

技術報告

浦項綜合製鐵 專用港 擴張計劃을 위한 原料 運搬船의

크기 및 速度에 關한 小考

李 昶 燮*, 金 燾 喆*

要 約

本考는 浦項綜合製鐵 專用港의 擴張計劃에 따라서 原料 運搬船의 適正 크기 및 速度를 決定하기 위한 妥當性 調査·研究의 豫備作業이다.

먼저 그 基準으로 所要運賃率을 擇하여 船舶의 크기, 速度 및 相對方 原料積出港에 따라서 輸送費를 計算한 후에 그 結論으로 船舶의 大型化의 必要性을 보였으며, 이 計算結果를 土臺로 船舶의 大型化의 效果와 施設擴張에 投資되는 資金을 年次的으로 比較하여 現在 推進中에 있는 浦項綜合製鐵 專用港 擴張計劃을 檢討함으로써 船舶의 適正크기가 DWT 約 10 萬 ton 임을 보여준다.

또한 第2 綜合製鐵과의 關係도 考慮하여 原料備蓄基地와 같은 새로운 시스템에 대한 綜合的이고 細密한 檢討의 必要性을 보인다.

I. 序 論

浦項綜合製鐵의 規模擴張 및 第2 綜合製鐵의 建設로 鐵鑛石 및 原料炭의 需要가 急增하게 됨에 따라 尠大한 原料의 海上輸送, 確保 및 備蓄等 諸問題點이 發生하게 되는데, 이를 解決하기 위하여 原料備蓄基地와 같은 새로운 System(Central Terminal System: CTS)이 必要하게 된다.

本考는 이러한 System의 豫備調査로 浦項綜合製鐵의 規模擴張에 따르는 專用港 擴張計劃과 關聯하여 原料運搬船의 適正 크기 및 速度를 調査하기 위한 分析方法의 豫備作業이다.

即, 浦項綜合製鐵 專用港의 擴張에 所要되는 資金과 船舶의 大型化로 얻어지는 輸送費의 節減額 等を 比較檢討하기 위하여, 分析過程을 크게 2 部分으로 나누어 船舶의 크기 및 速度가 鐵鑛石 및 原料炭의 輸送費에 미치는 影響을 調査한 후에 이를 바탕으로 浦項綜合製鐵 擴張에 따른 專用港의 擴張計劃을 檢討하기로 한다.

資料의 不充分으로 油槽船 等の 資料를 使用하였으며 특히 相對方 港口의 施設等에 對한 資料의 不足으로 適當한 推定値를 使用했음을 밝혀두며, 本考를 바탕으로 좀 더 새롭고 詳實한 調査가 나오길 바란다.

II. 船舶의 크기 및 速度가 輸送費에 미치는 影響

1. 序 言

世界的으로 貨物의 輸送은 長距離化하고 있으며, 輸送

費의 節減策으로 모든 遠距離 大洋運搬船은 大型化 趨勢에 있다. 특히 油槽船 外에도 原料炭 및 鐵鑛石輸送船도 DWT 20 萬~30 萬 ton 級으로 大型化하고 있다. 여기에서는 船舶의 크기 및 速度가 輸送費에 미치는 影響을 考察함으로써 最適의 크기 및 速度를 求하기로 한다.

2. 經濟的 尺度

貨物의 輸送에 對한 經濟性을 判定하는 尺度로는 割引流通資金(Discounted Cash Flow; DCF), 年平均費用(Average Annual Cost; AAC), 資本回收率(Capital Recovery Factor; CRF), 所要運賃率(Required Freight Rate; RFR) 등 여러가지 있다[1].

이 中 所要運賃率(RFR, \$/ton)을 보면 投資한 資本에 對한 年間回收額과 年間運營費를 合한 것을 年間輸送貨物量으로 나눈 것으로 單位 ton의 貨物을 輸送하는데 最小限 必要한 運賃을 表示하게 되므로, 貨主가 直接的으로 負擔하게 되는 貨物 輸送費의 基準인 運賃率(Cargo Rate; \$/ton)에 1次的으로 對應하게 되어 그 概念이 理解하기 容易하고 計算하기 便利하므로 本考에서는 가장 適當한 船舶의 規模 및 速度를 判定하는 基準으로 所要運賃率을 擇하기로 한다. 이에 對한 公式는 다음과 같다[2].

$$RFR = \frac{CRF \times P - t(p/n) + Y}{C(1-t)}, \text{ \$/Ton}$$

여기에서,

RFR = 所要運賃率, \$/Ton

CRF = 資本回收率

- P = 船價, \$
- t = 所得稅率
- n = 豫想船舶壽命(資本回收年數)
- Y = 年間運營業, \$
- C = 年間輸送貨物量, Long Ton

本考에서는 船舶의 壽命을 25年, 年利率을 10%, 所得稅率을 48%로 假定하여 計算하였으며, 이 경우 複利表에 依해 $CRF=0.110$ 이 되므로 위 公式은 다음과 같이 變型되어 使用된다.

$$RFR = \frac{0.175 \times P - Y}{C}$$

3. 研究範圍

研究의 結果를 보다 더 信憑性있게 하기 위하여는 研究對象이 되는 모든 系列의 여러가지 條件들을 全部 考慮할 必要가 있다. 이를 크게 區分하여 보면 :

- ① 船型系: 載貨重量 및 이에 따른 排水重量, 基本值數, 肥瘠係數 等 諸係數 및 船型
- ② 推進系: 航海速度, 機關의 位置, 機關의 種類, 推進器數 및 推進效率
- ③ 環境系: 氣候條件, 港口 및 海上條件, 相對國 原料輸出港 選擇

그러나 廣大한 研究의 範圍를 좁히고, RFR의 計算을 簡素化 하기 위하여 위 條件中 가장 重要하리라고 생각되는 變數 DWT, 航海速度, 相對方 港口만을 擇하여 다음과 같이 그 範圍를 制限한다.

- ① DWT : 5萬, 10萬, 15萬 및 20萬 ton
- ② 航海速度 : 10, 12, 14, 16, 18 및 20 KTS

③ 原料輸出港 및 浦項과의 距離

가) 鐵鑛石 積出港

- a) Port Headland—3,700 海里
- b) Kiriburu —4,100 "
- c) South Afirca —9,000 "

나) 原料炭 積出港

- a) Brisbane —4,100 海里
- b) Sydney —4,600 "
- c) Hampton Roads—10,300 " (Panama 運河經由)

4. 所要運賃率 計算

이미 決定된 範圍內에서 分析의 經濟的 尺度가 되는 所要運賃率의 計算을 單純化하기 위하여는 많은 制限이 必要하게 된다.

다음의 그림 1은 複雜한 計算過程을 理解하기 쉽게 보인 Flow Chart이다. 最初의 Input는 航海速度, 航海範圍 및 DWT이며, 여기에서 排水重量, SHP를 이끌어내고 흐름方向을 따라 計算을 해 나감으로써 所要運賃率을 구할 수 있다.

附錄 1은 Flow Chart에 따라 計算한 結果의 一部를 보여주는 例로, 원료 및 港口에 따라 各各 計算된다.

5. 計算結果 分析

前節에서 說明된 方法에 의해 算出된 結果를 港口別로 여러 速度 값에 대하여 所要運賃率 對 DWT의 그림으로 보이기로 한다.

