

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 678 June 1990

穀物用連続アンローダの荷役調査

—ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役特性について—

中	島	忠	男
高	橋	康	弘
田	辺	政	夫
木	村	一	郎

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	4
2. 調査対象穀物用連続アンローダの概要	4
2.1 ニューマチックアンローダ	5
2.2 機械式連続アンローダ	6
3. 穀物用連続アンローダの荷役能力の評価	7
4. 調査の概要	7
4.1 現地荷役調査	8
4.2 運転作業日報による荷役調査	12
5. 調査結果および考察	12
5.1 現地荷役調査	12
5.2 運転作業日報による荷役調査	29
6. ま と め	31
7. あ と が き	31
参考文献	41
記号一覧表	41
付 表	42

An Investigation of Grain Handling Performance with Continuous Unloaders

Tadao NAKAJIMA*
Yasuhiro TAKAHASHI**
Masao TANABE**
Ichiro KIMURA***

Synopsis

An investigation of grain handling performance of continuous unloaders (pneumatic unloader and mechanical continuous unloader) was carried out at the Port of Kobe 20-22 of March in 1989.

This investigation consists of field survey and inspection of daily works report. The results obtained from this investigation were as follows.

- 1) To manage handling operations successfully is very important to improve time-efficiency.
- 2) Specific energy consumption of mechanical continuous unloader was about 1/5 of pneumatic unloader's one.
- 3) Handling efficiency (including time-efficiency and mechanical-efficiency) has almost no relation with Dead Weight Tonnage of ships.
- 4) Mechanical-efficiency has a tendency to decrease gradually as clean-up operation time increases.

Key Words : Investigation, Continuous unloader, Handling efficiency, Specific energy consumption

* Chief of Machinery Systems Laboratory, Machinery Division
** Member of Machinery Systems Laboratory, Machinery Division
*** Former Member of Machinery Systems Laboratory, Machinery Division

穀物用連続アンローダの荷役調査

—ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役特性について—

中島 忠 男 *
高橋 康 弘 **
田辺 政 夫 **
木村 一 郎 ***

要 旨

ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの穀物用連続アンローダについて、それらの荷役特性（主として荷役能力・消費電力量）を的確には握するために荷役調査を実施した。本調査は、平成元年3月20～22日にかけて神戸港において実施した現地荷役調査、昭和62～63年度の運転作業実績をまとめた運転作業日報による荷役調査から成る。これら二つの調査について、荷役特性の観点から解析・考察し、次のような結果を得た。

現地荷役調査については

- (1) 荷役の中断原因別分類では、分類B：作業中付帯業務管理時間が大きく、次いで分類A：作業前後付帯業務管理時間によるものが大きかった。つまり時間効率を高めるためには、荷役作業前後および荷役作業中の業務管理時間を手際よく実施することが重要であると言える。
- (2) ニューマチックアンローダ荷役の荷役効率は、定常荷役作業時に相当する1日目で0.729、主としてさらえ荷役を担務した2日目で0.448であり、全体では0.546であった。一方、機械式連続アンローダ荷役の荷役効率は、1日目で0.743、2日目で0.663であり、全体では0.707であった。
- (3) 機械式連続アンローダ荷役とニューマチックアンローダ荷役の単位陸揚げ量当たり消費電力量の比率は、1/5.28であった。

運転作業日報による荷役調査については

- (1) 時間効率は、品目や対象船型の載貨重量トン数によってほとんど影響を受けなかった。また機械効率も、同一品目であれば対象船型の載貨重量トン数によってほとんど影響を受けなかった。ただし品目別の機械効率には有意差があった。
- (2) 機械効率は、さらえ荷役作業時間率が大きくなるにつれてゆるやかに低下していく傾向が見られた。
- (3) 機械式連続アンローダ荷役とニューマチックアンローダ荷役の単位陸揚げ量当たり消費電力量の比率は、現地荷役調査とほぼ同様に1/5.44～1/5.80であった。

キーワード：連続アンローダ、ニューマチックアンローダ、機械式連続アンローダ、現地荷役調査、運転作業日報、時間効率、機械効率、荷役効率、単位陸揚げ量当たり消費電力量

* 機械技術部 機械作業システム研究室長

** 機械技術部 機械作業システム研究室

*** 前機械技術部 機械作業システム研究室（現 第二港湾建設局東京空港工事事務所）

1. まえがき

穀物は、我が国において直接的には食生活、間接的には家畜飼料として深い関わりを持っているが、それらの大部分は、外国からの輸入に頼っているのが現状である。したがって、これら穀物の大量受け入れ先である飼料コンビナートは、主として臨海地域に設置されている。現在、これら穀物の荷役・保管・輸送の近代化および合理化を図るべく、その地域別集約化が進行中¹⁾である。そのような状況の中で、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの穀物用連続アンローダは、その主役を担っている。

従来、穀物類の陸揚げは、主としてニューマチックアンローダによって取り扱われてきた。ニューマチックアンローダによる荷役は、

- ・密閉構造で防塵性・防臭性にすぐれている。
- ・操作性が良い。
- ・さらえ荷役作業に対応しやすい。

などの利点がある。

一方、

- ・対象品目に制限がある。
- ・設備電力容量の面からは、大きくなる。

などの欠点がある。

しかしながら、穀物船の大型化の傾向、省エネルギー意識の見直し、ニューマチックアンローダの代替期の到来等により、約10年前から機械式連続アンローダが普及²⁾してきた。この機械式連続アンローダは、

- ・消費電力にピークがないので設備電力容量が小さく済み、またエネルギー効率も良いので、省エネルギータイプである。
- ・大量扱いが容易である。
- ・荷役効率が、優れている。
- ・操作性が良く、自動化が図りやすい。

などの利点がある²⁾。

一方、

- ・荷役対象船型への適応性が低い。
- ・粘着性の高いばら物の取扱いが苦手である。
- ・異物混入に対してダメージを受け易い。
- ・さらえ荷役作業が苦手である。

などの欠点がある²⁾。

高度成長期に多数設置³⁾されたニューマチックアンローダは、今後耐用年数を過ぎ代替期を迎えることになり、それらのいくつかは、前者の有利性から機械式連続アンローダに代替していくことが予測される。機械式連続アンローダの設置が近年になって顕著である¹⁾のも、その

現れと見るができる。しかしながら、この機械式連続アンローダの荷役特性（主として荷役能力、消費電力量）についての十分かつ詳しい資料は、現在のところ、ほとんどないというのが実情である。

荷役機械の設置は、取扱品目、取扱貨物量、稼働時間、荷役能力、消費電力量等の諸条件から適切に計画することが重要である。そのためには、荷役機械の荷役特性（主として荷役能力、消費電力量）を的確に知る必要がある。

そこで、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの穀物用連続アンローダについて、それらの荷役特性（主として荷役能力、消費電力量）を的確には握し今後の適切な計画に資するために、荷役調査を実施した。この調査は、平成元年3月20～22日にかけて神戸港において実施した現地荷役調査、昭和62～63年度分の運転作業実績をまとめた運転作業日報による荷役調査から成る。本報告書は、それら双方の荷役調査に対し上記穀物用連続アンローダの荷役特性の観点から解析・考察し、それらを取りまとめたものである。

2. 調査対象穀物用連続アンローダの概要

調査対象とした穀物用連続アンローダは、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの2機種であり、以下にそれらの概要を示す。

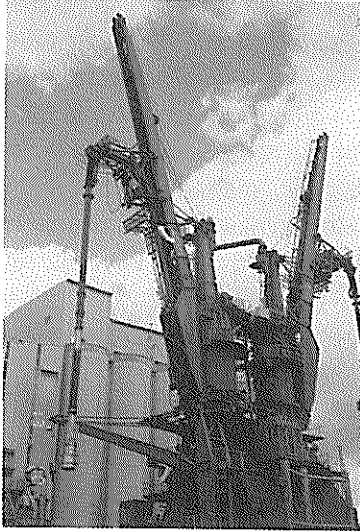


写真-1 ニューマチックアンローダの外観

2.1 ニューマチックアンローダ

外観および全体図を写真-1、図-1にそれぞれ示す。
本機種は、穀物類を空気吸引式によって陸揚げするアンローダである。主要諸元を以下に示す。

- | | |
|-------------|--|
| (1) 計算荷役能力 | 250t/h × 2基 (メイズ基準) |
| (2) ブーム長さ | 水平 (海側レール中心より) 約25.5m
垂直 (L.W.L.からレシーバ入口まで) 約21.1m |
| (3) 伸縮ストローク | 水平 約12.0m, 垂直 約7.0m |
| (4) ブーム動作角度 | 起伏 $\pm 0^\circ \sim +40^\circ$
旋回 内側 50° ~ 外側 130° |
| (5) 速度 | 起伏 10.3m/min (ブーム先端)
旋回 0.063rpm
スイング 走行 |
| (6) 電源 | AC3,300V 60Hz |

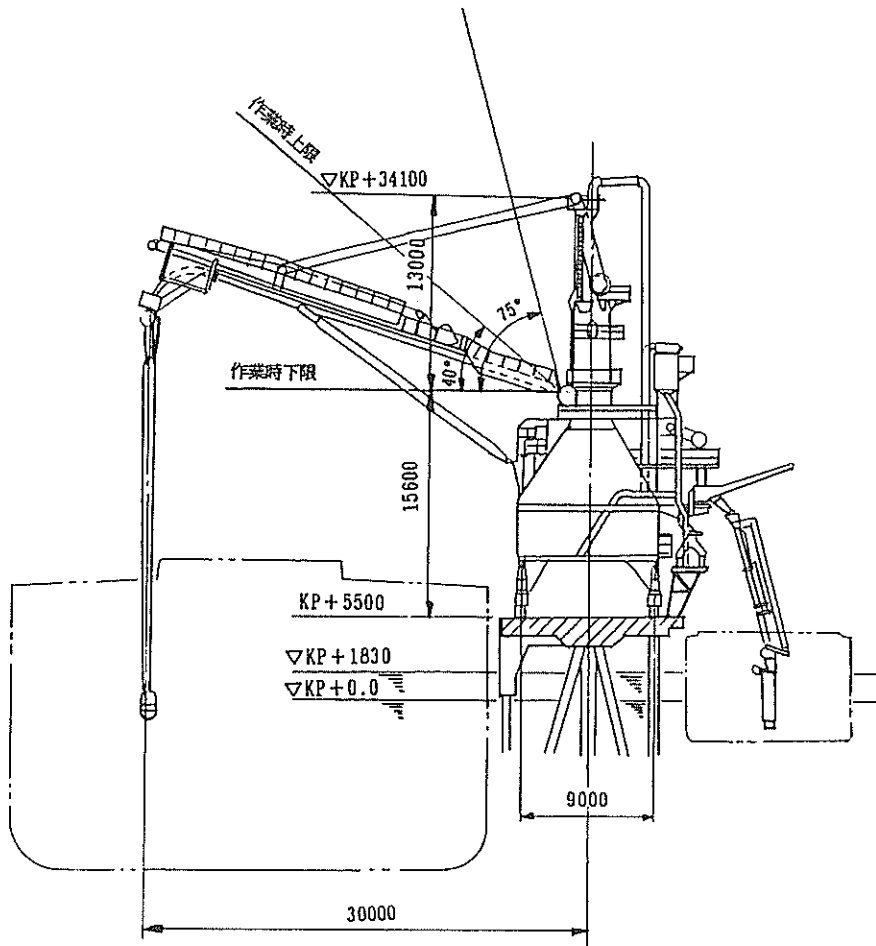


図-1 ニューマチックアンローダの全体図



写真-2 機械式連続アンローダの外観

2.2 機械式連続アンローダ

外観および全体図を写真-2、図-2にそれぞれ示す。本機種は、ベルトコンベア式と言われているもので、ひれ付きベルトの採用により穀物類の高速搬送が可能な構造になっている。写真-3は、機械式連続アンローダのフィーダ部を示す。中央部のパドルフィーダの回転とともに、その両端部の水平スクリーンがそれぞれ逆向きのスパイラル構造になっていることから、周辺の穀物はフィーダ部へかき込まれることになる。パドルフィーダによってすくい上げられた穀物は、ひれ付きのベルトによって搬送されることになる。

操作は、運転室もしくは遠隔操作のいずれでも可能で、ワンマンコントロールができる。主要諸元は、以下のとおりである。

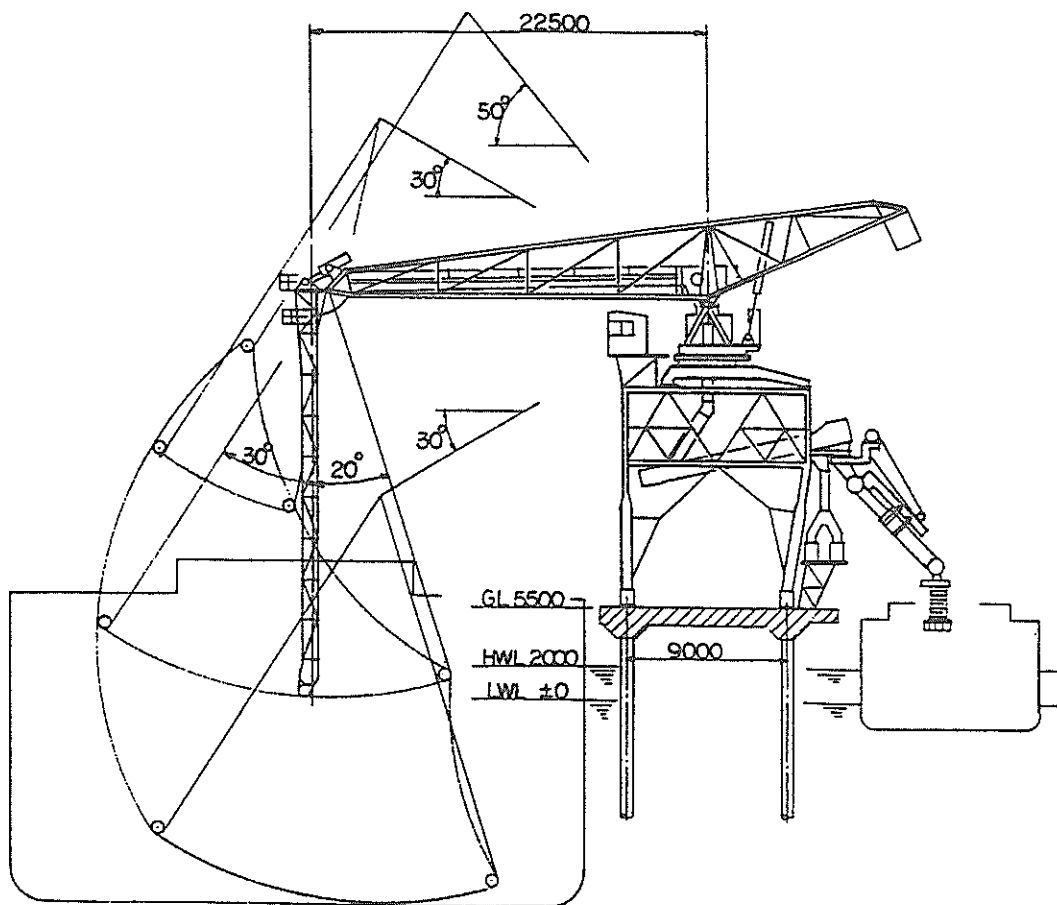


図-2 機械式連続アンローダの全体図

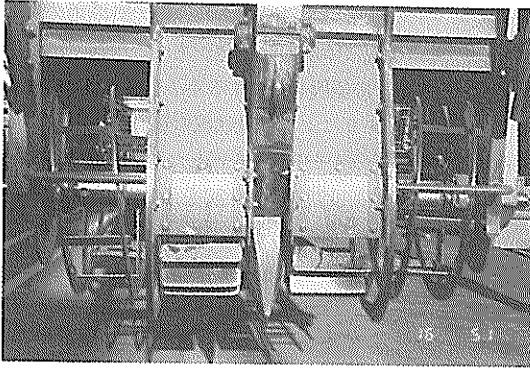


写真-3 機械式連続アンローダのフィード部

- (1) 計算荷役能力 500t/h (メイズ基準)
- (2) ブーム長さ 水平 22.5m, 垂直 23.8m
- (3) ブーム動作角度
 - 起伏 (水平より) 上50° 下30°
 - スイング アウト30° イン20°
 - 旋回 (海に向かって) 右90° 左90°
- (4) 速度
 - 起伏 (水平ブーム先端) 10m/min
 - スイング (垂直ブーム先端) 10m/min
 - 旋回 (水平ブーム先端) 10m/min
 - 走行 13.5m/min
- (5) ジブクレーン 15t/15.8m
- (6) 電源 AC440V 60Hz

3. 穀物用連続アンローダの荷役能力の評価

荷役機械の能力を評価する方法としては、一般的に、絶対的に能力を評価する方法と相対的に能力を評価する方法がある。絶対的に能力を評価する方法とは、単位時間当りの作業量すなわち荷役能力として絶対的に評価する方法である。この方法は、荷役機械の能力が絶対値として表わされるので理解しやすいが、荷役機械の効率性を客観的に評価するものではない。これに対し、相対的に能力を評価する方法とは、ある一定の単位時間当りの作業量を、個々の荷役機械固有の基準荷役能力（もしくは公称荷役能力）として定め、それに対する比率として荷役機械の効率性を表わす方法である。この方法は、荷役機械の効率性が相対値として表わされるので荷役機械の能力はイメージしにくい、荷役機械の基準荷役能力（もしくは公称荷役能力）の対比においては、その効率性が直ちにイメージできるとともに客観的に評価できる。

