

ISSN 0387-8139

農業機械化研究所報告

第 15 号

Technical Report
of the
Institute of Agricultural Machinery
(Nogyo Kikaika Kenkyusho)
Omiya, Saitama, Japan
No.15 March 1981

農機研報

Tech. Rep.
Inst. of Agric.
Mach.

15 : 1-95
1981

昭和 56 年 3 月

農業機械化研究所

埼玉県大宮市日進町 1 丁目

農業機械化研究所

(Institute of Agricultural Machinery)

編集委員会

愛 甲 一 郎 (委員長)

武 長 孝

伴 敏 三

奥 井 和 致

平 田 孝 三

有 吉 亮

Editorial Committee

Ichiro AIKO (Chief)

Takashi TAKENAGA

Toshizo BAN

Kazutomo OKUI

Kozo HIRATA

Makoto ARIYOSHI

農業機械化研究所報告 第15号 (昭和56年3月)

目 次

1. 三浦恭志郎・石川文武共編：農業粉塵の研究…………… 1
2. 杉山隆夫・江崎春雄・鈴木正壯・今園支和・間中正雄：大豆刈取機の開発研究（第1報）……………39
3. 桑名 隆・久保田興太郎・小川浄寿・福森 功・道宗直昭・野附 巖・上野克美・市川忠雄・興津善徳：半自動搾乳装置の試作研究……………57
4. 桑名 隆・久保田興太郎・小川浄寿・福森 功・道宗直昭・野附 巖・上野克美・市川忠雄・興津善徳：乳量計の試作研究……………75
5. 長木 司・平田孝三・小川幹雄：トラクタ用幹周草刈機の開発研究……………85

Technical Report
of the
Institute of Agricultural Machinery
(Nogyo Kikaika Kenkyusho Hokoku)
No. 15 (March 1981)

CONTENTS

1. Kyoshiro MIURA · Fumitake ISHIKAWA ed. : Studies on
Agricultural Dust 1
2. Takao SUGIYAMA · Haruo EZAKI · Masato SUZUKI · Sasakazu
IMAZONO · Masao MANAKA : Studies and Development of Soybean
Reaper (Part 1)39
3. Takashi KUWANA · Kotaro KUBOTA · Kiyohisa OGAWA · Isao
FUKUMORI · Naoaki DOSHU · Iwao NOTSUKI · Katsumi UENO ·
Tadao Ichikawa · Yoshinori OKITSU : Research and Development
of Semi-Automatic Milking Apparatus.....57
4. Takashi KUWANA · Kotaro KUBOTA · Kiyohisa OGAWA · Isao
FUKUMORI · Naoaki DOSHU · Iwao NOTSUKI · Katsumi UENO ·
Tadao Ichikawa · Yoshinori OKITSU : Research and Development
of Milk-Meters75
5. Tsukasa NAGAKI · Kozo HIRATA · Mikio OGAWA : Development
of Offset Type Front-Mounted Orchard Mower85

農業粉塵の研究

三浦恭志郎*・石川文武*共編

1980—12—11 受理

抄 録

三浦恭志郎・石川文武共編：農業粉塵の研究。農機研報 15：1—37（1981）

発塵を伴う各種農作業について、発塵の実態と、粉塵の人体に与える影響の両面から調査・研究を行った。

三浦・石川らは、まず各種発塵農作業と、農業粉塵吸入による人体への害を文献的に調査して、農業粉塵に関する問題を俯瞰し、ついで、実際の粉塵発生状態と作業従事者の粉塵曝露量等を調査した。発塵状態等の調査対象は、穀類乾燥調製用機械・施設を主とし、粉剤農業散布作業、乾草の調製・収納作業、落花生脱莢作業をも含めた。

佐野・中嶋らは、農民の胸部X線写真撮影、心肺機能検査、農業歴の聞き取り調査を行い、胸部X線写真の所見では粉塵による異常線状影の存在を認め、有所見の発生は、地域・性別で異なるが、農業歴20～30年で見られること、しかし、肺機能が低下している者の低下原因は粉塵に帰し得るとは認められぬこと等を知った。さらに佐野らは、70歳以上で死亡した男女各3例の肺大切片標本と顕微鏡標本を作成・精査し、6例を通じて粉塵による軽度の線維化が認められること、うち4例については都市居住高齢者を越える粉塵吸入度が認められることを示し、またこの4例に認められた広範な気管支変化の主因は粉塵吸入によると考えられること等を示した。

緒 言

昭和45年度より、農業機械化研究所では農業機械の安全に関する研究を開始し、具体的な課題として農用トラクタの安全フレーム、乗用農機の座席等に関する諸研究をとりあげると同時に、農業粉塵に関する研究にも着手した。一般に人間の健康障害防止に関係する諸研究は、いわゆる境界分野にある問題を対象とすることが多く、とうてい農業機械専門の技術者のみによって解決されるものでないと考えた当研究所では、招へい研究員の制度を新設して、interdisciplinaryな問題に対応する方途を講じることとした。

農業粉塵に関する研究の実施に当たっては、昭和45年9月から約2年半の間、財団法人労働科学研究所の中嶋彬恭氏を招へいすることができた。そして、測定器の選定から始めて数回にわたる現地調査を共に行い、農業粉塵、特に穀類乾燥作業時の粉塵を中心として、その実態を明らかにした。また、農業粉塵が農民の健康に与える影響の調査の面では、まず農民の心肺機能の調査、さらには農民屍肺の剖検による研究を行う必要性が出て来たが、これらの調査・研究は労働科学研究所の佐野辰雄博

士の積極的な協力を得て実現することができた。特に屍肺の剖検の面では、標本の選定、大切片標本の作成・調査から報告書作成に至る一切をお引受け願った。

本報告の骨子は、昭和49年末に室内資料として項目ごとに一応のとりまとめをしていたものであるが、その後農業粉塵について各方面からの問い合わせがあることや、貴重な資料の散逸を防ぐことを考慮して本印刷に付することとした。本報告のとりまとめに当たっては、中間報告をもとに三浦・石川が原稿を作成したが、各項目ごとに章を分け、各章ごとに研究者・共同研究者を記して分担を明確にし、特に医学的記述の4章、5章については、佐野博士のご了解の下に、ほとんど中間報告どおりとした。本報告を紙数がそれほど多くないのに編著の形としたのはこれらの経緯による。

本報告は昭和49年末段階でのとりまとめを行っているため、調査対象機械は既に使用されていなかったり、構造の変更、機械の入れ換え等が行われているものも少なくないと思われる。しかし、機械の一般的レベルと発塵状態の関連に関する記述は現在でも十分妥当性があるものと考えている。

本研究の報告に当たり、まず招へい研究員の派遣にこ

* 研究第1部

理解を戴き、実施面においても多大な協力を賜った財団法人労働科学研究所に深甚の謝意を表す。また、現地調査の際に、煩をいとわずご協力戴いた農事試験場畑作部機械化研究室(当時)、株式会社八郎潟カントリー・エレベータ公社、群馬県家畜育成牧場、社団法人農林水産航空協会、埼玉県北埼玉郡川里村農業共済組合、新潟県西蒲原郡味方村・味方村農業協同組合、埼玉県川越市農業協同組合、石川県吉田農業協同組合、茨城県下館市農業協同組合に深く感謝する。

1980年7月

三浦恭志郎
石川文武

1 農業粉塵に関する研究の現状と問題点

三浦恭志郎*・石川文武*

摘要：各種の発塵農作業と農業粉塵吸入による人体への害について概観し、特に穀類の脱穀・乾燥・調製時に発生する粉塵を対象として、その内容及びそれに起因する健康障害に関する諸研究を文献的に調査し、また本報告書次章以下の結果と比較した。

発塵対策としては、トラクタ車室の密閉化と室内取入空気の濾過、穀類乾燥貯蔵施設等における集排塵設備の設置、無毛茸水稻品種の選抜・栽培、粉剤農薬使用の回避、個人防護等が行われているが、未解決の問題も多く、さらに曝露許容限については、農作業の季節性、有機粉塵の混在を考慮した公衆衛生学的研究の発展が望まれる。

本章では、農業粉塵、特に穀類の脱穀・乾燥・調製に関する諸作業時に発生する粉塵について既往の研究を紹介・検討し、また農業機械・施設の観点から研究上の残された問題点等について若干の考察を加えることとした。

既往の研究の紹介に当たっては、比較の便のため、次章以下に報告する我々の研究調査結果についても適宜言及することにしたので、本章は次章以下の報告に対する導入部というよりも、上記の粉塵と、それに起因する健康障害に関する概論的なものとなった。

もとより、農業機械の分野に属する筆者には健康障害(その病理・診断・療法等)に関して医学的検討を加え

ることはよくなし得る所ではない。したがって、この点に関しては表面的・皮相的な引用・記述に止まるが、この面で主として参考に供したものは、佐野が「労働の科学」¹⁾、「労働科学」²⁾、「労研維持会資料」に掲載した諸論文^{3)~5)}、解説、及び著書「日本のじん肺と粉じん公害」⁶⁾、Mavrinaの著書「穀類及其製品の取扱に際しての肺職業疾患」⁷⁾、Gofferjeの学位論文「農民における肺内粉塵の定性的および定量的研究」⁸⁾である。

1.1 各種の農業粉塵と健康障害

発塵を伴う農作業の種類は多く、従来何らかの意味で問題とされたものだけでもかなりの数にのぼる。このような諸作業の中から若干の例を適宜列挙すれば、碎土、ばれいしよの掘取、落花生の脱莢、穀類の収穫・乾燥・調製、籾殻等の処理、濃厚飼料の配合・給与、牧草、特に乾草の生産・収穫・搬送・収納・給与等である。また、家畜、家きん、工芸作物に関連した粉塵として、鳥獣毛、茶、タバコ、きのこ類、香料・薬用作物、バガス(さとうきびの搾りかす)等の粉塵があり、また、い草の泥染め調製・製織時の粉塵は有名である。

以上にあげた粉塵はいわゆる非毒性粉塵であるが、粉剤農薬の粉塵の場合は、農薬中毒の面も考える必要のあるいわゆる毒性粉塵である。

このように多くの種類の粉塵が、人間に与える影響は一様なものであるはずはなく、粉塵爆発の危険性、粉剤農薬等による中毒はさておいて、非毒性粉塵による肺疾患のみを見ても、病理不明、あるいは吸入粉塵と他の病因による肺疾患との関係が不明というものを含めて、種々の様相を呈する。しかしながら、各種農業粉塵吸入による人体への害を、おおむね次のように整理して列挙することは許されよう。

- 1 作業に対する嫌悪感
- 2 アレルギー性疾患
- 3 慢性気管支炎
- 4 気管支喘息
- 5 肺真菌症
- 6 塵肺
- 7 中毒
- 8 粉塵爆発

我々が対象とした脱穀・乾燥・調製作業時の粉塵とこれらの害との関連をみる前に、ここで、粉塵の内容について整理しておく必要があろう。

1.2 脱穀・乾燥・調製時に発生する粉塵とその害及び吸入される粉塵

稲の脱穀・乾燥・調製時に発生する粉塵は作物体の各

* 前出

部（穀殻の細片，穎，毛茸，枝梗等）を主として，これに土壤に由来するものが混合しているように肉眼では観察される。

富山県農試機械化実験農場⁹⁾では，揚穀スロウの除塵装置の性能比較試験に際し，スロウのエルボ部から除かれる粉塵を採取し，その含水率と比重を求めている。その結果，粒径が0.25mm以下のものは顕微鏡（倍率の記載はないが）で観察し毛茸が多いとしているが，比重の大きいことから，このランクには鉱物質のものが多くと推定される。

宮沢ら^{10)~11)}は，コンバイン作業での発塵量調査の一環として，作物的観点から粉塵を減らす試みとして無毛茸品種を栽培し，有毛茸品種は無毛茸品種に比べはるかに多い発塵量であり，各品種において籾水分の減少とともに粉塵濃度が増大する傾向にあると報告している。

我々は，コントリーエレベータの堆積粉塵10例についての灰化を行い，灰化分比を平均40.5%と測定したが¹²⁾寺島ら¹³⁾は脱穀廻摺時にインピンジャーで捕捉した粉塵の灰化分比39~56%と報告している。

このような粉塵（鉱物質のものはもちろんであるが，植物体破片のうち微小のもの）が吸入されて肺内に蓄積されていることは，本報告書5章の佐野の所見において有機物様長大塵の存在として報告されているし，また西独アーヘンのラインウエストファーレン大学医学部 Einbrodt の指導下に研究を進めてきた Gofferje の所見⁹⁾から推定される。Gofferjeは，従来の意味における発塵作業に従事した経験のない農民の肺5例につき，位相差顕微鏡で検索した所，2例については「多量の繊維状で部分的にはもつれているような，恐らくは植物に由来すると見られる有機物」を観察し，更に，このことと他の1例に穀粉肺像が認められたことを除けば，「その他については，1967年 Einbrodt, Dohmes が職業的な粉塵曝露の経験をもたぬルール地方の女性の肺内粉塵について発表した結果と，農民の肺内粉塵についての結果との間には，ほとんど差がない」としている。逆にいえば，彼はこのような有機粉塵の存在が，農民の場合の一特長であることを示唆していると思われる。

一方，脱穀・乾燥等の作業時に吸入される粉塵には植物体・土壤に由来するものだけではなく，多くのバクテリア，カビ類も含まれていることは広く知られている（塵肺の立場からは，粉塵の定義に菌類を含めぬこともあるようだが，農作業における健康保持の面からはこれを含める方が妥当と考えて論を進める。）。脱穀等に関連した微生物に関する典型的な研究例として Freitag

ら¹⁴⁾が麦類収穫時にコンバイン運転者の眼瞼，鼻粘膜等より採集した分泌物から22種のカビを見出したことを挙げるができる。

Mavrina の著書⁷⁾には，穀粒に付着するカビの類では Mucor, Aspergillus, Penicillium が多い事が挙げられており，また，これらと関連してアレルギー疾患や，吸入されたかびが肺内で増殖する肺真菌症等について解説と自験例紹介が行われている。ちなみに，Mavrinaの挙げていた肺真菌症の症例では，アレルギー皮内反応検査の結果，Mucor が強陽性，Fusarium, Aspergillus で陽性，施設粉塵は陰性であった。

磯村¹⁵⁾は，田植，稲刈，脱穀・廻摺・農薬散布，養蚕の諸作業に従事した後の咳痰の増悪・出現頻度を444人について調査し，脱穀・廻摺作業後の増悪出現率は17.1%で他の諸作業に比し有意の差を与えることを示し，この「脱穀気管支炎」の長期間にわたるくり返しで慢性気管支炎の発症あるいは病状の進展に大いに関連があるとしている。同様に Mavrina⁷⁾はコントリーエレベータにおける穀粒粉塵に曝露される者424人中17.6%が，穀粒粉塵に曝露される者150人中26.9%が慢性気管支炎であったとし，また，穀類脱穀シーズン前後で気管支炎を訴えた者は17.3%から27.8%に増加した Dashtoyan の調査例を紹介している。

慢性気管支炎の定義にも問題はあるようであるが，いずれにせよ上述の例から，ともかく穀粒粉塵等による慢性気管支炎の出現・増悪は否定し得ない。また，5章の佐野の肺大切片の所見もこのことと関連をもつものと思われる。

以上のような穀粒粉塵に起因する肺疾患やアレルギー性呼吸器疾患の他に，農薬や，サイロ等から発生する有害物質には呼吸器疾患もよく知られている。

1.3 発塵対策と許容限度

上記のごとく各種農作業において多様な粉塵が発生し発症も見られているが，現在迄の発塵対策の方向としては次のような項目が挙げられる。

- トラクタ車室の密閉化と空気清浄¹⁶⁾
- 穀類乾燥調製施設等における集排塵設備の設置
- 無毛茸水稻品種の採用^{10)~11)}
- 粉剤農薬の使用停止
- 個人防護

これらの対策を論ずる上で，穀類の脱穀・乾燥・調製時に発生する粉塵を対象とするとき，土壤に由来するものの他，作物体の細片及びカビ類を考えねばならない。

しかしながら，以下の各章において，我々はアレルギー

表 1.1 粉じんの許容濃度の勧告
(日本産業衛生学会) (1979年)

	物 質 名	mg/m ³
第1種 粉じん	遊離珪酸30%以上の粉じん, 滑石, 蠟石, アルミニウム, アルミナ, 珪藻土, 硫化鉍	2
第2種 粉じん	遊離珪酸30%未満の鉱物性粉じん, 酸化鉄, 黒鉛, カーボンブラック, 活性炭, 石炭	5
第3種 粉じん	その他の粉じん	10

- (1) 石綿粉じん[クリソタイル(chrysotile), アモサイト(amosite), トレモライト(tremolite), アンソフィライト (anthophyllite), およびアクチノライト(actinolite)]の気中許容濃度。
時間荷重平均: 5 μm以上の石綿繊維で2繊維/cm³
(これに対応する石綿粉じんの質量濃度は0.12mg/m³)
ceiling 値: 5 μm以上の石綿繊維で10繊維/cm³
(いかなる時も15分間の平均濃度がこの値を越えてはならない)
- (2) クロシドライト(crocidolite)の許容濃度については、これらの濃度をはるかに下回る必要がある。
- (3) 測定法は別記メンブランフィルタ法またはX線回折法によるか、あるいは、これらの方法で得られる値と比例的関係をもつ値得られる他の方法によるものとする。
- 注) 参考文献17)より

一性疾患等については立ち入ることが出来ず、また一般性を考えると塵肺の立場から農業粉塵を見ることが、妥当であろうと考えて出発した。土壌に由来する粉塵は無機粉塵、作物体のそれは有機粉塵であるが、「有機粉塵でも難溶性である限りその害は無機粉塵に劣らない²⁾」ということであるので、とにかく混合した状態でも実態を把握し、対策をねろうとしたものである。

そこで、対策の設計あるいは評価をする際に、具体的なよりどころとなるのは粉塵の曝露許容限あるいは許容濃度であろう。いわゆる工業粉塵については具体的な許容濃度が各国で定められているが、我国では産業衛生学会の「粉じんの許容濃度の勧告¹⁷⁾」によるほかはなく、その内容は表1.1のとおりである。これはアレルギー等は別にして、専ら塵肺の観点から定められたもので、「許容濃度」の考え方としては「この濃度で全く害がないというのではなく、長期間(30~40年)この濃度に曝露すると、ごくわずか、例えば1%ぐらいいは軽い塵肺は発生するかもしれないと考えられる濃度である¹⁸⁾」と理解され、健康障害が発生しないように工学的対策を立てる際の目標になる数値である。

表1.1より、我々の対象とする農業粉塵は第3種粉塵に該当し、その許容濃度は10mg/m³となる。

一方、ソ連の規格¹⁹⁾のうち関連部分を引きだせば表1.2のとおりで、ここでは獣毛・タバコ等の粉塵の許容限

表 1.2 粉塵の許容濃度 [ソ連の場合(抄)]¹⁹⁾

遊離珪酸70%以上の粉塵	1.0mg/m ³
〃 10~70%の粉塵	2.0
タバコ・茶の粉塵	3.0
動植物性粉塵で遊離珪酸10%以上のもの (棉・紙・麻・穀粉・穀粒・木材・獣毛 ・同柔毛等)	2.0
同上10%以下のもの	4.0
珪酸・毒物を含まぬ鉱植物性粉塵	10.0

度を低く抑えている点ある程度アレルギーをも考慮したものと思われる。

次に、農作業の季節性と許容濃度については、例えば、乾燥調製施設での従事日数は、年間高々40~50日であるし、他の農作業についても年間作業日数は多くない。農作業の季節性は許容濃度との当てはめを考える上で一つの困難性を与える。しかし、農作業の季節性あるいは発塵作業の季節性は、ある一種の発塵作業に従事した者が、それ以外の季節の発塵作業に従事しない事を意味するのではなく、その経営形態、自然条件に応じ、年間を通じて各種の発塵作業に従事するのが実情であろう。したがって、年間あるいは長期間にわたる粉塵吸入を考えると、各作業時期ごとにある限度以下の粉塵濃度であることが必要と考えられる。つまり、例えば年間作業日数が50日の作業では勧告値の6倍まで許容し得る、という論は成立しない。但し、各種農業粉塵が、一様に第3種粉塵10mg/m³という形で一括されてよいか否かについては問題が残っていると考えられる。特に上記勧告値は主として無機粉塵を考慮して定められ、有機粉塵に関するデータの少ない点、また比重の異なる無機・有機の粉塵が混在する場合については未解明である。

このような現状をふまえても、現状では10mg/m³をよりどころとして対策を考える他はあるまい。

農業機械・施設の設計・運用に当たっては、発塵抑制の面の改良を進める必要がある一方、有機・無機の混在する農業粉塵の許容限に関するより詳細な公衆衛生学的研究が要請される。幸いにして、日本農村医学会では昭和49年度から「農作業に起因する呼吸器障害(農夫肺)研究班」を設置し、研究事業に着手しているので、その成果を期待したい²⁰⁾。

2 初の乾燥調製作業と発塵

三浦恭志郎*・石川文武*・中嶋彬恭**

* 前出

** 元芳圃科学研究所

摘要：循環型乾燥機、ライスセンタ、及びカントリーエレベータにおける籾の乾燥時の発塵状態について調査を行った。

循環型乾燥機では排塵装置の有無・有効性の違いによって機種間の発塵状態に大きな差が出た。有効な排塵装置の開発と後処理の検討と、排穀時の高濃度発塵対策が必要である。

ライスセンタ、カントリーエレベータでは、籾の搬送過程での発塵と乾燥機からの発塵が主であることがわかった。これらの施設では作業者は通常監視室にいたので健康に対する影響は少ないと考えられるが、機械・施設の保守・管理上からは問題が残る。また、集排塵装置の完備している施設では、施設内の粉塵濃度が低く快適な作業環境となっていた。しかし、乾燥機単体と同様に、集められた粉塵の後処理に検討の余地がある。

本章は、昭和45年から昭和49年にわたって行った水稲籾乾燥調製作業時の発塵に関する調査をとりまとめたものである。

対象とした機械・施設は次の3種類である。

- 1) 穀物用循環型乾燥機
- 2) ライスセンタ
- 3) カントリーエレベータ

2.1 穀物用循環型乾燥機の場合^{21), 22)}

2.1.1 目的

各種の循環型乾燥機の稼動中における周囲の粉塵濃度と発生する粉塵の大きさの分布を調べ、機械単体についての防塵対策を検討する資料を得んとした。

2.1.2 調査方法

2.1.2.1 粉塵濃度. 労研式個人サンプラー (図2.1)

(吸引流量 11/min, 採塵時間約8時間); 及び電動機直結の真空ポンプ, またはカークリーナに家庭用ガスメータを組合せて作成した電動式吸引ポンプ (図2.2) (吸引流量 20 l/min, 採塵時間約10分) を使用し, 各々の空気吸入ホースの先端部分に吸湿性の低いガラス繊維フィルターを入れた濾紙ホルダーを取付け, フィルタを通して空気を吸引することによって, その空気中の粉塵をフィルターに捕集する方法をとった。粉塵の濃度は, 捕集された粉塵の重量 (mg) と吸入空気量 (m^3) の比 (mg/m^3) で表示される。

2.1.2.2 粉塵の粒径分布. 捕集した粉塵をアンモニア液によってデッキグラス上に拡散せしめた後, 光学顕

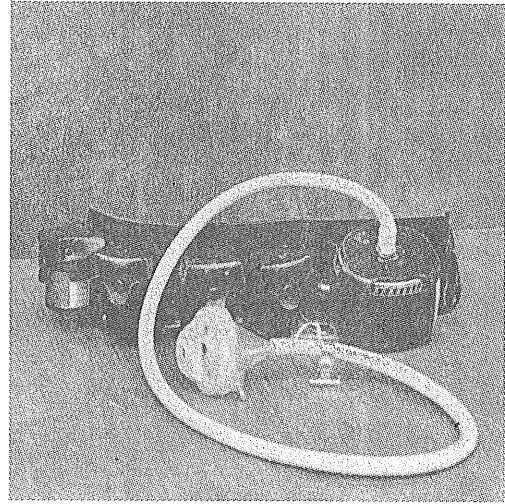


図 2.1 労研式個人サンプラー

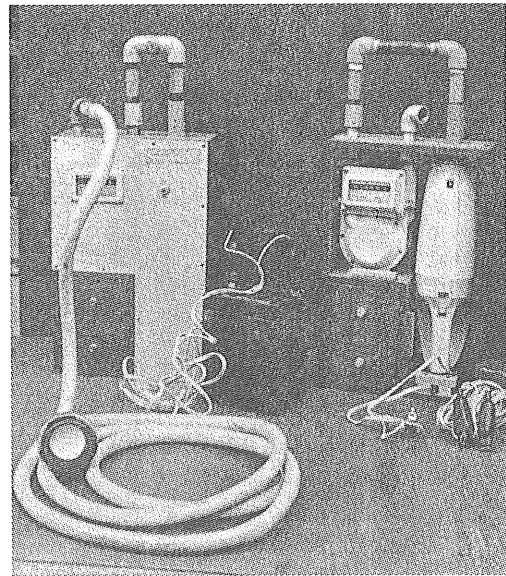


図 2.2 電動式吸引ポンプ及び濾紙ホルダー
(右は内部を示したもの)

微鏡を用いて写真撮影した。数視野の写真で, 各々の粉塵の最大直径または長さ (以下では粒径と略称する) を測り, それを大きさ別に分級し, その分布を求めた。

2.1.3 調査内容

次の4項目について測定を行った。

- 1) 籾の張込時における張込口付近の粉塵濃度
- 2) 乾燥開始から終了までの乾燥機周囲の平均粉塵濃度
- 3) 乾燥開始から終了までの時間毎の乾燥機周囲の粉

表 2.1 測定対象機の主要諸元

群	No.	大きさ (mm) 全長×全幅×全高	乾燥箱容量 (m^3)	排塵装置の概要
I	1	3320×1530×3990	4.1	バケットエレベータ上部に遠心ファンがあり、昇降機上部及び上部コンベアの粉塵を吸引
	2	3870×1930×4060	4.2	乾燥機箱上部後に遠心ファンがあり、昇降機出入口の粉塵を吸引
	3	2620×1690×3810	2.8	バケットエレベータ上部のスローワが排塵装置を兼ねる
	4	2240×1660×4780	3.3	なし
	5	2570×1680×3130	2.7	乾燥箱上部後方に遠心ファンがあり、上部コンベアの粉塵を吸引
	6	2290×1650×3300	3.1	乾燥箱上部前方に軸流ファンがあり、配粒樋の粉塵を吸引
	7	2440×1690×3050	2.9	乾燥箱上部前方に軸流ファンがある
II	8	2600×1565×4710	4.2	機体下部に遠心ファンがあり、昇降口付近の粉塵を吸引
	9	2450×1685×2595	1.9	乾燥箱上部前方に軸流ファン、バケットエレベータ頭部に遠心ファンがあり乾燥箱上部の粉塵を吸引
	10	3318×1610×4088	4.6	機械後部側面に軸流ファンがあり、機体全体から粉塵を吸引

塵濃度

4) 排穀時における排穀口附近の粉塵濃度

なお、粉塵の捕集は特殊な場合を除き、地上1.2~1.4 mの高さで行った。

2.1.4 測定対象機

表 2.1 に測定対象機の主要諸元等を示す。このうち、No. 1~7 の機種については昭和45年9月に新潟県で（乾燥開始時粗水分約21%）、No. 8, 9 の機種については昭和46年10月に埼玉県で（乾燥開始時粗水分約26%）、No. 10 の機種については同年9月に三重県でそれぞれ調査した。

なお、昭和46年に調査した機種にあっては、昭和45年

表 2.2 乾燥作業時の粉塵濃度 (mg/m^3)

群	No.	乾燥中の平均粉塵濃度	排穀時		備考
			排穀口	乾燥機周囲	
I	1	5.22	579.75	13.85	
	2	6.21	133.20	—	
	3	3.06	15.00	8.27	
	4	10.35	428.22	10.50	
	5	5.79	24.35	—	
	6	15.22	100.10	7.80	
	7	5.44	86.52	3.83	
I 群平均		7.33	195.33	8.85	
II	8	1.32	151.20	3.11	張込時 2.81 mg/m^3
	9	1.37	15.45	1.62	張込時 1.57 mg/m^3
	10	1.02	194.12	—	
II 群平均		1.24	120.26	2.37	
総平均		5.50	172.79	7.00	

に調査した機種に比し防塵策が施されていたため、同一のレベルでは論じられない。したがって、本節では、記述の便のため、仮に45年調査対象機をI群、46年調査対象機をII群と分けることとした。

2.1.5 調査結果

2.1.5.1 粉塵濃度

表 2.2 に乾燥時間全体の平均粉塵濃度、排穀時における排穀口附近の粉塵濃度、排穀時の乾燥機周囲（乾燥機外側より約2 m以内の範囲）の粉塵濃度を示す。平均粉塵濃度の全機種平均が5.50 mg/m^3 （I群平均7.33 mg/m^3 ）であるのに対し、乾燥終了後の排穀作業時の排穀口付近では172.79 mg/m^3 （I群平均195.33 mg/m^3 ）と非常に高濃度発塵であり、それが乾燥機周囲の粉塵濃度を7.00 mg/m^3 （I群平均8.85 mg/m^3 ）と高めている。

図 2.3 に乾燥中の粉塵濃度の時間毎の変化を示す。

2.1.5.2 粉塵の粒径分布

乾燥機から発生し、乾燥機周囲に堆積した粉塵を採集

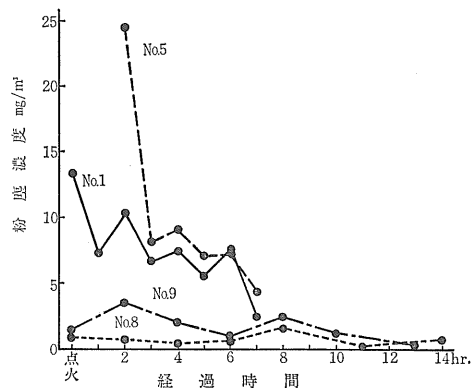


図 2.3 乾燥中の粉塵濃度変化

表 2.3 各機種における採集粉塵の粒径分布 (%)

粒径	機種No.	1	2	3	4	5	6	7
5 μ 以下		35.7	72.2	51.2	32.9	60.6	69.6	67.4
5 μ ~ 10 μ		5.4	4.6	8.0	6.9	8.2	7.1	2.1
10 μ ~ 50 μ		17.3	8.6	16.0	40.3	19.2	11.6	7.3
50 μ ~ 100 μ		9.7	5.4	5.3	3.9	3.8	3.6	3.1
100 μ ~ 300 μ		21.6	6.3	15.0	13.4	4.6	6.3	13.9
300 μ ~ 500 μ		8.1	2.5	3.1	2.2	2.7	1.4	5.6
500 μ 以上		2.2	0.4	1.4	0.4	0.9	0.4	0.6

し、粒径分布を求めた(表2.3)。肺内に吸入され蓄積されることが可能である粒径 100 μ 以下の粉塵の累積粒径分布率は83.8%となり、ほとんどの粉塵は吸入可能な大きさであると考えてよい。また、同一機種において乾燥前後の粉塵粒径分布を比較した例をみると(図2.4)、粉塵は乾燥度に比例して細かいものが増大し、10 μ を超えるものは少なくなることがわかった。

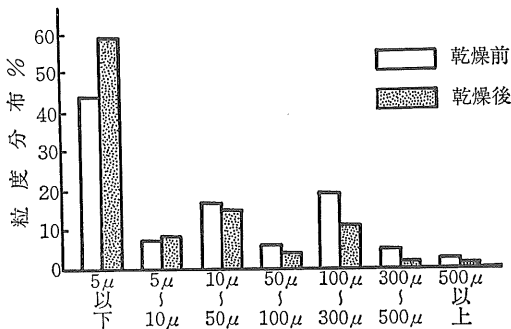


図 2.4 乾燥前後の粒径分布の比較

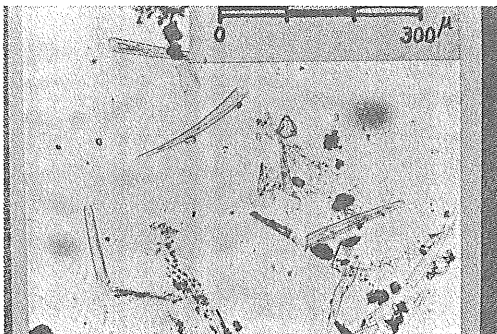


図 2.5 循環型乾燥機から発生した粉塵の顕微鏡写真

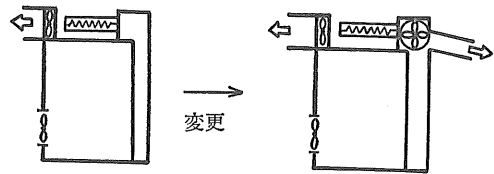
2.1.5.3 防塵策の例

対象とした10機種のうち、II群の3機種はI群の7機種に対して若干の発塵防止策が施されていた。そこで防塵装置の程度によりI群を2つに分け表2.4のようなグ

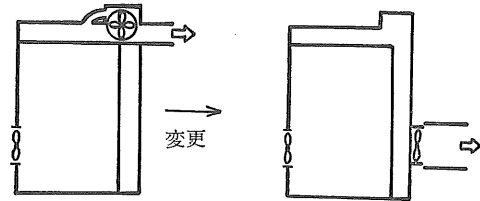
ループとし、それぞれの乾燥中の粉塵濃度の比較を行った。

表 2.4 防塵策の分類

群	No.	防塵策の概要
I A	3	排塵装置のない機種、または装置があっても一見してほとんど排塵の機能がないと認められる機種。
	4	
	6	
	7	
I B	1	機体上部あるいはバケットエレベータ上部に排塵装置のある機種。
	2	
	5	
II	8	排塵装置を増設した機種、または機体全体から排塵する機種。
	9	
	10	



a) I A群からII群への変更例



b) I B群からII群への変更例

図 2.6 排塵装置の変更例

表 2.5 各機種群における乾燥中の平均粉塵濃度

I A 群	I B 群	II 群
3.06mg/m ³	5.22mg/m ³	1.32mg/m ³
10.35	6.21	1.37
15.22	5.79	1.02
5.44		
平均 8.52	5.74	1.24

なお、I A群からII群への増設例と、I B群からII群への排塵方法変更例を図2.6に示す。

各群の乾燥中の平均粉塵濃度は表2.5のようになり、I A群とI B群での粉塵減少率は約33%、I A群とII群での粉塵の減少率は約85%、I B群とII群での減少率は約78%であった。排塵方法を変更した機種についての変更前後の粉塵濃度は表2.6のようになった。

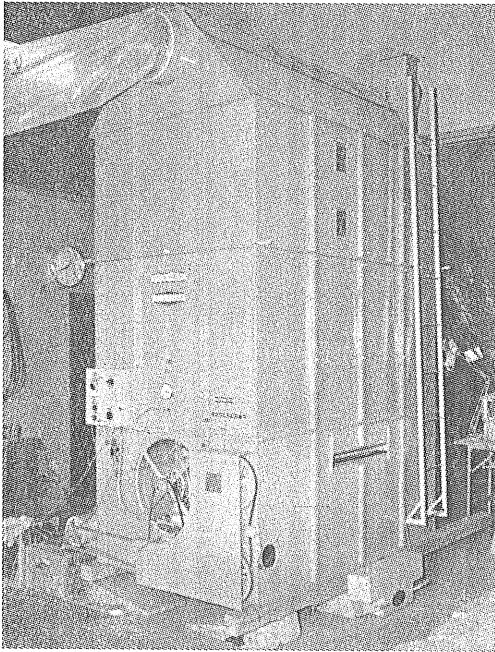


図 2.7 防塵装置の例 (I A群)

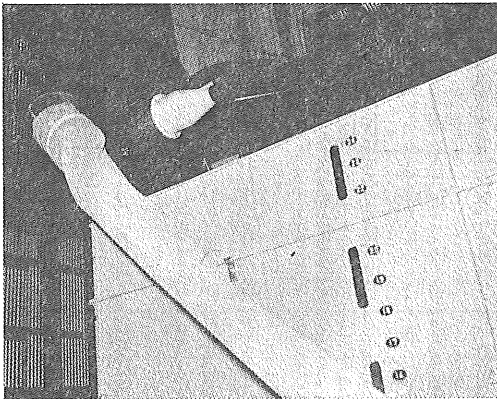


図 2.8 防塵装置の例 (I B群)

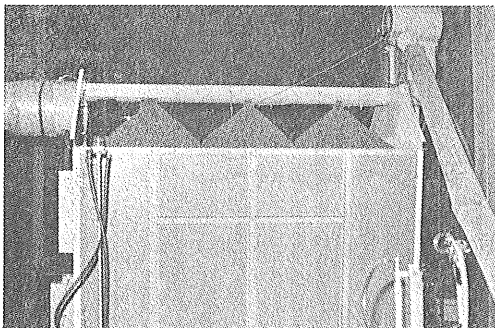


図 2.9 防塵装置の例 (I A群からII群へ)

表 2.6 排塵方法変更前後の類似機種における粉塵濃度の比較

	全乾燥作業中の平均粉塵濃度	排穀時における排穀口における濃度
I A 群	5.44 mg/m^3	428.42 mg/m^3
II 群	1.37	15.45
(減少率)	(75%)	(96%)
I B 群	5.22	579.75
II 群	1.02	194.12
(減少率)	(80%)	(67%)

2.2 ライスセンタの場合^{21)~23)}

2.2.1 目的

いわゆるライスセンタにおいて、稼動時での施設各部の発塵状態を把握し、改良の資料とするために、粉塵量とその大きさの測定を行った。

2.2.2 調査方法

循環型乾燥機の場合と同じである。

2.2.3 調査内容

図2.10~12に示す各測定点の粉塵濃度及び施設内に浮遊している粉塵の粒径分布を調査した。

2.2.4 調査施設の概要

表2.7のとおり

表 2.7 調査したライスセンタの概要

施設名	竣工年月	施設の規模	調査年月
味方村農協第1(新潟県)	昭39.9	循環型乾燥機8台 籾摺機・調製機	昭45.9
味方村農協第2(新潟県)	昭40.9	循環型乾燥機12台 籾摺機・調製機	昭45.9
川越市農協(埼玉県)	昭39.9	循環型乾燥機8台 籾摺機・調製機	昭45.11

2.2.5 調査結果

2.2.5.1 粉塵濃度測定結果

各ライスセンタの各測定点における粉塵濃度の結果は表2.8~10に示すとおりで、ライスセンタ内粉塵濃度は平均16.38 mg/m^3 であったが、建物の構造や乾燥機の型式によってかなり異なる。

各ライスセンタでの粉塵濃度測定結果から濃度の分布図(図2.14~16)をかいてみると、乾燥機の周囲の部分が高く、ついで、籾摺機の周囲が高い。しかし、建物の構造や風の強さによって床面に堆積している粉塵が巻きあげられたり、ある部分に滞留させられるため濃度分布は異なる。だいたい一日の平均的濃度分布は図2.14~16

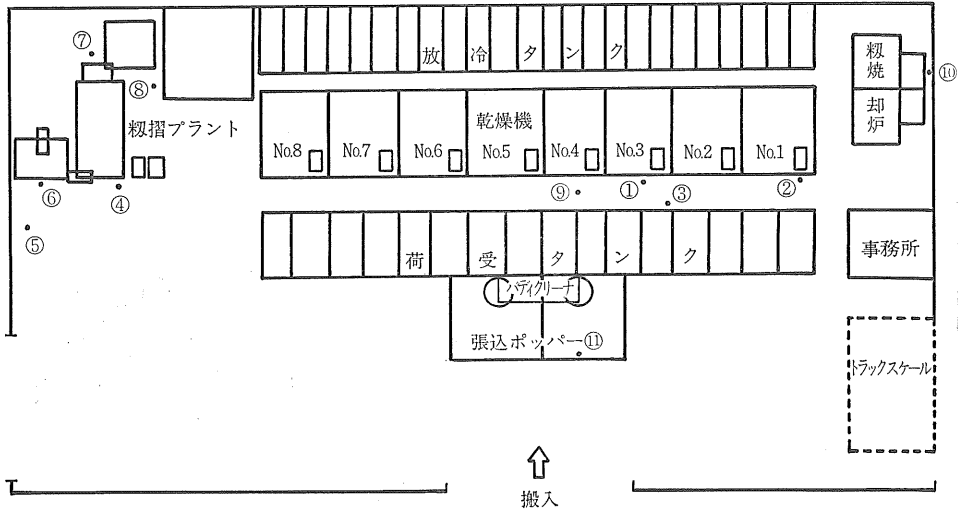


図 2.10 味方村第 1 ライスセンタ粉塵濃度測定地点

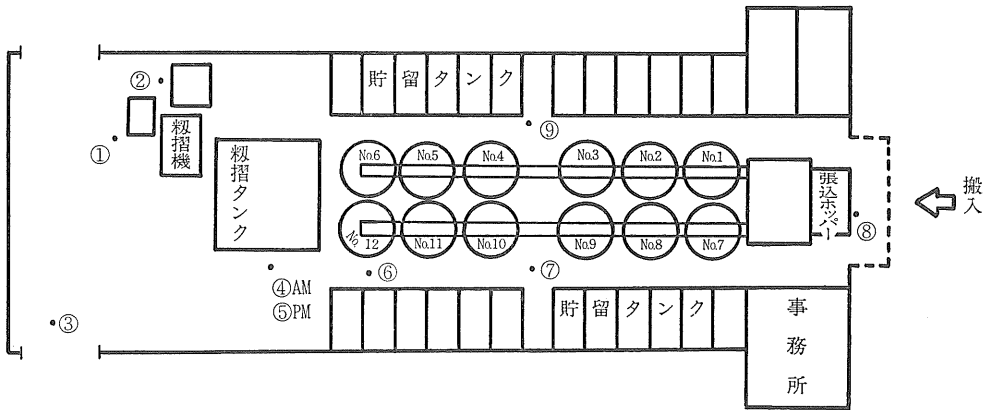


図 2.11 味方村第 2 ライスセンタ粉塵濃度測定地点

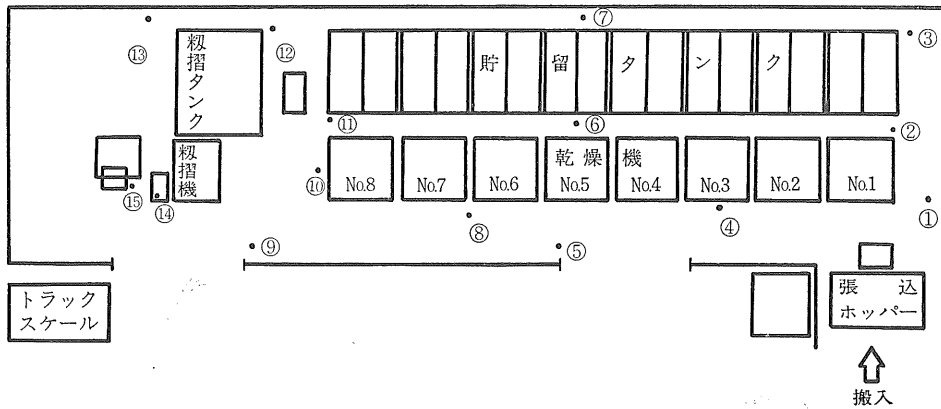


図 2.12 川越市ライスセンタ粉塵濃度測定地点

表 2.8 味方村第1ライスセンタ粉塵濃度
(図 2.10 参照)

測定地点番号	測定地点	粉塵濃度 (mg/m^3)
1	No. 3 乾燥機前	12.40
2	No. 1 乾燥機前 (地上 30cm にて測定)	201.49
3	No. 3 乾燥機前	13.90
4	籾摺機前	10.74
5	籾摺機前 (休憩者口もと附近)	21.34
6	籾摺プラント取出口前(自動計量機前)	17.31
7	米選機横 (自動計量機と米選機の間)	17.31
8	米選機横 (米選機とオッパーの間)	16.52
9	No. 4 乾燥機前	13.33
10	籾ガラ焼却炉前	4.99
11	生籾搬入口 (籾搬入中)	2.52
平均値 (2を除く)		13.04

表 2.9 味方村第2ライスセンタ粉塵濃度
(図 2.11 参照)

測定地点番号	測定地点	粉塵濃度 (mg/m^3)
1	自動計量機前	32.94
2	米選機前	42.94
3	製品置場	24.83
4	籾摺タンク前 (午前測定)	19.66
5	籾摺タンク前 (午後測定)	28.88
6	No. 12 乾燥機前	40.55
7	No. 9, No. 10 乾燥機前	24.94
8	生籾搬入口	12.68
9	No. 3, No. 4 乾燥機中間	30.41
平均値		28.65

のようになるであろう。

個人サンプラーによる粉塵濃度と電動式吸引ポンプによる粉塵濃度との差はほとんどみられないことから、ライスセンタ内の粉塵濃度は、乾燥機周囲、籾摺機周囲等との部分においても、機械の稼動中は平均した粉塵濃度で、短時間の局所的多量発塵は認められない。

2.2.5.2 浮遊粉塵の粒径分布測定結果

各ライスセンタでの浮遊粉塵の粒径分布は表2.11に示すようになった。循環型乾燥機単体の粒径分布よりやや小さいものが多くの割合を占めている。

人体に容易に吸入されると考えられる 5μ 以下の粉塵の粒径%は全ライスセンタを平均して57.1%であり、現在まで人体剖検例より確認されている肺内に吸入され蓄積した最大の粉塵は約 100μ である。 100μ 以下の範囲の粉塵粒径分布率は97.3%となり、ほとんどの浮遊粉塵は

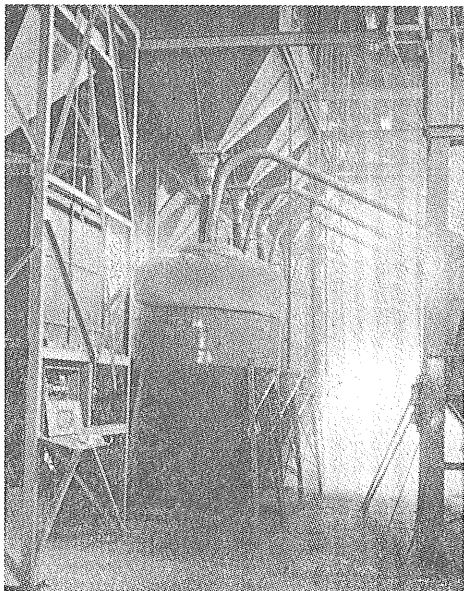


図 2.13 味方村第2ライスセンタ内部

表 2.10 川越市ライスセンタ粉塵濃度
(図 2.12 参照)

測定地点番号	測定地点	粉塵濃度 (mg/m^3)
1	No. 1 乾燥機横	11.21
2	No. 1 乾燥機と No. 1 貯留タンクの間	19.00
3	No. 1 貯留タンク窓側	6.84
4	No. 3 乾燥機前	15.50
5	No. 5 乾燥機前	15.98
6	No. 5 乾燥機後	15.07
7	No. 9 貯留タンク窓側	7.47
8	No. 6, No. 7 乾燥機の間・前	22.64
9	No. 8 乾燥機側出入口	13.40
10	No. 8 乾燥機横	6.26
11	No. 16 貯留タンク前 (籾搬出時)	5.42
12	籾摺機ホッパ後	13.69
13	籾摺機ホッパ後	5.71
14	籾摺機, 自動計量機中間	5.11
15	自動計量機前	5.38
平均値		11.25

