

原料配合時の  
價格最適化의 計算例

김 학 령

포항종합제철주식회사 에너지연구실

## Cost Optimization of Raw Material Blending

H.R. Kim

Energy Resarch Laboratory, Pohang Iron &amp; Steel Co., Ltd.

## 요 약

여러가지 원료를 배합하여 제품을 제조하는 경우 배합의 최적화를 위하여 선형계획법이 적용될 수 있을 때에 기존 원료가격들을 기정사실로 보고 새로운 원료의 도입물량과 가격에 대한 최적화를 위하여 parametric linear programming 이 적용될 수 있음을 코크스제조를 위한 원료탄 가격평가를 예로 들어 설명하였다.

## 1. 이 론

여러가지 종류의 원료를 배합하여 화학제품을 제조할 때에 있어서 가격이 결정된 비슷한 종류의 원료가 상호보완하는 효과를 가진 경우에 최적배합을 위하여 선형계획법이 적용되는 것으로 알려져 있다.

그러나 기존의 원료 외에 새로운 원료를 도입하고자 할 때에 특정원료가격을 결정할 필요가 발생한다.

이때 새로운 원료에 대해서 기존 원료들과의 상호관련을 고려하여 구입가격 및 물량을 결정하는 것이 바람직하다.

새로운 원료를 도입하고자 할 때에는 가격 및 물량이 결정대상이므로 미지수이며, 따라서 유동성을 가지고 있다.

선형계획문제에 있어서 가격계수의 가변성을 고려할 때 가격계수에 관한 parametric linear

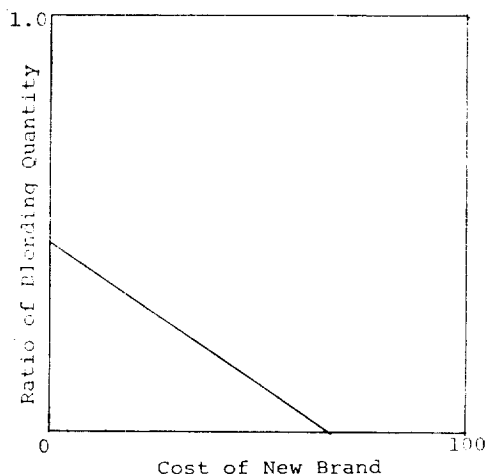


Fig. 1. The Curve of the Optimal Ratio of Blending Quantity (Expected)

programming이 적용된다.

Fig. 1은 새로운 원료의 가격에 대한 최적배합물량비 곡선을 나타낸다.

새로운 원료의 가격은 미정이므로 가격을 0에서부터 변화시켜 갈 때 가격이 커짐에 따라서 배합물량이 작아질 것이 예상되고 어떤 가격 이상이 되면 배합물량이 0에 도달하고 이때는 새로운 원료의 배합이 필요하지 않은 것을 의미한다.

이 곡선을 만들기 위해서 parametric linear programming을 적용한다. parametric linear programming에 대해서 간단히 설명하면 다음과 같다.

선형계획의 일반적인 문제는 제약조건이

$$Ax \geq b$$

일 때에 목적함수

$$p = cx$$

를 최소화하는 것이다.

여기서  $b$  또는  $c$ 가 가변적일 때에 선형계획문제는 parametric linear programming 문제가 된다.

새로운 원료가격을 조변수(parameter)로 택할 때에는 가격계수  $c$ 에 가변적 요소를 도입하게 된다.

이때

$$c = d + \lambda e$$

로 표시되고 단일 조변수에 대한 표준적 해법이 적용될 수 있다.

표준적인 해법을 요약하면 다음과 같다.<sup>1)</sup>

(1) 일반적인 Simplex 법의 변형에 의하여 체계적으로 한개의 조변수  $\lambda$ 를 가지는 목적함수에 관한 선형계획 문제를 해결할 수 있다.

