

動的計劃法에 依한 原油導入量의 最適化

(Optimizing the Delivery Quantity of Crude Oil by Dynamic Programming)

鄭 忠 汝*
李 弘 雨**

Abstract

The continuous increase of crude oil consumption has struck great impact into the world economy. When we consider disadvantageous articles in contract for oil import, it would be desirable to import in batch the total quantity of crude oil contracted, but which is not available under the present situation which has many constraints.

This paper treats of the ways to deliver the crude oil in a given period so as to maximize the profit derived from the sales of oil products. To do this we should consider the prices of crude oil and oil products, inventory cost, transportation cost, oil refinement cost, and fluctuations of these parameters in a given period.

The case of Korea Oil Corporation is treated in this paper to generalize the problem of crude oil transportation from Middle East and formulated in a mathematical programming. This programming is transformed into Dynamic Programming through specifying states, stages, payoffs, and recursive function.

To clarify these procedure and methods, the case of Korea Oil Corporation is dealt with again and demonstrated in detail.

I. 序 論

本研究는 1970年代 以後 價格引上을 거듭하고 있는原油의 最適量導入의 決定에 관한 것이다. 中東產油諸國의 原油武器化에 따라 世界經濟, 특히 우리 經濟에 미치는 影響은 極甚하다. 그러나 原油를 生產하지 못하고 있는 우리나라의 立場에서는 다만 受動的으로 이에 對處할 수 밖에 없다.

本研究에서는 原油導入에 따른 問題를 一般化하기 위하여 大韓石油公社의 事例를 中心으로 하여 시나리

오를 作成하고 이것에서 數學模型을 構築하게 된다. 企業의 一般的 的目的이 利益의 極大化에 있음으로 數學模型의 構築에서는 利益極大化를 目的函數로 하고 여러 制約條件를 反映하도록 하여야 할 것이다. 原油導入은 一括하여 輸送되는 것이 아니라 여러 차례로 分割하여 導入하여야 한다. 따라서 各期에서의 導入量을 決定하여야 하며 全期間에 걸친 利益이 最大化되게 함이 必要하다. 이를 위해서는 動的計劃法을 適用함이 妥當하다.

本研究에서는 利益最大化의 數學模型을 動的計劃法으로 轉換시키고 이의 解法을 具體化하기 위해 다시 大韓石油公社의 問題로 그 過程을 說明하기로 한다. 이러한 適用을 통하여 原油導入의 最適화를 紋明하려

*慶北大學校經商大

**永進實業專門學校

는 것이 본研究의 目的이다.

II. 石油市場과 原油導入

1. 世界의 原油事情

最近 資料에 依하던 世界의 石油埋藏量은 6,416億桶로 그 중 56%가 中東에 埋藏되어 있고 OPEC가 68%를 占有하여 石油資源의 偏在が 積極化를 보여주고 있다. 이와한 양은 現 生產量을 基準으로 할 때 約 30年分에 해당하는 것이지만 需要增加 趨勢가 새로운油田의 發見量을 上廻하고 있기 때문에 原油의 使用時限은 보다 앞당겨질 것으로 보인다.

原油의 供給은 現在 中東諸國이 全石油貿易量의 73%로서 自由世界 石油貿易量의 80% 이상을 차지하고 있는데 中東의 政情이 매우 不安한 狀態에 있고 他地域에서의 供給을 크게 期待할 수 없기 때문에 需要가 供給을 超過할 것으로 보인다. <表 II-1>에서 보는 바와 같이¹⁾ 石油의 消費量이 生產量을 계속 앞지르고 있기 때문에 이에 對處하기 위해 各國이 여러가지 政策을 實施할 것으로豫想되나 短期의 으로는 各國의 政策보다는 OPEC의 減產效果가 더 를 것이기 때문에 80年代以後의 石油需給展望은 어두울 것으로 보인다.

<表 II-1> 世界石油의 밸런스
(단위 : 백만 배럴/일)

石油生産	78年	85年	90年	石油消費	78年	85年	90年
OPEC	30.5	30.8	31.6	I E A	38.8	41.6	42.1
非OPEC	20.1	26.0	27.0	其 他	12.6	17.3	22.2
不足量	0.8	2.1	5.7				
計	51.4	58.9	64.3	計	51.4	58.9	64.3

우리나라는 1970年代 後半부터 重化學工業의 強力한 推進으로 石油依存度가 매우 높아져 石油危機에 따른 衝擊은 놀랄만한 것이다며, 이와한 狀況下에서도 重化學工業을 계속 推進할 수 밖에 없음으로 問題는 더욱 심각한 것이다.

