

# 港內 曳船의 適正規模 決定에 관하여

朴 彰 鎬 · 禹 柄 久 · 李 哲 榮

## On Determining the Optimal Amount of Harbour Tagboat

*Chang-Ho Park · Byung-Goo Woo · Cheol-Yeong Lee*

目	次
ABSTRACT	제 4 장 釜山北港에의 適用 例
제 1 장 序論	4.1 데이터의 분석
제 2 장 問題의 記述	4.2 시뮬레이션
제 3 장 曳船規模 決定을 위한 準備	4.3 曳船의 適正規模 豫測
3.1 총톤수(G/T)에 따른 所要 曳船 馬力의 決定	4.4 適正規模 決定 및 問題點 分析
3.2 曳船規模 決定方法	제 5 장 結論
	參考文獻

### ABSTRACT

As port transport system consists of subsystems such as navigation system, cargo handling system, storage system, inland transport system, and Management and Information system, the productivity of this system is determined by the minimum level of subsystem.

From the viewpoint of elaborating the efficiency of integrated system, it is valuable to determine the optimal level of harbour tug boat which is the most important factor of navigation system.

This paper treats the optimal amount of harbour tug boat by simulation, and

applied to Pusan port.

In the course of simulation, an empirical formula is introduced for determining the Horse Power (HP) of tug boat by the ship's gross tonnage (G/T) referring to the cases of various ports of other countries, that is ;

$$Y = 9.96 X^{0.6} + 569$$

X : The gross tonnage of vessel (G/T).

Y : The Horse Power (HP) of tug boat

The results of the simulation are summarized as follows ;

- 1) In 1987, three or four low-powered harbour tug boats, five mid-powered harbour tug boats and four high-powered harbour tug boats are necessary in the mean level. But, five or seven low-powered harbour tug boats, ten mid-powered harbour tug boats and eight high-powered harbour tug boats are necessary lest delay should occur at all.
- 2) In 1992, three or four low-powered harbour tug boats, six mid-powered harbour tug boats and seven high-powered harbour tug boats are estimated and be necessary in the mean level.

### 제 1 장 序 論

港灣運送시스템은 航海시스템, 荷役시스템, 貯藏시스템, 內陸輸送시스템, 정보관리시스템 등의 副次시스템으로 構成되어 있으며 이 시스템의 生産性은 부차시스템의 最低生産水準에 의하여 決定된다고 할 수 있다. 따라서 港灣運送시스템의 生産性을 決定하기 위해서는 각 부차시스템의 生産性을 명확히 할 필요가 있으나, 航海시스템 중에서도 특히 曳船시스템에 관해서는 거의 구체적인 研究가 없었던 것이 실정이다.

本 論文에서는 이러한 점에 주목하여 航海시스템 중 가장 重要的 要素라고 할 수 있는 港內 曳船시스템에 관하여 考察하기로 한다.

먼저, 제 2 장에서는 港內 曳船의 積存規模를 決定하는 問題에 대하여 전반적으로 기술하고 船到着率 또는 船席出發時間間隔(BERTH INTER-DEPARTURE TIME)이 特定分布를 따르고 船型 및 船舶의 크기가 同一하다고 하는 比較的 간단한 境遇에 대하여 理論적으로 曳船規模를 產出하는 方法을 다루며, 제 3 장에서는 港內曳船의 必要馬力을 決定할 境遇에 考慮

해야 할 사항들을 정리하고, 出入港 船舶의 총톤수(G/T)를 기본變數로 할 境遇에 있어서 曳船의 所要馬力을 決定할 수 있는 實驗式을 誘導하고, 시뮬레이션에 의하여 曳船規模를 決定하는 方法을 提示한다.

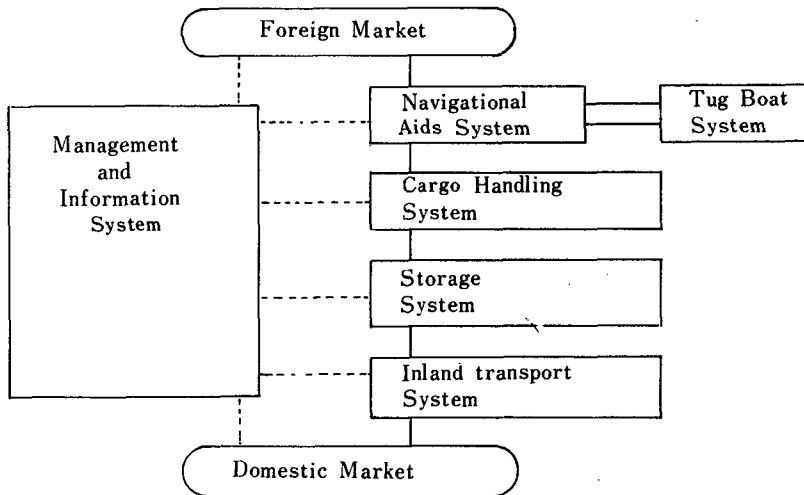
제 4 장에서는 實際 適用例로서 釜山北港의 境遇에 대하여 必要 曳船規模를 決定하며, 1992 년 까지의 선복량을 추정하고 必要 曳船規模를 豫測한다.

끝으로, 제 5 장에서는 結論으로서, 現在 釜山港에서 確保하고 있는 港内曳船隻數와 시뮬레이션 結果 算出된 必要 曳船隻數를 比較하여 適正한 港内 曳船規模를 決定한다.

## 제 2 장 問題의 記述

港灣의 物流를 시스템으로 파악하면 <Fig. 2-1>에서 보이는 바와 같이 5개의 副次시스템 즉, 航海시스템, 荷役作業시스템, 貯藏시스템, 內陸輸送시스템, 정보관리시스템 등으로 나누어 생각할 수 있다.

그 중, 航海시스템은 港内曳船시스템과 導船士 및 航路標識시스템 등으로 構成되어 있다. 航海시스템의 生産性을 極大化하기 위해서는 여러가지 면을 考慮해야 하겠지만 특히 港内 曳船(Harbour Tug boat ; 以下 曳船이라 한다.)의 役割이 가장 큰 影響을 미치게 되므로 曳船의 適正規模를 決定하는 것은 航海시스템의 生産性을 決定하기 위해서 기본적으로 考慮되어야 할 사항이다.



<Fig. 2-1> Port-transport System

적정 曳船規模 決定은 항만관리의 공공성, 曳船業體의 영리성, 曳船서비스의 비 저장성, 출입항 화물의 파동성 등을 고려하여야 하므로 항상 曳船 시스템의 目的 및 환경 시스템의 변동 등을 동시에 감안하여야 하는 어려운 점을 지니고 있다. 따라서 아래에서는 평균적 예선의 적정규모를 決定하는 문제를 다루기 위하여 船舶 도착률 또는 선석 출발 시간 간격 (BERTH INTER-DEPARTURE TIME)이 특정 分布를 따르고 船型 및 船舶의 크기가 同一하다고 하는 簡單한 경우에 대하여 理論적으로 살펴 보기로 한다.

먼저, 船席이 하나일 경우, 한척의 船舶이 曳船에 예인되어 대기구역에서 港內의 船席으로 이동하여 즉시 서비스를 받기 시작하고 曳船은 UNCOUPLING되어 船舶 待期區域으로 回航한다고 假定 할때 대기중인 다음 船舶은 앞 船舶이 船席에서 출발한  $t_2$ 시간 후에 대기구역을 출발할 수 있게 된다.

이 경우, 曳船의 必要隻數는 다음 2개의 카테고리중 어느 쪽에 속하게 된다.

CATEGORY A :  $t_2 + t_v \leq t_s + t_z$ 이면 한척의 曳船으로도 체증을 피할 수 있고 曳船必要隻數 ( $N_{sr}$ ) = 1이 된다.

단,  $t_1$  : 대기구역에서 船席까지의 曳引時間

$t_2$  : 船席에서 대기구역으로 되돌아 가는 시간

$t_s$  : 船席의 서비스 시간

$t_v$  : 曳船과 本船의 연결(Linkage)에 소요되는 시간

$t_z$  : 船席의 이안작업에 소요되는 시간

CATEGORY B :  $t_2 + t_v > t_s + t_z$ 이면 두척 이상의 曳船이 必要하게 된다. 式 兩邊의 差異 程度에 따라  $N_{sr} \geq 2$ 가 된다.

CATEGORY A의 경우 曳船의 순환시간보다 船席出發時間間隔(BERTH INTER-DEPARTURE TIME)이 크므로 항상 한척의 曳船으로 充分하다. 왜냐하면 대기중인 첫번째 船舶이 船席으로 향할 준비가 完了되기 전에 曳船은 항상 대기구역에 되돌아와서 예인 준비를 完了할 것이기 때문이다. 즉, 다음 式이 성립한다.

$$t_1 + t_2 + t_v \leq t_1 + t_s + t_z \text{ 이면 } N_{sr} = 1.$$

CATEGORY B의 경우 曳船이 대기장소로 되돌아 오기 전에 船席이 비게 되기 때문에 최소한 두척의 曳船이 必要하다. 지연을 피하기 위하여는 두번째 曳船이 대기중인 다음 船舶을 船席으로 예인해야 한다. 또,  $t_2 + t_v$ 가  $t_s + t_z$ 보다 매우 크다면 첫번째 曳船의 作業時間이 다음의 연이은 두척의 出發時間 間격을 초과하게 되어 제3의 曳船이 必要하게 된다. 이런 식

으로 하면 많은 수의 曳船이 必要하게 될 수도 있다.