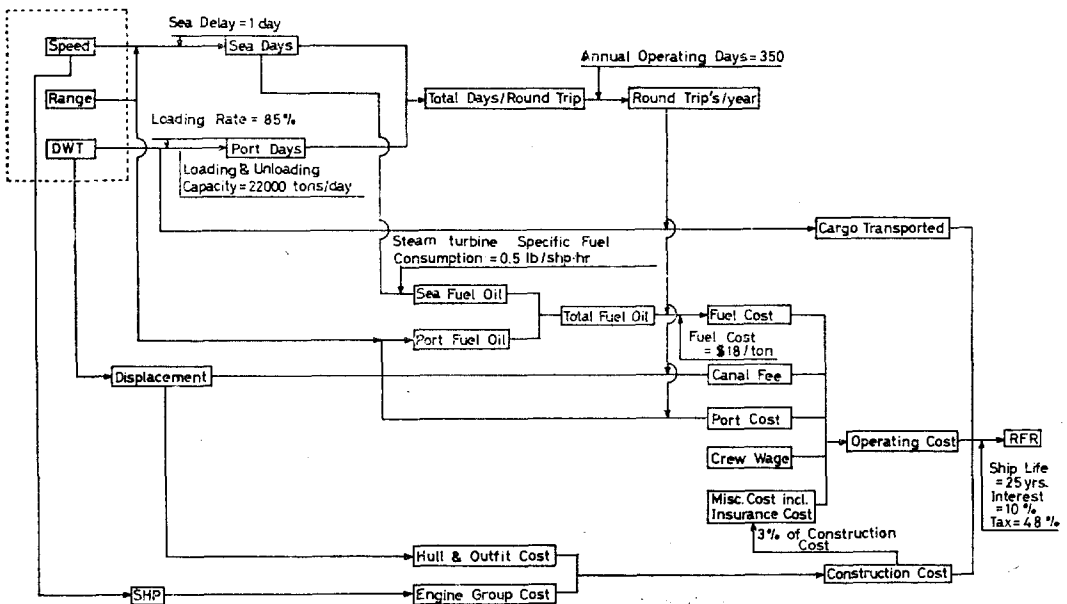


그림 1. Flow chart for RFR calculation

各 結果는 서로 비슷한 傾向을 갖고 있으므로 本考에서는 短距離인 Port Headland(그림 2-A 및 3-A)와 長距離인 Hampton Roads(그림 2-B 및 3-B)에 대한 結果만을 보이고 이에 對하여서만 分析을 하기로 한다.

即, 그림 2는 DWT를 橫軸으로 잡고 航海速度의 變化에 따른 所要運賃率을 縱軸에 Plot한 것이며, 그림 3은 航海速度를 橫軸으로, DWT의 增加에 따른 所要運賃率의 값을 縱軸에 Plot한 것이다.

그림 2에서 DWT가 10萬 ton에서 20萬 ton으로 增加할 때, 船速이 18~20 KTS로 高速化할수록 RFR이 높아지는 原因은 RFR을 求하는 公式에서 알 수 있듯이 年間 輸送貨物量은 增加하지만, 高出力에 依한 船價의 上昇 및 運營費의 上昇趨勢가 相對的으로 큰 때문이다. 即, 高速化는 이와같은 RFR面에서의 不利를 招來하게 되는데 輸送時間의 短縮이 切實하지 않은 鐵鑛石 및 原料炭 輸送船에서는 路線 競爭等 特殊한 環境의 制限條件이 없는 限 高速運輸을 避함으로써 낮은 RFR을 維持할 수 있다.

그림 3은 그림 2와 같은 內容이지만 所要運賃率과 速度를 兩軸으로 잡아 DWT의 增加에 따른 所要運賃率의 急激한 變化를 보여주기 위하여 다시 그린 것이다. 即, DWT가 커짐에 따라 RFR은 감소하게 되는데 이러한 現象도 低速에서는 成立하지만, 18 KTS 이상의 高速으로 가게 되면 船舶의 大型化에 依한 輸送費의 節約은 期待할 수 없게 된다.

그림 4는 대략 最小 RFR 값을 갖게 되는 航海速度 = 16 KTS일 때, 航路 길이 變化에 따라 船舶의 크기가 RFR에 어떠한 影響을 미치게 되는가를 보여 준다.

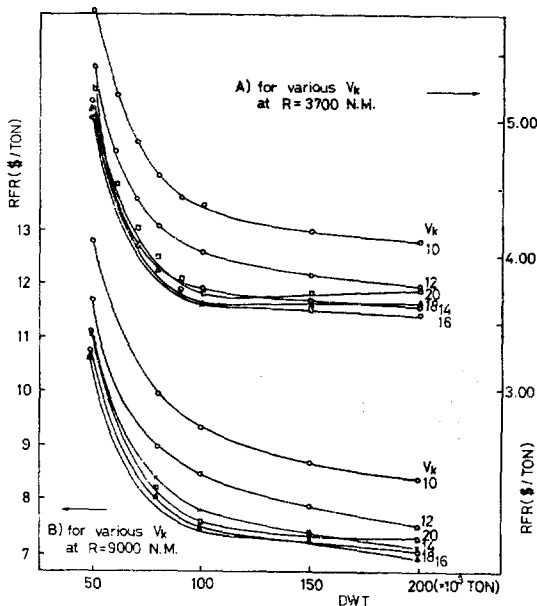


그림 2. RFR vs. DWT

그림 4에서 알 수 있듯이 近距離에서는 DWT가 10萬 ton에서 20萬 ton으로 增加해도 RFR은 약간 減少하지만(약 10%) 距離가 커지면 RFR의 減少는 뚜렷하게 나타난다(약 60%). 故로 政策의으로 原料供給地를 分散시키게 됨에 따라, 遠距離 輸送이 必然의이므로 輸送單價를 줄이기 위하여 船舶의 大型化는 不可避하게 된다.

6. 結 言

以上の 分析結果 最小 RFR은 20萬 DWT, 航海速度 16 KTS일 때 나타난다. 이것을 바꾸어 말하면 計算範圍中 最大船型에서 最小 RFR을 얻게 되는데 이는 이미 豫想되었던 結果로 船舶의 大型化로 RFR을 줄일 수 있다는 理論的 根據가 되며, 各 DWT別로도 航海範圍에 關係없이 速度(V_k)=16 KTS 近處에서 RFR이 最小가 되는데 이는 約 16 KTS가 가장 適當한 航海速度가 된다는 것을 意味한다.

위의 結果는 研究範圍의 縮小와는 별도로 港灣條件, 運河 等を 包含한 여러가지 制限條件을 考慮하지 않고 나온 最適值이다. 即, 港灣條件이라 함은 港口內·外의 水深, Berth의 能力, 揚下役 能力 및 施設, 潮水關係, 給油施設關係, 勞動人力 等を 말하며, 原料炭 輸送에서 考慮해야 할 Panama運河의 條件으로 幅, draft, 通過時間 等이 있다. 本章에서는 環境에 影響을 받지 않는 最適의 船型 및 航海速度를 求하는 것이 目的이므로 위의 制限條件을 考慮하지 않고 結果를 求하였지만 다음 章에서는 이러한 外的條件을 첨가해서

