

1. はじめに

この10年間、我国における石油類の需要の伸びは著しく、昭和48年度の実績で、2億4600万klの輸入量を記録した。これを他のエネルギー源をも含めた一次エネルギーの総量と比較すると74.9%である。この比率は一貫して増加の傾向にある。しかし、昭和48年の後半に突如として起ったオイルショックは、石油資源が皆無に等しい我国にとっては大打撃であり、未曾有の混乱を招来した。その結果、エネルギー政策の抜本的な立て直しを企てることが急がれ、新しいエネルギー源の開発を進める一方、当面の課題として、今後このような不測の事態にも対処しうよう、石油類の備蓄強化を促進すべきことが改めて認識された。

現在、我国には大小合わせて、90余の原油タンカーバースが建造され、目下稼働中である。原油タンカーバースの建造は昭和28年から本格的に始まった。この年は一次エネルギーの供給構造において、石炭がピークを示した年として記憶される。以降、石油類の需要は急速に伸び、これと相俟って、石油タンカーバースは、その数および規模に於いて増大を続けた。原油タンカーバースの規模の増大は、経済的理由に基づく原油タンカーの大型化に起因する。図-1は原油タンカーバースの建設状況、表-1は大型タンカーの最大船型の推移を示したものである。

表-1 大型タンカーの推移

タンカーの大型化による経済性の故に、1960年代の前半、西欧において、Transshipment Terminal Conceptが確立された。また、我国でも昭和42年度に

	船名	国籍	DWT	L	B	D	d
1944	Caltex Cebu	U.S.A.	16,600	160	21	11.9	9.2
1950	Veltina	G.B.	28,330	196	24	13.7	10.4
1952	World Unity	Greek	31,745	199	26	13.8	10.5
1953	Tina Onassis	Greek	45,230	239	29	15.5	11.7
1956	Universe Admiral	Liberia	85,515	260	38	18.6	14.3
1959	Universe Apollo	Liberia	104,520	289	41	20.6	15.3
1961	Universe Daphne	Liberia	107,030	289	41	20.6	15.5
1962	Nissho Maru	Japan	132,334	291	43	22.2	16.6
1965	Tokyo Maru	Japan	152,400	306.5	47.5	24	16
1966	Idemitsu Maru	Japan	209,413	342	49.8	23.2	17.7
1968	NBC	Liberia	312,000	330	53.3	32	21.9
1971	Nisseki Maru	Japan	372,400	330	54.4	35	27.0
1972	Globtik Tokyo	G.B.	477,000	360	62	36	28

L=垂線間長 (m) D=型 深 (m)
B=型 幅 (m) d=満載吃水 (m)

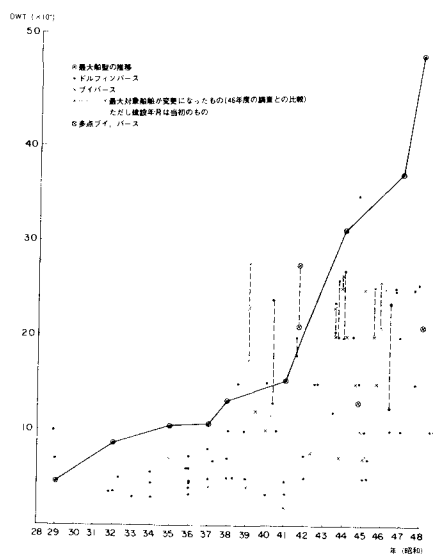


図-1 原油タンカーバースの建設状況

C.T.S構想が打ち出された。前者の場合30万D.W.T.、後者は20万D.W.T.クラスのタンカーで石油生産国から中継基地まで一次輸送し、小型タンカーで需要地まで二次輸送をするというものである。しかし、この方式をとったのは僅か数年の間で、その後は、20万D.W.T.クラスのタンカーが直接需要地に赴くようになった。経済性の追求と造船技術の進歩は、50万D.W.T.タンカーを出現させ、ここに改めてC.T.S構想が検討された。運輸省が行なった東京湾口シーバース計画調査がそれである。また、日石グループは独自の立場で鹿児島県喜入町沖に、C.T.Sを建設し、稼働中である。

この様な大型タンカーを対象とするバースの設置水深は当然大きくなり、したがって、その設計、施工、オペレーション等については安全性の確保という点から十分な対策を講ずる必要がある。この意味で、運輸省では、我国の10万D.W.T.以上の原油タンカーを対象とするバースについて、構造設計、オペレーションコンディション、および安全設備についての現況調査を行なったので、その結果の概要を報告する。

2. リーバースの規模と構造

調査対象となった原油タンカーバースは、石油会社、電力会社計32社所有の、対象船舶が10万D.W.T.以上のバースで、表-2に示すとおりである。表中(200,000DWT)などと表示されているのは、運輸省港湾局が昭和46年10月に行なった、「石油バース調査」の際に各バースが回答した最大対象船舶の重量トン数であり、前回と今回とで回答の異なるもののみ記入した。

図-2および図-3は、それぞれ最大対象船舶の重量トンとバース水深および航路水深との関係を示したものである。図中、実線で示した曲線は、船舶のD.W.T.と満載吃水 d_f との関係を示したものである。3本の曲線の内最も下側にあるものは、片山らが求めた回帰式であり、 $\log d_f = -0.180 + 0.266 \log D.W.T.$ と表わされる。他の2本は(1)式で計算された。 d_f のそれぞれ1割増、2割増の値を結んだものである。同じ図に、表-1で示した大型タンカーの満載

表-2 調査対象施設一覧

吃水をプロットし (1) 200,000 DWT.以上

た。(1)式で与えられる回帰式は、実際のタンカーの満載吃水よりやや低い値を与え、例えば15万D.W.T.以下の船舶についてみれば、1.1 d_f 程度が良く合っている。15万D.W.T.から20万D.W.T.の船舶に対する値は比較的良く合っている。