さて穀物用連続アンローダの荷役効率は、水平引き込み式アンローダと同様に次式で表わされる^{4,5)}。

$$\begin{aligned}
 \eta &= Q_p / Q_c \\
 &= (W_p / T) / Q_c \\
 &= (T_p / T) \cdot (W_p / T_p) / Q_c \\
 &= \eta_t \cdot \eta_m \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

- ただし Q_p : 実荷役能力 (= W_p / T)
- Q_c : 計算荷役能力 (基準荷役能力もしくは公称荷役能力)
- W_p : 実陸揚げ量
- T_p : 実荷役時間 (= $T - T_d$)
- T_d : 中断時間
- T : 公称荷役時間 (もしくは公称作業時間)
- η : 荷役効率
- η_t : 時間効率 (= $(T - T_d) / T = T_p / T$)
- η_m : 機械効率 (= $(W_p / T_p) / Q_c$)

つまり荷役効率は、実荷役能力を計算荷役能力で除すればよく、また時間効率と機械効率の積という形で表わされる。ここでいう時間効率とは、公称荷役時間に対する実荷役時間の割合である。一方、機械効率とは、計算荷役能力（もしくは公称荷役能力）に対する実荷役時間における実陸揚げ量の割合である。

(1)式において、実荷役能力で評価する場合は前述の絶対的に能力を評価する方法に該当し、荷役効率で評価する場合は相対的に能力を評価する方法に該当する。本調査では、機種別荷役機械の効率性を客観的に評価する立場から、荷役能力は、主として荷役効率で評価することとした。

ところで連続アンローダにおける計算荷役能力については、現在のところ水平引き込み式アンローダのような確たる基準が存在しない状況にある。したがって、本調査における計算荷役能力は、連続アンローダのメーカーのカタログ値を採用することとした。

4. 調査の概要

荷役効率を知るためには、(1)式から、時間効率および機械効率を知ればよい。すなわち公称荷役時間に占める実荷役時間（もしくは中断時間）の割合、並びに実荷役時間における実陸揚げ量を知ればよいことがわかる。したがって本調査は、これらの項目を中心にして実施した。

本調査は、前述のとおり現地荷役調査と運転作業日報による荷役調査に分けられる。以下にそれらの概要を示す。

4.1 現地荷役調査

調査対象船は、表-1に示すように俗にハンディサイズと言われている38,883DWTの一般貨物・穀物兼用船であった。本船は、図-3に示すように大豆のみの積載船であったので、今回の現地荷役調査の対象品目は大豆のみとした。写真-4に、今回の現地荷役調査の対象としたアメリカ産大豆を示す。

具体的な現地荷役調査方法は、以下のとおりである。まず荷役状況に関しては、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダに、計測員およびビデオカメラをそれぞれ図-4に示すように配置して、アンローダの電源を入れてから切るまでの時間、すなわち一日全体

の荷役作業時間を公称荷役時間とし、その時間内のアンローダの荷役状況に中断等の変化があった場合には、その時刻とともにその原因をメモする手法を採った。写真-5は、ビデオカメラによる荷役状況の撮影の様子と計測員による荷役状況のメモの様子を示したものである。図-5は、今回の現地荷役調査の概念図を示したものであり、図-5中の上段が、荷役状況に関する計測の概念を表わす。また写真-6および写真-7は、それぞれニューマチックアンローダと機械式連続アンローダによる荷役状況の外観を示したものである。

ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダそれぞれによって陸揚げされた穀物は、重量計を通過して一旦サイロに入れられることになる。したがって、それぞれの重量計のカウンタの変化と消費電力量を時刻とともに読み取れば、陸揚げ量と消費電力量が荷役時間の推移とともに握れることになる。図-5中の下段は、陸揚げ量および消費電力量に関する計測の概念を表わす。ただしこの消費電力量については、アンローダ本体の正味の消費電力量だけということではなく、付帯設備や照明設備の消費電力量をも含めた値である。写真-8は、機械式連続アンローダの重量計カウンタの読み取り状況を示したものである。

写真-9および写真-10に、それぞれニューマチックアンローダ用の重量計カウンタおよび積算電力計を一例として示す。

表-1 調査対象船舶の主要諸元

全 長	180.80 m
型 幅	30.5 m
型 深 さ	15.3 m
載貨重量トン数	38,883 DWT
船 倉 数	5

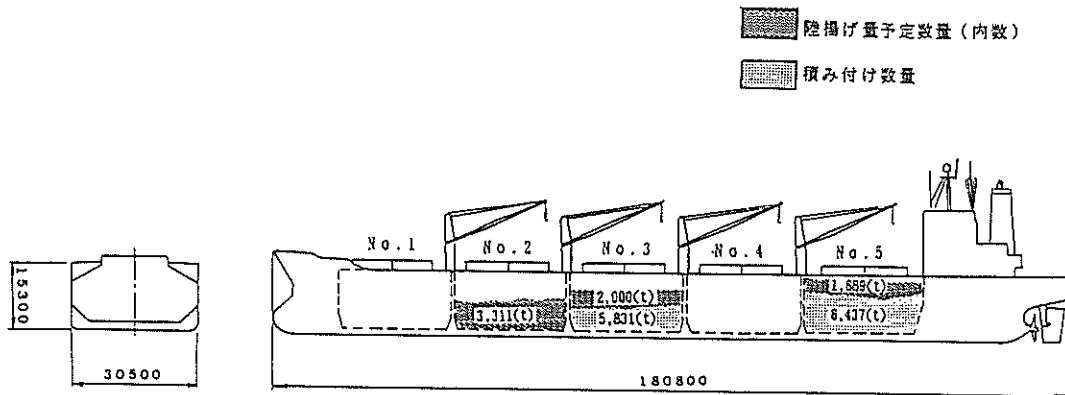
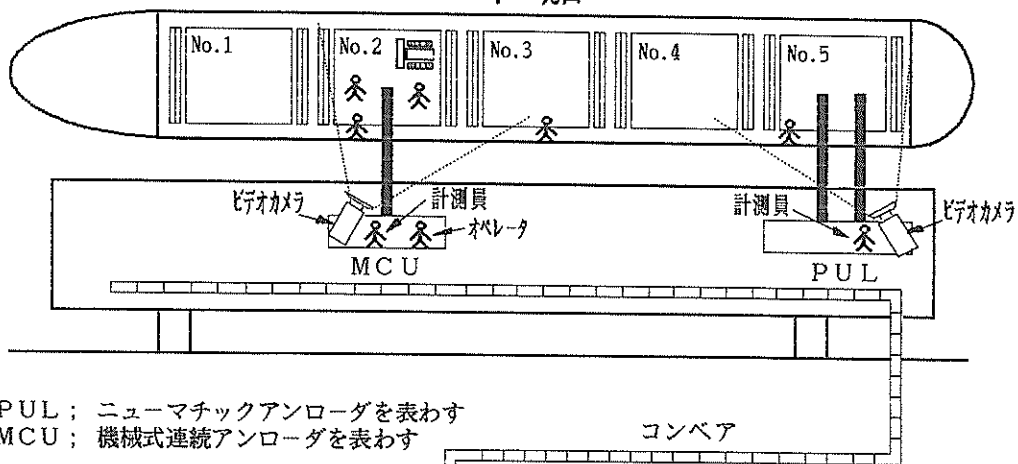


図-3 調査対象船の積み付け断面図

本船



※ PUL ; ニューマチックアンローダを表わす
 MCU ; 機械式連続アンローダを表わす

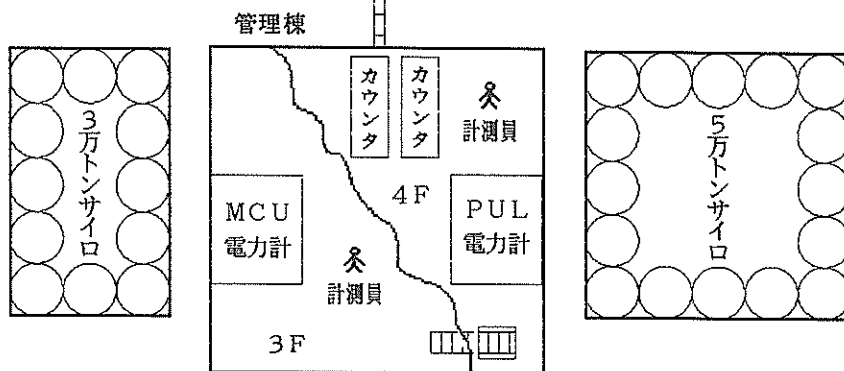


図-4 現地荷役調査の配置図

<計測項目>

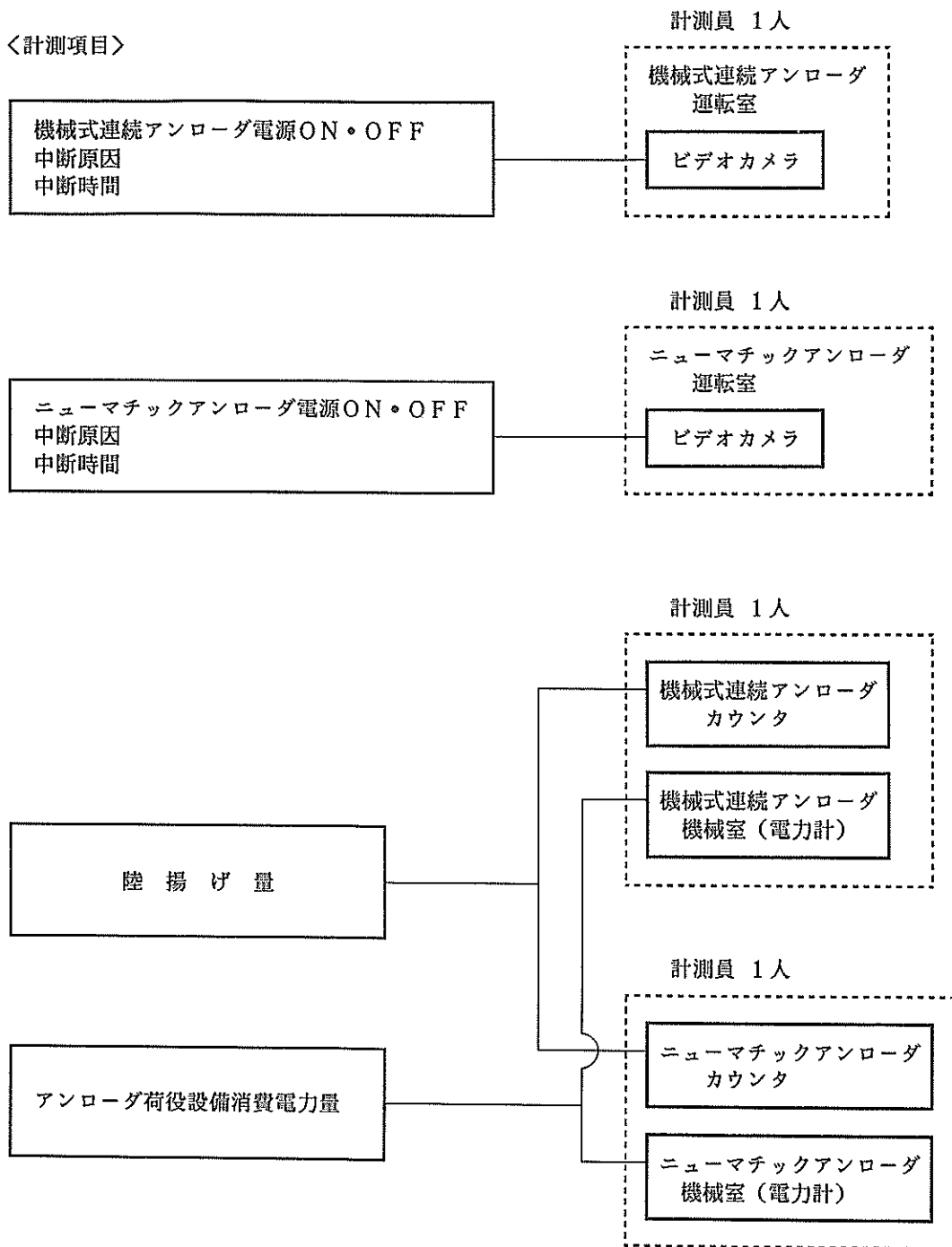


図-5 現地荷役調査の概念図

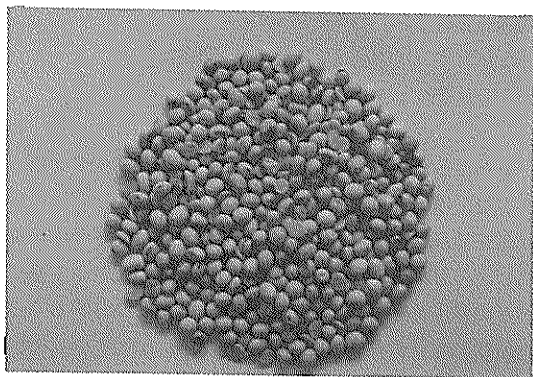


写真-4 現地荷役調査の対象としたアメリカ産大豆

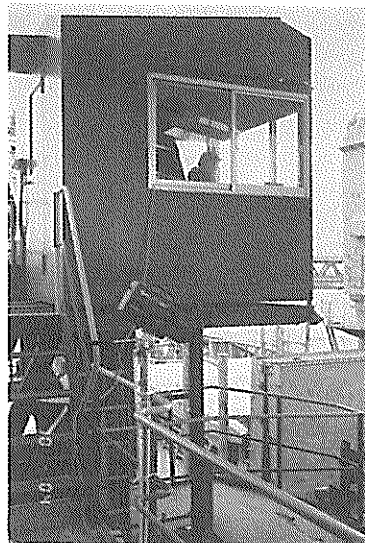


写真-5 荷役状況のビデオカメラによる撮影の様子

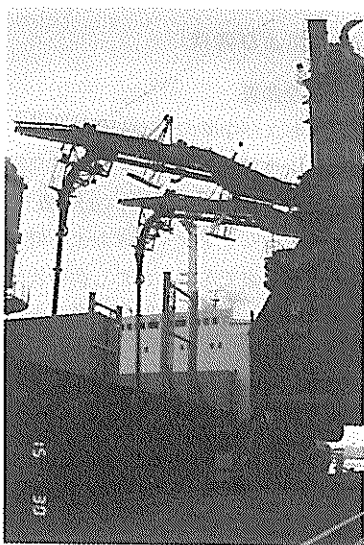


写真-6 ニューマチックアンローダによる荷役状況の外観



写真-7 機械式連続アンローダによる荷役状況の外観

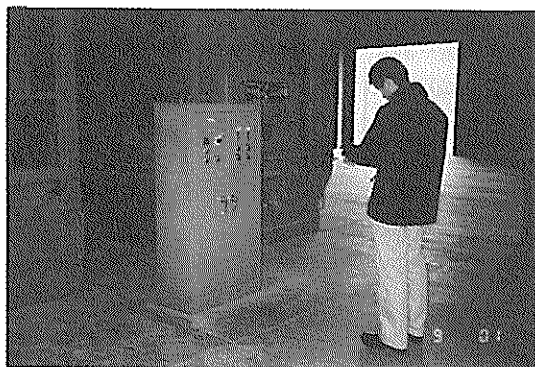


写真-8 機械式連続アンローダの重量計カウンタの読み取り状況

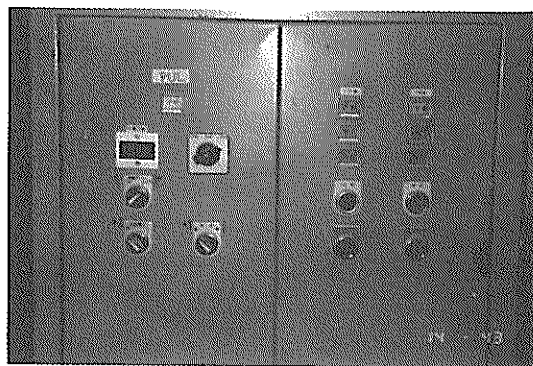


写真-9 ニューマチックアンローダの重量計カウンタ

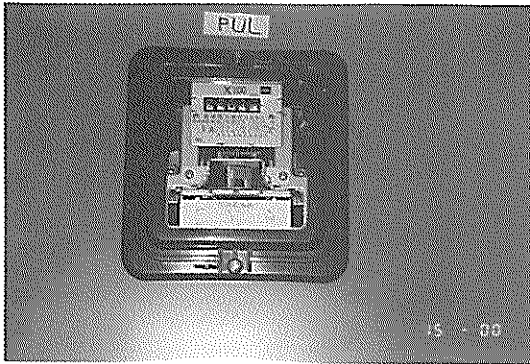


写真-10 ニューマチックアンローダの積算電力計

4.2 運転作業日報による荷役調査

調査対象期間は、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダともに昭和62～63年度の約2年分とした。対象品目としては、取扱量の多い順にマイロ、メイズ、ビートパルパペレット、大豆、大麦、アルファルファペレットとした。写真-11(a)～写真11(f)は、これらの品目を示す。ここで、ビートパルパペレットおよびアルファルファペレットは、それぞれサトウダイコンおよびムラサキウマゴヤシと呼ばれる植物を乾燥させ、細かく粉碎した後ペレット状に固結したものである。本調査では、これら上記の品目について本船荷役した場合の対象船型別の荷役能力（時間効率および機械効率）および消費電力量について解析した。

