

鐵道輸送 理論의 基礎 (下)

金 烈 會

(交通部 安全監査官室)

Ⅲ. 線型計劃의 應用

1. 線型計劃 (L. P.)이란 무엇인가.

線型計劃 (Linear Programming : L. P)은 1次式으로 表示되며 몇개의 制約을 滿足시켜서 個別的인 1次式으로 표시되는 利益이나 경비를 最大 또는 最小로 하고자하는 計劃樹立 方法이다.

우리들이 어떤 計劃을 세울때에는 어떤 경우를 莫論하고 時間이나 經費등의 제약을 받는 경우가 흔히 있으며, 이럴때에는 候補가되는 計劃中에서 가장 最善案을 택하는것이 보편적인 사실이며 이와같이 많은 計劃을 立案할 때에는 制約條件이나 基準등이 있으며 이 두가지 다가 1次式으로 표시될경우에 線型計劃의 適用이 가능하게 되는 것이다.

1次式으로써 가장 간단한 것이 正比例의 경우인데 우리들 주위에는 數많은 정비례事例가 존재하고 있다.

반드시 正比例關係가 성립하지 않더라도 近似的으로 正比例關係가 성립되는것이 많으며 따라서 線型計劃을 적용하는 분야는 상당히 많다고 하겠다.

그러면 어떤 計劃에 어떤 制約條件이 붙으며 어떤 基準이 있는가를 살펴보면 <表-2>와 같다. 여기에서 注意해야할 點은 線型計劃이 단순한 經濟比較가 아니며, 制約條件이라는 面에서 생각해보면 候補計劃이 불과 몇개로 限定되어서 總利益이나 總경비등을 산출했다 하더라도

여기에서 가장 좋은 計劃이 나왔다하더라도 이것을 線型計劃化 하기는 곤란하다. 왜냐하면 線型計劃이 가장 有效하게 적용되려면 計劃의 數가 하나하나 比較할 수 없을 정도로 無數한 경우인 것이다. 例를들면, 생산計劃의 경우에는 各製品의 生産량을 未知數로 하고, 原料의 制限, 電力의 制限, 人工의 制限등을 이의 未知數로 하여 1次式으로 나타냈을때 미지수의 數가 制限式보다 많다는가 또는 制限式이 不等式으로 되어 이를 制限式만으로는 未知數의 값이 정해지지 않는다. 그럴때에는 소위 經濟比較라는 方法으로 하나하나의 計劃에서 總利益을 내어 比較 검토할 수가 없다. 따라서 總利益을 미지수로 表示하여 이것을 判定의 기준으로 한다면 線型計劃에 의해서 最良의 計劃, 總이익을 가장 크게 하려는 計劃이 定해지게 되는 것이다.

線型計劃은 OR (Operation Reserach)의 一分野로서 第2次世界大戰中에 발달하였으며 軍事上 必要한 物資의 輸送計劃, 軍需品の 生産計劃등에 應用할 目的으로 研究되었으며 一般的인

制約條件과 基準

(表-2)

計 劃	制約條件	基 準
生産計劃	① 原料制限 ② 電力制限 ③ 人工制限	總利益 最大
輸送計劃	① 工場生産能力 ② 市場需要制限	總수송비 最小
購入計劃	① 資金制限 ② 必要量	總경비 最小

計算方法은 G. B. Dantzig 에 의하여 완성되었다.

線型計劃의 特殊문제인 輸送計劃은 이보다 앞서 1941年 F. L. Hitchcock 와 T. C Koopmans 에 의하여 提案되었고, 이것이 군수품수송과 결부되어 연구됨에 따라 많은 사람들의 흥미를 갖게 되었으며 現在에는 輸送計劃이 가장 普及된 分野로 알려지고 있으며 이것이 戰後에 各産業에 活用보급되기 시작하였다. 이와같이 戰後에 線型計劃이 經濟學 내지는 經營과의 關係가 깊어짐에 따라 R. Dorfman 과 P. A. Samuelson 이 이를 開拓 体系化하였으며 오늘날에 와서는 企業이나 技術人들에게 상당히 보급 實用化되고 있다.

筆者도 10여년부터 이분야에 關心을 갖어왔으나 이를 實際로 應用할 기회를 아직 갖지 못하였다. 鐵道輸送계획에 線型計劃을 應用하는 문제는 相當히 어려운데 그理由는 鐵道輸送계획은 嚴密한 의미에서 수송용役의 生産乃至는 供給計劃에 해당되기 때문이다.

輸送計劃이라함은 炭鉱, 「시멘트」 工場 등에서 生産한 製品을 需要地까지 運搬하는 計劃을 말하는것으로 重量貨物에 있어서는 輸送費의 比重이 상당히 높은 수준에 있기 때문에 이 線型計劃을 導入計劃에 活用하면 輸送費를 大幅 절감할 수 있을것이라 생각 된다. 그런데 지금까지의 重量貨物의 수송체제를 보면 대개 産地가 太白, 嶺東, 中央線地區에 偏重되고 있으며 그 輸送通路도 中央線등으로 제한되어 있고 만성적인 鐵道輸送능력 不足현상은 우선 消費地까지 수송하는데 注力해왔기 때문에 수송경비의 절감 方案에 대하여 크게 신경을 쓰지 않아왔다는게 사실인것이다.

그러나 重量貨物의 消費市場이 다변화 하고, 鐵道수송外에 公路수송과 海運수송의 比重이 점차 높아지고있어 輸送計劃을 合理的으로 수립시행함으로써 수송경비의 절감방안을 강구해야할 時點에 이르렀다고 생각되기 때문에 이창을 特別히 設定하여 간명한 설명을 하고자 하는것이다.

2. 輸送計劃의 圖式解法

수송계획은 총경비를 最少로 하기위한 計劃

인데, 지금 각 「시멘트」 工場에는 生産量이 또 各市場에는 消費量이 정해져 있고, 各工場과 各市場간에는 單位당 수송비가 정해져 있다고 가정 할때 각공장의 生産量의 범위內에서 各市場의 消費量을 充足시키면서 총수송경비를 最少로 하려는 輸送計劃을 짜고싶다고 가정하자. 그리고 單位당수송비는 1 噸당 수송비거나 1 輛당수송비든간에 어느것으로 생각하여도 무방하다.

이 会社에는 <表-3>가 같이 第1, 第2 工場이 있고, 市場으로서는 A, B, C 3個가 있을때 各工場의 生産량은 맨 右側列, 各市場의 需要量은 맨 下側列에 표시되어 총22噸으로 되어있다.