다음으로, 많은 수의 船席이 있는 시스템과 같이 더욱 複雜하고 實質的인 대상을 다루기 위해서는  $t_{bd}$ 로 표시되는 船席 出發時間의 시간간격 개념을 도입하기로 하는데 이  $t_{bd}$ 는 연속되는 두척의 船舶이 부두를 떠나는 시간간격으로 정의할 수 있다. (여러개의 船席도 마찬가지 임).  $t_{bd}$ 는 무작위 변수이며 이 값은 관찰이 가능한 데이터로부터 얻어지는  $t_{bd}$ 의 누적 분포함수로 부터 구할 수 있다.

必要한 曳船의 數를 決定하는 기준은 예선순회시간(TUG-CYCLE TIME)과 선석출발시간간격(BERTH INTER-DEPARTURE TIME)을 비교하는 것이 된다.

때로는 출발시간간격(INTER-DEPARTURE TIME) ( $t_{qd}$ ,  $t_{bd}$ )이 매우 근접할 수도 있어서 다만 즉각적으로 예인할 曳船의 부족으로 인한 지연을 방지할 목적으로 曳船의 수를 비현실적으로 늘리게 되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 통상적인 상황하의 항만에서 평균적인 적정수준의 曳船 수를 더 근사하게 알아내기 위하여  $N_{sr}$ 를 검토할 必要가 있다.

全 港灣시스템이 完全 可動狀態이며 待期場所에 船舶의 待期行列이 있다고 假定하면 船席 중의 하나가 빌 때마다 待期列의 첫번째 船舶이 船席으로 向할 準備를 完了한다. LOSS TIME을 없애기 위해 “INPUT”(예선의 생산성)과 “OUTPUT”(船舶의 出發)은 조화를 이루어야 한다.

曳船의 순환시간을  $T_{gcy}$ 로 둘 때 曳船 한척의 생산력을 단위시간당 船舶의 유도수로 표현하면  $1/T_{gcy}$ 이 된다. 여기에서 曳船의 수( $N_{tg}$ )를 곱하면 전체 曳船시스템의 생산력(INPUT)은  $N_{tg}/T_{gcy}$ 로 된다. 그리고 항만의 OUTPUT 즉, 단위 시간당 船舶의 서어비스 完了數는  $1/t_{bd}$ 로 表示되며  $t_{bd}$ 는 선석출발시간간격(BERTH INTER-DEPARTURE TIME)이다. INPUT와 OUTPUT를 결합하면 식(2-1)은 안정된 상태하에서 평균적으로 성립한다고 볼 수 있다.

$$N_{tg} \cdot (1/T_{gcy}) = 1/t_{bd} \dots\dots\dots(2-1)$$

$N_{tg}$ 는 정수이어야 하므로 정의에 따라  $N_{sr}$ 는 다음의 부등식 관계를 만족하는  $N_{tg}$ 의 최소 정수치로 되어야 한다.

$$N_{tg} \cdot (1/T_{gcy}) \geq 1/t_{bd} \dots\dots\dots(2-2)$$

위 式에  $T_{gcy}$ 를 대입하면

$$N_{tg} \cdot 1/(t_1 + t_2 + t_v) \geq 1/t_{bd} \dots\dots\dots(2-3)$$

GAUSSIAN BRACKET를 사용하여 합하면

$$t_{bd} \geq T_{gcy} \text{ 이면 } N_{sf} = 1 \dots\dots\dots(2-4)$$

$$t_{bd} < T_{gcy} \text{ 이면 } N_{sf} = [T_{gcy}/t_{bd}] + 1 \dots\dots\dots(2-5)$$

만일  $t_{bd}$ 가 일정하다면  $N_{sf}$ 는 曳船의 必要 상한치가 된다. 그러나  $t_{bd}$ 가 일정하지 않고 RANDOM하게 분포되어 있다고 한다면  $N_{sf}$ 의 크기는  $t_{bd}$ 값에 따라 변화할 것이기 때문에  $t_{bd}$ 의 전체범위에 관하여 위의 경우처럼  $N_{sf}$ 가 하나일 수 만은 없다. 다시 말하여 때로는 약간의 曳船은 일거리가 없을 것이고 때로는 曳船이 부족하게 될 경우도 있다.

기록된 데이터나 합리적인 추정예 의해  $t_{bd}$ 의 확률밀도함수  $f_{tbd}(t_{bd})$ 의 분포를 안다면 적정한 수준의 曳船數( $N_{sf}$ )를 계산할 수 있게 된다.

또한, 확실하고 충분한 정도의 曳船數를 알 수 있다 하더라도 曳船을 더 많이 확보하는 데에 소요되는 비용과 항해시스템을 개선함으로써 얻어지는 이익 사이의 TRADE-OFF를 고려하여 결정하여야 한다.

$N_{sf}$  기대치는 다음과 같이 계산된다.

$$N_{sf} = E[N_{sf}] = \int_0^{T_{gcy}} [T_{gcy}/t_{bd} + 1] f_{tbd}(t_{bd}) dt_{bd} + \int_{T_{gcy}}^{\infty} 1 \cdot f_{tbd}(t_{bd}) dt_{bd} \dots\dots(2-6)$$

以上에서는 船舶도착율 또는 선석출발시간간격(BERTH INTER-DEPARTURE TIME)이 특정분포를 따르고 船型 및 船舶의 크기가 同一하다고 假定한 경우이므로 실제에 있어서는 理論的인 分析이 불가능한 것이 대부분이다. 이런 점을 감안할 때 실제에는 계산기 시물레이션에 의한 분석이 가장 효과적이다.

### 제 3 장 曳船 規模 決定을 위한 準備

#### 3. 1 총톤수에 따른 소요예선마련 결정

出入港하는 船舶에 必要한 曳船의 所要數를 결정하기 위하여 고려하여야 할 諸 條件에 대하여 살펴보면 먼저, 本船의 크기와 積載 狀態, 本船의 主機, 舵, 錨의 狀態, 天候와 海上 狀態, 묘박지 및 항로의 넓이 등을 들 수 있고, 曳船의 所要馬力 決定을 위하여 直接 關係가 있는 것으로는, 曳船抵抗, 風壓, 流壓, 本船 回頭를 補助하기 위한 힘, 本船을 橫移動 시킬 때의 抵抗등을 들 수 있다.

이상을 綜合하여, 本船을 操船할 때 이러한 諸抵抗을 감당하기 위한 必要 曳船을 그 項目 別로 區分해서 表示하면 다음과 같다.

- 1) 本船을 推進 또는 停止시키는 曳船(本船의 主機關이 使用可能할 境遇 이 曳船은 必要 없다.)
- 2) 橫方向의 風壓, 流壓을 支持하는 曳船
- 3) 舵船兼 本船 回頭用 曳船
- 4) 橫移動 및 接岸 舵力減衰用 曳船

다음에 必要한 것은 曳船의 所要馬力을 決定하는 일이지만 그러기 위해서는 曳船의 推力(曳船力)과 그 馬力の 關係를 計算하여야 한다. 하지만, 이러한 諸條件을 考慮하여 理論적으로 分析하는 것을 대단히 어려우므로 實際 여러 港灣에서 使用되고 있는 例로부터 曳船의 使用基準을 추출하기로 한다.

다음은 한국, Europe, 日本의 境遇 曳船使用基準들이다.

(1) 부산항 및 한국 해운항만청의 예선 사용 기준

해운항만청 고시 제86-13호 예선운영 및 업무처리요령 제9조(예선사용 기준)에 의하면 (Table 3-1)과 같이 曳船을 배정함을 원칙으로 하나 지역 특성에 따라 약간의 변동은 인정하게 되어 있다.

(Table 3-1) Criteria of tug boat allocation  
(KOREA MARITIME AND PORT AUTHORITY)

Gross Tonnage(G/T)	Class of tug boat (BHP)	Total Horse Power (BHP)
less than 5,000	1,000 and less	less than 2,000
5,000 — 10,000	1,000	2,000 — 4,000
10,000 — 20,000	1,000 , 2,000	3,000 — 5,000
20,000 — 40,000	2,000 , 3,000	5,000 — 7,000
40,000 — 70,000	2,000 , 3,000 and over	7,000 — 10,000
70,000 — 100,000	2,000 , 3,000 and over	10,000 — 12,500
100,000 and over	2,000 , 3,000 and over	12,500 and over

이에 따라 부산항은 지역특성 및 曳船 보유현황에 맞추어 (Table 3-2)와 같이 曳船 배정 제도를 설정하여 曳船 서비스를 행하고 있다.