機械式連続アンローダについては、さらえ荷役作業がほとんど含まれていなかったが、ニューマチックアンローダについては、さらえ荷役作業が多く含まれていた。この傾向は、4.1の現地荷役調査にも見られたが、機械式連続アンローダによるさらえ荷役作業がほとんど実施されていないことによる。つまり荷役序盤から中盤の定常荷役作業時においては、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダによって平行して荷役作業を行い、荷役が進行し荷役終盤のさらえ荷役作業に入ると、もっぱらニューマチックアンローダによってさらえ荷役作業を実施する形態を採っていることによる。

さらえ荷役作業時は、定常荷役作業時と比べて荷役効率が著しく低下するのが一般的であるので、本調査では、さらえ荷役作業時間が実荷役時間中に占める割合をさらえ荷役作業時間率と定義し、その影響についても調べることにした。

ここでさらえ荷役作業時間率は、

$$\xi = T_t / T_p \dots\dots\dots(2)$$

で表わされる。

ただし ξ : さらえ荷役作業時間率

T_t : さらえ荷役作業時間

またさらえ荷役作業の中で、ニューマチックアンローダ1基だけで荷役した場合があり、その場合は、実陸揚げ量を2基分として補正することによって機械効率を算出した。しかし、荷役途中で2基による荷役から1基による荷役に移った場合については、運転作業日報からはその時間配分が判断できなかったため、本調査の対象から除外した。また公称荷役時間が極端に少なかったもの、並びに調査対象船型が極端に小さかったものについても、精度上の観点から本調査の対象外とした。

5. 調査結果および考察

5.1 現地荷役調査

(1) 荷役状況および中断の原因別分類⁴⁾

4.1で述べたような方法で、時系列的に荷役状況およびその写真を示したものが、表-2(a)～表-3(b)までに示すニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役状況表である。ただし荷役状況の変化において60秒間以内のものは荷役状況の変化とは見なさないこととした。またニューマチックアンローダは、他のはしけ取り荷役作業が1日目の午前中にあったために、1日目の午後から本調査の荷役に参加した。

表-2(a)および表-2(b)のニューマチックアンローダの荷役状況表を見ると、1日目は、荷役の開始に先立って行われる試桿による中断(345秒)が大きいことがわかる。この試桿とは、荷役に先立って重量計を検定するために行われるものである。次いで、荷役終了後の後片付けによる中断(252秒)が大きい。2日目は、サイロびん切り替えによる中断(2,981秒)、船倉間の移動による中断(1,490秒)が目につく。

一方、表-3(a)および表-3(b)の機械式連続アンローダの荷役状況について見ると、1日目は、ニューマチックアンローダと同様に荷役開始前の試桿による中断(1,500秒)が大きいことがわかる。次いで、船倉間の移動による中断(1,184秒)や、サイロびん切り替えによる中断(594秒)が目につく。その他、ニューマチックアンローダと比べて早めにキャタピラ式ブルドーザを船倉内に搬入したことともなう中断(370秒)、さらえ荷役作業のためにキャタピラ式ブルドーザからより機動性のあるタイヤ式ブルドーザへの交換ともなう中断(367秒)がある。また機械式連続アンローダ荷役においては、ニューマチックアンローダ荷役と異なり、

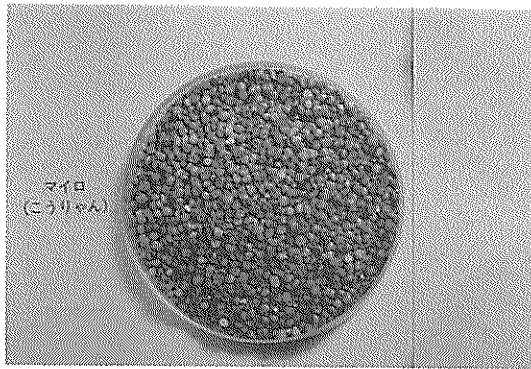


写真-11(a) マイロ

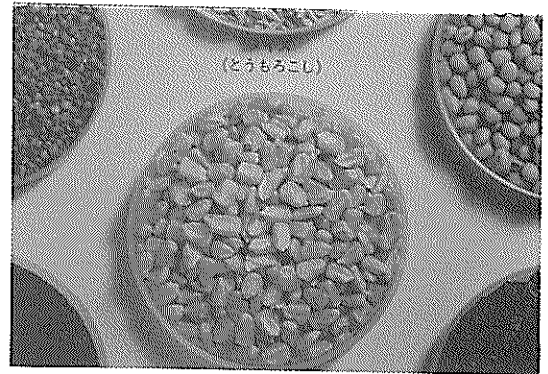


写真-11(b) メイズ

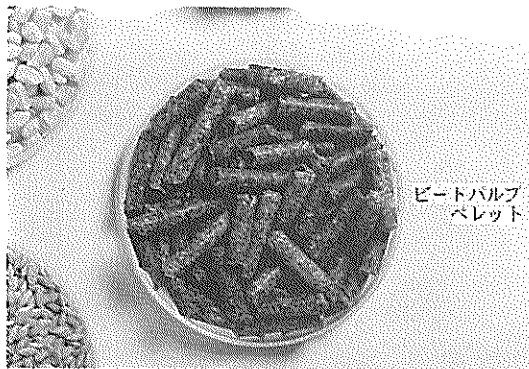


写真-11(c) ビートパルプペレット

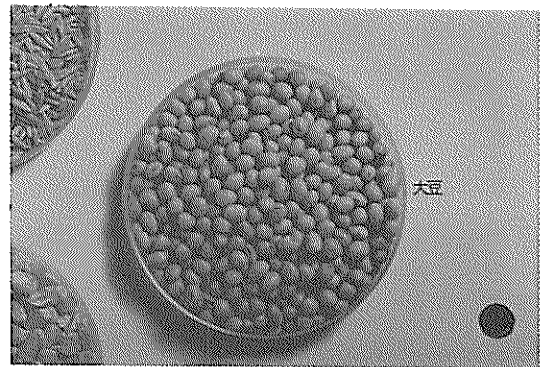


写真-11(d) 大豆

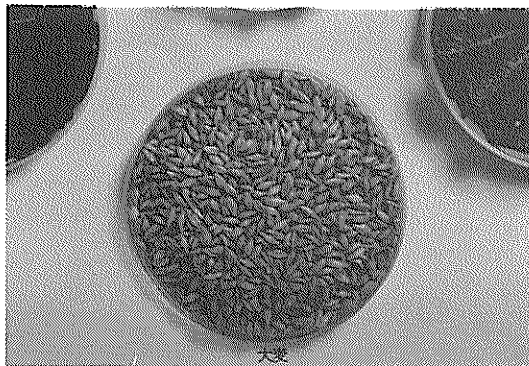


写真-11(e) 大麦

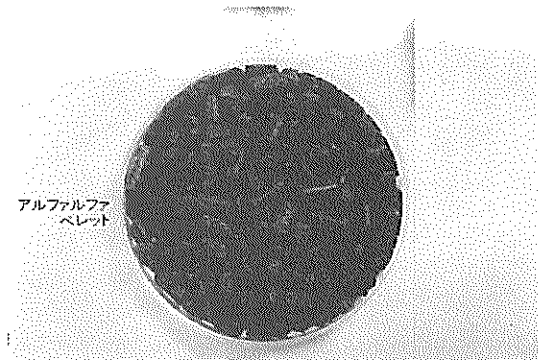


写真-11(f) アルファルファペレット

写真-11 運転作業日報による荷役調査対象品目

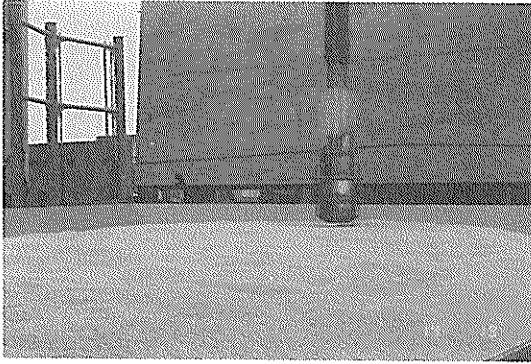


写真-12 ハッチカバーを開けてのニューマチックアンローダによる荷役前の様子（1日目 14:19' 5番船倉）

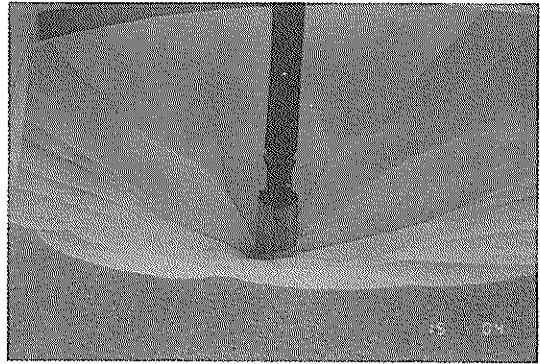


写真-13 ニューマチックアンローダによる定常荷役作業の様子（1日目 15:04' 5番船倉）

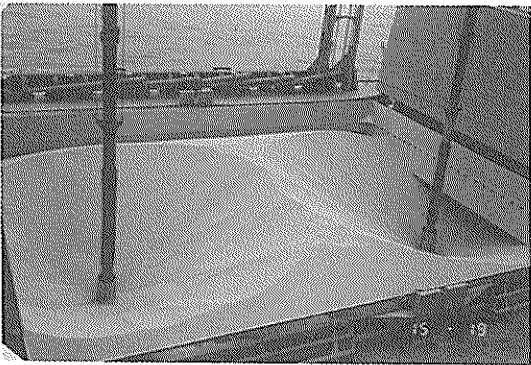


写真-14 同一船倉内におけるニューマチックアンローダ2基による荷役作業の様子（1日目 15:19' 5番船倉）

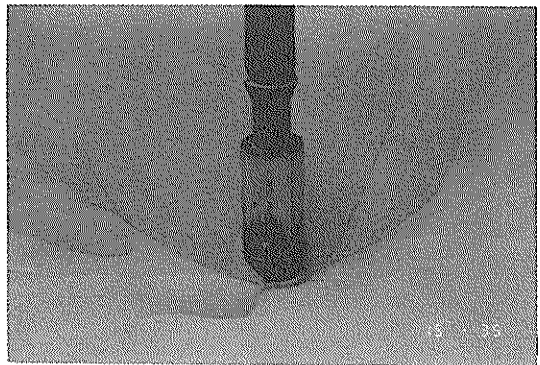


写真-15 ニューマチックアンローダのノズル回りの大豆の流動状況（1日目 15:35' 5番船倉）

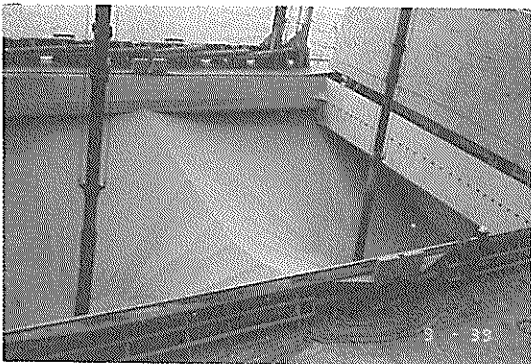


写真-16 ニューマチックアンローダ2基による荷役中盤作業時の様子（2日目 9:39' 5番船倉）

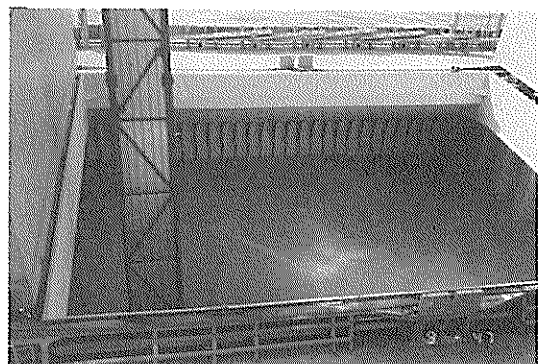


写真-17 機械式連続アンローダによる荷役序盤作業時の様子（1日目 9:47' 2番船倉）



写真-18 機械式連続アンローダによる一定時間経過後の荷役作業時の様子（1日目 11:34' 2番船倉）

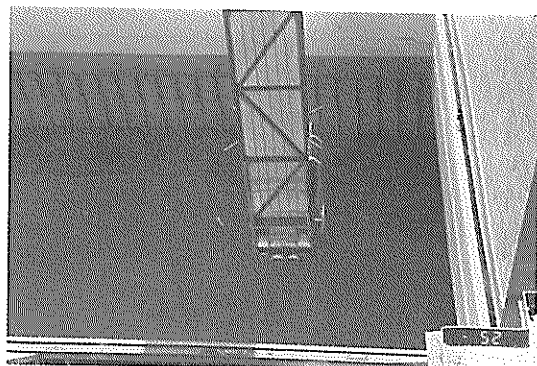


写真-19 機械式連続アンローダの船倉間移動による中断の様子（1日目 11:52' 2番船倉）

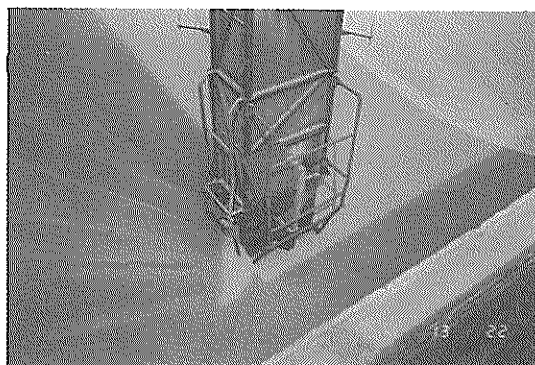


写真-20 機械式連続アンローダのフィーダ回りの大豆の流動状況①（1日目 13:22' 3番船倉）

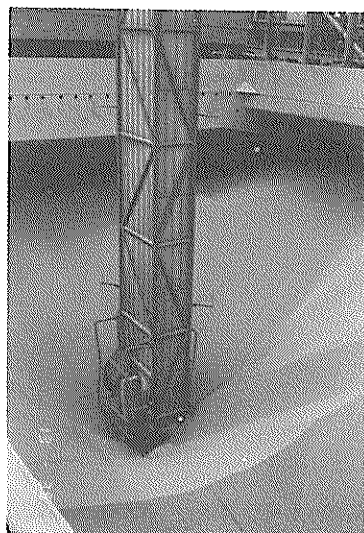


写真-21 機械式連続アンローダのフィーダ回りの大豆の流動状況②（1日目 13:35' 3番船倉）

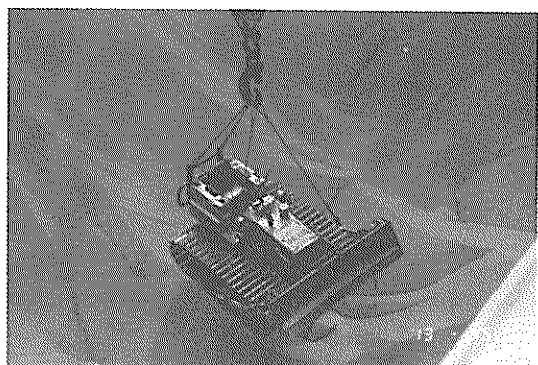


写真-22 キャタピラ式ブルドーザの2番船倉内へ搬入の様子（1日目 13:45' 2番船倉）



写真-23 キャタピラ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子（1日目 13:51' 2番船倉）

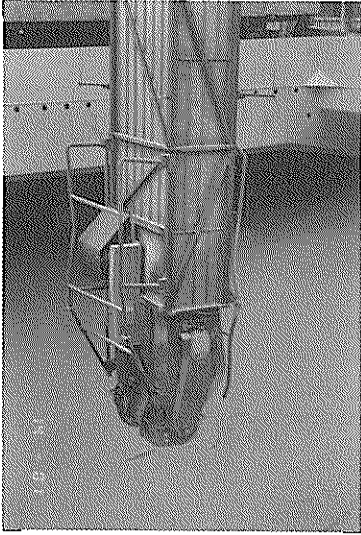


写真-24 機械式連続アンローダの船倉間移動による中断の様子（1日目 14:01' 3番船倉）

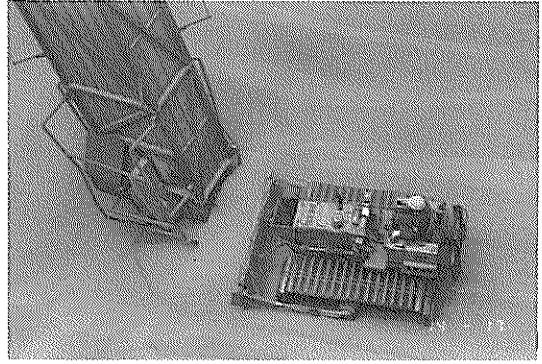


写真-25 キャタピラ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子②（1日目 14:17' 2番船倉）

