環培養

現状への帰結は、実用の場で純粋培養の要件を喪失したからとみられる。その要件を保持する新しい方法として、清水は「つづら折り流路式培養槽」による「循環培養法」を提唱している。図2に、その概要を示す。

上面を透光板で密閉にしたトンネル状の培養槽を、つづら折り状に敷地内に配置し、ポンプを介して両端を連結して循環流路を構成する。クロレラ母菌を接種して培養液を循環すると、培養槽を通過中に濃度を増し、その一部、例えば25%を遠心分離で収穫して残余をもどし、循環・再培養を繰り返す。

トンネル式流路であるから透光板で簡易に密閉できる。そのトンネル内をスイッチバックする自動走行の攪拌洗浄機は製作容易で、良く機能し得る。つづら折り流路の間は雨水の排水や管理作業に活用できる。少率だけ収穫の遠心分離機はエネルギー効率が極めて高い。しかも循環培養では、S字カーブを示す生物成長速度曲線の、最も高成長点周辺を常時保持できる。この方法によるかつての模型実験では、良好条件で約1カ月半の連続循環培養が実施できた。

(3) 密閉式培養槽の利害

大量培養槽でも密閉式とすることで、母菌が持つ純粋性の要件を保持し続ける期間が、開放式より格段と長くなる。ただし、完全なる密閉式・純粋培養の要件保持は難しいので、段々に純粋度が悪くなって、増殖速度が低下してくる。それは装置の密閉度と培養液の管理精度により相違する。極く実施容易な条件で、上記の保持期間なのであった。

科学技術庁などが関与した時期において、円形攪拌槽へと帰結するまでに各種の培養槽が試

験された。勿論、流路式もその中に在ったのだが、自動攪拌式の密閉槽は発想されなかった。欧州諸国などで現在も流路式を採っている所は多いが、いずれも開放式で攪拌無しの単純な装置であって、次元が相違する。

つづら折りとした最大の理由は、精度良く密閉式を実現するためであった。これによって、純粋培養に近い条件を長期間保持し、高生産力と省力化を実現し、生産費を大幅に低減できるとみられる。ただし、完全に近い密閉式とすることで、太陽熱温水器のように液温が上昇し過ぎる憂いが生じる。開放式では暖地が好まれたが、密閉式では涼冷地の方が適地となって、日本とくに東北などが有利なはずであり、その場合も、適正液温への検証が課題である。

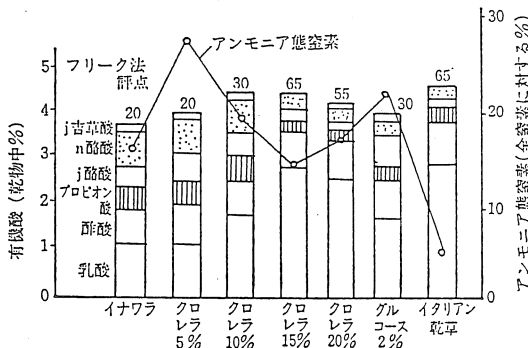


図3. クロレラ添着飼料のサイレージ試験結果

(4) 生産物の利用場面

クロレラの現状は、健康食品として薬並みに(薬とは認定されない)少量が流通するに過ぎない。その生産費を安価にする技術革新によって、飼料として流通させようと意図するのである。クロレラには良質アミノ酸が好ましい比率で高率に(約53%)含有されるので、蛋白質素材として期待し得る。しかし、それは未だ将来として、当面はその漢方薬的薬効を経済性の打開へ利用せねばならない。それは乳酸発酵を活性化するクロレラの特性による。

図3にサイレージ試験のかったの成果³⁾を再

掲示する。いね藁にクロレラを添着した結果であり、15%添着の時が最良で、悪性酸類を押え、評点値は良質乾草に匹敵した。それは上記特性を裏付けする成果であった。蛋白含有率は12%添着で良質禾本科牧草に匹敵した。しかも、喰して家畜の健康が改善されるなら、価値はそれ以上に評価されよう。

いね藁に限らず、他の粗飼料へ添着する効果は大きい。日本の飼料生産は国際競争下で厳しい条件にあるが、クロレラの少量添着で良質サイレージが生産できる効果は、事態を大いに改善できる。高水分の青刈り飼料を安定して良質にサイレージ化できれば、飼料国内自給の途も開かれよう。あるいは、廃棄物化した農産加工場副産物(糟類)を、クロレラ添着でサイレージ化して活用する加工処置も、可能になる。

他の緊急な利用面として、稚魚の餌料がある。培養漁業は近年の成長著しいが、そこへ需要される新鮮クロレラの生産は、極めて低位幼稚な現状にあり、改善を必要とする。恐らくは、まずそこから利用面は拡大して行くであろう。

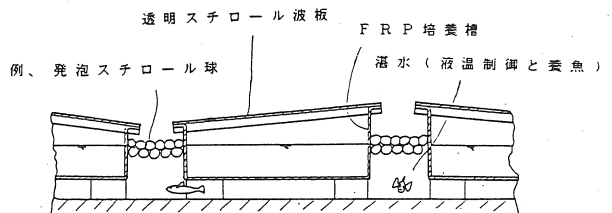


図4. 構想の培養槽断面

3. 実験装置と方法

前項の問題点を踏まえ、岩手大学構内へ簡易小規模な実験装置を造成した。転作水田を利用する高収益作物の導入を意図したのだが、水田

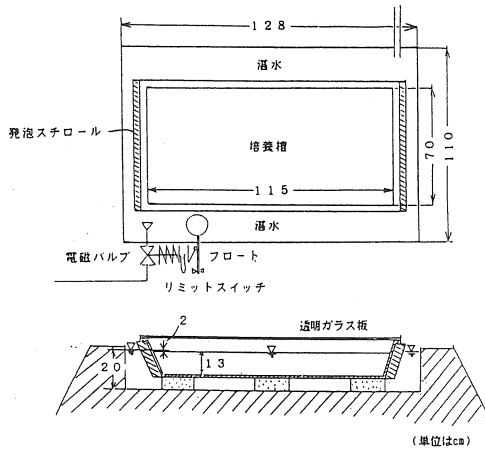


図5. 実験装置の概要

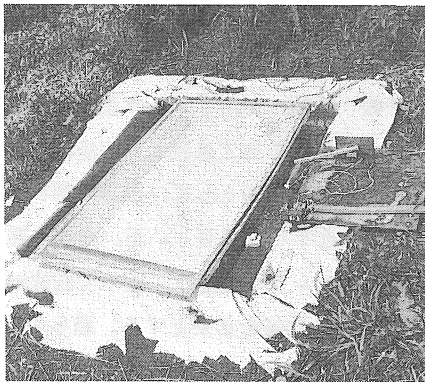


図6. 実験場の外観

の灌がい水で夏季の培養液温を水冷する意図を併せている。図4の断面図で示す構想のように、トンネル式培養槽の周壁から深水に溜めた灌がい水で冷却する。冬季は地熱・温廃水などを利用して加温することも可能である。灌がい水は図のように養魚場として複合利用できる。図2に示したように、つづら折り流路式培養槽の特長として、変形区画や小規模圃場へも、それなりに適正配置できるので、山間地などの遊休ほ場の活用が可能であろう。

その最小の実証ほ場として、図5のように装置した。培養槽は幅

70・長115・深20 cmの塩ビ製容器を転用し、深13 cmに灌水した。従って、水量・約105 ℓであった。図2, 4の構想では槽幅1.5 mと予定したのに対して約半分であり、長さは水槽両端を厚4 cmの発泡スチロールで被覆して、長さ無限とみなした。

その水槽を防水シートで被覆して造成した模擬水田内に設置した。模擬水田は水深20 cmに維持するよう、フロート式スイッチによる電磁弁と排水管とを装置した。水槽上面は縁に厚5 mm幅3 cmの防水スポンジ板を挟んで、厚5 mmの透明ガラス板で気密に被覆した。

水槽内の水面に浮かべた発砲スチロール製浮子を基準にして、その上下へ熱電対を設置して水槽内の気温と水温を、同様に灌がい水温を、すべてプロコス (CHINO, VII) へ繋いで記録した。別に設置した百葉箱の様な装置へ外気の温湿度を計る乾球・湿球温度計を設け、その上面へデジタル照度計 (MINOLTA, T-1M) の受光部のみをガラス容器内に納めて設置し、それらを上記プロコスへすべて入力した。図6には、それら装置の外観写真を掲げた。背景に外気温などなどの測定装置がみえる。

4. 測定の結果と考察

測定は1990年春から開始し、灌がい水の有無などとの関係での各種条件下で、実測を行なった。測定結果例を図7・8へ示す。

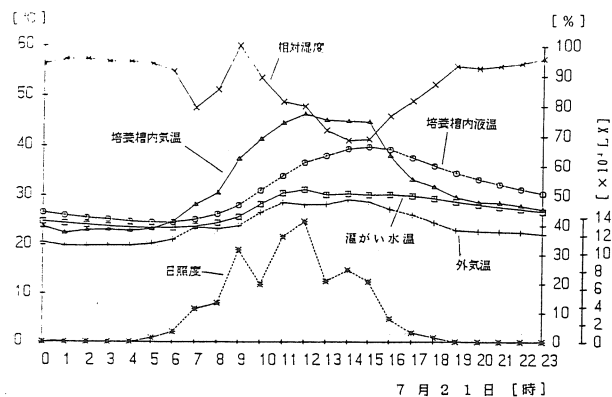


図7. 温度測定結果の一例 (タイマー使用日, 晴天気)

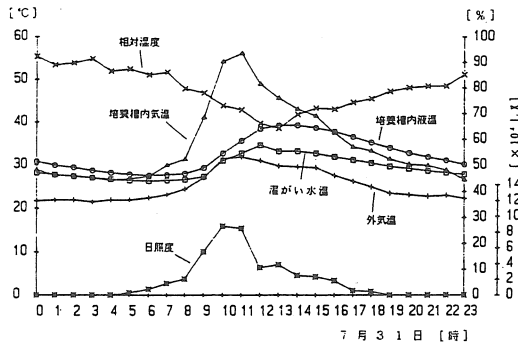


図8. 温度測定結果の一例(定水位, 曇天日)

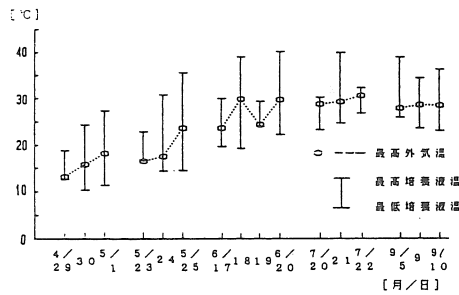


図9. 培養液温の季節変化

図7は晴天日で日照度が大きく、培養槽内気温が外気温に相対して著しく上昇し、液温も順次に上昇して午後3時に最大値40℃へ到達した事例である。灌がい水温は午後0時で最大値32℃へ達し、以後は液温との格差を拡げて冷却効果を増加させていたことが分かった。

図8は曇天日であり、とくに午後からの日照度が低くなった事例である。外気温は上記事例よりも高く、灌がい水温も最大値36℃と高くなったが、日照度の低下で培養槽内気温が下降して、液温上昇を抑制し、液温は午後2時に最大値39℃で留まっていた。クロレラの生育には2万Lx程度の照度があれば良いので曇天でも充分であり、過度の日照で液温が昇り過ぎるなら適宜に遮光布で上面透光板を被覆する処置も有効、と分かった。

日別に上記事例のように記録できたが、春から夏へ掛けた測定期間中での主要結果を、断続の日数を代表して図9へ示した。図には

培養槽液温の最大・最小値を、外気温最大値との関係で示した。液温最大値は6～7月を峰とする緩やかな円弧状を成した。日照度が外気温よりも強く液温へ影響するためとみられた。図示のように日別差が著しいのは、晴天・曇天の差異によることで、従って、最大値は連続せずに鋸刃状を成していた。

図10には、午前7時から午後2時までの相関関係を示した。前述のように、午後2時頃までに液温は最大値へ達するので、それまでの積算値との関係を採用したが、理解し易いようにその間の平均温度も併示した。図には、灌がい水を単に定水位に保持した場合、午後0～3時の間に冷水で掛け流した場合、および、完全に排水して灌がい水無しとした場合の、3種条件別を比較した。

なお、積算値ではなくて外気温最大値との相関関係を採用した場合にも、同様の関係が得られたが、回帰直線に対する偏差は図より著しくなっており、各々、下記のようなであった。よって、積算値とした場合をもって図示した。

定水位 : $y = 1.0376x + 6.8591$ S. D. = 2.96
 非灌水 : $y = 1.2136x - 0.5367$ S. D. = 5.37

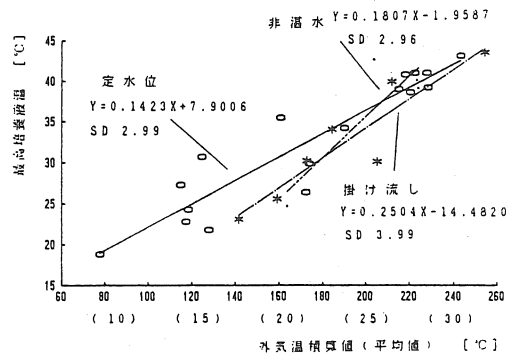


図10. 外気温と培養液温の相関

掛け流し： $y=1.4450x-6.9416$ S. D. =3.62

回帰直線に対する偏差は図示の積算値の場合でも著しく、それは主に日照度の差異に起因するとみられた。その関係は、さきに図7・8で論じたようである。従って、日照度との関係を直接に採るべきとみられるが、公表の気象統計は気温との関係が普通なので、利用し易いように外気温との関係を採った。

図示のように、定水位は非灌がいよりも回帰直線の傾斜角度が小さく、外気温が高い時(夏季)の水冷効果と共に、外気温が低い時(春季など)の保温効果が認められた。掛け流しは定水位より常にやや下側に位置したが、外気温の高い夏季でも効果が少なく、外気温の低い春季などでは過度に冷却することと成っていた。掛け流しの効果へは期待し難いようであり、灌がい水を単に湛水することのみで、春季・夏季共に効果は著しいと認められた。

5. 摘 要

(1) クロレラの密封式培養槽における培養液温を適正値へ保持するために、小型実験装置を造成して盛岡の気象条件下で実測し、装置が具備すべき必要条件を究明した。

(2) 密封式培養槽では、日照度によって槽内気温が著しく上昇し、培養液温が午後2～3時に最高値へ到達した。従って、最高培養液温は最高外気温よりも、かなり大きくなった。

(3) 培養槽を灌がい水中に設置する効果は大きかった。盛岡の気象条件下では、その処置によって夏季でも培養液温を許容値内へほぼ納め得ると認められた。上面の透光板を遮光布で被覆すれば、さらに安全とみられ、むしろ、やませ地帯が最適地とみられた。

(4) 灌がい水には、気温が低い春季などで培養液温を適正へ保持する効果も認められた。灌がい水をかけ流しする効果は夏季には少なく、

春季などには逆効果になると認められた。

(5) 気象統計に有る外気温と培養液温最高値との相関関係を求め、一般地域へ成果を適用できるように究明した。

6. あとがき

きわめて簡易な小型装置で実験したのだが、純粋培養条件が保持可能な気密式培養槽で、液温を適正に保つに必要な条件をほぼ実証できた。実用化へ向かって少しでも多く実証実験を蓄積して、クロレラ培養を飼料生産へ適用させたいと願っている。次年度には、この小型培養槽へ移動式攪拌装置を付設し、クロレラ母菌を接種して実際に培養実験を行なうところまで実施しようと計画している。その成果によってクロレラ培養への一般の認識を広め、実用化への協力者が現われることを願っている。

参 考 文 献

- (1) 清水 浩：飼料用クロレラの生産工学的研究，富山短大報告，(7)，31～42，1974
- (2) 清水 浩：飼料用クロレラの生産工学的研究，農林水産特別研究報告，1973～75
- (3) 清水 浩：クロレラ培養における農業廃棄物の利用，農機誌(39)1,111～115・1977
- (4) 武智芳郎：クロレラ，その基礎と応用，全432頁，学習研究社，1971

〔読者コメント〕培養槽の上面被覆材として、構想では透明スチロール波板を、実験では透明ガラス板を使っていますが、両者の透過波長が異なり、それがクロレラ培養に影響あると思われませんか。

〔著者回答〕クロレラが必要とする光の波長については既往研究成果⁴⁾があります。しかし、文中に有る如く照度は余っているので、むしろ構造上からの選択となります。いずれを選ぶか未だ特定していません。

乗用型左右揺動式床締め代かき機の試作

藤井清信*・今園支和*・木村勝一*・坂上 修*・菊池宏彰*・伊藤信雄**

Development of Tractor Mounted Power Vibratory Puddling Machinery

Kiyonobu FUJII*, Sasakazu IMAZONO*, Syouiti KIMURA*, Osamu SAKAUE*

Hiroaki KIKUTI*, Nobuo ITOU**

1. はじめに

水田の汎用化や田畑の交互利用を円滑に行なう場合、畑利用での排水と水田時での漏水が問題となる。特に火山灰土壌では水田に切り替えた場合の漏水を速やかに防止する必要がある。

一般に畑地を経過した水田土壌では、透水性が増すほか、亀裂による漏水の恐れがある。また、漏水量が多いため水温低下により水稻の初期生育がおとりに減収する例もみられる。したがって、水田に戻した初年目には、代かき回数を増すなどの対策をとっているのが普通である。

本報告は復元田での水田の減水深を適正(20~30mm/日)にするための床締め代かき機を開発したものである。本機の活用により、慣行の代かき作業よりも少ない時間と作業回数で漏水防止の効果をあげられることが達成された。

2. 試験方法

① 試作機の概要および特徴

本機はトラクタマウント式で、全長1390mm、全幅2970mm、全高1350mm、全重600kg、床締め部揺動振幅74mmで、トラクタのpto軸か

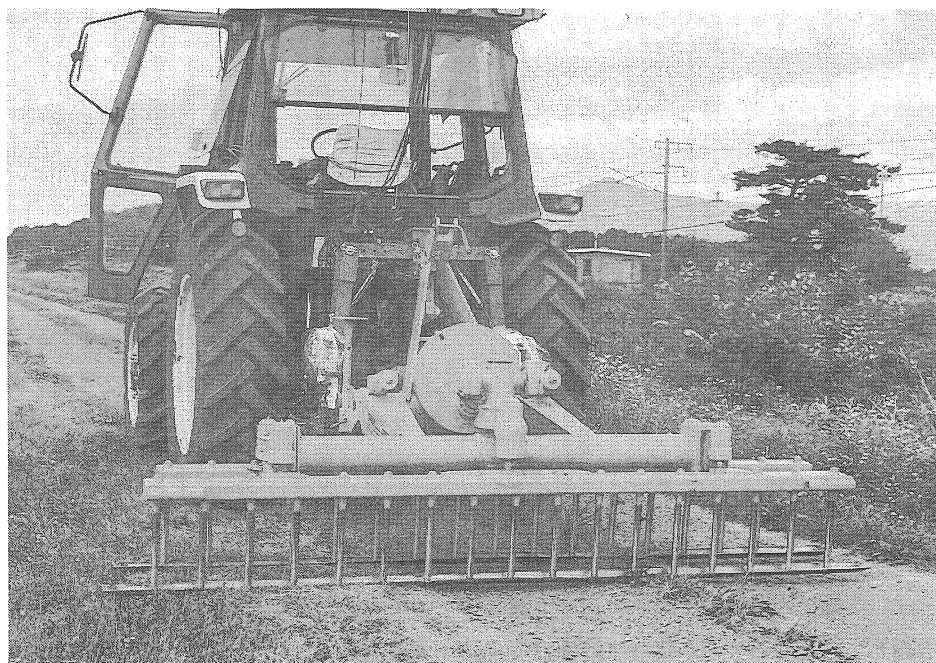


写真1 乗用型左右揺動式床締め代かき機



写真2 乗用型左右揺動式床締め代かき機の作業風景

らの回転運動を作業機のフライホイールを介して左右の往復運動に変換し、前後2列の床締め部が機体重により耕盤層を押し付けながら左右逆方向に揺動することにより、いわゆる「壁塗」の要領で漏水を防止するものである。

② 試作機の作業方法

作業方法は、ロータリー耕うん後入水して湛水状態にし、本機により慣行の代かきロータリーを使うように作業を行い、床締め代かきを同時に済ますもので、別に代かき作業を行なう必要はない。

3. 試験結果

① 試作機の経過

1号機として、市販代かき機(コバシP-2400)のロータリー軸中心から75cm後方に直径45mmの鉄パイプをロータリーの作用幅(2400mm)いっぱい横に取り付け、ロータリーの重量(270kg)でこの鉄パイプが耕盤層に押しつけられる状態(代かき深さプラス30mm)で作業

を行なうもので、かつて使われていた「シロッキ」の作用を付与した代かき機を製作したが、泥押しもかなりあり夾雑物(雑草)の絡み付きも多く床締めパイプへの抵抗も大きく耐久性等に問題を残した。

また漏水防止効果は、無処理区180~480mm(平均252mm)、床締め代かき区32~43(35.3)、慣行代かき1回掛け区72~1572(722.40)、同2回掛け区64~432(185.0)であった。無処理区の値が小さいのは、耕うん後日数が40日ほど経過しており、その間に土が締まったものと考えられる。以上を基に2号機を製作した。2号機は、アメリカやヨーロッパで畑作用として幅広く利用されているスパイクツース左右揺動型砕土機(ビコンse-300)を基に、クランブラーの部分を取り外し、砕土爪の部分を改造して床締め部とした乗用型左右揺動式床締め代かき機である。