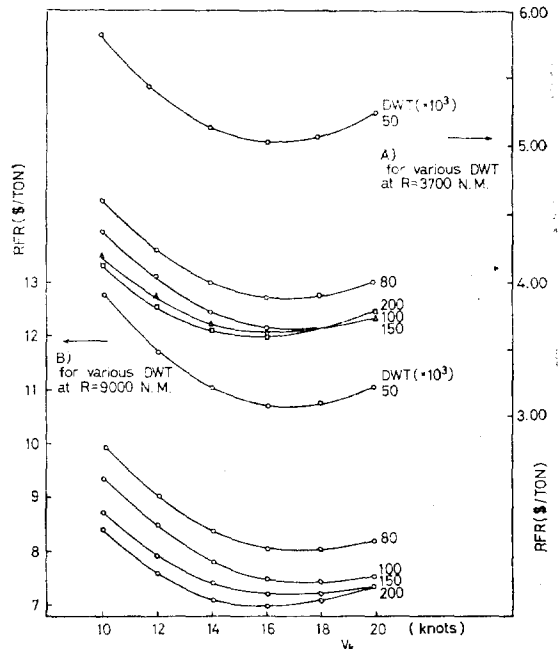


그림 3. RFR vs. V_k

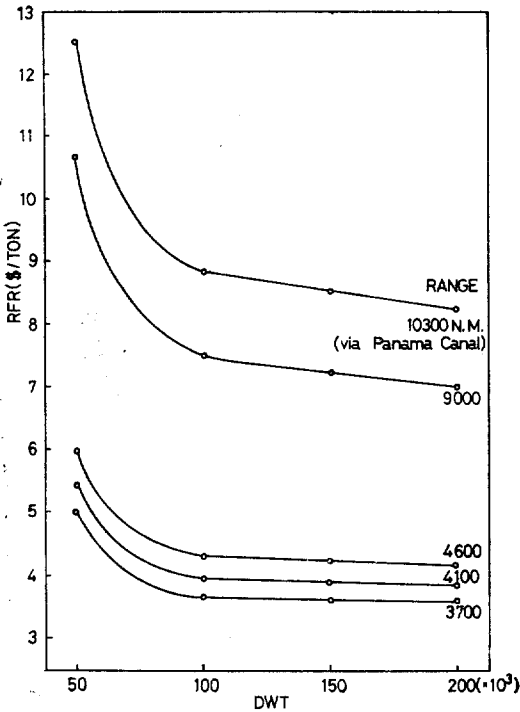


그림 4. Influence of ship size on RFR, for various Range at V_k=16

浦項綜合製鐵 專用港 擴張計劃의 妥當性 檢討에 임하기로 한다.

Ⅲ. 浦項綜合製鐵 港灣擴張計劃의 檢討

1. 序 言

現在 浦項綜合製鐵은 그 規模를 계속 擴張하여 1980 年度에는 組鋼基準 年 生産量 700 萬 ton 을 目標로 하고 있으며, 國際市場을 向하여 世界的 規模로 發展함에 따라 熾熱한 國際競爭에서 落伍하지 않고 世界市場에서 競爭力을 確保하기 위하여는 製品的 質의 向上은 勿論 生産價格의 切下가 切實히 要求되고 있다. 一般의 原料費用은 製品原價의 60~70%를 차지하며, 따라서 鐵鑛石 및 原料炭의 輸送費를 節減하기 위하여 船舶의 大型化에 依한 原價節減이 必要하게 되었다.

그러나 現在 浦項綜合製鐵의 專用港은 水深이 12.5 m 로 DWT 50,000 ton 級까지의 船舶만이 入港할 수 있어 大型船舶을 收容하기 위하여는 港口의 擴張이 거의 不可避하며 必然의 莫大한 資金이 드는 浚渫工 事가 큰 問題로 대두하게 된다. 따라서 經濟的으로 妥當性있는 水深을 決定하는 것이 重要한 課題가 된다.

이에 따라 本 章에서는 가장 適合한 船舶의 크기 및 主要值數를 算出해 냄으로써 이로부터 必要한 港內·

外 航路의 水深 및 幅을 決定하고, 船舶의 大型化로 節約될 費用과 港口의 擴張에 所要될 費用을 比較함으로써 浦項綜合製鐵 專用港 擴張計劃의 妥當性을 檢討하기로 한다.

2. 檢討基準

本 節에서는 浦項綜合製鐵의 生産規模, 浚渫의 基準值 및 港灣擴張에 所要되는 投資費에 대하여 알아보기로 한다.

가. 浦項綜合製鐵의 生産規模 및 專用港 擴張計劃

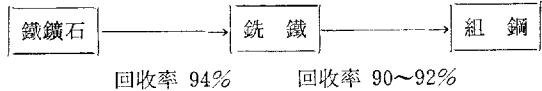
1) 浦項綜合製鐵의 擴張計劃:

浦項綜合製鐵의 3 次에 걸친 擴張計劃과 그에 따라 豫想되는 原料所要量은 表 1 과 같다.

表 1. 浦項綜合製鐵 擴張計劃 및 原料需要

| | 完工豫想日 | 規 模 (組鋼基準) | 鐵 鑛 石 | 原 料 炭 |
|-------|---------|---------------|------------|----------|
| 1 次計劃 | 73年 6月 | 100萬 ton | 190萬 ton | 73萬 ton |
| 2 次計劃 | 76年 6月 | 260萬 ton | 480萬 ton | 190萬 ton |
| 3 次計劃 | 80年 12月 | 700萬 ton | 1,300萬 ton | 510萬 ton |

위의 原料 所要量 算出根據는 다음과 같다.



銑鑛石의 Fe 含有濃度는 普通 62~64.5%이므로 平均 63%로 잡았으며, 原料炭은 浦項綜合製鐵의 基準을 따라 組鋼 500 萬 ton 에 對한 原料炭 365 萬 ton 을 基準으로 하였다[6].

$$\text{鐵鑛石 (ton)} = \frac{\text{組鋼 (ton)}}{0.91 \times 0.94 \times 0.63}$$

$$\text{原料炭 (ton)} = \frac{\text{組鋼 (ton)} \times 365}{500}$$

2) 浦項綜合製鐵 專用港 擴張計劃

現在의 港內水深은 12.5M 로 港內 出入이 可能한 最大船舶크기는 DWT 50,000 ton 級이며, 大型船舶의 接岸을 可能하게 하도록 擴張을 計劃하고 있다. 計劃中인 浚渫費 및 其他 費用等 擴張에 必要한 經費는 다음 表 2와 같이 推定되며[6], 이 값을 利用하여 그림 5의 推定值曲線을 얻은 다음에 推定值의 不正確性을 補完하기 위하여 그 값의 ±10%씩을 더하여 區間值를 推定值로 代用하기로 한다.

表 2. 港灣擴張 所要經費

| Berth Depth | 所要經費 |
|---------------------|--------------------|
| 12.5→14.5m 로 擴張한 경우 | : 140 億원 (35百萬弗) |
| 14.5→18m | : 310 億원 (77.5百萬弗) |

나. 所要水深

所要 浚渫水深 즉 Berth Depth는 各 DWT 別 吃水 에 0.5m 를 더하여 구한다.