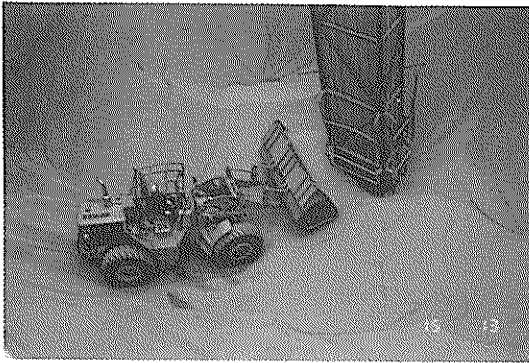


写真-26 タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子①（1日目 15:13' 2番船倉）

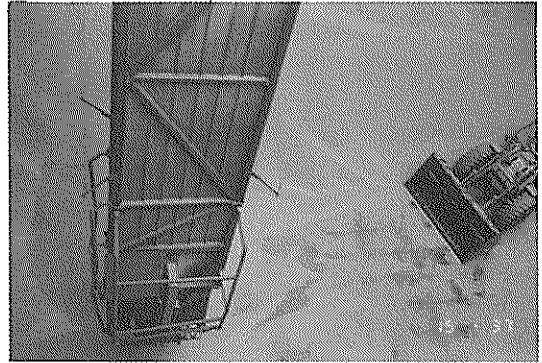


写真-27 機械式連続アンローダのサイロびん切り替えによる中断の様子（1日目 15:37' 2番船倉）



写真-28 タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子②（1日目 16:13' 2番船倉）

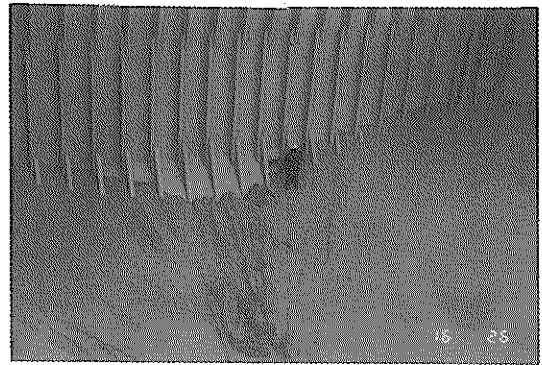


写真-29 竹ぼうきによるかき落とし荷役作業の様子（1日目 16:26' 2番船倉）



写真-30 タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子③（1日目 16:34' 2番船倉）



写真-32 タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子④（2日目 11:03' 2番船倉）



写真-34 さらえ荷役作業のためにおろされたニューマチックアンローダのノズル（2日目 11:21' 2番船倉）

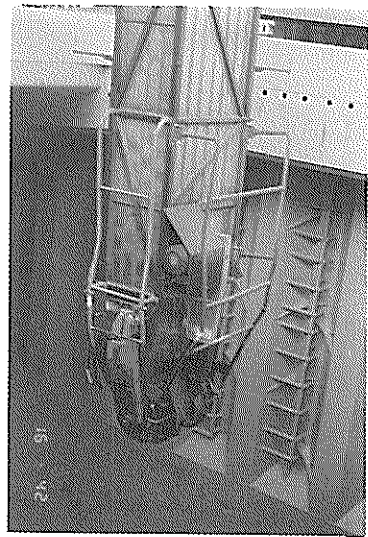


写真-31 機械式連続アンローダの荷役終了後の中断の様子（1日目 16:42' 2番船倉）



写真-33 ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業の待機のための機械式連続アンローダの中断の様子（2日目 11:19' 2番船倉）



写真-35 ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子①（2日目 11:32' 2番船倉）

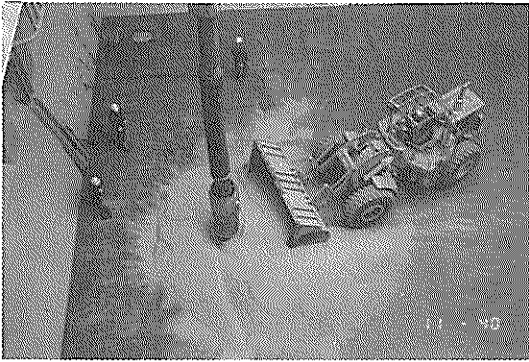


写真-36 ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子②（2日目 11:40' 2番船倉）

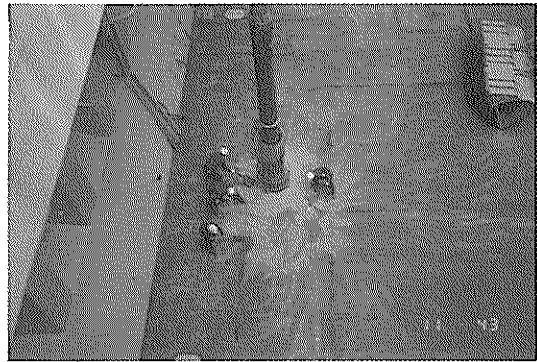


写真-37 ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子③（2日目 11:43' 2番船倉）

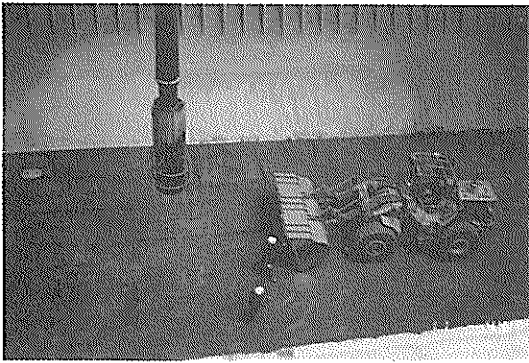


写真-38 2番船倉の荷役終了後の中断の様子（2日目 11:44' 2番船倉）



写真-39 機械式連続アンローダのフィーダ部回りの大豆の流動状況③（2日目 14:22' 3番船倉）



写真-40 機械式連続アンローダの管理棟からの指示による中断の様子（2日目 14:37' 3番船倉）



写真-41 機械式連続アンローダの荷役終了後の中断の様子（2日目 14:51' 3番船倉）

表-2(a) 250t/h×2基ニューマチックアンローダ(PUL)荷役状況表(1日目)

平成元年3月20日(月) 天候:晴れ

時:分'秒"	荷 役 状 況 (写 真)	船 倉
(14:19')	(写真-12) ハッチカバーを開けてのニューマチックアンローダによる荷役前の様子	5 番
14:30'00"	ニューマチックアンローダ電源ON 試桿開始のため中断(345秒)	
14:45'35"	右側PUL荷役開始	
14:48'34"	左側PUL荷役開始	
(15:04')	(写真-13) ニューマチックアンローダによる定常荷役作業の様子	
(15:19')	(写真-14) 同一船倉内におけるニューマチックアンローダ2基による荷役作業の様子	
(15:35')	(写真-15) ニューマチックアンローダのノズル回りの大豆の流動状況	
16:39'09"	荷役終了、後片付け(252秒)	
16:43'21"	ニューマチックアンローダ電源OFF	

表-2(b) 250t/h×2基ニューマチックアンローダ(PUL)荷役状況表(2日目)

平成元年3月22日(水) 天候:曇り

時:分'秒"	荷 役 状 況 (写 真)	船 倉
8:32'30"	ニューマチックアンローダ電源ON、荷役開始	5 番
9:14'18"	サイロびん切り替えのため左側PULおよび右側PUL 荷役中断(653秒)	
9:25'11"	荷役再開	
(9:39')	(写真-16) ニューマチックアンローダ2基による荷役中盤作業時の様子	
9:57'21"	サイロびん切り替えのため左側PULおよび右側PUL 荷役中断(左側:705秒)(右側:842秒)	
10:09'06"	左側PUL荷役再開	
10:11'23"	右側PUL荷役再開	
10:43'05"	サイロびん切り替えのため左側PULおよび右側PUL 荷役中断(左側:360秒)(右側:488秒)	
10:49'05"	左側PUL荷役再開	
10:51'13"	右側PUL荷役再開	
11:08'40"	2番船倉へ移動のため中断(1,046秒)	2 番
(11:21')	(写真-34) さらえ荷役作業のためにおろされたニューマチックアンローダのノズル	
11:26'06"	左側PULにより2番船倉の荷役開始(さらえ荷役作業)	
(11:32')	(写真-35) ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子①	
(11:40')	(写真-36) ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子②	
(11:43')	(写真-37) ニューマチックアンローダによるさらえ荷役作業時の様子③	5 番
11:43'44"	2番船倉の荷役終了 5番船倉へ移動のため中断(444秒)	
(11:44')	(写真-38) 2番船倉の荷役終了後の中断の様子	
11:50'08"	右側PULにより5番船倉の荷役開始	
11:51'50"	左側PULにより5番船倉の荷役開始	
12:15'25"	サイロびん切り替えのため左側PULおよび右側PUL 荷役中断(左側:1,185秒)(右側:1,075秒)	
12:38'07"	左側PULおよび右側PUL荷役再開	
12:41'30"	荷役終了 ニューマチックアンローダ電源OFF	

表-3(a) 500t/h機械式連続アンローダ(MCU) 荷役状況表(1日目)

平成元年3月20日(月) 天候:晴れ

時:分'秒"	荷 役 状 況 (写 真)	船 倉
8:35'00"	機械式連続アンローダ電源ON	2番
8:35'00"	試桿のため中断(1,500秒)	
9:00'00"	荷役開始	
(9:47')	(写真-17) 機械式連続アンローダによる荷役序盤作業時の様子	
10:32'08"	船倉内ブーム移動のため中断(76秒)	
10:33'24"	荷役再開	
11:15'28"	船倉内ブーム移動のため中断(73秒)	
11:16'41"	荷役再開	
11:33'08"	船倉内ブーム移動のため中断(83秒)	
11:34'21"	荷役再開	
(11:34')	(写真-18) 機械式連続アンローダによる一定時間経過後の荷役作業時の様子	3番
11:51'04"	3番船倉へ移動のため中断(363秒)	
(11:52')	(写真-19) 機械式連続アンローダの船倉間移動による中断の様子	
11:57'07"	荷役再開	
12:56'53"	船倉内ブーム移動のため中断(89秒)	
12:58'22"	荷役再開	
13:03'21"	穀物のコンベア内閉塞のため中断(155秒)	
13:04'56"	荷役再開	
(13:22')	(写真-20) 機械式連続アンローダのフィーダ回りの大豆の流動状況①	
(13:35')	(写真-21) 機械式連続アンローダのフィーダ回りの大豆の流動状況②	
13:41'20"	2番船倉へキャタピラ式ブルドーザ搬入のため中断(370秒)	2番
(13:45')	(写真-22) キャタピラ式ブルドーザの2番船倉内へ搬入の様子	
(13:51')	(写真-23) キャタピラ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子①	3番
13:59'39"	2番船倉へ移動のため中断(821秒)	
(14:01')	(写真-24) 機械式連続アンローダの船倉間移動による中断の様子	2番
14:14'20"	荷役再開	
(14:17')	(写真-25) キャタピラ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子②	
14:29'52"	船倉内ブーム移動のため中断(61秒)	
14:30'53"	荷役再開	
14:35'50"	2番船倉からキャタピラ式ブルドーザ搬出のため中断(207秒): 船内作業員1名	
14:43'14"	2番船倉へタイヤ式ブルドーザ搬入のため中断(160秒)	
14:52'16"	船倉内ブーム移動のため中断(62秒)	
14:53'18"	荷役再開	
15:09'45"	船倉内ブーム移動のため中断(78秒)	
15:11'03"	荷役再開	
(15:13')	(写真-26) タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子①	2番
15:15'30"	船倉内ブーム移動のため中断(80秒)	
15:16'50"	荷役再開	
15:32'31"	サイロびん切り替えのため中断(594秒)	
(15:37')	(写真-27) 機械式連続アンローダのサイロびん切り替えによる中断の様子	
15:42'25"	荷役再開	
(16:13')	(写真-28) タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子②	
(16:26')	(写真-29) 竹ぼうきによるかき落とし荷役作業の様子	
(16:34')	(写真-30) タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子③	
16:39'52"	荷役終了、後片付け(638秒)	
(16:42')	(写真-31) 機械式連続アンローダの荷役終了後の中断の様子	
16:50'30"	機械式連続アンローダ電源OFF	

表-3(b) 500t/h機械式連続アンローダ(MCU) 荷役状況表(2日目)

平成元年3月22日(水) 天候:曇り

時:分'秒"	荷 役 状 況 (写 真)	船 倉
8:27'00"	機械式連続アンローダ電源ON、荷役準備(220秒)	2番
8:30'40"	試桿のため中断(420秒)	
8:54'10"	荷役開始	
(11:03')	(写真-32) タイヤ式ブルドーザによる2番船倉内でのかき込み作業の様子④	
11:16'05"	ニューマチックアンローダによる2番船倉のさらえ荷役作業のため中断(2,187秒)	
(11:19')	(写真-33) ニューマチックアンローダによる2番船倉のさらえ荷役作業の待機のための機械式連続アンローダの中断の様子	3番
11:52'32"	3番船倉荷役開始	
12:41'44"	船倉内ブーム移動のため中断(90秒)	
12:43'17"	荷役再開	
14:08'18"	船倉内ブーム移動のため中断(120秒)	
(14:22')	(写真-39) 機械式連続アンローダのフィーダ部回りの大豆の流動状況③	
14:33'39"	管理棟からの指示のため中断(343秒)	
(14:37')	(写真-40) 機械式連続アンローダの管理棟からの指示による中断の様子	
14:44'22"	荷役再開	
14:44'52"	荷役終了、後片付け(713秒)	
(14:51')	(写真-41) 機械式連続アンローダの荷役終了後の中断の様子	
14:56'45"	機械式連続アンローダ電源OFF	

船倉内でもこまめにブームを移動させており、これらの船倉内のブーム移動による中断(602秒)がある。アンローダ本体のトラブルは極めて少なく、コンベア内閉塞による中断(155秒)があっただけであった。その他には、荷役終了後の後片付けによる中断(638秒)があった。

いずれにしても、機械式連続アンローダ荷役においては、ブルドーザを活用し積極的に機械式連続アンローダのフィーダ口へ穀物をかき寄せていること、また機械式連続アンローダ側においても、ブームを堆積穀物の多い箇所へ積極的に移動させていることなどがわかる。これは、ニューマチックアンローダ荷役が同一船倉内の2基による荷役であったのに対し、機械式連続アンローダ荷役は1基による荷役であったことから、荷役効率を落とさないための措置と見られる。

2日目は、荷役準備による中断(220秒)、試桿による中断(420秒)、管理棟からの指示による中断(343秒)が目につくが、とりわけニューマチックアンローダのさらえ荷役作業のための待機による中断(2,187秒)が大きい。これは、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダが同一レール上に設置されているために、ニューマチックアンローダによって2番船倉のさ

らえ荷役作業をしている間は、機械式連続アンローダによる他の船倉の荷役が不可能であるためである。したがって、これを中断と見なすかは議論の分かれるところであるが、本調査では中断に含めることにした。その他には、船倉内のブーム移動による中断(210秒)、荷役終了後の後片付けによる中断(713秒)があった。

表-2(a)~表-3(b)までの荷役状況表に基づき、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの中断時間について、その原因別に次のように分類を試みた。

- 分類A: 作業前後付帯業務管理時間(準備・連絡・後片付けにともなう中断時間)
- 分類B: 作業中付帯業務管理時間(作業中の準備・連絡・移動にともなう中断時間)
- 分類C: アンローダ本体の保全時間(アンローダ本体のトラブル等にともなう中断時間)
- 分類D: アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間(付帯設備のトラブル等にともなう中断時間)
- 分類E: その他(上記以外の自然条件等に起因する中断時間)

ここで、分類Aおよび分類Bは、荷役におけるソフトウェア的要素を持ち、分類Cおよび分類Dは、荷役にお

けるハードウェアの要素を持ち、分類Eは、突発的かつ不可抗力の要素を持つものと言うことができる。このような分類別にしたがって、中断時間の合計時間および公称荷役時間に占める時間構成比を示したものが、表-4および表-5である。表-4のニューマチックアンローダ荷役の場合を見ると、「分類B：作業中付帯業務管理時間（作業中の準備・連絡・移動にともなう中断時間）」に分類される前述の①サイロびん切り替えによる中断（2,981秒）、②船倉間の移動による中断（1,490秒）による中断時間の合計は、4,471秒（19.5%）でもっとも大きい。次いで「分類A：作業前後付帯業務管理時間（準備・連絡・後片付けにともなう中断時間）」に分類される①荷役準備・連絡・後片付けによる中断（252秒）、②試桿による中断（345秒）等の合計で597秒（2.6%）である。「分類C：アンローダ本体の保全時間（アンローダ本体のトラブル等にともなう中断時間）」、「分類D：アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間（付帯設備のトラブル等にともなう中断時間）」、「分類E：その他（上記以外の自然条件等に起因する中断時間）」の分類に該当する中断時間は、いずれも出現しなかった。

