

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

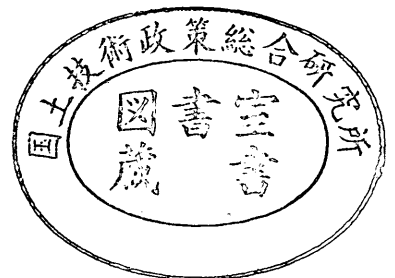
REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 9

NO. 1

MAR. 1970

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P. H. R. I)

第9巻 第1号 (Vol. 9, No. 1), 1970年3月 (March 1970)

目 次 (CONTENTS)

1. 組グイの水平抵抗に関する実験的研究
..... 沢口正俊..... 3
(Experimental Investigation on the Horizontal Resistance of Coupled Piles
..... Masatoshi SAWAGUCHI)
2. 港湾埋没に関する移動床模型の再現性—鹿島港模型実験の場合—
..... 佐藤昭二・田中則男・入江功・平原淳次..... 71
(Similitude of the model Test on Harbour-Shoaling in Movable Bed
—The Case of the model Test of Kashima Port—
..... Shoji SATO, Norio TANAKA, Isao IRIE, Junji HIRAHARA)
3. 水平全方向流速計の試作について (第1報)
..... 柴山煒彦・須藤茂..... 125
(A New Current-Meters of All-Direction-Type (1st Report)
..... Akihiko SHIBAYAMA, Shigeru SUDO)
4. 定置式波向計 (抵抗歪線型) の開発
..... 高橋智晴・鈴木禧実・佐々木弘..... 151
(On the Development of A New wave Direction meter
..... Tomoharu TAKAHASHI, Yoshimi SUZUKI, Hiroshi SASAKI)
5. 鋼直杭棧橋の耐震性に関する研究
..... 山本隆一・林聰・土田肇・山下生比古・小蔵紘一郎..... 179
(Evaluation of Seismic Stability of Trestle Type Pier with Vertical Steel Piles
..... Ryuichi YAMAMOTO, Satoshi HAYASHI,
Hajime TSUCHIDA, Ikuhiko YAMASHITA, Koichiro OGURA)

6. ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究
.....工藤和男・高力健次郎・久保重美..... 229
(Studies on Area of Wharf Apron and Related Cargo Handling Activities
.....Kazuo KUDO, Kenjiro KOHRIKI, Shigemi KUBO)
7. 軟底質における超音波の反射透過特性—フライアッシュ底質における室内実験—
.....木原純孝..... 275
(Reflection and Transmission Characteristics of Ultrasonic Wave in Soft Mud Layer
—An Experiment on Fly-Ash mud Sediment—
.....Sumitaka KIHARA)
8. 捨石均し機の開発
.....小岩苔生・大平勝・平山勇・白鳥保夫..... 307
(Development of a Leveling Equipment for Rubble Mounds
.....Taisei KOIWA, Katsu OHIRA, Isamu HIRAYAMA, Yashuo SHIRATORI)

6. ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

工藤和男*・高力健次郎**・久保重美**

要 旨

我が国における公共雑貨ふ頭のエプロン上の荷役活動を、現在の運営条件まで考慮して解析した。35mmメモ・モーションカメラを使用した観測を横浜港山下2号バースで実施し、その結果と同時に集収した統計資料を用いてシミュレーション・モデルを作成し、解析を実施した。本研究の特色は、これまでに発表されている論文がほとんどふ頭エプロンを断面として扱い、一次的なアプローチ取っているのに対し、これを面積として捉え、ふ頭エプロン上の種々の活動の相互干渉を考慮した点であろう。解析の結果は実態をかなり良く説明しており、現在、一般に仮定されている設計条件と実際の運営との間には必ずしも十分な斉合がないこと、現状の運営条件の下では一船当り輸出経岸貨物の取扱い限度がエプロン面積の点から見てほぼ2,000t程度であること、などのふ頭的设计・計画に有益な示唆がえられた。さらに、エプロン上の荷役状態を評価基準として種々の運営条件の下での最適エプロン面積の決定方法に対する指針が明らかになった。

* 設計基準部 計算室長

** 設計基準部 計算室

6. Studies on Space of Wharf Apron and Related Cargo Handling Activities

Kazuo KUDO*

Kenjiro KOHRIKI**

Shigemi KUBO**

Synopsis

In this paper, cargo handling activities on the wharf apron of general cargo berth under public control are studied with due regards to rather special conditions of major ports in Japan.

Field observations have been carried out at Yamashita No. 2 berth in Port of Yokohama by using 35mm pulsed cameras, and related statistical data are collected.

Simulation models are formulated and manipulated by electronic computer based on the above mentioned information.

Wharf apron is treated as two dimensional space in this paper, though the most of previous papers have taken one dimensional approach to this problem. Interferences between independent activities on the wharf apron are also taken into consideration.

Results of simulation show a satisfactory agreement with real situation, and the upper limit of cargo volume handled through the apron of general cargo berth under present condition estimated about 2,000ton for one berthing of a ocean going ship. Through these studies, some kinds of inconsistency between the conventional presumptions of designing work and real operation of the wharf apron are made clear.

* Chief, of Computer Center, Design and Standard Division

** Member of Computer Center, Design and Standard Division

目 次

要 旨	229
まえがき	233
1. 従来の幅員決定法と実際例	233
2. 予備観測と利用の概況	234
3. 荷役活動について既往資料からの考察	237
4. 荷役活動とその特性	241
5. 荷役活動のモデル化	247
6. 演算と考察	252
あとがき	257
参考文献	257
付録（附表，附図）	259

まえがき

ふ頭のエプロンは、陸上輸送と海上輸送の接点である港湾の機能を、集中的にはたしている港湾施設である。

しかしながら、その諸元の決定については必ずしも充分な考察がなされているとはいえない状態である。とくに現在の公共ふ頭の管理運営の形態の下では、これまでおこなわれてきたような、エプロンの断面方向のみについてのいわば一次元の議論だけがかたづけしてしまうことは危険であると考えられる。

筆者らは、我が国での建設例について、設計時における考え方と現況との比較から研究を出発させた。横浜港山下2号バースでのメモ・モーションカメラを用いた観測にもとづいて、エプロンを面積として二次元的に扱うこととし、エプロン上での諸活動を遷移状態での待ち合わせ問題の形でモデル化し、電子計算機によるシミュレーションを実施した。

1. 従来の幅員決定法と実際例

エプロン幅員の決定についてのこれまでの考え方の代表的なものとしては、東氏の提案がある。その骨子はエプロンを機能別に各要素に区分し要素ごとに必要な幅員を求め、その重ね合せとしてエプロン幅員を決定しようとするものである。具体的には、貨物の仮置きに5.0m荷捌きに2.5mおよび岸壁余裕1.5mをとりこれらを加え合せた9.0mをエプロン幅員の基本量としている。これに付加される場合もあるものとして、日本の港湾の場合、貨物が近隣で消費される市内消費型の港湾とでもいうべきような時には、エプロン上で本船から直接トラック積みされることを考えトラック幅員をあげている。神戸港の第7突堤の例では、その必要なしとして6.5mに決定している。この例ではエプロン上で岸壁法線と平行なフォークリフト、トラックの移動のための幅員も上屋内に含ませている。考え方の根底にあるものは「エプロンは本

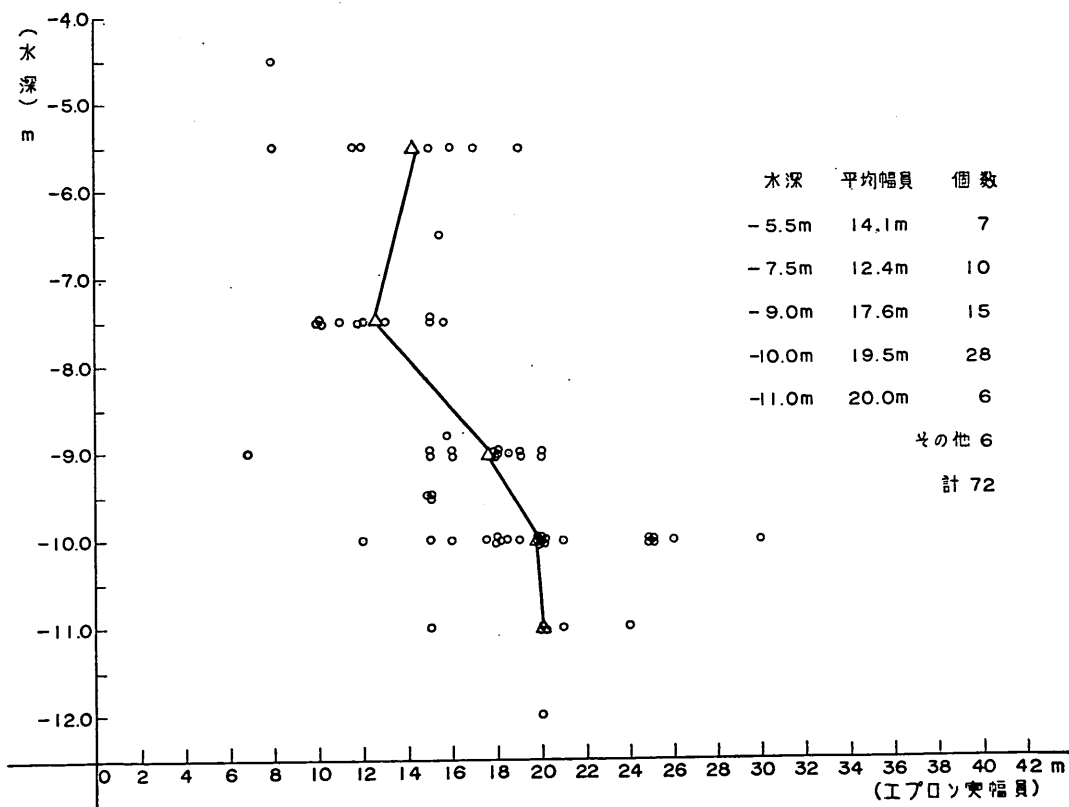


図-1.1 岸壁水深、エプロン実幅員グラフ

船と直背後上屋との間で貨物を円滑に移動せしめる場」であって建設費や横持ちの費用を考えれば荷捌きのための最少限の幅員を確保すればよいという思想のように考えられる。米国ふ頭の例では、ふ頭クレーンのない場合(米国では大部分がこの形式であるが)でエプロン幅員を9.0mとしている例が多く、これからも上屋と本船の間の荷役が支配的な場合のエプロン幅はほぼ6.0m~9.0m程度と考えられているものと思われる。図-1・1は昭和39年に港湾局建設課が行なったエプロンについての調査を取りまとめたものであるが、これで見ると、日本の港湾においては前述の幅員を持つエプロンはほとんど建設されていない。表中でいう幅員は、岸壁前面端から上屋庫口前面までの幅であって、その間に臨港道路や上屋敷の余裕があれば当然エプロン幅員に加えられている。その意味ではエプロンの実幅員(付表-1)を表わしていると考えてよい値である。これによれば1500G/Tを対象とした-5.0mふ頭で平均約14m、外貨バースの-9.0m以上では17m~20mに達している。

国費の補助対象とされる範囲も、従来ふ頭水深-7.5m以上-10m未満のもので10mまで、-10m以上で15mまでとなっていたのが、昭和43年にふ頭水深-7.5m以上のものについて一率に20mまでに引き上げられた。これらの事実はエプロン幅員が次第に増大してゆく傾向にあることを示している。この調査で港湾管理者から表明された要望では横浜港、神戸港、の新しいふ頭では水深-9.0mについて理想幅として20m以上を要望している。その理由として代表的な横浜港の場合についてみると、本船の荷役に必要な幅員8.0m 上屋の荷捌きに必要幅員8.0mおよびトラックの通過に必要な幅員8.0m計24.0mを必要としている。これでわかるように、エプロン幅員について前に紹介した東氏の考え方と管理者の考え方がかなり異なっている。図-1・2に今までの考え方を図示する。すなわち前者は貨物の流れとして上屋と本船間の移動に限って考慮しているのに対して、後者は本船とトラック、上屋、倉庫の荷捌き(直接本船に関係ないもの)やエプロン上の通過交通などを上屋と本船間の貨物の流れと同程度の重要さで考慮しているという点である。この相違は上屋の利用形態をどう考えるかという認識の差にもとづいている。前者が理想的なふ頭におけるパターンを前提としており、積出しの例でいえば貨物は原則として直背後の上屋に一度収容され、そこで本船の積付け計画に応じた荷捌きがなされた上、本船荷役がおこなわれるという想定をしているのに対して、後者は現実の上

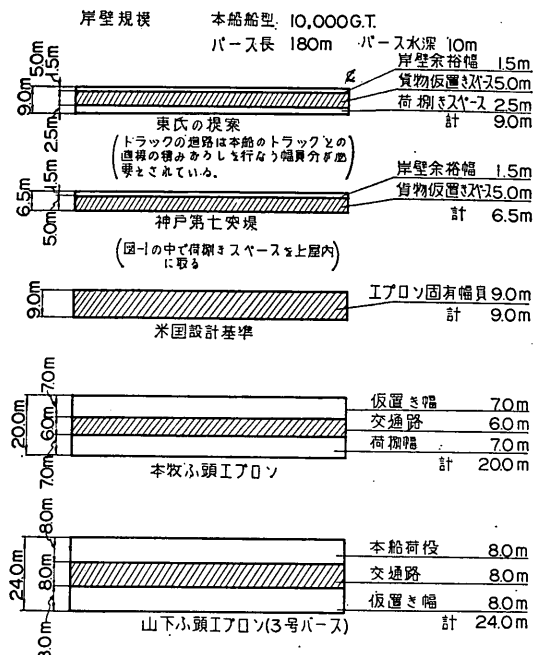


図-1・2 バース決定例

屋の利用形態——例えば横浜港の山下ふ頭において直背後上屋経由の貨物が全荷役量の9%程度にすぎない——を前提にしていることによる。現実には多くの人々によって指摘されているように、無差別追込方式のバース指定や上屋倉庫の絶対量の不足などから港湾内での横持ちが常識化していること、乙仲等による上屋の手倉化などを考えると理想的なふ頭運営を実現するためには非常に困難な問題があるといわざるをえない。横浜港の山下ふ頭や神戸港の摩耶ふ頭のように航路別使用を行なって、上屋と岸壁の一体的な利用を促進すべく努力しているところでも、その効果は期待された程ではないことなども、その一つの証左であると考えられる。

2. 予備観測と利用概況

ふ頭エプロンの利用の概況を把握するために、横浜港山下ふ頭の2号バースで目視による予備的な観測をおこない、エプロン上の荷役活動を調査した。

附図-1~附図-4はこの調査結果の一部であって、それぞれ昭和43年10月2日および10月3日についてトラックやはしけによるエプロンへの貨物の搬出入、フォークリフト・トラックによる荷役や横持ちなど、エプロン上の貨物移動のパターンを示したものである。図の表現で注意してもらいたい点はトラックによる搬入などは一

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

台が単位で記入されており、エプロン上に一時仮置きされ（下され）た後、どのように移動したかが記述されていること、フォークリフトによる貨物の移動はフォークリフトの1トリップを単位としながらも、起点、終点が同じ動きは一本の線で代表させていることである。したがって一本の線の示す貨物の移動量は一定ではない。例えば、上屋庫口からはしけへの貨物の流れは一隻当たり50tから100tが単位であり、トラックへの積込みは10t程度が単位であるから一本の線の表わしている貨物の移動量は前者と後者では5～10倍の差があることになる。その意味では、この図はエプロン上での貨物の流れを正確に表現しているものではないが、そこでおこなわれた荷役活動の概要を知るには充分なものであろう。

この図から明らかになることは、エプロン上の活動が非常に複雑であって、異なった目的をもったいくつかの活動が互いに独立に営まれているという事実である。10月2日のケースでみると、倉庫の活動ではNo.1ホイストでトラックによる搬入、No.3ホイストでトラックによる搬入とはしけへの積込みのための搬出、No.4ホイストでトラックによる搬出がそれぞれおこなわれている。上屋に関連する活動ではNo.1庫口からNo.6庫口までトラックによる搬入と同時に、本船、はしけへの積込みのための搬出がおこなわれている。このほか、トラックによってエプロン上に搬入された貨物が直接本船に積込まれる活動と、そのままエプロン上に長時間仮置きされる動きがみられる。この仮置き貨物の大部分は10月3日に持ち越されてエプロン上を占有しつつ、最終的には上屋を経由しないまま本船に積込まれている。

エプロンの岸壁側の荷役についても、2日、3日の両日とも本船の前後の岸壁ではしけの荷役がおこなわれており、本船のハッチの開いている位置も同一ではない。

このように、エプロン上の活動を実際に観察してみると、すくなくとも山下2号バースに関する限りでは、その利用形態は東氏の前提としている「上屋と本船」という貨物の移動が少ないことと、同時に管理者が20mのエプロン幅員を希望する根拠として考えている利用形態とも異なっていることがわかる。

以上のことを考慮して、実際のエプロンの利用形態の特徴を次のように要約できよう。

1. エプロン上での荷役活動は上屋、倉庫、本船に搬入される貨物によって発生するが、その荷役作業の間の関連はほとんどなく、それぞれ独立におこなわれている。

2. エプロン上の荷役活動は、本船ハッチ位置、上屋庫口の位置、ホイストクレーンの位置などによって影響をうけ、その結果、荷役活動の状態はエプロンの延長方向で大きく変化している。したがって、今まで考えられてきたような——東氏や港湾管理者の意見もそうである——一次元的な幅員としてのエプロンの概念よりも、二次元的な広がりを持った場合としてエプロンを考える方がより正しく現実を把握するアプローチであると考えられる。

エプロンを面積として取扱う考え方は、*ふ頭能力調査（内貿編）中でも示されており、松山港における日発定期船航路のためのバースのエプロン面積算定がおこなわれている。ここで、われわれが対象としている外貿公共バースの場合は上述のようにエプロン上で営まれる相互に関連のない幾種類もの活動について相互の干渉までモデルに含めて扱う必要がある点でより複雑となっているといえよう。

解析の前提として、実際にエプロン上が使用されている状態をエプロン上の占有として区分してみると次のようになる（図-2・1～図-2・4）

(A) 本船の荷役に関連したスペースの利用-I

1) 本船の積みおろしのためのデリック・クレーンによるスペースの占有………フック下のスペース

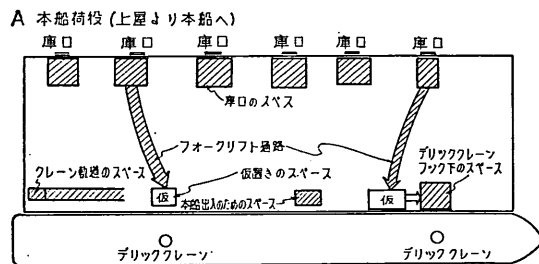


図-2・1 エプロン利用例(1)

B 本船荷役 (他ヵ場所から本船へ)

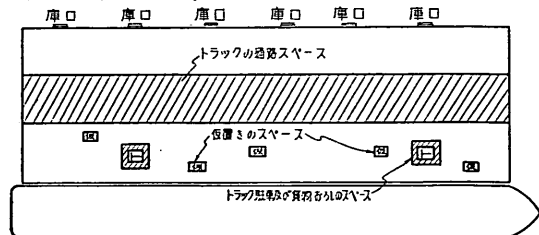


図-2・2 エプロン利用例(2)