しかし、30万

D.W.T.以上の船舶

については大幅な違いがある。設計水深は、最大対象船舶の満載吃水を考慮して決定すれば良いが、同D.W.T.の船舶の満載吃水にも若干のバラツキがあり、8万D.W.T.から10万D.W.T.の船舶ではその差が2m余に及ぶものも稀で

名 称	港 名	所 有 会 社	構造形式	最大対象船舶	バース水深	航路水深	設計者	施工者	竣工年月
出光北海岸リーバース	苫小牧	出光興産株式会社	箱式ドック	280,000DWT	-2.4m	-3.0m	大成建設	大成建設	昭和48年8月
地所20万トンバース	鹿 島	鹿島石油株式会社	箱式ドック	200,000 DWT	-2.1m	-2.2m	大成建設	大成建設	昭和46年11月
京葉リーバース	千葉 葉	京葉石油株式会社	箱式ドック	280,000DWT (29)	-2.5m	-2.1m	大成建設	大成建設	昭和43年8月
東亜石油リーバース	川 崎	東亜石油工業	箱式ドック	250,000DWT	-2.5m	-2.8m	東亜建設	大成建設	昭和44年8月
京浜石油リーバース	川 崎	三菱石油 昭和石油	S.B.M.	265,000DWT (250,000DWT)	-3.0m	-	三菱重工 日本鋼管	三菱重工 日本鋼管	昭和43年11月
石島石油リーバース	横 浜	石島石油工業	S.B.M.	200,000DWT	-2.3m	-2.6m	三菱重工 三菱重工	三菱重工 三菱重工	昭和44年2月
東亜石油リーバース	横 浜	東亜石油工業	箱式ドック	250,000DWT	-2.2m	-2.5m	東亜建設	大成建設	昭和47年8月
中部電力配電リーバース	福 井	中部電力株式会社	S.B.M.	250,000DWT	-2.4m	-1.7m	三菱重工 B. F. P. M.	三菱重工 三菱重工	昭和46年2月
昭和フラスターリーバース	四 日 市	昭和四日市石油	S.B.M.	275,000DWT (230,000DWT)	-2.2m	-	三菱重工	大成建設	昭和39年12月
昭和インペリアルリーバース	四 日 市	昭和四日市石油	S.B.M.	275,000DWT (175,000DWT)	-1.9m	-	B. F. P. M.	三菱重工 日本鋼管	昭和39年12月
大 阪 リーバース	四 日 市	大坂石油株式会社	S.B.M.	230,000DWT (200,000DWT)	-2.0m	-	三菱重工	三菱重工	昭和43年7月
東 洋 リーバース	尾 張	東和石油株式会社	6点ブイ	210,000DWT	-2.1m	-2.4m	日立造船 日立造船	日立造船	昭和46年1月
関西石油リーバース	堺 東	関西石油株式会社	箱式ドック	205,000DWT	-2.1m	-1.6m	日本鋼管	大成建設	昭和43年7月
富士興産入船リーバース	和歌山 下津	富士興産株式会社	箱式ドック	255,000DWT	-2.4m	-2.6m	大成建設	大成建設	昭和47年11月
和歌山1号機	和歌山 下津	和歌山石油株式会社	箱式ドック	236,000DWT (200,000DWT)	-2.0m	-2.0m	大成建設	大成建設	昭和43年7月
出光石油リーバース	姫 路	出光興産株式会社	イモドコイ	258,100DWT (210,000DWT)	-2.1m	-	日立造船	日立造船	昭和45年11月
日能造船2号機	水 島	日本能率株式会社	箱式ドック	200,000DWT (180,000DWT)	-1.7m	-1.6m	大成建設	大成建設	昭和41年7月
一豊石油リーバース	水 島	三菱石油株式会社	箱式ドック	238,600DWT (130,000DWT)	-1.6m	-1.6m	大成建設	大成建設	昭和44年4月
出光石油リーバース	徳山 下津	出光興産株式会社	7点ブイ	275,000DWT (210,000DWT)	-2.0m	-2.4m	三菱重工 三菱重工	三菱重工 三菱重工	昭和43年12月
西部石油リーバース	宇 部	西部石油株式会社	S.B.M.	232,000DWT (200,000DWT)	-2.0m	-	三菱重工	三菱重工	昭和45年7月
九州石油1号機	大 分	九州石油株式会社	箱式ドック	270,000DWT (200,000DWT)	-2.1m	-2.1m	大成建設	大成建設	昭和43年12月
日本石油基地倉庫3号機	豊 田	日本石油株式会社	箱式ドック	500,000DWT	-2.8m	-	大成建設	大成建設	昭和44年9月
日本石油基地倉庫4号機	豊 田	日本石油株式会社	箱式ドック	500,000DWT	-3.4m	-	大成建設	大成建設	昭和48年12月
南西石油リーバース	中 津	南西石油株式会社	1点係留ブイ	250,000DWT	-3.0m	-3.0m	新日本製鐵	新日本製鐵	昭和47年1月