これらの中断時間の合計は5,068秒（22.1%）であり、

公称荷役時間の22,941秒（100%）から差し引けば実荷役時間の17,873秒（77.9%）となり、実荷役時間の公称荷役時間に占める構成比が、ニューマチックアンローダによる全体平均的な時間効率（77.9%）ということになる。

一方、表-5の機械式連続アンローダ荷役の場合を見ると、ニューマチックアンローダ荷役と同様に、「分類B：作業中付帯業務管理時間（作業中の準備・連絡・移動にともなう中断時間）」に分類される①船倉間の移動による中断（1,184秒）、②船倉内ブーム移動による中断（812秒）、③サイロびん切り替えによる中断（594秒）、④ブルドーザの搬入・搬出にともなう中断（737秒）、⑤管理棟からの指示による中断（343秒）、⑥ニューマチックアンローダのさらえ荷役作業のための待機による中断（2,187秒）等の中断時間の合計が5,857秒（11.0%）でもっとも大きかった。これは、ニューマチックアンローダの時間構成比の19.5%と比べてかなり小さいと言える。次いで「分類A：作業前後付帯業務管理時間（準備・連絡・後片付けにともなう中断時間）」に該当する①荷役準備・連絡・後片付けによる中断（1,571秒）、②試桿による中断（1,920秒）等の

表-4 250t/h×2基ニューマチックアンローダ（PUL）荷役における中断時間の原因別時間構成比

大分類	小分類	原因事象	時間 (s)	構成 (%)
A：作業前後付帯業務管理時間	①	荷役準備・連絡・後片付けによる中断	252	2.6
	②	試桿による中断	345	
	小 合 計		597	
B：作業中付帯業務管理時間	①	サイロびん切り替えによる中断	2,981	19.5
	②	船倉間の移動による中断	1,490	
	小 合 計		4,471	
C：アンローダ本体の保全時間			0	0
D：アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間			0	0
E：その他			0	0
中 断 時 間 合 計			5,068 (84.5min)	22.1
実 荷 役 時 間			17,873 (297.9min)	77.9
公 称 荷 役 時 間			22,941 (382.4min)	100

表-5 500t/h機械式連続アンローダ(MCU) 荷役における中断時間の原因別時間構成比

大分類	小分類	原因事象	時間(s)	構成(%)
A:作業前後付帯業務管理時間	①	荷役準備・連絡・後片付けによる中断	1,571	6.6
	②	試桿による中断	1,920	
	小 合 計		3,491	
B:作業中付帯業務管理時間	①	船倉間の移動による中断	1,184	11.0
	②	船倉内のブーム移動による中断	812	
	③	サイロびん切り替えによる中断	594	
	④	キャタピラ式ブルドーザおよびタイヤ式ブルドーザの船倉内への搬入・搬出にともなう中断	737	
	⑤	管理棟からの指示による中断	343	
	⑥	ニューマチックアンローダのさらえ荷役作業のための待機による中断	2,187	
	小 合 計		5,857	
C:アンローダ本体の保全時間			0	0
D:アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間	①	コンベア内閉塞による中断	155	0.3
	小 合 計		155	
E:その他			0	0
中 断 時 間 合 計			9,503 (158.4min)	17.9
実 荷 役 時 間			43,612 (726.9min)	82.1
公 称 荷 役 時 間			53,115 (885.3min)	100

合計が3,491秒(6.6%)であり、ニューマチックアンローダの時間構成比2.6%と比べてやや大きかった。その他には、「分類D:アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間(付帯設備のトラブル等にとまなう中断時間)」に該当する①コンベア内閉塞による中断の155秒

(0.6%)が目につくが、これは偶発的なものと思われる。

以上を全体的に見れば、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役とも、ほぼ似たような傾向を示していると言えよう。中断原因別に見ると、

機械式連続アンローダ荷役およびニューマチックアンローダ荷役ともに「分類B：作業中付帯業務管理時間」が大きく、次いで「分類A：作業前後付帯業務管理時間」が大きかった。ただし「分類A：作業前後付帯業務管理時間」では、機械式連続アンローダ荷役の方がニューマチックアンローダ荷役と比べて小さかったが、「分類B：作業中付帯業務管理時間」では、ニューマチックアンローダ荷役の方が、機械式連続アンローダ荷役と比べ多少大きかった。これは、機械式連続アンローダ荷役では、ニューマチックアンローダのさらえ荷役作業のための待機による中断(2,187秒)が含まれていたにもかかわらず、サイロびん切り替えによる中断(594秒)がニューマチックアンローダの場合(2,406秒)と比べて少なかったこと、並びに、船倉間の移動による中断(1,184秒)がニューマチックアンローダの場合(1,490秒)よりも少なかったことによる。ただし船倉内においてはニューマチックアンローダよりもこまめにブームを船倉内で移動(812秒)させていることがわかる。これらの中断時間の合計は9,503秒(17.9%)であり、公称荷役時間の53,115秒(100%)から差し引けば実荷役時間の43,612秒(82.1%)となり、実荷役時間の公称荷役時間に占める構成比が、機械式連続アンローダによる全体的な時間効率(82.1%)ということになる。

図-6および図-7は、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役における中断原因別の時間構成比および中断発生回数を棒グラフで示したものである。「分類A：作業前後付帯業務管理時間」について見ると、時間構成比と発生回数はニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダのいずれにおいても、ほぼ比例した傾向を示している。「分類B：作業中付帯業務管理時間」について見ると、図-6のニューマチックアンローダ荷役の場合は、中断時間発生回数に対して中断時間の時間構成比が比較的大きい。一方、図-7の機械式連続アンローダ荷役では、中断発生回数の割にはその時間構成比が小さい。つまりニューマチックアンローダ荷役では、「分類B：作業中付帯業務管理時間」に基づく1回当たりの中断時間が長く、機械式連続アンローダ荷役では、逆に短いと言える。

以上述べてきた荷役状況から、時間効率を高めるためには、「分類B：作業中付帯業務管理時間(作業中の準備・連絡・移動にともなう中断時間)」、「分類A：作業前後付帯業務管理時間(準備・連絡・後片付けにともなう中断時間)」の荷役作業前後および作業中の業務管理時間を手際よく実施することが重要であると言える。

(2) 荷役特性(陸揚げ量, 荷役効率, 消費電力量, 単

位陸揚げ量当り消費電力量)

図-8(a)および図-8(b)は、それぞれ1日目および2日目におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役時間の経過にともなう陸揚げ量の推移を示したものである。図-8(a)に示すように、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役時間の経過にともなう陸揚げ量のプロットはほとんど一致しており、定常荷役作業時においては、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの陸揚げ能力は、ほとんど差のないことがわかる。しかし、図-8(b)に示すように、2日目のいわゆる荷役終盤時においては、ニューマチックアンローダの陸揚げ量ははだいに落ちている。これは、さらえ荷役作業を主としてニューマチックアンローダが担務していることによるものと思われる。

図-9(a)および図-9(b)は、それぞれ1日目および2日目におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役時間の経過にともなう荷役効率の推移を示したものである。1日目のニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役効率は、図-9(a)に示すように荷役序盤においてはわずかにニューマチックアンローダの方が高いものの、定常荷役作業時では双方とも0.70~0.75ではほぼ一定であることがわかる。2日目になると、図-9(b)に示すように、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役効率は、1日目と比べてそれぞれ低下しており、特にニューマチックアンローダの荷役効率の低下が著しい。これは、前述したとおりさらえ荷役作業を主としてニューマチックアンローダが担務していることによるものと思われる。

図-10(a)および図-10(b)は、それぞれ1日目および2日目におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役時間の経過にともなう消費電力量の推移を示したものである。これらの図から、機械式連続アンローダにおいては、1日目および2日目ともにほぼ直線的に推移していることがわかる。一方、ニューマチックアンローダ荷役においては、図-10(a)に示すように1日目にはほぼ直線的に推移しているものの、図-10(b)に示すように2日目では乱れを生じている。これは、さらえ荷役作業を主としてニューマチックアンローダが担務するなど荷役作業が多少複雑であることによるものと思われる。図-10(a)および図-10(b)における消費電力量の推移を示すプロットの作る勾配が、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダにおける単位時間当り消費電力量ということになる。本調査では、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンロー

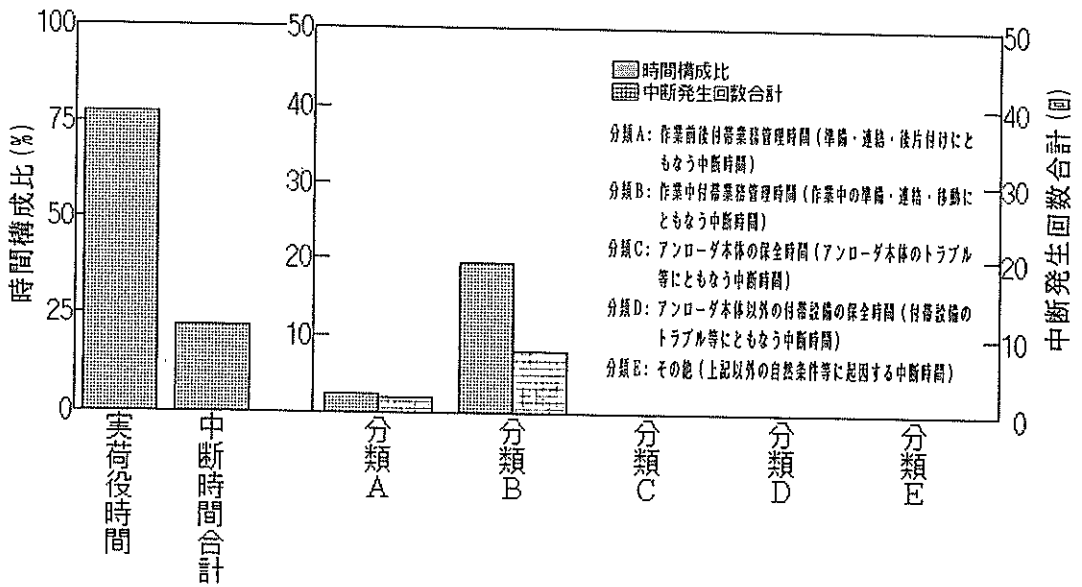


図-6 ニューマチックアンローダの中断原因別による時間構成比および中断発生回数合計

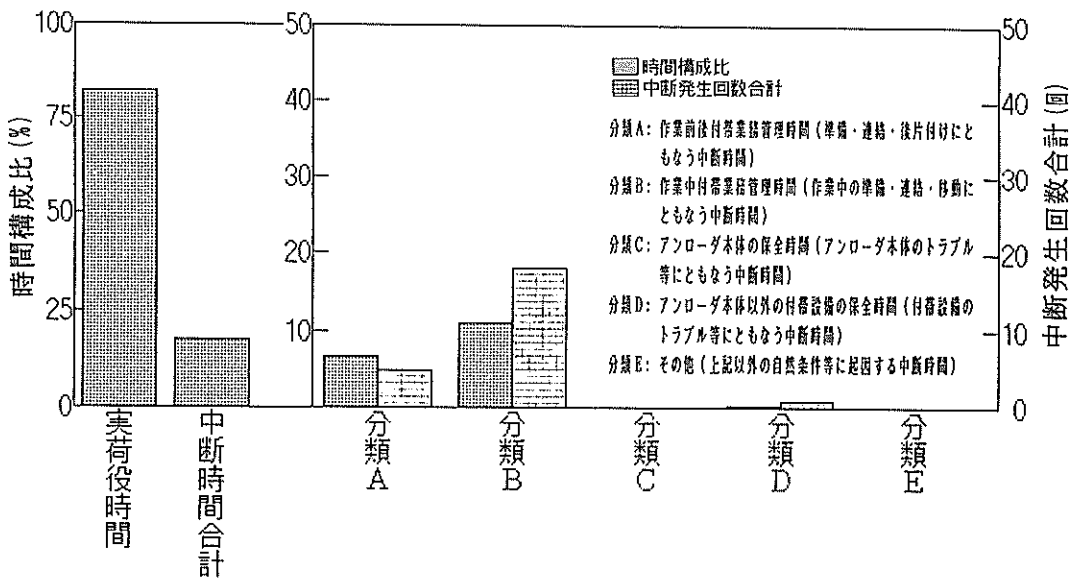


図-7 機械式連続アンローダの中断原因別による時間構成比および中断発生回数合計

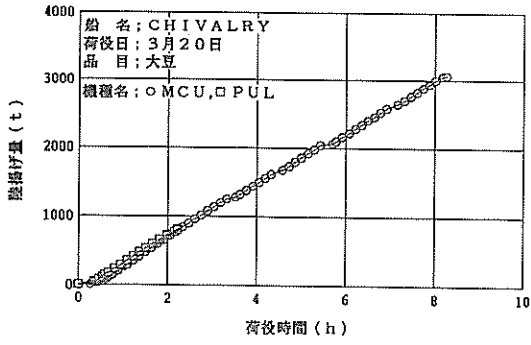


図-8(a) 1日目

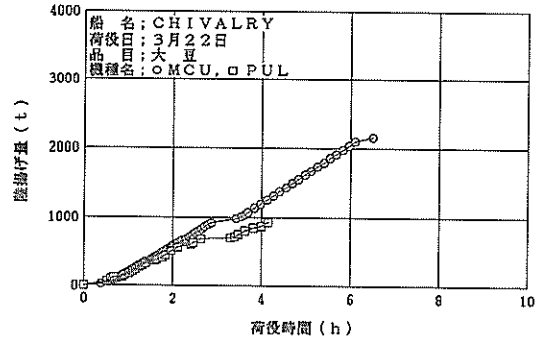


図-8(b) 2日目

図-8 荷役時間の経過にともなう陸揚げ量の推移

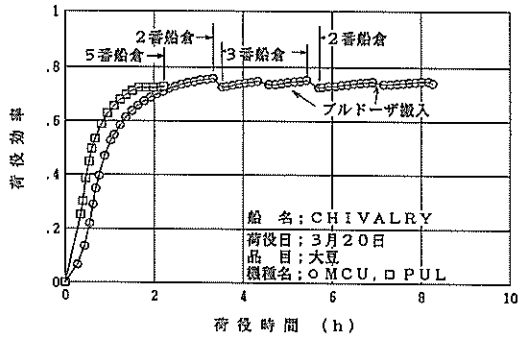


図-9(a) 1日目

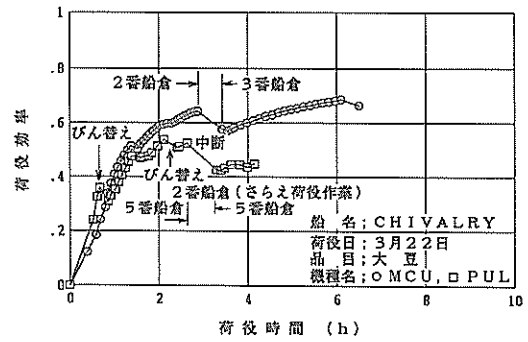


図-9(b) 2日目

図-9 荷役時間の経過にともなう荷役効率の推移

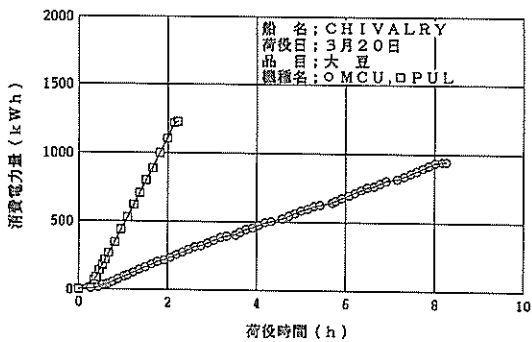


図-10(a) 1日目

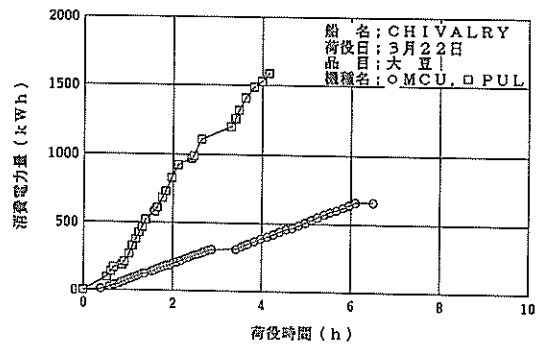


図-10(b) 2日目

図-10 荷役時間の経過にともなう消費電力量の推移

ダの計算荷役能力（もしくは公称荷役能力）がいずれも500t/hと同じなので、図-10(a)および図-10(b)における消費電力量の推移を示すプロットの作る勾配の比率は、そのままニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの単位時間当たり消費電力量の定性的な比率を表わしていることになる。

