

鉄鋼港湾における入港船舶およびアンローダー に関する実態調査

STUDY ON ACTUAL CONDITIONS PERTAINING TO INCOMING VESSELS AND UNLOADING FACILITIES AT THE PORT FOR STEEL-MAKING MATERIALS

江口辰五郎*・門馬将義**

By Tatsugoro Eguchi and Masayoshi Monma

海上輸送の特殊性は、運航計画を厳密に規制することが困難な点である。特に製鉄工業港のように多数の産地から種々の船型によって搬入される場合は、いちじるしい集中性を示すのみならずその入荷量もまちまちで、受入設備の規模諸元の決定はいっそう複雑なものとなる。製鉄工業の場合、くず鉄および重油を除く原料は散荷であり、鉄鉄トン当り鉄鉱石約 1.6 t、石炭 0.8~1.0 t、石灰石 0.2~0.25 t 程度が必要である。アルミニウムなどの非鉄工業、セメント工業・重化学工業・火力発電事業などについても同様のことがいえる。

本文はこれら一連の散荷埠頭計画のキーポイントとなるバース数および荷揚機械能力がいかんして決定されるべきかを明らかにするため、八幡製鉄工業港で取り扱った鉄石船および石炭船の荷あげ実績から、埠頭規模算定に必要な基礎因子——船舶の集中性、次船が入港するまでの余裕日数（以下荷役制限日数という）、ピーク率、アンローダーの荷揚げ能力など——を定量的に分析したものである。

1. 概 説

(1) 対象船舶

八幡製鉄所海岸運輸掛台帳から、昭和 24 年 4 月~33 年 3 月まで最近 9 年間に入港した鉄石および石炭輸送船を抽出した。ただし入港月日については、船舶が入港態

勢を整えた時点から算出される入港日時が最も望ましいのであるが、記録が不明であるので、船舶が着岸した時点を採用した。また入荷量は積出地出港時の積荷量とするため、門司港にて瀬取りした量は、それぞれ本船の接岸荷揚量に加算して整理した。

a) 入港船舶の隻数と入荷量 原料輸送船の年度別入港隻数および入荷量は(表-1)のとおりで、9年間の総隻数は外国鉄石船 2092 隻、外国石炭船 913 隻、国内鉄石船 1808 隻、国内石炭船 1966 隻、計 6799 隻(年平均 753 隻)に達し、搬入量は鉄鉱石約 1807 万 t、石炭約 852 万 t、計約 2659 万 t(年平均約 295 万 t)である。

入荷量のうち外国原料は鉄鉱石約 1592 万 t(約 88%)、石炭約 694 万 t(約 82%)で全入荷量の約 86%を占める。この比率は生産規模の増大にともなわず高くなる傾向にあるから、鉄鋼業における原料埠頭計画は外国原料船がおもな対象となる。

外国原料の門司瀬取り量の実績は表-2のとおりで、昭和 24 年度では鉄鉱石・石炭をあわせた瀬取り率が約 19%もあったが、昭和 32 年度では約 4%に減少している。この期間に船型が大きくなっていることを勘案すると、若松航路の増深工事など直航討策の効果が顕著であったことを実証している。

b) 一船積荷量 表-3 は 9 年間の一船積荷量の総

表-1 海送鉄石および石炭輸送船(本船)の年度別入港隻数と積荷量調査表

年度	隻 数						積 荷 量							
	外 国			内 地			合 計	外 国			内 地			合 計
	鉄 石	石 炭	計	鉄 石	石 炭	計		鉄 石 (t)	石 炭 (t)	計	鉄 石 (t)	石 炭 (t)	計	
24	110	69	179	121	335	456	635	764 306	551 472	1 315 778	162 121	259 193	421 314	1 737 092
25	91	47	138	130	264	394	532	614 067	265 820	879 887	86 352	206 866	293 218	1 173 105
26	252	101	353	150	199	349	702	1 676 265	786 415	2 462 680	179 015	179 829	358 844	2 821 524
27	326	113	439	172	148	320	759	2 325 115	975 135	3 300 250	193 391	129 094	328 485	3 628 735
28	191	101	292	233	126	359	651	1 366 412	795 379	2 161 791	309 995	108 133	418 128	2 579 919
29	175	89	264	213	116	329	593	1 398 806	670 432	2 069 238	260 958	102 542	363 500	2 432 738
30	245	94	339	217	126	343	682	1 941 349	696 747	2 638 096	270 199	110 833	381 032	3 019 128
31	358	148	506	229	234	463	969	2 874 712	1 023 590	3 898 302	291 038	170 720	461 758	4 360 060
32	344	151	495	343	418	761	1 256	2 956 468	1 173 050	4 129 518	395 165	310 027	705 192	4 834 710
計	2 092	913	3 005	1 808	1 966	3 774	6 779	15 917 500	6 938 040	22 855 540	2 154 234	1 577 237	3 731 471	26 587 011

* 正員 八幡製鉄 KK 参与 ** 正員 八幡製鉄 KK 市場部

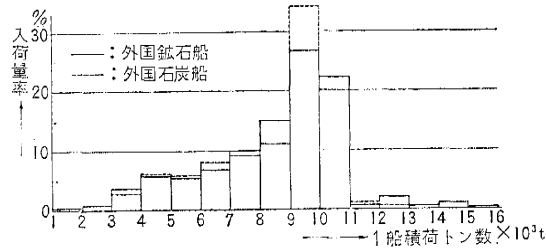
表-2 海送外国鉱石および石炭の船種別入荷量調査表

年度	鉄			石			炭		
	木船 (t)	船 (t)	計 (t)	木船 (t)	船 (t)	計 (t)	木船 (t)	船 (t)	計 (t)
24	649 801	114 505	764 306	421 136	130 336	551 472			
25	547 216	66 851	614 067	246 282	19 538	265 820			
26	1 512 695	163 570	1 676 265	693 529	92 886	786 415			
27	2 128 171	196 944	2 325 115	865 056	110 079	975 135			
28	1 248 067	118 345	1 366 412	713 541	81 838	795 379			
29	1 310 906	87 900	1 398 806	624 857	45 575	670 432			
30	1 872 228	69 121	1 941 349	675 355	21 392	696 747			
31	2 752 497	122 215	2 874 712	996 980	26 610	1 023 590			
32	2 832 923	123 545	2 956 468	1 146 529	26 521	1 173 050			
計	14 854 504	1 062 996	15 917 500	6 383 265	554 775	6 938 040			
百分率	93.3	6.7	100.0	92.0	8.0	100.0			

表-3 一般積荷量の実績平均

品 種	入 荷 量 (t)	入 港 隻 数 (隻)	平均積荷量 (t/隻)
外 國 鉄 石	15 917 500	2 092	7 609
” 石 炭	6 938 040	913	7 599
内 地 鉄 石	2 154 234	1 808	1 191
” 石 炭	1 577 237	1 966	802

図-1 外国原料船の一般積荷量別入荷量率図



平均を求めたもので、外国船で約 7 600 t/隻、国内船で 800~1 200 t/隻 であり、両者の間には船型に大きな開きがある。

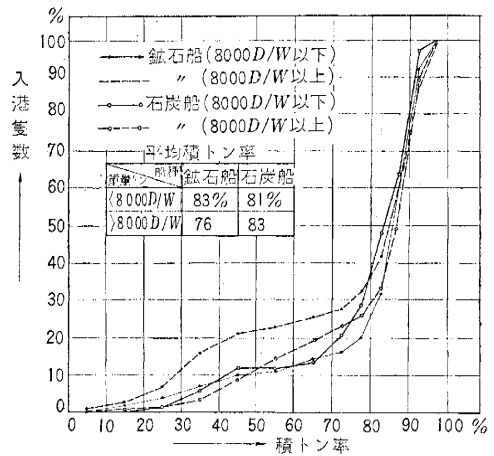
入荷量の大半を占める外国原料船の場合の一般積荷量の分布状態は、図-1 のとおりで、外国鉄石船で 2 000~16 000 t/隻、外国石炭船で 2 000~13 000 t/隻 と広い範囲に分布しているが、鉄鉱石、石炭船とも 9 000~11 000 t/隻 級が最も多く、全入荷量の約 50 % を占めている。11 000 t/隻 以上のものは計 57 隻で全入港隻数の約 2 % にすぎないが、今後は大型専用船の就航により、急速に増大するものと考えられる。

c) 積トン率 昭和 24~28 年度の 5 カ年間の入港船について積トン率(重量トンと積荷トンとの比)を調べた結果は 図-2 のとおりで、昭和 28 年度までは鉄石専用船は全然就航していないから、この図の結果はすべて汎用船の場合である。積トン率 80~95 % のものが最も多く全体の 60~70 % を占める。また 8 000 DWT 以上の鉄石船の積トン率が低下している理由は、積荷を二港以上に分散荷あげたからで、これは戦後の一時的現象であり今後は考えられない。したがって計画積トン率の決定にあたっては修正を要する。