表 3. DWT 別 吃水 및 Berth Depth

| DWT | 吃 水 | Berth Depth |
|---------|----------|-------------|
| 50,000 | 11.7 (m) | 12.2 (m) |
| 100,000 | 14.2 | 14.7 |
| 150,000 | 16.4 | 16.9 |
| 200,000 | 17.5 | 18.0 |

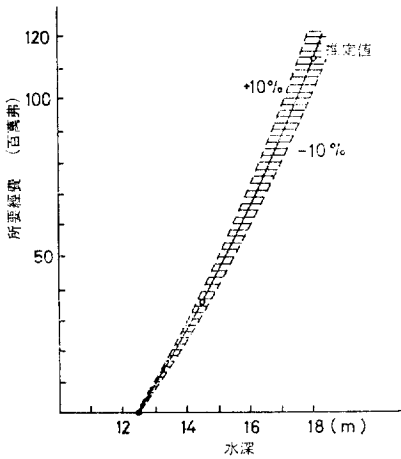


그림 5. 港灣擴張 所要經費 對 水深

3. 妥當性 檢討

浦項綜合製鐵 專用港의 擴張計劃을 檢討함에 있어 本考에서는 投資費와 輸送費의 比較, 綜合製鐵의 擴張計劃에 따른 船團規模問題, 將次 設立될 第2 綜合製鐵을 考慮한 새로운 輸送 System 과의 關係等에 檢討의 重點을 둔다.

가. 投資費와 輸送費의 比較檢討

1) 港灣擴張 投資費

港灣의 規模를 DWT 10, 15, 20 萬 ton 級으로 擴張할 경우 浚渫해야 할 Berth Depth 의 基準을 表3에서 얻고, 이에 對應하는 投資費는 그림 5에서 求하며 表4와 같다

表 4. DWT 別 Berth Depth 및 投資費

| DWT | Berth Depth (m) | 投資費(百萬弗) |
|---------|-----------------|----------|
| 100,000 | 14.7 | 38.5 |
| 150,000 | 16.9 | 85.5 |
| 200,000 | 18.0 | 112.5 |

表 4 를 利用하여 投資費의 年度別 累積額을 計算할 때 DWT 10 萬 ton 規模로 의 擴張은 75 年末까지 15 萬

또는 20 萬 ton 까지의 擴張은 77 年末까지 工事が 完了 되는 것으로 보았으며, 投資費를 年度別로 均一하게 配分하여 年 10%의 利子를 考慮하였다(表 5).

表 5. 港灣擴張 投資費의 年度別 累積額

(單位: 百萬弗)

| 擴張規模 | 年 | | | | | |
|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 |
| DWT | | | | | | |
| 5萬→10萬 | 19.3 | 40.4 | 44.5 | 48.9 | 53.8 | 59.2 |
| 5萬→15萬 | 21.4 | 44.9 | 70.8 | 99.2 | 109.1 | 120.0 |
| 5萬→20萬 | 28.1 | 59.1 | 93.1 | 130.5 | 143.6 | 157.9 |

| 擴張規模 | 年 | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 |
| 5萬→10萬 | 65.1 | 71.6 | 78.8 | 86.7 | 95.3 | 104.9 |
| 5萬→15萬 | 132.0 | 145.2 | 160.0 | 175.7 | 193.3 | 212.6 |
| 5萬→20萬 | 173.7 | 191.1 | 210.2 | 231.2 | 254.4 | 279.8 |

註) 投資費위의 (→)는 投資費의 分期期間을 表示한다.

위 表 5에 各 投資費에 ±10%씩을 더하여 새로운 投資費 範圍로 잡으며, 그림 7에서 船舶의 大型化에 의한 輸送費 節減額과 比較하기로 한다.

2) 輸送費 및 節減額

가) 年間輸送費

輸送費는 所要運賃率에 貨物量을 곱함으로써 求할 수 있다. 그러므로 浦項綜合製鐵의 1, 2, 3次 計劃에 따른 DWT 別 年間 原料輸送費는 表 1에 의하여 擴張計劃에 따른 原料需要量과 前章에서 求한 該當 DWT에서 가장 적은 所要運賃率 값을 서로 곱함으로써 計算할 수 있다.

이 計算을 위하여 現實情에 가장 알맞게 原料供給地 分散政策에 따라 鐵鑛石 및 原料炭을 各各 3個 港口

表 6. 船舶크기 別 年間原料輸送費

(單位: 百萬弗)

| 擴張計劃 (組鋼基準) | 船舶크기 (1,000 DWT ton) | 鐵鑛石 輸送費 | 原料炭 輸送費 | 合 計 |
|---------------|----------------------|---------|---------|-------|
| 1 次 (100萬ton) | 50 | 12.0 | 5.2 | 17.2 |
| | 100 | 8.6 | 3.7 | 12.3 |
| | 150 | 8.5 | 3.6 | 12.1 |
| | 200 | 8.3 | 3.5 | 11.8 |
| 2 次 (260萬ton) | 50 | 30.4 | 13.5 | 43.9 |
| | 100 | 21.8 | 9.6 | 31.4 |
| | 150 | 21.4 | 9.4 | 30.8 |
| | 200 | 21.0 | 9.2 | 30.2 |
| 3 次 (700萬ton) | 50 | 82.4 | 36.1 | 118.5 |
| | 100 | 59.1 | 25.9 | 85.0 |
| | 150 | 58.0 | 25.3 | 83.3 |
| | 200 | 56.9 | 24.7 | 81.6 |

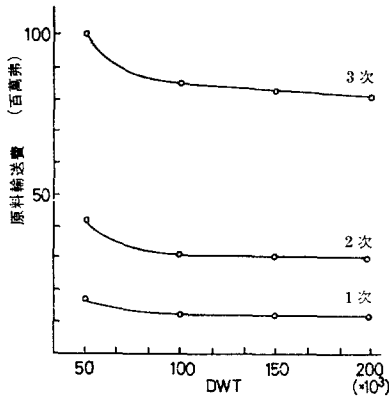


그림 6. 擴張計劃別 DWT 別 年間 原料輸送費

로부터 40, 40, 20%씩 調達하는 것으로 假定하고, 1개의 遠距離 港口를 包含시켰다. 이것을 計算機로 처리한 結果는 表 6과 같으며 그림 6은 輸送費 對 DWT의 關係를 보여준다.

그림 6에 依하면 浦項綜合製鐵의 規模를 擴張함에

따라 輸送費의 差異는 DWT의 增加와 함께 두드러지게 나타나며, DWT 10萬 ton을 前後하여 5萬 ton에서 10萬 ton으로 大型化할 경우에 輸送費가 急激히 減少하며 10萬 ton에서 20萬 ton으로 大型化할 때에는 그 傾向이 완만해짐을 보아 原料運搬船의 크기가 最小限 10萬 ton까지는 大型化될 必要가 있음을 알 수 있게 된다.

나) 輸送費 節減額

港灣의 擴張에 따라 船舶을 大型化함으로써 節減될 年間 輸送費는 表 7과 같으며(表 6에서) 年度別 累積 額은 다음 表 8과 같다.

表 7. 船舶의 大型化에 의한 輸送費 節減額 (單位: 百萬元)

| 배의 크기 | 擴張計劃 | | |
|--------|------|------|------|
| | 1 次 | 2 次 | 3 次 |
| DWT | | | |
| 5萬→10萬 | 4.9 | 12.5 | 33.5 |
| 5萬→15萬 | 5.1 | 13.1 | 35.2 |
| 5萬→20萬 | 5.4 | 13.7 | 36.9 |

表 8. 船舶의 大型化에 의한 輸送費 節減額의 年度別 累積額

(年末基準, 單位: 百萬元)

| 배의 크기 | 年 | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------|---------|------|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | |
| DWT | DWT 10萬 ton 船舶 | | | | | | | | | | | |
| 5萬→10萬 | | 4.9 | 10.3 | 23.8 | 38.7 | 55.1 | 94.1 | 137.0 | 184.2 | 236.1 | 293.2 | |
| 5萬→15萬 | | 10萬 ton | | 15萬 ton 船舶 | | | | | | | | |
| | | 4.9 | 10.3 | 24.4 | 40.0 | 57.1 | 98.0 | 143.0 | 192.5 | 246.9 | 306.8 | |
| 5萬→20萬 | | 10萬 ton | | 20萬 ton 船舶 | | | | | | | | |
| | | 4.9 | 10.3 | 25.0 | 41.2 | 59.1 | 101.9 | 148.9 | 200.7 | 257.7 | 320.4 | |

註) ① (←→) 위의 숫자는 最大 運搬船을 표시한다.