*運輸省港湾局 1963年3月

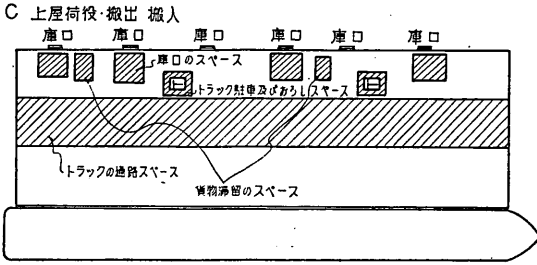


図-2・3 エプロン利用例(3)

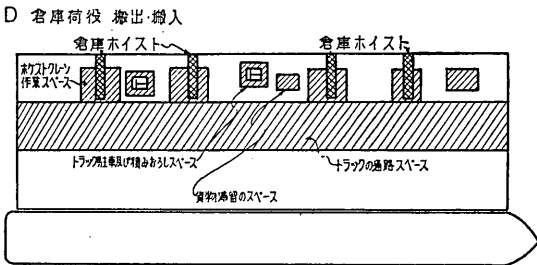


図-2・4 エプロン利用例(4)

の貨物移動に関連した活動のために占有されるスペース

- 1) このために搬入, 搬出を行なうトラックの駐車のためのスペース……………トラック駐車スペース
- 2) トラックへの積み込みまたはおろし(とくに積み込み)のための作業のスペース……………トラック荷役スペース
- 3) このためのトラックの通路のためのスペース……………トラック通路スペース
- 4) このための貨物の滞留のスペース……………貨物の滞留スペース

(D) 多階建ての上屋の場合に階上倉庫の活動のための次のようなスペースを考える必要がある。

- 1) トラック駐車スペース
- 2) トラック荷役スペース
- 3) トラック通路(一部フォークリフトも含む)のスペース
- 4) 貨物の滞留スペース
- 5) ホイスト・クレーンの作業スペース

このほかに上屋, 倉庫とはしけの間の貨物の移動があるが, はしけのけい留位置が本船の前後であるので, 他の荷役活動に対する影響はフォークリフトの往復によるものだけである。はしけのけい留によって生じるバース両端のエプロン面積の占有は副次的なものと考えこれを一応無視して扱うこととする。

ふ頭エプロン上では以上の区分にも明らかになっているようにきわめて多くの荷役活動がおこなわれており, その結果としてある部分は貨物の仮置きに, ある部分はトラックやフォークリフトの通路に, さらに他の部分は積みおろしのためのスペースに使用されている。しかし, これらを現象面からだけ捉えようとすれば, この問題に対する有効な解決策を見出すことは非常に困難であると考えられる。ここでわれわれが目ざしたものは, ふ頭の運営形態を条件としてモデルの中にある程度まで含め, 現象としてエプロン上に起きているもののうち一般的に保存される関係をベースにして, 運営形態の変化などの条件の変化が起きた場合にも一応の精度での予測ができるようなモデルを作成してゆくことである。

その第一段階としては, エプロン上の荷役活動の原因となる, 貨物の流れを本船荷役, 上屋, 倉庫の三つに大別して強度と時間的な変化の概要を調査した。

次に, エプロン上の諸作業のうち条件の変化によって

ス

- 2) 本船の揚積にともなって生じる運搬の一時的な調整を吸収するためのスペース……………仮置きスペース
- 3) 上屋庫口まへの通路としてのスペース……………庫口のスペース
- 4) 本船, 上屋間のフォークリフトの移動のためのスペース……………フォークリフトの通路
- 5) 岸壁クレーンを使用する場合には, そのための軌道のスペース……………クレーン軌道のスペース
- 6) 本船に出入する人間のためのスペース

(B) 本船の荷役に関連したスペースの利用-II

ここには岸壁の直背後の上屋を経由しない本船の経岸貨物荷役のために占有されるものをあげる。

- 1) 岸壁の直背後以外の上屋, 倉庫あるいは背後地と本船との間の貨物輸送を行なうトラックが駐車し, 荷役作業を行なうためのスペース……………トラック駐車スペース
- 2) 上述のトラックの通路のためのスペース……………トラック通路スペース
- 3) 貨物が本船に積み込まれるまでの間にエプロン上に仮置きされるスペース……………貨物の滞留スペース

(C) 直背後上屋と背後地もしくはその他の上屋との間

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

も保存されるであろうような基本量を観測すると同時に独立に営まれている活動の間の相互干渉を調べることをねらってメモ・モーションカメラを用いた写真撮影と目視とを併用して実施した。

最後に、これらのデータを活用して、エプロン上の荷役活動のモデル化をおこない、これを操作しながら考察を加える、という研究の進め方をとった。以上の各章においてそれぞれの問題について具体的に触れてゆくこととする。

3. 荷役活動について既往資料からの考察

山下2号バースで行なわれる荷役活動を、マクロ的に

眺めるために、本船と上屋倉庫に大別して、それぞれについて資料を収集整理した。資料は次の四種である。

1. 横浜港統計年報 横浜市港湾局
2. 山下ふ頭概況 横浜市港湾局
3. 市営2号上屋搬出入伝票および在庫資料 横浜市港湾局
4. 倉庫業務資料 2号上屋階上倉庫業者

3.1 本船荷役活動

表-3・1に山下ふ頭着岸船舶の荷役について示す。

(1) 平均船型と停泊時間

年間を通じ平均船型は6000GTから7000GTで、36年

表-3・1 本 船 荷 役 実 績

年 度	名 称	隻 数 (隻)	総トン 数 (千ト)	延けい 留時間 (千時) (間)	平 均 船 型 (百ト)	平均停泊 時間 (h)	利用 率 (%)	けい岸貨物 (千トン)			はしけ貨物 (千トン)			合計 (千トン)			けい岸 貨物比 率 (%)	平均荷 役量 (百ト)
								積	み	揚	積	み	揚	積	み	揚		
36	ふ頭全体	446	2,669	17	60	38	20	135	66	171	166	306	232	538	37	12		
	2号岸壁	211	1,334	8	63	38	91	55	19	82	70	137	88	225	33	11		
37	ふ頭全体	715	4,268	26	60	36	30	268	91	357	169	625	260	885	41	12		
	2号岸壁	197	1,239	7	63	37	82	98	38	103	48	201	86	287	47	15		
38	ふ頭全体	1,520	8,135	56	54	37	64	523	519	778	320	1,311	839	2,141	49	14		
	2号岸壁	148	1,074	6	73	43	73	64	22	117	39	181	61	242	36	16		
39	ふ頭全体	2,041	10,693	73	52	36	83	789	512	1,117	15	1,906	811	2,717	47	13		
	2号岸壁	144	1,017	7	71	47	77	81	18	156	298	238	33	271	37	19		
40	ふ頭全体	1,667	10,122	65	61	39	74	858	292	1,439	222	2,297	515	2,812	41	17		
	2号岸壁	130	1,019	6	78	49	72	74	19	145	22	220	41	261	35	20		
41	ふ頭全体	1,709	11,298	68	66	40	77	1,183	201	1,501	236	2,683	438	3,121	44	18		
	2号岸壁	139	1,203	7	87	49	77	96	18	148	24	244	42	286	40	21		
42	ふ頭全体	1,624	11,079	71	68	44	81	1,250	146	1,243	243	2,492	389	2,881	48	17		
	2号岸壁	156	1,198	7	77	44	78	108	15	124	28	232	43	275	44	18		
43	ふ頭全体	1,509	10,339	75	69	49	85	1,309	147	1,226	279	2,535	426	2,961	49	20		
	2号岸壁	161	1,152	7	72	45	82	126	11	106	42	232	53	286	48	18		
合 計	ふ頭全体	11,231 (1,403)	68,604	56	61	40	64	6,316	1,976	7,831	1,933	14,147	3,908	18,055	46	16		
	2号岸壁	1,286 (160)	9,236	7	72	43	79	703	160	981	288	1,684	448	2,132	40	17		

(山下ふ頭概況：横浜市港湾局，山下ふ頭事務所)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{平均船型;} \frac{\text{総トン数}}{\text{隻 数}} \quad \text{利用率;} \frac{\text{延けい留時間}}{\text{バース数} \times 365 \times 24} \\ \text{平均停泊時間;} \frac{\text{延けい留時間}}{\text{隻 数}} \quad \text{平均荷役量;} \frac{\text{積み揚げ貨物合計}}{\text{隻 数}} \end{array} \right.$$

から43年まで漸増傾向がみえるが、大部分が北米または世界一周航路であることを考え併せると、将来も7000GT程度で一定すると考えられる。平均停泊時間は36～37年で37時間で41年から長くなる傾向が見え、43年には50時間である。山下2号～3号バースに43年一年間に着岸した船舶206隻について度数分布を取ると、附図-5に示すように30～40時間の間に最大値を持つ、平均51時間、標準偏差30.3時間の分布が得られる。

(2) 本船積み揚げ量

ふ頭全体の荷役量について見ると、昭和43年で積み254万t、揚げ43万tで揚げ貨物は全体の14%に過ぎずほとんどが積み貨物である。横浜港全体について見ると、輸入貨物の経路はブイにけい留された本船から沖荷役ではしけにおろされて倉庫、上屋に搬入されるものが大部分で、岸壁に着岸した本船から陸揚げされるものは稀れである。山下ふ頭では、北米航路の船舶を優先着岸させていることから、本船荷役を考える場合、積み荷役が主体となる。

(3) 一船当りの荷役量と貨物経路

一船当り荷役量を年間平均で見ると、36～37年に1200t程度であったものが、43年に2000tと増加し、9年間の平均で1600tである。2号、3号バースに43年に着岸した船舶について、揚積合計トン数の度数分布を図-3・1に示す。これによれば、一船当り2000tが最も多く、平均値は2000tであり4000t以上の荷役を行なうものは7%以下である。

次に積み荷搬入の経路を見る。

山下ふ頭全体では、表-3・1に見るように、エプロンを

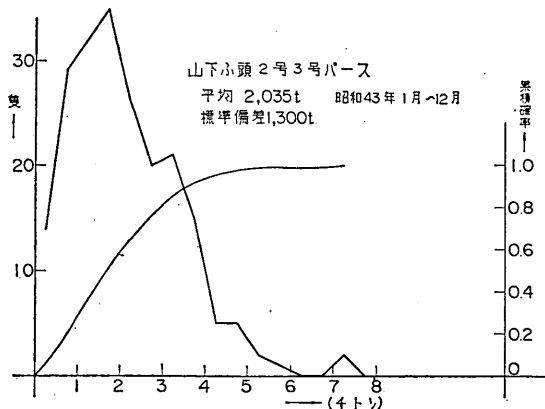


図-3・1 けい留船舶揚積合計トン数

經由する貨物(経岸貨物)は45%で残りははしけによって、裏側から本船に積み込まれる。

山下ふ頭着岸船舶中、北米航路の指定船(バース指定を本船けい留予定日より20日前に行なったもの)について本船貨物の経路別集計を図-3・2に示す。この場合もはしけ荷役が50%以上を占めており、経岸荷役は残り50%である。

経岸貨物中、バース直背後上屋に一度搬入され、本船に積み込まれるものを、ターミナル貨物と称しているがこの貨物は全体の10%で他はふ頭内の他の上屋、私設倉庫、その他からエプロンに搬入される。

指定船以外の船舶のターミナル貨物については、推測の域を出ないが、この場合、着岸の前日になって初めて着岸バースが決定され、船会社に通知されることを考えると、経岸貨物の全数が、直前上屋を経由しないと判断される。

したがって、指定船、非指定船の比率が25%、75%(昭和43年実績)であることから、本船貨物の大半は本船着岸後、他の上屋や他のふ頭、私設倉庫からエプロン上に搬入されそこで受け渡し、一時仮置き、仕分け等が行なわれた後、本船に積まれる。

3.2 上屋活動

(1) 搬出入量

1ヶ月の搬出入量の平均値、6ヶ月移動平均を昭和40年～43年について附図-6に示す。41年以後6ヶ月移動平均は7500tから8500のt間で変動し一年間の各月の動きに注目すると8、9月に山があるが、季節変動と考える程顕著ではない。

次に43年9月、10月と44年3月の3ヶ月について、1日搬出入量の平均変動を月別に求めて附表-2に示し、1日の搬出入合計、11日間移動平均を附図-7に示す。月単位では、搬入搬出は等しく1日平均320t程度であり、変動率は50%と高く日によって活動にむらがあるが、11日間の移動平均は月間全体で一定しており、月末月央の集中はない。

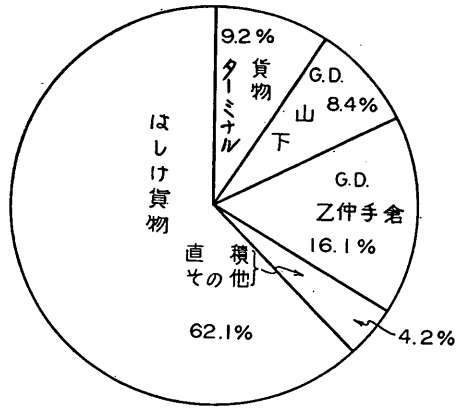
(2) 輸送機関別比率

搬入搬出の輸送手段から見ると、その分担比は3ヶ月とも一定であり、搬入でトラック、はしけ、鉄道がそれぞれ50%、40%、10%、搬出でトラック、はしけ、本船がそれぞれ60%、20%、13%である。ここにいう本船は本船積み込みであるが、先の本船側統計の示すように、隣接バースにけい留した本船、その他への搬出である。

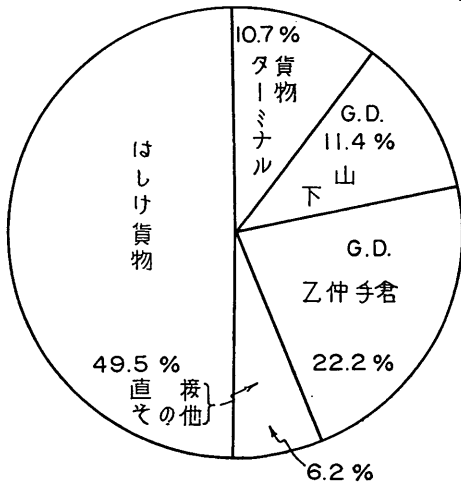
(附表-3)

前述のように、ふ頭着岸本船の荷役の大部分が、輸出

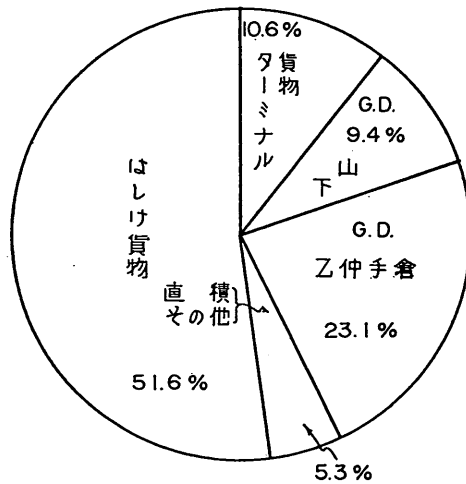
ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究



41年 北米向指定船搬入経路別
船積貨物比率表
半径：41年度全貨物を基準とした比率



42年



43年

図-3.2 船積貨物経路

貨物であるから、背後地からのトラック搬入とトラック、はしけ、本船による搬出が、輸送機関比率として大きいと予想されるが、搬入の中のはしけが40%、搬出の中のトラックによるものが60%と大きい結果になっている。これは、当上屋が純粋の輸出用上屋でなく、本船からはしけによる揚げという輸入貨物のための基地として利用されていることを示すものである。事実輸出入の比率を9月、10月の上屋伝票から拾うと輸入貨物が30%を占めておりこれからはしけ搬入、トラック搬出という流れがかなり多いことがうかがわれる。

要するに2号上屋に入っている貨物は次の三つが重なっていると思われる。

- (i) 輸出貨物；トラックによる上屋搬入、はしけ、トラック、フォークリフトによる本船への積み込み、
- (ii) 輸入貨物；山下ふ頭以外にけい留した本船からはしけによる揚げ貨物の搬入、トラックによる背後地への搬出

(3) 在庫量

同期間について在庫量を調べると、月平均3300t～2900tで標準偏差370t、変動率11.4%である。搬出入の日単位での変動率60%に比して、在庫量の変動は少なく、直前のバース1近隣のバースの本船荷役の影響を見ることはできない。

3.3 倉庫活動

最後に、2号上屋の2、3階にある倉庫について見る。

(1) 月別日別搬出量

昭和43年9月、10月および44年3月の3ヶ月間について、業務資料より、日単位に搬出量を輸送機関別に集計し、長期の傾向を見るため、昭和39年から43年までの月別集計値を出した。長期的変動を附表-4に示す。39年より5年間について、各年の平均を見ると5000t/月から5900t/月の間で大体一定した値を取っており中央値で5600t/月である。この時の標準偏差は1100t、変動率19%である。

昭和43年9月、10月44年3月について、日別の搬出量の平均値、変動率を附表-5に示す。上屋の一日搬入量の平均320t/日に比較して中央値で240t/日とやや少いが日変動率は60%であって上屋と同様に活動の波は大きい。

(2) 輸送機関比率

搬入、搬出それぞれについて、輸送機関分担実績を附表-6に示す。搬入はトラック、はしけが50%、50%であり、搬出ではトラック、はしけが60%、30%で残り

を鉄道とバン詰が分けている。ここにいうバン詰めとは、倉庫近傍でコンテナバンに貨物を積み込む作業である。

(3) バース側と裏側の荷役

エプロンを考える場合、上屋倉庫の搬出入作業がバース側又は裏側のどちら側で行なわれるかによって、エプロン上の荷役の状態は、大きく異なる。その比率を調査しようとする場合、上屋は利用者が多数であることと、唯一の業務資料である上屋届からは、知ることが出来ないために上屋の比率の調査を断念し、倉庫の活動に対して業者の業務資料から、昭和43年3月と昭和44年8月のそれぞれについて資料を収集した。その結果を附表-7に示す。3月のデータではバース側51%、裏側49%であるが8月のデータではバース側70%、裏側30%となっている。3月の場合、倉庫の3号バース寄りクレーンが普段より稼働率が落ちていたことを考慮し、8月のデータを一般的なものとして今後の作業を進める。バース裏側は幅5m程の道路があり、隣接して鉄道敷があるため、荷役トラックはこの道路内に進入すると動きが取れなくなることのため総じて裏側の利用は少なく、利用の少ない鉄道を将来廃止することも考慮すべきと思われる。

3.4 バース付近の流動量

バースについて本船、上屋、倉庫の三つの点からその荷役活動を見てきたが、これを総合する意味で昭和43年10月の実績にもとづいて、一ヶ月当りのエプロン上の貨物流動量を図-3・3に示す。この値は概略を示すものであり推定も含まれているが、推定法は次のとおりおこなった。

- (1) 上屋搬出入量は1月当り8600tとして実績の分担比で、輸送機関に割りふる。
- (2) 倉庫搬出入量は1月6200tとして、実績から同様に処理した。
- (3) 本船については、43年2号バース取扱実績から月平均を求め、経岸貨物をすべてトラックによって他の地域から搬入されるものと仮定した。

4. 荷役活動とその特性

エプロン上の荷役活動の観測の目的でメモ・モーションカメラによる撮影を中心とした調査を44年3月と8月の2回にわたって行なった。本章ではその中から典型的なものとして3月の19日と20日間を選び、撮影した。フィルムをもとに、エプロンの利用状況を具体的に説明し同時に解析の際の基本的なものとなる活動の特性値を推