一般に鉄石輸送船の場合、鉄鉱石の見かけ比重は 2.5

~3.0 であるから、満載積荷量は重量トンとほぼ一致するものであるが、上記の理由のほか汎用船では船体構造の欠陥が、また大型専用船では港湾条件が阻害因子として考えられ計画積トン率を 100 % とすることは無理である。図から実績平均値が 76~83 % であること、積トン率 80~95 % の度数率が高いたとも高いことなどから将来の計画積トン率として汎用船で 85~90 %、専用船で 90~95 % くらいが妥当ではないかと考える。試みに積トン率 50 % 以下を棄却した場合の平均積トン率は約 91 % である

図-2 積荷トン重量トン 別入港隻数百分率積曲線図



(2) 調査の方法

以上は調査の対象となった船舶の概要であるが、以下の分析を容易にするため 表-4 および 表-5 に示す要領で 9 年間の資料を整理した。

表はいずれも昭和 32 年 6 月の実績を示したものであるが、表-4 は前述の海岸運輸台帳から、本船の接岸荷揚量に門司瀬取り量を合算して得られる。入港順位はつぎの表-5 を作成するために便宜的に付したもので、同一日に 2 隻以上入港した場合は、入港時間によって順位を決めた。

受入れバース数を 1~3 とし、表-4 に示す入港順位であてはめると、表-5 に示す船舶の着岸予想表が得られる。1 バースで処理しようとする場合 2 隻/日 以上入港すれば当然荷役待ちが起る。昭和 32 年 6 月の場合は、全然入港しない日が 5 日、1 日に 1 隻入港した日が 13 日、同様に 2 隻/日 が 9 日、3 隻/日 が 2 日、4 隻/日 が 1 日となっており、バース数が (A)、(B) 2 バースになると 3 隻/日 以上がなくなり、3 バースでは 2 隻/日 がわずかに 1 回あるだけでラップ隻数はほとんど解消することがわかる。表-4 および 表-5 に示す基礎資料の作

表-4 鉱石輸送船の入港状態の一例
(昭和32年6月の入港実績)

入港順位	曆日	積荷トン(t)	入港順位	曆日	積荷トン(t)	入港順位	曆日	積荷トン(t)	入港順位	曆日	積荷トン(t)
1	1	10262	12	11	6241	23	17	9584	34	25	10410
2	2	8709	13	〃	10059	24	18	9584	35	〃	8719
3	〃	6096	14	12	10636	25	19	9790	36	26	10452
4	4	12189	15	〃	5941	26	20	8941	37	27	8890
5	〃	5576	16	〃	8400	27	〃	9900	38	〃	10049
6	5	10465	17	13	10312	28	21	9600	39	28	5335
7	〃	9964	18	14	8970	29	〃	9902	40	29	6421
8	6	10059	19	〃	14669	30	〃	8126	41	〃	9742
9	8	9957	20	〃	7102	31	〃	6733			
10	9	8332	21	15	10533	32	23	4999			
11	〃	8916	22	16	8636	33	24	9155	計		368356

表-5 パース別着岸予想表

曆日	1 パース		2 パース				3 パース					
	A		A		B		A		B		C	
	隻数	積荷トン(t)	隻数	積荷トン(t)	隻数	積荷トン(t)	隻数	積荷トン(t)	隻数	積荷トン(t)	隻数	積荷トン(t)
1	1	10262	1	10262	—	—	1	10262	—	—	—	—
2	2	14805	1	6096	1	8709	—	—	1	8709	1	6096
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	2	17785	1	5576	1	12189	1	12189	1	5576	—	—
5	2	20429	1	9964	1	10465	1	9964	—	—	1	10465
6	1	10059	—	—	1	10059	—	—	1	10059	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	1	9957	1	9957	—	—	—	—	—	—	1	9957
9	2	17248	1	8916	1	8332	1	8332	1	8916	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	2	16300	1	10059	1	6241	1	10059	—	—	1	6241
12	3	24977	1	5941	2	19036	1	8400	1	10636	1	5941
13	1	10312	1	10312	—	—	—	—	1	10312	—	—
14	3	30741	1	14669	2	16072	1	14669	1	7102	1	8970
15	1	10533	1	10533	—	—	—	—	—	—	1	10533
16	1	8636	—	—	1	8636	1	8636	—	—	—	—
17	1	9584	1	9584	—	—	—	—	1	9584	—	—
18	1	9584	—	—	1	9584	—	—	—	—	1	9584
19	1	9790	1	9790	—	—	1	9790	—	—	—	—
20	2	18841	1	9900	1	8941	—	—	1	8941	1	9900
21	4	34361	2	16635	2	17726	2	16333	1	9902	1	8126
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	1	4999	—	—	1	4999	—	—	1	4999	—	—
24	1	9155	1	9155	—	—	—	—	—	—	1	9155
25	2	19129	1	8719	1	10410	1	10410	1	8719	—	—
26	1	10452	—	—	1	10452	—	—	—	—	1	10452
27	2	18939	1	8890	1	10049	1	8890	1	10049	—	—
28	1	5335	1	5335	—	—	—	—	—	—	1	5335
29	2	16163	1	9742	1	6421	1	6241	1	9742	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
計	41	368356	21	190035	20	178321	14	134355	14	123246	13	110755
入港回数	25 回		20+17=37 回				13+14+13=40 回					

成を外国鉱石船・外国石炭船・国内鉱石船・国内石炭船別に9年間延436カ月にわたって行なった。

2. 入港船舶のラップ隻数の調査

(1) 月間入港隻数の分布

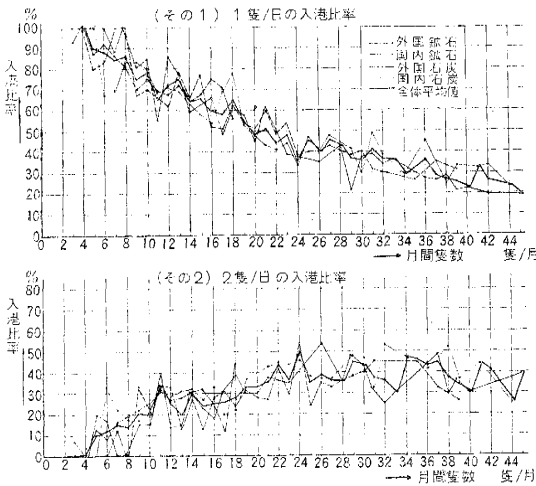
表-6 は昭和24年1月~33年3月まで延べ111カ月間に外国・国内別に鉄鉱石および石炭輸送船が、毎月どのような隻数で入港したかを整理したものである。外国鉱石船および国内石炭船は、この期間内連続して入港を

見ているが、外国石炭船は6カ月、国内鉱石船は2カ月入港しない月があった。したがって総月数は436カ月となる。月間入港隻数の最高は外国鉱石船44隻/月、外国石炭船18隻/月、国内鉱石船39隻/月、国内石炭船45隻/月であり、鉱石船は外国・国内を問わず5~39隻/月の間に広く分布しているのに反し、外国石炭船は5~20隻/月の間に集中している点が目立つ。したがって全体としては5~21隻/月の入港頻度が圧倒的に多く、全体の約76%を占めている。

表-6 原料輸送船月間隻数別回数調査表
(昭24.1~昭33.3間の実績)

原料名	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	計	
外国鉄石	1	3	2	2	5	3	4	5	4	4	2	4	3	5	3	3	6	5	8	4	3	2	4	4	3	0	3	1	3	2	0	2	0	3	0	1	1	0	1	1	1	1	0	111	
外国石炭	9	2	9	8	14	8	12	12	7	5	5	5	2	1	1																														165
国内鉄石	1	0	2	4	1	2	4	7	7	5	6	9	4	4	3	6	9	6	6	3	4																								109
国内石炭	0	0	1	2	7	1	11	12	5	6	3	7	8	7	3	2	5	3	1	0	1	0	0	1	0	2	1	2	1	3	1	0	0	3	3	2	3	1	0	1	0	2			171
計	11	5	14	16	27	14	31	36	23	20	16	25	20	18	10	12	20	14	15	7	8	4	5	7	5	2	6	4	6	5	1	2	2	6	4	3	5	1	1	2	1	2			436