(2) 100,000DWT以上200,000DWT未満

名 称	港 名	所 有 会 社	構造形式	最大対象船舶	バース水深	航路水深	設計者	施工者	竣工年月
日石東洋リーバース	室 蘭	日本石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT (125,000DWT)	-1.65m	-1.65m	新日本製鐵	新日本製鐵	昭和48年8月
東北石油東安入機	盛 岡	東北石油株式会社	箱式ドック	234,000DWT	1.70m	-1.70m	大成建設	大成建設	昭和46年5月
東北10万トンバース	鹿 島	鹿島石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.60m	-1.60m	大成建設	大成建設	昭和45年1月
出光千葉第1機	千 葉	出光興産株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.60m		日建設計	西松建設	昭和38年1月
徳島石油入船機	千 葉	徳島石油株式会社	箱式ドック	150,000DWT	-1.60m	-1.40m	日本能率	大成建設	昭和42年7月
富士石油入船機	千 葉	富士石油株式会社	箱式ドック	120,000DWT	1.60m	-1.60m	東島建設	東島建設	昭和43年5月
丸善石油リーバース	千 葉	丸善石油株式会社	イモドコイ	100,000DWT	-1.70m	-1.80m	日立造船	日立造船	昭和39年12月
丸善石油10号機	千 葉	丸善石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.30m	-1.30m	大成建設	大成建設	昭和46年12月
東亜石油リーバース	川 崎	東亜石油工業	箱式ドック	100,000DWT	-1.60m		東亜建設	大成建設	昭和39年12月
日石姫川入船機	横 浜	日本石油株式会社	箱式ドック	150,000DWT	-1.70m	-1.70m	東島建設	東島建設	昭和39年12月
日本石油西沢リーバース	伏 木 富山	日本石油株式会社	イモドコイ	150,000DWT	2.70m	-3.00m	日立造船	新野建設	昭和44年8月
昭和石油リーバース	新 潟	S.B.M.		120,000DWT	-2.10m	-2.10m	新野設計	新野設計	昭和39年5月
東亜石油入船機	東 海	東亜石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.40m	-1.40m			昭和48年6月
東洋石油入船機	尾 張	東洋石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.70m	-2.40m	東島建設	東島建設	昭和46年5月
東亜石油入船機	尾 張	東和石油株式会社	箱式ドック	130,000DWT	-1.80m	-1.60m	大成建設	大成建設	昭和42年6月
東洋石油入船機	尾 張	東和石油株式会社	箱式ドック	100,000DWT	-1.60m	-1.60m	大成建設	大成建設	昭和40年6月
東洋石油入船機	尾 張	東和石油株式会社	箱式ドック	150,000DWT	-1.70m		大成建設	大成建設	昭和38年5月
大昭和石油入船機	松 山	大昭和石油株式会社	5点ブイ	130,000DWT	-2.50m	-3.00m	東島建設	東島建設	昭和44年10月
川崎新式入船機	下 関	川崎新式入船機	箱式ドック	100,000DWT	-1.90m	-2.00m	中島造船	中島造船	昭和28年10月
日本石油基地倉庫1号機	長 門	日本石油株式会社	箱式ドック	150,000DWT	-1.80m		清水建設	清水建設	昭和47年8月
日本石油基地倉庫2号機	長 門	日本石油株式会社	箱式ドック	150,000DWT	-1.80m		清水建設	清水建設	昭和44年9月
東洋石油入船機	中 津	東洋石油株式会社	イモドコイ	100,000DWT	-1.60m	-1.60m	日立造船	日立造船	昭和45年8月

はない。
したがって、最大の満載吃水が得られず、留式を使用するような場合には、この

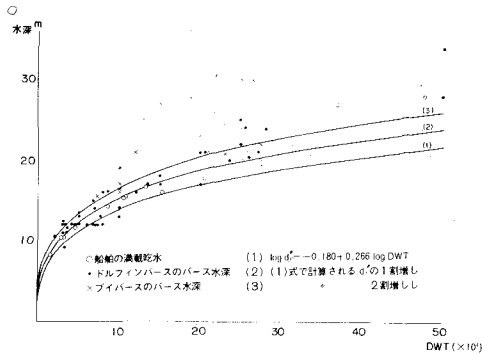


図-2 船舶のDWT、とバース水深との関係

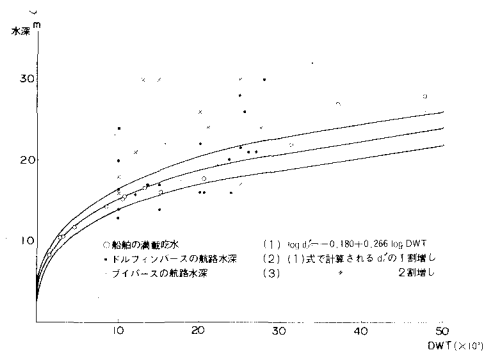


図-3 船舶のDWT、と軌路水深との関係

の偏差に注意を必要がある。

10万DWTクラスのバースではドルフィン形式が多い。20万DWTクラスのバースでは、その初期にはファイ形式を採用することが多かったが、昭和46年以降の新設バースは1例を除きすべてドルフィンバースである。ファイ形式は建設費が低廉で、施工期間が短いなどの長所の反面、維持費が高いこと、占有水域が広いなどの短所がある。一方ドルフィン形式は、建設費は割高であるが、稼働率および荷役効率が高く、占有水域が狭いなどの長所がある。多点係留方式はファイ形式と固定式との短所を合わせもち、採用例は少ない。