表1. 乗用型左右揺動式床締め代かき機の漏水抑制効果

試験区	減水深 (代かき翌日)	変動係数
無代かき	210.5mm/日	10.7%
床締め部2列式2回掛け	21.2	46.5
床締め部2列式1回掛け	30.4	16.3
床締め部1列式2回掛け	29.0	7.4
床締め部1列式1回掛け	42.3	6.6

(東北農試大規模圃場)

表2. 乗用型左右揺動式床締め代かき機と慣行代かき機との比較

試験区	減水深 (代かき翌日)	変動係数
床締め部2列式2回掛け	36.5mm/日	12.4%
慣行作業法 (3回掛け)	76.2	7.6

(東北農試大規模圃場)

② 漏水防止の効果

表-1は2号機による漏水防止効果を東北農試大規模圃場(火山灰土壌)において実施した試験例で、無代かきとは耕うんのみを行い湛水した状態、床締め部1列とは、トップリンクを調整して2列ある床締め部を前に傾け、後列の床締め部を耕盤より浮かして前列の床締め部のみが耕盤層に作用するようにしたものである。1回掛け、2回掛けとは床締め代かき機1回掛け、2回掛けのことであり、漏水防止効果はそれぞれ平均日減水深で示した。減水深はN型減水深測定器により測定した。

無代かきのままでは210mmと過大な圃場に本機の床締め代かき部を2列とし、1、2回掛けることによって日減水深は20～30mmに改善され、現行の代かきローター作業の3～4回掛けに匹敵する効果が得られた。

表-2は、表-1とは別の圃場において現行代かきとの比較試験であり、通常代かきローター3回掛けにたいして、床締め代かき機2列2回掛けではほぼ2倍の漏水防止効果をあげている。

③ 作業能率と動力特性

作業能率は、作業能率速度0.2～0.3m/s、pto回転数250rpm、2回掛けの条件で10a当り30～40分であった。

図-1は、本機の動力性能を測定した1列で、上から左ロアリンク垂直荷重(平均141kgf)、左ロアリンク水平荷重(平均402kgf)、右ロアリンク荷重(平均331kgf)、pto軸トルク(平均15.70kgf)、pto回転数(平均251rpm)の順である。作業速度0.27m/sのときpto所要動力は、最大でも11psと少ないが、左右の水平分力、機体重から推定して60～70psのトラクタとの組合せが望ましいと思われる。

4. まとめ

① 本機の導入により火山灰土壌地帯(多湿黒ボク土)の漏水田の汎用化が可能となる。

② 供試トラクタは機体バランス等より45～52kWの4輪駆動トラクタが望ましい。

③ 能率は作業型速度0.27m/s、2列2回掛けで10a当り30～40分であり、pto所要動力は平均4.1kW、最高8.2kWである。

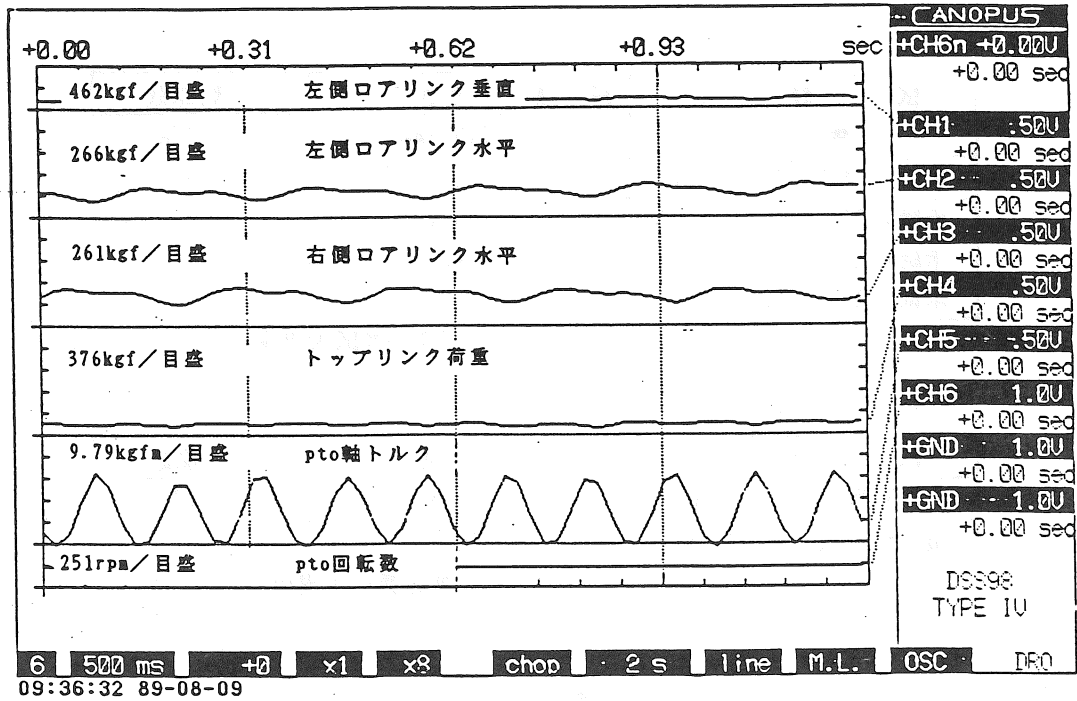


図-1 乗用型左右揺動式床締め代かき機の動力特性

5. 参考文献

東北農試, 東北農政局編: 東北地域における
 転作技術と営農 昭和62年3月

農用作業車の動的側方転倒に関する研究 (第2報)

— 走行速度と転倒危険度の関係 —

高橋照夫*・武田太一*・西川裕之*

Effects of forward speed on degree of danger of sideways
overturning for farm vehicles

Teruo TAKAHASHI*, Taiitsu TAKEDA*, Hiroyuki NISHIKAWA*

1. はじめに

農用作業車による傾斜地作業では常に転倒の危険性にさらされているが、その危険性の判断は一般に運転者の経験的勘に任されているのが現状である。そのため、耐転倒性に対する過信や、日常的作業の「慣れ」からくる誤判断などによって運転操作を誤り、転倒事故に至る場合が少なくない。そうした転倒事故の発生を減少させるためには、作業中における農用作業車の実際の転倒危険性を運転者が具体的、定量的に判断できるような対策を講じる必要があると思われる。しかし、転倒に関する研究は数多くあるものの、そのような観点からの研究は中尾ら¹⁾のほかにはあまりみられない。そこで、筆者らは前報²⁾で側方転倒の危険性に関する新たな指標として「転倒危険度」を導入し斜面傾斜度との関係を検討した。

本報では、走行速度が転倒危険性に及ぼす影響を明らかにするため、転倒危険度の算出方法を再考察するとともに、その計算で必要となる障害物乗り上げ時の車輪上昇速度を推定する方法について、農用トラクタと模型車による実験を行なって検討し、走行速度と転倒危険度の関係を考察した。

2. 走行時の転倒危険度について

農用作業車の傾斜地での側方転倒は、作業車

の山側車輪の上向き線速度(上昇速度)が車体の転倒を引き起こす大きさの速度(転倒時上昇速度)に達した時に発生する³⁾。その転倒時上昇速度は、斜面傾斜度が作業車の静的転倒角と等しい傾斜地では零であり、斜面傾斜度が減少するにしたがって増加し平地で最大となる。

前報では、転倒危険度を平地の転倒時上昇速度 u_{co} と傾斜地の転倒時上昇速度 u_c の比 (u_{co}/u_c) として定義した。その転倒危険度の値は、傾斜地での転倒危険性が平地での何倍に相当するかを表す指標になると考えられる。なお、 u_c は前報で述べたように次式で求められる。

$$u_c = \sqrt{2m_t \cdot g \cdot l_a \cdot l_t^2 (1 - \sin\phi)} / I_a \quad (1)$$

ここで、 m_t は機体質量、 g は重力加速度、 l_a は機体重心(G)から谷側車輪接地点(A)までの距離、 l_t は輪距、 ϕ はGA線が水平となす角度、 I_a はA点まわりの機体の慣性モーメントである。

ところで、作業車の車輪が障害物に乗り上げたとき、その上昇速度は走行速度が増すほど大きくなることは経験的によく知られている。傾斜地でそのような状況になった場合には、山側車輪の上昇速度 u が u_c に近づくほど転倒の危険性が高いことになる。

そこで、走行時の転倒危険度 α は次のように表すことが考えられる。

$$\alpha = u_{co}/(u_c - u) \quad (2)$$

式(2)によれば、作業車が停止した状態で u が零のとき、 α は前報の転倒危険度と一致する。また、走行時の u が u_c に近づくほど α は増大し、両者が一致したとき α の値は無窮大となって転倒に至ることを示す。なお、 α の最低値は、同式が平地基準のため、作業車が平地で停止状態にあるとき 1 となる。

さて、作業車の山側車輪がある走行速度 v で障害物に乗り上げるとき、その転倒危険度を式(2)によって算出するためには、 u を直接計測する場合を除いて、 v と u との関係が明らかになっていなければならない。しかし、両者の関係についてはほとんど研究例がなく不明である。

本報では、式(2)によって走行時の転倒危険度を検討するため、まず走行速度と車輪の上昇速度の関係を調べるための実験を、模型車と農用トラクタを用いて次章の要領で行なった。

3. 実験方法

(1) 供試車及び障害物 供試車は、前報と同じ農用小形四輪トラクタ（後輪駆動方式、以下実車と略称）と、今回新たに試作した四輪模型車である。模型車は前後のタイヤ車輪が同径で、かつ前車軸を固定してあるので外観上実車と相似形ではないが、輪距、重心高さなど転倒に関与する寸法を実車の約 1/11 としたものである。その走行制御は、左右後輪それぞれに歯車連結した 2 個の DC モータをコンピュータで同調させながら駆動する方式で行った。実車及び模型車の主な仕様を表 1 に示す。

障害物は、実車用が木材製で斜辺角が 26.5° の台形状（長さ×高さ×幅 = $0.5 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$ ）、模型車用がプラスチック製で正弦曲線の半周期分の形状（同 $4.4 \text{ cm} \times 1.0 \text{ cm} \times 3.0$

cm）のものを用いた。なお、各障害物高さは各供試車後輪の半径の 20% 前後に相当する。

(2) 測定項目及び測定方法 障害物乗り上げ時の車輪の上昇速度は、実車及び模型車とも、車体片側の車軸付近に加速度センサ（TEAC/BBN 圧電型）を取り付け、その出力を増幅器及び積分回路を介して速度の出力電圧に変換したのちデータレコーダに記録させ、データ処理の際に車輪部分の速度に換算して求めた。供試車の走行速度は光電式センサを用いて車体部分による光反射（又は遮断）時間の測定より算出した。

(3) 実験方法 実車に関する実験は、均平に固めた平地面上に上述の障害物を 1 個設置し、一定区間助走させたのち片側の前後車輪を交互

表 1 供試車の主要諸元

項目	農用トラクタ	模型車
質量 (kg)	942	0.656
軸距 (m)	1.545	0.120
輪距 (m)	1.120	0.111
重心高さ (m)	0.595	0.057
慣性モーメント (重心回り、 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$)	2.27×10^2	1.54×10^{-4}
車輪幅 (m)×外径 (m)		
前輪	0.12×0.58	0.023×0.083
後輪	0.20×1.06	
タイヤばね定数 (N/m)		
前輪	1.33×10^5	2.27×10^3
後輪	8.28×10^4	
転倒時上昇速度 ($\text{m/s})^{*1,2}$)	3.12	0.972
静的側方転倒角 ($\text{deg})^{*1}$)	52.0	48.3

注：*1) 接地点を谷側車輪の外側端とした場合

*2) 平地における値

に乗り上げさせ、そのときの両車輪の上昇速度について計測した。実験の走行速度範囲は、傾斜地での各種作業速度を考慮して0.5~2.5m/sとし、機関回転数と変速段の調節により約0.2 m/s 間隔で設定した。

模型車に関する実験は、角度調節の可能なベニヤ合板製の傾斜台上に前述の障害物を模型車の軸距間隔で2個設置し、等高線に沿って約1.2 mの助走後山側の前後車輪を同時に乗り上げさせる方法で行い、その時点の山側後輪の上昇速度について計測した。走行速度の設定範囲は、走行速度 v と平地での転倒時上昇速度 u_{co} との比 (v/u_{co}) が実車の実験範囲に相当するように、0.4~0.8 m/s とした。斜面傾斜度は0~30°間で10°づつ4段階を設定した。

4. 実験結果及び考察

(1) 模型車に関する結果

(a) 走行速度と車輪上昇速度の関係 車輪上昇速度 u は、車輪が障害物へ乗り上げ始めてからその頂点まで移動する間に凸形状に変化したが、その間の転倒危険性は u の波形の最大値 u_m が大きいほど増大する。そこで、本報では

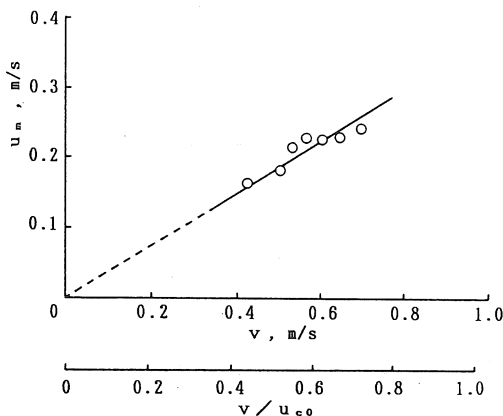


図1 模型車における走行速度 v と車輪上昇速度 u_m の関係

同一実験条件のもとでの3回の測定結果から u_m の平均値を求め、走行速度 v との関係調べた。

図1は斜面傾斜度 $\theta = 0^\circ$ における v と u_m の関係である。同図のように、 u_m は v の増加に対しおおむね比例して増加した。さらに、 θ が10~30°の場合にも両者の間にはほぼ同様の比例関係がみられた。ただし、 v に対する u_m の増加割合は θ とともに次第に大きくなる傾向にあった。

(b) u_m の推定について ところで、 u_m と v の関係には障害物の形状、車輪の粘弾性特性、荷重状態などが影響する。それらの影響を厳密に考慮して両者の関係を見出すためには、上出ら³⁾のように車体に関する運動方程式を立て数値的に解析する方法があるが、一般に複雑になる場合が多い。しかし、上述の実験結果によれば、両者は比較的単純に比例関係で表されたので、実験した範囲内では簡単な関係式で近似できるように思われる。

そこで、本報では u_m を推定するための簡便な方法として次のように考えた。図2(a)でA線は車輪が障害物(斜線部分)をゆっくり乗り越えるときの車軸の変位波形である。走行速度が増すにしたがい実際の波形は振動を含む複雑な

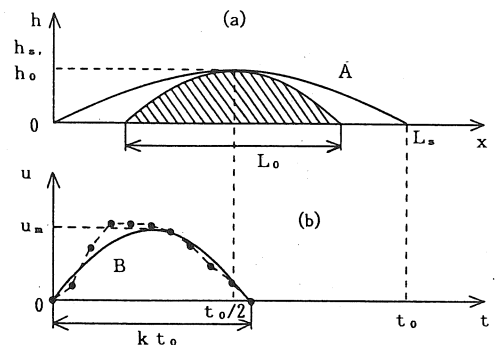


図2 障害物乗り上げ時の車輪の上昇変位(a)及び上昇速度(b)

形³⁾になるが、障害物の形状に対応する基本寸法としては乗り越え区間の水平距離 L_s 及び最高変位 h_s (=障害物高さ h_0)が重要である。

一方、車輪の上昇速度は、車軸変位が h_s に達するまでの間に、同図(b)の●印で示した実測例のように変化するが、ここで、その上昇速度波形をB線のように正弦曲線で近似し、距離 L_s の走行所要時間を t_0 ($=L_s/v$)、 h_s に到達するまでの所要時間を t_1 ($=kt_0$, k は定数)とすれば、上昇速度 u は次のように表される。

$$u = u_m \sin \omega t \quad (0 \leq t \leq t_1) \quad (3)$$

ただし、 ω は振動角速度である。なお、 $\omega t_1 = \pi$ より、

$$\omega = \pi v / k L_s \quad (4)$$

さて、車軸の上方変位はその上昇速度の積分として表されるので、式(3)を $t = 0 \sim t_1$ 間で積分すれば h_s となる。すなわち、

$$h_s = \int_0^{t_1} u_m \sin \omega t dt \quad (5)$$

式(5)に式(4)を代入して u_m について解くと、

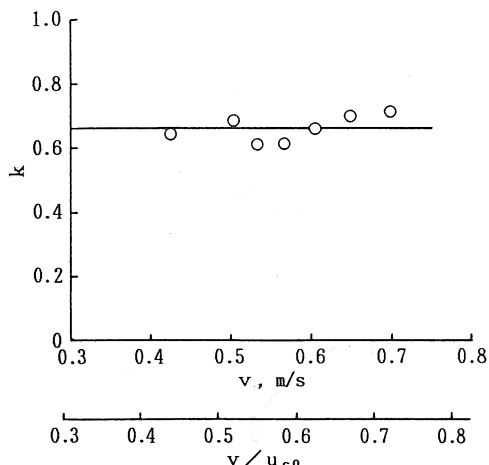


図3 模型車における走行速度 v と定数 k の関係($\theta = 0^\circ$)

$$u_m = \pi h_s v / 2 k L_s \quad (6)$$

とくに、 $h_s = h_0$ の場合には、

$$u_m = \pi h_0 v / 2 k L_s \quad (7)$$

となる。式(6)及び(7)によれば、 u_m は v に比例して増加することになり、実験結果の傾向と一致する。また、 u_m は h_s (及び h_0)に比例し、 L_s に反比例することになる。

ところで、式(7)の定数 k については次のように考えられる。車軸が h_s の変位になるまでの間に移動する距離は、図2で明らかのように通常(車輪の変形や反発が顕著でない場合) $L_s/2$ より長いので、 t_1 は $t_0/2$ より大きくなるが、 t_0 よりは小さいと予想される。したがって、 k の値は $0.5 < k < 1.0$ の範囲になると思われる。また u_m は h_s とともに増加するので、車輪が跳ね上がって $h_s > h_0$ となったときは、 k 値は $h_s = h_0$ のときより当然小さいことになる。

図3は、 $\theta = 0^\circ$ の場合について、実測より $h_0 = 1.0$ cm、 $L_s = 6.6$ cmとし、式(7)より k の値を逆算して求めた結果である。同図のように、 k は v の変化にかかわらずほぼ0.66付近にあったことがわかる。

(c) 斜面傾斜度の影響 次に、 $\theta = 10 \sim 30^\circ$ の場合について、上記と同様の方法で k を求め、 θ との関係を調べた結果が図4である。同図によれば、各 θ における k の散らばりは $\theta = 0^\circ$ と同程度であるが、 k の平均値は θ が増加するにしたがって直線的に減少し、 $\theta = 30^\circ$ では $k = 0.49$ となって $\theta = 0^\circ$ の値の約74%であった。

上述のような k の減少の理由としては、図2のように u を正弦波形と仮定すれば、 t_1 が減少したことと、 $h_s > h_0$ であったことの二つが考えられる。すなわち、前者では h_0 に到達する時間が早くなったことを示しており、その一因として θ の増加にともなって山側車輪の分

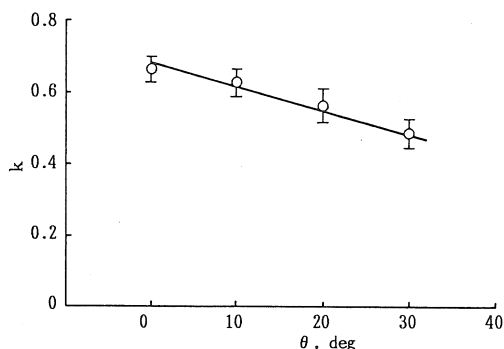


図4 模型車における斜面傾斜度 θ と定数 k の関係

担荷重が減少したことによる影響、例えば障害物に乗り上げる際の抵抗が減少したことが考えられる。ただし、静力学的には $\theta = 30^\circ$ のとき山側車輪の分担荷重は $\theta = 0^\circ$ のときの約87%となるので、 k の減少割合はそれよりも大きかったことになる。後者については上述の内容とも関連するが、車輪の跳ね上がりやの発生などがあげられる。

もっとも、実際には u が正弦波形になるとは限らず、また θ が 10° 以上では障害物乗り上げの際に谷側後輪の横すべりが発生しやすくなるなど、 k の値には上述以外の要因も複雑に関連しているが、いずれにしても k を車輪の上昇速度に対する諸関連因子の影響を包含した定数とみなせば、 k の性質をより明確にすることにより、式(7)で推定される u_m の精度をさらに向上させることができると思われる。

(2) 実車に関する結果

(a) 走行速度と車輪上昇速度の関係 図5

は、模型車の場合と同様の方法で求めた実車の後輪及び前輪の u_m と v の関係である。同図によると、 u_m は両車輪ともばらつきがあるものの、全体的には v に比例して増加する傾向がみ

られた。なお図中、実線及び破線はそれぞれ後輪及び前輪について、後述する k の平均値をもとに引いた回帰線である。

u_m のばらつきの原因としては、機関の回転振動による雑音成分、走行路面の凹凸やそれにもなる車体のピッチング、タイヤの変形状態、後輪ラグによる振動やすべり、機関の出力状態による走行速度の変化などが障害物乗り上げの際に影響したことが考えられる。

そのうち、 $v = 1.0$ m/s以下では機関の振動成分の影響のため u_m が小さめの値となったようである。また、後輪の u_m の中では $v = 2.1$ m/sの値が突出しているが、このときの機関回転数の設定値は定格回転数付近で出力に十分余裕のある状態であったことから、突出した理由の一要因は障害物乗り上げ時の走行速度の低下が他の場合に比べ少なかったためと推測される。