(2) 어떤 유한한 해(solytion)가 주어지면 특성해(characteristic solution)의 집합을 결정할 수 있고, 모든 가능한 조변수 값에 대한 관련 특성치를 얻을 수 있다.

(3) 해는 조변수의 폐구간에 대해서 최소이다

(4) 최소해가 존재하는 조변수의 집합은 단려적이며, 연결되어 있다.

지금 새로운 원료가격을  $c_1$ 으로 취할 때에 다른 모든 원료가격은 고정되어 있으므로,  $c = d + \lambda e$ 에서  $c_1 = \lambda$ ,  $c_j = d_j (j \neq 1)$ 로서  $e_j = 0 (j \neq 1)$ 이 된다.

$e_j$ 가 0인 요소를 포함할 때에는 표준적인 parametric linear programming의 해법을 적용하기 전에 먼저  $\lambda$ 를 포함하지 않는  $c_j$ 들에 대해서 일반적인 simplex 법을 적용하여 우선적으로 처리한 후에 변형된 simplex 법을 적용해야 한다.

본 연구에서와 같이 단 하나의  $\lambda$ 를 포함하는  $c_j$ 가 있을 경우에는  $c_1 = \lambda$ ,  $c_j = d_j (j \neq 1)$ 인 문제가 되며, 최초로 얻어지는  $\lambda$ 를  $\lambda_0$ 라고 할 때  $\lambda_0$ 가 유한하거나  $= \pm \infty$ 인 3가지 경우가 나타난다.

$\lambda_0 = \infty$ 인 경우에는  $\lambda$ 가 감소하는 방향으로  $-\infty$ 까지 특성해를 구하고  $\lambda_0 = -\infty$ 인 경우에는  $\lambda$ 가 증가하는 방향으로  $+\infty$ 까지 진행시키고  $\lambda_0$ 가 유한한 경우에는  $\lambda_0$ 의 좌우로  $-\infty \leq \lambda \leq \infty$ 될 때까지의 특성해의 집합을 구한다.

이때 실제로는 특정원료가격이 0 이상이므로 특성해의 집합은  $\lambda_0 > 0$ 의 범위로 제한된다.

## 2. 코크스제조를 위한 원료탄가격 평가에 대한 적용

특정 원료의 가격을 조변수로 택하는 선형계획법에 의한 특정원료가격 최적화방법을 코크스제조를 위한 원료탄가격 평가에 적용해 보았다.

코크스 제조에 사용되는 원료탄들의 품질과 배합조건을 Table 1에 표시하였다.

특정원료탄  $c_1$ 을 새로운 원료로 보고 나머지 원료탄들을 기존 원료로 보았을 때 Table 2와 같은 특성해들을 얻었다.

새로운 원료탄  $c_1$ 의 가격변동에 따른 최적배합물량비와 배합가격이 나타나 있다.

Table 2의 특징을 Fig. 2에 그림으로 나타내어 보았다.

그림에서 보는 바와 같이 새로운 원료탄의 가격변동에 따른 최적배합물량비 곡선은 제단함수 형태로 나타났다.

Table 1. Properties of Brands

Brand	Property	DLATO-METER	C.S.R	PLASTO-METER	S.I	C.B.I	ASH	V.M	Cost
C 1		73	59	2.3	6.8	1.8	6.6	18.2	89.99
C 2		64	48	1.5	7.0	1.6	4.8	18.3	92.59
C 3		274	58	4.3	3.8	0.8	7.0	29.5	76.38
C 4		226	59	4.2	3.6	0.7	6.8	31.1	76.09
C 5		22	69	1.4	4.8	2.5	9.8	20.5	75.09
C 6		89	65	2.3	4.7	1.5	9.3	23.0	72.08
C 7		26	78	1.8	4.9	0.7	10.8	21.0	72.17
C 8		45	69	3.0	3.9	3.0	11.1	22.5	84.78
C 9		85	74	2.2	5.3	1.5	10.0	21.1	77.21
C10		122	68	3.3	3.9	1.4	7.9	26.2	85.39
C11		19	36	2.5	2.5	0.9	8.6	36.8	78.90
Restriction		60 to 80	50	2.7	4.0	1.6	COKE 12.0	28.0	