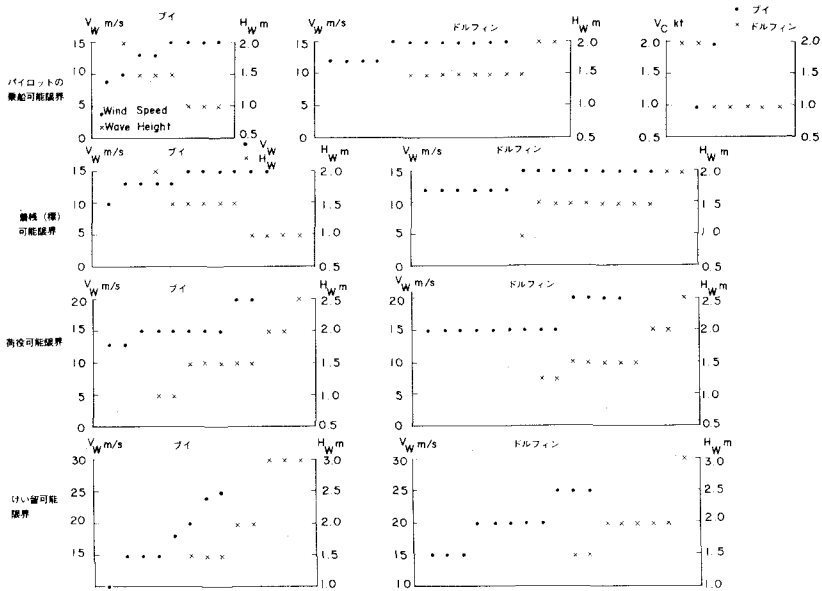


図-4 (a) バースの使用可能限界値のパラッキ (100,000 DWT)

シーバースの建設工法が日進月歩改良され、長尺杭の打ち込み技術、大型施工機械の開発などが、水深の大きい海域での固定式バースの建設に寄与するところが大きい。近年、ジャケット式のドルフィンバースが採用されているが、作業日数の大幅な短縮を狙った工法であり、静穏な気象海象条件を連続して得ることが困難な外海では、極めて有効である。

50万DWTクラスのタンカーの満載吃水は28mにも達し、湾内で適地を選定することは決して容易でない。したがって、外海に適地を求めることになる。この場合、波力の影響は無視し得ず、けい留中の船舶が波によって動揺し、けい留施設に大きな衝撃力やけん引力を与えることが、理論的、実験的に確かめられている。固定式バースを採用する場合にはけい留中の波力に対する検討を十分行なう必要がある。

3. シーバースの施設計画およびオペレーションコンディション

シーバースの位置の選定にあたっては、安全上の見地から、一般船舶の係留施設、主航路および泊地と十分な

保安距離をとる必要があり、この保安距離は流出面から発生するガスの引火が人体に与える影響を考慮して求められる危険円、船舶の航行波による影響などを勘案して決定されている。また、自然条件、港湾の施設、海岸保全施設およびその他の施設の現況と計画、海面利用および船舶交通等をも考慮して決定されている。

シーバースの稼働条件は気象海象条件、とくに風、波、潮流の影響を受ける。したがって、オペレーションコンディションはシーバースが使用可能な風速、波高、潮流の限界値として定義される。オペレーションコンディションはシーバースの規模決定および離着筏（標）作業、ならびに荷役作業の安全と確保するための基準となり、シーバースの計画に極めて重要な条件である。

オペレーションコンディションの解析は、各バースの使用可能限界値、実際のバースにおけるバース使用時の気象海象記録から求めたバース使用時の最大風速および最大波高、バースが使用不可能であった時の気象海象記録を比較検討して行なった。バース使用時の気象海象記録は港湾建設局の波高観測記録に基づいた。オペレーションコンディションは、1) パイロットの乗船可能限界 2) 着筏（標）可能限界 3) 荷役可能限界 4) けい留可能限界についてとりまとめた。

各バースのバース使用可能限界値は、アンケート調査に対する回答値を整理して求めた。この場合、平均値と最頻値はほぼ一致する。図-4は、20万D.W.T.クラスのバースの使用可能限界値を示したものである。同時に調査した、バース使用可能限界値の決定理由としては、パイロットの乗船可能限界については、設定条件より悪化すれば、パイロットの乗船が不可であるとするものが多かったが、後のケーススタディではそれとくつがえす結