なお、 v が約2 m/s以上では後輪が障害物よりやや高く跳ね上がるようになった。その場合の u_m は、上述の回帰線(実線)より8%前後高くなっている。一方、前輪ではその v の範囲でも前車軸がピボットを中心に回転して車輪

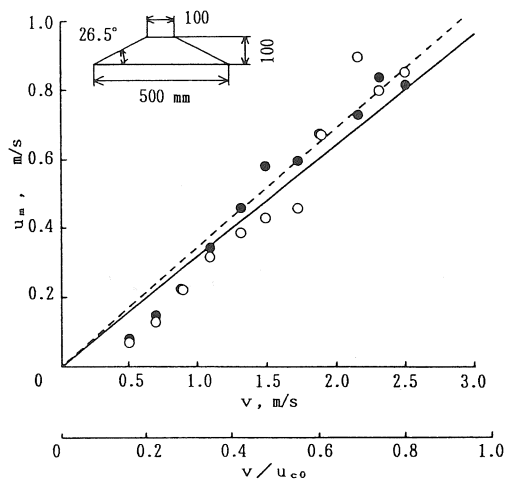


図5 実車における走行速度 v と車輪上昇速度 u_m の関係(○印:後輪, ●印:前輪)

の上下に追従し、跳ね上がりはみられなかった。

(b) 走行速度と k の関係 次に、式(7)より逆算して求めた k と v の関係を図6に示す。なお、同式で h_0 及び L_s の値はそれぞれ実測より $h_0 = 0.1 \text{ m}$ 、 $L_s = 0.636 \text{ m}$ (後輪) 及び 0.552 m (前輪) を用いた。同図によれば、 k は両輪とも、 v が増すにしたがってはじめ急減し、約 1 m/s 以上ではほぼ一定の傾向となった。 v が 1 m/s 以下の k は前述の理由で過大に算出されたと推定されるので、それ以上の v の範囲について k の平均値を求めた結果、後輪で 0.77 、前輪で 0.82 であった。その平均値を用いると v と u_m の関係は図5の回帰線のようになる。

ところで、 v が約 2 m/s 以上では前述のように後輪の跳ね上がりが見られたが、その範囲で k 値は $0.59 \sim 0.72$ であり、 $v = 1 \sim 2 \text{ m/s}$ の k に比べ 20% 前後小さくなった。こうした点を考慮すると、後輪の k はむしろ図6の一点鎖線で示すように v とともに減少する傾向にあったとも言える。また、この範囲の v では機関回転数が高いほど k が小さくなる傾向もみられ、 v とともにその駆動力の状態も k の値に影響を及ぼすように思われる。

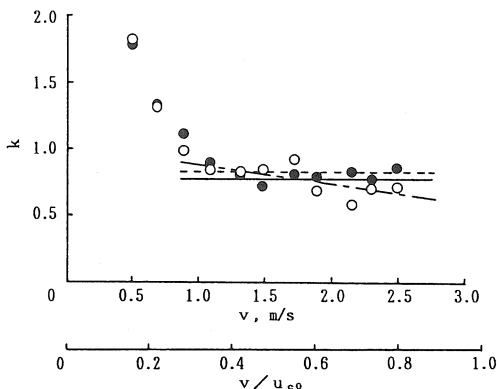


図6 実車における走行速度 v と定数 k の関係 (平地)

なお、実車の k 値を模型車の $\theta = 0^\circ$ の場合と比較すると、全体的には実車の方が $3 \sim 24\%$ 大きく、また後輪で v の影響がみられる点で異なっている。これは、障害物の形状の違いのほか、前述の u_m に対する影響因子の中でもとくに車輪のたわみ変形や駆動力などの特性の違いによる影響が現れたものと推察される。

以上のように、 k の数値及び傾向には若干異なる点があるものの、実車においても模型車と同様、 v と u_m の関係が k を用いて近似し得ることがわかった。したがって、実車の実験が危険をとめない困難な場合についても、そのような両車の相違点に留意しながら模型車の実験で得られた k の性質を活用して v と u_m との関係推定することが考えられる。

5. 転倒危険度に関する考察

(1) 走行速度と転倒危険度の関係

前章の結果より u_m と v の関係が明らかになったので、実車について走行時の転倒危険度 α と v との関係を次の要領で検討した。計算の手順は、まず式(1)で、作業車の平地における u_{co} 及び θ における u_c を求める。次いで θ のときの k を用いて式(7)より v に対する u_m を計算し、その結果を式(2)の u に代入して α を算出する。

図7は、実車が供試障害物に前後車輪とも同時に乗り上げる場合を想定し、 θ をパラメータとして v と α の関係を試算した結果である。なお、各 θ における k 値は、前章の結果から θ に対する k の減少割合が模型車の場合と同様であると仮定し、実車の後輪の k 値 (平地の平均値) をもとに求めた。

同図によれば、 v とともに α が増加する傾向にあるが、その傾向は θ によって大きく異なることが分かる。すなわち、試算した v の範囲では、 θ が 10° 以下の場合 α 値が 2 以下であり、

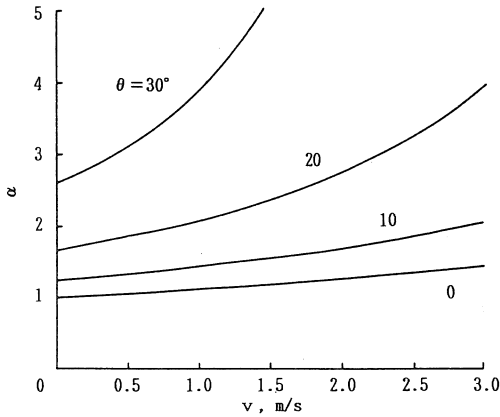


図7 実車における走行速度 v と
転倒危険度 α の関係

v に対する α の増加割合もわずかであるのに対し、 20° 前後を越えると α 値が2以上となり、その増加割合も急増する傾向となる。例えば、 α 値を $v = 1.0$ m/sについて比較すると、 20° 及び 30° では平地での危険度に対しそれぞれ約2倍及び4倍ということになる。

以上のように、 α を用いれば転倒危険性に対する走行速度の影響を斜面傾斜度に応じて具体的に表すことができるので、転倒に対する安全対策を講ずる上で一つの指標として利用できると思われる。

(2) 転倒危険度の利用について

作業中の α を算出し利用する方式には、① θ と u を直接計測し、それを式(1)及び(2)に代入して各時点の α を算出する方式、② θ と v を計測し、代表的な障害物に乗り上げる場合を想定して式(7)より u_m を求め α を算出する方式、③②で θ のみを計測し、予め決められた α の許容範囲に入る v を算出する方式などが考えられる。このうち、①の方式では u の計測装置が一般に高価になるので実用的ではなく、②又は③の方式が適当と思われる。

一例として、実車について図7と同様の手順

で、 α をパラメータとして θ と v の関係を求めると図8のようになる。すなわち、 α を一定とした場合 θ と v の関係は右下がりのほぼ直線として表される。いま、仮に α の許容範囲を2とすれば、 θ が 10° のとき v の許容範囲は2.5 m/s前後までであるが、 20° では許容限度が約0.8 m/sと急減するので、この θ 間では v の設定に細心の注意が必要であることがわかる。

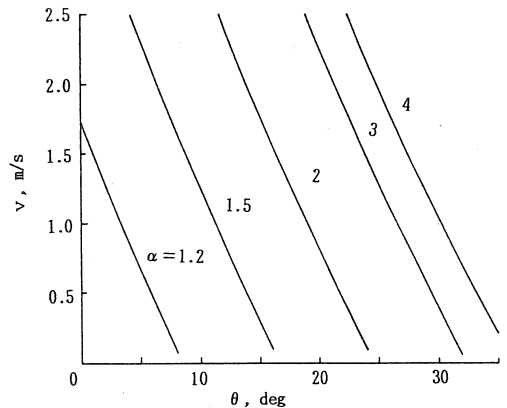


図8 転倒危険度 α の利用例— α が一定の場合の斜面傾斜度 θ と
走行速度 v の関係(実車)

(3) 今後の課題

定数 k の性質：式(7)の定数 k と障害物の形状、斜面傾斜度、走行速度などとの関係をさらに検討する必要がある。また、代表的障害物としての適切な形状についても吟味しなければならない。

車体の共振の影響：本報では障害物乗り上げ時の転倒危険性を検討したが、障害物乗り越え直後や谷側車輪が溝に落輪した場合などの振動で山側車輪の上昇速度が転倒時上昇速度を越えた場合にも転倒する。そのような場合の方が転倒危険性が高いとの木村ら⁴⁾の報告もあり、車体の共振の影響をも考慮した検討が必要である。

α の許容範囲： α の許容基準についてはまだ明確でない。その決定にあたっては、車体の転

倒危険性だけでなく、運転操作の確実性を考慮した判断基準が必要になるとと思われる。

6. 摘要

農用作業車の傾斜地作業における側方転倒の危険性を明らかにするため、走行速度を考慮した転倒危険度の算出方法を考察し、その計算で必要となる山側車輪の上昇速度と走行速度の関係を実験的に調べた。さらに、その結果より農用トラクタの走行速度と転倒危険度の関係を求め、その利用について考察した。結果の概要は以下の通りである。

(1) 走行時の転倒危険度は、平地での転倒時上昇速度を基準とし、障害物に乗り上げたときの山側車輪の上昇速度と転倒時上昇速度との差に対する比として定義した。

(2) 農用トラクタと模型車を用いた実験の結果、実験範囲内では山側車輪の上昇速度は走行速度とほぼ比例関係にあり、障害物高さ、同乗り越し距離及び走行速度を変数とする簡単な推定式で近似できることが分かった。

(3) 農用トラクタについて試算の結果、その転倒危険度は走行速度とともに増加するが、

転倒危険度の値及び増加割合は斜面傾斜度が 20° 前後から急増することが分かった。その関係より、転倒危険度の許容範囲を設定すれば、斜面傾斜度に対する走行速度の限界を求めることができるようになる。ただし、転倒危険度の許容基準については今後の課題である。

参考文献

- 1) 中尾清治, 田辺 一: 小型四輪トラクタの横転倒に対する安全率について, 島根大学農学部研究報告 7, 164-169, 1973
- 2) 高橋照夫ほか: 農用作業車の動的側方転倒に関する研究—側方転倒の危険性に関する一指標について, 農機学会東北支部報 36, 19-22, 1989
- 3) 上出順一, 土屋功位: トラクタの転倒に関する研究(2)—2自由度モデルによる横転倒の解析, 農機誌 36(4), 513-517, 1975
- 4) 木村勝一ほか: 農用トレーラの運搬特性に関する研究(2)—粗大物高積載時の側方転倒について, 農機学会東北支部報 30, 24-27, 1983

転換畑における耕盤管理技術について (第1報)

— 心土破碎ロータリシダの試作と作業性能 —

大下泰生*・矢治幸夫*・伊澤敏彦*・屋代幹雄*・古川嗣彦**

Break up Method of Hardpan in Drained Paddy Field for Upland Crop Cultivation (Part 1)

— Development and Working Capacity of Rotary Tiller with Subsoiler and Seeder —

Yasuo OHSHTA*, Yukio YAJI*, Toshihiko IZAWA*, Mikio YASHIRO*, Tuguhiko FURUKAWA**

I. はじめに

田畑輪換による水田の高度利用を図るためには耕盤を適切に管理する必要がある。すなわち、転換畑においては耕盤は作物根の伸長の障害、排水不良の原因となり、作物根圏を改善するためには耕盤を破壊する必要がある。一方、復元田においては漏水防止、トラクタ・田植機走行性安定のために耕盤の早期形成が必要となる。

したがって、田畑輪換を円滑に行うためには耕盤の破壊、形成方法を適切に行う必要があるが、管理方法は土壌の種類によって異なる。そこで東北地方で多くみられる火山灰土壌を対象

に、転換畑において耕盤を部分破壊し、水田復元時の耕盤形成を容易にし、二段施肥方式により作物の安定多収を図り、作業の同時化により作業能率向上を目的とした心土破碎ロータリシダを開発した。ここでは、試作機の負荷特性を示すとともに、試作機を使用した耕盤部分破壊、深耕ロータリによる耕盤全面破壊および一般のロータリによる耕盤を維持する耕うん方法の作業性能についても報告する。

表1 心土破碎ロータリシダの主要諸元

全長	230 cm
全幅	184 cm
全高	178 cm
機体質量	550 kg
作業条数	2 条
心土破碎部	振動式
ロータリ耕うん部	耕幅: 150 cm
施肥部	二段施肥 基肥: 表層施肥 緩効性肥料: 深層施肥 繰出ロール: DCモータ駆動
播種部	回転目皿式

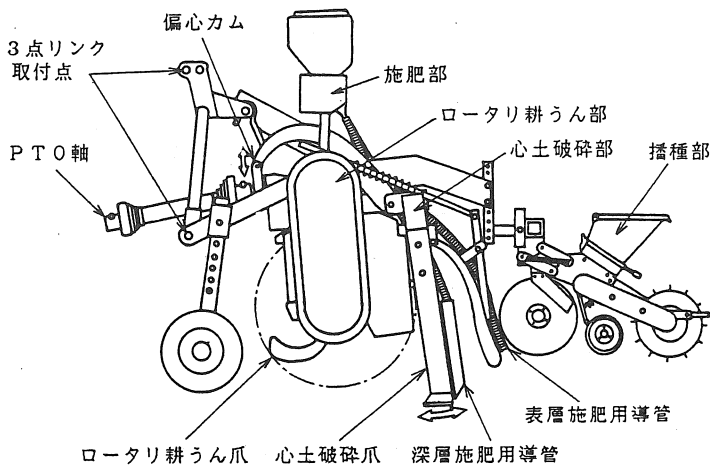


図1 心土破碎ロータリシダ概略図

II. 試験方法

(1) 試作機の概略

試作機の外観を図1に、主要諸元を表1に示す。試作機は心土破碎部、ロータリ耕うん部、施肥部および播種部で構成される。心土破碎部は振動式で、PTO軸により駆動され、破碎爪は2本装着され、施工深20～25cm、施工間隔75cmである。ロータリ耕うん部は耕幅150cmである。施肥部は2種類の化成肥料を施用することが可能で、基肥は表層に、緩効性肥料は心土破碎爪底部より深さ約20～25cmの位置に施用できる。繰り出しロールはトラクタの蓄電池を電源とするDCモータにより駆動される。播種部は回転目皿式播種機が2台装着されている。

(2) 負荷特性試験

試作機および試作機の心土破碎爪を取り外して一般のロータリシダとして使用した対照機について、けん引およびPTO軸所要動力を測定し、負荷特性を比較した。

けん引所要動力の計測にはトラクタの上部リンクヒッチ点および左右の下部リンクヒッチ点に荷重変換器を装着し、トラクタ前輪後部に走行速度検出用測定輪を取り付け、PTO軸所要動力の計測にはPTO軸にトルクメータおよび回転検出器を取り付け、各測定器からの出力信号をデータレコーダに記録し、後に再生して、A/D変換器、パソコン等を使用して解析した。データサンプリングは1試験区について20m秒毎に1,024点(約20秒)行い、測定値を平均して所要動力を求めた。試験はPTO軸回転速度を540rpmに設定し、耕うん軸の回転速度は155rpmであり、心土破碎ロータリの心土破碎爪は9Hzで振動させた。供試は場は火山灰土壌で前作小麦の刈取り後に行い、供試トラクタは機関出力70kW(95PS)、4輪駆動を使用した。

(3) 作業能率および栽培試験

長期間水稲栽培を行い、畑転換初年目のほ場において、作業能率の測定を行うとともに大豆を栽培して生育収量について調査した。

耕盤処理作業は耕盤を全面破壊したD区、部分破壊したS区および耕盤を維持したR区の3区を設け、耕うん播種作業時の作業時間、燃料消費量等を調査した。作業方法はD区が深耕ロータリ(耕幅160cm、耕深30cm)により深耕を行い耕盤を全面破壊し、ロータリシダにより碎土・施肥・播種を行った。S区は試作した心土破碎ロータリシダにより耕盤を部分破壊し、同時に耕うん・施肥・播種を行った。心土破碎は大豆播種位置に施工間隔75cm、深さ25cmで行った。R区はロータリシダにより耕深13cm程度で表層を耕うんし、耕盤は維持した。供試作物は大豆(スズカリ)で、栽植密度は14,000本/10a(条間75×株間9cm)に設定し、6-20-20化成肥料を50kg/10a基肥に施用した。供試は場は火山灰土壌で、試験区は5a(15×30m)、1989年5月24日に播種を行った。

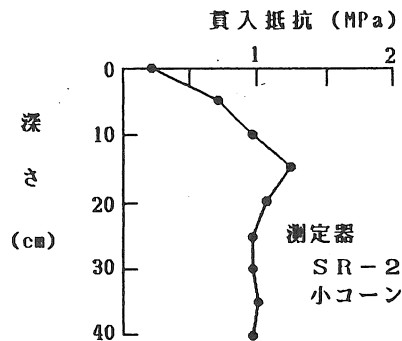


図2 貫入抵抗

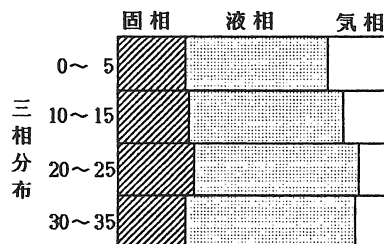


図3 三相分布

III. 試験結果

(1) 負荷特性試験

試験時の土壌の貫入抵抗を図2に、三相分布を図3に、試作機のけん引所要動力、PTO軸所要動力および総所要動力(けん引+PTO軸)を図4に示す。

けん引所要動力は、試作機が心土破碎爪のけん引抵抗によりけん引動力を要するのに対して、対照機はロータリ爪の反力によりトラクタに対

して押し出し力が作用し、推進動力となっていた。試作機のPTO軸所要動力はロータリ耕うん動力の他に心土破碎爪の駆動力を要するため対照機に対して30%程度高くなった。

けん引およびPTO軸所要動力を加えた総所要動力は、試作機が対照機に対して5割程度増大した。作業速度0.65m/sの値を比較すると、けん引所要動力は2.5kW増、PTO軸所要動力は4.8kW増で、PTO軸所要動力の増大が大であった。

次に、負荷特性試験時の耕うん断面の一例を図5に示す。耕うん断面積は対照機が2,290cm²に対して試作機は2,500cm²あり、心土破碎爪により碎土された部分は360cm²であった。供試畑は深さ15~20cmに耕盤が形成されており、心土破碎により硬い層が破壊されることにより根圏の拡大に有効と思われる。

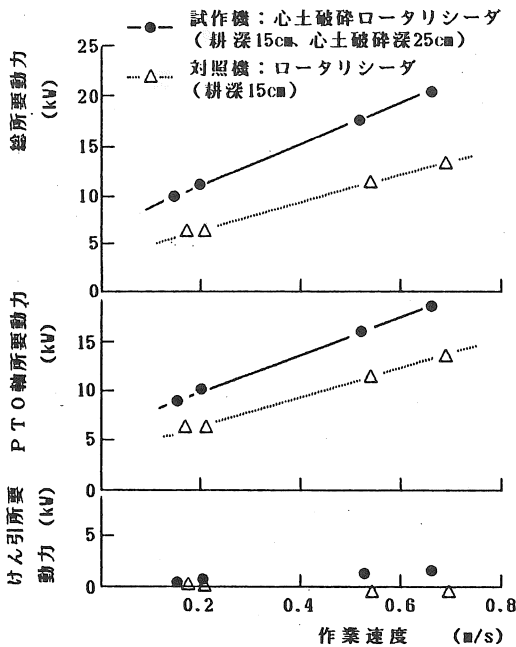


図4 所要動力測定結果

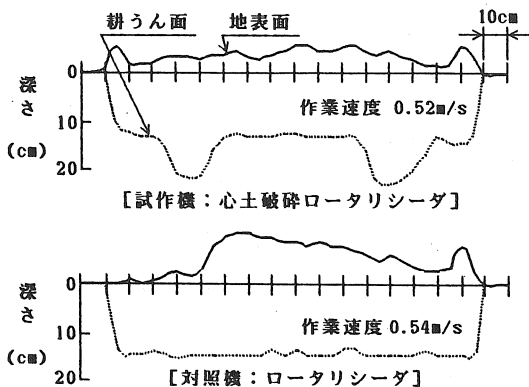


図5 耕うん断面

表2 耕うん播種作業性能および生育収量 (1989年)

項目	[D区] 深耕ロータリ + シーダ	[S区] 心土破碎 ロータリシーダ	[R区] ロータリシーダ
[作業性能]			
深耕 ¹⁾	深耕ロータリ	—	—
作業速度 (m/s)	0.49	—	—
耕 深 (cm)	33	—	—
PTO軸所要動力(kW)	35.6	—	—
燃料消費量(ℓ/10a)	6.86	—	—
作業時間(分/10a)	39	—	—
耕うん施肥播種¹⁾			
	ロータリシーダ	心土破碎 ロータリシーダ	ロータリシーダ
作業速度 (m/s)	0.62	0.55	0.58
ロータリ耕深 (cm)	15	11	12
心土破碎深 (cm)	—	17	—
燃料消費量(ℓ/10a)	4.76	4.80	4.36
作業時間(分/10a)	48	43	45
[耕種概要]			
炭 酸 素 (kg/10a)	100	100	100
溶 磷 (kg/10a)	200	100	100
堆 肥 (t/10a)	4.3	2.0	2.0
表層施肥 ²⁾ (Nkg/10a)	3.0	3.0	3.0
条間×株間 (cm)	71×9.4	71×9.4	71×9.4
欠 株 率 (%)	13.3	15.8	8.3
主 茎 長 (cm)	64.2	54.1	61.6
主 茎 径 (mm)	9.4	8.6	7.4
100粒重 (g)	29.6	29.4	29.3
子実収量 (kg/10a)	346	336	325