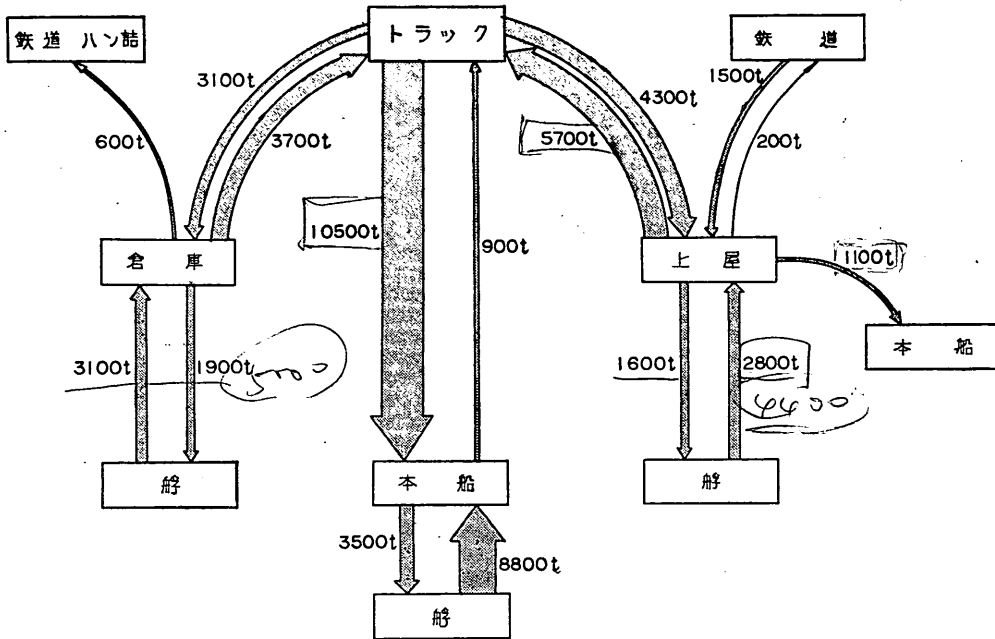


図-3-3 貨物流動図

定しておくこととする。その主なものは、エプロンへのトラックの到着に関するもの、トラックおよびフォークリフトの積載量に関するものとトラックの積みおろし作業時間に関するものである。

4.1 3月19日荷役状況

3月19日の写真から代表的な状態を表わすために、荷役開始時刻午前9時12分、午後1時(昼食後荷役開始時)、昼間の荷役の終了時の午後5時の3つを取り出して図-4-1、図-4-2、図-4-3に示す。この日の荷役状態を記述すると次のようになる。

(1) 本船の活動

本船の№1, №2ハッチで経岸荷役(本船積み込み)が行なわれていた。№4ハッチは、午前9時頃まで荷役が行なわれ、以後中断したまま午後5時まで経過している。これらの本船に積み込まれる貨物のうち、一部は上屋からフォークリフトで搬出されるものもあるが、大部分のものはエプロン上のA'~Dの本船側とA'~Eの上屋側の部分に仮置きされていたものである。図-4-1のA'~Aの本船側にパレットが置かれている場所にトラックが停止し、荷おろしが終了して退去した後フォークリフトがこれをA'~Eまでの上屋側エプロンに移しかえる作業が観察された。これらの貨物の一部がさらにフォークリフトで№1, №2ハッチの本船クレーン下まで

運搬されるがその量はトラック搬入に比して少なく、時間が経過するとともにエプロン上の貨物仮置き面積は増大してゆくことになる。その結果本船貨物は図-4-3に見るようにEおよびIの上屋側にも仮置きされる結果となっている。その他に本船に積み込まれるべき貨物用として空コンテナ(パン)がエプロン上に搬入されてきている。当日の朝からエプロン上にあったもの、途中でフォークリフトで搬入されるものを合わせて、午後5時以降はエプロン上のかなりの面積を占めていることが図からわかる。この他に本船に関連した動きとして見逃すことができないのは、K-3の部分に本船に出入する船員やその他の関係者のための乗用車や船用品、水道、電話取り付けなどのための車が入り出すことである。

(2) 倉庫上屋活動

次に倉庫荷役について見ると№1ホイストクレーンは、移動せず№2ホイストが搬入作業を行っており、搬入トラックがE-3, F-3の部分に到着している。ホイストクレーン№3, №4は3号パースと2号パースの間にけい留しているはしけからの搬入作業と同時に、トラックによる搬入出作業も行っており、ホイストクレーン下には貨物の滞留が生じている。上屋作業については、カメラの位置の関係から庫口の状態を写すことができず本船への到着貨物で上屋側に仮置きされる貨物と上屋貨

物との分離が明確にできない。

(3) トラック活動

トラックの停止の位置を全日について図上にプロットしこれを10m×10mのブロックごとに集計区分したものを図-4・4に示す。A～Dでのトラックの停車は全て本船貨物の搬入トラックがこの地点でおろし作業を行なっていることを示しており、E-3、F-2での非常な集

中は、No.2 ホイストクレーンで扱われた貨物を搬入してきたトラックの到着によるものである。L-1とK-1への貨物の到着は先に述べた船用品、荷役関係者の使用する車輛によるものである。その他、N-1、O-1にあるトラックは同一のトラックが荷役をしないまま長時間停車していたものである。この図からもこの日の荷役の大きな部分は搬入であると考えられる。

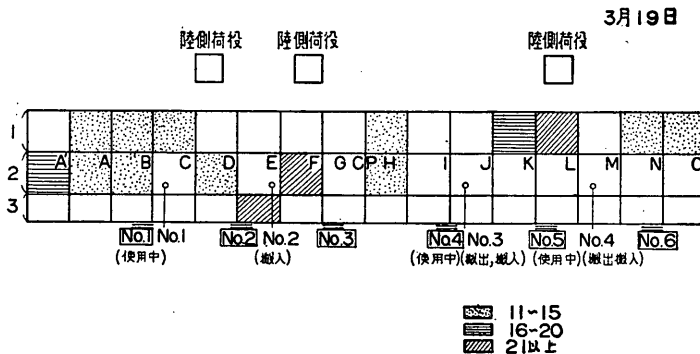


図-4・4 ト ラ ッ ク 滞 留 図

4.2 3月20日の荷役状況

3月20日について荷役平面図を示す(図-4・5, 図-4・6, 図-4・7)。

(1) 本船荷役はNo.1, No.2ハッチが主体であってNo.5とNo.4で午前中と午後それぞれ一部づつ荷役されている。No.3ハッチは一度コンテナが積込まれるだけでほとんど荷役されていない。荷役開始時のエプロン上の仮置の状態を前日と比較してみると位置的に多少の変更はあるが大略のところ一致しており前日から荷役されないままエプロン上に仮置きされているものが多いことが注目される点がある。エプロン上の活動で目に付くものを

挙げるとトラックによる本船貨物到着は前日ほどひんばんではないが行なわれており、A'～Cの両側に貨物がおろされている。また、Gの本船側にも仮置きされ、これらの一部は本船クレーン下にフォークリフトで運搬されるが大半のものはエプロン上に仮置きされて夜間荷役を待つものと思われる。本船にデッキ積みされるバンがエプロンに搬入され、午後5時の状態ではエプロンの担当部分がバンで占められている。一部のバンではエプロン上でバン積み作業が行なわれている。

(2) 倉庫搬入とトラック停車

この他の動きとして、倉庫への搬出入がNo.3, No.4ホ

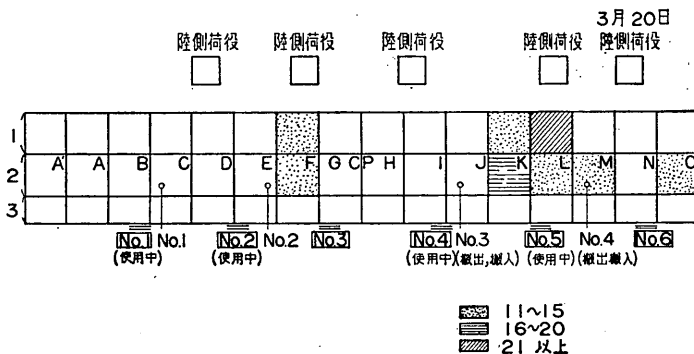


図-4・8 ト ラ ッ ク 滞 留 図

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

イストで行なわれておりその貨物は2号バース、3号バース間のはしけとトラックへの積み込みであった。この日のトラックの停止位置の度数分布を図-4・8に示す。前日のパターンとは異なり全体に数が少なく、前日ではA～Dの上屋本船の両側に位置していた、本船荷物の搬

入トラックの集中は見られない。この他、本船関係者の車の出入がK-3、L-3に多いことが注目される。

4.3 到着トラック数と目的

次に3月19日と20日の到着トラックについてフィルムから読み取った結果を表-4・1に示す。1時間当りの到

表-4・1 トラック進入および時間当り交通量

月日	時 間	全 進 入		搬入トラック数		搬出トラック数		通過トラック数		不明トラック数		ネット 間 隔	全進入台/時間
3/19	① 8:34~10:17	97台	56台/h	24台	14台/h	6台	3台/h	55台	32台/h	12台/h	7台/h	103	56
	②10:38~11:57	80	61	22	17	3	2	47	36	8	6	79	61
	③13:05~13:35	27	54	9	18	1	2	12	24	5	10	30	54
	④13:53~15:37	126	73	29	17	1	0	89	52	7	4	103	73
	⑤15:53~17:12	59	45	10	8	2	2	42	32	5	4	79	45
	計	389	59	94	14	13	2	245	37	37	6	394	59
1日(7.5hour)		443		105		15		278		45		—	—
3/20	① 9:20~11:05	117	67	29	17	9	5	76	43	3	2	105	67
	②11:37~11:55	9	15	1	3	0	0	4	12	0	0	20	15
	③13:05~14:30	85	60	11	8	6	4	58	41	10	7	85	60
	④14:48~16:00	53	44	5	4	1	1	45	37	2	2	72	44
	計	260	55	46	10	16	3	183	39	15	3	282	55
	1日(7.5hour)		412		75		23		292		23		—

着量は1日平均で19日は59台/h、20日は55台/hである。従って1日では412台から443台となり1バースについて400台程度のトラックが動いていることになるがその内訳を見ると通過トラックが60~70%を占めており、実際に考えているバースの荷役に関係しているものは残り30%程度である。次に1日の中の時間的な変動を知るために大まかに各フィルムでの1時間当り搬入、搬出；通過トラック数を1日の平均量と比較してみると大差なく1日中で大体平均して到着していると思われる。ただし12時~13時までは昼休みのため荷役活動が停止するのでその前後の荷役活動は低下する。20日のフィルム②はフィルムが丁度その間であったので特異な値を出している。19日についてはトラック停止位置からトラックの貨物を上屋、本船、倉庫の活動に分離させることを試みたが、上屋貨物と本船貨物との分離はできずこれを一体にして集計してみた(表-4・2)。これから搬入貨物の6割

は本船、上屋関係分であり、残り3割強が倉庫関係分である。搬出ではすべてが上屋から出ている。

表-4・2 目的別トラック台数(3月19日)

	計	(上屋本船関係トラック台数)	(倉庫関係トラック台数)	不明
搬 入	94	58	34	2
搬 出	13	12	0	1
計	107	70	34	3

4.4 トラック積載量とフォークリフト積載量

トラック1台に積載される貨物量とフォークリフトが1回のトリップで運搬する貨物量を知るために8月の写真観測と並行して目視によってその値を観測した。まずトラックについては、積載量そのものを調査する方法を取らず1台当りにパレット何回分積みおろしされたかを