Table 2. Characteristic solution for C1 Brand

Cost of Brand	Blending Ratio											Cost of Blend
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	
0-64.5	0.51	—	—	0.14	—	—	—	0.14	—	—	0.20	38.3-71.9
64.5-72.6	0.45	—	—	0.18	—	—	—	—	—	—	0.37	71.9-75.6
72.6-73.3	0.30	—	—	0.21	—	—	0.12	—	—	—	0.36	75.6-75.8
73.3-91.5	0.13	—	—	0.25	—	—	0.28	0.03	—	—	0.31	75.8-78.2
91.5-95.0	0.11	—	—	0.14	—	0.33	—	0.09	—	—	0.32	78.2-78.6
95.0-96.5	0.04	0.07	—	0.25	—	—	0.26	0.09	—	—	0.29	78.6-78.6
96.5-	—	0.10	—	0.25	—	—	0.25	0.12	—	—	0.28	78.6-

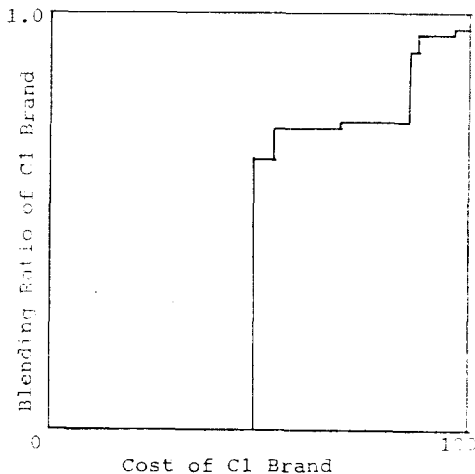


Fig. 2. Graphic Representation of the Characteristic Solution of C1 Brand.

이때 종축과의 교점은 새로운 원료탄의 품질로부터 물량이 제한되는 점으로 새로운 원료탄의 가격이 0 이더라도 일정량(51%) 이상 구입할 수 없는 것을 나타내고 있으며, 횡축과의 교점은 새로운 원료탄의 가격으로부터 제한되는 점으로 새로운 원료탄 가격이 톤당 \$96.5 이상일 때는 새로운 원료탄을 구입하지 않는 것이 가격상 적당한 것을 나타내고 있다.

가격에 의해서 제한되는 점은 특정원료의 물량을 지정하지 않는 경우에는 새로운 특정원료가 가질 수 있는 수요자측의 최대가격으로서 공급자측에서 가능한 한 비싸게 원료를 판매하고자 할 때에는 수요자측으로 보아서 사실상 최적화된 가격이라고 할 수 있을 것이다.

### 3. 결 론

원료배합의 최적화를 위하여 선형계획법이 적용될 수 있을 때에 기존의 각종 배합원료들에 대한 정확한 품질과 일정한 물량조달 계획이 결정되면, parametric linear programming에 의하여 새로운 특정원료에 대한 구입가격과 물량을 최적화할 수 있다.

### Nomenclature

- A.* property Matrix
- b.* Restriction Vector
- c.* Cost Coefficient Vector
- c<sub>1</sub>* Particular Cost Coefficient

- c<sub>j</sub>* Cost Coefficient of jth Material
- d* Part of cost coefficient Vector
- d<sub>j</sub>* Part of Cost Coefficient of jth Material
- e* Part of Cost Coefficient Vector
- e<sub>j</sub>* Part of Cost Coefficient of jth Material
- P* Cost of Blend
- λ* Parameter
- λ<sub>0</sub>* Parameter appearing in Initial Characteristic Solution

### REFERENCE

1. Gass, S.I., Introduction to Linear Programming, 4th ed., Mc Graw Hill Co., 1975.