

線型計画法에 의한 最小費用飼料  
配合에 關한 研究

閔 丙 俊

(嶺南大學校)

A Study on the Least Cost Ration Formulation  
by Linear Programming  
— For the multi-mix problem —

Byung Joon Min

College of Agriculture & Animal Science,

Yeungnam University, Gyeongsan.

**ABSTRACT**

This study was conducted to find the method that the least-cost formula can be determined thus allowing a better keeping of raw material supplies under the constraints having to be used some raw materials that are either in limited supply or for other reason in restricted use.

In this study, it was considered that three kinds of feed were produced under limited supply of six kinds of raw materials, and data for the analysis were collected from a feed mill in southern part of Korea.

According to the result of this study, it was proved better to determine the least-cost formula as the multi-mix problem than as the simple least-cost problem when more than two kinds of feed were produced with limited supply of raw materials.

## I. 緒 論

飼料配合에 對한 線型計劃法의 適用은 Waugh (1951)에 依해 처음으로 試圖되었으나 飼料工場에서의 適用은 Hutton等(1957)에 의해 最初로 提示되었다. 이후 많은 研究者의 繼續的인 研究와 電子計算器의 急進的인 發達에 의해 先進外國의 大部分의 飼料工場에서는 오래전부터 線型計劃法에 의한 最小費用的 飼料配合을 實用化하고 있다.

한편 이 技法의 適用에 關한 研究도 初期段階의 最小費用追求에서 벗어나 營養素의 水準에 따른 家畜의 生産性과 飼料와의 關係를 分析하여 飼料費를 空除한 收益을 最大化하는 方向으로 發展되고 있다.

그러나 우리나라에서는 最小費用飼料配合을 위한 線型計劃法의 利用研究조차 河(1975, 1976)에 의해 發表된 것 以外에는 거의 찾아올 수 없다. 더우기 原料飼料의 供給量을 考慮하여 最小費用的 飼料配合을 摸索한 研究는 전혀 없다.

國內賦存資原의 不足과 食糧作物과의 競合關係로 인하여 一部 原料飼料의 供給量에 制限을 받고 있는 狀況下에서 各種 配合飼料를 生産해야 하는 우리나라의 現實을 勘案할 때 이 問題에 關한 研究가 切實하게 要求되고 있다.

이와같은 問題意識下에 本研究는 供給量 限度內에서 原料飼料를 各 配合飼料에 適正하게 配分하면서 費用을 最小化하는 方法을 線型計劃法을 利用하여 Multi-mix問題로서 接近을 試圖하였다.

## II. 理 論 Model

各種 配合飼料를 生産하고 있는 工場에서 總原料費를 最小化할 수 있는 飼料配合率을 決定하기 위하여 線型計劃法을 이용하는 경우에는 2가지 方法이 利用될 수 있다. 그 하나는 配合飼料別로 各 費用을 最小化하는 配合率을 決定하는 方法, 즉 Simple least cost 問題로서 接近하는 方法이고, 다른 하나는 各種 配合飼料의 配合率을 同時에 決定하는 方法, 즉 Multi-mix問題로서 接近하는 方法이다.

最小費用的 飼料配合率을 決定하는에는 접근방법에 관계없이, 다음 基礎資料가 반드시 필요하다.

- (1) 家畜의 營養素 要求量
- (2) 使用 가능한 原料飼料의 營養素含量 및 價格

(3) 原料飼料의 特性에 따른 使用量의 制限 그러나 Multi-mix問題로서 接近을 試圖하는 경우에는 위의 세가지 資料이외에

(4) 各 原料飼料의 供給量

(5) 各 配合飼料의 生産量에 대한 資料가 追加로 더 必要하다.

이들 資料를 基礎로 하여 線型計劃法을 利用한 最適化 問題는 一般적으로 다음과 같이 定式化할 수 있다.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \begin{cases} \geq \\ \leq \end{cases} b_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, m)$$

$$l_j \leq x_j \leq u_j \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$b_i^l \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \leq b_i^u$$

$$x_j \geq 0$$

의 制約條件下에서

$$z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

目的函數 Z를 最小化(最大化)하는  $x_j$ 의 값을 求한다.