これらの図から、機械式連続アンローダの単位時間当たり消費電力量は、ニューマチックアンローダの単位時間当たり消費電力量の約1/4であることがわかる。

ここで、絶対的な単位時間当たりの消費電力量の比較だけではなく、単位陸揚げ量当りに対する消費電力量をもって、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの消費エネルギーの面からの有効性を比較することになると、単位陸揚げ量当り消費電力量は

$$E_s = P/W_p \dots\dots\dots(3)$$

で表わされる。

ただし E_s : 単位陸揚げ量当り消費電力量

$$(= P/(\eta \cdot T \cdot Q_C) = P/(\eta_t \cdot \eta_m \cdot T \cdot Q_C))$$

P : 消費電力量

ある一定公称荷役時間のもとでは、実際陸揚げ量、すなわち荷役効率に反比例することになるので、単位陸揚げ量当り消費電力量を改善するには、実際陸揚げ量すなわち荷役効率（時間効率および機械効率）を高めることが重要になる。この1日目および2日目におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの荷役時間の経過ともなう単位陸揚げ量当り消費電力量の推移を示したものが、図-11(a)および図-11(b)である。図-11(a)に示すように、機械式連続アンローダの単位陸揚げ量当り消費電力量は、荷役開始直後で陸揚げ量が伸び

ないことから少し高目の値を示しているが、その後は0.4kWh/tから0.3kWh/tまで極めて緩やかに低下し、全体的に安定した傾向を見せている。一方、ニューマチックアンローダの単位陸揚げ量当り消費電力量は、図-11(a)に示すように、1日目は1.5kWh/t前後で一定の値を示しているものの、図-11(b)に示すように2日目になると乱れを生じつつ1.5kWh/tよりもわずかに増加の傾向を示している。これは、ニューマチックアンローダ荷役では荷役時間の経過とともにさらえ荷役作業の比率が高まり、それによって単位陸揚げ量当り消費電力量もわずかではあるがだいに増加したものと見られる。

図-11(a)および図-11(b)から、機械式連続アンローダの単位陸揚げ量当り消費電力量は、ニューマチックアンローダの単位陸揚げ量当り消費電力量と比べて、定常荷役時に相当する1日目において約1/5、ニューマチックアンローダが主としてさらえ荷役を担務した2日目では、ニューマチックアンローダの消費電力量がわずかに増加していることから、その比率は相対的にわずかに大きくなり、1/5を上回っていることがわかる。

以上の現地荷役調査結果を一覧にして示したものが、表-6である。ここで時間効率、機械効率および荷役効率については(1)式、単位陸揚げ量当り消費電力量については(3)式に基づいて算出した。まず時間効率について見ると、ニューマチックアンローダ荷役の時間効率は、1日目で0.925、2日目で0.701であり、全体では前述のとおり0.779である。一方、機械式連続アンローダ荷役の時間効率は、1日目で0.818、2日目で0.825であり、全体では前述のとおり0.821である。全体の時間効率は、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役ともそれぞれ0.779と0.821でそれほど差がない。

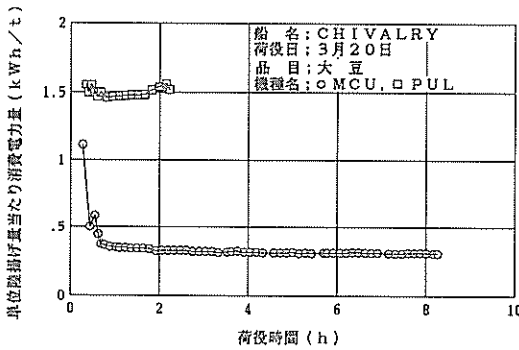


図-11(a) 1日目

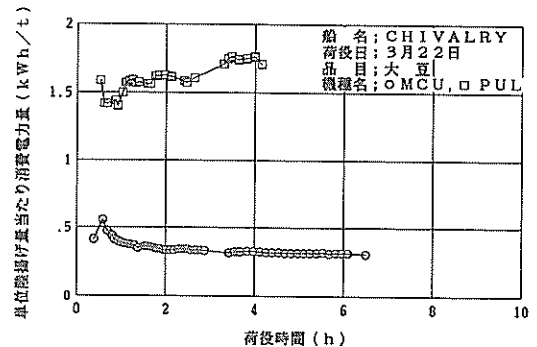


図-11(b) 2日目

図-11 荷役時間の経過ともなう単位陸揚げ量当り消費電力量の推移

表-6 現地荷役調査結果一覧表

機 種 名	項 目	1 日 目	2 日 目	全 体
ニューマチックアンローダ	公称荷役時間 (s)	8,001	14,940	22,941
	中断時間 (s)	597	4,471	5,068
	実荷役時間 (s)	7,404	10,469	17,873
	陸揚げ量 (t)	810	930	1,740
	消費電力量 (kWh)	1,230	1,590	2,820
	時間効率	0.925	0.701	0.779
	機械効率	0.788	0.640	0.700
	荷役効率	0.729	0.448	0.546
	単位陸揚げ量当り 消費電力量 (kWh/t)	1.519	1.710	1.621
機械式連続アンローダ	公称荷役時間 (s)	29,730	23,385	53,115
	中断時間 (s)	5,410	4,093	9,503
	実荷役時間 (s)	24,320	19,292	43,612
	陸揚げ量 (t)	3,066	2,154	5,220
	消費電力量 (kWh)	945	660	1,605
	時間効率	0.818	0.825	0.821
	機械効率	0.908	0.804	0.862
	荷役効率	0.743	0.663	0.707
	単位陸揚げ量当り 消費電力量 (kWh/t)	0.308	0.306	0.307
	ニューマチックアンローダに 対する単位陸揚げ量当り消費 電力量の比率	1/4.93	1/5.59	1/5.28

次に機械効率について見ると、ニューマチックアンローダ荷役の機械効率は、1日目で0.788、2日目で0.640であり、全体では0.700である。一方、機械式連続アンローダ荷役の機械効率は、1日目で0.908、2日目で0.804であり、全体では0.862である。全体の機械効率は、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役ともそれぞれ0.700と0.862でかなりの差がある。定常荷役時に相当する1日目、ニューマチックアンローダが主としてさらえ荷役を担務した2日目のいずれにおいても、上記のように機械式連続アンローダ荷役の機械効率は、ニューマチックアンローダ荷役の機械効率を少し上回っており、全体としてこのような差を生じたと考えられる。

最後に荷役効率について見ると、ニューマチックアンローダ荷役の荷役効率は、1日目で0.729、2日目で0.448であり、全体では0.546である。一方、機械式連続アンローダ荷役の荷役効率は、1日目で0.743、2日目で0.663であり、全体では0.707である。全体の荷役効率は、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役ともそれぞれ0.546と0.707でかなりの差がある。全体の時間効率は、0.779と0.862でそれほど大きな差ではないので、全体の荷役効率のこのような差は、主として全体の機械効率による差と考えられる。

単位陸揚げ量当り消費電力量について見ると、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役とも、1日目でそれぞれ1.519kWh/t、0.308kWh/tであり、その比率は1/4.93である。2日目ではそれぞれ1.710kWh/t、0.306kWh/tであり、その比率は1/5.59である。全体としては、それぞれ1.621kWh/t、0.307kWh/tであり、その比率は1/5.28である。定常荷役時に相当する1日目よりも、ニューマチックアンローダが主としてさらえ荷役を担務した2日目の方が、ニューマチックアンローダ荷役の単位陸揚げ量当り消費電力量がわずかに増加していることから、結果としてその比率は相対的に大きくなったものである。

5.2 運転作業日報による荷役調査

(1) ニューマチックアンローダ

運転作業日報には、付表に示すように日付、天候、荷役対象品目、荷役対象船名、荷役機械機種名、運転者名、荷役開始時間、荷役終了時間、中断開始時間、中断終了時間等が記入されている。ここでは、前述のとおり昭和62～63年度の約2年分の運転作業日報を対象とし、その中から調査対象品目として、取扱量の多い順にマイロ、ビートバルブペレット、メイズ、大豆、大麦およびアルファルファペレットの6種類を選んだ。また影響パラメ

タとしては、これらの品目の他に、対象船型の載貨重量トン数およびさらえ荷役作業時間率を加えた。このような影響パラメータの変化の中で、主として時間効率、機械効率および荷役効率について解析することとした。

なお運転作業日報中には船名のみが書かれているだけで、対象船型の載貨重量トン数は記載されていない。そこで、全世界の船舶を対象にした「Lloyd's Register of Ships」の1985～1986年版、並びにLloyd's Maritime Information Services LTDがサービスしている「船舶明細ファイル」の双方のいずれかから、船名に基づいて載貨重量トン数を検索した。

図-12(a)～図-12(f)は、ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する時間効率の変化を品目別に示したものである。図中の直線および式は、参考までに最小自乗法によって直線近似したものである。(以下の解析に当たっては、すべて同様とした)これらの図からニューマチックアンローダ荷役の時間効率は、対象船型の載貨重量トン数や品目によってほとんど影響を受けないことがわかる。

図-13(a)～図-13(f)は、時間効率の場合と同様に、ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する機械効率の変化を品目別に示したものである。機械効率はこれらの図から、同一品目であれば対象船型の載貨重量トン数にほとんど影響を受けないことがわかる。しかし品目別の機械効率においては、有意差があり、メイズが一番高く0.80を上回り、次いでマイロ、大豆、大麦がほぼ良好な結果を示している。アルファルファペレット、ビートバルブペレットは、0.40を上回ってはいるもののこれらに比べて低かった。これらの品目による機械効率の差は、ノズル回りや鉛直管内における穀物の流れがスムーズであることが重要であり、粒子の大きさ、形状、摩擦、比重等が複雑に関係していることによると思われる。

図-14(a)～図-14(f)は、ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する荷役効率の変化を品目別に表わしたものである。前述のように時間効率は、品目、対象船型の載貨重量トン数のいずれに対してもほとんど影響を受けない。したがって(1)式に示す関係から、荷役効率は全体的に低い値を示しているものの、機械効率と同様な傾向を示していることがわかる。

ニューマチックアンローダは、機械式連続アンローダと比べてさらえ荷役作業に有利であることから、以上のデータ中にはさらえ荷役作業が数多く含まれている。そこで4.2の(2)式のように実荷役時間に占めるさらえ荷役

作業時間の比率をさらえ荷役作業時間率と定義して、さらえ荷役作業による機械効率の影響を調べた。図-15(a)～図-15(f)は、ニューマチックアンローダ荷役におけるさらえ荷役作業時間率に対する機械効率の変化を品目別に示したものである。さらえ荷役作業時間は、一隻当たり全体の実荷役時間に比べると短時間であることから、さらえ荷役作業時間率は小さい値のものが多く、したがって、さらえ荷役作業時間率による機械効率の傾向を的確につかむことはむずかしいが、図-15(a)～図-15(f)までに見られるように、さらえ荷役作業時間率が大きくなるにつれて機械効率はゆるやかに低下する傾向にあると言える。

(2) 機械式連続アンローダ

図-16(a)～図-16(e)は、機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する時間効率の変化を品目別に表わしたものである。ただしアルファルファペレットについては、ニューマチックアンローダと異なり機械式連続アンローダによる取扱データが存在しなかったため、ここでは解析の対象外とした。これらの図から、ニューマチックアンローダ荷役の場合と同様に、機械式連続アンローダ荷役の時間効率は、対象船型の載貨重量トン数や品目によってほとんど影響を受けないことがわかる。

図-17(a)～図-17(e)は、機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する機械効率の変化を品目別に表わしたものである。機械効率はこれらの図から、同一品目であれば対象船型の載貨重量トン数に対して勾配が正負のものもありばらつきがあるものの、ほぼ一定と見なせる。つまりニューマチックアンローダ荷役と同様に、機械効率は、対象船型の載貨重量トン数にほとんど影響を受けないことがわかる。

しかし、品目別の機械効率においては有意差があり、マイロ、メイズ、大麦が0.80をほとんど上回っており、これに次いで、大豆が良好な結果を示している。ビートパルプペレットはいずれの品目よりも機械効率は低く、0.40以下であった。

図-18(a)～図-18(e)は、機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する荷役効率の変化を品目別に表わしたものである。前述のように時間効率はほぼ一定であることから、全体的に低下した値を示しているものの、機械効率の変化とほとんど似たような傾向を示している。

以上から全体的に見ると、時間効率は、対象船型の載貨重量トン数や品目に対してはほとんど影響を受けないと言える。機械効率は、同一品目であれば載貨重量トン

数にほとんど影響を受けないが、品目別の機械効率には有意差はあると言える。

なお対象船型の載貨重量トン数と荷役効率との関係については、水平引き込み式アンローダ荷役の場合の報告がいくつかある。この水平引き込み式アンローダ荷役において、以前は載貨重量トン数の増大にともない荷役効率は高くなり、しだいに一定値に落ち着くと考えられていた⁶⁾。しかしその後の荷役調査において、荷役効率は対象船型の載貨重量トン数にほとんど相関がないことが確かめられている⁴⁾⁷⁾。本調査の場合は、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダであるので機種は異なるが、同様な傾向を示している。荷役効率は、対象船型の載貨重量トン数に関係するというよりも、むしろ船倉の大きさ、ハッチの開口面積等とアンローダのフィーダ部との取り合いに深く関係していると考えべきであろうと思われる。

最後に同一品目におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの機種別による機械効率の差を見ることにする。図-13(a)～図-13(f)までのニューマチックアンローダ荷役の機械効率と図-17(a)～図-17(e)までの機械式連続アンローダ荷役における機械効率をそれぞれ比較すると、図-13(c)および図-17(c)に示すように、メイズにおいては、ニューマチックアンローダ荷役および機械式連続アンローダ荷役とも高い値を示し、それらによる顕著な差はないようである。図-13(a)および図-17(a)、図-13(d)および図-17(d)、図-13(e)および図-17(e)に示すように、マイロ、大豆、大麦においては、機械効率は、ニューマチックアンローダ荷役よりも機械式連続アンローダ荷役の方が、いくぶん高いことがわかる。一方、図-13(b)および図-17(b)に示すようにビートパルプペレットにおいては、機械効率は、機械式連続アンローダ荷役よりもニューマチックアンローダ荷役の方が、いくぶん高いことがわかる。

これは、ニューマチックアンローダが対象品目の形状に対して柔軟性がある反面、空気との混相流として吸入することからマイロ、大豆、大麦においてはそれらの形状、大きさ、粒子どうしのかみ合い・摩擦、比重等によって高含有率状態でのスムーズな流れを得るのに限りがあるものと推測される。これに対し機械式連続アンローダでは、パドルフィーダによって強制的にかき込む機構であることから、マイロ、大豆、大麦の上記のような性状は、機械式連続アンローダのかき込むような機構に対してはそれほど不利には働かず、高含有率状態を確保できるためと考えられる。しかし、写真-11(c)に示すよう

にビートパルプペレットのような細長い形状の品目においては、パドルフィーダによって強制的にかき込む機構では、むしろニューマチックアンローダよりも不利に働いているものと推測される。

表-7(a) および表-7(b) は、昭和62年度および昭和63年度におけるニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの月別の消費電力量、陸揚げ量、単位陸揚げ量当り消費電力量を一覧に示したものである。これらの表から、ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの単位陸揚げ量当り消費電力量は、昭和62年度および昭和63年度でそれぞれ1.796kWh/tおよび1.828kWh/t、0.330kWh/tおよび0.315kWh/tである。これら単位陸揚げ量当り消費電力量の値は、いずれも現地荷役調査における値1.621kWh/tおよび0.307kWh/tと比較してわずかに高目の値を示しているものの、ほとんど同様な値を示している。これら単位陸揚げ量当り消費電力量の値がわずかに高目の値を示しているのは、現地荷役調査の場合には、荷役調査作業時以外の消費電力がそれほど含まれていないのに対し、年間消費電力量の中には、アンローダ以外の消費電力量が含まれていることによるものと推測される。

なおニューマチックアンローダ荷役に対する機械式連続アンローダ荷役の単位陸揚げ量当り消費電力量の比率は1/5.44~1/5.80であり、現地荷役調査の1/5.28と比べてその比率はわずかに大きくなっているが、ほぼ同様と見なせる。

6. まとめ

本調査から得られた主要な結果をまとめると、以下のとおりである。

現地荷役調査については

(1) 荷役の中断時間は、原因別に次のように分類・整理できる。

分類A：作業前後付帯業務管理時間（準備・連絡・後片付けにともなう中断時間）

分類B：作業中付帯業務管理時間（作業中の準備・連絡・移動にともなう中断時間）

分類C：アンローダ本体の保全時間（アンローダ本体のトラブル等にともなう中断時間）

分類D：アンローダ本体以外の付帯設備の保全時間（付帯設備のトラブル等にともなう中断時間）

分類E：その他（上記以外の自然条件等に起因する中断時間）

ただし分類Aおよび分類Bは、荷役におけるソフトウ

エ的要素を持ち、分類Cおよび分類Dは、荷役におけるハードウェア的要素を持ち、分類Eは、突発的かつ不可抗力的要素を持つものである。

(2) 荷役の中断原因別分類では、分類B：作業中付帯業務管理時間が大きく、次いで分類A：作業前後付帯業務管理時間によるものが大きかった。つまり時間効率を高めるためには、荷役作業前後および荷役作業中の業務管理時間を手際よく実施することが重要であると言える。

(3) ニューマチックアンローダ荷役の荷役効率は、定常荷役作業時に相当する1日目で0.729、主としてさらえ荷役を担務した2日目で0.448であり、全体では0.546であった。一方、機械式連続アンローダ荷役の荷役効率は、1日目で0.743、2日目で0.663であり、全体では0.707であった。