2. 우리나라의 石油產業

1964年 以前까지는 KOSCO(韓國石油貯藏株式會社)가 完製品을 各 消費者에게 供給하는 方式을 취하는 것이 고작이었음으로 石油精製產業은 不在하였다고 할 수 있다. 그러나 1964年 4月 油公의 울산정유공장이稼動되면서부터 우리나라도 原油를 精製하여 完製品을 生產하기 시작하였다. 1969年에는 湖南精油의 麗水精

油工場이 日產 6萬BPSD로, 1971年에는 경인에너지가 仁川에서 日產 5萬BPSD로, 그리고 1980年부터는 双龍精油가 日產 6萬BPSD로 繁榮에 따라 國內에 무려 5개 精油會社가 設立되어 精油產業을 本格화시켜놓았다²⁾.

3. 原油導入上의 問題點

產油國으로부터 原油를 導入함에 따르는 問題點으로는 다음의 몇 가지를 들 수 있다.

(1) 原油價格의 不安定——中東의 政情 및 社會不安으로 인하여 原油價格이 不安定한 狀態에 놓여 있다.

(2) 貯藏施設의 限界——I.E.A.는 約 90日間의 原油施設을 갖추도록 권장하고 있으나 KOSCO(Korea Oil Storage Co.)는 現在 60日 程度의 備蓄施設 밖에 갖고 있지 않는 것으로 推定되고 있다.

(3) 契約上의 問題——產油國과 消費國의 原油供給契約에는 不平等規定이 많이 包含되어 있다³⁾. 몇 가지를 列舉하면 다음과 같다. ① 原油價格의一方的引上, ② 過多한 프레미엄(Kuwait의 경우 바렐當 \$5.50), ③ 契約物量 自體도 產油國의 政策에 따라一方的으로 修正可能, ④ 原油代金의 先支給, ⑤ 契約된 油種과 다른 低質原油 또는 第3國 原油로의 代替供給을 保障하고 있음, ⑥ 原油 및 石油製品을 販賣함에 있어서 供給產油國과 競爭不許, ⑦ 引渡받은 原油는 產油國同意없이 第3國에 販賣不可, ⑧ 契約物量의 一定量은 產油國의 船舶으로 輸送토록義務化함, ⑨ 消費國의 精油工場에서 產油國의 原油를 一定量 加工할 수 있는 權利를 保障함, ⑩ 契約違反時 產油國에一方의 인 契約終了權賦與.

III. 原油導入의 一般化와 模型構築

1. 原油導入과 製品生產

—油公을 中心으로—

우리나라는 原油導入의 大部分을 中東諸國에 依存하고 있으며 그 導入方法은 直輸入보다는 주로 메이저를 통한 導入을 擇하고 있다. 油公의 경우도 대개 이러한 方式을 취하고 있는데 1979年까지는 주로 걸프(Gulf)를 통하여 原油를 導入하여 왔으나 1980年 3月부터 걸프와의 契約이 滿了됨에 따라 石油開發公社에서 들여

1) I.E.A.報告書를 要約하였다. (新東亞, 1980. 10月號)

2) 「石油關係資料集」, 石油開發公社, 1980, pp. 10-16.

3) 去來先에 따라 契約條件이 다르나 Kuwait와 Gulf의 경우를 中心으로 한다.

〈表 III-1〉 原油供給契約(1980年 基準)

國 別	供 紹 先	供 紹 數 量 (千B/D)	供 紹 期 間	供 紹 方 式
① 쿠웨이트	KPC (Kuwait Petroleum Corporation)	100	1980.4.1~ 1981.3.31 (1년)	G-G
		50	1980.4.1~ 1980.9.30 (6월)	G-G
② 사우디 아라비아	Petromin (General Petroleum and mineral organization)	50	1979.1.1~ 1981.12.31 (3년)	G-G
③ 사우디 아라비아	선 경(株)	50	1980.1.1~ 1982.12.31 (3년)	D-D