<表-3>

市場 工場	A	B	C	生産量
1	10 x	5 y	6 15-x-y	15
2	8 10-x	2 6-y	7 x+y-9	7
需要量	10	6	6	22噸

각공장과 各市場間的 噸당 輸送費는 해당란에 右上 4 角形속에 別途의 数字로 表示되어 있는데, 예를 들면, 제1 공장~B 市場간의 수송비는 제1 工場의 行과 B 市場의 列이 交叉되는欄, 즉 噸당 5 單位의 수송 비용이 들게된다. 이것을 線型計劃으로 생각해보자. 圖式解法에 의하면 未知數는 두개까지이므로 表에 記入해보면 「1-A 루트」의 수송량을 x톤 「1-B 루트」의 수송량을 y톤 이라고 하자!

여기서 制限條件으로서는,

- ① 各公장에서 出荷되는 수송량이 生産량과 같고
- ② 各市場에의 수송량이 需要量을 만족 시킬 것.
- ③ 各 「루트」의 수송량이 非負여야 할것 동이다.

먼저 第1 工場을 보면 生産量 15톤이며, 表에서 A 市場에 x톤, B 市場에 y톤이 出荷되므로 따라서 C 市場에는 나머지 15-x-y톤이 出荷하게 된다.

第1工場에서 나오는 輸送量은 모두가 未知數로 표시되어 있으며, 다음에 第2工場分인데 A市場에는 第1工場에서 x 톤을 보냈고 需要는 10톤이기 때문에 第2工場에서는 $10-x$ 톤을 보내면 되고, 마찬가지로 B市場에는 第2工場로부터 $6-y$ 톤을 보내야한다. 마지막으로 「2-C 루트」를 보면 C市場은 第1工場에서 이미 $15-x-y$ 톤을 보내왔으므로 需要 6톤을 고려하여 第2工場으로부터는

$$6 - (15 - x - y) = x + y - 9 \text{ 톤}$$

第2市場으로부터 나오는 것을 합치면

$$(10 - x) + (9 - y) + (x + y - 9) = 7 \text{ 톤,}$$

즉 생산량과 같게 된다.

이렇게해서 <表-3>와 같은 未知數에 의하여 各工場 各市場의 條件을 만족시킬수가 있으므로 條件式으로서 고려해야할 것은 非負條件뿐이다.

$$\left. \begin{aligned} x &\geq 0 \\ y &\geq 0 \\ 15 - x - y &\geq 0 \rightarrow x + y \leq 15 \\ 10 - x &\geq 0 \rightarrow x \leq 10 \\ 6 - y &\geq 0 \rightarrow y \leq 6 \\ x + y - 9 &\geq 0 \rightarrow x + y \geq 9 \end{aligned} \right\} \dots\dots ①$$

最後의 目的式은 噸當輸送費와 輸送量을 곱하여 各「루트」의 水送비를 산출해서 이것을 合計하면 된다. 즉,

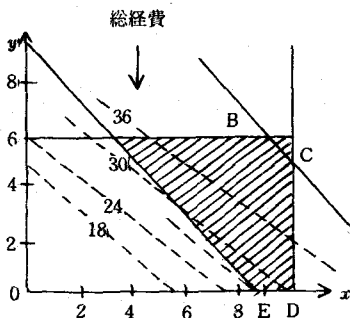
$$10x + 5y + 6(15 - x - y) + 8(10 - x) + 2(6 - y) + 7(x + y - 9) \dots\dots ②$$

이것을 整理하면

$$119 + 3x + 4y \dots\dots ③$$

제1항은 常數이기 때문에, 결국은 ④가 目的式으로 된다.

$$3x + 4y : \text{最小化} \dots\dots ④$$



<그림-13>

따라서 水送계획은 ①의 諸條件을 滿足시키면서 ④의 目的式을 最小로 하는 x 와 y 의 값을 求하는 문제로 귀착된다.

<그림-13>에서 ①의 各條件을 검토하여 보면

$$\begin{aligned} x &\geq 0 : y \text{軸의 右} \\ y &\geq 0 : x \text{軸의 上} \\ x + y &\leq 15 : BC \text{의 左下} \\ x &\leq 10 : CD \text{의 左} \\ y &\leq 6 : AB \text{의 下} \\ x + y &\geq 9 : AE \text{의 右上} \end{aligned}$$

따라서 이상 各條件을 종합해보면 許容領域은 ABCDE로서 斜線 δ 로 표시된 5角形이며 또 目的式에서 等經費線은 点線으로 表示되어 右上보다 經費가 비싼것을 알수 있다. 따라서 이러한 경우에는 左下쪽에서 等經費線이 許容領域을 이탈하려는点 E가 最適解가 된다. 즉,

$$x=9, y=0, E(9.0) \dots\dots ⑤$$

⑤의 값을 <表-3>에 代入하면 <表-3-1>와 같이 되며, 總경비는 지금의 $x=9, y=0$ 를 代入해서 目的式의 $3x+4y$ 의 값이 27이 된다.

<表-3-1>

市場 工場	A	B	C	生産量
1	10 9	5 0	6 6	15
2	8 1	2 6	7 0	7
需要量	10	6	6	22톤

그런데 여기서는 常數 119가 제외되었으므로 27에 119를 합치면 결국 146單位가 되며, 이경우 總경비는 各「루트」의 경비 즉 噸當水送비와 水送量을 곱한것을 모두 합쳐서 求할수도 있는 것이다.

3. 「심플렉스」(Simplex) 法

線型計劃의 가장 一般的인 解法을 「심플렉스」法이라 하는데 이것을 <그림-14>에 의하여 說明하기로 한다.

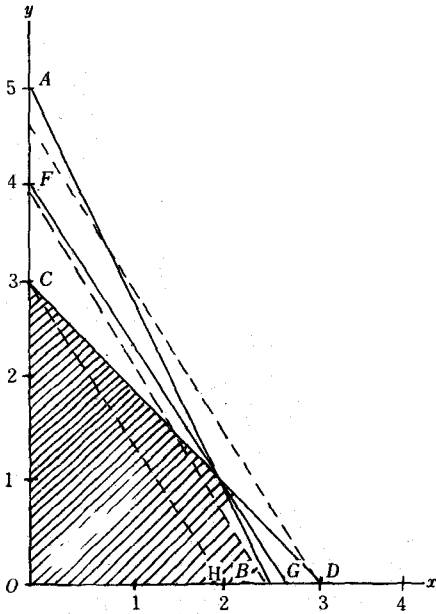
① 먼저 1개의 基本解를 찾는다. 그러나 그것은 간단한것이 아니므로 萬一 原点이 可能解

의 一角을 구성한다면, 原点으로 부터 출발하는 것이 便利하다.

