

農産物加工工場의 適正 數, 位置 및 規模 決定

— 미국 Missouri州의 유채 搾油工場 사례 —

이 동 필*

- I. 머리말
- II. 분석모형
- III. 공업용 유채 착유공장 사례 분석
- IV. 분석 모형의 적용 가능성과 한계

I. 머 리 말

농산물 가공산업은 지역의 부존자원을 활용하여 농가소득을 증대시키고 농촌경제를 활성화할 수 있는 유력한 수단이 될 수 있다. 즉, 農産物加工은 농작물의 需給安定과 원료 농산물의 새로운 수요를 창출한다는 점, 보다 많은 附加價値를 농촌 지역 또는 원료 생산자에게 귀속시킬 수 있다는 점, 그리고 그 과정에서 농어민의 취업과 농의소득을 동시에 확대시킬 수 있다는 점에서 일찍부터 그 중요성이 강조되어 왔다.

어느 지역에서 생산되는 어떤 농산물의 가공공장을 건설하고자 할 때 제일 먼저 부딪히는 문제는 과연 어디에, 얼마만한 크기의 공장을, 몇 개나 만들어야 하는가 하

는 점이다. 이는 원료 생산량에 비해 너무 크거나 적은 규모의 가공공장을 건설하거나, 비록 전체 규모는 같더라도 소규모로 2~3개의 지역에 분산해서 공장을 건설할 경우 공장의 건설 및 운영에 소요되는 가공비와 수송비가 달라지기 때문에 이를 잘못 설정한 업체는 適正産業組織(Optimal Industrial Organization)을 가진 다른 업체와의 경쟁에서 불리한 입장에 놓이게 된다.¹ 따라서 합리적인 원료 농산물의 生産-流通-加工 조직, 즉 공장의 수와 규모 및 위치를 결정하는 것은 곧 농산물 가공산업의 성패와 직결된다고 해도 과언이 아니다.

본 연구는 주어진 원료 농산물의 생산 밀도와 지역적 분포를 전제로 이를 가공하기 위한 공장의 適正 數, 位置 및 規模를 결정하는 방법을 제시하기 위한 것으로 미국 미주리州의 유채 착유공장을 事例分析한 것이

* 부연구위원

¹ 이는 대부분의 농협 가공공장이 “적정 가동일수를 유지하지 못하여 시설 및 인원이 유향화되고 있다”(농축산신문 1993)는 사실에서도 適正産業組織의 중요성을 알 수 있다.

다.²

수송 및 가공비의 최소화를 이용한 적정한 공장의 수, 위치 및 규모 결정 모형은 Olson (1958) 및 Stollsteimer (1961, 1963) 등에 의해 개발되어 Mathia & King (1962), Cobia & Babb (1964), O'Dwyer (1968), 그리고 Burkett, et al (1978) 등에 의해 다양한 분야에서 폭넓게 응용되어 왔다. 비록 오래된 모형이기는 하나 이 분야의 자료 축적이 많지 않은 우리 현실에서 각종 농산물 가공 공장의 건설시에 몇 개의 공장을, 어느 곳에, 그리고 얼마나 크게 건설해야 할 것인지 판단하는 방법으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

II. 分析模型

공장의 적정 數, 位置 및 規模 결정에 영향을 미치는 중요한 변수는 (1) 생산 가능한 원료의 量, (2) 원료의 수집과 제품의 수송에 관련된 비용, 그리고 (3) 원료의 형태를 변화시키는 가공비용 등이다. 즉 어떤 지역에서의 적정한 공장의 수, 위치 및 규모는 수송비와 공장 건설 및 운영비, 그리고 원료의 생산 밀도에 의해서 결정되는데 수집 및 가공비를 공장수의 함수로 파악하고 이들을 동시적으로 변화시켜 총비용이 최소가 되는 공장의 수, 위치 및 규모를 선택함으로써 적