(註) 油公企劃部 資料

오는 G-G베이스(base) 基準 20만BPCD와 鮮京(株)이 사우디에서 가져오는 D-D베이스 5만BPCD로 日產 25만BPCD이 있으나 10月부터는 G-G베이스 중 5만BPCD가削減되어 20만BPCD로 그導入內譯은 〈表 III-1〉과 같다. 이表에서 ① 쿠웨이트에서導入하는原油는 바렐當 \$3의 프레미엄을 주고 있으며 이 중 5만바렐/日은 9月 30日로 契約이終了되었다. ② 사우디에서供給 받는原油는 公式價格(official price)으로 石油開發公社를 통하여導入하고 있으며 Petromin과 油開公與 契約後 KOSCO와 油開公間에供給契約을 체결하였다.

③ 鮮京(株)이 사우디에서導入하여 油公에供給하고 〈表 III-2〉 1980年度 原油導入量의推定(통관기준)

單位: 千BbL(千BPCD)

國 別	油 種	數 量
쿠웨이트	Kuwait	45,849(125)
	Khafji	5,046 (14)
	小 計	50,895(139)
사 우 디 아라비아	Arabian Light	10,961 (30)
	Arabian Medium	3,614 (10)
	Arabian Heavy	15,093 (41)
	小 計	29,668 (81)
이 란	Iranian Light	575 (2)
	Iranian Heavy	2,369 (6)
	Ardeshir	2,719 (7)
	小 計	5,663 (15)
에콰도르	Oriente	662 (2)
合 計		86,888(237)

(註) 上記數値은 1月~10月: 實績임.

11月~12月: 추정

있는原油는 油公이 바렐當 \$3.40의 프레미엄을支給하고 있으나 油公과 鮮京間에 手數料問題로 現在까지供給契約締結이留保되고 있다. ④ 기타에 쿠아돌에서 스포트(spot)로 購入한 實績 및 計劃이 있으며 또한供給先의 多邊化를 통한原油의長期的 安定의 確保에努力하고 있다. ⑤ 결프는 1980年 3月末로原油供給을中斷하였다.

1980年度 油公의原油導入實績은 〈表 III-2〉와 같다.

原油는 精製過程을 거쳐 우리의 實生活에必要한 여러가지石油製品이 生產되는데 그製品構成은 다음과 같다.

① 一般石油製品

② 潤滑油製品

③ 石油化學製品

一般精油製品의製品別生產收率은 〈表 III-3〉과 같다.

〈表 III-3〉 1979年度 製品別 生産收率

油 種	收 率(%)	生産數量(BbL)
Propane	0.7	737,913
Butane	1.0	955,593
P-Gasoline	1.0	1,443,930
R-Gasoline	3.2	3,149,381
Naphtha	14.0	13,731,188
Sol./T-Naphtha	0.2	165,088
Jet A-1	1.4	1,390,579
JP-4	1.7	1,631,284
Kerosene	4.5	4,436,176
Diesel	20.2	19,784,477
Bunker-A	2.0	1,941,464
HGO	—	13,121
L.R.F.O.	2.1	2,056,837
Bunker-C	42.9	42,067,517
Asphalt	0.8	740,495
完製品計	96.2	94,245,043
반제품	1.0	960,192
燃料 및 損失	2.8	2,739,354
合計	100.0	97,944,589

(註) 油公企劃部 資料

2. 原油導入의一般化와模型

原油導入過程은 대단히 복잡하고 또여러가지複合의要因에依해影響을받는것이므로導入에따르는問題點은 대단히 많고 복잡한 것이다. 그러나企業의一次的目的인 利益의極大化라는觀點에서살펴보면原油導入量의最適化가重要한內容이된다.導入된

原油는一定한 精製過程을 거쳐 製品으로 變換되어 販賣를 통해 收益을 얻게 된다.

大韓石油公社의 導入決定過程을 一般化하기 위하여 다음의 몇 가지 前提條件을 提示한다.

① 一定期間의 原油導入量의 一定: 메이저側의 一方의 通告에 依해 導入量이 中斷 내지는 減量될 수 있으나 이를 고려하지 않고 一定量이 確定되어 있다고 假定한다.

② 原油質의 均一: 原油는 產地에 따라 그 質이 相異한 것이 보통이지만 一定期間에 產出된 原油의 平均值로 原油의 質을 均一한 것으로 看做한다.