② 原点의 利潤을 다음의 B나 C와 比較한다.

③ 萬一, B나 C의 利潤이 原点의 利潤보다 크다고 하면 利潤의 큰 쪽, 즉 C로 移行한다.

④ B와 E의 利潤을 計算하여 萬一, E의 利潤이 크다고 하면 E로 移行하며 이와같은 절차를 되풀이 하면서 最適解에 이르게 되는데 이와같은 例를 「싹프렉스」法으로 計算하는 方法을 例示하여 보겠다.



(그림-14)

먼저 制限條件을 等式으로 바꾸기 위하여 調整變數 (Slack variable) 라는 새로운 變數를 넣어서 생각하기로 한다. 調整變數라는 것은 原料나 機械, 時間 등 未利用部分이라고 이해하는 것이 좋겠으며 이것을 線型計劃으로 表示하면

$$\text{Maximize } 3x + 2y$$

$$\text{Subject to } \begin{cases} 2x + y + S_a = 5 \\ x + y + S_b = 3 \quad (x \geq 0, \\ y \geq 0, S_a \geq 0, S_b \geq 0) \end{cases}$$

通常變數를 포함하는 項을 右邊에 移項하면

$$\begin{cases} Z = 0 + 3x + 2y \\ S_a = 5 - 2x - y \\ S_b = 3 - x - y \quad (x \geq 0, y \geq 0, S_a \geq 0, S_b \geq 0) \end{cases}$$

으로 되며, 基本解의 하나가 쉽게 풀리게 된다. 즉, $S_a=5, S_b=3, x=0, y=0$ 로 된다.

이와같은 풀이(解)는 X나 Y가 生産을 하지 않고 設備는 모두가 遊休상태에 있으며 (그림-14)에서는 原点이 되는 것이다. 이와같은 結果를 <表-4>와 같은 係수로 表示해둔다.

<表-4>

		x	y
Z	0	3	2
S _a	5	-2	-1
S _b	3	-1	-1

다음단계는 새로운 基本解를 발견해서 「싹프렉스」基準表를 만드는 것인데, 基本解로 0이었던 變數의 하나에 正의 값을 주고, 0이 아니었던 變數의 하나에 0을 붙여서 x와 S_a의 役割을 교환해 보기로 한다.

最初의 制限條件을 변경해서

$x = 2.5 - \frac{1}{2}S_a - \frac{1}{2}y$ 로 하고 目的関數 또는 第2의 制限條件에 이 x를 代入해서

$$7.5 - \frac{3}{2}S_a + \frac{1}{2}y \text{ 또는}$$

$0.5 + \frac{1}{2}S_a - \frac{1}{2}y$ 로 變形할수 있으며, 그 結果 새로운 基本解의 係수는 <表-4-1>와 같이 된다. 이 基本解는 <그림-14>에서는 B에 對應하며, 여기서 利潤은 7.5가 되어 前의 基本解에 比하여 크게 改良되었다는 것을 알수가 있으며

<表-4-1>

		S _a	y
Z	7.5	$-\frac{3}{2}$	$+\frac{1}{2}$
x	2.5	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$
S _b	0.5	$+\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

이 「싹프렉스」기준표에는 列과 行사이에는 다음과같은 두개의 規則이 있다는 것을 알수가 있다.

① 目的関數의 係數中에서 가장 큰 正의 값을 갖는 것이 있고

② 그列가운데서 負의 값을 갖고, 그것으로 最初의 數值를 나누어 그結果가 最小의 것으로 되는 것을 선택한다는 점이다.

前例에서 目的関數의 係數가 가장 큰 x(3)를

선택해서 x 列의 負의 값을 最初列의 係수로 나눈 것 ($\frac{5}{-2}$ 과 $\frac{3}{-1}$) 中에서 그 結果가 작아진 Sa 를 우리는 선택하였던 것이다.

그러면 이와같이 선택하는 理由는 무엇인가? 그 理由는 간단한 것이다.

① 目的関數의 係수는 限界利潤을 나타내는 것이므로 利潤을 급속하게 높으려면 限界利潤이 큰 것부터 시작하는 것이 當然하며

② 또 第 1 列은 遊休設備를 의미하기 때문에 그 數値를 가급적 0에 가깝게 하려는 것이 당연한 것이기 때문이다.

다시 문제를 해결하기 위하여 다시한번 y 와 Sb 를 교환해 보기로 하자.

$$y = 1 + Sa - 2 Sb$$

目的関數는

$$8 - Sa - Sb$$

나머지 制限條件은

$$2 - Sa - Sb$$

따라서 「썩프렉스」基準表는 <表-4-2>와 같이 된다. 目的関數의 係수가 모두 正의 값이 없어졌을 때 「썩프렉스」法이 完了되는 것이며 따라서 <表-4-2> 基本解가 最適으로 되어 利潤이 8 $x=2$, $y=1$ 이 되고 Sa 와 Sb 는 다같이 0 이 되는 것이다.

<表-4-2>

		Sa	Sb
Z	8	-1	-1
x	2	-1	-1
y	1	1	-2

4. 輸送計劃 解題

지금 世界에서 A, B, C라는 세개의 쌀 輸出可 能國과 I, II, III, IV라는 쌀 輸入必要國이 있다고 假定 하고 A, B, C의 수출可能量을 각각 15 (단위 100萬噸), 10, 2이라 하고, I, II, III, IV의 수입必要量을 각각 5, 13, 22, 10이라 하자.

이 세개의 수출國과 4개의 수입國과 연결되는 海上運賃을 <表-5>라 하고, 수송비를 最小 하는 線型計劃을 만들고자 한다.

지금 未知數(수출國에서 수입國으로의 수송

<表-5>

(噸當, 弗)

	I	II	III	IV
A	15	7	6	12
B	10	4	13	5
C	2	8	3	9

량)를 <表-6>와 같이 定하면,

<表-6>

	I	II	III	IV
A	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}
B	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}
C	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}

目的関數는 Minimize : $15x_{11} + 7x_{12} + 6x_{13} + 12x_{14} + 10x_{21} + 4x_{22} + 13x_{23} + 5x_{24} + 2x_{31} + 8x_{32} + 9x_{34}$ 가 된다.

또 수출可能量과 輸入必要量은 다음과 같은 制限條件을 構成한다.