本研究에서는 위의 基本 model을 利用하여 Multi-mix問題로서 N種類의 配合飼料에 대한 變數를  $x_j$  ( $j=1, 2, 3, \dots, N$ ),  $n-N$  ( $n > N$ )種類의 原料飼料에 대한 變數를 ( $j'=N+1, N+2, \dots, n$ )로 하여 다음과 같이 數式化를 摸索하였다.

家畜의 各 營養素에 대한 要求量과 飼料原料別 各 營養素의 含量과의 關係를 나타내는 制約條件式은 (1)式과 같이 표현된다.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \begin{cases} \leq \\ > \end{cases} \sum_{j'=N+1}^n a_{ij'} x_{j'} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (1)$$

여기서  $x_j$ 는 配合飼料의 生産量,  $x_{j'}$ 는 原料飼料의 使用量,  $a_{ij}$ 는  $i$ 번째 營養素에 대한  $j$ 번째 配合飼料의 要求量이고  $a_{ij'}$ 는  $i$ 번째 營養素에 대한  $j'$ 번째 原料飼料의 含量이다.

原料飼料의 特性에 따른 使用量制限과 糠類, 魚粉(魚粉A, 魚粉B, 魚粉C)와 같이 全体使用量에 制限을 받는 경우에 대한 條件式은 式(2), 式(3)과 같다.

$$l_j \leq x_{j'} \leq u_j \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$l_j^{(1)} \leq \sum_{j'=N+1}^n x_{j'}^{(1)} \leq u_j^{(1)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$l_j$ 와  $u_j$ 는  $j$ 번째 配合飼料에 대한  $n$ 번째 原料飼料의 最小와 最大使用량을 各各 나타내고  $l_j^{(1)}$ 와  $u_j^{(1)}$ 는 全体使用량의 最小와 最大使用량을 나타낸다.

各 配合飼料의 一定生産量과 各 配合飼料에 사용된 各 原料飼料의 總量은 같아야 한다는 條件에서 生産량을 1 kg이나 1 ton으로 하는 경우의 條件式은 式(4)와 같다.

$$x_j = \sum_{j'=N+1}^n x_{j'} \dots \dots \dots (4)$$

配合飼料의 生産量에 對한 條件式은 式(5)와 같다.

$$b_i \leq x_j \dots \dots \dots (5)$$

$b_i$ 는 配合飼料의 生産量이다.

供給量에 制限을 받고 있는 原料飼料의 使用에 대한 制約條件式은 式(6)과 같다.

$$b_i^{(1)} \geq \sum_{j'=N+1}^n x_{j'} \dots \dots \dots (6)$$

$b_i^{(1)}$ 은 原料飼料의 供給量이다.

그리고 모든 變數의 값은 非負이어야 하는 條件은 式(7)과 같다.

$$x_j \geq 0, x_{j'} \geq 0 \dots \dots \dots (7)$$

目的函數는 式(8)같다.

$$z = \sum_{j=1}^N c_j x_j + \sum_{j'=N+1}^n c_{j'} x_{j'} \dots \dots \dots (8)$$

$c_j$ 는 配合飼料의 價格이고  $c_{j'}$ 는 原料飼料의 價格이다.

위의 (1)에서 (7)까지의 制約條件式을 滿足시키면서 目的函數  $Z$ 를 最小化(最大化)하는  $x_j$ 와  $x_{j'}$ 의 값을 구함으로써 費用을 最小化하는 飼料配合率을 決定할 수가 있다.

### III. 分析을 위한 基礎資料

配合飼料工場에서 生産하고 있는 飼料의 種類는 一般的으로 20余種에 달하고 있으나 本分析에서는 畜種別로 가장 많이 生産하는 3種의 配合飼料만을 生産하는 경우를 想定하여 分析을 實施하였다.