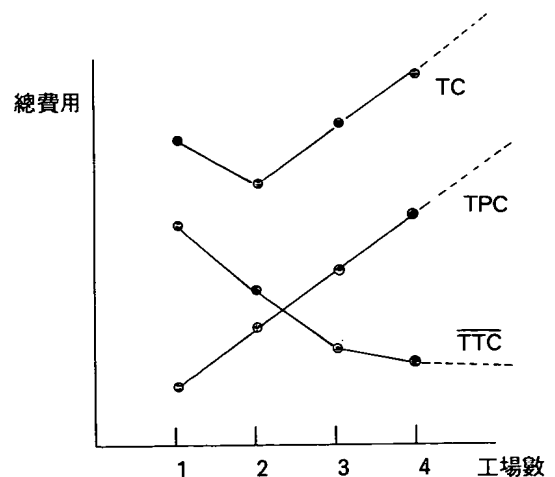
² 본 사례연구는 필자의 학위논문인 A Feasibility Analysis of Industrial Rapeseed in Missouri(Lee, Ph.D. Dissertation, UMC, 1991)중 제6장 (Optimal Industrial Organization of Industrial Rapeseed Crushing Plants in Missouri)부분으로 1992년 한국농업경제학회 하계학술발표회에 발표한 것을 보완하여 논문형태로 재구성한 것이다.

정 산업조직을 구할 수 있다.

적정한 공장의 수와 위치 및 규모를 결정하기 위한 기준이 되는 輸送費(Transportation Cost)와 加工費(Processing Cost)는 여러 가지 요인의 영향을 받기 때문에 다음과 같은 假定들이 필요하다. (1) 가공에 있어서 규모의 경제가 존재한다, (2) 장기 가공비용은 공장의 위치와는 무관하고, 모든 공장들은 동일한 생산 기술을 사용한다, (3) 장기 가공비용 함수는 正의 기울기와 절편을 갖는 線型이다, (4) 원료 공급자는 가장 가까운 거리에 있는 가공공장으로 원료를 수송한다.

이상과 같은 가정을 전제로 공장 數별 수송 및 가공비는 <그림 1>과 같은 관계를 갖는다. 가공해야 할 원료의 量이 주어져 있는 경우 공장의 數가 늘어날수록 원료 수송 거리가 줄어들기 때문에 輸送費는 감소하지만 반대로 공장당 가공해야 할 원료량은 감소하기 때문에 加工費는 증가하게 된다. 따라서 수송비와 가공비를 합한 總費

그림 1 加工工場의 個數와 輸送 및 加工費의 관계



用의 변화, 즉 수송비의 감소분과 가공비의 증가분이 같아지는 점이 적정한 공장의 숫자가 된다.

事前的으로 선정된 원료 공급 지역에서 생산된 원료를 최소의 비용으로 가공하기 위한 공장의 수와 위치 및 규모를 찾는 방법을 수학적으로 설명하면 다음과 같다. 즉 각기 X_i 의 원료를 생산하는 원료 공급 지역 i , ($i = 1, 2, \dots, I$)에서 선택 가능한 모든 공장의 위치까지 원료를 수송, 가공하는데 소요되는 총비용(TC)은 총가공비(TPC)와 총수송비(TTC)의 합으로 표시된다.

$$(1) TC = TPC + TTC$$

여기서 TPC는 가공할 총원료량 (X_{ij})에 원료의 단위당 가공비용 (P_j)를 곱해서 (2)식과 같이 얻어지며, TTC는 원료 공급지로부터 수송되는 총원료량 (X_{ij})에 단위당 원료 수송비 (C_{ij})를 곱해서 (3)식과 같이 구할 수 있다.