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 15$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \leq 25$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} \leq 10$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \geq 5$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \geq 13$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \geq 22$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} \geq 10$$

다시 非負條件을 추가하여 보면,

$$(x_{11} \geq 0, x_{12} \geq 0, x_{13} \geq 0, x_{14} \geq 0, x_{21} \geq 0, x_{22} \geq 0, x_{23} \geq 0, x_{24} \geq 0, x_{31} \geq 0, x_{32} \geq 0, x_{33} \geq 0, x_{34} \geq 0)$$

輸送問題의 最適解는 다른 線型計劃에 比하여 비교적 쉽게 발견되는데 그 理由는 最適解에 가까운 基本解가 간단하게 선택 되기 때문이다.

먼저 制限條件에 따라 운임이 낮은 것으로 부터 순차적으로 수송량을 할당하여 나간다. 運賃이 가장 낮은 것은 C-II이므로 C의 생산量에서 5를 할당하고, 다음으로 낮은 것은 C-III이므로 거기에 나머지 5를 할당한다. 이와같이 하여 B-II에 13을, B-IV에 10을 대입하여 나가면 <表-7>와 같은 近似解가 풀리게 된다.

그러나 이것은 어디까지나 近似解에 不過 하며 最適解는 아닌 것이다.

그러나 이 基本解로부터 다음의 기본解로 移

송은 생산량以下이고, 市場에의 到着은 적어도 需要量과 같다는 條件이 붙어있다.

〈表-9〉

市場 工場	1	2	3	4	生産
1	c_{11}^{11} x_{11}^{11}	c_{12}^{12} x_{12}^{12}	c_{13}^{13} x_{13}^{13}	c_{14}^{14} x_{14}^{14}	A_1
2	c_{21}^{21} x_{21}^{21}	c_{22}^{22} x_{22}^{22}	c_{23}^{23} x_{23}^{23}	c_{24}^{24} x_{24}^{24}	A_2
3	c_{31}^{31} x_{31}^{31}	c_{32}^{32} x_{32}^{32}	c_{33}^{33} x_{33}^{33}	c_{34}^{34} x_{34}^{34}	A_3
需要	B_1	B_2	B_3	B_4	

工場側의 條件 $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq A_1$ 을 (4)形으로 變形하여 보면,

$$\left. \begin{aligned} -x_{11} - x_{12} - x_{13} - x_{14} &\geq -A_1 \\ -x_{21} - x_{22} - x_{23} - x_{24} &\geq -A_2 \\ -x_{31} - x_{32} - x_{33} - x_{34} &\geq -A_3 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

市場側의 條件은,

$$\left. \begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} &\geq B_1 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} &\geq B_2 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} &\geq B_3 \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} &\geq B_4 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

非負條件 $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{34} \geq 0 \dots\dots\dots (8)$

$c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + \dots + c_{34}x_{34}$: 最小化 $\dots\dots\dots (9)$

여기서 〈表-8〉에 相當하는 것으로 〈表-10〉가 만들어지며 이표에서 係수가 0인 경우에는 數字가 생략된 것으로 보면 된다.

그런데 輸送計劃은 총경비最小化의 문제이지만, 이번에는 이 문제와 밀접한 關係를 갖는 最大化문제를 생각해 보기로 한다.

各工場과 各市場에 있어서 지금 생각하고 있는 輸送物資에 對한 價格을 吟味하여 보자. 工場價格을 第1, 第2, 第3工場에서 各各 u_1, u_2, u_3 라 하고 市場價格을 똑같은 方式으로 各各 v_1, v_2, v_3, v_4 라고 하면, 이들 價格은 먼저 非負하여야하며 또 實際로 輸송이 되는 경우와 輸송이 안되는 경우가 있게 된다.

따라서 輸송되는 「루트」에 있어서는 市場價格과 工場價格의 差額이 輸송비가 될 것이며, 輸송되지 않는 「루트」에 있어서도 全體의 輸송計劃이 잘 이루어지려면 市場과 工場간의 價格差가 그

「루트」의 輸송비를 초과하지는 않게 될 것이다. 萬 · 輸송비以上の 價格差가 있다면, 그 「루트」는 有利한 「루트」로서 輸송되므로 各市場과 各工場의 價格差가 輸송비를 초과하지 않는다는 條件을 붙이기로 한다.

i 를 工場番號, j 를 市場番號라고 하면,

$v_j - u_i \leq C_{ij} \dots\dots\dots (10)$

$u_i, v_j \geq 0 \dots\dots\dots (11)$

輸送活動을 잘하느냐 못하느냐에 따라서 다르겠지만, 市場에 있어서 總價格과 工場에 있어서 總價格의 差를 最大로 하는것이 輸送費를 가장 많이 줄이게 되는 것이다.

〈表-10〉에서 各市場에는 B_j 톤, 各工場에는 A_i 톤이므로 總價格差는,

$(B_1v_1 + B_2v_2 + B_3v_3 + B_4v_4) - (A_1u_1 + A_2u_2 + A_3u_3) \dots\dots\dots (12)$ (11)式的 條件으로 (12)式을 最大化하는 문제가 생기게 되는 것이다.

〈表-10〉는 輸송계획경우의 表로서 表를 옆으로 읽으면 輸송計劃의 문제가 되지만 反對로 表를 내려 읽으면 工場과 市場간의 價格差의 문제가 된다.

이와같이 輸송計劃의 문제와 價格差의 문제는 〈表-10〉에서 가로읽느냐 세로로 읽느냐에 따라 보는각도가 다르지만, 이兩者는 서로 밀접한 關係가 있다는것을 알수가 있다. 이와같은 關係를 雙對問題라 부르는 것이다.

〈表-10〉

	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	
u_1	-1	-1	-1	-1									$-A_1$
u_2					-1	-1	-1	-1					$-A_2$
u_3									-1	-1	-1	-1	$-A_3$
v_1	1				1				1				B_1
v_2		1				1				1			B_2
v_3			1				1				1		B_3
v_4				1				1				1	B_4
	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}	

6. 몇가지 制約條件

이제까지 輸送計劃의 適用問題를 線型計劃의 一般理論에 의하여 說明하였지만 輸送部門에 종사하는 분들이 實際 이를 適用하기는 그리 쉬운일이 아닌것이다.