分析에 利用한 基礎資料는 配合飼料工場에서 飼料配合率을 作成하는데 實際 利用하고 있는 資料를 原料飼料의 供給量만 一部 條正을 加하였을 뿐 그 이외의 數値는 그대로 適用하였다.

#### (1) 家畜의 營養素要求量

本分析에서는 種鷄飼料와 育成豚飼料는 모두 9個 營養素, 搾乳3號飼料는 7個 營養素만을 고려하였고 微量礦物質, 維生素 및 抗生素는 Premix 로 補充하는 것으로 하였다.

各 配合飼料에서 고려하는 營養素의 種類와 要求量水準은 Table 1에 나타난 바와 같다.

#### (2) 原料飼料의 營養素含量 및 價格

使用 가능한 原料飼料는 Premix를 포함하여 17種으로 하였으며 이들 原料飼料의 營養素含量은 配合飼料工場에서 利用하고 있는 數値를 그대로 適用

Table 1. Nutrient Requirements of the Rations

Item	Ration	Breeding Layer		Growing Pig		Lactating Cow (#3)	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Crude protein	%	15.50		15.00		17.00	
Crude fat	%	3.00		3.00		3.00	
Crude fiber	%		7.00		5.50		9.00
Crude ash	%		14.00		8.00		10.00
Calcium	%	3.20		0.70		0.80	
Phosphorus, available	%	0.37		—		—	
Phosphorus, total	%	—		0.50		0.50	
Methionine+Cystine	%	0.56		0.54		—	
Lysine	%	0.82		0.73		—	
ME (Poultry)	Kcal/kg	2,650.00		—		—	
ME (Pig)	Kcal/kg	—		3,240.00		—	
TDN (Cow)	%	—		—		72.00	

그대로 適用 하였다. 價格은 配合飼料工場에서 購入하는 價格을 基準으로 하였다. (1981年 3月 價格)

原料飼料의 營養素含量 및 價格은 Table 2 와 같다.

Table 2. Composition and Prices of Feed Ingredients

Ingredient	Price	Crude Protein	Crude Fat	Crude fiber	Crude ash	Calcium	Phosphorus, available	Phosphorus, total	ME (Poultry)	ME (Pig)	TDN (Cattle)	Meth. + Cyst.	Lysine
	Won/kg	%	%	%	%	%	%	%	Kcal/kg	Kcal/kg	%	%	%
Yellow corn	139.80	8.80	3.80	2.98	1.50	0.02	0.10	0.25	3,370	3,630	80.0	0.35	0.24
Rice byproduct	87	10.00	5.20	2.40	2.40	0.05	0.10	0.53	2,990		80.5	0.24	0.43
Wheat shorts	71	14.20	3.00	7.50	8.20	0.12	0.20	0.80	2,000	2,640	72.0	0.53	0.69
Wheat bran	63	14.20	4.00	10.00	6.40	0.14	0.30	1.00	1,600	2,500	62.0	0.50	0.60
Defatted rice bran	80	17.00	2.30	8.60	11.60	0.10	0.30	1.50	1,660	2,500	53.0	0.53	0.89
Barley bran	62	15.00	5.20	9.20	5.50	0.03	0.10	0.30	2,100	2,500	57.3	0.35	0.47
Soybean oil meal	251	44.00	0.50	7.00	6.00	0.25	0.30	0.60	2,400	3,500	78.0	1.32	2.90
Rapeseed meal	171	36.00	2.60	13.20	7.20	0.66	0.30	0.93	1,770	2,790	64.0	1.21	2.12
Fish meal A	420	60.00	5.50	1.00	16.00	4.50	2.70	2.70	2,860	2,990	70.0	2.96	5.50
Fish meal B	400	58.00	6.20	0.60	27.00	4.40	2.50	2.50	2,600	2,860	55.0	2.96	5.50
Fish meal C	320	48.00	7.00	1.50	30.00	6.00	3.00	3.00	2,400	2,800	50.0	2.70	5.00
Defl. phosphate	258					99.00	25.00	18.00					
Lime stone	16					99.00	37.00						
Crude soya- lecithin	171		98.00										
Urea	225	280.00											
Salt	120				90.00								