1) 機関出力51kWトラクタ使用、 2) 6-20-20化成使用

(2) 作業能率および栽培試験

試験結果を表2に示す。

耕うん施肥播種に要する作業時間は、S区が最も短く、続いてR区の順となったが、

R区の肥料、種子補給回数が多かったためであり、作業速度はR区が高く、理論作業量はR区が最も多くなる。D区は深耕および施肥播種の2工程の作業を行ったため作業時間は最も長くなった。深耕と施肥播種を同時に行えば作業時間は短縮可能と考えられる

が、予備試験の結果では深耕ロータリの土塊が大きいため発芽苗立ちが不良となり、深耕と碎土の2工程を行うことが必要であった。

燃料消費量はR区が最も少なく、S区はR区に対して1割程度増加した。D区は2工程の作業を要し、深耕の所要動力が大きいため、燃料消費量はS区の2倍以上となった。

大豆の子実収量はD区が最も高く、R区、S区の順となり、耕盤を全面または部分破壊することにより増収することが認められた。

次に、耕盤処理の違いによる播種作業後の土壌物理性を図6に示す。D区およびS区の心土破碎施工位置の土壌はR区に比べて貫入抵抗が低く、気相割合も高く、土壌は膨軟であった。また、碎土率はD区が深さ30 cmまで直径20 mm以下の小径の土塊割合が高かった。S区の心土破碎を行った位置の深さ10~20 cmの層の分布を見ると、D区に比べると大きな土塊の割合が高いが、R区に比べると土塊は小さい。したがって、耕盤の全面破壊および部分破壊により貫入抵抗、気相率、碎土率等の土壌物理性は耕盤維持区よりも改善されていた。

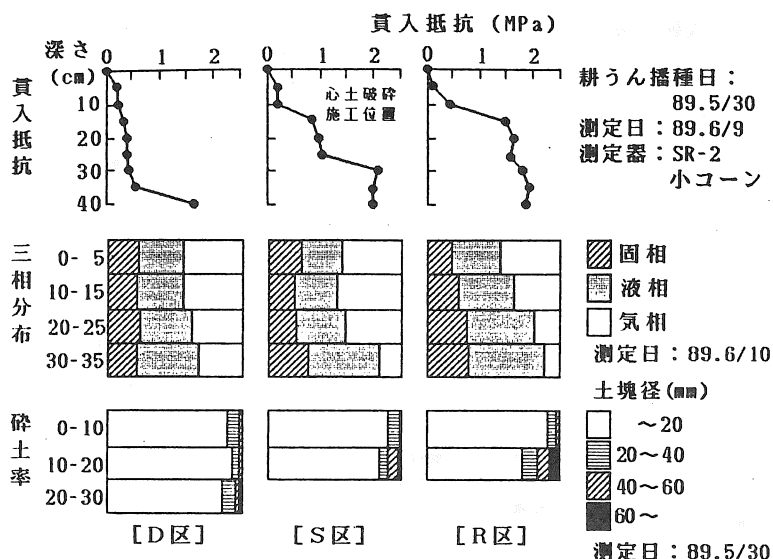


図6 耕盤破壊方式の違いによる土壌物理性への影響

IV. 摘要

田畑輪換を前提に耕盤の適切な管理技術を確立するために、耕盤を部分破壊し、同時に施肥、播種作業を行う心土破碎ロータリシダを試作し、負荷特性、作業能率を測定し、耕盤処理方法の違いによる大豆の生育収量、土壌物理性を調査し、以下の結果を得た。

(1) 試作した心土破碎ロータリシダは、ロータリ耕深15 cm、心土破碎深25 cm、作業速度0.6 m/sで所要動力は約20 kW (27 PS)であり、同サイズのロータリシダに対して所要動力は5割程度増大した。

(2) 試作機の作業時間は通常のロータリシダと同等の時間で耕盤の部分破壊を行うことが可能で、深耕ロータリによる耕盤全面破壊する作業方法に比べると少ない所要動力で短時間に作業可能であった。

(3) 試作機により耕盤を部分破壊した区の貫入抵抗、気相割合、碎土率等の土壌物理性は耕盤を維持した区に対し改善されており、作物増収に有効であった。

心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機の作業性能

— 負荷特性と作業能率 —

大下泰生*・伊澤敏彦*・屋代幹雄*・矢治幸夫*・古川嗣彦**

Working Performance of Seeder Combined with Subsoiler, Manure Applicator and Fertilizer
— Power Requirement and Rate of Work —

Yasuo OHSHTA*, Toshihiko IZAWA*, Mikio YASHIRO*, Yukio YAJI*, Tuguhiko FURUKAWA**

I. はじめに

飼料用トウモロコシやスイートソルガム等の長大作物は生産力が高い反面、土壤養分の収奪が激しく、高収量を得るためには適切な根圏環境の維持が必要である。すなわち長大作物の根系は深さ1 m程度にまで達し、収量増大のためには地上部に応じた根系の発達が必要であり、根系の伸長に適した土壤硬度、通気性、排水性等の土壤条件の改善と肥料成分の供給を行うことが重要である。

筆者らは心土破碎および堆肥の条施用により土壤物理性の改善、土壤の肥沃化を図り、心土破碎・施肥・播種作業の同時化により作業能率・精度向上を目的とした作業機を試作し、その概要を東北支部報No. 35 (1988年)で報告した。しかし、試作機は作業能率が低く、実用化のためにはさらに改善を要した。その後、試作機を改良し、作業能率の向上を図り、負荷特性についても調査したので報告する。

II. 試験方法

(1) 試作機の改良

試作機の外観を図1に、主要諸元を表1に示す。試作機はトラクタ3点リンク装着式の2条用作業機で、心土破碎部、堆肥条施部、施肥部、播種部より構成され、心土破碎により形成され

た溝に堆肥を条施用し、堆肥を埋め込んだ後、表層に播種を行い、播種列側方に化成肥料を施用する。主な改良点は次のとおりである。

① 改良前は堆肥の繰出量が少ないため作業速度が低く抑えられた。堆肥の繰出量はフロアコンベア速度により調節されるが、一定量を越える堆肥を繰り出すとオーガおよび堆肥受け漏斗に滞留した。そこで、フロアコンベアより搬送される堆肥を拡散するためのビータを2本に増やし、堆肥を細かく粉碎して流動性を増すとともに、堆肥受け漏斗の容量を増大する等の改良を行い、繰出量の増大を図った。

② 堆肥の施用深が浅く、土中への埋め込みが不十分で、大部分の堆肥が地表へ露出したため、溝切り器の開溝面積を拡大し、堆肥埋込用ディスクの枚数を1条につき片側1枚から3枚に増やすことにより、堆肥の埋込位置を深くするとともに覆土量を増大させた。

③ 改良前においては、心土破碎部はトラクタPTO軸により、堆肥条施部のフロアコンベアおよびビータは試作機に搭載された専用エンジンにより、オーガはトラクタ外部油圧取出口を油圧源とする油圧モータにより、施肥部の肥料繰り出しおよび播種機用吸引ファンはトラクタの蓄電池を電源とするDCモータにより駆動されていたため、多数の動力伝達系統を要し、

操作のために補助作業者が必要であった。改良後は、心土破碎部および播種機用吸引ファンは変更ないが、堆肥条施部および施肥部は1台の油圧モータで駆動され、動力伝達系統が簡素化されるとともに、トラクタオペレータにより遠隔操作が可能となり、補助作業者が不要となった。

(2) 堆肥繰出試験

堆肥の繰出量を

調査するために堆肥を満載し、繰出作業を開始してから全量排出するまでの1分間当りの左右オーガからの堆肥の排出量を測定した。試験は定置状態で、フロアコンベア速度30 cm/分、ビータ回転速度300 rpm、オーガ回転速度360 rpmで行った。供試堆肥は家畜きゅう肥を主とし、数わらが混在しており、含水率は54%、積載量は約500 kgであった。

次に、ほ場で堆肥を繰り出しながら走行し、堆肥の埋込状況を調査した。試験は施用深15および25 cmの場合について、消石灰を混ぜ合わせ白くマークした堆肥を施用し、埋め込み後の土壌断面における堆肥の位置を調査した。走行速度は0.55 m/s、コンベア、ビータおよびオーガの速度は定置試験と同様の設定で行った。

(3) 負荷特性

試作機のPTO軸所要動力、けん引所要動力

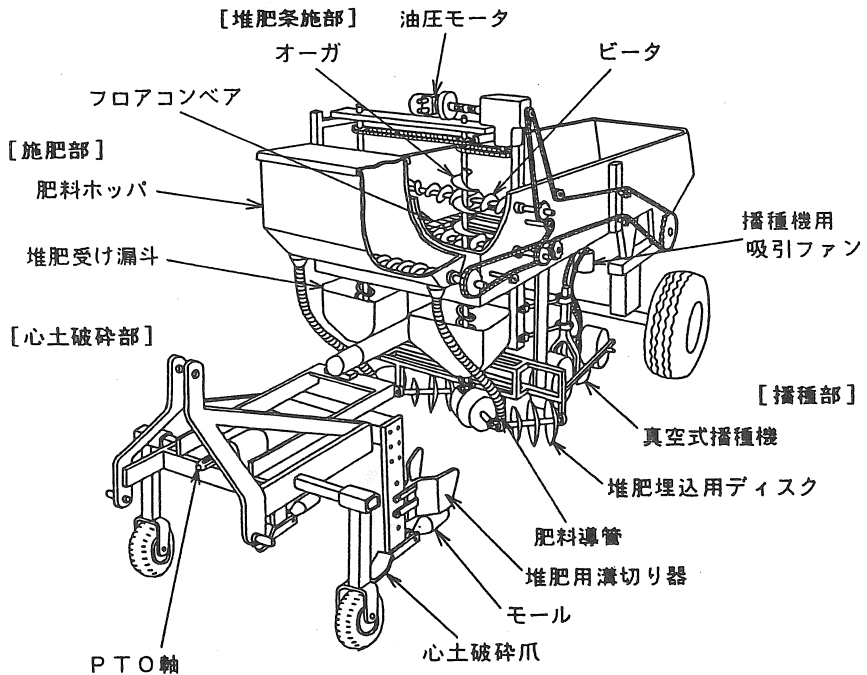


図1 心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機の概略図

表1 主要諸元

全長	416 cm
全幅	187 cm
全高	198 cm
機体質量	1040 kg
作業条数	2条
条間	75 cm
心土破碎部	振動式 PTO軸駆動
堆肥条施部	オーガによる条施用方式 油圧モータ駆動 堆肥積載量 約500kg
施肥部	繰出ロール式 油圧モータ駆動
播種部	真空式 吸引ファンDCモータ駆動

を測定するために、図2に示すようにPTO軸にトルクメータおよび回転検出器を取り付け、トラクタの上部リンクヒッチ点および左右の下

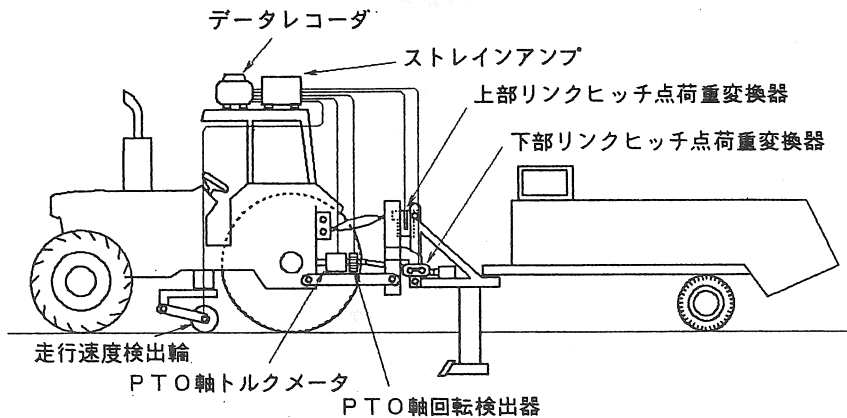


図2 負荷特性試験方法

部リンクヒッチ点に荷重変換器を装着し、トラクタ前輪後部に走行速度検出用測定輪を取り付け、各測定器からの出力信号をデータレコーダに記録した。記録データは後に再生して、A/D変換器、パソコン等を使用して分析した。データサンプリングは1試験区について20m秒毎に1,024点(約20秒)行い、測定値を平均して所要動力を求めた。試験は心土破碎爪を固定および振動させた状態で、心土破碎深20および30cmの2段階に設定して行った。試作機には堆肥、化成肥料等は積載しない状態で、振動区はPTO軸回転速度を540rpmに設定し、心土破碎爪を9Hzで振動させた。供試は場は火山灰土壌の普通畑で、試験前にロータリ耕うんを行った。供試トラクタは機関出力70kW(95PS)、4輪駆動であった。

間9cm)に設定して播種作業を行い作業時間を調査した。供試トラクタは機関出力70kW(95PS)で4輪駆動、供試は場は火山灰土壌の普通畑で面積11a(21×50m)、供試作物はスイートソルガムFS304(ハイシュガー)であった。な

(4) 作業能率試験

試作機を供試して、心土破碎深30cm、堆肥施用量2t/10a、播種量14,000本/10a(条間75cm×株

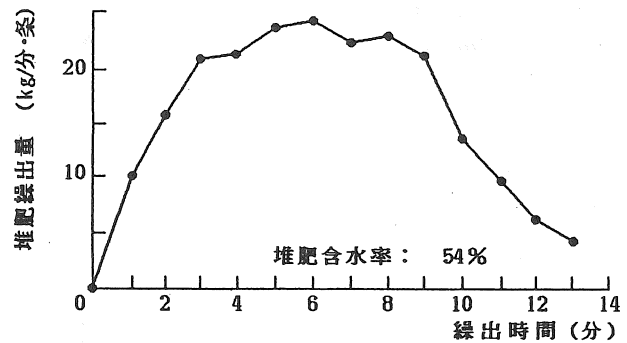


図3 堆肥緑出性能

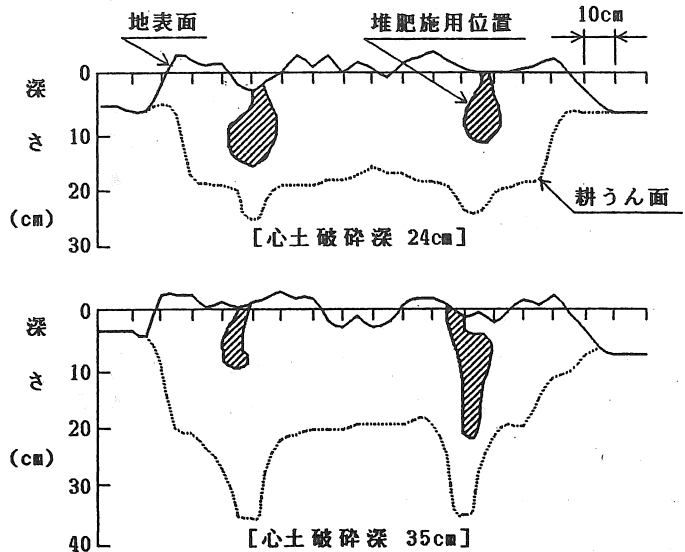


図4 堆肥条施の様子

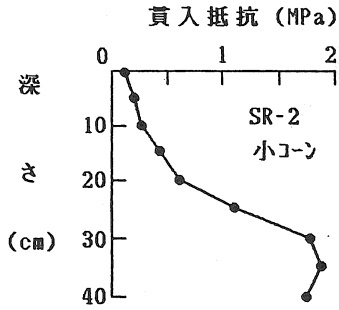


図5 貫入抵抗

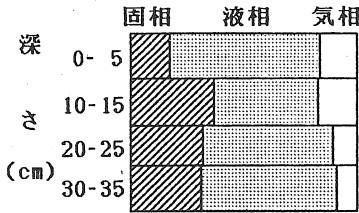


図6 三相分布

お、堆肥の補給はフロントローダ付きトラクタ (機関出力 51kW (69 PS)) を使用した。

(5) 栽培試験

堆肥の施用方法として条施用, 全面施用, 無施用の3区を設け, 収量を調査した。条施区はロータリ耕うんを行った後に試作機を用いて堆肥を条施用し, あわせて心土破碎も行った。全面施用区は堆肥散布機により堆肥を全面に散布し, ロータリ耕うんにより土と混合した。基肥施用および播種は各試験区の条件をそろえるために施肥播種機 (2条用) を用いて全区とも1989年5月31日に行った。供試品種はスイートソルガム FS 304 (ハイシュガー) およびSCS 405 (シロップ2号), 堆肥施用量は 300 kg/a, 12-18-16 化成肥料を 4.3 kg/a 基肥に施用し, 栽植密度は 1,400 本/a (条間 75 cm × 株間 9 cm) に設定し, 供試場所は火山灰土壌の普通畑で1試験区 3 a (6 × 50 m) であった。

III. 試験結果

(1) 堆肥線出試験

堆肥の線出性能を図3に示す。約 500 kgの堆肥を13分で線り出すことが可能であったが, 堆肥の積み込み高さが機体の前後で低くなるため, 線出開始直後はオーガに搬送される堆肥が少なく, 線出量が安定するまで2分を要した。その後はほぼ一定の線出量を示し, 終了前4分からは線出量が徐々に減少した。安定時の線出量は約 23 kg/分・条であり, 改良前の約2倍の線り出し量であった。試験はフロアコンベア速度を一定にして行ったが, 堆肥の状態に応じてコンベア速度を調節し, 線出量を一定にすることは可能である。さらに, 2倍のコンベア速度で試験を行ったが, 線り出しは可能であった。ただし, いったん堆肥受け漏斗に堆肥が滞留し始め

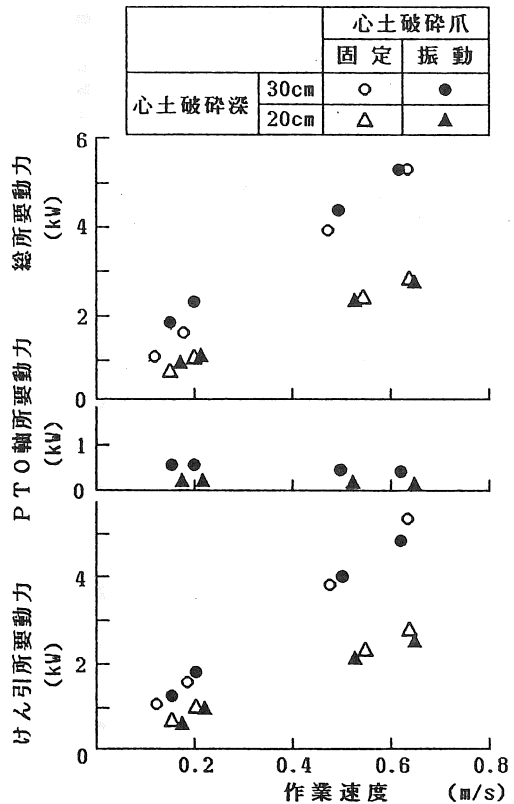


図7 心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機の所要動力

ると詰まってしまうため、排出状況に応じてコンベア速度を遅くすることが必要であったが、最大線出量は約 40 kg/分・条であった。

次に、堆肥を地中に埋め込み、埋没位置を調査した結果を図 4 に示す。堆肥は心土破碎深 24 cm で約 17 cm、心土破碎深 35 cm で約 24 cm まで埋め込まれていた。堆肥の大部分は深さ約 10 cm の位置に分布していたが、一部は地表面に露出していた。堆肥の施用深が浅く、播種位置に近い場合は発芽障害が懸念されるが、この程度であればほとんど問題なく、堆肥の埋込性能は良好であった。

(2) 負荷特性試験

試験時の土壌の貫入抵抗を図 5 に、三相分布を図 6 に、試作機のけん引所要動力、PTO 軸所要動力および総所要動力(けん引+ PTO 軸)を図 7 に示す。

けん引所要動力は、作業速度に比例して増加した。振動区および固定区を比較すると、低速域では両区の差はほとんど見られず、作業速度約 0.6 m/s では振動区が固定区に比べて若干低い値を示した。供試地はロータリ耕うん後であり、深さ 20 cm までは土壌が膨軟で、心土破碎爪のけん引抵抗が小さいため、低速域においては心土破碎爪の振動の影響が出ず、作業速度が約 0.6 m/s 以上で心土破碎爪の振動によるけん引抵抗軽減の効果が出てくるものと推察される。

PTO 軸所要動力は PTO 軸で心土破碎爪を駆動する振動区のみ測定を行った。所要動力は

心土破碎深が大きいほど値も大きくなったが、施工深 30 cm 区でも 0.5 kw 程度であった。

けん引と PTO 軸の所要動力を加えた総所要動力は低速域では振動区が固定区に比べて若干高くなったが、作業速度約 0.6 m/s では、振動区のほうが小さくなった。試作機の通常の作業速度を 0.5 ~ 0.6 m/s とすると、心土破碎爪を振動させることにより固定させたときより所要動力を軽減させることが可能で、このときの所要動力は 5kW (7PS) 程度である。しかし、試験は堆肥を積載しない状態であり、積載時は機体質量増大により走行抵抗が大きくなることおよび積載時の機体質量が約 1,500 kg あり、トラクタとのバランスを考慮すると 20kW (27PS) クラス以上のトラクタに装着することが必要であろう。

表 2 作業能率試験結果

作業速度	0.55 (m/s)	
心土破碎深	25 (cm)	
作業時間	(分/10a) 時間割合 (%)	
播種	21	(29)
旋回	14	(20)
移動 ¹⁾	18	(25)
堆肥積込	13	(18)
調整 ²⁾	6	(8)
合計	72	(100)
基肥施用量 ³⁾	1.6 (Nkg/10a)	
堆肥施用量	1.9 (t/10a)	