(4) 機械式連続アンローダ荷役とニューマチックアンローダ荷役の単位陸揚げ量当り消費電力量の比率は、1/5.28であった。

運転作業日報による荷役調査については

(1) 時間効率は、品目や対象船型の載貨重量トン数によってほとんど影響を受けなかった。また機械効率も、同一品目であれば対象船型の載貨重量トン数によってほとんど影響を受けなかった。ただし品目別の機械効率には有意差があった。

(2) 機械効率は、さらえ荷役作業時間率が大きくなるにつれてゆるやかに低下していく傾向が見られた。

(3) 機械式連続アンローダ荷役とニューマチックアンローダ荷役の単位陸揚げ量当り消費電力量の比率は、現地荷役調査とはほぼ同様に1/5.44~1/5.80であった。

7. あとがき

現地荷役調査は、資料の精度が良いという利点がある反面、資料の量という面では不足しがちである。一方、運転作業日報による荷役調査は資料が豊富である反面、資料の精度という面では現地荷役調査と比べて劣りがちである。しかし、全体の定性的な傾向を見る場合には、資料が豊富である方が好都合である。今回は、現地荷役調査が1回のみであったが、現地荷役調査と運転作業日報による荷役調査の二つの調査を相補う形でまとめたことにより、全体の定性的な傾向は、ほぼは握できたものと考えられる。今後機会があれば、さらに本調査結果の精度を高めていく形で資料の蓄積を図ってきたい。

(1990年3月31日受付)