$$(2) TPC = \sum_{j \in \lambda_m} P_j X_{ij}$$

$$(3) TTC = \sum_{i=1} \sum_{j \in \lambda_m} X_{ij} C_{ij}$$

이때 L_j 는 사전적으로 선택된 J 개의 공장 후보지 중 어느 한 공장 j , ($j = 1, 2, \dots, J \leq L$)의 위치이고, λ_{km} 은 주어진 J 개의 공장 위치 중 m 개의 공장 ($m \leq J$)이 위치할 수 있는 공장수와 위치의 여러 가지 결합 형태 중 k 번째의 경우 ($k = 1, 2, \dots, km$)로, 검토할 수 있는 모든 경우의 수인 km 은 (4)식에 의해 결정된다.

$$(4) \frac{j!}{m!(J-m)!}$$

TPC의 경우 우선 가공비를 원료량의 함수로 파악하고 이를 공장수와의 관계로 전

환해야 한다. 이는 규모별 가공비 자료를 이용하여 회귀분석 방법으로 가공할 원료량(X)의 함수로 TPC를 파악한 후 가정 3에 의해 가공비를 식 (5)와 같이 공장수(m)와 원료량 (X)의 함수로 전환할 수 있다.³

$$(5) TPC | m = \alpha m + \beta X$$

한편 공장의 수 및 위치의 결합 형태 (λ_{km})에 따라서 수송 경로가 다르기 때문에 여러 가지 TTC가 있을 수 있다. 만약 $\{X_{ij} | \lambda_{km}\}$ 을 여러 원료 공급지 (I)로부터 λ_{km} 까지 최소 비용으로 원료를 수송하는 결합 형태를 나타낸다고 하면 $X_{ij} | \lambda_{km}$ 은 L_j 지역에 위치한 공장까지 최소 비용으로 수송할 원료량이 된다. 그리고 수송비 매트릭스 (C_{ij})의 서브 매트릭스 $C_{ij} | \lambda_{km}$ ⁴ 중 각 行을 비교, 가장 적은 수치를 선정하여 $\bar{C}_{ij} | \lambda_{km}$ 으로 표시하면 m 개의 공장이 위치할 수 있는 모든 경우에 대해 최소 수송비 (\overline{TTC})는 (6)식과 같이 표현된다.

$$(6) \overline{TTC} | m = \text{Min}_{j \in \lambda_{km}} \sum X_{ij} C_{ij} | \lambda_{km} \\ = \sum X_{ij} \bar{C}_{ij} | \lambda_{qm}$$

이때 λ_{qm} 은 m 개의 공장이 입지할 수 있는 모든 위치의 결합 중 TTC를 최소화하는 공장의 수와 위치의 결합으로 $X_{ij} \bar{C}_{ij} | \lambda_{qm} \leq X_{ij} \bar{C}_{ij} | \lambda_{km}$ ($k \neq q$)의 관계가 성립한다. 문

³ TPC선의 기울기가 線型이라는 가정 3은 곧 한계 가공비용(Marginal Processing Cost)이 일정하다는 것을 의미하기 때문에 공장의 수가 m 이면 이를 절편에 곱하여 공장규모와 원료량과의 관계를 공장수와 원료량과의 관계로 전환할 수 있다.

⁴ $\bar{C}_{ij} | \lambda_{km}$ 은 $I \cdot m$ 매트릭스로서 모든 원료공급지로부터 λ_{km} 의 위치에 있는 공장까지의 수송비를 나타낸다.

제는 주어진 원료를 수집해서 가공하는데 소요되는 총비용, 즉 (5)식과 (6)식의 합을 최소화할 수 있는 공장수 (m)와 위치 결합 (λ_{km}), 그리고 규모 (X_{ij})를 결정하는 것으로 모든 경우의 공장수와 위치의 결합에 대해 (1)식을 최소화하면 해답을 얻을 수 있는데 이때 식 (1)은 다음 조건들을 충족시켜야 한다.

- (1.a) $\sum_{j=1}^n X_{ij} = X_i$
 (1.b) $\sum_{i=1}^n X_{ij} = X_j$
 (1.c) $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} = X$
 (1.d) $X_{ij}, X_j \geq 0$ 및 $C_{ij} \geq 0$

여기서 X_i 는 원료 공급지 i 로부터 조달 가능한 총원료량 ($X_i \geq 0$)이고, X_j 는 공장 j 에서 가공할 총원료량 ($X_j \geq 0$)으로 식 (1.a) - (1.d)는 수송량과 원료량은 같고, 이는 또한 모두 가공된다는 의미이다.