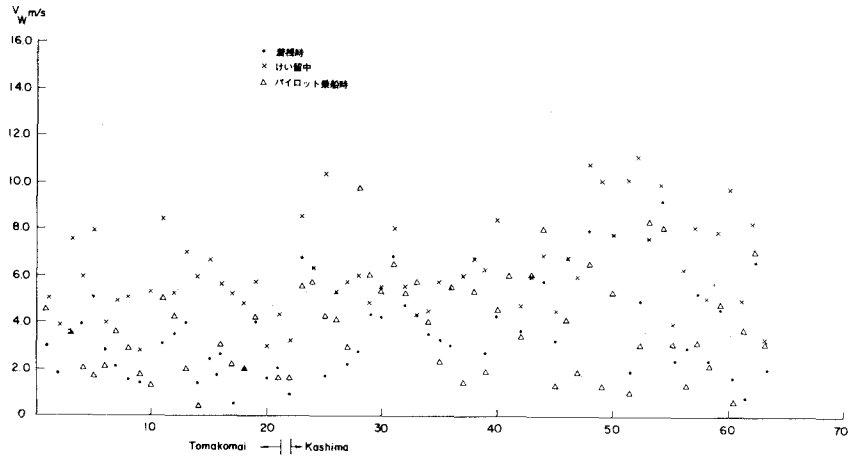


図-5 苫小牧港および鹿島港におけるシーバース使用可能時の風速

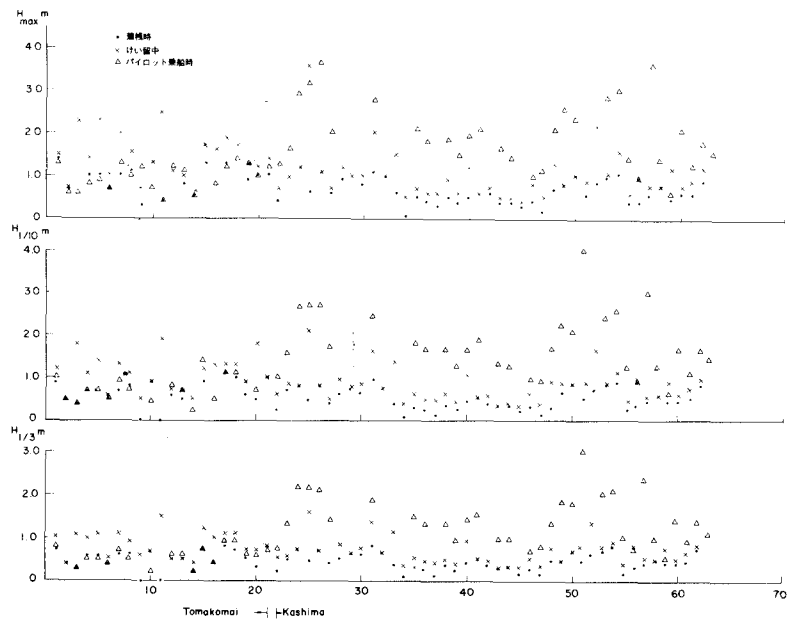


図-6 苫小牧港および鹿島港におけるシーバース使用可能時の波高

果が出ており注目に値する。むしろ、パイロット乗船後の操船や着桟(標)作業の困難さがその理由のようである。着桟(標)限界については、綱取り作業が困難であるとするものが圧倒的に多い。荷役限界、けい留限界については、作業の安全性、ローディングーム、ローディングホースの安全性、船体およびバースの損傷防止といったところが決定理由である。

シーバースの使用実績による検討では、

バース使用時の風速および波高を、波高観測台帳から読み取り、着桟(標)時、けい留中最大、パイロットの乗船時についてとりまとめた。この検討は新潟港、富山港、苫小牧港、鹿島港について行われた。図-5、図-6は、苫小牧港と鹿島港におけるシーバース使用時の風速と波高記録である。鹿島港の波高記録では、パイロットの乗船時の波高が随分大きい。図-7は鹿島港の平面図である

が、シーバースは太平洋に突き出した防波堤の内側にあり、パイロットは港外で乗船する。表-3はパイロット乗船時の港外波の $H_{1/3}$ が、1.5m以上のものについて、港外波と港内波を比較したものであるが、港内波は比較的小さく、港内は良く遮蔽されていることが

わかる。したがって、パイロットの乗船限界は、乗船後の操船、着桟(標)作業の是否により決定されると考えた方がよい。また、バースおよびタグボートによる操船海域が良く遮蔽されていれば、パイロットの乗船方法を改良することによりバース稼

表-3 鹿島におけるパイロット乗船時の港外波と港内波

船	港外波				船	港内波			
	H_{max} m	$H_{1/10}$ m	$H_{1/3}$ m	$H_{1/5}$ m		H_{max} m	$H_{1/10}$ m	$H_{1/3}$ m	$H_{1/5}$ m
3	2.96	2.65	2.18	0.73	28	2.57	2.26	1.87	0.47
4	3.28	2.73	2.26	0.43	29	2.34	2.10	1.79	0.75
5	2.73	2.03	1.64	0.71	30	4.45	3.98	3.04	0.47
6	2.03	1.87	1.56	0.34	32	2.89	2.42	2.03	0.71
10	2.65	2.26	1.87	0.81	33	3.04	2.57	2.10	0.80
20	2.10	1.87	1.56	0.50	36	3.90	2.96	2.34	0.41

表-4 オペレーションコンディションの総括表

	各バースの設定値	バース使用可能時の最大値		バース使用不可能時の最小値		バース使用不可能時の最小値	
		ブイバース	ドルフィンバース	200,000 D.W.T. ブイバース	200,000 D.W.T. ドルフィンバース	100,000 D.W.T. ブイバース	100,000 D.W.T. ドルフィンバース
パイロット乗船							
V_w m/sec	1.5	6.0	9.7	2.0	1.5	1.5	1.3
H_w m	1.5	1.3	3.04	1.5	1.5	1.5	1.3
V_c kt	1.0						
着桟(標)時							
V_w m/sec	1.5	9.0	1.0	1.4	1.2	1.5	1.5
H_w m	1.5	1.3	0.8	1.5	1.0	1.2	1.3
荷役時							
V_w m/sec	1.5	—	—	1.5	1.5	1.5	1.0
H_w m	1.5	—	—	1.5	1.5	1.5	1.2
緊急離桟(標)時							
V_w m/sec	2.0	1.4	1.1	1.7	1.5	—	1.5
H_w m	2.0	2.5	1.56	2.0	1.5	—	1.3

表-5 オペレーションコンディション

	風速 V_w m/sec	波高 H_w m	潮流 V_c kt
パイロットの乗船可能限界値	1.5	1.5	1.0
着桟(標)可能限界値	1.5	1.5	
荷役可能限界値	1.5	1.5	
けい留可能限界値	2.0*	2.0	

* ブイバースでは着桟可能条件以下でないとき着桟作業は困難である。

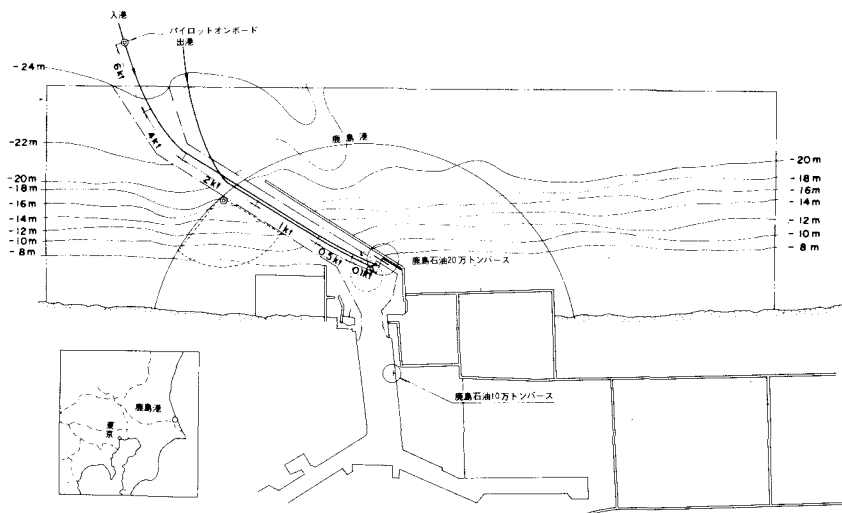


図-7 鹿島石油20万トンバース位置図

働率を向上させることも可能である。

以上のデータと悪天候のためにバースの使用を見合した時のデータをまとめると、表-4のようになる。結局これらのデータからオペレーションコンディションは表-5のように定められる。これらの諸値は海上保安庁の指