(Table 3-2) Criteria of tug boat allocation (PUSAN PORT)

Gross Tonnage (G/T)	Class of tugboat (B H P)	Number of tug boat
less than 5,000	1,500	Low 1
5,000 - 10,000	3,000 - 4,000	Low 1, Mid 1
10,000 - 20,000	3,000 - 5,000	Mid 2,
20,000 - 40,000	5,000 - 6,400	High 2
40,000 - 70,000	6,500 - 8,900	High 2, Mid 1
70,000 - 100,000	9,000 - 12,100	High 3, Mid 1
100,000 and over	12,500 and over	High 4

단, Low : Low Powered tug boat (less than 1,500 BHP)

Mid : Mid. Powered tug boat (1,500~2,500 BHP)

Higg : High Powered tug boat (2,500 BHP and over)

(2) Europe 3개港의 曳船 使用 基準例

1987년 IAPH에서 발간한 Report on Trends in Ships Characteristics' Development에 의하면 London항과 Rotterdam항은 출입항 선박의 길이로 예선의 필요량을 지정하게 되어있고 Southampton항은 총톤수(G/T)당 필요 예선 척수를 지정하게 되어있다. 좀 더 구체적으로 예선의 필요 정도가 지정되어 있는 세 항구의 기준 예를 보면 (Table 3-3)과 같다.



(Table 3-3) Criteria of tugboat allocation [1]\*

Deadweight tonnage (DWT)	Towage-streight required					
	DUNKIRK		NANTES-ST-NAZAIRE		LE HAVER	
	power (t)	number	power (t)	number	power (t)	number
25,000 to 30,000	60 t	2	40 t	2	60 t	2
45,000 to 60,000	80 to 90 t	3	60 t	2 to 3	80 t	3
80,000 to 120,000	90 to 110t	3 to 4	80 t to 90 t	4	100 t	4
120,000 to 160,000	110 t	4	100 t	4	100 t	4
160,000 to 200,000	110 to 120 t	4	120 t	4	100 t	4 to 6
250,000	140 t	5	120 t	5	120 t	4 to 6
300,000	140 t	5 to 6	150 t	6	135 t	4 to 6
400,000					155 t	6
550,000					180 t	6

[1]\* COMMITTEE ON PORT SAFETY, ENVIRONMENT AND CONSTRUCTION, IAPH REPORT ON TRENDS IN SHIP CHARACTERISTICS' DEVELOPMENTS, p. 4, 1987.

(3) 日本의 境遇 必要 曳船馬力 決定을 위한 基準 例

1) 山縣俠一氏에 의하면 本船 船型에 따라 算定한 諸 抵抗 및 所要 曳船馬力 결과치는 (Table 3-4)와 같다.

- 단, a) 本船은 滿載이고 主機는 使用可能
- b) 風俗은 3m/sec
- c) 流湖는 없다고 가정한다.

(Table 3-4) The Calculated HP of tug boat per ship's type [2]\*\*

저항과 소요예산  DWT	횡풍압 지지용 예산		舵船兼 回頭用 曳船 (HP)	曳船 合計馬力
	8m/sec의 풍압 (Ton)	支持 曳船 (HP)		
2 만톤형	12	1,500	500 × 4 = 2,000	2,000 ~ 3,500
3 만톤형	12.5	1,500	500 × 4 = 2,000	2,000 ~ 3,500
4 만톤형	15	1,500	500 × 4 = 2,000	2,000 ~ 3,500
5 만톤형	15	1,500	700 × 4 = 2,800	2,800 ~ 4,300
7 만톤형	18	2,000	700 × 4 = 2,800	2,800 ~ 4,800
7.5 만톤형	19	2,000	800 × 4 = 3,200	3,200 ~ 5,200
9 만톤형	19	2,000	1,000 × 4 = 4,000	4,000 ~ 6,000
10 만톤형	19	2,000	1,000 × 4 = 4,000	4,000 ~ 6,000
13.5 만톤형	21.6	2,000	1,200 × 4 = 4,800	4,800 ~ 7,300
20 만톤형	24	2,500	1,600 × 4 = 6,400	6,400 ~ 8,900
28 만톤형	25.5	3,000	2,000 × 4 = 8,000	8,000 ~ 11,000

[2]\*\* 山縣俠一：曳船とその 使用法, 成山堂, p. 41, 1975

- 2) 日立造船 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>의 因島工場 Dock Master 中矢氏의 經驗에 의하면 本船의 操船에 필요한 曳船은 本船 主機馬力의 1/4에 相當하는 馬力의 曳船을 使用하면 좋다고 하였다.
- 3) 昭和 35年 發表된 日本 海難防止協會에 의한 曳船使用基準을 보면 (Table 3-5)와 같다.

(Table 3-5) Criteria of tug boat allocation [3]\*\*\*

Gross Tonnage (G/T)	Horse Power (HP)	Number of tug boat (HP × Number)
3,000	500 or 800	500 × 1 or 400 × 2
6,000	800 or 1,000	800 × 1 or 400 × 1 600 × 1

10,000	1,000 or 1,400	1,000 × 1 or 800 × 1 600 × 1
15,000	1,800	800 × 1 + 1,000 × 1
20,000	2,000 or 3,200	1,000 × 1 ~ 2 + 1,200 × 1
D W T	HP	
45,000	3,000	1,500 × 2
70,000	6,000	1,500 × 4 or 2,000 × 3
100,000	7,500 or 8,000	2,000 × 4 or 2,500 × 3

[3]\*\*\*日本 海難防止協會에 의한 曳船使用基準(昭和 35年發表)

- 注. a) 上記는 本船의 主機 및 舵 등이 使用可能한 狀態에 있고 船의 操從 性能이 良好할 것.
- b) 曳船은 現在 使用하여 얻은 馬力을 基準으로 한다.
- c) 風力은 平均風速 9m/sec以下일 것
- d) 흐름이 거의 없는 場所일 것
- e) 接離岸이 容易한 岸壁일 것
- f) 本船의 狀態는 中吃水, trim은 Even keel을 基準으로 한다.
- 4) 여러가지 경우를 考慮하여 山縣俠一氏는 本船의 操船에 必要한 曳船의 馬力數를 (Table 3-6)과 같이 나타내었다.

(Table 3-6) The required HP of tug boat per ship's DWT

Ship's DWT	HP of Ship's Main ENG.	Quarter HP of Ship's Main ENG.	Actually Used HP of tug boat
13,400	6,250	1,560	1,500
21,272	10,000	2,500	2,500
33,090	15,000	3,750	3,200
46,850	17,600	4,400	4,200

51,190	16,800	4,200	4,200
66,600	18,400	4,600	4,200
78,900	20,700	5,175	6,500
85,700	20,700	5,175	6,500
90,000	19,000	4,750	6,500
103,500	23,000	5,750	6,500
119,300	27,600	6,900	6,500
143,396	27,000	6,750	6,500
160,460	30,900	7,720	7,600
200,000	36,000	9,000	10,000

5) KOBE항에서 使用되고 있는 曳船 배정기준을 보면(Table 3-7)과 같다.

(Table 3-7) Criteria of tug boat allocation (KOBE PORT)

Gross Tonnage (G/T)	Number of tug boat (HP×Number)	Total Horse Power (HP)
1,000 ~ 2,000	500×1	500
2,000 ~ 3,000	1,000×1	1,000
3,000 ~ 5,000	1,000×1+500+1	1,500
5,000 ~ 7,000	1,500 ~ 2,000×1+1,000×1	2,500 ~ 3,000
7,000 ~ 8,000	1,500 ~ 2,000×1+1,000×1	2,500 ~ 3,000
8,000 ~ 10,000	2,000×2	4,000
12,500 Mariner type	2,000×2	4,000

以上에서 보인 각국의 9가지 曳船 使用 基準을 총톤수(G/T)로 換算하여 圖表로 나타내면 (Table 3-8)과 같다.

〈Table 3-8〉 Comparison of criteria per G/T

G/T	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
3,000	1,500	2,000 미만	·	500 - 800	·	·	·	·	1,500
5,000	3,000 - 4,000	2,000 - 4,000	·	800 - 1,000	·	·	·	·	2,500 - 3,000
10,000	3,000 - 5,000	3,000 - 5,000	2,200	1,000 - 1,400	3,500	·	·	·	4,000
15,000	3,000 - 5,000	3,000 - 5,000	3,000	1,800	3,500	4,615	3,077	4,615	·
20,000	5,000 - 6,400	5,000 - 7,000	3,400	2,200 - 3,200	3,500	·	·	·	·
25,000	5,000 - 6,400	5,000 - 7,000	4,200	6,000	3,500	6,154 - 6,923	4,615	6,154	·
30,000	5,000 - 6,400	5,000 - 7,000	4,200	6,000	4,300	6,154 - 6,923	4,615	6,154	·
35,000	5,000 - 6,400	5,000 - 7,000	4,200	6,000	4,800	·	·	·	·
40,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	7,500 - 8,000	5,200	·	·	·	·
45,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	7,500 - 8,000	5,200	6,923 - 8,462	6,154	7,692	·
50,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	7,200 - 8,000	6,000	6,923 - 8,462	6,154	7,692	·
55,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	·	6,000	6,923 - 8,462	6,154	7,692	·
60,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	·	6,000	6,923 - 8,462	6,154	7,692	·
65,000	6,500 - 8,900	7,000 - 10,000	6,500	·	·	8,462	7,692	7,692	·
70,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	·	·	7,000	8,462	7,692	7,692	·
75,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	6,750	·	7,300	8,462	7,692	7,692	·
80,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	·	·	·	8,462	7,692	7,692	·
85,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	7,600	·	·	8,462 - 9,231	9,231	7,692	·
90,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	·	·	·	8,462 - 9,231	9,231	7,692	·
95,000	9,000 - 12,100	10,000 - 12,500	·	·	·	8,462 - 9,231	9,231	7,692	·
100,000	12,500	12,500	·	·	8,900	8,462 - 9,231	9,231	7,692	·
105,000			10,000	·	10,000	8,462 - 9,231	9,231	7,692	·