이상에서 설명한 공장의 적정 수, 위치 및 규모의 결정 과정은 첫째, 주어진 원료 생산지와 공장 후보지를 전제로 수송비를 계산하고 이를 비교하여 최소 수송비를 제공하는 공장의 수와 위치의 결합 형태를 파악해야 하며, 둘째 원료를 가공하기 위한 가공비를 공장수 및 원료량의 함수로 파악한 후, 셋째 공장수별로 최소 수송비와 가공비를 합한 총비용을 비교하는 3단계로 이루어진다.

세번째 단계는 주어진 I, X_i, L_j , 및 C_{ij} 를 가지고 적정 공장수 (m)를 구한 후 $\Delta \overline{TTC}$ 를 최소화하는 λ_{km} 및 X_{ij} 를 계산하는 것이다. 여기서 $\Delta \overline{TTC} |_m$ 은 $\{TTC |_m - \overline{TTC} |_{(m-1)}\}$ 로 최소 수송비의 순수한 변화를 의미하는데 가공비는 공장수에 α 만큼 일정하게 변화하기 때문에 이는 총비용

(TC)의 순변화와 같다. 적정 공장수는 주어진 후보 공장수 중에서 다음 식 (7)을 만족시키는 m 을 찾으면 된다.

$$(7) \quad -\Delta \overline{TTC} |_m \geq \alpha \geq -\Delta \overline{TTC} |_{(m+1)}$$

공장의 적정수가 결정되면 주어진 數의 여러 가지 위치 결합 중에서 수송비를 최소화하는 지점이 공장의 適正位置가 되고, 원료 공급지는 가정 4에 의해서 최단거리에 위치한 공장에 원료를 공급하기 때문에 공장의 위치 별로 가공해야 할 원료량이 파악되며 이를 근거로 공장의 適正規模를 결정할 수 있다.

III. 工業用 油菜 榨油工場 事例分析

이 연구는 유채 산업에⁵ 대한 경제성 분석의 일환으로 수행된 것으로 일정한 유채 가격이 보장될 경우 생산할 것으로 전망되는 지역별 유채 생산량을 최소의 비용으로 수집, 가공하기 위한 착유공장은 몇 개를, 어디에, 얼마나 크게 건설해야 하는가라는

⁵ 유채는 크게 工業用과 食用으로 구분되는데 70년대 초 캐나다가 Canola라는 새로운 식용 유채를 개발한 데 자극을 받은 미국이 高에루카酸 (High Erucic Acid)이 많이 포함된 工業用 유채 (Industrial Rapeseed) 개발에 노력을 기울이고 있다. 工業用 유채는 에루카산의 함유율을 50% 이상으로 높인 유채의 개량 품종으로 현재는 윤활유나 비닐 접착 방지제 등으로 사용되고 있으나 화학적 처리 과정을 거쳐 나일론 13/13과 같은 가볍고 견고한 고급 플라스틱의 원료로 이용될 수 있다. New Farm & Forest Products Task Force나 High Erucic Acid Development Effort등과 같은 새로운 작물 개발에 관련된 부처의 노력으로 현재 원료 생산과 제품 개발 등 기술적인 타당성 검토를 끝내고 경제적 타당성을 검토중에 있다. 미조리주는 아직 상업화된 유채 생산을 하고 있지는 않으나 기후와 토양이 유채 생산의 適地로 알려져 있다.

문제를 다루고 있다. 물론 개별 공장의 규모나 위치는 궁극적으로 투입물 및 산출물의 시장 조건이나 사업 주체의 능력, 또는 경영전략 등에 의해 결정되었지만 어느 지역이 산업의 육성 계획을 수립할 때 지역 전체의 입장에서 합리적인 생산-유통-가공 조직을 검토해 보는 것으로서 의미를 갖는다.