導基準と一致する。

バース法線と波、風、潮流の方向とは平行であることが望ましいが、バース法線と卓越する風向および波向が一致するバースは比較的少なく、船首尾に対して30°～50°の相対角度で作用する場合が多い。この相対角度における風圧は真横から受ける場合より小さいが、回頭モーメントはむしろ大きくなる。潮流については回答数が少ないものの比較的バース法線との方向が一致する。従来、原油タンカーバースは埋立地すなわちタンクヤードや製

1) 200,000D.W.T.

表 - 6 平均バース占有時間

単位: 時間

		10万～15万	15万～20万	20万～25万	25万以上
ドルフィン	a. パイロット乗船～着機	2.4	2.4	3.4	2.2
	b. 着機～荷役開始	1.6	2.0	2.0	1.8
	c. 荷役時間	2.61	2.63	2.67	2.52
	d. 荷役終了～離機	4.6	4.3	4.9	4.2
	e. 離機後の占有時間	1.5	1.7	1.0	0.7
	計	37.5	40.6	42.0	43.2
ブイ	a. パイロット乗船～着機	1.9	2.1	2.1	2.0
	b. 着機～荷役開始	2.1	2.7	2.4	2.6
	c. 荷役時間	25.1	27.8	33.5	33.9
	d. 荷役終了～離機	3.1	2.9	3.1	3.3
	e. 離機後の占有時間	1.0	1.2	1.2	1.4
	計	34.5	34.3	42.3	43.3
全 体	a. パイロット乗船～着機	2.4	2.3	2.7	2.1
	b. 着機～荷役開始	1.9	2.3	2.2	2.2
	c. 荷役時間	25.6	27.0	30.9	28.8
	d. 荷役終了～離機	3.9	3.7	4.0	3.9
	e. 離機後の占有時間	1.3	1.5	1.1	0.9
	計	36.1	37.8	42.1	43.2

油所に比較的近接して設けられ、水深の影響で陸岸を離れているバースは比較的少ない。したがってバース法線が埋立地の法線と平行であることによる。

年間のバース使用可能日数は、悪天候による使用不可能日数を算定することによって得られる。安全側には、1日1回でもバース使用可能限界値以上の風速あるいは波高が出現すれば、バースは使用不可能と考えればよい。前述の様に、限界値はパイロット乗船、着機(標)、荷役のそれぞれについて同一であるとは限らないので、例えば、着機後多少気象条件が悪化してもバースを使用している例がしばしばある。調査によれば、内海および湾奥のバース、ならびに入港隻数の少ないバースではこの検討をほとんど行っていない。しかし、日本海側のバースや、外洋に面したバースでは年間使用可能日数を算定している。その他、ファイバースでは、年間30日程度の定期点検、2ないし3日の月間点検がある。この期間には代替バースの使用、ラバーホースの順次点検などの措置をとって、バース機能が停止することは避けているが、若干の能力低下は免れない。

タンカー一隻あたりのバース占有時間は、バースの計画上極めて重要である。本調査では、各バースの平均バース占有時間の実績を、a) パイロットの乗船から着機まで b) 着機から荷役開始まで c) 荷役時間 d) 荷役終了から離機まで e) 離機後の占有時間の5段階についてとりまとめた。表-6はその結果である。パイロットの乗船から着機までの時間はバースの立地上の要因に左右されることが多く、例えば、内海水先区の如く当該バースから相当離れた場所で乗船する場合もある。したがって、ここではタンカーの着機のためのパイロット乗船から着機までの時間に限定した。離機後の占有時間は、離機後の水路またはタグボートの占有により、後船が直ちに着機体制に入れない場合があるので、この時間を意味する。合計時間の欄には船待ちを含まない船当りの平均バース占有時間を記入した。したがって、a)からe)の合計とは必ずしも一致しない。ここで荷役時間についてはドルフィンバースでは船型に対してほぼ一定なのに対し、ファイバースの場合には船型の増大に伴って、荷役時間がやや増大する。荷役時間は、タンカーが装備するポンプ能力、パイプラインの径、長さ、ライン数などに影響をされる。ファイバースは、パイプラインが比較的長く、しかもライン数が少ないのでこの結果となる。20万D.W.T.クラスのタンカーのメインポンプの容量はD.W.T.に対して4%から8%程度であり、したがって荷役時間は12.5hrから25.0hrである。待ち時間をも含めたバース占有時間は20万D.W.T.クラスで約43時間、10万D.W.T.クラスで24時間である。

4. 原油タンカーの入出港操船、接岸、けい留

超大型船の操縦性能の特徴をひとりでいうと、「施回性は良いが、針路安定性および追従性が悪い」ということ

になる。とくに制限水路では水深の影響、側壁の影響、低速航行の影響によりこの傾向は増大する。バース位置の選定、航路の形状および断面、錨地、ターニングベイスン等の配置および規模は超大型船の操縦性を十分考慮して決定されるべきではない。この様に超大型船の操縦性は決して良くなく、したがって、超大型船の離着岸操縦は、通常、バース事情に詳しい水先人が乗船して行なわれている。

