

港湾技研資料

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

No. 714 June. 1991

外力算定のための船舶諸元およびマスト高の解析

浜	田	賢	二
松	本	英	雄
黒	田	祐	一
早	藤	能	伸

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. まえがき	3
2. 対象船種および解析項目	5
2.1 対象船舶	5
2.2 解析項目	6
2.3 データのサンプリング	6
3. 解析手法	6
3.1 解析手法の考え方	6
3.2 回帰分析の考え方	9
3.3 回帰式の有意性の検討	9
3.4 前回調査との比較	10
4. 解析結果および考察	10
4.1 解析結果	10
4.2 考察	17
5. まとめ	62
6. あとがき	62
7. 参考文献	63

Analysis on Mast Heights and Ships' Dimensions Relative to External Forces Acting on Ships

Kenji HAMADA*
Hideo MATSUMOTO**
Yuich KURODA**
Yosinobu HAYAFUJI***

Synopsis

Statistical analysis on the dimensions of ships were studied in order to apply those latest values to the planning and designs of port facilities. In this study those items as to displacement tonnage, some projected areas, wetted surface area, equipment number and mast height above water level are investigated for eight kind of ships, namely Passenger Boat, Car Ferry, General Cargo Carrier, Tanker, Container Carrier, Bulk Carrier, Gas Carrier and Pure Car Carrier.

Compared with the study obtained about ten years ago, results are summerized as follows.

- 1) According to the regression analysis, displacement tonnage, projected areas, wetted surface area, equipment number can be expressed as the exponential function of gross tonnage (GT) or deadweight tonnage (DW).
- 2) Mast height above water level can be also expressed as the exponential function of GT or DW, but it has the tendency to saturate with increases of GT or DW.
- 3) According to the testing statistical hypothesis by F-distribution with level of significance 0.1, there can be seen significant differences in forms between this study and previous one in many kind of ships and investigated items.
- 4) Tendency of larger-size can be seen in Passenger Boat, Car Ferry, Full Container Carrier, Bulk Carrier and Pure Car Carrier obviously.

Key Words : Dimension of Ship, Statistical Analysys, Regression Analysis

* Chief, Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

** Member, Systems Laboratory, Planning and Design Standard Division

*** Senior Research Engineer, Planning and Design Standard Division

外力算定のための船舶諸元およびマスト高の解析

浜田賢二*
松本英雄**
黒田祐一**
早藤能伸***

要 旨

港湾技術研究所では安全かつ合理的な港湾の整備に必要な船舶諸元の統計解析を船種、寸法、デザインの時代的变化に伴って1970年より概ね10年毎に実施している。今回の調査は種々の船舶諸元のうち、船舶に作用する風力、潮流力等の算定に必要な船舶の各種投影面積、浸水表面積、ぎ装数、水路を横断する橋梁等に必要船舶の水面場マスト高等に関する調査をとりまとめたものである。

対象船種は専用船化の進行等を考慮して旅客船、カーフェリー、一般貨物船、石油タンカー、フルコンテナ船、撤積運搬船、ガス運搬船、自動車専用船の8種類とした。

調査結果を前回の調査結果（1979年実施）と比較し要約すると以下ようになる。

- 1) 船舶の各種投影面積、浸水表面積、ぎ装数、排水量は回帰分析および統計的検定（有意水準0.01）の結果、総トン数または重量トン数の指数関数として表示することが可能である。
- 2) 今回の調査範囲では水面場マスト高に関しても上記1)のように総トン数または重量トン数との対応付けは可能であったが、マスト高は一定の上限値のようなものが存在する傾向がみられる。
- 3) 今回の調査結果と前回のそれについて回帰曲線の周りでの分散を用いた統計的検定を行った結果（有意水準0.10）、多くの船種および調査項目について有意な船型の変化が認められた。
- 4) 旅客船、カーフェリー、フルコンテナ船および撤積運搬船については大型化の傾向が顕著である。

キーワード：船舶、回帰分析、統計分析

1. まえがき

周囲を海に囲まれている日本においては、物流における海運の役割は極めて重要なものである。これまでの貿易立国日本の発展は海運を基軸とした輸送体系に負うところが大きかったし、将来においてもこの基本的な枠組みは維持されるものと考えられる。

港湾はこのような海上輸送体系の中でターミナルとなり、海陸交通の結接点として位置づけられる。したがって港湾には船舶が安全に入出港、停泊ができて、旅客や貨物の水陸輸送の転換が適切に行われる機能を有していることが必要である。したがって合理的な港湾の計画や

設計においては、対象となる船舶の諸元、性能等が適切に与えられる必要がある。港湾施設の計画や設計に必要な船舶の諸元と関連する項目の対応は表-1のようにまとめられる。

船舶は用途、主要材料等によりその形状、性能、設備等が異なる。これらはまた社会、経済の変化、流行、技術の進歩等の影響も受け、時代とともに変遷してきている。

いわゆる商船は19世紀後半に海上輸送が盛んになった頃には旅客船、貨客船及び貨物船の3種類の分類で十分であった。これらのうち旅客船と貨客船に関しては、その後の航空機の発達に伴って次第に影が薄れ、現在では

* 計画設計基準部 システム研究室長
** 計画設計基準部 システム研究室
*** 計画設計基準部 主任研究官

表-1 港湾の施設と関連する船舶の諸元

	施設名	施設の諸元	関連する船舶の諸元	
係留施設	岸壁	岸壁延長 岸壁水深 天端高	船長 型幅 喫水 型深	
	防衛工	船舶の接岸力	排水量	
			接岸速度	暴露面積 喫水船下投影面積
			仮想重量	喫水 船長 船幅
係留船舶の動揺 による衝撃力	波力	偏心係数	垂線間長	
		風力	喫水 船長 船幅	
		流体力	水面上船体正面投影面積 水面上船体側面投影面積	
		風力	浸水表面積 喫水線下船体側面投影面積	
係留ロープの強度、本数)	風力	水面上船体正面投影面積 水面上船体側面投影面積 ぎ装数		
水域施設	航路	航路の幅員 航路の水深	船長 満載喫水深	
	泊地	泊地の規模 (面積) 泊地の水深	船長 満載喫水深	
	船だまり		船長 船幅	
	橋梁	クリアランス	水面上マスト高	
外郭施設	防波堤	開口幅及びその方向 港内の水面積	船長 船長	
陸上施設	ヤード	ヤードの規模 (面積)	満載車両 積載コンテナ数	
	荷投機会	レール延長 アウトリーチ 揚程	船長 型幅 型深 満載時喫水深 空船時喫水深	

周遊船、カーフェリー等が代表的な船種となっている。周遊船に関しては昨今のマリンレジャーの流行により大型クルーズ客船が相次いで建造されている。

貨物船は雑貨積を主目的とひる雑貨船として始まったが、大量のまとまった貨物に対しては専用船の方が有利

と考えられ、タンカー、鉱石運搬船、木材運搬船等の専用船化が進んだ。また輸送コストを低減させるためにスケールメリットを生かした大型化も進展している。

このように船舶の船型、寸法、性能等は時代と共に変化しているため、定期的にその傾向を把握し、港湾施設

の整備、改良等に反映させる必要がある。

以上のような観点から港湾技術研究所では、1970年を初めとして概略10年周期で船舶諸元データの分析を行い、基礎資料としてとりまとめる^{1),2),3),4)}とともに、技術基準等に反映させてきた。港湾で必要とする船舶諸元に関するデータ解析は大別して、船舶の主要寸法に関するものと投影面積等に関するものの2種に分けて実施してきた。前者は船舶の全長、幅、深さ、喫水とトン数の関係の分析等を行うものであり、港湾施設の規模、配置等いわば静的な検討に活用されるものである。これらのデータは邦船に関しては「日本船舶明細書（日本海運協会所編）」に、外国船に関しては「Lloyd's Register of Ships」等に収録されており、これらの最新版が分析に用いられている。

一方、後者は船舶の水面上および水面下投影面積、浸水表面積とトン数の関係の分析等を行うものであり、接岸力、潮流力等いわば動力学的な検討に活用されるものである。これらのデータはまとめられて一般に公表されているものはないため、船社、造船所等にアンケート調査を実施して分析を行うものである。なお船舶のぎ装数、マスト高に関する調査もこれに含めている。

今回の調査は船舶の投影面積、マスト高等に関するアンケート調査を国内の船主および造船所計873社を対象として実施した結果をとりまとめたものである。なお対象船舶は総トン数300トン以上（但し輸出船については3,000トン以上）、船令20年以下（1970年以降建造）に限定した。

2. 対象船舶および解析項目

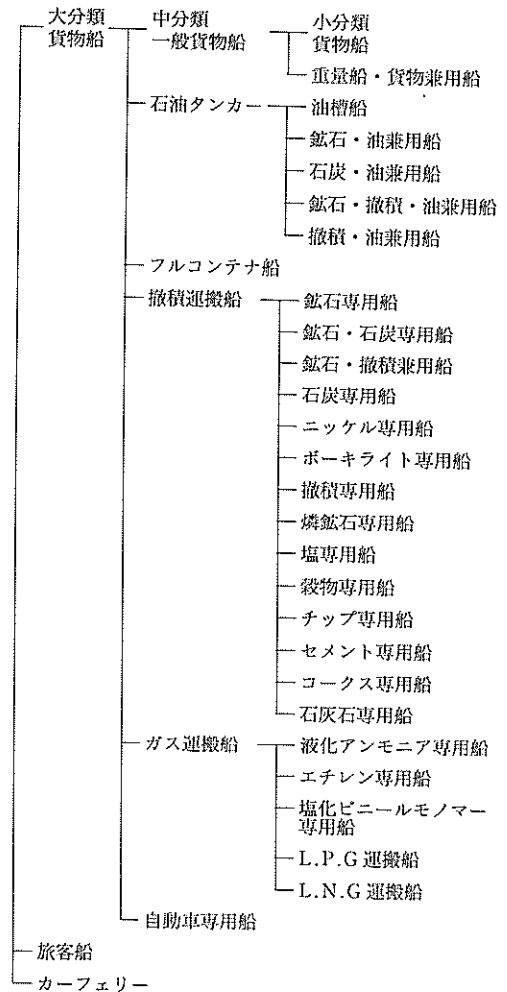
2.1 対象船舶

船舶の分類は用途、主要材料、構造等により種々の方法が考えられる。また船舶の種類も時代の流れとともに専用化により細分化し、また技術の進歩、社会の要請により新型式の船種が現れてくる。

今回の調査は港湾施設の計画、設計に活用することを目的とした船舶諸元の解析であるため、公共埠頭および比較的数の多い専用埠頭を利用する船舶を対象とした用途別分類を行った。この分類表を表-2に示す。

この分類の基本的な考え方は以下の通りである。まず大分類として輸送する対象の区分により貨物船、旅客船およびカーフェリーの3種類に分ける。次に中分類として貨物船について、輸送する貨物の大まかな種類により一般貨物船、石油タンカー、コンテナ専用船、撒積運搬船、自動車専用船、ガス運搬船の6種類に分ける。最後に小分類として個別の対象貨物毎に専用化した船舶に区

表-2 船種分類表



分する。ただし兼用船のうち中分類の異なる鉍石、油兼用船等は、船体の構造、設備等を考慮して石油タンカーの部類に含めた。なお表-2に示した小分類の専用船（一部は兼用船）の呼称は「日本船舶明細書」に使用されているものと同一にした。

データのとりまとめに際しては小分類の個別の専用船別では煩雑になるため、用途、船体構造等の類似している中分類までを分類項目とした。すなわち今回の解析における対象船舶の分類は旅客船、カーフェリー、一般貨物船、石油タンカー、フルコンテナ船、撒積運搬船、自動車専用船、ガス運搬船の8種類である。

なお自動車専用船、ガス運搬船は比較的新しい船種であり、1980年頃の調査では解析の対象としていなかった。

2.2 解析項目

前述のように船舶諸元に関する調査は船舶の主要寸法に関するものと投影面積等に関するものとの2種類に大別される。1990年を目途とした調査のうち、前者に関するものは既に終了しており⁴⁾、今回の調査は後者に関するものである。具体的な解析項目は以下の11項目である。

- ① 満載時排水量
- ② ぎ装数（日本海事協会（NK）規格）
- ③ 満載時水面上船体正面投影面積
- ④ 空船時水面上船体正面投影面積
- ⑤ 満載時水面上船体側面投影面積
- ⑥ 空船時水面上船体側面投影面積
- ⑦ 満載時水面下船体側面投影面積
- ⑧ 空船時水面下船体側面投影面積
- ⑨ 満載時浸水表面積
- ⑩ 空船時浸水表面積
- ⑪ 水面上マスト高

②のぎ装数は船舶のアンカーおよびアンカーチェーンの大きさや強度、係留ロープの強度や本数等を算定するための基準となる値である。今回の調査は国内船を主たる対象としているため、国内でよく用いられている日本海事協会（NK）規格を対象とした。

また④、⑥、⑧、⑩に空船時という語句を用いているが、これは船舶関係でよく用いられる軽荷状態が燃料、清水、乗組員等を含まない状態を意味し、港湾計画上は使用されない値であるため、これに換わるものとして船舶が航行する場合の最も軽い状態、すなわちバラストコンディション状態を空船時と定義した。

⑪の水面上マスト高は船舶の水面から最も高い部分の高さを意味し、空船時の値である。この値は船舶が航行する水路を横断して橋梁、送電線、索道交通施設等を設ける場合に用いる。

一方、港湾の計画および設計において対象船舶は一般的に船種および大きさで示される。この大きさは総トン数または重量トン数が用いられることが多いため、上記①～⑪の各調査項目を総トン数または重量トン数の関数として表示することとした。総トン数と重量トン数の使い分けは、取り扱い貨物の性状、荷姿等を考慮して船種毎に表-3のように設定した。

2.3 データのサンプリング 船舶の投影面積、マスト高に関するデータは「日本船舶明細書」も含めて一般には公表されていない。したがって、これらの値は設計図等より計算しなければならないため、船主および造船所に対してアンケート調査を行った。依頼先は今回調査対象としている船舶を2隻以上所有している船主724

表-3 トン数の種類と船種の対応

トン数種類	船種
総トン数	旅客船、カーフェリー、自動車専用船、ガス運搬船
重量トン数	一般貨物船、石油タンカー、コンテナ専用船、撒積運搬船

社およびこれらの建造に関与した造船所149社の計873社とした。

アンケートを依頼した総船舶数は3,069隻であり、これは調査時点における対象船舶総数4,047隻（「日本船舶明細書」および新造船に関するヒアリング等による）の76%に相当する。

アンケートは1990年4月に郵送配付・留置き・郵送回収方式にて実施した。配付したアンケートの総数は4,612隻分であった。

回答のあった船主および造船所は546社、回答数は3,087隻であった（回収率66.9%）。これに造船所から得られた輸出船530隻についての回答を加え、回答総数は3,617隻であった。このうち同一船について船主と造船所の両方から回答の得られた重複分を除いた正味総隻数は2,310隻であった。

これら回答のうち分析に用いる船舶の種類、及びトン階別隻数の一覧表を表-4(1)～(2)に、船種別竣工隻数の年度別変化を表-5(1)～(2)にそれぞれ示す。

3. 解析手法

3.1 解析手法の考え方

従来より港研資料^{1),3),4)}または港研報告²⁾を通じて船舶の標準的な船型および力学的諸量の算定に必要なとされる数値を分析してきている。その際、解析手法としては船舶の主要諸元を目的変数とし、総トン数または重量トン数を説明変数とする回帰分析を行っている。この回帰分析には

$$Y = aX^b \quad (1)$$

X ：説明変数

Y ：目的変数

a ：比例定数

b ：説明変数に対する目的変数の弾力性

なる関数型を用いている。その理由は以下の通りである。船種が同一であればその船型は大きさによらず基本的に相似であると仮定する。すると船舶の主要な諸元はその船舶の大きさを表す総トン数または重量トン数によりそ

の概数が決定される。また基本的に相似であるということは船舶の主要諸元のうち、長さに関するものは総トン数または重量トン数の概ね $1/3$ に比例すると考えら

れる。すなわち(1)式における b の値が約 $1/3$ になるということである。同様にして面積に関するものでは b は $2/3$ に近い値をとるものと期待される。

表-4 船舶別総トン階別集計(1)

総トン数	旅客船	カーフェリー	ガス運搬船	自動車専用船
0 ~ 499	12	32	14	0
500 ~ 999	2	69	89	1
1,000~1,999	0	38	10	4
2,000~2,999	2	18	0	6
3,000~4,999	1	28	0	12
5,000~9,999	3	45	1	10
10,000~19,999	2	23	0	24
20,000~29,999	1	0	2	22
30,000~49,999	0	0	9	6
50,000~99,999	0	0	1	0
100,000~199,999	0	0	7	0
200,000~	0	0	0	0
合計	23	253	133	85

表-4 船種別重量トン階別集計(2)

重量トン数	一般貨物船	石油タンカー	フルコンテナ船	散積船
0 ~ 499	4	0	0	0
500 ~ 999	15	29	0	5
1,000~1,999	298	168	0	31
2,000~2,999	59	102	0	7
3,000~4,999	20	81	5	24
5,000~9,999	63	3	5	36
10,000~19,999	7	9	0	23
20,000~29,999	10	7	12	34
30,000~49,999	2	26	39	115
50,000~99,999	0	89	5	53
100,000~199,999	0	19	0	79
200,000~	0	97	0	13
合計	478	630	66	420

表-5 船種別竣工年別集計

竣工年	一般貨物船		石油タンカー		フルコンテナ船		撤積船		旅客船		カーフェリー		ガス運搬船		自動車運搬船	
	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数	竣工数	累積数
1969	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
1970	5	5	9	9	0	0	4	8	0	0	8	8	2	2	1	1
1971	4	9	7	16	0	0	7	15	1	1	14	22	0	2	1	2
1972	1	10	11	27	3	3	10	25	2	3	20	42	0	2	0	2
1973	2	12	20	47	2	5	12	37	2	5	18	60	1	3	1	3
1974	7	19	22	69	4	9	15	52	5	10	12	72	5	8	2	5
1975	18	37	29	98	2	11	6	58	1	11	10	82	4	12	0	5
1976	21	58	39	137	1	12	10	68	0	11	7	89	3	15	0	5
1977	25	83	35	172	1	13	24	92	0	11	4	93	9	24	5	10
1978	19	102	33	205	2	15	25	117	0	11	1	94	7	31	7	17
1979	39	141	43	248	3	18	18	135	0	11	16	110	20	51	4	21
1980	44	185	52	300	5	23	13	148	1	12	11	121	20	71	6	27
1981	35	220	45	345	2	25	34	182	0	12	7	128	7	78	14	41
1982	31	251	38	383	4	29	30	212	1	13	13	141	4	82	4	45
1983	38	289	42	425	5	34	18	230	1	14	13	154	11	93	12	57
1984	48	337	24	449	3	37	40	270	1	15	11	165	6	99	9	66
1985	36	373	36	485	2	39	35	305	0	15	11	176	14	113	13	79
1986	23	396	40	525	9	48	34	339	1	16	14	190	9	122	15	94
1987	26	422	44	569	8	56	22	361	1	17	25	215	5	127	12	106
1988	31	453	41	610	7	63	21	382	4	21	16	231	2	129	6	112
1989	18	471	22	632	3	66	24	406	2	23	19	250	4	133	3	115
1990	7	478	5	637	1	67	17	423	0	23	4	254	0	133	1	116
合計	478		637		67		423		23		254		133		116	

3.2 回帰分析の考え方

線形回帰分析を行う際には、データを (x_i, y_i) ($i=1, \dots, n$; n はデータ数) とすると、

$$y_i = a + bx_i + \varepsilon_i$$

a, b : パラメータ

ε_i : 説明変数 x_i 以外の要因による変動

と表され、パラメータ a, b の値は最小自乗法によって $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$ を最小するように式を a, b で偏微分し、得られた連立方程式を解くことによって推計される。

今回行った分析も同じ考え方により、回帰式(1)のパラメータを推計している。即ち、船舶の各諸元 (y_i) と総トン数または重量トン数 (x_i) ($i=1, \dots, n$; n はデータ数) との間に(2)式のような関係があると仮定する。

$$y_i = ax_i^b + \varepsilon_i \quad (2)$$

a, b : パラメータ

ε_i : 説明変数 x_i 以外の要因による変動

今、目的は $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2$ を最小とするようなパラメータ a, b を求めることになる。ここで、

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^b)^2 \quad (3)$$

とおくと、目的は $S(a, b)$ を最小化することになる。したがって、(3)式を各々 a, b で偏微分して次の(4), (5)式が得られる。

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (x_i^b (y_i - ax_i^b)) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2a \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{x_i^b}{\log x_i} (y_i - ax_i^b) \right\} = 0 \quad (5)$$

ここで得られた非線形連立方程式(4), (5)を解くことによりパラメータ a, b は推計される。しかしながら今回は計算時間の短縮のため次の(6)式のように(4)式を変形し、(5)式に代入することで非線形方程式を得、これを解いてパラメータ b を推計し、その結果を(6)式に代入してパラメータ a を推計した。

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^b y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^{2b}} \quad (6)$$

b は(6)式を(5)式に代入して得られた次の(7)式に NEWTON-RAPHSON 法を適用して近似解を求める。ここで b の初期値を b_0 とし、適当な値を与える。

$$f(b_0) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{b_0} y_i}{\log x_i} - \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{2b_0} \sum_{j=1}^n x_j^{2b_0} y_j}{\log x_i \sum_{k=1}^n x_k^{2b_0}} \quad (7)$$

ゆえに

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial a} &= \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{b_0} y_i}{(\log x_i)^2} - \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{2b_0} \sum_{j=1}^n x_j^{b_0} y_j}{(\log x_i)^{2n} \sum_{k=1}^n x_k^{2b_0}} \\ &\quad - \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{2b_0} \sum_{j=1}^n \frac{x_j^{b_0} y_j}{\log x_j}}{\log x_i \sum_{k=1}^n x_k^{2b_0}} \\ &\quad - \sum_{i=1}^n \frac{x_i^{2b_0} \sum_{j=1}^n x_j^{b_0} y_j \frac{\sum_{l=1}^n x_l^{b_0} y_l}{\log x_l}}{(\sum_{k=1}^n x_k^{2b_0})^2} \end{aligned} \quad (8)$$

(6), (7)式より、

$$h = -\frac{f'(b_0)}{f(b_0)} \quad (9)$$

h を収束判定に用いる。収束判定を満たさなければ、

$$b_1 = b_0 + h \quad (10)$$

として、 b_1 を(7), (8)式の b_0 に代入し、 h が収束判定を満たすまで繰り返し計算を行う。

$n+1$ 回の繰り返し計算の後で、 b_n が収束判定を満たしたならばその値を b の推定値とする。また、 b の推定値を(6)式に代入して a の推定値を求める。

さらに回帰式の周りのデータの散らばり具合を示す指標である標準偏差 (SD) を以下の(11)式より求める。

$$SD = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - ax_i^b)^2}{n-1} \quad (11)$$

さらに、Y 軸が水面上マスト高の分析に関して特に安全性を考慮する必要があると考えられる。そこで通常回帰式の他に回帰推定値より上方で乖離量の最も大きいデータ (x_m, y_m) から 2 m 下方の点 $(x_m, y_m - 2)$ を通るように回帰式を次の(12)式のように修正することにした。

$$Y = ax^b + y_m - 2 - ax_m^b \quad (12)$$

ここで 2 m 下方と設定したのは港研報告17号4巻²⁾によれば、橋梁の桁下と船舶の水面上マスト高との間には 2 m 程度の余裕をみた事例が多い。したがって(12)式は回帰推定値から最も上方に乖離したデータの船舶が橋梁下を通過できるぎりぎりの高さを表すことになる。

3.3 回帰式の有意性の検討

3.2のような方法で求めたパラメータ a, b からなる回帰式が統計的に有意なものであるかどうかについて検討を行う必要がある。線形回帰式においては通常、回帰係数についての t -検定によって、有意性を検討する。しかし今回の分析に使用した非線形回帰式においてはパラメータの有意性についての検討法は確立していない。そこで回帰式の有意性については分散分析による検定を行うことにした。また相関係数の値について考察を行う。

(1) 分散分析

データの目的変数 y_i の全変動 AV , 回帰推定値 Y_i の変動 RV , 回帰からの残差 ($\varepsilon_i = y_i - Y_i$) の変動 EV を次のように定義する。

$$AV = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (13)$$

$$RV = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (14)$$

$$EV = \sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2 \quad (15)$$

但し、

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

である。(13), (14), (15)式より全変動 AV は RV, EV を用いて、

$$AV = RV + EV \quad (16)$$

と表される。ここで回帰からの残差 ε_i について次の仮定を行う。

- (A) ε_i と ε_j とはすべて互いに独立。
($i \neq j$) ($i, j = 1, \dots, n$; n はデータ数)
 - (B) ε_i はすべて平均値 0, 等分散の正規分布に従う。
- これらの仮定のもとで、分散比 F を求める。

$$F = \frac{\frac{RV}{1}}{\frac{EV}{n-2}}$$

このとき分散比 F は自由度 ($1, n-2$) の F -分布をすることが知られている。したがってこれを用いて、回帰式の有意性を帰無仮説 H_0 : 求めた回帰式はデータ y_i の推定になんら役立たない。

のもとで有意水準 α % に対する F -分布表の F 値と比較して、

$$F = \frac{\frac{RV}{1}}{\frac{EV}{n-2}} > F(1, n-2; \alpha)$$

ならば有意水準 α % で H_0 を棄却する。すなわち回帰式を受け入れる。

(2) 相関係数

ここで目的変数 y_i と回帰推定値 Y_i の相関係数を次の(17)式のように定義する。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(Y_i - \bar{Y})}{\left\{ \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right] \right\}^{1/2}} \quad (17)$$

但し、

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}$$

である。さらに、相関係数の自乗を寄与率 R^2 とすると寄与率 R^2 は次のように変形される。

$$R^2 = 1 - \frac{EV}{AV} \quad (18)$$

したがって、寄与率とは全変動に占める回帰による変動の割合を示している。

3.4 前回調査との比較

前回 (1979年) 行った同様の調査データ³⁾との比較を行う。すなわち前回のデータより求めた回帰式と今回取得したデータから求めた回帰式との間に有意な差が存在するかどうかについて検討する。そのために次のような考え方に基づいて検討を行った。

- (1) '79年時点における船型と'90年での船型が大差ないといえるのであれば、'79年調査のデータより得られた回帰式の周りで'90年のデータによる分散は'79年のデータによる分散とさほど変わらないと仮定する。'79年調査の回帰式の周りの分散を V_{79} , '79年調査の回帰式の周りの'90年調査のデータによる分散を V_{90} とする。ここで V_{79} と V_{90} とから分散比 F を求めると F は各々のデータの自由度 ν_{79}, ν_{90} の F -分布に従う。したがって、これを用いて'79年の船型に対する'90年の船型の変化を帰無仮説 H_1 : '79年の船型と'90年の船型とはなんら変化がない

のもとで有意水準 α % に対する F -分布表の F 値と比較して、

$$F = \frac{V_{90}}{V_{79}} > F(\nu_{90}, \nu_{79}; \alpha)$$

ならば、有意水準 α % で H_1 を棄却する。すなわち諸元の傾向に変化があるということである。

4. 解析結果及び考察

4.1 解析結果

2.2で記した解析項目について今回実施したアンケートから得られたデータと、比較のために前回 (1979年) に実施したアンケートのデータとを3.に述べた手法を用いて計算した回帰曲線とデータをプロットした結果を図-1.1~図-8.11に示す。なお、回帰式のパラメータ・検定結果・データ数および最大値等のデータは各々の図に付記している。

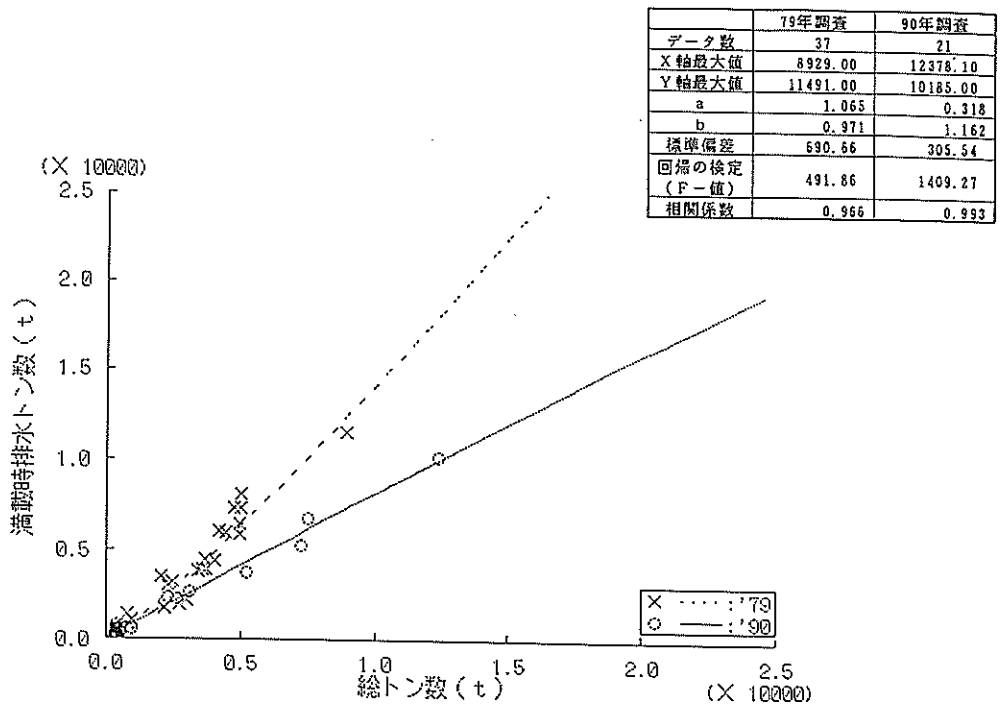


図-1.1 旅客船 総トン数と満載時排水トン数の関係

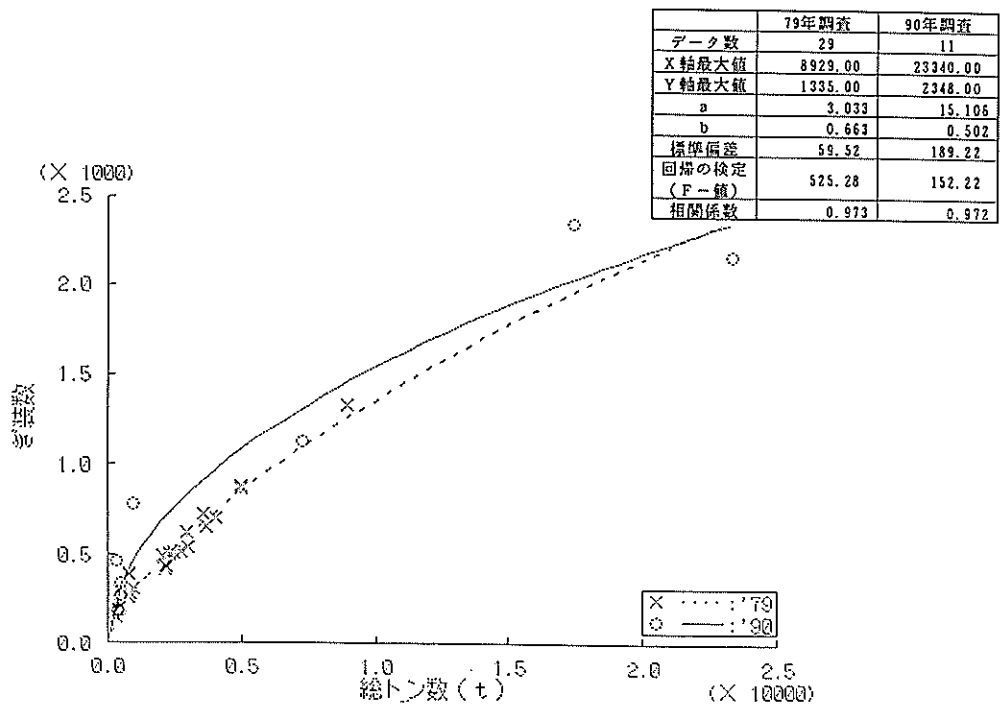


図-1.2 旅客船 総トン数とぎ装数の関係

	79年調査	90年調査
データ数	37	9
X軸最大値	12470.00	23340.00
Y軸最大値	310.00	704.00
a	5.782	1.346
b	0.403	0.619
標準偏差	49.05	42.89
回帰の検定 (F-値)	33.87	239.67
相関係数	0.717	0.985