1. 資 料

주어진 원료 농산물을 최소 비용으로 수집해서 가공할 공장의 적정수, 위치 및 규모를 파악하기 위해서는 (1) 지역별 원료 생산량과 원료 공급장소, (2) 검토할 후보 공장의 수와 위치, (3) 원료 공급장소로부터 후보 공장까지의 거리, (4) 수송 거리별 원료 수송비와 공장 규모별 가공비 자료가 필요하다.

가. 원료용 유채 생산량의 추정과 供給地域의 설정

미주리州的 公業용 유채의 생산 가능성 분석에 의하면 유채 가격이 \$4-5/bu일 때 상업적 작물로 재배하기 시작하여 \$8/bu일 때 최대로 생산하는 것으로 나타났다. 유채의 생산 지역 및 생산량은 (1) 미주리州를 토양 및 토질에 따라 4개 권역으로 나눈 후, (2) 圈域別로는 가격, 단수 및 생산비가 일정하다는 假定하에서 총경지면적 중 유채 재배에 할당하는 경지면적의 비율(할당비율)을 추정하고, (3) 추정된 할당비율을 각 郡의 경지면적에 곱해 식부면적을 계산하여, (4) 여기에 段收를 적용하여 郡別

표 1 가격 수준별 유채 생산량 推定結果 요약

價 格	植付面積	郡 數	供給地域	生産量
(\$ /bu)	(1,000 acre)	(개소)	(개소)	(1,000 ton)
5	1,086	114	77	1,052
6	1,702	114	84	1,641
7	2,452	114	86	2,379
8	2,689	114	94	2,592

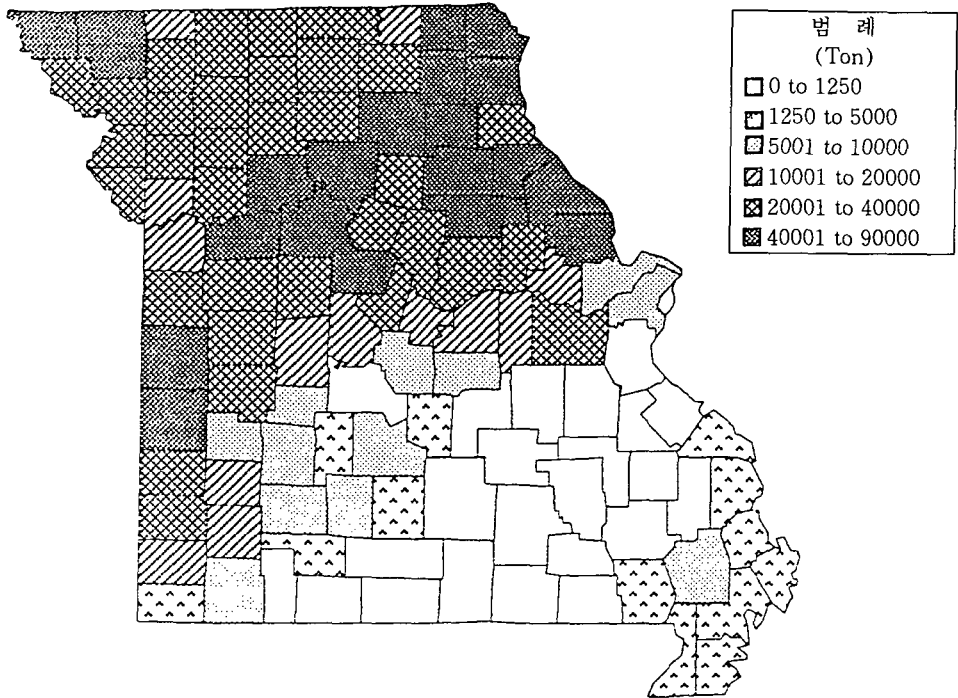
생산량을 추정하였는데 결과는 <표 1> 및 <그림 2>와 같다.