③ 各種 파라미터(parameter)의 豫測可能: 需要量, 原油價格, 油製品價格, 貯油量, 輸送費 등의 파라미터는 一定期間內에 걸쳐 여러 차례 變動하는 것이지만 이것들은 여러 가지 データ의 수집과 분석을 통하여 豫測可能하다고 前提한다. 實제로 이러한 파라미터의 豫測 없이는 計劃이란 不可能한 것이다.

④ 貯油施設의 固定: 長期에 걸쳐서는 貯油施設의 擴張 또는 縮少가 가능하지만 本研究에서는 이러한施設의 變化를 考慮하지 않는 短期에 관해 論한다.

⑤ 生產期間의 不考慮: 油製品의 生產期間은 製品에 따라 一定하지 않으나 일반적으로 4~5일의 짧은期間에 지나지 않으므로 이를 無視하기로 하고 生產된 製品은 即時 販賣可能하다고 假定한다.

이러한 몇 가지 前提下에서 大韓石油公社의 경우를 一般化하기 위해 시나리오를 作成하고 이것이에 依해 數學模型을 作成하기로 한다.

某石油公社는 產油國과 一定量의 原油導入契約을 맺고 一定期間에 걸쳐 이를 數回로 分割하여 輸送하기로 하였다. 그러나 이 期間에 原油價는 出荷時點을 基準으로 變動한다.

이 會社의 企劃部은 原油價 變動에 關해 세심한 注意를 갖고 各種 データ를 審集 分析하여 原油價의 變動을 豫測하고 있다. 原油價의 突發的 上昇 때문에 契約期間의 初에 契約全量을 導入하는 것이 가장 安全한 것이지만 本社의 貯藏能力과 生產能力을 考慮할 때 不可能한 것이며 또 이것이 企業의 利益을 最大化한다고 速斷할 수 없다. 따라서 利益의 最大化를 달성하기 위해 原油를 分割하여 導入할 수 밖에 없다.

한편 企劃部의 다른 調查班은 油製品의 精製費用과 販賣價格을 豫測하고 다음과 같이 期別로 調査結果를 報告하였다.

油製品 i 의 j 期 價格:

$$P_{ij}, \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ j=1, 2, \dots, n \end{cases}$$

油製品 i 의 j 期 精製費用:

$$C_{ij}, \begin{cases} i=1, 2, \dots, m \\ j=1, 2, \dots, n \end{cases}$$

이 報告結果를 利用하면 每期에 대해 原油 1바렐을 精製하여 얻을 수 있는 製品의 販賣價格과 精製費用을 구할 수 있다. 즉

$$P_i = \sum_{k=1}^m \gamma_k P_{ki}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

$$C_i = \sum_{k=1}^m \gamma_k C_{ki}, \quad i=1, 2, \dots, n$$

P_i : 原油 1바렐에서 生產되는 製品의 i 期 販賣價格

C_i : 原油 1바렐의 精製費用

γ_k : 油製品 k 의 生產收率

이 會社의 最大關心事는 利益이며 이것은 收益에서 費用을 差減하여 얻어진다. 收益은 대부분 油製品의 販賣에서 얻어지므로 收益은 油製品의 販賣量(이것에서 原油量을 換算해낼 수 있다)과 油製品의 平均販賣價를 곱하여 구할 수 있다. 즉 收益函數는 다음과 같이 表示한다.

$$\text{REV}(D_i) = D_i \times P_i$$

D_i : i 期의 油製品 販賣量을 原油量으로 換算한 것

P_i : D_i 의 바렐當 販賣價格

한편 費用函數는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{COST}(D_i, x_i, x_{ij}) = D_i C_i + x_{ij} t_i + x_i k_i + x_{ij} l_i$$

x_i : i 期의 期末貯藏量

C_i : D_i 의 바렐當 精製費用

x_{ij} : i 期의 代替案 j 에 依한 原油導入量

t_i : i 期의 바렐當 輸送費

l_i : i 期의 바렐當 原油價

k_i : i 期의 바렐當 貯油費

여기서 代替案 j 는 原油導入量에 대한 여러 案 중의 하나를 意味하는데, i 期의 代替案 j 에 依하여 原油를 導入할 경우 利益(이것을 利得(payoff)이라 한다)은 다음과 開數로 나타난다.