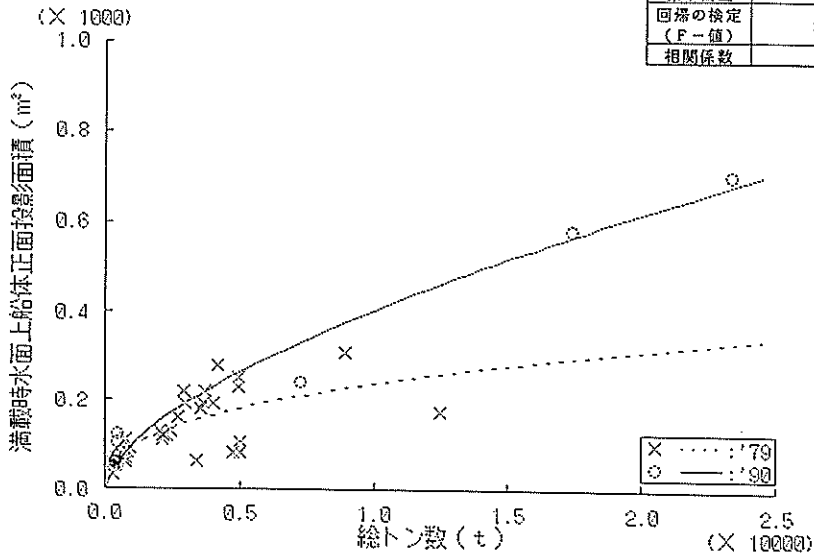


図-1.3 旅客船 総トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	37	9
X軸最大値	12470.00	23340.00
Y軸最大値	302.00	716.00
a	7.763	1.643
b	0.372	0.603
標準偏差	60.64	41.58
回帰の検定 (F-値)	21.03	270.62
相関係数	0.532	0.987

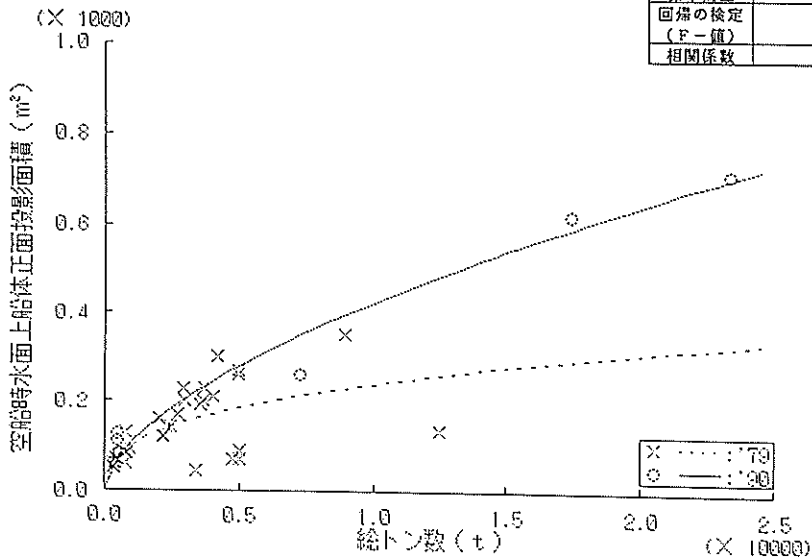


図-1.4 旅客船 総トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

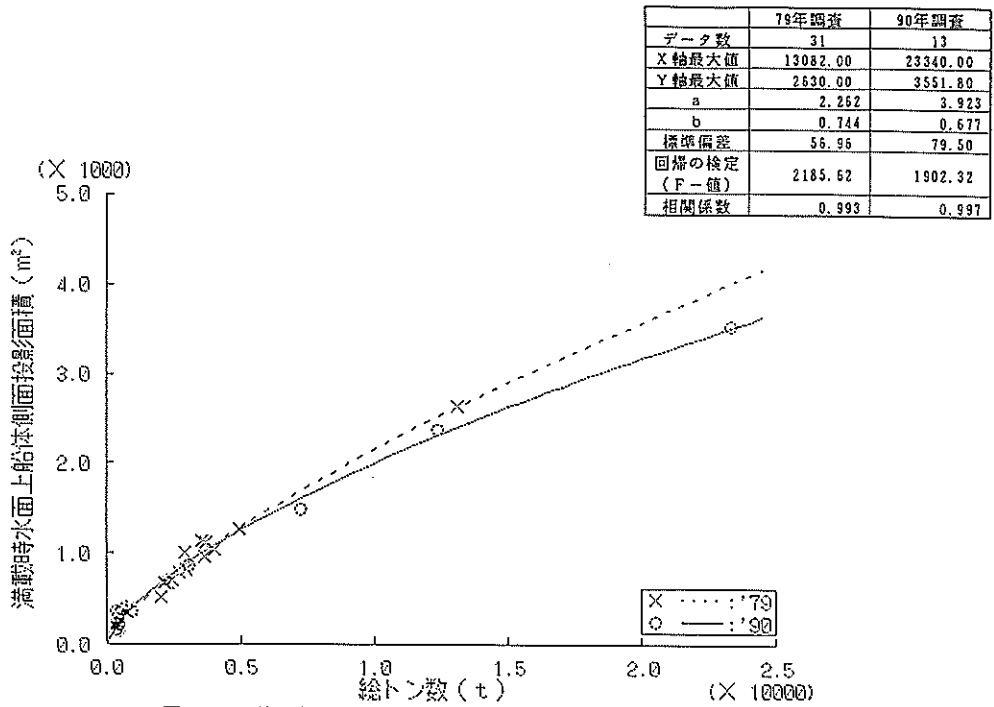


図-1.5 旅客船 総トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

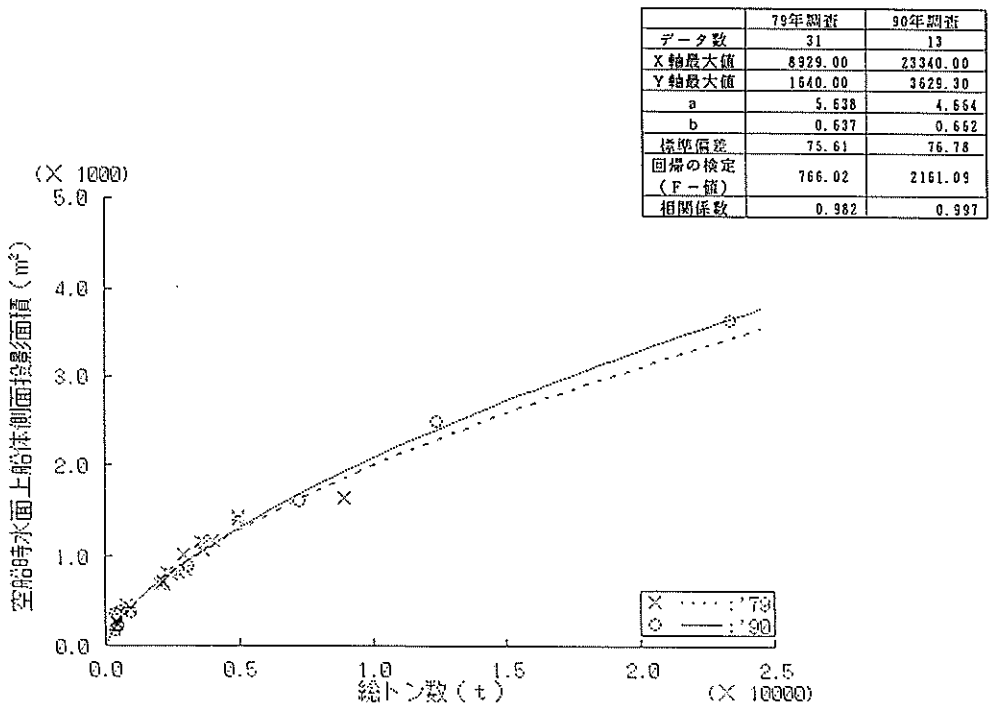


図-1.6 旅客船 総トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	35	10
X軸最大値	13082.00	17389.40
Y軸最大値	1440.00	1104.40
a	0.722	1.079
b	0.800	0.709
標準偏差	115.97	28.27
帰帰の検定 (F-値)	198.88	1138.84
相関係数	0.925	0.997

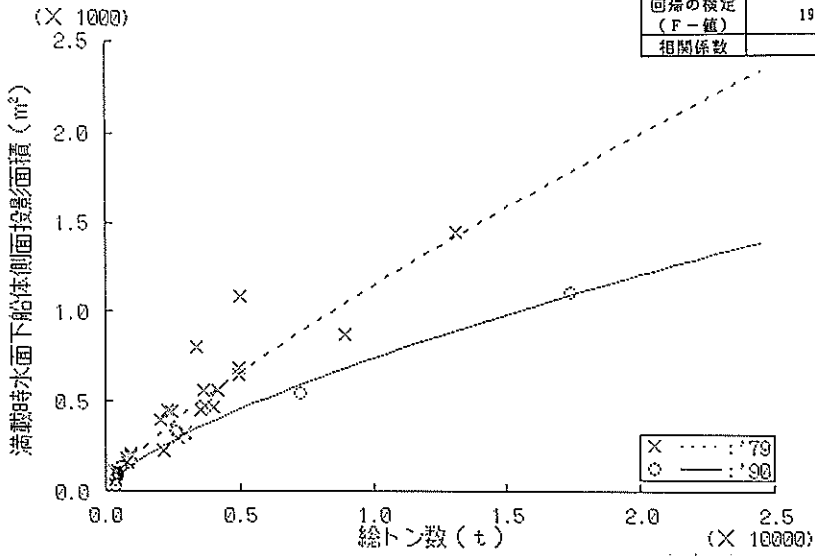


図-1.7 旅客船 総トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	37	9
X軸最大値	13082.00	17389.00
Y軸最大値	1140.00	989.10
a	0.857	1.086
b	0.762	0.596
標準偏差	143.29	31.58
帰帰の検定 (F-値)	94.14	680.25
相関係数	0.860	0.995

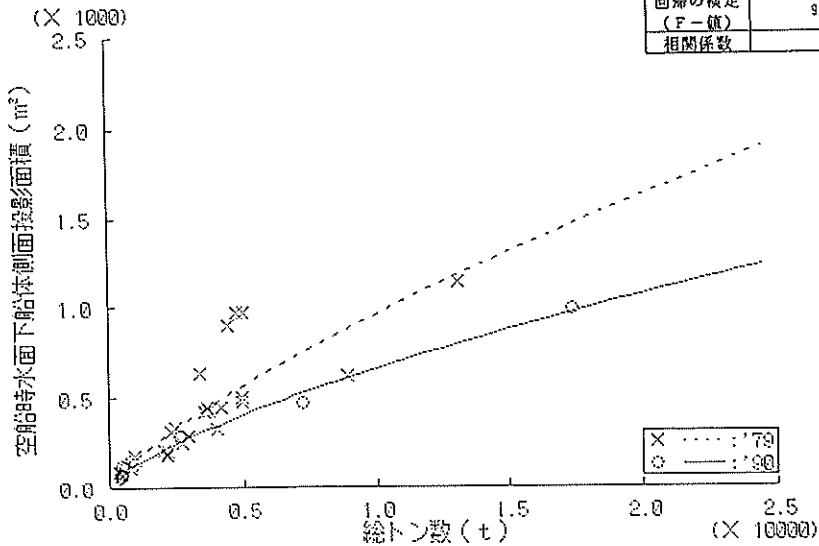


図-1.8 旅客船 総トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

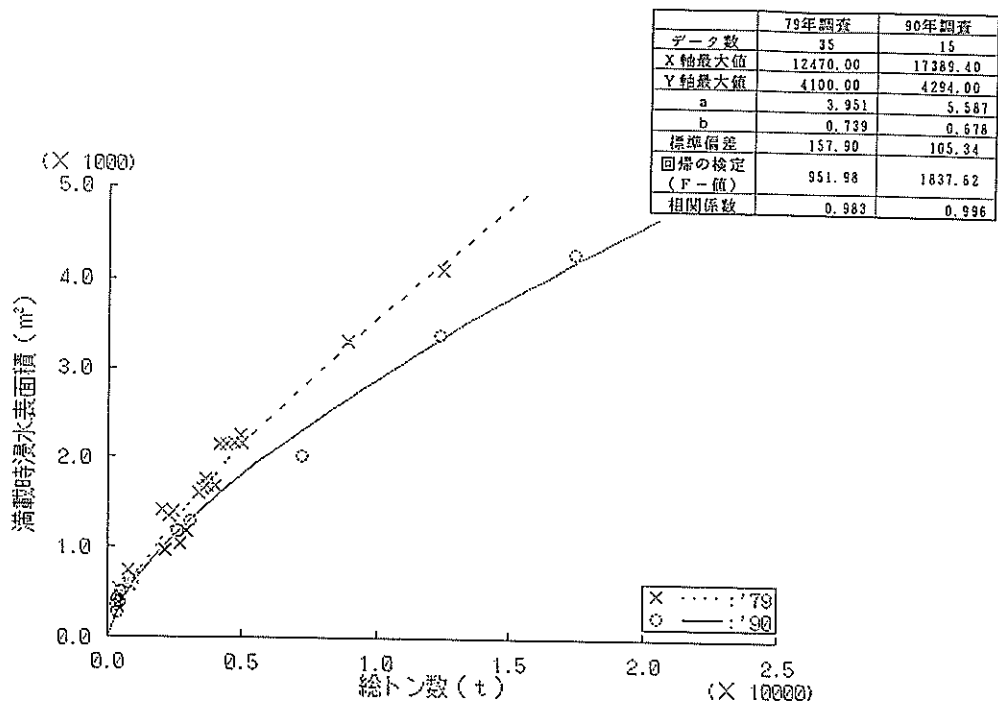


図-1.9 旅客船 総トン数と満載時浸水表面積の関係

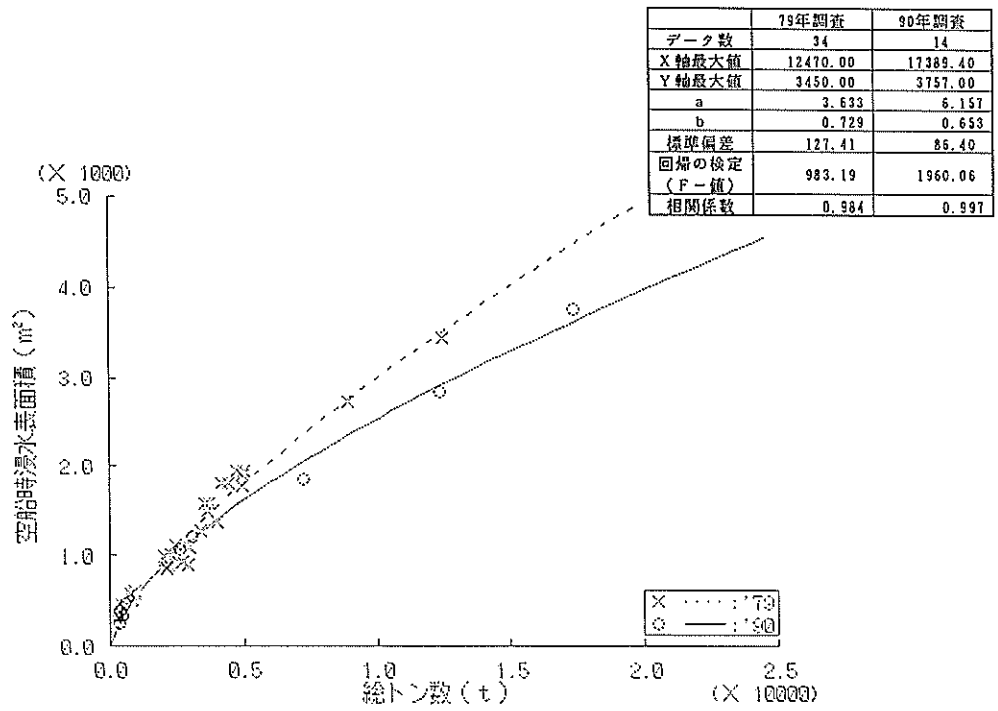


図-1.10 旅客船 総トン数と空船時浸水表面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	35	15
X軸最大値	13082.00	23340.00
Y軸最大値	40.75	39.43
a	2.725	4.790
b	0.279	0.209
シフト量	5.498	7.883
標準偏差	2.61	4.29
回帰の検定 (F-値)	206.35	45.56
相関係数	0.929	0.881

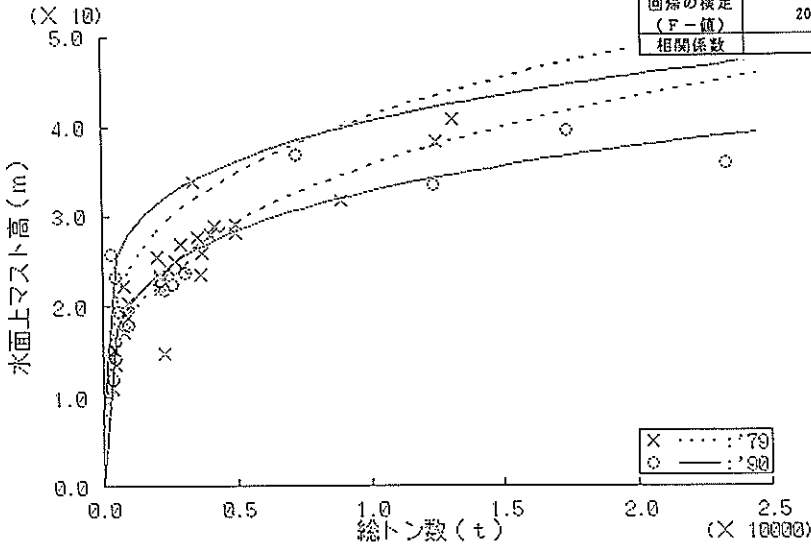


図-1.11 旅客船 総トン数と水面上マスト高の関係

このうち今回取得したデータから得られた分析結果について検討を加えると次のような結果が得られる。

(1) 分散分析の結果

有意水準 $\alpha=0.01$ でのF-検定の結果、回帰分析を行った全結果について帰無仮説 H_0 は棄却され、回帰式は受け入れられた。

(2) 相関係数(寄与率)による検討

相関係数 R を自乗した寄与率 R^2 から分析結果を表-6(1)~(2)に示す。表-6(1)~(2)より次のような結論が得られる。

寄与率 R^2 が90%を越えている分析結果は全分析結果の61.4% (54/88) となっている。さらに、80%以上の分析結果は85.2% (75/88) に上っている。これは回帰式の関数型が概ね適切であり、各諸元は船舶の大きさの指数関数に比例するといえるものが多い。一方、寄与率の小さな回帰結果についてみると、全体的に目的関数が水面上マスト高に関する関数回帰分析結果は寄与率が小さい。特に自動車専用船については37.0%にすぎない。

この原因の一つとして船舶の設計にあたり、水面上マスト高は橋梁等の制限を考慮しているため、一定の上限値のようなものが存在することが考えられる。

(3) 前回調査データとの比較について

3.4に述べたような方法を用いて前回調査データとの各諸元の変化について有意水準 $\alpha=0.10$ で検定を行った。その結果を表-6(1)~(2)に示す。表-6(1)~(2)より以下のことがいえる。

8種類の船種の中で最も変化の少ない船種は一般貨物船である。また、旅客船・カーフェリーについてはすべての項目で前回との間に有意な差異が認められた。

(4) 有効データ数について

今回のアンケートから得られたデータ数については前述した通りであるが、実際には未記入等により回帰分析に用いることができた有効データはこれよりも少ない。船種毎に回帰分析に使用された有効回答率(有効なデータ数/データ数)をみると、フルコンテナ船、撒積船および自動車専用船については60%台から90%台近くに上っている。これに対し、一般貨物船および旅客船では低いものでは30%台にすぎないものがある。特に旅客船はデータ総数自体が他の船種と比較して少ないだけに分析に対する信頼性という観点から低い回答率は好ましくない。他にカーフェリーに関する分析で目的変数をぎ装数としたときに18.6% (47/253) という低い有効回答率が

あるが、これはカーフェリーのぎ装数は JG 規格で記入されている例が多かったためである。

以上より、回答票の作成の際に諸元の規格についても注意を払う必要がある。

4.2 考察

今回集計を行った 8 種類の船舶における各調査項目とトン数との関係および回帰式等の詳細は前記の通りであり、船種別、調査項目別、年代別に変動幅の大きいものからほとんど変化のないものまで様々である。これらの

理由をここにすべて説明することは困難であるが、社会情勢の変化、技術の進歩、流行の変化等を勘案してその船種の特徴、傾向の概略等について以下に考察する。

なお、今回得られた回帰式の相関係数、回帰式の総トン数または重量トン数に対する各諸元の変化割合を示す指数 b 、回帰式の有意性および前回調査結果との有意な差異の有無に関する統計的検定の結果等を表-6(1)~(2)に示す。

表-6 分析結果(1)

船種	X軸	Y軸	b	回帰式の検定 危険率=0.01 ○は受容	相関係数	寄与率	前回調査との比較 危険率=0.10 ○には有意な差
旅客船	総トン数	満載時排水トン数	0.971	○	0.993	0.986	○
		ぎ装数 (NK)	0.502	○	0.972	0.945	○
		満載時水面上正面投影面積	0.619	○	0.985	0.970	○
		空船時水面上正面投影面積	0.603	○	0.987	0.974	○
		満載時水面上側面投影面積	0.677	○	0.997	0.994	○
		空船時水面上側面投影面積	0.662	○	0.997	0.994	○
		満載時水面下側面投影面積	0.709	○	0.997	0.994	○
		空船時水面下側面投影面積	0.696	○	0.995	0.990	○
		満載時浸水表面積	0.678	○	0.996	0.992	○
		空船時浸水表面積	0.653	○	0.997	0.994	○
		水面上マスト高	0.209	○	0.881	0.776	○
		平均			0.982	0.964	
		カーフェリー	総トン数	満載時排水トン数	0.846	○	0.986
ぎ装数 (NK)	0.474			○	0.933	0.870	○
満載時水面上正面投影面積	0.480			○	0.949	0.901	○
空船時水面上正面投影面積	0.479			○	0.943	0.889	○
満載時水面上側面投影面積	0.643			○	0.980	0.960	○
空船時水面上側面投影面積	0.945			○	0.978	0.956	○
満載時水面下側面投影面積	0.621			○	0.977	0.955	○
空船時水面下側面投影面積	0.646			○	0.986	0.972	○
満載時浸水表面積	0.597			○	0.983	0.966	○
空船時浸水表面積	0.585			○	0.979	0.958	○
水面上マスト高	0.185			○	0.797	0.635	○
平均					0.954	0.912	
一般貨物船	重量トン数			満載時排水トン数	0.935	○	0.995
		ぎ装数 (NK)	0.482	○	0.800	0.640	○
		満載時水面上正面投影面積	0.582	○	0.838	0.702	○
		空船時水面上正面投影面積	0.611	○	0.926	0.857	×
		満載時水面上側面投影面積	0.551	○	0.712	0.507	○
		空船時水面上側面投影面積	0.668	○	0.956	0.914	○
		満載時水面下側面投影面積	0.628	○	0.983	0.966	×
		空船時水面下側面投影面積	0.549	○	0.905	0.819	×
		満載時浸水表面積	0.642	○	0.990	0.980	×
		空船時浸水表面積	0.610	○	0.965	0.931	×
		水面上マスト高	0.234	○	0.930	0.865	×
		平均			0.909	0.834	
		石油タンカー	重量トン数	満載時排水トン数	0.975	○	1.000
ぎ装数 (NK)	0.517			○	0.994	0.988	○
満載時水面上正面投影面積	0.422			○	0.918	0.843	○
空船時水面上正面投影面積	0.495			○	0.977	0.955	×
満載時水面上側面投影面積	0.451			○	0.956	0.914	○
空船時水面上側面投影面積	0.545			○	0.989	0.978	×
満載時水面下側面投影面積	0.632			○	0.997	0.994	○
空船時水面下側面投影面積	0.605			○	0.973	0.947	○
満載時浸水表面積	0.653			○	0.993	0.986	○
空船時浸水表面積	0.670			○	0.980	0.960	×
水面上マスト高	0.214			○	0.937	0.878	○
平均					0.974	0.949	

表-6 分析結果(2)

船種	X軸	Y軸	b	回帰式の検定 危険率=0.01 ○は受容	相関係数	寄与率	前回調査との比 較危険率=0.10 ○には有意な差
フルコンテナ船	重量トン数	満載時排水トン数	0.886	○	0.997	0.994	○
		ぎ装数 (NK)	0.491	○	0.979	0.958	○
		満載時水面上正面投影面積	0.434	○	0.886	0.785	○
		空船時水面上正面投影面積	0.449	○	0.991	0.830	○
		満載時水面上側面投影面積	0.460	○	0.833	0.694	○
		空船時水面上側面投影面積	0.542	○	0.911	0.830	○
		満載時水面下側面投影面積	0.685	○	0.988	0.976	○
		空船時水面下側面投影面積	0.546	○	0.925	0.856	○
		満載時浸水表面積	0.692	○	0.976	0.953	×
		空船時浸水表面積	0.578	○	0.912	0.832	○
		水面上マスト高	0.224	○	0.837	0.701	○
		平均			0.923	0.855	
		撤積船	重量トン数	満載時排水トン数	0.955	○	1.000
ぎ装数 (NK)	0.503			○	0.988	0.976	○
満載時水面上正面投影面積	0.381			○	0.908	0.824	○
空船時水面上正面投影面積	0.452			○	0.934	0.872	○
満載時水面上側面投影面積	0.405			○	0.897	0.805	×
空船時水面上側面投影面積	0.547			○	0.952	0.906	○
満載時水面下側面投影面積	0.616			○	0.993	0.986	○
空船時水面下側面投影面積	0.549			○	0.861	0.741	○
満載時浸水表面積	0.643			○	0.962	0.925	○
空船時浸水表面積	0.631			○	0.960	0.922	×
水面上マスト高	0.199			○	0.893	0.797	○
平均					0.941	0.887	
ガス運搬船	総トン数			満載時排水トン数	0.850	○	0.999
		ぎ装数 (NK)	0.584	○	0.999	0.998	○
		満載時水面上正面投影面積	0.582	○	0.995	0.990	
		空船時水面上正面投影面積	0.573	○	0.996	0.992	
		満載時水面上側面投影面積	0.688	○	0.982	0.964	
		空船時水面上側面投影面積	0.718	○	0.990	0.980	
		満載時水面下側面投影面積	0.562	○	0.998	0.996	
		空船時水面下側面投影面積	0.541	○	0.998	0.996	
		満載時浸水表面積	0.574	○	0.997	0.994	
		空船時浸水表面積	0.597	○	0.997	0.994	
		水面上マスト高	0.219	○	0.987	0.974	
		平均			0.994	0.989	
		自動車専用船	総トン数	満載時排水トン数	0.615	○	0.923
ぎ装数 (NK)	0.500			○	0.935	0.874	
満載時水面上正面投影面積	0.503			○	0.937	0.878	
空船時水面上正面投影面積	0.515			○	0.948	0.899	
満載時水面上側面投影面積	0.589			○	0.956	0.914	
空船時水面上側面投影面積	0.560			○	0.963	0.927	
満載時水面下側面投影面積	0.444			○	0.926	0.857	
空船時水面下側面投影面積	0.428			○	0.850	0.723	
満載時浸水表面積	0.484			○	0.948	0.899	
空船時浸水表面積	0.474			○	0.914	0.835	
水面上マスト高	0.201			○	0.608	0.370	
平均					0.901	0.821	
項目毎の平均				満載時排水トン数	0.879		0.987
		ぎ装数 (NK)	0.507		0.950	0.906	
		満載時水面上正面投影面積	0.500		0.927	0.862	
		空船時水面上正面投影面積	0.522		0.953	0.909	
		満載時水面上側面投影面積	0.558		0.914	0.844	
		空船時水面上側面投影面積	0.648		0.967	0.936	
		満載時水面下側面投影面積	0.612		0.982	0.966	
		空船時水面下側面投影面積	0.570		0.937	0.880	
		満載時浸水表面積	0.620		0.981	0.962	
		空船時浸水表面積	0.600		0.963	0.928	
		水面上マスト高	0.211		0.859	0.750	

(1) 旅客船

旅客船は不特定多数で種々の考え方を持つ人間が対象である。したがって、貨物船が一般に貨物の種類、積載量、船速、荷役方式が与えられれば船型が概略決定されるのに対して、旅客船では他に客室の種類や配置、内装、デザイン等考慮すべき項目が多い。それゆえ、基本的には客室を喫水船より上部に配置するために上部構造が大きいという特徴を有しているが、同じ性能の旅客船でも種々のバラエティに富んだ船型が考えられる。

また、クルージングの人氣も高まっており、1980年代には大型のクルーズ客船が欧米を中心に相次いで建造され、わが国でも1989年には「ふじ丸」、「おせあにつくぐれいす」が建造された。

国内の船舶による旅客輸送は小型の旅客船やカーフェリーによる割合が多く、今回の調査対象である相当規模以上の旅客船の隻数自体は非常に少ない（「日本船舶明細書（1989年版）」によれば23隻）。したがってここでは、データ数が少ないという前提の下に概略的な傾向の変化について考えてみる。

回帰曲線の総トン数に対する各諸元の変動傾向を表わす指数 b は、満載時排水トン数については0.971と1に近く、ぎ装数については0.502、投影面積および浸水面積については約0.6~0.7であり2/3に近い値となっている。