② '78, '81年은 各各 2次, 3次 施設擴張計劃 完了에 의한 正常稼動年度이다.

③ 年 10%의 利子를 考慮하였다.

3) 投資費와 輸送費 節減額의 比較

앞에서 說明된 港灣擴張에 所要되는 投資費와 船舶의 大型化에 의한 輸送費節減額을 年度別로 比較하기로 한다.

그림 7은 表 8에 依하여 船舶의 大型化에 依한 輸送費 節減額 曲線을 plot 한 후, 表 5의 投資費에 ±10%씩 加하여 誤差의 限界를 줌으로써 구한 投資費 範圍값을 함께 plot 한 것이며, 이 그림을 利用하여 投資效果를 檢討하기로 한다.

그림 7에서 輸送費 節減額 曲線을 보면 5萬 ton에서 10萬 ton으로 船舶을 大型化할 경우에 비하여 15萬 내지 20萬 ton으로 大型化하여도 大型化의 效果는 별로 나타나지 않고 있다. 實際로 85年을 例로 들어보면, 배의 크기를 DWT 5萬 ton에서 10萬 ton으로 大型化할 때 約 2億 9,300萬 弗, 15萬 ton으로 大型化

할 때 3億 700萬 弗, 20萬 ton으로 할 때 3億 2,000萬 弗로, 5萬 ton에서 10萬 ton으로 大型化함으로써 約 3億 弗이 節約되는데 비하여 10萬 ton以後에는 每 5萬 DWT마다 約 1400萬 弗이 節約되는데 이는 서로 比較도 되지 않는 숫자이다.

反면에 港灣擴張에 所要되는 經費는 85年을 基準하여 볼 때 5萬 ton에서 10萬 ton까지의 擴張에는 1億 500萬 弗, 15萬 ton까지에는 2億 1300萬 弗, 20萬 ton까지는 2億 8000萬 弗로 DWT와 거의 比例하여 增加한다.

여기서 10萬 ton까지의 擴張은 81년까지면 投資費를 모두 回收하는 效果를 가져오지만, 15萬~20萬 ton까지의 擴張은 84~85년까지 가야되므로, 莫大한 資金의 動員이 困難한 現實情을 참작하면 船舶의 大型化 限界는 10萬 ton이 適當한 것으로 나타난다.

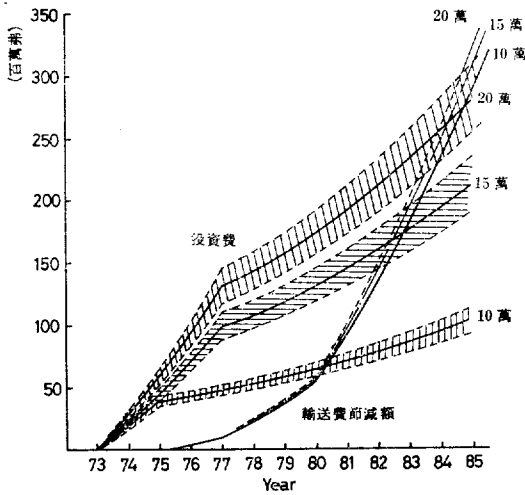


그림 7. 港灣擴張 投資費와 輸送費 節減額의 比較

나. 船團規模

浦項綜合製鐵의 擴張으로 鐵鑛石 및 原料炭의 輸送에는 必然的으로 많은 배가 必要하게 된다.

附錄 3은 組鋼基準 700萬 ton으로 擴張이 完了된 후 鐵鑛石을 3個의 積出港으로부터 原料를 輸入할 경우 DWT 및 速度別로 所要되는 船舶의 隻數를 보여주는 Output 例로 最小限의 船團規模를 보여준다.

例를 들면 鐵鑛石을 Port Headland, Kiriburu 및 南 Africa에서 全所要量의 40%, 40%, 20%씩을 輸入하는데, 그 때의 배의 크기를 DWT 10萬 ton으로 하고 배의 速度를 16 KTS로 하면 所要船舶隻數는 4.6+4.9+4.7=14.2로 約 15隻이 必要하게 된다. 마찬가지로 原料炭의 경우에도 Brisbane, Sydney 및 Hampton Roads로부터 40, 40, 20%씩 輸入할 경우 約 7隻이 必要하게 되는데, 組鋼基準 700萬 ton 規模인 浦項綜合製鐵의 原料를 輸送하기 위하여 적어도 DWT 10萬 ton 級 船舶이 22隻 必要하게 되는 셈이다.

같은 方法으로 DWT 5萬, 15萬, 20萬 ton 級 船舶에 對하여 船團의 規模를 計算하고, 前章의 RFR 計算中에서 船價를 求하여 船團을 갖추는데 必要한 資金을 求하면 表 9 및 그림 8과 같다.

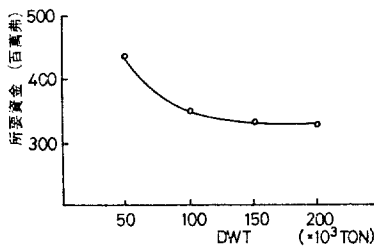


그림 8. DWT 別 船團構成 所要資金

表 9. DWT 別 船團을 構成하는데 所要되는 資金

| DWT(千 ton) | 船價(百萬弗) | 배의 隻數 | 所要資金(百萬弗) |
|------------|---------|-------|-----------|
| 50 | 11.2 | 39 | 437 |
| 100 | 15.8 | 22 | 348 |
| 150 | 22.0 | 15 | 330 |
| 200 | 27.3 | 12 | 328 |

註) Multiple ship cost reduction 을 考慮하지 않음.

그림 8에서 배의 크기를 DWT 5萬 ton에서 10萬 ton으로 增加시킬 경우에 船團을 갖추는데 必要한 資金이 急激히 減少함을 볼 수 있다. 그러나 10萬 ton以後에는 그 경향이 별로 나타나지 않는데 이로 미루어 最小限 10萬 ton까지 船舶의 크기를 增加시킬 必要가 있음을 알 수 있다.

다. 第2綜合製鐵을 考慮한 檢討

現在 洛東江 河口 等 여러 候補地에 對하여 그 設立이 檢討되고 있는 第2綜合製鐵은 初期 設備容量 組鋼基準 500萬 ton에서 1983년에는 年產 1,000萬 ton을 最終目標로 하고 있다.

이에 따라 國內의 年間 總組鋼生產量은 2000萬 ton으로 늘어나(表 10), 龐大한 鐵鑛石 및 原料炭의 輸送 確保 및 貯藏의 問題가 대두되는데, 이미 言及한 方法에 의해 概算하여 보면 船團의 所要 船舶隻數가 DWT 10萬 ton 級 船舶이면 約 70隻이 된다. 鐵鑛石 및 原料炭단의 輸送手段으로 70隻이단 대단히 큰 숫자로 莫大한 輸送費를 節減하기 위하여 船舶을 DWT 30萬 ton 또는 그 以上으로 大型化한 必要가 있게 된다. 即다음에 言及한 原料備蓄基地와 같은 原料 輸送 및 備蓄을 위한 새로운 System의 導入이 必然的이다. 더우기 現在 浦項綜合製鐵의 경우 年間 生產規模가 組鋼基準 700萬 ton이 限界가 되고 있으며, 專用港 또한 岩 浚濬 等 여러 難點으로 擴張이 限界點에 달해 더 以上 DWT의 增加가 不可能한 形편이다.