$$R_{ij}(x_{ij}) = \text{REV}(D_i) - \text{COST}(D_i, x_i, x_{ij})$$

$$= D_i (P_i - C_i) - x_{ij} (t_i + l_i) - x_i k_i,$$

$$\begin{cases} i=1, 2, \dots, n \\ j=1, 2, \dots, m \end{cases}$$

이상을 綜合하면 全期間의 利得 z 는 다음과 같은 數學模型으로 構築된다.

$$\text{maximize } z = \sum_{i=1}^m R_{ij}(x_{ij}), \quad 1 \leq j \leq n$$

$$\text{subject to} \quad \begin{cases} 0 \leq x_{ij} \leq T \\ S \leq x_i \leq F \end{cases}$$

T : 導入總量
 S : 安全在庫
 F : 貯油能力

IV. 動的計劃法에 依한 導入量의 最適化

1. 動的計劃法으로의 變換

앞에서 作成한 數學模型은 여려 段階에 걸친 最適意思決定를 통해 目的函數를 最大化하는 것으로 그 性質上 動的計劃法(Dynamic Programming)에 의해 解決될 수 있다. 動的計劃法은 5要素로 構成되어 있는 바⁴⁾ 本 數學模型을 動的計劃法으로 고치기 위해 5要素를 다음과 같이 指定한다.

- ① 狀態(state) : 期末在庫量, x_i
- ② 段階(stage) : 原油導入機會(本 研究에서는 月로 計上한다), m
- ③ 段階決定(decision) : 各 段階에서의 代替案 즉 輸送量, x_{ij}
- ④ 利得(payoff) : 各 期의 利益, R_{ij}
- ⑤ 反復函數(recursive function) : 다음과 같이 定義한다.

$$f_1(x_1) = \max_{i=1,2,\dots,n} \{R_{1j}(x_{1j})\}$$

$$f_k(x_k) = \max_{j=1,2,\dots,n} \{R_{kj}(x_{kj}) + f_{k-1}(x_{k-1})\},$$

$$k=2, 3, \dots, m$$

2. 實際에의 適用

前節에서는 大韓石油公社의 경우를 一般化하여 原油導入의 最適化를 위한 模型을 構築하였다. 이 模型은 결국 實際問題의 解決을 위한 것이므로 이를 具體的으로 適用하여 解를 구하기로 한다. 이를 위해서는 다시 前記한 大韓石油公社의 데이타를 利用하여 問題解決의 方法과 適用節次를 보이기로 한다⁵⁾.

1) 데이타의 整理

油公의 各種 데이타를 分析하여 〈表 IV-1〉과 같은內容의 販賣量을豫測하였다⁶⁾.

- 4) Efraim Turban, Jack R. Meredith, Fundamentals of Management Science, Business Publications, Inc., Dallas, 1977, pp. 277-278.
- 5) 여기에 使用되는 各種의 데이타는 現實과 전혀 동일한 것 이 아니지만 現實에 가까운 数值을 사용하였고, 데이타가 不明한 경우는 부득이 推定에 의하였다.
- 6) 本豫測量은 原油契約量을 100,000千바렐로 보고 이를過去의 實績을 基礎로 하여 各 月別로 割當한 것으로서 油製品의 需要가 供給을 超過하기 때문에 生產製品은 즉시 販売된다라고 보고 成된 것이다.

〈表 IV-1〉 81年度 石油製品의 販賣豫測
(단위 : 千바렐)

月	販賣豫測量(D_i)	百分率
1	8,700	8.7
2	7,600	7.6
3	8,000	8.0
4	7,700	7.7
5	8,100	8.1
6	7,800	7.8
7	7,900	7.9
8	8,000	8.0
9	8,500	8.5
10	8,500	8.5
11	9,200	9.2
12	10,000	10.0
	100,000	100.0

한편 原油의 1바렐에서 生產되는 油製品의 販賣에서 얻을 수 있는 收益과 精製費用은 〈表 IV-2〉와 같이 豫測되었다.

〈表 IV-2〉 바렐當 販賣收益과 精製費用

(단위 : 원)

月	販賣收益(P_i)	精製費用(C_i)
1	24,300	1,700
2	24,300	1,700
3	24,300	1,700
4	24,300	1,700
5	26,600	1,860
6	26,600	1,860
7	26,600	1,860
8	26,600	1,860
9	26,600	1,860
10	27,750	1,950
11	27,750	1,950
12	27,750	1,950

여기서 精製費用이란 原油에서 製品으로 變換하는 모든 直間接費用을 말한다.