유채는 기름 상태로 소비되기 때문에 생산된 유채의 全量이 가공(착유)된다고 볼 수 있다. 관행적으로 사용하는 대형 트럭으로 유채를 수집할 경우 최소한의 경제성이 인정되는 수송 물량인 연간 50,000 bu 이상을 생산하는 郡(County)만 原料 供給地域(Supply Area)으로 포함하였으며, 이들 군에서 생산되는 유채는 모두 가공된다고 가정하였다. Missouri주에는 114개의 시 군이 있으나 유채 가격이 부셸당 7달러일 때는 86개 시 군만이 상업적인 원료 공급지역에 포함되는데 이들이 생산한 유채는 약 2,379천 톤에 이른다. 한편 원료 공급지역 內에서 구체적인 공급장소는 곡물창고(Grain Elevator)의 위치로 하였는데 분석의 편의상 공급지역에 포함된 각 郡은 그 중심지에 곡물창고가 있다고 가정하고 이를 原料供給場所(Supply Origin)로 설정하였다.

나. 착유공장 候補地의 숫자 및 위치 선정

수송비 산출의 근거가 되는 수송 거리를 파악하기 위해서는 공장 후보지의 숫자와 위치를 事前的으로 선정할 필요가 있다. 일반적으로 농산물 가공공장은 원료 생산지

그림 2 유채 가격이 \$ 7/bu일 때 지역별 유채 生産密度



註: 지역별 유채 생산량은 Linear Programing에 의해서 5가지 가격에 대해 대안별로 추정하였으나 여기서는 \$7/bu의 경우를 사례로 분석하였다.

부근의 교통 요지로 하부시설이 잘 갖추어진 農村中心都市에 설립하는 것이 유리하다는 사실을 전제로 대상 郡을 선정하고, 이들 지역에는 최대한 한 개의 유채 착유 공장을 설립하는 것을 원칙으로 하였다.

실제 연구에 있어서는 원료의 생산량을 기준으로 원료 공급권역을 상정하고 권역에 포함된 중심지에 위치한 郡의 교통 요지에 위치한 도시를 검토 대상 후보지로 설정하였다. 그러나 최종적으로 유채 착유 공장의 후보지는 분석상의 편의 및 관련 업계의 의견을 참조하여 검토 대상 후보지 중에서 Chillicothe, Kansas City, Mexico, New Madrid, Nevada, St. Joseph 등 6개 지역을 선정하였다.

다. 원료의 輸送手段, 수송 거리 및 輸送費

원료의 수송 과정은 크게 원료 공급지역 내에서 생산자들에 의해 농가로부터 곡물 창고까지의 内部輸送(Internal Operation)과 창고업자나 가공업자들에 의한 곡물창고로부터 공장까지의 外部輸送(External Operation)으로 구분할 수 있는데 내부 수송은 공장의 수, 위치 및 규모에 영향을 미치지 않기 때문에⁶ 여기서는 외부 수송만 고려하였다.

원료의 수송은 사료 및 사료용 원료의

⁶ 이는 원료 공급지역(시군)은 당해 지역의 중심지에 한 개의 원료 공급장소(Grain Elevator)만 가지고 있다는 가정을 하였기 때문에 내부 수송비는 모든 원료 공급지역이 동일하게 취급된다.

수송 관행에 따라 창고업자가 트럭으로 자기 사업장, 즉 원료 공급장소로부터 가장 가까운 곳에 위치한 공장으로 벌크 상태의 원료를 수송하고, 돌아올 때는 사료로 이용되는 粕類 등 부산물을 싣고 온다는 사실을 전제로 하였기 때문에 두 지점간의 최단 편도 육로 거리를 수송 거리로 이용하였다. 한편 유채 수송에 관한 기존의 자료가 없기 때문에 수송비는 St. Joseph에 있는 대두유 착유공장에서 州 내의 주요 도시까지 벌크 상태의 사료 및 사료용 원료 수송비 자료(Division of Transportation, MO, 1990)를 활용하였다.