線型計劃의 技法은 아주 간단한 數式으로 表示되기 때문에 언뜻보면 누구나 쉽게 理論式을 定立할수 있는것처럼 보이지만, 實際로는 經營이나 輸送에 처한 지식뿐만 아니라 오랫동안 수송에 종사한 경험도 상당히 중요한 것임을 명심할 필요가 있다. 예를 들어 「시멘트」 業界의 경우만 하더라도 「시멘트」의 生産이나 需給에 많은 制約條件이 따르기 때문에 이들 制約條件을 충분히 理解하지 않으면 안되는 것이다.

첫째, 우리나라의 경우 輸送能力이 가장 큰 制約要素가 되고있다. 最小費用의 輸送計劃을 수립하려면 우선 輸送手段의 選擇이 自由로워야 하는데, 中央, 太白, 嶺東地區에 偏在되어 있는 「시멘트」工場은 대부분 鐵道수송에 의존하고 있는데 反하여 鐵道수송力이 이를 充分히 감당하지 못하고 있기 때문에 부득이 30-40%에 해당하는 「시멘트」는 自動車로 수송되지 않으면 안되는 것이다.

둘째로, 消費地需要量을 正確하게 予測하지 못하고 있는것 같다. 現在 「시멘트」統計를 보면 道別供給量만을 파악하고 있는것 같은데, 產地에서 大都市中心의 OD表가 正確하게 作成되어야 하는 것이다. 이와같은 OD表 作成은 그렇게 힘든 作業이 아니며 우리나라의 경우 15~20 個圈域으로 나누어 消費地需要를 正確하게 予測하고, 產地에서 가장費用이 적게 들고 수송方法이 쉬운 「루-트」를 挾하여 수송계획을 수립하여야 하는데, 이와같은 消費地需要 予測이 區域化되어 實用性있는 OD表 作成이 不可能한 것이다.

셋째, 「시멘트」業界에서는 一種의 價格「카르텔」을 形成하여 「시멘트」供給을 하고 있는데 輸送費를 節減하기 위한 線型計劃이 適用 되려면 價格「카르텔」과 並行하여 地域「카르텔」을 形成하여 各社別로 供給地域을 分担하는 것이 보다 合理的이라 생각된다.

最近數年 동안에 「시멘트」業界는 「시멘트」의

過大需要現象이 일어나서 生産이 消費로 連結되어 類例없는 好況을 누렸다고 하지만 各社別로 供給地 分担과 輸送費를 고려하지 않고 消費地 需要充足에만 全力하였기 때문에 많은 輸送經費가 支出되었고 어느면으로 보면, 「풍요속의 貧困」現象을 이루었다고 말하는 경우도 아주 否認하지는 못할 것이다.

넷째, 보다 長期的인 면으로 보면, 언제인가는 「카르텔」會社인 瑞韓實業이 해체되고 自由 경쟁할 時期가 올것을 予測하여 主要消費地에 分工場과 貯藏施設을 擴張하면서 가장 有利한 地域의 販賣網을 구축하는 것이 必要한 것이다.

그러나 以上과같은 制約條件이 있다 하더라도 그 制約된 범위內에서 各己自社에 가장 有利한 輸送計劃은 可能한 것이다. 예를 들면 雙竜洋灰의 경우 工場立地가 東海, 寧越, 聞慶에 分散되어 있으므로 自社에 가장 有利한 最適輸送計劃을 수립시행할수 있는 것이며, 다른 「시멘트」業체에서도 위에서 提示한 制約條件을 一部 解消하면서 輸送計劃의 最適化를 期할수 있다고 필자는 믿고 있다.

IV. '80年度 「시멘트」 輸送展望

1. 79年 輸送과 投資事業에 對한 評價

筆者는 본 「시멘트」誌 第74輯(79年 3月号)에서 '79年度의 「시멘트」輸送展望을 기고한 바가 있는데, 이에 대하여 필자自身이 評價할 의무가 있다고 생각되어 이 章을 특히 設定한 것이다.

그 論文의 要旨를 要約해보면 대략 다음과 같은 內容이다.

① 79年度의 「시멘트」輸送需要는 총 2,360萬 톤이며 그中에서 鐵道가 分担하는 量은 1,200萬 톤으로서 分担率은 71%를 차지하고 있다.

② 1,200萬 톤의 鐵道수송계획량은 雙竜東海工場의 增産(321萬 톤→601萬 톤)分은 全量海送需要로, 星信의 100萬 톤 增産分은 70%線을 鐵道分担으로 予見하고 鐵道수송량으로 確定시켰던 것이다.

③ 이와같은 수송량은 中央, 太白, 嶺東地區의 경합品目인 무연탄, 鑛石 등의 生産 및 需給計

劃과 鐵道輸送能力을 充分히 勘案한것 이므로 市場條件등 与件의 變動 없는限 盛需期中 一時的인 輸送隘路는 있을지 몰라도 「시멘트」의 計 劃量수송에는 問題點이 없다고 予測된다.

④ 鐵道庁에서는 中央線(榮州~慶州間), 全 羅線, 忠北線, 京釜複線等 輸送容量增大事業 을 계속하고 있으며 長期的으로는 首都圈一員의 貨物取扱基地의 再配置計劃을 進行하고 있으며 業界에서도 当面한 수송애로의 打開문제 보 다도 長期的인 수송애로 打開를 위하여 事前準 備가 必要하다.

⑤ 그리고 消費地備蓄施設確保등 業界에 드 리 는 몇가지의 建議兼 提言을 한다.

그런데 79年度 「시멘트」輸送実績은 <表-11> 와 같으며, 이는 10月末까지는 수송실적을 集 計한것이고 11~12月分은 이제까지의 輸送實 績을 기초로하여 筆者가 推定한 것이다. 이는 필자가 年初에 予測한것처럼 비단 「시멘트」業 界뿐만아니라 世界的인 油類波動과 景氣침체에 기인하는것이라고 할수 있는 것이다.

<表-11> '79 「시멘트」輸送実績 (單位: 千톤)

区分	分期別					計
	1/4	2/4	3/4	4/4		
計 劃	2,810	3,152	3,092	2,946	12,000	
實 績	2,601	2,861	2,894	(2,710)	11,066	
%	92.6	90.8	93.6	92.0	92.2	
前年 同期	2,707	2,726	2,610	2,837	10,880	

※ 註① ()內는 推定值

② 資料: 鐵道庁

이와같이 「시멘트」수송需要는 年末까지 昨年 과 비슷한 水準으로 出荷될 것이 予見되고있으 므로 <表-11>에서 보는 바와같이 今年度 鐵道 수송計劃量의 約92%인 1,100萬톤이 수송될것이 라고 생각된다. 「시멘트」輸送이 計劃量보다 約 100萬톤 적게 수송하게 된것은 앞에서도 강조 한바와 같이 鐵道수송능력이 不足하기때문이다 라고 「시멘트」市場需要가 当初 予測했던것보다 적어졌기 때문이다.