図-3 船型(品種)別入港比率比較図



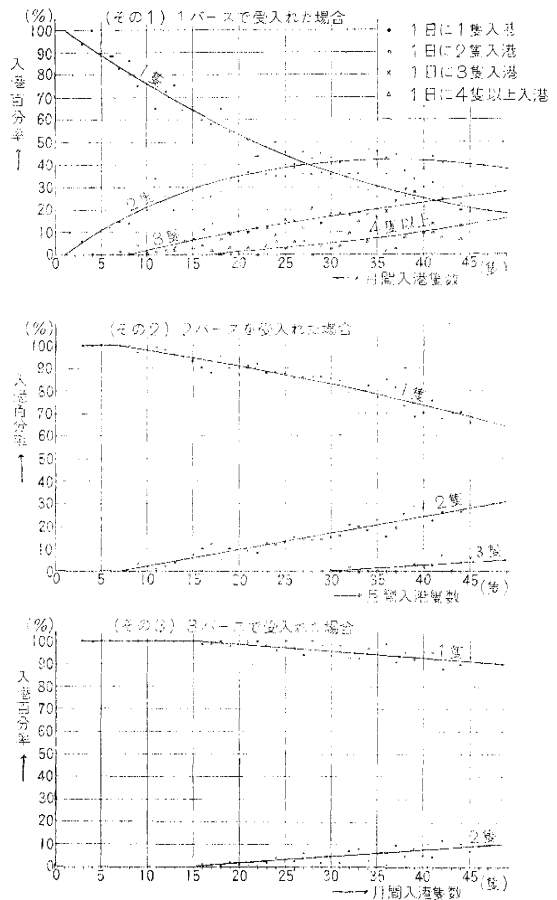
(2) ラップ隻数の頻度

外国原料船と国内原料船とでは船型がいちじるしく異なる。また鉄石船と石炭船とでは月間入港隻数の分布状態にかなりの差がある。このような場合、月間隻数が同じでもラップ隻数の出現度数の間には差が認められるのであろうか。

図-3は外国鉄石船、外国石炭船・国内鉄石船・国内石炭船別に、それぞれの月間入港隻数に対する1隻/日および2隻/日の入港比率を百分率で表わしプロットしたものである。例えば外国鉄石船で月間隻数10隻という月は5回(延べ50隻)あった。そのうち1隻/日に入港した隻数が40隻、2隻/日に入港した隻数が10隻であったから、百分率であらわせば1隻/日の頻度は $40/50=0.8=80\%$ 、2隻/日は $10/50=0.2=20\%$ となる。同様の方法により算出した結果を示している。さて問題は4通りの実績値に差があるかどうか、換言すれば平均値を境にして、一方にへだたった傾向を示すものがあるか否かであるが、ある部分的な範囲、例えば図-3(その1)において国内石炭船の23~29隻/月、国内鉄石船の20~24隻/月では偏移性が認められるが、全体的には常に平均値の両側にばらついている。その割合もほぼ類似の傾向を示しており原料の品種・船型による差は認めがたい。むしろそれぞれの点は平均値を示しているにもかかわらず大きくばらついており、このばらつきが

図-4 原料輸送船の入港状態実績平均図

(昭和24年1月~34年3月まで約9年間の実績)

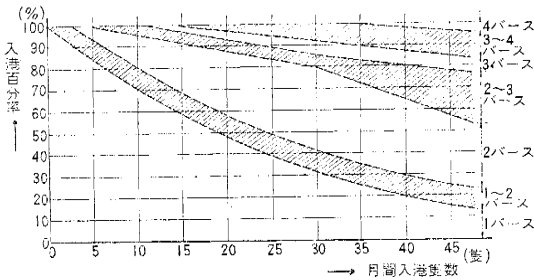


船型・品種による差をいっそう不明確なものとしている。以上の諸点より入港状態は本質的にかなりの変動をとまうものであり、船型・品種による差はほとんど認められない。

(3) 月間入港隻数~バース数~ラップ隻数の相関性

前述の調査から船型・品種による差は認められないことがわかったので、全体平均値についてバース数別にラップ隻数の頻度率を整理した結果は図-4(その1~3)のとおりである。1バースの場合1隻/日の入港比率は月間隻数に逆比例して急激に減少し、2隻/日以上割合が急増する。2バースでは2隻/日以上の割合がいち

図-5 バース数別 1隻/日 入港領域図



じりしく低下し、3バースではほとんど1隻/日の入港状態を示す。

図-5は1隻/日の入港領域を明示したもので、2隻/日以上のラップ隻数をさけるために必要なバース数を図の右側に併記した。この図からバース数を1から2に増すことにより、ラップ隻数はいちじるしく減少し、月間隻数45隻ぐらいまでならば4バースあればラップ現象はほとんど解消するものと判断できる。

3. 荷役制限日数の調査

(1) 概 説

船を荷役待ちさせないためには、まず船舶の入港間隔の実態を把握する必要がある。物理現象として入港間隔は次船(または次集荷)がくるまでの時間によって決定される。本節ではその単位を日とした。その理由は日単位による調査の迅速化と、統計学的に見て日単位で支障ないと考えたからである。

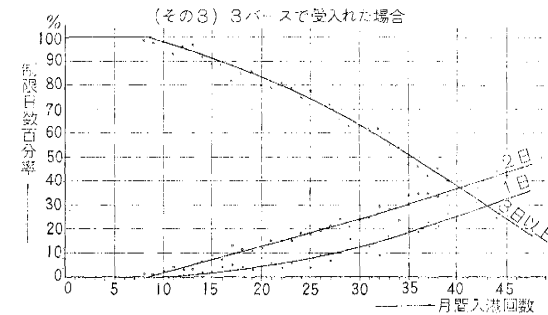
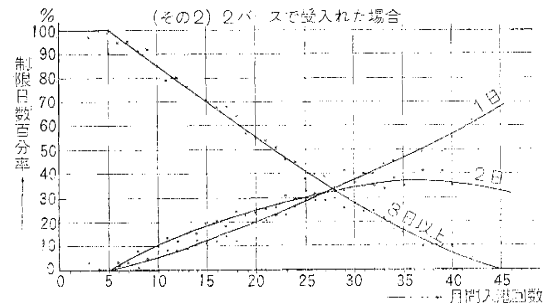
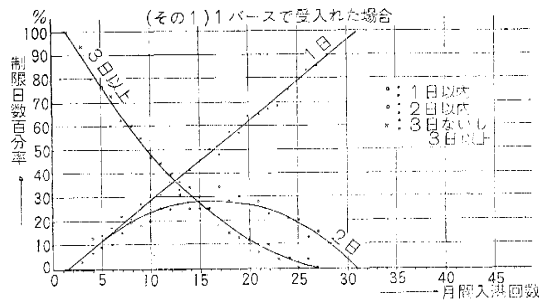
日単位とした場合、同一日に2隻以上入港する場合は一括して集団として考えるほうが妥当である。この見地から月間入港隻数の代りに月間入港回数をとって解析することとした。すなわち同一日に数隻入港してもそれは1回に数える。したがって1バースで受入れる場合、月間回数は暦日数(31日)以上多くはならず、月間隻数が多いほど月間回数との差は大きくなる。バース数を増すほどラップ隻数は減少するから、月間回数は月間隻数に接近する。

(2) 月間入港回数~バース数~荷役制限日数の相関性

図-6は1.の表-5に準じて整理された資料から、次船(次集荷)がくるまでの日数(荷役制限日数)別に分類し、前節と同様の方法で百分率を求め図示したものである。

1バースの場合3日以上余裕のある比率は月間回数に逆比例して急激に減少し、反面1日荷役の比率が急増している。バース数を増すことにより、3日ないし3日以上の比率が増加する。この傾向は前節のラップ隻数のそれとかなり類似している。

図-6 原料輸送船の揚荷役制限日数実績平均図 (昭和24年1月~33年3月まで約9年間の実績)



4. ピーク率の算定

現在まで諸港で行なわれた計算では、ピーク率としてある係数を乗じ計画入荷量を決定しているようであるが、その根拠は明らかでない。ピーク率の概念は埠頭計画を適切にするため平均入荷量に対する個々の入荷量の変動量を勘案修正することであり、その値は年平均値に対する船別の変動幅か、年平均値に対する月平均値の変動幅のいずれをとるかによって異なるであろうし、また危険率(または棄却領域)の取り方によっても変わってくるものである。ばく然とピーク率を想定していたのでは入港船舶および入荷量の増減などに対して修正のしようがない。

すでに述べたように本調査では月単位で資料を整理解析する方針をとっており、月の中での変動はおり込みずみである。ゆえに月々の変動と年平均値との関係がわかればよく、ここでいうピーク率とはこれをさしたもので

ある。

(1) ピーク率の実態調査

図-7は昭和24年~32年度まで9年間の月間入荷量を暦月および鉄鉱石・石炭別に集計し百分率で示したもので、鉄鉱石・石炭とも5~10月の夏季に入荷量が多く、この期間の入荷量を1とした場合11~4月の冬期の入荷量は鉄鉱石で約74%、石炭で約84%、全平均で約77%となり約23%も低くなっている。過去の記録に徴しても夏季に荷役待ち船舶が集中し、これら船舶の碇泊などでいろいろな問題を生じ、また埠頭能力を増強するためハシケ取りを増すなどの便法が講ぜられた。

年度別年間入荷量別の変動の模様を危険率 $\alpha=5\%$ のF-分布から求めた結果は表-7のとおりで、例えば昭和24年の鉄鉱石における $U\sqrt{\frac{(N+1)F}{N}}$ の値は91%である。したがって、 $100\pm 91=191\sim 9\%$ の範囲に月間入荷量が変動することを意味する。この計算から年間入