今回の調査データのうち総トン数の大きい旅客船はいわゆるクルーズ客船と呼ばれる種類の旅客船であり、これまでと船型に対する考え方が異なる。

クルーズ客船はクルーズを楽しむために客室、サロン、食堂等に広大な空間を必要とする。したがってこれを満たすために船型はずんぐり型となり、キャビンも何層にも重ねられ相当高い位置まで配置されている。したがって同一排水量、同一浸水面積等に対する総トン数はこれまでより大幅に増加している（図-1.1、1.9、1.10、参照）。この上部構造の高層化は図-1.2、1.3に見られるような水面上正面の投影面積の増大傾向にも顕著に現れている。

しかしながら水面上側面の投影面積の差は水面上正面の場合ほど顕著ではない（図-1.4、1.5参照）。これはクルーズ客船の場合にはずんぐり型のため、一般に総トン数に対する船長の比が小さいことなどによるものと思われる。

このような船型が現実には可能となったのは上部構造物の軽量化等の技術的な進展があったことはいうまでもない。

マスト高に関しては指数 b は他の船種より低く0.16程度であり、さらに橋梁等の現実的な制約から上限値が押えられる傾向がみられる（図-1.11参照）。

上記の傾向は今回の調査結果と前回のそれとの回帰曲

線の周りでの分散を用いた統計的検定の結果にも表れている。すなわち、有意水準0.10で判定した結果、旅客船についてはすべての調査項目について両者間で有意な差が認められる。

以上より旅客船には大きな船型の変化がみられる。また大型化、クルーズ客船の増加傾向にも配慮する必要がある。

(2) カーフェリー

わが国においてカーフェリーは戦後のトラック輸送の増加およびモータリゼーションの影響を受け、急速に増加しかつ大型化も進んだ。

わが国におけるカーフェリーの運行実態は近海や沿海区域での大型カーフェリーによる長距離輸送と瀬戸内海区域や離島との航路に多くみられるような比較的小型のカーフェリーを用いた短距離輸送に大別される。前者の場合、旅客船並の客室設備が設けられる例が多いが、後者の場合は特筆すべき客室施設を持たないのが普通である。

図-2.1~2.11より、今回の調査結果にはカーフェリーの大型化の傾向が現れており、2万トンクラスまで伸びている。

回帰曲線における指数 b は満載排水量については0.984と1に近く、ぎ装数については0.56程度、投影面積および浸水表面積については0.59程度、マスト高については0.18程度である。またマスト高はばらつきは大きい総トン数が増大すると横ばいになる傾向が見られる。

各調査項目と総トン数の関係をみると全般的に総トン数1万トン程度までは今回の調査結果の方が前回の調査結果よりも少し大きな値となる。

この理由の一つとして「船舶のトン数の測度に関する法律」の改定が考えられる。これにより海運に従事する船舶の総トン数の計算方法が1982年より変化した。新総トンと旧総トンの対応関係は船種によって異なる場合がある。二層甲板のカーフェリーの場合、新総トン数対旧総トン数の比は総トン数が0~1万トンの範囲で概略0.8~0.9と見積られる。図-2.1~2.11のデータを詳細に見直してみると前回調査の傾向と異なる位置にプロットされた船舶の多くは1982年以降建造されており、これらを横軸と平行に1~2割右側に平行移動させると今回の調査結果と前回のそれはかなり近い値となってくる。

また回帰曲線の周りでの分散を用いた有意水準0.10の統計的検定の結果、カーフェリーに関する今回の調査結果の全項目とも前回の結果と有意な差が認められる。

以上よりカーフェリーの場合にも程度は大きくないが、船型の時代的な変化が全般に認められる。

なお、総トン数の値には法改定の前後で注意する必要

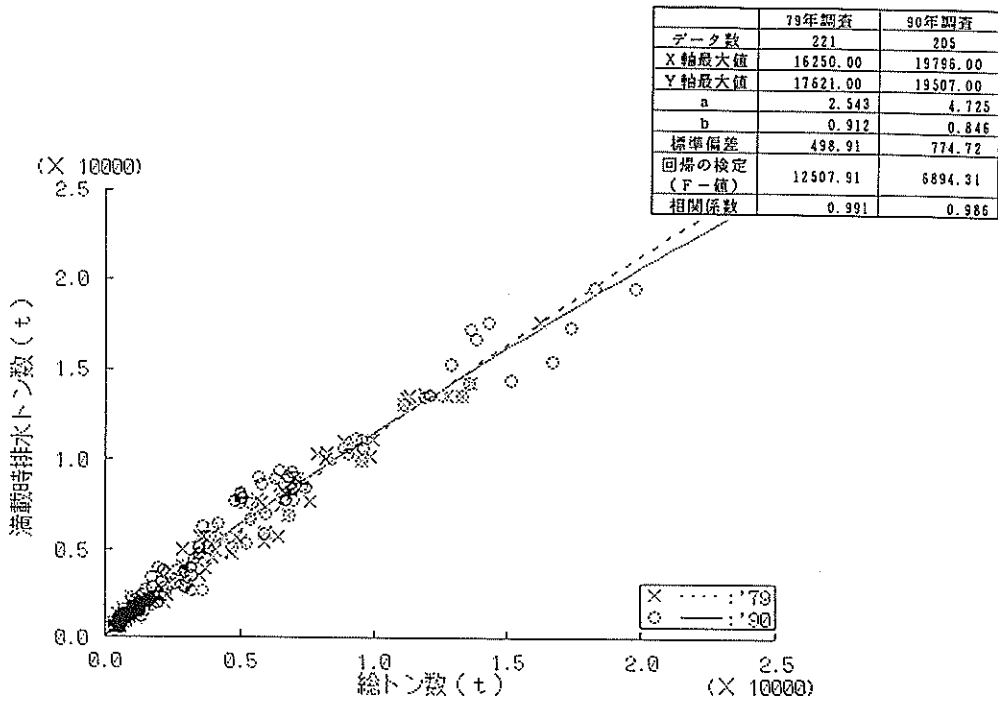


図-2.1 カーフェリー 総トン数と満載時排水トン数の関係

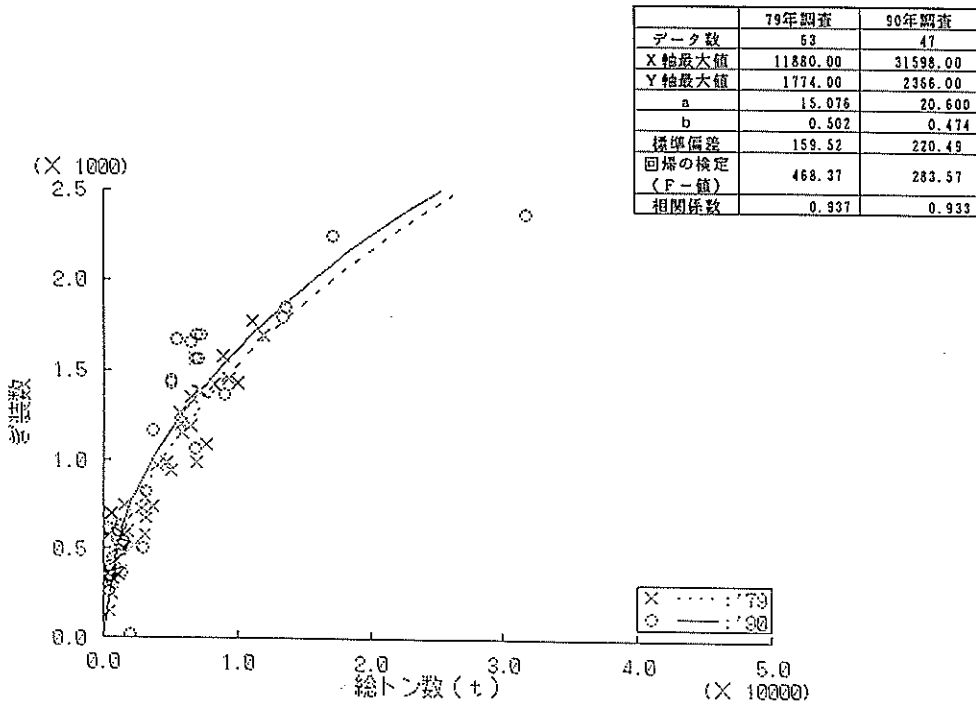


図-2.2 カーフェリー 総トン数とぎ装数の関係

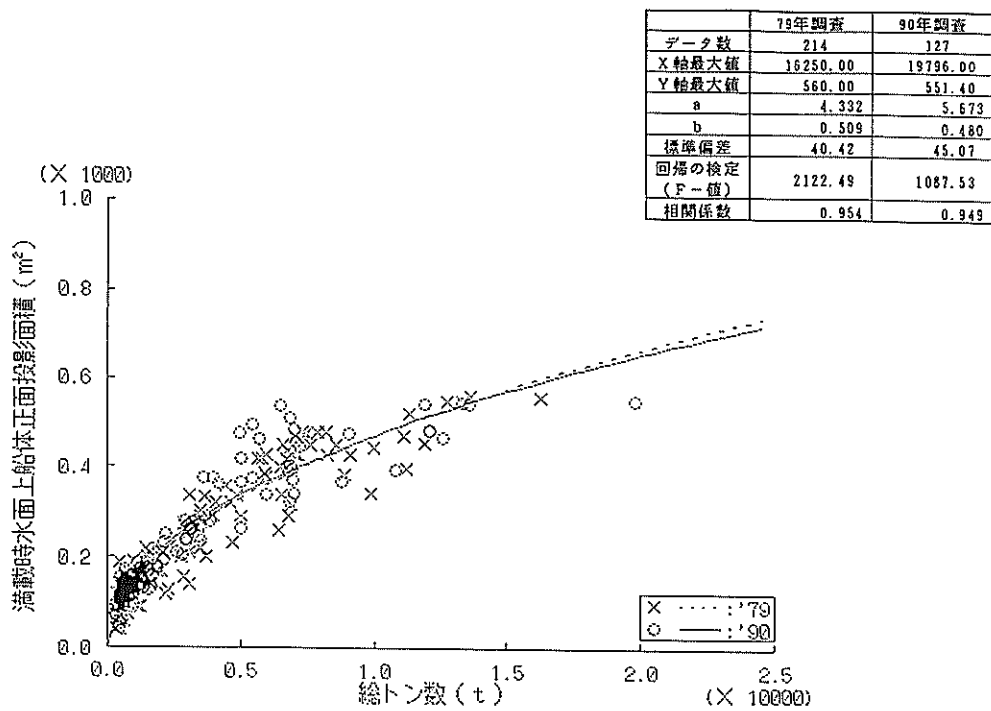


図-2.3 カーフェリー 総トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係

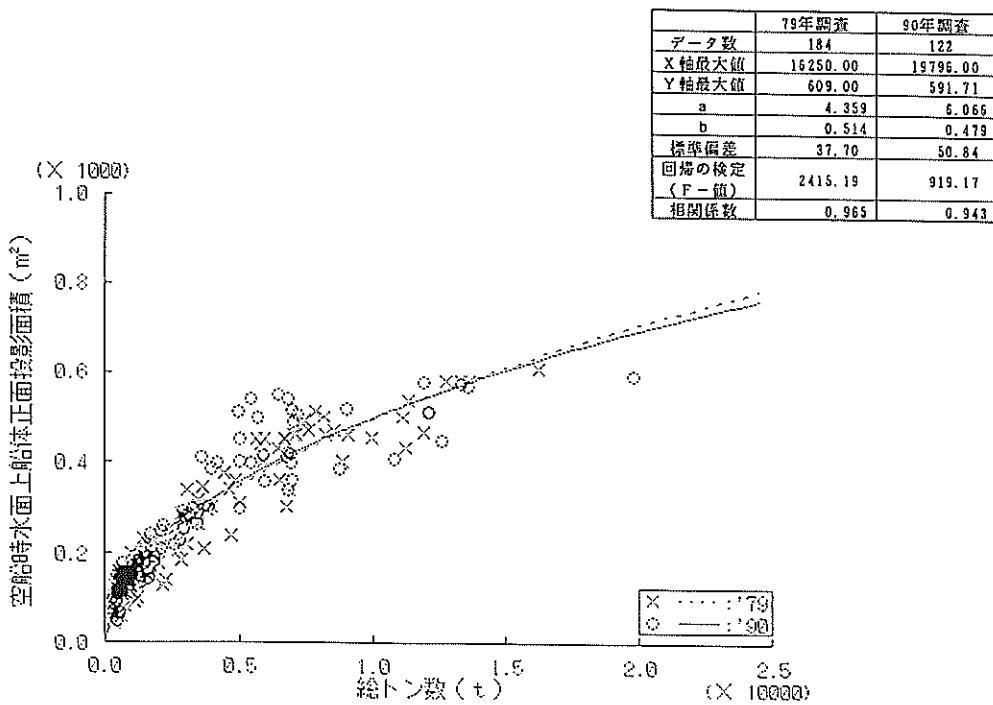


図-2.4 カーフェリー 総トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

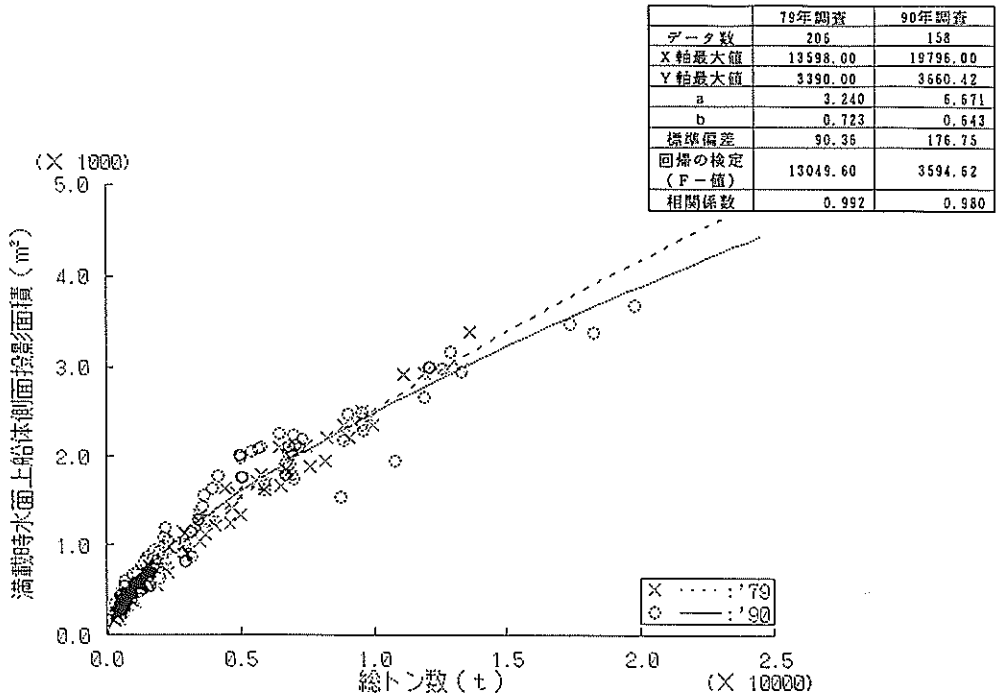


図-2.5 カーフェリー 総トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

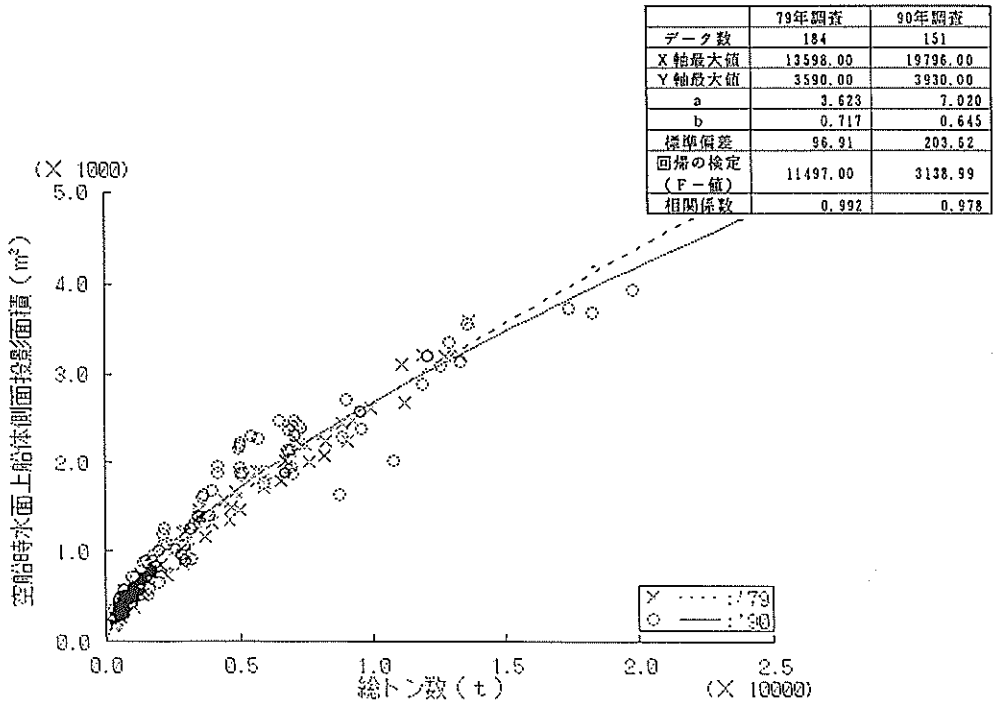
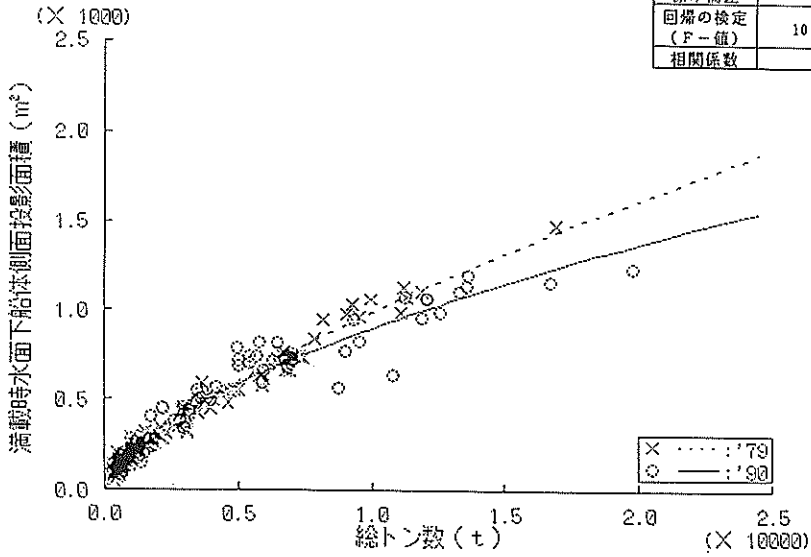
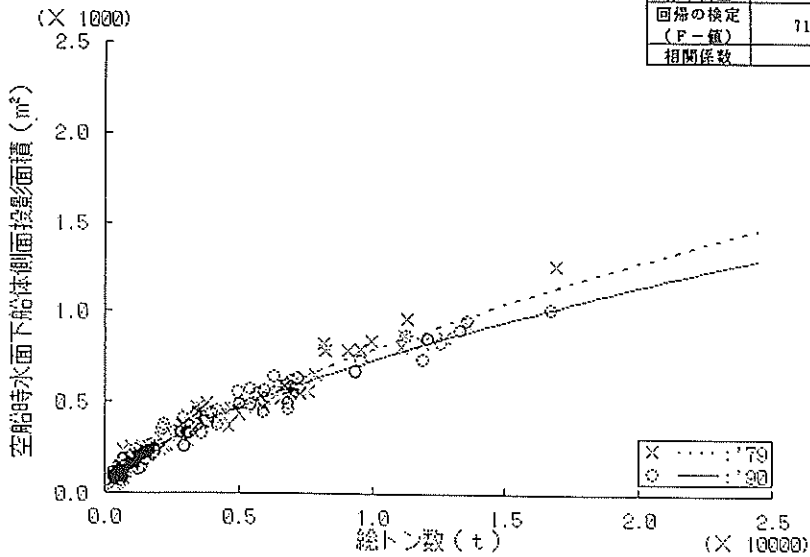


図-2.6 カーフェリー 総トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	206	139
X軸最大値	16914.00	19796.00
Y軸最大値	1481.00	1238.12
a	1.234	2.928
b	0.726	0.621
標準偏差	39.88	56.23
回帰の検定 (F-値)	10120.60	2797.66
相関係数	0.990	0.977

図-2.7 カーフェリー 総トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	191	125
X軸最大値	16914.00	16725.00
Y軸最大値	1263.00	1015.00
a	1.254	1.898
b	0.700	0.646
標準偏差	38.54	39.30
回帰の検定 (F-値)	7120.18	4281.78
相関係数	0.978	0.966

図-2.8 カーフェリー 総トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

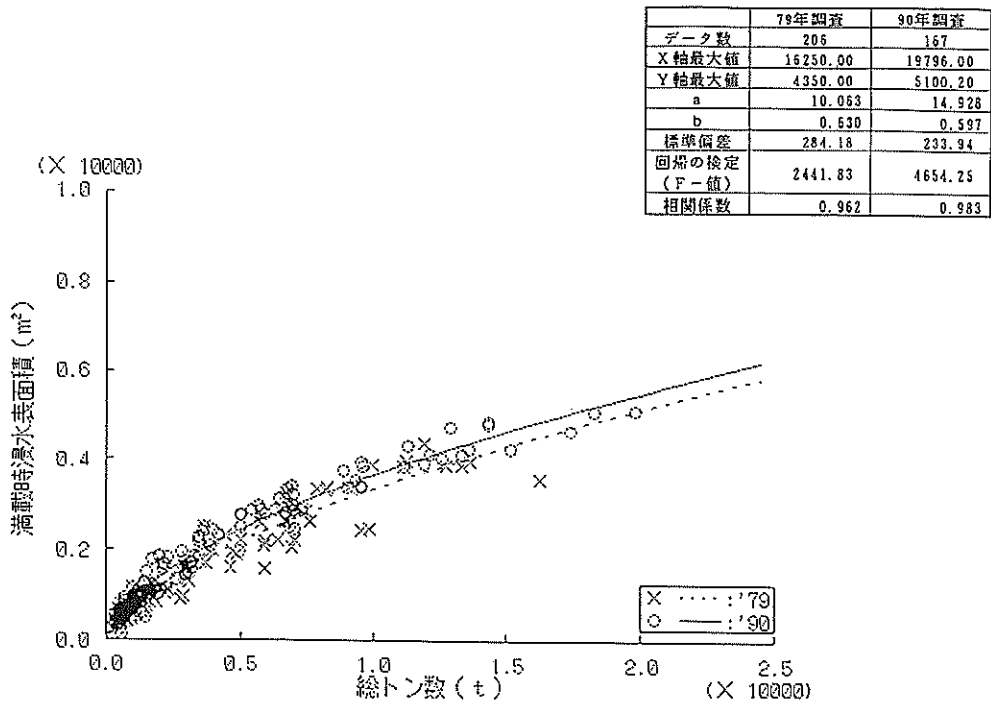


図-2.9 カーフェリー 総トン数と満載時浸水表面積の関係

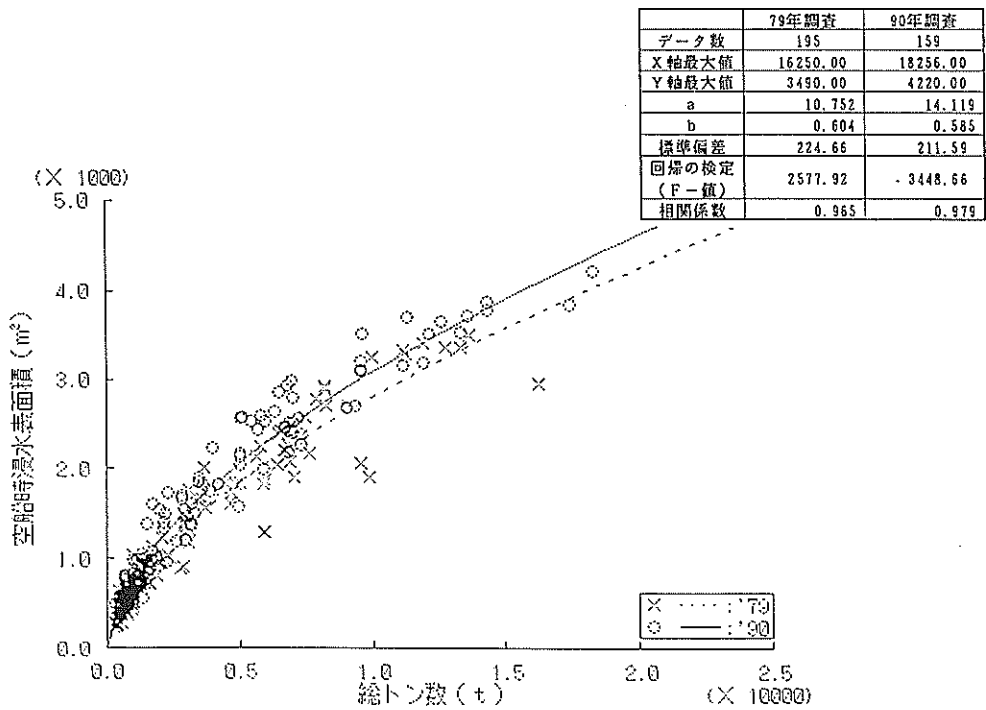


図-2.10 カーフェリー 総トン数と空船時浸水表面積の関係

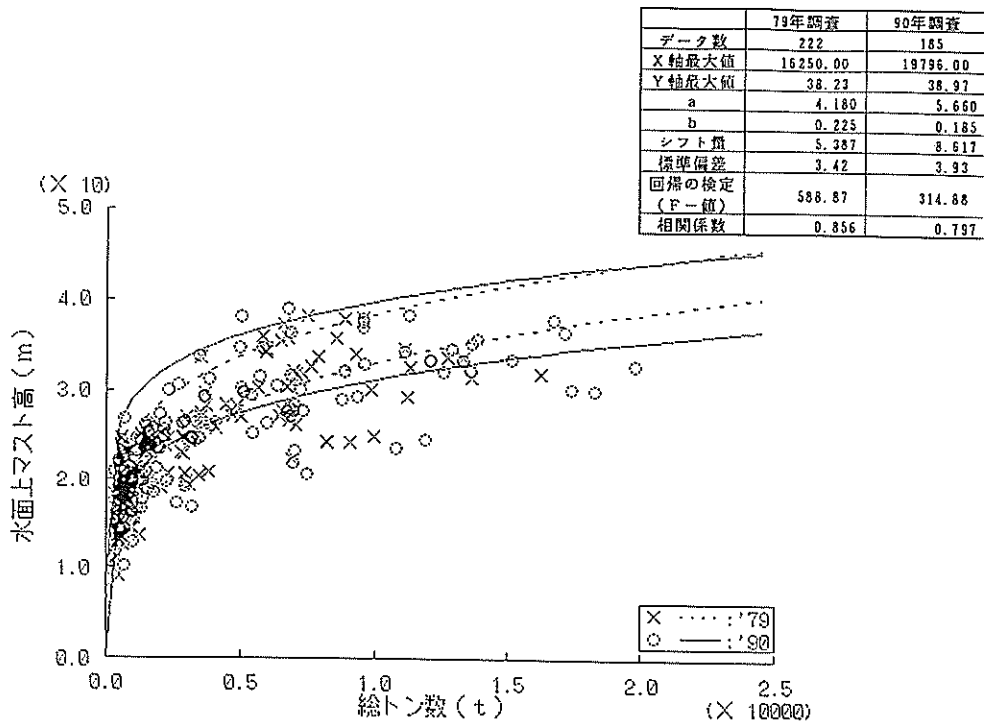


図-2.11 カーフェリー 総トン数と水面上マスト高の関係

がある。

(3) 一般貨物船

一般貨物船はその名称が示すように不特定な種々の貨物運ぶことを目的としているため、一般に船倉内にも数層の甲板が設けられている。また対象貨物には比重の小さい雑貨類から長尺の貨物まで含まれるため、横隔壁の数をできるだけ少なくして貨物層を広くしている。さらに耐浸水性の観点から大型船の船底は通常二重底となっており、バラスト水、潜水等のタンクとなっている。

一方、デッキ上には通常クレーンが装備されており、自力での船内荷役が可能である。これらのクレーンによる船内荷役の効率を上げるために、ハッチの配置を2列、3列にするものが多くなってきている。

また近年の貨物船は船体の強度の向上、船体中央部に広大な船倉を配置する方が荷役効率が良いことなどから機関を船尾に設置する傾向にある。

図3.1～3.11により、今回と前回の調査結果を比較すればおおよそ次のことが言える。まず今回の調査対象船舶の重量トン数は最大値および分布区域とも前回より低い値となっており、近年建造された一般貨物船は総じて中、小型船が多い。

また回帰曲線の指数bは満載排水トン、ぎ装数、投影面積、浸水表面積、マスト高について、それぞれ0.94、0.48、0.6、0.63、0.23程度の値となっている。

今回の調査結果におけるマスト高は重量トン数の増加とともに増大する傾向が続いているが、逆に前回の結果の方に上限値のようなものが存在する傾向がみられる。

また、回帰曲線の周りでの分散による統計的検定の結果(有意水準0.10)、ぎ装数、空船時水面上正面投影面積、満載時水面上側面投影面積以外の8項目に関しては前回調査結果と有意な差はない。