航路の幅員は風、流れ、波、水深、側壁、船位の測定精度、他船の存在などを考慮して決定されるが、風速、 15 m/sec 以下、横方向の流れなし、水深吃水比(d/L)が 1.3 以上、およびその他の要因の影響が少ない場合で $1.2L$ (L :船長)とされている。また、航路水深は、船体動揺、スロート、波などの条件を勘案して d/L が 1.1 から 1.25 以上になる様に設定されている。航路の法線は直線とし、屈曲部がある場合はその角度が 30° 以下になるよう設置されている。

超大型船の回頭は固定式バースの場合は入船係留とし、荷の軽い出港時に行なうのが通常である。ターニングベイスンの半径はほぼ 1 km 以上でバース前面に設けられる。パイバースの場合は、入出港操縦は波、風、潮流に立っておこなうので、十分な広さの占有面積が必要であり、ターニングベイスンは通常この中に含まれる。錨地はいかりがかりよく、陸岸および他錨地と十分な距離を置いて設置する必要がある。

タグボートが接触して入港操縦をアシストするのは本船の存速が 3 船程度 のときである。このとき本船主機はすでに停止されている。バースからの距離はおおよそ 6 m である。パイバースでは操縦の目標が少なく、速力判定が困難なことから、さらに低速で接近する。固定式バースではバースから 1 m 手前で 1 船以下 に抑える。

タグボートの推力は推進機の機種により異なるが 1000 馬力で 10 船程度 と考えられる。各バースでは対象船舶のD.W.T.の $6\sim7\%$ に相当する合計馬力数のタグボートを配している。また、引船船隊の隻数は $4\sim6$ 隻である。けい留中の待機タグボートは概ね $1\sim2$ 隻である。パイバースではタンカーの船尾に 1 隻配することが通例で、前後揺れによるアイ本体の損傷などを防止している。

タンカーが固定式バースに接岸する場合には、バース前面の $2B\sim3B$ (B :船幅)で完全に行脚を止めバース法線に並行に停止する。ついで、タグボートで真横に押し速度を調整しながら接岸させる。このときの接岸速度は設計では $15\text{ cm}\sim20\text{ cm/sec}$ にとられているが、実際に調査した結果では 6 cm/sec 程度に抑えられており、慎重な作業が行われている。図-8は京葉シーバースと鹿島港で調査した結果である。大型タンカーが満載で接岸する場合の有効接岸エネルギーは 20 万 D.W.T. タンカーでは 250 t-m から 300 t-m にも達する。これだけの運動エネルギーを吸収するためには、船体およびドルフィンに与える反力が小さく、しかも吸収エネルギーの大きい防衝工を備えなければならない。現在使用されている高性能ゴム防舷材は、ゴムのエネルギー吸収特性と形状効果を利用したもので、今日、 1 基で 350 t-m の吸収性能をもつものまで開発されている。この種の防舷材はH型、セル型などの定反力型といわれるものであるが、吸収エネルギーが小さい段階で高反力となり、歪が 50% 程度までは一定反力が持続する。けい留中にうねりによる船体動揺を起す場合には繰り返し載荷力となるので設計上は十分な配慮が必要である。この他空気式の防舷材、ゴムの剪断特性を利用したもの等がある。

固定式バースの係留索は 20 万 D.W.T. クラスの場合、 $\phi 70\sim75\text{ mm}$ の繊維ロープを $20\sim24$ 本程度とる。けい留索はバウライン(スターンライン)、アレストライン、スプリングラインで、それぞれ外側ムアリングドルフィン、内側ムアリングドルフィン、アレステイングドルフィンにとられる。ワイヤーロープを使用する場合は $\phi 50\text{ mm}$ 程度が標準であり、いずれも破断強度は 80 t 程度である。船舶に装備されるけい留索等の設備は、NK規則に基づく機装数により決められるが、けい留中に風速 15 m/sec の風が突風率 $25\sim50\%$ で作用した

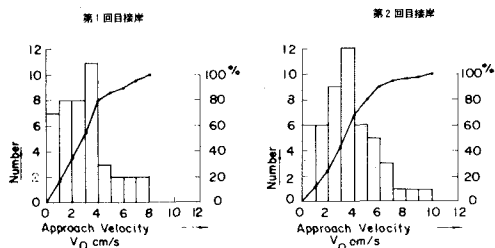


図-8 接岸速度の実測値(S. 46. 47. 48. 京葉シーバース, 鹿島石油シーバース)

場合の風圧に耐え得る様配置されている。したがって、各ドルフィンに取られるけい留索の本数は順に4、3、4、2、3本が標準であり、ドルフィンの設計外力は、各ドルフィンにとられるけい留索の破断強度で与えられる。けい船設備としてはクイックリリースフックの装備が望まれる。

固定式バースのムアリンクドルフィンは、けい留索の鉛直角度が 30° 以下になる様、また、バウライン(スターンライン)の水平角度が 90° を越えない様に配置される。アレスティングドルフィンの配置は、タンカーの接岸を考慮して決定される。タンカーの場合、パラレルウォールは一般に船長の30%~40%の長さである。また、タンカーのマニホールドは船体中央にあり、接岸時はこれとローディングアラットホームの中心とを一致させる様に接近する。実測によればこの精度は比較的高い。従って、アレスティングドルフィンの中心間隔は船長の $1/3$ 程度に取られる。船型の異なるタンカーをも接岸させる場合には副アレスティングドルフィンを設置する必要がある。

5. 原油タンカーバースの設計

構造物の設計外力は、船舶衝撃力(固定式)、船舶けん引力、風圧力、波力、流圧、流水等の衝突力、地震力、上載荷重などであり、種々の荷重の組合せを考慮して検討しなければならない。