肺内に吸入され蓄積されることの可能な粉塵である。特にライスセンタでの浮遊粉塵の大部分は針状のもので前述した 100μ もの粉塵を蓄積していた石綿の形体とよく似ている。

次に乾燥機周囲の粉塵粒径と籾摺機周囲の粉塵粒径を表2.12によって比較してみると、ほとんどその差はな

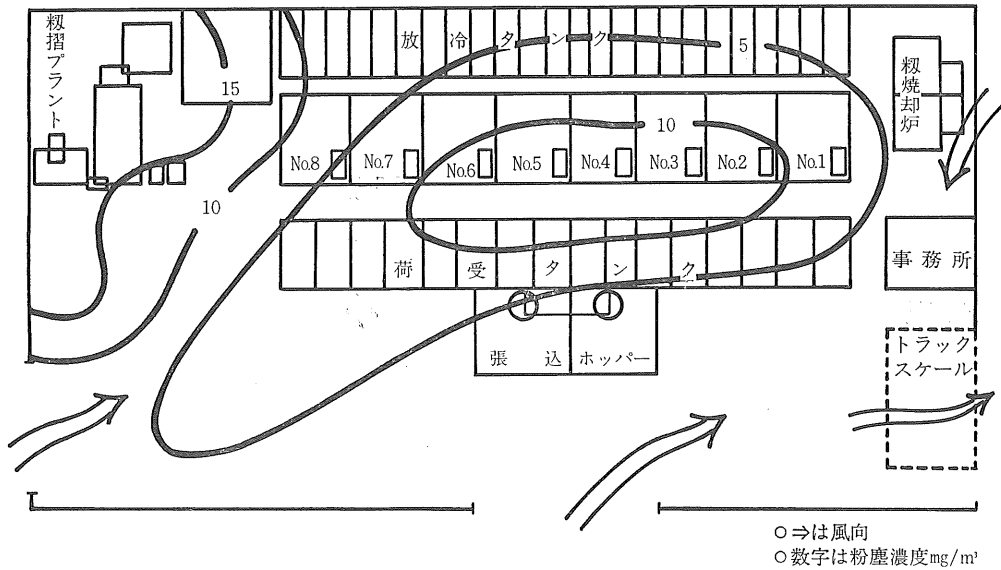


図 2.14 味方村第1ライスセンタ粉塵濃度分布図

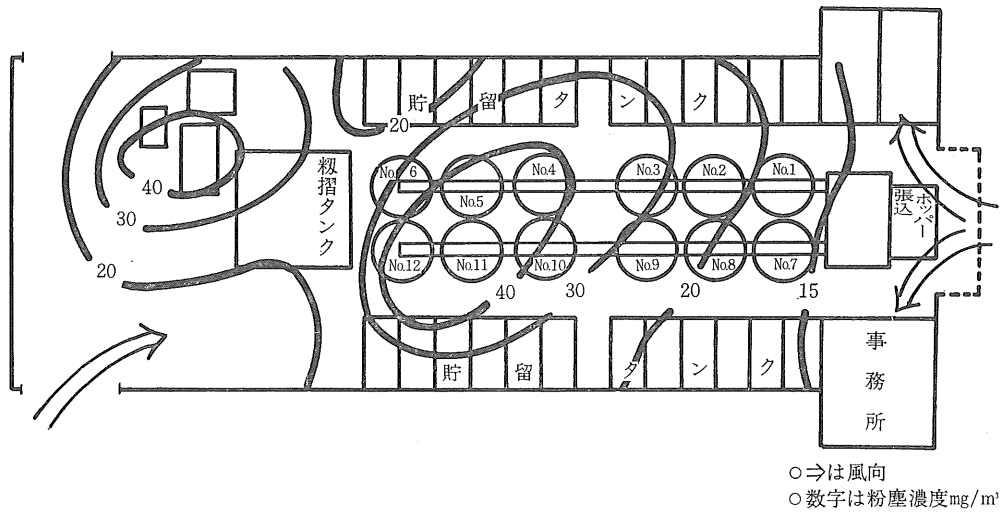


図 2.15 味方村第2ライスセンタ粉塵濃度分布図

表 2.11 各ライスセンタにおける粉塵の粒径分布

粒 径	味方村第1	味方村第2	川 越 市
5 μ 以下	58.0%	55.2%	58.1%
5 μ ~ 10 μ	14.9	14.2	10.3
10 μ ~ 25 μ	15.4	16.1	18.1
25 μ ~ 50 μ	5.9	9.0	10.5
50 μ ~ 100 μ	2.1	2.6	2.0
100 μ ~ 300 μ	3.3	2.9	1.0
300 μ 以上	0.4	0.0	0.0

表 2.12 乾燥機周囲と籾摺機周囲の粉塵粒径分布

粒 径	乾燥機周囲	籾摺機周囲
5 μ 以下	58.5%	51.8%
5 μ ~ 10 μ	12.8	17.5
10 μ ~ 25 μ	15.1	17.3
25 μ ~ 50 μ	8.5	6.8
50 μ ~ 100 μ	1.9	2.8
100 μ ~ 300 μ	2.8	3.7
300 μ 以上	0.4	0.1

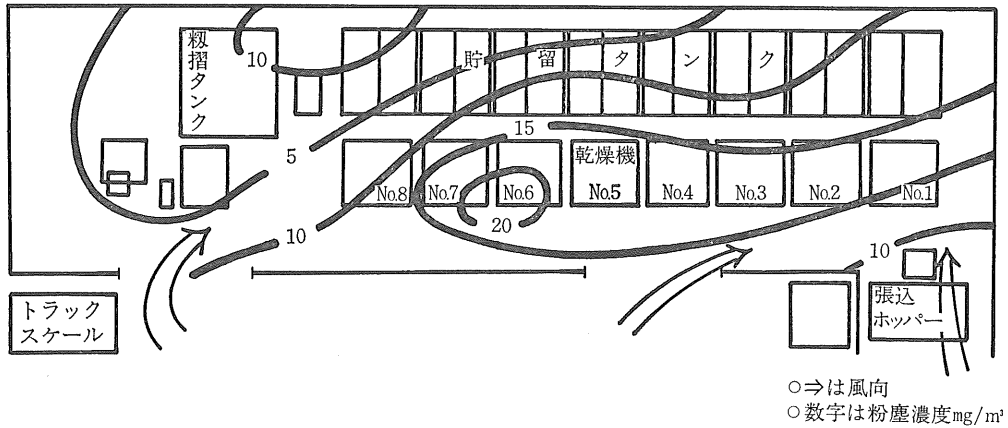


図 2.16 川越市ライスセンタ粉塵濃度分布図

表 2.13 ライスセンタの粉塵粒径分布

粒 径	粒 径 分 布
5 μ 以下	57.1%
5 μ ~ 10 μ	13.1
10 μ ~ 25 μ	16.5
25 μ ~ 50 μ	8.5
50 μ ~ 100 μ	2.2
100 μ ~ 300 μ	2.4
300 μ 以上	0.2

く、ライスセンタにおける浮遊粉塵の粒径分布は建物全体ではほぼ一様と考えてよい。したがって、ライスセンタの浮遊粉塵粒径分布は表 2.13 のようであると推定される。

2.3 カントリーエレベータの場合^{22)~25)}

2.3.1 目的

カントリーエレベータは、農業機械化に伴ってできた乾燥調製貯蔵施設の最も規模の大きいもので、その発塵量も多量であると予想されたので、従事者の吸塵による健康障害と発塵による周囲環境の汚染を防ぐための防塵策を検討する目的で、発塵状況と粉塵の形態について調査した。

2.3.2 調査方法

循環型乾燥機の場合と同じである。

2.3.3 調査内容

カントリーエレベータ内の平面的な粉塵濃度と、高度別（八郎渦のみ）の濃度、1日の平均的濃度等、種々の面から粉塵量の測定を行った。また、捕集した粉塵の粒径分布調査も行った（八郎渦のみ）。なお、粉塵中の稲わらや籾の粉碎による有機成分と土砂などの無機成分との

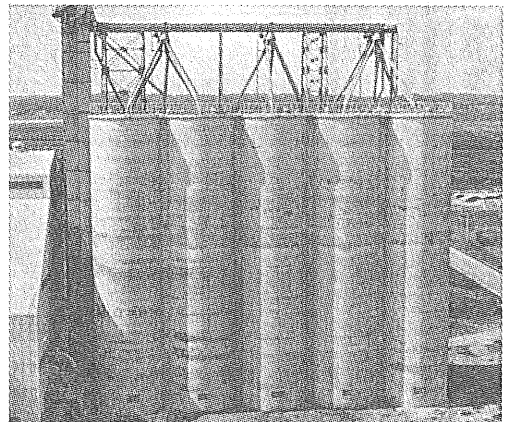


図 2.17 カントリーエレベータ外観（八郎渦2号基）

比率を知るため、捕集した粉塵の灰化重量も測定した。

2.3.4 調査施設の概要

表 2.14, 図 2.18, 22 及び 24 のとおり。

2.3.5 調査結果

2.3.5.1 乾燥作業時の粉塵

八郎渦カントリーエレベータの測定結果は、表 2.15 及び 16 に示すとおりで、これらを総合して、カントリーエレベータ（サイロ部分を除く）の平面的な粉塵濃度分布図（図 2.19）を作成し、一般的な粉塵濃度分布を求めると乾燥機からの発塵が主であることがわかった。また、1日中の平均粉塵濃度と、電動吸引ポンプによる短時間測定濃度分布にあまり変化がないことから、カントリーエレベータ内では、局所的な短時間の多量発塵は見られず、24時間を通して平均的な発塵であることがわかった。

表 2.14 調査したカントリーエレベータの概要

施設名	竣工年	規模	調査年月		備考	
			乾燥作業	籾摺作業		
八郎渦	1号基	43	5,000 t (500 t × 10)	46.10	47.3	設備配置は図2.18を参照のこと
	3号基	45				
	4号基	45				
	5号基	46				
	6号基	46				
吉田農協(石川県)	39	1,900 t	{ 225 t × 4 250 t × 4	48.9	49.3	設備配置は図2.22
下館市農協(茨城県)	47	2,000 t (250 t × 8)	48.10	—	設備配置は図2.24	

* () はサイロ1基の容量×サイロ基数

表 2.15 八郎渦カントリーエレベータ内の電動式吸引ポンプによる環境粉塵濃度測定結果(単位 mg/m³)

	第1号基	第3号基	第4号基	第5号基
火 炉 附 近	12.87	—	3.15	4.95
乾 燥 設 備 周 囲	11.70	—	29.69	25.53
生 籾 選 別 設 備 周 囲	0.45	—	4.49	0.23
ホ ッ パ ー ス ケ ー ル 周 囲	1.24	12.10	6.17	0.46
乾 燥 選 別 設 備 周 囲	1.51	—	4.68	1.21
サイロ入口附近	4.88	—	37.64	4.26
操 作 室 内	0.44	—	4.60	4.60

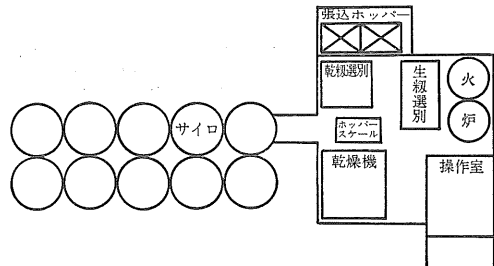
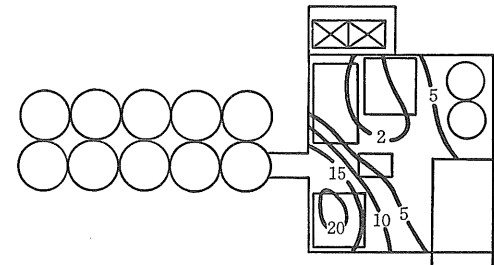


図 2.18 八郎渦カントリーエレベータ設備配置図

表 2.16 八郎渦カントリーエレベータ内個人サンプラーによる平均粉塵濃度測定結果(単位 mg/m³)

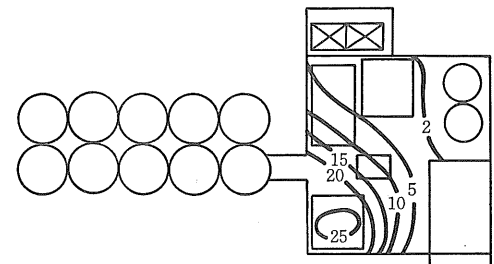
	第1号基	第3号基	第4号基	第5号基	第6号基
乾 燥 設 備 周 囲	52.02	8.79	16.08	2.46	13.44
ホ ッ パ ー ス ケ ー ル 周 囲	5.53	9.27	11.15	1.81	2.75
生 籾 選 別 設 備 周 囲	3.83	—	—	—	2.82
操 作 室 内	1.42	—	1.78	—	2.85
張込みホッパ周囲	4.22	—	—	—	3.08
階段上(中央部地上22m附近)	1.56	—	1.56	—	7.30



a) 電動式吸引ポンプによる粉塵濃度分布(mg/m³)

高さ別の粉塵濃度は、図2.20に示すように7.5~12.5m附近と、20m附近に濃度の高い部分があるが、これはカントリーエレベータ内の気温の分布と関係があるものと思われ、今後、温度分布の測定をも並行する必要があるだろう。

サイロ下部では籾の移送中に多量の発塵が見られたがその作業も時間が一定でなく、また、各号基とも10本のサイロが同時に稼働するのではないため、サイロ下部全体としての濃度分布をつかむことはできなかった(表2.17, 18)。しかし、表からもわかるように各号基間の



b) 個人サンプラーによる粉塵濃度分布(mg/m³)

図 2.19 八郎渦カントリーエレベータの粉塵濃度分布図

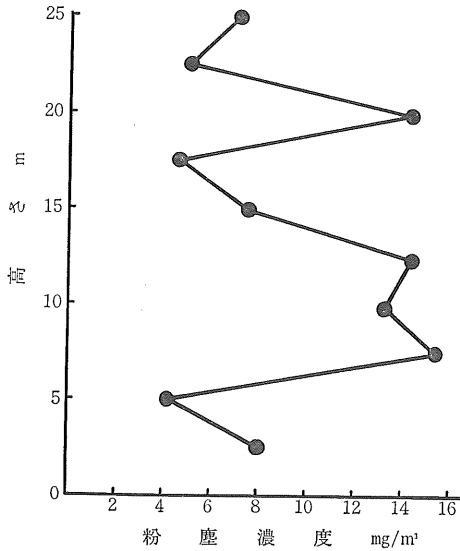


図 2.20 八郎瀧カントリーエレベータ内の高さ別粉塵濃度分布

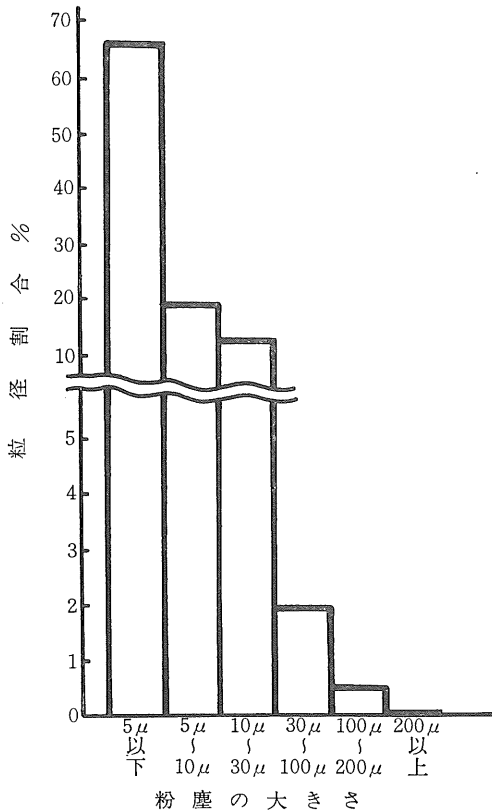


図 2.21 八郎瀧カントリーエレベータ内の粉塵粒径分布

粉塵濃度の差は大きいですが、全体としてみても1日中の平均濃度が48.8mg/m³とかなりの高濃度粉塵環境であった。

表 2.17 サイロ下部の環境粉塵濃度測定結果(八郎瀧)
(吸引ポンプによる)

	第1号基	第3号基	第4号基	第6号基
粉塵濃度(mg/m³)	42.00	100.25	31.95	72.70

表 2.18 サイロ下部の平均粉塵濃度測定結果(八郎瀧)
(個人サンプラーによる)

	第1号基	第4号基	第6号基
粉塵濃度(mg/m³)	34.84	91.31	20.30

表 2.19 カントリーエレベータ内粉塵の粒径分布(八郎瀧)

粒 径 (μ)	粒 径 分 布 (%)		
	室 内 浮 遊 塵	サイロ 下部粉塵	階段最上 部堆積塵
0 ~ 5	64.23	68.49	52.22
5 ~ 10	19.74	18.16	26.83
10 ~ 30	13.93	10.61	10.61
30 ~ 100	1.06	2.74	9.12
100 ~ 200	0.97	0	0.80
200 以上	0.07	0	0.41

表 2.20 吉田農協カントリーエレベータの粉塵濃度

No.	測 定 場 所	粉塵濃度 (mg/m³)
1	乾燥機排塵管下	103.53
2	精選機横	5.06
3	火炉横(壁側)	8.33
4	火炉横(サイロ側)	27.49
5	乾燥機横(サイロ側, コンベアの上, 地上30cm)	84.44
6	乾燥機と火炉の間	60.87
7	待機所	0.15
8	籾排出中のサイロ下	105.09
9	上記サイロの北側サイロ下(非稼動)	25.34
10	籾受入ホッパー(受入せず)	0.45
11	乾燥機と精選機の間	65.50
12	操作盤室内	0.20
13	乾燥機横(サイロ側)	45.66
14	乾燥機と火炉の間	40.64
15	サイロ下(非稼動)	5.75
16	上記サイロの南側サイロ下(コンベア だけ動く)	16.01
17	待機所	0.35
18	精選機へのエレベーターの横	0.85

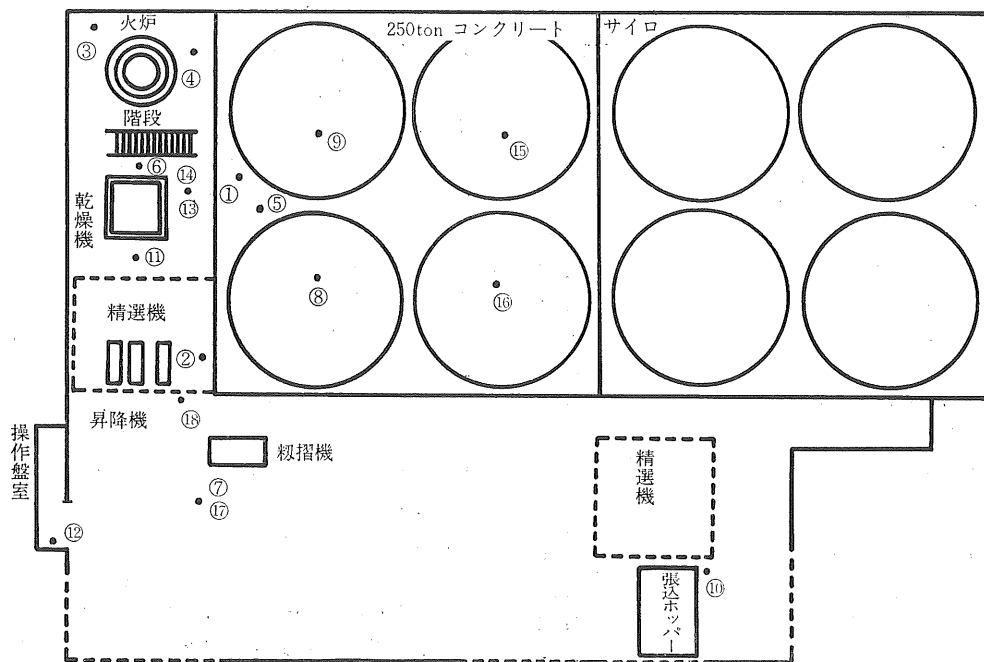


図 2.22 吉田カントリーエレベータ粉塵濃度測定地点

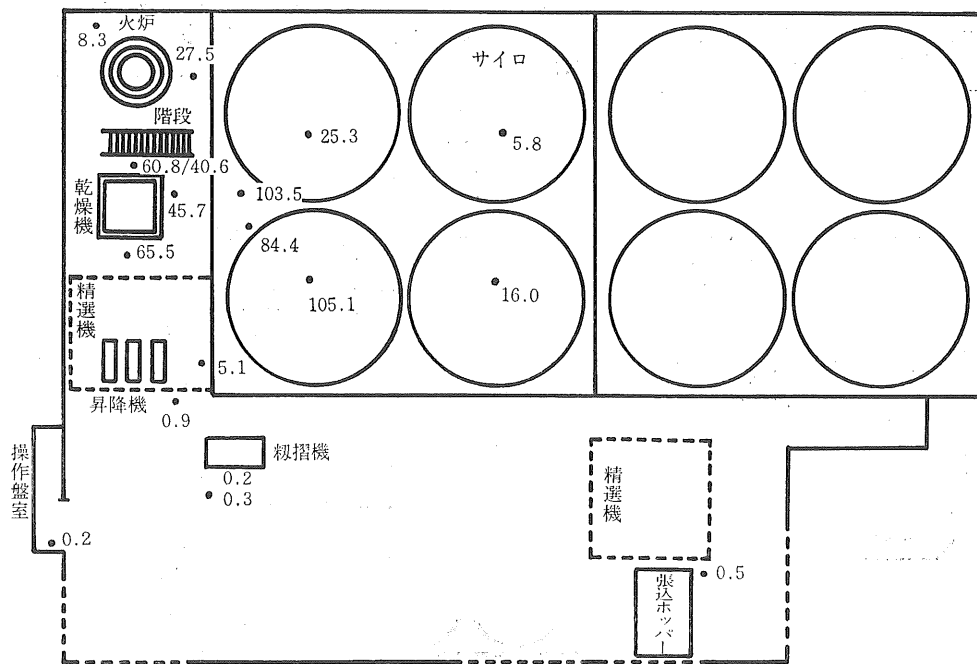


図 2.23 吉田カントリーエレベータ粉塵濃度 (単位 mg/m³)

浮遊粉塵及び堆積塵の粒径分布は表2.19に示すようであり、浮遊粉塵ではそのほとんどが 100 μ 以下の吸入可能な粉塵であった。

吉田農協カントリーエレベータの測定結果は表2.20, 図2.23のようになった。なお、本調査実施日前後は受入 粳の水分が高く、隣接した同農協ライスセンタ (昭47.9

表 2.21 下館市農協カントリーエレベータの粉塵濃度

No.	測定場所	粉塵濃度 (mg/m ³)
1	No. 3 サイロ下 (ベルト停止時)	2.94
2	No. 4 サイロ下 (ベルト停止時)	2.99
3	No. 5 サイロ下 (排出中)	2.79
4	No. 6 サイロ下 (排出中)	6.35
5	半乾籾受入中の張込ホッパー附近	130.48
6	操作室内 (操作盤の横)	2.56
7	操作室内 (計量機側)	0.34
8	計量器横	3.73
9	精選機下	2.95
10	乾燥機横, サイロ側	1.89
11	乾燥機横, エレベータ側	0.51
12	乾燥機横, 脱ブ粒タンク側 (乾燥機停止)	3.70
13	乾燥機横 (通風乾燥時)	3.37
14	乾燥機横, 風洞側	2.65
15	乾燥機横, No. 14 より壁側	0.55
16	火炉前	1.32
17	火炉送風管下	1.82
18	西側コンベア落下口上	2.24
19	乾燥機横, サイロ側	2.24
20	粗選機横 (3階, 地上約8m)	5.46
21	乾燥機横 (No. 12 の上方, 約6.5m)	4.09
22	乾燥機最上部 (No. 12 の上方, 約12.7m)	0.95

設置, 循環型乾燥機14台) で予乾後, カントリーエレベータに移送し, 本乾燥を行うようになっており, そのためカントリーエレベータは一部が稼動(測定 No. 8 のサイロのみ排出)しているだけであった。表2. 20, 図2. 23 からわかるように, 乾燥機周囲とサイロからのコンベア出口附近が高濃度発塵であり, 八郎瀧の場合と同じような傾向であった。また, 籾を排出しているサイロ下部は非常に高濃度であり, それが稼動していないサイロ下部の粉塵濃度を高めていたようである。

下館市農協カントリーエレベータの測定結果は表2. 21 図2. 25 のようになった。当施設は, 完成後の日が浅いこと(表2. 14) 及び, 除塵装置が設けられ発塵部分にはすべて排塵ダクトがあるため, 施設内の環境粉塵は他の2施設に比し少なかった。しかし, 籾受入れ時の張込ホッパー部は高濃度粉塵であった。

2. 3. 5. 2 籾摺作業時の粉塵

八郎瀧カントリーエレベータでは籾摺専用の作業場とカントリーエレベータ内の2カ所について調査した結果, 籾摺専用作業場での平均粉塵濃度は3. 60mg/m³, カントリーエレベータ内では7. 88mg/m³であった(表2. 22)。専用作業場内の粉塵濃度分布は図2. 20 のようになっていると考えられる。また, 浮遊粉塵の粒径(表2. 23) は5μ以下のものが82%で200μを超える長大なものはなかった。

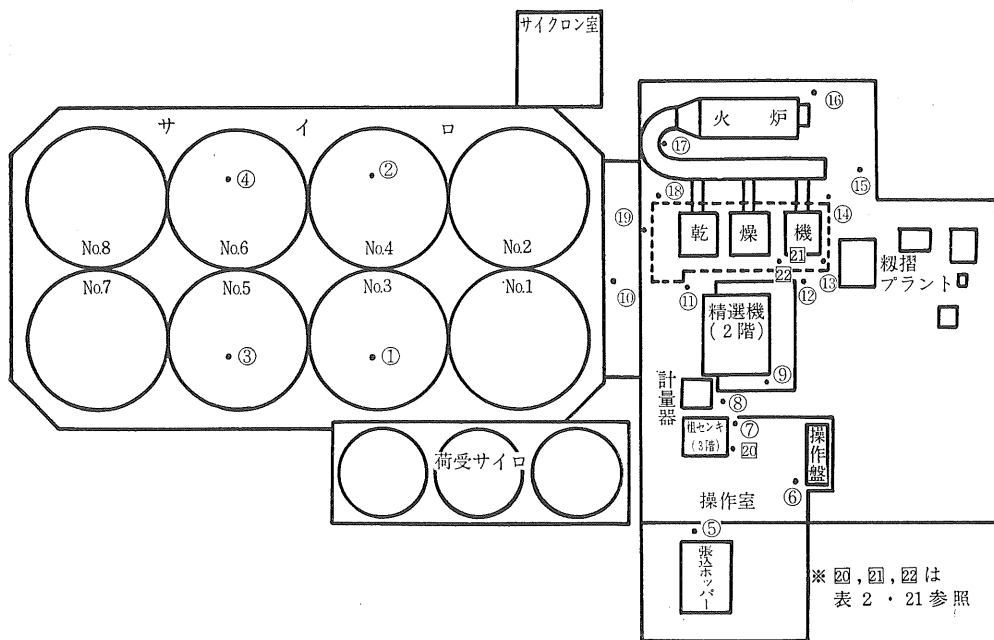


図 2.24 下館市カントリーエレベータ粉塵濃度測定地点

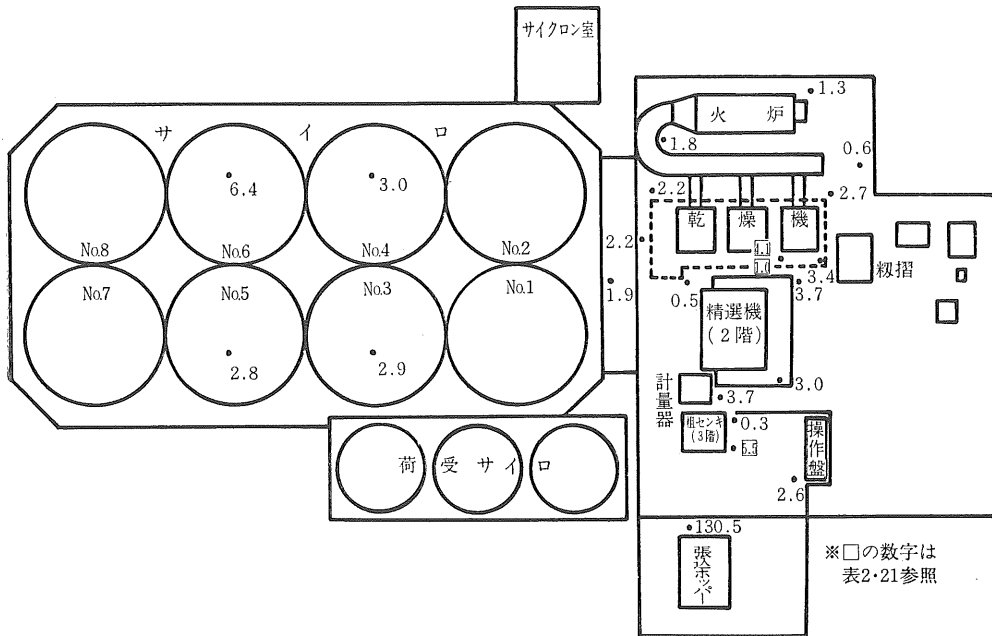


図 2.25 下館市カントリーエレベータ粉塵濃度 (単位 mg/m^3)

表 2.23 浮遊粉塵の粒径分布 (八郎潟, 籾摺)

大きさ	5 μ 以下	5 μ ~10 μ	10 μ ~30 μ	30 μ ~100 μ	100 μ ~200 μ
割合	81.7%	9.0%	7.0%	2.1%	0.2%

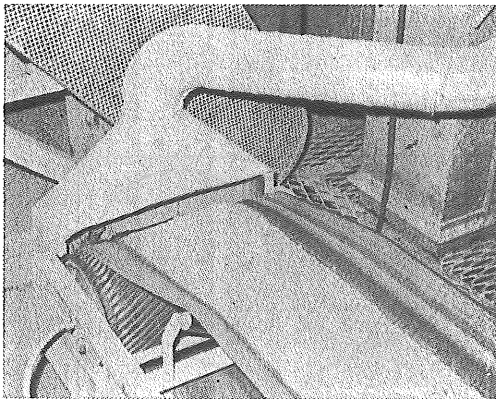


図 2.26 発塵部分に設置された除塵装置 (下館農協)

表 2.22 籾摺作業時の粉塵濃度 (八郎潟)

測定点	専用作業場	カントリー内作業場
室内中央(作業停止時)	2.1 mg/m^3	2.0 mg/m^3
〃 (作業時)	3.7	7.4
米選機周囲	3.5	4.9
籾摺機周囲	3.2	16.8
自動計量機周囲	3.9	2.4
操作室	2.1	—

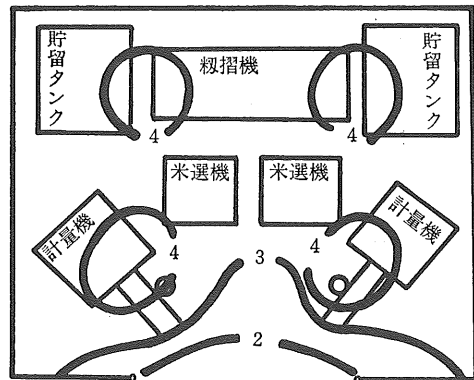


図 2.27 八郎潟カントリーエレベータ 籾摺専用作業場内の粉塵濃度分布 (単位 mg/m^3)

いので確認はできないが、観察によると乾燥作業時よりも粉塵が細かいと推定され、八郎潟での測定結果と同様な傾向にあるものと思われる。籾摺時の主な発塵源は、サイロより排出された籾を計量する附近と籾摺機用揺動選別機であり、それぞれ破損部分の修理を含めて排塵策を考える必要がある。

吉田農協カントリーエレベータの測定結果は、表 2.24 図 2.28, 29 のようになった。粉塵粒径の分析を行ってな

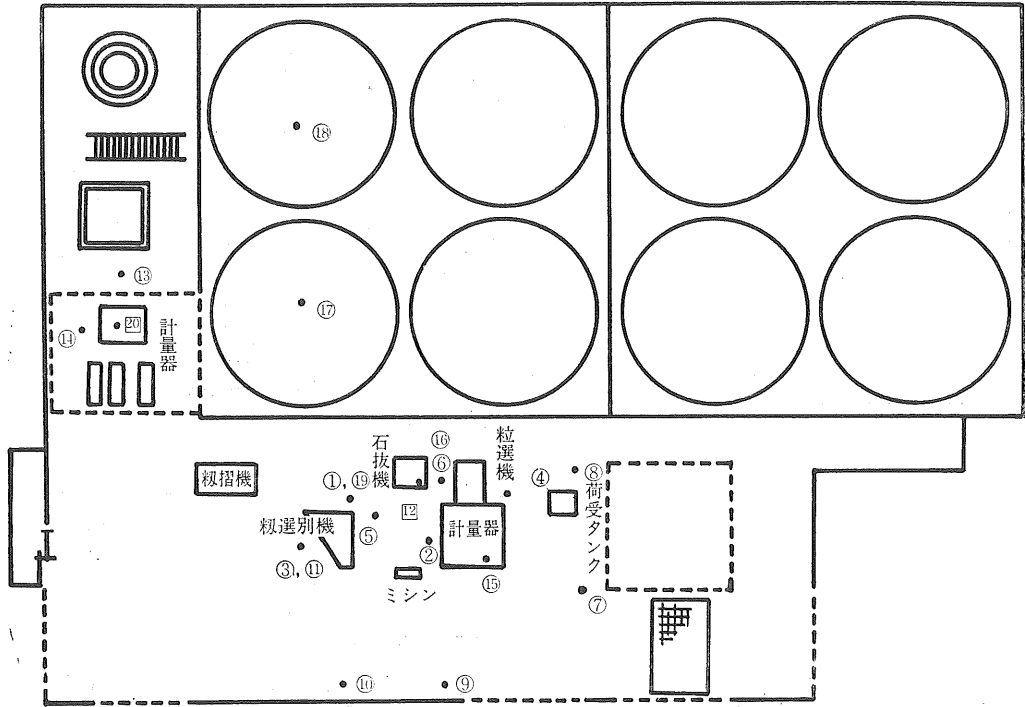


図 2.28 吉田カントリーエレベータ粉塵濃度測定地点(籾摺時) □の番号は地上2~4 m

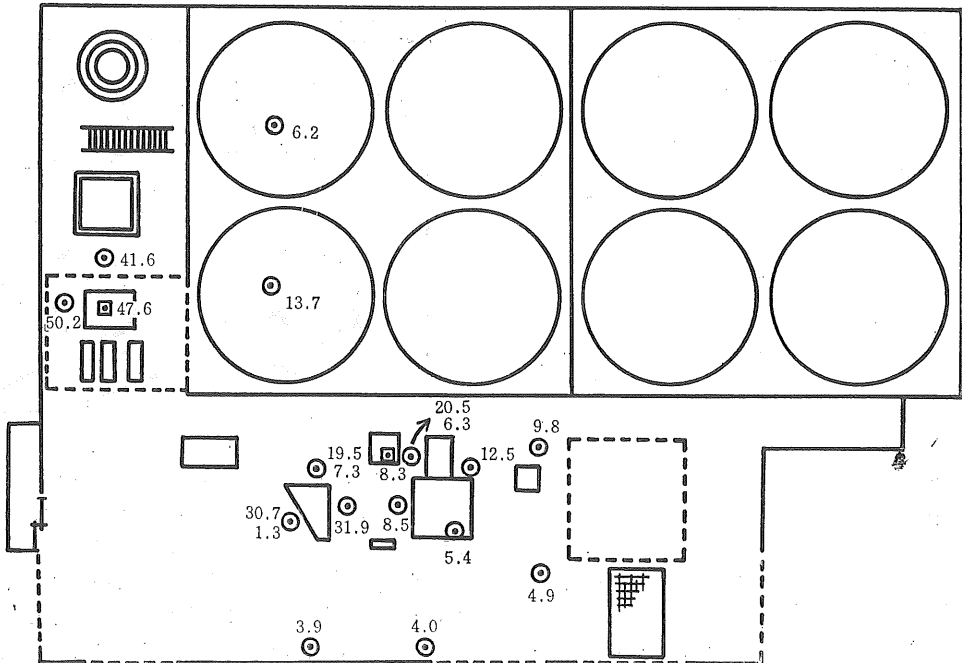


図 2.29 吉田カントリーエレベータ粉塵濃度 (単位 mg/m^3)

表 2.24 籾摺作業時の粉塵濃度 (吉田)

No.	測定場所	粉塵濃度 (mg/m ³)
1	籾選別機北側	19.5
2	計量器とミンソの間	8.5
3	籾選別機西側	30.7
4	計量器東北	12.5
5	石抜機と籾選別機の間	31.9
6	石抜機と粒選機の間	20.5
7	荷受タンク南	4.9
8	荷受タンク北	9.8
9	計量器南, 壁際	4.0
10	籾選別機南, 壁際	3.9
11	No.3と同じ場所(昼休, ルーフファンのみ)	1.3
12	石抜機上(地上 2.1m)	8.3
13	乾燥機と計量機の間	41.6
14	計量器西側	50.2
15	袋詰オペレータ肩口	5.4
16	No.6と同じ場所	6.3
17	籾排出中のサイロ下	13.7
18	上記サイロの北側サイロ下	6.2
19	No.1と同じ場所	7.3
20	計量器上(地上約 4 m)	47.6

注) No. 2, 4, 9 の計量器は籾摺後計量用
No. 13, 14, 20 の計量器は籾計量用

2.3.5.3 灰化重量¹²⁾

各カントリーエレベータの乾燥作業時に採集した堆積塵をろつばに入れ乾固重量を秤量後、ガスバーナを用いて灰化してから再び秤量して灰分量比を求めた。結果を表2.25に示す。一般に籾殻中の珪酸分(SiO₂)は乾物中20%あるいはそれ以上に達する場合がある²⁶⁾といわれているが、表2.25から、堆積塵の約15~30%が圃場の土壌が附着したものと推定される。

2.4 要約と考察

循環型乾燥機、ライスセンタ及びカントリーエレベータにおける籾の乾燥時の発塵状態について調査を行った。

循環型乾燥機から発生する粉塵の濃度は平均 5.50 mg/m³であったが、排塵装置の有無、有効性の違いによって機種間に大きな差が認められた。排塵装置の取付けによって乾燥機周囲の粉塵がかなり減少することは事実であるが、排出した粉塵の処理方法についてはまだ多くの問題があり、早急に積極的な防塵策を立てる必要がある。一方、排塵装置の有無にかかわらず、乾燥終了後の排穀は比較的短時間であるが、必ず作業者がそこにいるという背景で、非常に高い粉塵濃度であるので全体の

表 2.25 堆積塵中の灰化重量

	整理 No.	乾固重量 (a)	灰化重量 (b)	灰分量比 b/a	備考
八 郎 潟	1	1.65800	0.62188	37.5	3号基乾燥機 最上部にて採 集
	2	1.40573	0.54923	39.1	
	3	1.97525	0.69193	35.0	
	4	2.00390	0.69518	34.7	
	平均	—	—	36.57	
吉 田	1	2.60446	0.93157	35.8	乾燥機附近に て採集
	2	2.08096	0.77883	37.4	
	3	2.56112	0.93179	36.4	
	平均	—	—	36.53	
下 館 市	1	2.90359	1.37059	47.2	粗選機附近に て採集
	2	3.32212	1.66130	50.0	
	3	2.86132	1.47074	51.4	
	平均	—	—	49.54	
全平均	—	—	40.45		

粉塵とは別に対策を検討する必要がある。

ライスセンタにおける粉塵の濃度は使用している乾燥機等の機種や建物の構造、外の気象条件(特に風)によって異なるが、決して少ないとはいえない。今回調査した各ライスセンタでの共通の発塵源となっている所は、ホッパから貯留タンクへ、貯留タンクから乾燥機へ、乾燥機から貯留タンク等へ、籾が搬送される際の各パケットエレベータのつなぎ目部分である。次いで、貯留タンクの上部にふたがないためタンクに貯留する際に舞上がった粉塵が建物内に浮遊しているのと、乾燥機から吹き出す粉塵が多いようであった。また、建物内の粉塵をサイクロン等により建物外へ排出しているわけであるが、後処理が不十分なために一旦排出された粉塵が風や籾搬入車の出入等によって建物内に逆戻りしてくる可能性が強く、結果的には効率の良い集排塵装置が設置されていてもその効果はないと言えよう。

カントリーエレベータ内の粉塵環境もライスセンタの場合と同じことが言えるが、多くの施設においては、作業者は施設内の粉塵とは隔離された操作室内における監視が主作業であるため、粉塵の人間に対する影響は少ないと思われる。機械・施設の保守管理上からは、施設内の粉塵を少なくするような対策の検討が必要であろう。現実に下館市の場合には、集排塵装置が完備しているので、施設内の粉塵は少なく、今後の防塵策のよいモデル

となると考えられる。

次に、以上述べたような環境粉塵の中で働く作業者の健康について考えてみる。ライスセクタ、カントリーエレベータで働く作業者が専門化して長期間に渡って高濃度環境粉塵下で作業していけば、粉塵による健康障害の発生は将来起こるであろう。

では健康障害の発生を防止するにはどうすればよいのかということ、作業者が粉塵を吸入しないようにすればいいことである。それには、機械・施設から粉塵を出さないことと、人間が粉塵を吸入しないことの両方を行っていかねばならない。粉塵を吸入しない方法としては、作業個人個人が防塵マスクを使用することである。一方、粉塵を発生させないようにするには発塵部分の改良と、最終処理まで含めた機械・施設からの集排塵装置の開発改良が必要である。

現在のような環境下で発生するであろう健康障害の症状は粉塵の大きさと形態からみて「石綿肺」のように気管支変化を主とするものと予想される。単に肺胞腔内に粉塵が蓄積してじん肺結節を作り、だんだん肺機能の低下が起こるという「けい肺」タイプと異なり、粉塵が大きいという事から気管支の変化が強く、喘息のような症状があらわれたり、肺気腫、肺炎の合併等の症状を呈するものが多いと思われる。

じん肺以外の健康障害としては、粉塵による皮膚疾患(アレルギー)等も考えられる。

3 若干の農作業と発塵

三浦恭志郎*・石川文武*・中嶋彬恭**

摘要：粉剤農薬散布作業、落花生脱莢作業、牧草収穫作業について、粉塵発生状態、作業者の曝露実態を知るための調査を行った。

ヘリコプタによる農薬散布作業では、パイロットについては 5 mg/m^3 程度であったが、毎日の作業ということ、薬剤積込作業者については、年に数回の作業ではあるが、高濃度粉塵曝露であり、健康面からの対策が必要である。

落花生脱莢作業時、牧草収穫作業時の発塵状態は、一測定例にすぎず、今後の追加調査が必要である。

本章では、下記4種の農作業について、粉塵発生、作

業者の粉塵曝露量等の実態を把握するため行った調査の結果を述べる。測定例数は少ないが、前章との関連で参考供すべく、一章にまとめることとしたものである。

- 1) 粉剤農薬散布作業
 - a) ヘリコプタによる航空防除作業
 - b) 走行型動力散布機による防除作業
- 2) 落花生の脱莢作業
- 3) 乾草収穫作業

このうち、粉剤農薬については主として増量剤の浮遊粉塵を測定したことになるのであるが、当然農薬中毒の視点からの問題指摘が要求されるのであろう。しかしながら、環境粉塵量あるいは個人曝露量の調査結果は、塵肺・中毒両者にわたる基礎的な資料と考えられ、今回は中毒に関しては言及しないこととした。

3.1 ヘリコプタによる粉剤農薬散布作業の場合^{22), 23)}

3.1.1 調査場所等

調査は昭和46年7月、埼玉県川里村で行われたヘリコプタ(川崎ベル式47G3B-KH4型)によるバイジッド粉剤の共同散布作業について行った。この際の散布量は 3 kg/10 a であった。

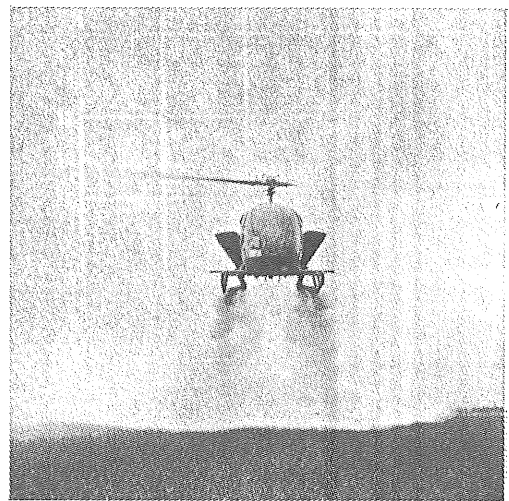


図 3.1 ヘリコプタによる農薬散布作業

3.1.2 調査内容与方法

地上での農薬積込み作業者とヘリコプタのパイロットに前章と同一型式の個人サンプラーを装着することによって個人の粉塵曝露濃度を、また、電動式吸引ポンプによって各種状況下での環境粉塵濃度を測定した。更にサンプラーの濾紙上に捕集された粉塵について、その粒径分布を調査した。

* 前出

** 前出



図 3.2 農薬の積込作業

3.1.3 調査結果と考察

表 3.1~3 に環境粉塵濃度等の調査結果を示す。

表 3.1 航空防除時の環境粉塵濃度

粉 塵 測 定 場 所	粉塵濃度 (mg/m^3)
薬剤積込み作業中のヘリコプタ薬剤タンク 附近	537.77
薬剤袋開け作業中の薬剤置場附近	4.71
ヘリポート附近	
ヘリコプタ着陸時から離陸時まで (ヘリコプタの前)	5.65
(ヘリコプタの後)	10.99
ヘリコプタ離陸時から着陸時まで	7.35
薬剤散布中の路上	
ヘリコプタ上空通過時	75.43
ヘリコプタ20m~50m斜上空通過時	7.86
ヘリポート附近の平均	3.11
散布作業終了後30分時の濃度	0.44

表 3.2 航空防除時の作業者粉塵曝露濃度

作 業 者	粉 塵 濃 度
薬剤積込み作業者	$17.43\text{mg}/\text{m}^3$
薬剤袋開け作業者	20.21

現地農民の本作業に従事する時間は、1回平均4~6時間、年間1~3回程度で、曝露時間としては極めて短い、表 3.1 の如く、薬剤積込時の機体薬剤タンク附近の粉塵濃度は極めて高く、また作業者の粉塵曝露濃度もかなり高い。

表 3.3 ヘリコプタ内(防除時)の粉塵濃度

粉 塵 測 定 内 容	粉塵濃度 mg/m^3
ヘリコプタ機内 (エンジン回転・ドア閉)	4.18
(エンジン停止・ドア開放中)	5.66
ヘリコプタパイロット個人曝露	3.67

ヘリコプタパイロットの粉塵曝露濃度及び機内の濃度は、作業従事が連日行われるという見方からすれば決して低濃度であるとは言えない。

散布前の農薬を採集した粉塵の粒径分布は図 3.3 に示すように、農薬のうち5~10 μ の大きさのものは散布によってやや破碎されるとみられ、環境粉塵は農薬増量剤としてのタルク(滑石)と珪酸鉱物(石英、長石類)が主であり、更にヘリコプタのロータの風によって舞い上がった路上の土が主たる成分となっていた。このうち、タルクや珪酸鉱物は塵肺の有害度から見ると高度有害粉塵であり、問題である。