以上より一般貨物船については、今回の調査結果は前回のそれと比較して総じて同様の分布傾向を示すものと考えられる。

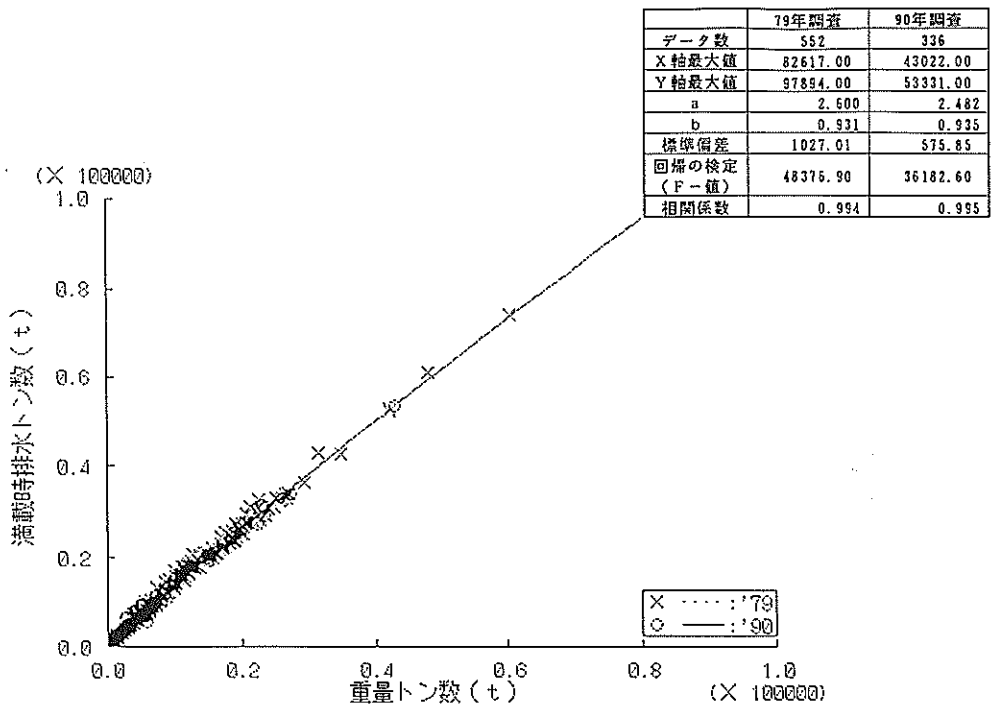


図-3.1 一般貨物船 重量トン数と満載時排水トン数の関係

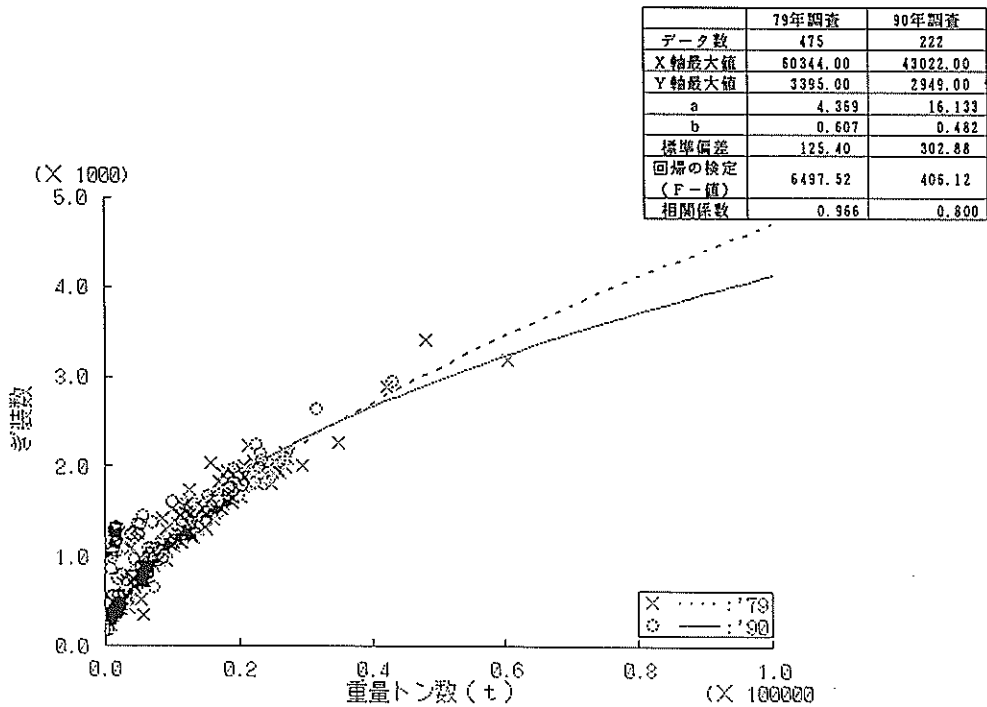
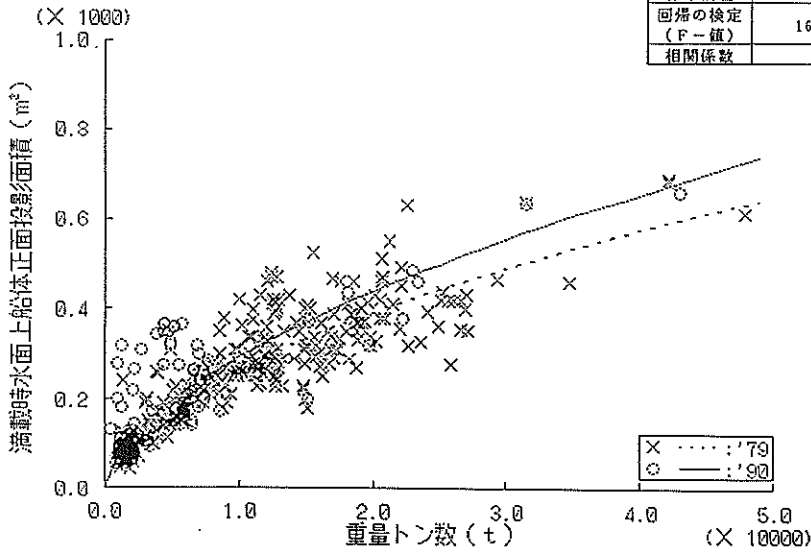
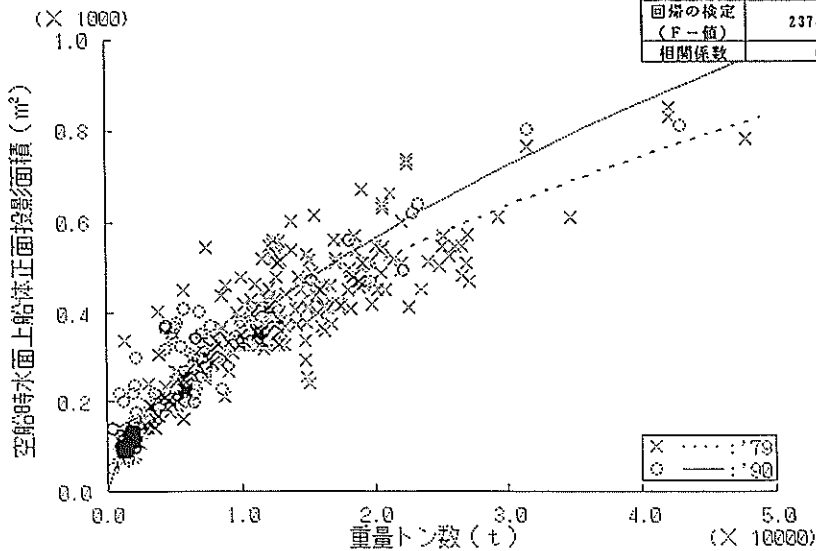


図-3.2 一般貨物船 重量トン数とぎ装数の関係



	79年調査	90年調査
データ数	542	222
X軸最大値	47949.00	43022.00
Y軸最大値	690.00	662.00
a	1.655	1.383
b	0.552	0.582
標準偏差	54.24	57.47
回帰の検定 (F-値)	1676.42	495.43
相関係数	0.872	0.838

図-3.3 一般貨物船 重量トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	543	197
X軸最大値	47949.00	43022.00
Y軸最大値	852.00	811.00
a	2.302	1.335
b	0.545	0.611
標準偏差	58.58	49.01
回帰の検定 (F-値)	2374.30	1110.08
相関係数	0.904	0.926

図-3.4 一般貨物船 重量トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	547	230
X軸最大値	47949.00	43022.00
Y軸最大値	2635.00	2028.20
a	5.349	6.350
b	0.557	0.551
標準偏差	232.31	302.13
回帰の検定 (F-値)	1026.26	211.49
相関係数	0.815	0.712

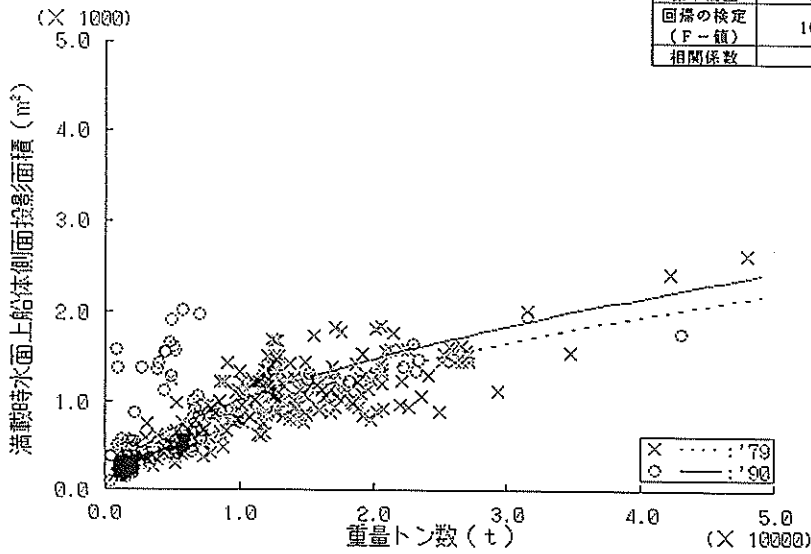


図-3.5 一般貨物船 重量トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	532	193
X軸最大値	47949.00	31555.00
Y軸最大値	3737.00	3038.00
a	5.968	2.937
b	0.591	0.668
標準偏差	253.43	132.83
回帰の検定 (F-値)	2136.55	2042.69
相関係数	0.898	0.956

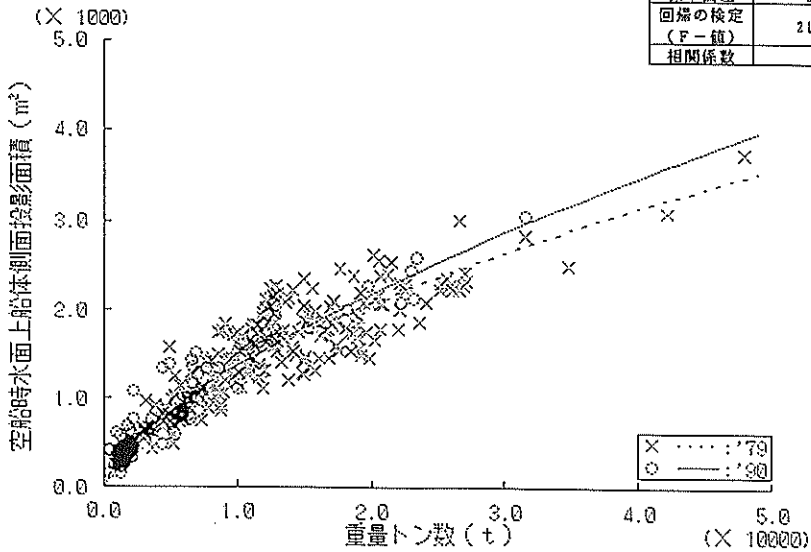


図-3.6 一般貨物船 重量トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

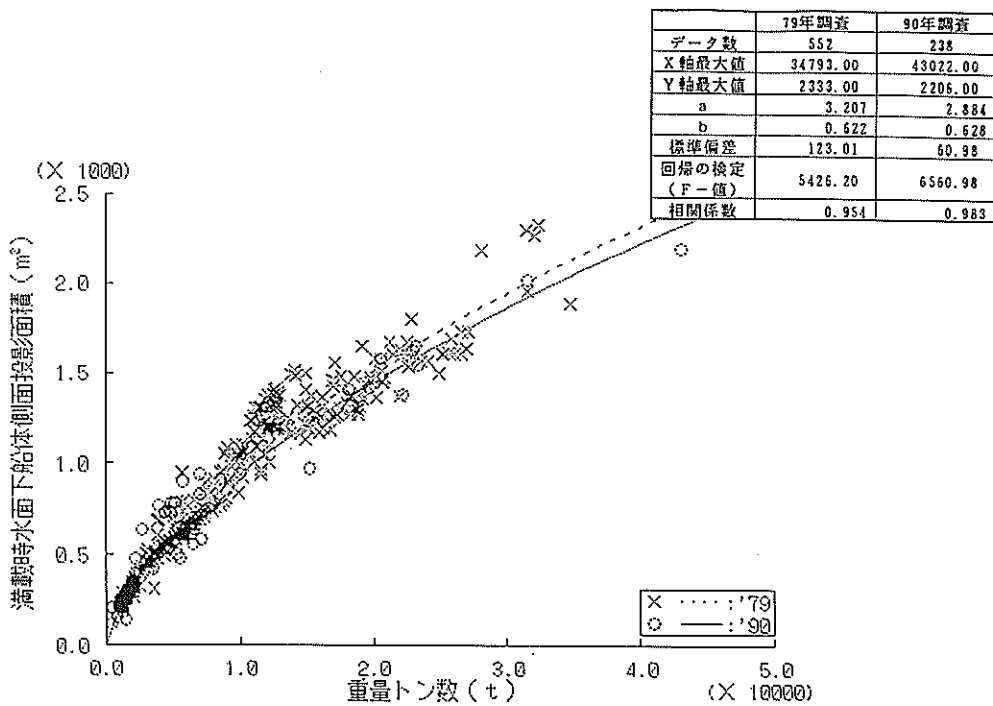


図-3.7 一般貨物船 重量トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

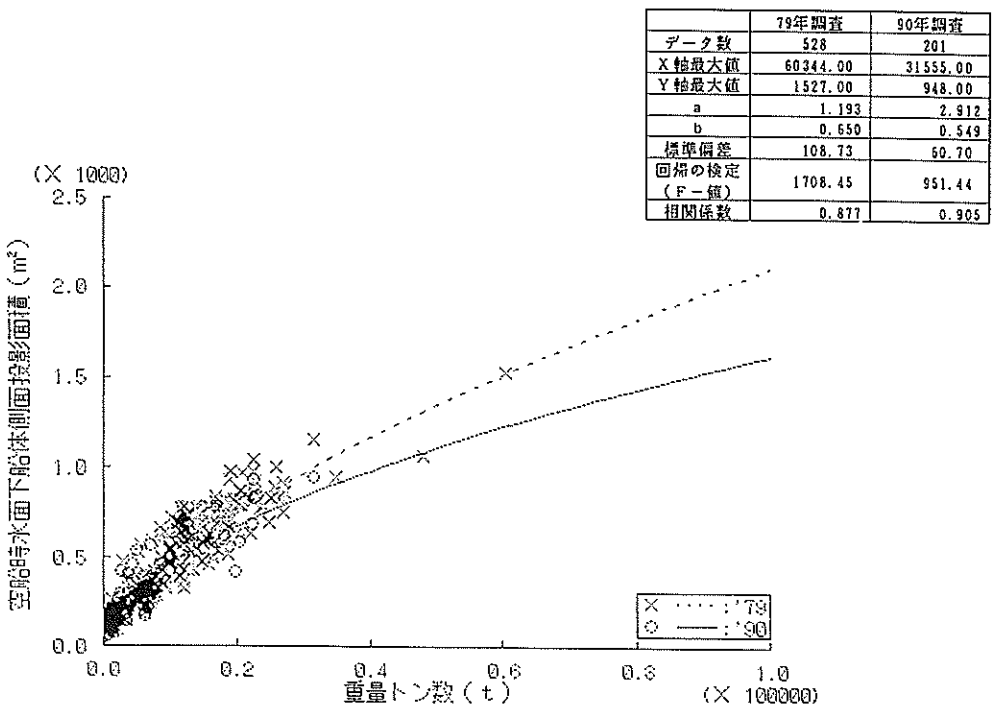


図-3.8 一般貨物船 重量トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

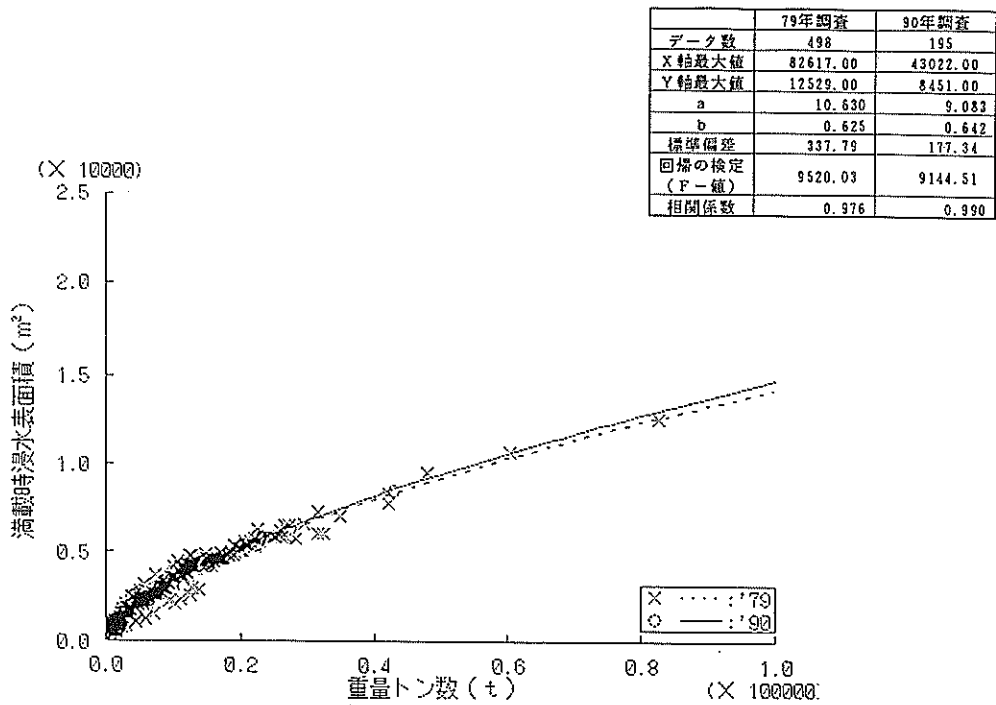


図-3.9 一般貨物船 重量トン数と満載時浸水表面積の関係

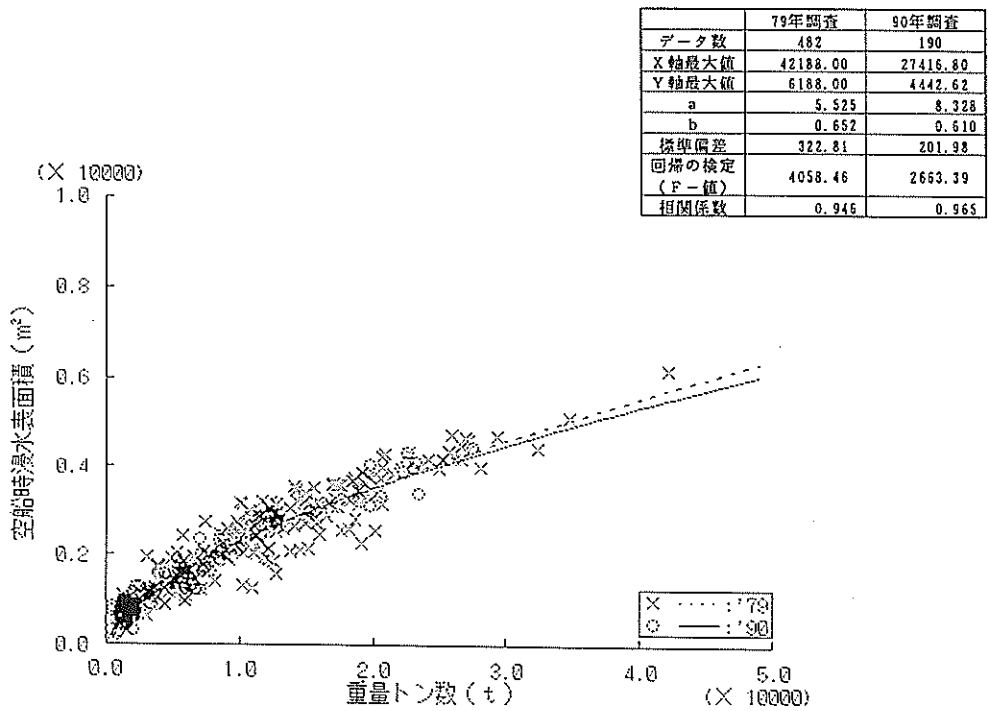


図-3.10 一般貨物船 重量トン数と空船時浸水表面積の関係

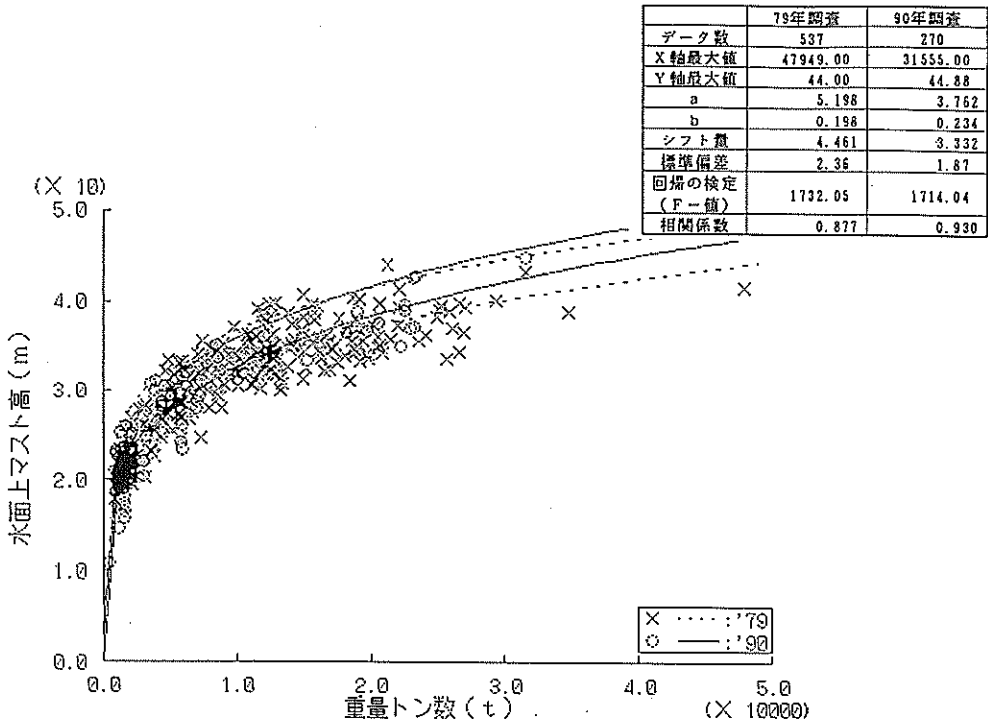


図-3.11 一般貨物船 重量トン数と水面上マスト高の関係

(4) 石油タンカー

石油タンカーの構造上の特徴は船体の動揺により液体貨物が船内を移動しないように、また事故の際に大量の油が流出しないように縦横に隔壁が配置されていることである。また機関は船体の縦強度の向上、配管の簡素化、煙突からの火粉に対する安全対策等の観点から船尾に配置される。

石油タンカーは世界の石油輸送量が急増した1960年代から輸送コストを低減させるために大型化が急速に進展した。1960年代半ば過ぎに20万 DWT、1960年代の終わりに30万 DWT、1970年代の初めに40万 DWT、1970年代半ばに50万 DWT を越え、1980年代には世界最大の石油タンカー「シーワイズジャイアント」56.5万 DWT が建造された。しかしながらその後オイルショックによる海上荷動き量の減少、多港積み・多港揚げの実態等から機動性の低い超大型船の需要は減少し、40万 DWT 以上のタンカーの多くは係留されたり解体されたりしている。このような現状から、将来的には遠距離間の原油輸送に使用される大型タンカーは30万 DWT クラスが最大となり、20万～25万 DWT クラスが主流になるといわれてい

る⁹⁾。

図-4.1～4.11より、今回と前回の調査結果を比較すれば以下ようになる。

まず船体の大きさに関しては今回の調査では重量トンの最大値が約40万トンであり、前回より超大型の割合が減少している。

回帰曲線の指数 b は満載排水トン数、ぎ装数、投影面積、浸水表面積、マスト高についてそれぞれ約1.00、0.5、2.0、0.53、0.66、0.22程度である。

また回帰曲線の周りでの分散による統計的検定の結果(有意水準0.10)、満載排水トン数、空船時水面上正面および側面投影面積、空船時浸水面積以外の7項目については前回の結果と有意な差が見られる。

以上より石油タンカーに関しては大型化は見られないが、船型の時代的变化はかなり認められる。

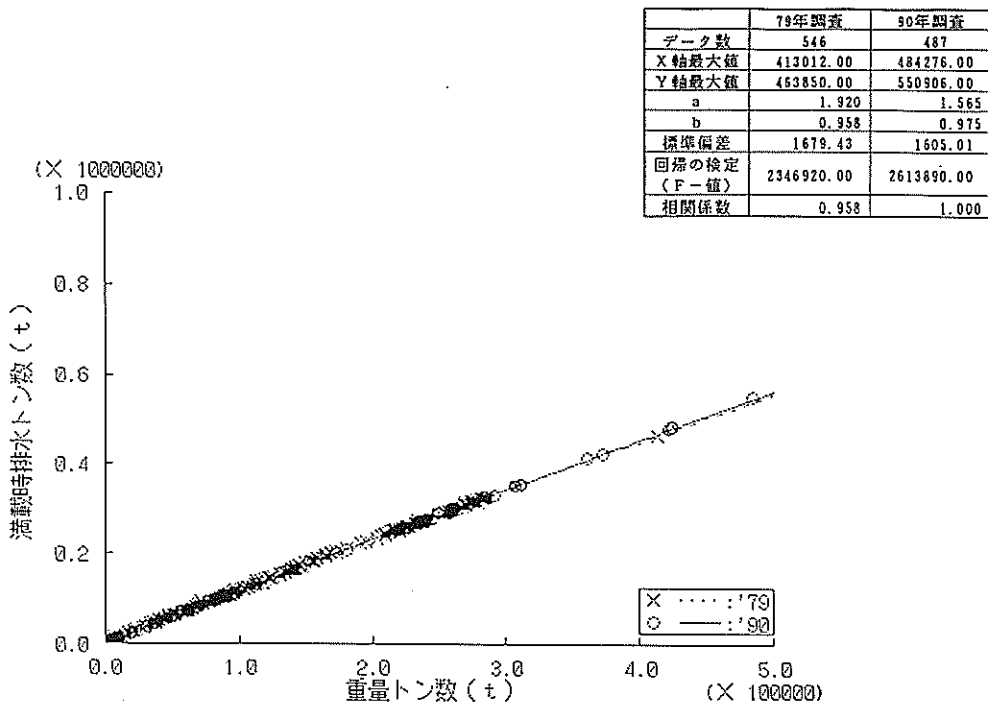


図-4.1 石油タンカー 重量トン数と満載時排水トン数の関係

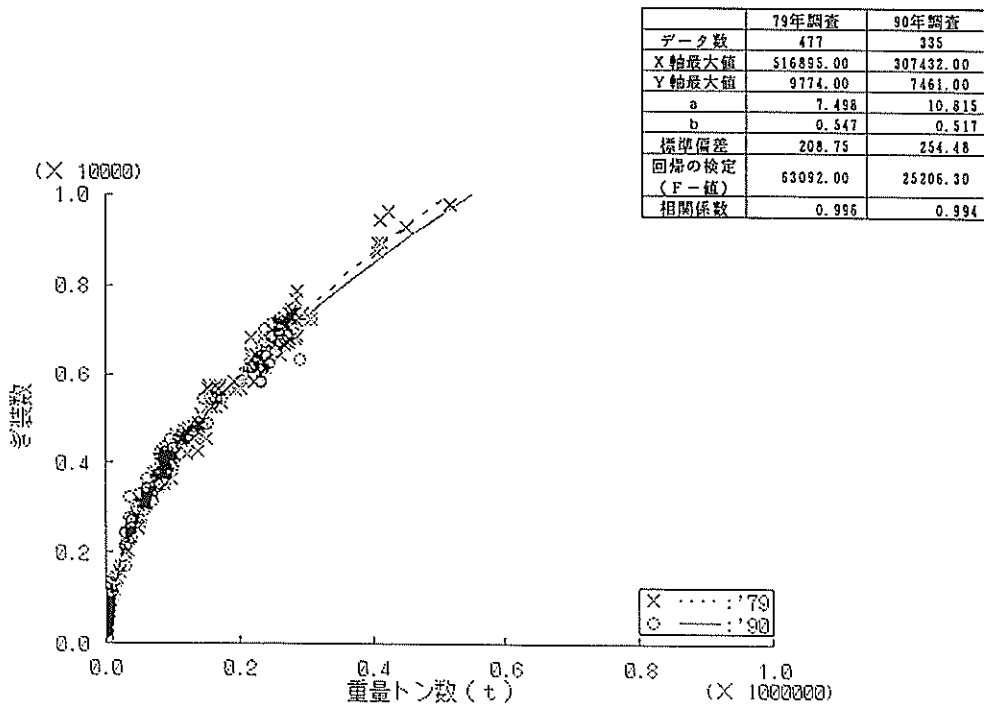
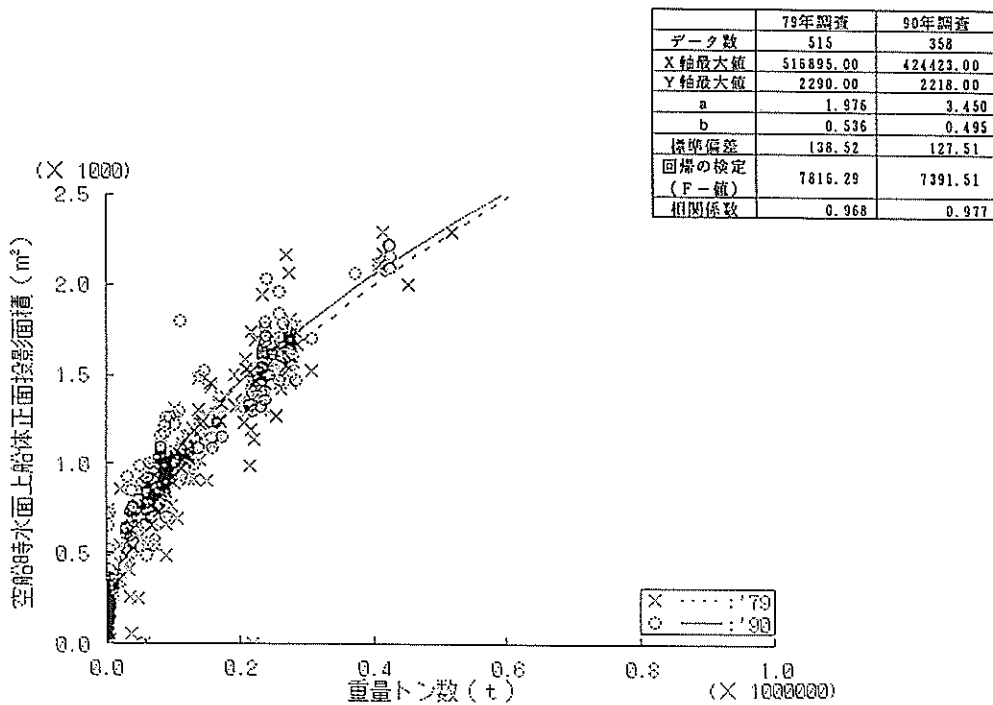
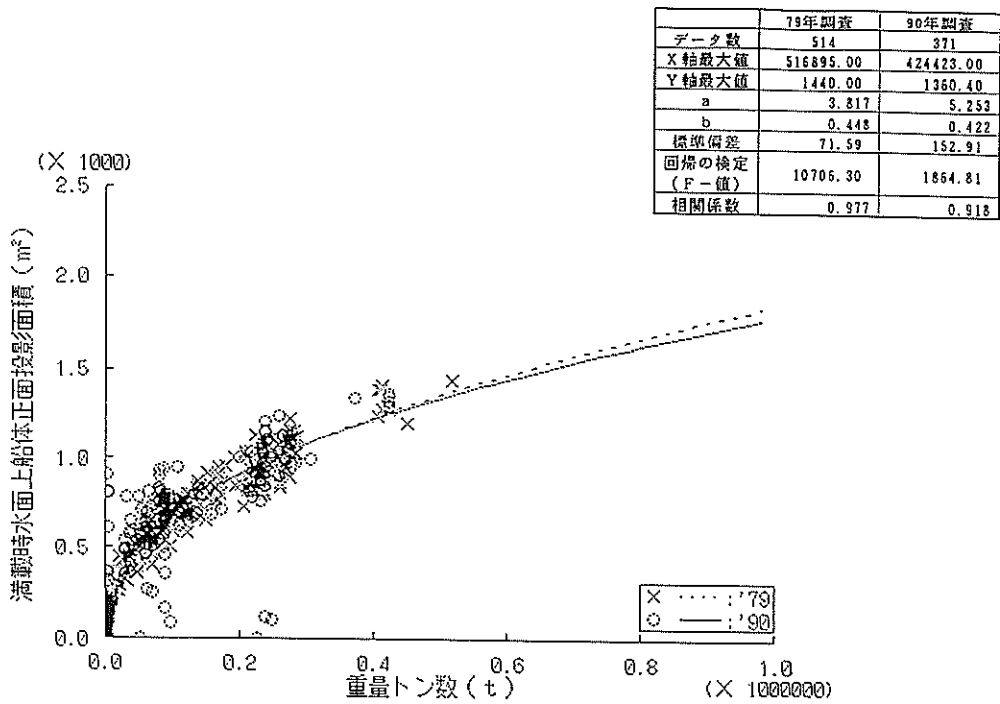