図番号	I
年月日	44年3月19日
時刻(右カマ)	9:00:03
時刻(左カマ)	9:00:25

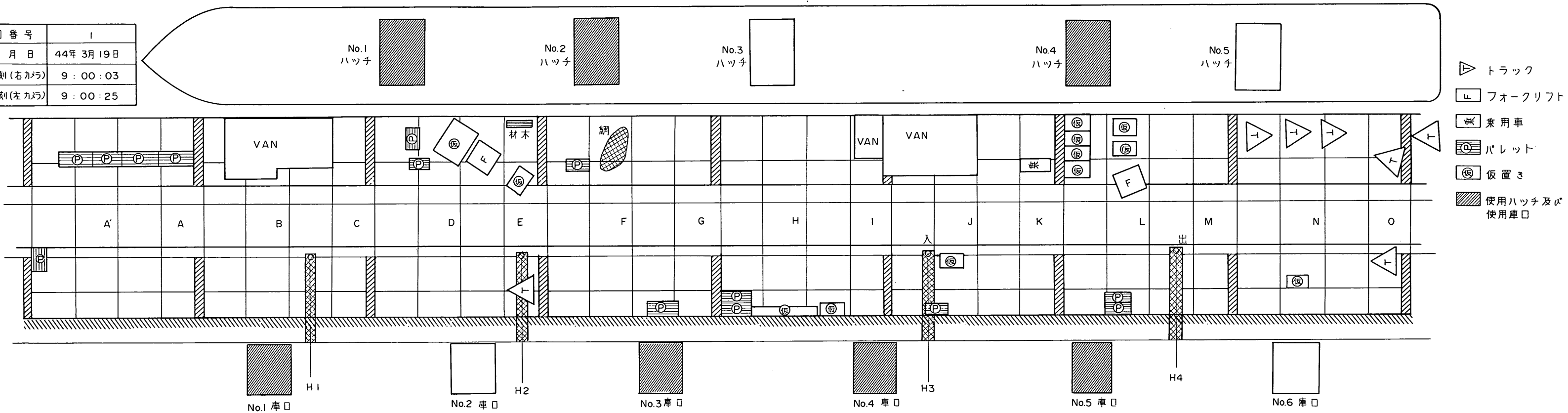


図-4・1 荷役概況図

図番号	9
年月日	44年3月19日
時刻(右カメラ)	13:06:38
時刻(左カメラ)	13:06:38

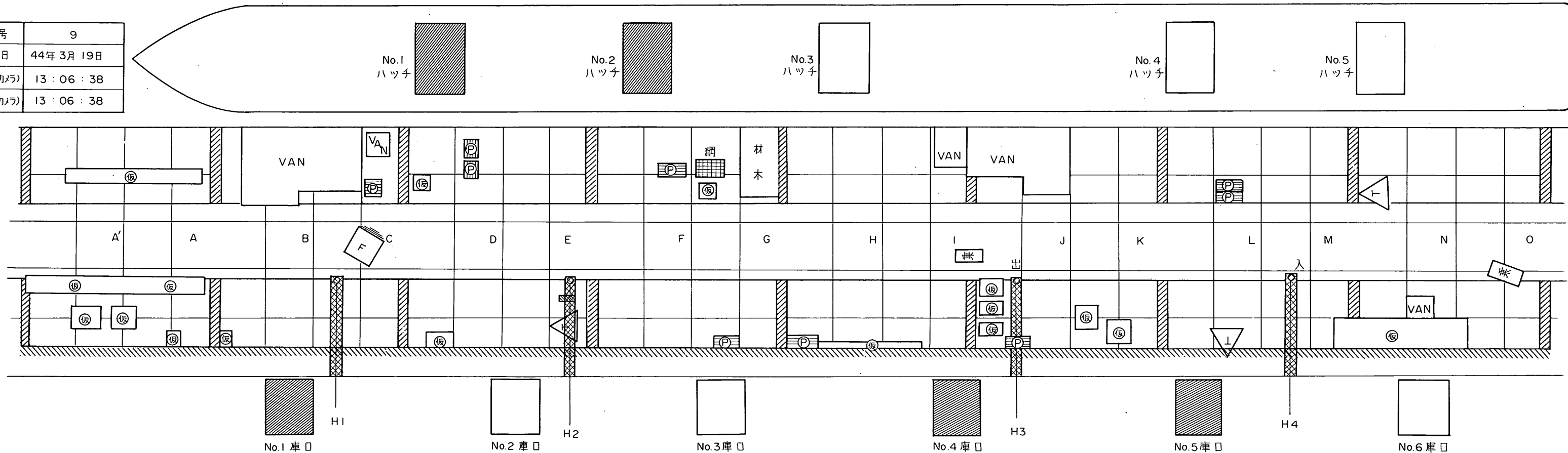


図-4・2 荷役概況図

図番号	20
年月日	44年3月19日
時刻(右カメラ)	17:12:45
時刻(左カメラ)	17:12:45

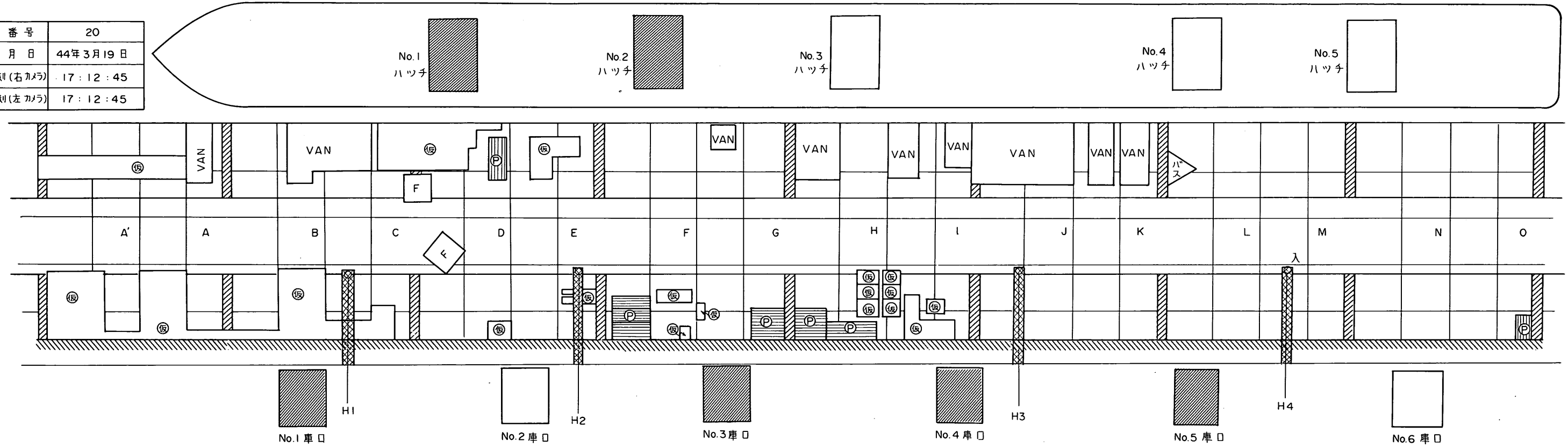


図-4・3 荷役概況図

図番号	I
年月日	44年3月20日
時刻(右カメラ)	9:31:31
時刻(左カメラ)	9:31:42

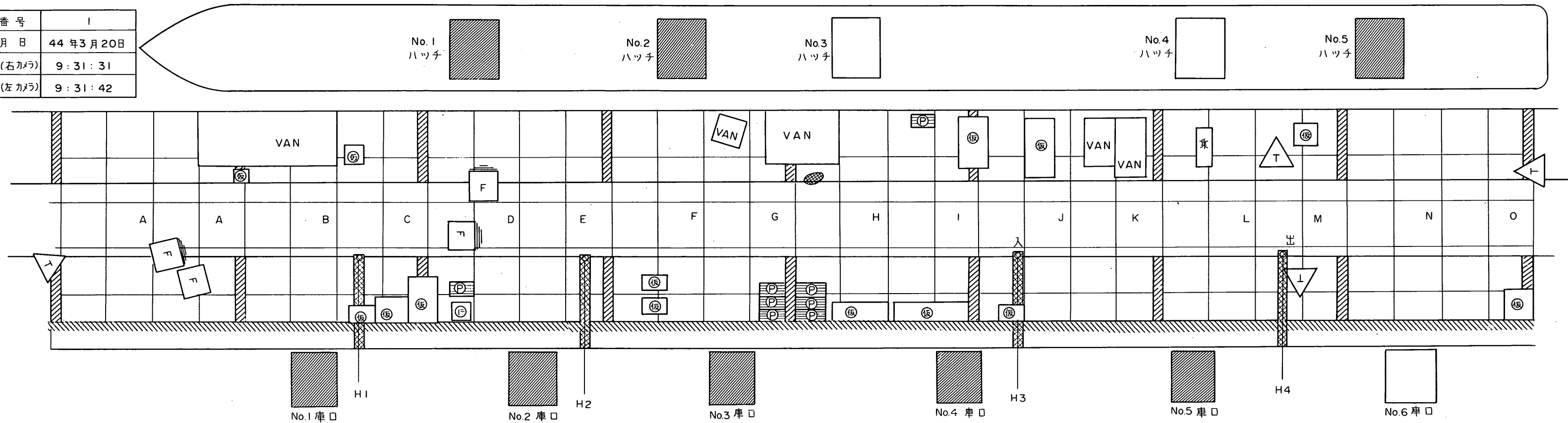


図-4・5 荷役概況図

図番号	7
年月日	44年3月20日
時刻(右カメラ)	13:05:20
時刻(左カメラ)	13:05:03

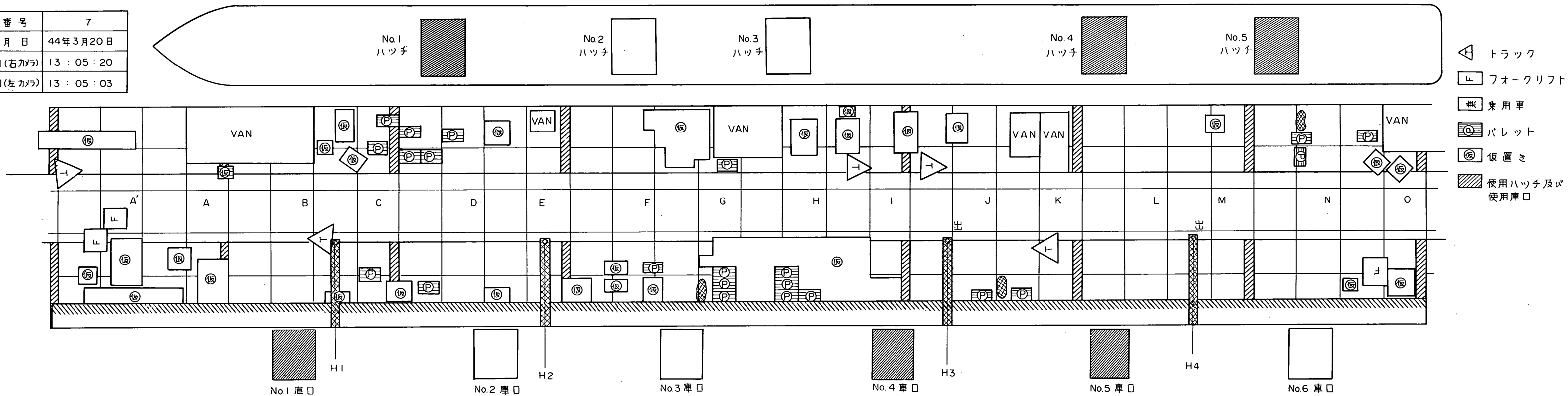


図-4・6 荷役概況図

図番号	16
年月日	44年3月20日
時刻(右カマ)	17:01:10
時刻(左カマ)	17:01:02

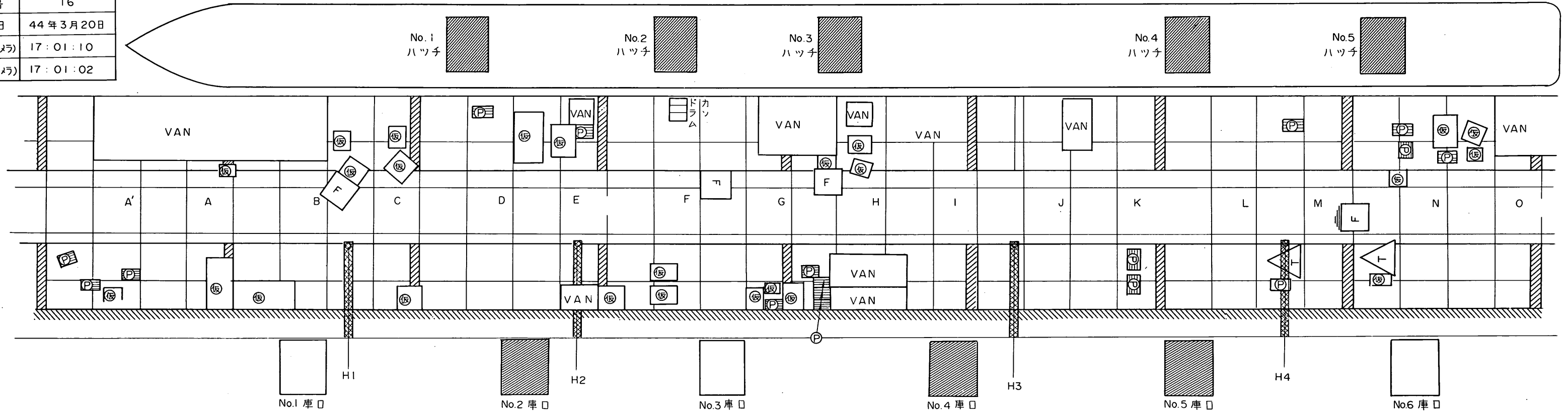


図-4・7 荷役概況図

回数	1	2	3	4	5	6	7	8以上
台数	11	9	21	33	10	6	6	7

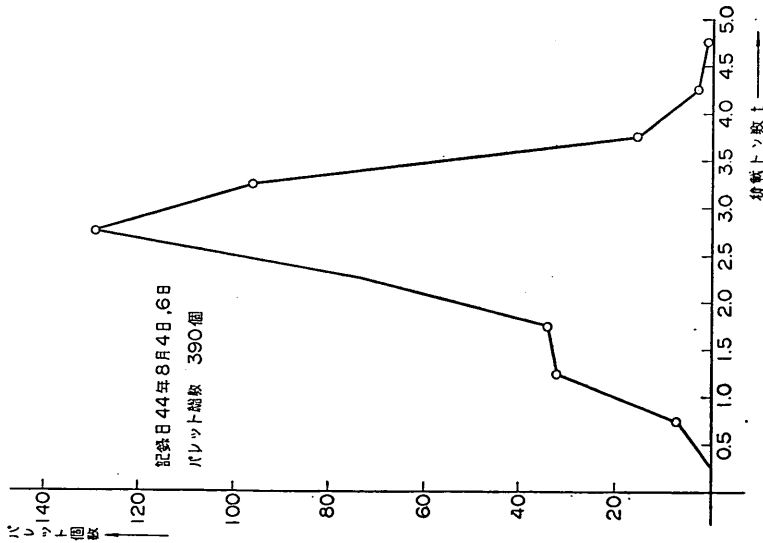
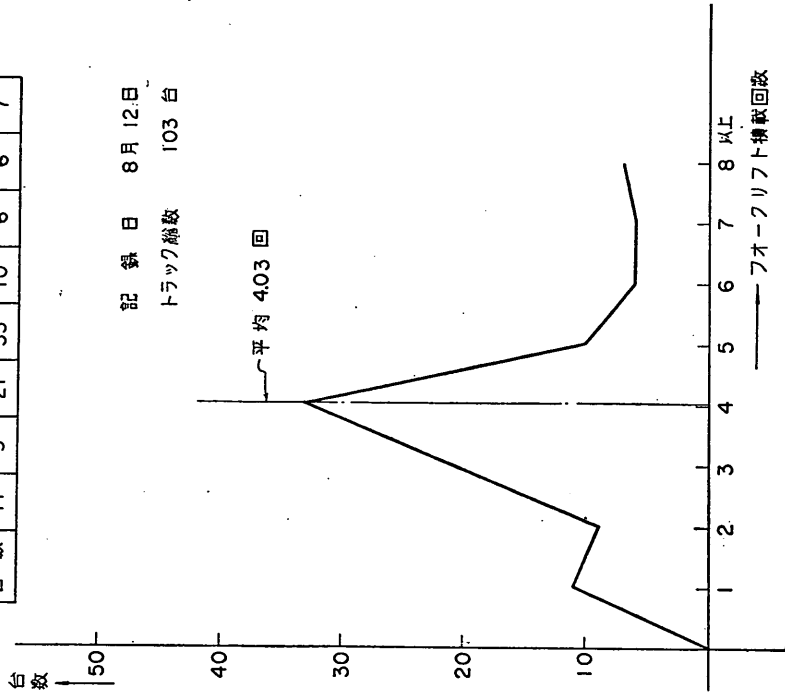


図-4.10 パレット一枚当りの積載トン数

図-4.9 トラック積載量

観測し後に述べる1パレットの積載量から1台当り積載量を推定する(図-4.9)。

8月6日, 7日, 8日と12日の4日間について, 横軸にフォークリフトが積み込みまたおろしを行なった回数

(パレット数)をとり、縦軸にトラック台数を取って頻度分布に描いた。このうち本船からトラックへ貨物を積み込む作業は、近くのバースへの横持ちで特殊なものと思われるのでこれを除いて考えると平均4.03回の単一の山を持った分布が得られる。

次にパレット1回当りの積みトン数を知るために、8月4日と8月6日の2日間でエプロンと上屋上にあるパレットについて取れるだけのデータを収集した(図-4・10)。これを見ると平均が1パレット当り2.6tの正規分布に近い分布をすることがわかる。

4.5 トラック荷役時間と作業内訳

フォークリフトによるトラック積みおろしのサイクル時間の観測を132台のトラックについて行ない、各トラック1台について平均のサイクル時間(フォークリフトがトラック上の貨物をピックアップしてから、次のピッ

クアップまでの時間で定義する)を求めて、度数分布の形で図-4・11に示す。トラック1台に積みおろすフォークリフトの回数は、4回であるから、1台当りの荷役時間としてサイクルタイムを4倍してこのグラフで近似させる。この値を平均10分、フェーズ2のアーラン分布と比較すると近似した傾向があり、適合度の検定を行なうと、同一分布とみなせる。したがってトラックの荷役時間の分布は、平均値10分のアーラン分布として取り扱う。サイクル時間の分布として同図をもう一度眺めると、平均1.5分の三角形分布と、これに長いサイクルの時間が付加されている。前の部分はトラックとフォークリフト間の荷物の受け渡し作業だけであるのに対し、後の部分は、その間に貨物をパレットに乗せる作業、パレットから貨物をトラックに直接積み込む作業が介在し、それによる遅れが加わったものと思われる。したがって1.5分の三角形

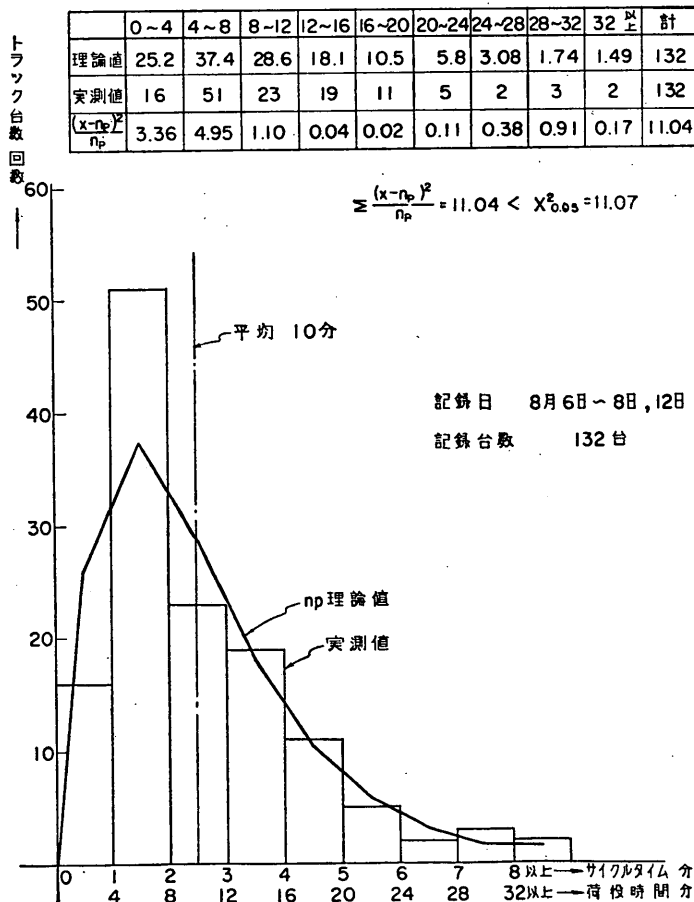


図-4・11 フォークリフトサイクルタイムおよび、トラック荷役時間

分布がフォークリフト固有の作業と思われるので90秒のサイクル時間を基本にして、その内訳の作業を大別し、

- (1) 貨物上げ作業
- (2) 積み走行
- (3) 貨物おろし作業
- (4) から走行

とする。

このうち貨物上げ作業、おろし作業に必要な時間をフィルム上から計測する 附表-8 のようになり、大体10秒程度と考えることができる。したがって、積み走行、から走行の時間を等しいとすれば、(1)~(4)の作業時間は10秒、35秒、10秒、35秒と仮定できる。次にフォークリフトの走行速度について見ると40ケース計測して、10mの走行時間は4.1sec(9km/h)である(附図-8参照)ことがわかる。

5. 荷役活動のモデル化

これまでの検討をもとにして、エプロン上の荷役活動のモデル化を試みた。エプロン上の荷役活動のうち、上屋、倉庫への貨物の搬出入については、その活動レベルに対応して上屋庫口の前面やホイスト・クレーン下の一定面積を占有するという形で処理し、それに一時的なトラックの滞留をつけ加える。はしけと上屋、倉庫あるいは上屋、倉庫間の横持ちなど主としてフォークリフトによる貨物の移動はこれをエプロン上の通路を利用する通過交通に含めて取り扱うことにする。

観測の結果から推定されるふ頭エプロン上の最も混雑が予想される期間は、4の例からも推定されるように本船への輸出貨物の搬入が継続して行なわれ、エプロン上に仮置きされる貨物が増加してゆく場合であり、仮置き貨物の増加にとまってエプロン上の自由面積が減少し——みかけ上、エプロン面積が減少したことと同様になる——フォークリフトの活動の能率の低下が現われる。もし貨物の到着が一定の割合で続くとすれば、荷役待ちのトラックが急増し、エプロン上の活動の能率が激減することになる。フォークリフトの能率の低下は通過交通量と、エプロン上の自由面積の減少にとまって起こり、これがエプロン上の荷役活動の能率を現状では規定していると考えられる。

ここで以下の検討の便を考えてふ頭エプロンの面積の表現についてこの報告書の中で使用される用語の定義づけをしておく。

基本面積：エプロン全体の物理的な面積、すなわち

岸壁前面から上屋庫口前面までの幅にバースの長さに乗じた値である。

占有面積：次に記すような1)~4)の活動によって占有される面積である。1) 上屋庫口前と階上倉庫のホイスト・クレーン下の面積で、それぞれの活動のために貨物の一時仮置き、フォークリフトの通路などとして使用されるもの。2) 道路としての面積。現状ではエプロン上に道路としての面積が明らかに設定されている。これは当該バースに関係する車輛の通行のためだけではなく他のバースへの通過交通にも使用されている。3) 本船荷役が岸壁側で行なわれる場合に当然生じる本船デリック・クレーン付近の荷捌きのための面積。これに付随して貨物の一時的な仮置き、滞留の面積も必要となる。4) 荷役以外の目的での本船への出入を確保するための面積。主として本船のタラップ付近で駐車がおこなわれる。

以上の1)~4)の占有面積は必ずすべて必要になるとは限らず、エプロン上の荷役活動の状況に応じて種々の組み合わせが生じるので、占有面積もそれぞれのケースでの各要素の合計として求められることになる。

最大荷役面積：基本面積から占有面積を除いたもの。現在のところエプロン上の荷役活動の中心となっている本船積込み貨物のエプロン上の仮置きを主とする荷役作業に使用される面積の上限を与える。

自由荷役面積：最大荷役面積は時間の経過とともに変化してゆく、基本的には仮置き貨物の増加にとまって減少し、荷役中のトラックやエプロン上で荷役を待つトラックの数によって変動する。このようは滞留面積を最大荷役面積から引きさったものをその時点での自由荷役面積とする。

この関係を 図-5・1 に示す。この自由面積の広さと、エプロン上の道路を通過するフォークリフトおよびトラックの交通量がエプロン上の混雑の程度を決定する主要な要因をなすと考えられる。混雑が激しくなれば荷役活動の能率の急激な低下が生じ、ついに活動の停止にいた

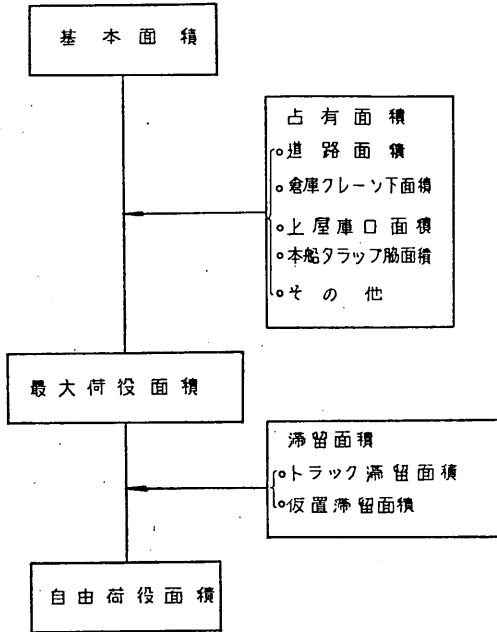


図-5-1 エプロン面積の区別

る。現況での経岸貨物量の上限は、このようにして決まる。実現可能な荷役強度の限度に対応しているものと予想できる。このような関係をシミュレートしてゆくためのモデル化が本章の中心課題である。

観測結果から次の2つの仮定がほぼ確実に成立することがわかっている。

- 1) エプロン上へのトラックの到着、エプロン上での通路の通過交通はいずれもポアソン分布にしたがう流れである。
- 2) フォークリフトによるトラック貨物の積みおろし作業のサイクルタイムは、フェーズ2のアーラン分布に従う。

まず、図-5-2のように考えてみる。通過交通の平均

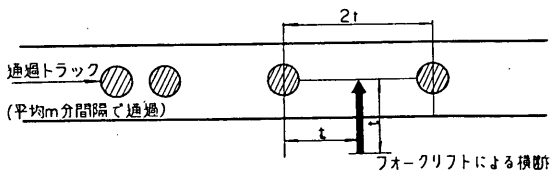


図-5-2 フォークリフトの横断とトラックの通過

到着間隔を m とし、荷役中のフォークリフトがこの通路を横断するのに必要な時間を t とすれば、フォークリフトが通路を横断するために待つこととなる確率 p_0 は1)の仮定のもとでは次式で表わせる。

$$p_0 = \frac{1}{m} \int_0^{2t} e^{-\frac{1}{m}t} \cdot dt$$

この場合、最初の1台を通過させるためにフォークリフトが待たなければならない平均待ち時間 A は

$$A = \frac{1}{m} \int_0^{2t} e^{-\frac{1}{m}t} \cdot \frac{1}{2} \cdot t \cdot dt$$