- 단, ① PUSAN PORT,  
② KMPA(한국해운항만청)  
③ Calculated HP of tug boat [山縣俠一氏]  
④ 日本海難防止協會 基準(昭和 35年 發表)  
⑤ Required HP of tug boat [山縣俠一氏]  
⑥ DUNKIRK PORT  
⑦ NANTES-ST-NAZAIRE PORT  
⑧ LE HAVRE PORT  
⑨ KOBE PORT

(Table 3-8)을 데이터로 하여 총톤수( $G/T$ )에 따른 所要 曳船馬力을 決定하기 위하여 총톤수와 거기에 따른 曳船馬力의 基準들을 넣어 最小自乘法으로 실험식을 유도하였다.

그 結果,

$$Y=9.96X^{0.6}+569$$

(여기서,  $X$ : 총톤수( $G/T$ ),  $Y$ : 必要 曳船 馬力數(HP),  $3,000 \leq X \leq 100,000$ )이 算出되었다.

이 實驗式으로 총톤수에 따른 必要 曳船馬力을 計算한다.

### 3.2 曳船規模 決定方法

適正規模의 曳船을 決定하기 위하여는 曳船서비스를 必要로 하는 曳船의 船席接離岸時間間隔, 曳船의 순환시간, 使用 曳船의 特性 等 必要한 데이터가 수집 분석되어야 하는데, 데이터 분석에서 가장 중요한 것은 船席接離岸時間間隔이 時系列로 Sorting되어 있거나 船積接離岸時間間隔 및 出入港 船舶의 噸수가 누적분포로 되어 있어야 한다.

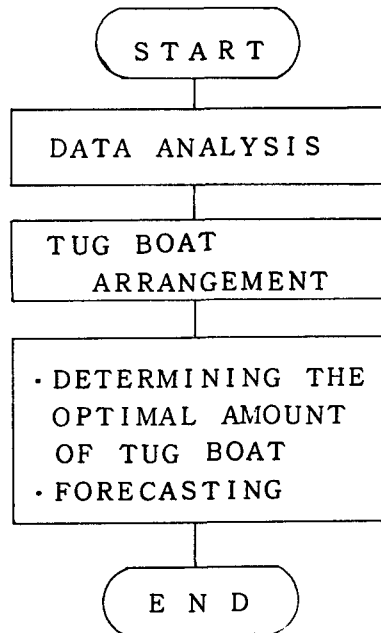
船席接離岸時間間隔이 時系列로 Sorting되어 있는 데이터를 使用할 경우는 계산기 프로그램에 따라 Sorting된 데이터를 차례로 불러들여 시뮬레이션을 실시하여 必要 曳船規模를 決定할 수 있고, 船積接離岸時間間隔 및 出入港 船舶의 噸수가 누적분포로 되어 있는 데이터를 使用할 경우는 누적분포에 따른 난수(Random Number)를 發生시켜 시뮬레이션을 실시하는 몬테카를로법(Monte Carlo's Method)에 의하여 必要 曳船規模를 決定할 수 있는데 여기서는 船席接離岸時間間隔이 時系列로 Sorting된 데이터를 使用하여 시뮬레이션하는 方法을 제시한다.

이 과정을 흐름도로(Flow Chart)로 나타내면 <Fig. 3-1>과 같다.

<Fig. 3-1>의 데이터 분석(Data Analysis)에서는 當港의 船舶接離岸 데이터를 수집하여 時系列로 Sorting하고 曳船 서어비스 순환시간을 分析 決定하며 現行 當港의 曳船現況을 分析한다.

다음으로, 曳船의 配定(Tug Boat Arrangement)에 앞서, 총톤수(G/T)와 재화중량톤수(DWT) 또는 船舶의 길이 중에 어느 것을 기준으로 할 것이며 몇톤 또는 몇 미터의 船舶에 는 몇 馬力의 曳船 몇 隻을 配定할 것인가 하는 등의 曳船配定 規則을 決定하고 다음 시뮬레이션 프로그램에 따라 曳船을 配定하여 結果를 확인한다.

먼저, 當港의 日別 曳船의 使用頻度를 여러 경우로 나누어서 계산하고 現行 確保된 曳船을 使用할 경우에 過不足이 어느 정도 發生하는지를 확인한 다음 몇척의 曳船이 確保되어 있어야 曳船 不足으로 인한 出入港 船舶의 待期가 發生하지 않을 수 있는 가를 여러가지 경우로 나누어서 日別로 계산하여 必要 曳船의 平均值와 最大值 및 偏差 等を 확인한다.



<Fig. 3-1> Flow of Simulation Process

여기에 曳船 供給者 側의 收益性과 曳船의 不足으로 인하여 出入港 船舶이 待期하게 될 경우 發生되는 費用과의 Trade-off 문제와 港灣의 公共性, 收益性 等 制반요소를 고려하여 適正 曳

船 規模를 決定한다.

끝으로, 曳船의 必要隻數를 豫測하기 위해서는 국가정책, 해운경기 등의 영향을 감안하고 出入港 船舶의 척수, 톤수, 수출입 화물의 물동량 등의 변동추세를 고려하여 回歸分析法, 指數平滑法 等の 方法中에서 가장 적합한 方法으로 必要年度까지 豫測한다.

### 제 4 장 釜山北港에의 適用 例

제 3 장 2 절에서의 예선규모 결정방법을 부산항의 경우에 적용하여 보기로 한다.

#### 4. 1 데이타의 分析

##### (1) 船舶의 出入港 統計('87, 釜山北港)

1987년 한해동안 전국적으로 245,667척(총톤수 합계 : 587,949,359톤)의 선박이 입항화물 166,950,999톤과 출항화물 91,359,823 톤을 처리하였다. 그 중에서 부산항에는 35,176척(총톤수 합계 : 216,094,952톤)의 船舶이 入港貨物 25,977,446톤과 출항화물 28,094,958톤을 처리하였는데 그 중 65%가 총톤수 3,000톤 미만의 선박으로서 거의 예선을 사용하지 않는 선박들이었다. 부산북항에 출입항한 선박중 예선 사용을 필요로 하는 선박의 톤수별 시간별 분포는(Table 4-1)과 같다.(이하에서 사용된 데이타는 1987년 한해동안 부산북항에 입출항하는 총톤수 1,000톤 이상의 선박중 부두에 접이안한 선박을 대상으로 하였으며 출항과 입항은 각각 한척씩으로 계산하였다.)

(Table 4-1) The required number of tug boat for ship per time zone ('87 PUSAN PORT)

G/T Time zone	1000	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	Total
	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000 over		
0-1	119	67	31	82	44	62	6	19	1	0	431
1-2	86	41	12	36	24	31	5	7	0	0	242
2-3	84	27	16	53	26	37	4	6	0	0	253
3-4	76	32	15	34	18	33	5	5	0	1	219
4-5	85	26	16	29	23	40	5	3	0	0	226
5-6	110	31	6	33	17	35	6	1	0	1	240
6-7	108	48	38	72	40	42	6	7	0	0	361



7-8	165	89	60	94	44	38	2	7	0	1	500
8-9	194	124	347	206	128	140	35	19	2	2	1197
9-10	159	175	77	180	66	77	8	5	1	1	749
10-11	131	59	98	118	48	54	2	6	0	0	516
11-12	91	50	65	59	30	30	0	3	0	2	340
12-13	99	42	45	83	50	68	8	5	0	0	400
13-14	110	37	21	65	25	42	2	7	0	0	309
14-15	112	41	27	71	37	32	5	5	0	0	330
15-16	119	41	38	73	31	38	9	8	0	0	357
16-17	114	62	25	67	43	48	9	12	0	0	380
17-18	170	82	229	83	37	46	8	8	0	0	663
18-19	243	116	233	157	82	102	13	13	0	0	949
19-20	106	49	48	93	25	43	1	5	0	0	430
20-21	220	94	48	112	49	60	13	6	1	2	605
21-22	201	59	34	75	42	54	4	8	0	1	478
22-23	349	84	39	95	43	60	3	5	0	0	678
23-24	388	164	23	82	39	55	4	11	0	0	766
합계	3699	1639	1581	2052	1011	1267	173	181	5	11	11619

(Table 4-1)에서 보면, 오전 8시부터 9시까지, 오후 6시부터 7시까지가 가장 많이 붐빔을 알 수 있었다. 이는 육상의 업체들이 업무를 시작하고 마치는 시간에 맞추어 선박의 입출항이 이루어지고 있기 때문이라 생각되었는데 특히 총톤수 2만톤 이상의 대형선대에서 그런 경향이 강하였다. 그리고 5000톤미만의 선박에서는 그 시간대외에 22시에서 24시 사이에 또한 몰리고 있었다.