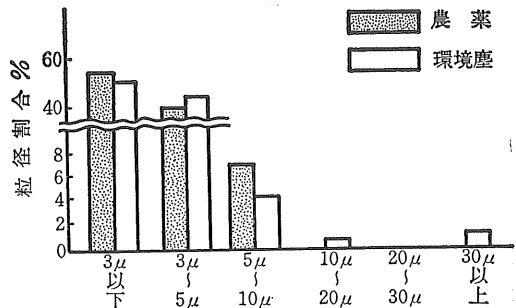


図 3.3 農薬及び環境浮遊塵の粒径分布

3.2 走行型動力散布機による粉剤農薬散布作業の場合^{22), 23)}

3.2.1 調査場所等

調査は昭和47年7月、埼玉県川里村の当研究所附属農場で行われた防除作業の際に行った。本作業は、46PS 乗用トラクタに動力散布機を装架し、長さ100mの多孔ホース噴頭を用いて、バイジッド粉剤を3~4kg/10a散布する作業で、作業人員はトラクタオペレータ1名、ホース端保持者2名である。

3.2.2 調査内容と方法

トラクタオペレータ及びホース端保持者に個人サンプラーを取付けて個人の粉塵曝露量を、また電動式吸引ポンプを用いてオペレータ周囲とホース先端附近の環境粉塵濃度を測定した。また、粉塵粒径分布も測定した。

3.2.3 調査結果と考察



図 3.4 多口ホース噴頭による農薬散布作業



図 3.5 多口ホース噴頭の端部保持風景

周囲環境と作業員個人の粉塵曝露濃度を表 3.4~5 に示した。ホース先端保持者の粉塵曝露濃度は図 3.6 に示すように風向きによってかなり異なるが、作業は一般に風の無い状態を選んで行われることが多いので、平均的には個人サンプラー値(表 3.5)が示すような高濃度粉

表 3.4 走行型動力散布機, 多口ホース噴頭による散布作業時の粉塵濃度

粉塵測定場所	粉塵濃度
トラクタ後部(散布中)	3.84mg/m ³
トラクタ前部(散布中)	47.44
トラクタ上部(薬剤積込み中)	125.94

塵曝露状態となる。

粉塵粒径分布は表 3.6 に示すように、ホース先端に行く程小さな粉塵が多くなるが、全体をみても 5 μ 以下の細かい粉塵がほとんどであった。

表 3.5 走行型動力散布機, 多口ホース噴頭による散布作業中の作業員粉塵曝露濃度

作業員	粉塵濃度
トラクタオペレータ	1.36mg/m ³
ホース先端保持者	27.19
薬剤積込み作業員	17.01

表 3.6 多口ホース噴頭による農薬散布時の粉塵粒径分布

粒径(μ)	粒径分布(%)		
	薬剤積込み中	トラクタ後部	ホース先端
0 ~ 3	16.3	28.2	59.3
3 ~ 5	77.3	61.0	34.4
5 ~ 10	5.2	8.6	5.6
10 ~ 20	1.2	2.0	0.7
20 ~ 30	0	0.2	0
30 以上	0	0	0

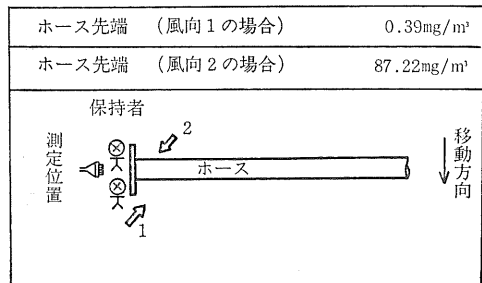


図 3.6 ホース先端保持者の風向変化による曝露濃度

3.3 落花生の脱莢作業の場合²⁷⁾

3.3.1 調査場所等

落花生の脱莢作業時には多量の粉塵が発生することが知られているので、その実情を知るため、昭和47年10月に農事試験場畑作部で行われた脱莢試験(屋外)の際に調査した。

3.3.2 調査内容

電動式吸引ポンプを用いて、脱穀機供給口作業員の周囲、一番口附近、三番口附近の3点について粉塵濃度を測定した(図 3.8)。

3.3.3 調査結果

脱莢試験時の環境粉塵濃度は表 3.7 に示すように非常に高濃度であった。すなわち、供給口作業員近辺の平均



図 3.7 落花生の脱莢作業

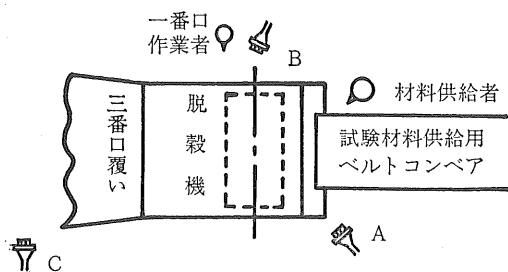


図 3.8 落花生脱莢時の粉塵濃度測定位置

表 3.7 粉塵濃度測定結果 (単位 mg/m³)

測定 図	第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回	第 5 回
Ⓐ点の粉塵濃度	284.00	44.29	35.16	183.92	429.26
Ⓒ点の粉塵濃度	253.38	135.45	78.85	93.38	—

注) 第 1 回は莢の量が少なかった。
第 4, 5 回は付着している土の量が多い。

粉塵濃度は 195.33mg/m³、一番口作業者の口もとと附近では 17.78mg/m³、三番口では 140.27mg/m³ であった。

3.4 乾草収穫作業の場合²⁸⁾

3.4.1 調査場所等

乾草の収穫(梱包及び積込)作業と収納作業について、それぞれの環境粉塵濃度を測定し、防塵対策の資料を得ることをねらって、昭和47年10月に群馬県菅浅間育成牧場で、チモシーの二番刈作業時に調査した。

3.4.2 調査内容

作業用車両のオペレータの個人曝露状態を個人サンプ

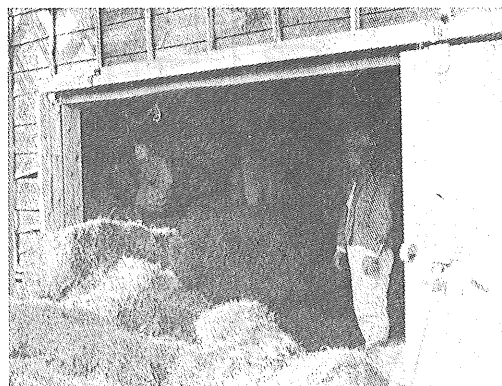


図 3.9 牧草の収納作業



図 3.10 牧草収穫作業時の発塵状況調査

表 3.8 乾草収穫作業の環境粉塵

作業名	測定項目	粉塵濃度 (mg/m ³)
ベラによる梱包作業	周囲の平均濃度	3.94
	オペレータの曝露濃度	1.20
べールの積込作業	トラックの上	3.20
	投上作業者の周囲	1.10
乾草収納作業	収納作業中	9.08
	収納舎内	1.90

ラーで、べール作業中と積込作業中の環境粉塵を電動式吸引ポンプを用い、自動車で追跡したり、作業者と共歩きながら測定した(図 3.11)。

3.4.3 調査結果

各作業における粉塵濃度を表 3.8 に示す。

3.5 要約と考察

稲刈乾燥作業以外の若干の発塵農作業について、その状態を把握するために調査を行った。

粉剤農薬散布作業は 1 日の作業時間も、また、年間を通じての作業回数もあまり多くないが、作業中の粉塵濃

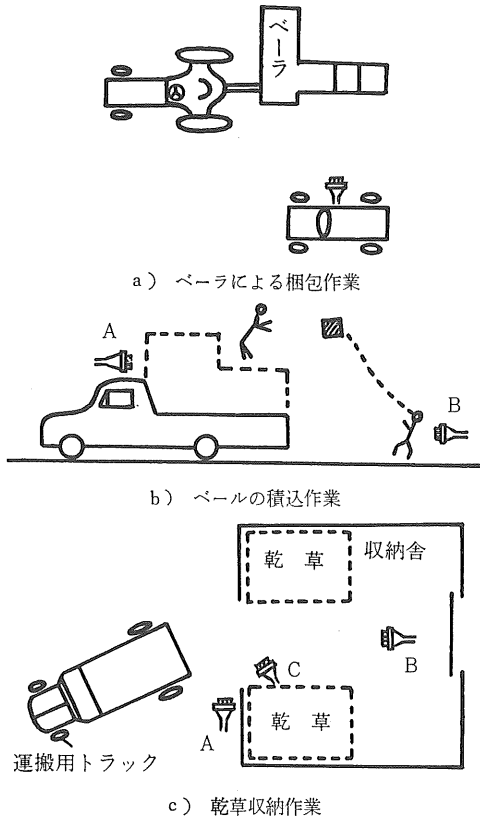


図 3.11 乾草収穫作業時の粉塵測定

度は他の作業に比べてかなり高い濃度であり、粉塵吸入による呼吸器系の疾患ばかりでなく、アレルギーや眼病等各種の疾病を起こしやすい。また、空気中に浮遊しやすい粉剤農薬の散布では対象作物以外への影響等周囲環境の汚染も起こしやすい。

これら人体への影響や環境汚染を総合的に解決するためには、粉剤農薬に代わるものとして液剤、微粒剤等を使うことが考えられるが、現在でもまだ多くの粉剤農薬が使用されており、今回の調査結果と同様な高濃度粉塵曝露は今後も続くと考えられる。何らかの個人防護対策と機械・農薬の改良が必要である。

落花生の脱莢作業時の粉塵については、今回の調査は屋外であること、試験のため作業が連続していなかったことなどの理由により一測定例にすぎない。今後は連続作業をしている場合について作業場所との関連において粉塵調査をする必要がある。

乾草収穫作業の粉塵調査は二番刈であったため水分が高く、粉塵量は夏の一番刈と比較して少ないと思われる。夏の作業についての調査が必要である。

4 農民の心肺機能に関する調査

佐野辰雄***・中嶋彬恭**・篠川英治***
三浦恭志郎*・石川文武*

摘要：新潟・埼玉・長野の各県下で延べ120名の農民等を対象に、粉塵の影響をみるための胸部X線写真撮影、心肺機能検査、農業歴の聞き取り調査を実施した。胸部X線写真の所見では、各地域にわたって粉塵による異常線状影の存在が認められ、農作業粉塵の吸入による塵肺の発生は否定し得ぬことを知り、有所見の発生は、地域・性別によって異なるが、農業歴20～30年で見られた。心肺機能検査の結果、肺機能が低下していると認められた者について、その原因を粉塵に帰し得るとは認められなかった。

本章は、第2、3章で報告したような農作業現場での粉塵調査と並行して考えるべき事項である農民の心肺機能について、昭和46年新潟県味方村で行った調査結果と、以前に労働科学研究所が独自で行った埼玉県北河辺村(当時・昭和42年)及び長野県白馬村(昭和43年)における調査結果とを併せて報告するものである²²⁾。

4.1 目的

農業従事者等の心肺機能検査によって、農作業粉塵が呼吸器に与える影響を調査し、もって疾病予防・発塵防止のための具体的対策を検討するための資料を得ることを目的とした。

4.2 調査内容と方法

4.2.1 調査内容

後述の調査対象者について次の調査を行った。

(a) 塵肺様陰影の有無を調べるための胸部X線写真の撮影

(b) 粉塵吸入による気管支変化、心肺機能低下を知るための心肺機能検査

(c) 呼吸器系疾患の現症・既往症の問診、農作業関係の経歴及び現在までの平均的な粉塵作業量等の聞き取り調査

4.2.2 調査方法

(a) 胸部X線写真は、労働科学研究所所有の塵肺検診

* 前出

** 前出

*** 労働科学研究所

表 4.1 心 肺 機 能 検 査 用 語

項 目	内 容															
一 秒 量(cc)	人が最大に吸入した空気を一気に呼出する際の一瞬間だけの呼出量															
一段呼出量(cc)	前述した呼出量の全量															
二段肺活量(cc)	人が最大に吸入した空気の量（吸入肺活量ともいう）															
最大換気量 (l/m ² /min)	人が一分間に換気（呼吸）できる最大の空気全量で、肺機能障害の有無の判定は身長体重からノモグラムによって求める体表面積で割った数値により行う															
	<p style="text-align: center;">最大換気量判定図</p>															
一秒率, (%)	一秒量と一段呼出量の百分比															
二段肺活比(%)	吸入肺活量と被検者の性別, 年齢, 身長から割り出した予測肺活量との百分比															
換気 の 型	右図に示すように一秒率と二段肺活比の%によって, 第1象限から第4象限に分類し, どの象限に属しているかによって下記の表により肺の機能を判定する。															
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">一秒率</td> <td style="text-align: center;">70%</td> <td style="text-align: center;">第2象限</td> <td style="text-align: center;">第1象限</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">第3象限</td> <td style="text-align: center;">第4象限</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">80%</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">二段肺活比</td> </tr> </table>	一秒率	70%	第2象限	第1象限	0	第3象限	第4象限			80%				二段肺活比	
一秒率	70%		第2象限	第1象限												
	0	第3象限	第4象限													
		80%														
		二段肺活比														
	<p>表 換気 の型と判定 (低下度)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>象限</th> <th>名 称</th> <th>判 定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>正 常</td> <td>正 常</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>拘束性障害</td> <td>軽 度</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>混合性障害</td> <td>中 等 度</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>呼出性障害</td> <td>軽 度</td> </tr> </tbody> </table>	象限	名 称	判 定	1	正 常	正 常	2	拘束性障害	軽 度	3	混合性障害	中 等 度	4	呼出性障害	軽 度
象限	名 称	判 定														
1	正 常	正 常														
2	拘束性障害	軽 度														
3	混合性障害	中 等 度														
4	呼出性障害	軽 度														

車搭載の装置により、塵肺検診に要求される基準に沿って、大四切版フィルム使用の直接撮影とした。

(b) 心肺機能検査は、スパイログラムメータを使用し実施し、最大換気量、1秒量、1秒呼出量、2段肺活量を測定し、換気の種類を求めた。なお、これらの検査項目については図4.1及び表4.1に簡単な説明をまとめておく。

(c) 既往症その他の聞き取り調査には、表4.2に示した調査表を用いた。

4.2.3 調査対象

調査地区としては、乾燥調製施設の環境粉塵を測定した新潟県味方村（第2章参照）を選び、一般農民とライスセンタ従業員あわせて53名（男41名、女12名）について調査した。なお、埼玉県北河辺村、長野県白馬村での

調査対象はそれぞれ24名（男12名、女12名）及び49名（男20名、女29名）の一般農民である。

4.2.4 診断基準

診断に当たっては、おおむね「塵肺の診断基準」¹⁷⁾（新労働衛生ハンドブック増補第3版 759p.）によったが、胸部X線写真については、一般の塵肺のように写真上の粒状影のひろがりの度合で判定するばかりでなく、石綿肺診断の場合と同様、気管支の変化及び異常線状影をも考慮して判定することとした。そして、上記基準における1型(けい)、2型、……の判定は用いず、表4.3に示す基準で、(-)、(±)、(+)、……の判定を行った。

4.3 調査結果

表4.4に地域別胸部X線写真所見結果を表4.5に、同じく地域別の心肺機能検査結果を表4.6に、X線写真所見

表 4.2 農業従事者の粉じん影響調査表

No. _____ 枠の中だけ御記入下さい。

調査月日： 年 月 日

氏名：	(男・女)	生年月日	MTS	年	月	日
現住所：	(歳)					

職歴：農業 年

農業以外の職業の経歴：職名 年

" 年

" 年

" 年

ライセンサーでの従事： なし, あり 年

前任歴：都道府県 年

" 年

" 年

" 年

喫煙歴：タバコ 吸う, 吸わない, 1日 本(キザミ)

何年吸っているか 年

農業散布：自分ではやらない, やる, 年に 回まく, まく時は1日に 時間位まく

脱穀：自分ではやらない, やる, 年に 日位やる, 1日 時間位やる

糶摺：自分ではやらない, やる, 年に 日位やる, 1日 時間位やる

マスク使用 有 無

マスクの種類 ()

I 既往歴

肺結核 歳 肋膜炎 歳

気管支炎(急性・慢性) 歳

ぜんそく(たまに, 時々, 殆んど常時) 歳

心臓の疾患 ちくのう症(その他鼻の疾患) 眼

皮膚(農業, もみがら等との関連) その他

II 現 症

でない A, 時々 B, よくでる C

	農 業 散 布	脱 穀	糶 摺	そ の 他
せ き				
た ん				
発 熱				
息 切 れ				
ど う き				
胸 痛				

備 考：作業種別にかかわらずCの場合はその他欄へD
 作業中にB, Cの場合は⑧, ⑨
 作業後にB, の場合はB', C'

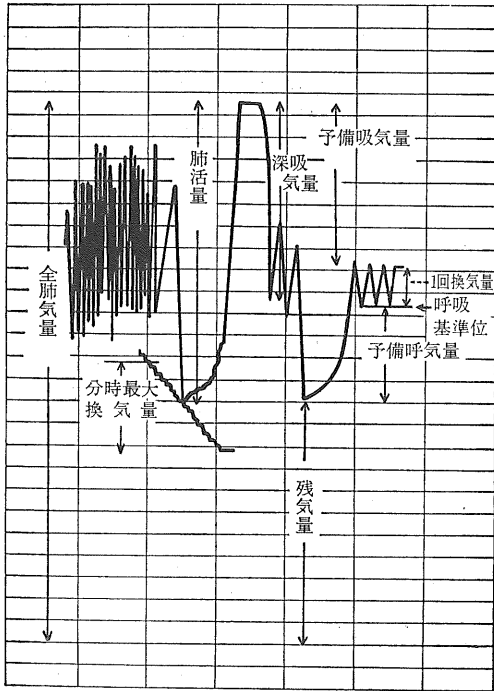


図 4.1 スパイログラムによる心肺機能測定模式曲線(労働衛生ハンドブック増補改訂第6版 1333p)

と心肺機能(換気型)との関係を示す。

4.4 考察

心肺機能検査の結果については、両地域とも肺機能の低下した者が数名認められたが、その原因を直接粉塵の

表 4.3 胸部X線写真判定基準

記号	判定基準
(-)	塵肺陰影がなく正常なもの
(±)	正常ではないが塵肺1型(肺中央部附近に粉塵陰影及びわずかな気管支の変化等の見られるもの)まで至らない陰影を示すもの
(+)	1型程度の塵肺陰影を示すもの
(++)	2型(全肺野に異常線状影または粒状影がみられ気管支の変化もみられるもの)程度の塵肺陰影を示すもの

影響とは認められない状態であった。

一方、胸部X線写真の所見では、各地域とも粉塵による異常線状影が認められ、中でも北河辺村の女性の中に、塵肺所見2型と同程度の(++)所見を示した者が3名もあり、農作業時の粉塵吸入による塵肺の発生は否定し得ない事を知った。

また、味方村と白馬村の結果を比較すると、白馬村の方が有所見の率が高い。さらに、有所見の発生と農業従事歴の関係をまとめると表4.7のとおりとなり、白馬村の方が、発生時期も早い。これらの違いについては、両地域の気象条件、農業形態(作付、年間農作業時間)などに起因すると推測される。そして、全般的にみて農業従事年数が20~30年の人々の中に、農業粉塵の肺内蓄積による異常所見が認められることがわかる。この点に関しては、より広汎な地域にわたり、種々の農業粉塵に接

表 4.4 地域別胸部X線所見結果

地域	味方村			白馬村			北河辺村				合計				
	(-)	(±)	(+)	(-)	(±)	(+)	(-)	(±)	(+)	(++)	(-)	(±)	(+)	(++)	
男子	20~29歳	10名									10				
	30~39	2		1	2						4		1		
	40~49	6	1		2	2		4		3	12	3	3		
	50~59	9	1		1	5		1	1	2	11	7	2		
	60~69	6	2		2	4				1	8	6	1		
	70以上	2	1			1	1				2	2	1		
	合計	35	5	1	7	12	1	5	1	6	47	18	8		
	85.4%	12.2%	2.4%	35.0%	60.0%	5%	41.7%	8.3%	50.0%	64.4%	24.7%	10.9%			
女子	30~39	3			2						5				
	40~49	4			6	4					10	4			
	50~59	1	2		3	7	1	1	2		5	11	1		
	60以上	2			2	4		1		5	3	5	4	5	3
	合計	10	2		13	15	1	2	2	5	3	25	19	6	3
	83.3%	16.7%		44.8%	51.7%	3.5%	16.7%	16.7%	41.6%	24.9%	47.2%	35.8%	11.3%	5.7%	

表 4.5 地域別心肺機能検査(最大換気量)

地 域		味 方 村			白 馬 村			合 計		
判 定		正 常	軽度障害	中等度障害	正 常	軽度障害	中等度障害	正 常	軽度障害	中等度障害
男 子	20 ~ 29 歳	10名						10		
	30 ~ 39	3			1	1		4	1	
	40 ~ 49	6	1		4			10	1	
	50 ~ 59	8	2		6			14	2	
	60 ~ 69	8			5	1		13	1	
	70 以上	3			2			5		
合 計	38	3		18	2		56	5		
		92.7%	7.3%		90.0%	10.0%		91.8%	8.2%	
女 子	30 ~ 39	3			1	1		4	1	
	40 ~ 49	4			7	3		11	3	
	50 ~ 59	3			6	3	1	9	3	1
	60 以上	2			4	1		6	1	
	合 計	12			18	8	1	30	8	1
		100.0%			66.7%	29.6%	3.7%	76.9%	20.5%	2.6%

表 4.6 地域別心肺機能検査(換気型の型)

地 域		味 方 村			白 馬 村			合 計		
判 定		正 常	呼出障害	拘束障害	正 常	呼出障害	拘束障害	正 常	呼出障害	拘束障害
男 子	20 ~ 29 歳	10名						10		
	30 ~ 39	3			2			5		
	40 ~ 49	7			4			11		
	50 ~ 59	8	2		6			14	2	
	60 ~ 69	6	2		5	1		11	3	
	70 以上	2	1		1	1		3	2	
合 計	36	5		18	2		54	7		
		87.8%	12.2%		90.0%	10.0%		88.5%	11.5%	
女 子	30 ~ 39	3			2			5		
	40 ~ 49	4			10			14		
	50 ~ 59	2		1	8		2	10		3
	60 以上	1	1		5			6	1	
	合 計	10	1	1	25		2	35	1	3
		83.4%	8.3%	8.3%	92.6%		7.4%	89.7%	2.6%	7.7%

表 4.7 有所見の発生と農業歴の関係

性	地 域	味 方 村	白 馬 村
	男		30 年
女		30 年	20 年

している作業者について調査が進められることが必要と考えられる。

5 農民の肺病変と粉塵との関連性

佐野辰雄***・佐野ハナ***

摘要：吸入粉塵と肺病変との関連性を見るため、70歳以上で死亡した男女農民各3例につき、肺大切片標本及び顕微鏡標本を作成し、肉眼・顕微鏡所見を得た。6例を通じて粉塵による軽度

*** 労働科学研究所

の線維化が認められ、うち4例については都市居住高齢者を越える粉塵吸入度と認められた。また、この4例に認められた広範な気管支変化は粉塵の影響下に徐々に発生し、主因は粉塵吸入によるものと考えられた。なお、非分離組織内の検索の結果、大小種々の鉱物塵の吸入が推定されたが、気管支変化の強いことで知られている50 μ にも及ぶ長大塵も見られ、これらの中には形態上何らかの植物塵とみられるものが含まれている点が問題として指摘される。

5.1 目的

農業労働に伴う発塵は多岐にわたるが、工場労働者と異なって、年間を通じて曝露が継続されるものでないことから、吸塵の影響についての研究は不十分であった。長年農業に従事した農民の粉塵による肺病変を検討して、今後の対策の基礎的資料とすることを目的とした。

5.2 研究方法

佐久総合病院（長野県南佐久郡、若月俊一院長）で昭和42年中に剖検した症例中より、70歳以上の男女農民各3例、計6例を選び、肺大切片標本及び顕微鏡標本を作製した。これらによって、粉塵と組織変化の関連性を見ることとした。

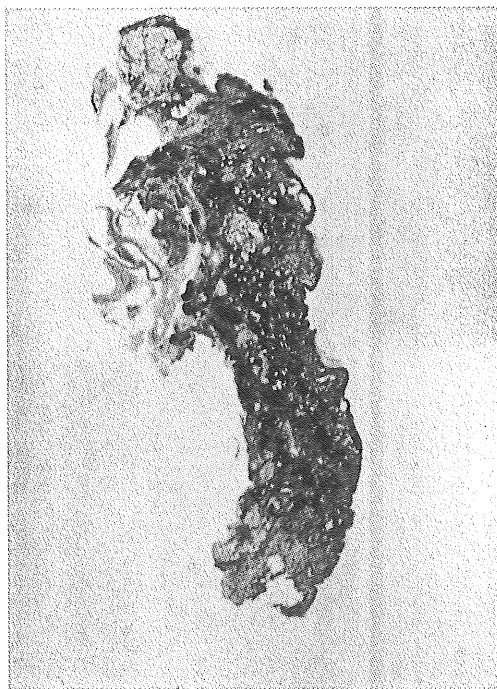


図 5.2 大切片標本(2)



図 5.1 大切片標本(1)



図 5.3 大切片標本(3)

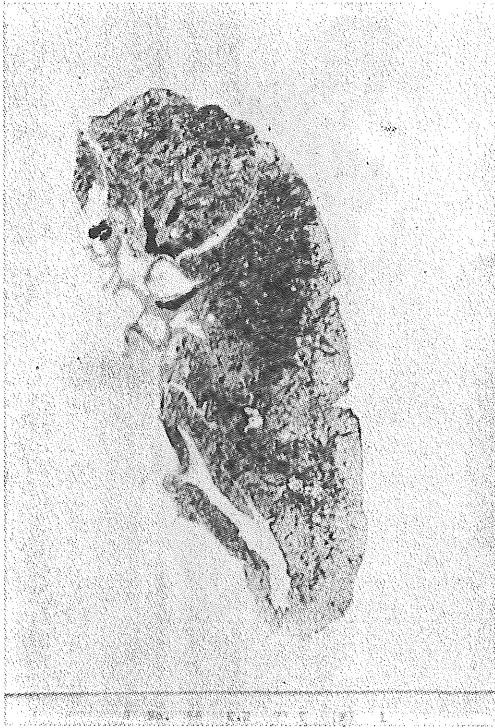


图 5.4 大切片標本(4)



图 5.6 大切片標本(6)

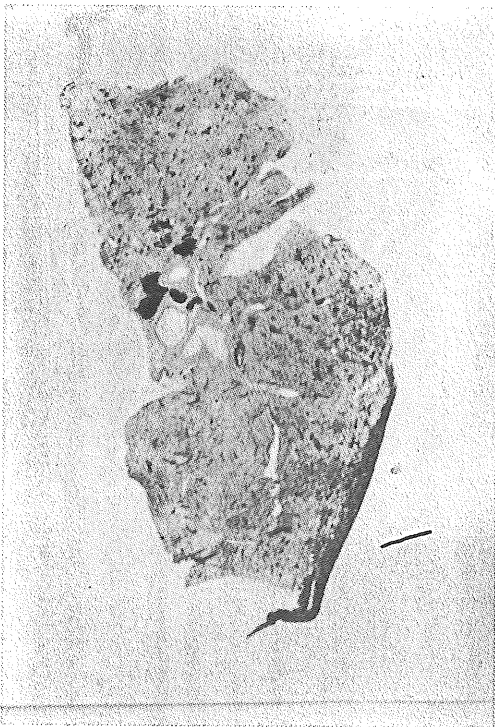


图 5.5 大切片標本(5)

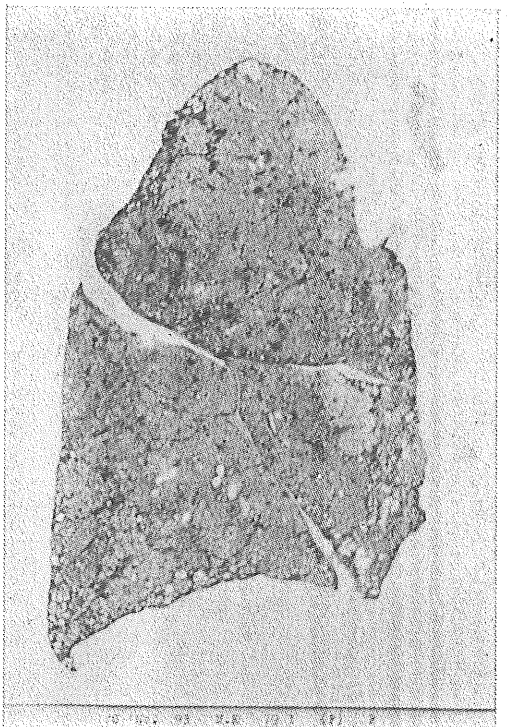


图 5.7 大切片標本(7)

表 5.1 大 切 片 標 本 所 見

No.	年 齢	性 別	粉 塵 変 化		肺 気 腫	
			粉塵集密度 (1mm以上個 数/10cm ²)	びまん性粉塵沈着 (肺野のひろがり)	局所肺気腫 (ひろがり)	嚢状肺気腫 (ひろがりと大きさ)
1	77	男	18 (++)	++	+++	+
2	72	男	13 (++)	+++	++	+
3	75	男	26 (+++)	+++	+	+
4	73	女	24 (+++)	+++	++	±
5	74	女	17 (++)	±	±	±
6	79	女	左 5 (±)	-	+	±
			右 5 (±)	+	++ *	++ *

* 細気管支拡張

表 5.2 顕 微 鏡 所 見

No.	肺 内 粉 塵						粉 塵 組 成 変 化		気 管 支 変 化		リンパ腺		主 所 見 ほか (△印は慢性気管 支炎を示す)
	1 ~ 2μ		5 ~ 10μ		10μ< 有機物 様大型 塵	粉塵集	肺胞内 粉塵細 胞	大 中 気管支	細気 管支	粉塵	線維化		
	黒褐色	透明	桿状 透明	褐色 不整形									
1	+++	+	+	+	+	+++	+++	++	+++	+	-	△ 肺炎, リンパ腺転位が ん有	
2	+++	+	+	+	+	++	+++	+++	+++	+	±	△ 所々に肺胞壁の線維性 肥厚	
3	+++	+	++	+	+	++	+++	+	+++	+	±	△ 肺胞壁肥厚	
4	+++	+	+	+	+	+++	++	++	+++	++	+	△ 一部肺胞壁に異型上皮 増殖	
5	++	+	+	+	+	++	+	++	+	++	+		
6	++	+	+	+	+	+	+	+++	+++			△ 肺炎, 細気管支拡張肺 線維症	

5.3 研究結果^{29), 30)}

各症例についての大切片標本の写真を図5.1~5.7に示す。これら大切片標本上の肉眼所見及び顕微鏡標本の組織所見を表5.1, 5.2に示す。これらの所見の基準等は以下のとおりである。

5.3.1 肉眼所見

肉眼所見は図5.1~5.7に示した大切片標本上に明示される。大切片標本は、250μ厚の全臓器大切片を作製し、濾紙上に貼布、永久標本としたものであるが、この標本は脱血して粉塵集、粉塵をより明確に示すようにしてある。

さて、検索・計測の対象は、粉塵集の密度、肺胞内、細気管支内に滞留する粉塵量、ひろがりに対応するびまん性粉塵沈着、粉塵と関連する肺気腫である。

粉塵集の数は、大切片上最も密度の高い部分(通常は肺の後上部)の10cm²内における1mm以上のものを計数し、19個/10cm²以上を(++), 13~18個/10cm²を(++), 7

~12個/10cm²を(+), 6個以下/10cm²を(±)とした。

びまん性粉塵沈着については、ほぼ全肺野にみられるものを(++), 部分的にみられるものを(+), その中間を(++), 部分的に疑わしいものを(±)とした。

肺気腫については、1.5~5.0mm大の肺胞を局所気腫、5.0mm以上に拡大した肺胞を嚢状気腫とした。局所気腫、嚢状気腫共、ひろがりを主として判定した。但し、嚢状気腫については20mmをこえるものがあれば、ひろがりは(++)でも(+++)と判定するのであるが、今回はこの種のものは見られていない。

これらの基準は、都市居住者の成人肺について調査する場合と同様の基準であり、したがって都市・農村居住者間の比較が可能である。

5.3.2 顕微鏡所見

顕微鏡標本では粉塵の正確な沈着部位、線維化の程度を、肺野・リンパ腺を主体に見、粉塵の大きさ、色調、形状と対比した。

粉塵巢の(+)の程度は、単一標本内の密度の概略であるが、肺胞内粉塵細胞の度合と共に、ほぼ大切片上の粉塵巢密度及びびまん性粉塵沈着の程度と対応している。

気管支・細気管支については、上皮細胞の粘液増加、基底細胞の増殖、扁平上皮化生、異型増殖、基底膜の肥厚、粘膜下組織の滑平筋増殖、膠原線維増加、混合腺の増殖・その排泄管の拡大など、慢性気管支炎所見をほとんど全例に見るが、そのひろがり程度に対応して、高度(卅)、中等度(卅)、軽度(+)とした。

リンパ腺は肺野より粉塵の集積する場所であるが、リンパ腺全体に粉塵のみられるものを(卅)とし、部分的なものを(+), その中間を(卅)とした。リンパ腺での粉塵の多いことは、肺野からの移行が円滑に行われたことを示し、肺野の粉塵量と対応しない場合もある。

5.4 考察

6例を通じて、粉塵は肋膜下リンパ組織、血管、気管支間質、肺門部リンパ腺に沈着し、珪肺にみるような強い線維化を示すものはみられなかったものの、いずれも軽度の線維化を示し、肺胞腔内で細胞にとられ、あるいは遊離の状態で存在するものはかなり多い。粉塵巢の密度とびまん性の粉塵沈着の両者を合わせると、症例 No. 70, 75, 82, 56の4例は都市居住の高齢者をこえる粉塵吸入度といつてよい。

肺内の粉塵は、非分離組織内での検索結果ではあるが、先に表示した様に1~2 μ の円形黒褐色、褐色塵を主としている。また、同大の透明塵、5~10 μ の桿状塵、褐色の不整形塵がみられる他、10 μ をこえ、50 μ にも及ぶ長大塵もみられ、この中には、形態上から何らかの植物塵とみられるものが含まれている。

これらの粉塵所見は、各種の発塵農作業による大小種々の鉱物塵(主として珪酸塩類)の吸入を推定させるが、大型の有機物様粉塵が少数であっても存在していることは問題である。一般に、大型粉塵は上部気道での捕捉・再喀出が多いが、肺胞にまで達するものもあり、5 μ をこえ、更には5 μ 以上に及ぶ粉塵が多数肺胞内に到達した例は、石綿肺・活性炭肺・黒鉛肺・滑石肺等によく知られている。これら大型粉塵の多くは、肺胞内滞留量が多く、また、気管支変化の強いことで知られている。

今回の6例中肺野内粉塵変化の強い前記70, 75, 82, 56の4例はいずれも強い気管支・細気管支の変化を示し、分布も広汎であって、慢性気管支炎像を示した。吸塵量が多くなると、当初は肺間質の変化が進行するが、次第に新しい吸入塵の移行がはばまれるようになる。こうなると、粉塵の大小を問わず肺胞内に滞留することと

なるが、これらの粉塵は細気管支炎を促進することになると思われる。

症例93は、粉塵量は少ないが炎症性変化は他例と比較して最も強く、以前からの感染の繰返しによる結果と見られる。この例でも、粉塵の存在部は他より強い線維化を示した。

粉塵の存在は間質における変化と合わせて、それ自身気管支炎症の主因となり得るが、他の炎症を合併しやすい組織素因・局所素因を形成する点も重要であろう。従来塵肺研究の結果から、上記4例にみられた広範な気管支変化は粉塵の影響下に徐々に発生したものであり、主因は粉塵吸入によるものと考えられる。

あとがき

昭和45年、我々が農業粉塵の研究に着手した当時は、従来のライスセクタに加えてカントリーエレベータが続々と稼働を開始し、また個人所有の乾燥機についていえば循環式堅型乾燥機が本格的普及に移っていた時代であった。その頃までは農業粉塵の実態を、特に農業機械の分野での対処法を念頭におきながら調査する、ということも行われておらず、また、農業粉塵の人体に与える影響、あるいは、粉塵吸入による障害の実態等についても、農作業ないし農業機械の視点からの整理はほとんど行われていなかった。そこで、我々はまず、文献的調査と一般的考察を行って、漠然とした粉塵問題に我々の立場からの問題整理を行った。その結果として出て来たのが、穀類乾燥調製施設を主対象とする発塵状態・従事者粉塵曝露状態の実態調査と、農民の粉塵吸入による健康障害の有無の調査の、いわば両面作戦による事態の究明であった。その調査・研究の経緯・結果は本文各章記載のとおりであって、ここに繰返す必要はないが、念のため、当時の我々が研究を通して固めて行った視座、注意すべき問題点、その後の農業粉塵問題に関する一般的な動き等を項目別に記して参考に供すると共に、本報告のしめくりとしたい。

1) 穀類乾燥調製時に発生する粉塵は、毛茸その他の植物体細片に由来する長大粉塵を含んでいるため、発塵量等の測定には、吸引法による濾紙上への捕捉という方法を用いたのであったが、その後ほぼ同目的の発塵量調査に、煙霧等の測定に用いる機器を用いた報告を二、三例見受けたことがあった。後者の場合、ある程度以上の大きさの粉塵はカウントされぬため、前者に比し3~4桁も小さい値を示すようである。測定対象粉塵の種類

と、評価法を考慮した測定法の選択が必要である。

2) 我々の発塵量調査の主対象は穀類乾燥貯蔵調製関係の機械・施設であったが、そこでの発生粉塵は当然、有機粉塵・無機粉塵の混合物である。この混合粉塵の測定評価に当たっての基本的考え方は「有機粉塵であっても難溶性である限り、塵肺の面から見た人体への影響は無機粉塵と異なるところがない」という佐野博士の説に根拠をおいたものであった。しかし、当然、有機・無機の粉塵の割合を知りたくるのであるが、簡単な方法はないようである。我々もこの目安を得るために灰化重量を求めたに止まる。

3) また、主対象に穀類乾燥貯蔵調製施設をとりあげた一つの理由に、防塵対策として工学的対策が比較的容易に考え得ようという見込みがあったことも挙げられる。実際、本文記載のとおり、すでに調査時点において防塵対策がとり入れられ始め、調査終了の時期から、共同乾燥調製施設等の防塵装置も補助金の対象に繰り込まれるようになった。この決定に対し、我々の調査がある程度の寄与をなし得たものと自負している。

4) その後、新しく建設される施設については、施設内の防塵装置は一応前提化されたのであったが、その設計基準なり、使用に際しての指導は必ずしも十分なものとは言えなかった。例えば、防塵のための吸引ブロー近傍に予想以上の発塵があると、吸引ダクトに穴をあけてその部分の粉塵を排除しようとしたため、本来の目的であった部分の吸塵作用が全くなくなるという、笑うに笑えない事例もあった。しかしながら、施設内の防塵は着実に向上したことは間違いない。更に設計基準等が整備されることを希む次第である。

5) 次の段階として、施設内で集められた粉塵の仕末の問題が浮び上がって来た。そして公害対策として、各種の、主として湿式の、集塵装置が導入されるようになったが、その性能は必ずしも十分満足しうる段階にあるとはいえないようである。粉塵の捕集効率の向上とあわせて、捕集した粉塵の最終的な仕末についても、なお検討・改良を加える必要があるであろう。

6) 穀類乾燥調製施設等の場合でも、またその他の我々が調査対象とした諸作業の場合でも、塵肺の視点からの調査であったことは本文記載のとおりである。一方、我が国の農作業に関連する塵肺問題を考えるときに忘れてはならないのはイ草の泥染め等一連の作業が、塵肺法に定める粉塵作業に含まれていることであるが、これは鉱物性粉塵の視点からのものであることに注意したい。

7) 我々が塵肺の視点から調査・考察を行ったということは、粉塵に起因するアレルギー疾患の問題を無視する意でないことも本文で記した。例えば英国では、農夫肺は農業における職業病として認定されており、牧草にカビの多発する湿潤な気候の年には特に注意が必要としている。他の例のいくつかは1章に挙げた。今後は我が国においても、この面での農業粉塵の問題がより多くの関心を集めるであろうと思われる。

8) 農業歴の長さや塵肺の関係、高齢の農民と都市居住者の肺の比較等については4章、5章に見るとおりであるが、これらの資料は非常に貴重である。

9) しかしながら、我々としては、粉塵に起因する各種健康障害に眼をうばわれるあまり、1章において人体への害を列挙した時、頭初に挙げた「作業に対する嫌悪感」という素朴な事項を軽視してはならない。作業環境については、それが健康的であることと、快適であることは、車の両輪の如きものであると認識されるからである。

10) 最後に、農業粉塵に関する機械分野の研究動向等について一、二記しておこう。農林水産省農事試験場では自脱コンバインでの防塵についてかねてから研究をすすめていたが、当研究所でも最近、コンバイン作業の快適性に関する一連の事項の一つとして、改めて発塵状態の調査を行っている。一方、かなり特殊な例としては、穀類粉砕機の発塵が甚しいことから、その発塵量を調査したり、メーカーに対して改良を要求した事例を持っている。本報告との関連でいえば、カナダでのコントリーエレベータ粉塵について、吉田の一連の報告^{31)~34)}があるが、残念ながら紹介する余裕がなかった。なお、諸外国の動きとして、トラクタやコンバイン車室内の粉塵濃度規制が示されて来ているようであり、具体的情報は持っていないが、1976年5月にはベルリンで、1977年11月にはカナダで、それぞれ農業粉塵に関する国際シンポジウムが開かれるなど、関心の高まっていることに注目しておきたい。

三浦恭志郎
石川文武

参考文献

以下にあげる参考文献のうち1)より30)までは本文中に何らかの形で引用したものであり、31)以降は、直接に引用はしていないが、我々が研究の間に農業粉塵への理解を深めるために参考とした文献である。

1) 佐野辰雄：人の肺・犬の肺、労働の科学、21巻2号、p 36-43、1966.2

- 2) 佐野辰雄: 有機粉じんの害と有機塵肺, 労研維持会資料, 労働科学研究所, 昭和41.7.14p.
- 3) 佐野辰雄: じん肺性粉じんの有害度, 労働の科学, 21巻11号, p. 48-53, 1966.11
- 4) 佐野辰雄: 粉じんによる肺疾患, 労働の科学, 22巻9号, p. 4-14, 1967.9
- 5) 佐野辰雄: 粉じんの許容度について—じん肺性粉じんの有害度, 第17回日本医学会総会学術講演集第1巻 p. 651-665, 1967.
- 6) 佐野辰雄: 日本のじん肺と粉じん公害, 労働科学研究所, 1977, 290 p.
- 7) Маврина, Е. А. : Профессиональные заболевания легких при обработке зерна и его продукции, Медицина, 1972, 136p.
- 8) Gofferje, H. : Quantitative und qualitative Lungenstaubuntersuchungen bei verstorbenen Personen aus der Landwirtschaft, Ein Beitrag zur Farmerlunge und Getreidestaubpneumokoniose. Dissertation, Rhein.-Westf. Hochschule Aachen, 1971, Seite 80
- 9) 富山県農試機械化実験農場: スロワーによる揚穀時の除塵装置の性能試験, 北陸ブロック昭和45年春季試験研究打合せ会議資料, 北陸農試編, 昭和45.3
- 10) 宮沢福治・小倉昭男・山内敏雄: 農作業環境の改善に関する研究—水稲の収穫調製作業における粉塵発生について, 農機学会34回要旨 p.134, 1975
- 11) 宮沢福治: 農業機械化と育種——作業環境と毛茸, 農業及園芸, 50巻4号, p.513, 1975.4
- 12) 三浦恭志郎・石川文武: 農業粉塵に関する研究——大規模乾燥調製貯蔵施設の粉塵, 昭和48年度事業報告, 農機研, p.53-54 昭和49.2
- 13) 寺島重信・萩原篤・森岡三生: 脱穀作業の発塵について, 日農医誌 22巻3号, p. 214, 昭和48.9
- 14) Freitag, J., Nicewicz, W. und Pleszczynski, W. : Untersuchungen über die Staubverdichtung beim Dreschen mit gleichzeitiger Bestimmung der Mikroflora des Staubes, Archiv für Hygiene und Bakteriologie, Bd 143 Heft 5, p.321-333 1959
- 15) 磯村孝二: 農村における慢性閉塞性呼吸器疾患の研究——とくに慢性気管支炎について, 日農医誌, 23巻2号, p. 77-86, 昭和49.8
- 16) Mönnich, H. T., Jürgens, W. W. und Scamoni, G. : Zur arbeitshygienischen Profilogie des Agrotechnikers/Mechanikers. Agrartechnik, 27. Jg., Heft 10, Oktober 1977, S 465/467
- 17) 例えば, 三浦豊彦ほか編: 新労働衛生ハンドブック 増補第3版, p.416-421, 労働科学研究所, 昭和52
- 18) 木村菊二: 同上 p.331
- 19) Чернов, Г. Г. : Требования техники безопасности и производственной санитарии к с.-х. машинами, Глава 14, Справочник конструктора сельскохозяйственных машин, Том 4, Издательство Машиностроение, с.514, Москва 1969
- 20) 代表的に, 野田喜代一ほか: 農作業に起因する呼吸器障害(農夫肺等)に関する研究, 日農医誌26巻5号 p.693-713, 昭和53.2
- 21) 中嶋彬恭・三浦恭志郎・石川文武: 農業粉塵に関する研究(第1報), 農機研研究成績, 昭和46.2, 55p.
- 22) 中嶋彬恭・三浦恭志郎・石川文武: 農業粉塵に関する研究(第2報), 農機研研究成績, 昭和47.3, 65p.
- 23) 中嶋彬恭・三浦恭志郎・石川文武: 農作業粉塵の実態, 日農医誌21巻2号, p.124 昭和47.9
- 24) 中嶋彬恭: 大規模乾燥調製施設における粉塵の研究——カントリーエレベーター内の初すり作業時の粉塵, 昭和47年度事業報告, 農機研, p.49-50, 昭和48.2
- 25) 三浦恭志郎・藤井清信・石川文武: 粉じんの発生及び処理状況調査 農林省委託大規模乾燥調製貯蔵施設調査事業報告書, 全農, 昭和49.3, p. 144-165
- 26) 吉田昭一・農研報告B-15号, p. 46 農技研, 1965
- 27) 中嶋彬恭: 落花生脱穀時の発じん濃度の測定, 昭和47年度事業報告, 農機研, p. 51-52, 昭和48.2
- 28) 中嶋彬恭: 乾草収穫時の発じん濃度の測定, 昭和47年度事業報告, 農機研 p. 53-54, 昭和48.2
- 29) 佐野辰雄ほか: 農業粉塵に関する研究——農業労働者の肺病変と粉塵との関連性, 昭和48年度事業報告, 農機研, p. 55-56 昭和49.2
- 30) 海老原勇: 農村における呼吸器疾患——その研究と対策の発展のために, 労働科学54巻2号, p. 51-76, 1978.2
- 31) Yoshida, K., Maybank, J.: Atmospheric grain dust contamination in the vicinity of prairie grain elevators, Part 1 Dust fall survey, Saskatchewan Research Council, Aug, 1974, 53p.
- 32) Yoshida, K. et al.: Design of sampling and analytical techniques for respirable grain dust—for correlation with a clinical study of pulmonary disease characteristics among grain handlers, Saskatchewan Research Council, May 1977, 31p.
- 33) Wallace, K. and Yoshida, K.: Size analysis of suspended dusts by Sierra cascade impactor using computer graphic method, Saskatchewan Research Council, Oct. 1977, 10p.
- 34) Yoshida, K., Maybank, J.: Physical and environmental characteristics of grain dust, Paper prepared for presentation at International Symposium on Grain Dust and Health, College of Medicine, University of Saskatchewan. Nov. 7-9, 1977, 19p.
- 35) —: Respiratory protective equipment. CIS Information Sheet, No. 9, ILO, May 1964 33p.
- 36) Remmele, W., Einbrodt, H. J.: Beitrag zur Kenntnis der Korkstaub-Pneumokoniose (Suberose) des Menschen. Frankfurter Zeitschrift für Pathologie, No. 72, S50/62, 1962.
- 37) Маларенко, Л. Г. и др.: Создание вентиляторов-пылеотделителей для кабин тракторов. Тракторы и Сельхозмашины, N.9, p. 11-13, 1972
- 38) —: 作業環境の許容濃度と測定法(特集), 労働の科学20巻10号, p. 4-23 1965.10
- 39) —: 粉じんとその障害(特集), 労働の科学 22巻9号, p. 4-39, 1967.9
- 40) —: 有機じん肺の病態と管理, 衛生関連学の進歩, p. 138-141, 1967 (第17回日本医学会総会衛生関係6分科会連合会) 及び日農医誌第17回日本医学会総会衛生関係6分科会連合会抄録号 p. 236-239, 昭和42.4
- 41) —: 集塵, 工場操作シリーズ19, 化学工業社 昭和43, 190p.
- 42) —: 化学装置設計資料 I~IV 化学工業社 昭和47 325p, 359p, 341p, 365p.
- 43) 阿部正俊ほか: 農作業場のじんあいに関する研究, 農機学会臨時大会要旨 p. 68, 1967.9
- 44) 石川孝夫: 農作業場における粉じん環境とその影響, 日農医誌17巻4号, p. 320, 昭和44.12
- 45) 磯村孝二ほか: 農村における慢性気管支炎の調査研究——とくに脱こくもみすりとの関連について 日農医誌17巻4号 p. 321 昭和44.12
- 46) 上田厚ほか: 除草労働にともなう呼吸器障害とその労働衛生的問題

- 点, 日農医誌22巻6号, p. 769-772 昭和49.6
- 47) 江崎広次ほか: 筑後地方におけるい草じん肺症について(II), 日農医誌22巻3号, p. 216-217, 昭和48.9
- 48) 海老原勇: 農作業による呼吸器疾患, 農機誌40巻2号, p. 273-277, 昭和53.9
- 49) 木村菊二: わが国における粉塵の測定法について, 労働科学43巻3号, p. 163-171, 昭和42.4
- 50) 木村菊二: 環境の粉塵濃度と個人曝露濃度(第1報)——個人曝露濃度の測定法について, 労働科学51巻3号, p. 135-141, 1975
- 51) 木村菊二: 同上(第2報)——同上, 労働科学51巻6号, p. 313-321, 1975
- 52) 木村菊二: 粉じんに関する規制と計測法, 農機誌40巻2号, p. 268-272 昭和53.9
- 53) 齊藤一: 農作業でも防塵マスクがいる, 労働の科学22巻3号, p. 3 1967.3
- 54) 大気汚染研究全国協議会第五委員会編: 除塵装置ハンドブック, コロナ社, 昭和44, 344p.
- 55) 田森行男: 浮遊粉じん測定法の現状と問題点, 日本の科学者, p. 282-286, 1975.6
- 56) 中馬豊: 機械の保守面から見た農場塵埃に関する研究——塵埃換気に関する二, 三の問題(その1), (その2), 農機学会九州支部誌4号, p. 1-7, 昭和29
- 57) 中嶋彬恭: 農村の粉じん, 労働の科学23巻6号, p. 66-67 1968.6
- 58) 中嶋彬恭: 農村の粉じん作業, 労働の科学23巻11号, p. 60-61 1968.11
- 59) 三浦豊彦: 変貌する労働環境, 労研, 昭和45, 362p.
- 60) 三浦豊彦・木村菊二: 図解粉塵測定法(5版) 労研, 昭和45, 104p.
- 61) 三浦恭志郎・石川文武: 農業粉じんの実態, 農機誌40巻2号, p. 278-282, 昭和53.9
- 62) 森嶋博・市川貢: ライスセンタの労働環境の改善について, 農機学会25回要旨, p. 111, 1966
- 63) 森嶋博・本橋圃司・瀬尾康久: ライスセンタ粉塵の爆発性について, 農機学会26回要旨, p. 121, 1967
- 64) Batel, W.: Staubbelastung und Staubzusammensetzung an Arbeitsplätzen der landwirtschaftlichen Produktion und daraus abzuleitende Belastungsgrenzen und Staubschutzmaßnahmen. Glundl. Landtechnik Bd.29 (1979) Nr.2, S.41/54.