原油의 輸送은 油造船에 의해 이투어지고 있는 바 1隻의 油造船이 積載할 수 있는 原油의 量은 약 1,700千바렐이므로 이것에 의해 바렐當 輸送費用을 計算할 수 있다. 〈表 IV-3〉은 바렐當 原油의 輸送費와 貯油費 및 購入費를豫測한 것이다.

이상에서 提示한 여러 데이타를 바탕으로 契約된 年間導入量 100,000千바렐의 導入을 最適화하기 위해 每

〈表 IV-3〉 바렐當 原油의 購入, 輸送 및 貯油費 豫測
(단위 : 원)

月	購入價(I_i)	輸送費(t_i)	貯油費(k_i)
1	21,500	600	170
2	21,500	600	170
3	21,500	600	170
4	23,500	600	200
5	23,500	600	200
6	23,500	700	200
7	23,500	700	200
8	23,500	700	200
9	24,500	700	250
10	24,500	750	250
11	24,500	750	250
12	24,500	750	250

月初에 얼마의 量을 導入하여야 利益이 最大가 될 것인지 決定하도록 하자.

2) 利益函數와 反復函數

i 期의 j 案에 對한 利得函數는 앞에서 導出한 바와 같아

$$R_{ij}(x_{ij}) = D_i(P_i - C_i) - x_{ij}(t_j + l_i) - x_{ij}k_i$$

이다. 여기서 P_i , C_i , D_i , t_i , l_i 및 k_i ($i=1, 2, \dots, m$)는 파라미터로서 그 값이豫測되어 있으므로 期末在庫量 x_i 와 導入量 x_{ij} 가 구하여야 할 決定變數(decision variable)이다. 특히 x_i 는 x_{ij} 에 의해 결정되므로 실제로 x_{ij} 가 唯一한 變數이다.

本研究에서는 前進法을 利用하기로 하고 反復函數 f_k 를 다음과 같이 定義하기로 한다.

$$f_1(x_1) = \max_{j=1, 2, \dots, n} \{R_{1j}(x_{1j})\}$$

$$f_k(x_k) = \max_{j=1, 2, \dots, n} \{R_{kj}(x_{kj}) + f_{k-1}(x_{k-1})\}$$

$$k=2, 3, \dots, m$$

3) 利得表의 作成과 解

利得表의 作成을 위해서는 各 狀態 x_k 와 代替案인

〈表 IV-4〉 第1段階에서의 f_1 의 계산
(단위 : 千Bbl, 千원)

x_1	x_{1j}	x_{11} (10,000)	x_{12} (12,000)	x_{13} (14,000)	x_{14} (16,000)	x_{15} (18,000)	x_{16} (20,000)	x_{17} (22,000)	* x_{1j}
1,300		24,705							x_{11}
3,300			-59,801						x_{12}
5,300				-113,341					x_{13}
7,300					-158,221				x_{14}
9,300						-202,761			x_{15}
11,300							-247,301		x_{16}
13,300								-291,841	x_{17}

輸送量 x_{ij} 에 따른 利得 R_{ij} 를 구하여야 한다. 油造船 1隻의 船積量을 2,000千바렐로 잡으면⁷⁾, 각回의 船積量은 貯藏能力을 超過하지 않는範圍에서 이루어져야 하고 安全在庫(safety inventory) 以下가 되지 않도록 輸送되어야 한다. 油公의 貯藏能力과 安全在庫는 對外秘에 屬하므로 여기서는 貯藏能力에서 安全在庫를 差減한 16,300千巴렐을 貯藏能力으로 看做하기로 한다.

油造船의 雙當 輸送量을 2,000千巴렐로 하면 導入量(이것이 바로 代替案이다)은 이것의 倍數가 되고 導入量에 따라 期末在庫量이 決定되고⁸⁾ 이것에 대해 貯油費가 計算된다.

動的計劃法의 解는 컴퓨터에 依해 얻어질 수 있으나⁹⁾ 여기서는 그 풀이과정을 분명히 하기 위하여 手作業으로 解를 구하기로 한다.