となる。

連続して2台目の通過交通を待たなければならない確率 p_1 と平均待ち時間 B は同様にそれぞれ次のように表わされる。3台目以降についても全く同じことがあてはまるのは当然である。

$$p_1 = \frac{1}{m} \int_0^t e^{-\frac{1}{m}t} \cdot dt$$

$$B = \frac{1}{m} \int_0^t e^{-\frac{1}{m}t} \cdot t \cdot dt$$

各回数連続した待ち合わせについて全部を考えたとき、平均待ち時間の期待値は、 $q_1 = 1 - p_1$ とおいて、整理すると次式で表わされる。

$$Wq = p_0 \frac{A \cdot q_1 + B \cdot p_1}{q_1}$$

実際の荷役活動では、エプロン上の自由荷役面積の値によって t の値が変化することがこの問題の取り扱いを面倒にしている理由である。ここでは、エプロン上を走行しているフォークリフトの速度をフィルムから計測し、自由荷役面積が最大荷役面積に等しい場合の t_1 を求め、自由荷役面積が0に近づいた極限では、フォークリフトの走行のほとんどが通路上でおこなわれるとして t_2 を求め、 t の値を自由荷役面積の関数として t_1, t_2 間で二次近似させる方法をとった。

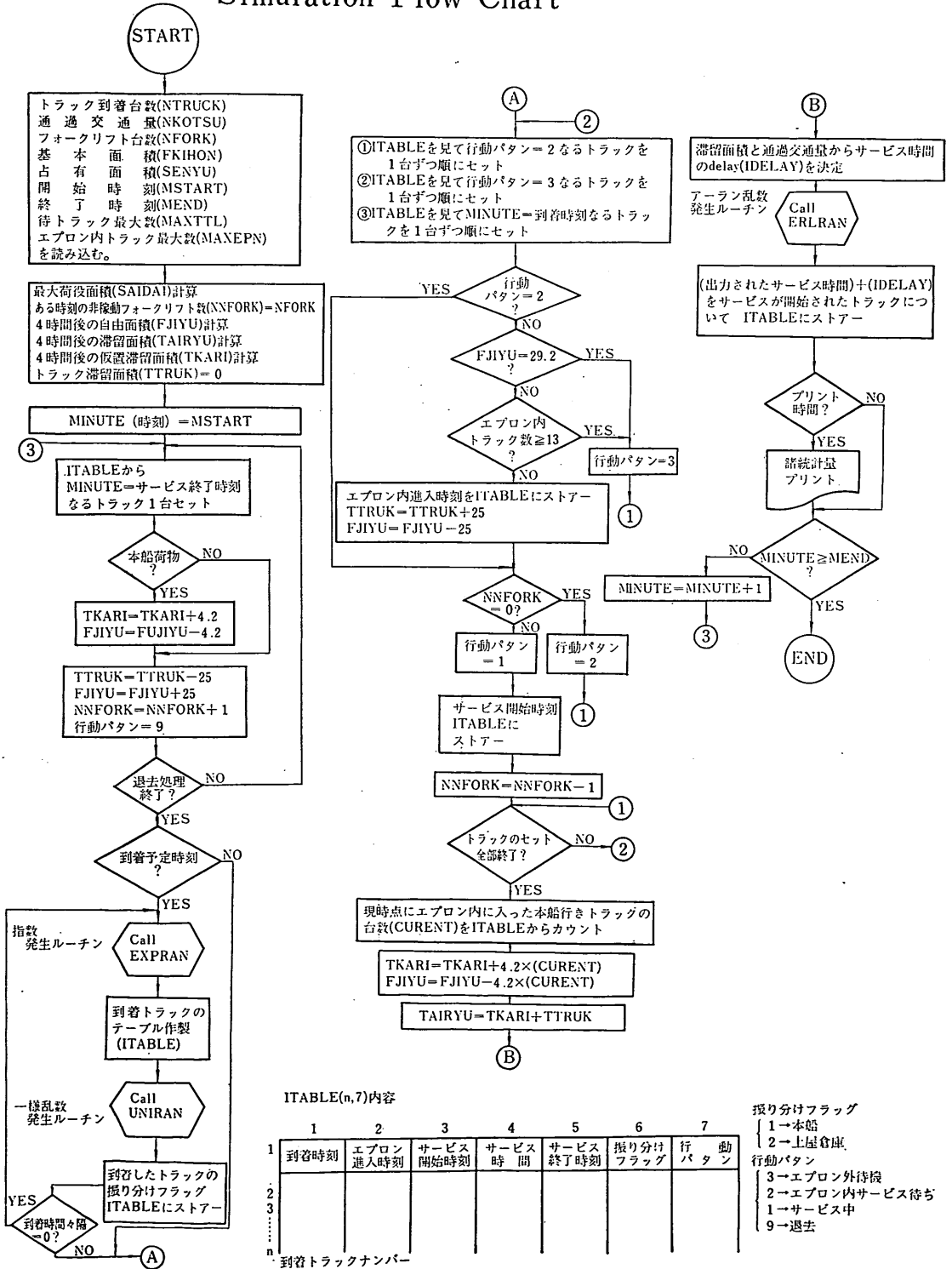
エプロン上の自由荷役面積の減少は、ポアソン分布（これは仮定する荷役強度によって平均到着率が決まる）に従うトラックの荷おろしによって起こるとし、トラック1台当りの貨物によるエプロン上での仮置き面積は実測値から求める。

図-5-3は、このようにして作成されたシミュレーション用のモデルの流れ図 (Flow Chart) である。

この説明をかねて、エプロン上の動きがどうシミュレートされているかを簡単に述べると次のようになる。

1. エプロン外に到着したトラックについては、エ

Simulation Flow Chart



ITABLE(n,7)内容

	1	2	3	4	5	6	7
1	到着時刻	エプロン進入時刻	サービス開始時刻	サービス時間	サービス終了時刻	振り分けフラッグ	行動パターン
2							
3							
...							
n							

到着トラックナンバー

振り分けフラッグ

- 1→本船
 - 2→上屋倉庫
 - 3→エプロン外待機
 - 2→エプロン内サービス待ち
 - 1→サービス中
 - 9→退去
- 行動パターン

図-5.3 フローチャート
- 249 -

ブロン上の自由面積を見て、トラック面積と貨物仮置き面積分だけの余裕があるかどうかを判定する。もし面積が不足する場合はエプロン外で待つ。

2. エプロン内でフォークリフトによる積みおろしの荷役を行なっているトラックおよび荷役を待っているトラックの数の合計が1台を越えている時はエプロン外で待つことにする。この仮定の意味は、エプロン内に荷役待ちのトラックの数が極端に増加してそれによる混雑が荷役能率を低下させることを防ぐための処置である。

3. エプロン内に進入したトラックについては、エプロン内のフォークリフトの数を検討し、不荷役のフォークリフトがあれば積みまたは荷おろし作業を開始し、フォークリフトがすべて荷役中であれば、エプロン内で荷役されるのを待つ。

4. フォークリフトによる荷役作業は積みおろし作業や、本船貨物が上屋倉庫貨物か無関係に、あらかじめ与えられた数のフォークリフトによって行なわれる。その荷役時間と混雑度の関係は前段で述べたとおりである。

5. 荷役が完了したトラックについてはエプロン上から退去させるが、本船トラックの場合はトラック退去後も貨物はエプロン上に仮置きされるからその分だけ自由面積を減少させる。

6. 本船貨物は最終的には本船に積み込まれるが、このモデル中においては、少なくとも午前9時から午後5時までの間はエプロン上に放置され、本船のエプロン側荷役は行なわれたいとする。

7. 計算時間としては1日の荷役活動を考える。

このモデルにしたがってシミュレーションを行なう際に必要となるインプットデータと、結果として求めたアウトプットは次のようなものである。

インプットデータ

- 1) トラック到着台数(平均到着率)
- 2) 本船、上屋倉庫のトラック比率
- 3) フォークリフト台数
- 4) 通過交通量(単位時間当り)
- 5) エプロン面積
基本面積
占有面積

このほかに常数として、前述の t_1, t_2 トラック1台の貨物の占有する仮置き面積、などいくつかのものがある。また、自由荷役面積の急激な変化(モデル内での)を起さずに、計算時間を短縮するために、自由面積の変化

の計算は、フォークリフトによる荷役開始時にトラック積量の1/2、終了時に残りの1/2に相当する量を減少させることとした。

アウトプット

- 1) トラックの待ち数と待ち時間
- 2) 荷役時間
- 3) エプロン上の自由荷役面積と占有状態
- 4) エプロン上でのトラックの待ちの状態
- 5) フォークリフトの遊びの状態

次に、シミュレーションを実施するためにインプットデータの数値を決定してゆく。

(1) トラック到着台数——本船経岸荷役量——

1隻当りの本船荷役量を3,000tとし、——この値は実績値のうち幾分多い方である。——対応するけい留時間を48時間と仮定した。(ただし、この仮定はこのシミュレーションでは変えても結果にはあまり影響しない。)全荷役量のうち積み込み貨物を昭和43年の山下2号パースの実績から81.1%とした。次にエプロン上の活動の観測にもとづいて、これらの本船積み込み貨物の80%がけい留時間の前半の日中(9時~17時)に搬入されるという大胆な仮定を設けた。

この間は本船の積み込み作業は行なわれたいものと考へ、貨物の仮置きが増加する期間とした。したがって1日の本船貨物の搬入量は次式で求められる。

$$3,000 \text{ t} \times 0.811 \times 0.8 = 2,000 \text{ t}$$

観測データから求めたトラック1台当りの平均積載量10.4t/台を用い、これに対応する荷役時間7時間の毎時の平均トラック到着台数を求めると、経岸荷役量の比を50%, 75%, 100%としてそれぞれ13.7台/時, 20.6台

表-5・1 上屋倉庫貨物量

	上 屋		倉 庫	
1日当り搬出入総量	640 t		480 t	
海側、陸側搬出入比率	90%		70%	
陸側貨物	576 t		336 t	
輸送機関別比率	トラック	その他	トラック	その他
	57%	43%	54%	46%
輸送機関別貨物量	328 t	248 t	181 t	155 t
上屋倉庫貨物合計	509 t		403 t	
	56%	44%		

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

表-5・2 トラック台数およびフォークリフトトリップ数

	1日扱い貨物総量	フォークリフトのみによる移動貨物	トラック貨物	ハンケ貨物	フォークリフト、トリップ数	トラック台数	到着台数および本船トラック比
上屋倉庫搬出入量	912 t	403 t	509 t		157回/day =24回/hour	48.9台/day =7台/hour	
本船貨物搬入量	2,000 t	(経岸荷役率) 50%	1,000 t	1,000 t		96台/day =13.7台/day	20.7台/hour (66.3%)
	2,000 t	75%	1,500 t	(500 t)		144台/day =20.6台/hour	27.6台/hour (74.7%)
	2,000 t	100%	2,000 t	(0 t)		192台/day =27.3台/hour	34.3台/hour (82.0%)

- フォークリフトの1トリップ当りの移動量 2.6 t
- トラック1台平均積載量 10.4 t

- 荷役時間は、1日7時間
- 本船けい岸荷役比を(50%, 75%, 100%)と仮定する

/時、27.3台/時となる。

(2) トラック到着台数——上屋、倉庫の荷役量——
上屋、倉庫の荷役量を観測と同時に集収した資料にもとづいて表-5・1のように求めた。ただ上屋のエプロン側の使用の比率については資料が不足していたので、倉庫の実績をもとに90%と見積った。

(1)および(2)の結果を表-5・2にまとめた。フォークリフトの台数については可変としておいた。

(3) 通過交通量

エプロン内の道路の通過交通量を観測結果にもとづいて表-5・3のように求めた。表中の第1欄は純粋な通過交通量である。目視観測の結果では最大40台/時であったので、規制を加えるケースを想定して20台/時と0台/時という3水準で考えることとした。フォークリフト

表-5・3 道路上通過台数

1時間当りの通過台数(台)	フォークリフトによるトリップ数(回)	エプロン荷役トラック台数(台)	合計
40	48	21	109
		28	116
		34	122
20	48	21	89
		28	96
		34	102
0	48	21	69
		28	76
		34	82

のトリップ数については表-5・2によって24回/時であるから、から走りを含めると2倍の48回/時となる。第3欄についてはトラックの動きそのものは道路から滞留へ、滞留から道路へと断続的になるが、マクロ的にみれば通過トラックに加えてよいと考える。これについても表-5・2を援用して3水準で扱おうこととした。

(4) エプロンの面積

各種の占有面積および滞留面積を表-5・4のように考え、今回のシミュレーションでは最大荷役面積を表-5・5のように試算した。これらの値の計算にはフィルムを映写して目視して推定し、庫口、クレーンは常に使用されると仮定した。したがって、これらの数値は必ずしも厳密なものではない。

(5) 荷役時間の遅れと混雑の内容

表-5・4 占有および滞留面積の基本値

	幅および長さ	面積
上屋庫口通路	6 m × 7 m	42 m ² /庫口
ホイストクレーン仮置	8 m × 7 m	56 m ² /庫口
本船タラップ下通路	20 m × 8 m	160 m ²
トラック滞留面積	(2.5+0.8) m × 8 m	26.4 m ² /台
パレット面積	1.7 m × 1.2 m	2.14 m ² /枚
トラック1台分貨物	4 × 2.16 m ²	8.4 m ² /台

荷役が閑散な場合は、平均10分のアーラン分布であり混雑が増すにつれ、平均が先に誘導したWqだけ右側に移動したアーラン分布であると仮定する。Wqは平均値でありトラックの遅れは確率変数であるが、試行を数多

表-5.5 最大荷役面積の計算

面積種類	幅, 長さおよび個数	面積
基本面積	23m×150m	3,450m ²
道路面積	8m×150m×1個	1,200m
上屋庫口	42m ² ×6個	252m ²
倉庫クレーン面積	56m ² ×4個	224m ²
本船タラップ下面積	160m ² ×1個	160m ²
占有面積計	—	1,836m ²
最大荷役面積	—	1,614m ²

く繰り返せば、平均値に漸近するので、単純化してここでは期待値を取り抜かう。前章の考察から作業が閑散の場合は、道路上にフォークリフトが存在する時間は4秒とし、自由面積が0のとき（滞留面積=最大荷役面積）の場合、存在時間が35秒になるとして、 $t_1=4$, $t_2=35$ 秒として、図-5.4に Wq を求めた。実際の計算にはこれ

を簡便化して表-5.6に示す数値を使用した。通過台数は、30台きざみである。

表-5.6 混雑と荷役時間

荷役時間 遅れの 通過台数*	通過台数		
	120台/h	90台/h	60台/h
0分	0~980(m ²)	0~1,100(m ²)	0~1,270(m ²)
1	980~1,300	1,100~1,450	1,270~1,650
2	1,300~1,480	1,450~1,620	1,650以上
3	1,480~1,600	1,620以上	
4	1,600以上		

* 通過台数は30台/hきざみとしその間の値は三つのうちのどれかに割り付けられる。

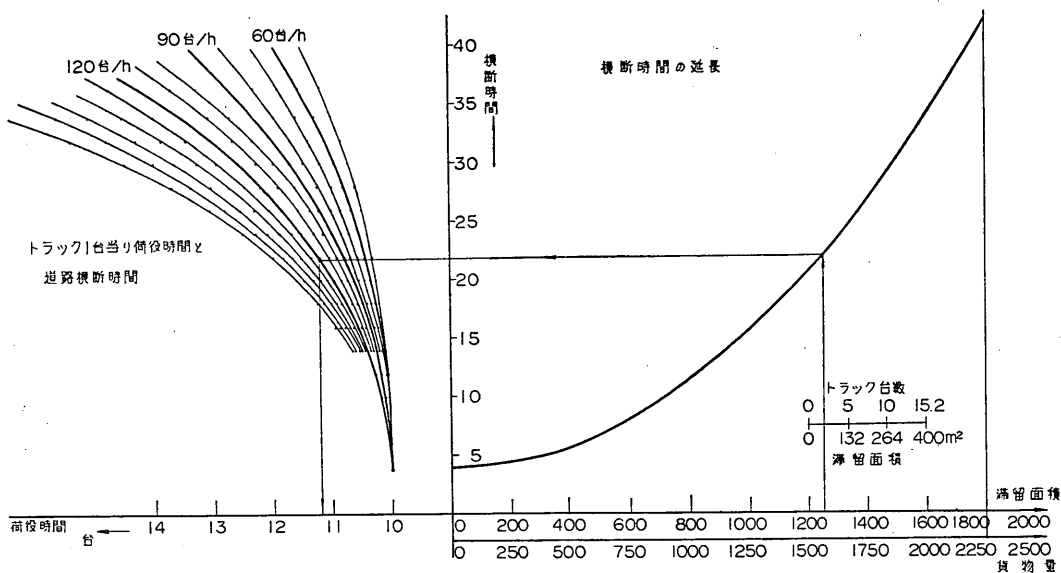


図-5.4 混雑度と荷役時間

6. 演算と考察

シミュレーションを行なう場合に、前提条件として問題となるのが、使用する乱数の性質と、シミュレーション結果の安定の問題であるので、種々の荷役条件のもとで

の演算結果について論ずる前に、これらのことに簡単に触れておく。まず乱数については一様乱数の性質を検定するために、一様性の検定と、連の検定を行なった（附表-8, 附表-9）。

(i) 一様性の検定；0~1区間を10等分して、1,000個単位の乱数について、各々の単位ごとに各区分に入っ

た乱数をカウントして、一様性について χ^2 の適合度検定を行なった。その結果を附表-9に示す。

(ii) 連の検定;ある値より以上の数だけが連続して現われたり、又はその逆に、小さい数だけが連続することの程度が乱数としての範囲に入っている事(runs above and below) および、増加の傾向と減少の傾向と、適当にが組み合っていること(runs up and down)の2つを、1000個を1単位として、100単位について、検討した(附表-10)。

これらの結果から、使用した疑似乱数の性質は充分満足すべきものと判断できる。

(1) 結果の安定;次に計算として何日ほど計算を行なえば、結果が安定してくるかを検討するために、試験的な方法として、後に詳述するケースIの場合について、①トラックの待ちの総数と、②エプロン内のトラック総数、すなわち荷役中のトラック数と、荷役を待っているトラック数の合計に注目して、試行を5日から30日までの間、5日きざみでその日まで平均を計算して、グラフにした(図-6・1、図-6・2)。このグラフで見ると15日以後は、傾向は近似しており、30日の値との開きは両方の図の場合最大でもトラック2台を越えることはない。これを、やゝ詳しく見るために、図-6・1においてモデル内時間で、300分、350分、400分の各時点でのトラックの待ち台数が、試行日数を延長するに従って、平均値として如何に変化するかを見る。他の図も同じ傾向であるので、図-6・3に、341~350分の10分間の待ち台数について示す。これによれば、14日目から平均値は横ばいの傾向が現われ、上下とも0.5台数程度の変動が、繰り返