- 1) ほ場及び堆肥置場間走行時間(距離約200m)
- 2) 種子・化成肥料補給
- 3) 化成肥料(N-P-K: 12-18-16)使用

表 3 栽培試験結果 (1989 年)

品 種	堆肥施用	収穫日	株数 (/a)	稈長 (cm)	稈径 (mm)	生総重 (kg/a)	乾総重 (kg/a)
FS304 (ハイユガ-)	条 施	9/25	1620	263	17.1	778	193
	全 面		1708	273	16.6	686	166
	無施用		1813	259	16.8	690	167
SCS405 (ソフツ'2号)	条 施	10/24	1373	406	20.0	904	250
	全 面		1268	409	20.8	830	229
	無施用		1303	413	21.4	798	221

(3) 作業能率試験

試作機の作業能率試験結果を表2に示す。

10 a 当りの作業時間は改造前の202分から72分に短縮され、作業能率は3倍に向上した。これは堆肥の繰出量が増大し、作業速度が0.15 m/s から0.55 m/s に向上し、播種時間が83分から21分に短縮されたことが大きく影響している。作業速度をさらに向上させても心土破碎、播種精度等には特に問題はないが、堆肥繰出量に限界があるため、施用量を2 t/10 a に設定した場合、作業速度は0.6 m/s が上限であった。堆肥の補給は約200 m離れた堆肥置き場まで往復し、フロントローダ付きトラクタにより積み込んだが、移動時間は片道約2分、1回の積み込みに約4分を要し、10 a 作業するために4回の補給を行い、移動および積み込みに要する時間は作業全体の43%を占めた。試作機は堆肥積載量が少ないため、頻りに補給を行う必要があったが、積載量を増大させ、補給回数を減少させることにより、さらに作業能率を向上させることが可能である。

(4) 栽培試験

スイートソルガムの栽培試験結果を表3に示す。乾総量は条施区が最も多く、無施用区に対して13~16%の増収となった。また、条施区は全面施用区に対しても増収となり、堆肥を作物近傍に条施用することにより、全面に散布するよりも堆肥の肥料成分が作物に有効に作用すると推察される。したがって、条施用であれば少量の堆肥で作物に施用効果を発揮させることができると考えられる。

IV. 摘要

スイートソルガムの生産力向上のために、土壌物理性の改善と堆肥の条施用による施用効果の向上を目的として開発された心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機を改良し、堆肥の埋込性能、負荷特性、作業能率を調査し、さらに、試作機を使用して栽培試験を行い、増収効果を検討し、以下の結果を得た。

- (1) 堆肥の繰出量は最大40 kg/分・条程度で、深さ10 cmの位置に埋め込むことが可能であった。
- (2) 所要動力は作業速度0.5~0.6 m/s で、5kW (7 PS) であり、心土破碎爪を振動させることにより固定時よりも所要動力を軽減させることが可能であった。
- (3) 作業能率は堆肥の積み込み時間を含めて72分/10 a であり、改良前の約3倍に向上した。
- (4) 堆肥の条施用により、堆肥の全面施用および無施用に比べて収量が増大した。

参考文献

- 1) 星川清親、高橋 清、庄司嗣男、大友健二
：水田転換畑におけるスイートソルガムの栽培、日本作物学会東北支部会報、28, p 142~146, 1985
- 2) 大下泰生・古川嗣彦・矢治幸夫・屋代幹雄
：心土破碎・堆肥条施・播種同時作業機の開発、農機学会東北支部報、35, p 13~16, 1988

レーザー光利用による水田の自動均平化技術の開発 (第4報)

— 田面高低自動計測法について —

木村勝一*・今園支和*・藤井清信*・坂上 修*

Development of Automatic Leveling Technology with use of Laser Beams at Paddy Field (4)

On the Automatic Survey System for the Grand Surfaces at Paddy Field

Syoichi KIMURA*, Sasakazu IMAZONO*, Kiyonobu FUJII*, Osamu SAKAUE*

1. 緒言

復元田や水稲直播栽培において、出芽苗立ちを安定させるためには、水田の均平化を高精度で行う必要がある。実際の均平作業では均平設定標高をどのようにして決めるかが均平作業の効率を高める上で非常に重要である。そのため、レーザー光を用いた絶対水平基準面を指標とした圃場高低測定値と、測定車の圃場内の走行位置を同時に記録し、圃場凹凸状態を把握する装

置を開発したので報告する。

2. 試験装置および方法

(1) 供試圃場

東北農試大区画圃場(多湿黒ボク土), 前作なし, 1 ha (200 × 50 m)。

(2) 高低値自動計測装置の概要

装置の概要は図1に示すように、圃場内を走行しながら計測地点の二次元位置と田面高低を

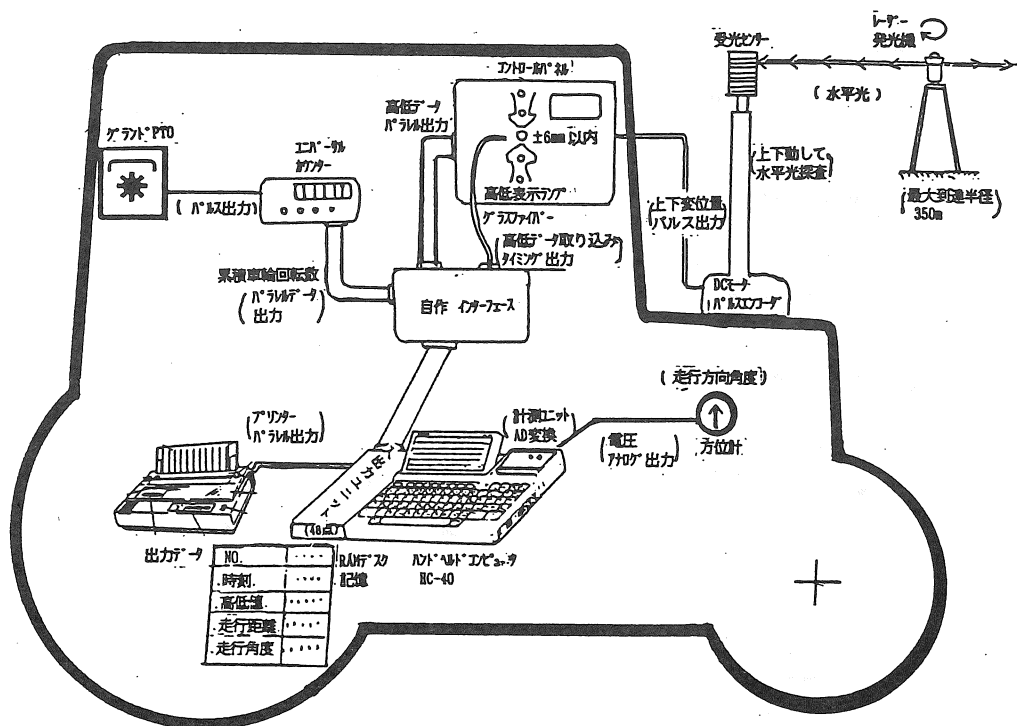


図-1 高低値自動記録装置の概要

* 農林水産省東北農業試験場

同時計測する部分と、これらの計測制御とマッピング処理のためのコンピュータで構成した。

① レーザー光を利用した田面高低自動計測機器は、第1報で報告したレーザー発光機、受光センサ、コントロールパネル（CLS社製全自動タイプ）、電動マストから成り、レーザー機器の最大到達距離は半径350mである。

コントロールパネルは、ミリメートル単位で表示されている高低データのBCDコード出力が

得られることと、受光センサの中央部に水平光が当たって、パネル上の青ランプが点灯した時に、グラスファイバーを介してフォトセンサで高低データ取り込みタイミング信号が得られるように改造した。

高低値計測の方法は、圃場外に設置したレーザー発光機が、レーザー光線を回転させ水平基準面を作る。一方、圃場内のトラクタに装着された電動マスト上のレーザー受光センサが上下動し水平光を探索する。そして、センサ中央部がレーザー水平光を感知した時の青ランプ点灯信号によって、コントロールパネルに表示されているパルスエンコーダーで計測したマスト上下変位量の数値の読み取りを指示し、リアルタイムでコンピュータへ出力した。

② 車輪回転数と方位センサを利用した圃場内走行車の位置計測

計測の概要は、M社製MF3060形トラクタ（58kw（79ps）、四輪駆動、重量3840kg）を圃場内測定車に使用し、車輪の一定回転毎に方位センサで走行方向を計測記録する。

供試した方位センサ（形式AC-2、電源±15V）は、内部に磁石があり、その外周にホール素子を配した構造の検出器と制御基板からなっている。方位センサのアナログ電圧出力を計測ユニットでAD変換をしてコンピュータへ出力した。

走行車の走行距離の検出は、トラクタの車輪からの回転をPTO軸に伝えるグランドPTO機構を利用した。PTO軸回転を光電式検出器でパルスに変換してユニバーサルカウンターに積算させ、そのBCDコードを自作インターフェースを介してコンピュータに出力した。

③ 計測制御プログラム

コンピュータはハンドヘルドタイプ（HC40）を使用した。フローチャートを図2に示す。計

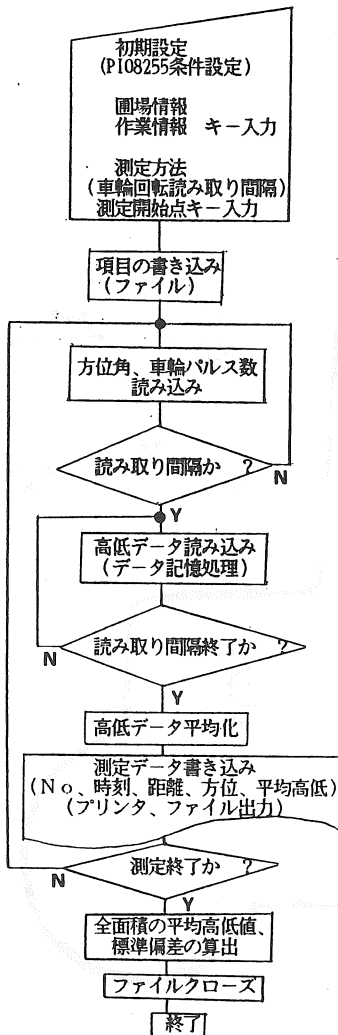


図-2 計測のフローチャート

測は圃場・作業条件，データ取り込み間隔（車輪回転パルス数，5 m間隔の場合は80）等の測定項目を入力後，トラクタを走行させながら，一定走行距離毎に，水平基準レーザー光が受光センサの中央になった時に電動マスト伸縮高さのデジタル出力をメモリに入れ，5から10点の平均値と測定順番号，時刻，方位，走行距離をファイルに記録転送するシステムとした。計測プログラムはBASICで記述した。

3. 試験結果および考察

(1) 各種センサの計測精度

① 高低値計測の精度

受光センサの中央部計測の表示範囲が ± 0.6 cmなので，計測の誤差はこの範囲で生じる。

圃場内走行の高低自動計測精度は，同じ場所を2回計測して測定の実現性を検討した。1回

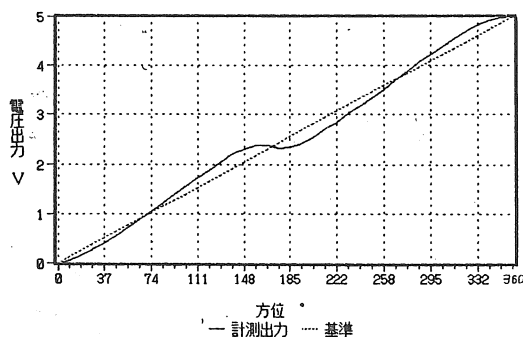


図-3 方位センサ出力

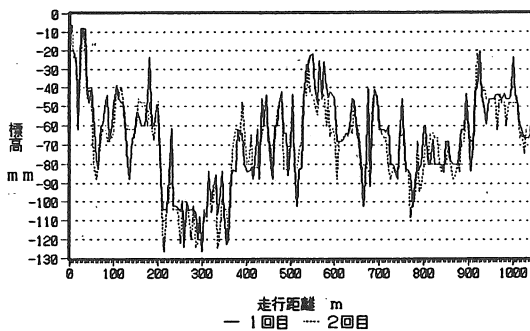


図-4 高低値計測の再現性

目と2回目の自動計測の誤差は，標高の平均値の差は3%以内であった(図4)。

② 方位計測の精度

方位センサの較正法は，方位センサの取付台を回転させながら，パルスエンコーダの回転位置出力と360度の方位出力電力を記録解析した。

方位角度に対して出力電圧がリニアの関係にあって，図3に示すように，0から360度の間で次式の関係にあった。

$$Y (\text{出力電圧 } V) = 0.0138 \times X (\text{方位角度}^\circ)$$

実際に走行車に搭載する場合，機体の取付位置や磁性体の影響で出力電圧は変化し，トラクタから50 cmぐらい離しても最大 $\pm 20^\circ$ の誤差が生じて較正を必要とした。しかし，誤差は取付場所を固定すれば定量的なので，コンピュータでデータを較正して用いることが可能であった。

③ 走行距離計測の精度

走行距離計測は，この方法によると走行路条件によって車輪スリップ等の誤差を生じやすい。供試したトラクタは四輪駆動でタイヤの径も大きく（前輪タイヤサイズ 11.2-28，後輪タイヤサイズ 16.9-30），通常の圃場では車輪沈下がほとんどなく計測誤差が少ないと思われたが，軟弱地では，計測前に圃場で試し走行して較正した基準パルス数を設定することが必要であった。約100 mを走行した圃場条件別のパルス計測の結果を表1に現わした。舗装路上では6.25 cm走行で1パルス出力であった。

(2) 圃場における計測装置の性能

① 圃場内走行位置計測

表-1 走行路条件別実測パルス数

走行路	100m走行当りパルス数	比率
アスファルト舗装路	1597.5	(100)
砂利道農道	1604	100.4
未耕圃場	1602.5	100.3
ロータリ耕うん後圃場	1617	101.2

表-2 自動計測と人力計測の比較

項目	所要 人員 人	所要 時間 分	測定 点数 5m メッシュ	均平度	標準 偏差 S cm	最大 高低差 cm
				±2.5cm 以内 %		
自動計測	1	54	445	74.3	2.32	16.4
人力計測	2	105	451	77.1	2.32	18.5

(均平作業前 50×200m)

5 mメッシュの圃場高低図を得るため、圃場外周の短辺と長辺に10 m間隔で標識を設置、それを目安に5 m幅で圃場外周から内側に入っていく回り法で走行し測定した。

走行距離と方位角データをコンピュータに記録後、2次元の位置データに変換し、コンピュータで圃場内の走行軌跡を求めた。それとは別にトラクタの走行軌跡を実測して自動計測とその誤差を求めた結果、約2 km走行後の累積誤差は最大±2.5 m程度であった(図5)。

② 高低値の自動計測

高低計測の走行速度の限界は、平均値の処理時間と電動マストの上昇下降速度に影響され、1.0 m/sが限界で、田面の凹凸周期が短くトラクタの上下動が大きいとさらに低速になる傾向を示した。

本方式による自動計測と、レーザー光による

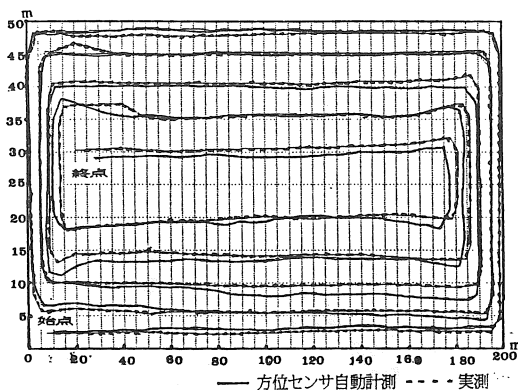


図-5 圃場内走行の軌跡

自動タイプの受光ロットを用いた2人組人力計測を比較した。自動計測と人力計測の誤差は田面の標準偏差では差がなく、ほぼ同等の精度が得られた。自動計測の能率は、トラクタを走行しながら停止せずオペレータのみで計測できるので、1 haの計測時間は54分で人力計測の半分ですみ、その後のデータ処理も容易となり、自動計測の実用性は高かった(表2)。

ハンドヘルドコンピュータ利用のデータ収録組数は、8 Kバイト程度で約700組が限界であった。測定終了と同時にハンドヘルドのメモリ容量の関係で、計測直後には平均値データ出力のみであるが、RS 232 Cを介してパソコンに転送し高低図のマッピングが可能となった。

4. 摘要

- (1) トラクタを走行させながらレーザー光を利用して地表面高低の自動計測装置を開発し、実用性の高いことを明らかにした。
- (2) 計測データは、ハンドヘルドコンピュータのメモリに約700組のデータが記憶され、デスクトップパソコンに転送・作図処理をして圃場の高低値が迅速に判別できた。
- (3) 方位センサは磁性体の影響を受けやすく較正が必要であったが、走行距離と方位角を検出して圃場内の走行位置の確認ができた。

参考文献

- 1) 木村勝一, 他: レーザー光利用による水田の自動均平化技術の開発(第1報), 農機学会東北支部報 No. 34 p15~18(1987)

スイートソルガム茎葉分離・搾汁装置（2号機）の開発

屋代幹雄*・伊澤敏彦*・大下泰生*・古川嗣彦**

Development of Leaf Removing and Stalk Pressing Equipment(No.2) for Sweet Sorghum

Mikio YASHIRO*, Toshihiko IZAWA*, Yasuo OHSHITA*, Tsuguhiko FURUKAWA**

I. はじめに

スイートソルガムは、高い生産力を有する高エネルギー資源で、寒冷な東北地域への新導入作物として注目されている。また、従来は、スイートソルガムをホールクロップサイレージとし、家畜飼料として使用したが、近年では、葉・穂および搾汁残渣は飼料素材として従来と同様に利用するとともに搾汁液は食品素材として利用し、高付加価値を持たせる研究が要請され、各国立試験研究機関で同時並行的に行われている。現在、アルコール飲料、パン酵母等が食品素材として有望視されている。

そこで、著者らは、食品素材、飼料素材への変換技術を前提としたスイートソルガム収穫後処理技術の一つとして、高性能茎葉分離・搾汁

装置の開発を行っている。

これまでの研究^{1,2)}で、さとうきび等の茎葉を分離する脱葉機を用いてスイートソルガムを供試した場合の茎葉分離特性を調査するとともに既存のカッター、脱葉機、搾汁機を用いて収穫後処理作業を行い、問題点を整理した。また、収穫後処理工程においては、低コスト・省エネルギー化の観点から、工程を簡略化する（細断・茎葉分離・搾汁工程を1工程にする）必要があることを明らかにした。

そして、これらの結果に基づいて、より高精度・高能率で、細断することなしに長い茎の状態のまま茎葉分離が可能な茎葉分離装置を開発するとともに、搾汁装置を茎葉分離装置に連結し、茎葉分離・搾汁の収穫後処理作業を1工

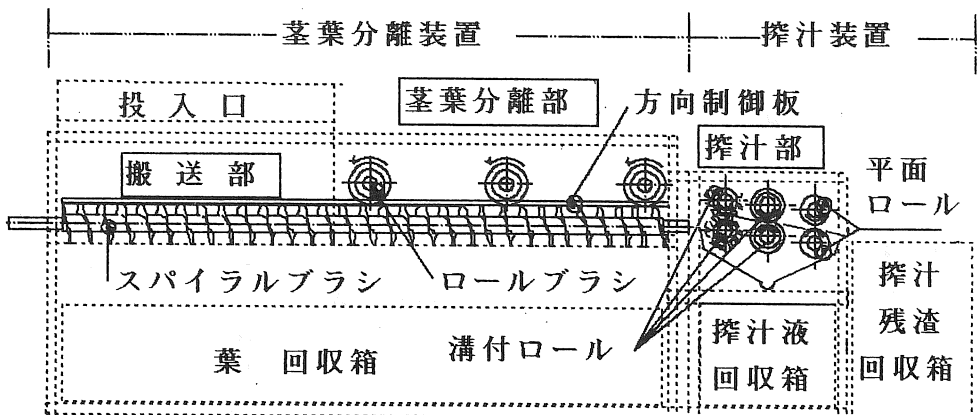


図1 茎葉分離・搾汁装置の概要

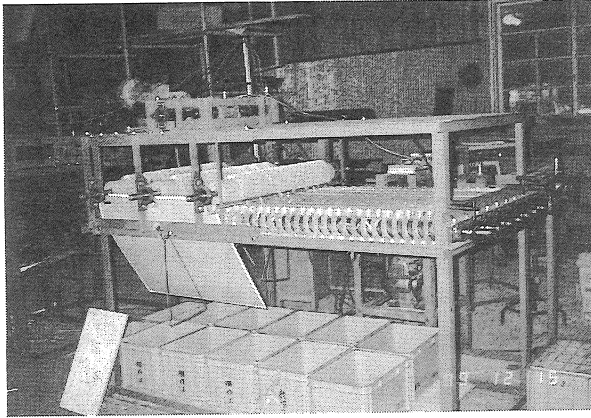


図2 茎葉分離装置

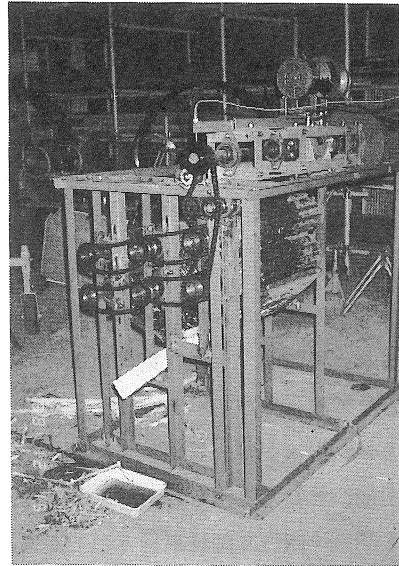


図3 搾汁装置

程で処理することが可能で、省エネルギー的な茎葉分離・搾汁装置を開発してきた。

今回は、先に開発した茎葉分離・搾汁装置（第1号機）を無切断材料へ対応させるとともに、性能を向上させることを目的として改良を行い、茎葉分離・搾汁装置（2号機）を試作・開発したので、その概要を報告する。