第1段階 즉 1月의 期初在庫量을 0이라 하면¹⁰⁾ 期末在庫量 x_1 은 導入量 x_{1j} 에서 販賣量 D_1 (=8,700千巴arel)을 差減하여 計算되고 利得 R_{1j} 는 反復函數 $f_1(x_1)$ 와一致한다.

즉

$$x_1 = x_{1j} - 8,700$$

$$\begin{aligned} f_1(x_1) &= \max_{1 \leq j \leq n} \{R_{1j}\} \\ &= \max_{1 \leq j \leq n} \{24,300 - 1,700 \times 8,700 \\ &\quad - (21,500 + 600) \times x_{1j} - 170x_1\} \end{aligned}$$

이 식을 이용하면 〈表 IV-4〉와 같은 利得表를 얻는다.

第2段階 즉 2月에서의 計算은 다음과 같다.

$$x_2 = x_1 + x_{2j} - 7,600$$

$$f_2 = \max_{1 \leq j \leq n} \{R_{2j}(x_{2j}) + f_1(x_1)\}$$

7) 實際 航積量은 약 1,700千巴렐에 該當하나 本研究에서는 간단히 2,000千巴렐로 計算한다.

8) 販売量은 이미 確定되어 있다.

9) James L. Kuester, Joe H. Mize, Optimization Techniques with Fortran, McGraw-Hill Book Co., New York, pp. 156-182.

10) 이것은 安全在庫量을 意味한다.

〈表 IV-5〉 第2段階에 서의 $f_{2\frac{1}{2}+1}$ 계산

x_2j	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	$x_{2,3}$	$x_{2,4}$	$x_{2,5}$	$x_{2,6}$	$x_{2,7}$	$x_{2,8}$	$x_{2,9}$	$x_{2,10}$	$x_{2,11}$	$x_{2,12}$	$*x_{2,j}$
f_2	(0)	(2,000)	(4,000)	(6,000)	(8,000)	(10,000)	(12,000)	(14,000)	(16,000)	(18,000)	(20,000)	(22,000)	
x_2													
1,700	-31,290	-30,905	-30,270	-20,930	-30,034								$x_{2,4}$
3,700	-76,170	-75,830	-75,490	-74,810	-65,470	-73,574							$x_{2,5}$
5,700	-121,051	-120,710	-120,370	-120,030	-119,350	-109,010	-119,114						$x_{2,6}$
7,700		-165,590	-165,250	-164,910	-164,570	-162,890	-154,550	-163,654					$x_{2,7}$
9,700			-210,130	-209,790	-209,450	-205,110	-208,430	-199,090	-208,194				$x_{2,8}$
11,700				-254,670	-254,330	-252,990	-253,650	-252,970	-243,630	-252,734			$x_{2,9}$
13,700					-297,210	-297,870	-298,530	-298,190	-297,510	-288,170	-297,274		$x_{2,10}$
15,700						-343,410	-343,070	-342,050	-342,050	-386,250	-341,834		$x_{2,11}$

〈表 IV-6〉 第3段階에 서의 $f_{3\frac{1}{2}+1}$ 계산

x_3j	$x_{3,1}$	$x_{3,2}$	$x_{3,3}$	$x_{3,4}$	$x_{3,5}$	$x_{3,6}$	$x_{3,7}$	$x_{3,8}$	$x_{3,9}$	$x_{3,10}$	$x_{3,11}$	$x_{3,12}$	$*x_{3,j}$
f_3	(0)	(2,000)	(4,000)	(6,000)	(8,000)	(10,000)	(12,000)	(14,000)	(16,000)	(18,000)	(20,000)	(22,000)	
x_3													
1,700	-18,679	-18,339	-16,996	-17,659	-17,319								$x_{3,3}$
3,700	-63,459	-63,119	-62,779	-61,439	-62,099	-61,759							$x_{3,4}$
5,700	-108,339	-107,999	-107,659	-107,319	-105,979	-106,639	-106,299						$x_{3,5}$
7,700	-162,323	-152,879	-152,539	-152,199	-151,859	-150,519	-151,179	-150,839					$x_{3,6}$
9,700		-206,863	-197,419	-197,079	-196,739	-196,399	-195,059	-195,719	-195,379				$x_{3,7}$
11,700			-251,403	-241,959	-241,619	-241,279	-240,939	-239,599	-240,259	-239,919			$x_{3,8}$
13,700				-295,943	-286,499	-286,159	-285,819	-285,479	-284,139	-284,459			$x_{3,9}$
15,700					-340,483	-331,039	-330,699	-330,359	-330,019	-328,679	-329,339	-328,999	$x_{3,10}$