図-4.2 石油タンカー 重量トン数とぎ装数の関係



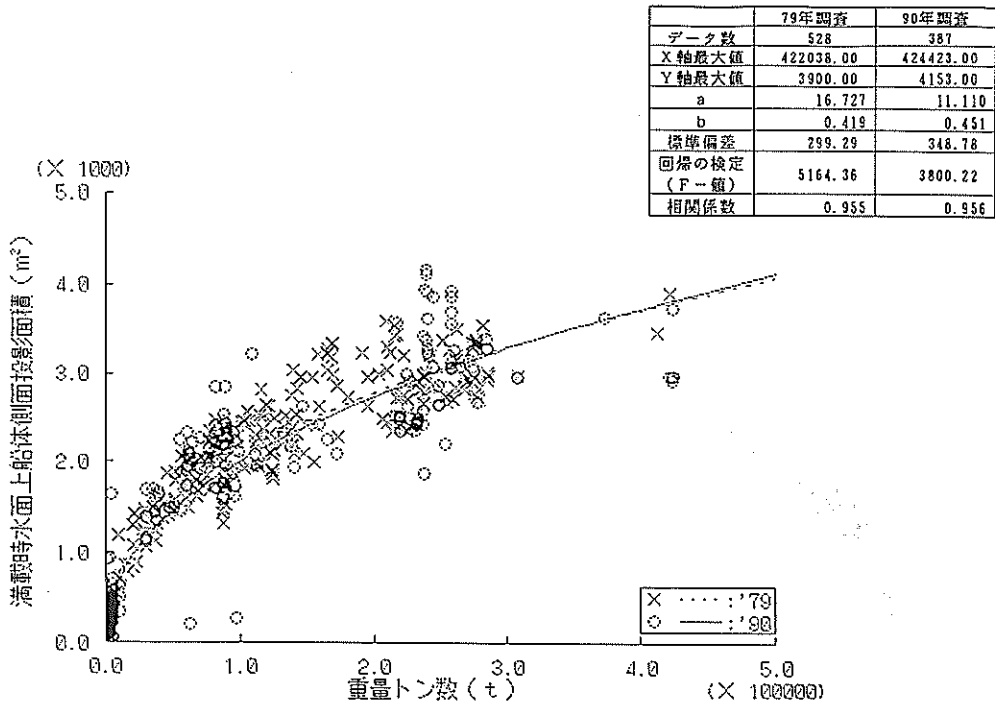


図-4.5 石油タンカー 重量トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

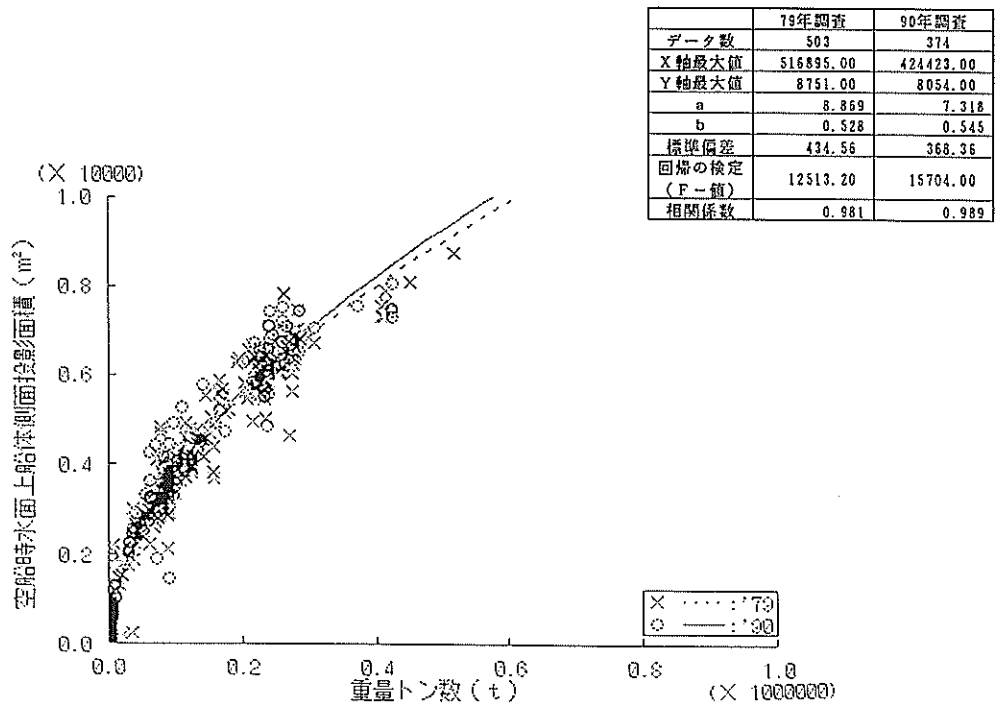


図-4.6 石油タンカー 重量トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	519	392
X軸最大値	516895.00	424423.00
Y軸最大値	10080.00	8355.00
a	3.038	2.416
b	0.616	0.632
標準偏差	115.95	202.39
回帰の検定 (F-値)	200141.00	56514.60
相関係数	0.999	0.997

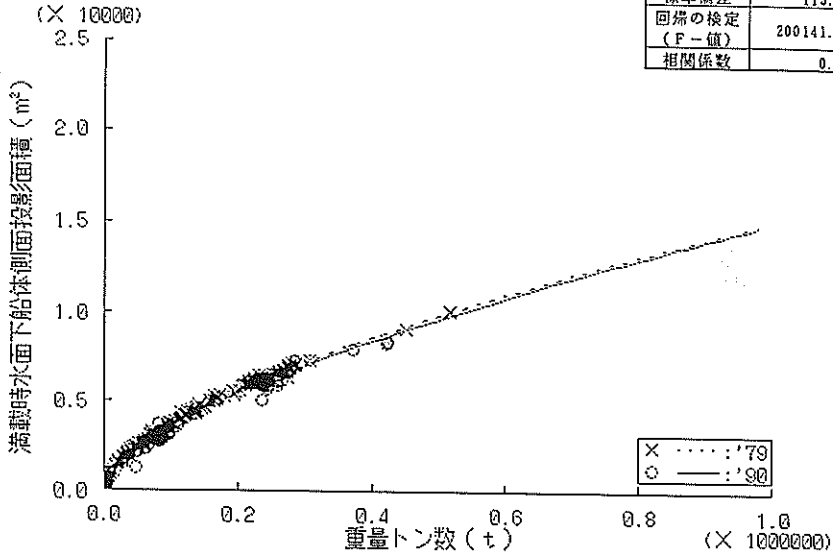


図-4.7 石油タンカー 重量トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	503	380
X軸最大値	516895.00	424423.00
Y軸最大値	5159.00	4025.00
a	3.438	1.539
b	0.546	0.605
標準偏差	279.89	252.23
回帰の検定 (F-値)	7313.43	6903.81
相関係数	0.968	0.973

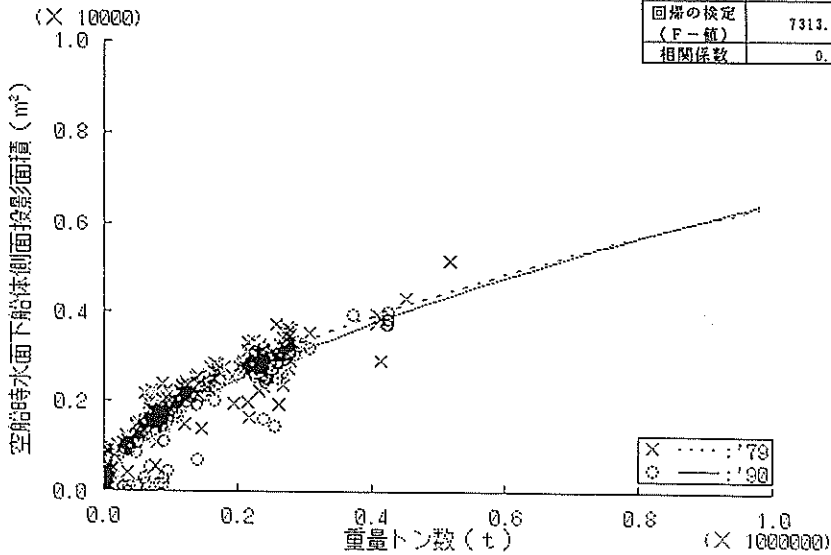
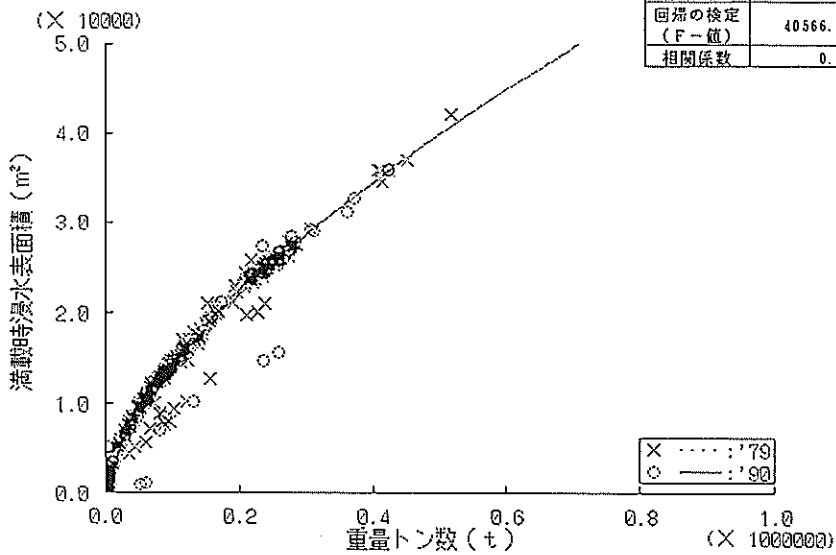
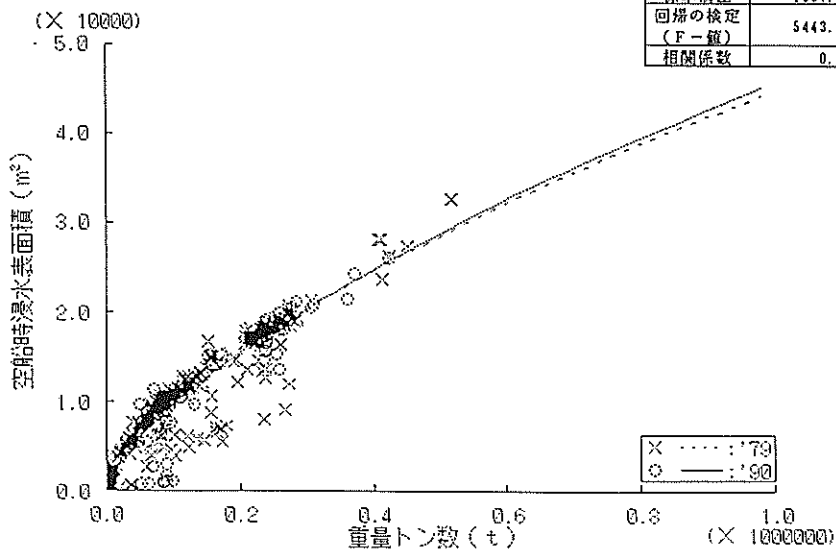


図-4.8 石油タンカー 重量トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	502	388
X軸最大値	516895.00	424423.00
Y軸最大値	42230.00	36096.00
a	7.919	7.579
b	0.650	0.653
標準偏差	1025.61	1186.25
回帰の検定 (F-値)	40566.00	26877.60
相関係数	0.994	0.993

図-4.9 石油タンカー 重量トン数と満載時浸水表面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	494	374
X軸最大値	516895.00	424423.00
Y軸最大値	32389.00	25008.00
a	5.135	4.373
b	0.657	0.670
標準偏差	1957.46	1355.75
回帰の検定 (F-値)	5443.82	8977.88
相関係数	0.957	0.980

図-4.10 石油タンカー 重量トン数と空船時浸水表面積の関係

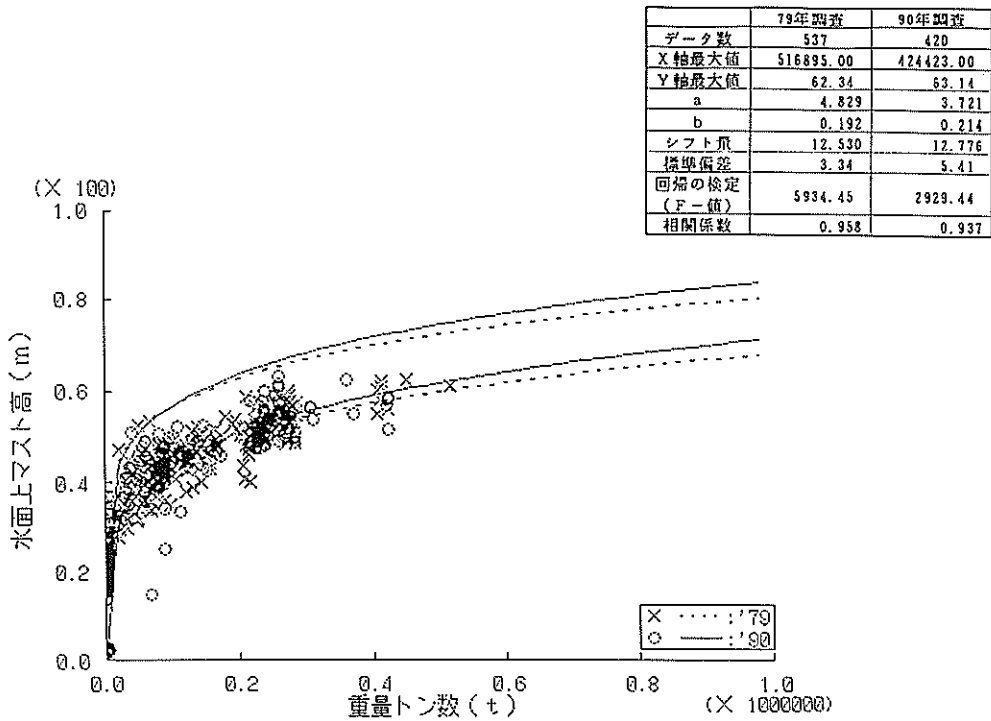


図-4.11 石油タンカー 重量トン数と水面上マスト高の関係

(5) フルコンテナ船

1960年代の半ばから始まった貨物のコンテナ輸送はその後も着実に伸び続け、現在では世界の定期船部門を支配するに至っている。

このようなコンテナ輸送の発達に伴ってコンテナ船の大型化も確実に進展してきた。1960年代には最大で1,500 TEU 積程度であったが、1970年代の終わりには2,500 TEU 積、そして1980年代には3,300 TEU 積まで大型化した。しかしながらコンテナ船の場合には石油タンカー、撤積運搬船と異なり、パナマ運河通行制限が大きく影響し、いわゆるパナマックスサイズが事実上の上限となっていた⁶⁾。世界の主要ターミナルのコンテナクレーンの能力もこのパナマックスサイズをベースに設計されてきた。ところが1980年代の終わりには4,000TEUを越えるいわゆるオーバーパナマックスサイズのコンテナ船が登場した。このような状況に対応するため、オーバーパナマックス船対応のコンテナクレーンも世界の主要港湾に設置されるようになり(1989年現在40港)、今後海陸空複合輸送が進展するにつれてこの種の大型船が増加することが予想される。

コンテナ船は定時性等のサービス面からスピードも要求されるため、一般に細長型の中速船型となっている。

図-5.1~5.11より、今回と前回の調査結果を比較すれば以下の傾向の変化が考えられる。

まずコンテナ船の大きさに関しては今回調査分は4万~6万DWTの部分で前回調査分より多くなっており、コンテナ船の大型化の進展が読み取れる。

マスト高以外の各調査項目については全般的に今回調査分の方が前回調査分よりも下側に位置する傾向にある。これは同じ大きさの船体でもデッキ上のコンテナ積載段数の増加、船倉内の構造の改良等により、より多くのコンテナの積載を可能にする技術の進展があったことによるものと考えられる。

回帰曲線の指数bは満載排水トン数については0.89と他よりやや小さく、ぎ装数、投影面積、浸水表面積およびマスト高についてはそれぞれ0.49、0.52、0.64、0.22程度となっている。

またマスト高に関しては一定の上限値のようなものが存在する傾向がみられる。

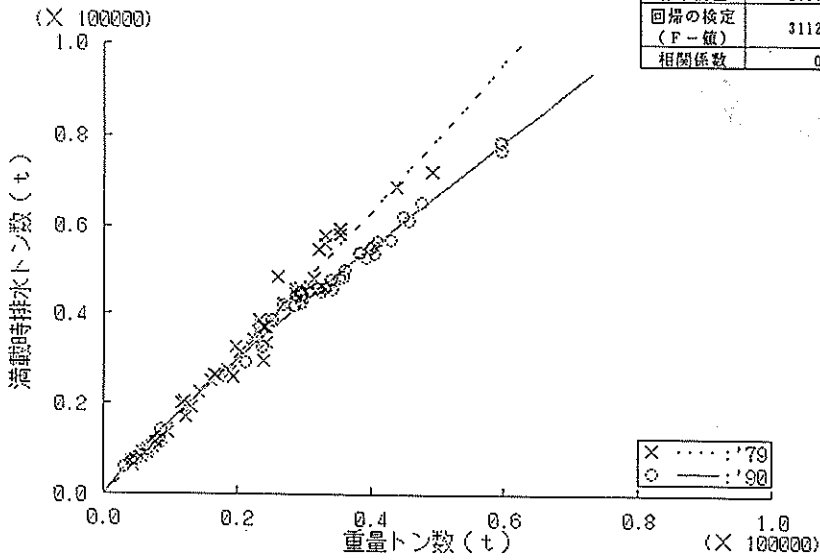
回帰曲線の周りでの分散による統計的検定の結果では

(有意水準0.10), 満載時浸水表面積以外のすべての項目について前回の調査結果との間に有意な差が見られる。

以上よりコンテナ船に関しては近年の傾向として大型化, 積載重量の増加といった技術の進展が挙げられ, 船

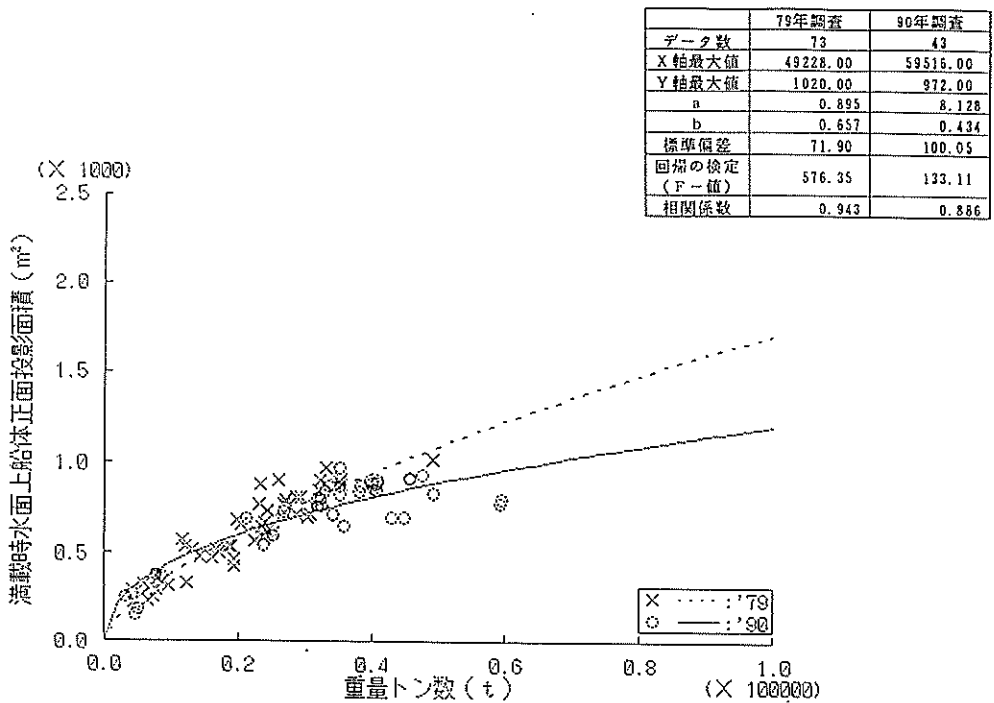
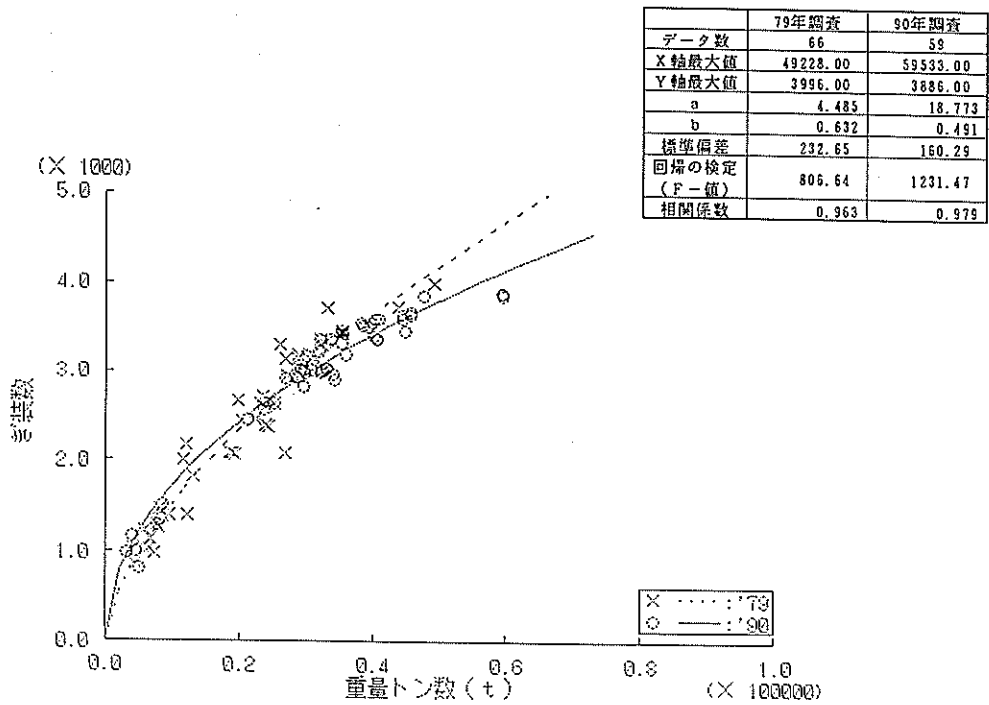
型の変化が進行している。

なおコンテナ船の場合にはデッキ上にも全幅に渡って数段コンテナが積まれるため, 風荷重を計算する場合にはこれらのコンテナの受圧面積も考慮する必要がある。



	79年調査	90年調査
データ数	76	58
X軸最大値	49228.00	72206.00
Y軸最大値	59533.00	78724.00
a	1.092	4.615
b	1.035	0.886
標準偏差	2589.53	1428.87
回帰の検定 (F-値)	3112.34	10020.90
相関係数	0.988	0.997