그리고, 부산북항에 출입항한 선박중 예선 사용을 필요로 하는 선박의 톤수별 월별 분포는 (Table 4-2)와 같았다.

(Table 4-2) The required number of tug boat for ship per month ('87 PUSAN PORT)

G/T	1000	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	Total
Month	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	over	
Jan.	331	121	100	179	84	92	12	15	1	3	938
Feb.	331	141	134	173	86	113	16	15	1	0	1010
Mar.	372	169	135	165	96	112	18	13	0	3	1083
April	363	186	139	191	88	112	20	16	0	1	1116
May	346	144	122	172	86	121	14	19	0	2	1026
June	273	145	133	180	92	113	12	15	0	0	963
July	244	110	113	158	87	106	12	14	0	1	845
Aug.	261	91	114	144	83	102	8	16	0	0	819
Sept.	247	100	148	151	79	94	14	16	1	0	850
Oct.	315	156	157	207	90	105	16	14	0	0	1060
Nov.	234	115	141	132	65	100	16	16	0	1	820
Dec.	382	161	145	200	75	97	15	12	2	0	1060
TOTAL	3699	1639	1581	2052	1011	1267	173	181	5	11	11619

(Table 4-2)에서 보면, 출입항 선박이 가장 많이 봄비는 달의 차이는 300척 미만이며 2, 3, 4, 5월 10, 12월은 출입항이 좀더 잦고 나머지 달은 약간 뜸함을 알 수 있었다.

또한, 부산북항에 출입항한 선박중 예선 사용을 필요로 하는 선박의 톤수별 부두별 분포는 (Table 4-3)과 같았다.

(Table 4-3)에서 보면, 4부두로 가장 많은 선박이 몰렸으며 총톤수 2만톤미만의 선박은 1, 2, 3, 4부두로, 총톤수 2만톤 이상은 컨테이너 화물을 주로 취급하는 5, 6부두로 각각 선박이 많이 몰림을 알 수 있다. 그 외에도 동명부두, 청학안벽등의 기타안벽에도 많은 선박이 접안함을 알 수 있었다.

(Table 4-3) The required number of tug-boat for ship per('87 PUSAN PORT)

G/T PIER	1000	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	Total
	3000	5000	10000	20000	30000	40000	50000	60000	70000	over	
No. 1	507	233	833	88	12	5	0	0	1	3	1682
No. 2	427	55	109	382	61	0	6	0	0	1	1041
No. 3	618	212	181	563	64	10	0	1	0	1	11650
No. 4	616	714	284	354	154	8	3	2	0	2	2137
No. 5	10	15	33	313	329	673	46	111	0	3	1533
No. 6	29	5	28	173	343	548	106	65	0	1	1298
No. 7	365	28	5	27	15	2	2	0	0	0	443
Central	80	89	62	67	12	4	0	0	0	0	314
Others	1047	288	46	85	21	17	12	1	4	0	1521
Total	3699	1639	1581	2052	1011	1267	173	181	5	11	11619

(2) 曳船 現況

1988년 3월 現在 釜山港에 確保된 曳船 現況을 보면(Table 4-4)와 같다.

(Table 4-4) Present status of tug boat in PUSAN PORT

所屬 區分	船 名	총 톤수	馬 力	投入年月日	推進器型	航海區域
해운기술원 (5)	대룡 3호	295.5	3200	81.8	ZP[1]	평 수
	제 1 황용	235	2000	71.9	CPP[2]	평 수
	제 2 황용	235	2000	71.9	CPP	평 수
	제 12 청용	134	1100	79.11	ZP	연 해
	제 101 청용	90	1300	87.8	ZP	평 수
고려 예선 (3)	고려 1호	197	2600	79.10	ZP	연 해
	고려 2호	153	1500	81.5	ZP	평 수
	고려 3호	160	3200	87.9	ZP	연 해

선진 종합 (2)	선진 3호	205	2600	78.11	ZP	연 해 평 수
	선진 5호	157	1600	81.6	ZP	
협성 해운 (3)	등 백	270	3200	79.2	ZP	연 해 연 해 평 수
	모 란	145	2950	88.3	ZP	
	국 화	185	1500	81.6	ZP	
용호 선박 (2)	용 진	186	2600	86.9	ZP	연 해 연 해
	용 덕	275	3200	86.12	ZP	
계	15 척	2992.5	34550			

#### 4.2 시뮬레이션(Simulation)

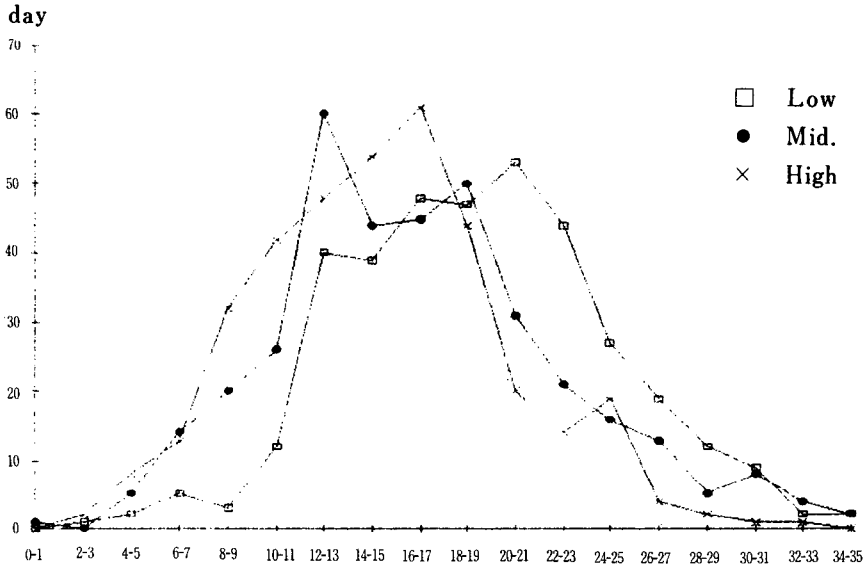
##### (1) 現行 釜山港의 曳船 運營 實態

1988年 3月 現在 釜山港에는 低馬力級(1,500BHP 以下) 曳船(Low Powered Tug Boat : Low) 2隻, 中馬力級(1,500~2,500BHP) 曳船(Mid. Powered Tug Boat : Mid) 5隻, 高馬力級(2,500 BHP 以上) 曳船(High Powered Tug Bot : High) 8隻이 확보되어 있으며, 入出港 船舶에 대하여 總톤수 5000톤 未滿의 船舶에는 低馬力級 曳船 1隻을 配定하고 總톤수 5,000톤 以上부터 總톤수 10,000톤까지는 低馬力級 曳船 1隻과 中馬力級 曳船 1隻을 配定하며 總톤수 10,000톤 以上부터 總톤수 20,000톤까지는 中馬力級 曳船 2隻을, 總톤수 20,000톤 以上부터 40,000톤까지는 總톤수 高馬力級 曳船 2隻을 總톤수 40,000톤부터 總톤수 70,000톤까지는 高馬力級 曳船 2隻과 中馬力級 曳船 1隻을 總톤수 70,000톤부터 總톤수 100,000톤까지는 高馬力級 曳船 3隻과 中馬力級 曳船 1隻을 그리고 總톤수 100,000톤 以上の 船舶에는 曳船을 配定하였고, 現 釜山港 曳船 서어비스의 總 所要時間 高馬力級 曳船 4隻을 配定하게 되어있다.

本 論文에서는 이 方法으로(Turn round time)이 60분 前後이므로 1회 曳船서어비스의 總 所要時間을 60분으로 하였으며, 現 釜山港에서는 各 埠頭에 같은 基準으로 出入港 時間과 船舶의 總톤수에 따라 曳船을 配定하므로 單 段階 多체널 시스템으로 하여 1987年 1년간 釜山 北港에 出入港한 船舶에 대하여 시계열데이터利用法으로 시뮬레이션 하였다.