79年度 鐵道수송力增強을 위한 投資事業內容 을 보면 다음과 같다.

① 우선 線路容量增大事業으로서는 中央線의

伊下~安東間에 西技信号場과 義城~內村間에 業同信号場을 建設하여 線路容量을 22回에서 33 回로 增大시키고

② 湖南線의 長城~林谷間에 玉井信号場을 新 設함으로써 線路容量을 23回에서 33回로 늘리 며

③ 全羅線의 順天~栗村間에 星山, 書道~南 原間에 山城, 栗村~德陽間에 新豐信号場을 新 設하여 線路容量을 各各 19回에서 20回, 17回에 서 27回, 19回에서 32回로 增大시켰으며

④ 78년에 着工하여 80년에 完工予定인 高明 駅은 現容量 45輛을 135輛으로 擴張하게 되며 裡理駅은 現容量340輛을 580輛으로 늘리게 되 며, 今年末까지 積良駅을 35輛에서 80輛으로 擴 張하여 貨物列車의 円滑한 疎通을 期하려고 있다.

⑤ 慶北線의 咸昌駅과 長項線의 新礼院駅의 有効長을 各各 500m로 늘렸으며, 大田操車場은 500輛규모를 完成하였고 天安駅構內 모양變更과 天安直結線이 同時에 끝나게 되어 列車疎通이 보다 円滑하게 되었다.

⑥ 京釜線은 富谷~水原間의 複複線軌道敷設 을 끝마치었고 忠北線複線工事は 陰城~牧杏間 32.5 km 區間의 部分複線을 開通시키므로써 수 송력을 補強하게 된것이다.

以上에서 간단히 評價한 바와같이 79年度의 「시멘트」수송은 鐵道수송에 對한 要求不足으로 計劃量의 92%線을 수송하였으며 鐵道수송能力 增強을 위한 投資事業은 計劃대로 工事が 進行 되어 予定되었던것보다 한두달 지연되는 몇개 를 除外하고는 大体로 만족할만한 成果가 있었다 고 말할수 있다.

다음에 80年度의 수송계획과 投資計劃을 간단 히 소개하고자 한다.

2. 80年度 輸送計劃과 投資計劃

80年度 貨物수송계획은 총 5,400萬톤으로서 79 年度의 5,220萬톤 對北 103%의 成長率을 나타 내고 있는데 反하여 貨物列車耗는 79年度의 2, 330萬km에 比하여 1%가 높은 2,355萬km로 策 定하여 貨物列車의 增設이 거의 없음을 나타내 고 있다.

品目別수송계획량은 <表-12>와 같은데 이표를 자세히 보면 無煙炭 50萬톤과 油類 750萬톤이

80年度 品目別鐵道輸送計劃

<表-12> (單位：千噸)

区分	品目	無煙炭	시멘트	油類	鉍石	其他	計
80 計劃		18,500	12,000	4,700	3,900	14,900	54,000
79 計劃		18,000	12,000	3,950	3,900	14,350	52,200
%		103	100	119	100	104	103

※ 資料：80年度 鐵道輸送計劃

增加되었고 나머지 品目은 거의 79年度 水準으로 策定하였다. 특히 「시멘트」의 경우를 보면今年과 同量인 1,200萬톤으로 計劃을 잡았는데 그理由는 <表-13>에서 보는바와같이 雙龍東海工場の 生産能力이 600萬톤에서 880萬톤으로, 280萬톤이 증가하였지만 이는 全量海送需要로 推定하였기 때문인것으로 생각된다.

「시멘트」工場 生産能力

<表-13> (單位：千噸)

工場	年度	79	80	81	82
東洋		3,800	3,800	6,400	6,400
雙龍 (東海)		6,000	8,800	8,800	8,800
〃 (寧越)		2,200	2,200	2,200	2,200
〃 (開慶)		600	600	600	600
韓一		2,100	2,100	2,100	2,100
現代		1,300	1,300	1,300	1,300
亜細亜		1,800	1,800	1,800	1,800
星信		2,200	2,200	2,200	2,200
高麗		700	700	700	700
高爐		500	500	500	500
東亞 (玉湓)					1,500
現代洋行 (〃)				1,000	1,000
計		21,200	24,000	27,600	29,100

※ 註：「시멘트」出荷年度基準

80年 「시멘트」需給計劃

<表-14> (單位：千噸)

需 要			供 給	鐵道輸送	
国内消費	輸 出	計	(生産)	噸 數	分担率
15,085	7,915	23,000	23,000	12,000	52%

※ 資料：80年 鐵道輸送計劃

鐵道수송계획에서 「시멘트」수송량의 策定근거를 보면 <表-14>에서 보는바와같이 內需와 輸出을 2,300萬톤으로 推定하여 二分担率을 52%로 보았는데 그 理由는 海送量의 증가와 洋灰 「메이커」에서 24噸級 大型「트럭」 240台를 運用할 것으로 전망하였기 때문이다.

地下鉄 3, 4号線의 着工과 建築規制의 一部 解除措置로 서울地區 「시멘트」備蓄量을 200萬톤에서 300萬톤으로 늘렸고, 緊縮財政의 완화로 企業의 資金事情이 好轉되고있으나 적어도 80年度 1/4分期까지는 「시멘트」需要가 急激하게 증가하지는 않을것으로 預見하고 있으며, 2/4分期에 가서야 解冬과 함께 多少 「시멘트」의 盛需期需要가 증가될것이라고 생각하고 있다.

前節에서 79年度의 鐵道수송능력증강을 위한 投資事業內容을 간단하게 소개하였지만 이와같은 投資가 이루어진 다음에도 <表-15>에서 보는바와같이 中央線의 榮州~永川間과 東海南部線의 蔚山~慶州間 그리고 全羅線의 順天~麗水間이 輸送수요에 比하여 輸送能力이 不足되고 있다.

問題線區의 輸送能力

<表-15> (單位：列車回数)

線 區	需 要	能 力	不 足
榮州~永川	32	25	△ 7
蔚山~慶州	24	20	△ 4
順天~麗水	22	18	△ 4

※ 註：79年 改良事業完成後의 能力임 (片道)

中央線下行과 東海南部線에 對하여는 年次的으로 交行駅(信號場)을 增設해나가고 있지만, 이는 部分的인 輸送능력증강에 불과하고, 81년부터 着手될 CTC化의 준비단계로서 중요한 의미를 갖는 것이다.