Summary

Studies on Agricultural Dust

edited by

Kyoshiro MIURA and Fumitake ISHIKAWA

During the period of 1970 to 1975, the editors organized a series of studies on agricultural dust, which extended from bibliographic survey, on-the-spot/farm investigation of dust generation and concentration, to hygienical and medical studies. Certain parts of the studies were highly interdisciplinary or even purely medical; so the realization of the project would have been impossible without kind understanding and cooperation of the Institute for Science of Labor (Kawasaki, Kanagawa), especially of Dr. Med. T. Sano of the Institute, to whom the hearty acknowledgment is expressed.

The present report consists of five chapters and postscript, and for each chapter summarized below, the names of the authors with their affiliation are given after the titles of the chapters, where their affiliation is denoted with asteric(s):

* = Institute of Agricultural Machinery

** = Institute for Science of Labor

*** = formerly Institute for Science of Labor.

The most principal thinking about the problem of organic dust throughout this report is based on the pathogenetic theory, which claims "From the view point of pathogenesis of pneumoconiosis, it is not rewarding to discriminate between organic and inorganic dust. Long term inhalation of dust, organic or inorganic, and its sustained deposit in alveoli can cause pneumoconiosis of various types, if the dust is insoluble or scarcely soluble (Sano⁹⁾").

Chapter 1. Present and Perspective Trends of Studies on Agricultural Dust (Kyoshiro

MIURA* and Fumitake ISHIKAWA*)

General considerations were made on various agricultural works associated with dust generation and possible risk of dust on health and well-being of farm workers. Especially on grain dust, generated in such farm works as threshing, drying and processing, reported is a bibliographic survey on studies which deal with contents of grain dust and influence of dust on human health. Some results of our studies presented in the following chapters are also included in this review.

Though various individual techniques for preventing dust generation and dust inhalation are employed, further development in such techniques is required. As for allowable exposure limit, promotion of hygienical studies is required which takes much account of the dependence of farm works to seasons as well as of co-existence of organic dust.

Chapter 2. Dust Associated with Drying and Processing of Paddy Rice (Kyoshiro MIURA,* Fumitake ISHIKAWA* and Toshitaka NAKAJIMA***)

Studies were carried out on generation, characteristics and concentration of dust which is associated with operation of grain dryers, cooperative drying and processing facilities and country elevators for paddy rice.

For grain dryers of circulating type, revealed was a considerable difference of dust generation between dryers with or without dust collectors, or dryers with dust collectors of varied efficiency. Special attention should be paid to dense dust generation at the stage of discharging dried grains, and development of efficient dust collectors as well as reasonable method for handling of collected dust is required.

In cooperative drying facilities and country elevators, most of dust is generated at transfer points of grains, and at dryers themselves. Operators usually stay, in relatively dust-free operation room in these cases, so that the risk of dust on operators' health is scarce, but there remains a series of problems from the view point of the maintenance of machines and facilities. In the case of a country elevator sufficiently equipped with dust collectors, comfortable working environment was ascertained, while the problem of handling collected dust remained still unsolved as in the case of single dryers.

Chapter 3. Dust in Several Farm Works (Kyoshiro MIURA,* Fumitake ISHIKAWA* and Toshitaka NAKAJIMA***)

Dust generation, dust concentration and exposure of operators to dust were studied for several farm works : application of dust chemicals by means of helicopter or tractor mounted power dustur, peanut threshing and harvesting and handling of hay.

For application of dust pesticides by helicopter, the dust concentration at the cockpit of helicopter was about 5 mg/m³. Apart from the intoxication, this amount is not so high, but service for long duration should be taken into consideration. Assistants on ground(farmers), who replenish dust chemicals to helicopter tank, do this job only a couple of times per year, but they are exposed to malignant dust of high concentration. From these facts, it was pointed out that counter measures to protect health of both pilot and assistants are necessary.

For other works, only a few measurements were so far reported and further investigation is required.

Chapter 4. Cardio-Pulmonary Function of Farmers (Tatsuo SANO,** Toshitaka NAKAJIMA***, Eiji SHINOHARA,** Kyoshiro MIURA* and Fumitake ISHIKAWA*)

The influence of dust on farmers was surveyed with 120 farmers in 3 prefectures of Niigata, Saitama and Nagano, the items of investigation being chest radiograph, cardiopulmonary function tests and inquiries on personal career in agriculture. Radiographic findings of linear shadows due to inhalation of dust were obtained for several cases in every prefecture, which indicated the existence of pneumoconiosis due to inhalation of agricultural dust. Farmers showed radiographical findings after 20 to 30 year duration of work, varying with region and sex. From cardio-pulmonary function tests, impairment of respiratory function could not be attributed to inhalation of dust.

Chapter 5. Pathohistological Changes in Lung and Agricultural Dust (Tatsuo SANO** and Hana SANO**)

For clarifying the possible relationship of inhaled dust to changes in lung, large section and microscopic specimens of lung of three male and three female farmers, who died in their seventies, were prepared and inspected. Visual and microscopic findings are summarized as follows.

Light fibrosis was observed for each of 6 cases, and 4 of them gave the estimation of dust inhalation which exceeds that of aged urban inhabitants. Wide spread bronchial changes which were observed in these 4 cases were supposed to have occurred gradually under the influence of dust, and the main cause of these changes was attributed to the inhalation of dust. Inhalation of mineral dust with various sizes was inferred from the detection of not isolated tissues, and fibrous dust as long as 50 microns, which often gives strong bronchial changes, was also observed. It was pointed out as a problem, that there existed such dust as is presumably of some botanic origin, as far as judged from its shape.

In postscript, the editors gave some additional comments on measuring method of dust, legal aspects of pneumoconiosis and allergic diseases due to agricultural dust, some topics from studies carried out after 1976, etc. Mentions were also made of the significance of comfort of working environment, in other words the seriousness of aversion to dusty works,

(Transl. K. Miura)

Tech. Rep. Inst. of Agric. Mach. 15 : 1—37 (1981)

大豆刈取機の開発研究（第1報）

杉山隆夫*・江崎春雄**・鈴木正壯***・今園支和****・間中正雄*

1980-12-16 受理

抄 録

杉山隆夫・江崎春雄・鈴木正壯・今園支和・間中正雄：大豆刈取機の開発研究（第1報）農機研報15：39-56（1981）

稲作転換対策，水田高度利用対策，水田再編対策等の政策が施行される以前から，転換畑における大豆作の必要性が高くなると想定し，大豆刈取機の研究を開始した．本報告書は歩行型1条用大豆刈取機の開発研究の経過を述べたものである．1973（昭和48）年度の1号機（BH731型）より，1979（昭和54）年度の5号機（BH795型）まで刈取機を試作し，圃場試験を行い，改良を重ねた結果BH795型において実用化の見通しが得られた．

本報告書では初期の試作機（BH731型，BH742型，BH753型）について，それらの試作経過ならびに圃場試験結果を報告する．

第2報ではBH784型，BH795型について報告する．

1. 緒言

米の生産調整による第1次稲作転換対策が1971（昭和46）年度から5か年の計画期間をもって実施された。

それに伴い，水田転換畑へ飼料作物，大豆等の畑作物

を導入し，定着させる技術の早急な開発が各方面から強く要請された。この中でも重要なタンパク源のひとつでありながら自給率の低い大豆については刈取り作業の投下労働時間に占める割合が高く，大豆栽培拡大のために

表1 試作機の試験内容一覧

	試験年月日	試験場所	供試品種	試験の概要
BH731型	1973.9.26	北海道帯広市農家圃場	光小豆	作業精度試験及び作業能率試験
	1973.10.4~10.6	埼玉県農試水田転換現地実証畑	タチスズナリ	同上
	1973.10.9	農機研附属農場	同上	刈取り状況の観察
	1973.10.15	埼玉県農試圃場	同上	作業精度試験
	1973.10.26	茨城県金砂郷村農家圃場	納豆大豆	刈取り状況の観察
BH742型	1974.9.27, 10.7, 10.24	農機研附属農場	タチスズナリ	作業精度試験及び作業能率試験
	1974.10.14	埼玉県農試水田転換現地実証畑	エンレイ	作業精度試験及び刈取り状況の観察
	1974.10.22	長野県下農家圃場	同上	刈取り状況の観察
	1975.10.9	埼玉県農試圃場	タチスズナリ エンレイ	作業精度試験及び作業能率試験
	1975.10.22	埼玉県農試水田転換現地実証畑	エンレイ	作業能率試験
BH753型	1975.10.6	農機研附属農場	タチスズナリ	作業精度試験及び作業能率試験
	1975.10.9	埼玉県農試圃場	エンレイ	作業精度試験
	1975.10.22	埼玉県農試水田転換現地実証畑	同上	作業能率試験及び刈取り状況の観察

も刈取り作業の機械化が要望されていた。

農業機械化研究所（以後略して農機研とする）においては農林水産省農林水産技術会議からの要請により，小区画の水田を転作する時に必要と考えられる小型の大豆

* 研究第2部

** 研究第2部（現筑波大学農林工学系）

*** 研究第2部（現検査部第5検査室）

**** 研究第2部（現農林水産省畑作センター）

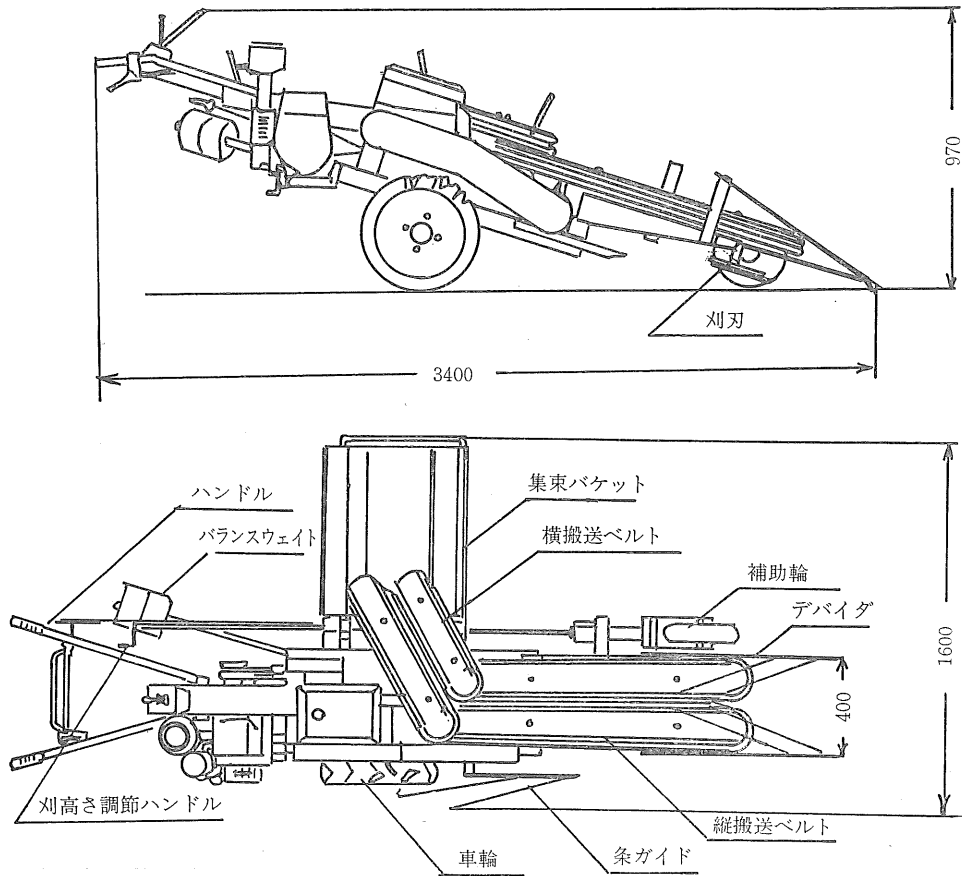


図1 BH 731型大豆刈取機

刈取機の開発研究に着手した。

1973(昭和48)年度より毎年1台ずつ3年間にわたって、1号機(BH731型)、2号機(BH742型)、3号機(BH753型)と試作を繰り返し、歩行型1条用大豆刈取機の基本的な構造を確立した。この結果を第1報に報告する。更に実用機としての完成を目標とした4号機(BH784型)、5号機(BH795型)の試作研究を行ったが、この結果については第2報に報告する。

なお、この開発研究に当たっては有限会社川崎鉄工所、上森農機株式会社に試作のご協力をいただき、圃場試験に当たっては北海道立十勝農業試験場、埼玉県農業試験場及び当所附属農場竹村義一氏のご協力を得たことを記して深甚の謝意を表する次第である。

2. 開発目標

この研究を開始した昭和47年当時、圃場区画の広い北海道畑作地帯では大豆等豆類の大型機械化体系が確立し、乗用トラクタ搭載型の2条用豆類刈取機が普及して

いた。しかし小区画圃場の多い都府県では機械化が全く進んでいないのが現状であった。

北海道で普及していた豆類刈取機や水稲用バインダの導入が考えられたが前者の場合、小区画圃場の多い都府県の圃場では大型すぎたり、重すぎたりして適応しにくい点があった。一方、後者の場合、適応条件が厳しく、かつ穀粒損失も多いなどの問題があり、小区画圃場の大豆に適した刈取機が見当たらないのが現状であった。

そこで、小区画圃場の大豆に適した、小型軽量な歩行型1条用大豆刈取機を開発する目的で研究を行った。

3. 大豆刈取機の試作と性能

3.1 研究方法

大豆刈取機を開発するために毎年1台ずつ、順次改良を加えながら1号機、2号機、3号機の計3台を試作した。

各々の試作機について、その問題点と改良の方向を探るため、種々の条件下で作業性能試験並びに刈取り状況

表 2 主 要 諸 元

供 試 機 械				B H 731 型	B H 742 型	B H 753 型	
機 体 の 大 き さ	全 長	mm		3400	1900	1950	
	全 幅	mm		1600	1400	1580	
	全 高	mm		970	1080	1080	
	全 重	kg		390	140	150	
	最 低 地 上 高	mm		150	170	170	
走 行 部 部	搭 載 機 関 出 力	PS		4.5	2.3	2.3	
	変 速 段 数			前進 3 段, 後進 1 段	前進 2 段, 後進 1 段	前進 2 段, 後進 1 段	
	走 行 速 度	前 進	1 速	m/s	0.30	0.54	0.54
			2 速	m/s	1.00	0.94	0.94
			3 速	m/s	2.00	—	—
後 進		1 速	m/s	0.60	0.65	0.65	
標 準 作 業 速 度	m/s		1.00	0.94	0.94		
デ バ イ ダ	形 式	mm	棒状デバイダ	バインダ用板状デバイダ	バインダ用板状デバイダ		
	先 端 の 間 隔		400	310	360		
刈 取 部	形 式		回転刃(グラインダ刃)	往 復 動 刃	往 復 動 刃		
	刃 幅(又 は 刃 径 × 刃 数)	mm	205φ × 2	250	250		
	切 断 速 度	m/s	23.2	0.98	0.98		
	刈 高 さ の 調 節 方 法		補助輪の上下	補助輪の上下	補助輪の上下		
	刈 高 さ の 調 節 範 囲	mm	-10~150	40~150	40~150		
搬 送 部	形 式	搬 送 速 度	m/s	柔軟なゴムベルトによる縦搬送と横搬送 1.2	柔軟なゴムベルトによる斜搬送 1.2	柔軟なゴムベルトによる斜搬送 1.2	
		立 上 が り 搬 送 角	度	20	35	35	
		搬 送 傾 斜 角	度	0(縦搬送), 60(横搬送)	20	27	
		搬 送 ベルト	幅	mm	75	70	70
		突 起 高 さ	mm	19	14	14	
集 束 部	形 式		片面手動開閉によるバケットタイプ	ラチェット利用による自動開閉方式(約3.3m/sに1回放出)	ラチェット利用による自動開閉方式(約3.3m/sに1回放出)		

の観察を行った。その試験日、試験場所及び内容の概要については表 1 に示す。

3.2 1号機の試作と性能

3.2.1 設計概要

大豆は稲や麦と異なり、茎は太くかつ木質で硬く、莢は作物の上位から下位まで全面に分布し、最下着莢位置も低い。また、莢水分が低い時には裂莢しやすい。このような特性をもった大豆は刈高さを低くし、出来る限り振動や打撃を与えずに刈取りを行うことが望ましい。そこで、刈取部については地中で大豆の茎を切断するグラインダ刃による回転刃方式、搬送部は接触面の柔軟なゴムベルトによる挟持搬送方式とした。また集束部はバケット

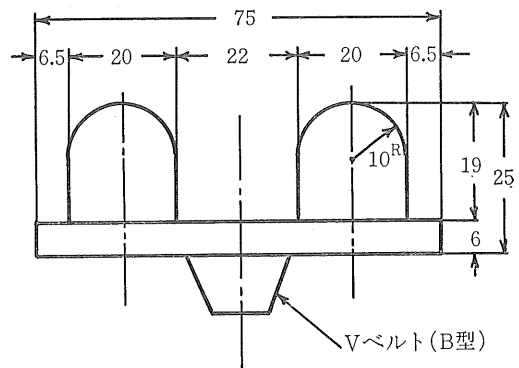


図 2 B H 731 型の搬送ベルトの形状

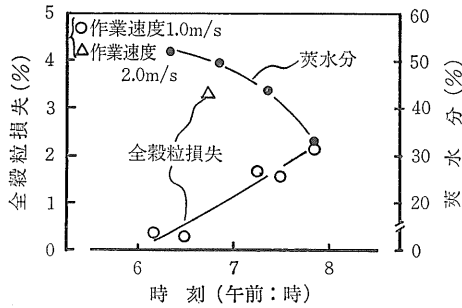


図3 光小豆刈取機の時刻と莢水分, 全穀粒損失

により, 一定量の大豆を集め, 手動によって放出させる方式とした。

これらの刈取部, 搬送部, 集束部を歩行型トラクタと組み合わせ, トラクタのPTO軸を利用して駆動させた。図1に試作1号機の側面図, 平面図を示す。

3.2.2 構造概要

刈取・搬送部は市販されている2条用大豆刈取機の構造を参考に, 1条用に設計したもので, これに集束バケットを組み合わせた作業部を歩行型トラクタの前方に取り付け, 試作1号機とした。

その結果, 全長3.4m, 全重390kgと一条用としては比較的大きな刈取機となった。

搭載機関の定格出力は4.5PS/1,800rpmであり, 作業速度が1.0m/sの時, 平均切断速度は23.2m/s, 搬送速度は1.2m/s(突起中心)とした。

動力伝達系はトラクタのPTO軸よりトランスミッションを介してVベルトで刈刃を駆動, 搬送ベルトはトランスミッションから直接駆動する構造とした。

試作1号機の主要諸元を2号機, 3号機と共に表2に示す。

1号機は図2に示すように高さ19mmのウレタン突起を並列にもった幅75mmで一对の縦搬送ベルトで大豆を挾持したのち, 径が205mmφで一对のグラインダの回転刃で大豆茎を切断し, 縦搬送ベルト, 横搬送ベルトを経て刈取機側方の集束バケットに集める。集められた大豆は手動操作によってバケットの後面を開放し, 自然落下させる構造である。

なお, 刈高さは補助輪の上下によって調節し, 棒状パイダの角度はボルトによって調節した。

3.2.3 作業性能

表3 作業精度試験条件

試験場所				埼玉県行田市須加 埼玉県試水田転換現地実証畑	埼玉農試圃場
試験年月日	年月日	48. 10. 5	48. 10. 15		
試験時刻	時:分	くもり A.M. 9~11	はれ P.M. 13~15		
畦の形状	畦間	cm	60	—	
	畦幅	cm	30	—	
	畦高	cm	14	—	
作物条件	品種		タチスズナリ 成熟期後3日	タチスズナリ 成熟期後6日	
	栽植密度	条間	cm	60	70
		株間	cm	12	11
		1条1m当り本数	本	9	10
	作立最下	作物全長	cm	67	70
		毛角度	度	34~56	70~80
着莢位置		cm	9~11	11.4	
含水率	穀粒 莢	粒	%	20~34	14.6
		葉	%	35~64	60.8
		莢	%	21~33	11.4
概略収量		kg/10a	265	316	

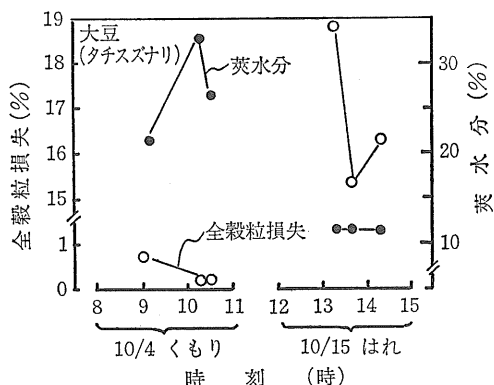


図4 時刻と莢水分、全穀粒損失

3.2.3.1 作業精度

1) 大豆の刈取り性能を調査するに先立ち小豆(光小豆)を供試した結果、図3に示すように刈取り時刻が経過するに従って穀粒損失が増加した。

刈取り時刻の早い午前6時～6時30分では莢水分が50%以上と極めて高く、裂莢しにくい状態にあり、全穀粒損失は0.3～0.4%と非常に少なかった。しかし、午前8時になると莢水分が約33%に低下したため、全穀粒損失は2.1%に増加した。

2) 成熟期後3日と6日の大豆(タチズナリ)を供試した。圃場条件並びに作物条件を表3に示す。

成熟期後3日の大豆の場合は試験日の前日が雨天であり、当日も終日曇天であり、莢水分も21～33%と比較的高水分であった。このとき、全穀粒損失は0.2～0.7%と非常に少なかった。

成熟期後6日の大豆の場合は晴天下の刈取りであり、刈取り時刻も午後1時～2時と最も悪条件であり、莢水分も11.4%と低かった。この時、全穀粒損失は15.3～18.8%と非常に高く、ほとんどが裂莢損失であった。

図4に作業精度試験結果を取りまとめて示す。

3) 裂莢損失に大きな影響を与えられ考えられる着莢位置と挟持位置の関係を調べた。

刈刃の先端が地表面と接触した状態で、図5に示すように大豆は8～16cmの間で挟持されて縦搬送が行われ、次いで18～26cmの間で挟持して横搬送が行われている。

そこで高さが地際より12cm、12～26cm、26cm以上の3つの部位に分けて着莢数及び裂莢して開いている莢数を調査し、各々の部位について着莢数に対する開莢した莢の割合(開莢割合と呼ぶ)を算出し、挟持位置との関係を求めた。

その結果、着莢数は地際より12cmまでに全体の2%、12～26cm間に22%、26cm以上に76%の分布となってお

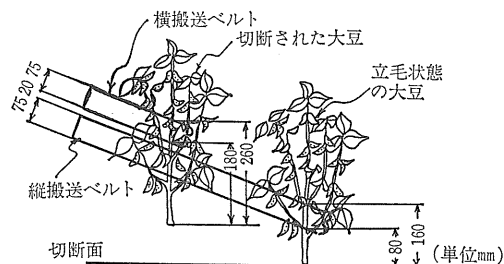


図5 搬送ベルトによる大豆の挟持位置(BH731型)

り、開莢割合は地際より12cmまでは46%、12～26cmでも46%、26cm以上では27%であった。

これらの調査結果より成熟期後6日の大豆で裂莢損失が多かったのは搬送ベルトの挟持位置、特に着莢数の多い位置を横搬送ベルトで挟持することにも問題があると思われた。

3.2.3.2 作業能率

表4に試験結果を示す。

1) 約4aの小豆(光小豆)を供試して、1.0m/sの作業速度で刈取りを行った結果、圃場作業量は17.2a/hであった。

2) 約14.4aの大豆(タチズナリ)を供試して1.0m/sの作業速度で刈取りを行った結果、圃場作業量は14.2a/hであり圃場作業効率率は66.4%と低かった。これは停止時間が少ないにもかかわらず畦立て栽培のため回行に時間を多く費いやしたためと思われる。

なお、約3～5m毎に集束された大豆の島立てに要する時間は14.4aの大豆に対し、6人で19分49秒、すなわち、1人当たり7.2a/hの能率であった。

3.2.3.3 刈取り状況の観察

1) 茨城県金砂郷村において納豆用の小粒大豆(品種不明)を供試した結果、刈取りは順調で、裂莢難の品種であるため成熟期を過ぎた大豆ながら裂莢による損失はほとんど見られなかった。

しかし、平畦圃場であるため圃場の凹凸に走行が左右されることが多く、特に機体の重い1号機の場合、操縦が難しかった。

2) 畦立て栽培の圃場で輪距と畦幅が合っていた農機研附属農場では機体が大きいため回行には大きな労力を要したが直進性がよく、作業も順調であった。

3.2.5 試作機の問題点

1) 全長3.4m、全重390kgと1条用にしては大型のため大きな回行面積が必要であり、回行操作も容易でなかった。

2) 作業部と走行部の駆動が直結しているため、路上

表4 作業能率試験結果

供 試 機 械			BH 731 型		
試 験 番 号			1-1	1-2	
試 験 場 所			北海道帯広市農家圃場	埼玉県農試水田転換現地実証畑	
試 験 年 月 日		年月日	48. 9. 26	48. 10. 5	
圃 場 面 積 (長辺×短辺)		m ² (m×m)	396	1440 (80×18)	
畦の形状	畦 間	cm	30.0	30.0	
	畦 幅	cm	30.0	30.0	
	畦 高	cm	—	14.0	
作 物 条 件	品 種		光 小 豆	タチスズナリ	
	熟 度		—	成熟期後3日	
	栽 植 密 度	条 間	cm	60.0	60.0
		株 間	cm	30.3	11.6
		1条1m当り本数	本	6.6	8.6
	作 物 全 長	cm	49.0	67.1	
	立 毛 角 度	度	—	47.0	
	最 下 着 莢 位 置	cm	—	10.3	
	含 水 率	穀 粒	%	—	24.0
		茎 葉	%	—	52.0
莢		%	—	27.0	
概 略 収 量	kg/10 a	217	265		
作 業 方 法		廻り刈り	廻り刈り		
作 業 人 員	人	1	1		
作 業 速 度	m/s	1.0	1.0		
刈 取 高 度	cm	—	4.5		
刈 取 作 業 時 間	分:秒	13:49	61:00		
圃 場 作 業 量	a/h	17.2	14.2		
正 味 圃 場 作 業 量	a/h	17.9	14.5		
有 効 作 業 量	a/h	21.8	21.4		
圃 場 作 業 効 率	%	78.9	66.4		

走行や回行時も作業部が駆動し、安全性の点から問題であった。

3) デバイダは非常に長いため起こし作用の点では良かったが土の化した大豆や雑草がからみやすく、畦畔や土中に突きささりやすかった。

4) グラインダ刃は地中部を刈取るので着莢位置が低い大豆には有利であったが、所要動力を多く必要とし、刈刃の回転速度も高いので、時々動力伝達用Vベルトがスリップし、刈取りが出来なくなることがあった。

また、回転刃は雑草や落葉を引き込み易く、刈刃に詰まることも時々見られた。

5) 搬送ベルトは幅が広く、接触面も柔かく作られているので穀粒損失を少なくする効果があったが、ベルトの耐久性では表面の摩耗やき裂などが発生するなどの問

題があった。

6) 搬送方法として、縦搬送から横搬送へ移る時、さらに着莢数の多い高い位置を挾持するため、穀粒損失の点からマイナスの要因であった。

7) 手動操作による集束バケットは集束量がオペレータの自由となるが、運転操作と同様に集束状態にも注意を払わねばならず、自動排出を検討する必要があった。

3.3 2号機の試作と性能

3.3.1 設計概要

試作2号機は軽量・小型化を最重点に設計した。そのため2条用バインダのエンジン、走行部、デバイダなどを利用して、さらに搬送ベルトの立上がり搬送角を1号機の20度から35度へ急な角度にした。また、穀粒損失軽減のために縦搬送並びに横搬送方式を止め、斜方向へ直

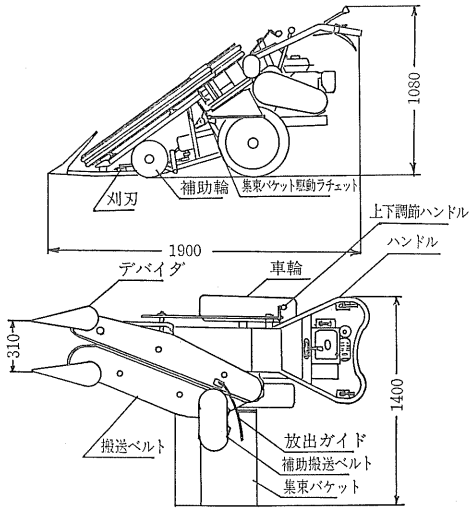


図6 BH742型大豆刈取機

接搬送する方式とした。

刈取部は高速回転を必要とし、所要動力の多いグラインダの回転刃を止め、バインダやコンバインで普及している入手しやすい往復動刃を使うこととした。

走行部と作業部は別駆動とし、集束部は自動的に一定間隔をおいて集束する方式とした。

図6に試作2号機の側面図、平面図を示す。

3.3.2 構造概要

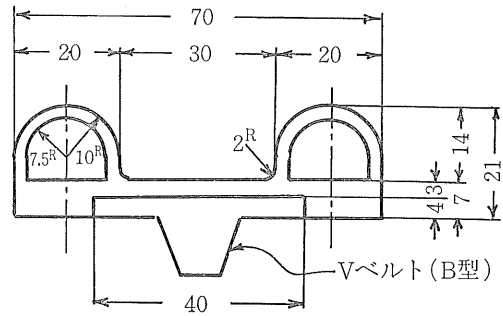


図7 BH742型及びBH753型の搬送ベルトの形状

2号機は全長1.9m、全重140kgとなり、1号機に比べて軽量・小型となった。

この刈取機は1号機で使用した搬送ベルトを図7に示すような高さ14mmの中空のゴム突起付のベルトに変更し、このベルトで大豆を挟持したのち刃幅200mmの往復動刃で大豆茎を切断する。その後、斜め後方へ直接搬送し、集束バケットに集め、ラチェットを利用して自動的に排出させる構造である。

刈高さは補助輪の上下によって調節し、搬送ベルトの終端には大豆の放出を補助するためラグ付の補助搬送ベルトとガイドを用いた。

搭載機関の定格出力は2.3PS/1800rpmであり、作業速度が0.94m/sの時、平均切断速度は0.98m/s、搬送

表5 作物条件

試 験 場 所				農 機 研 附 属 農 場			
試 験 年	月	日	年月日	1974. 9. 27	1974. 10. 7	1974. 10. 24	
天 候	時	候 刻	時	は れ A.M. 9~10 P.M. 1~3			
畦 の 形 状	畦 間	間	cm	—			
	畦 幅	幅	cm	—			
	畦 高	高	cm	8			
作物条件	品 熟	種 度		タチスズナリ 成熟期前8日~過熟			
	栽 植 密 度	条 間	cm	60			
		株 間	cm	14.3~17.2			
		1条1m当り本数	本	5.8~7.0			
	作 立 最 概	物 全	長	cm	54~73		
		毛	角	度	45		
		下 着 莢 位	置	cm	8.2~13.0		
最 下 分 枝 位		置	cm	11.0~14.8			
概 略 取 量			kg/10a	—			

表6 穀粒損失(農機研附属農場)

年月日	項目	単位	A 区		B 区	
			午前	午後	午前	午後
55. 9. 27	穀粒損失	%	0.3~4.3	2.7~7.9	1.7~2.3	0.9~1.0
	莢水分	%	44	30	26	20
55. 10. 7	穀粒損失	%	5.2~14.1	9.5~11.6	1.4~0.8	3.3~3.4
	莢水分	%	13.7	11.4	13.8	10.8
55. 10. 24	穀粒水分	%	—	—	—	5.0
	莢水分	%	—	—	—	15.9

速度は1.2m/s(突起中心)とした。

試作2号機の主要諸元を前述の表2に示す。

3.3.3 作業性能

3.3.3.1 作業精度

1) 大豆(タチスズナリ)を供試して熟度が変わった場合の作業精度について調査した。作物条件を表5に、試験結果を表6、図8及び図9に示す。

熟度の異なる2つの試験区、A区とB区でそれぞれ刈取り時期を変えて作業精度試験を行った。

A区の1回目の刈取り試験では莢水分が高いにもかかわらず、刈残し損失が多いために全穀粒損失は0.3~7.9%とばらつきが多かった。しかし、刈取・搬送部の性能を表わしている裂莢損失と落莢損失の合計は、莢水分が43.9%である午前で0.3~0.5%、莢水分が30.3%である午後で1.4~3.2%であった。同じ圃場で約10日を経過した2回目の刈取り試験では大豆の熟度が急激に進み過熟状態となり裂莢損失と落莢損失の合計も急増し、莢水分が13.7%である午前で4.1%、莢水分が11.4%である午後で9.5~11.6%で裂莢損失がほとんどであった。

B区の1回目の刈取り試験では裂莢損失と落莢損失の合計は莢水分が26.0%である午前で0.8~2.3%、莢水分が20.0%である午後で0.9~1.0%であった。約10日を経

過した2回目の刈取り試験ではA区と同様に熟度が進み、莢水分が13.8%である午前で0.8~1.4%、莢水分が10.8%の午後では3.3~3.4%となった。更に約2週間を経過した過熟の大豆を供試した3回目の刈取り試験では莢水分が15.6%の午後で裂莢損失と落莢損失の合計は、5.0%であった。

なお、刈残し損失はA、B両区を通じて0~10%であり、広幅の車輪を使用した1回目の刈取りでは刈残しが多くなることもあったが狭幅の車輪に変えてから刈残し損失が少なくなった。

2) 大豆(エンレイ)を供試して埼玉県行田市須加の埼玉県農試水田転換現地実証畑で、また、大豆(エンレイ、タチスズナリ)を供試して埼玉農試圃場で刈取り試験を行った。作物条件、試験結果を表7に示す。

その結果、行田市須加の圃場では莢水分が32%の時、全穀粒損失は4.0~5.5%であり、そのうち、落莢損失が2.6~2.9%と多く、刈残し損失は0.5~1.7%であった。

一方、埼玉農試圃場の大豆は成熟期にもかかわらず、莢水分が9.7~22.5%と低く、全穀粒損失は3.6~5.4%であった。そのうち、裂莢損失が3.3~4.1%と大部分を占めていた。

3.3.3.2 作業能率

試験結果を表8に示す。

農機研附属農場、埼玉県農試圃場及び埼玉県農試水田

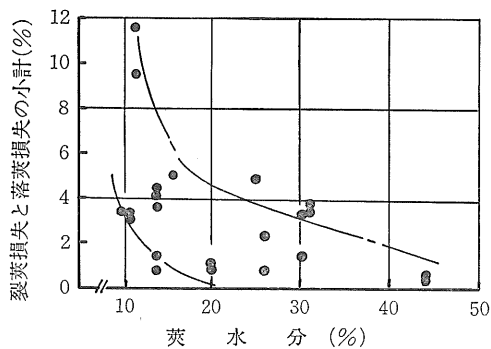


図8 莢水分と穀粒損失

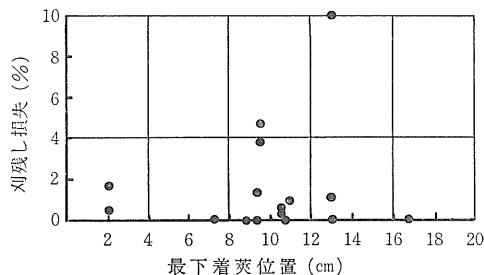


図9 最下着莢位置と刈残し損失

表 7 BH 742 型大豆刈取機の現地大豆畑における作業精度試験結果

試 験 場 所				埼玉県農試 水田転換現地実証畑		埼玉県農試圃場			
試 験 年 月 日 候	年月日	49. 10. 14 は れ		50. 10. 9 は れ					
試 験 時 刻	時：分	9：25	9：40	14：00	15：10	15：10			
畦 の 形 状	畦 間	cm	36.1	34.4	33.0	33.0			
	畦 幅	cm	27.5	26.0	26.0	26.0			
	畦 高	cm	13.4	10.8	12.0	12.0			
作 物 条 件	品 熟 種 度		エ ン レ イ 成 熟 期	エンレイ 成 熟 期	エンレイ 成 熟 期	エンレイ 成 熟 期			
	栽 植 密 度	条 間	cm	63.6	60.0	59.0	59.0		
		株 間	cm	13.2	12.8	8.1	9.8		
		1 条 1 m 当 り 本 数	本	7.4	7.8	12.3	10.2		
	作 立 最 下 最 下	物 全 長	cm	43.1	55.2	65.1	66.6		
		毛 角 度	度	60.0	75.0	80.0	70.0		
		着 莢 位 置	cm	2.1	10.6	16.7	10.6		
	含 水 率	最 下 分 枝 位 置	cm	—	8.3	14.5	12.1		
		穀 粒	%	35.0	30.0	14.9	18.9		
		莖 葉	%	67.4	—	—	—		
概 略 収 量	莢	%	32.0	22.5	13.4	9.7			
	kg/10 a		255	317	317	317			
作 業 速 度 高 さ	m/s	0.9	0.9	0.8	0.8	1.0			
	cm	3.3	3.3	4.3	5.0	6.7			
穀 粒 の 内 訳	刈 取 り 穀 粒	%	96.0	94.5	94.6	96.4	95.8		
	穀 粒 損 失	%	4.0	5.5	5.4	3.6	4.2		
	内 訳	裂 莢 損 失	%	0.9	0.9	4.1	3.3	3.3	
		落 莢 損 失	%	2.6	2.9	0.8	0.3	0.3	
		刈 残 し 損 失	%	0.5	1.7	0.5	0.0	0.3	

転換現地実証畑の3カ所で計4回の作業能率試験を行った。

その結果、作業速度が0.8~1.0m/sの時、圃場作業量は12.0~16.6a/hとはほぼ1号機と同様な作業能率であった。

なお、この刈取り作業中、放出間隔及び束の広がり进行调查したが、放出間隔は2.8~2.9m、束の広がりは0.8~1.0m、平均集束量は1.1kgであった。

3.3.4 刈取り状況の観察

1) 長野県南安曇郡三郷村において全国農業協同組合連合会主催の大豆刈取機の研究会が行われ、雨天の中で、大豆の刈取りを行った。刈取りに当たっては現地の栽培条件に合わせて2号機のデバイダの先端の間隔を広

げ、さらに下方に曲げる改造を行った。

その結果、雨天の中での刈取のため損失の程度は判断出来ないが刈取り状態は良好であり、刈残しもほとんどなく集束された大豆の姿勢も良好であった。

3.3.5 試作機の問題点

1) 全長1.9m、全重140kgと軽量・小型にしたため取扱い性は向上したが機体の前部が軽くなったので発進直後に前方が持ちあがることや小土塊、落葉のかたまりなどにより機体がピッチングをおこし、このために刈残しが多くなるがあった。

2) 広幅の低圧車輪(20—8.00—10ply)を使ったため、平畦栽培の圃場では走行が安定していたが、畦立て栽培の圃場では車輪が畦の形状に合わせにくく、そのた

表 8 BH 742 型大豆刈取機の作業能率試験結果

試 験 番 号			2-1	2-2	2-3	2-4	
試 験 場 所			農機研附属 農場	埼玉県農試圃場		埼玉県農試水田 転換現地実証畑	
試 験 年 月 日		年月日	49. 10. 24	50. 10. 9		50. 10. 22	
圃 場 面 積 (長辺×短辺)		m ² (m×m)	540 (50×9.0)	680 (51.5×13.2)	420 (50×8.4)	1240 (100×12.4)	
畦の形状	畦 間	cm		35.5	35.5	44.6	
	畦 幅	cm		25.5	25.5	14.1	
	畦 高	cm		13.0	13.0	16.3	
作 物	品 種		タチスズナリ 過 熟	エンレイ 成 熟 期	タチスズナリ 成 熟 期	タチスズナリ 成 熟 期	
	栽 植 密 度	条 間	cm	60.0	60.0	60.0	62.0
		株 間	cm	17.5	9.9	8.8	11.8
条 件	1条1m当り本数		本	5.7	10.1	11.3	8.5
	作 物 全 長		cm	69.6	50.2	59.9	55.2
	立 毛 角 度		度	60.0	73.0	78.0	78.0
件	最 下 着 莢 位 置		cm	7.2	11.0	13.7	4.0
	含 水 率	穀 粒	%	15.8	16.4~30.0	14.9~18.4	22.6~26.0
		莢	%	15.6	7.8~22.5	9.7~13.4	17.8~21.8
概 略 収 量			kg/10 a	139	317	317	—
作 業 方 法				廻り刈り	廻り刈り	廻り刈り	廻り刈り
作 業 人 員			人	1	1	1	1
作 業 速 度			m/s	1.0	0.8	0.8	0.9
刈 高 さ			cm	4.0	7.0	5.8	4.3
刈 取 り 作 業 時 間			分:秒	19:39	28:00	21:00	44:48
圃 場 作 業 量			a/h	16.5	14.6	12.0	16.6
正 味 圃 場 作 業 量			a/h	17.5	15.4	12.0	16.6
有 効 作 業 量			a/h	21.4	17.3	17.3	20.1
圃 場 作 業 効 率			%	77.1	84.4	69.4	82.6

めに走行が不安定となり、刈残しが出来ることがあった。

3) 刈刃を保護する目的でフレームの下面を刈刃面より40mm低くしたが、刈高さを出来る限り低くしようするとフレームの下面が土面と接触し、落葉や土塊が詰まることがあった。

4) 往復動刃による大豆の刈取りは比較的順調で切断面もきれいであった。しかし、1号機で使用したグラインダ刃のように地中を刈取ることができないという欠点があり、耐久性についても今後、研究を進める必要がある。

5) 水稲用バインダのデバイダを利用したデバイダは先端を上げるとうねや培土を高くした圃場の倒伏大豆に

は全く作用せず刈残し損失が多くなった。また、先端を下方に向けるとうねや培土の高い圃場では良好に作用するが平畦圃場では地中へくいこみやすく、この点から培土やうねの高さに合わせてデバイダの先端を調節出来るようにする必要があった。

6) 搬送ベルトを斜行させて、立上り搬送角を35度と大きくしたが、運転操作にも支障がなく、搬送も順調であった。しかし、ベルトからの放出は立上り搬送角が35度と大きいため、姿勢が乱れることもあり、さらに放出の確実さが必要であった。