図-5.1 フルコンテナ船 重量トン数と満載時排水トン数の関係



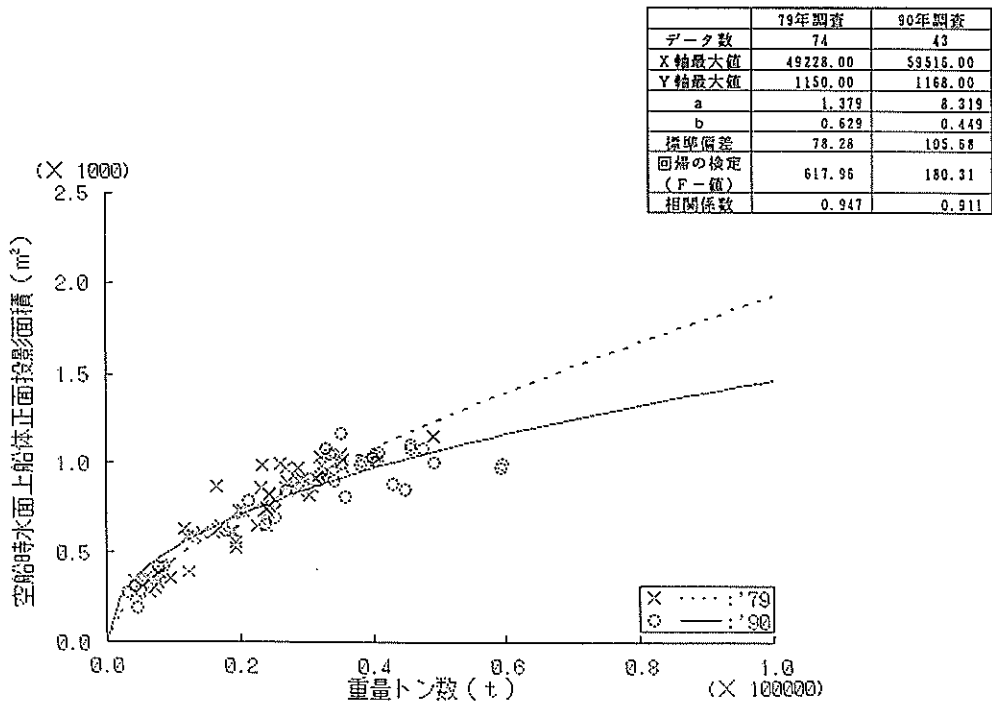


図-5.4 フルコンテナ船 重量トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

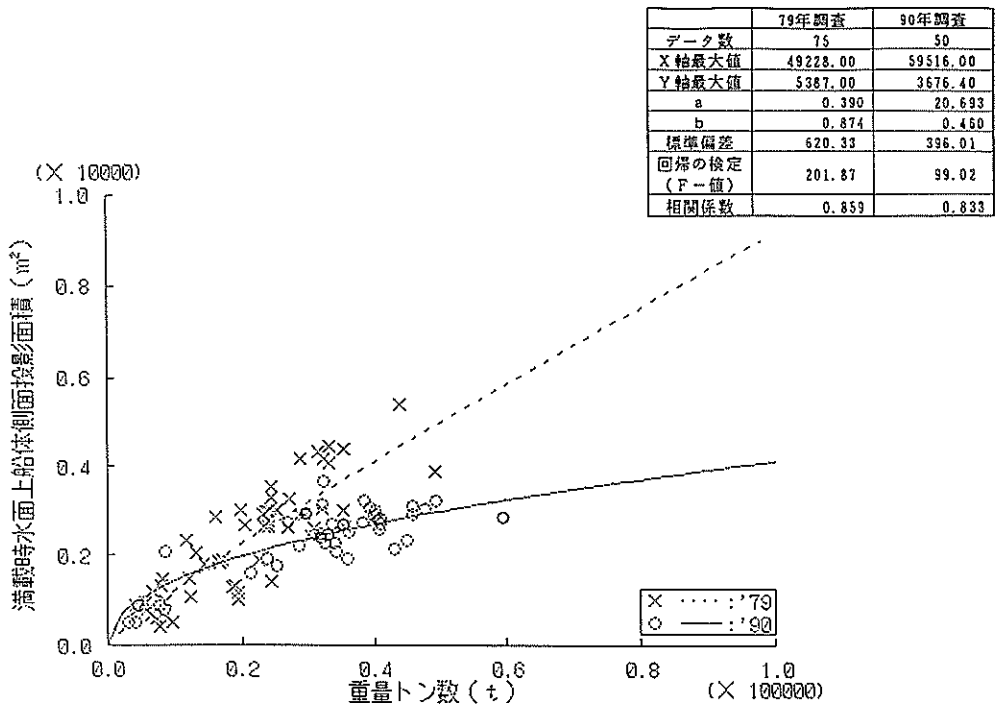


図-5.5 フルコンテナ船 重量トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

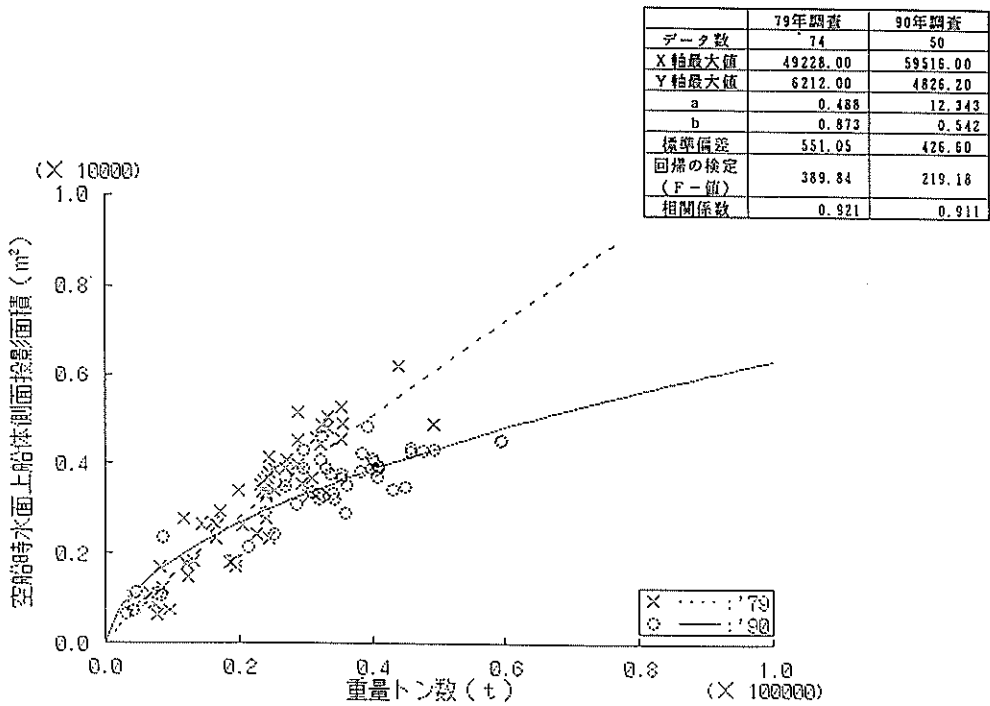


図-5.6 フルコンテナ船 重量トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

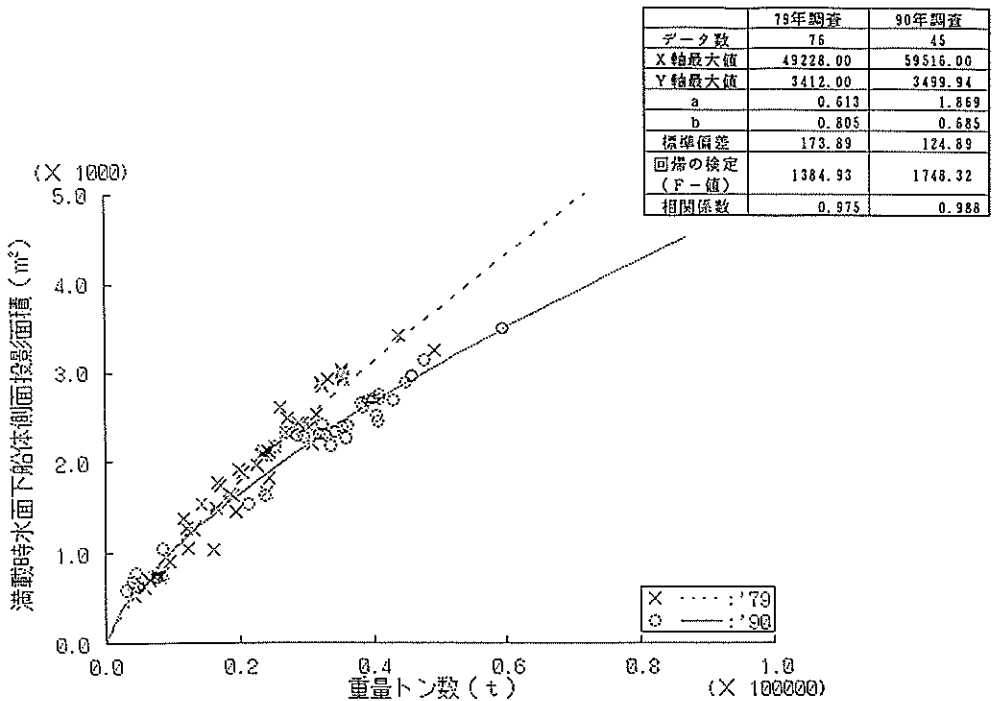


図-5.7 フルコンテナ船 重量トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

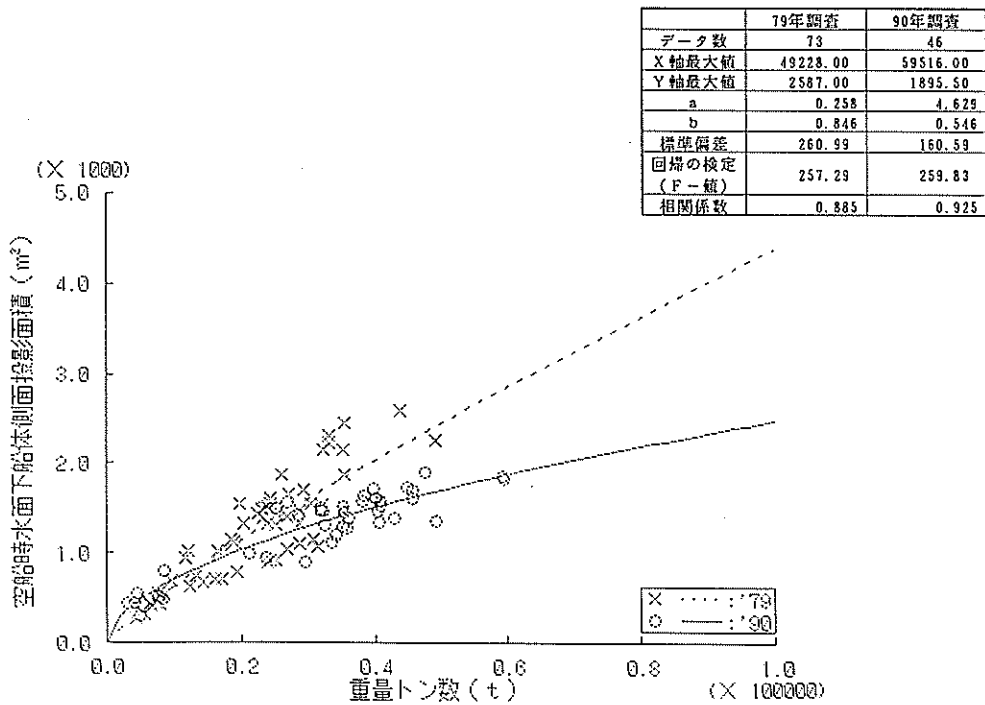


図-5.8 フルコンテナ船 重量トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

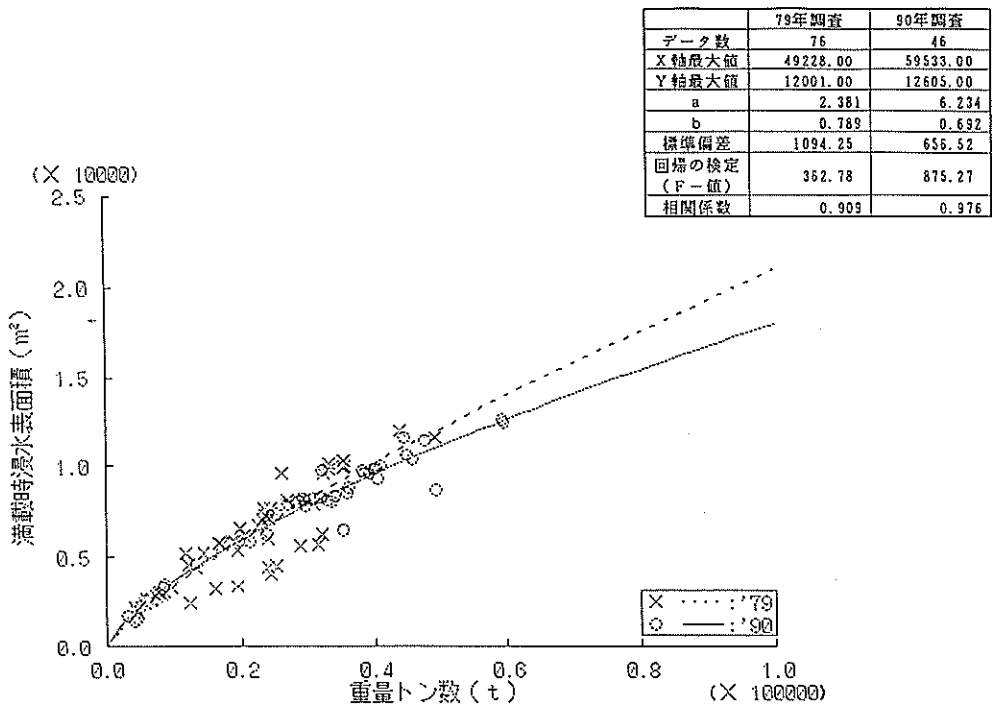
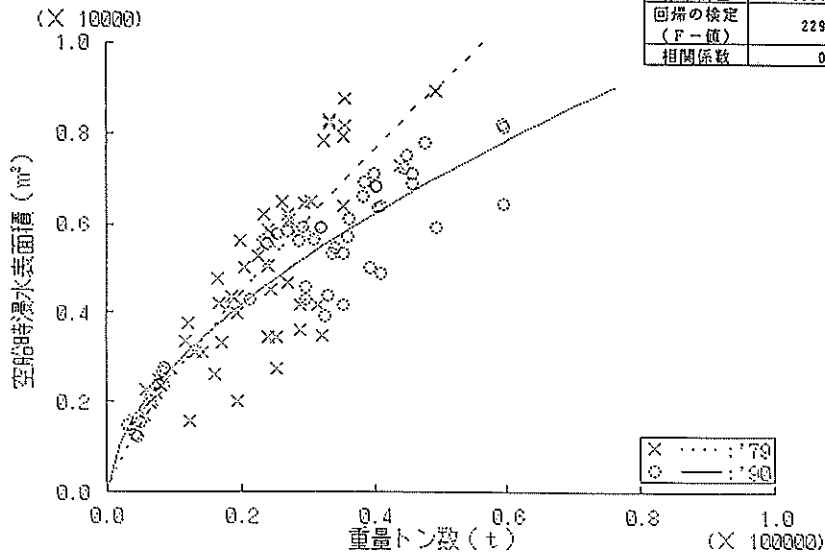
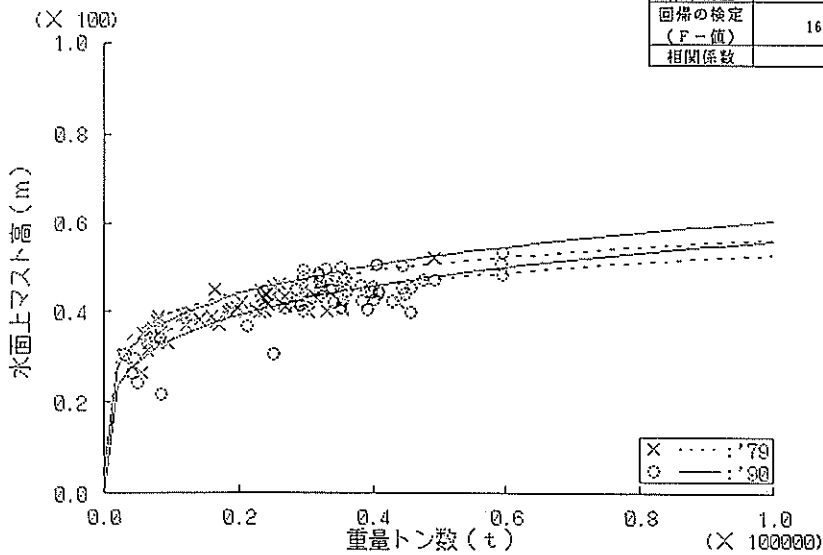


図-5.9 フルコンテナ船 重量トン数と満載時浸水表面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	74	49
X軸最大値	49228.00	59533.00
Y軸最大値	8940.00	8214.00
a	1.906	13.701
b	0.783	0.578
標準偏差	1034.53	757.91
回帰の検定 (F-値)	229.25	226.15
相関係数	0.869	0.912

図-5.10 フルコンテナ船 重量トン数と空船時浸水表面積の関係



	79年調査	90年調査
データ数	73	57
X軸最大値	49228.00	59533.00
Y軸最大値	51.93	53.40
a	7.840	4.268
b	0.166	0.224
シフト量	3.568	4.642
標準偏差	2.41	3.73
回帰の検定 (F-値)	169.64	128.13
相関係数	0.841	0.837

図-5.11 フルコンテナ船 重量トン数と水面上マスト高の関係

(6) 撤積運搬船

撤積運搬船としては種々の船種が考えられるが、その定義は必ずしも明確なものではない。広義には撤積貨物 (bulk cargo) を輸送することを目的とする船型をすべて含むものと解釈されていたり、また狭義には専用撤積船を除いた多目的撤積船を指すこともある。今回の調査では前者の考えを採用している。すなわち専用撤積船と多目的撤積船の総称として用いられている。

また撤積運搬船が扱う撤積貨物は一般的には固体バルクであり、石油、液化ガス等の液体バルクは含まれない。

なお狭義の撤積運搬船、すなわち多目的撤積船の場合には載貨重量トンを目安としてハンディーサイズ (一般に18,000~50,000DWT) とパナマ運河を通航できる最大船型という意味から発生したパナマックスサイズ (一般に50,000~70,000DWT) に大別され、前者は通常デリック等の荷役装置を備えているのに対して、後者には装備されていない。

撤積運搬船の構造的な特徴は撤積貨物の荷崩れを最小限に押さえたりバラストタンクを確保するためにトップサイドタンクやビルジホップタンクを有していることである。また比重の重い撤積貨物を扱う船舶では重心を上げて横ゆれを緩和するために船倉の底が高くなっている。

撤積貨物船の時代的な変化としては全ての船種の大型

化、特定の貨物だけを輸送する専用化の進展、輸送の多角化、不況対策としての兼用船・多目的船の出現等が挙げられる。ただしこのうち原油兼用船や自動車兼用船は一時流行したが、最近では専用化の傾向に押されて次第に姿を消しつつある⁷⁾。

図-6.1~6.11より、今回と前回の調査結果の比較は以下の通りである。

まず船舶の大きさに関しては前回の調査では最大でも20万トン以下であったのに対して今回の調査では20万トン以上の船舶が十数隻現れており、撤積船もまだ大型化が進んでいると考えられる。

回帰曲線における指数 b は満載排水トン数、ぎ装数、投影面積、浸水表面積、マスト高についてそれぞれ0.97, 0.50, 0.49, 0.64, 0.21程度であり、投影面積に関する値が他の船種より全般に低い。

またマスト高に関しては一定の上限値のようなものが存在する傾向がみられる。

一方、回帰曲線の周りでの分散による統計的検定の結果 (有意水準0.10)、満載時排水トン数、満載時水面上側面投影面積、空船時浸水表面積以外の項目については前回の結果との間に有意な差が認められる。

以上より撤積運搬船の場合にも、船舶の大型化の傾向が見られ、船型の変化もかなり進行していると考えられる。

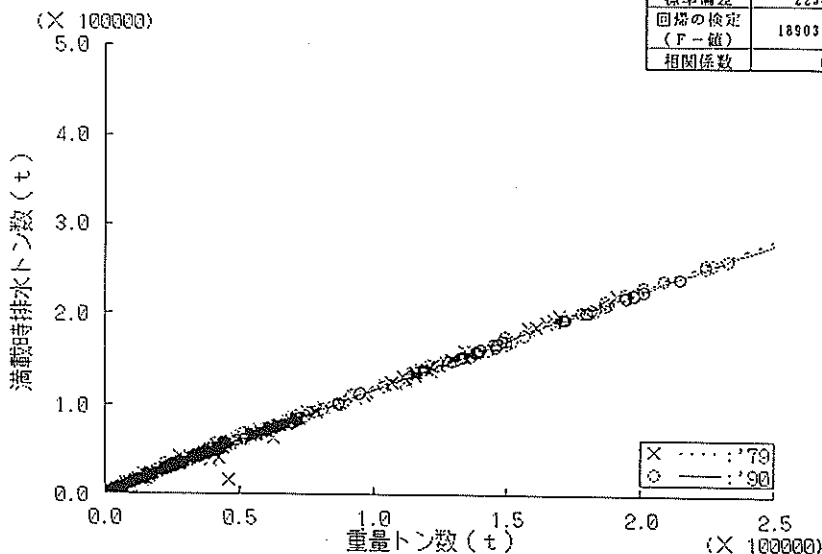


図-6.1 撤積船 重量トン数と満載時排水トン数の関係

	79年調査	90年調査
データ数	370	373
X 軸最大値	191021.00	233016.00
Y 軸最大値	221351.00	259711.00
a	1.863	1.948
b	0.960	0.955
標準偏差	2238.66	1851.28
回帰の検定 (F-値)	189035.00	485852.00
相関係数	0.960	1.000

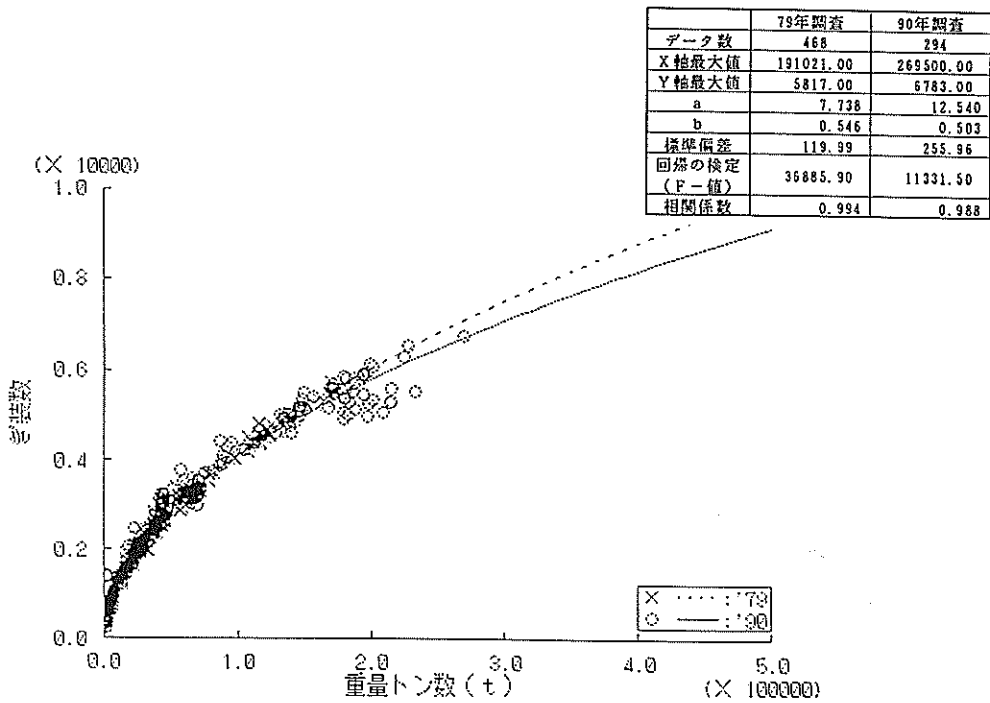


図-6.2 撤積船 重量トン数とぎ装数の関係

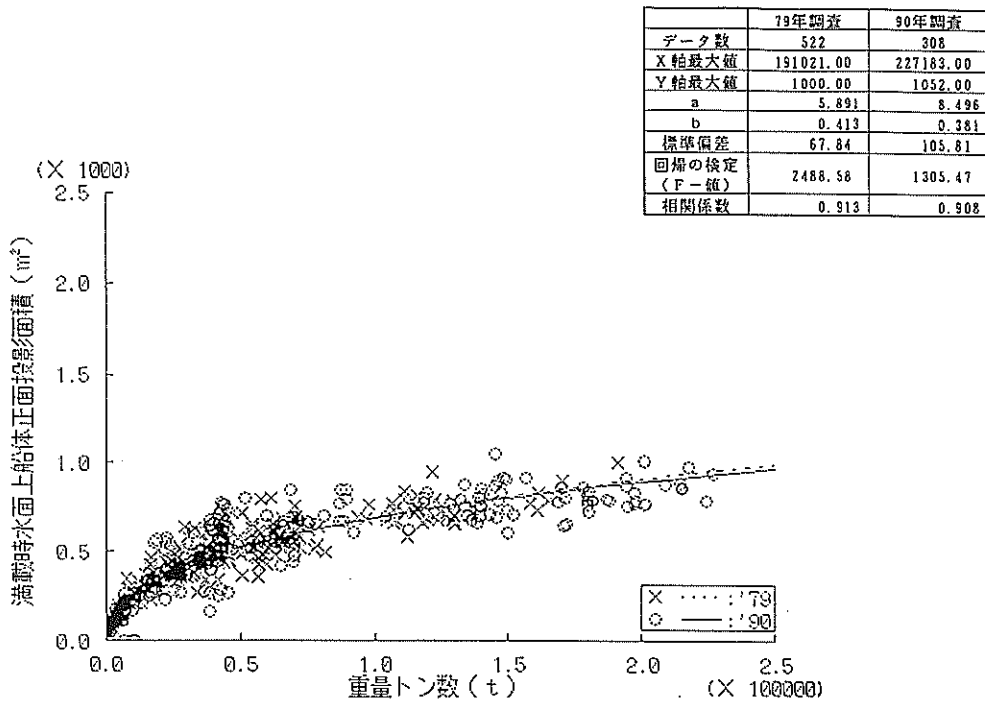


図-6.3 撤積船 重量トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	537	313
X軸最大値	191021.00	227183.00
Y軸最大値	1940.00	1581.00
a	3.718	5.629
b	0.486	0.452
標準偏差	127.42	140.91
回帰の検定 (F-値)	1854.93	2030.03
相関係数	0.881	0.934

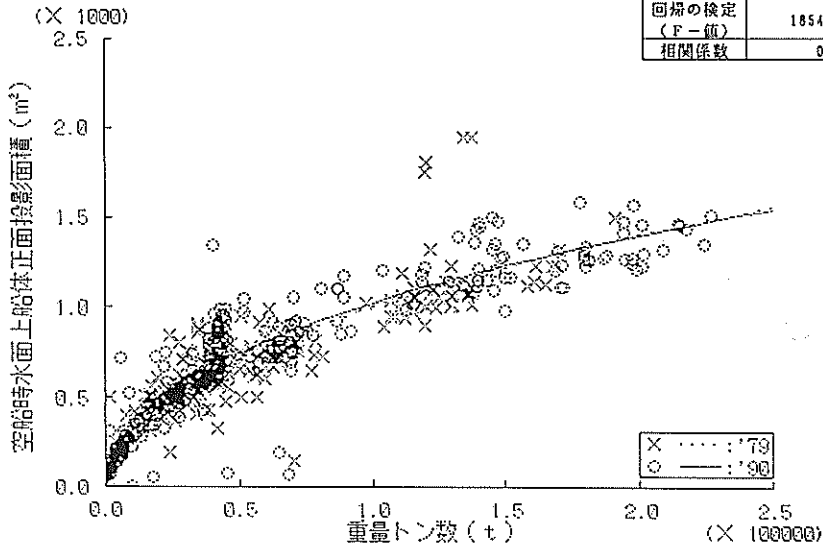


図-6.4 撤積船 重量トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

	79年調査	90年調査
データ数	538	305
X軸最大値	191021.00	227183.00
Y軸最大値	3360.00	3895.00
a	30.972	20.555
b	0.375	0.405
標準偏差	388.53	372.50
回帰の検定 (F-値)	808.43	1160.07
相関係数	0.790	0.897