船舶の接岸力は前述の様に、船舶の有効接岸エネルギーを用いて、防衝工の吸収エネルギーと反力の関係から求める。風圧力は構造物および船舶について考慮する。前者については建築基準法、クレーン構造規格等に準拠する。後者については船体の正面および側面に作用する風圧力を計算しその合力を求める。波力は小断面の固定部材については抗力および慣性力が働くものとして、Morison 公式によって算定する。大断面の固定部材については慣性力が卓越するが、微小振幅理論による算定式等を利用することができる。設計波高としては最大波をとることが望ましい。また海底面に平行な部材については揚圧力を考慮する必要がある。流れによる圧力は流向方向の抗力と直角方向の揚力にわけられ、それぞれ計算式が提案されている。流氷力については、ドイツロイド、API、ABS などで算定式を与えている。地震力の算定は自重と上載荷重の和に設計震度を乗じて行なう。設計震度は地域別の震度、地盤の種類、構造物の重要度などを考慮して定められている。しかし、原油バースが柔構造であるときは、地震および波浪に対する動的応答計算を行なって比較検討する必要がある。

部材の許容応力度については JIS および各種の示方書に基づいて決定するが、疲労、腐食等に対する配慮が必要である。異常時荷重に対しては場合に応じて最大 $1/2$ までの割増しをして良い。異常時には接岸時、暴風時、地震時などであり、係留中は常時荷重とみなされる。F E 係船設備の許容応力度は割増ししない。

6 荷役(揚油)

荷役方法は、固定式バースではローディングアラットホーム、パイバースではフローティングホースを使って行なう。我国で使用されているローディングアームの最大径は日石喜入4号桟橋、 $24\text{in} \times 3$ 本であり、 $16\text{in} \times 2$ 本を加えた全体の荷役能力は $38,000\text{kL}/\text{hr}$ で我国最大である。20万 D.W.T. クラスでは $16\text{in} \times 3 \sim 4$ 、10万 D.W.T. クラスでは $12\text{in} \times 3$ が標準である。

マニホールドとの離接合時間は接合で15分から120分、切離しで10分~90分と幅がある。クイックカップラーが装備されているバースは6箇所である。設置準備中のバースが数ヶ所あるが、設置することが望ましい。

パイプラインは、海上架橋と海底配管に分けられるが、20万 D.W.T. クラスでは海底配管が多い。またパイバースの場合は海底配管となりその延長と長くなる。海上架橋の最大長は 2500m 、海底配管では 10km にも及び。送油管径の最大は 48in であり、出光北海道、京葉、日石喜入の各バースに敷設されている。パイプラインは、航路と交叉する場合があるが、投錨によるパイプの損傷防止の為に埋め戻しをし、 2m から 4.5m 以上の土被り厚を確

保することが必要である。

7. 安全設備等

バースの安全を確保するため消火設備として泡モニターノズル、水消火栓、泡消火栓、ウォーターカーテン、消防艇、消防車などを、流出油処理設備として、オイルフェンス、油回収船、処理剤、吸着剤などを備える必要がある。その他、感震計、圧力検定装置、通信設備、船舶接岸速度計、照明設備、標識灯、霧笛、レーダー反射器、ガス検知器、大型スピーカー、警報、風向風速計、送油用導管の遮断弁、滞油置換装置、パイプライン等の立ち上り部の防護設備、集降設備などを備える必要がある。

消防能力の算定法は海上保安庁の行政指導によるところである。オイルフェンスは風速 15 m/sec 、波高 1.5 m 、潮流 1 釐 の条件において流出油面の拡散防止の機能を有することが望ましい。オイルフェンスの有効長は、水面下 400 mm 以上、水面上 300 mm 以上とする必要がある。オイルフェンスの全長は 1.5 km 以上とし、タンカーを完全に包囲することが望ましい。また、速やかな展張が望まれ、このために浮沈式のものが良い。

油回収船の型式には、油の比重差を利用して油水を分離する方式と、油の吸着性（金属板、ウレタンなど）を利用して回収する方式とがある。油水分離式で水分を海に戻す方式の場合には、海水の油分濃度は 5 ppm 以下でなければならない。油回収船の能力は、油回収率：投入油量に対する回収油量の比、油回収率：回収油と回収水量の合計に対する回収油量の比、油回収能力：単位時間当りの回収油量などで評価される。これらの諸値は、波高、回収船の速度、油膜の厚さ、油面の幅等に影響されるが、従来の形式のものは、波高、油面の幅などが大きいときは著しく能力が低下する。各バースの油回収船の保有率は 50% 程度である。また、国が保有する隻数は、海上保安庁2隻、港湾建設局3隻である。

安全設備は迅速に作動させることが肝要で、その為、自動化、遠隔操作等の考慮を払わねばならない。また、各バースは、作業基準等を定め、その管理に万全を期さねばならないが、万一の場合に備え、地域ごとの防災体制を確立し、日常の訓練を行なう必要がある。防災協定としては、国の組織として中央防災会議の防災基本計画に基づく、大型タンカー事故対策連絡会議が設けられた。また、伊勢湾流出油災害対策協議会が昭和48年11月15日に発足し、東京湾、大阪湾についても準備が進められている。その他、東京湾消防相互応援協定（東京、千葉、川崎、市原）、石油連盟の海水油濁処理協力機構等がある。

緊急離岸、荷役停止などの決定者、他船の接触、タンカーへの乗下船の許可者などは、各バースによりまちまちであるが、全般的にはバース側の責任者にゆだねられている。事故防止および事故が発生した場合の被害を最小限にとどめるといった見地からこれらの一元化が望まれる。

おわりに本調査に協力された石油連盟、バース所有の各社に衷心から感謝する次第である。