7) 集束バケットを自動排出としたため、オペレータの負担は軽減したが、バケットの戻りが速いため、完全に大豆を排出出来ないことや排出途中の大豆のはねあげ

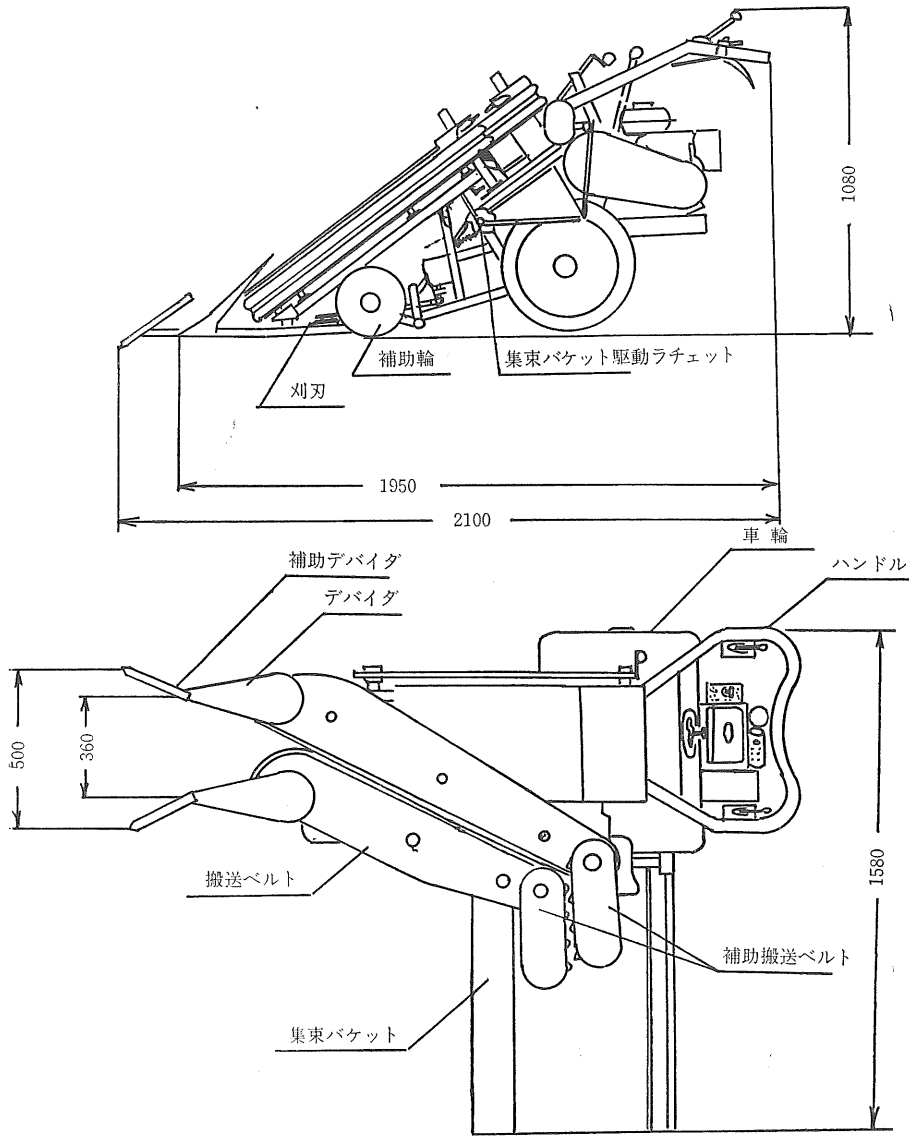


図 10 BH753型大豆刈取機

も見られ、安定した集束部に改良が必要であった。

3.4 3号機の試作と性能

3.4.1 設計概要

基本的な構造は2号機と同様とし、2号機で得られた問題点を次のように改良した。

- 1) 作用が不安定であったデバイダの先端に上下にスライドする補助デバイダを取付けられるようにした。
- 2) 刈高さを低く出来るように刈刃の位置を下げ、フ

レーム下面に近づけるとともに、落葉や土塊の流動性を良くするため、フレーム下面と土面の接触を出来る限り少なくするようにフレームの形状を変更した。

3) 搬送部から集束部への放出を確実にするため搬送ベルトの駆動プーリの中心を100mm外側に移動し、さらに放出用補助搬送ベルトを左右の搬送ベルトの各々につけ、上下位置が調節出来るようにした。

4) 集束部は前後2枚の集束板にして、両集束板が連

表9 BH 753型大豆刈取機作業精度試験結果

供 試 機 械		BH 753				
試 験 番 号		3-1	3-2	3-3		
試 験 場 所		農機研附属農場			埼玉農試	
試 験 年 月 日		50. 10. 6	50. 10. 6	50. 10. 9		
試 験 時 候 刻		は れ	は れ	は れ		
試 験 時 刻		9:40	9:50	11:00		
畦 の 形 状	畦 間	cm	—	—	33.4	
	畦 幅	cm	—	—	27.8	
	畦 高	cm	9.0	9.0	7.7	
作 物 条 件	品 種	種 度	タチスズナリ	タチスズナリ	エンレイ	
	栽 植 密 度	間 隔	cm	60.0	60.0	61.2
		株 間	cm	10.7	10.7	8.1
		1 条 1 当 り 本 数	本	9.4	9.4	12.4
	作 立 最 最	物 全 長	cm	48.8	48.8	57.2
		毛 角 度	度	60.0	60.0	65.0
		下 着 莢 位 置	cm	10.5	10.5	11.3
		下 分 枝 位 置	cm	11.5	11.5	12.2
	含 水 率	穀 粒	%	28.8	28.8	16.4
		莖 葉	%	—	—	—
莢		%	20.7	20.7	7.8	
概 略 取 量		kg/10 a	—	—	346	
作 業 速 度	高 度	m/s	0.51	0.81	0.82	
	高 さ	cm	3.7	2.1	4.4	
穀 粒 の 内 訳	刈 取 り 穀 粒	損 失	%	100.0	100.0	90.6
		損 失	%	0.3	0.4	9.4
	内 訳	裂 莢 損 失	%	0.3	0.4	7.8
		落 莢 損 失	%	0	0	1.6
	刈 残 し 損 失	%	0	0	0	

動して開閉できるようにした。

図10に試作3号機の側面図、平面図を示す。

3.4.2 構造概要

3号機は2号機と同様に2条用バインダの走行部、デバインダ、ハンドル等を利用し、前述の改良点に基づいて試作を行った結果、全長1.9m、全重150kgと2号機よりやや重くなった。

刈取りの機構は2号機と同様であったが、放出用の補助搬送ベルトが一對となり、集束バケットが自動的に連動して開閉する2枚の集束板となった。

搭載機関の定格出力は2.3PS/1800rpmであり、作業速度が0.94m/sの時、切断速度は0.98m/s、搬送速度は1.2m/s(突起中心)とした。

試作3号機の主要諸元は前述の表2に示す。

3.4.3 作業性能

3.4.3.1 作業精度

作物条件並びに試験結果を表9に示す。

1) 農機研附属農場で大豆(タチスズナリ)を供試して刈取り試験を行った結果、前日の激しい雨のため、莢水分が20.7%にもかかわらず、作業速度を0.5m/s、0.8

表 10 B H 753 型大豆刈取機による作業能率試験結果

試 験 場 所				農機研附属農場	埼玉県農試 水田転換現地実証畑
試 験 年 月 日	年 月 日	面積 (長辺 × 短辺)	面積 ㎡ (m × m)	50. 10. 6 750 (50 × 15)	50. 10. 22 680 (100 × 6.8)
畦 の 形 状	畦 間	cm	—	44.6	
	畦 幅	cm	—	14.1	
	畦 高	cm	—	16.3	
作 物 条 件	品 種	種 度		タチスズナリ 成 熟 期	エンレイ 成 熟 期
	栽 植 密 度	条 間	cm	65.0	62.0
		株 間	cm	12.5	11.8
		1 条 1 m 当 り 本 数	本	8.0	8.5
作 物 全 長	立 毛 角 度	度	69.1	55.2	
	最 下 着 莢 位 置	度	60.0	78.0	
		cm	11.9	4.0	
含 水 率	穀 粒 莢	%	—	22.6~26.0	
		%	—	17.8~21.8	
作 業 方 法	作 業 人 員	速 度	人	廻 り 刈 り	廻 り 刈 り
			m/s	1	1
	刈 取 高	作 業 時 間	cm	0.9	0.8
			分 : 秒	4.2	3.6
	圃 場 作 業 量	圃 場 作 業 量	a/h	30 : 49	30 : 00
			a/h	14.6	13.6
	圃 場 作 業 効 率	圃 場 作 業 効 率	a/h	14.6	15.4
			%	20.1	18.7
		%	72.6	72.7	

m/sと変えても全穀粒損失はほとんど変わらず0.3~0.4%と低かった。

2) 埼玉県農試圃場で大豆(エンレイ)を供試して刈取り試験を行った結果、快晴続きの中で莢水分が7.8%まで低下している状態にあり、全穀粒損失は9.4%と多く、その損失のうち裂莢損失が7.8%と大部分を占めていた。

3.4.3.2 作業能率

農機研附属農場、埼玉県農試水田転換現地実証畑の2か所それぞれ1回、作業能率試験を行った。試験結果を表10に示す。

圃場作業量は作業速度が0.8~0.9m/sの時13.6~14.6a/hであった。

3.4.4 刈取り状況の観察

行田市須加の埼玉県農試水田転換現地実証畑や農機研附属農場における刈取り状況について観察を行った。

1) 試作2号機ではフレームの下面が土面に乗り、土を押し、刈刃部分やフレーム下に土や落葉をつまらせるため走行不能になることがあったが、3号機ではフレームの形状を改良したため、土や落葉のつまりは少なくなった。

2) 補助搬送ベルトを左右の搬送ベルトに取り付け、さらに上下の調節が出来るようにしたことにより草丈の長い大豆でも集束板へ放出される大豆の姿勢がそろう効果があった。

3) 刈取・搬送部の作用は良好で問題はなかったが作物全長が45cm以上の大豆は補助搬送ベルトの効果がなく、出口でつまり、後続の刈取った大豆で押し出す状況が観察された。

4) 集束板からの大豆の落下を防ぐために前後2枚の集束板の連動による開閉方式を採用したことにより、集束途中で大豆がこぼれ落ちることはなかったが、落下途

中の大豆を挟んだり、引きずることが目立った。

5) 畦立てした圃場の倒伏に対して効果が見られたが、補助デバイダと主デバイダの間に大豆や雑草がつまりやすかった。

3.4.5 試作機の問題点

3号機までの試作により、大豆刈取機の基本的な形を作ることが出来たが実用性を考慮すると、なお、いくつかの問題点が残されていた。

1) 3号機では約2.8~3.0mの放出間隔で約1.0mの束の広がりがあるが後作業を考えるとさらに束の広がりを少なくする改良又は機構の開発が必要である。

2) 左右の重心位置がバケット側にあるため、バケット側にハンドルが取られやすく、バランスウエイトを考慮する必要がある。

3) 高畦栽培の場合、補助輪によって機体の前部を上げることにより、バケットとうねの接触、重心位置の後方への移動によるピッチングなどの問題があった。

4) 各部の強度アップと耐久性の向上が必要である。

4. 総合考察

4.1 刈取り条件と作業性能

4.1.1 莢水分と穀粒損失

1号機より3号機まで、種々の条件のもとで作業精度試験を行った。

供試した大豆の穀粒水分及び莢水分は図11で示すように各々14~42%、8~44%であった。

そこでその莢水分と穀粒損失の関係を調べると次の通りである。図12及び図13に莢水分と穀粒損失の関係を示す。

1) 全穀粒損失の中で刈残し損失は莢水分とは全く関

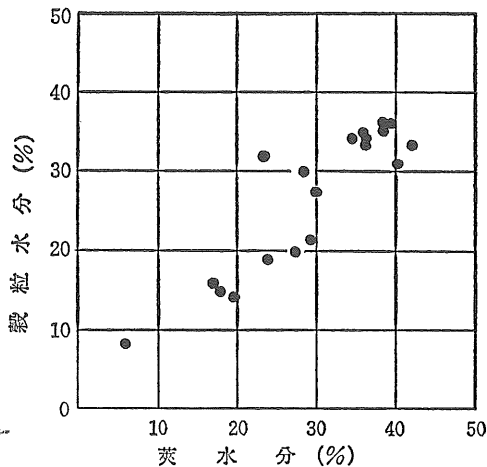


図11 供試した大豆の穀粒水分と莢水分

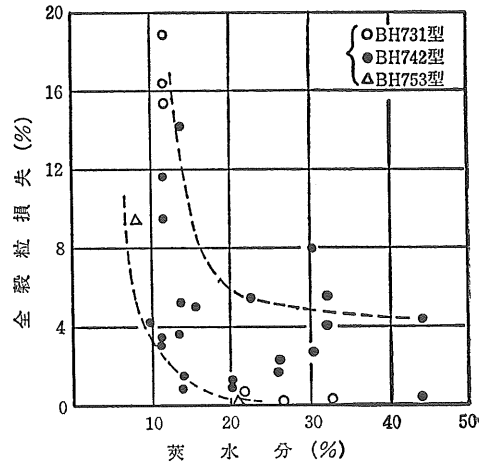


図12 莢水分と全穀粒損失

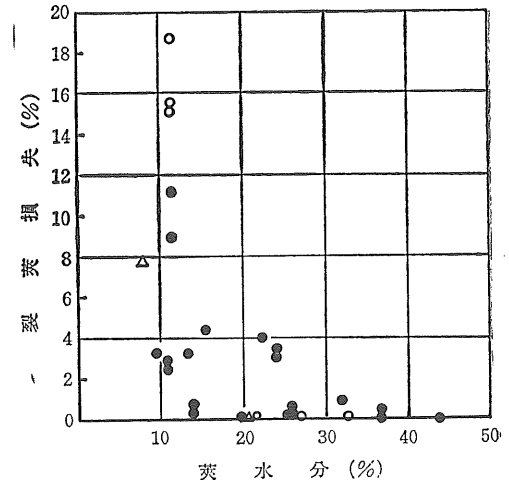
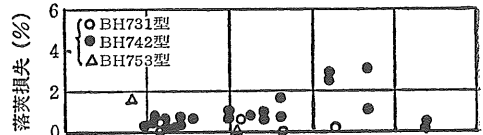


図13 莢水分と穀粒損失

係が認められなかった。

2) 落莢損失は莢水分が高くなる程やや増加する傾向にあったが、ほぼ2%以下であった。

3) 裂莢損失は莢水分に最も影響を受けやすく、莢水分が低くなると損失は増加し、特に莢水分が15%以下になると急増する傾向にあった。

4) 以上を合計した全穀粒損失も裂莢損失に影響され、莢水分が低くなると損失は増加し、特に莢水分が15%以下になると急増する傾向にあった。

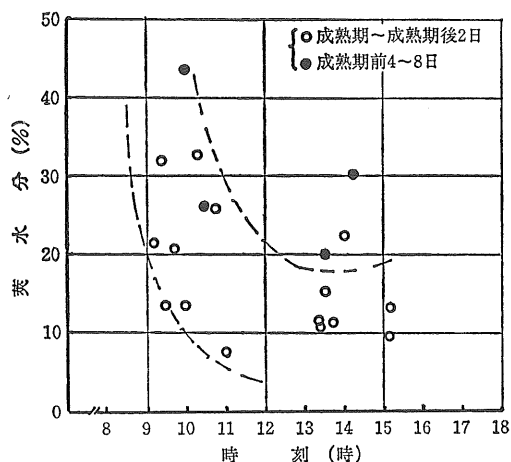


図 14 時刻と 莢水分

以上より全穀粒損失を5%以内にするためには莢水分が20%以上の時期に刈取る必要がある。

5) 供試した大豆の水分と刈取り時刻を図14に示す。各々の点は試験年月日、品種等の作物条件が異なるが、莢水分と時刻について推定できる。そこで全穀粒損失を5%以内にするためには成熟期的大豆を午前10時ごろまで、又午後は4時以降に刈取り作業を行うことが必要である。

なお、穀粒損失の点のみ考えると日中でも水分の高い成熟期前的大豆を刈取れば刈取り時刻は拡大することが出来る。

4.1.2 熟期と穀粒損失

熟度の異なる大豆を供試して、午前と午後の2回作業精度試験を行った。その結果、図15に示すように熟度が進むにつれて穀粒損失（裂莢損失と落莢損失の合計）が増加する傾向にあった。

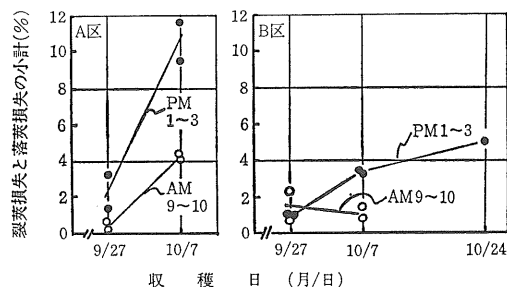


図 15 熟度および時刻の違いと穀粒損失

午前9～10時と午後1～3時の刈取り時における穀粒損失を比較すると午後の方が穀粒損失が多く、熟度が進むにつれて午前と午後の場合の損失の差は大きくなる傾

向にあった。これは朝方が朝つゆなどの影響により熟度の差による莢水分の差が少ないが、日中になると熟度の差による莢水分の違いが大きくなることによるものと思われる。

4.1.3 最下着莢位置と穀粒損失

刈残り損失について最下着莢位置との関連でまとめると図16に示すように、最下着莢位置が低くなると刈残り損失は増加する傾向にあった。しかし、最下着莢位置が10cm以上であればほぼ1%以下であった。

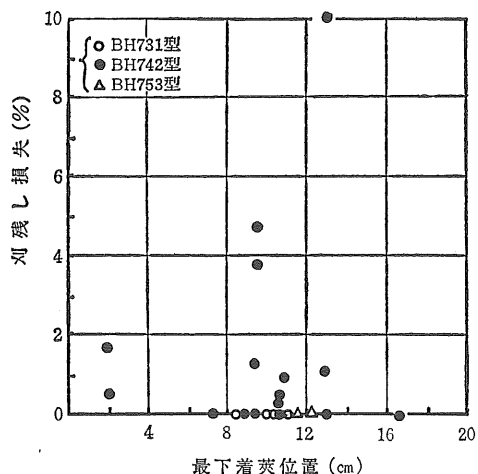


図 16 最下着莢位置と刈残り損失

2号機では最下着莢位置が高いにもかかわらず刈残り損失が10%近くになることがあった。これはデバイダ先端の立上がりやフレームの形状、タイヤとうねの形状の不一致などによるものであったが、これらの点を改良した3号機では刈残り損失は少なくなった。

4.1.4 作業速度と作業効率

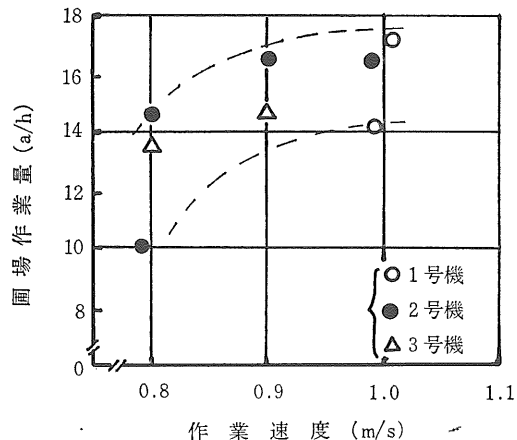


図 17 作業速度と圃場作業量

1号機より3号機までの作業能率をまとめると図17に示すようになる。

作業能率は圃場の形状や作業速度、圃場の状態などにより異なるが作業速度が0.8~1.0m/sの時12.0~17.2a/hであった。

特に試作機は廻り刈りであるため畦を横切ることとなる回行に要する時間が多く、効率を低下させている。そのため、作業能率は圃場の形状に影響を受けやすい。

5. まとめ

小型・軽量の1条用大豆刈取機としての3号機の刈取り性能、取扱性等については初期の目的を達することが出来たが、実用機とするためには各部の耐久性や集束性能の向上及びうね立て栽培に対する適応性の向上を図るための研究を続ける必要があると考えられた。

6. 摘要

小型・軽量の歩行型1条用大豆刈取機を開発するため、1号機(BH731型)、2号機(BH742型)、3号機(BH753型)を試作し、これら試作機を出来る限り多くの異なった条件の大豆に供試して、性能及び改良点を調査し、大豆刈取機の実用化のための研究を行った。試作機の構造の概要および試験結果を要約すると次の通りである。

1) 試作1号機(BH731型)の試作とその性能

1973(昭和48)年度に当時市販されていた乗用型トラックのアタッチメントの2条用大豆刈取機を小型化して1号機を試作した。試作1号機は一對の柔かな搬送ベルトで大豆を挾持したのち刈取り、バケットへ搬送する。さらにバケットに集められた大豆は一定量ごとに手動操作により排出される機構とした。

小豆(光小豆)を供試して、午前6時から8時の莢水分の高い時間帯に作業精度試験を行った結果、莢水分が33~52%の時、全穀粒損失は2%以下であったが、莢水分の低下に従って、穀粒損失は増加する傾向を示した。

水分の異なる大豆を供試して性能試験を行った結果、莢水分が21~34%の時、全穀粒損失は1%にも満たなかったが、莢水分が11.4%と低い場合には15~19%と高い値を示した。

圃場作業量は作業速度が1.0m/sの時14.4~17.2a/hであった。

これらの刈取り試験を通じて観察されたことは、刈取・搬送部の作用は順調であったが、全長3.4m、全重390kgという歩行型1条用機械としては大型のため、取扱性が悪く、実用的でないことから、軽量・小型化が必要なことであった。

2) 試作2号機(BH742型)の試作とその性能

試作1号機の試作過程と圃場試験結果からの知見をもとに1974(昭和49)年度に当時普及していた2条用バインダの走行部、デバイダ等をベースにして可能な限り軽量小型を目標にして2号機を試作した。

2号機は1号機と同様に一對の柔かな搬送ベルトで挾持したのち刈取り、集束する方式であるが、刈刃を往復動刃に、搬送ベルトを1段として斜方向に搬送する形式にし、集束部を一定間隔毎に自動的に排出する機構にした。

性能の確認を行うために多くの異なった条件の大豆で刈取り試験を行った。その結果、大豆の物理的な性質に試作機の作業が大きく左右され、午前中の刈取りよりも午後の刈取りの方が穀粒損失は多く、熟度が進むにつれ損失も増加した。

圃場作業量は作業速度が0.8~1.0m/sの時12.0~16.6a/hであった。

これらの性能試験や刈取り状況の観察を通じて得られた結果は2号機が全長1.9m、全重140kgと軽量小型になったため取扱性は1号機に比べ飛躍的に向上したが土塊や落葉のつまり、ピッチングや集束性能など問題点も多くあった。

3) 試作3号機(BH753型)の試作と性能

2号機で得られた知見をもとにして1975(昭和50)年度に3号機を試作した。刈取・搬送・集束機構はほぼ2号機と同様にしたが部分的な改造により、全長1.95m、全重150kgとなった。

圃場試験の結果、莢水分が異常に低くなる快晴の日の午後の刈取りでは全穀粒損失は9.4%と高くなり、そのほとんどが裂莢損失であった。しかし、雨の日雨翌朝では、莢水分が20%とさほど高くなくとも穀粒損失は0.3~0.4%と低く、天候条件の影響が大豆の裂莢に大きく影響することが判明した。

圃場作業量は作業速度が0.8~0.9m/sの時13.6~14.6a/hであった。

3号機は1号機や2号機に比べて刈取り性能や取扱性は向上し、所期の目的を達することが出来たが、耐久性、性能向上および高うね適応性などの問題が残されており、さらに改良を重ねる必要があった。

4) 総合考察

1号機より3号機までの試験結果をまとめると次の通りである。

① 裂莢損失は莢水分に強く影響され、莢水分が低下すると損失は増加し、莢水分が15%以下になると損失が

急増する傾向にあった。

② 全穀粒損失は茨水分が20%以上であればほぼ5%以下であった。

③ 熟度が進むにつれて穀粒損失は増加し、午後と午前の穀粒損失の差も大きくなる傾向にあった。

④ 最下着莢位置が低くなるにつれて刈残し損失が増加した。

⑤ 作業能率は圃場の形状、作業速度などによって影響されるが、0.8~1.0m/sの作業速度の時12.0~17.2 a/hであった。

7. 参考文献

1. 江崎春雄編「雑穀の収穫機械化について」(I.大豆の収穫法に関して)——農機研成績, 217p, 1972.
2. 江崎春雄他4名「水田転換畑における大豆収穫機の性能試験」——農機研成績, 31p, 1973.
3. 江崎春雄, 杉山隆夫編「豆類収穫機械化に関する研究」——全国試験研究結果の総合抄録—農機研成績, 12p, 1974.
4. 江崎春雄他4名「豆類の収穫・乾燥・調整用機械の開発, 改良に関する研究, 豆類収穫機の開発研究(第1報)——農機研成績, p. 1-17, 1974.
5. 江崎春雄他3名「同上」——同上(第2報)——農機研成績, p. 1-16, 1975.
6. 江崎春雄他3名「同上」——同上(第3報)——農機研成績, p. 1-15, 1976.

Summary

Studies and Development of Soybean Reaper (Part 1)

Takao SUGIYAMA, Haruo EZAKI, Masato SUZUKI, Sasakazu IMAZONO and Masao MANAKA

For the purpose of developing light and small size walking type one-row soybean reaper suitable for small fields, three proto-type soybean reapers, i. e., prote-type No. 1 (BH 731), No. 2 (BH 742) and No. 3 (BH 753), were designed and tested.

1. Construction of Proto-type No. 1 (BH 731) Soybean Reaper and its Performance.

In 1973, a one-row soybean reaper, attached to the walking type small tractor was constructed by redesigning the large size two-rows soybean reaper in the market. The new machine was 3.4m in length and 390 kg in weight.

Soybeans planted in rows are caught between a pair of soft conveyer belts, and cut by a rotating cutter, made of hard sand-stone cast, under the soil. They are conveyed straight back, and then to the left hand side by the other pair of soft conveyer belts. Cut and conveyed soybeans are collected in the gathering bucket, and discharged by manual operation at some intervals.

Result of performance test conducted in an AZUKI bean (HIKARI SHOZU) field in the early morning from 6 to 8 A. M. showed that the total grain losses were less than 2% at the condition of moisture contents of pods from 33 to 52%. There is a marked tendency that the less the moisture contents of pods, the more the grain losses.

Result of performance test at different moisture contents of pods on soybean field showed that at the moisture contents of pods from 21 to 34%, the grain losses were less than 1%, whereas at the moisture contents of 11%, the total grain losses increased to 15 to 19%.

The capacity of this machine was from 14.4 to 17.2 a/h at the working speed of 1.0m/s.

By the observation and operation of this machine on soybean fields, no fault was found with its quality, but it was too large and heavy to operate on small fields.

2. Development of Proto-type No. 2 (BH 742) Soybean Reaper and its Performance.

In 1974, based on the results of the testing of the No. 1 soybean reaper, the prote-type

No. 2 was developed, aiming at much lighter and much smaller soybean harvester. This machine was designed based on the two-rows small binder's structure i. e., an engine, two wheels and a divider.

The principle of this machine was same as the No. 1, but it used only one pair of soft conveyer belts running obliquely, and a reciprocating cutterbar in place of rotary stone cutter. The gathering bucket discharges the bundles of reaped soybean automatically at regular intervals. This machine was 1.9 m in length and 140 kg in weight. The Performance tests of this machine were carried out at different conditions of soybean fields.

The performance was influenced largely by the physical property of soybean; the grain loss was greater in the afternoon harvesting than the morning harvesting.

These phenomena can be explained by the relationship between the grain loss and moisture contents of pods to some extent.

The capacity of this machine was 12.0 to 16.6 a/h at working speed of 0.8 to 1.0 m/s.

The observation and operation of this machine proved that it is much better than the No. 1 proto-type soybean reaper, but it has no good balance, and some parts have to be improved.

3. Development of Proto-type No. 3 (BH 753) Soybean Reaper and it's Performance.

In 1975, the No. 3 machine was development by partial improvement of the No. 2 machine. This machine was 1.95 m in length and 150 kg in weight.

In the case of soybean reaper, it can be generally said that the performance of machines is strongly influenced by the conditions of the plants, rather than small mechanical improvements.

In the harvesting test of the No. 3 machine, too, moisture contents of pods and weather conditions affected the quality of the work remarkably,

In the harvesting test made in the afternoon of fine day, the moisture contents of pods was as low as about 9%, and most of the grain loss was caused by pod dehiscence.

But, in the morning harvesting on a fine day after rain, the moisture content of pods was about 20%, causing grain loss of about 0%.

The capacity of this machine was 13.6 to 14.6 a/h at the working speed of 0.8 to 1.0 m/s.

By the observation and operation, it was proved that the performance of this machine was more improved than No. 2 machine. But for the use on farmer's field, it has to be improved further as to the durability and adaptability to small fields.

4. General Remarks.

Studies on machines from No. 1 to No. 3 type revealed the following points:

- 1) Shattering loss was closely related to moisture content of pods: it increased as the contents decreased. It increased rapidly as the moisture contents of pods decreased lower than 15%.
- 2) Total losses were less than 5% when moisture contents of pods was higher than 20%.
- 3) There was a tendency that the grain loss increased with the ripening of pods and the difference of grain loss between morning harvesting and afternoon harvesting also increased according to the ripening.
- 4) Stubble loss increased as the Min. height of pod was lower.
- 5) The capacity was 12.0 to 17.2 a/h at the working speed of 0.8 to 1.0 m/s, though it was influenced by shape of field, working speed and so on.

半自動搾乳装置の試作研究

桑名 隆*・久保田興太郎**・小川浄寿***・福森 功*・道宗直昭*
野附 巖****・上野克美*****・市川忠雄*****・興津善徳*****

1980—11—04 受理

抄 録

桑名 隆・久保田興太郎・小川浄寿・福森 功・道宗直昭・野附 巖・上野克美・市川忠雄・興津善徳：半自動搾乳装置の試作研究。農機研報15：57—74（1981）

繋ぎ式の乳牛飼養形態において、作業員1人で1～1.5時間に50頭の搾乳が可能となる技術の開発を目標として、半自動搾乳装置の試作を行った。この装置は、乳房の清拭とティーカップの装着までを人力作業で行い、その後の搾乳、終了検知、ティーカップの離脱及び搾乳装置の移動などは、すべて自動的に行わせる方式とした。

本研究における最終的な試作装置はスタンション方式のストールを4基、搾乳装置を2台備えたもので、静岡県畜産試験場において搾乳適応性試験を実施した。その試験結果から、この装置を実用規模にした場合の搾乳能率を試算すると、ほぼ上記した目標能率を達成しうることが明らかとなった。

1. 緒言

わが国において、搾乳機の普及が顕著になったのは、1957～8年頃からであり、それまでの手搾りに代わってバケットミルクによる搾乳が行われるようになった。その後、約10年間にバケットミルクは急速にその数を増し10頭以上の乳牛を飼養する農家の約90%がこれを使用するようになり、搾乳能率は著しく向上した。その後さらに搾乳能率の高い畜舎内パイプラインミルクが急激に普及しはじめた。また、最近では畜舎内パイプラインミルクよりも、さらに搾乳能率の高いミルクングパーラ方式も若干ではあるが導入されている。

以上のように、種々の搾乳方式が導入され搾乳の省力化に大きく寄与してきたが、一方では搾乳機の普及と並行して乳房炎が増加してきたという非常に好ましくない事実がある¹⁾。搾乳機と乳房炎との関係については多くの研究報告があり²⁾⁴⁾⁵⁾、乳房炎の原因の一つは搾乳真空圧にあるといわれている。この搾乳真空圧の変動要因の解明とその防止法についてはすでに若干の実験を行っているが、今後さらに実験を積重ねて後日取りまとめで

報告する予定である。

搾乳作業は、乳牛の飼養管理作業のうち最も大きな割合を占め、しかも1日に2回、1年中1日も休むことのできない苛酷な作業である。現在の酪農経営体の中で、飼料の生産、調製及び飼養管理にさきうる労働力は1.5～2人というのが現状である。したがって、この中で搾乳作業にさくことのできる時間は自から限定され、このことが飼養頭数規模拡大を阻む一つの大きな原因となっている。

欧米における搾乳自動化の研究は、ミルクングパーラに関係したものが多く、畜舎内パイプラインミルクに関するものは少ない。これは飼養形態が異なるため、あまり必要性がないということもあるが、ミルクングパーラに比べて畜舎内パイプラインミルクにおける自動化が非常に困難であるということも一因といえよう。

わが国における今後の搾乳方式はパイプラインミルクが主流を占めると考えられるが、前述したように、1.5～2人の労働力で50頭規模の酪農を営んでいくためには、現在の畜舎内パイプライン方式よりもさらに高い搾乳能率が要求され、そのためには、繋ぎ飼を前提とした搾乳方式における自動化が進められなければならない。

以上、述べたような背景のもとに畜舎内パイプラインミルク方式において、1人で1～1.5時間で50頭を搾乳することができるような技術の可能性を確かめるべく半自

*研究第3部

**研究第3部（現研究第2部）

***研究第3部（現国連）

****農林水産省畜産試験場（現東京農工大学）

*****農林水産省畜産試験場（現全農）

*****静岡県畜産試験場（現筑波大学）

*****静岡県畜産試験場

動搾乳装置の試作研究を行った。この研究は、農林水産技術会議が1972～1976年の5年間にわたって行った「搾乳作業の省力化に関する研究⁹⁾」の一環として農業機械化研究所が担当した研究の成果であり、すでに農林水産技術会議から研究成果114 (1979. 2)として報告されているが、今回はこの中から農業機械化研究所が担当した半自動搾乳装置に関する部分を再整理し、新たなデータ、考察などを加えて一編にまとめ参考に供しやすくしたものである。

この研究を行うに当たり、試作機の製作に関しては、オリオン機械株式会社の御協力を得ており、また、試作機の適応性を確かめる搾乳試験に関しては、静岡県畜産試験場の全面的な御協力を得、特に、当時の乳牛部長池田達雄氏には絶大なる御支援を得たことを記し、ここに感謝の意を表する次第である。

2. 設計目標及び構想

半自動搾乳装置とは、その名の示すとおり手動の部分と自動の部分とをうまく組合せて、搾乳を能率的に行わせようとする装置である。搾乳作業を区切って考えると、乳房の洗浄・清拭(マッサージを含む)、前搾り、ティートカップの装着、搾乳、搾乳状態の観察、マシンストリップング及びティートカップの取りはずしなどとなるが、これらの作業のうち自動化が著しく困難なのはティートカップを乳頭へ装着する作業である。

乳頭の位置及び配列は、牛間の個体差が大きく一定の法則性がない。このことに関しては農林水産省の畜産試験場が一般酪農家で飼養されている乳牛49頭について調査した表1⁹⁾のような結果があり、これを見ても個体間の差が非常に大きいことがわかる。このように個体差が大きい乳頭にティートカップを自動的に装着することは非常に困難である。酪農家が自分の牛の搾乳を行う場合には乳房を洗浄・清拭し、ティートカップを乳頭に付ける作業を行いながら毎日牛の健康状態を観察しているのであり、また、手で乳房に触れることにより酪農家と牛との感情の交流があるのである。したがって、あえてこれらの作業を自動化することを止め、比較的自動化の容易なその他の部分の作業については極力自動化を図ることとした。

乳房洗浄からティートカップの装着までの人力作業を容易にするために、繋留された牛は搾乳の時はその位置を斜め方向に移動させ、丁度ヘリングボーンバーラの牛体配列のように並びかえる。こうすることにより牛の乳房の部分が作業側側に露出し、距離的に近くなることにより人力作業が容易となる。また、このように牛体配列を変えることにより牛体の位置が規制され、乳房がほぼ一直線に並ぶために自動化を行わせるのにも好都合となる。

牛体の繋留は、スタンション方式とし、搾乳時は上述

表1 乳頭の位置および配列の測定結果

測 定 部 位		平均値±標準偏差	最 低 ~ 最 高
最低乳頭先端部の地上高 (mm)		440.0±67.44	274 ~ 575
最高 " (mm)		508.4±55.88	380 ~ 620
同一牛の乳頭先端部の最大高低差 (mm)		70.0±31.54	0 ~ 170
最高乳頭基部の地上高 (mm)		573.7±55.94	435 ~ 680
乳 頭 長	右 前 乳 頭	65.7±14.76	35 ~ 110
乳 頭 径 (mm)	右 前 "	29.0± 2.34	26 ~ 34
	右 後 "	28.9± 2.35	26 ~ 34
	左 前 "	29.0± 2.39	26 ~ 34
	左 後 "	28.9± 2.29	26 ~ 33
乳 頭 間 距 離 (mm)	前一後 { 右 前-右 後	124.7±20.85	89 ~ 180
	{ 左 前-左 後	128.5±22.84	85 ~ 182
	左-右 { 前 左-前 右	178.2±31.86	109 ~ 256
	{ 後 左-後 右	99.5±21.57	63 ~ 153
	対角線 { 左 前-右 後	194.1±30.27	145 ~ 284
	{ 右 前-左 後		
	{ のうちの最大		

(野附氏による)

のようにストールを斜め方向に移動させてヘリングポン配列とする。搾乳用の真空配管は、通常の畜舎内パイプラインミルクと同じとするが、その配管位置は牛体後部上方とする。この配管位置の近くに配管と平行にレールを配置し、レールに沿って台車を移動させるようにし、台車にはティートカップ等の搾乳装置一式を懸架させる。台車が移動する時には搾乳用の真空配管とは切り離され、台車が停止する位置では配管と接続されるようにする。

以上のような考え方のもとに試作を行い、1人で50頭の搾乳を1~1.5時間で行うことができるかどうかの可能性を検討することとした。

3. 試作機の概要と試作の経過

当初は、上記したような考え方が成立つかどうかを確かめ、基礎的な問題点を把握することに重点を置いたため、ごく基本的な1頭用の装置から試作を開始した。この装置から得られた資料をもとに2頭用の装置の試作を行い、さらに4頭用の装置の試作を行った。これらの試作の経過概要については、表2に示すとおりである。

試作1号機には自動化した部分のごくわずかであり、

2号機において若干自動化の要素を多くとり入れた。3号及び4号機は共に4頭用の装置であるが、3号機は同時1頭搾乳、4号機は同時2頭搾乳用であり、3号機を改造、発展させたのが4号機である。

1、2号機については農林水産省畜産試験場、3、4号機については、静岡県畜産試験場において試験を行った。

3.1 1号機の概要

1号機の概要を図1、図2に示す。1号機は果たして上述したような構想のもとに搾乳することが可能かどうかを確認することと、今後試作を行っていく上での方向づけの意味が強かったので、ほとんどの部分を手動で代用し、ごく基本的な機能のみを備えるにとどめた。

ストールは1頭用であり、図2の如くストールを斜めに位置を変えて搾乳状態にする操作も人力で行うこととした。

半自動搾乳装置は、畜舎内パイプライン方式にする予定であったが、1号機はとりあえずバケット方式とした。搾乳ユニットなどを懸架した台車の移動、位置決めなどは手動とした。搾乳の終了検知とティートカップ内

表2 半自動搾乳装置の試作経過概要

試 作 機	1 号 機	2 号 機	3 号 機	4 号 機
試 作 年	昭 48	昭 49	昭 50	昭 51
搾 乳 方 式	バ ケ ッ ト	パ イ プ ラ イ ン	パ イ プ ラ イ ン	パ イ プ ラ イ ン
同 時 搾 乳 頭 数	1	1	1	2
ストール { 数	1	2	4	4
ストール { 位置の移動	手 動	自 動	自 動	自 動
ストール { 数	1	2	4	2
ストール { 台車との接続・切離し	手 動	自 動	自 動	自 動
台 車 { 数	1	1	1	1
台 車 { 移動	手 動	自 動	自 動	自 動
搾 乳 ユ ニ ッ ト { 数	1	1	1	2
搾 乳 ユ ニ ッ ト { 台車1台当りユニット数	1	1	1	2
搾乳ユニット支持アームの動き	半 自 動	自 動	自 動	自 動
乳 房 の 洗 浄	手 動	手 動	手 動	手 動
ティートカップ装着	手 動	手 動	手 動	手 動
終了検知	自 動	自 動	自 動	自 動
マシンストリップング	な し	な し	な し	な し
ティートカップ { 離 脱	自 動	自 動	自 動	自 動
ティートカップ { 引 上	手 動	自 動	自 動	自 動
	このような形式の可能性を見るためのごく基本的な試作	隣り合った牛との位置関係等を見るための試作	自動化を進め実用化に一歩近づけた試作	3号機を母体として改造し、同時2頭搾乳として実用性を確かめる。

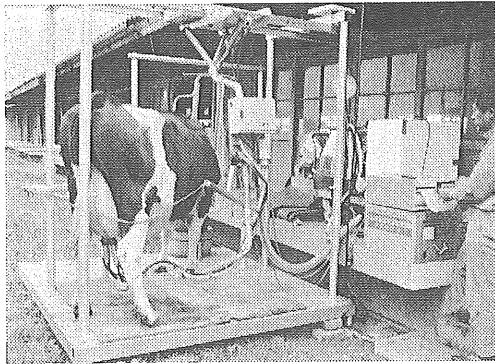


図1 試作1号機

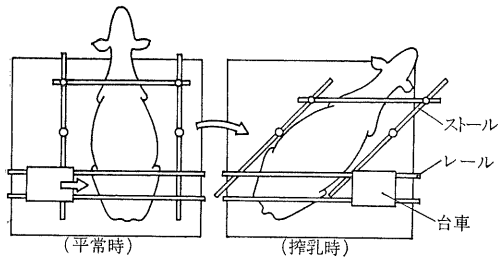


図2 試作1号機の概要

の真空遮断のみを自動とした。

3.2 2号機の概要

2号機の概要を図3に示す。位置関係などは、1号機で示した図2とほぼ同じである。

1号機では、ストールの斜めずらし角度を45度に固定したため、実作業上何度が適当であるかの判定が困難であったこと、ストールの構造に不備点が多かったことなどの欠点があり、また、ストールが1基では将来多連ストールにした場合の問題点の抽出が困難であることなどを考慮して、2号機ではストールを2基設けた。

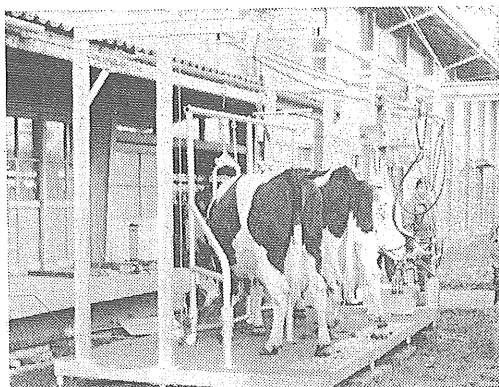


図3 試作2号機

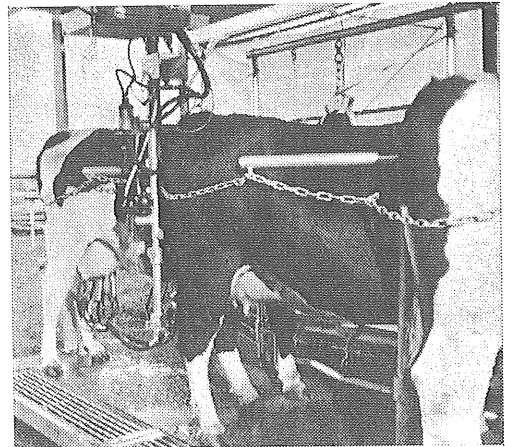


図4 試作3号機における搾乳状態

搾乳方式は、畜舎内パイプライン方式とし、搾乳ユニットを懸架した台車の移動と位置決めは、自動とした。搾乳用の真空配管のストールロックと台車との接続、切り離しは手動とした。

搾乳終了検知と真空の遮断、ティートカップの離脱は自動とした。

3.3 3号機の概要

3号機は外観的には、4号機とほとんど同じであるが、搾乳ユニットが1基しかないのが異なる点である。3号機による搾乳状態を図4に示す。

2号機で問題となった点は、ティートカップの支持方式、搾乳開始及び終了時の搾乳ユニットの懸架アームの動き等が適切でないということであった。3号機はこれらの点の改造に重点を置いたが、実用規模にした場合の問題点を抽出できる程度の規模として4頭用の装置とした。搾乳用の配管のストールロックと台車との接続と切離しの操作は自動とした。また、搾乳終了の検知、搾乳真空の遮断、ティートカップの離脱などは自動とした。

3.4 4号機の概要

3号機より当初の構想に近いものがほぼ出来上がったが、実用規模の場合は同時に複数頭の搾乳を行わせる構想であったので、その場合の問題点を解明する目的で、4号機は台車を大きくし、搾乳ユニットを2台懸架させ、同時に2頭の搾乳が行えるように改造した。

ストールロックと台車との断・接の部分にも改造を加えた。

4号機の概要を図5、図6に示した。

4. 試作機による搾乳作業の手順

1号機から4号機まで自動化の程度の差はあるが、搾

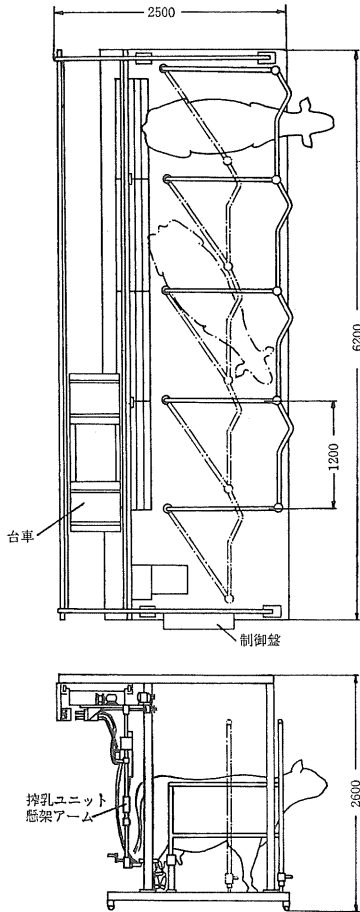
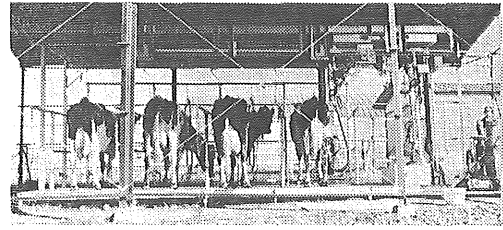


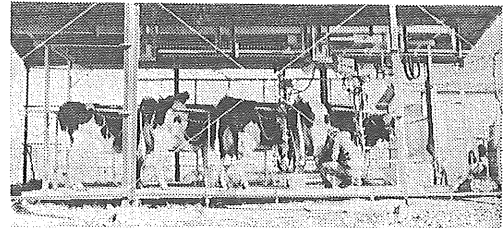
図5 試作4号機の概要

乳の手順に対する考え方は基本的には全く同じであり、これを単純化して模式的に示せば図7のようである。

まず①の状態にある牛が搾乳時になるとストールを斜め位置にずらすことにより、②のような姿勢となる。次に搾乳ユニットを懸架した台車が③のようにレール上を移動してきて所定の位置に停止する。その位置で④のように搾乳用配管のストールロックと台車との真空の接続が行われ、同時に搾乳ユニットを備えたアームが牛体の方へ移動して所定の位置で停止する。これで機械側の搾乳準備が整い、作業者は牛の乳房を⑤のように洗浄・清拭し、前搾りを行った後、⑥のようにティートカップの装着を行う。これで搾乳⑦が始まり、搾乳の進行に伴い次第に泌乳量が減って搾乳が終了⑧すると、これが自動的に検知され、⑨のようにティートカップの真空を遮断して自動的に離脱が行われる。ティートカップの離脱



(平常時)



(搾乳時)