なお、本研究は、農林水産省大型別枠「バイオマス」研究の一環として行った。

II. 茎葉分離・搾汁装置（2号機）の概要

茎葉分離・搾汁機（2号機）の概要を図1に、また、主要諸元を表1に示す。

2号機の構成は1号機と基本的には変わらず、茎葉分離装置（図2）と搾汁装置（図3）からなり、搬送部、茎葉分離部および搾汁部で構成される。

2号機は、全体的には茎葉分離装置と搾汁装置を連結させ、茎葉分離した茎はすぐに搾汁装置の1段目ロールによって引き込まれるようにした。

表1 茎葉分離・搾汁装置の主要諸元

項 目		
茎葉分離装置		
全 長		2000 mm
全 幅		1500 mm
全 高		1500 mm
スパイラルブラシ		
外 形		160 mm
全 長		2000 mm
ブラシ材質		ポリプロピレン
ブラシ径		1.2 mm
ブラシ高さ		40 mm
先端ピッチ		50 mm
ロールブラシ		
外 形		160 mm
全 長		1000 mm
ブラシ材質		ポリプロピレン
ブラシ径		1.2 mm
ブラシ高さ		20 mm
搾汁装置		
全 長		1000 mm
全 幅		1000 mm
全 高		1200 mm
搾汁ロール		
全 長		700 mm
外 形		180 mm
溝 高	さ	15 mm

投入部及び搬送部は、無切断の材料の茎葉分離が可能のように、投入口及び搬送部距離を大きくした。

茎葉分離部は、能率および精度の向上を図るために、茎葉分離幅を2倍に拡大するとともに若干屈曲した材料にも対応が可能のようにスパイラルブラシの径を大きくした。また、ロールブラシに溝を付けてロールブラシと方向制御板との接触を避け、スパイラルブラシとロールブラシをより密着させた(図4)。

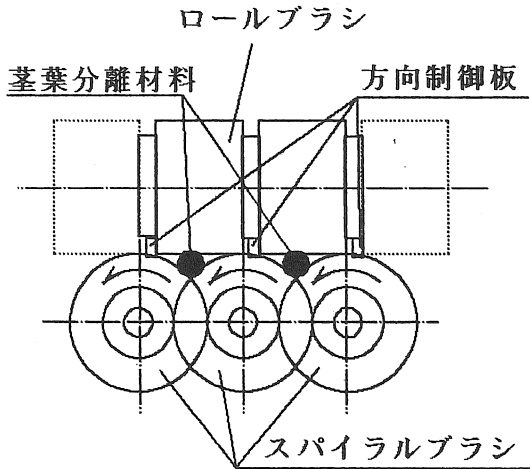


図4 茎葉分離部詳細図

搾汁部は、能率および精度の向上を図るために、搾汁幅を2倍に拡大するとともに1段目で予備的に圧縮し、茎(特に節)を圧砕し、2段目で材料に裂けを生じさせ、3段目ロールで搾汁するように、1段目および2段目のロール形状を変更した(図5)。1段目には材料の食い込みを良くするとともに材料を軽く圧縮するようにロールの軸方向に突起を設けた。また2段目には材料の長さ方向に裂けを生じさせるために円周方向に先端を60°に尖らせた突起を設け、それぞれ突起部分と溝部分が対応するように配置した。

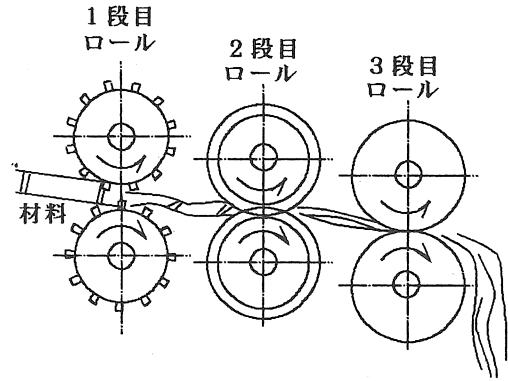


図5 搾汁部詳細図

III 性能試験方法

スイートソルガム(品種:SCS 405)を供試し、2号機の基本的性能を調査した。

なお、供試材料の含水率は、茎71.9%wb、葉42.6%wbであった。

- (1) 茎葉分離特性:スイートソルガムを約50cmに切断した材料および無切断の材料を搬送部に投入し、スパイラルブラシ回転速度を固定し(水平移動速度:750cm/min)、ロールブラシ回転速度を変えて、脱葉率(全葉重量に対する脱葉した葉重量)および折損率(全茎重量に対する脱葉時折れた茎重量)を調査した。
- (2) 搾汁性能:茎葉分離装置で茎葉を分離したスイートソルガムを常に7本ずつ搾汁するように連続的に搾汁部に投入し、搾汁率(投入全重量に対する搾汁液重量の割合)および搾汁トルクを調査した。

IV 性能試験結果

- (1) 茎葉分離特性を調査した結果の一例を図6に示す。

ブラシ送り速度比(ロールブラシの先端速度/スパイラルロールの水平移動速度)で評価すると、速度比が1の時(両ブラシの送り速度を同速度にした時)最も良い性能を示し、長さ50cmに切断した材料を供試した場合、脱葉率は約65%、折損率は約8%であり、無切断材料を供試した場合は、脱葉率は約75%、折損率は約5%であり、1号機より性能は向上した。

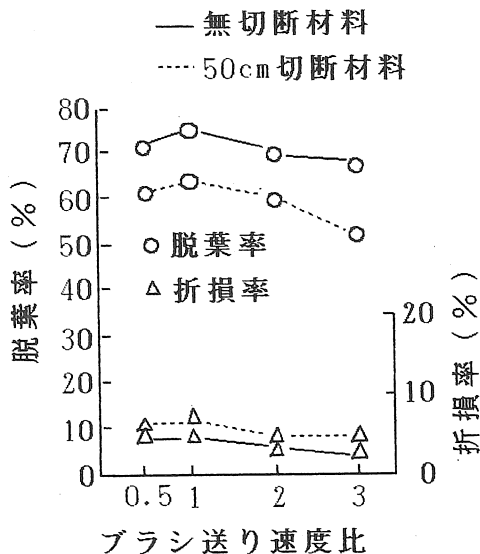


図6 茎葉分離特性の一例

(2) 7本の茎を連続的に投入し、搾汁性能を調査した結果の一例を表2に示す。

1段目のロール間隔を5mmに、また3段目のロール間隔を1mmに設定したとき、搾汁率は約35%で、搾汁時の平均トルクは、約12.8kgf・mであった。また、最大トルクと平均トルクの比は1号機では約3倍あったが、2号機では約2倍に抑えることができた。

V まとめ

搬送部、茎葉分離部および排出部で構成され、

表2 搾汁特性の一例

項目	
ロール回転速度 (先端速度)	15 rpm (0.14 m/s)
ロール間隙(先端間)	
1段目(軸方向溝付)	5 mm
2段目(円周方向溝付)	0 mm
3段目(平面)	1 mm
搾汁率	35 %
平均トルク	12.8 kgf・m
最大トルク	24.6 kgf・m

スパイラルブラシ、ロールブラシおよび方向安定板からなる茎葉分離装置と溝付ロールと平面ロールからなる搾汁装置を連結した茎葉分離・搾汁装置(第2号機)を開発した。

また、その基本的特性を調査した結果、ブラシ送り速度比が1の時(両ブラシの送り速度を同速度にした時)最も良い性能を示し、無切断材料を供試した場合は、脱葉率は約75%、折損率は約5%であり、1号機より性能は向上した。また、搾汁率は約35%で、搾汁時の平均トルクは、約12.8kgf・mであり、最大トルクと平均トルクの比を低く抑えることができた。

参考文献

- 1) 屋代幹雄・古川嗣彦・大下泰生・矢治幸夫:
スイートソルガムの茎葉分離・搾汁システム
について、農業機械学会東北支部報, 35,
P. 49~52, 1988. 12
- 2) 屋代幹雄・古川嗣彦・大下泰生・矢治幸夫:
スイートソルガム茎葉分離・搾汁装置(1号
機)の開発について, 36, P. 101~104,
1989. 12

水稲育苗用ハイドロポニクス施設の開発

屋代幹雄*・伊澤敏彦*・大下泰生*・古川嗣彦**

The development of The Facilities for Raising of Rice Seedling using Hydroponics
Mikio YASHIRO*, Toshihiko IZAWA*, Yasuo OHSHTA*, Tsuguhiko FURUKAWA**

I. はじめに

我が国の農業は、その急速な国際化とともに、農業の生産性向上が緊急の課題となっている。日本の代表的な作物である米についても同様で、水稲の生産性を向上させるために、規模拡大や土地生産性向上による生産コストの大幅低減が要請されている。

これを機械・施設面から解決するためには、最新技術やメカトロニクス等の先端技術を導入し、使用資材の汎用化や使用量の低減による低コスト化、省エネルギー化、省力化を積極的に推進していく必要がある。

著者らは、野菜等で普及し始めているハイドロポニクス技術を水稲育苗に導入し、新しいハイドロポニクス水稲育苗装置および育苗施設を開発することによって、水稲育苗における使用資材の低減、気象変動への対応、良質苗の生産を図るとともに他作物の育苗、冬期の野菜生産等へ本施設を汎用利用し、育苗施設の利用率を拡大し、施設全体の生産コストを低減させることを最終的な目的として研究を行っている。

今回は、簡易ハイドロポニクス装置を用いた予備試験¹⁾の結果に基づいて試作した水稲育苗用ハイドロポニクス試験装置および本装置を設置した環境制御型育苗施設の概要を報告する。

また、育苗環境（養液温度、養液濃度等）および施設環境（温度、湿度、光強度等）を計測し、各種制御機器を制御する施設環境計測・制御システムも併せて試作したので、その概要も報告する。

II. 水稲育苗用ハイドロポニクス装置の概要

市販の簡易ハイドロポニクス装置を用いた水稲育苗の予備試験¹⁾の結果に基づき、実用可能と想定される大きさの水稲育苗用ハイドロポニクス装置を試作した。装置の概要を図1に示す。

本装置は、水稲育苗装置、肥料供給装置および養液制御装置で構成される。

水稲育苗装置は育苗ベッド、養液ポンプおよび養液タンクからなる。

育苗ベッドはステンレス製で、育苗槽は堰で仕切られている。育苗槽の大きさは幅30cm、長さ120cm、深さ5cmであり、通常の2倍長の苗マットが製作できるようにした。育苗槽の水位深は、下流側堰の高さを変えることによって任意の高さに設定が可能である。また酸素の混入は、育苗槽の上流側堰の外側に養液を噴出させて行う方式を採用した。このように上流側堰は育苗槽と酸素混入部を仕切る役目をしているが、同時に養液噴出時に発生する波を消し、育苗槽へ波の影響を与えないようにする役目もある。なお、養液ポンプの吐出量は10 l/minであり、養液タンク容量は、500 lである。

養液供給は、循環供給方式とした。養液は、育苗槽下方に設置した養液タンクより養液ポンプで汲み上げ、育苗ベッドの上流側の酸素混入部に噴出させて酸素を養液中に混入させ、育苗槽に供給される。また、下流側排出堰でオーバーフローした養液は、養液タンクに戻る。

肥料供給装置は肥料原液タンク、定量ポンプおよび電磁調節弁からなる。

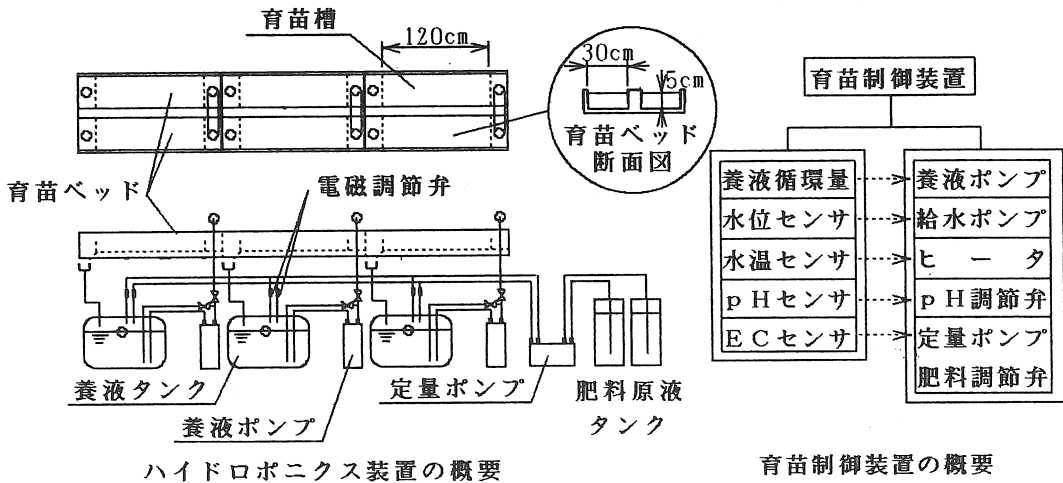


図1 水稲育苗用ハイドロポニクス装置の概要

養液タンク内の肥料濃度は、ECセンサを用いて測定し、養液タンク中のEC値が設定値より低くなると肥料濃度が薄くなったと判断し、原液タンクから水に溶かした肥料を定量ポンプによって汲み上げ、電磁調節弁を通じて養液タンクに投入する。

養液制御装置は、養液タンク内の養液状態をEC、pHセンサ、温度センサおよび水位センサで計測し、その結果に応じて定量ポンプ、肥料供給用電磁調節弁、pH調節剤投入用電磁調節弁、ヒータ及び給水電磁弁を自動的に制御し、各項目値とも一定値になるように制御する。

なお、育苗槽は試験条件を変えて同時に育苗試験が可能ないように6系統(幅30cm×長さ120cmの場合)設け、それぞれ単独で制御が可能であるようにした。

III. 水稲育苗試験

本装置を用いて、幅30cm×長さ120cmの育苗ベッドで、播種量、育苗槽水位等育苗条件を

変えて、水稲育苗の予備試験を行った。

なお、水位は3、4、5cmの3条件に、肥料濃度は、養分を混入せず無肥料で育苗した場合と第1葉目が展開した時点以降に肥料を投入し、EC値で1.0に制御した場合の2条件に、播種量は通常の育苗箱相当で、100、150、200g播きに当たる量の3条件に設定した。

なお、養液に混入した肥料は、野菜等で一般に用いられている水耕用肥料1、2号を用いた。育苗試験の結果、次の点が明らかとなった。

- ① 本育苗方式で水稲の育苗を行った結果、養液中の種子は根の伸長によって水面上に押し上げられ、水面付近に位置し、苗に成長した。また、根は養液中で絡み合いマットを形成し、本装置によるマット育苗の可能性が見いだされた。
- ② 全体的に見ると、根が伸長し、種子が水面上に浮き出るまでは、若干時間がかかるとともに葉身が徒長し、初期生育に問題点が見いだされた。しかし、適正に生育環境

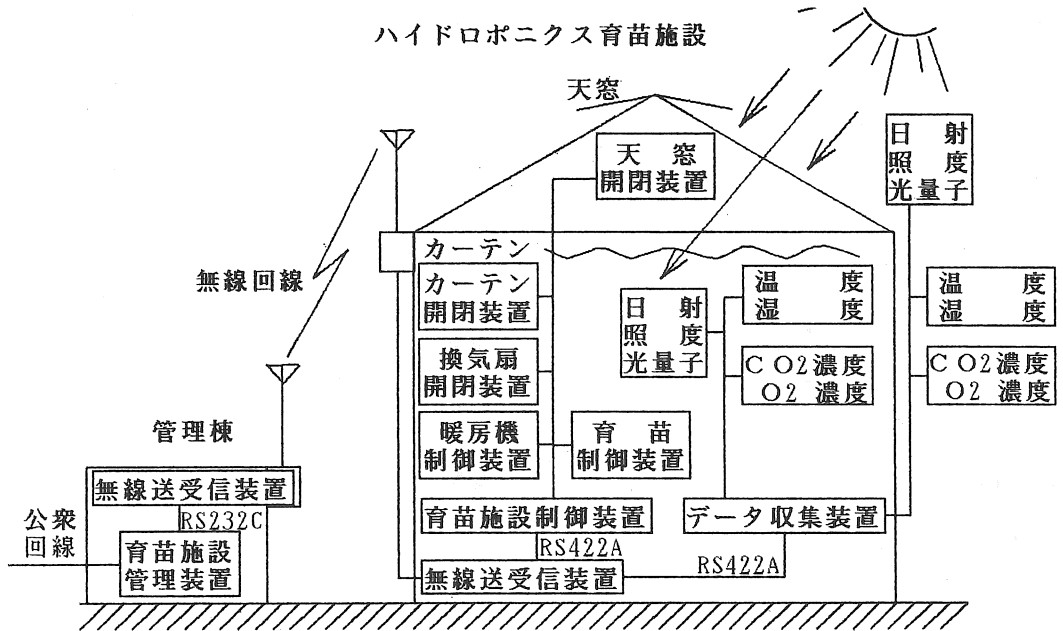


図2 育苗施設環境計測・制御システムの概要

を制御することによって、良質のマット苗の生産が可能であろうと考えられた。

- ③ 肥料濃度を変えて育苗試験を行った場合、育苗した苗を観察すると、無肥料で育苗した場合は、第2葉抽出以降に葉色がやや薄い苗となった。これは、種子の離乳期以降生育に必要な栄養が足りなくなったためと考えられる。

従って、生育の初期段階では無肥料で育苗しても生育に影響は少ないことが明らかとなった。

- ④ 育苗槽の水位を変えて育苗試験を行った場合、水位が低いほど薄い苗マットが形成されるが、水位が低すぎると養液の流れによって種子が動き、下流側の密度が高くな

る傾向があった。

- ⑤ 播種量を変えて育苗試験を行った結果、播種量が少ないと根絡みが少なく、マットの強度が弱くなる傾向が見られた。しかし、逆に播種量が多すぎると密度が高くなりすぎ、生育後期の生育が悪くなる傾向が見られた。

IV 育苗施設環境計測・制御システムの概要

水稻育苗施設の高度管理システムを構築するためにそのベースとなる育苗施設環境計測・制御システムを試作した。本システムの概要を図2に、またシステムで使用した機器の一覧を表1に示す。

本システムは、データ収集装置、育苗施設制

表1 計測・制御システム使用機器一覧

機器名	形式	測定範囲
気温センサ	HN-Q200	0-50 °C
湿度センサ	HN-Q200	0-100 %RH
日射センサ	S-1-2	0-2 cal/cm ² ·min
照度センサ	OW-26	0-200 Klx
光量子センサ	IKS-25	0-3000 NE/m ² ·sec
CO ₂ センサ	GH-250H	0-3000 ppm
O ₂ センサ	FCX-S	0-25 %O ₂
pHセンサ	CP-110DW	0-14 pH
ECセンサ	CE-110DW	0-5 mS/cm
データ収集装置	AR5757-FA0	
育苗装置制御装置	SK11LOA(SK34A)	
育苗施設制御装置	SK11LOA(SK42D)	
無線送受信装置	HD-9600 V2	121.25, 130.25 MHz
育苗管理装置	PC-9801	

御装置，無線送受信装置および育苗施設管理装置からなる。

別棟の管理棟のコンピュータと hidroponics 育苗施設の各種計測・制御装置との間は，無線回線を介して接続した。

また，各計測・制御項目のデータは，公衆回線を介して研究室のコンピュータと接続可能で，遠距離の研究室から育苗施設を監視および制御が可能とした。

データ収集装置は，温度，湿度，光強度等施設内外環境を計測する。

育苗施設制御装置は，EC値，pH値，養液温度等の育苗環境を計測するとともにそれに基づいて調節弁，ヒータ等育苗制御装置および窓，換気扇，暖房機等施設制御装置を制御する。

また，無線送受信装置は，計測データおよび制御データを送受信するためのもので，使用し

た電波は免許を要しない無線局である微弱無線局である。

育苗施設管理装置は，パーソナルコンピュータを用いており，育苗施設から，施設および育苗装置の環境データを収集し，収集したデータを分析・処理し，その結果に基づき各種制御信号を送出し，育苗制御装置および施設制御装置の制御を行うものである。

V. まとめ

野菜等で用いられている hidroponics 技術を水稻育苗用に導入した hidroponics 試験装置および育苗環境を制御可能な育苗施設を試作した。また，育苗環境（養液温度，養液濃度等）および施設環境（温度，湿度，光強度等）を計測し，各種制御機器を制御する計測・制御システムを試作した。

本装置を用いて水稻育苗を行った結果，初期生育の問題はあるものの，育苗条件を整えれば，育苗は可能であることが明らかとなった。

今後，本装置による安定的水稻育苗技術を開発するとともに養液中の肥料成分を計測し，生育に応じた最適に肥料を供給する装置を開発していく予定である。

参考文献

- 1) 屋代幹雄・古川嗣彦・大下泰生・矢治幸夫：簡易 hidroponics 装置による水稻育苗の可能性について，農業機械学会東北支部報，No. 36, P. 105 ~ 108, 1989. 12

農作業における電波利用

屋代 幹雄*

Utilization of Wireless Communication System on Field Working

Mikio YASHIRO*

I. はじめに

現在、我が国の科学技術は、エレクトロニクスを中心として、急速に進展している。この波は確実に農業にも押し寄せており、これからの農業の発展はエレクトロニクスを抜きでは考えられないところに来ている。