알려진 바에 의하면 第2綜合製鐵의 第1候補地 洛東江 河口는 30萬 ton 級 船舶의 接岸施設이 可能한 것으로 나타나 있는데, 이 施設을 效果의으로 活用함으로써 새로운 輸送 System의 適用, 運營이 可能하리라고 본다.

表 10. 國內製鐵所 生產規模(組鋼基準)

| | (83年末基準, 計劃) | |
|--------|--------------|--|
| | 年 生產量(ton) | |
| 既存製鐵所 | 290萬 | |
| 浦項綜合製鐵 | 700萬 | |
| 第2綜合製鐵 | 1,000萬 | |
| 合計 | 1,990萬 | |

따라서 浦項綜合製鐵의 現在の 條件을 따르고 原料 備蓄基地 等과 같은 새로운 System 과의 施設重疊을 避하기 위하여 港灣의 擴張은 再考되어야 한다.

4. 結 言

以上の 檢討를 綜合하여 보면 船舶의 大型化에 依한 輸送費節減의 效果가 10萬 ton 以後에는 別로 나타나지 않고, 原料運搬船을 完全히 確保하기 위하여 初期에 必要한 船舶購入資金이 배의 크기를 5萬 ton 에서 10萬 ton 으로 大型化할 경우에는 두드러지나 10萬 ton 以後에는 無視할 만큼 減少하는 反面에 大型화된 船舶을 收容하기 위하여 必要한 港灣擴張 所要資金은 10萬 ton 이후에도 增加趨勢가 變함이 없음을 알 수 있다.

即 大型船舶의 船價를 좀 더 싸게하여 大船團의 確保에 所要되는 資金을 더욱 줄이고, 原料運搬船의 大型化에 依한 效果를 늘이도록 하며, 港灣의 擴張資金을 節減하는 조치가 先行되지 않는 限 原料運搬船의 大型化는 困難하다.

以上の 檢討結果 原料運搬船의 適正크기는 DWT 10萬 ton 이며, 이때의 Berth Depth는 14.7m, 港灣擴張 所要資金은 38,500,000 弗이 되고, 約 22隻의 船舶이 必要하다.

IV. 原料備蓄基地

本考에서는 原料備蓄基地 System(Central Terminal System: CTS)의 必要성과 이에 依한 原料의 輸送方法에 對하여 簡單히 說明하고자 한다.

1. 必要性

第2綜合製鐵의 設立, 擴張으로 83年度에는 國內 粗鋼生產規模가 年產 2,000萬 ton 으로 늘어나며, 이에 따라 尙대한 鐵鑛石 및 原料炭의 輸送問題가 대두하는데, 船舶을 大型化함으로써 莫대한 輸送費를 節減할 必要性이 생긴다. 이에 따라 모든 製鐵工場이 各各 30萬 ton級 船舶의 接岸施設을 保有하려던 莫대한 施設費用이 所要되는데 이러한 施設을 한곳에 集中시킴으로써 施設費를 節約하고, 不安定한 國際政勢에 對備하여 製鐵工場의 安定된 運營을 보장하도록 原料를 確保·備蓄할 基地가 必要하게 된다.

2. 輸送 System

原料備蓄基地 System에 依한 輸送이란 深海大洋輸送과 國內沿岸輸送으로 나누어지며, 鐵鑛石 및 原料炭을 原產地 港口로부터 原料備蓄基地까지 20萬~30萬 ton級 超大型船으로 運搬하고 다시 各 製鐵所 專用港

까지 4萬 ton 程度의 Barge 로 運搬하는 輸送方式을 말한다.

이와 같은 輸送方式은 이미 美國 東部の Delaware Transfer Terminal에서 採擇되고 있다[5].

綜合 및 建議

浦項綜合製鐵의 原料 輸送에 가장 適當한 배의 크기는 DWT 約 10萬 ton이다. 이에 對應하는 Berth Depth는 14.7m로 港灣擴張에 所要되는 推定投資費는 3,850萬弗이 될 것으로 豫想되며, 原料運搬船團의 規模는 約 22隻이 된다.

建 議

浦項綜合製鐵 專用港의 施設擴張은 第2綜合製鐵과 함께 學國的인 觀點에서 檢討되어야 한다.

즉, 이제까지의 原料產地와 製鐵所間의 直接的인 輸送方式에서 脫皮하여, 施設費 및 輸送費의 節減方案으로, 또한 原料의 確保 및 備蓄問題의 解決을 模索하기 위한 새로운 輸送方式으로 原料備蓄基地 System에 對한 妥當性調查가 實現되어야 한다.

後 記

本考를 작성하는데 있어, 所要運貨率, 輸送費 및 所要船舶隻數 計算을 위하여 KIST의 電子計算機(Cyber 72-14)를 使用함으로써 尙대한 計算量을 容易하게 처리할 수 있었고, 紙面關係上 Program 內容을 생략하기로 하며, Output Sample만 보이기로 한다.

附錄은 RFR 計算, 輸送費計算 및 船團規模計算의 Output Sample을 보인다.

參 考 文 獻

- [1] Harry Benford, "Fundamentals of Ship Design Economics," Univ. of Michigan, 1970.
- [2] Harry Benford, "Current Trends in the Design of Iron-Ore Ships," Advance Copy No. 2, SNAME, 1962, p. 3.
- [3] Roger P. Johnson and Henry P. Rumble, "Weight, Cost and Design Characteristics of Tankers and Dry Cargo Ships," Trans. SNAME, Vol. 2, 1965, pp. 148-173.
- [4] Harry Benford, "Ocean Ore-Carrier Economics and Preliminary Design," Advance Copy No. 5, SNAME, 1958.
- [5] "Shipping World and Shipbuilder," vol. 164, No. 3589, July 1971, p. 776.
- [6] 浦項綜合製鐵資料
- [7] 第2綜合製鐵資料

附錄 1. RFR FOR IRON-ORE TRANSPORTATION

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) | (12) | (13) | (14) | (15) | (16) | (17) | (18) | (19) | (20) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| VK | SHP | P | SD | PD | TD | YRT | C | SFO | PFO | TFO | YFO | PC | YPC | YFOC | YMIS | YCW | YCF | Y | RFR |
| | E3 | E6 | | | | | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 |

(1) DEADWEIGHT=50000. TONS, TOTAL DISPLACEMENT=69000. TONS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|----|-----|------|------|-----|----|-----|-----|----|------|------|------|------|----|-------|------|
| 10. | 4. | 9.9 | 32. | 4. | 36. | 9.8 | 416. | .6 | .1 | .7 | 7. | 8. | 74. | 124. | 296. | 200. | 0. | 694. | 5.82 |
| 12. | 6. | 10.4 | 27. | 4. | 31. | 11.4 | 486. | .9 | .1 | 1.0 | 11. | 8. | 86. | 204. | 312. | 200. | 0. | 802. | 5.40 |
| 14. | 11. | 10.8 | 23. | 4. | 27. | 13.0 | 552. | 1.3 | .1 | 1.4 | 18. | 8. | 98. | 330. | 323. | 200. | 0. | 951. | 5.14 |
| 16. | 16. | 11.2 | 20. | 4. | 24. | 14.5 | 615. | 1.8 | .1 | 1.9 | 27. | 8. | 109. | 488. | 336. | 200. | 0. | 1133. | 5.03 |
| 18. | 24. | 11.7 | 18. | 4. | 22. | 15.9 | 674. | 2.4 | .1 | 2.4 | 39. | 8. | 119. | 699. | 352. | 200. | 0. | 1371. | 5.08 |
| 20. | 35. | 12.3 | 16. | 4. | 20. | 17.2 | 731. | 3.1 | .1 | 3.2 | 55. | 8. | 129. | 982. | 370. | 200. | 0. | 1682. | 5.26 |