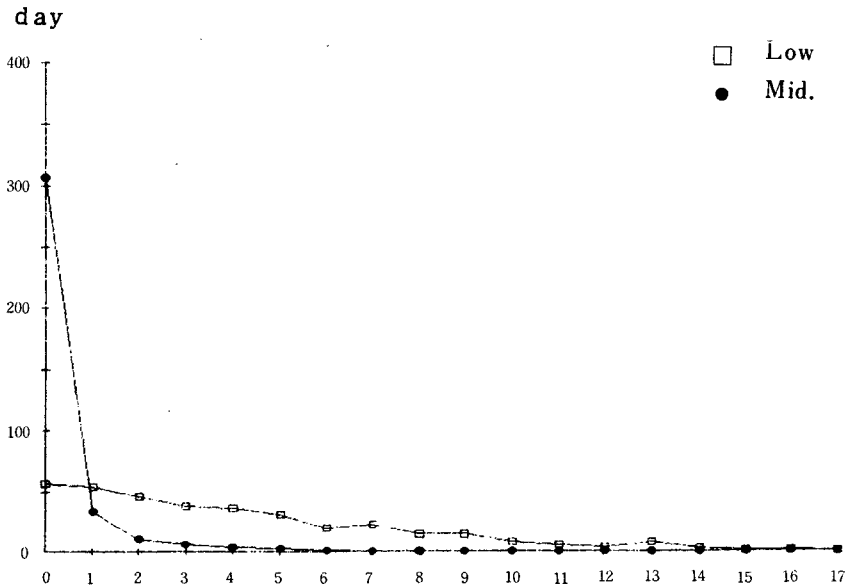
##### (2) 曳船의 配定

1) 總噸수 1000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定하여 시뮬레이션 할 경우 低馬力, 中馬力, 高馬力 曳船의 使用回數別 日數分布를 보면 <Fig. 4-1>과 같다.

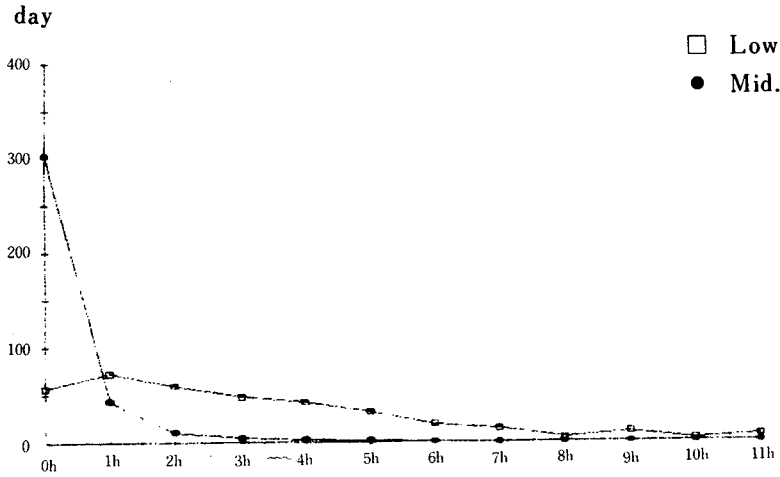


<Fig. 4-1> Distributions of tug boat served

이때, 低馬力, 中馬力, 高馬力 曳船이 不足하여 待期가 發生하는데, 그 待期 回數別 日數 및 待期時間 (分) 別 日數의 分布를 보면 <Fig. 4-2> (I), (II)와 같다.



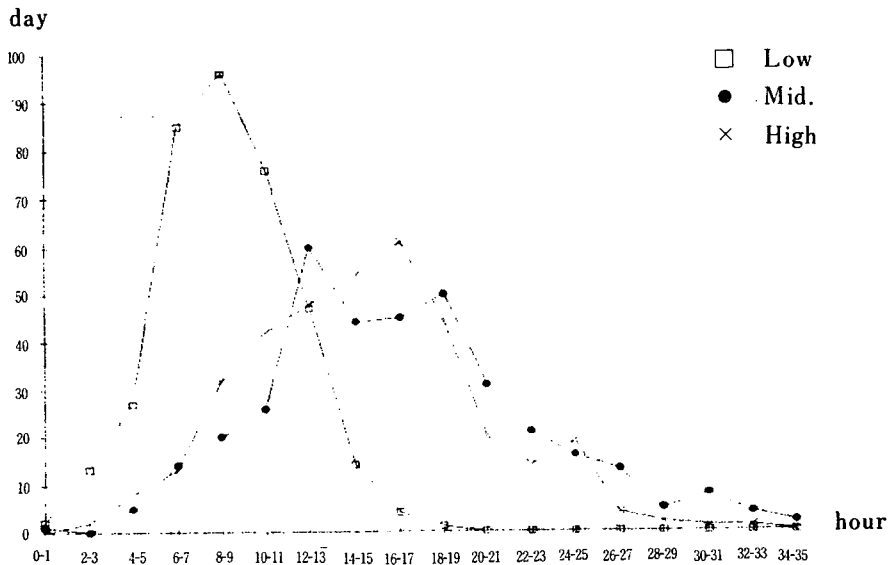
<Fig. 4-2> (I) Distributions of delay numbers per day



<Fig. 4-2> (II) Distributions of delay time per day

이 경우, 低馬力帶 曳船의 日別 平均使用回數는 19回, 待期시간은 180分, 待期回收는 4 회 이고 中馬力帶 曳船의 日別 平均使用回收는 17回, 待期時間은 10分이며 高馬力帶 曳船의 日別 平均使用回數는 15回, 待期는 없음을 알 수 있었다.

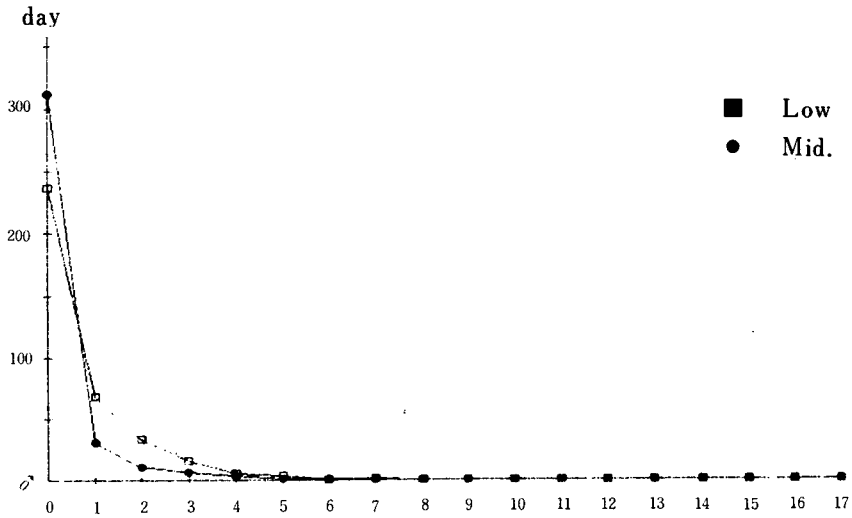
그러므로, 現 釜山港 曳船 중 低馬力 曳船 1隻의 日別 平均使用回數는 9.5回, 中馬力帶 曳船 1隻의 日別 平均使用回數는 3.4回, 高馬力帶 曳船 1척의 日別 平均使用回數는 1.9회 임도 알 수 있다.



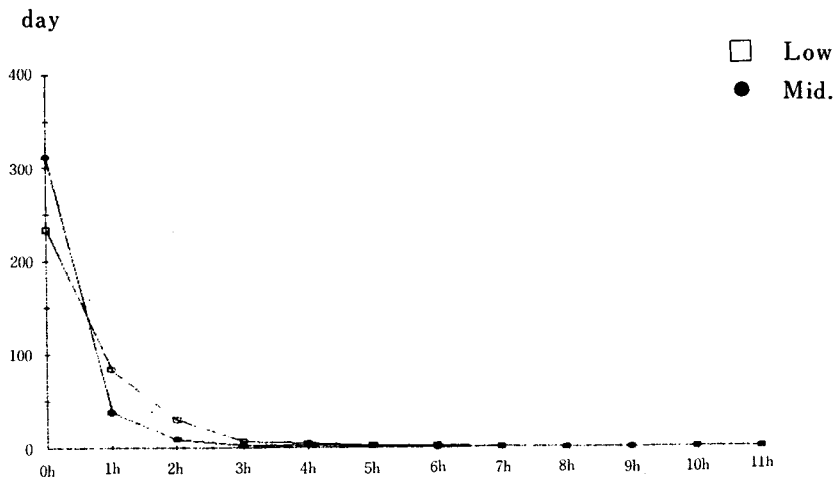
<Fig. 4-3> Distributions of tug boat numbers

2) 總噸수 3,000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定하여 시뮬레이션할 경우 低馬力, 中馬力, 高馬力 曳船의 使用回數別 日數分布를 보면<Fig 4-3>과 같다.

이때 低馬力, 中馬力, 高馬力 曳船이 不足하여 待期가 발생하는데, 그 日別 待期回收 및 待期時間(分)의 分布를 보면 <Fig. 4-4>(I), (II)와 같다.