Table 3. Upper and lower Bounds Placed on Feed Ingredients Which Level of Usage in the Ration were Restricted

Ingredient	Ration	Breeding Layer		Growing Pig		Lactating Cow (#3)	
		Lower %	Upper %	Lower %	Upper %	Lower %	Upper %
Yellow corn		50.00	100.00	50.00	100.00	50.00	100.00
Rice byproduct		—	—	—	—	2.00	6.00
Wheat shorts		0.00	5.00	0.00	15.00	0.00	20.00
Wheat bran		0.00	15.00	0.00	11.00	0.00	40.00
Defatted rice bran		0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	3.00
Barley bran		—	—	0.00	12.00	0.00	12.00
Soybean oil meal		No Limit		No Limit		No Limit	
Rapeseed meal		0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00
Fish meal A		0.00	2.00	0.00	2.00	2.00	—
Fish meal B		0.00	2.00	0.00	2.00	—	—
Fish meal C		0.00	2.00	0.00	2.00	—	—
Defl. phosphate		0.00	3.00	0.40	3.00	0.70	3.00
Lime stone		0.00	10.00	0.00	2.00	0.00	2.00
Crude soya- lecithin		1.00	1.00	—	—	—	—
Urea		—	—	—	—	1.25	1.25
Salt		0.05	0.05	0.20	0.20	0.40	0.40
Premix conc.		0.50	0.50	0.56	0.56	0.30	0.30
Brans		0.00	20.00	0.00	28.00	0.00	40.00
Fish meal		0.00	5.00	0.00	5.00	—	—

(3) 原料飼料의 使用量制限

各 配合飼料에 대한 原料飼料의 使用量制限은 營養學的 要因, 家畜의 嗜好性, 養畜家의 選好度 및 配合實行에 따라 配合飼料工場에서 實際 適用하고 있는 基準을 그대로 適用하였다.

原料飼料의 配合飼料別 使用量制限은 Table 3 과

같다.

(4) 原料飼料의 供給量

原料飼料의 供給量은 供給量의 不足으로 購入量에 制限을 받거나 또는 在庫處理關係 및 기타事情에 의해 一定量 이상은 반드시 사용해야 하는 原料飼料에만 制限을 두었다.

17種의 原料飼料中 供給量에 制限을 받는 것은 백새미, 말분, 밀기울, 麥糠, 魚粉B와 魚粉C 등으로 이 以外の 原料飼料는 언제든지 必要로 하는 量을 購入可能한 것으로 하여 制限을 設定하지 않았다.

이들 原料飼料의 1個月間 供給量은 백새미 3~9톤, 말분 80톤, 밀기울 250톤, 麥糠 20톤으로 하였고, 어분B는 21톤이상, 어분C는 12톤이상 사용해야 하는 것으로 하였다.

(5) 配合飼料의 生産量

各 配合飼料의 生産量은 飼料配合比率을 作成時에 고려하는 1個月間의 生産予定量으로서 種鷄飼料 1,600톤, 育成豚飼料 200톤, 搾乳3號飼料는 150톤으로 하였다.