昭和20年代から始まった日本農業の機械化は、主としてハード面の機械開発が中心に変遷してきた。しかし、今後は、エレクトロニクスを生かした最新のメカトロニクス等先端技術と情報工学、システム工学的手法を高度に導入することによって、ハードとソフトを融和させた新しい生産技術を創出していく必要がある。

これによって、省力で、高能率・高精度、低コストの日本独自の高度農産物生産システムが開発され、国際競争力を持ち、魅力ある日本農業に変革していくと考えられる。

これを具体化するためには、①農作業機のメカトロ化・自動化、②作業のシステム化・インテリジェント化が必要であるが、このためには、どうしてもコンピュータが重要な役割を果たす必要がある。しかし、このような処理を機械に搭載したコンピュータのみに行わせるのは処理能力的にもコスト的にも困難であり、圃場外の多機能・高速処理型コンピュータを利用することが不可欠となり、それとともにコンピュータ間の通信手段が必要となる。

この通信手段として有効であり、技術的にも実現可能であるものが電波である。また、電波は、その特殊性から通信手段以外でもセンシ

ング等多用途に利用可能であり、有用性は高い。

ここでは、電波を農作業に利用した場合の有用性を例を挙げて述べる。

なお、本報告は、平成元年度総合農業作業技術推進会議で著者が報告したものである。

II. 電波^{1,2)}

電波は、電磁波の一つで、電気と磁気からなる一種のエネルギーであり、電波法では「300万MHz以下の周波数の電磁波」と定義されている。

電波のメリットとしては、簡便性、施設の経済性、耐災性、同時性、即時性が挙げられる。

電波の主な利用形態としては、①高周波利用（電子レンジ、高周波療法等）、②センシング利用（電波望遠鏡、気象衛星等）、③通信利用（TV・ラジオ放送、マイクロ波通信、移動通信、衛星通信、防災無線、コードレステレフォン等）があり、国民生活の多用な分野に広く利用されている。また産業経済分野でも、電力・ガス等の公益業務を始め、製造販売業、旅客運送業、土木建築業、水産業等まで広範囲に渡って企業活動における情報伝達手段として、業務の効率的な遂行及び非常時における業務の確保に利用されており、今後とも利用範囲は広まる事が予想される。

III. 農作業における電波利用の意義と利用場面

農業現場においては、前述したように農作業機上のコンピュータと圃場外のコンピュータとの間にケーブルを敷設して通信を行うことは不

* 農林水産省東北農業試験場

合理であり、このような農業現場の特殊性から電波を利用することは極めて有効な手段である。また、他にも①遠距離間通信、②同時複数制御、③位置計測等センシング利用等でも電波を利用するメリットがある。

そこで、次に農作業において、電波を利用することによる有用性を挙げる。

1) 作業機の自動走行制御による農作業の省力化

農作業機の走行を自動的に制御できれば、作業の完全自動化が可能となり、作業の省力化が達成できるとともに作業を効率化できる。

そのためには、作業機の現在位置および方向を常に正確に計測し、作業機の進行方向を制御する必要がある。

作業機の現在位置の検出法として、GPS（グローバル・ポジショニング・システム）衛星からの電波を利用する方法が、最近注目を浴びてきている³⁾。これは宇宙空間に打ち上げられた4個のGPS衛星から放射されている電波を作業機上受信機で受け、その位置（経度、緯度、海拔）を計測するもの（図1、図2）で、最新のものでは、測定法によるが50cm～5m

の誤差範囲内で計測することができるようになってきた。また、この誤差範囲ではまだ作業機の自動走行に使用するには無理があるが、推測航法と組み合わせたり、ある圃場外の固定局からの電波の方向等を組み合わせることで、かなり精度の高い位置計測が可能であろう。また、多少の誤差を気にしなくて済む作業（例えば、砕土作業等）においてはこのままでも使用が可能であり、今後の研究開発が期待される。

また、電波やGPSを利用することによって、小型飛行物体（ヘリコプタ、飛行機等）の飛行状態や位置を監視することができ、小型飛行物体の飛行を遠隔地より正確に制御することが可能となり、薬剤の空中散布や、空中直播等の作業に利用することができる。また、電波を用いて作物状態や病害虫発生状態をモニタリングするために利用することもできる。

2) 複数作業機の同時制御による作業能率の向上

複数の作業機（無人トラクタ、無人作物管理機、無人汎用機械および小型汎用作業機）を電波を用いて圃場外のコンピュータと接続し、圃

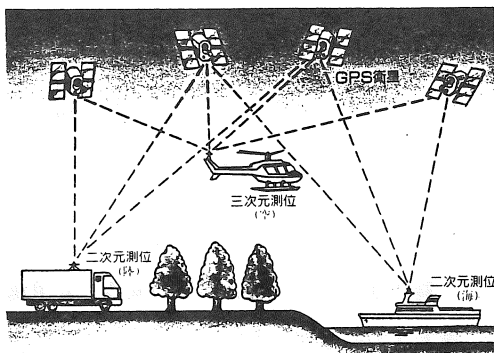


図1 GPS利用による位置検出法（一般型）

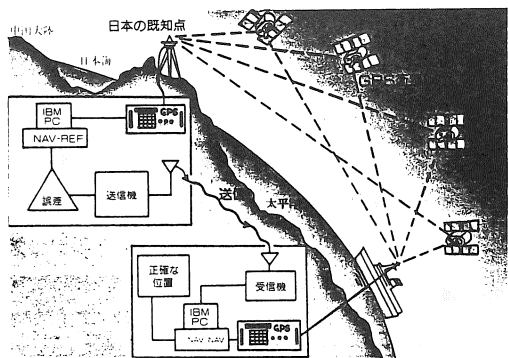


図2 GPS利用による位置検出法（高精度型）

場外のコンピュータでそれぞれの作業機を同時に制御することができれば、作業速度は多少遅くても、精度が高い機械であれば、昼夜を問わず作業が可能となり、作業能率は向上する。また、作業機上コンピュータを車輪の駆動や作業機の操作等一部の制御に集中させることができるため、作業機上のコンピュータの負担を小さくできる。また、複雑な解析は圃場外のコンピュータで行えるので、高度のソフト開発も容易となり、インテリジェント化が可能となる。

3) 作業機の協調作業による作業の効率化

圃場が大区画となると、水稻収穫作業ではコンバインと収穫物運搬車、牧草収穫作業では、フォーレージハーベスタとワゴン車というように2台の車両を並走させることが必要となる。そのためには、各作業車の走行状態を電波で互いに連絡を取り合い、互いに協調して車両をコントロールすれば、この作業を省力で効率的に行うことが可能となる。

4) 気象予測による農作業の効率化

広域の気象情報および対象地域周辺の微気象情報を収集できれば、これに基づいて対象地域の気象変化を予測することが可能となる。

そこで、気象衛星の気象観測電波を直接取り込むとともに対象地域周辺の気象情報を電波やレーザーレーダー等を用いて計測²⁾すれば、かなり正確に今後の気象の変化を予測することが可能となり、農作業及び作物管理作業を最適な環境下で効率的に行うことができる。

5) 作物管理作業の高度化

遠隔操作で対象圃場上空に上げた気球や小型飛行物体（ヘリコプタ、飛行機等）および小型管理機械から光波（レーザーも含む）等を放射し、作物の吸収波長等計測したデータを電波を用いてコンピュータに収集し、作物状態を解析すれば、作物の生育状態や病害虫の発生状況

が把握でき、その状態に合わせて、肥料や薬剤等を適期に必要な量だけを与えることが可能となり、きめ細かい管理作業が可能となる。

6) 圃場管理作業の高度化

圃場用排水設備をパイプライン等で整備できれば、電波を用い、遠距離から水田の水位等圃場状態を計測・監視し、用水量、排水量等の制御が可能となり、圃場を常に最適な環境に制御でき、寒冷地では、水位を制御することによって冷害による被害を回避することができる。

また、光波（レーザーを含む）を水平に照射し、圃場面に水平面をつくり、これを基準として作業機の作業高さを制御することによって圃場面の形状を変えることが可能となり、作物に最適な圃場環境に制御できる。

7) 他地域との情報交換による作物生産の効率化

農業生産を効率的に行うためには、他の同様な生産地域とお互いに情報を公開しあい、協調して生産を行うことが必要である。また、消費地域に最新の生産物情報を流すとともに消費地域の要求を受ける等消費動向に応じた作物生産が必要となる。

このように、他地域との情報交換はこれからの農業を産業として発展させて行くためには不可欠な条件である。

しかし、農業生産地域は条件の良い平坦地ばかりでなく、中山間部もあり、ケーブル等を敷設することが困難な場合が多く、このような場合も電波を利用することができる。

IV 電波を利用した新農業生産システムの構想

図3は、農業生産場面に電波を利用した場合の新農業生産システムを構想したものである。これは、上述した電波利用場面を総合化したものである。

このような作物生産システムが完成するのはまだまだ先であろう。しかし、システムの個別技術は年々確立されつつあり、部分技術や小規模な生産システムであれば、現在の技術でも十分に作ることが可能であろうと考えられる。

V まとめ

以上のように、農作業における電波利用について、想定される使用場面を挙げてその有用性を述べた。

上述したように電波利用は、農作業において、作業の省力化、作業の高能率化、高精度化だけでなく、生産性の飛躍的向上のためにもその手段として必要であり、実用化技術の研究を急ぐ必要がある。

しかし、電波を農作業に利用するためには、農業専用電波帯の確保や農業用小型無線送受信装置の開発等まだ行政的にも技術的にも解決すべき問題点も多いのが現状である。今後農作業に電波を積極的に利用することによって、各方面の理解と協力を求めていく必要がある。

最後に、電波利用に関する最近の研究の一部

を挙げておくので、参考にして頂きたい。

- 1) 農業用無人ヘリコプタによる防除作業の開発(島根大学 農学部, 農林水産航空協会他)
- 2) 遠隔無線誘導式小型飛行機(RCASS)の開発(農林水産航空協会他)
- 3) 農業機械群管理についての基礎研究(京都大学 農学部)
- 4) デジタル無線通信によるトラクタ作業のモニタリングについて(東京大学 農学部)
- 5) 無線による農業機械の自動制御技術の開発(農業研究センター 機械作業部)
- 6) 無線による複数作業機制御技術の開発(東北農業試験場 生産工学部)
- 7) 地下レーダーによる農用地盤の情報収集に関する研究(帯広畜産大学)

参考文献

- 1) 電波を使ったふるさとづくり: ニューウェーブ研究会, 1990. 2
- 2) 無線制御ハンドブック: ㈱電波実験社, 1989. 5
- 3) ㈱トリプルナビゲーション: カタログ

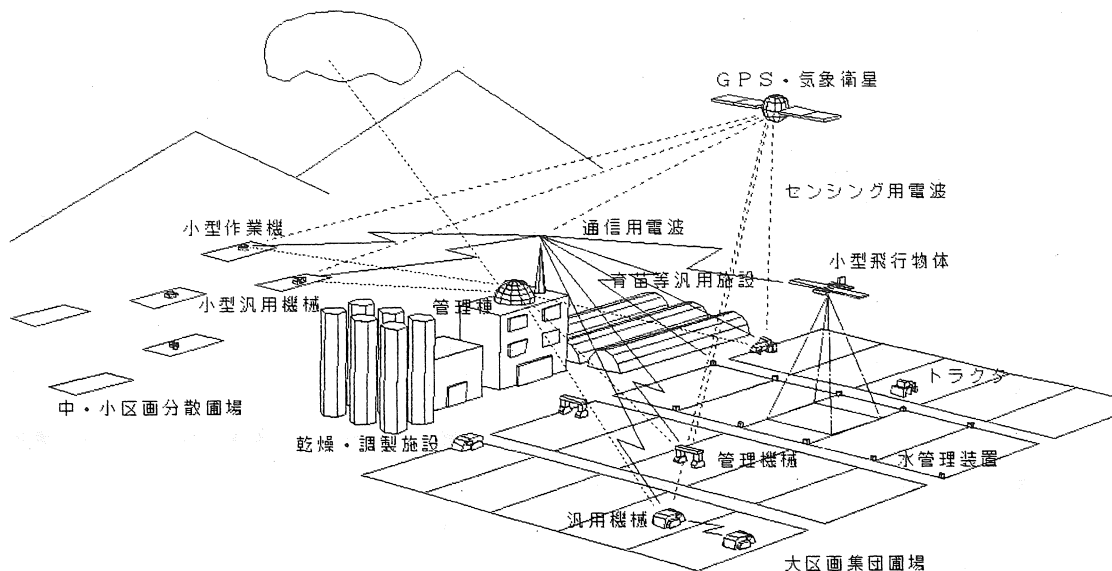


図3 農作業における電波利用の例

農作業試験における簡易な圃場条件調査法について

橋本 進*・影山義春*・和田山安信*

Simple Measuring Procedures of Field Condition During Farm Work Research

Susumu HASHIMOTO*, Yoshiharu, KAGEYAMA*, Yasunobu WADAYAMA*

I はじめに

農作業試験では、試験の行われた場所における種々の自然的立地条件（土壌・圃場条件、気象条件、作物条件）が複雑に関与しあっている。測定値の基準化・標準化を図るためには、この自然的立地条件の正確な把握が不可欠である。

圃場条件については、試験の内容によって調査する項目が異なるが、圃場表面の状態・土壌の種類・土壌硬度及び水分等多岐にわたる。農作業試験を効率的に行うためには、これら圃場の諸条件調査を能率よく行うことが必要である。

ここでは、圃場条件を精度良くかつ効率的に測定するための一助として、5つの調査器具を考案したので、現場における圃場条件調査の参考に供したい。

II 考案した調査器具の概略

1. 耕うん時の耕深測定器具

慣行の耕深測定法は、通常モノサシを使用するが¹⁾、この場合、圃場表面の基準は、測定者による誤差を含む場合が多い。また、目盛りを読む視点も低く問題がある。そこで、地表面に対する水平を保ち、目盛りが読み易い構造の調査器具を考案した。

調査器具は、圃場表面の水平をとるための76 cmのガイド部と目盛り板から構成される。目盛り板の原点は地上30 cm前後に取り付け、読み易い構造とした。測定部は、直径6 mmの丸棒を用いた。(図2)

使用法は、はじめガイド部で水平を決め、次に丸棒の下端部を耕盤に合わせる。このときの丸棒上端部を目盛り板で読みとり耕深とする。

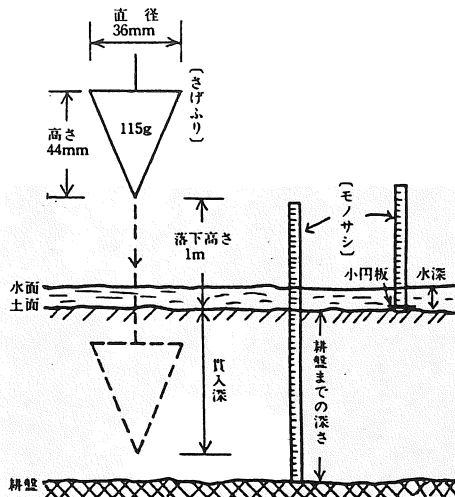


図1 慣行の圃場条件調査法

(1987:農作業試験法)

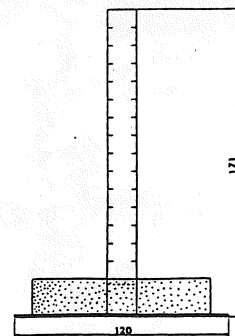


図2 福島農試式耕深測定器

* 福島県農業試験場

2. 代かき土深さの測定器具

慣行の代かき土深さの測定は、モノサシを圃場に直接差し込み、圃場表面から耕盤までの深さを読みとるが²⁾、圃場に凹凸がある場合、圃場凹部は停滞水の影響で地表面の位置が不明確であり、正確な測定が困難である。また、測定の際に泥流でモノサシが汚れるため、測定ごとの洗浄が必要である。そこで、圃場表面の基準を正確にとり、しかも汚れず読み易い構造の調査器具を考案した。

調査器具は、圃場表面の基準をとる200×50 mmのプラスチック板と、25 mm角のパイプの中をスライドする測定部から構成される。(図3) 測定部の先端は、幅20 mmの平鉄を用いた。

調査器具の使用法は、はじめ測定部の先端が耕盤に当たるまで差し込む。次に圃場表面まで

静かにプラスチック板をスライドさせ、目盛りを読みとる。

本調査器具は、停滞水があっても圃場表面の基準が容易に決められることに加え、目盛りを読む視点が地表から約60 cmにあるため、目盛り板の汚れもなく立位での測定が可能である。

(写真1)

3. 水深の測定器具

水深の慣行測定法は、モノサシを使用して圃場表面から水面までを測定する²⁾。しかし、表土が軟らかい場合はモノサシの先が地中に沈む場合があり、正確な測定が困難である。そこで、圃場表面の基準を正確にとり、速やかに水深を計れる構造の調査器具を考案した。

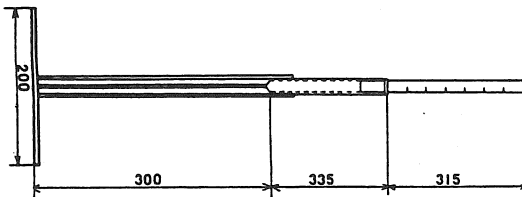


図3 福島農試式代かき土深さ測定器

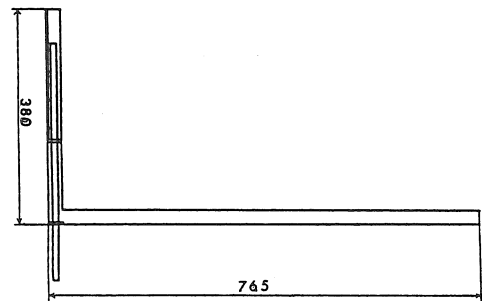


図4 福島農試式水深測定器



写真1 代かき土深さの測定風景

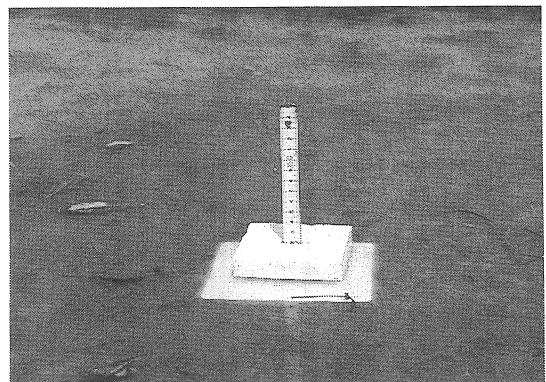


写真2 水深の測定風景

調査器具は、 10×10 cm角・厚さ1 mmの地表面を保持する鉄板と、目盛板及び厚さ20 mmの発泡スチール製フロートから構成される。水深は、フロートの浮き沈みを目盛り板で読みとる。(図4)

本調査器具は、基準が面のため沈みがなく、測定の誤差が少ない。また、測定の能率が良く、圃場均平の調査等に応用できる。

4. 土壌硬度(下げ振り貫入深)の測定器具
代かき後の土壌の硬さを表す指標として、下げ振り(直径36 mm, 高さ44 mm, 重さ115 gfの円錐)を土壌表面から1 mの高さより落下させ

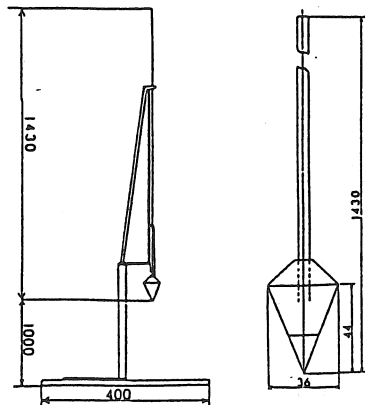


図5 福島農試式下げ振り貫入深測定器

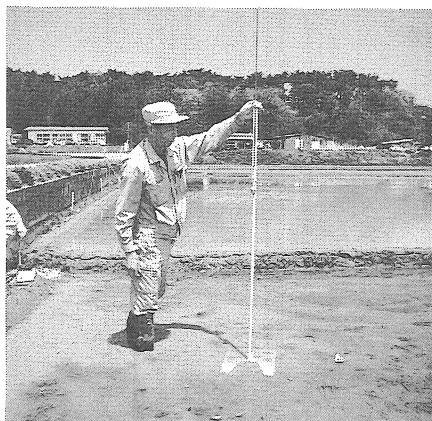


写真3 下げ振り貫入深測定風景

た時の、土壌表面から円錐先端までの深さで評価する手法が用いられている。²⁾³⁾

しかし、実際の調査では、下げ振りが斜めにささる場合が多いことや、水の濁った圃場では表土面が見えず、正確な測定が困難な場合が多い。そこで、土壌表面の基準を正確にとり、下げ振り斜めにささらない構造の調査器具を考案した。

下げ振りは、芯の部分を1 mに延長し、直径36 mm, 重さ115 gfとした。調査器具の構造は、圃場表面の基準を決める約40 cm³の木製板の保持部と下げ振りを垂直落下させるためのガイド部で構成される。(図5)

本調査器具は、下げ振りを落下させる位置の基準点を設け、地表から約140 cmに目盛り板を取りつけたため、モノサシを使用しなくても調査できる。また、目盛りを読む視点も高く立位での測定が可能である。測定部の汚れがなく、目盛りと下げ振りが一体になっていることから、効率的な調査が可能である。(写真3)

5. 圃場内の波・減水深測定器具

波の高低の測定は、モノサシでは正確に測定することが困難である。また、減水深の測定は、フックゲージ等を用いた精度の高いものが考案されているが⁴⁾、一定時刻ごとに調査する必要がある。そこで、精度良くしかも経時的に波高や減水深を把握できる調査器具を考案した。

