

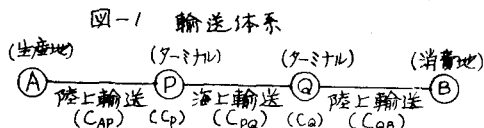
京都大学工学部	正員	工博	長	尾	義	三
京都大学工学部	正員		井	戸	奎	介
京都大学大学院	学生員		○	真	鍋	重
					遠	

[I] 港湾能力の定義

一般に港湾能力とは、ある期間に取扱う貨物・量をもってあらわされている。港湾計画に際しては、しばしば適正な港湾能力の算定が問題となる。

本研究では、単位期間において港湾の単位施設あたりの通過貨物量 / トンの経費が最小になるような取扱ひ貨物量をもって、適正能力とする。この理由はつぎのとおりである。

一般に図-1に示したA(生産地)からB(消費地)までの2点間の輸送費について考えると、A・B間の総輸送費 C_T は、つぎのようにあらわされる。



$$C_T = C_{AP} + C_P + C_{PQ} + C_Q + C_{QB} \quad \dots (1)$$

いま、 C_r をルート上の輸送費、 C_t をターミナルにおける費用とすると、(1)式はつぎのようにもあらわすことができる。

$$C_T = C_r + C_t \quad \dots (1')$$

(1')式において C_r が一定であると考えれば、 C_T を最小にするためには、ターミナルの費用 C_t を最小にすればよい。すなわち、港湾における経費を最小にする施設の能力が適正な能力として把握される。

[II] モデルの作成

貨物1トンあたりの経費に影響を与える要素としては、輸送体系である貨物の流動経費と、輸送機関である船舶等の経費が考えられる。これらは、1) 船舶の積荷量 2) 船舶の待ち時間 3) 貨物の待ち時間 等に影響される。この場合、船舶の経費が大きい比重を占めているので、本研究においては、特に船舶の待ち時間による貨物1トンあたりの損失費用のみをとりあげることとし、1) λ_1 : 1日あたりの小頭の平均入港隻数(隻/日) 2) μ_1 : 1日あたりの小頭の平均サービス(隻/日) 3) λ_2 : 1日あたりの船舶への平均到着貨物量(ト/日) 4) μ_2 : 1日あたりの船舶の平均荷役速度(%) 5) $\bar{t}_{w1}$: 1隻あたりの小頭における船舶の平均待ち時間(日) 6) $\bar{L}_{w2}$: エプロン上の貨物の平均待ち行列(ト/日) 7) B_1 : 入港船の1日あたりの損失費用(円/日) 8) A_1 : 1バースあたりの建設費補修費と、他の1日あたりの経費(円/日) 9) A_2 : 荷役機械の建設費補修費と、他の1日あたりの経費(円/日)とすれば、通過貨物1トンあたりの船舶関係の費用 C_1 は、

$$C_1 = B_1(\lambda_1 \bar{t}_{w1} + \rho_1) / \lambda_2 \quad \dots (2) \quad \text{となる。} \quad \text{ここに} \quad \rho_1 = \lambda_1 / \mu_1 \quad \text{である。} \quad \text{つぎに通過貨物}$$

物1トンあたりの岸壁関係の費用 C_2 は、 $C_2 = \lambda_2 / \mu_2 \quad \dots (3) \quad \text{とあらわすことができる。}$

同様に、荷役機械関係の費用 C_3 は、 $C_3 = \lambda_2 / \mu_2 \quad \dots (4) \quad \text{となる。}$

従来、研究から、 λ_1, λ_2 はポアソン分布に、 μ_1, μ_2 はアーラン分布にしたがうものと仮定することができる。したがって、 $\bar{t}_{w1}, \bar{L}_{w2}$ は次式によってあらわされる。

$$\bar{t}_{w1} = P_1 (\lambda_1 + 1) / 2 \lambda_1 \mu_1 (1 - P_1), \quad L \bar{w}_2 = P_2 (\lambda_2 + 1) / 2 \lambda_2 (1 - P_2) \quad \cdots \cdots (5)$$