(2) DEADWEIGHT=100000. TONS, TOTAL DISPLACEMENT=128500. TONS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|-----|-----|-----|------|-------|------|------|----|-------|------|
| 10. | 6. | 14.5 | 32. | 6. | 38. | 9.3 | 789. | .9 | .1 | 1.0 | 10. | 12. | 114. | 175. | 436. | 200. | 0. | 924. | 4.39 |
| 12. | 10. | 15.0 | 27. | 6. | 33. | 10.8 | 914. | 1.4 | .1 | 1.5 | 16. | 12. | 132. | 284. | 450. | 200. | 0. | 1066. | 4.04 |
| 14. | 13. | 15.4 | 23. | 6. | 29. | 12.1 | 1030. | 1.7 | .1 | 1.8 | 21. | 12. | 149. | 382. | 461. | 200. | 0. | 1193. | 3.77 |
| 16. | 20. | 15.8 | 20. | 6. | 26. | 13.4 | 1138. | 2.2 | .1 | 2.3 | 31. | 12. | 164. | 557. | 475. | 200. | 0. | 1397. | 3.66 |
| 18. | 30. | 16.4 | 18. | 6. | 24. | 14.6 | 1240. | 2.9 | .1 | 3.0 | 44. | 12. | 179. | 797. | 493. | 200. | 0. | 1670. | 3.67 |
| 20. | 43. | 17.0 | 16. | 6. | 22. | 15.7 | 1335. | 3.8 | .1 | 3.9 | 62. | 12. | 193. | 1114. | 510. | 200. | 0. | 2017. | 3.74 |

(3) DEADWEIGHT=150000. TONS, TOTAL DISPLACEMENT=200000. TONS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|----|-----|------|-------|-----|----|-----|-----|-----|------|-------|------|------|----|-------|------|
| 10. | 8. | 20.2 | 32. | 8. | 40. | 8.8 | 1126. | 1.3 | .1 | 1.4 | 13. | 18. | 159. | 226. | 605. | 200. | 0. | 1189. | 4.19 |
| 12. | 13. | 20.8 | 27. | 8. | 34. | 10.1 | 1294. | 1.9 | .1 | 2.0 | 20. | 18. | 183. | 366. | 624. | 200. | 0. | 1373. | 3.87 |
| 14. | 21. | 21.4 | 23. | 8. | 31. | 11.4 | 1448. | 2.6 | .1 | 2.7 | 31. | 18. | 204. | 560. | 642. | 200. | 0. | 1606. | 3.69 |
| 16. | 33. | 22.0 | 20. | 8. | 28. | 12.5 | 1590. | 3.6 | .1 | 3.7 | 46. | 18. | 224. | 828. | 661. | 200. | 0. | 1913. | 3.63 |
| 18. | 50. | 22.7 | 18. | 8. | 26. | 13.5 | 1721. | 4.9 | .1 | 5.0 | 68. | 18. | 243. | 1221. | 682. | 200. | 0. | 2347. | 3.68 |
| 20. | 70. | 23.4 | 16. | 8. | 24. | 14.5 | 1843. | 6.2 | .1 | 6.3 | 92. | 18. | 260. | 1648. | 701. | 200. | 0. | 2810. | 3.74 |

(4) DEADWEIGHT=200000. TONS, TOTAL DISPLACEMENT=255000. TONS

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|-----|-----|-----|------|-------|-----|----|-----|------|-----|------|-------|------|------|----|-------|------|
| 10. | 11. | 25.4 | 32. | 10. | 42. | 8.4 | 1432. | 1.9 | .1 | 2.0 | 17. | 22. | 189. | 309. | 763. | 200. | 0. | 1461. | 4.13 |
| 12. | 18. | 25.9 | 27. | 10. | 36. | 9.6 | 1634. | 2.6 | .1 | 2.7 | 26. | 22. | 215. | 475. | 778. | 200. | 0. | 1668. | 3.80 |
| 14. | 29. | 26.6 | 23. | 10. | 33. | 10.7 | 1817. | 3.6 | .1 | 3.8 | 40. | 22. | 239. | 722. | 798. | 200. | 0. | 1960. | 3.64 |
| 16. | 45. | 27.3 | 20. | 10. | 30. | 11.7 | 1983. | 4.9 | .1 | 5.1 | 59. | 22. | 261. | 1066. | 820. | 200. | 0. | 2347. | 3.59 |
| 18. | 70. | 28.2 | 18. | 10. | 28. | 12.6 | 2136. | 6.9 | .1 | 7.0 | 88. | 22. | 281. | 1584. | 846. | 200. | 0. | 2911. | 3.67 |
| 20. | 100. | 29.0 | 16. | 10. | 26. | 13.4 | 2276. | 8.9 | .1 | 9.0 | 121. | 22. | 300. | 2172. | 871. | 200. | 0. | 3544. | 3.79 |

附錄 2. TOTAL TRANSPORTATION COST OF IRON-ORE PER YEAR

| CAPACITY | IRON ORE | | HEADLAND | | | | KIRIBURU | | | | SOUTH AF | | | | TOTAL | |
|----------------|----------|-----|----------|----|-----|------|----------|----|-----|------|----------|----|-----|------|-------|------|
| | DEMAND | DWT | RFR | PC | YC | YTC | RFR | PC | YC | YTC | RFR | PC | YC | YTC | YTTC | DIF |
| | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 | E3 |
| 1.0 MILLION | 1900 | 50 | 5.03 | 40 | 760 | 3822 | 5.46 | 40 | 760 | 4149 | 10.71 | 20 | 380 | 4069 | 12640 | |
| | | 100 | 3.66 | | 760 | 2781 | 3.95 | | 760 | 3002 | 7.50 | | 380 | 2850 | 8633 | 3407 |
| | | 150 | 3.63 | | 760 | 2758 | 3.90 | | 760 | 2964 | 7.23 | | 380 | 2747 | 8469 | 3571 |
| | | 200 | 3.59 | | 760 | 2728 | 3.85 | | 760 | 2925 | 7.00 | | 280 | 2660 | 8313 | 3727 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|-----|------|----|------|-------|------|----|------|-------|-------|----|------|-------|-------|-------|
| 2.6 MILLION | 4800 | 50 | 5.03 | 40 | 1920 | 9657 | 5.46 | 40 | 1920 | 10483 | 10.71 | 20 | 960 | 10281 | 30421 | |
| | | 100 | 3.66 | | 1920 | 7027 | 3.95 | | 1920 | 7584 | 7.50 | | 960 | 7200 | 21811 | 8610 |
| | | 150 | 3.63 | | 1920 | 6969 | 3.90 | | 1920 | 7488 | 7.23 | | 960 | 6940 | 21397 | 9024 |
| | | 200 | 3.59 | | 1920 | 6892 | 3.85 | | 1920 | 7391 | 7.00 | | 960 | 6720 | 21003 | 9418 |
| 7.0 MILLION | 13000 | 50 | 5.03 | 40 | 5200 | 26156 | 5.46 | 40 | 5200 | 28392 | 10.71 | 20 | 2600 | 27845 | 82393 | |
| | | 100 | 3.66 | | 5200 | 19031 | 3.95 | | 5200 | 20540 | 7.50 | | 2600 | 19500 | 59071 | 23322 |
| | | 150 | 3.63 | | 5200 | 18875 | 3.90 | | 5200 | 20280 | 7.23 | | 2600 | 18797 | 57952 | 24441 |
| | | 200 | 3.59 | | 5200 | 18668 | 3.85 | | 5200 | 20019 | 7.00 | | 2600 | 18200 | 56887 | 25506 |