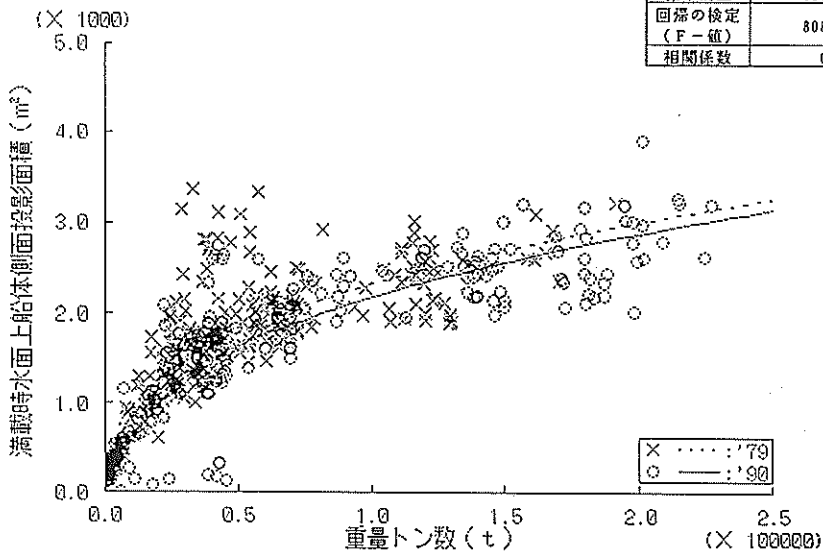


図-6.5 撤積船 重量トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

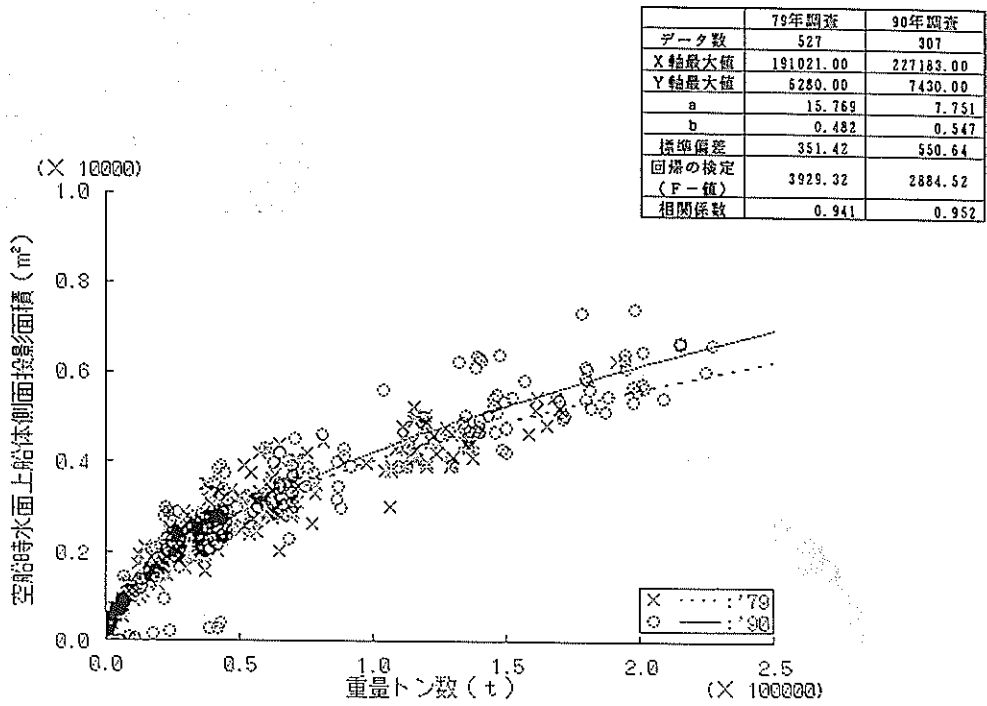


図-6.6 撤積船 重量トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

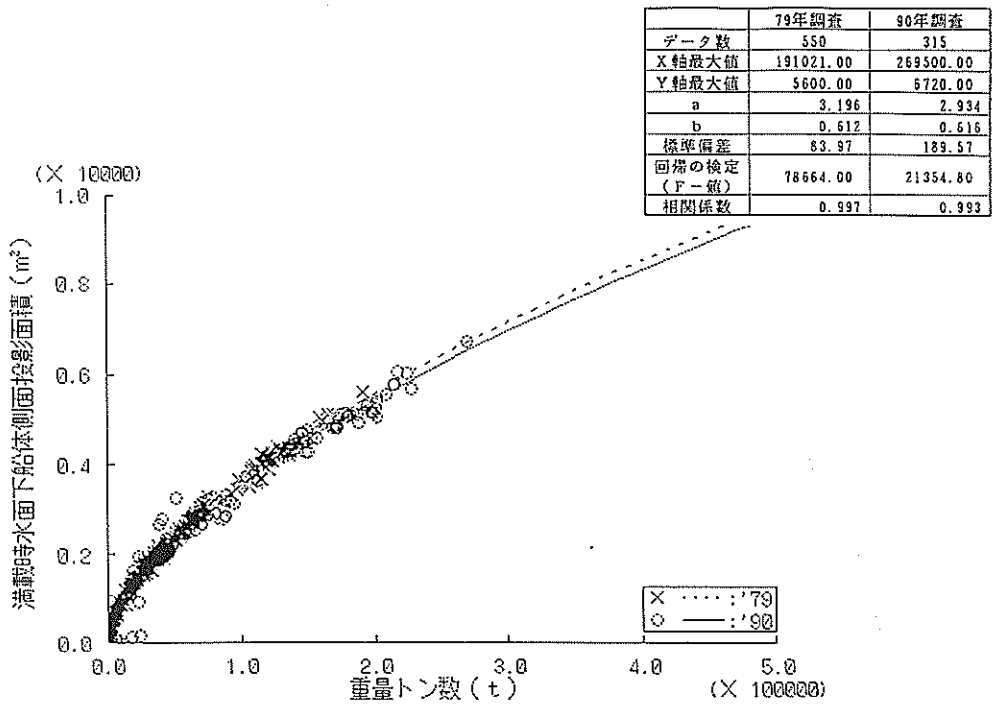


図-6.7 撤積船 重量トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

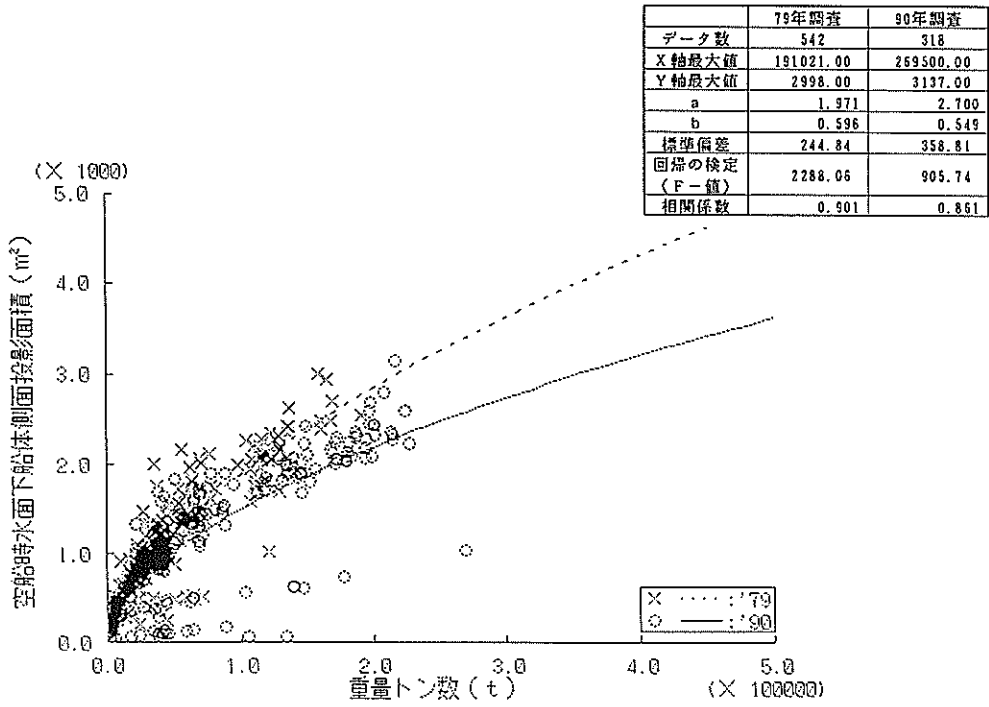


図-6.8 撤積船 重量トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

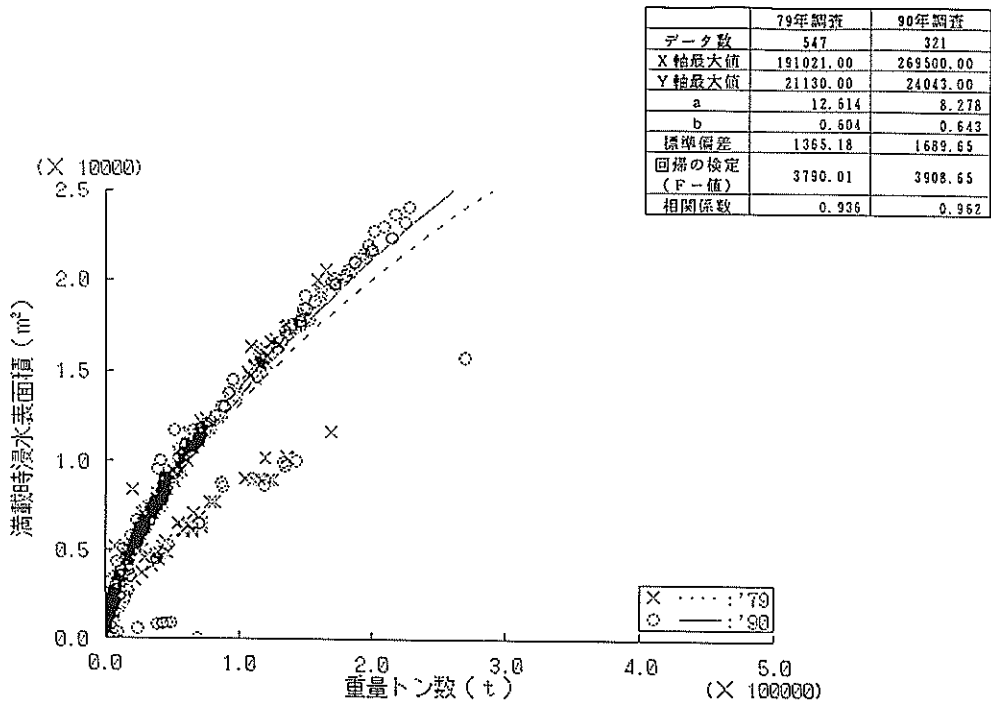


図-6.9 撤積船 重量トン数と満載時浸水表面積の関係

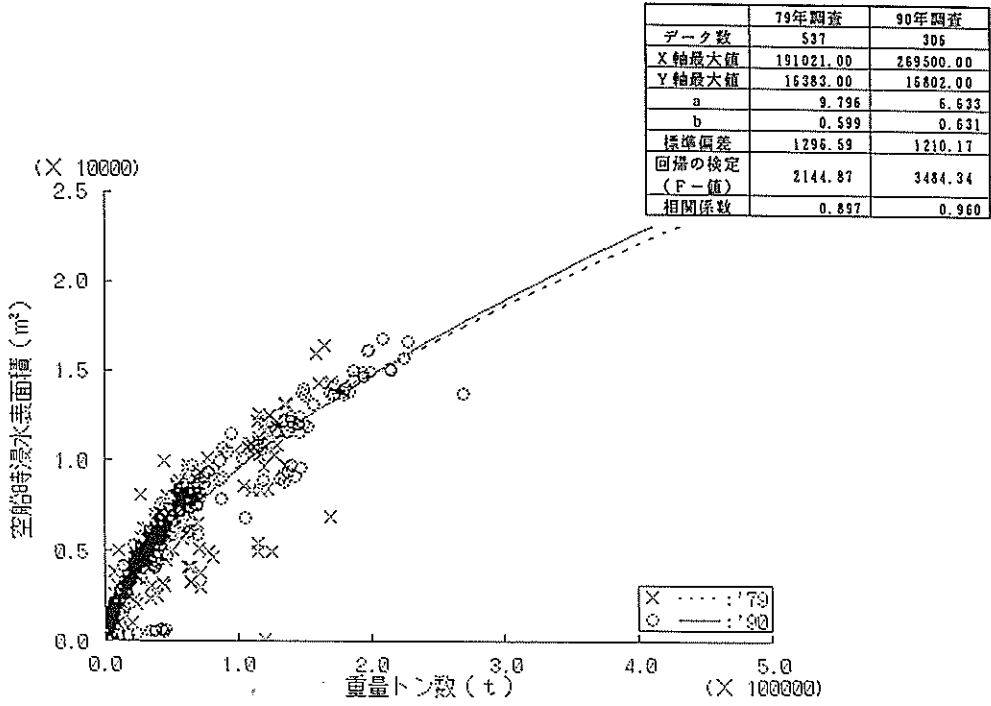


図-6.10 撤積船 重量トン数と空船時浸水表面積の関係

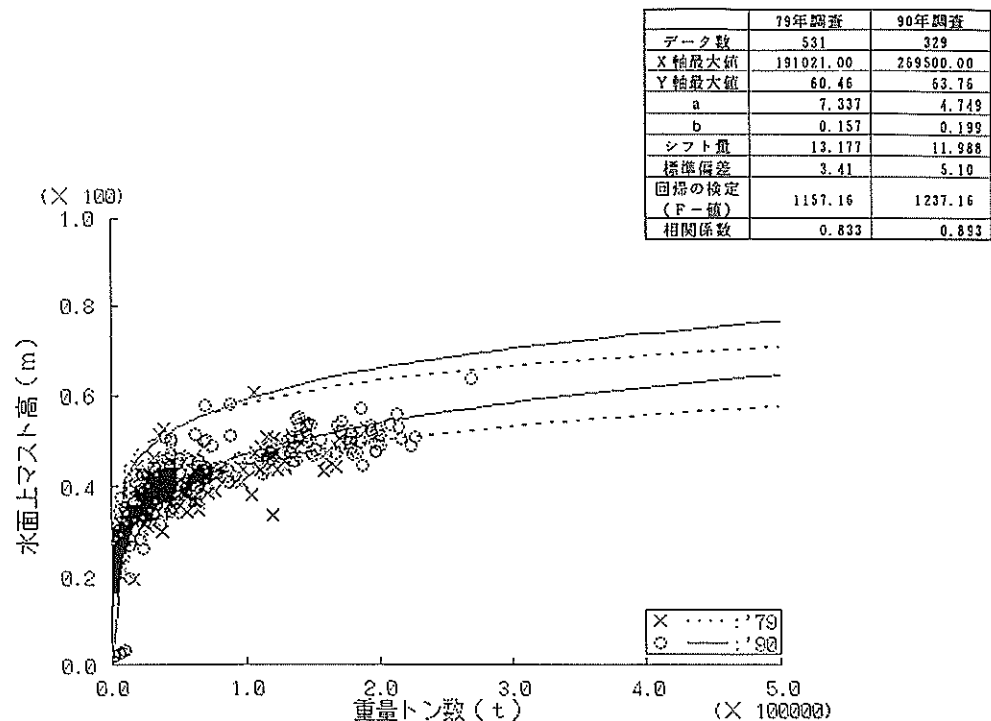


図-6.11 撤積船 重量トン数と水面上マスト高の関係

(7) 液化ガス運搬船

液化ガス運搬船は戦後生まれた比較的新しいタイプの船舶である。

液化ガスは危険物であるため、これを運ぶ船舶に対してIMO (国際海事機関, International Maritime Organization) はガスコード (IMO ガスコード) を設け、適切な設計基準, 構造基準及び火災, 毒性, 腐食性等に対する安全対策を定めている。

LPG 運搬船のうち沿岸航路の小型のものは圧力式が多いが外航の大型船は一般に冷却式である。

冷却式のLPG船もLNG船も船内に大きな冷凍タンクをはめ込んだような構造であるが, 上記の各種IMO基準の達成, 外部との熱収支バランスの調整等高度の技術力を必要とする船舶である。特にLNG船は冷却温度

が低いことなどから, 世界で第一船が完成したのは1959年のことであった。わが国ではLNG船建造技術開発に遅れをとり, 国産第一号は1984年になってやっと就航した。

ガス運搬船は前回の調査では特定されていなかったため, 今回の調査結果についてのみ検討する。今回の調査では2,000トン以下の比較的小型の船舶の割合が多いが, 最大では約10万トンクラスまで含まれている。

データ数はそれほど多くはないが, 回帰曲線の指数bは満載時排水トン数, ぎ装数, 投影面積, 浸水表面積およびマスト高に対してそれぞれ0.92, 0.57, 0.61, 0.58, 0.22程度の値となっている。

今後はさらに総トン数の大きい領域での連続的なデータの蓄積が必要である。

90年調査	
データ数	100
X軸最大値	93815.10
Y軸最大値	114152.00
a	7.150
b	0.850
標準偏差	1012.67
回帰の検定 (F-値)	37583.80
相関係数	0.999

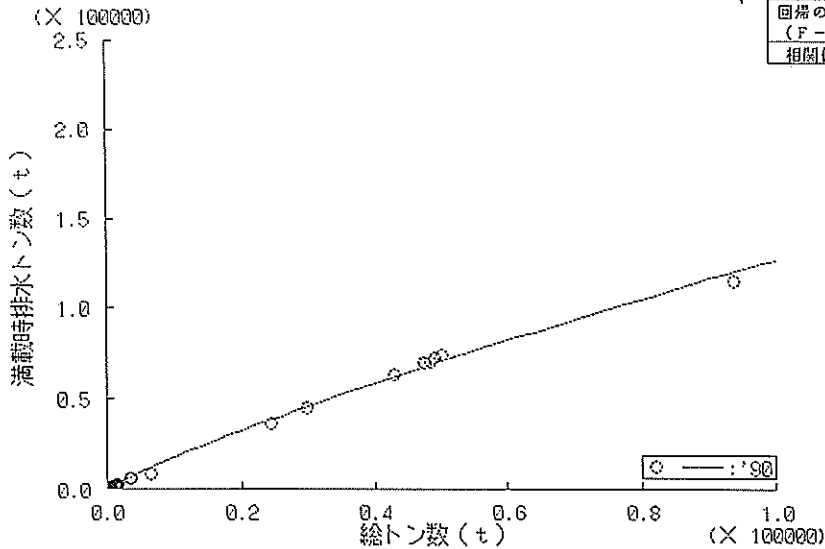


図-7.1 ガス運搬船 総トン数と満載時排水トン数の関係

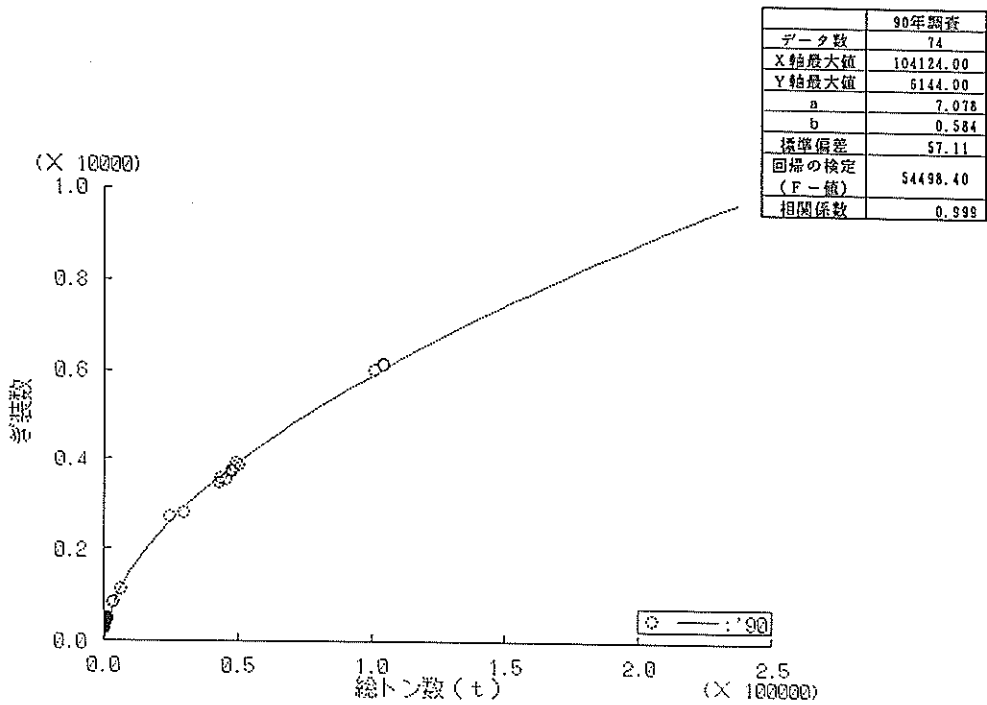


図-7.2 ガス運搬船 総トン数とぎ装数の関係

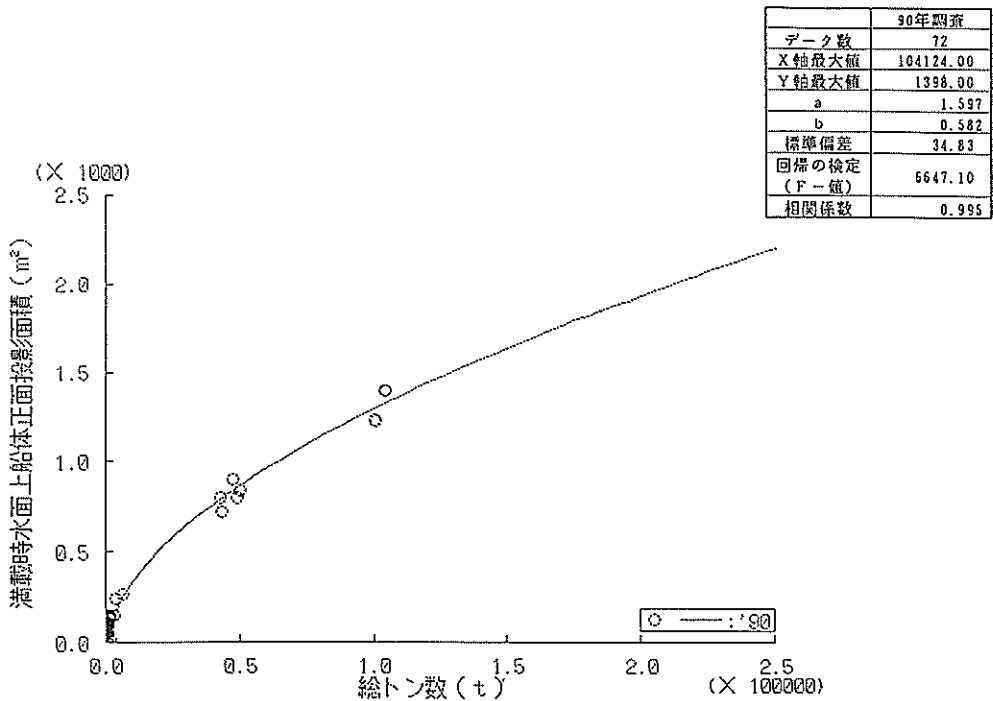


図-7.3 ガス運搬船 総トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係

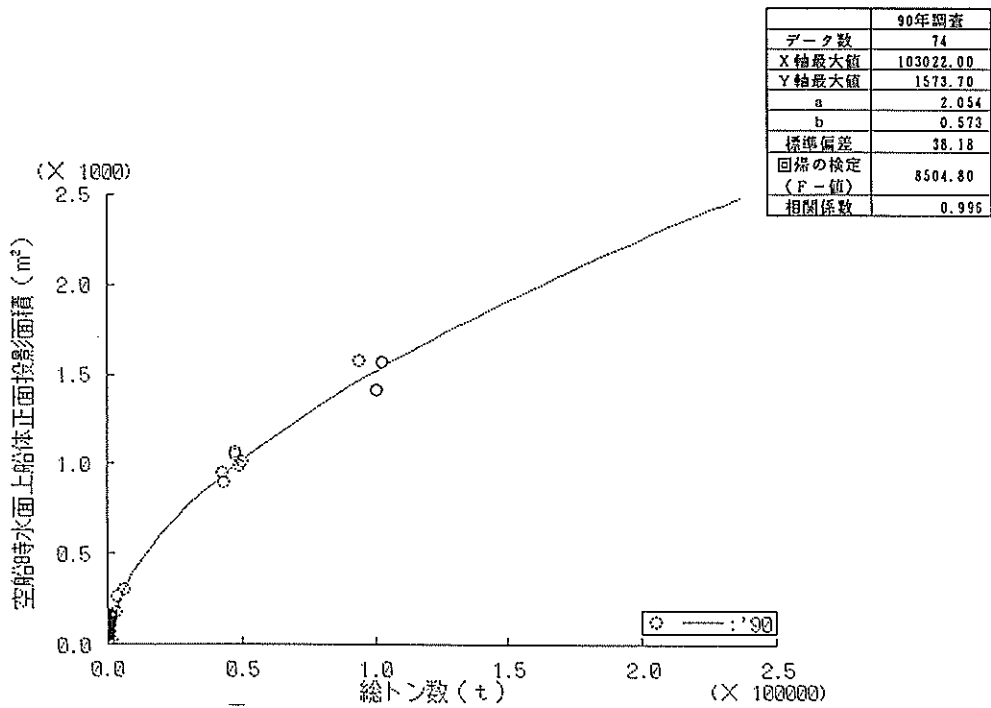


図-7.4 ガス運搬船 総トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

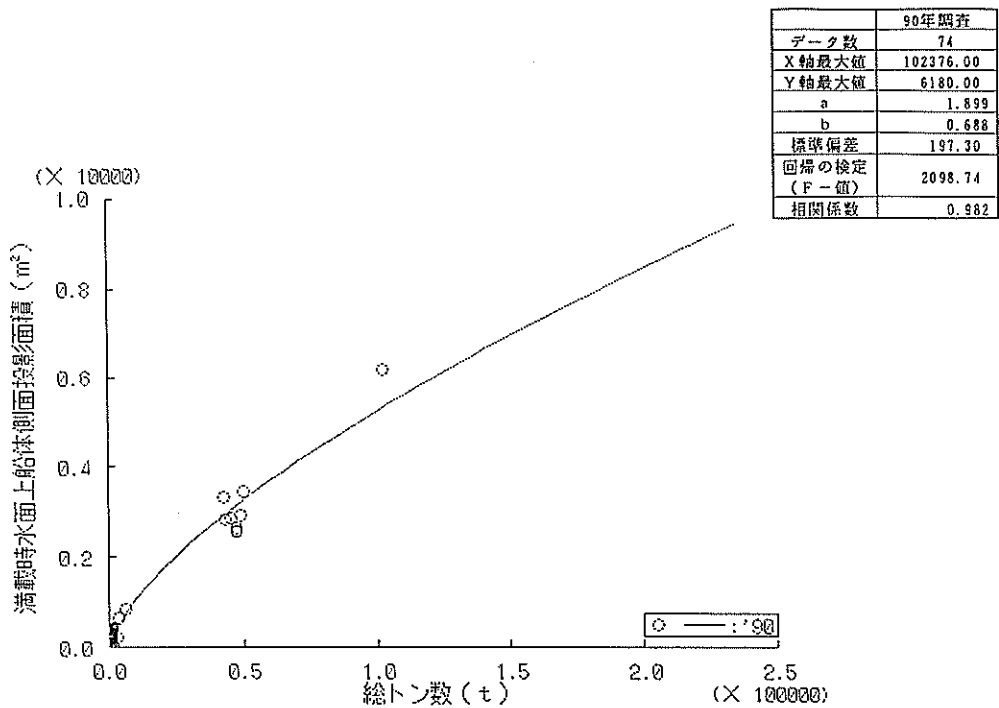


図-7.5 ガス運搬船 総トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係

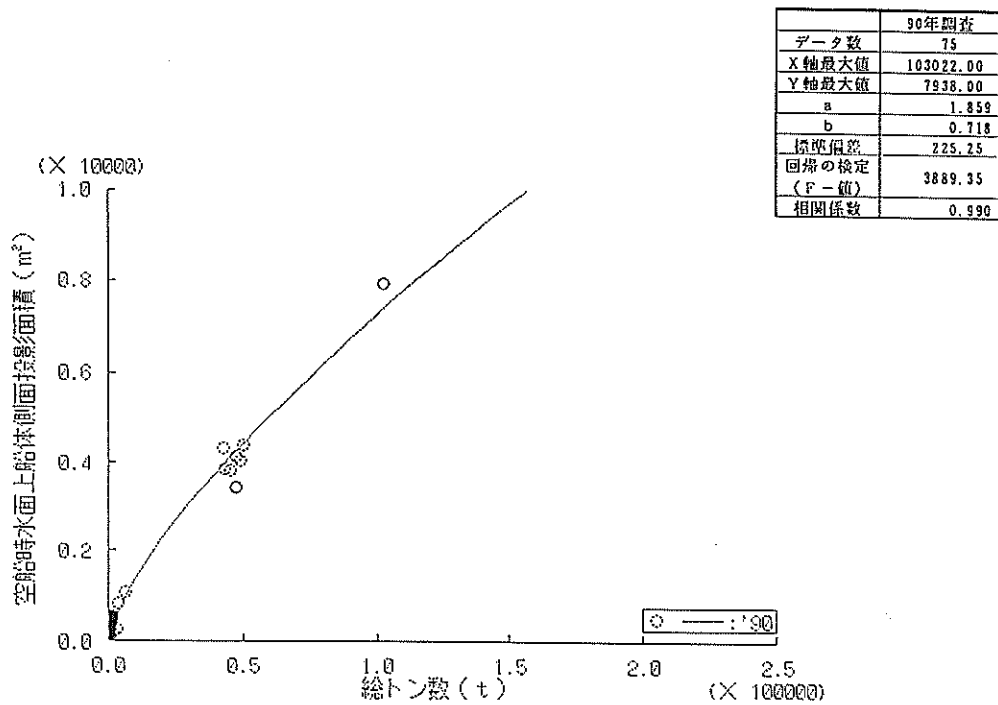


図-7.6 ガス運搬船 総トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係

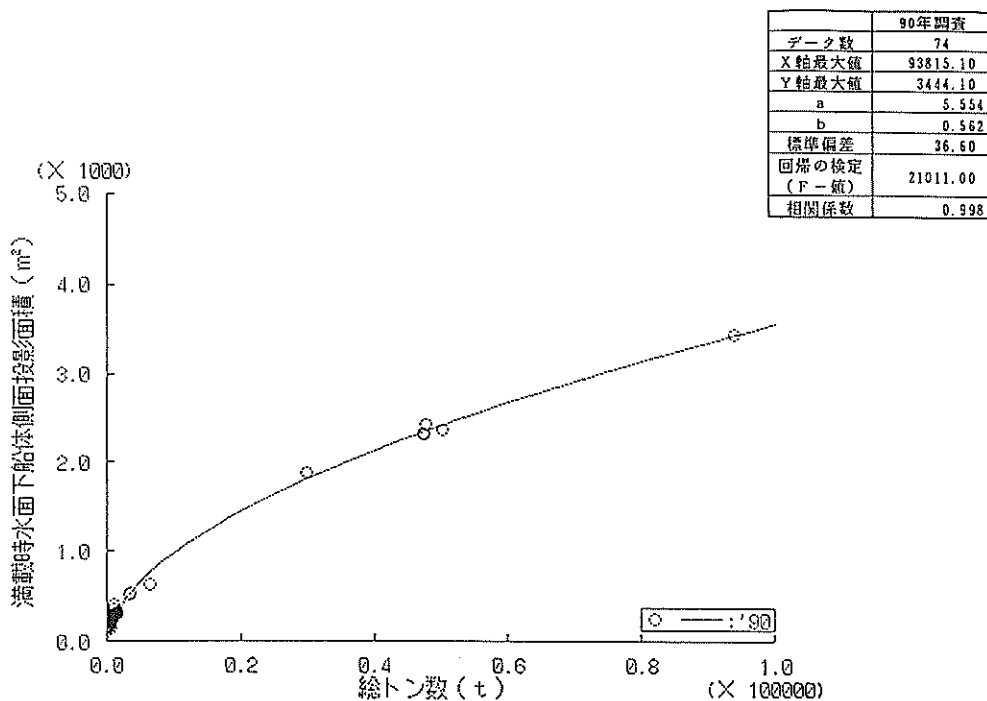


図-7.7 ガス運搬船 総トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

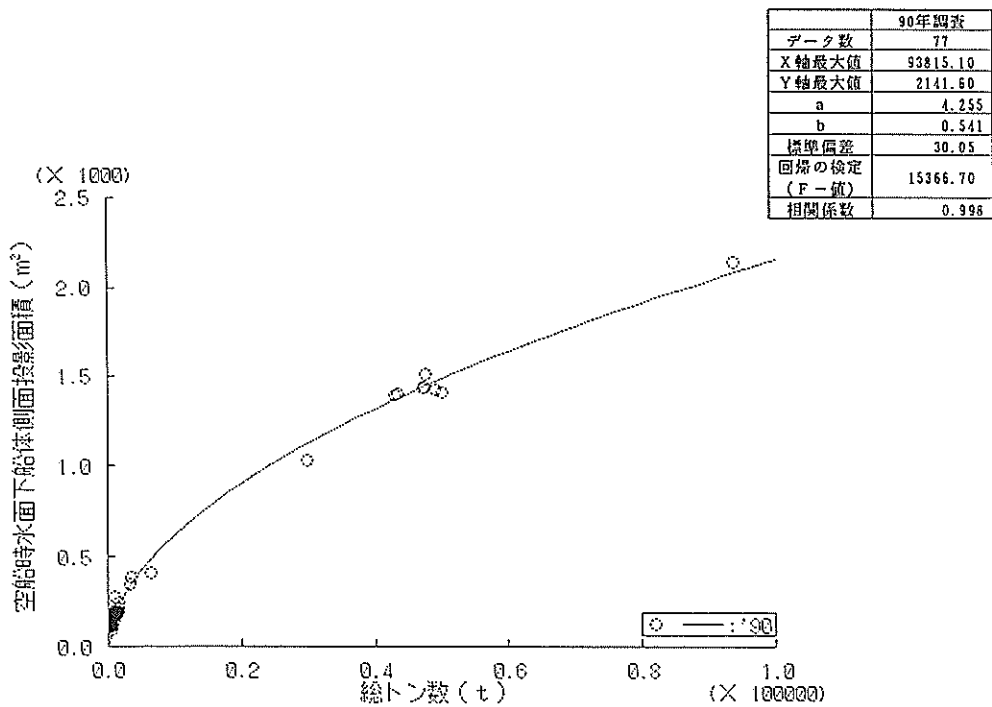


図-7.8 ガス運搬船 総トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

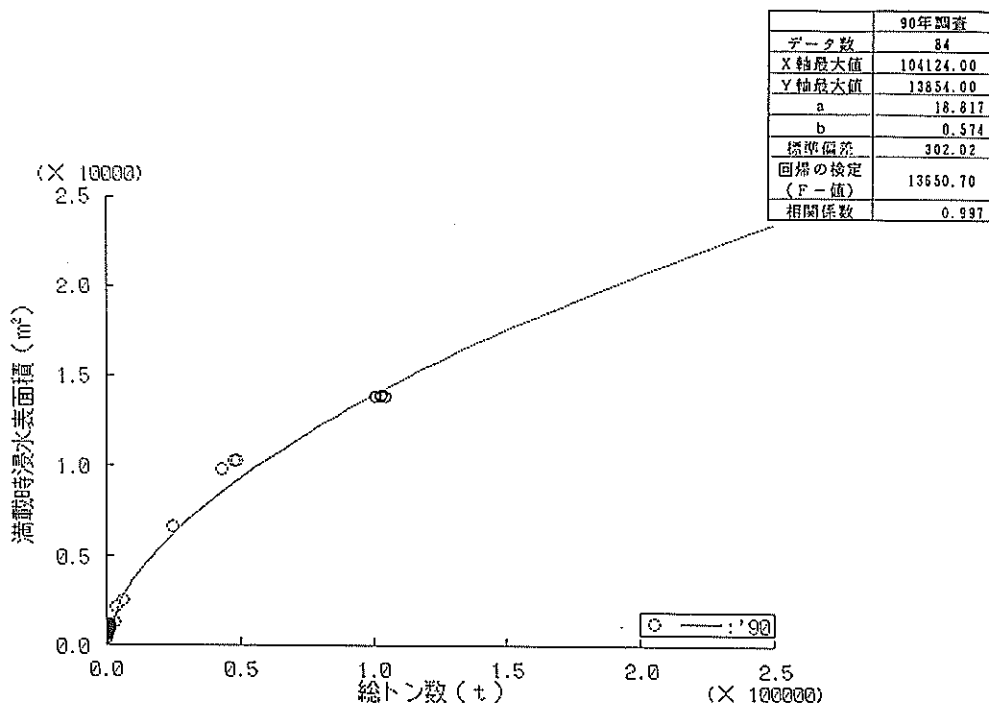


図-7.9 ガス運搬船 総トン数と満載時浸水表面積の関係

90年調査	
データ数	77
X軸最大値	104124.00
Y軸最大値	12168.00
a	11.995
b	0.597
標準偏差	213.07
回帰の検定 (F-値)	14095.00
相関係数	0.987

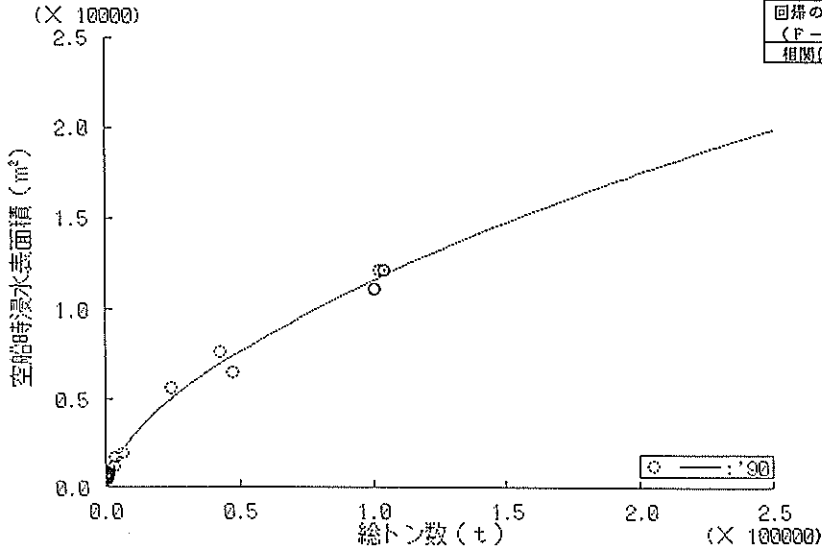


図-7.10 ガス運搬船 総トン数と空船時浸水表面積の関係

90年調査	
データ数	93
X軸最大値	104124.00
Y軸最大値	57.75
a	4.313
b	0.219
シフト量	2.337
標準偏差	1.84
回帰の検定 (F-値)	3396.75
相関係数	0.987