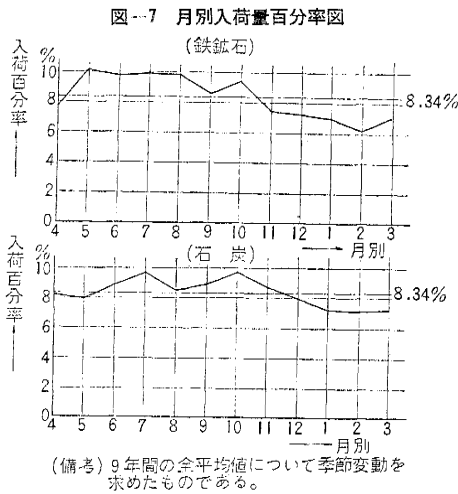


図-7 月別入荷量百分率図

荷量が少ないほど変動率は大きいと考えてよいが、年間入荷量が100万t以上の場合はほとんど一定で50~80%の間にばらついている。ゆえに年間入荷量約100万tを境に変動率を別個に求めるほうが、より妥当であると判断される。

(2) ピーク率の分布

表-8は前にあげた表-7の計算に用いられたものであるが、つぎのピーク率算定にも使用するのでここに示す。この表は月平均入荷量と月別入荷量との比率(入荷比率)を%であらわしたもので、したがって欠月のないかぎり年計はすべて1200%となる。

図-8は年間入荷量100万t以下、100万t以上および全体の3種類に大別して、表-8の入荷比率の小さいものから大きいものへと整理して求めた度数加積線図である。図のx軸は入荷比率(月間の入荷量と平均入荷量との百分率)を、y軸は度数率を%で示す。したがってy軸は全入荷月数に対する通過月数の割合と考えればよく、例えば全平均曲線図において、1年(12カ月)のうち、たかだか1月(1回)しか超過することのないようなピーク率を求める場合は $11/12=0.92=92\%$ Y軸の92%曲線との交点のx軸を読めば145%である。ゆ

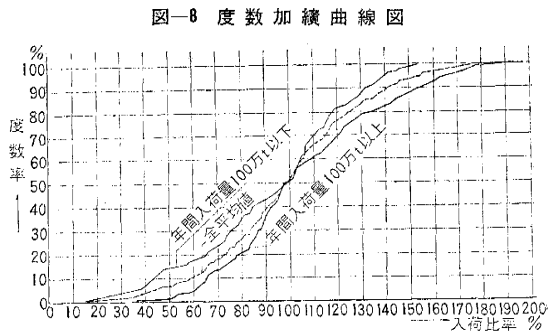


図-8 度数加積曲線図

表-7 年度別ピーク率算定表 ($\alpha=0.05$ F分布)

原料名	年度	年間入荷量 (t)	$\sum_{i=1}^N x_i^2$	$\frac{(\sum x_i)^2}{N}$	u^2	u	$\sqrt{\frac{(N+1)F}{N}}$	$u \cdot \sqrt{\frac{(N+1)F}{N}}$
鉄 鉱 石	24	764 306	137 282	120 000	1 570	39.6	2.29	91
	25	614 067	142 092	"	2 010	44.8	"	103
	26	1 676 265	125 194	"	472	21.7	"	50
	27	2 325 115	129 286	"	845	29.1	"	67
	28	1 366 412	126 444	"	586	24.2	"	55
	29	1 398 806	129 424	"	857	29.3	"	67
	30	1 941 349	127 430	"	676	26.0	"	60
	31	2 874 712	125 846	"	532	23.1	"	53
	32	2 956 468	133 200	"	1 200	34.6	"	79
	石 炭	24	551 472	118 672	90 000	3 186	56.4	2.45
25		265 820	129 090	110 000	1 736	41.7	2.34	98
26		786 415	131 146	120 000	1 014	31.8	2.29	73
27		975 135	141 858	"	1 988	44.6	"	102
28		795 379	130 104	"	918	30.3	"	69
29		670 432	138 064	"	1 642	40.5	"	93
30		696 747	139 718	"	1 702	41.3	"	95
31		1 023 590	125 738	"	522	22.9	"	52
32		1 173 050	130 494	"	955	30.9	"	71

備考: $\bar{x}=100$, $n_1=1$, $n_2=N-1$ に対する F 値, S. 24 および S. 25 の石炭を除き $N=12$, S. 24 の $N=9$, S. 25 の $N=11$

表-8 海送外国原料 月別入荷量 百分率表
月間平均入荷量

原料名	年度別 月別	百分率表									
		24	25	26	27	28	29	30	31	32	全体
鉄鉱石	4	102	44	86	112	100	146	73	77	91	93
	5	168	110	116	136	130	142	106	103	117	121
	6	100	89	101	141	107	124	108	92	150	117
	7	161	44	140	128	115	88	128	108	125	119
	8	135	144	103	129	126	110	105	78	154	118
	9	85	175	104	92	84	117	136	95	89	103
	10	66	131	90	107	112	97	138	145	96	112
	11	121	101	62	81	75	68	58	132	97	89
	12	80	94	80	77	71	67	78	103	105	87
	1	71	60	104	66	118	53	96	114	51	84
	2	74	52	84	66	52	98	72	64	89	74
	3	37	156	130	65	110	90	102	89	36	83
石灰	4	146	—	106	162	65	122	31	66	95	98
	5	150	20	79	171	39	80	81	109	60	96
	6	124	72	123	159	89	46	78	92	110	107
	7	195	141	35	128	121	123	95	63	140	116
	8	104	91	58	102	102	155	113	87	91	102
	9	73	178	111	74	97	137	69	98	136	107
	10	66	94	116	45	150	119	103	138	153	116
	11	27	129	118	75	85	143	175	90	107	105
	12	15	115	156	84	139	69	63	105	84	94
	1	—	57	108	44	118	47	165	131	65	86
	2	—	78	105	75	98	44	100	119	97	86
	3	—	125	85	81	97	115	127	102	62	87

えに 145-100=45 % , ピーク率 45 % をとるなら , 1 年のうちこの値を超過するような月間入荷量は 1 回程度であると結論づけられる。図-8 に示す曲線はいずれもほぼ入荷比率 100 % , 度数率 50 % を中心とした対象形であり , 比較的きれいな正規分布を示す。このことはつきに示す推計学的計算値と図の値とを対比することにより , さらに明瞭である。すなわち危険率 5 % および 1 % の棄却領域を F-分布から求めた結果をつぎに示す。
標本数 N=212

$$\sum_{i=1}^N x_i^2 = 2360082, \quad \frac{(\sum x_i)^2}{N} = 2120000,$$

$$u^2 = 1137, \quad \therefore u = 33.7$$

$$\alpha = 0.05 :$$

$$u \sqrt{\frac{(N+1)F}{N}} = 33.7 \sqrt{\frac{213 \times 3.89}{212}} = 67$$

$$\therefore \bar{x} \pm u = 33 \sim 167 \%$$

$$\alpha = 0.01 :$$

$$u \sqrt{\frac{(N+1)F}{N}} = 33.7 \sqrt{\frac{213 \times 6.76}{212}} = 88$$

$$\bar{x} \pm u = 12 \sim 188 \%$$

危険率の上限值以上になる割合は 1/2 , したがって度数率は危険率 5 % および 1 % の対応値として 97.5 % および 99.5 % の場合の入荷比率を求めると , それぞれ 166 % および 178 % となる。したがって度数率 97.5 % のときは 1 % , 99.5 % のときは 10 % の差でほぼ一致している。ゆえに上掲のグラフは十分信頼してよいであろう。

(3) ピーク率の算定

表-9 は 図-8 から代表的な条件の場合の入荷比率を

表-9 度数率を想定した場合の入荷比率

度数率	年間入荷量		全平均	備 考
	<100万t	>100万t		
$\frac{119}{120} = 99.3 \%$	182 %	153 %	175 %	10年に1回の頻度
$\frac{59}{60} = 98.4 \%$	176	150	171	5年に1回
$\frac{35}{36} = 97.3 \%$	173	145	164	3年に1回
$\frac{23}{24} = 95.9 \%$	170	142	157	2年に1回
$\frac{11}{12} = 91.7 \%$	160	136	145	1年に1回
$\frac{10}{12} = 83.3 \%$	142	125	130	1年に2回
$\frac{9}{12} = 75.0 \%$	125	116	119	1年に3回
$\frac{8}{12} = 66.7 \%$	117	108	111	1年に4回

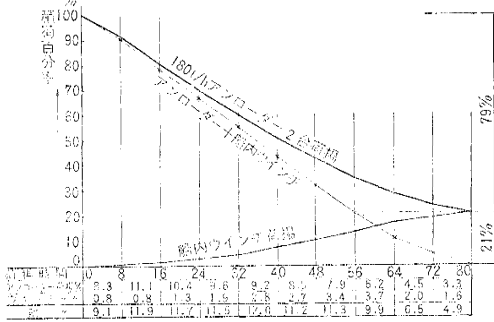
求めたものである。10年に1回(1月)の危険頻度は10年間にわたって毎月入荷があるとするならば延べ月数は12月×10=120月となるから119/120=99.3%に相当する入荷比率を求めればよい。以下同様である。