調査器具は、自記記録温湿度計の腕を利用して、フロートの動きをチャートに記録するシステムである。(図6)フロートは、大きさが 10×10 cm, 厚さ20 mmの発泡スチロールを用いた。また、フロートが常に水面と垂直になるように、フロートと腕を連絡する棒にガイドを設けた。フロート側の腕と、チャートへ記録する側の腕の長さの比は1:1とした。したがって、チャ

ートへ記録される振幅は、フロートの振幅に等しくなる。また、自記記録計のスプロケットを換えることにより、長期間継続しての測定が可能である。本調査器具を用いることにより、圃場の波や減水深の経時的な測定が可能である。

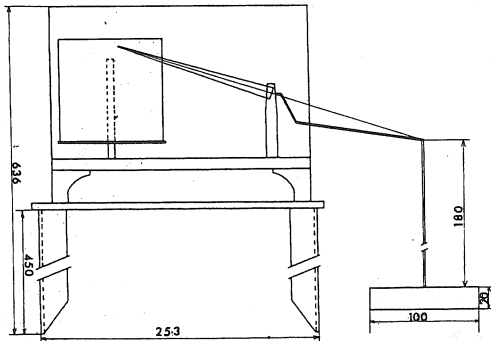


図6 福島農試式圃場波・減水深測定器

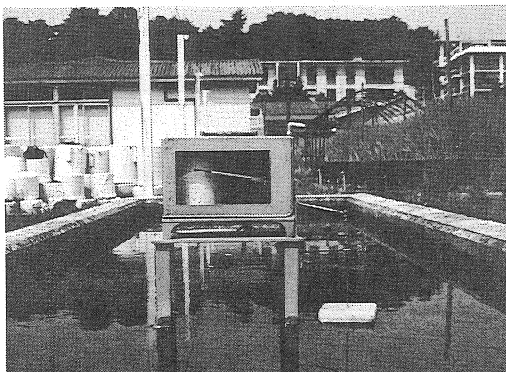


写真4 減水深の測定風景

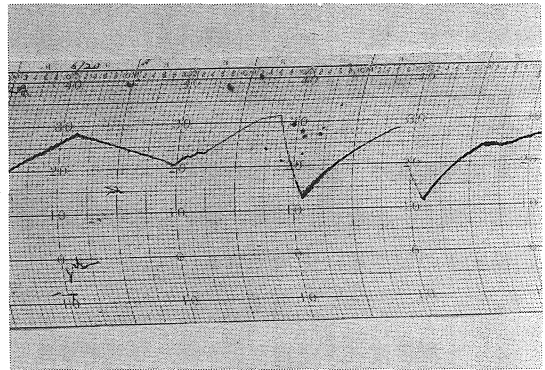


写真5 減水深測定結果の出力例

III おわりに

農作業試験を行うに当たって把握すべき圃場条件（耕深、代かき土深さ、水深、下げ振り貫入深、波・減水深）を調査するための、簡易な調査器具を考案した。

IV 参考文献

- 1) 農業機械学会編（1977）農業機械・施設試験法便覧(I) pp. 214
- 2) 農業技術協会編（1987）農作業試験法pp. 61
- 3) 農業機械学会編（1977）農業機械・施設試験法便覧(I) pp. 225
- 4) 農業技術協会編（1987）農作業試験法 pp. 190

東北地域における農業機械化研究の歩み

—第11回—

青森県における歩み

1. 大正8年から始まる農機具の研究

青森県農業試験場ができたのは、明治33年である。はじめのうちの試験の課題は、水稻の栽培が主なものであり、農作業に関する本格的な試験は、20年も経過した大正8年からであった。農業機械の最初の研究テーマは、回転式の除草機である。除草機を効率的に利用するためには、田植も正常植えに改善して大いに効果を上げたとある。しかしながら、これより前にすでかなりの農機具が普及されていたわけで、本格的に試験はしていないものの、農業試験場では当時のあたらしい農機具についてアドバイスをしていたようである。この当時、馬耕が農作業技術の基本であった。当然のことながら、和犁の使い方について講習会も行なわれ、和犁の性能や普及についても指導があったようで、ここに、明治44年にかわした農家と農業試験場を結ぶ一通の葉書があるが、富山犁の購入と価格について記されている。

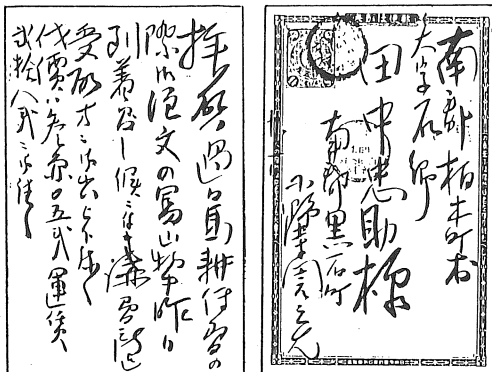
2. 畜力から動力

青森県の農業は、地理的にみて太平洋側の県南と日本海側の津軽地域とでは農業構造が異なっている。歴史的にみて、県南地域では畑作が主体であり、津軽地域では、水稻とリンゴが代表的な作物といえる。農業試験場は津軽地域のほぼ中心部にあたる黒石市にある。そのため、どちらかというとな研究のテーマは、水稻とリンゴに関するものが多い傾向にあった。

＜優良農業機械の指導奨励と動力噴霧機＞

農業機械の研究は大正時代の中頃から始まったというものの、はじめのうちは優良農機の指導奨励が主なものであった。農林省における試験を参考にして、農業機械を導入し広く実演展示会などを開催して、新しい技術の普及に努めてきた。しかし、水田中耕除草機の普及をはかるための利用試験、さらには外国製の動力耕うん機や動力噴霧機をいち早く輸入して利用実験を行なうなどの独自の研究もある。特に国産動力噴霧機の第1号機の開発誕生は農業機械史上で注目されている。

動力噴霧機の研究開発の背景には、青森県が産地の育成に力を注いだリンゴの導入がある。リンゴの本格的な栽培普及は、明治20年ごろからであるが、定着するまでには病害虫の発生、生産の不安定などや価格の変動があり困難をきわめていた。そこで、地域の特産を育てるために、国産初の動力噴霧機青森1号の開発にむけて研究が行なわれたのである。以後、リンゴの栽培が全国的になり、大手のメーカーが参入するまで、青森が動力噴霧機の発信基地となる。



小野寺技師から田中氏へ馬耕入荷通知

＜検定試験から利用技術＞

昭和の時代となり農業機械も国産されるにつれて、検定試験と奨励農機具制度ができた。これは、昭和40年の中頃まで続いた。

取り上げられた機械は、多種多様で世に出た機械の殆どについて検定し、あるいは利用性について試験を行なっている。生産機械のほかに米の実の入っていない糶製粉機の試験などは、今では考えられない食糧不足の時代背景でもある。また、戦後の23年頃までは、牛馬と小型耕うん機、動力噴霧機が主力の時代でもあった。

水田をロータリ耕する是非について激論が交わされた時期でもあった。そしてまもなく耕うん機による賃耕かせぎもはじまり、農業機械の経済性についての検討が迫られるようになる。

3. 大型機械と基盤整備

昭和30年代、リンゴ園防除用としてトラクタ牽引型のスピードスプレーヤが導入された。

これを契機に、水田、リンゴ、畑作で外国製の大型トラクタを基幹とする機械化研究がはじまる。大型農業機械の研究は全国に先駆けて行なわれたが、とりわけスピードスプレーヤと水田のトラクタ利用試験については、精力的なとりくみをした。



コンバインもトラクタも湿田には弱い

さらに、30アール区画の圃場整備と暗渠排水は、水田農業の機械化推進に大きなはずみをつけた。やがて、大型コンバインが導入され、それにとまって籾の乾燥が試験課題となる。一方、畑作ではビートを中心に作物栽培の機械化体系の研究がすすめられた。

また、田植の機械化については、人力型からはじまりやがて動力、乗用となり、今では高速田植機にいたる息の長い研究が続けている。38年から数年間ヘリコプターによる空中直播の試験もあるが、事業地域に一時期実験的に行なわれたにすぎなく一般に普及はしなかった。

しかし、昨今では低コスト稲作に関連して、再び直播の研究が行なわれようとしている。



基盤整備は生産性を著しく向上させた

4. 低コストと地域特産野菜の機械化

いま、機械化研究に強く要望されている課題は、米の低コスト生産と特産野菜の省力的な機械化作業である。水田はもはや米だけを生産する場ではなく汎用的に利用するべきものとされているが、大区画へ再整備も必要であろう。

また、灌排水の合理化のためパイプライン方式の検討もされている。目下、これらに対応する作業技術の確立がもとめられている。当然のことながら野菜作と組み合わせてである。

(青森県農業試験場 砂丘分場 中島一成)

岩手県立農業試験場

1. 岩手農試の沿革

岩手県立農業試験場は、明治34年（1901）、岩手県本宮村（現在の盛岡市本宮）に、農業技術の改良と農村指導者の養成を目的として岩手県立農事試験場として創設された。その後昭和25年に農業試験場と改称、昭和38年4月には滝沢村砂込に移転し現在に至っている。

現在の組織は、庶務部（庶務係、管理係）、技術部（水田作科及び育種班、畑作科、農業機械科）、環境部（施肥改善科、土壌改良科、病害虫科）、経営部（経営科、流通経済科）の4部で構成されている。なお、県南（江刺市）と県北（軽米町）に分場が設置されている。

2. 農業機械、作業技術研究の変遷

(1) 昭和20年代

当场において農機具の試験研究が始められたのは昭和26年以降で、それ以前は県の畜産課で調査指導が行われていたにすぎない。

昭和26～29年は畜力全盛時代で、水田作では畜力を利用しての耕起碎土法、培土機を試作しての直播における培土法の確立、裏作における作畦法などが研究された。また、畑作ではカルチベータの利用試験、馬鈴薯の堀取機の試作、麦土入機の性能試験などが行われた。

(2) 昭和30年代

昭和30年に試験場の機構が改正され、これまでの農機具係が農機具部となり専門分野の機能の明確化が図られた。畜力中心の農作業から歩行用トラクタなどによる動力利用に変わる時期で、研究の主体も農業機械を円滑に利用するための性能試験が中心となり、機械利用技術の確立を図った。特に本県では傾斜地が多いことから、傾斜地における耕うん法、混層耕、カル

チベータの利用性能試験、鎮圧効果試験など一連の傾斜地機械化作業体系の試験が実施された。また、耕うん機では深耕の試験が34年～37年まで実施された。

一方、乾燥調製の機械化試験もこのころから実施された。31年～37年までは慣行の乾燥法で乾燥した籾の仕上げ乾燥を中心として、地干し水稲籾の乾燥法、電熱併用通風乾燥機等の送風性能の均一化などの試験が実施された。30年代の後半になるとコンバイン収穫を前提とした生脱穀籾の乾燥試験が始められるとともに、このころ設置されるようになったライスセンターの運営実態調査なども行われた。

(3) 昭和40年代

40年代前半は、田植機の研究が盛んに行われた。稚苗・中苗・成苗田植機の性能を調査すると同時に植付精度向上のための土壌条件、苗の条件、水田の均平法などについて研究がなされた。44～45年には、30a区画ほ場における田植機を中心とした作業技術体系の実証試験、県主管課との協力による実演研究会などを開催し、実用化の研究と普及に努めた。その後、箱育苗を中心とした稚苗、中成苗の育苗技術と、田植機適応性など育苗と移植の体系化確立を重点とした研究がすすめられた。

田植機の実用化と同時に収穫機として自脱コンバイン、バインダもこの頃に実用化された。今日のバインダの原型が開発されたのは41年で、その改良機について44年まで稲、麦について一連の利用性能試験が実施された。自脱コンバインについては、44～45年に基本的な性能調査を行い、46年以降に収穫時期別性能と品質、能率向上方策、収穫機適応稈長、倒伏と

作業精度など機械の適応条件を中心に調査を行い、その実用性を確認するとともに稼働率を高める条件の検討なども行われた。

稲の乾燥体系は、従来の架掛乾燥や静置型乾燥機による乾燥体系から生籾を主体とする循環型乾燥機の利用体系が検討された。大量生籾の一時貯留の限界試験や新型乾燥機の性能試験、籾摺機、ライスグレーダなどの作業性能試験がこのころに実施された。

また、乾燥の方法によって米の品質が大きく影響されることから、乾燥方法と品質食味の試験が実施され、自然乾燥に劣らない品質食味が得られる人工乾燥方法の究明に重点がおかれて検討された。

水稻の直播栽培は、除草体系が確立されておらず収量も不安定なことから移植体系に試験の重点が移っていた。岩手農試が独自に開発した保温折衷直播機は初期の苗立不安定さが解消されることから47年から試作改良と利用性能調査がなされたが、オイルショックの影響で被覆資材が高騰し普及に至らなかった。

畑作の機械化としては、マルチの機械化体系試験が43～45年に行われた。また、水田転作により大豆作が増加したことから刈取り、脱穀、調製の機械について性能調査が行われ、その実用性が検討された。

なお、試験場研究体制は41年に農械具部、種芸部、原種部が合併して技術部となった。その後、46年に従来の研究部制のもとに科体制が新設され、農業機械関係の研究部門として作業技術科が設置された。

(4) 昭和50年代

51年には、作業技術科が農業機械科と改称された。この年にはパイプライン施設を利用した水田用水多目的利用の研究がはじまり、施設の整備が行われた。パイプライン施設を利用し

て、灌がい水に肥料、農薬、除草剤などを流入施用する研究であるが、55年まで流入特性の解析と実証が行われた。

50年代前半には栽培の不安定な県中北部を対象に冷害抵抗性の研究が行われ、成苗田植機の実用化試験や5葉苗の育苗技術の確立と移植適応性について検討がされた。

また、育苗技術の進展とともに田植機も乗用型が開発され、その性能試験が52年から実施されている。その後55年には成苗田植機、56年には側条田植機の実用性について検討している。

収穫乾燥に関するものでは、53年～57年まで種子用自脱コンバイン、種子用乾燥機についての調査が行われ、採種圃での機械化体系を確立した。このころ、ライスセンターなどでは籾殻の処分に関心を痛めていたが、52～54年に籾殻粉砕機の性能調査をし、導入の指針とした。

その後、冷害が55年から3年も続いたことから土づくり対策が盛んにいわれ、駆動型ディスクハローについての調査が58年から実施された。

畑作に関する機械化の試験では、転作物の定着化に伴って大豆の防除・収穫・乾燥・調製に関する一連の試験が実施された。

ハトムギの機械化栽培法については55年から始まり育苗、移植、収穫に関するデータが得られハトムギ栽培農家の指針となった。

(5) 昭和60年代

60年代では大規模農家での低コスト技術実証試験や汎用コンバインを用いた多作物での性能試験が行われている。また、野菜の育苗・移植機の実用化試験が実施されている。田植機では高速田植機や二段施肥田植機の実用化試験が実施されている。直播栽培法についても新たな栽培法について現在検討中である。

(岩手農試 鶴田正明)

宮城県における農業機械化研究の歩み

1. 宮城県農業センターの沿革

宮城県農業センターの創立は明治36年4月に宮城県農事試験場として名取郡茂が埼村に設置され、その後大正10年4月名取郡岩沼町東谷地に移転、昭和28年10月には農業試験場の組織拡充のため仙台市原町小田原榊江に移転する。農業機械部門はこのときに農機具部として新たに設置された。さらに県は農業総合センター構想をたて昭和48年4月宮城県農業センターと改称し、名取市高館川上字東金剛寺1に移転し業務を開始した。農業機械部門はこのとき営農機械部として改称し現在に至っている。

2. 大正～昭和年代（戦前）

宮城県における農業機械の試験研究は大正15年10月に設立された小牛田町の斎藤報恩農業館において開始された。大正後半から昭和初期かけ、全国的に機械産業が展開され始めており、米選機、脱穀機の動力、小型耕耘機が開発されている。このような機械化の動向をみとおしながら大正15年10月に発足したのが、県立斎藤農業報恩農業館である。

農業館の業務内容は次のようになっている。
○農業機械器具の調査研究 ○優良農業機械器具の陳列及び貸与 ○農業機械器具の検定
○農業機械器具の考案及び機械農場の設計
○農業機械器具の修繕 ○農業機械器具の実演指導 ○講習、講話会の開催 ○技術員の養成

農業館は機械化の指導奨励のほか、役馬利用指導者養成にも力を入れられ、昭和9年当時県下で畜力耕の普及が70%にも達するようになった。昭和10年代からは石油発動機による共同利用組織の脱穀、調整作業も普及しはじめている。しかし、戦争時代にはいり農機具の配給統制がしかれ、人手、資材不足の時代で経過するが、

畜力利用による省力化の指導がなされてきた。

3. 戦後の農業機械の普及と試験研究

1) 昭和20～30年代

戦後の農村は大変革の時代であり、生産資材の不足、水利、治水施設の荒廃のなかで食糧増産の課題に取り組み、省力よりも畜力、人力を多く投入してもいかに増収するかに努力をはらってきた。水稻栽培においては多品種時代から昭和28年、ササングレが奨励され保温折衷苗代、除草剤、BHC、DDTの普及で背負い式動力噴霧機など防除機の研究がとりあげられている。畜力利用についても戦前からひきつづき畜力中耕除草の研究が継続されていた。脱穀、調製については電動機、発動機、脱穀機、扱摺機が普及し、研究も脱穀乾燥を主目的に迫られている。この時代の後半昭和28年農業試験場に農業機械部が設置され、小牛田の農業館との共同試験により開始された。

2) 昭和30～40年代

畜力利用と脱穀、調製作業の動力化を経過して、耕耘機の普及、そして後半は農業構造改善の大型化の方向としてトラクターの時代にはいったのがこの時代の特徴である。またこの時代にライスセンターが10ヶ所設置されるなど中小型機械から共同の大型機械、施設の入替わりの時期でもあった。この時期の主な研究としては、耕耘機、カルチベーター、大型トラクターの耕起、整地や心土耕の課題、植付作業では水稻苗浅植機、直播機、乾田直播の実証がなされ、ドリルシーダーなど省力化の追及がなされた。防除面では畦畔散布機、農業散布法に関する研究にとりくんでいる。またこの時期は機械体系、作業体系の組み立ての体系化が一般化されてきている。

3) 昭和40～50年代

この時期は耕耘機から国産のトラクターが開発され、トラクターは昭和50年に約1.5万台、耕耘機が6千台にのびている。動力防除機が増加する一方、航空防除面積も拡大している。さらにバインダー、乾燥機、ライスセンターは28施設に、続いてコンバインが昭和45年頃から導入し始め、田植え機は昭和45年の510台から昭和50年には約3万台となり、共同育苗施設も短期間に急増した。したがって、試験研究も大型機械、施設さらに機械田植えの課題にとりくんだ。

水稲の収穫、乾燥の機械化、生籾貯蔵法、乾燥と食味向上試験、刈り取りの変化による素ワラすき込み試験、マニェスプレッター、大型機械走行のための暗渠工法の開発、トレンチャーによる土壌改良、防除面では省力軽便防除法、背負い式微量散布機の実証、後半には水稲移植作業の機械化についての研究が追及され、水稲の機械化一貫体系が確立された。

4) 昭和50～60年代

機械移植栽培は、育苗法(稚苗、中苗)の安定、機械の改良により、昭和43年に普及に移して以来、急速な普及をみせ、昭和54年には、98.8%に達し省力化に貢献している。さらに、この間乗用田植機が実用化段階に入り、田植え作業が一層省力化された一方収穫乾燥法も大型化し、作業環境の整備について究明し、合理的な作業環境の整備、農業機械施設の安全利用について指導しつつ、網袋を利用した生籾の貯留乾燥法、各種乾燥方法について検討している。又、水田高度利用のため麦、大豆等の土地利用型作物の機械化体系の確立、作業体系の確立のため、転送ベルト型大豆選別機の性能、転換畑における細土耕技術、転換畑の深耕及び有機物の鋤き込み技術、転換畑における大豆の省力機械化体系、各種ロータリーの作業性能を検討し

つつ、輪作体系として、6年8作体系を確立した。

5) 昭和60～

生産コストの低減に対しいよいよ拍車がかかり、湛水土壤中直播、側条施肥技術、高速田植え機の導入など高性能機械の普及にめざましいものがある。一方高品質、良食味志向の中で品種改良と乾燥調製技術に期待がよせられ、機械の多機能化がもとめられている。水田農業確立対策として麦、大豆の作付けも着実に増加傾向にあり、複合機械複合作業機の出現がまたれていたが、汎用コンバインの導入が60年頃から生産組織を主体に導入され、集落単位の営農方式が誕生している。また、低コスト対策として、基盤整備も急で、大区画圃場の出現により高性能機械の導入方針、作業技術体系の確立、機械化体系の確立が緊急の課題である。この間輪作体系の栽培法として麦、大豆の作業技術体系の確立、深耕ロータリーの作業性能、麦、大豆の立毛間播種、不耕起播種法について検討し、作物切替作業技術の確立、複合作業機の開発を行い現地実証をしている。また複元田の栽培法として飽水管理、畑跡地の均平対策、土壌管理対策を取り入れた複元田の栽培法を確立した。なお、時代の要請に応え汎用コンバインの性能、能率調査(水稲、大麦、小麦、ソバ、ハトムギ)高速田植機の性能、能率調査、汎用乾燥機の性能、大豆クリーナー等米山町において現地実証を行いながら高度機械化体系を実証し、高度機械化体系の経済性についても検討している。

現在、輪作体系を主体に麦、大豆の不耕起栽培、立毛間播種、輪作体系における機械導入技術をはじめとして、高水分麦乾燥法、大豆の汚粒対策、輪作田における野菜移植栽培の確立、そして大区画圃場における適正な作業技術の確立を検討している。

(宮城県農業センター営農機械部 氏家一義)