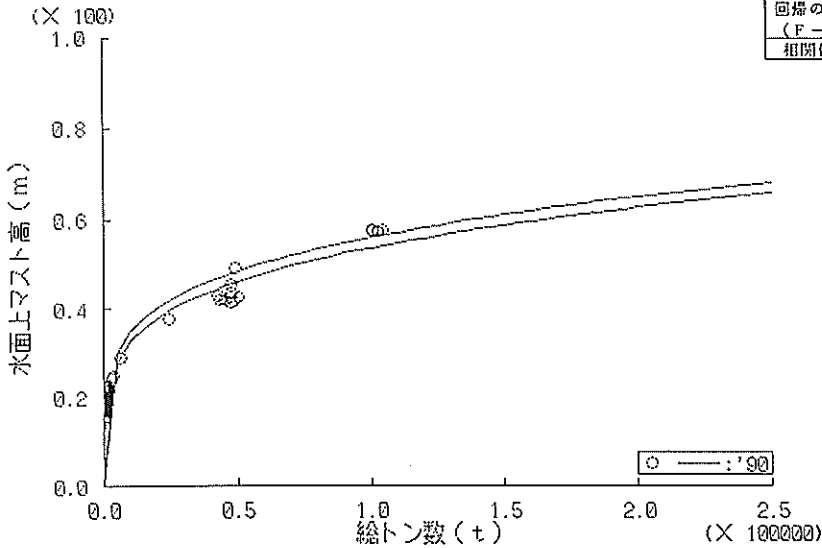


図-7.11 ガス運搬船 総トン数と水面上マスト高の関係

(8) 自動車専用船

自動車専用船は1970年に初めて登場した比較的新しいタイプの船種である。1975年以降の自動車輸送量の増大にともなって建造も相次ぎ、また大型化も進展した。

自動車専用船は大きな箱を船舶に乗せたような独特の形状をしており、水面上の部分の割合が他の船種に比べると大きい。

自動車専用船の大型化は寄港地の港湾事情により長さ方向ではなく、幅や深さの増大によってなされてきたため、船型としては比較的ずんぐりとした特徴となっている。また最近では積載台数の増加のため、船首部の甲板上也囲って積載場所とようになってきたため、一層この傾向が強い。

今回の調査結果は図-8.1~8.11に示すとおりであるが、これらのデータは国内での使用を目的とした船舶に関するものである。

まず船型に関しては着実に大型化しており、1980年代には2万~3万総トンクラスの自動車専用船が相当数建造された。3万トンクラスの自動車専用船の自動車積載台数は6,000台余りにも及ぶ。ここで注意すべきは自動車専用船の総トン数の表示方法である。今回の分析には前述のように輸出船は含まれていないが、1982年の船舶の

測度法の改定に従えば、国内船と外航船では同じ船舶でも総トン数の値が異なる場合がある。今回調査した2~3万総トンクラスの自動車専用船の構造では、国内総トン数と国際総トン数の比は2以上になる。自動車専用船は輸出船も相当数建造されており、内外の自動車専用船を比較する場合にはこの点に十分注意する必要がある。今回の調査項目と総トン数の関係の傾向は総じて他の船種と比較するとバラツキが多く、相関係数も低下している。特にマスト高に関する相関係数は0.608と極端に低い。

回帰曲線の指数bは満載排水トン数の場合には0.64となっており、他の船種と大きく異なっている。その他のbはぎ装敷、投影面積、浸水表面積、マスト高についてそれぞれ0.5、0.5、0.48、0.21となっており、他の船種と大きな差はない。

マスト高に関してはバラツキは相当大きい総トン数の増加に対して横ばい状態となる傾向も見られるようである。

以上より自動車専用船の場合にも大型化が進展しており、さらに船型の変遷が今後も続くものと予想されるため、引続き外国船のデータの収集するなどしてデータの集積を図っていく必要がある。

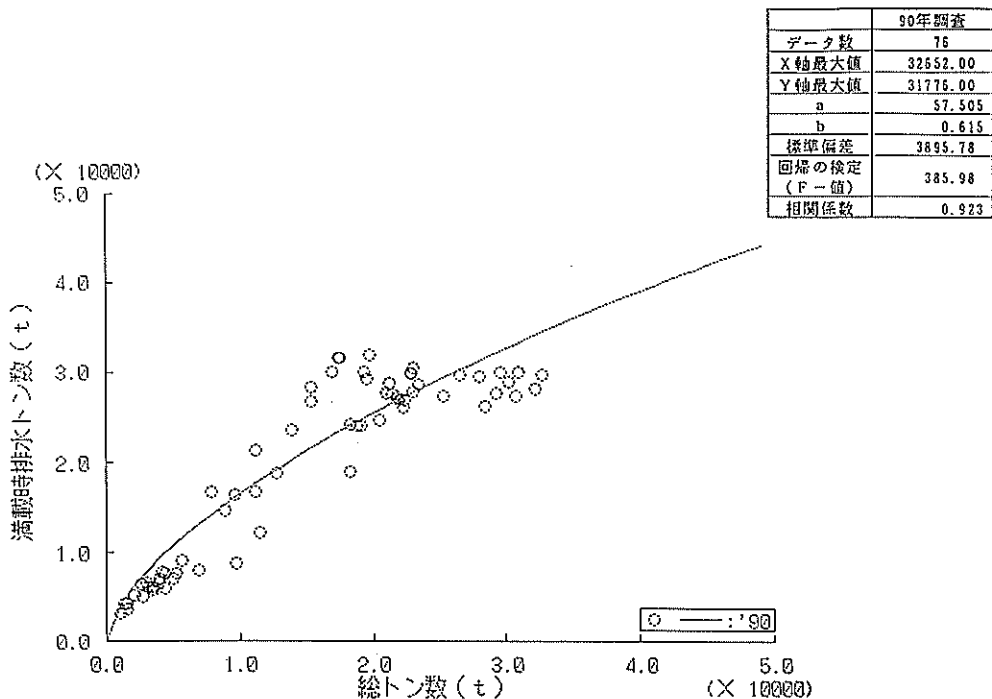
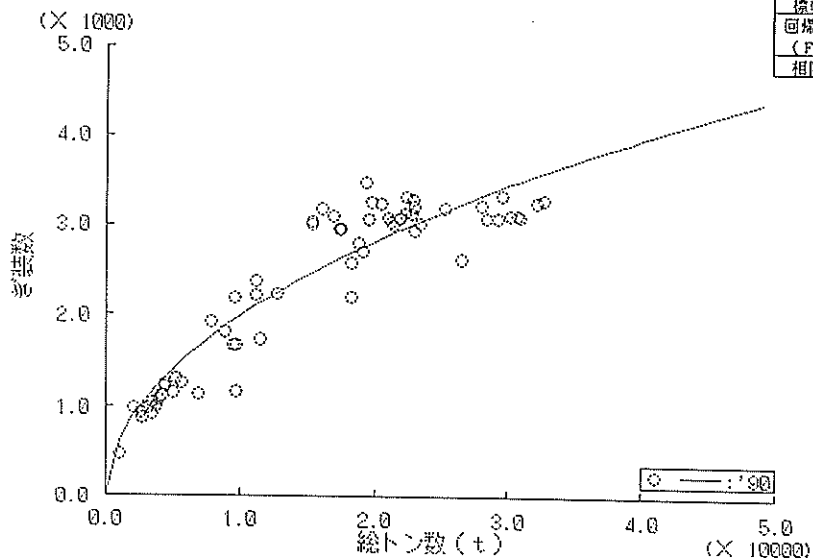
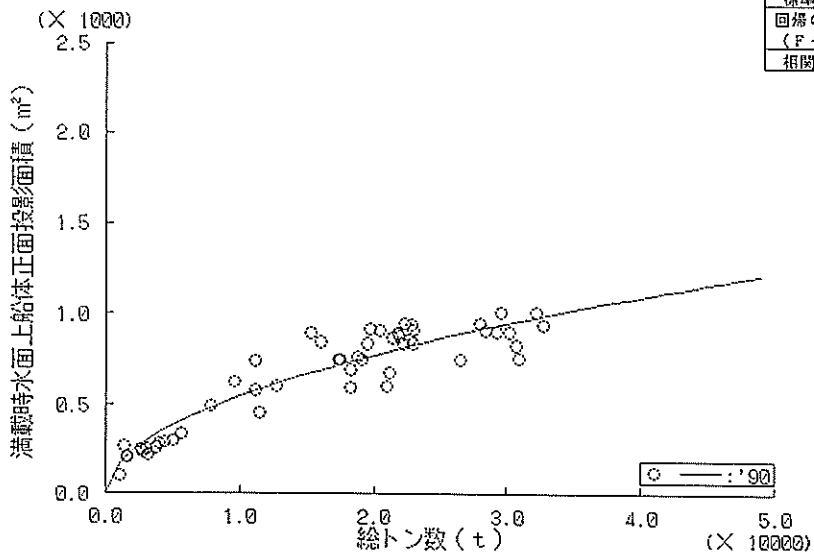


図-8.1 自動車専用船 総トン数と満載時排水トン数の関係



90年調査	
データ数	72
X軸最大値	32652.00
Y軸最大値	3482.00
a	19.885
b	0.500
標準偏差	314.21
回帰の検定 (F-値)	452.33
相関係数	0.935

図-8.2 自動車専用船 総トン数とぎ装数の関係



90年調査	
データ数	58
X軸最大値	32652.00
Y軸最大値	1014.00
a	5.339
b	0.503
標準偏差	90.47
回帰の検定 (F-値)	385.82
相関係数	0.937

図-8.3 自動車専用船 総トン数と満載時水面上船体正面投影面積の関係

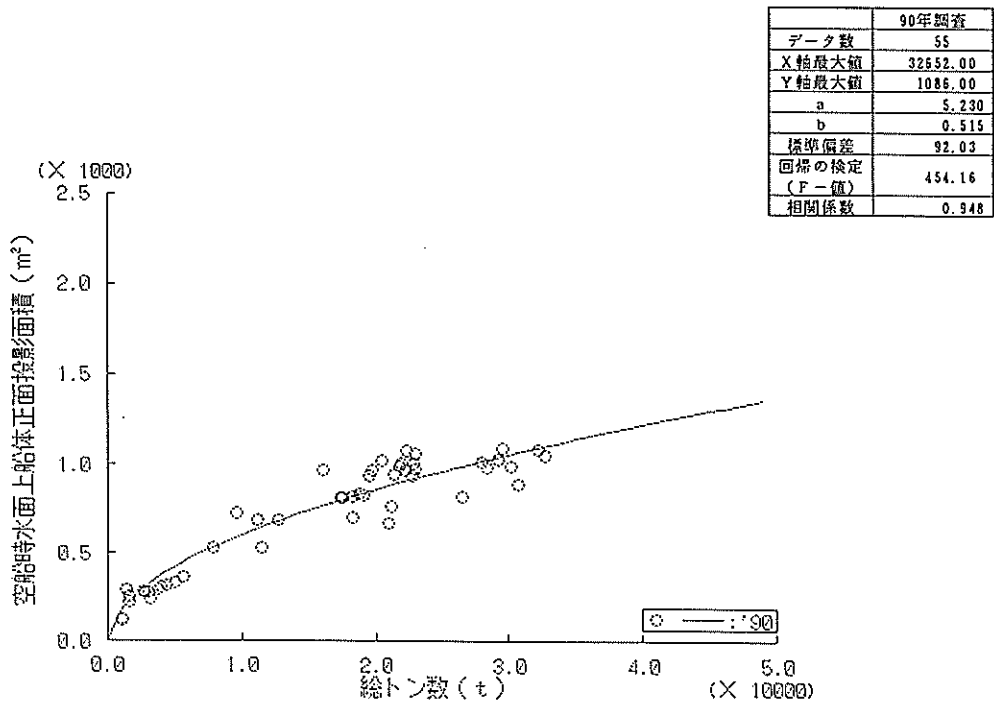


図-8.4 自動車専用船 総トン数と空船時水面上船体正面投影面積の関係

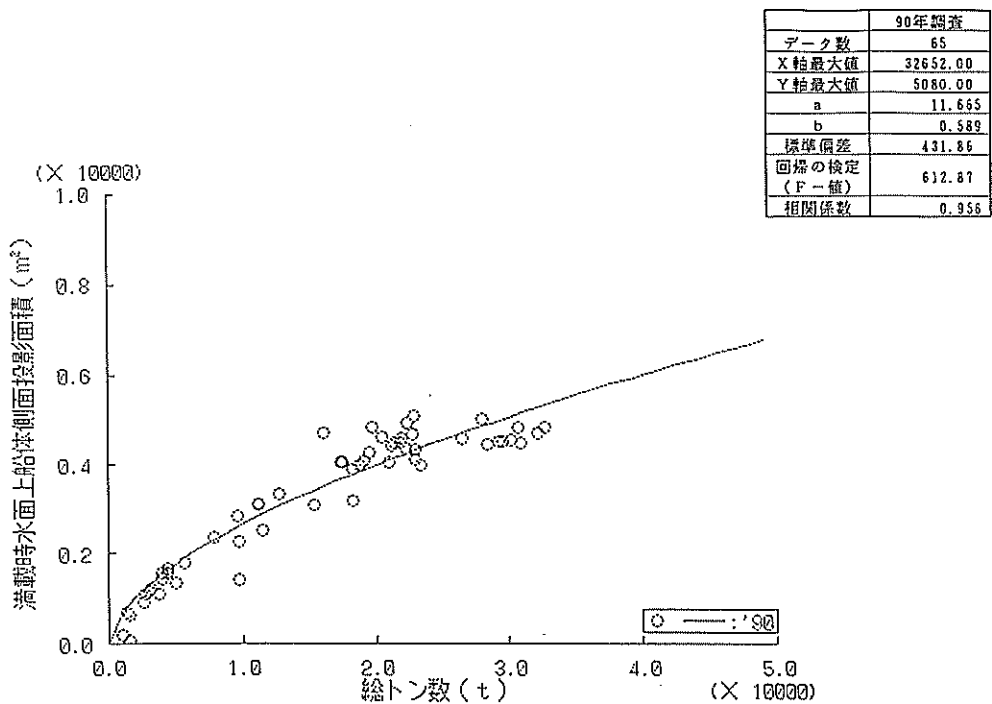
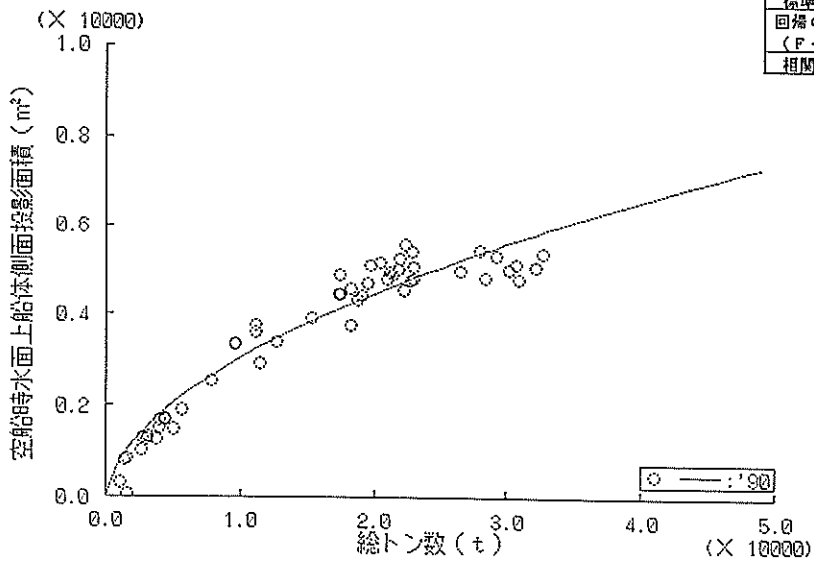
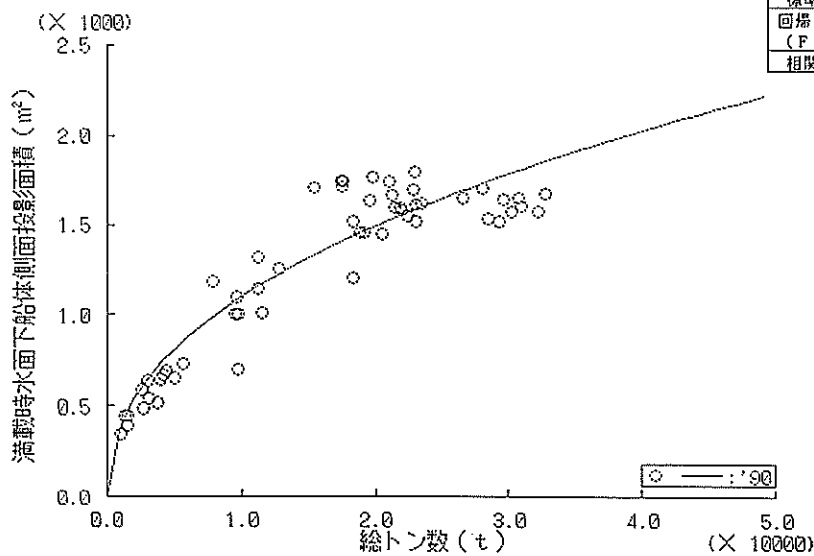


図-8.5 自動車専用船 総トン数と満載時水面上船体側面投影面積の関係



90年調査	
データ数	59
X軸最大値	32552.00
Y軸最大値	5582.00
a	17.415
b	0.560
標準偏差	434.41
回帰の検定 (F-値)	665.93
相関係数	0.963

図-8.6 自動車専用船 総トン数と空船時水面上船体側面投影面積の関係



90年調査	
データ数	64
X軸最大値	32552.00
Y軸最大値	1800.00
a	18.432
b	0.444
標準偏差	176.68
回帰の検定 (F-値)	351.55
相関係数	0.926

図-8.7 自動車専用船 総トン数と満載時水面下船体側面投影面積の関係

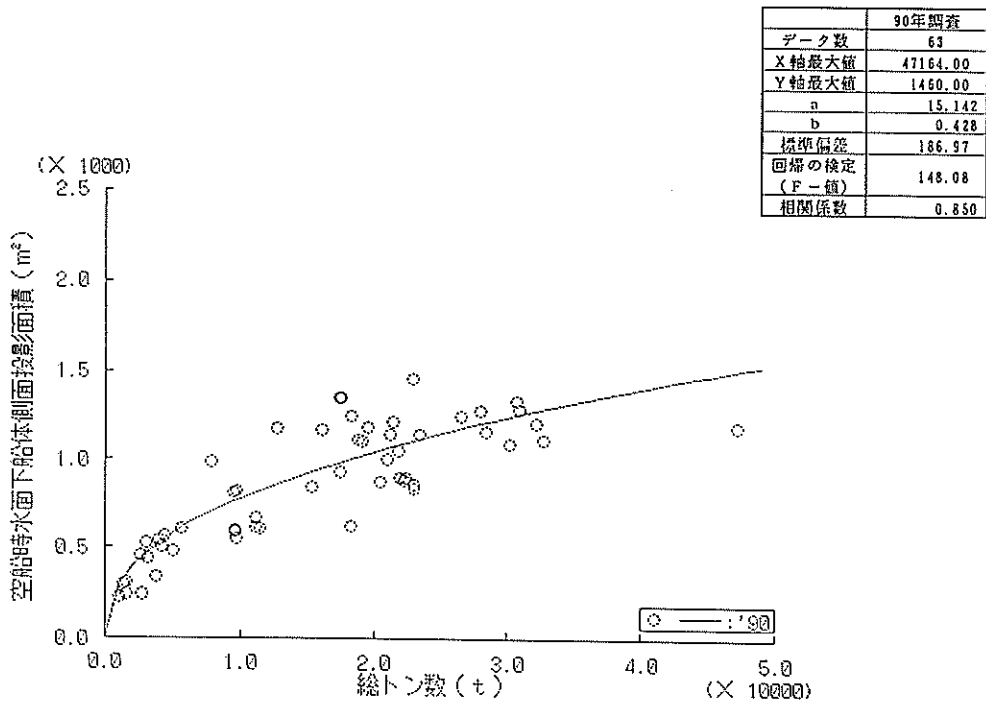


図-8.8 自動車専用船 総トン数と空船時水面下船体側面投影面積の関係

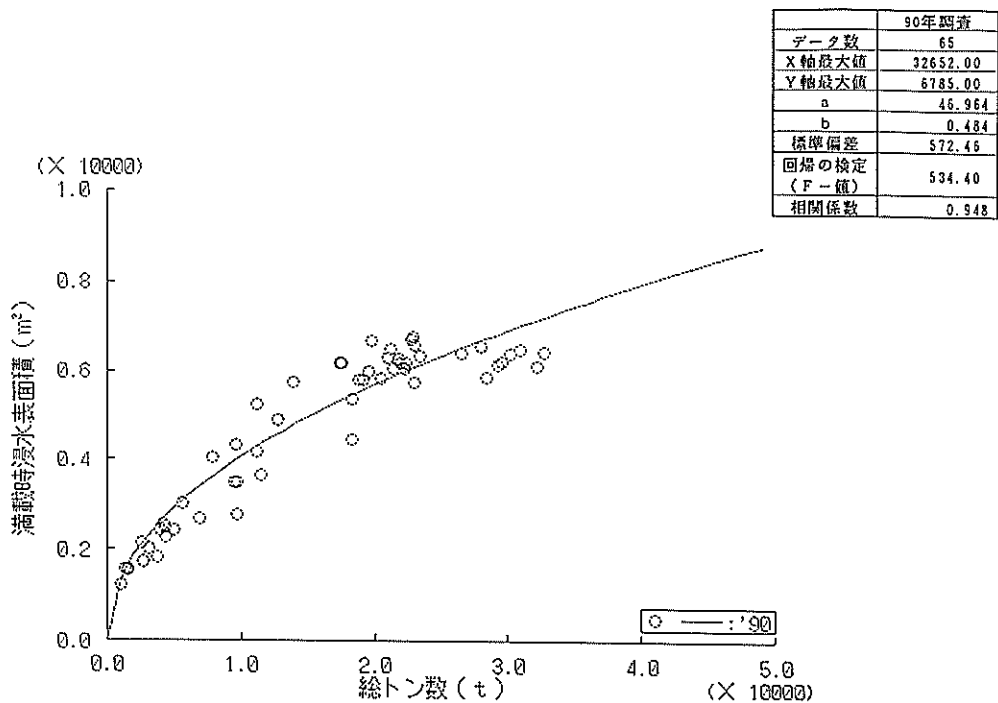


図-8.9 自動車専用船 総トン数と満載時浸水表面積の関係

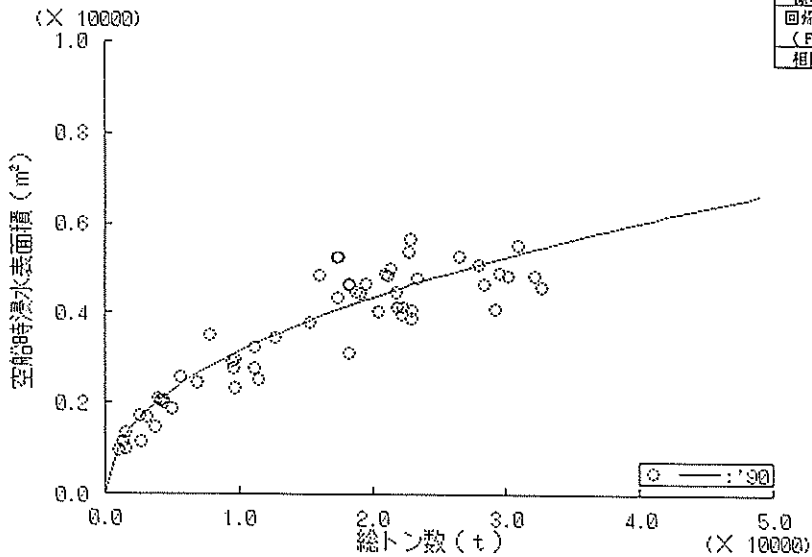


図-8.10 自動車専用船 総トン数と空船時浸水表面積の関係

90年調査	
データ数	65
X軸最大値	32652.00
Y軸最大値	5666.00
a	40.033
b	0.474
標準偏差	567.86
回帰の検定 (F-値)	307.47
相関係数	0.914

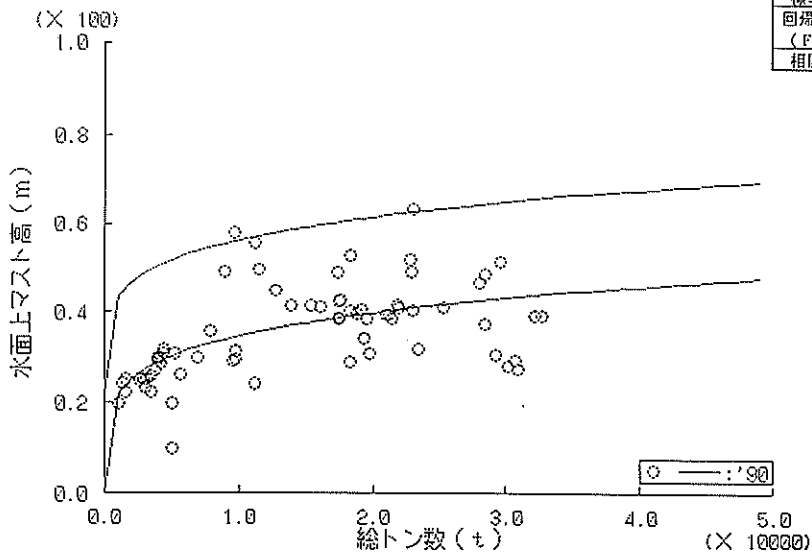


図-8.11 自動車専用船 総トン数と水面上マスト高の関係

90年調査	
データ数	71
X軸最大値	32652.00
Y軸最大値	63.20
a	5.439
b	0.201
シフト量	21.640
標準偏差	8.23
回帰の検定 (F-値)	38.31
相関係数	0.608

5. まとめ

港湾の計画や設計に必要な船舶諸元のうち、風、潮流等による流体力を算定するための各種投影面積や浸水表面積および橋梁等に必要な水面上マスト高に関するアンケート調査を実施した。得られたデータを旅客船、カーフェリー、一般貨物船、石油タンカー、フルコンテナ船、撤積運搬船、ガス運搬船、自動車専用船の8種類に大別し、前回の調査結果と比較しながら整理した結果を要約すると以下の通りである。

1) 調査項目と重量トン数または総トン数との関係

各船種とも満載時排水トン数、ぎ装数、各種投影面積および浸水表面積は回帰分析および統計的検定（有意水準0.01）の結果、重量トン数または総トン数の指数関数として表現される。これは各調査項目がいずれも船舶の大きさに関連する量であるからである。調査項目毎にまた船種毎に相関の程度には幅があるが、相関係数は水面上マスト高に関するもの以外は総じて高い。

またトン数の増減に対する各諸元の変化割合を表す指数 b については以下のようにまとめられる。満載排水トン数と重量トン数または総トン数はほぼ比例関係にあり、 b は1に近い。ぎ装数については b は0.5前後である。ただし今回の調査におけるぎ装数はNK規格のものであり、同一船舶でもJG規格で求めた値とは大きく異なる場合が多いので注意する必要がある。投影面積については b は船種、投影部分によって異なり、0.4~0.7の範囲にあるが平均的には0.56程度である。また浸水表面積に関する b は、自動車専用船の場合はやや低いが平均的には0.61程度である。

しかしながら水面上マスト高に関しては傾向が異なる。 b の値は平均的には0.21程度にまとめられると考えられるが、今回の分析で得られた回帰式には適用範囲に制限があると考えなければならない。すなわち船型の大型化に伴ってある程度まではマスト高も増大するが、現実には橋梁や送電線等による制約のために一定の上限値のようなものが存在すると考えられる。カーフェリー、旅客船等にはこの傾向が現れており、利用上注意する必要がある。

2) 前回の調査結果との傾向の差異

船種毎、調査項目毎に回帰曲線の周りでの分散による統計的検定を行い、有意水準0.10で判定した結果、多くの船種および調査項目について有意な変化が認められた。変化が認められないのは一般貨物船の満載排水トン数など8項目、石油タンカーの空船時水面上正面投影面積な

ど3項目、フルコンテナ船の満載時浸水表面積、撤積運搬船の満載時水面上側面投影面積など3項目である。

3) 船舶の大型化

船舶の大型化は旅客船、カーフェリー、フルコンテナ船、撤積運搬船に顕著にみられる。このうち旅客船はいわゆる大型クルーズ客船の建造によるところが大きいが、クルーズ客船はずんぐり型が著しく、これまでの客船とは傾向が異なる。

逆に石油タンカーに関しては超大型船は少なく、最大でも40万トンクラス、大部分は30万トン以下である。超大型船のスケールメリットが十分には生かされない状況は今後も続くであろうから、この傾向も当然維持されるであろう。

調査結果とは別に自動車専用船も大型化の傾向にあるが、前回のとりまとめの対象となっていないために比較は行っていない。自動車専用船はその構造上、国際総トン数と国内総トン数が大きく異なる傾向にあるため外航船を対象とする場合には注意する必要がある。

4) 調査結果の応用

今回の調査結果では船種毎、調査項目毎に平均的回帰曲線を求めている。また水面上マスト高に関しては、過去の調査結果を参考にして余裕高2mを考慮した上限曲線も図に併記した。実際の応用においてこれらのデータは正規分布を示すものと考え、使用目的により設定したカバー率と標準偏差より50%回帰曲線をY軸方向にシフトさせて目的の値を得ることができる。

6. あとがき

船舶はその船種、大きさ、デザイン等が社会の要請、技術の進歩、流行等により時代と共に変化している。この変化に適確に対応していくためには今後も定期的なこの種の調査を実施する必要があるであろう。

今回の調査では新たに自動車専用船、ガス運搬船の船種を設けたが、最近の港湾の実情としてプレジャーボートが増加と同時に大型化する傾向にあり、また超高速旅客船も実用化されている。これらについてもデータを蓄積する必要があるであろう。

なお、今回の調査結果は今後も長期間に渡って使用することが考えられるため、利用し易い形態でデータベース化し保存する予定である。

(1991年3月31日受付)

参考文献

- 1) 片山猛雄, 降旗健一, 本浩司, 早藤能伸: 船舶諸元の相互関係, 港湾技研資料 No.101, June 1970
- 2) 寺内潔, 吉田行秀, 奥山育英: 船舶の主要寸法に関する解析, 港湾技術研究所報告第17巻第4号, 1978年12月
- 3) 寺内潔, 吉田行秀: 船舶の主要寸法と力学的諸量の関係, 港湾技研資料 No.348, June 1980
- 4) 阿式邦弘, 根木貴史, 村田利治: 船舶の主要寸法の統計解析, 港湾技研資料 No.652, June 1989
- 5) 河村正志: VLCCの現状と将来, 日本造船学会誌第710号, 昭和63年8月, pp. 36~40
- 6) 上江州由亘, 愛川展功: コンテナ船の現状と将来, 日本造船学会誌第709号, 昭和63年7月, pp. 17~25
- 7) 山口純: バルクキャリアーの現状と将来, 日本造船学会誌第711号, 昭和63年9月, pp. 24~31

港湾技研資料 No.714

1991・6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 ニッセイエプロ株式会社

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

Copyright © (1991) by P.H.R.I.
All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, not transmitted, not translated into a maching language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は港湾技研研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技研研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。