5. 船型と荷揚速度との相関性

(1) 八幡港における汎用鉱石船の荷揚実績

洞開 15~18 番鉱石岸壁で 180 t/h アンローダーを使用した全量荷揚げ実績の平均荷揚げ線図は 図-9 に示すとおりで , 全積荷量の約 80 % がアンローダーで荷揚げされ , 残り約 20 % が船内ウィンチによって処理された。アンローダーによる荷役は最初の交代番においてハッチカバーの取りはずしなどの作業が入るためやや低下

図 9 汎用鉱石船の標準荷揚げ形式図



する。2交代日が最も荷役能率が高く以後漸減する。その程度は全積荷量の60~70%まではほぼ直線的であるが、残り30~40%において能率は急減している。図において細い線はアンローダーと船内ウィンチとの荷揚量を合算したものであるが、全量の約80%まではほぼ定量ずつ荷役が進み、残り20%を荷役するために荷揚能率は $\frac{2}{3}$ 程度に低下する。

(2) 戸畑港における外国鉱石船の荷揚実績

昭和33年8月製鉄戸畑港が開港され、第1船として乾瑞丸が入港して以来翌年3月まで約8カ月間に51隻の外国鉱石船が入港した。この間専用船では新田丸・邦強丸・英島丸および日隆丸級が、また汎用船ではアフターエンジン型のA型および八幡港で多く見られるB型まで各種船型のものがふくまれている。

溶鉱炉の火入れは約1カ年おくれの昭和34年9月であったから、この期間内に入港した船舶は船型が大きく八幡港に直航できないもの、潮取りを必要とするもの、

または戸畑地区に貯蔵する銘柄のものなどが主であった。

このため全量荷揚げの行なわれることはまれで、揚荷率10~40%のものが大半を占めている。ゆえに荷役初期における1000t/hアンローダーの荷揚げ能力に影響する諸因子—銘柄、グラブ・バケット容量など—数多くの興味ある資料をふくんでおり、これらの相互関係についてはできる限りくわしく調べることに留意した。

a) グラブ・バケットのつかみ量 表-10は銘柄・船種・バケット容量別に整理したもものから、グラブ・バケット1回あたりつかみ量を調べたものである。

バケット容量7m³および5m³の実績については比較的多いが2.5m³についてはわずかに2例にすぎない。船種は専用船と汎用船とに大別した。

この表から鉱石の銘柄とつかみ量との間には大きな差のあることがわかる。例えば7m³バケットの場合テキサダ、ラップなどでは20t/回以上であるが、インド、ゴアなどは15t/回以下である。

表-11はつかみ量におよぼす船型の影響を示したもので、資料が十分でないため定量的に断言することはできないが、専用船のほうがつかみ量が多いことは確かである。表の右端の値はラップ、ブンゲンおよびゴアの3銘柄について7m³および5m³バケットを使用した専用船の場合を1として、汎用船の場合の比率を求め、それらの総平均値を示したもので、おおよその見当として $202 \div 239 = 0.85$ となるから、専用船の場合のつかみ量を100%とするならば、汎用船のそれは約85%程度と考えてよいであろう。

表-10 グラブ・バケット1回当たり平均つかみ量調査表

銘柄	船種	7m ³				5m ³				2.5m ³			
		隻数	荷役量	つかみ回数	t/回	隻数	荷役量	つかみ回数	t/回	隻数	荷役量	つかみ回数	t/回
ラップ	専用船	8	22544	1012	22.3	1	2070	149	13.9	—	—	—	—
	一般船	—	—	—	—	8	16856	1450	11.6	—	—	—	—
	計	8	22544	1012	22.3	9	18926	1599	11.8	—	—	—	—
カッタノー	専用船	5	18976	932	20.3	2	17369	1538	11.3	1	120	26	4.6
	一般船	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ブンゲン	専用船	1	5355	275	19.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	一般船	—	—	—	—	12	32990	2852	11.6	—	—	—	—
ブンゲン	専用船	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	一般船	1	5355	275	19.5	12	32990	2852	11.6	—	—	—	—
ネバダ	専用船	2	18760	1030	18.2	—	—	—	—	—	—	—	—
スリメダン	一般船	3	3129	175	17.9	5	4766	428	11.1	—	—	—	—
イボ	一般船	—	—	—	—	1	734	71	10.4	—	—	—	—
ラキサダ	一般船	—	—	—	—	2	7846	589	13.3	—	—	—	—
インド(A)	一般船	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ゴア	専用船	1	1683	145	11.6	—	—	—	—	—	—	—	—
	一般船	1	918	111	8.3	9	7501	1612	4.7	1	155	42	3.7
	計	2	2661	256	10.2	9	7501	1612	4.7	1	155	42	3.7
インド(C)	一般船	—	—	—	—	3	2277	548	4.2	—	—	—	—
合計	専用船	17	67318	3394	19.8	3	19439	1687	11.5	1	120	26	4.6
	一般船	5	5621	394	14.3	45	76284	7988	9.5	1	155	42	3.7
	計	22	72939	3788	19.3	48	95723	9675	9.9	2	275	68	4.0

表-11 船型とつかみ量(t/回)との関係

銘 柄	1回当りつかみ量 (t/回)				同 左 百 分 率				平均百分率	
	7 m ³		5 m ³		7 m ³		5 m ³		専用船 (%)	汎用船 (%)
	専用船 (t/回)	汎用船	専用船 (t/回)	汎用船	専用船 (%)	汎用船	専用船 (%)	汎用船		
ラ ッ プ	22.3	—	13.9	11.6	100	—	100	83	100	83
ヅ ン グ ン	19.5	—	—	11.6	87	—	—	83	87	83
ゴ ー ア	11.6	8.3	—	4.7	52	37	—	34	52	36
計									239	202

表-12 グラブ バケットの公称容量と実容量との関係

銘 柄	見かけ比重 (湿潤状態) (t/m ³)	1回当りつかみ量 (t/回)				バケット体積 (m ³ /回)				専用船に換算	
		7 m ³		5 m ³		7 m ³		5 m ³		7 m ³ (m ³)	5 m ³ (m ³)
		専用船 (t)	汎用船 (t)	専用船 (t)	汎用船 (t)	専用船 (m ³)	汎用船 (m ³)	専用船 (m ³)	汎用船 (m ³)		
ラ ッ プ	3.08	22.3	—	13.9	11.6	7.3	—	4.5	3.8	7.3	4.5
ヅ ン グ ン	2.59	19.5	—	—	11.6	7.5	—	—	4.5	7.5	5.4
イ ン ド (A)	2.51	—	14.6	—	7.6	—	5.8	—	3.0	7.0	3.6
平 均	2.73									7.3	4.5

備考：2.5 m³ バケットについては戸畑港の実績は今日まで 2 例にすぎない。八幡港における実績によれば、公称能力 180 t/h に対し実績は約 100 t/h (専用船に換算した場合約 120 t/h) である。この実績をバケット容量に換算すると約 1.7 m³ となる。

$$\therefore 2.5 \text{ m}^3 \times \frac{120}{180} = 1.7 \text{ m}^3$$

表-12 はグラブ バケットの公称能力と実能力との関係を示したもので、7 m³ バケットでは実績値 7.3 m³ でわずかながら公称容量を上まわるが、5 m³ バケットでは実容量は公称の約 90 % に低下する。ゆえに大型バケットほど荷役能力が増し効果的であるが、反面過負荷になりやすい傾向がある。後述するように公称を上まわる荷揚実績がしばしば出現しているが、その理由はサイクルタイムの短縮などの運転技術によるものでなく、1回のつかみ量が大きくなりやすいことに主因している。

b) つかみ回数 荷揚げ時間あたりつかみ回数と銘柄、船種、バケット容量との間には明瞭な関係は見出せない。ゆえにつかみ回数は主としてアンローダーの性能および運搬距離によって決まるものと考えられるが、マントローリーの運行速度、バケットの巻揚速度など機械的性能はほぼ一定であるから結局つかみ回数は運搬距離によって決まるものと思われる。

図-10 は揚荷役におけるグラブ バケットの運行状態を示したもので、図の A,B,C の3つに大別することができる。

つかみ回数 (回/h) 別に出現度数を求め、整理した結果を 図-11 に示す。図において横軸はつかみ回数 (回/h) であり、縦軸に度数百分率の累計を示す。総平均つかみ回数は 53 回/h であり、48 回/h 以下が全体の 23 %、また 59 回/h 以上が 18 % あり、残り約 61 % は 48~59 回/h の範囲に分布している。また、つかみ回数の実績最高は 78 回/h であった。1000 t/h アンローダーの製作条件から公称サイクルタイムは“船→A”の場合 46 秒、“船→B”の場合 53 秒 “船→C”の場合 72 秒となっている。したがって、それぞれの公称つかみ回数は 78,68,