<Fig. 4-4> (I) Distributions of delay numbers



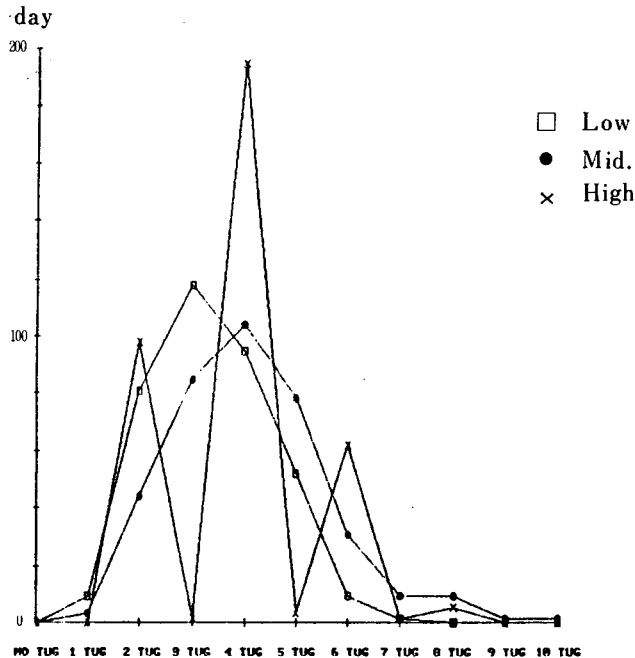
<Fig. 4-4> (II) Distributions of delay time

이 경우, 低馬力帶 曳船의 日別 平均使用回收는 9回, 待期時間은 23分이고 中馬力帶 曳船의 使用回收는 17回, 待期時間은 8分이며 高馬力帶 曳船의 使用回數는 15回, 待期는 없음을 알 수 있었다.

그러므로, 現 釜山港 曳船中 低馬力 曳船 1隻의 日別 平均使用回收는 4.5回, 待期時間은 23分이고 中馬力帶 1隻의 日別 平均使用回收는 3.4回, 待期時間은 8分이며 高馬力帶 曳船 1隻의 日別 平均使用回收는 1.9回임도 알 수 있었다.

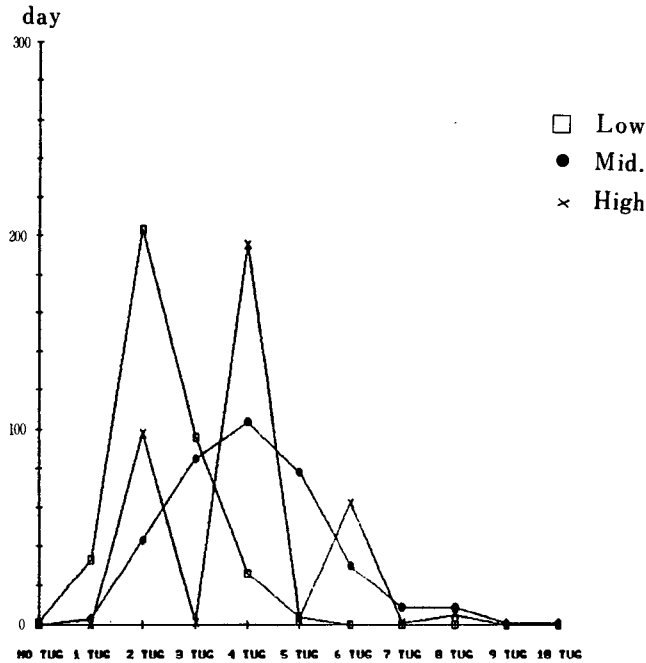
3) 다음으로, 몇척의 曳船이 確保되어 있어야 曳船 不足으로 인한 出入港 船舶의 待期가 發生하지 않을 수 있는가를 알아보기 위하여 일별로 시뮬레이션하면 총톤수 1000톤수 以上の 船舶에서부터 曳船을 配定할 境遇와 총톤수 3000톤 以上の 船舶에서부터 曳船을 配定할 境遇는 低馬力 曳船의 使用頻度가 달라지므로 確保되어야 할 低馬力 曳船數가 서로 다르지만 中馬力, 高馬力, 曳船에 있어서 총톤수 1000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定할 境遇와 총톤수 3000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定할 境遇는 確保되어야 할 曳船數가 서로 같음을 알 수 있다.

待期가 發生하지 않기 위한 각 曳船의 必要隻數別 日數分布를 보면<Fig. 4-5>(I), (II)와 같다.



<Fig. 4-5>(I) Distributions of the required tug boat numbers per day (G/T 1000 ton over)





〈Fig. 4-5〉(II) Distributions of the required tug boat numbers per day (G/T 3000 ton over)

여기서 待期가 發生되지 않기 위한 曳船 隻數중 最小限의 隻數는 총톤수 1000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定할 경우 低馬力 曳船의 平均必要隻數( $M_{LI}$ )은

$$M_{LI} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i f_i}{n} = 3.4 \text{ (척)}$$

여기서  $k$  = 階級區間의 數

$x_i$  =  $i$ 번째 階級區間의 階級 代表值

$f_i$  =  $i$ 번째 階級區間의 度數

총톤수 3000톤 以上の 船舶부터 曳船을 配定할 경우 低馬力曳船의 平均必要隻數( $M_{L2}$ ) = 2.3(척),

또한, 中馬力 曳船의 平均必要隻數( $M_M$ ) = 4.1(척),

高馬力 曳船의 平均必要隻數( $M_H$ )는 3.9(척), 이 된다.

그러므로 現 釜山港의 物動量을 처리하기 위하여 必要한 曳船의 平均 隻數는, 低馬力 曳船이

$[M_{L1}] + 1 = [3.4] + 1 = 4$ (척) 또는  $[M_{L2}] + 1 = [2.3] = 3$ (척)

中馬力 曳船이  $[M_M] + 1 = [4.1] + 1 = 5$ (척)

高馬力 曳船이  $[M_H] + 1 = [4.1] + 1 = 4$ (척) 임을 알 수 있었다.

#### 4.3 曳船의 適正規模 豫測

##### (1) 데이타의 分析

1978년부터 1987년까지 10年間 釜山港에 出入한 貨物 및 船復量을 年度別로 보이면 (Table 4-6)과 같다.

(Table 4-6) Trends of ship and cargo

YEAR	Ships	Gross ton (G/T)	Cargo (ton)	
			IN	OUT
1978	23,235	79,976,827	17,703,947	9,509,207
1979	23,618	97,482,276	18,271,299	9,692,337
1980	22,873	96,634,458	14,596,042	11,103,949
1981	24,697	110,001,465	16,522,522	13,193,514
1982	26,403	124,511,559	16,311,338	12,801,105
1983	27,868	142,079,222	17,503,341	14,003,928
1984	28,905	156,162,340	19,575,429	16,108,378
1985	30,364	170,380,624	20,369,861	17,039,345
1986	31,959	187,848,743	22,321,893	22,835,870
1987	35,176	216,094,952	25,977,446	28,094,958
TOTAL	275,098	1,381,172,466	165,773,418	154,382,591

10年 동안의 年度別 增加量이 入港貨物은 46.7%의 增加를 보였고 出港貨物은 무려 195.5%의 增加를 보였으며, 出入港 船舶의 總隻數는 51.4%의 增加를 보인 반면 總 噸數는 170.1%의 增加를 보여 入港 貨物보다는 出港 貨物이 보다 큰 폭으로 增加하였고 隻數에 비해서 噸數가 보다 큰 폭으로 增加하였음을 알 수 있었다.

다음으로, 船舶의 使用과 直接 關係가 있는 出入港 船舶隻數의 10年間 變動 추세를 噸數別로 區分하여 나타내면 (Table 4-7)과 같다.

(Table. 4-7) Trends of ship's number ('78~'87 PUSAN PORT)

G/T YEAR	500~3000	3000~5000	5000 ~10000	10000 ~20000	20000over	TOTAL
78	4845	1989	1053	1070	96	9053
79	4991	1977	964	1003	304	9239
80	4986	1303	859	997	482	8627
81	4875	1310	870	1241	608	8904
82	5055	1402	837	1449	734	9477
83	5399	1200	867	1596	954	10016
84	5438	1398	821	1557	1144	10358
85	5493	1279	1017	1857	1309	10955
86	5659	1612	1091	1661	1485	11508
87	6326	1525	1151	1656	1831	12489
TOTAL	53067	14995	9530	14087	8947	100626

曳船의 必要隻數를 豫測하기 위해서는 制限요소 즉 輸入항 船舶의 척수, 톤수, 수출입화물 의 물동량 등의 변동추세를 고려하여 종합적인 차원에서 決定하여야 하나, 그 하나하나가 대 단히 큰 과제이므로 다음에 고려하기로 하고 本 論文에서는 (Table 4-7)의 데이터를 使用 하여 向後 5年間 曳船의 隻數를 豫測하였다.

(2) 豫測

(Table 4-7)에서 보인 데이터는 年間 變動幅이 큰 편이므로 回歸分析法으로 推定할 境遇 留意水準을 滿足치 못 하였기 때문에 本 論文에서는 二重指數平滑法으로 推定하여 1992年까 지의 必要曳船規模를 豫測하였다.

이 方法에 따라 向後 5年間 變動量을 計算하여 나타내면 (Table 4-8)와 같다. (여기서 平滑정수는  $\alpha = 0.5$ 를 택하였음)

(Table 4-8) Estimated ship's number('88~'92 PUSAN PORT)

G/T YEAR	3,000~5,000	5,000 ~10,000	10,000 ~20,000	20,000 over	TOTAL
1988	1,579	1,207	1,720	2,003	6,509
1989	1,623	1,271	1,748	2,219	6,861
1990	1,663	1,334	1,776	2,435	7,208
1991	1,705	1,397	1,805	2,651	7,558
1992	1,747	1,461	1,833	2,867	7,908

低馬力曳船이 사용되는 總屯數 3,000~10,000屯 사이의 出入港船舶隻數는 5年後 19.9%, 中馬力曳船이 사용되는 總屯數 5,000屯 以上の 船舶隻數는 5年後 31.6%, 高馬力曳船이 사용되는 總屯數 20,000屯 以上の 船舶隻數는 5年後 52.9%씩 各各 增加하게 됨을 알 수 있다.