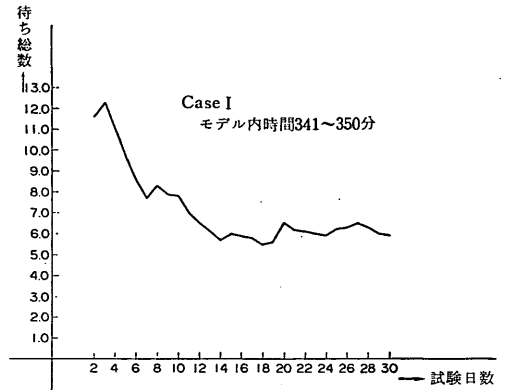


図-6・2 エプロン内トラック総数

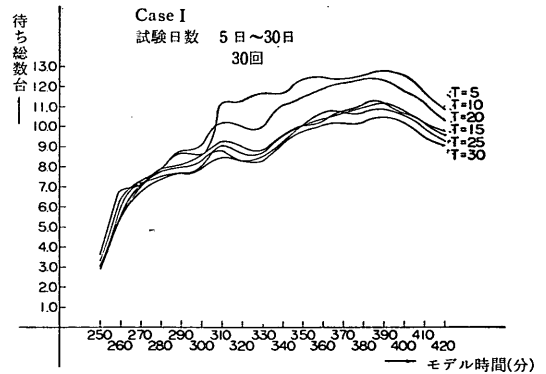


図-6・3 シミュレーション結果の安定

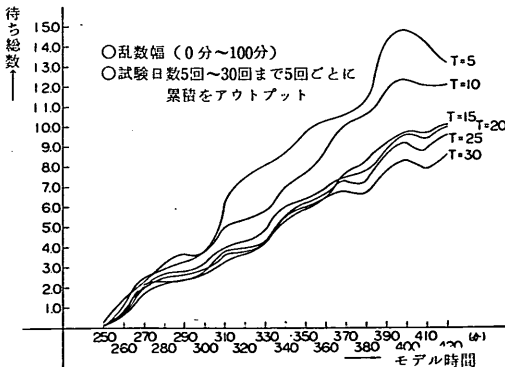


図-6・1 トラック待ち総数

されているのに過ぎない。したがって、20日程度の試行を行なって平均値をとれば、それで結果を推定したとしても、 ± 0.5 台程度の誤差を見込めばよいことがわかる。したがってこの結果から20日の平均を値もって各ケースを代表させて議論することにする。

(2) 演算結果;表-5・5から、数字を部分的に修正して、最終的に、次の4つのケースについて計算を行なった(表-6・1 270頁参照)。通過交通量について見ると、混雑度とトラック荷役時間との関係で、通過交通については、30台/時程度の台数のきざみが有意であるので、最終的には、I、II、III、ケースについて、通過交通量は

いずれも90台/時になっている。ケースIはいわば現状に対応し、ケースIIIはエプロンの状態から見て、非常に過大な交通量になると思われる。次にケースIIIで上屋側（倉庫含む）の活動が全く禁止されるか、又は、パース裏側から荷役する等の処置を取ったと仮想してシミュレートしたものがケースIVである。したがって上屋倉庫に

関係したトラックを0とし、上屋倉庫作業のための占有面積を、最大荷役面積に加算して考える。この各ケースについて、(1)エプロンでの待ちトラック台数、荷役台数、(2)エプロン面積の滞留仮置きの状態、(3)トラック待ち時間と荷役時間の3つの項目についてその結果を図-6.4、図-6.5、図-6.6に示した。

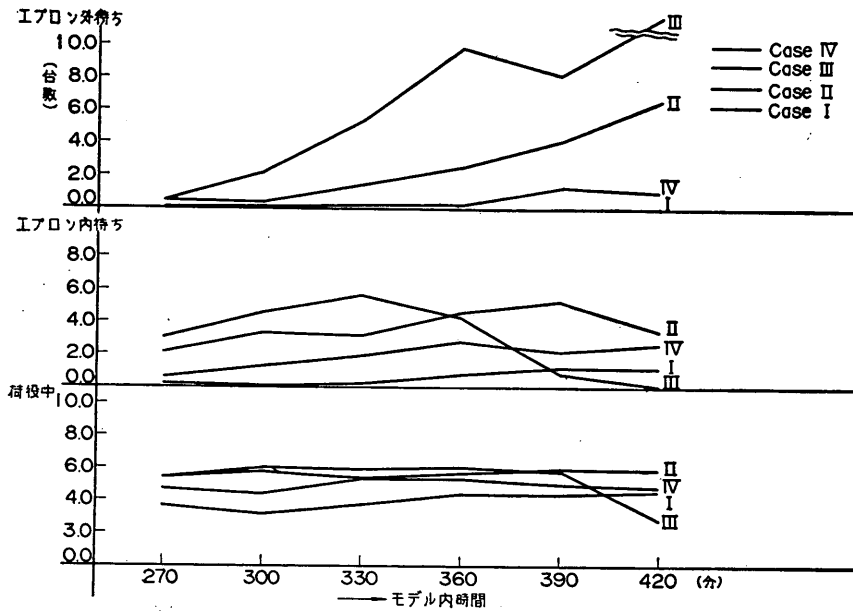


図-6.4 トック待ち状態

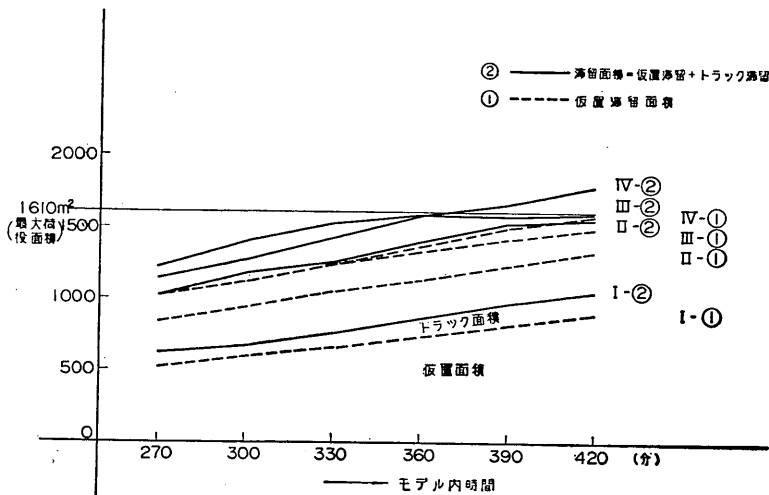


図-6.5 エプロン状態

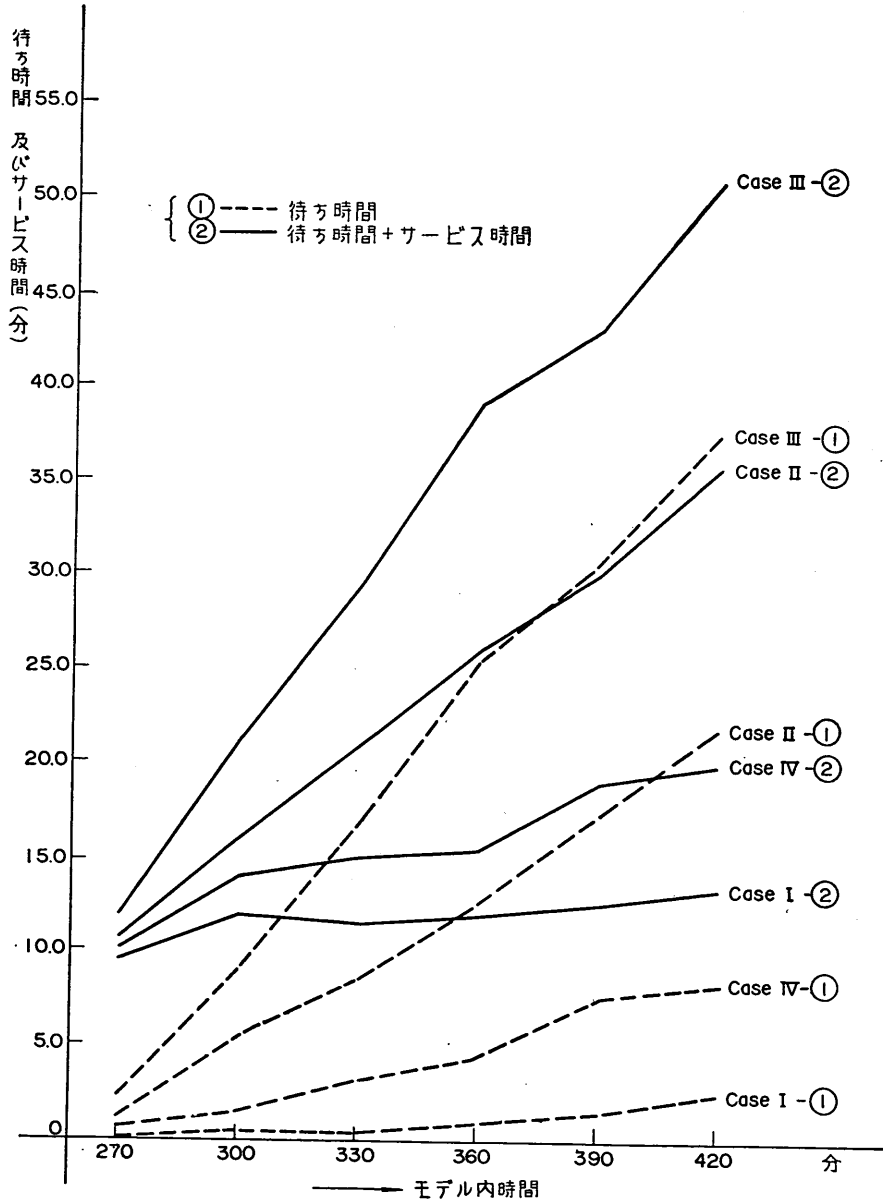


図-6.6 待ち時間

(3) エプロン上トラック台数；図-6.4 でケース I ケース II，ケース III の順にエプロン上のトラック台数を見ると，ケース I ではエプロン外待ちは全くなく，荷役中のトラック台数も，平均 4 台で充分貨物を捌いている。ケース II になると，時間の経過とともに外待ち，内待ちのトラック台数が増え始め，荷役開始後 390 分の時

に外内待ち合わせて，9 台の最大の待ちを記録しており，荷役中トラックもこれに応じて 6.0 台となり，フォークリフトはフルに稼働している。これが 30 分後の 420 分ではエプロン内の待機トラック，荷役中トラックは，逆に減少し始め，エプロン外待ちのトラックが 7 台近くまで増加する。ケース III になるとこの傾向はさらに顕著とな

表-6.1 イン プ ッ ト デ ー タ

	本船扱い量	上屋扱い量	フォークリフト台数	通過交通量	混雑による荷役時間の延び	荷役トラック台数	本船, 上屋比	最大荷役面積
Case	(t)	(t)	(台)	(台/時)		(台/時)	(%)	(m ²)
I	1,000	1,000	6	90	アリ	21.5	64	1,610
II	1,600	1,000	6	90	アリ	29.5	74	1,610
III	2,000	1,000	6	90	アリ	35.0	78	1,610
IV	2,000	0	6	0	ナン	28.0	100	2,860

り、外待ちトラックが時間の経過と共に増加し、荷役終了時の420分においては、28.3台にまで増える。これに対しエプロン内待ちトラック数は、330分以後減少し始め、エプロン内荷役トラック数は、390分までは6台でフォークリフトが完全に稼動していたものが、420分にはその数が4.0台まで減少する。

(4) 面積占有状態;この原因は、図-6.5のエプロン状態を見れば、明瞭であって、ケースIの場合は、仮置き面積トラック滞留の合計が1600m²の最大荷役面積に比較して小さいが、ケースIIになると390分程度で滞留面積合計が最大面積に漸近してくる。エプロン内面積が不足するため、トラック滞留面積の“圧縮現象”が起ってトラックはエプロン内に進入できなくなり、外待ちを強いられる。したがってフォークリフトの稼動数も減少して荷役能率は低下してくる。ケースIIIの場合は、この圧縮現象がさらに早い時点の330分頃から起り始めている。

(5) 待ち時間;これを待ち時間を示した図-6.6で見ると、ケースIでは待ち時間が荷役終了時でも3分程度であって、荷役時間が10分程度である。ケースIIでは、待ち時間が時刻と共に増加し、最終的には、22分となっている。これに比例して荷役時間は混雑の影響を受けて長くなる傾向があり、当初10分近くであったものが、14分近くに延長している。ケースIIIの場合は、荷役時間はケースIIの場合と同じであり、待ち時間が急激に増加して終了時には37分まで延びている。次にケースIVについて見る。この時の交通量は、不荷役通過トラックと、荷役トラック合わせて50台程度であり、混雑と荷役の関係表から見て荷役時間の遅れは、ほとんど無視できると考えられた。その結果、荷役の状態を見るとエプロンに貨物滞留は現われず待ち時間も8分程度であって、荷役は全く支障なく行なわれていると考えられる。

これをエプロン面積の点で見れば、最大自由面積が2,086m²あることからケースIIIに見られたようなトラック滞留面積の圧縮現象はない。

(6) 考察;結論的にいえば、現在の荷役の運営方法であれば、エプロン面積の比較的大きな部分を、本船荷役に関係しない上屋倉庫の活動によって占められており、これが本船の荷役作業の大きな障害になっている。ケースIVの例からもわかるように、エプロン上の規制を行なって利用に対して優先度をつけることによって、現在のエプロン幅でもかなりの改善が期待できる。これまでの計算がどの程度現実的であるかを昭和43年1月から12月までの山下2号バース3号バースの荷役実績(図-6.7)と

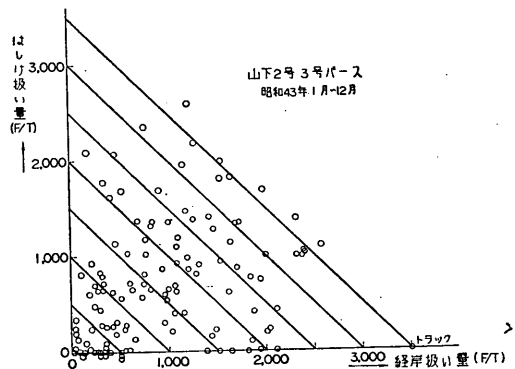


図-6.7 経岸はしけ別本船荷役

対比させてみる。きわめて粗い議論ではあるが、図中で2,000t付近から実績値が横軸から離れていっている点に留意すると、シミュレーションがかなりよく現実の事態を再現していると考えられる。

このように見れば、いわゆる上屋の手倉化(専用的使用)およびバースと直背後上屋との分離が、

- (1) ふ頭内の交錯輸送

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

(2) エプロン上の荷受け荷捌き作業

(3) 本船荷役能率の低下

をひき起こし、エプロン上の混雑、輸送費の増加を招いている。さらに、一見不経済と思われるはしけによる本船積み込み現象も現在のようなバース指定方式のもとのやむを得ぬ解決策のひとつであることが、シミュレーションの結果からも明らかである。したがって現在の港のエプロン幅員は、上屋手倉化の問題が解消しない、という前提ではますます広いものが要望されてくるものと思われる。

上屋の手倉化の原因としては、

(1) バース数の不足のために、先着順に本船があいた場所にけい留されることから、荷役直前までけい留場所が不明であること、

(2) 港湾運送業者が自己の倉庫を充分持っていないこと、

(3) 上屋の収容能力が不足していること、であるとされている。これらの問題については引続き検討を加えてゆきたい。

あ と が き

この研究は、筆者らが長期的な目標として考えている港湾のシステム設計という研究の一部をなすものでもあり、この部分だけを切り離して早急に結論を引き出すことをしなかった。港湾の中のふ頭を取り出して見ても、岸壁、上屋、倉庫、エプロン、臨港道路、臨港鉄道等がシステムとして有機的に関連して設計され運営されなければならないはずである。その第1歩としてエプロンの問題を取り上げ、ふ頭の他の部分との関連を明らかにしつつ解析を試みた。当初から予想はしていたところではあるが、エプロンの問題を正面から取り上げて研究してみると、ふ頭内の他施設との関連だけに止まらず、港湾の管理、運営までを含め、港湾についての明確なイメージを持たなくては扱えない程の相互関連をこの問題もがっていることをあらためて思い知らされた感じである。港研報告4巻8号で岸壁の問題を扱って以来、空白の期

間が長すぎたができるだけ早い機会にふ頭に関する問題だけでも完結させたいと念じている。目下、上屋の問題について研究の準備を行なっているので御指導、助言を期待する。

終りに、この研究を行なうにあたり、業務資料の提供や観測作業について御協力頂いた横浜市港湾局山下ふ頭事務所、三井、三菱、住友倉庫株式会社、運輸省第二港湾建設局の各位に感謝します。また、現地観測、フィルム解析に従事された研究員、その他の方々の御努力に心から御礼申し上げます。なおシミュレーションプログラムの製作については、日本ビジネスオートメーションK, K, のシステム部、角谷次長、青木課員の協力を得ました。付記して感謝の意を表したいと思います。

参 考 文 献

- ふ頭の運営管理に関するもの
 - 運輸省港湾局編 港湾管理の現状と問題点 日本港湾協会 1965年
 - 港湾審議会第67号答申
 - 坂田三郎他「ふ頭上屋のあり方」 雑誌 港湾 1968年No. 2
 - 喜田村昌次郎「ふ頭の効率的利用と港湾労働」 雑誌 港湾 1968年No. 5
- エプロンに関するもの
 - 東 寿「エプロン幅員問題」 雑誌 港湾 1952年～1953年 No. 2
 - 原口好郎「米国雑貨ふ頭計画」 雑誌 港湾 1965年 No. 7
 - アメリカ港湾管理者協会第四委員会；建設と維持、「港湾の設計と建設」 港湾技術要報 46号 1965年9月
 - 「ふ頭標準能力調査報告書」 運輸省港湾局 1967年3月
- 業務資料
 - 横浜港統計年報 横浜市港湾局
 - 山下ふ頭概況 横浜市港湾局山下ふ頭事務所カメラによる観測については、港湾技研資料No.86「メモーションカメラによる港湾作業の観測について」の中に詳述してあるので参考にされたい。
(1969. 12. 24受付)

付 録

1. 附 表 目 次

附表・1	エプロン幅員一覧表	(261)
附表・2	山下2号上屋日別搬出入量	(264)
附表・3	輸送機関別出入量	(264)
附表・4	倉庫月間搬出量	(264)
附表・5	倉庫日別搬出量	(264)
附表・6	倉庫輸送機関別搬出量	(265)
附表・7	倉庫バース側，裏側別搬出入量	(265)
附表・8	積みおろしサイクルタイム度数分布	(266)
附表・9	乱数の検定（一様性）	(266)
附表・10	乱数の検定（連の検定）	(266)