図 10 グラブ バケット運搬距離

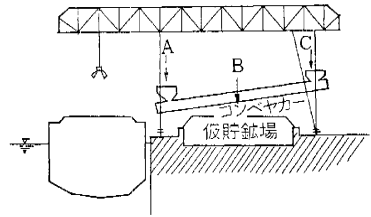
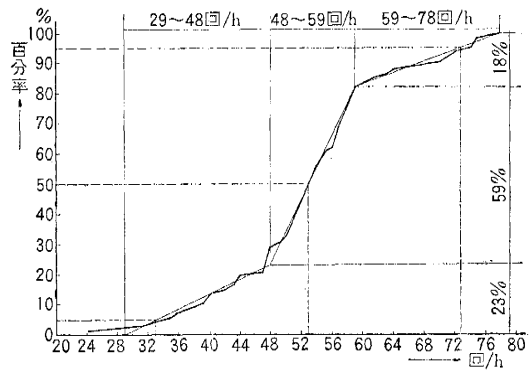


図-11 荷役時間あたりバケット回数百分率累加曲線図



50 回/h となるが、実績値にくらべかなり大きい値となっている。すなわち“船→B”の状態を平均荷揚状態とするならば、公称つかみ回数 68 回/h に対し、実績値は 53 回/h であり、両者の間には 15 回/h の差がある。

e) 運転 1 時間あたりの荷揚量 表-13 は荷揚量と実荷揚時間とを整理したものである。単位時間あたり荷揚量はグラブ バケットの容量により大きく変わるほか、船種、鉋石銘柄によっても異なることはすでにつかみ量 (t/回) の項で調べたとおりである。

表-13 時間あたり荷揚量調査表(アンローダー1台)

銘柄	船種	7 m ³				5 m ³				2.5 m ³			
		隻数	荷役量	荷役時間	t/h	隻数	荷役量	荷役時間	t/h	隻数	荷役量	荷役時間	t/h
ラップ	専用船	8	22544	20-20	1110	1	2070	3-10	653	—	—	—	—
	一般船	—	—	—	—	8	16856	30-25	554	—	—	—	—
	計	8	22544	20-20	1110	9	18926	33-35	564	—	—	—	—
カッチノー	専用船	5	18976	18-35	1020	2	17369	34-05	510	1	120	0-45	160
ゾングン	専用船	1	5355	4-05	1310	—	—	—	—	—	—	—	—
	一般船	—	—	—	—	12	32990	54-50	602	—	—	—	—
	計	1	5355	4-05	1310	12	32990	54-50	602	—	—	—	—
ネバダ	専用船	2	18760	16-10	1160	—	—	—	—	—	—	—	—
スリメダン	一般船	3	3129	2-45	1138	5	4766	7-55	602	—	—	—	—
イボ	専用船	—	—	—	—	1	734	1-15	588	—	—	—	—
テキサダ	専用船	—	—	—	—	2	7846	12-25	631	—	—	—	—
インド(A)	専用船	1	1574	2-10	725	5	3314	9-20	355	—	—	—	—
ゴア	専用船	1	1683	2-05	810	—	—	—	—	—	—	—	—
	一般船	1	918	1-55	478	9	7501	31-15	240	1	155	0-35	266
	計	2	2601	4-00	650	9	7501	31-15	240	1	155	0-35	266
インド(C)	一般船	—	—	—	—	3	2277	13-20	171	—	—	—	—
合計	専用船	17	67318	61-15	1100	3	19439	37-15	522	1	120	0-45	160
	一般船	5	5621	6-50	823	45	76284	160-45	474	1	155	0-35	266
	計	22	72939	68-05	1070	48	95723	198-00	484	2	275	1-20	207

表-14 7 m³ バケット使用時公称能力との比較

運搬距離		公称能力				実能力				
		サイクルタイム	回/h	t/回	t/h	保証能力 t/h	サイクルタイム	回/h	t/回	t/h
最	小	46"	78	15	1170	1000	49"	73	19.8	1450
平	均	53	68	"	1020	850	68	53	"	1050
最	大	72	50	"	750	750	109	33	"	650

備考: 荷役の初期における公称能力と平均実荷役能力との比較である。

前項においてつかみ回数(回/h)が船種、銘柄、バケット容量などによって異なるかどうかは明瞭でないが、もし差異がないとするならば荷揚量(t/h)はバケットのつかみ量(t/回)に比例して増減することとなる。

表-14 は公称能力と実能力とを7 m³ バケット使用時について比較したもので、サイクルタイムはつぎの方法により算出した。

公称サイクルタイム

- 最小 船→海側ホッパー(図-10における船→A)
- 平均 船→仮貯鉱場(図-10における船→B)
- 最大 船→陸側ホッパー(図-10における船→C)

実サイクルタイム

- 最小 図-11における出現率5%に相当するつかみ回数より逆算した値
- 平均 図-11における出現率50%に相当するつかみ回数より逆算した値
- 最大 図-11における出現率95%に相当するつかみ回数より逆算した値

また実能力算定に用いたつかみ量19.8 t/回 は専用船の場合の実績平均値である。したがってテキサダ、ラップなどではつかみ量はさらに増え、22~24 t/回と考えられるから、この場合の実最大能力は1600~1800 t/h

が予想される。

公称と実能力との大きな差はグラブバケットのつかみ量に起因すると考えてよい。実能力のうちバケット回数は公称に比し低目であるにもかかわらず、荷揚能力が同等またはさらに大きくなる理由は明らかにつかみ量(t/回)の差である。

(3) 鉄鉱石の単位容積重量

鉄鉱石の見かけ比重については長い間2 t/m³ という値が是認されてきたが、確かな根拠は示されていない。土石類の場合真比重2.5~2.7に対し見かけ重量1.6~1.7 t/m³(真比重に対し約65%)くらいと考えられるがこの率を鉄鉱石にあてはめるならば、真比重を4.5として見かけ重量はおおよそ3 t/m³ となるはずである。

筆者は戸畑貯鉱場に野積みされている鉄鉱石のうち、10銘柄について簡易試料採取器により試料を採取し、見かけ比重、乾燥密度および真比重の測定を行なった。測定結果は表-15に示すとおりで、単位容積重量はすべて2 t/m³ より大きい。スケールは再生産されたものでありこれを除外すると、おおよそ2.6~3.3 t/m³ と考えてよい。これより野積場に貯積された鉄鉱石の単位容積重量は平均3 t/m³ と訂正すべきであろう。船内の鉄鉱

表-15 試験成績

標 本 No.	試 料 名	見かけ単位重量 (r_1 kg/m ³)	乾 燥 密 度 (r_d kg/m ³)	比 重 (G)	含 水		間 隙	
					比	率	比	率
					ω %	ω' %	I	P %
1*	ブ ラ ジ ル	2 670 3 250	2 596 3 160	4.94	2.83	2.76	0.905 0.562	47.5 36.0
2	マ テ ー	3 270	3 002	3.98	8.92	8.20	0.324	24.5
3	バ ン ク パ ー	3 220	3 114	4.53	3.42	3.30	0.456	31.3
4	ス ケ ー ル	2 260	1 871	4.89	20.80	17.20	1.62	61.8
5	棚 原 隆 比	3 180	2 830	4.52	12.40	11.00	0.598	37.4
6	香 港 粉	2 660	2 529	4.48	5.19	4.93	0.772	43.6
7	ズ ン ゲ ン 水 洗	2 590	2 457	4.06	5.20	4.94	6.53	39.5
8*	A 印 度	2 510 2 780	2 469 2 735	4.30	1.67	1.64	7.39 0.373	42.5 36.4
9	ラ ラ ッ プ 粉	3 080	2 829	4.06	6.75	6.33	0.435	30.3
10	砂 鉄	2 960	2 848	4.77	3.88	3.74	0.672	40.2

* 印は軽装およびジッキング法から算出した数値である。

表-16 全量荷役を行なった場合の稼働率および荷役能力の実績調査表

船 名	作 業 時 間				荷 役 時 間				荷 揚 量				稼 働 率				荷 揚 能 力			
	100 ~50 (')	50~25 (')	25~0 (')	計 (')	100 ~50 (')	50~25 (')	25~0 (')	計 (')	100 ~50 (t)	50~25 (t)	25~0 (t)	計 (t)	100 ~50 (%)	50~25 (%)	25~0 (%)	計 (%)	100 ~50 (t/h)	50~25 (t/h)	25~0 (t/h)	計 (t/h)
	新 田 丸	740	520	420	1 680	600	420	341	1 361	9 981	5 418	863	16 262	81.0	81.0	81.0	81.0	998	774	152
英 島 丸	460	350	1 360	2 170	405	235	425	1 065	6 295	3 147	3 147	12 589	88.0	67.1	31.2	49.1	921	803	447	710
ア ン ド ロ ス タ ー	720	510	975	2 205	420	220	360	1 000	6 080	3 110	3 410	12 600	58.3	43.1	36.9	45.3	868	848	508	756
ア ン ド ロ ス タ ー	1 030	1 010	925	2 965	695	545	425	1 665	7 348	3 445	2 598	13 391	67.5	54.0	46.0	56.2	635	379	367	483
ア ン ド ロ ス タ ー	1 640	840	1 935	4 515	775	330	735	1 840	7 527	2 828	3 570	13 925	47.3	35.1	38.0	40.7	582	514	292	454
福 山 丸	1 275	675	345	2 295	765	270	100	1 135	6 002	1 672	656	8 330	60.0	40.0	29.0	49.5	471	371	394	440
大 瑞 丸	1 160	720	360	2 240	465	240	105	810	3 868	1 070	661	5 599	40.1	33.3	29.2	36.2	459	268	378	415
宗 像 丸	550	330	240	1 120	180	75	330	2 700	710	610	4 020	32.8	22.7	31.3	29.5	900	568	488	731	
宇 佐 丸	1 120	690	365	2 175	405	195	215	815	4 221	1 716	1 394	7 331	36.2	28.3	58.9	37.5	628	528	389	540
鬼 怒 川 丸	995	660	925	2 580	530	395	500	1 425	5 012	2 506	2 506	10 024	53.3	59.8	54.1	55.3	567	381	301	422
大 瑞 丸	985	370	555	1 910	465	125	225	815	3 658	536	1 195	5 389	47.2	33.8	40.6	42.7	472	257	319	397
計	10 675	6 775	8 405	25 855	5 705	3 050	3 506	12 261	62 692	26 158	20 610	109 460	53.4	45.0	41.7	47.5	660	515	353	536