図6 試作4号機

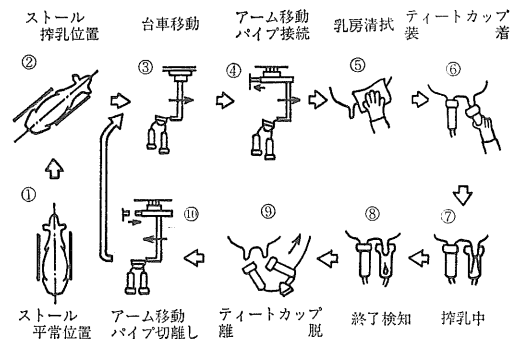


図7 搾乳作業の手順と装置の動き

が終わると、④と逆の順序で⑩の如く台車と真空配管との切り離しが行われ、同時に搾乳ユニットを備えたアームが元の位置に戻る。次に台車が移動を開始して次の搾乳位置に停止して最初の③の状態となる。

3号機の場合は、搾乳ユニットが1台でストールが4基であるから、上記のサイクルが4回繰り返されて4頭の搾乳が終了するが、4号機では搾乳ユニットが2台でストールが4基であるから、このサイクルの2回繰り返して終わることとなる。⑤の乳房清拭、前搾り等の作業は最初のサイクルだけが上述した順序となるが、次のサイクルからは、前の牛の搾乳中に次の牛の乳房清拭と前搾りを行っておくことができるので作業の手順が若干異なってくる。

5. 試作機各部の構造及び機能

5.1 ストール

搾乳時以外、ストールは普通のスタンションストールと同じく真直ぐに位置しているが、搾乳時に斜め方向に位置を変えるため、図8に示すように、最初Aの幅を有するストールが、 α 度だけ傾けられると、その幅はBと狭くなる。 α を大きくとればとるほどBは小さくなる。Bの幅があまり大きすぎると搾乳時に牛の動きうる自由度が高すぎて自動化には不向きであり、Bの幅があまり小さすぎると牛の腹を圧迫することになり好ましくない。

しかし、作業者が乳房を洗浄・清拭したり、ティートカップを装着したりする作業のやり易さからみると、 α をできるだけ大きくとって、その時の牛と牛との尻から尻までの距離、すなわち作業余裕幅Cが大きくなるようにした方が有利である。このように、A、B、C及び α の値はお互に影響し合うが、その関係を図9に示す。

1号機から4号機までのストールの諸元を表3に示した。1号機の設計の段階ではまだあまり詳しい検討がなされないままにストールの諸元を決めたこともありストールの斜めずらし角度 α を45度に、ストール幅Aを1300mmにとったが、この時搾乳時のストール幅Bは920mmとなり、かなり余裕がありすぎて牛の位置規制ができなかった。

2号機ではBを800mm、Cを1100~1200mm、 α を55度

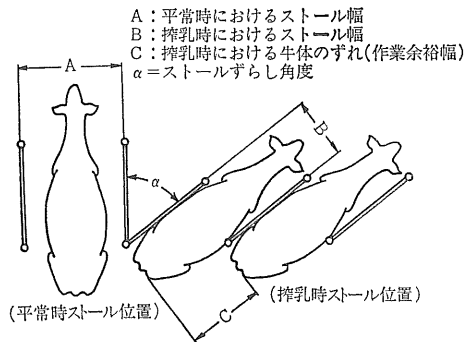
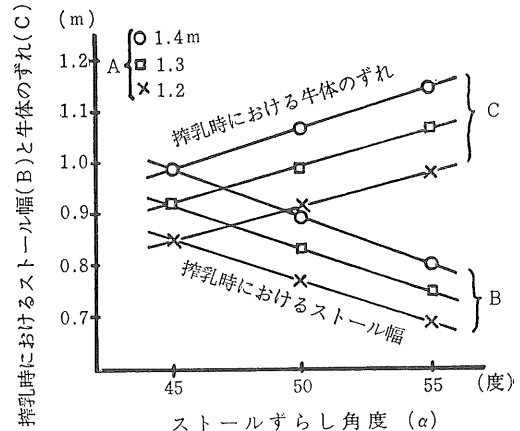


図8 ストール移動時の位置関係

表3 1~4号機のストール諸元

	1号機	2号機	3号機	4号機
ストール数	1	2	4	4
ストール幅	平常時 (mm)	1,300	1,200	1,200
	搾乳時 (mm)	920	800	690
ストール斜めずらし角度(度)	45	55	55	55
搾乳時牛体前後ずれ距離 (作業余裕幅) (mm)	—	1,150	990	990

注：* のストール幅はストールの芯一芯の長さで、有効幅はこの数値より50mm減となる。



注：ストール幅はストールのパイプの芯一芯の長さで、有効幅は50mm少なくなる。

図9 ストールずらし角度とストール幅および牛体の位置関係

として設計したため、平時のストール幅Aが1400mmとかなり大きくなった。このストールに牛を入れて搾乳してみるとBの幅が800mmでも大きすぎて牛体の規制が十分ではなかった。和田・野附⁷⁾らによれば、わが国の乳牛の平均的胴最大幅は720mm程度であるといわれている。これらの値を参考にして3号機ではBを690mmとした。この値はストールのパイプの芯間間の長さであるので、実際の有効幅はこれより50mm狭い640mmとなる。平均的胴最大幅720mmに対して640mmはあまりにも狭すぎるように見えるが、ストールの側方のパイプは上下2本に分かれており、それぞれが牛の胴最大幅の位置からずれているため、牛を入れてみた結果では、ほぼこれで十分であった。この時の他の寸法Aは1200mm、 α は55度、Cは1000mmで実用上問題のない値となった。

このようにストール幅Aを1200mm、斜めずらし角度 α を55度とすれば、ストール幅も通常一般のストール幅と同じで、搾乳時のストール幅Bも適当であり牛体の横方向の動きに対する規制はできたが、前後に対してはまだ

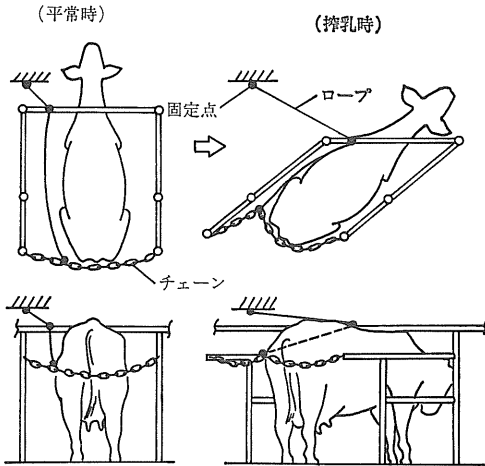


図10 牛体の前後位置の規制法

自由度が高すぎ、これを規制しないと機械による自動化作業に支障をきたすため、図10に示すような方法で前後の位置規制を行った。

牛体の尻部にビニールで被覆したリンクチェーンを緩くたるませた状態に張っておき、このチェーンの中間の適当な位置にロープを連結し、もう一端をストール前方の固定部分に連結固定する。平常位置では後方のチェーンはたるんでおり、ロープも牛の居住性を損なわない状態にあるが、搾乳時にストール前方が右に移動することによってロープにチェーンの一部が引っ張られて図10のように牛体を前に押し出す状態となり、前後の位置が規制される。

以上のように、ストール幅とストール斜めずらし角度を適当に選ぶことにより牛体の左右の位置が規制され、また牛体後部に設置したチェーンを張ることにより前後の位置が規制され牛体を搾乳に都合のよい状態に保つことができた。

5.2 ティートカップユニット支持装置

普通の搾乳の場合は手でティートカップを装着し、手で取り外すため、ティートカップを支持する装置は必要ではないが、自動化する場合は何らかの支持装置が必要となる。

ティートカップの支持法の理想から言えば、①ティートカップの装着が容易であること、②搾乳中は牛体の動きに追従しうるだけの自由度を持っていること、③搾乳が終了してティートカップを自動的に離脱させた場合にティートカップが牛床に落下しないように確実に保持しうること、④搾乳中に牛の足けりなどで乳頭からティートカップが脱落した場合でも牛床に落下しないよう支えることができることなどである。

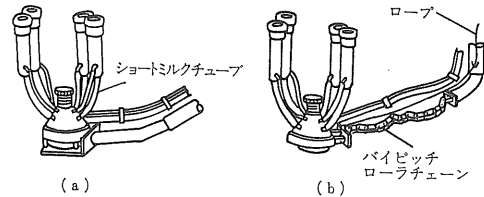


図11 1号機で試みたティートカップ支持法

以上のような考え方のもとに、1号機では図11に示すような(a)(b)の2つの方法を試みた。(a)の方法はティートカップユニットが、ほぼ固定に近い状態にあたるため、ティートカップのショートミルクチューブのたわみによるわずかな自由度しかなく装着が困難でありまた装着できても牛の少しの動きでもティートカップが乳頭からはずれることがあった。そこで固定部分から先に自由度を持たせるために、40番のパイピッチローラチェーンを(b)のように取り付け、その先にティートカップユニットを取り付ける方法を試みた。この付け根の部分でユニットはわずかに上下の自由度をもたせてある。搾乳の終了を検知するとロープが巻き上げられることにより、チェーンが折れ曲って縮み、ユニットが固定部まで引寄せられるようになっている。この(b)の方法による作業性は(a)の場合よりはかなり改善されたが、なお装着の際に自由度が少なく、牛の大きな動きには追従できずティートカップが乳頭からはずれることもあった。

2号機においては図12、(a)(b)のような方法を試みた。(a)の方法では1号機で試みたローラチェーンの代わりにパンタグラフを採用し、チェーンよりは支持の安定性をもたせた。パンタグラフ先端とティートカップユニットの接続部では、パンタグラフに対して左右にそれぞれ

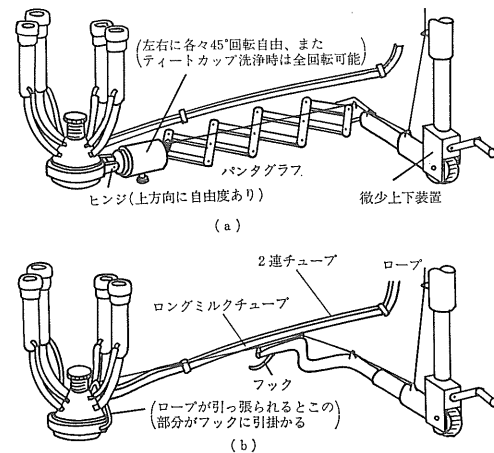


図12 2号機で試みたティートカップ支持法

45度の回転ができ、また、上方向への自由度もある程度もたせてある。パンタグラフの根元の高さは、ハンドルで自由に調節できるようになっている。この場合も搾乳終了時には巻き上げロープを引張ることによりパンタグラフが縮みティートカップの離脱を行い、また牛床への落下も防止する。この方法は、1号機で用いた方法よりは若干機能的に改善されたにとどまり問題が多かった。

ティートカップユニットの牛床への落下を防止するために、チェーンやパンタグラフなどで機械的に連結することはどうしても自由度が制限され、作業性に難があり、また、搾乳中の牛の動きに対する追随性が十分ではなかった。そこで止むを得ず搾乳終了時のティートカップの自動離脱時以外に、例えば牛の足けりなどによってティートカップユニットが牛床に落下するのを防止することはあきらめ、(b)のような方法に改めた。この場合、ティートカップユニットはロングミルクチューブと2連チューブのみで連結されているにすぎないので、普通一般の搾乳におけるティートカップユニットの装着状態と変わるところがなく、作業性、牛の動きに対する追随性なども良好であった。この方法は搾乳が終了してティートカップが自動離脱すると巻き上げロープで引っ張られて支持部先端のフックにクロウの金具の引っ掛かり、ティートカップユニットが牛床に落下するのを防止するようになっている。

以上、1、2号機によっていろいろなティートカップユニット支持法を試みてきたが、図11(a)を除き、いずれも搾乳終了と同時にロープを巻き上げてティートカップを引き上げる方式である。これらロープの巻き上げ方式もティートカップユニットが牛床へ落下するのを防ぐように何らかの機械的な支持法を試みたものはいずれも好ましくなく、結果的には何も支持しない図12(b)のような考え方をせざるを得ないことがわかった。しかし、この方法でも搾乳終了時に必ずしもティートカップユニットがうまく引き上げられるとは限らず、牛床をこするような状態となることが多く、引き上げるタイミングと引く方向とが重要であることがわかった。

以上のことを考え合せながら3号機、4号機においては図13のような方法を試みた。ティートカップを乳頭に装着する時は補助アームの部分を図のような位置にしておく。この状態では補助アームの部分は牛の腹下にもぐり込んだ位置にあり、ティートカップはやや前方に引っ張られた状態で乳頭に装着されている。搾乳の終了が検知されるとティートカップライナ内の真空が遮断され、同時にエアシリンダが作動して、ティートカップユニッ

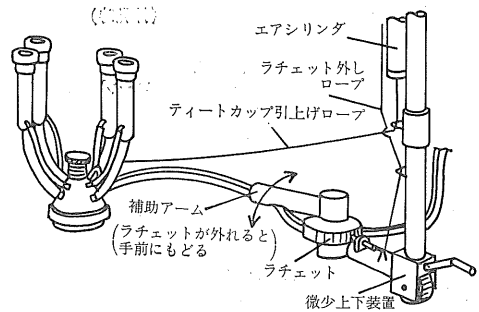


図13 3、4号機で試みたティートカップ支持法

トが牛床に脱落しないようにロープで上き上げる。この時ラチェットははずしロープも若干引き上げられるようになっているため、ラチェットがはずれて補助アームはバネの力で矢印の方向へ折りたたまれた状態となる。微小上下装置により支持装置全体の上下が若干できるようにしたが、これは必要ないようであった。

5.3 搾乳ユニット懸架アーム

ストール後部上方に設置したレール上を移動するようになっている台車からは、ティートカップユニット、搾乳終了検知装置、ティートカップ支持装置などを備えたアームが懸架されており、これを搾乳ユニット懸架アームと呼ぶこととする。

このアームの先端には前述のティートカップユニット支持装置がついており、搾乳の前後に、ティートカップユニットはこのアームの先端まで引き寄せられた状態になっている。しかしこのままの状態では台車とともに次の牛の位置まで移動させようとすると、牛の尻の部分に当たって移動できないので、若干後方へアームをずらしてやる必要がある。このずらし方について1号機から4号機までに試みた方法が図14(a)、(b)、(c)である。(a)は1号機、(b)は2号機、(c)は3号及び4号機で試みた方法である。

(a)の場合は、上方の支点を中心にしてアーム先端が円弧状に移動するために、支点の真下かそれ以上後方(図では右より)にアームの先端部がないと、アームが後方に逃げる際、垂れ下がったティートカップが牛床をこすり糞などで汚染される欠点があった。こうならないように支点の位置をずらせばよいわけであるが、台車とレールなどの位置関係で極端に支点をずらすことができなかった。そこでこの点を改良したのが、2号機で試みた(b)の方法である。このアームは、上方の交点の他に一箇所ヒンジの部分があり、アームの動きが2挙動になっているので、搾乳終了時にはまずアームの先端が一旦後

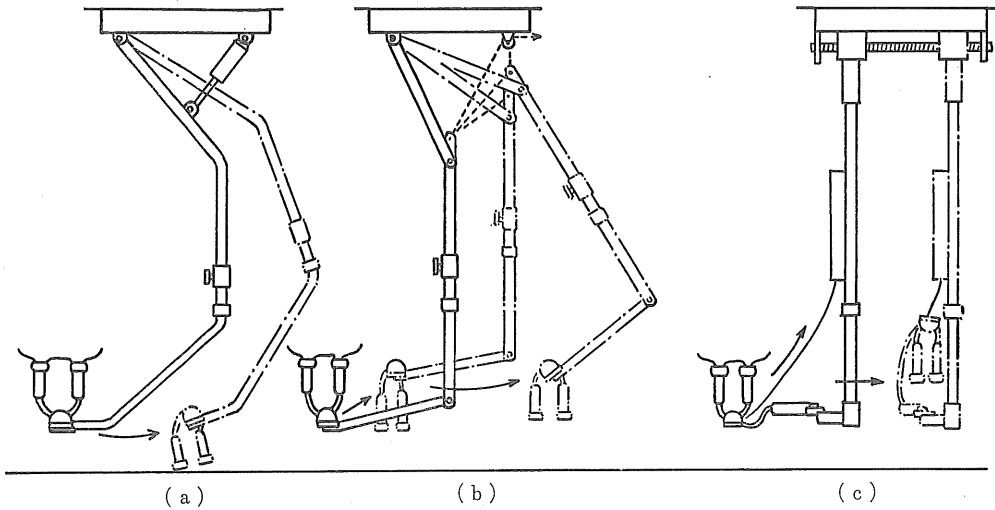


図14 搾乳ユニット懸架アームとその動き（1点鎖線は搾乳終了時）

退しながら上昇し、ティートカップがある程度牛床から離れた状態となり、次いで支点を中心に円弧状に移動するので、ティートカップが牛床をこすることがなくなった。この方法は機能的には問題はなかったが、機構的には若干無理な点が多く故障も多かったので、3号機以降は(c)の方法を採用した。(a)、(b)がいずれも台車上に設けられた支点を中心としてアームが円弧等の軌跡を描いて移動するのに対して、(c)はアームが直立したまま後方へ移動する方式である。

アームの移動は、(a)は油圧シリンダで直接アームを引き上げる方式、(b)はアームに取り付けたワイヤロープをモータで巻き上げる方式をとっており、(c)の場合はアーム上端の支持部の雌ねじと台車側の雄ねじとの噛み合わせによって行う方式である。

5.4 台車

1号機においては台車はごく簡単なもので、移動も位置決めも手動で行う方式であったが、2号機はボタンスイッチで規制する方式をとった。3号機はほぼ完全に自動化されたので、最初に自動運転のボタンスイッチを操作すると、台車は移動を開始して定められた位置に停止し、搾乳ユニット懸架アームが搾乳位置に移動して停止する。搾乳が終了し、アームが元の位置に戻ってくると台車は次の搾乳位置へ移動する。4号機の場合も3号機の場合とほぼ同じであるが、同時2頭搾乳のため搾乳ユニットは2台で、台車にアームが2本懸架されており、このアームはそれぞれが別の動きをしなければならないため、どちらか片方の搾乳が終わってアームが台車の元の位置まで戻っても、もう1基のアームが戻ってくるま

で待機し、2基揃ってから次の位置へ移動するようにしてある。

5.5 台車と真空配管との接続及び切り離し

台車には、搾乳ユニット懸架アームを介してティートカップユニットが取り付けられており、搾乳するためには搾乳用の真空が供給されなければならない。今回の試作の規模の範囲では台車の移動距離もそう大きなものではないので、フレキシブルなパイプを牽引しながらでも搾乳は十分可能であるが、実用規模ではこのような方法は無理であり、移動する台車と固定された真空配管との接続と切り離しがどうしても必要となる。

1号機はバケット式としたためこの必要はなく、2号機においてはとりあえず手作業で接続と切り離しを行った。

3号機はストールが4基、搾乳ユニットが1台で、台

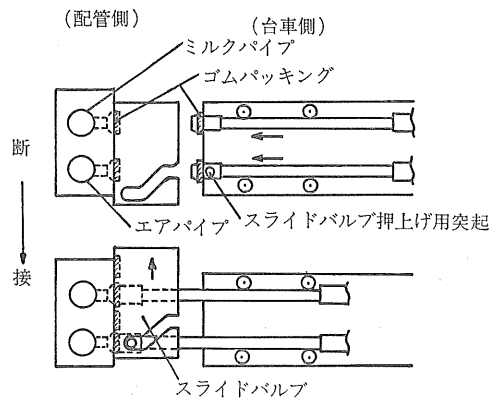
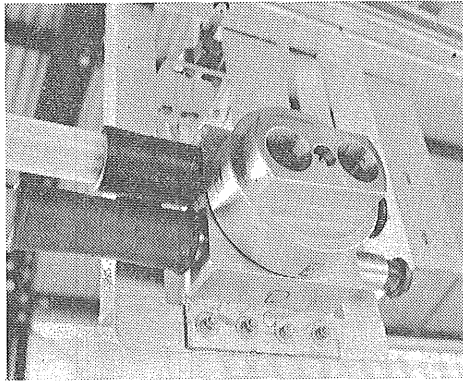
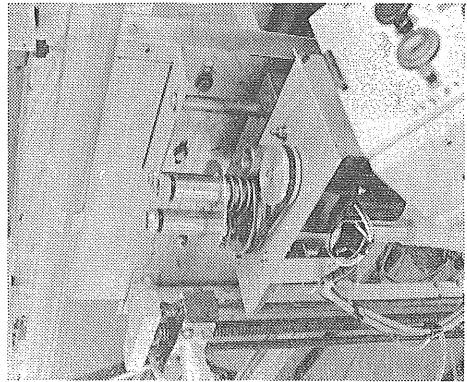


図15 3号機で試みたパイプの断・接法



(配管側)



(台車側)

図16 4号機で試みたパイプの断・接法

車の移動が4回に分かれるため、それぞれのストール上の配管にストールロックを設け、図15に示すような方法で自動的に接続・切り離しを行った。台車が所定の位置に停止すると、台車側の2本の接続パイプが配管側の接続孔に向かって移動する。配管側の接続孔には、この接続孔をふさぐような状態でスライドするカバーがあり、台車側から延びてくる2本のパイプのうちの下方の1本に取り付けられた突起の部分がカバーに刻まれた溝に入ると、カバーは上方に移動しパイプと配管とが接続される。この方法による接続・切り離し操作は、円滑であり機構的には問題はなかったが、接続又は切り離しの際に一時的に大気が入り真空圧が低下するという問題が残された。3号機のように同時1頭搾乳の場合は問題ではないが、将来の構想としては同時に台車を何台か走らせ、同時に多数頭の搾乳を行うことを考えているため、たとえ一次的にでも大気が入り真空圧が低下することは避けなければならない。

4号機では一次的に大気が入らないように図16のような方法に改めた。4号機は台車1台に搾乳ユニットが2台懸架されているが、2台のテイトカップからのパイプは1本にまとめて配管側と接続する方式とした。3号機の接続部は上下にスライドする方式であったが、4号機は回転スライド方式である。台車側と接続していない時には図16の左側の写真のように配管の接続孔と回転スライド板とは90度孔位置がずれた状態となっており、この状態で右の写真のように台車側からの接続パイプが移動してきてこの孔に入り、仮接続を終わってから90度回転して本接続を行う方式とした。切り離しの場合は、これと逆の順序で行う。このような方式に改めたことにより、接続・切り離し時の配管内への大気の侵入は完全

に遮断することができた。

5.6 搾乳終了検知及びテイトカップ離脱装置

搾乳の終了時期を検知する方法は、1号機、2号機においては電極式、3号機、4号機においてはフロート式を採用した。

1号機の試作に先立って電極式について予備的に図17に示すような装置を試作し、終了検知時期の適否について検討した。この装置は、牛乳の通過するパイプの中に図のように絶縁体で隔離された一対の炭素電極を置き、牛乳がパイプを満して流れている時は牛乳を介して電極間に微電流が流れる。搾乳末期になって牛乳の量が減ってくると、電流が流れにくくなり、やがては流れなくなる。この時に電気回路が閉じ、搾乳終了を検知する方式とした。この方式はバケットミルクの蓋の部分に取り付け、終了検知をブザーで作業者に知らせるという目的で当初試作したものであり、埼玉県畜産試験場に依頼して図18のような配置で試験を行った。

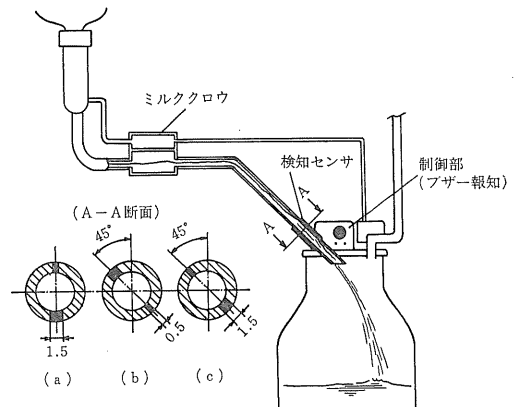


図17 予備試験に用いた終了検知装置

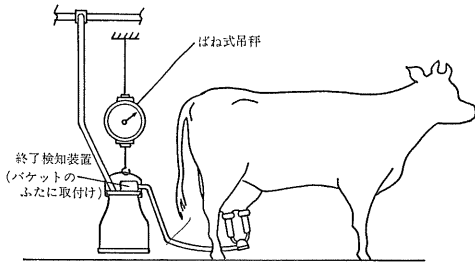


図18 予備的に行なった終了検知装置の試験配置

電源部等の装置はバケツミルカの蓋の部分に取り付け、検知部は蓋のミルクチューブ接続部に取り付けた。取り付け方は図17に示したような3通りの方法とし、乳牛6頭を供して計28回の測定を行った。バケツはバネ秤で吊し、この目盛の変化を15秒ごとに読み取って搾乳中の牛乳の流量変化を求め、終了検知の時期が搾乳終了時期として適当であるかについて検討した。

予備試験の結果を表4に示す。装置は一応搾乳終了時期の30秒間に200gの流量近くで作動したものが多かったが、終了検知時期は必ずしも適当ではなく、図17(a)の状態では15秒間に50g、または、それ以下に流量が下っても作動しなかった測定区が延べ28回あり、15秒間に50gまたはそれ以下の状態が2回連続しても作動しなかったものが6回あった。図17(b)、(c)の状態では一般に装置の作動時期が早すぎる傾向があり、牛個体間の差が大きいようであった。

予備試験の結果などを参考にし、1号機、2号機には別の形式の図19のような電極式の終了検知装置を試作した。これは流入パイプから牛乳がチャンバ内に流入し、牛乳は排出パイプの上方とこのパイプの根元のところにある小さな孔から流出するようになっている。牛乳の量が多い場合は、大部分の牛乳は排出パイプから出て行くが、この時チャンバ内に設置した上下の電極間の牛乳を

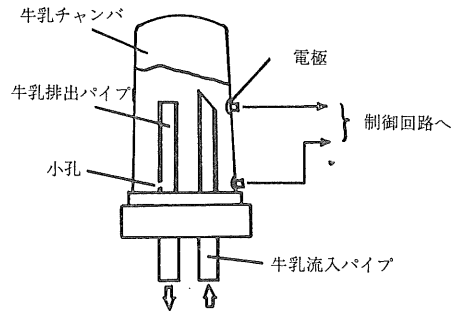


図19 1, 2号機で試みた終了検知装置

通して微電流が流れる。搾乳末期になって牛乳の流入量が減り排出パイプの上面以下に液面が下がると、排出パイプ根元の小孔からのみの排出となり、上方の電極が露出した状態となる。このような状態になると電流の流れが止まって搾乳終了が検知されるようになっている。

この装置による試験結果を表5に示す。測定を行うに先立って電極の位置、牛乳の流れをよくするための空気孔の径と位置等を変えながら適当な終了検知時期を検討したが、なかなか適当な位置関係が見出せず、精度としては非常に低いものにとどまった。表5に示すように流量が30秒間に200gの終了時期以下になってから装置が終了を検知するまでの時間が早いもので20秒、遅いものでは3分18秒もかかっており、過搾乳と見られるものが多かった。

今回供試した2種類の電極式の搾乳終了検知装置は、両方とも精度の点で問題が多く、このままでは実用性は薄いと考えられた。問題点としては、搾乳中に発生する泡、電極の位置、材質、電流の強さなどであるが、牛乳の電解物質が電極に付着することにより感度が劣化していくことが大きい。

以上のように電極による方法は搾乳終了時期の判定にはやや精度を欠き性能が不安定なことが多かったため、

表4 搾乳終了検知装置の作動状態(予備試験)

	図17(a)		図17(b)		図17(c)	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
終了を検知する前30~45秒間の乳量	240.6 ^g	302.7 ^g	610.0 ^g	285.3 ^g	500.0 ^g	288.1 ^g
" 15~30 "	302.9	417.4	650.0	287.2	490.0	233.2
" 15 "	129.4	199.3	633.3	254.4	390.0	165.5
終了を検知した時の15 "	20.6	24.6	433.3	68.7	300.0	164.3
終了を検知した後の15 "	5.6	15.7	275.0	127.2	225.0	152.1
" 15~30 "	—	—	225.0	154.8	212.5	90.6
" 30~45 "	—	—	308.0	323.3	125.0	103.1

表5 搾乳終了検知装置の作動状態 (1, 2号機)

乳牛 No.	朝・夕	乳 量 (kg)			乳量が30秒間 200g になっ た時間	終了検知装置 が働いた時間	検知装置の 時間的ずれ
		総乳量	機械乳量	手搾り			
1	朝	11.5	9.7	1.8	6分:00秒	9分:18秒	3分:18秒
	夕	5.8	5.3	0.5	3:30	6:06	2:36
2	朝	13.3	12.3	0	5:15	6:52	1:37
	夕	5.4	5.4	0	3:45	5:08	1:23
3	朝	7.8	7.5	0.3	3:30	7:19	3:49
	夕	5.0	4.8	0.2	4:45	7:31	2:46
4	朝	13.6	13.6	0	5:20	5:20	0:20
	夕	4.6	3.8	0.8	2:30	3:35	1:05
平	均						2:07

3号機, 4号機においては外国ですでに実用化されているフロート式の終了検知装置を利用することとした。この構造と作用の概要を図20に示した。搾乳中は, 牛乳によってフロートが浮き, フロートと同時に動く隔壁板が上昇することにより, ①室と②室は導通して真空圧がかかり, ③室の大気圧によってダイヤフラムは下方に引っ張られ, ③室と④室は導通が断たれる。この時牛乳は, 牛乳排出口及び①室の下端に設けられた小孔を通して流れている。小孔からの流出量は, 前述したようにやはり30秒間200gの流量に設定してある。搾乳が終わりに近

づき, 隔壁がフロートとともに下がってきて①室と②室の導通が断たれると②室が大気圧となり, ダイヤフラムとバルブが上方に上がり, ③室と④室の導通が断たれ, ④室の真空圧がエアシリンダに通じてテートカップを引き上げる。この装置は, 搾乳の終了検知とテートカップの引き上げとが一つの装置に組み込まれていることに特徴がある。

搾乳の終了が, 電氣的またはその他の方法で検知されると, 次いでテートカップライナ内の真空を遮断しテートカップユニットを離脱させなければならない。

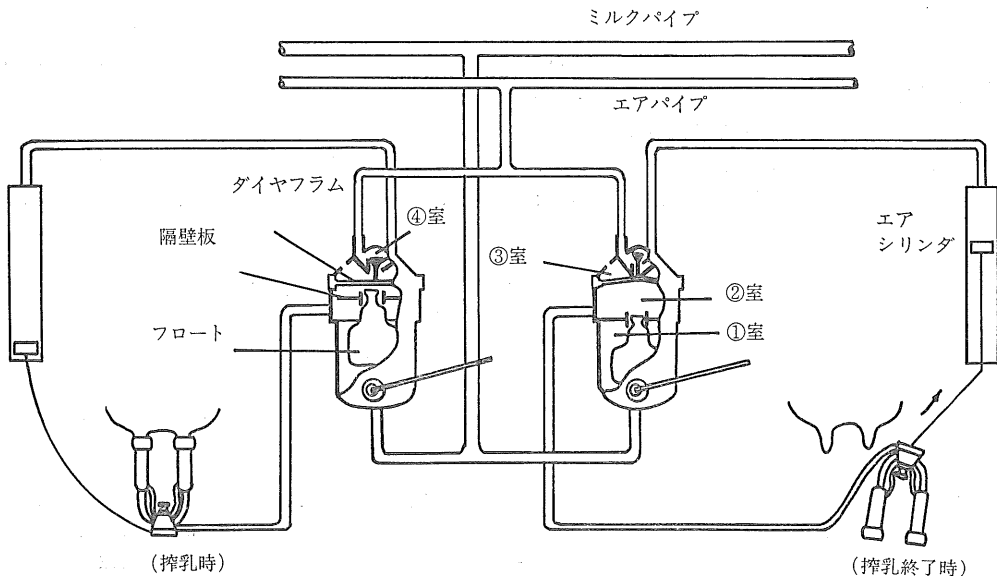


図20 3, 4号機で用いた終了検知装置

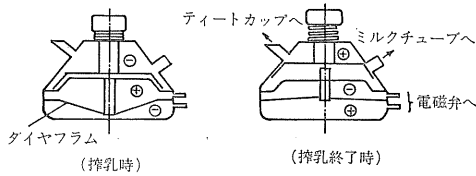


図21 1, 2号機で試みた真空遮断法

1号機, 2号機には, ミルククロウの部分を図21のように改造して用いた。ミルククロウの下部に図のような室を設け, この室をダイヤフラムで2室に区切り, それぞれに真空圧と大気圧を導けるようにした。搾乳時にはクロウ上部の取手を下方に押し込むと搾乳真空圧に通じて搾乳が始まるが, この時ダイヤフラムの上室には大気圧, 下室には真空圧を導くことによりダイヤフラムは下方に引っ張られた状態にある。搾乳終了が検知されると上室に真空圧を, 下室に大気圧を導くことによりダイヤフラムは上に上がり, ダイヤフラム中央についているシャフトでクロウ上部の取手を下から押し上げる状態となりクロウ内の真空が遮断される。この時, 電磁バルブを作動させる電気信号がティートカップユニットの引き上げ用のモータに通じ, ロープを巻き上げてティートカップを離脱させる。

3号機, 4号機は搾乳の終了検知法が前述したようにフロート式で, 搾乳終了が検知されるとティートカップライナ内が自動的に大気圧になるような機構になっているので, 特にクロウに細工はせず普通のクロウを用いた。

6. 半自動搾乳装置による搾乳試験

1号機, 2号機についての試験は, 基本的な機能, すなわち3号機, 4号機を設計するに必要な諸機能の問題点を見出すためのものであり, 系統的な試験には至らなかったもので, 実際に乳牛に長期間適用して実用性の検討

を行った3号機, 4号機について報告する。

6.1 試験方法

試験方法は3号機, 4号機とも同じである。供試した乳牛の概要を表6に示した。

表6 3, 4号機の試験に用いた乳牛の概要

試作機	牛番号	産次	分娩月日	牛体寸法			
				体重 kg	体高 cm	体長 cm	肋幅 cm
3号機	1	1	昭50. 2. 6	489	128.0	159.0	65.0
	2	1	50. 1.20	533	134.0	157.8	63.8
	3	1	50. 2.11	688	138.4	164.0	83.8
	4	3	50.11.11	572	137.0	167.4	67.2
4号機	5	2	51.11.17	550	130.2	156.4	66.7
	6	2	51.10.28	600	138.2	159.4	65.2
	7	2	51.10.13	560	134.6	159.2	67.8
	8	2	51.10. 7	535	133.5	157.1	63.2

本来ならば乳牛は搾乳時以外も常にこの装置に繋留されているべきであるが, 試験期間中, 供試牛は牛舎から出して装置につないで試験を行い, 搾乳が終わるとまた牛舎に戻すという方法をとった。なお, 測定は朝搾乳のみについて行った。

測定はタイムスタディーに重点を置き, 各作業行程ごとにその所要時間を測定した。

乳牛の装置に対する馴れ, 適応性をみるために試験期間の前後の慣行法による搾乳量を測定した。また, 装置による搾乳が終わったあと手搾りを行い残乳量を調べた。

各部の作動状態, 作業の難易などは作業者の意見を聞くとともに数人で観察した。

6.2 試験結果及び考察

表7 3, 4号機における各作業所要時間

作業と所要時間 (分)	3号機					4号機				
	牛番号				平均	牛番号				平均
	1	2	3	4		5	6	7	8	
① 台車移動	0.30				0.30	0.62				0.62
② アーム前進	0.15				0.15	0.15				0.15
③ ティートカップ装着	0.39	0.38	0.46	0.48	0.43	0.56	0.46	0.49	0.41	0.48
④ 搾乳	5.18	5.67	3.59	6.16	5.15	6.48	5.80	10.25	8.15	7.67
⑤ ティートカップ離脱	0.07				0.07	0.08				0.08
⑥ アーム後退	0.15				0.15	0.15				0.15
① ~ ⑥	6.24	6.72	4.72	7.31	6.25	8.04	7.26	11.74	9.56	9.15

表 8 3, 4 機における手作業時間及び乳量

作業と所要時間 (分)	3 号 機					4 号 機					
	牛 番 号				平 均	牛 番 号				平 均	
	1	2	3	4		5	6	7	8		
① 乳 房 清 拭	1.26	1.07	1.11	1.11	1.14	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20	
② ティートカップ装着	0.39	0.38	0.46	0.48	0.43	0.56	0.46	0.49	0.41	0.48	
① ~ ②	1.65	1.45	1.57	1.59	1.57	1.76	1.67	1.69	1.61	1.68	
乳 量	6.46	7.84	5.68	13.64	8.41	28.9		30.7		14.9	
残 乳 量 {	kg	0.22	0.34	0.14	0.36	0.27	0.23	0.53	0.16	0.28	0.30
	%	3.4	4.3	2.5	2.6	3.2	—	—	—	—	2.0

1) 作業性能試験

3, 4号機の各部の作動時間などの測定結果を表7, 表8に示した。

3号機と異なり4号機は搾乳ユニットを2台備え、同時に2頭を搾乳するようになっているため、この表の値を単純に比較することはできない。すなわち、3号機の場合は台車が移動を開始してから搾乳を終え、次の搾乳位置に移動を開始するまでのサイクルに要する時間は6.25分であるが、4号機の場合は9.15分にさらに③のティートカップ装着時間を加える必要があり、9.63分となる。乳房の清拭は実作業の流れでは前の搾乳が行われているうちに次の牛の作業を行っておくことになるので、このサイクル時間には加えていない。

2) 装置に対する乳牛の順応性

試験に入る前に供試牛は数回前もって装置に入入れし

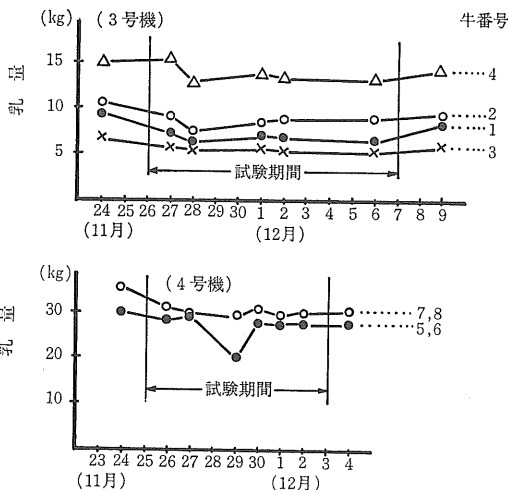
て装置に馴らしておいたが、図22に示すように搾乳開始時期に若干乳量が低下する傾向が見られた。しかし、これは後半になるとある程度回復しており、表9に示すように残乳量も減少の傾向を示していることなどから見ると、装置に対しての乳牛の馴れは比較的早いものと考えられる。

3) 装置の作動状態

(1) 牛体の規制状態は良く、牛体が整然と斜め状態に配列されるため、乳房の清拭、ティートカップの装着などの作業は慣行法に比べて遜色がなかった。

(2) ストールを斜めにするることによって、糞や尿の落下する位置が前方に移動することにより、これらが直接牛床に落下飛散し、搾乳装置や作業者を汚すことがあり改善すべきである。

(3) ストール幅は、搾乳位置で有効幅が640mmであり、牛体の規制上からはこれくらい狭い方が望ましいが、泌乳末期の牛においては若干狭いと思われた。



注：4号機の乳量は2頭の合乳量。
29日は機械の故障で搾乳を中断した。

図22 3, 4号機の試験期間中の乳量の推移

表 9 3, 4号機の試験中の残乳量の推移

		(単位: g)									
		回	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
牛No.	機	1	250	450	100	100	200	250	200	—	221
		3	2	300	500	500	300	350	300	250	—
	3	150	200	200	200	100	50	100	—	143	
	4	400	300	700	300	250	300	300	—	364	
	平均	275	363	375	225	225	225	213	—	272	
4号機	5	200	300	200	—	300	200	200	200	—	229
	6	600	650	800	500	500	400	400	400	—	531
	7	100	200	200	—	200	100	100	200	—	157
	8	250	300	200	200	300	200	300	200	—	244
	平均	288	363	350	350	325	225	250	250	—	300

(4) ティートカップの装着時に、終了検知装置、及び自動離脱装置が誤作動し、装着に支障をきたすことがあった。この点は、4号機においては改善した筈であったが、まだ若干誤作動気味であった。

(5) 3号機では真空及びミルクパイプと台車との自動断・接操作は順調であったが、4号機では機構を改めたこともあり接続・切り離しの力がやや不足気味であった。3号機で問題となった接・断時にパイプ内に大気が入り真空圧が低下する現象は4号機では改良されたため空気洩れはなくなった。

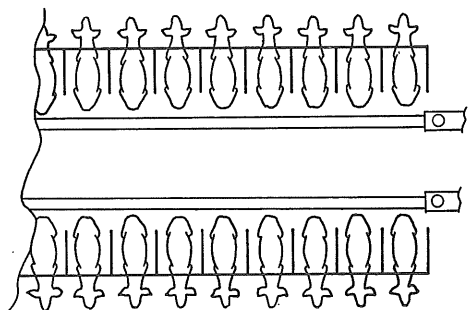
(6) ティートカップの自動離脱方向は斜め方向よりも一気に上方向に引き上げた方が効果的であった。

7. 半自動搾乳装置の実用化の検討

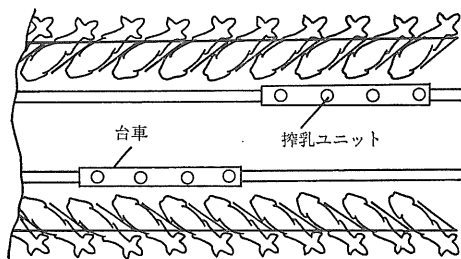
静岡県畜試で試験を行った3号機と4号機は、構造が若干異なり、搾乳能率なども異なるが、これらから得られた基礎的な数値などを参考に、この半自動搾乳装置を実用化する場合の考え方を検討し、搾乳能率の試算を行った。

7.1 牛及び装置の配置

今回試作したような形式の半自動搾乳装置により、より能率的に搾乳作業を行わせるためには、図23のように対尻式に牛を2列に配列し、それぞれの牛体後部上方に台車移動用のレールを設け、そのレール上に台車を配置



(a) 平常時



(b) 搾乳時

図23 実用化する場合の牛と装置の配置

し、その台車に適当数の搾乳ユニットを懸架させる方式が望ましい。

牛は平常は図23(a)の状態にあり、搾乳時にはストールを傾けて(b)の状態になる。台車は自動的に移動を開始し、それぞれの列の最初の搾乳位置に停止する。ここで自動的に真空パイプの接続が行われる。作業者は片方の列の牛(一台の台車に備えられている搾乳ユニットの数だけ)の乳房を清拭し、前搾りを行ってティートカップを順次装着していく。片方の台車の方を装着し終わると反対側の牛にも同様の操作で装着を行い、これが終わると作業者は初めの列に戻り、次に搾乳される牛の乳房清拭と前搾りを行う。この作業がすむ頃最初の牛の搾乳を終えた台車が、ティートカップの自動離脱、真空パイプの切り離しを行った後、次の搾乳位置へ移動してくるので、作業者はティートカップを順次装着する。装着が終わると反対側へ行って同様の操作を繰り返す。このようにすると時間的にもあまり無駄がなく搾乳能率を上げることができる。

飼養頭数が50頭だとすれば25頭ずつ2列に、100頭ならば50頭ずつ2列にするとよいが、畜舎が長くなって具合が悪い場合、例えば100頭の場合などでは25頭4列にしてもよいと思われる。いずれにせよ、2列を一組とした考え方が作業手順の上からはより能率的であろう。

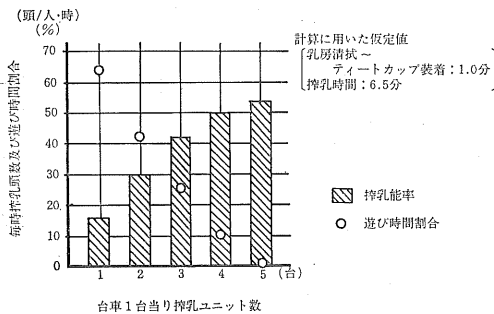
7.2 各作業時間の検討

3号機及び4号機の試験結果のうち各作業に要した時間の平均値は前出の表7、表8に示したとおりであり、3号機の場合、1頭当たりの乳房清拭に要する時間は1.14分、ティートカップ装着時間は0.43分、機械搾乳時間は5.15分、台車及び搾乳ユニット移動時間は0.67分であったが、このうち、乳房清拭とティートカップ装着に要する時間を合わせると1.57分となり、4号機の場合は1.67分であったが牛体を清潔に保ち、また、作業者及び乳牛が装置に馴れた場合には、これを1分で行うことも十分可能であると考えられた。

この時間、すなわち作業者の拘束時間が一番搾乳能率

表10 乳房洗浄からティートカップ装着までの時間
(ロータリミルクングバーにおける調査)

作業区分		牧場名		
		E牧場	K牧場	P牧場
ノズルで乳房洗浄 乳房清拭 ティートカップ装着	分/頭	0.25	—	—
		0.21	0.89	0.19
		0.20	0.24	0.23
計		0.66	1.13	0.42



注：この試算は作業員1名、台車を2台図23のように配置したとして行った。

図24 実用規模にした場合の搾乳能率試算

に影響を与えるので、実際に農家が行っている作業について調査した結果を表10⁹⁾に示した。この表はロータリミルクパーラを使っている農家の例であるが、E牧場の場合は0.66分、K牧場では1.13分、P牧場では0.42分であった。K牧場は乳房の汚れがひどく、その洗浄のためにかなりの時間を費やしていた。パーラとパイプラインとは、作業の容易さが異なるのでそのまま比較はできないが、K牧場の場合を特例として除けばE、P牧場の時間より多く見積っても1分で行うことは十分可能な数字であると考えられる。

次に、搾乳に要する時間は3号機の場合は5.15分、4号機の場合は7.67分となっており、4号機の場合はかなり長くなっているが、これは乳量の比較的多い(朝搾乳の平均で14.3kg)乳牛で試験したことによる。

7.3 搾乳能率の試算⁹⁾

前述の試験結果に基づき、実用化した場合の搾乳能率の試算を行った。

まず配置は対尻式で、それぞれの列に台車1台ずつを配置し、それぞれの台車に搾乳ユニットを1, 2, 3, 4, 5台装備した場合を想定してそれぞれの場合の搾乳能率と、作業員の遊び時間割合を計算した。その結果を図24に示す。

この場合の各作業時間は乳房清拭からティートカップ装着終了までを1頭当たり1分とし、機械搾乳時間を6.5分、ティートカップ離脱時間、搾乳ユニット移動時間、台車移動時間をそれぞれ0.08分、0.15分、0.62分とした。しかし、搾乳ユニット移動時間は搾乳位置まで移動する時間、搾乳が終了してから終了位置まで戻るときの往復が必要なので0.15分の倍の0.3分が必要となる。

この図24から見ると、台車を2台配列して、それぞれに搾乳ユニットを3台装備した場合は約42頭で、作業員の遊び時間は25%程度、4台装備で約50頭、遊び時間が

10%ぐらいとなり、試算上は所期の目標である毎時1人当たり50頭搾乳の可能性が認められたわけであるが、試算の基礎となる数値が4頭規模のしかも台車1台という小規模の試験から引き出されたものであり、実用化した場合には次項で述べる以外にまだまだかなりの問題が出てくることが考えられるが、その点に関しては現段階では推察することは困難である。

7.4 問題点

前述したごとく、搾乳能率を左右するのは、作業員の手作業の時間、すなわち拘束時間の長短である。乳房を清拭してティートカップを装着し終わるまでの時間は試算に用いた1分という値でそう大きな無理は生じないと考えられるが、機械搾乳時間の6.5分という設定が問題となろう。この値は、今回の試験における全試験の平均値であるが、実際の場合には2~3分で済むものや10分以上もかかる牛もあるため、その平均値で計算した能率は必ずしも望めないと思われる。このような場合、泌乳速度の早い牛を残し、遅い牛は淘汰していくことが考えられるが、これでは必ずしも現実性があるとは限らないので、実際の場合には、泌乳速度の比較的揃った牛をまとめて幾ブロックかに分けておくような工夫をしないと、いろいろな泌乳速度の牛が混じっている場合には、泌乳速度の遅い牛に引っ張られて台車が次の搾乳位置に移動することができず搾乳能率の低下を招くことになる。

次に考えられるのは、搾乳能率を上げるために台車1台当たりの搾乳ユニット数を作業員の遊び時間がほとんどなくなるまで増していくと、搾乳中に牛の足けりその他の原因でティートカップが乳房から脱落したりした場合にそれを再び装着することに時間をとられ、計算したような搾乳能率が上がらないことを生じる。したがって、作業員の遊び時間をどの程度とればよいのか、それとも作業能率をぎりぎりまで上げて、不時のトラブルの時のために補助者をもう一人つけた方がよいのかということ等も大きな問題点の一つである。

次に問題となるのは、マシンストリップングである。この装置はマシンストリップングの操作は組み込んでいないが、試験期間中、搾乳終了時に後搾りを行い、残乳を調査した結果では約2%であり、さほど問題にすることはないと考えられる。しかし、長期的にこの状態で搾乳を続けた場合に、牛の生理上問題が生じないかどうかの検討が必要となろう。

最後はこの装置の経済性的問題であるが、試作段階であるので現段階では普通のパイプライン式ミルクに比べ

てかなり高価なものになっている。これが実際に実用化の段階になればかなり価格が下がるものと考えられるが、それにしても普通のパイプライン方式に比べると高価なものになることは否めない。搾乳能率の向上と、装置の価格とのバランスをどう考えるかは今後の大きな問題である。

8. 摘要

わが国における乳牛の飼養形態は畜舎に繋留する方式が大部分であり、欧米に多く見られるルースバーン方式は少ない。このような飼養形態の違いから搾乳方式も異なり、わが国においてはミルクングバーラ方式は少なく、バケットミルクや畜舎内パイプラインミルクが主流を占めている。搾乳の自動化に関する研究は諸外国ではかなり行なわれているが、ミルクングバーラに関するものが多く、畜舎内パイプラインミルクに関するものはごく少ない。そこで、繋留式牛舎における搾乳作業の省力化を目的として「半自動搾乳装置」の開発研究を行った。この装置はテイトカップを乳頭に装着するまでを手作業で行い、その後の作業はすべて自動化しようとするものである。

乳牛の繋留はスタンション方式であるが、このスタンションは可動式となっており、搾乳時には牛体の配列を斜め方向に変え、丁度ヘリングボーン式のミルクングバーラにおける牛体配列と同じにする。エアパイプ、ミルクパイプ等の真空配管は牛体後方上部に設けられ、さらにそれと並行して台車走行用のレールが設けられている。この台車には搾乳ユニット、搾乳終了検知装置、テイトカップ自動離脱装置などの搾乳装置一式を懸架している。

牛体配列が前述のように搾乳状態になった時点で、これらの搾乳装置を懸架した台車が移動を開始し所定の位

置に停止する。この位置で台車と真空配管との接続が自動的に行われる。作業者が乳房を清拭し、テイトカップを装着すると搾乳が開始され、これ以降の作業は自動的に行われる。すなわち、搾乳の終了検知とテイトカップの自動離脱、台車と真空配管との接続解除、台車の移動などである。搾乳が終わると台車は次の搾乳位置まで自動的に移動し停止するので、作業者は前と同じ作業を繰り返して行くことにより搾乳が連続的に進行する。

当初の試作機は基礎試験用の1頭用の装置であったが、最終的に試作した4号機は、4頭用で同時に2頭を搾乳する方式である。この装置について静岡県畜産試験場で適応性試験が行われたが、その試験の結果からこの装置を実用規模に拡大した場合の搾乳能率などを試算すると1人で1～1.5時間に約50頭の搾乳を行いうる可能性が明らかとなった。

引用文献

- 1) 農林水産省経済局保険管理課：家畜共済統計表，1978。
- 2) 農林水産省農林経済局統計情報部：農林水産統計，1964～1978。
- 3) Kirkbride C. A., Erhart A. B.: The effect of milking machine function on udder health. J. Am. Vet. Med. Ass. 155 (9), p. 1499, 1969.
- 4) Klasttrup O. et al.: The effect of Vacuum fluctuation on udder health and milking performance, XIX International Dairy Congress, IE, p. 137, 1974.
- 5) Dodd F. H. et al.: The effect of teat-cup liner on mastitis, J. Dairy Res. 24, p. 20, 1957.
- 6) 農林水産技術会議：搾乳作業の省力化に関する研究，研究成果114 1979, 182p.
- 7) 和田忠，野附巖：家畜姿態の寸法の決定，農業施設，Vol. 2 No. 1, p. 50, 1971.
- 8) 野附巖他：ロータリーミルクングバーラの作業能率について，農業施設，Vol. 9 No. 1, p. 19～26, 1978.
- 9) Bickert, W G. et al.: Simulated milking rates in various semi-automatic milking parlors, paper No. 71-353, ASAE. 1971 Annual meeting, 23p.