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

附表-1 エプロン幅員一覧表

港名	ふ頭名	岸壁深 (m)	バース 延長 (m)	年間取扱量 (千トン)			エプロン 幅(m)	隣接 道路幅 (m)	上屋敷 (m)	実幅員 (m)	荷役機 (基)	使用 開始	理想幅 その他
				雑貨	バラ	計							
北海道開発局													
室蘭港	西2号ふ頭												
	東側	-7.5	257	378	0	378	15.0	0	0	15.0	無	S39.4.1	大型岸壁 では15m 程必要
西側	-9.0	360				資	料	な	し	無			
稚内港	中央ふ頭												
	-5.5m岸壁	-5.5	135	37	0	37	16.0	0	0	16.0	1		
	-7.5m岸壁	-7.5	135	23	0	23	10.0	0	0	10.0	2		
苫小牧港	西ふ頭												
	1号, 2号岸壁	-9.0	1号(165), 2号(165)330	0	456	456	15.0	0	0	15.0	無		
釧路港	釧路中央ふ頭	-9.0	520	415	0	415	12.0	0	4.0	16.0			
第一港湾建設局													
秋田港	中島第一岸壁	-9.0	161	0	62	62	18.0	0	0	18.0	1	S39.7	
酒田港	大浜ふ頭	-9.0	330	0	83	83	36.9	0	0	36.9	1(5t吊)	S39.4	
直江津港	西ふ頭												
	第一岸壁	-9.0	185	0	239	239	16.0	20	0	36.0	アンロー ダー 1(6.3t吊)		
富山港	-9m改造岸壁	-9.0	160	315	0	315	6.85	0	0	6.85	3		15m
伏木港	-9.5m改造岸壁	-9.5	165	0	456	456	10	3	0	15.0	3		
							棚部 10 矢板 12 部						
第二港湾建設局													
青森港	浜町ふ頭												
	西側岸壁	-9.0	157.9	257	0	257	10.0	9	0	19.0	1	S39.8.1	20m
	東側岸壁	-9.0	178.03	257	0	257	10.0	0	0	10.0	1		20m
	先端岸壁	-7.5	154.99	257	0	257	10.0	0	0	10.0	1	S39.8.1	
	堤ふ頭	-7.5	285	未	使	用	10.0	0	0	10.0	無		建設中
八戸港	白銀ふ頭												
	1号岸壁	-8.8	180	0	39	39	10.8	5.0	0	15.8	1	S39.4.1	20m
塩釜港	貞山2号岸壁	-9.0	160	未	使用に つき該 当なし		20.0	0.0	0	20.0	無		
小名浜港	1号ふ頭												
	石炭岸壁	-7.5	130	0	996	996	9.0	4.0	0	13.0	無		コンクリ ート舗装 20m
	2号ふ頭										アンロー ダー 1(8t吊)	S39.9.5	
	1号岸壁	-9.0	165	0	996	996	15.5	0.0	2.9	18.4		S40.6.15	
2号岸壁	-10.0	185	0	0	0	15.5	0.0	2.9	18.4				
東京港	品川ふ頭	(内賃) -8.0 (外賃) -10.0	(内賃) 460 (外賃) 1,584	239	0	239	25.0	0	0	25.0	4		

工藤和男・高力健次郎・久保重美

港名	ふ頭名	岸壁水深 (m)	バース延長 (m)	年間取扱量 (千トン)			エロブ隣接 幅(m)	道路幅 (m)	上屋敷 (m)	実幅員 (m)	荷役機 (基)	使用開始	理想幅 その他
				雑貨	バラ	計							
川崎港	千鳥町岸壁	-10.0	190	353	0	353	15.0	0	0	15.0	無		
	千鳥町岸壁 4号	-10.0	180	223	0	223	15.0	0	0	15.0	"		
	千鳥町岸壁 5号	-10.0	180	70.9	0	70.9	25.0	0	0	25.0	"	S 39.12.1	
横浜港	本牧ふ頭 1~17バース	-10.0	200	未	使	用	20.0	0	0	20.0	無	建設中	
	18, 25, 26	-10.0	200		"		20.0	0	0	20.0	"	"	
	19 ~ 24	-10.0	200		"		20.0	0	0	20.0	"	"	
	27 ~ 29	-10.0	200		"		20.0	0	0	20.0	"	"	
	30 ~ 31	-12.0	200		"		20.0	0	0	20.0	"	"	
	山下ふ頭 1号岸壁	-10.0	180	229	0	229	15.0	0	3	18.0	モビルク レーン 20		最低20m
	2号岸壁	-11.0	200	264	0	264	23.0	0	3	26.0	(ふ頭全点)		"
	3号 "	-11.0	220	232	0	232	20.0	0	4	24.0			"
	4号 "	-11.0	180	269	0	269	20.0	0	0	20.0			"
	5号 "	-10.0	180	230	0	230	18.0	0	0	18.0			"
	6号 "	-10.0	180	415	0	415	18.0	0	0	18.0			"
7号 "	-10.0	180	237	0	237	20.0	0	0	20.0			"	
8号 "	-10.0	180	250	0	250	20.0	0	0	20.0			"	
9号 "	-10.0	180	205	0	205	20.0	0	0	20.0			"	
10号 "	-10.0	180	247	0	247	20.0	0	0	20.0			"	
横須賀港	久里浜 2号栈橋	-7.5	130	10.9	0	10.9	15.7	0	0	15.7		無	S 39.8.1
第三港湾建設局													
舞鶴港	第4ふ頭 (-10m)	-10.0	185	未完成につきなし			17.5	0	0	17.5	無	S 41.3 完成予定	
尼崎港	10m岸壁	-10.0	170	なし			30.0	10.0	0	40.0	1		
神戸港	摩耶ふ頭 -10.0 ~-12.0		200/ バース	339	0	339	20.0	0	0	20.0	無		
小松島港	金磯ふ頭 -9m岸壁	-9.0	170	実績なし			18.0	0	0	18.0	1	工事中	
広島港	第1バース	-10.0	167	492	0	492	15.0	0	11.0	26.0	1	S 33.4	
	第2バース	-10.0	170	492	0	492	18.0	0	3.0	21.0	2	S 38.8	
松山港	外貿地区 -6.5m岸壁	-6.5	230	39年度実績なし			8.0	7.5	0	15.5	無	S 40.6.1	
第四港湾建設局													
下関港	第一突堤 -9m岸壁	-9.0	150.0	39年度完成につきなし			15.0	3.0	0	18.0	1		

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

港名	ふ頭名	岸壁水深 (m)	バース延長 (m)	年間取扱量 (千トン)			エプロン幅 (m)	隣接道路幅 (m)	上屋敷 (m)	実幅員 (m)	荷役機 (基)	使用開始	理想幅 その他
				雑貨	バラ	計							
門司港	旧門司 -11m岸壁	-11.0	195.0	なし			15.0	0	0	15.0	(計画) ₂	S41.4.1	
	田野浦 -10m岸壁	-10.0	366.0	20.0	365.0	385.0	12.0	0	0	12.0	1	S39.4.1	
小倉港	日明ふ頭	-11.0	585.0	計画中につき、なし			20.0	0	0	20.0			
博多港	中央ふ頭 -7.5m岸壁	-7.5	390.0	39年度実績なし			(予定) 11.0	0	0	11.0	2	工事中	
	-10.0m岸壁	-10.0	360.0		230	230	16.0	0	0	16.0	2	S38.8	
長崎港	元船突堤 -7.5m岸壁	-7.5	125.0	なし			10.0	0	0.6	10.6	(計画) ₁	S40.9.15	
	-5.5m岸壁	-5.5	118.5	"			10.0	0	0.6	10.6			
鹿児島港	新港北ふ頭 -7.5m岸壁	-7.5	125.0	なし			10.0	0	2.0	12.0		S40.11.1	
	-5.5m岸壁	-5.5	320.0	"			10.0	0	2.0	12.0		S38.4	
八代港	外港区 (-9.0m岸壁)	-9.0	165.0	185.0	0	185.0	15.0	0	0	12.0		S40.11.1	
第五港湾建設局													
清水港	機帆船ふ頭	-4.5	323.4	233.7	0	233.7	8.0	0	0	8.0	5	S38.4.1	
	興津第一ふ頭	-10.0	370.0	なし			20.0	0	0	20.0	無	S42予定	
	村松ふ頭	-9.0	326.0	263.0	0	263.0	19.0	0	0	19.0	"		
田子浦港	中央ふ頭 1万トン岸壁	-9.0	410.0	0	18	18	15.0	10.0	25.0	15.0	3	S38.12.1	
	鈴川ふ頭 西岸壁	-5.5	174.76	0	31	31	8.0	0	0	8.0	無		
	北岸壁	-5.5	310.0	0	31	31	8.0	7.0	0	15.0	"	S39.4.1	
	吉原ふ頭 5千トン岸壁	-7.5	125.0	48.0	0	48.0	20.0	0	0	20.0	無	S40.4.1	
	1万トン岸壁	-9.0	167.19	48.0	0	48.0	20.0	0	0	20.0	1		
衣浦港	中央ふ頭 (西ふ頭)	-5.5	360.0	なし			19.0	0	0	19.0	1	S41.1	
名古屋港	屑鉄ふ頭	-10.0	180.0	なし			15.0	15.0	0	30.0	2	(予定) S40.12	
	八号地ふ頭	-5.5	840.0	"			25.0	0	0	25.0	無	(予定) S45.4	
名古屋港	稲永第二ふ頭 南側岸壁	-10.0	240.0	なし			20.0	0	0	20.0	無		
	東側岸壁	-10.0	570.5	"			20.0	0	0	20.0	"	S40.11.20	
	北側岸壁(A)	-10.0	252.0	"			25.0	0	0	25.0	"	"	
	北側岸壁(B)	-10.0	134.5	"			25.0	0	0	25.0	"	"	
四日市港	富州原 北側岸壁	-5.0	123.0			50.3	10.5	不明		"			

注 昭和39年港湾局建設課調査

工藤和男・高力健次郎・久保重美

附表-2 山田市営2号上屋日別搬出入量

	昭和43年9月	昭和43年10月	昭和44年3月
搬出量	250 t/日	330 t/日	300 t/日
標準偏差	200 t	160 t	250 t
変動率	58%	49%	68%
搬入量	320 t/日	330 t/日	300 t/日
標準偏差	150 t	240 t	210 t
変動率	46%	73%	83%

附表-3 輸送機関別搬出入量

	輸送機関	昭和43年9月		昭和43年10月		昭和44年3月		9, 10, 3月計	
		(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)
搬入	トラック	5,350	67.6	4,311	50.1	2,537.8	34.2	12,198	51.0
	バジ	2,410	30.4	2,787	32.4	4,203.7	56.7	9,401	39.3
	鉄道	119	1.5	1,493	17.4	495.5	6.2	2,072	8.7
	船舶	38	0.5	14	0.1	214.7	2.9	267	1.0
	計	7,917	100.0	8,605	100.0	7,415.7	100.0	23,938	100.0
搬出	トラック	4,778	55.2	5,816	64.0	5,340.3	69.3	15,934	62.6
	バジ	2,165	25.0	1,744	19.2	1,115.2	14.5	5,024	19.8
	鉄道	145	1.7	305	3.4	698.0	9.1	1,148	4.5
	船舶	1,562	18.1	1,223	13.4	557.9	7.1	3,343	13.1
	計	8,650	100.0	9,088	100.0	7,711.4	100.0	25,449	100.0
搬出入合計	トラック	10,128	61.1	10,127	57.2	7,878.1	52.1	28,132	57.0
	バジ	4,575	27.6	4,531	25.6	5,318.9	35.2	14,424	29.2
	鉄道	264	1.6	1,798	10.2	1,157.5	7.7	3,220	6.5
	船舶	1,600	9.7	1,237	7.0	772.6	5.0	3,610	7.3
	計	16,567	100.0	17,693	100.0	15,127.1	100.0	49,386	100.0

附表-4 倉庫月間搬出量 (t/月)

年	平均搬出量	標準偏差	変動率	最高	最低
39	5,720	1,416	25%	8,400	4,000
40	5,600	1,110	19%	6,000	3,800
41	5,000	900	19%	6,200	3,900
42	5,000	1,100	21%	6,700	3,100
43	5,900	900	15%	7,100	4,600

(倉庫業者資料)

附表-5 倉庫日別搬出量 (t/日)

月	平均	標準偏差	変動率	最高	最低
9	260	150	57%	390	127
10	240	110	47%	440	45
3	210	130	60%	590	48

ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

附表-6 倉庫輸送機関別搬出入量

輸送機関		昭和43年9月		昭和43年10月		昭和44年3月		9, 10, 3月計	
		(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)		(%)
搬入	トラック	3,080	47.2	2,585	41.5	2,577	55.1	8,242	47.3
	はしけ	3,447	52.8	3,645	58.5	2,099	44.9	9,191	52.7
	計	6,527	100.0	6,230	100.0	4,676	100.0	17,433	100.0
搬出	トラック	3,450	55.6	3,778	61.4	3,374	66.1	10,602	60.7
	はしけ	2,019	32.6	1,902	31.0	1,124	22.0	5,045	28.9
	鉄道	353	5.7	228	3.7	218	4.3	799	4.6
	パン詰船	378	6.1	237	3.9	344	6.7	959	5.5
	本船	—	—	—	—	48	0.9	48	0.3
計	6,200	100.0	1,645	100.0	5,108	100.0	17,453	100.0	
搬出入合計	トラック	6,530	51.3	6,363	51.4	5,951	60.8	18,844	54.0
	はしけ	5,466	43.0	5,523	44.7	3,223	33.0	14,212	40.7
	鉄道	343	2.7	298	2.4	218	2.2	859	2.5
	パン詰船	388	3.0	191	1.5	344	3.5	923	2.7
	本船	—	—	—	—	48	0.5	48	0.1
計	12,727	100.0	12,375	100.0	9,784	100.0	34,886	100.0	

(倉庫業者業務資料による。)

附表-7 倉庫バース側, 裏側別搬出入量

月 日	海陸別 搬出入 輸送機関	陸側					海側					海陸合計						
		トラック	はしけ	鉄道	パン詰	計	トラック	はしけ	鉄道	パン詰	本船	計	トラック	はしけ	鉄道	パン詰	本船	計
3月 17日 ~ 27日	搬入	590.5	937.4			1,527.9	625.7	693.6			1,319.3	1,216.2	1,631.0					2,847.2
	搬出	660.8		115.0	144.9	920.7	442.0	662.4	72.4	34.0	1,102.8	1,102.8	662.4	187.4	144.9	34.0		2,131.5
	合計	1,251.3	937.4	115.0	144.9	2,448.6	1,067.7	1,356.0	72.4	34.0	2,530.1	2,319.0	2,293.4	187.4	144.9	34.0		4,978.7
	比率					49.2%					50.8%							
8月 1日 ~ 14日	搬入	619.8	515.1			1,134.9	332.0	2,313.9			2,645.9	951.8	2,829.0					3,780.8
	搬出	665.8		45.0		710.8	893.2	610.0	20.0	59.0	1,582.2	1,559.0	617.0	65.0	59.0			2,293.0
	合計	1,285.6	515.1	45.0		1,845.7	1,225.2	2,923.9	20.0	59.0	4,228.1	2,510.8	3,439.0	65.0	59.0			6,073.8
	比率					30.4%					69.6%							

(倉庫業者資料より)

附表-8 積み下ろしサイクルタイム度数分布

度数	秒	度数	秒
4	1	11	3
5	5	12	5
6	5	13	0
7	5	14	1
8	3	15	0
9	3	16	1
10	5	平均	8.6秒

附表-9 一様性の検定

乱数番号	平均値	χ^2
1,000	0.4995	5.26
2,000	0.4975	4.51
3,000	0.4980	6.1
4,000	0.4967	7.29
5,000	0.4991	8.12
6,000	0.4994	6.00
7,000	0.4975	7.64
8,000	0.4994	6.29
9,000	0.4992	6.26
10,000	0.4999	8.92

[0, 1] 区間を10等分して理論値と実測値を比較。
 $\chi^2_{0.05}=16.92$

附表-10 乱数の連の検定

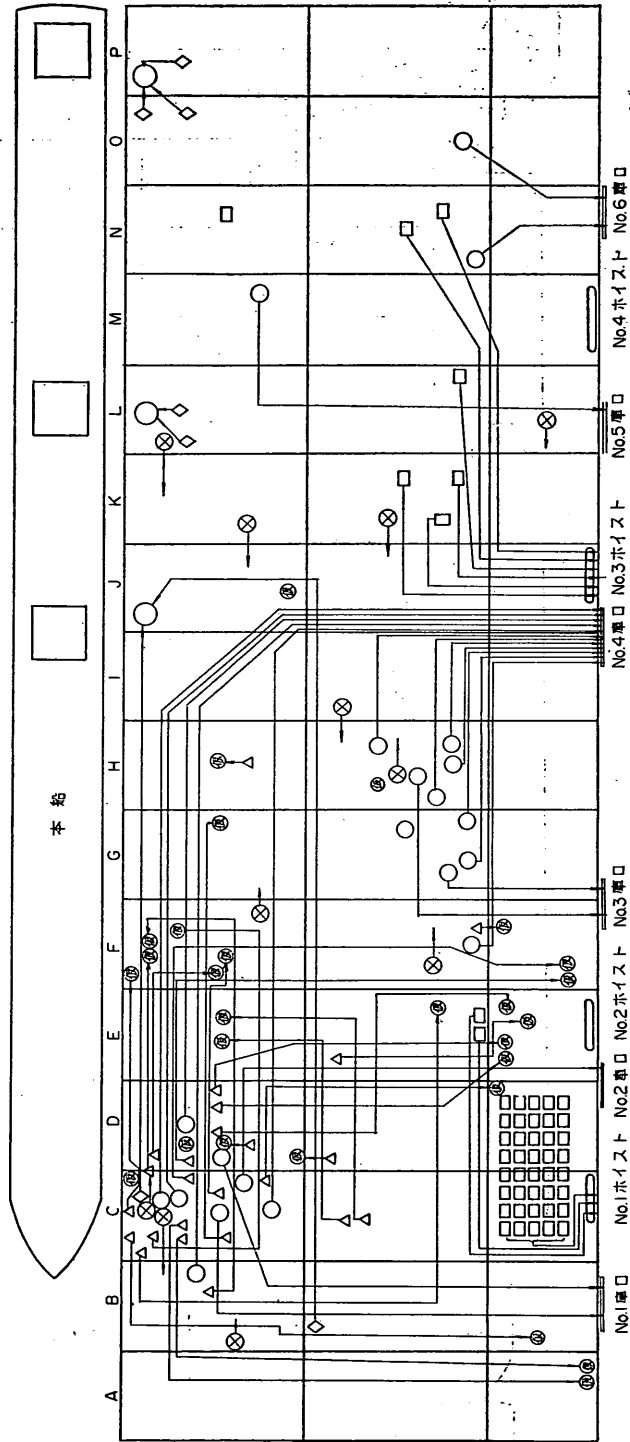
	runs above of below	runs up and down		runs above of below	runs up and down		runs above of below	runs up and down		runs above of below	runs up and down	1000個の乱数を一組に考える。
1	490	682	26	485	665	51	504	653	76	496	664	
2	474	647	27	498	654	52	525	684	77	507	653	
3	489	641	28	508	667	53	498	○639	78	490	669	$E(t)=501$
4	521	671	29	500	○639	54	522	675	79	491	652	$\sigma=15.8$
5	496	645	30	504	668	55	477	645	80	492	661	信頼度95%で
6	○551	702	31	484	643	56	485	659	81	498	661	$470 < t < 532$
7	491	662	32	515	668	57	513	666	82	○538	681	
8	511	680	33	501	640	58	505	674	83	472	675	$E(t)=\frac{2ul}{u+l}$
9	○539	690	34	501	674	59	496	677	84	492	652	
10	492	640	35	514	667	60	488	658	85	489	651	$D^2(t)=\frac{2ul(2ul-u-l)}{(u+l)^2(u+l+1)}$
11	514	669	36	493	655	61	○462	643	86	485	647	
12	489	627	37	506	664	62	507	658	87	544	687	$E(t)=666.3$
13	489	685	38	496	669	63	○462	651	88	509	672	$\sigma=13.3$
14	495	672	39	489	650	64	512	667	89	496	654	信頼度95%で
15	459	650	40	529	677	65	523	682	90	487	646	$640 < K < 692.4$
16	487	645	41	495	674	66	487	658	91	○534	662	
17	524	661	42	518	670	67	531	660	92	497	671	$E(t)=\frac{2N-1}{3}$
18	476	663	43	521	674	68	508	661	93	495	666	
19	477	646	44	470	647	69	506	675	94	486	647	$D^2(t)=\frac{16N-29}{90}$
20	500	○637	45	499	674	70	521	663	95	488	659	○印は信頼範囲外
21	479	649	46	478	657	71	502	647	96	476	657	
22	511	675	47	522	685	72	488	669	97	523	673	
23	506	662	48	503	672	73	509	661	98	502	658	
24	512	685	49	496	665	74	487	666	99	502	662	
25	503	682	50	516	664	75	490	649	100	471	660	