備考：1 000 t/h アンローダー 1 台あたりの作業実績である。

石は長い間の海上輸送により着岸時ではほぼ貯鉱場と同じ状態まで縮まっていると考えられるが、バケット荷役によりゆるめられ、バケットにつかまれた状態では 20 % ぐらい体積膨張しているものと思われる。

(4) 戸畑港における外国鉱石船の全量荷揚げ実績

調査期間内に製鉄戸畑港において全量荷揚げを行なったのは外国鉱石船で新田丸(1回)、英島丸(2回)の都合3隻と汎用船8隻とで計11隻である。

表-16は1 000 t/h アンローダー1台あたりの荷揚能力および各船ごとの稼働率を算定したもので、揚荷役の初期において荷役量が大きく、漸次減少している傾向は八幡港の場合と同様である。稼働率は新田丸が特に大きく81%であったが、他船は30~55%の範囲であり、総平均稼働率は47.5%であった。しかも表の実績から判断すると稼働率も荷揚げの初期に高く、底荷になるほど低減している傾向がある。平均稼働率47.5%はほかの荷役機械などと比較して、決して高いとは思われないが、さらに問題なのは作業時間が連続していないことである。1 000 t/h アンローダーは24時間運転を原則としており、稼働率の低下は極力避けなければならない。管理目標を適確にし速かに稼働率の向上をはかる必要があ

る。

表-17は新田丸の作業時間分析表である。実運転とは実際にアンローダーが荷揚作業を行なった時間であり、関連作業とは実運転に関係して起こる付帯作業である。休止時間のうち、故障時間は6%であり、そのほかの休止時間と合算しても19.1%にすぎない。コンベヤカー、ホッパー待ちはコンベヤカーないし後方輸送設備の能力がアンローダーに見合わないための荷役待ちと見ることができ、7m³バケットを使用し、つかみ量の大きい鉱石を荷役するときは当然予想される。

新田丸の実績から約65%が実運転、約15%が関連作業、残り約20%が休止時間と考えてよいであろう。

(5) 標準荷揚げ能力の算定

作業1時間当り荷揚げ能力は前述したようにバケットのつかみ量(t/回)とつかみ回数(回/h)との積として与えられる。このうちつかみ量は主として鉱石銘柄およびバケット容量によって支配され、またつかみ回数は鉱石の粒度などによるつかみの難易、バケットの運転距離などによって決められる。これらの諸係数の変動幅については前述したとおりである。問題を整理するため、つかみやすさをa,b,cに大別して、7m³バケット、上荷役

表-17 新田丸作業時間分析表

作業内容		アンローダー		No. 1		No. 2		計	
		時間	%	時間	%	時間	%		
実 運 転	コンベヤカー	312'	37.1	309'	36.8	621'	36.9		
	仮貯鉱場	160	19.0	143	17.0	303	18.0		
	かき寄せ	97	11.7	64	7.6	161	9.6		
	計	569	67.8	516	61.4	1085	64.5		
関 連 作 業	移動	36	4.3	20	2.4	56	3.3		
	船上処理	7	0.8	12	1.4	19	1.1		
	グループ取換	34	4.1	77	9.2	111	6.6		
	ブルドーザー出入	23	2.7	66	7.8	89	5.4		
	計	100	11.9	175	20.8	275	16.4		
休 止 時 間	コンベヤカー、ホッパー待	53	6.3	78	9.3	131	7.8		
	ホッパー取はずし	20	2.4	11	1.3	31	1.8		
	故障	50	6.0	50	6.0	100	6.0		
	休止	48	5.6	10	1.2	58	3.5		
	計	171	20.3	149	17.8	320	19.1		
合 計		840	100.0	840	100.0	1680	100.0		

備考：昭 34.4.10 製鉄所船港に入港した新田丸（ネバダ鉱石 16262 t 積）に対する荷揚作業時間の分析結果である。

表-18 つかみ量 (t/回) 算定表

つかみの難易	上 荷			中 荷			底 荷		
	7 m ³	5 m ³	2.5 m ³	7 m ³	5 m ³	2.5 m ³	7 m ³	5 m ³	2.5 m ³
a	22.0	13.5	5.0	20.0	12.0	4.5	17.5	10.8	4.0
b	19.0	11.5	4.4	17.0	10.5	4.0	15.2	9.2	3.5
c	14.0	8.5	3.2	12.6	7.7	2.9	11.2	6.8	2.6

表-19 バケット回数 (回/h) 算定表

走行範囲	上 荷			中 荷			底 荷		
	上 限	平 均	下 限	上 限	平 均	下 限	上 限	平 均	下 限
A	70	60	55	63	54	50	53	45	41
B	55	50	45	50	45	40	41	38	34
C	45	40	35	40	36	32	34	30	26

のとき a-group は平均 22 t/回、b-group は 19 t/回、c-group は 14 t/回 のつかみ量があると推定した。また上荷役の場合を 100 % としたとき、中荷役および底荷役のときのつかみ量の減少率はかき寄せ作業の機械化、作業能率の向上などにより実績値よりかなり向上するものと考え、それぞれ 90 % および 80 % と推定した。したがってつかみ量 (t/回) の値は 表-18 のとおりとなる。

運転 1 時間当りバケット回数の実績値は、上荷役の場合総平均で 53 回/h である。アンローダーの走行範囲を (図-10) の 3 通りに大別し、それぞれ 10 回/h 程度の差を設けた。最大値は 図-11 から 70 回/h とした。荷役が進むにしたがい、サイクルタイムは大きくなり、バケット回数は減少する。上荷役を 100 % とした場合、中荷役 90 %、底荷役 75 % と仮定した。この値は実績値より約 5 % 小さい。以上の考察よりバケット回数 (回/h) を算定した結果は 表-19 のとおりである。

表-18 および 表-19 の結果から 7 m³ バケットを使用した場合のアンローダー 1 台、1 時間あたり荷揚能力 (t/h) を算定した結果を 表-20 に示す。この表の値は以上の考察からわかるとおり、かなり安全側の数値から

求められたもので、運転技術が向上し船内ブルドーザーその他の協力がスムーズに行なわれるようになれば、バケット回数で 10~15 % アップはさして困難とは思われない。なお本表の値は鉱石専用船を対象として求めたものであるから、汎用船の場合は考察において述べるように約 15 % 能力を低く考える必要がある。

(6) 船型と荷揚げ時間との相関性

バケットの運転状態は船→仮貯鉱場 (B) 鉱石のつかみの難易は中程度 (b)、移動率 55 % というほぼ荷役の標準状態において船型を 10 000~30 000 t に、バケット容量を 2.5~7 m³ に変化させた場合の総荷役時間の計算結果を図示したものが 図-12 である。

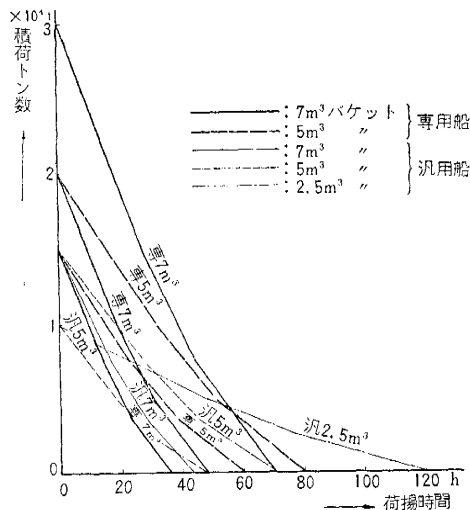
この図から所要荷揚げ時間はバケット容量によって大きく変わり、また汎用船は専用船にくらべていちじるしく不利であることがわかる。