Summary

Research and Development of Semi-Automatic Milking Apparatus

Takashi KUWANA, Kotaro KUBOTA, Kiyohisa OGAWA, Isao FUKUMORI,
Naoaki DOSHU, Iwao NOTSUKI, Katsumi UENO,
Tadao ICHIKAWA and Yoshinori OKITSU

Most of milking cows in Japan are raised in cow-sheds and only a few cows are raised in loose housing free barns. The latter is the popular type of rearing method in Europe and

America. Because of this difference in rearing methods, parlour type milking systems are not common at all but bucket- or pipeline-milking systems in cow-sheds are most popular in Japan. The latter types of milking systems will be used widely in the future in our country. Therefore, to save the labour for milking by the use of pipeline-milking systems in cow-sheds the authors have developed "SEMI-AUTOMATIC MILKING APPARATUS" which can carry out all operations automatically, except udder washing and stimulation, hand milking before machine milking and attaching teat-cups to teats.

The procedure of the milking by this apparatus is as follows :

Cows are put into movable stanchion stalls and these stalls are shifted to the oblique position to make the arrangement of cows just similar to that of herringbone type milking parlour. Air- and milk-pipes are installed above the back side of the stalls, and the rail for carrier is also installed in parallel to these pipes. Milking apparatus consisted of milking unit, detector of the end of milking, teat-cup unit detacher and so on is hanged from the carrier which moves on the rail.

For the milking, the carrier is moved to the milking position where it stays. Connection of air- and milk-pipes to the milking apparatus is done automatically at this position. In this situation, operator washes the cow's udder and teats and attaches the teat-cups to teats, and then milking starts. At the end of the milking, detection of the end of milking, cut off vacuum in the liners, detaching the teat-cup unit from teats, disconnection of the carrier from milk- and air-pipes and movement of carrier to the next milking position can be done automatically.

Then the milking apparatus is again connected to milk- and air-pipes automatically. The operator repeats the same operations. Thus, the milking operation goes on continuously.

The first prototype model is a simplest one which has only one stall and one milking unit. Most of operations, i. e. changing of stall position, movement of carrier, teat-cup unit take off and connection and disconnection of milk- and air-pipes to or from the milking unit are manual.

Next experimental model (No. 2 model) is equipped with two stalls and one milking unit, and extent of automation is farther increased.

No. 3 and No. 4 models are equipped with four stalls, and all of the operations except for the work of washing teats and teat-cups attaching are done automatically. Number of milking unit is one in the No. 3 model and two in the No. 4 model.

Milking performance tests on the No. 3 and No. 4 models were carried out by using four milking cows during the period of two to three weeks. The milking rate in the case of practical scale model was simulated on the basis of the data gained by the tests. Assuming that the cow's arrangement is in two rows, and two carriers with four milking units each are used with one man operation, milking rate is estimated to be about 50 cows per manhour and operator's idle time is about 10%.

From the facts described above, it is concluded that this "SEMI-AUTOMATIC MILKING APPARATUS" can be adopted for practical use.

乳量計の試作研究

桑名 隆*・久保田興太郎**・小川浄寿***・福森 功*・道宗直昭*

野附巖****・上野克美*****・市川忠雄*****・興津善徳*****

1980—11—04 受理

抄 録

桑名 隆・久保田興太郎・小川浄寿・福森 功・道宗直昭・野附 巖・上野克美・市川忠雄・興津善徳：乳量計の試作研究，農機研報15 75—83 (1981)

筆者らが，開発研究を行った半自動搾乳装置，一般のミルクングパーラなどに組み込むことを目的として，2～3の自動記録式の乳量計を試作した。

容積式乳量計（I型）の実搾乳による精度試験では，高い精度を示したが，構造，材質などの欠陥により，経時的に徐々に精度が劣化した。容積式乳量計（II，III型）には，本来の乳量計の機能の他に，搾乳真空圧安定化，及び，搾乳終了検知の機能をも持たせた。これらの機能はほぼ順調に作用し，乳量の測定精度も高かったが，構造が複雑であり，装置が若干大きすぎることで，真空を2系統必要とするなどの欠点があり，改良の余地が残された。

1. 緒言

乳牛の管理を合理的に行うためには，経営全体の乳量を知る以外に，個々の乳牛の泌乳能力を的確に把握しておかなければならない。バケツミルカによる搾乳の場合は，バケツを吊秤，台秤等で計量することにより個体別の乳量を知ることができる。パイプラインミルカの場合は，搾られた生乳はミルクパイプにより直ちに牛乳処理室へ送られてしまうため，バケツミルカのように簡単にはいかないが，パイプラインミルカ用の乳量計を用いることにより個々の乳量を知ることが可能である。パイプラインミルカ用の乳量計は，現在，国産のものはなく輸入品が数種販売されているにすぎない。これらについては，上野ら^{1),2)}が行った測定精度等に関する報告がある。

筆者らが別に行って報告した「半自動搾乳装置の試作研究」における半自動搾乳装置は，畜舎内パイプラインミルカ方式を省力化しようとするものであり，従来のパイプラインミルカよりはかなり高度に自動化されている。しかし，パイプラインミルカ方式を採用している限

り，乳牛の個体毎の乳量の測定に関しては，従来のパイプライン方式における同じ悩みを有する。すなわち，現存するパイプラインミルカ用の乳量計は，精度的には，ほぼ満足できるものであっても，非常に使いづらいものであり，価格が高いこともあり農家が積極的に使おうとする意欲が沸かないため，実際にはあまり使用されていない。従来のパイプラインミルカ用として，測定精度は若干犠牲にしても，価格の安い，取扱性の良い乳量計の開発研究が早急になされなければならないが，今回は，半自動搾乳装置用の乳量計として若干の研究を行ったので，それらについて以下報告する。この研究に関しては「半自動搾乳装置の試作研究」と同様に，農林水産省畜産試験場，静岡県畜産試験場の全面的な御協力を得たことを記し，ここに感謝の意を表する次第である。

2. 設計目標及び構想

半自動搾乳装置に組込む乳量計の条件としては，一般の畜舎内パイプラインで用いられる乳量計とは若干異なる。すなわち，一般に用いられている乳量計は，測定の都度取付け，取はずしを行うために，取扱いの簡便なものでなくてはならない。また測定の精度は，当然，ある程度のことは要求されるが，乳量は目で目盛を読み取る方式で十分である。しかし，半自動搾乳装置に組込む乳量計は装置の一部として組込んでしまうため，機構的には若干複雑であっても洗浄など保守管理に容易なもので

*研究第3部

**研究第3部（現研究第2部）

***研究第3部（現国連）

****農林水産省畜産試験場（現東京農工大学）

*****農林水産省畜産試験場（現金農）

*****静岡県畜産試験場（現筑波大学）

*****静岡県畜産試験場

あればよい。また、精度は当然一般の乳量計と同程度のことは要求されるが、乳量は目で目盛を読む方式ではなく、数字で表示される方式とすることが望ましい。

3. 試作乳量計の概要

以上のような考え方で乳量計について2~3の試作をし、その精度等につき試験を行った。

3.1 差圧分流式乳量計

これはパイプラインミルク用として市販されている乳量計の一部を利用し簡易化したものである。その構造概要を図1に示す。搾られた牛乳は牛乳入口を通してチャンバに入り、さらに牛乳出口を通してパイプラインに送られるが、チャンバに入る時点で牛乳入口の上端が絞られているため、この付近の圧力がチャンバ内の圧力より高くなり、通過する牛乳の一部が分流路を通してメスシリンダ内に入る。通過する牛乳の量が多ければ縮流部での圧力が高くなるため、それだけチャンバ内の圧力との差が大きくなり、メスシリンダ内に分流して入る牛乳の量も多くなる。この分流する量が常に通過する牛乳の量に比例して一定の割合であれば、その分流した牛乳の量を読み取ることで乳量を知ることができる。

この形式の乳量計は目盛を目で読む方式であり、半自動搾乳装置には必ずしも適しているとはいえないが、比較的簡単な構造の乳量計である。

3.2 容積式乳量計 (I型)

I型の構造概要を図2に示す。

搾られた牛乳は、流量調整チャンバから牛乳流入管を通して計量チャンバに入る。牛乳が次第にチャンバを満たし上方のフロートにまで達するとフロートが浮き、上方の孔を塞ぐ形となり、空気のバイパスがなくなるた

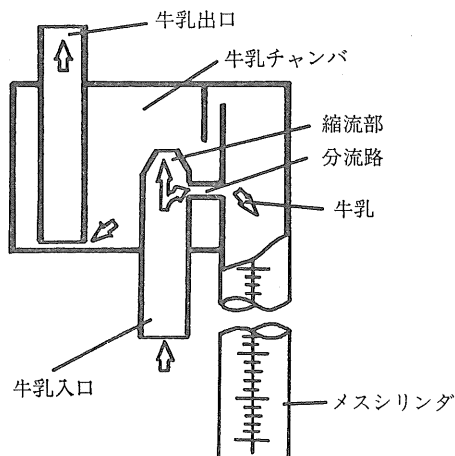


図1 差圧分流式乳量計の構造概要

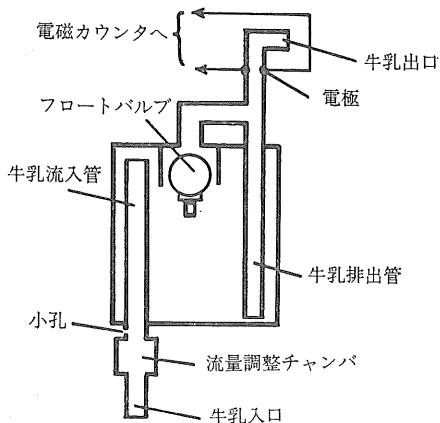


図2 容積式乳量計 (I型) の構造概要

め、チャンバ内の牛乳は牛乳排出管を通して一気に吸い上げられて排出される。送乳が終わると牛乳排出管の下方から空気が入り、フロートがはずれて最初の状態に復帰する。この動作を繰り返すことにより、その回数を知れば乳量を求めることができる。

計量チャンバ内の牛乳は一気に排出されるが、その短い間でも牛乳流入管を通して搾られた牛乳が、計量チャンバ内に流入すると計量の精度は悪くなる。そこで、計量チャンバ内の牛乳が排出されている間は、牛乳流入管を通して牛乳が計量チャンバ内に入るのを防ぐ目的で設けたのが流量調整チャンバである。

計量チャンバから排出される回数は、牛乳排出管の上方に設けた一対の電極により検知される。すなわち、牛乳が流れると牛乳を介して電極間に電流が流れ、電磁カウンタに1カウントが記録される。計量チャンバの容積を適当な量、例えば100mlにとり、1カウントを0.1kgと

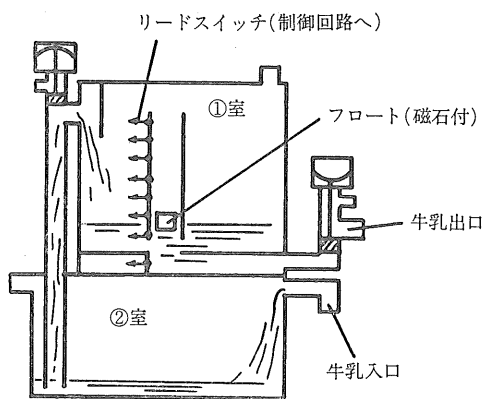


図3 容積式乳量計 (II型) の構造概要

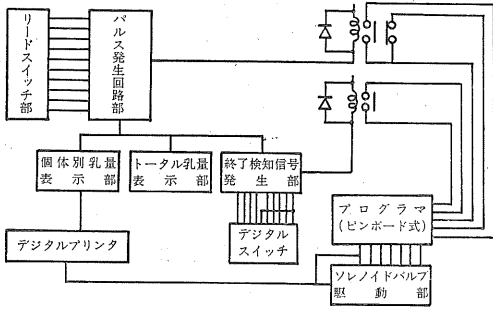


図4 容積式乳量計(Ⅱ型)の電子回路

表示されるようにすれば乳量が直読できる。

3.3 容積式乳量計(Ⅱ型)

Ⅱ型の構造の概要を図3に、その電子回路を図4に示す。

本装置の機構、作動方法は図4の電子回路を除いては3.4の項で詳説するとして、ここでは主に電子回路の作動について述べることにする。

①室に牛乳が流入すると下限のリードスイッチのところにあるフロートが浮き始め、順次リードスイッチが導通していき、上限のリードスイッチが導通すると電磁弁が作動し①室に溜った牛乳が排出される。フロートが上昇する時にリードスイッチの導通による信号で、「個別乳量表示部」及び「トータル乳量表示部」にカウント数が表示され、それによって乳量を知ることができる。「パルス発生回路部」とフリップフロップ回路を設け、フロートが下降する時にはカウントしないようになって

いる。またそれによってチャタリングも防止している。各バルブの作動時間はピンボードプログラマで自由に設定できる。

また、この乳量計は、搾乳終了検知の機能をも備えている。すなわち、牛乳が流入してくるとフロートが徐々に浮きはじめるが、あるリードスイッチが作動してから、次のリードスイッチが作動するまでの時間が、ある設定時間以上になると搾乳終了の信号をだす「終了検知信号発生部」が設けられている。この設定時間は、いわゆる搾乳終了時の乳量といわれる30秒間200gになるように選ぶことができる。

3.4 容積式乳量計(Ⅲ型)

パイプラインミルクは、いわゆるエアパイプとミルクパイプの2本の配管がなされ、エアパイプはバルセータを作動させ搾乳拍動を与える作用を、ミルクパイプは搾乳と送乳の作用を行っている。搾られた牛乳にクロウ、ミルクチューブを通してミルクパイプまで吸上げられ送乳されるが、この際に搾乳真空圧に大きな変動と低下が起きる。これはパイプラインミルクの宿命ではあるが、この圧力の変動が乳房炎の大きな誘因の一つになっているため、少しでも搾乳真空圧の変動を少なくすることが重要である。

このような考えのもとに、容積式乳量計Ⅱ型を発展させ搾乳と送乳とを別系統の真空ラインで行い、乳量の測定作用の他に搾乳真空圧の安定、送乳の迅速化を計る試みで図5のような装置を試作した。

本装置はチャンバ、調圧器、電磁弁、ダイヤフラムバ

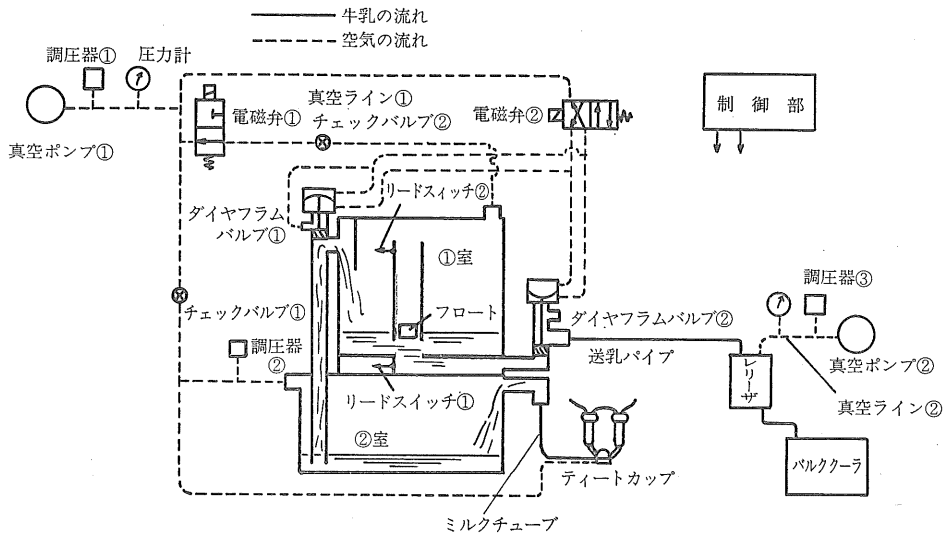


図5 容積式乳量計(Ⅲ型)

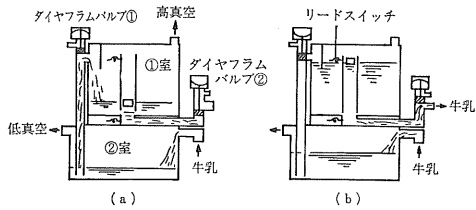


図6 容積式乳量計(Ⅲ型)の作動状態

ルブ, リードスイッチ, 磁石付フロートなどからなっている。チャンバは①室と②室に分かれており, ①室と②室を連結しているパイプにはダイヤフラムバルブがあり, 両室の間を断・接できるようになっている。また, ①室には送乳用パイプ, ②室にはティートカップからのミルクチューブが接続されている。チャンバの全体の大きさは縦が約40cm, 横が約30cm, 幅が約5cmである。調圧器は送乳ライン用, 搾乳ライン用にそれぞれ1式ずつバネ式を, そして搾乳真空圧安定用に重錘式のものを用いた。牛乳の通過するパイプの断・接にはダイヤフラムバルブを用い, 真空圧の切り替えとダイヤフラムバルブの駆動には電磁弁を用いた。

この装置の作動順序を図5及び図6(a), (b)によって説明する。搾乳開始時は(a)のような状態にあり, チャンバの①室と②室の間は, ダイヤフラムバルブ①によって開かれた状態にあり, ①室と送乳パイプの間はダイヤフラムバルブ②によって閉じられている。搾乳用の真空はチェックバルブ①, 調圧器②を介して常時②室へ供給されている。一方, ②室から①室へ牛乳を流すために, 搾乳用の真空よりも高い真空度が調圧器①, 電磁弁①及びチェックバルブ②を介して①室へ供給されている。送乳用真空は調圧器③を介して①室へ供給されている。ティートカップにより搾られた牛乳はミルクチューブ, ②室を通り①室へ入る。それによって磁石付のフロートが浮き, 上方のリードスイッチ②の位置まで達するとそれが導通して電子回路を動かし, その信号で電磁弁

①及び②が作動する。それによってダイヤフラムバルブ①が①室と②室の間を閉じ, ダイヤフラムバルブ②が開いて①室と送乳パイプが通じて図6(b)のような状態になる。この状態で①室内に溜っていた牛乳は送乳パイプを通して送られバルククーラなどに入る。この間, 搾られた牛乳は②室に溜っている。①室の牛乳が送られるにしたがってフロートが下り, リードスイッチ①に達すると導通し, 電磁弁①がまず作動し, 2秒遅れて電磁弁②が作動することにより, ダイヤフラムバルブ①, ②がそれぞれ作動し, 搾乳開始時の(a)の状態に戻る。

以上の動作が繰り返されて搾乳が行われる。前述したように, 搾乳は(a)の状態の時には調圧器①を介した真空と調圧器②を介した真空が通じた状態で行われ, (b)の状態では調圧器②を介した真空のみで搾乳が行われている。チャンバ①室内の牛乳が送乳される時は, 送乳の迅速化のためにダイヤフラムバルブから大気を若干①室内に送り込むようになっている。

4. 乳量計の精度試験

4.1 試験方法

4.1.1 差圧分流式乳量計

図7のような配置で試験を行った。

ティートカップからの流量がほぼ一定になるように絞りを調節して総流量を変化させた試験と, 流量を変化させて総流量をほぼ一定にする試験を水と牛乳について行った。但し, 牛乳は搾乳状態ではなく, 水と同様に容器に溜めたものを用いた。精度はメスシリンダへの分流量とバケツに溜まった実流量を比較して検討した。

4.1.2 容積式乳量計(I型)

これに関しては, 図8に示すような配置で行った。実験室内の試験と, 農林水産省畜産試験場のミルクングパーラで予備的に行った実搾乳時の試験と, 静岡県畜産試験場で行った適応性試験とがある。

まず実験室内の試験においては, 牛乳の代わりに0.15

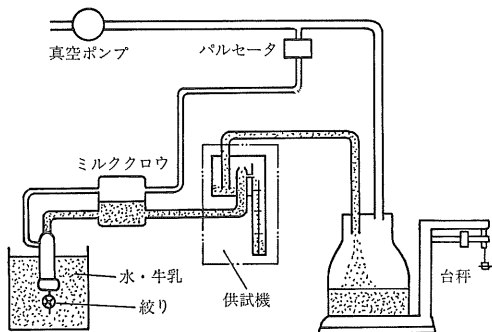


図7 差圧分流式乳量計の試験配置

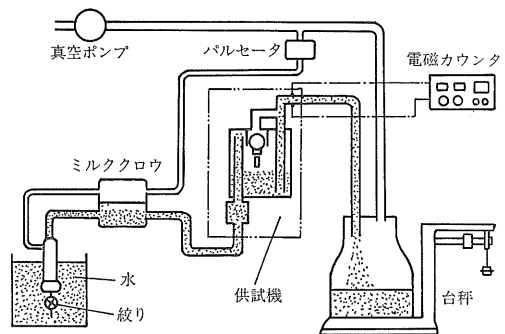


図8 容積式乳量計(I型)の試験配置

％の食塩水を用いた。毎分流量を0.58～3.06kg/min まで6段階に変化させ、計量チャンバからの排出回数が20回となった時点でバケツに溜まった水の重量を計量し、それを20で除してその試験における1回当たりの平均排出量とした。次に全試験終了時に、各試験によって求めた1回当たりの排出量の平均を求め、この値をこの装置における計量チャンバ1回当たりの計測容量とし、各試験における1回排出量との差をとり、これを誤差として求めた。

パーラにおける予備試験では、パーラの1ストールに乳量計を配置し、実際の作業状態においてそのストールに入ってくる牛について無作意に7頭搾乳した。

静岡県畜試の適応性試験では、供試牛は43頭、延べ121回の試験を行った。

実試験室内の試験、パーラにおける予備試験において実測乳量は台秤で、適応性試験では実作業の中での試験であるため若干精度に問題はあるが吊り下げ式のバネ秤を用いた。

4.1.3 容積式乳量計(Ⅱ型)

本装置を4.1.2のⅠ型のミルクパーラにおける試験と同様に、パーラ内の1ストールに設置し、そこに入ってくる牛について無作意に試験を行った。この装置はパーラの設定真空圧とは異なるため、別に2系統の真空

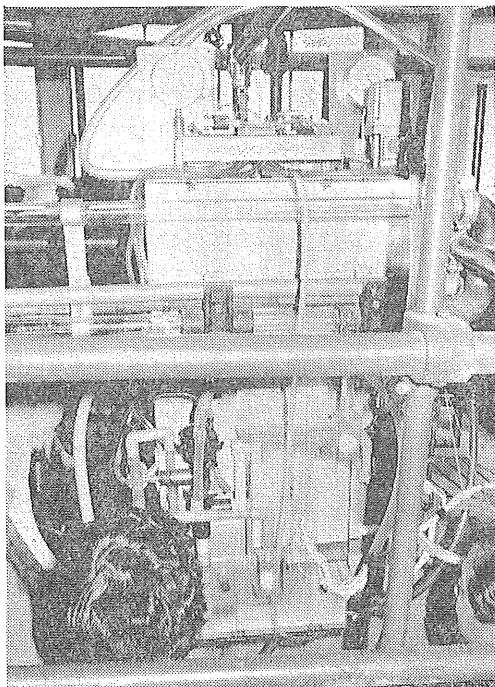


図9 容積式乳量計(Ⅱ型)のパーラにおける試験

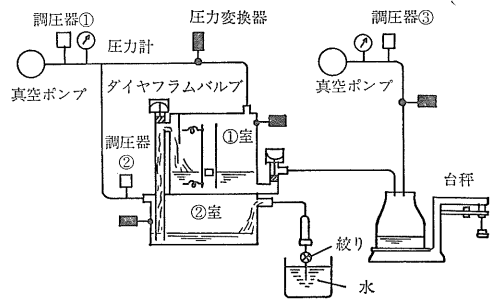


図10 容積式乳量計(Ⅲ型)による搾乳真空圧安定化機能試験配置

ラインを設け、(1)(2)は50cmHgとし(図5参照)、搾乳真空圧は36cmHgとなるようにした。搾られた牛乳はバケツに溜まるようにし、1頭毎の乳量及び泌乳速度を台秤とストップウォッチを用いて測定した。その時、個別乳量表示部に表示される数値と実測した乳量との相関を調べた。

搾乳頭数は延べ17頭であった。図9にこの装置による実験風景を示す。

4.1.4 容積式乳量計(Ⅲ型)

装置は図10のように配置して試験を行った。試験には水を用いた。吸水量は吸水口の絞りの開閉にて調節し、毎分約0.3, 1, 2, 3, 4, 5kgになるように設定した。吸水された水はバケツに溜め重量を測定し、その重量を吸水開始から吸水終了までの時間で除して単位時間当たりの実流量とした。

チャンバの①室に供給する真空圧〔真空ライン①〕は調圧器①を45cmHgになるように設定し、②室に供給す

表1 差圧分流量式乳量計の精度試験(1)

(供試材料：水)

流量 kg/min	実測 重量 kg	分流量 cc	分割 割合 cc/g	換算 重量 kg	誤差	
					kg	%
3.3	4.20	72.0	1/58.3	4.18	0.02	0.48
3.4	6.05	105.6	1/57.3	6.12	0.07	1.16
3.3	7.75	134.8	1/57.5	7.82	0.07	0.90
3.4	10.28	176.4	1/58.3	10.23	0.05	0.49
3.2	12.25	210.9	1/58.1	12.23	0.02	0.16
1.2	9.76	164.2	1/59.4	9.52	0.24	2.46
3.0	10.18	175.9	1/57.9	10.20	0.02	0.20
4.0	10.29	178.5	1/57.6	10.35	0.06	0.58
6.0	10.58	182.6	1/57.9	10.59	0.01	0.09

(平均分流量割合 1/58.0)

$$\text{分流量割合} = \frac{\text{分流量}}{\text{実測重量}} \quad \text{換算重量} = \frac{\text{分流量}}{\text{平均分流量割合}}$$

表 2 差圧分流式乳量計の精度試験(2)

(供試材料：牛乳)

流量 kg/min	実測重量 kg	分流量 cc	分流割合 cc/g	換算重量 kg	誤差	
					kg	%
1.92	2.40	41.9	1/57.3	2.45	0.05	2.08
1.91	4.50	78.3	1/57.5	4.57	0.07	1.56
1.89	6.62	112.9	1/58.6	6.59	0.03	0.45
2.16	8.58	146.4	1/58.6	8.55	0.03	0.45
0.91	9.05	151.7	1/59.7	8.86	0.19	2.10
1.02	8.14	137.1	1/59.4	8.01	0.13	1.60
2.83	8.48	146.6	1/57.8	8.56	0.08	0.94

(平均分流割合 1/58.4)

る搾乳用の真空圧は調圧器②で36cmHgに設定した。送乳真空圧〔真空ライン②〕は調圧器③を調節して30, 40, 50 cmHgに変え試験を行った。圧力の測定には歪式の圧力変換器を用い、図のようなチャンバ①室, ②室, 真空ライン①, ②の圧力変動状態を調べた。

4.2 試験結果及び考察

4.2.1 差圧分流式乳量計

水と牛乳を用いて行った精度試験の結果を表1, 表2に示す。

精度は比較的高く、水の場合で誤差が0.2~2.46%, 牛乳の場合で0.45~2.10%であった。水、牛乳とも流量が少ない時に誤差の割合が高く、また総流量が少ない場合にも誤差の割合が高くなる傾向があった。これは前者の場合は縮流部を通過する水または牛乳と空気との混合状態が不均一になりやすいこと、後者の場合はメスシリンダの読取誤差、重量の計測誤差が影響してくる割合が高くなることに起因したのではないかと考えられる。

表 3 容積式乳量計 (I型) の精度試験(1)

(供試材料：食塩水0.15%)

流量 kg/min	実測水量 kg	吸上回数 回	1回吸上量 g	誤差	
				kg	%
0.58	4.38	20	219.0	0.02	0.46
0.82	4.39	20	219.5	0.01	0.23
1.29	4.37	20	218.5	0.03	0.68
1.88	4.38	20	219.0	0.02	0.46
2.31	4.43	20	221.5	0.03	0.68
3.06	4.43	20	221.5	0.03	0.68

(平均1回吸上量 219.8)

乳量計乳量=平均1回吸上量×吸上回数

(4.40)

(219.8)

(20)

表 4 容積式乳量計 (I型) の精度試験(1)

(供試材料：生乳)

平均泌乳速度 kg/min	実測乳量 kg	吸上回数 回	1回吸上量 g	乳量計乳量 kg	誤差	
					kg	%
1.22	8.15	52.50	155.2	8.35	0.20	2.45
1.40	6.55	41.75	156.9	6.64	0.09	1.35
1.41	12.72	79.25	160.5	12.61	0.11	0.86
1.84	16.70	106.20	157.3	16.90	0.20	1.20
1.87	13.58	84.10	161.5	13.38	0.20	1.47
1.99	8.77	55.50	158.0	8.83	0.06	0.68
2.01	12.54	76.25	164.5	12.13	0.41	3.27

(平均1回吸上量 159.1)

乳量計乳量=平均1回吸上量×吸上回数×10⁻³
吸上回数の端数は搾乳終了後のチャンパー内の残量の読み

4.2.2 容積式乳量計 (I型)

塩水を用いて行った実験室内の試験結果を表3に、バラにおける実搾乳の予備試験の結果を表4に示した。

前者の試験においては高い精度が得られ、誤差は0.23~0.68%の範囲にあり、カウンタも正常に作動した。後者の試験においては誤差は0.68~3.27%と比較的少なかったが、試験を重ねるにしたがって電極の感度が徐々に低下する傾向が見られた。また、この両者の試験を比較してみると、計量チャンバの1回の計量容量が塩水の方がかなり多くなっているが、これは実搾乳では泡が大量に発生し、フロートが早く浮き上がってしまうことに起因している。

静岡県畜試での適応性試験は通算121回行ったが、予備試験と同じく、試験を続けて行くと電極の感度が徐々に悪くなる傾向があった。この感度の劣化現象は連続し

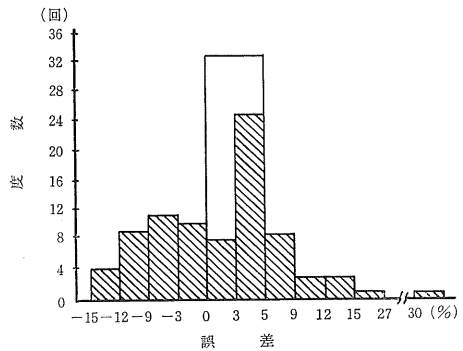


図11 容積式乳量計 (I型) による計測値と誤差の度数分布

て何頭かの測定を行っていく過程でも発生するが、搾乳を終えて洗浄することによって感度は回復した。しかし、経日的な感度の劣化も見られ試験後期においてはかなり感度が低下した。このような感度の劣化により、明らかに誤作動したものを除いて、84例についてその誤差の度数分布を示したのが図11である。この試験において誤差率が±3%以内のものが39%、±6%以内のものが62%、±9%以内のものが80%であった。実験室で塩水を用いて行った試験に比較して、実搾乳の場で行った試験においてはかなりの認作動と誤差を生じ低い精度にとどまったが、これは次のようなことに起因していると考えられる。

① 電極の感度の低下は、短期的に見ると電解物質の電極への付着に起因すると見られるが、ある程度長期的に考えると電極の腐食現象に起因すると見られる。前者については電流の強さを、後者については電極の材質を検討することによってかなりの改善が期待できよう。

② フロートには市販のピンポン玉を用いたが、搾乳終了後の高温湯での洗浄により若干の変形を起こしていたことが全試験終了後に判明した。このことが誤差を大きくした直接の原因の一つであると断定はできないが、フロートの位置を規制する目的でフロートと側壁との間隙を狭くしてあるために、フロートの若干の変形がフロートの浮沈作用の円滑性に支障をきたしたものと考えられる。

③ 計量チャンバからの吸い上げ回数によって乳量を算出しているが、最後には乳量が必ずしもチャンバを満

たすとは限らない。このような場合にはフロートが完全に浮き上らないため、チャンバ内の牛乳は吸い上げられない。したがってこの残量は目で量、量量というように判定し、吸い上げ回数から算出した乳量に加えるという方法をとったが、このことも誤差を大きくした一因と考えられる。

④ 1回吸上量と各測定値との関係は表5に示した通りであるが、これを見ると最高泌乳速度が高いものほど計量チャンバからの1回吸上量が多くなる傾向がある。

表6 容積式乳量計(Ⅱ型)の精度試験
(供試材料：生乳)

No.	換算乳量 kg	実測乳量 kg	誤差 %	カウン ト数 回	搾乳時間 min
1	9.69	9.77	0.819	92	—
2	7.69	7.75	0.774	73	—
3	6.00	6.28	4.495	57	—
4	7.37	7.41	0.540	70	—
5	6.53	6.51	-0.307	62	—
6	8.00	8.10	1.234	76	—
7	9.27	9.19	-0.871	88	4.50
8	13.79	13.55	-1.771	131	5.58
9	16.43	16.29	-0.859	156	5.27
10	15.69	15.61	-0.513	149	5.67
11	10.11	10.34	2.224	96	3.35
12	9.69	9.63	-0.623	92	5.55
13	9.05	8.96	-1.005	86	8.42
14	9.37	9.20	-1.848	89	8.08
15	13.37	13.29	-0.602	127	5.67
16	12.74	12.51	-1.839	121	6.27
17	13.48	13.43	-0.372	128	9.08

表5 容積式乳量計(Ⅰ型)の精度試験(3)
(供試材料：生乳)

牛 No. M：朝 E：夕方	測定 回数 回	1回吸 上乳量 g	平均1 回乳量 kg	搾乳 時間 min	最 高 泌乳速度 kg/min	平 均 泌乳速度 kg/min
108M	4	167.7	11.8	6.58	2.16	1.52
57E	3	167.3	6.8	3.83	2.50	2.10
57M	3	166.1	14.5	6.67	2.75	1.70
20M	3	163.6	13.8	8.83	2.12	1.25
71E	2	162.3	4.3	3.00	1.88	2.73
110M	3	162.2	13.2	9.17	1.72	1.39
20E	3	159.8	5.5	4.33	1.68	1.54
99M	3	158.7	9.1	6.50	1.92	1.38
22M	4	158.5	7.2	4.63	2.34	1.43
91E	2	157.8	5.1	5.00	1.40	0.92
53E	3	157.1	4.5	4.00	1.72	1.05
72E	3	155.6	4.8	4.38	1.86	1.04

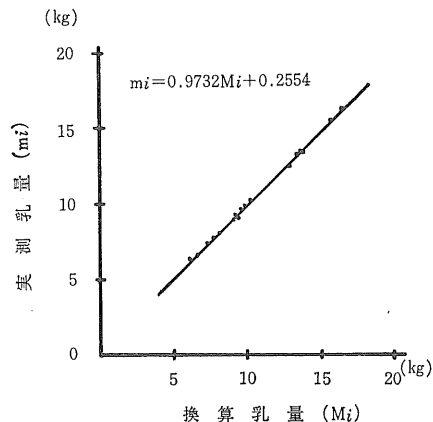


図12 容積式乳量計(Ⅱ型)における実測乳量と換算乳量との関係

これは流量調整チャンバの調整機能が不十分で、計量チャンバから牛乳が吸い上げられている最中に、調整しきれなかった牛乳が計量チャンバに若干流入したのではないかと考えられる。

以上のように、この容積式乳量計Ⅰ型は適応性試験の場合においてはかなりの問題点が見出されたが、構造的には流量調整チャンバの部分、材質的にはフロート、電極の部分を変更し、半端となる最後の乳量の読み取りを正確に行えるようにすれば精度はかなり向上することが期待できる。

4.2.3 容積式乳量計(Ⅱ型)

精度試験の結果を表6に示した。そのうちの実測乳量と換算乳量との関係を図12に示した。

換算乳量と誤差パーセントは次式により求めた。

$$Mi = \bar{X}_i \times \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{mi}{\bar{X}_i}}{n} \right)$$

$$Ei = \frac{mi - Mi}{mi} \times 100$$

ここに Mi : 換算乳量

\bar{X}_i : 個体別乳量表示部に表示された数値

n : 測定個体数

mi : 実測した個体別乳量

Ei : 誤差パーセント

図12で求めた実測乳量 mi と換算乳量 Mi との間の回帰直線式は次のような値となり、相関係数は0.9993であった。

$$mi = 0.9732 Mi + 0.2554$$

誤差パーセントの平均値 \bar{Ei} と標準偏差 σ は次のようになる。

$$\bar{Ei} = -0.033\% \quad \sigma = 1.612\%$$

このように乳量計としての精度は高く、十分実用に供しうるものと考えられるが、装置がやや大きすぎることに若干問題がある。

本装置による搾乳終了検知機能に関しては詳細な試験は行わなかったが、その可能性が認められた。

4.2.4 容積式乳量計(Ⅲ型)

チャンバの①室、②室の真空圧の変動状態の例を送乳真空圧30cmHgと50cmHgについて図13に示した。

①室内の水が電磁弁①、②の作動により排出されはじめると①室内の真空圧は急激に低下し、大気状態に近くなる。水の排出が終わり電磁弁①、②が元の状態に復帰すると①室内の真空圧は急激に上昇し元の設定真空圧にまで回復する。このように①室内は水の排出によって真空圧が大きく変動するが、搾乳に必要な②室の真空圧はバルブが作動する時に2cmHgの幅でごく短時間変動す

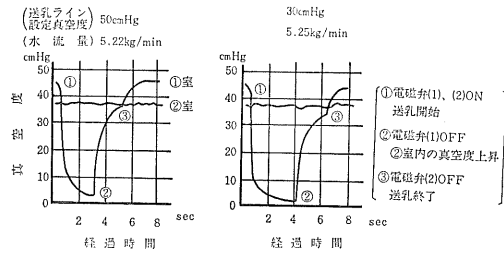


図13 容積式乳量計(Ⅲ型)による搾乳真空圧安定化機能試験結果例

るので、その他の時は非常に安定した状態を保った。送乳真空圧が低いと送乳時間が若干遅れるが、30cmHgと50cmHgとでは大きな差はない。しかし、①室、②室の容量をできるだけ小さくし、装置全体を小さくするためには少しでも送乳時間を短縮することが必要と思われる。

本装置は、一般の畜舎内パイプラインミルクに用いるには大きさの点などで適用することは困難であるが、ミルクングパーラや今回試作した半自動搾乳装置などには適した方法である。乳量計以外に、搾乳真空圧安定化、搾乳終了検知装置としての機能を利用することにより、さらにその価値は高まるものと考えられる。

5. 摘要

筆者らが畜舎内パイプライン方式の作業を省力化する目的で開発研究を行い、「半自動搾乳装置の試作研究」として報告した搾乳装置は、乳量を測定する機能を備えていない。本報告、「乳量計の試作研究」は、上記、半自動搾乳装置と並行して研究を行ってきたもので、最終的には、半自動搾乳装置及び、ミルクングパーラなどに組み込み得る乳量計を開発するのが目的である。

試作した容積式乳量計(Ⅰ型)は、一定容量(約160ml)ずつ、連続的に容積として計量し、その計量回数をデジタル表示させて乳量を知る方式である。実搾乳において、延べ121頭の測定を行った。試験開始当初は、比較的高い精度を示したが、経時的に徐々に精度が劣化し誤差が大きくなった。これは、構造、材質に問題があるものと考えられる。

容積式乳量計(Ⅱ、Ⅲ型)には、本来の乳量計としての機能の他に、搾乳真空圧安定化及び搾乳終了検知の機能をも併せ備えさせた。搾乳真空圧を安定化させるために、搾乳と送乳とを別系統の真空配管で行う、いわゆる、真空2系統搾乳方式をとった。この装置をミルクングパーラに設置して、実搾乳で精度試験を行った。実乳量と計測乳量との誤差%の標準偏差は、1.612%であり、高い精度が得られた。その他の機能もほぼ順調に作動し

たが、構造が若干複雑で装置全体が大きいこと、2系統の真空が必要なことなどの欠点があり改善の余地が残されている。

引用文献

- 1) 上野克美他：各種乳量計の精度と使用上の問題点，家畜の管理 Vol. 7, No. 2, p. 21~28, 1972.
- 2) 農林水産技術会議：搾乳作業の省力化に関する研究，研究成果114, 1979, 182p.

Summary

Research and Development of Milk-Meters

Takashi KUWANA, Kotaro KUBOTA, Kiyohisa OGAWA, Isao FUKUMORI, Naoaki DOSHU, Iwao NOTSUKI, Katsumi UENO, Tadao ICHIKAWA and Yoshinori OKITSU

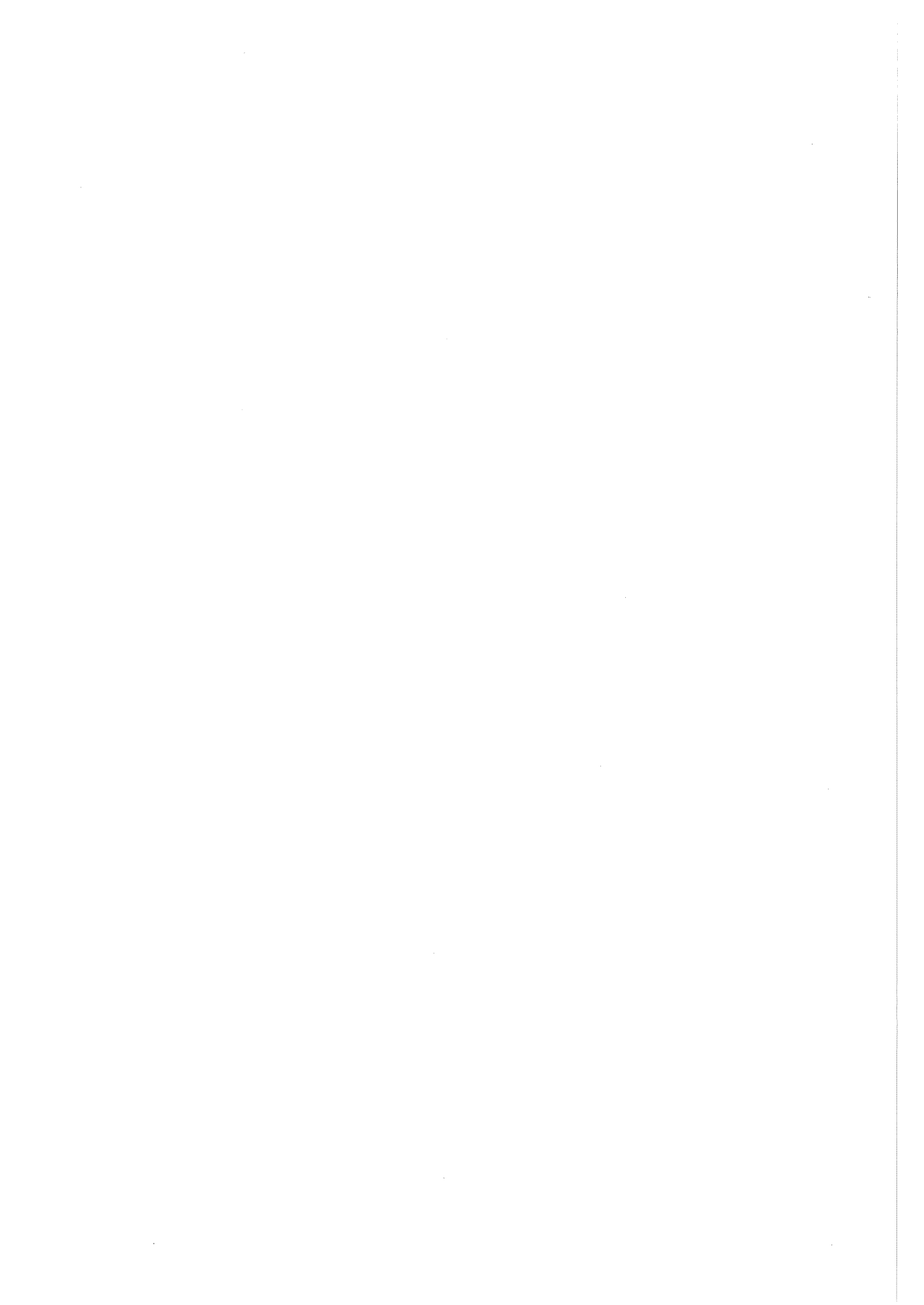
The semi-automatic milking apparatus developed by the authors and reported in the previous paper entitled "Research and development of semi-automatic milking apparatus", does not have the function to measure milk yield of each cow.