Table 4. Feed Formula Determined by Linear Programming

Ingredient	Breed-	Growing	Lactating	Amount of feed ingredi- ents used ton
	ing Layer	Pig	Cow (#)	
	%	%	%	
Yellow corn	56.20	54.70	50.20	1083.9
Rice byproduct			2.00	3.0
Wheat shorts	1.70	11.65	19.20	79.3
Wheat bran	10.20	11.00	14.90	207.55
Defatted rice bran	3.55			56.88
Barley bran		5.09		10.18
Soybean oil meal	13.25	10.30	7.55	243.925
Rapeseed meal	2.00	2.00	2.00	39.0
Fish meal A				
Fish meal B	1.30			20.8
Fish meal C	2.00	2.00		36.0
Defl. phosphate	0.75	0.40	0.70	13.85
Lime stone	7.50	1.10	1.50	124.45
Crude soya-lectithin	1.00	1.00		18.0
Urea			1.25	1.875
Salt	0.05	0.20	0.40	1.8
Premix conc.	0.50	0.56	0.30	9.57
Total	100.00	100.00	100.00	
Crude protein %	15.50	15.00	17.00	
Crude fat %	4.00	4.36	3.27	
Crude fiber %	4.31	5.04	5.23	
Crude ash %	12.15	5.79	6.46	
Calcium %	3.22	0.71	0.82	
Phosphors, available %	0.37			
Phosphorus, total %		0.57	0.63	
Methionine+ Cystine %	0.57	0.54		
Lysine %	0.84	0.74		
ME (Poultry) kcal/kg	2,650			
ME (Pig) Kcal/kg		3,240		
TDN (Cattle) %			72.00	

IV. 分析結果 및 考察

3種의 配合飼料에 대한 最小費用의 配合率을 線型 計劃法을 이용하여 Multi-mix問題로서 接近하여 얻은 結果는 Table 4와 같다.

種鷄飼料, 育成豚飼料와 搾乳3號飼料는 Table 4에 나타난 바와 같은 比率로 各 原料飼料를 配合함으로써 諸制約條件을 滿足시키는 最小費用을 얻을 수 있으며 이때의 配合飼料의 總原料費는 各 各 1kg當 144.35원, 140.66원, 123.85원이 된다.

原料飼料의 供給量에 制限을 設定한 것은 6種이었으나 Table 4의 配合比率에 따른 이들의 실제 使用量은 Table 4의 原料使用量란에 나타난 바와 같다.

백새미의 供給量은 3~9톤으로 9톤까지는 使用이 가능하지만은 搾乳3號飼料에 2%만 使用함으로써 全体使用量은 最小量인 3톤에 지나지 않는다. 이것은 搾乳3號의 營養素中에서 費用의 增減에 가장 크게 영향을 미치는 것은 조단백질, 可消化營養素總量인데 백새미는 이들 營養素의 單位當 價格이 말분이나 밀기울에 비해 높기 때문에 最小量만을 使用하는 結果가 나타났다. 그러므로 백새미의 供給量에 制限을 두지 않으면 백새미는 전혀 使用하지 않고 말분이나 밀기울로 대체되는 結果가 나타나게 된다.

말분과 밀기울은 供給量을 各各 80톤, 210톤으로 制限을 두었기 때문에 Table 4와 같이 供給量 限度內에서 配合比率이 決定되었다. 그러나 말분과 밀기울은 營養素含量에 대한 價格比가 他原料飼料에 비해 낮기 때문에 供給量에 制限을 두지 않을 경우에는 말분은 種鷄飼料에 5.0%, 育成豚飼料에 15.0%, 搾乳3號飼料에 20.0% 配合하고, 밀기울은 各各 11.0%, 11.0%, 13.25% 配合하도록 配合率이 決定된다. 이에 따라 말분과 밀기울의 使用量은 各各 140톤, 218톤으로 增加하게 되고 費用은 反對로 種鷄飼料에서 kg當 0.72원, 育成豚飼料에서 0.30원, 搾乳3號飼料에서 0.30원이 節減된다. 그런데 말분과 밀기울은 供給量에 制限을 받고 있기때문에 費用이 節減될 수 있다해도 이 配合率을 그대로 適用할 수는 없고 Table 4에 나타난 바와 같이 供給量限度內에서 最小費用이 될 수 있는 配合比率이 決定되어야 한다.

麥糠은 供給量이 20톤이었으나 他糠類에 비해

價格條件이不利하므로 使用되는 量은 10.8톤에 지나지 않는다.