附錄 3. REQUIRED NUMBER OF SHIP FOR IRON-ORE FLEET

VOLUME OF IRON ORE TO BE TRANSPORTED PER YEAR=13000000 TONS

| DWT | VK | HEADLAND | | | | | | KIRIBURU | | | | | | SOUTH AF | | | |
|--------|----|----------|-----|------|------|------|------|----------|-----|-----|------|------|------|----------|-----|------|------|
| | | RFR | 30% | 40 | 50 | 60 | 70 | RFR | 10% | 20 | 30 | 40 | 50 | RFR | 10% | 20 | 30 |
| 50000 | 10 | 5.82 | 9.4 | 12.5 | 15.6 | 18.7 | 21.9 | 6.35 | 3.4 | 6.8 | 10.3 | 13.7 | 17.1 | 12.80 | 7.0 | 14.0 | 21.0 |
| | 12 | 5.40 | 8.0 | 10.7 | 13.4 | 16.0 | 18.7 | 5.87 | 2.9 | 5.8 | 8.8 | 11.7 | 14.6 | 11.71 | 5.9 | 11.8 | 17.6 |
| | 14 | 5.14 | 7.1 | 9.4 | 11.8 | 14.1 | 16.5 | 5.58 | 2.6 | 5.1 | 7.7 | 10.3 | 12.8 | 11.02 | 5.1 | 10.2 | 15.4 |
| | 16 | 5.03 | 6.3 | 8.5 | 10.6 | 12.7 | 14.8 | 5.46 | 2.3 | 4.6 | 6.9 | 9.2 | 11.5 | 10.71 | 4.5 | 9.1 | 13.6 |
| | 18 | 5.08 | 5.8 | 7.7 | 9.6 | 11.6 | 13.5 | 5.51 | 2.1 | 4.2 | 6.3 | 8.4 | 10.5 | 10.75 | 4.1 | 8.2 | 12.2 |
| | 20 | 5.26 | 5.3 | 7.1 | 8.9 | 10.7 | 12.4 | 5.70 | 1.9 | 3.8 | 5.8 | 7.7 | 9.6 | 11.08 | 3.7 | 7.4 | 11.1 |
| 100000 | 10 | 4.39 | 4.9 | 6.6 | 8.2 | 9.9 | 11.5 | 4.77 | 1.8 | 3.6 | 5.4 | 7.2 | 9.0 | 9.38 | 3.6 | 7.2 | 10.7 |
| | 12 | 4.04 | 4.3 | 5.7 | 7.1 | 8.5 | 10.0 | 4.38 | 1.5 | 3.1 | 4.6 | 6.2 | 7.7 | 8.49 | 3.0 | 6.1 | 9.1 |
| | 14 | 3.77 | 3.8 | 5.0 | 6.3 | 7.6 | 8.8 | 4.08 | 1.4 | 2.7 | 4.1 | 5.5 | 6.8 | 7.81 | 2.6 | 5.3 | 7.9 |
| | 16 | 3.66 | 3.4 | 4.6 | 5.7 | 6.9 | 8.0 | 3.95 | 1.2 | 2.5 | 3.7 | 4.9 | 6.2 | 7.50 | 2.3 | 4.7 | 7.0 |
| | 18 | 3.67 | 3.1 | 4.2 | 5.2 | 6.3 | 7.3 | 3.95 | 1.1 | 2.3 | 3.4 | 4.5 | 5.6 | 7.45 | 2.1 | 4.2 | 6.4 |
| | 20 | 3.74 | 2.9 | 3.9 | 4.9 | 5.8 | 6.8 | 4.03 | 1.0 | 2.1 | 3.1 | 4.2 | 5.2 | 7.57 | 1.9 | 3.9 | 5.8 |
| 150000 | 10 | 4.19 | 3.5 | 4.6 | 5.8 | 6.9 | 8.1 | 4.53 | 1.3 | 2.5 | 3.8 | 5.0 | 6.3 | 8.73 | 2.4 | 4.9 | 7.3 |
| | 12 | 3.87 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 4.18 | 1.1 | 2.2 | 3.3 | 4.3 | 5.4 | 7.92 | 2.1 | 4.2 | 6.2 |
| | 14 | 3.69 | 2.7 | 3.6 | 4.5 | 5.4 | 6.3 | 3.98 | 1.0 | 1.9 | 2.9 | 3.9 | 4.8 | 7.44 | 1.8 | 3.6 | 5.4 |
| | 16 | 3.63 | 2.5 | 3.3 | 4.1 | 4.9 | 5.7 | 3.90 | .9 | 1.8 | 2.6 | 3.5 | 4.4 | 7.23 | 1.6 | 3.2 | 4.9 |
| | 18 | 3.68 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 4.5 | 5.3 | 3.95 | .8 | 1.6 | 2.4 | 3.2 | 4.0 | 7.29 | 1.5 | 2.9 | 4.4 |
| | 20 | 3.74 | 2.1 | 2.8 | 3.5 | 4.2 | 4.9 | 4.02 | .8 | 1.5 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 7.39 | 1.3 | 2.7 | 4.0 |
| 200000 | 10 | 4.13 | 2.7 | 3.6 | 4.5 | 5.4 | 6.4 | 4.45 | 1.0 | 2.0 | 2.9 | 3.9 | 4.9 | 8.42 | 1.9 | 3.7 | 5.6 |
| | 12 | 3.80 | 2.4 | 3.2 | 4.0 | 4.8 | 5.6 | 4.08 | .9 | 1.7 | 2.6 | 3.4 | 4.3 | 7.59 | 1.6 | 3.2 | 4.8 |
| | 14 | 3.64 | 2.1 | 2.9 | 3.6 | 4.3 | 5.0 | 3.91 | .8 | 1.5 | 2.3 | 3.1 | 3.8 | 7.16 | 1.4 | 2.8 | 4.2 |
| | 16 | 3.59 | 2.0 | 2.6 | 3.3 | 3.9 | 4.6 | 3.85 | .7 | 1.4 | 2.1 | 2.8 | 3.5 | 7.00 | 1.3 | 2.5 | 3.8 |
| | 18 | 3.67 | 1.8 | 2.4 | 3.0 | 3.7 | 4.3 | 3.93 | .6 | 1.3 | 1.9 | 2.6 | 3.2 | 7.12 | 1.1 | 2.3 | 3.4 |
| | 20 | 3.79 | 1.7 | 2.3 | 2.9 | 3.4 | 4.0 | 4.06 | .6 | 1.2 | 1.8 | 2.4 | 3.0 | 7.34 | 1.1 | 2.1 | 3.2 |