The present research on milk-meters was carried out in parallel with the research on semi-automatic milking apparatus. The main purpose of this research was to develop a milk-meter which can be used for the "Semi-automatic milking apparatus" and other advanced milking parlours.

Butch type milk-meter (Type I) measures milk yield of cow by means of counting the number of times of sucking milk from small chamber (approx. 160 ml). Tests were made by using a total number of 121 cows. At the beginning of the tests, good results were obtained, but accuracy of measurement decreased gradually with increasing errors in the course of the tests. It is considered that these errors are caused by structural and material defects.

Butch type milk-meters (Type II and III) possess the functions, in addition to the function as milk-meter, to stabilize the milking vacuum and to detect the end of milking. To stabilize the milking vacuum, the method which is called "independent air and milk transport milking system" was employed. Tests were conducted in milking parlour. Errors (expressed by percentage) between actual milk yields and measured values showed a standard deviation of only 1.612%. Other functions were also observed to be satisfactory. However, the types II and III were found to have following faults: They are complicated structurally, somewhat too large, and they need two vacuum lines. Further improvement has to be done.

Tech. Rep. Inst. of Agric. Mach. 15: 75-83 (1981)



トラクタ用幹周草刈機の開発研究

長木 司*・平田孝三*・小川幹雄*

1980—12—08 受理

抄 録

長木 司・平田孝三・小川幹雄：トラクタ用幹周草刈機の開発研究，農機研報 15：85—95 (1981)

樹冠下草刈りの低能率は果樹園草生管理の省力化を阻む要因である。そこでこの問題の解決を計ることを目的にして幹周草刈機の開発を進めたが、先ずトラクタ用について実用的段階に到達した。試作機は15～20馬力級のトラクタに前装する刈幅 120cm の2軸ロータリモアである。特徴的な点はトラクタ側面より 150cm オフセットが可能で、ロータリモアの端部が樹に触れるとケーシング中央の入力軸を中心にケーシングが幹にからんで回動し、幹周辺の草を刈り取れることである。そしてロータリモアは端部に車輪のついたT字型フレームで吊り持ちされ、地表面の起伏によく追従する。また、この方式で作業機の走行抵抗が小さくなり、トラクタの直進性は良好である。これを圃場試験に供試し1時間当たり作業量を調査したところ、24～30 aであった。これは慣行的な歩行型ロータリモアのそれにくらべると、人手による補完作業を要しない、よい条件時の作業量の2～3倍であった。

1. 緒言

果樹栽培は草生栽培が一般化するに及んで草生管理に多くの労力を要するようになった。この研究は果樹園の草刈りを能率化することを目的に行ったもので、果樹園の草刈りの中でも非能率な樹冠下の草刈りを能率化することを主題にしたものである。この論文は緒言と結語を含んで7章から構成した。2においてこの研究の目的を記し、3では開発に当たって掲げた試作目標の概念について述べた。4では最終的な試作機に至る研究経過を、5においては最終試作機について詳しく述べ、さらに6において各種条件の圃場で行った試験の結果から作業性能について記載した。

この研究の実施に当たり農林水産省果樹試験場には多大の御指導と御便宜を戴いた。また、長野県、山形県等各県園芸試験場、果樹試験場等の御協力に対し衷心から謝意を表するものである。

2. 研究の目的

この研究の第1の目的は草刈りの能率化による省力の実現である。草生栽培がリンゴを始めとする落葉果樹に導入されて以来、草刈り方法には明らかに2つの段階があった。第1の段階は手鎌の段階であり、第2の段階は歩行型ロータリモアの段階である。第1の段階では10

a当たりの所要時間が8時間を要した¹⁾のに対し、第2の段階では1.5～2時間の所要時間になった²⁾。この大幅な省力効果が近年における草生栽培を実用的なものにした。ここに記述する研究は第2の段階をさらに段階的に省力化しようとするものである。

果樹園の草刈りは牧草の草刈りとは異なり、刈草の利用を考慮することなく、刈倒すことで目的を達する。必要なのは能率であるが、本来草刈りは能率的に行える種類の作業であるが、面積割合で50～90%に達する樹冠下の草刈りが小型機ですら困難なために作業能率が低いのが現状である。従って果樹園用草刈機として備えなくてはならない条件の第1は、幹周を含む樹冠下での適用性である。そこで、これを主眼にした草刈機を開発することによって草生管理の能率化を実現すると共に、草刈作業と競合する他の重要な管理作業、即ち摘果、袋掛け等をより集約化し、品質、収量を向上し経営に寄与することがこの研究の目的である。

3. 設計目標

この研究を始めるに当たり、試作機に対して次のような概念的な目標を設定した。

3.1 トラクタ用作業機

果樹園へのトラクタの導入とその汎用化は今後の果樹栽培にとって重要であるので、一連の作業機の中の一つ

*研究第4部

として考える。

3.2 草刈機の作業部位

園内耕作道はもちろんのこと樹冠下も刈れるものであって、幹の周縁、樹列における幹と幹を結ぶ線を含めて樹冠下全面を刈取れるものを目標にする。

3.3 使用トラクタ

園内においては機械の走行に必要な空間が乏しいのでできるだけ小型のもので、出力がその割に大きいものを選択する。

3.4 対象果樹園

平坦地、耕作道型斜面畑、山成園で使用することにする。設計に当たっては今後の果樹栽培において最も重要と目されるわい性台リンゴ園を対象にして仕様を決定する。

3.5 取扱性と作業精度

枝が交錯し、狭い空間を走行しながら作業しなくてはならないので、取扱いが容易で作業精度が高いものでなくてはならない。

3.6 作業能率

歩行型草刈機(市販中のもの)の2~4倍の能率を持つものであること。

3.7 安全性

運転者に対する安全性のみならず、幹周の草刈りによって幹、根に傷害を与えないよう考慮する。

4. 試作研究の経過

この研究は昭和51年度から始めた。そして3号機においてはほぼ作業能率、精度について所期の目標に達し、さらに取扱性について改良を加えた4号機を試作してこの研究を終了した。試作機は乗用トラクタにオフセットして前装する2軸ロータリカッターである。この試作過程で解決を要した技術的課題は所要オフセット量での直進性の維持と幹周部分の刈残しを少なくすることであった。

1号機~3号機の概要は図4.1~3に、主要諸元は表

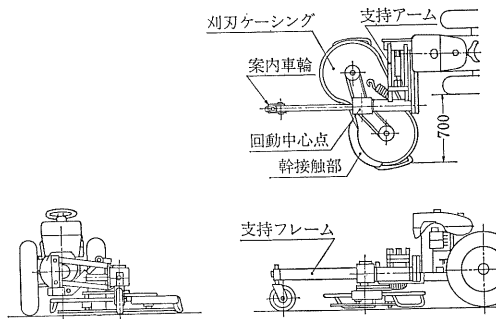


図 4.1 1号機

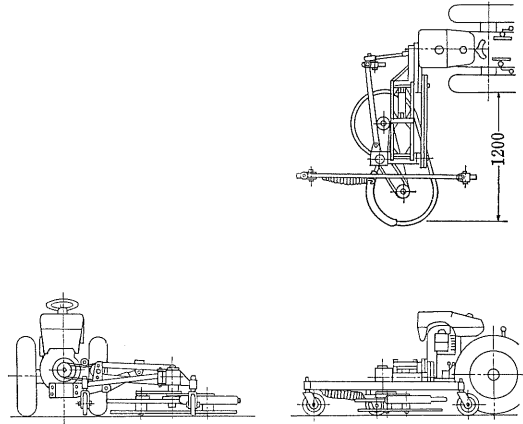


図 4.2 2号機

4.1 に示した。これらの試作機は次の3点では共通している。

(1) 装着方法

樹冠下を作業対象にするので草刈機はオフセット型にし、さらに運転が容易で、しかも高い精度が得られるようトラクタに前装した。この趣旨にそって刈刃部はトラクタ中央部より左側方が刈れるよう装着した。

(2) 刈刃部の構造

試作機は構造が簡単な2軸ロータリモアであるが、幹周部を草刈りするために、刈刃部全体が刈刃ケーシング中央部にある入力軸を中心にして回転できる構造にした。即ち、進行に伴ってケーシングが幹に当たると図4.4に示すようにケーシング周縁部は幹に接触しながら回転する構造になっている。また、ケーシングデッキの周縁部半径は刈刃のそれより大きいので、刃が幹を切ることのない構造である。刈刃が幹を通過すると刈刃部は元の位置に復帰するが、この復元力は入力軸の回転反力

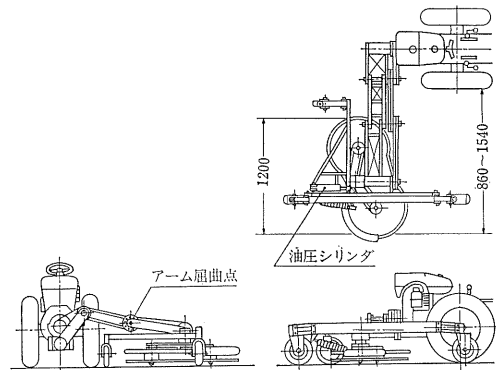


図 4.3 3号機

表 4.1 試作1号・2機号・3機号機主要諸元

項目		試作機 No.	1 号 機	2 号 機	3 号 機
ト ラ ク タ	形 式		アーティキュレート 4輪駆動	同 左	同 左
	エ ン ジ ン	形 式	2サイクル空冷ディ ーゼル	〃	〃
		シリンダー数 出力	1 18.0 P. S	〃 〃	〃 〃
	全 高 全 長 全 幅 重 量	高 (mm)	1,045	〃	〃
		長 (mm)	2,220	〃	〃
		幅 (mm)	790	〃	〃
		量 (kg)	577	〃	〃
草 刈 機	形 式	オフセット形・2軸 ロータリカッタ	〃	〃	
	刈 刃	直 線 刃	〃	〃	
	刈 幅 (mm)	1,200	〃	〃	
	オ フ セ ッ ト 量 (mm)	720	1,200	1,500	
草 装 刈 着 機 時	全 長 (mm)	3,510	3,280	3,350	
	全幅 (最大オフセット時) (mm)	1,520	2,020	2,320	

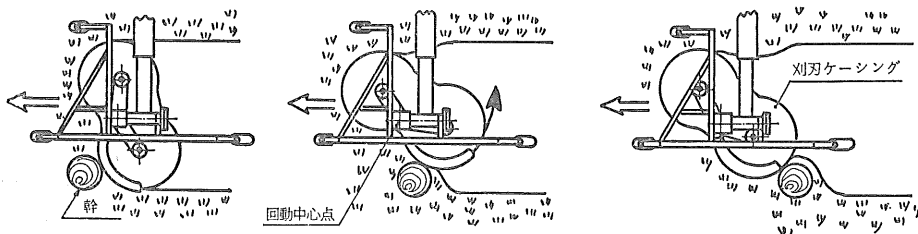


図 4.4 刈刃ケーシングの回転

を利用するほか、ばねを取付けてよりす早く復元するようにした。刈刃は直径60cmのものを2枚用い、刈幅は約120cmである。

(3) 動力伝達系

刈刃部への動力伝達は、トラクタのフロントPTOから行われるが、中間にVベルトを配置して刈刃部へ伝達することにした。この方法で刈刃部に発生する石等による衝撃からの破損を回避するようにした。

第1号機のオフセット量（ここではトラクタ側部より刈刃先端部までの長さをいう）は700mm、支持アームは平行四辺形のリンクで構成され、油圧シリンダで刈刃部ごとに昇降できる。刈刃部の地表面への追従は進行方向に対しては、支持アームより伸ばした支持フレーム先端の自在車輪を使った案内車輪で、横方向に対してはケーシング両端に設けたそりで行うようにした。圃場試験の

結果、均平良好な果樹園では順調な作業が可能であったが、不整地果樹園では追従不良であった。また、刈刃ケーシングの回転は低速走行時には良好であったが、走行速度を上げるに従って刈刃部の復帰が遅れる傾向にあった。これは刈刃部の慣性が大きいことにもよるが、両端のそりが受ける抵抗によるものと考えられた。また、700mmのオフセット量ではわい性台リンゴの幹周部の草刈りは困難な場合が多かった。

以上の欠陥を是正すべく試作したのが第2号機である。支持アームは同じ平行四辺形を用いたが、刈刃の支持フレームはT字状にし、各先端部には案内車輪を設けて刈刃部が独立して地表面に追従するようにした。これを草刈作業に供した結果、地表面に対する追従は良くなったが、案内車輪の幅が小さいため沈下して作業が困難な場合があった。オフセット量は1号機の試作研究を通

じてわい性台リンゴを基準にして1,500mmにする必要があることを知ったが、技術的蓄積を要すると判断して2号機では1,200mmにした。このオフセット量の増大によって幹周部に対する作業は容易にはなったが、なお困難な場合がまま生じた。しかし、オフセット量の増加に伴う直進性の低下は見られず1,500mmへ増加できる見通しが得られた。

第3号機はオフセット量を1,500mmに増加したものである。これに伴ってオフセット量を必要に応じて変更できるようにした。そこで支持アームを中間で逆V字状に折り曲げられる構造にし、オフセット量を860~1,540mmの間で7段階に調節できるようにした。第3号機のもう一つの特徴は支持フレームの改良であった。フレーム形状は2号機と同じT字状であるが、3個の案内車輪はフレームに対してそれぞれ平行四辺形のリンクを介して取り付けられている。この各リンクはロッドによって連結されており、油圧シリンダの働きによってフレームの地上高が変り、刈高さを調節することができる。この刈高さ調節装置は地表面の著しい起伏、地表に露出した根、石等の存在をオペレータが感知した時これらに刈刃が接触するのを回避する目的のものである。また、案内車輪は分担荷重が大きい外側の2個を空気入りのものに替え、これによって走行抵抗を減らして円滑に走行できるようにした。この3号機に至ってわい性台リンゴに対してはほぼ円滑に作業できるようになり、試作目標をほぼ達成

することができた。しかし、なお改良点としてオフセット量を小さくした場合にアーム屈曲点が高い位置にくなるため支持アームが枝に接触する欠陥があった。

以上のほか1~3号機に至る試作研究で、刈刃ケーシングの復帰回転の敏速化による幹周部刈残し面積の低下、刈刃ケーシングの幹接触による樹幹の機械的傷害の防止のために、刈刃ケーシング接触部に緩衝材を吟味して取り付ける等の改良処置を順次施した。

5. 4号機の試作研究

3号機の試作とその試験を通じてほぼ設計目標を試作機に織り込み、作業性能においても所期の成果が得られたものと判断した。そこでわい性台リンゴを主対象に考え、実用化を前提にして4号機を設計試作した。この設計に当たって考慮した点は次の2点であった。

(1) トラクタ

3号機に至る試作ではイタリア製18馬力のアーティキュレートトラクタを使用した。このトラクタは出力の割に小型であり、果樹園用として合理性を備えている。しかし、これはサンプルとして輸入されたものであって、輸入品として今後市販される可能性は少ないと判断し、市販のトラクタを利用することにした。

(2) 支持アーム

3号機の支持アームは中間に屈曲点を設け、逆V字状に折り曲げてオフセット量を調整した。この構造は動力伝達にとって適当な機構であったが、オフセット量が小

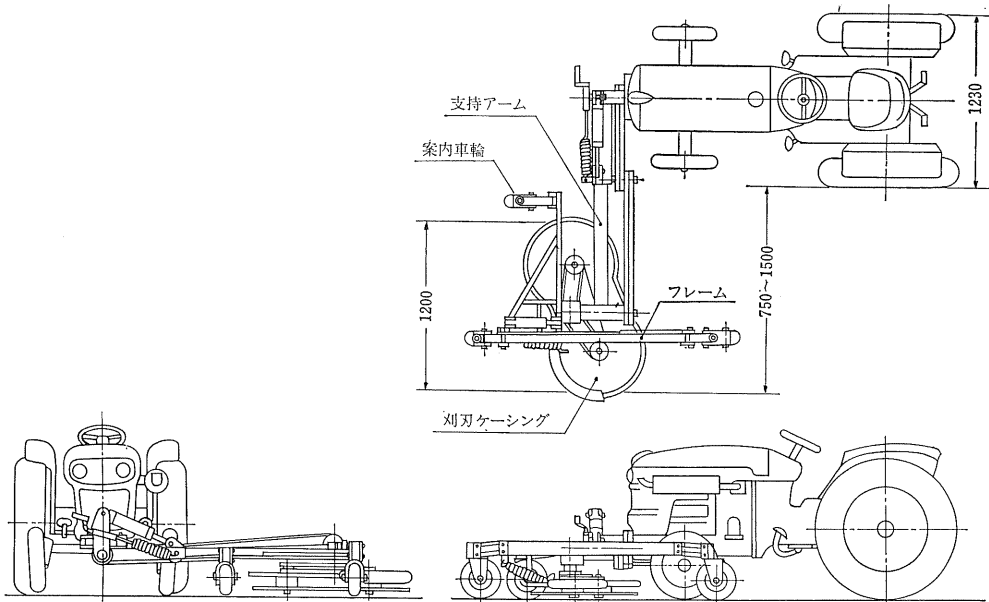


図 5.1 4号機

表 5.1 試作4号機主要諸元

項	目	諸元	
トラクタ	形式	後輪駆動, 4輪, フロントPTO付	
	エンジン	形式	4サイクル, 水冷ディーゼル
		シリンダ数	2
		排気量 (cc)	1,346
	タ	全長 (mm)	2,565
		全幅 (mm)	1,230
		全高 (mm)	1,330 (ハンドル付)
軸距 (mm)		1,500	
最低地上高 (mm)		360	
重量 (kg)	846		
草刈機	形式	オフセット型2軸ロータリカッタ	
	刈刃	直線刃	
	刈幅 (mm)	1,200	
	オフセット量 (mm)	750, 1,100, 1,500	
草刈着機時	全長 (mm)	3,785	
	全幅 (mm)	2,720	

さい時に屈曲点の位置が高くなり枝に当たって作業を阻害した。そこでオフセット量と無関係に支持アームは常に低く位置するよう改良した。

以上の点を考慮して図 5.1 に示した4号機を設計試作した。また、試作機の主要諸元は表 5.1 のとおりである。

5.1 試作機の概要

5.1.1 使用トラクタ

果樹園に入りやすい大きさのものとして15~25馬力のものを考え、フロントPTOを装備したH式23馬力を選択した。

5.1.2 トラクタへの取り付け

図 5.2 に示すとおりトラクタに対して2本のピンで取り付けられている。その片側には作業中草刈機が障害物

に接触した時に安全装置として働くシェアピンを設けた。取り付け基部の先端下部に支持アームが取り付けられ、先端上部には支持アーム昇降用シリンダが取り付けられている。油圧シリンダの取付け方法は図 5.3 のようになっている。草刈り作業中に刈刃部の地表面への追従に伴う支持アームの動きを油圧シリンダが干渉しないようになっている。油圧シリンダとは別にシリンダの作動方向にスプリングが取り付けられており(図 5.2)、このスプリングが常に支持アームを吊り上げる方向に働いて案内車輪の接地圧を低下させている。このばねの強さはオフセット量、地表面の状態等によって調節できるようになっている。

5.1.3 支持アーム

支持アームは支持フレーム及び刈刃部を吊り持ちする部分である。また、この部分がオフセット量を調節する役割をも持っている。図 5.4 に示すように支持アームは

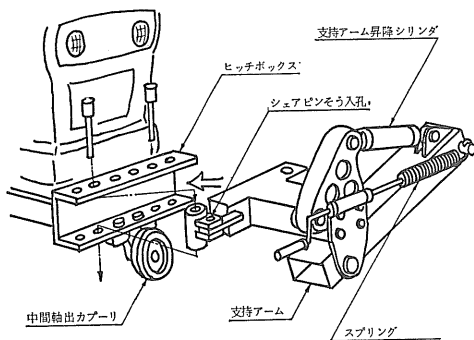


図 5.2 トラクタへの装着部

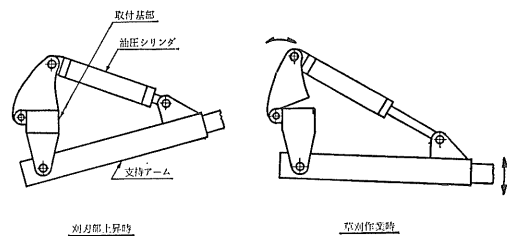


図 5.3 支持アーム昇降用シリンダの取付方法

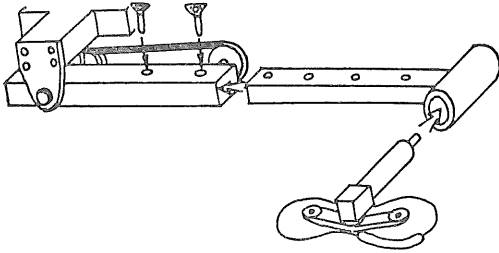


図 5.4 支持アーム

2本の角パイプでテレスコピックに構成されており、内側部材の出し入れによってオフセット量を調節する構造になっている。両部材に穴をあけロックピンを挿入してオフセット量を750mm, 1,100mm, 1,500mmの3段階に調節できるようにした。内側の角パイプ先端には内径77mm

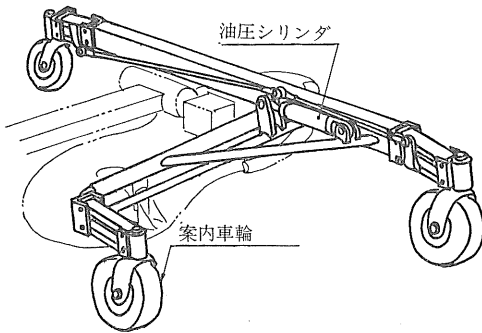


図 5.5 支持フレーム

の円筒を直交して設け、これに刈刃部のベベルギヤボックス入力軸の外筒を挿入して刈刃部を支持する構造にした。支持フレームはベベルギヤボックスに固定し支持アームによって支持される。

5.1.4 支持フレーム

支持フレームは作業時に作業機重量を分担するとともに、刈刃を地表面の起伏に追従させる役割を担うものである。図5.5のとおり3号機と同じ構造のもので、刈刃部が地表面に対して垂直に上下して刈り高さの調整を行

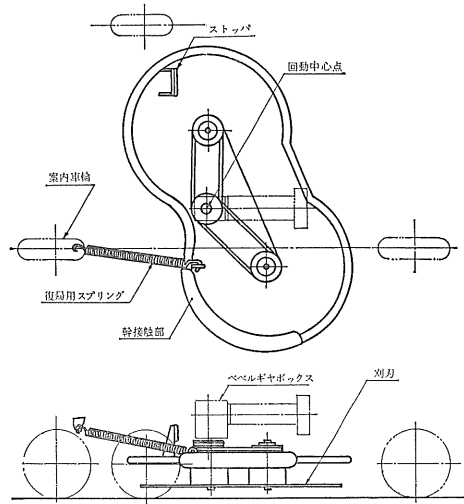


図 5.6 刈刃部

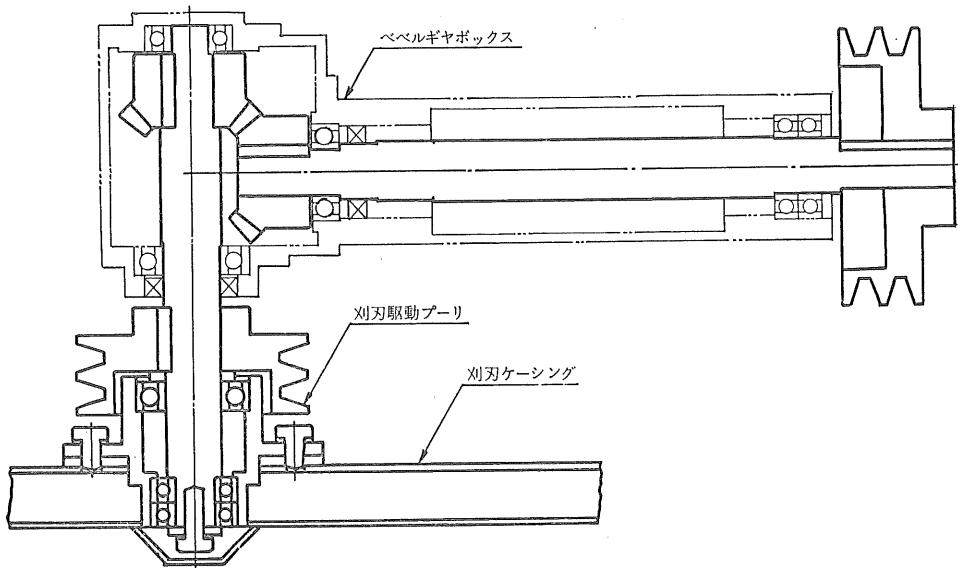


図 5.7 刈刃ケーシング取付部

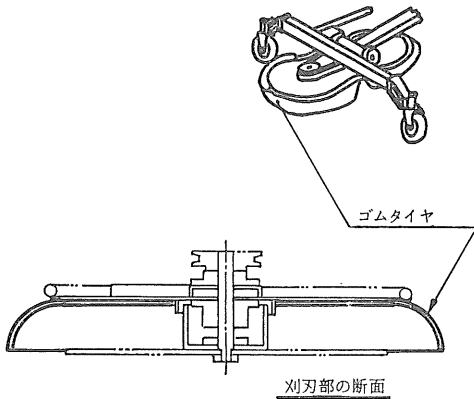


図 5.8 刈刃部の断面構造

ることができる。案内車輪は3個とも 350-5 のタイヤを装着して走行抵抗の減少を計った。

5.1.5 刈刃部

刈刃部は図 5.6 のとおりベベルギヤボックス (入出力軸を含む)、刈刃、刈刃ケーシング、刈刃軸等を一体化して構成したものである。

① 刈刃ケーシング

刈刃ケーシングは図 5.7 のようにベベルギヤ出力軸 (縦軸) によってベアリンクを介して吊り持ちされる。刈刃ケーシングのデッキ形状はほぼ菌形をしており、幹との接触部は円形である。この接触部には発泡ポリエチレンチューブ又はビニールホースを布引ビニールで被覆したものを取り付け緩衝機能を持たせて、樹皮の損傷の防止を計った。ケーシングサイドにはゴムタイヤの半切を使用して石、木片等の飛散物を防護した (図 5.8)。

② 刈刃軸

刈刃軸の構造は図 5.9 に示した構造になっており、刈刃軸には軸箱の外側をおおって回転するドラム状のカバ

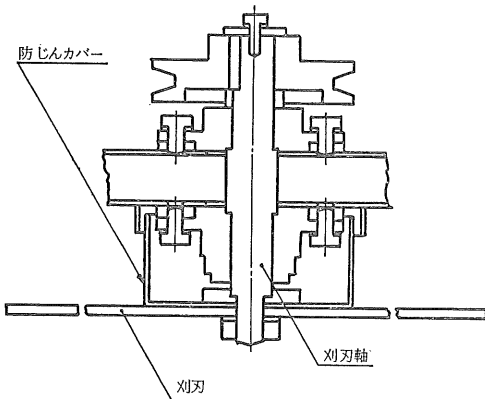


図 5.9 刈刃軸の構造

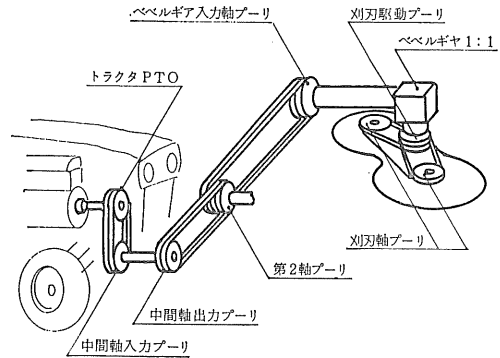


図 5.10 動力伝達系統図

ーを設け、これによって軸受の保護と草の巻付防止を計った。

(3) 刈刃

刈刃は全長 605 mm、幅 60 mm、厚さ 6 mm の直線刃を用い、通常の作業において周速度は 57m/s に設計した。

5.1.6 動力伝達系

動力伝達系統図を図 5.10 に示した。電磁クラッチを備えたトラクタフロント PTO から刈刃ケーシングのベベルギヤ入力軸まで 3 次の V ベルトによって伝達される。1 次伝達はトラクタ PTO 軸から、トラクタ前方下部に設けた中間軸へ伝達され、さらにこれより支持アーム外筒に設けた第 2 軸に 2 次伝達を行い、これより支持アーム内筒先端部に位置したベベルギヤ入力軸に伝達する。1 次及び 2 次伝達の軸間距離は支持アームの傾斜角度に関係なく一定であるが、3 次伝達のベベルギヤ入力軸の位置はオフセット量の変更に伴って 3 段階に変わるので、軸間距離に対応する V ベルトに交換する仕組みとした。ベベルギヤ出力軸から各刈刃部へは再び V ベルトによって伝達する。動力の断続操作は上記電磁クラッチで行うが、この操作はダッシュボード横に設けたトグルスイッチによって行われる。

6. 試作機の圃場試験と作業性能

6.1 作業能率

作業能率については 4 号機と差がない 3 号機を用い、果樹試験場で調査した。

6.1.1 供試圃場

果樹試験場のナン及びクリの品種保存及び育苗実生のための園地で、使用目的により表 6.1 のとおり樹令、栽植距離に若干の相違があった。草生状況は表 6.2 のとおりであるが、ナン園の草量としては極端に多く、クリ園は普通の状態であった。

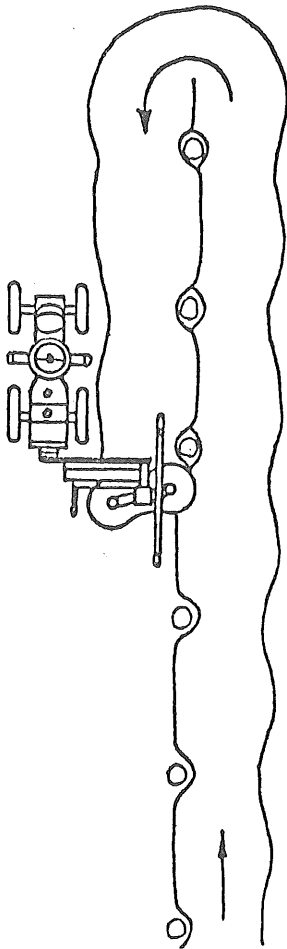
6.1.2 作業方法

表 6.1 供試ほ場

ほ場名	樹種・目的	ほ場区画 (m)	植栽距離 (m)	樹令 (年)	樹高 (m)	幹周 (cm)
A-15	クリ・品種保存	75 × 50	6.4 × 3.3	3	2.0	13.6
A-16	クリ・育種実生	75 × 50	5.0 × 2.0	5	4.6	34.3
A-32	ナシ・品種保存	55 × 50	5.0 × 2.5	5	3.8	16.8

表 6.2 供試ほ場の草生状況

ほ場名	草種	草丈 (cm)	生草重 (kg/m ²)	10a当り生草重 (kg)
A-15	イタリアンライグラス, メヒンバ, クローバー	38	0.71	710
A-16	イタリアンライグラス, メヒンバ, クローバー	57	0.51	510
A-32	イタリアンライグラス, メヒンバ, ヒメジオン	50	1.41	1,410



機 6.1 幹周草刈機の作業方法

図 6.1 に示す方法で先ず樹冠下の草刈りを行い、引き続いて耕作道の草刈りを行った。作業速度は何れも 2.7 km/h であった。

6.1.3 調査方法

ストップウォッチ法により樹冠下、樹列間耕作道の所要時間、回行等に要する雑時間をそれぞれ測定し、10a 当たり作業時間を算出した。

6.1.4 作業能率

10a 当たりの作業能率を示したのが表 6.3 である。幹周草刈機の能率は10a 当たり約25分、1時間当たりの作業量は23.6a であった。これを同じ果樹試験場の圃場で調査した刈幅60cmの歩行型ロータリモアの能率²⁾と比較すると、ロータリモアは53分2秒であったので約2.1倍の能率であった。また、同じく刈幅63cmの歩行型ロータリモアのわい性台リノゴに対する調査結果³⁾と比較すると、この場合は樹冠下に機械を使えないために手刈りが必要としたので10a 当たり114.6分を要した。試作機の25分と比較すると4.6倍の能率であった。

6.2 作業精度

ここでいう作業精度は幹周に生じる刈残し量についてである。刈刃ケーシングが幹に当たり、ケーシングはその中心を軸にして幹に触れながら回転して草を刈る。しかし、ケーシングは刈刃直径より大きい半径で形造られ

表 6.3 試作機の10a 当たり作業時間

草刈部位・供試機	実作業時間	雑時間	作業時間
樹冠下・幹周草刈機	8分24秒	1分58秒	10分22秒
耕作道・幹周草刈機	12 49	2 14	15 03
計	21 13	4 12	25 25

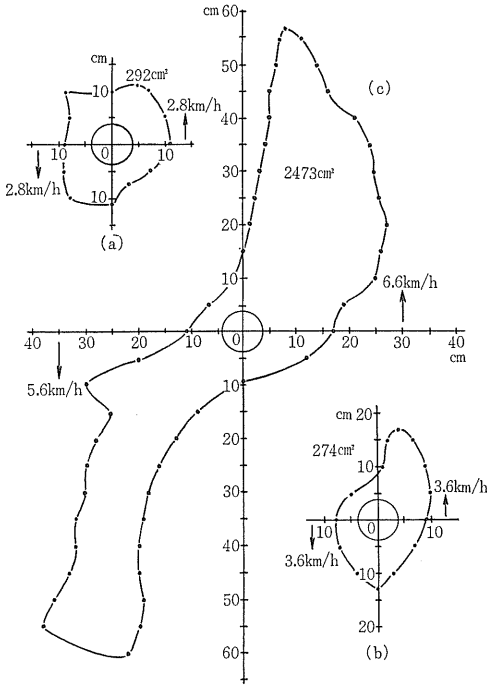


図 6.2 (a, b, c) 速度別刈残し例

ているので、刈残しは避けられない。また、ケーシングは幹の横を通りすぎると旧位置に復帰するが、その際刈刃が全く触れない草が生じる。作業速度が2~3km/hの領域では刈残しの形状は円形に近く(図6.2a)、速度が増加するにつれて作業方向に向かって細長い刈残しができる(図6.2b及び図6.2c)。刈残し面積は表6.4に示したように幹周草刈機の実用的速度範囲では差は小さく、76cmの杭の周辺に発生した刈残し面積は350~400cm²であった。実用速度範囲を超える6.0km/hでは刈残しは細長くなり、面積が急増した。実用的速度範囲での刈残し面積は栽植本数を125本と考えると5㎡であり、手刈りするとしても僅かな時間で済む筈である。

6.3 取扱性

この研究で開発された草刈機は樹冠下の草を刈取れることに特徴を持っている。草刈機が幹周を結ぶ線まで到達する

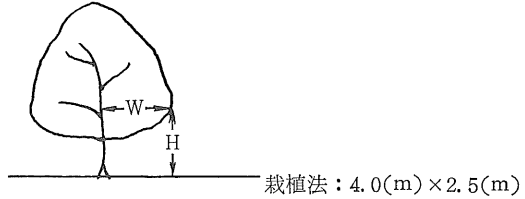
表 6.4 直径75mmの杭周辺に生じる刈残し面積

作業速度	杭No.	杭1本当たり刈残し面積 (cm ²)				草量 (g/㎡)
		1	2	3	4	
2.8(km/h)		292	451	324	461	800
3.7		274	331	481	315	2,035
6.1		1,247	2,063	2,473	1,909	800

表 6.5 わい性台りんご樹形調査(山形県園芸試験場圃場)

樹 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W(m)	0.61	0.95	1.30	1.12	1.25	1.32	1.11	1.13	1.20	1.05
H(m)	0.70	1.14	1.45	1.38	1.07	1.16	0.76	1.06	1.40	1.39

(注) 測定部位



達するにはその樹冠幅に見合うオフセット量を備えているか、トラクタごとに樹冠下に進入できる必要がある。最も栽植本数が多く、樹列間にトラクタが走行できる空間に乏しいわい性台りんごについても試作機は適当なオフセット量を備えている。表6.5は山形県立園芸試験場のわい性台りんごの樹形を調べたものであり、また、表6.6は同場の半わい性台りんごの樹形の調査結果である。この表から草刈機のオフセット量が、トラクタ外側から1,500mmあればトラクタが樹冠周辺に接触することなく走行作業できることがわかる。剪定の強弱、樹勢等によってさらに樹冠幅が大きい場合があるが、これ迄に作業した青森県りんご試験場、岩手県、秋田県、福島県等各園芸試験場では樹冠外側に邪魔されることなく作業することができた。また、樹冠下にある草刈機が低い下枝に接触すると枝を折損するだけでなく果実を落とす結果になる。これに対しては草刈機の全高を40cm以内にするこ

6.4 他形式の草刈機との併用

刈幅が大きく作業速度の高いロータリカッタを樹列間耕作道用に使用し、樹冠下のみ試作機を使用すれば10a当たりの作業時間が幹周草刈機のみで行う場合の25分25秒に対し18分32秒で作業ができた²⁾。また、試作機が

表 6.6 半わい性台りんご樹形調査(山形県園芸試験場圃場)

樹 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W(m)	1.80	1.65	1.73	1.72	1.42	1.30	1.54	1.25	1.47	1.38
H(m)	0.93	1.11	1.03	1.45	1.36	1.30	1.05	1.12	0.95	1.14

(注) 測定部位は表6.5と同じ

栽植法：5.0(m) x 4.0(m)

前装であるので、刈幅 142cm のフレールモアを後装して同時使用すると 10 a 当たり 15分36秒であった³⁾。このように草刈機を同時に前後装することによって高い能率を上げることができた。

7. 結語

7.1 作業速度

幹周草刈機の樹冠下における作業速度は 2.7~3.0 km/h であった。これに対して樹列間の耕作道に対する作業速度は 3.5~4.0 km/h であった。

7.2 作業能率

幹周草刈機の 10 a 当たり作業時間は 25分であった。この能率は手刈りの約 200 倍、ロータリモアで手刈りをする必要がない場合の 2.1 倍、手刈りで補う場合の 4.6 倍であった。また、フレールモア等を後装し同時使用すればさらに高い能率を得ることができた。

7.3 オフセット量

試作機の特徴的な点は刈刃部をトラクタにオフセット前装した点である。オフセット量が大きいと普通リンゴ、モモ等の大型果樹にはよいが、反面、枕地での回行や路面の走行が困難になる欠点が生まれる。試作機は 1,500 mm のオフセット量であるが、わい性台リンゴと半わい性台リンゴに対しては適当なオフセット量であった。

7.4 取扱性

作業機を前装したので作業部位に適確に刈刃を位置させることが容易であった。操作が困難になるのは作業機が下枝に衝突する場合である。試作機の全高を 40cm 以下にしたことによって問題の大半は解決した。40cm 以下の枝は切り捨てることが望ましい。

7.5 作業精度

適当な作業速度 (2.7~3.0 km/h) では、幹周辺の刈残しは少く殆んど補完的な手刈りを必要としない。刈刃ケーシングの幹への衝突は各種果樹とも問題ないが、わい性台リンゴの定植直後の幼木を折損した場合はあった。

7.6 安全性

オペレータが枝に衝突する危険があることはスピードスプレーヤ等の場合と同じである。

引用文献

- 1) 田中 謙：リンゴ園での草生法の問題点，農及園，Vol.41, No.6, p 66, 1966.
- 2) 平田孝三他 4 名：果樹園草生管理の能率化に関する研究，農機研究成績 54-2, p 41, 1980.
- 3) 平田孝三他 2 名：果樹園用草刈機の圃場試験，昭和 54 年度農機研事業報告，p 142, 1980.

参考文献

1. 佐藤公一：果樹園芸大辞典，第 4 版，養賢堂，p 211~214, 1980,
2. 渋川潤一：リンゴの草生栽培の現状と普及上の問題点，農及園，Vol.36 No.1, p 38, 1961.
3. " : " Vol.36 No.1, p 41, 1961,
4. 森田義彦：果樹園の夏期に於ける土壌管理，農及園，Vol.24 No.5, p 33~35, 1949.
5. " : 傾斜地果樹園の土壌侵蝕防止法，農及園，Vol.25 No.7, p 37~41, 1950.
6. 渋川潤一：リンゴ園の畜化と草生栽培，農及園，Vol.26 No.9, p 35~39, 1951.
7. 渋川潤一：リンゴの草生栽培，農及園，Vol.28 No.1, p 129~132, 1953.
8. 河越弘市：果樹園の土壌管理，農及園，Vol.28 No.9, p 29~32, 1954.
9. 岸 光夫：葡萄園の土壌管理，農及園，Vol.31 No.10, p 47~50, 1956.
10. 白井 茂：葡萄幼木園の草生栽培に関する試験（予報），農及園，Vol.31 No.10, p 87~88, 1956.
11. 薬師寺清司：ミカンの草生栽培，農及園，Vol.33 No.1, p 261~264, 1958.
12. 渋川潤一：リンゴの草生栽培，農及園，Vol.33 No.1, p 265~269, 1958.
13. 板倉 勉：果樹園土壌管理法と窒素問題，農及園，Vol.34 No.8, p 7~12, 1959.
14. 宮崎政善：果樹園の土壌管理のやり方，農及園，Vol.35 No.7, p 43~46, 1960.
15. 井上四郎：果樹園土壌管理の考え方，農及園，Vol.36 No.8, p 40~44, 1961
16. 坂本寿夫，他 1 名：果樹園の土壌管理法と灌水効果，農及園，Vol.38 No.6, p 39~43, 1963.
17. 七条寅之助，他 1 名：ミカン園に対する除草剤の使い方，農及園，Vol.39 No.8, p 45~49, 1964.
18. 安部一義：草生ミカン園の雑草刈取時期がミカンの植生に及ぼす影響，農及園，Vol.40 No.8, p 85~86, 1965.
19. 黒上九三郎：果樹園の防除方法，農及園，Vol.41 No.7, p 61~65, 1966.
20. 岩垣 功，他 1 名：温州ミカン園における草生敷草管理の影響，農及園，Vol.42 No.4, p 95~96, 1967.
21. 坂本辰馬：温州ミカン園の土壌管理法，農及園，Vol.42 No.7, p 57~62, 1967.
22. 広瀬和栄：柑橘園の草管理，Vol.43 No.2, p 67~71, 1968.
23. 石田善一：除草の省力化，最新のミカン栽培法 [17] 農及園，Vol.44 No.5, p 129~133, 1969.
24. 栗山隆明：柑橘園における除草剤の連用とその影響，農及園，Vol.45 No.8, p 47~51, 1970.
25. 蔵敷三郎：カンキョウ園における除草剤の周年使用法，農及園，Vol.46 No.4, p 53~56, 1971.
26. 岩川 孝：ミカン園の除草剤による雑草防除対策，農及園，Vol.48 No.8, p 65~70, 1973.

Summary

Development of Offset Type Front-Mounted Orchard Mower

Tsukasa NAGAKI, Kozo HIRATA and Mikio OGAWA

To save the labor for mowing grasses in orchards, the authors have developed an offset type front-mounted double rotor mower. This machine aims at mowing grasses under tree crowns, particularly those closely surrounding tree trunks, as efficiently as mowing grasses between tree rows. Adaptability of the machine to sodculture in orchards which is commonly practiced in Japan was evaluated by field tests.

The outline of the machine is as follows. It is mounted at the front of the 23 PS tractor having front-PTO, and is composed of three main portions, i. e. arm, frame, and double rotor mower. The arm, that is connected to the tractor, pushes the frame to go ahead and also lifts the other portions when needed. The frame, that is hanging the rotor mower, is in the shape of "T", and each end of the frame has a wheel so that the position of rotor mower above soil surface can be kept constant in spite of the roughness of soil surface. This mower is covered with the cocoon-shaped casing which has a protector to prevent the damage of tree trunk by mowing blade. When the protector touches to a tree trunk, the casing is retracted so as to mow the grass just around a tree trunk without damaging the trunk, as shown in Fig. 4-4.

The optimum speed of this machine was 2.7 to 3.0 km per hour. The field capacity was 23.6 a per hour though variable slightly depending on different conditions of orchards. This mower can be used with the rear mounted flail mower having 1,500 mm cutting width at the same time. In this case, the field capacity was almost doubled. The field capacity of the mower was as high as 200 times that of hand mowing and 2.1 to 4.6 times that of popular walking type rotary mower.

When this machine worked at the optimum speed, only small area remained uncut around tree trunks. In one field test, only 5 m² per 10 a were not mowed. Trunks of dwarf-apple trees were not damaged by striking of mower casing except young tree just after transplanted.

Though the grasses under tree crowns can easily be mowed by the machine mounted at the front of the tractor, hanging branches lower than 40 cm above ground prevent the machine from running. In this case, it is necessary to cut off these branches. There is a danger that the operator may crash against a tree as in the case of using air-blast sprayer in orchards.

The study of this machine has attained to the stage of design criteria. However, the authors consider further improvements: an increase of the cutting width, control of the reach when the machine is working, and also an increase of the reach without spoiling the trafficability, although the maximum reach of the machine, 1500 mm, was good enough to dwarf-apple trees.

農業機械化研究所報告 第15号

Technical Report of Institute of
Agricultural Machinery No. 15

昭和56年3月25日 印刷・発行
頒 価 3,800 円

㊤ 330 埼玉県大宮市日進町1丁目
Nisshin, Omiya, Saitama, Japan
Tel. 0486-63-3901~4

農業機械化研究所
Institute of Agricultural Machinery

印刷・製本/信陽堂印刷(株) 東京都板橋区板橋 2-3-20