平均荷揚げ能力は専用船 7 m³ バケットの場合 430 t/h/台、5 m³ では 250 t/h/台、汎用船の場合 7 m³ バケットで 350 t/h/台、5 m³ で 210 t/h/台、2.5 m³ で 85 t/h/台となる。ゆえに積荷量、船型、使用バケット容量がわかれば所要荷役時間を概算することができる。例えば積荷

表-20 時間あたり荷揚能力(t/h)の算定表
(7m³の場合のみ)

バケット容量	走行範囲	積荷能力範囲 つかみの難易	上 (1~1/2) 荷						中 (1/2~1/4) 荷						底 (1/4~0) 荷														
			上限		平均		下限		上限		平均		下限		上限		平均		下限										
			t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h	t/回	回/h	t/h						
7 m ³	A	a	22	70	1540	22	60	1320	22	55	1200	20	63	1260	20	54	1080	20	50	1000	17.5	53	930	17.5	45	790	17.5	41	720
		b	19	70	1330	19	60	1140	19	55	1050	17	63	1070	17	54	920	17	50	850	15.2	53	810	15.2	45	680	15.2	41	620
		c	14	70	980	14	60	840	14	55	770	12.6	63	800	12.6	54	680	12.6	50	630	11.2	53	590	11.2	45	500	11.2	41	460
	B	a	22	55	1200	22	50	1100	22	45	1000	20	50	1000	20	45	900	20	40	800	17.5	41	720	17.5	38	670	17.5	34	600
		b	19	55	1050	19	50	950	19	45	860	17	50	850	17	45	770	17	40	680	15.2	41	620	15.2	38	580	15.2	34	520
		c	14	55	770	14	50	700	14	45	630	12.6	50	630	12.6	45	570	12.6	40	500	11.2	41	460	11.2	38	430	11.2	34	380
	C	a	22	45	1000	22	40	880	22	35	775	20	40	800	20	36	720	20	32	640	17.5	34	600	17.5	30	530	17.5	26	450
		b	19	45	860	19	40	760	19	35	670	17	40	680	17	36	610	17	32	540	15.2	34	520	15.2	30	460	15.2	26	400
		c	14	45	630	14	40	560	14	35	490	12.6	40	500	12.6	36	450	12.6	32	400	11.2	34	380	11.2	30	340	11.2	26	290

図-12 積荷量-荷揚げ時間図



40000 t の鉱石専用船の荷揚げを 7m³ バケットで行なった場合、約 93 h (40000 t ÷ 430 t/h = 93 h) にて荷役を完了する。もしアンローダーを 2 台使用するならば約 2 日にて荷役できることがわかる。

6. 考 察

(1) 船舶の集中度合(ラップ頻度)を決定するものは、入港隻数の多寡であって、船型・原料の種別には無関係と考えられる。これはある限定された定点間の航海運航管理など特別の規制を行なわない場合、すなわち無作為状態における船舶輸送一般に共通する基本則と思われる。

(2) バース数を増すことにより、船舶の着岸時点分散させることができる。その効果は 1 バースを 2 バースにした場合が最も大きく、月間入港隻数の最大が 40 隻くらいまでならば 3 バースではほぼラップ隻数は解消する。

荷役制限口数の面からも同様のことがいえる。荷役制限日数が 1 日以内の領域が過半数を占める状態では同時にラップ頻度も高く、これを滞船させることなく荷揚げするためには、過大な機械設備を必要とする。また荷役制限日数 3 日以上比率が高まると埠頭の利用率が低下し、不経済な設備となる。

(3) 実績によれば積トン率 80% 以上のものが全体の 72.4%、さらに 90~95% のものが全体の 32.6% を占めている。ゆえに汎用船においては積地出港時の積トン率を大きくすると、それだけ入港隻数が少なくなり、埠頭計画に危険側となる。外国原料への依存度、積地条件、船型などにより適正積トン率を決定しなければならないが、製鉄原料船の場合、汎用船で 85~90%、専用船で 90~95% くらいが妥当な値と思われる。

(4) 危険率を増すほどピーク率を小さくし得ることはもちろんであるが運営上支障をきたすことが多い。図-7 に示すように季節変動ピーク率は数カ月はわたって連続して起こることが予想される。ゆえに年間に 2~3 カ月起こるピーク率を採用した場合、この期間内は具体的にオーバーロードとなることを覚悟する必要がある。この見地からばらばらな貨物を取り扱う埠頭計画では 1 年に 1 回の頻度またはそれ以下におさえるべきではなからうか。

(5) 年間入荷量 100 万 t 以下と以上とではピーク率にかなりの開きのあることは表-7 から明らかである。表-7 において 100 万 t 以下に相当するものは鉄鉱石で昭和 24・25 年度、石炭で昭和 24~30 年度までの 9 カ年で平均年間入荷量は約 68 万 t/年、平均ピーク率は 95.8% を示す。同様に 100 万 t 以上に相当するものは残りの 9 カ年で、それぞれ約 186 万 t および 61.6% である。普通ピーク率は年間入荷量の $\frac{1}{m}$ に逆比例するとの説があるが以上 2 つの場合について、逆比例の次数 (m) を計算してみると、下式より $m=2.3$ を得る。た

だし、前述したように本調査の値はかなりばらついており、入荷量の小さい場合は $m < 2$ 入荷量が增大するにしたい、 m の値は 3~4 まで大きくなるものと思われる。

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = 68 \text{ 万 t} \\ y_1 = 95.8 \% \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} x_2 = 186 \text{ 万 t} \\ y_2 = 61.6 \% \end{array} \right\} : \frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{\sqrt[m]{\frac{x_2}{x_1}}}$$

$$\therefore \frac{y_1}{y_2} = \sqrt[m]{\frac{x_2}{x_1}} \quad \therefore 1.56 = \sqrt[2.74]{\quad}$$

$$\therefore m = 2.27 \approx 2.3$$

(6) アンローダーのピーク時荷揚能力

アンローダーのピーク時荷揚げ能力は長期ピーク能力と短期ピーク能力とにわけて考えるべきであろう。長期ピーク能力とは入荷の季節変動またはバース数決定にあたってアンローダーの能力にある範囲の過負荷を考慮する場合で、比較的長い期間持続することが予想され、したがって増加量もあまり大きくすることはできない。短期ピーク能力とは特定の入港船(主として大型船)に対し荷役時間を延長しないため荷役能力を集中する場合などで、対象船の荷役を完了すれば一応目的を達成するものである。

長期ピーク能力はできるだけ運転技術の向上、例えば稼働率の向上、サイクルタイムの減少、トリミング方法の研究などの対策により期待できる能力増加率となる。例えば稼働率 55%、バケット回数 50 回/h、つかみ量 19 t/回でアンローダーの能力が算定されている場合、それぞれ 5% ずつ向上することにより約 15% の能力増加となる。

短期ピーク能力は 1 船分の積荷が対象となるから、処理量は最大船型以下である。ゆえに事前にアンローダーおよび付帯機器の整備を行なうこと、交代数(交代人員)を増して疲労による能率低下または事故の発生を防止することなどにより稼働率は大幅にのびる。また、このよ

うな状態は大型船で発生する機会が多いから、アンローダー投入台数の増加、底荷役能率の向上などの対策も考えられる。計画平均荷揚能力 430 t/h/台 に対し大型船による能率向上 20%、バケット回数などの向上 20% を見込むと荷揚能力は約 620 t/h/台 ($430 \times 1.2 \times 1.2 = 630$ t/h/台)となる。ゆえに稼働率を 80% とするならば次式よりアンローダー 1 台 1 日あたり約 12000 t となる。

$$\text{実運転時間} = 24 \text{ h} \times 0.8 = 19.2 \text{ h}$$

$$\text{荷揚げ能力} = 620 \text{ t/h} \times 19.2 \text{ h} = 12000 \text{ t/d/台}$$

つかみやすい鉱石の場合はつかみ量で約 15% (22 t/回 \rightarrow 19 t/回 $= 1.15$) 増加し、この場合、最大能力は約 14000 t/d/台 となる。

(7) 船型の荷役能力におよぼす影響

同一グラフバケットを使用した場合、つかみ量(t/回)は専用船を 100% とすると汎用船では約 85% であった。また同一条件での荷揚げ能力(t/h)は専用船を 100% とすると汎用船では約 84% であった。これらの結果から同一バケットを使用した場合の汎用船の荷揚げ能力は専用船の約 85% と判断される。

汎用船の場合ハッチその他の関係から大型バケットの使用がむずかしく容量 2.5~5 m³ が適当である。一方専用船では底荷役においても 7 m³ バケットの使用が済容できるから、荷役時間ではいちじるしく短縮することができる。例えば積荷 15000 t の場合、7 m³ バケットを使用する専用船の荷役時間 36.4 h に対し 5 m³ バケットを使用する汎用船では 71.1 h を要する。したがって荷役時間は専用船の約 2 倍 (71.1 h \div 36.4 h $= 1.95$) となりいちじるしくのびる。ゆえに大型バケットの使用が困難であることが、より汎用船を不利にしているといえることができる。

(原稿受付: 1962. 12. 3)