魚粉B와 魚粉C는 供給量을 各各 21톤以上, 12톤以上으로 하였으나 實際로 使用되는 量은 各各 20.8톤, 36톤이었다. 種鷄飼料와 育成豚飼料의 營養素中에서 費用의 增減과 密接한 關係가 있는 營養素는 粗蛋白質, 칼슘, 磷, 代謝에너지인데 魚粉B는 魚粉C보다 이들 營養素의 單位當 價格이 代謝에너지 以外에는 모두 높기 때문에 魚粉B는 最小量만을 使用하고 魚粉C는 36톤이나 使用하는 結果가 나타났다.

以上에서 考察한 나와같이 供給量에 制限을 받는 6種의 原料飼料中에서 供給量限度의 最小量만을 使用하는 것은 백새미와 魚粉B이고 最大量까지 使用하는 것은 말분과 밀기울이다. 따라서 供給量에 制限을 받는 경우에 Multi-mix問題로서 最小費用의 飼料配合率을 求하지 않으면 백새미와 魚粉B는 供給量限度 以下로, 그리고 말분과 밀기울은 供給量限度 以上으로 使用하는 配合率이 決定된다. 이와같이 決定된 配合率은 制約條件을 滿足시키지 못하므로 그대로 適用할 수가 없다. 그러므로 供給量에 制限을 받는 경우에는 Multi-mix問題로서 最

小費用의 配合率을 결정해야 한다.

## V. 結 論

原料飼料의 供給量에 制限을 받고 있는 狀況下에서 2種以上の 配合飼料를 生産하고 있는 경우에 供給量限度內에서 原料飼料가 各 配合飼料에 適正하게 配分되면서 最小費用의 配合率이 決定될 수 있는 方法을 模索할 目的으로 線型計劃法을 利用하여 Multi-mix問題로서 接近을 試圖하였다.

分析結果를 要約하면 다음과 같다.

(1) 供給量에 制限을 받는 原料飼料가 他原料飼料에 비해 各 營養素含量에 대한 單位當價格이 높은 경우에는 Simple least cost問題로서 實際로 適用 가능한 最小費用의 飼料配合率을 決定할 수가 있다.

(2) 그러나 供給量에 制限을 받는 原料飼料가 他原料飼料에 비해 各 營養素含量에 대한 單位當價格이 낮은 경우나 또는 原料飼料의 一定量以上은 使用해야 하는 경우에 있어서는 Simple least cost問題보다는 Multi-mix問題로서 最小費用의 飼料配合率을 決定하는 것이 보다 合理的인 接近方法이다.

## 〈參 考 文 獻〉

- Allison, J.R. and L.O. Ely, 1978. Broiler profit maximizing models. *Poultry Science* 57(4); 845-853
- Brown, C.A. and P.T.Chandler, 1978. Incorporation of Predictive milk yield and dry matter intake equations into a maximum-profit formulation program. *J.Dairy Sci.* 61; 1123-1137
- Dent, J.B. And H.Casey, 1967. *Linear Programming and animal nutrition.* Crosby Lockwood & Son Ltd, LONDON.
- Fonnesbeck, P.V., L.E.Hanis and L.C.Kearl, 1977. Feed composition, animal nutrient requirements and computerization of diets. *International Fedstuff Institute.* Logan, Utah.
- Gass, S.I., 1975. *Linear programming methods and applications.* McGraw-Hill, Inc.
- Hanis, L.E., 1980. Use of infic data to calculate diets and feed mixture. *韓國營養飼料研究会報* 4(1). 46-61
- Heady, E.O. and W.Candler, 1969. *Linear Programming methods (6th ed.)* The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- Hutton, E.F. and J.R.Allison, 1957. A linear programming model for development of feed formula under mill operating conditions. *J. of farm Economics* 40;94-111 1975. 17(4); 485-491
- 李榮哲·河瑞鉉：1976. 線型計劃에 의한 配合飼料가 Broiler에 대한 經濟的 要求量에 關한 研究, *韓國畜産學會誌* 18(5); 386-391
- 河瑞鉉：1975. 乳牛用 飼料配合의 費用分析, *韓國畜産學會誌* 17(4), 485-491.