이에 따라, 1992년에 所要될 低馬力 曳船의 平均隻數( $E_{L1}$  or  $E_{L2}$ )는  $M_L$ 보다 19.9% 增加하나 平均隻數( $E_L$ )에는 變動이 없으므로

$$E_{L1} = M_{L1} = 3(\text{척}) \text{ 또는 } E_{L2} = M_{L2} = 4(\text{척})$$

中馬力 曳船의 平均隻數( $E_M$ )은  $M_M$ 보다 32.8% 增加하므로

$$\begin{aligned} E_M &= [M_M \cdot (1+0.328)] + 1 \\ &= [4.1 \times (1+0.328)] + 1 \\ &= 6(\text{척}) \end{aligned}$$

高馬力 曳船의 平均隻數( $E_H$ )는  $M_H$  56.6% 增加하므로

$$\begin{aligned} E_H &= [M_H \cdot (1+0.566)] + 1 \\ &= [3.9 \times (1+0.566)] + 1 \\ &= 7(\text{척}) \end{aligned}$$

임을 알 수 있었다.

#### 4. 4 曳船의 適正規模 決定 및 問題點 分析

現 釜山港에 있어 曳船서비스 중 待期가 發生되지 않기위한 低馬力曳船의 平均 必要隻數

는 總屯數 1,000屯 以上の 船舶에서부터 曳船을 配定할 境遇 4隻, 總屯數 3,000屯 以上の 船舶에서부터 曳船을 配定할 경우 3隻이고, 中馬力曳船의 平均 必要隻數는 5隻이며, 高馬力曳船의 平均 必要隻數는 4隻임을 알 수 있었다. 또한 5年後인 1992년에는 現 曳船의 必要 隻數에 比해서 低馬力曳船의 增加는 必要없으나 中馬力曳船은 1隻, 高馬力曳船은 3隻의 增加를 필요로 하므로 低馬力曳船의 平均隻數는 3 또는 4隻, 中馬力曳船의 平均隻數는 6隻, 高馬力曳船의 平均척수는 7隻씩 各各 必要함을 알 수 있었다.

또한, 各各의 標準偏差를 求하여 보면

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^k x_i f_i}{N} - \mu^2 \text{ (여기서 } N = \sum_{i=1}^k f_i \text{ } \mu \text{ : 평균)}$$

$$\sigma_{L1} = 1.1 \text{ (隻)}$$

$$\sigma_{L2} = 0.8 \text{ (隻)}$$

$$\sigma_M = 1.5 \text{ (隻)}$$

$$\sigma_H = 1.4 \text{ (隻)}$$

임을 알 수 있었으며

1年中 出入港 船舶의 待期가 한번도 發生하지 않기 위한 必要 曳船隻數는 低馬力曳船이 總屯數 1,000屯 以上인 船舶에서부터 曳船을 配定할 境遇 7隻, 總屯數 3,000屯 以上부터 曳船을 配定할 境遇 5隻이고, 中馬力曳船이 10隻이며 高馬力曳船이 8隻임을 알 수 있었다.

曳船의 適正規模는 曳船의 平均 必要隻數와 最大 必要隻數 사이에서 決定되지만 몇 隻의 曳船이 더 있어야 適正한가 하는 問題는 曳船 供給者 側의 費用-便益 分析과 曳船 使用者 側의 船舶待期로 인한 費用과의 Trade-off問題를 考慮하여 決定하여야 할 것이나, 可能하다면 曳船의 不足으로 因한 出入港 船舶의 待期, 특히 大型船의 待期가 發生되지 않도록 하여야 한다.

年度別 平均 曳船의 豫測量을 보면 (Table 4-9)과 같다.

(Table 4-9) Estimated tug boat number ('88~'92 PUSAN PORT)(unit:ship)

YEAR \ HP	1988	1989	1990	1991	1992
Low	3 or 4	3 or 4	3 or 4	3 or 4	3 or 4
Mid	5	5	5	6	6
High	5	5	6	6	7

여기서, Low : Low Powered tug boat

Mid : Mid Powered tug boat

High : High Powered tug boat

### 제 5 장    結    論

本 論文에서는, 港灣運送에 있어서 曳船시스템의 分析을 實施하여 港灣에 필요한 適正한 曳船의 規模를 決定하는 方法에 관하여 研究하였다.

出入港 船舶의 到着率 또는 船席 出發時間 間隔(Berth interdeparture time)이 特定 分布를 따르고, 船型 및 船舶의 크기가 同一할 경우 적정한 曳船의 規模는 解析의으로 計算이 可能하지만 實際 港灣의 曳船시스템을 考察하고 그 적정한 曳船規模를 決定하기 위해서는 시물레이션을 實施하는 것이 가장 効果的임을 알 수 있었다.

따라서 그 適用實例로 釜山港을 選擇하여 時系列데이터 利用法에 의한 시물레이션을 實施하였다. 이상을 요약하면,

1) 出入港 船舶의 총톤수에 따른 必要 曳船 馬力數를 결정하는 이론식을 유도하는 것은 대단히 복잡하고 어려운 문제이므로 유럽 3개 港과 일본 및 한국등에서 실제 사용되고 있는 데이터로 부터 다음과 같은 실험식을 誘導하였다.

$$Y = 9.96X^{0.6} + 569$$

(여기서, X : 선박의 총톤수(G/T), Y : 必要曳船馬力數(HP),  $3,000 \leq X \leq 100,000$ )

2) 現在 釜山港에서 運營中인 曳船은 低馬力(1,500 BHP以下)曳船이 2隻, 中馬力(1,500~2,500 BHP)曳船이 5隻, 高馬力(2,500 BHP 以上)曳船이 8隻인데, 釜山北港을 出入港하는 船舶이 曳船의 不足으로 因하여 待期해야 하는 경우가 없기 위한 必要 曳船平均 隻數는 低馬力曳船이 총톤수 1,000톤 以上의 船舶부터 船舶을 배정할 경우 4隻, 總톤수 3,000톤 以上의 船舶부터 曳船을 배정할 경우 3隻이므로 平均 2隻 또는 1隻이 不足하고, 中馬力 曳船이 5隻이 必要하므로 적정하며, 高馬力 曳船이 4隻이 必要하므로 평균 4隻이 過剩狀態임을 確認하였다.

3) 1992년까지는 出入港 船舶의 隻數增加에 따라 中馬力曳船 1隻을 1991末에 追加確保하여야 하고 高馬力曳船은 이미 確保된 8隻의 曳船이 있으므로 追加確保할 必要가 없음을 確認하였다.

그러나 公共寄與度 側面에서 본다면 出入港 船舶의 待期가 發生되지 않기위한 曳船의 平均 必要隻數와 最大必要隻數 사이의 適正 水準에서 最適必要 隻數가 決定되어야 할 것이다.

특히, 高馬力帶 曳船이 使用되는 船舶은 最小한 總톤수 20,000톤 以上의 大型船이어서 曳船의 不足으로 因한 船舶의 待期는 小型船에 비해 큰 損失을 招來하므로 가능한 한 充分한 曳船을 確保하여 大型船의 待期는 發生되지 않도록 하여야 한다.

이점은, 曳船 供給者와 使用者 그리고 港灣當局이 各各 利益, 經費 公共寄與度 등의 면에서 Trade-off 問題를 考慮하여 決定하여야 한다.

### 參 考 文 獻

- 1) J. Imakita : A Techno-Economic Analysis of the port transport system, Saxon house, p. 36-51, 1977.
- 2) 中島利雄 : 曳船操船 —そのテワニツワー, 海文堂, p. 2—4, p. 18—20, 1979.
- 3) 山縣俠一 : 曳船と その 使用法, 成山堂, p. 39—45, 1979.
- 4) 森村英興・大前義次 : 應用待ち行列理論, 日科持連, p. 24—37, 1979.
- 5) 李哲榮 : 시스템 工學概論, 文昌出版, p. 67—95, p. 151—160, 1981.
- 6) 林陽澤 : 統計學, 大英社, p. 398—433, 1986.
- 7) COMMITTEE ON PORT SAFETY, ENVIRONMENT AND CONSTRUCTION SUB-COMMITTEE ON SHIPS, IAPH : REPORT ON TRENDS IN SHIP

CHARACTERISTICS DEVELOPMENTS p. 4-8, 1987.

- 8) 해운항만청 : 曳船 運營 및 業務處理要領(해운항만청고시 제86-13호) 제 9 조, 7월 1986.
- 9) 해운항만청 : 해운항만청 통계연보, 1979-1988.
- 10) 부산지방해운항만청 : 부산항 출입항 기록부, 1987.