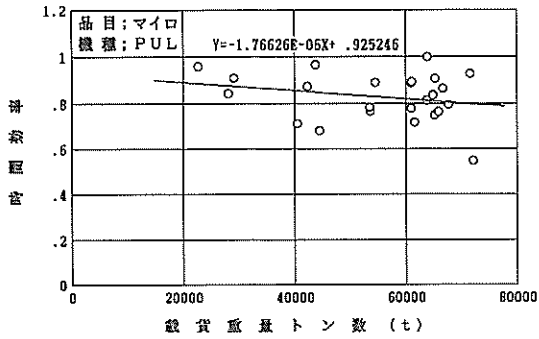


図-12(a) マイロ

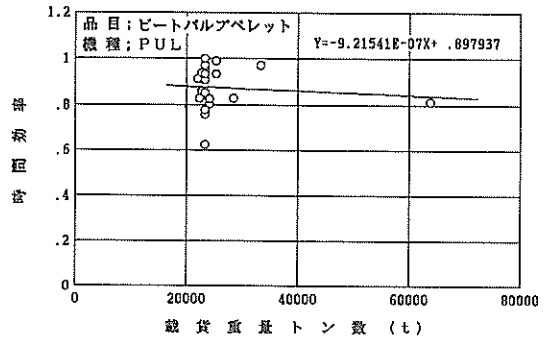


図-12(b) ビートパルプペレット

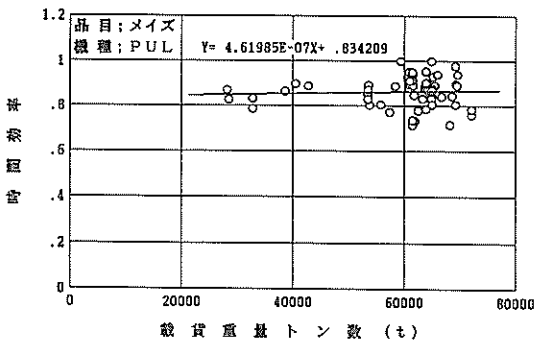


図-12(c) メイズ

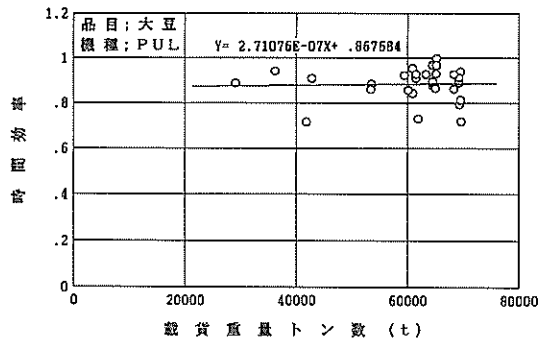


図-12(d) 大豆

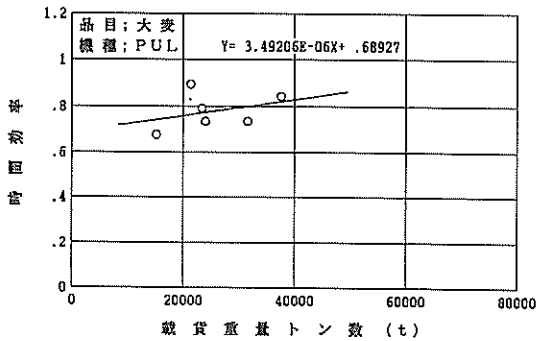


図-12(e) 大麦

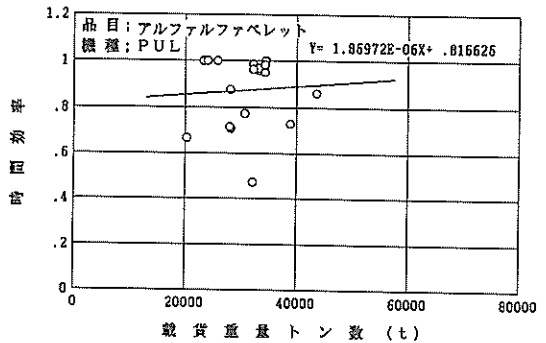


図-12(f) アルファルファペレット

図-12 ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する時間効率率の変化

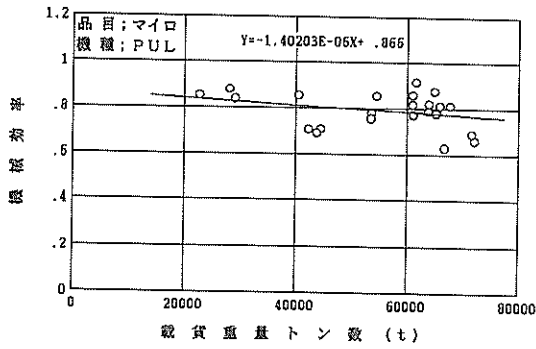


図-13(a) マイロ

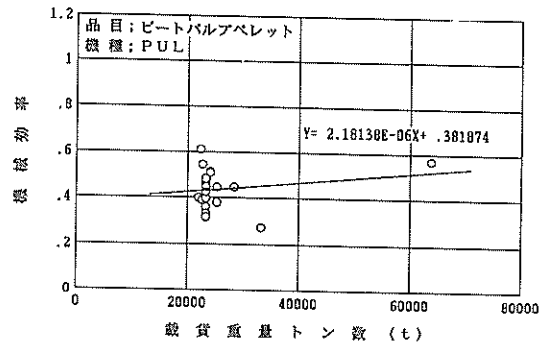


図-13(b) ビートパルプペレット

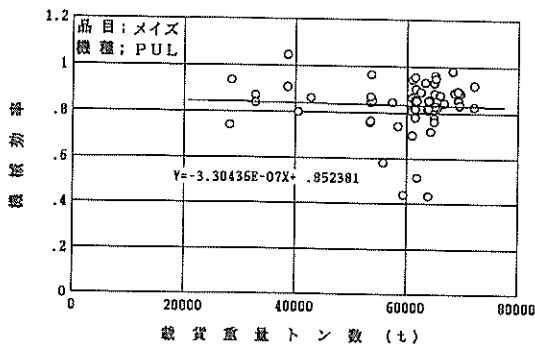


図-13(c) メイズ

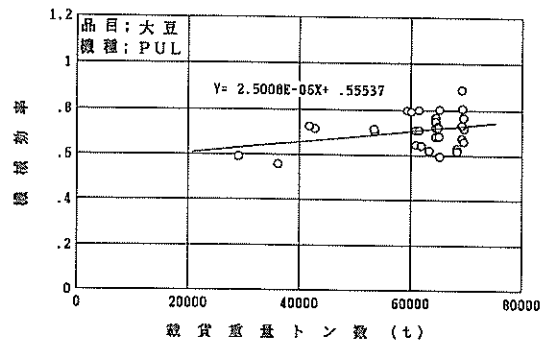


図-13(d) 大豆

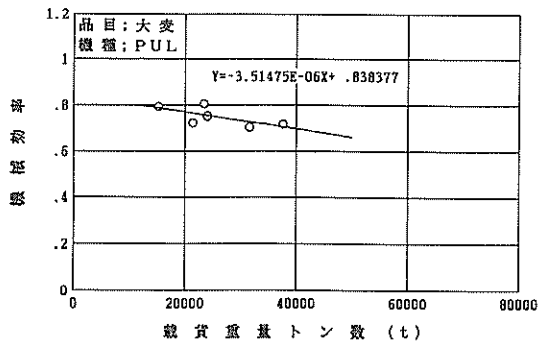


図-13(e) 大麦

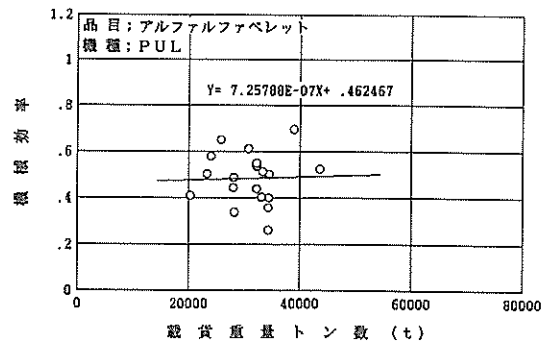


図-13(f) アルファルファペレット

図-13 ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の積貨重量トン数に対する機械効率の変化

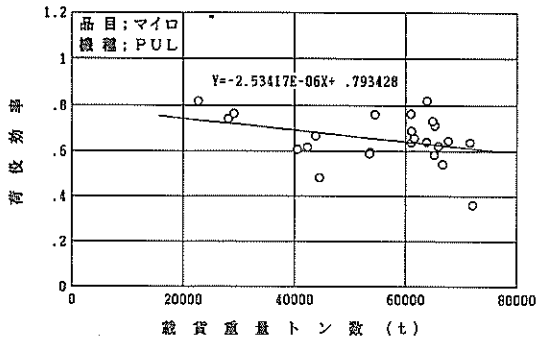


図-14(a) マイロ

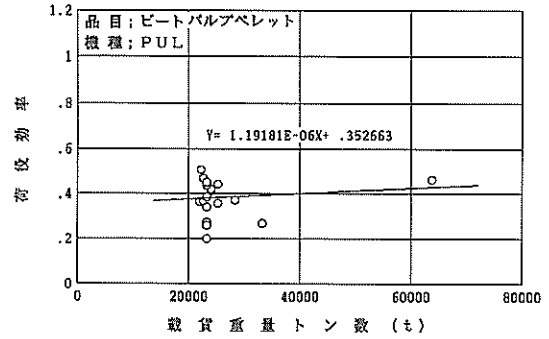


図-14(b) ビートパルプペレット

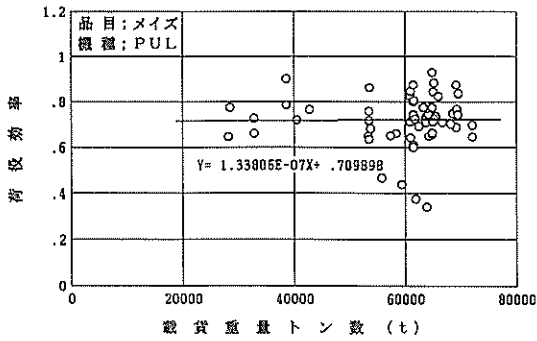


図-14(c) メイズ

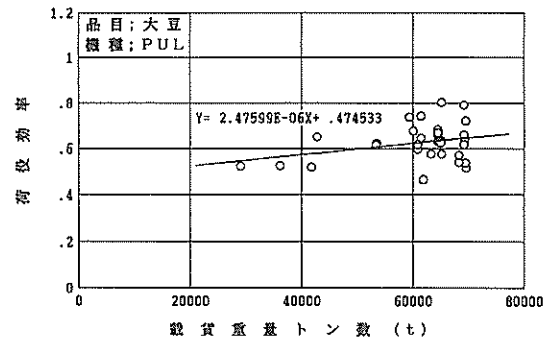


図-14(d) 大豆

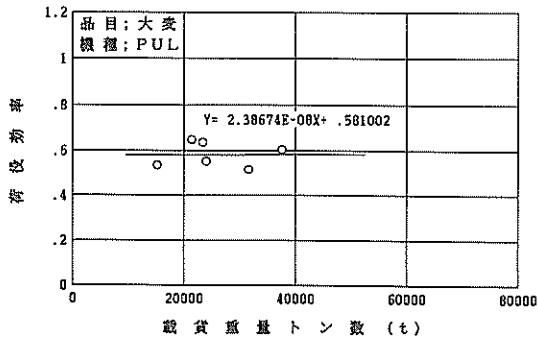


図-14(e) 大麦

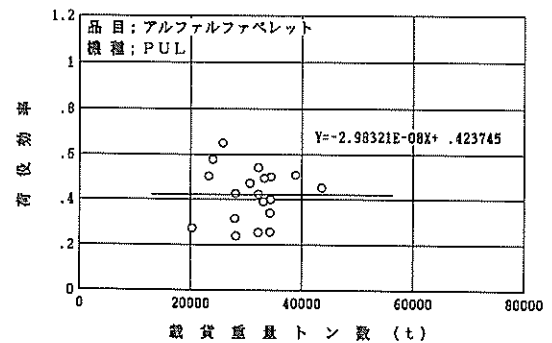


図-14(f) アルファルファペレット

図-14 ニューマチックアンローダ荷役における対象船型の積貨重量トン数に対する荷役効率の変化

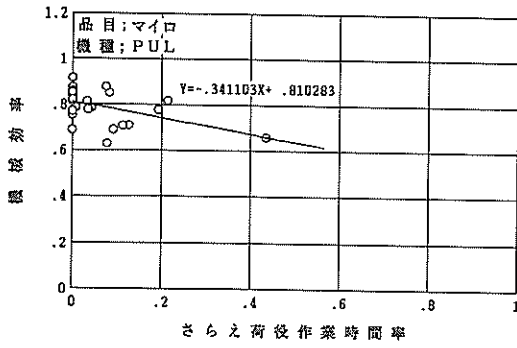


図-15(a) マイロ

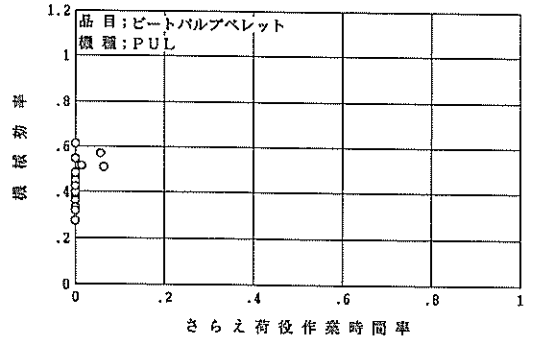


図-15(b) ビートパルプペレット

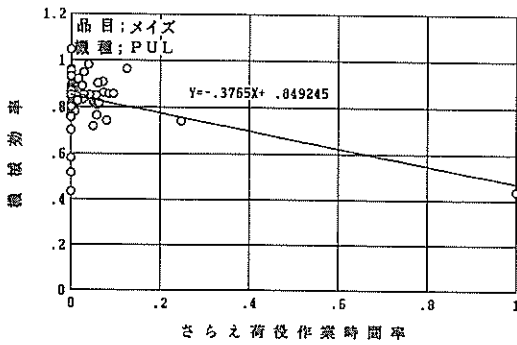


図-15(c) メイズ

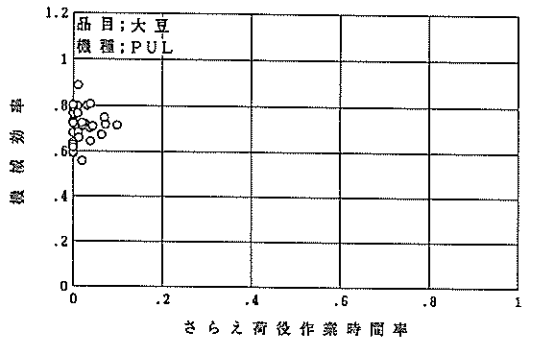


図-15(d) 大豆

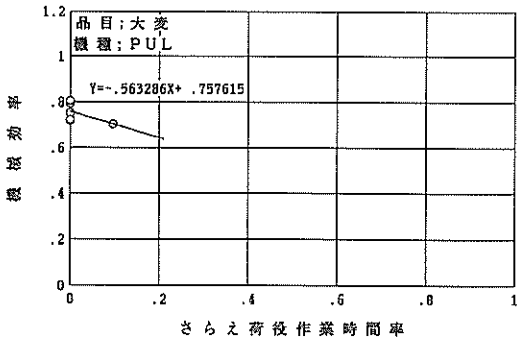


図-15(e) 大麦

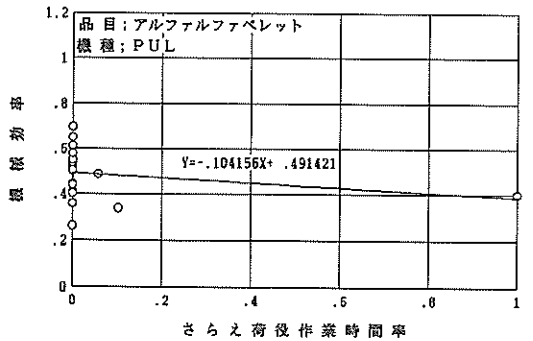


図-15(f) アルファルファペレット

図-15 ニューマチックアンローダ荷役におけるさらえ荷役作業時間率に対する機械効率の変化

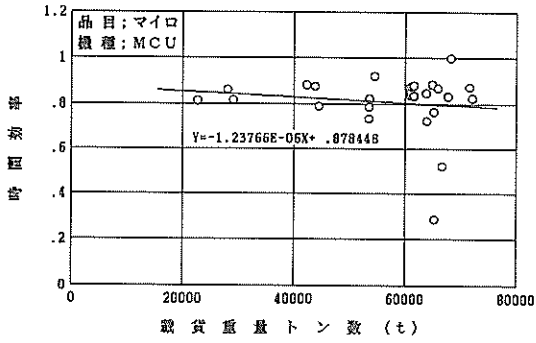


図-16(a) マイロ

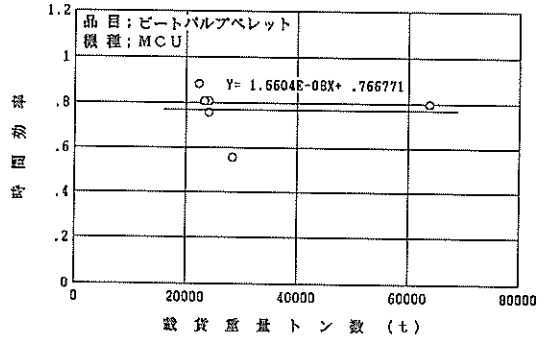


図-16(b) ビートパルプペレット

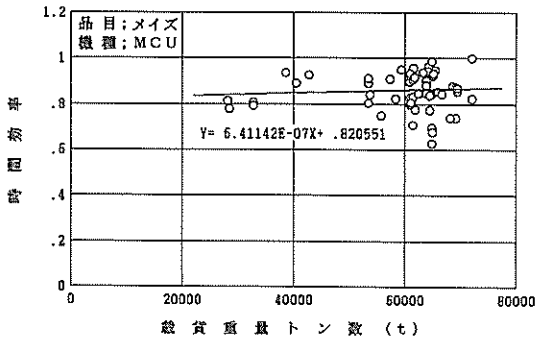


図-16(c) メイズ

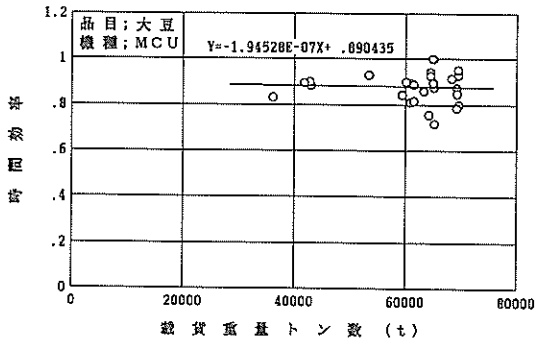


図-16(d) 大豆

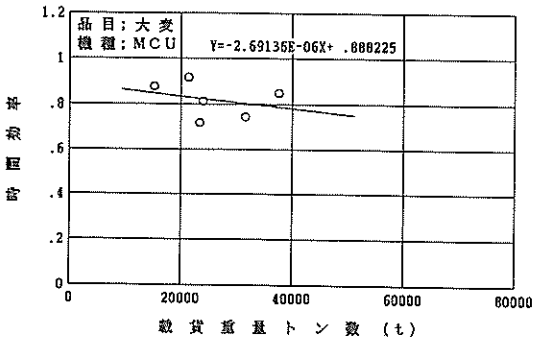


図-16(e) 大麦

図-16 機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する時間効率率の変化

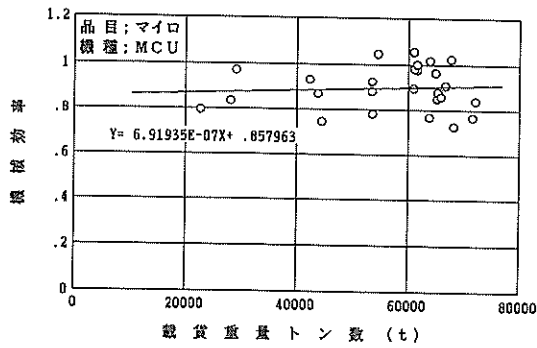


図-17(a) マイロ

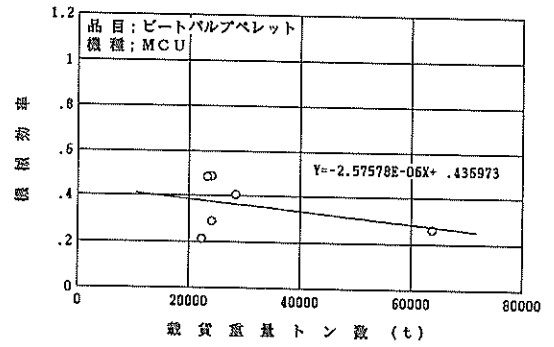


図-17(b) ビートパルプペレット

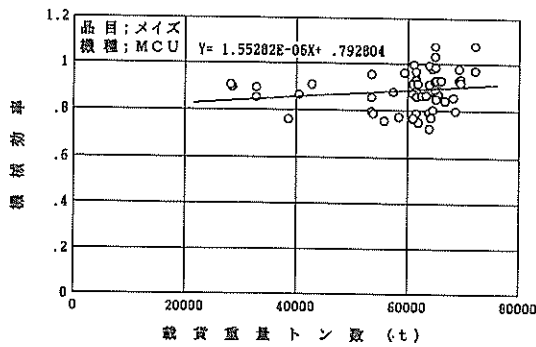


図-17(c) メイズ

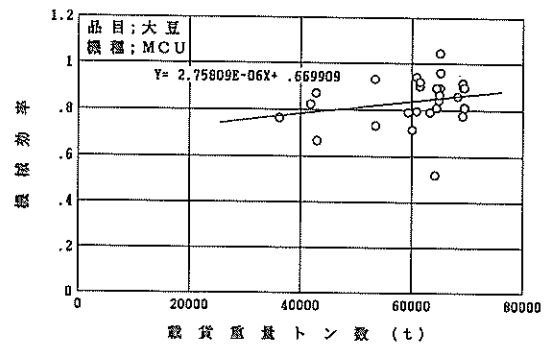


図-17(d) 大豆

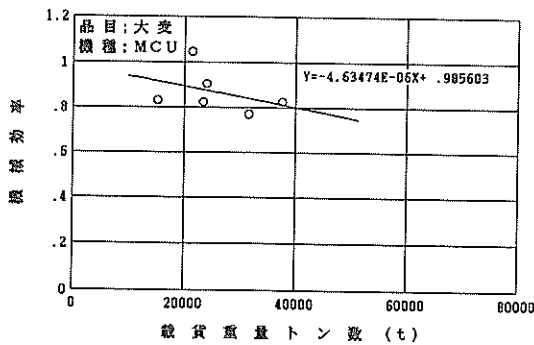


図-17(e) 大麦

図-17 機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する機械効率の変化

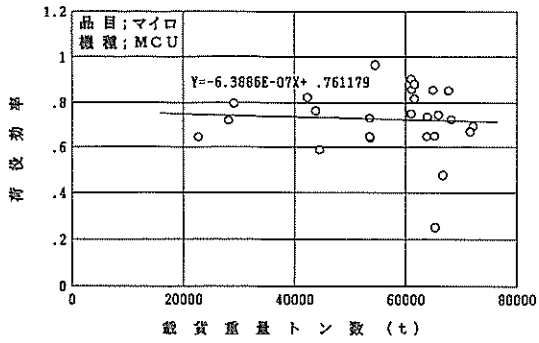


図-18(a) マイズ

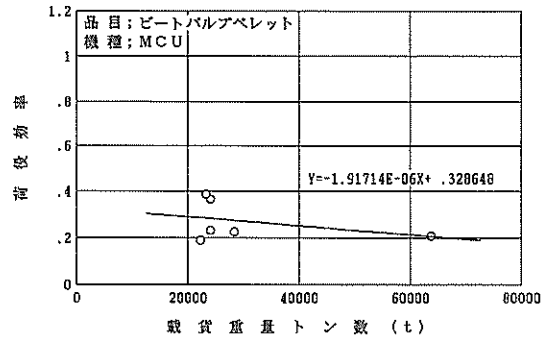


図-18(b) ビートパルプペレット

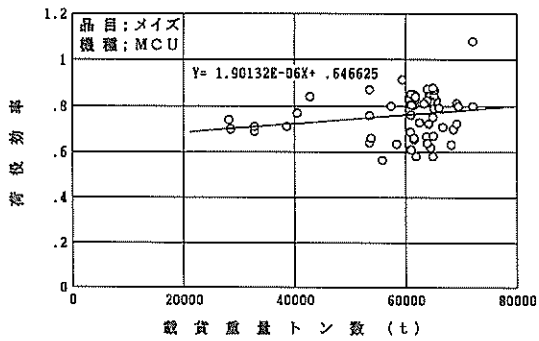


図-18(c) メイズ

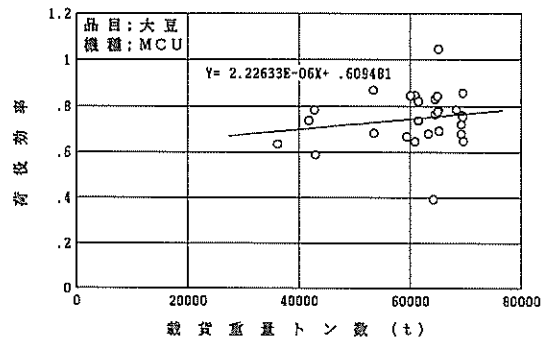


図-18(d) 大豆

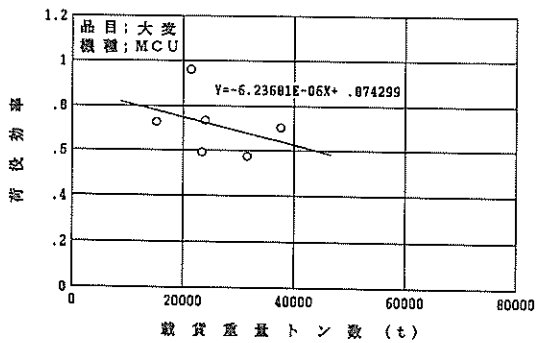


図-18(e) 大麦

図-18 機械式連続アンローダ荷役における対象船型の載貨重量トン数に対する荷役効率の変化

表-7(a) 昭和62年度 ニューマチックアンローダおよび機械式連続アンローダの消費電力量比較表

月	ニューマチックアンローダ			機械式連続アンローダ				
	消費電力量	陸揚げ量	単位陸揚げ量 当り消費電力量	さらえ回数	消費電力量	陸揚げ量	単位陸揚げ量 当り消費電力量	さらえ回数
4	77,200kWh	46,829t	1.649kWh/t	12	10,720kWh	27,164t	0.395kWh/t	0
5	90,170kWh	53,655t	1.681kWh/t	9	17,000kWh	51,309t	0.331kWh/t	1
6	66,530kWh	37,168t	1.790kWh/t	11	10,520kWh	31,572t	0.333kWh/t	1
7	76,000kWh	44,466t	1.709kWh/t	18	13,160kWh	39,288t	0.335kWh/t	5
8	43,940kWh	23,378t	1.880kWh/t	9	7,550kWh	23,041t	0.328kWh/t	2
9	98,980kWh	56,574t	1.750kWh/t	21	19,310kWh	62,008t	0.311kWh/t	2
10	75,630kWh	44,577t	1.697kWh/t	10	15,410kWh	48,992t	0.315kWh/t	5
11	64,850kWh	34,557t	1.887kWh/t	11	12,540kWh	37,114t	0.338kWh/t	0
12	61,350kWh	29,621t	2.071kWh/t	12	10,140kWh	33,408t	0.304kWh/t	0
1	71,840kWh	34,952t	2.055kWh/t	6	13,310kWh	40,311t	0.330kWh/t	0
2	62,760kWh	37,265t	1.684kWh/t	9	11,450kWh	35,891t	0.319kWh/t	0
3	49,740kWh	28,983t	1.716kWh/t	9	10,150kWh	31,953t	0.318kWh/t	0
計	838,990kWh	472,025t		137	171,260kWh	462,051t		16
平	69,916kWh	39,335t	1.796kWh/t	11	12,605kWh	33,504t	0.330kWh/t	1

表-7(b) 昭和63年度 ニューマチックアロンダおよび機械式連続アロンダの消費電力量比較表

月	ニューマチックアロンダ			機械式連続アロンダ				
	消費電力量	陸揚げ量	単位陸揚げ量 当り消費電力量	さらえ回数	消費電力量	陸揚げ量	単位陸揚げ量 当り消費電力量	さらえ回数
4	100,820kWh	57,330t	1.759kWh/t	15	15,830kWh	50,561t	0.313kWh/t	0
5	56,790kWh	29,588t	1.919kWh/t	5	9,340kWh	28,661t	0.326kWh/t	0
6	38,560kWh	22,587t	1.707kWh/t	2	6,070kWh	20,099t	0.302kWh/t	0
7	77,290kWh	44,305t	1.744kWh/t	9	12,750kWh	41,257t	0.309kWh/t	0
8	68,370kWh	32,797t	2.085kWh/t	9	9,580kWh	31,539t	0.304kWh/t	0
9	47,580kWh	26,225t	1.814kWh/t	7	6,410kWh	21,735t	0.295kWh/t	0
10	53,430kWh	29,821t	1.792kWh/t	7	12,770kWh	41,985t	0.304kWh/t	0
11	38,270kWh	23,119t	1.655kWh/t	3	7,110kWh	22,983t	0.309kWh/t	0
12	85,400kWh	44,349t	1.926kWh/t	15	11,830kWh	34,800t	0.340kWh/t	0
1	64,450kWh	34,691t	1.858kWh/t	7	9,730kWh	32,574t	0.299kWh/t	0
2	60,750kWh	34,886t	1.741kWh/t	9	11,320kWh	33,995t	0.333kWh/t	0
3	36,410kWh	17,782t	1.939kWh/t	7	8,540kWh	24,565t	0.348kWh/t	0
計	728,120kWh	398,480t		95	121,280kWh	384,754t		0
平	60,677kWh	33,207t	1.828kWh/t	8	10,107kWh	32,063t	0.315kWh/t	0

謝 辞

本調査に対し、御協力をいただきました運輸省第三港湾建設局の機械課、機械整備事務所を始めとした関係者に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- (1) 田中耕二：穀物用連続アンローダの大型化，日本機械学会運搬工学委員会No.890-23講習会教材，pp.9～18
- (2) 馬場啓太郎：荷役機械における連続アンローダについて，日本機械学会荷役工学委員会第578回講習会教材，p.33
- (3) 井上聡史・山谷弘幸・浜野悦雄：港湾荷役機械の全国的実態と機種別特性，港湾技研資料No.506，1984年12月，32p.
- (4) 山谷弘幸・木村一郎・中島忠男・中園嘉治・秋園純一・竹内孝之：水平引き込み式アンローダの港湾荷役調査事例，港湾技研資料No.610，1988年3月，107p.
- (5) 中島忠男：港湾荷役に関する調査事例と研究現況について，昭和63年度運輸省港湾技術研究所講演会講演集，1988，pp.265～307
- (6) 社団法人 港湾荷役機械化協会：石炭ふ頭整備計画調査報告書，社団法人 港湾荷役機械化協会，1984年3月，pp.232～233
- (7) 山谷弘幸：ふ頭特性に関する一考察，港湾技研資料No.646，1989年3月，pp.8～9

記号一覧表

E_s	: 単位陸揚げ量当たり消費電力量 ($=P/(η \cdot T \cdot Q_c)$)= $(P/(η_t \cdot η_m \cdot T \cdot Q_c))$
P	: 消費電力量
Q_c	: 計算荷役能力 (基準荷役能力もしくは公称荷役能力)
Q_p	: 実荷役能力 ($=W_p/T$)
T	: 公称荷役時間 (もしくは公称作業時間)
T_d	: 中断時間
T_p	: 実荷役時間
T_t	: さらえ荷役作業時間
W_p	: 実陸揚げ量
$η$: 荷役効率
$η_m$: 機械効率 ($=(W_p/T_p)/Q_c$)
$η_t$: 時間効率 ($=T_p/T$)
$ξ$: さらえ荷役作業時間率 ($=T_t/T_p$)

港 湾 技 研 資 料 No.678

1 9 9 0 ・ 6

編 集 兼 発 行 人 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所

発 行 所 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所
 横 須 賀 市 長 瀬 3 丁 目 1 番 1 号

印 刷 所 新 宿 総 合 印 刷 セ ン タ ー 協 業 組 合

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.