이 以外에도 湖南線, 太白線, 長項線, 慶北線과 京元線一部區間의 線路容量不足이 予想되고 있지만 80년도 貨物수송에는 큰 制約要因은 될수 없다고 생각되고 있다.

그런데 80年度 投資事業內容을 살펴보면, 京釜線, 忠北線의 複線事業등 계속사업을 제외하고는 輸送能力增強事業은 크게 신장되지 않고 있다.

① 線路容量増大를 위한 交行駅은 中央線의 塔理~友保間에 開日과 北永川~花山間에 信號場을 全羅線의 周生~谷城間에 金池를, 湖南線 新興里~長城間에 安平을, 慶北線의 白元~咸昌間에 楊亭駅의 新設計圖이 있으며,

② 構内擴張事業으로서 興國寺駅을 48輛에서 200輛으로 擴張하는데 이는 80~81再個年에 完工할 計劃으로 있다.

③ 그외에 土方駅과 修德寺駅의 有効長延長(500m)事業이 있으며 貨車는 <表-16>에서 보는바와같이 有蓋車 179輛, 無蓋車 254輛, 槽車 24輛 都合 457輛을 증비할 計劃으로 있다.

(表-16) 貨車增備計劃 (單位: 輛)

區 分		車 種		
		有蓋車	無蓋車	槽 車
80年初保有		5,021	6,793	2,702
80年 所要		5,191	7,042	2,726
不 足		△ 470	△ 249	△ 24
80 年 增 強	購 入	260	259	28
	廢 車	△ 81	△ 5	△ 4
	計	179	254	24

※ 資料: 80年 鐵道輸送計劃

以上에서 간단하게 80年度鐵道貨物수송 계획과 貨物수송에 연관된 投資計劃을 說明하였는데, 最近數年동안에 比較하여 貨物수송량의 成長을 가장 낮게 策定하였다는데 그 特徵이 있다할 것이다.

3. 最近鐵道輸送이 当面한 課題

필자의 설명이 없더라도 독자여러분께서도 周知하고있는바와같이 最近鐵道가 当面한 수송애로는 貨物수송보다도 오히려 旅客수송쪽에 있다고 할수 있다.

74年 首都권 電鐵이 개통된 이후 首都圈電鐵수요는 해마다 激增하고 있어 開通當時의 1日 平均수송人員이 約35萬에 불과하던것이 79년에는 約75萬으로 늘어나 約2.2倍가 늘어났으며 이와같이 계속 늘어나고 있는 需要를 감당하기 위하여 開通當時 126輛의 電動車를 252輛으로 늘렸고, 輻輳하는 都市의 交通混雜을 해소하기

위하여 電鐵駅擴張, 高床홈의 延長과 利用面積의 擴張등 많은 投資를 集中的으로 施行하여 왔다.

그리고 長거리여객수송에 있어서도 高速道路의 容量不足, 高速버스의 老朽化等으로 因하여 特急以上の 長거리여객이 鐵道수송수요로 轉換되고 있어 해를 거듭할 수록 수송난을 加重시키고 있다. 이와같이 加重되는 여객수송난을 解消시키기 위하여 鐵道庁에서는 80년에 다음과 같이 旅客수송시설과 장비에 큰 投資比重을 두고 있다.

① 電動車 98輛을 추가 도입하여 총 350輛으로 운용할 計劃이며 현재 6輛편성을 8輛으로 늘려 運行할 計劃이며 이렇게 될 경우 地下鉄 1, 2号線과 함께 日間 約150萬名을 수송할 것으로 予測되고 있다.

이를 위하여 鐵道庁에서는 이미 79년에 이미 首都圈既存駅에 對하여 高床홈의 길이를 10輛編成이 可能하도록 延長工事を 끝마쳤으며 前述한바와 같이 駅舍, 通路, 계단과 홈의 幅 그리고 便所등 便宜施設을 改良하였거나 改良할 計劃으로 있다.

② 또 長거리 鐵道여객수송 수요에 對備하기 위하여 80年度에는 優等客車 200輛을 비롯하여 寢台車 2輛, 食堂車 16輛과 優等列車用 發電車 9輛등 총227輛을 새로 購入하는 동시에 特急客車 29輛을 普通客車로 改造하고 그대신 보통客車 29輛은 폐차하기로 計劃되었다.

③ 이와같이 旅客列車의 大幅增設 또는 代替에 따라 80년에 購入되는 「디젤」機関車 20台는 大部分이 旅客機로 充當될 展望이 크므로 貨物列車 增設은 거의 없을것이라 보아도 무방할 것이다.

특히 79年度에는 旅客運賃의 引上和 併行해서 旅客「씨-비스」의 改善에 重點的인 施策方向을 設定하였기 때문에 鐵道投資費의 相当部分을 施設裝備및 「씨-비스」改善對策推進을 위한 資金으로 轉用하여 貨物수송보다도 旅客수송에 큰 比重을 두었다고 할수 있는데 그 重要한 것을 列舉하면 다음과 같다.

① 支線客車 450輛을 포함한 普通客車 850輛을 幹線旅客列車水準으로 改造한다는 方針아래

客車의 의자, 변소, 창문, 바닥등을 全面改補修하였고, 또 列車放送裝置를 새로 設置하는데 莫大한 投資費가 投入되었으며,

② 前述한바와 같이 首都圈電鐵旅客取扱能力을 擴大하기 위하여 駅舎, 高床홈 및 便宜施設等を 大幅擴張함과 同時에 서울近郊의 遊園地 駅의 改良에도 큰 힘을 기울여 왔고,

③ 150個의 既存駅에 對하여도 駅待合室의 擴張과 改良, 駅舎의 塗裝, 其他 便宜施設을 大幅 改良하였다.

이와같은 旅客施設과 裝備의 增強과 改善施策은 80年度에도 그대로 계속될것이 予見되고 있으며, 60年代後半에서부터 70年代前半에 이르기 까지 貨物施設의 改良과 貨車의 增備등 貨物수송력증강에 集中的인 힘을 기울여 왔던 時代와는 正反對의 현상을 나타내게 되었다. 그 當時만 하더라도 貨物수송수요의 急激한 증가에 對하여 이를 원활하게 수송할 수 있는 수송력이 크게 不足하였을 뿐만아니라 鐵道가 政策 貨物수송의 大宗의地位에 있었고 物資의 원활한 需給如何에 따라 우리나라經濟에 미치는 영향이 莫大하였기 때문에 鐵道는 貨物수송力の 증강에 총력을 경주하지 않을수 없는 立場에 놓여 있었던 것이다.