ここに、 $P_2 = \lambda_2 / \mu_2$ であり、 λ_1, λ_2 はアーラン分布の相である。さらに $1/\mu_1$ は、

$1/\mu_1 = P_2/\lambda_1 + L \bar{w}_2/\lambda_1 + t_D \quad \cdots \cdots (6)$ とあらわすことができる。ここに t_D は、船舶の平均遊休日数である。また $C_t = C_t^* + C_t^{**}$ 　ここに C_t^* は貨物の流動、船舶の動態により変化する変動費(船費施設の償却費等) C_t^{**} は貨物の流動、船舶の動態により変じしない固定費(検査量等)とあらわされるので、 C_t を最小にするためには C_t^* を最小にすればよい。そして、

$C_t^* = C_1 + C_2 + C_3 = \{B_1(\lambda_1 \bar{t}_{w1} + P_1)\} / \lambda_2 + A_1/\lambda_2 + A_2/\lambda_2 \quad \cdots \cdots (7)$ となる。1隻あたりの平均取扱ひ貨物量は λ_1 であらわされるから、式(7)を λ_2 および μ_2 の関数として書きあらためると(8)式のようになる。

$$C_t^* = \frac{B_1 \lambda_2 (\lambda_1 + 1) \left\{ \frac{\lambda_2 + 1}{2 \lambda_2 (\mu_2 - \lambda_2)} + t_D \right\}^2}{2 \lambda_2 \left[1 - \lambda_2 \left\{ \frac{1}{\lambda_2} \left(1 + \frac{(\lambda_2 + 1)}{2 \lambda_2 (\mu_2 - \lambda_2)} \right) + \frac{t_D}{\lambda_2} \right\} \right]} + B_1 \left\{ \frac{1}{\mu_2} \left(1 + \frac{(\lambda_2 + 1)}{2 \lambda_2 (\mu_2 - \lambda_2)} \right) + \frac{t_D}{\lambda_2} \right\} + \frac{A_1}{\lambda_2} + \frac{A_2}{\lambda_2} \quad \cdots \cdots (8)$$

それゆえ問題は、(8)式において、 C_t^* を最小にするような λ_2 の値を求めることとなる。

(Ⅲ) 計 算 例

(8)式において、 $\lambda_1 = 2, \lambda_2 = 9, B_1 = 80$ 万円、 $A_1 = 24$ 万円と仮定した。また A_2 は、 μ_2 が 1200 トンまでは、本船ギアを含め、荷役機械の能力を1基5トン以上に考え、荷役速度の増すにしたがって、それに見合った荷役機械の能力、ギヤング数を増加させて算定した。さらに1隻あたりの平均積荷量 $\lambda_1 = 1000$ 度、3000 度、5000 度と荷役速度 $\mu_2 = 1200$ 度/日、2400 度/日、3600 度/日、4800 度/日、のレベルを与えたとき、そのレベルに対応した港湾の適正能力を算出するための計算図表を作成すると、図-2のとおりになった。このような費用曲線を書いておけば、 λ_1 と μ_2 の変化に対応して、 C_t^* が最小となるような適正貨物量を求めることができる。すなわち、1隻あたりの平均積荷量が一定のときには、荷役速度 μ_2 を速くすれば、トンあたりの経費は小さくなり、かつ年間能力は増加してゆく。現在1バースあたりの年間取扱ひ貨物量は約10~15万吨といわれているが、今日のような船舶の平均積荷量および、平均荷役速度では、図-2を見ても明らかなように、トンあたりの経費が非常に高くついている。1隻あたりの平均積荷量を大きくし、また平均荷役速度を速めていくことにより、1バースあたり25万吨を越すような大量の貨物を取扱い、かつ国民経済的にみて経費を少なくすることができるといふ傾向が定量的に明らかにされた。本研究においては、単純化したふ頭についてのモデルを作成したが、さらに貨物1トンあたりの費用に影響を与える船舶の積荷率等も考慮して、より実際に即したモデルを作成していき、さらに総合調整してターミナルとしての港湾施設の適正な計画の策定に指針を与え、あわせて輸送体系の改善に定量的な解釈を与えることができると考える。