이것을 利用하여 作成한 利得表는 <表 IV-5>와 같다. 第3段階에서는 <表 IV-6>과 같은 利得表를 얻을 수 있고 이하 같은 方法으로 12段階까지의 利得表를 作成할 수 있다¹¹⁾. 最適解를 위한 각段階에서의 意思決定은 利得表作成과 逆順으로 이루어지는데 이의 結果는 <表 IV-7>과 같고 이러한 導入에 依하여 334,318,000 千원을 얻는다.

<表 IV-7> 原油의 最適導入量

(단위 : 千바렐)

月	意思決定(導入量)
1	12,000
2	10,000
3	18,000
4	0,000
5	2,000
6	22,000
7	0,000
8	16,000
9	0,000
10	2,000
11	8,000
12	10,000
計	100,000

V. 結論

現代의 經濟構造가 石油에너지 依存體制로 되어 있으므로 產油國의 政治的 不安定과 거듭되는 油價의 폭등은 世界經濟에 치명적인 타격을 加하고 있다. 그러나 石油에너지를 대신할 代替에너지를 開發하지 못한 現在의 狀況으로서는 계속적인 經濟衝擊을 堪耐할 수 밖에 없다. 특히 우리의 立場에서는 에너지節約이라는 消極的 方策과 產油國과의 多角的 外交活動을 통해 이를 극복할 수 밖에 없는 狀況에 놓여 있다.

現在와 같은 에너지에 따른 여러 制約環境下에서는 原油의 導入이라는 問題가 점차 重要視되고 있다. 原油의 最適導入은 國家的 次元에서 뿐만 아니라 原油導入과 製品의 生產 및 供給을 責任지고 있는 企業側의 立場에서도 極히 중대한 意味를 지니고 있다.

本研究에서는 原油의 最適導入을 위해 導入時期 및 導入量의 最適化를 주요과제로 파악하고 이의 解決을 위해 動的計劃法을 適用하여 解를 얻는 方法을 論하였다. 大韓石油公社의 例를 바탕으로 하여 이를 一般化하여 數學模型을 構築하고 이의 解를 위해 動的計劃法

을 作成하였지만 이의 實際에 適用성이 더욱 중요하다고 생각된다. 이를 위해 本研究에서는 다시 油公의 경우를 例로 하여 適用 및 解의 過程을 例示하였지만 이의 結果를 바탕으로 하여 油公의 原油導入政策을 비판한다는 것은 無意味하다. 왜냐하면 여기에서의 解는 반드시 正確한 データ를 使用한 것이 아니란 點과 利益極大化 이외의 다른 目標를 이 모델에서는 전혀 反映하고 있지 않기 때문이다.

参考文獻

1. 金海天, 高廷燮, 池清, 「經濟意思決定論」, 博英社, 서울, 1975.
2. 徐南源, 「計量經營分析論」, 博英社, 서울, 1978.
3. 「石油關係資料集」, 石油開發公社, 서울, 1980.
4. 「世界의 石油事情과 油公의 立場」, 石油公社, 서울, 1978.
5. 玄炳九, 「80年代의 世界의 石油事情」, 新東亞, 1980年 10月號.
6. 朴丁三, 「石油超非常의 全部」, 新東亞, 1980年 3月號.
7. Gerald Foley, The Energy Question, Penguin Books Ltd, Harmondsworth, 1976.
8. Peter Chapman, Fuel's Paradise—Energy Options for Britain, Penguin Books Ltd, Harmondsworth, 1975.
9. George L. Nemhauser, Introduction to Dynamic Programming, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1966.
10. Hamdy A. Taha, Operations Research an Introduction, Macmillan Publishing Co., New York, 1971.
11. Richard E. Bellman, Dynamic Programming, Princeton, New York, 1957.
12. Turban, Mereath, Fundamentals of Management Science, Business Publications, Dallas, 1977.
13. Frank S. Budnick, Richard Mojena, Tomas E. Vollmann, Principles of Operations Research for Management, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, 1977.
14. James L. Kuester, Optimization Techniques with Fortran, McGraw-Hill Book Co., New York, 1973.

11) 紙面關係로 4段階 以下의 利得表는 省略한다.