그러나 近10余年間에 걸쳐 鐵道의 基礎施設과 貨物수송力增強에 集中投資를 하여온 結果, 旅客수송력은 急증하는 수송수요를 감당할수 없게 되었고 또한 鐵道가 公益性和 함께 企業性을 유지하려면 旅客수송에 經營力을 집중하지 않을수 없게되었으며, 特히 大都市交通難의 加重現象이 두드러지게 나타나고 있어 鐵道가 都市交通難解消에 直接참여하지 않을수 없게 된 것이다.

要건데 最近 鐵道가 當면한 基本的인 課題는 鐵道의 企業性을 높여가는 한편 도시교통난을 해소시키는 것이며, 또한 累積되는 赤字運營을 탈피하기 위하여 旅客수송에 重點的인 經營力을 집중해 나가지 않으면 안되겠다는 自覺이 점차 擴大되어 가고 있다.

4. 貨物수송에 있어서 今後의 問題

80年度의 鐵道수송계획을 說明하는 과정에서

中央線과 東海南部線을 除外하고는 貨物수송능력을 제한하는 要素는 별로 없었다는 것을 보여주었고, 또 철도 貨物의 總수송량에 있어서도 79年度와 비슷한 水準에서 策定되었으므로 수송애로는 別로 없을것이라는 것이 필자의 소견이다.

貨物수송수요의 變化는 그렇게 急變하는 것이 아니고, 生産施設에 投資한 다음부터 一定한 懷妊期間을 거치게 되므로 徐徐히 物動量으로 變換되는 것이므로 生産設備投資와 併行하여 수송力을 증강해 나가는 것이 현명한 方法인 것이라고 필자는 믿고있다.

그러나 우리나라의 産業構造는 60年代後半부터 特質的인 高度成長을 거듭하여 왔기 때문에 基幹産業施設은 거의 自給自足하고도 充分한 余分이 있다고 할수 있으며 第4次 5個年計劃期間 동안에는 重化學工業分野의 「프렌트」建設에 集中的인 노력을 하여 왔기 때문에 80年度初半부터는 이것이 巨大한 수송수요로 轉換될것이라고 予見할 수 있다. 그리고 世界的인 「에너지」波動과 景氣沈滯에 따라 一時的으로 操業時間과 生産量을 줄여왔던 基幹産業이 景氣가 恢復됨에 따라 가까운 將來에 正常稼動될것이 予想되므로 또한차례의 수송능력不足문제가 怡頭될 展望이 크다고 할것이다.

뿐만아니라 家庭用燃料의 不足, 代替「에너지」源의 開發등으로 石炭과 油類의 수입량이 크게 늘게 될것으로 생각되는데 이에 對한 수송對策도 미리 마련하여야 할것이라고 필자는 믿고있다.

石炭生産 및 輸入計劃

(表-17) (單位: 千噸)

年度	78	79	80	81	82
無煙炭生産	18,054	18,200	18,300	18,500	18,600
“ 輸入	-	-	3,600	3,883	3,894
有煙炭輸入	-	-	400	1,600	2,100
計	18,054	18,200	22,300	23,983	24,594

※ 註: (1) 輸入炭은 80년부터 北坪港入港
(2) 「시멘트」공장 및 發電用炭으로 使用

<表-17>에서 보는바와 같이 80年度부터 無煙炭과 有煙炭을 輸入하게 되며, 이것이 82년에 이르러서는 年間 約 600萬噸으로 증가할것에

견되고 있으며, 이는 北坪港에서 入港하여 嶺東線과 太白, 中央線을 經由, 各「시멘트」工場과 發電所로 供給하게 되어 있어 嶺東地區「시멘트」工場 増設과 함께 産業線수송능력에 큰 制約을 줄 것이라 判斷되고 있다.

前述한바와 같이 80年代 上半期中 地下鉄 3, 4号線이 建設되며 鐵道庁은 城北~議政府間, 龜山~水色間에 首都圈電鉄綱을 擴大할 計劃으로 있어 서울地區 都心地駅은 거의 全部가 旅客專用駅化할것이기 때문에 서울地區 物資供給對策을 事전에 講究하여야 할것이라고 생각하는데 東部地區에는 城北貨物「센타」, 西北部地區에는 水色駅, 그리고 현재 건설이 추진중에 있는 南部貨物「센타」는 서울南部地區의 貨物供給基地로 活用될것이다.

要件데 필자가 본「시멘트」誌를 통하여 누차 強調한바와같이 業界에서는 當面한 수송문제에 너무 부심하지 말고「시멘트」등 重量貨物의 수송수요가 景氣回復과 함께 增加될 것을 미리예견하여 消費地貯藏施設을 擴大하여 계절적인 수송과동이 일어나지 않도록 事전에 對備하여 두

는것이 바람직하다고 생각된다.

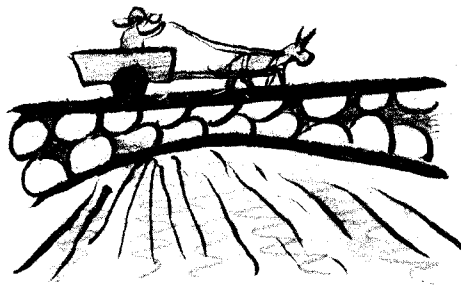
5. 맺 는 말

이 IV章을 집필하는 동안 필자는 14년간 몸담아 왔던 鐵道庁을 떠나 交通部에서 근무하게 되었다.

이런저런 생각으로 III章에서 이 글을 끝을 맺을 까도 생각하였으나, 序頭에서 독자에게 미리 予告을 했고, 또 이미 이章의 半以上을 썼기 때문에 그대로 強행했던 것이다.

「시멘트」業界에는 筆者와 지면있는 분들이 많이 있으며 輸送을 전문으로 하는분들에게는 필자의 글이 常識에 속하는것이므로 더 깊고 무겁게는 論文이 되지 못한것을 죄송스럽게 생각하고 있다.

간혹 大学院學生들이나 研究所의 젊은 研究員들이 筆者의 글을 읽고 일부러 찾아와서 輸送問題에 對하여 相互의견을 교환한적도 있는데 그때마다 만족할만한 回答를 드리지 못하여 미안하게 생각하고 있으며 이 기회를 통하여 필자의 글을 읽고 助言과 激勵을 하여 주신 여러분에게 감사드리면서 이 글을 맺는다.



에너지를 절약하여 귀중한

외화를 아끼시다.