2. 附 図 目 次

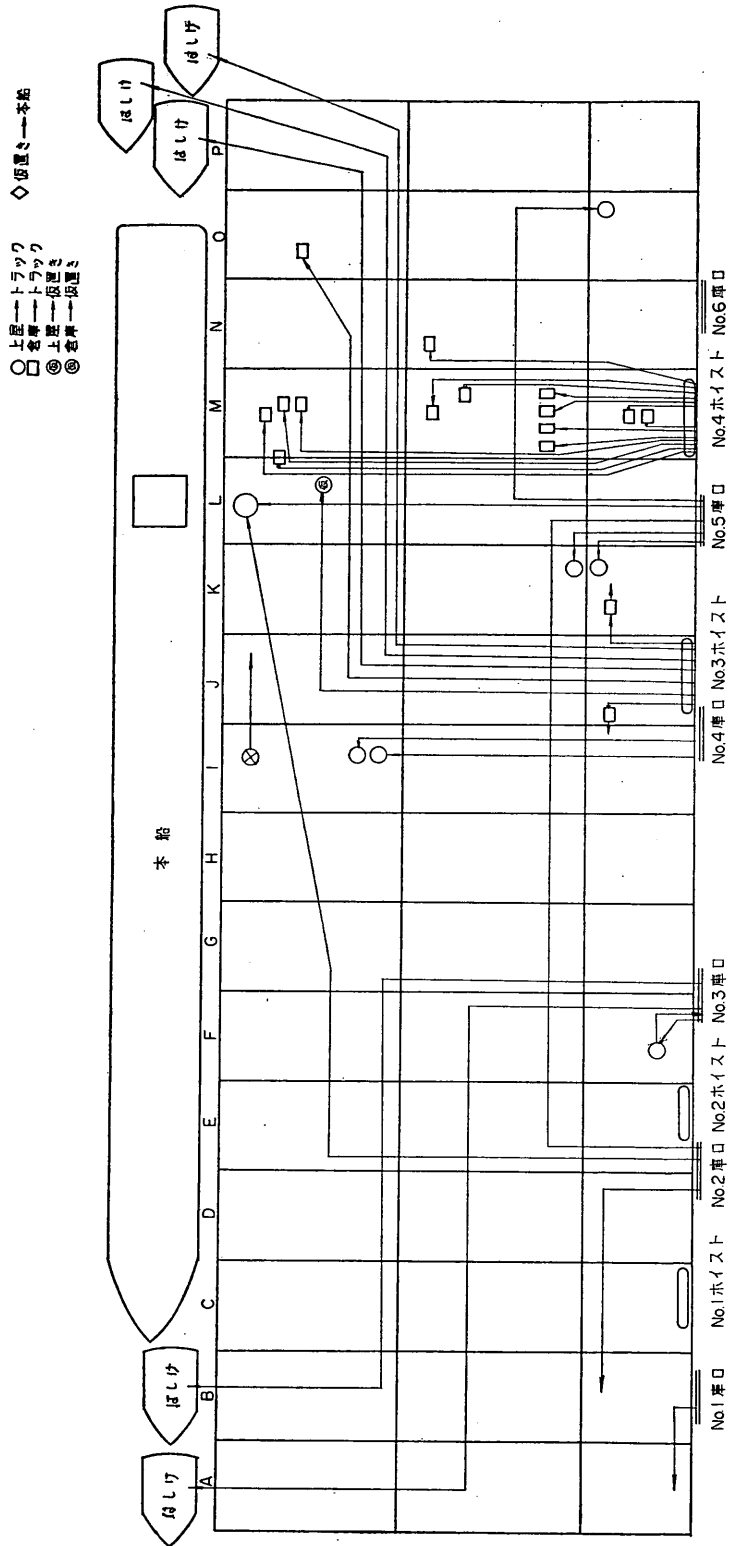
附図・1	トラックによるエプロンへの搬入	(269)
附図・2	フォークリフト運動	(270)
附図・3	トラックによるエプロンへの搬入	(271)
附図・4	フォークリフト運動	(272)
附図・5	船舶けい留時間分布	(273)
附図・6	上屋月間搬出入量	(273)
附図・7	上屋日別搬出入量	(274)
附図・8	フォークリフト走行速度	(274)

頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究

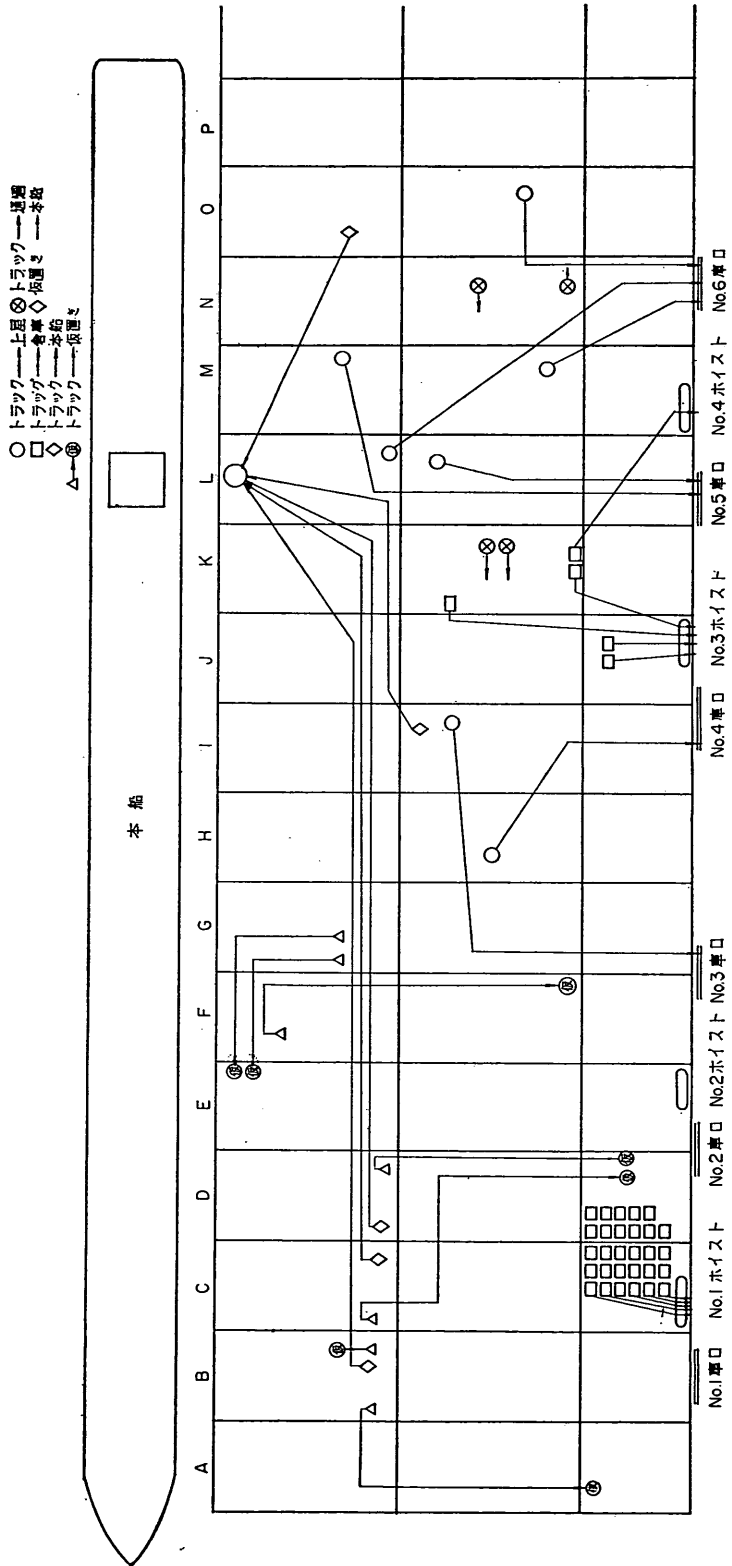
- トラック → 上屋 ⊗ トラック → 船
- トラック → 倉庫 ◇ 搬置き → 船
- ◇ トラック → 本船
- △ ⊗ トラック → 搬置き



付図-1 10月2日トラックによるエプロンへの貨物搬入図

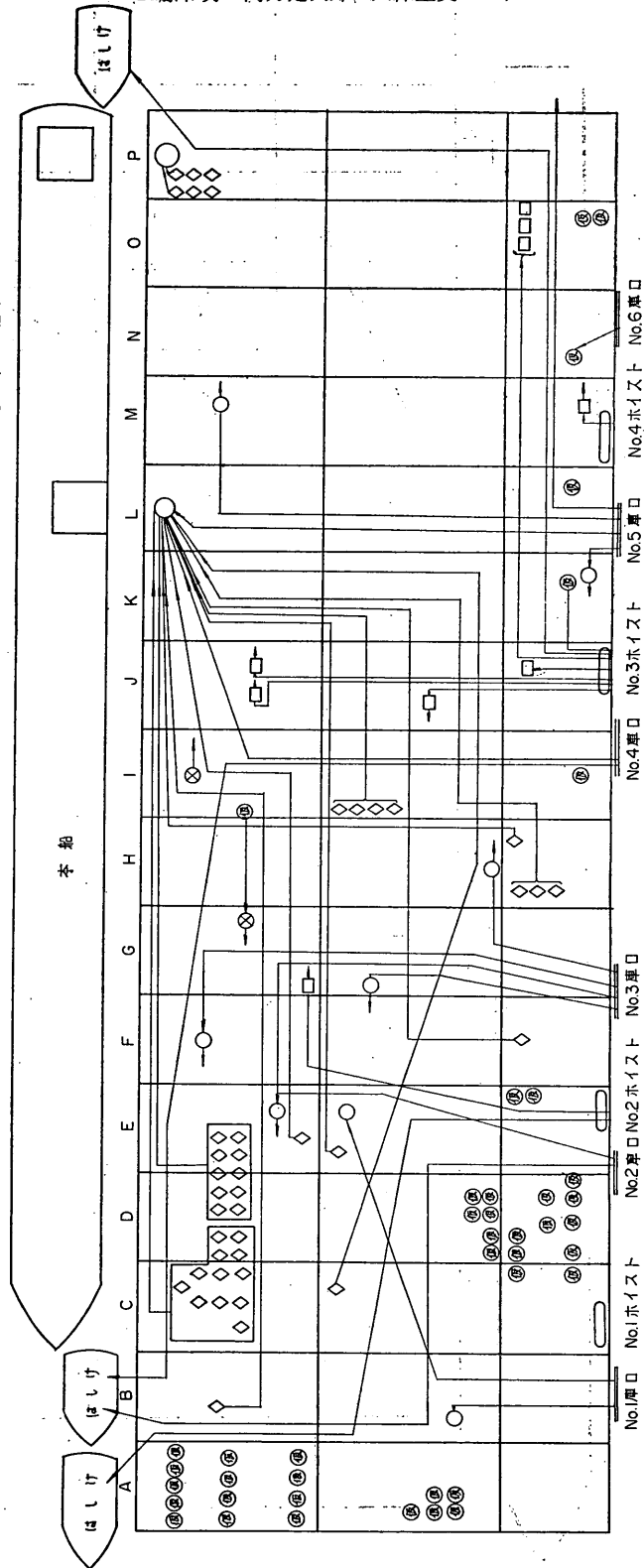


ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究



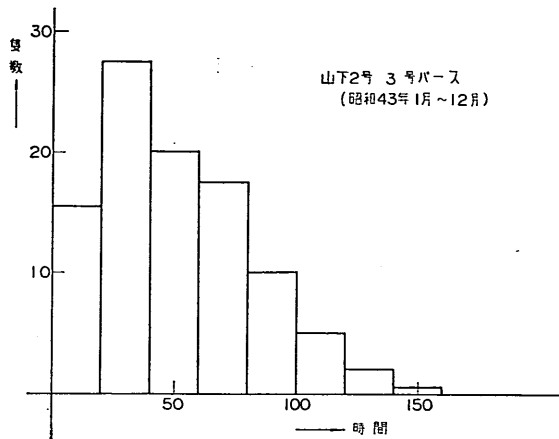
工藤和男・高力健次郎・久保重美

- 上座→トラック
- 多座→トラック
- ⊗ 上座→仮置き
- ⊙ 多座→仮置き
- ◇ 仮置き→多座

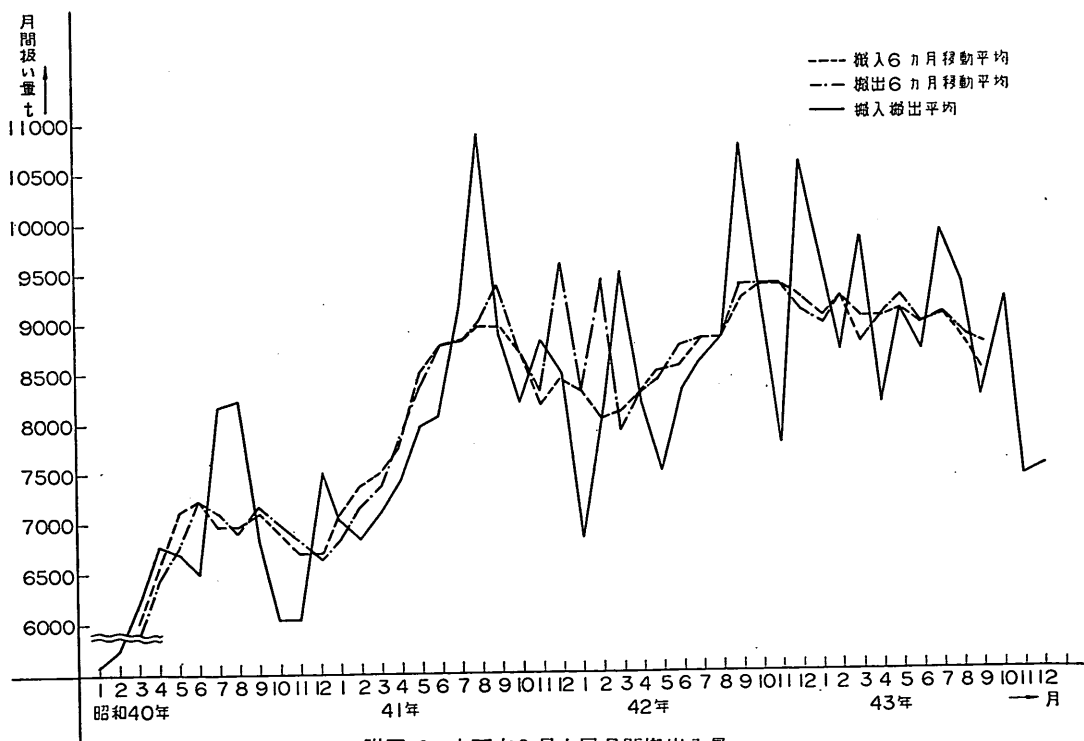


附図-4 10月3日フォークリフト運動図

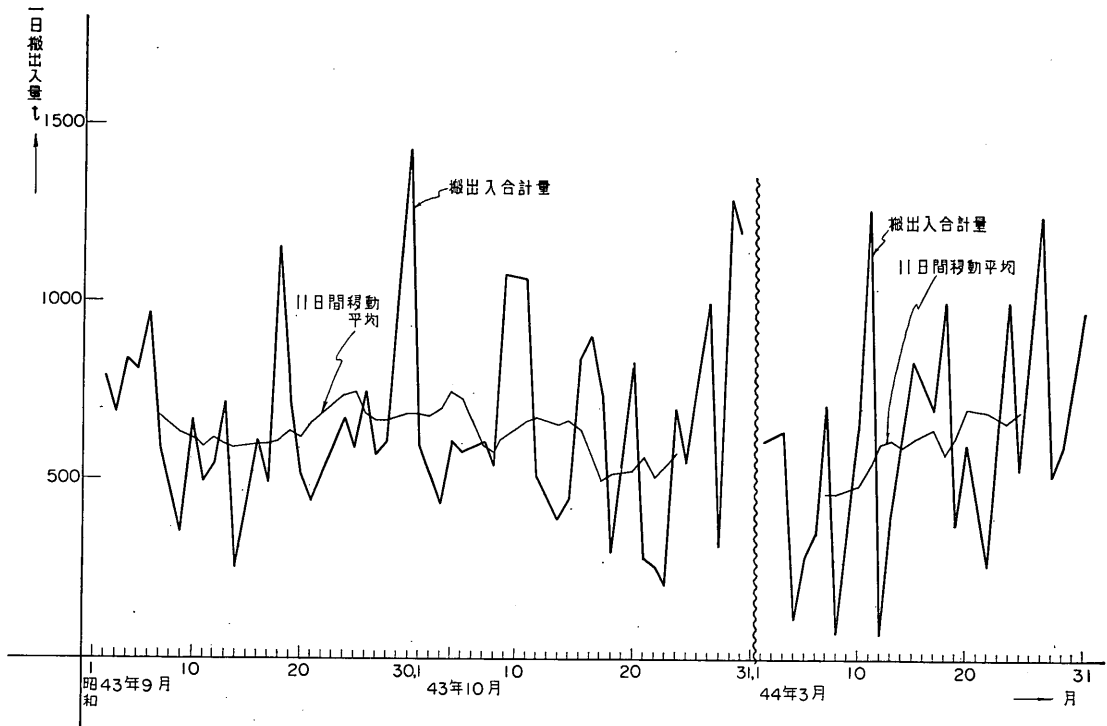
ふ頭エプロンの荷役活動と面積に関する研究



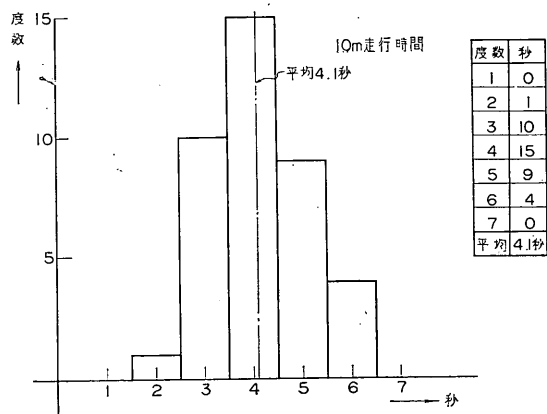
附図-5 船舶けい留時間度数分布



附図-6 山下手2号上屋月間搬出入量



附図-7 山田市営2号日別搬出入量



附図-8 フォークリフト速度度数分布