라. 유채 加工(착유)費

공업용 유채의 경우 현재 稼動 중인 착유공장이 없기 때문에 經濟工學的方法(Cost Engineering Method)으로 가공비를 추정한 후 전문가들의 의견을 청취하여 이를 조정하였다. 일반적으로 가공비는 기술이나 공장의 규모, 가동률 등에 의해 좌우되는데 유채의 가공비는 Prepress-Solvent 기술을 이용하여 연간 300일 가동(1일 24시간)하는 착유공장을 기준으로 規模(600, 1,000, 1,500, 2,000 톤/일), 稼動率, 그리고 工場形態 등에 따라서 대안적으로 추정하였다.

그러나 유채 산업의 합리적인 조직을 검토한 본 연구에서는 편의상 100% 가동하는 신규 공장만을 분석 대상으로 하였는데 생산 규모별 추정 가공비는 <표 2>와 같다. 공장의 규모가 클수록 총비용은 커지지만 톤당 가공비는 규모의 경제성 때문에 600톤 규모의 \$28.2에서 2,000톤 규모의 \$19.5로 감소하고 있다.

표 2 유채 착유공장의 規模別 加工費 추정

規模	總固定費	平均 固定費	總可變費	總加工費	平均 加工費
(ton/일)	(1,000 \$)	(\$/ton)	(1,000 \$)	(1,000 \$)	(\$/ton)
600	1,944	10.8	3,130	5,074	28.2
1,000	2,580	8.6	4,540	7,120	23.7
1,500	3,230	7.2	6,222	9,452	21.0
2,000	3,817	6.4	7,902	11,719	19.5

2. 分析結果

추정된 지역별 유채 생산량을 最小費用으로 착유할 수 있는 가공공장의 적정수, 위치 및 규모를 결정하기 위해서는 (1) 공장의 수 및 위치별 수송비를 비교하여 最小輸送費를 보장하는 공장의 수 및 위치를 파악하고, (2) 가공비를 工場數의 함수로 발전시켜, (3) 가공공장의 수 별로 총비용을 산출해 그 순변화를 비교함으로써 適正解를 찾을 수 있다.

가. 착유공장의 數 및 위치별 수송비

유채의 수송비는 사료 곡물의 수송비 자료를 이용하여 회귀분석 방법으로 추정하였다. 톤당 유채 수송비를 원료 공급지로부터 착유공장까지 거리(D_{ij})의 함수로 나타내면 평균 수송비(ATC_{ij})는 식 (8)과 같다⁷

$$(8) \text{ATC}_{ij} = 3.6422 + 0.0428 D_{ij}$$

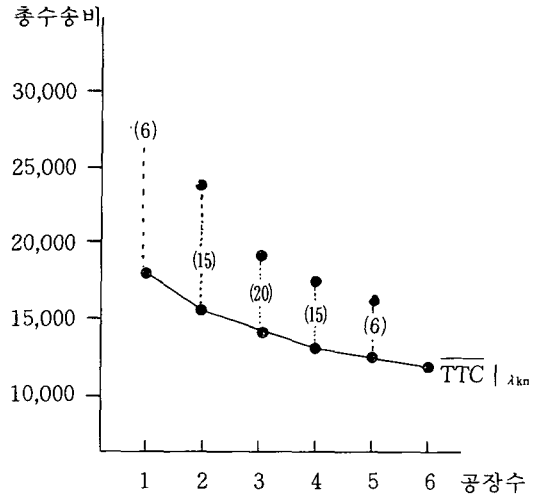
여기에 각 원료供給場所에서 모든 위치의 착유공장까지 수송되는 원료량(X_{ij})을 곱하면 總輸送費(TTC)가 된다.

이와 같이 계산된 總輸送費用은 가공공

⁷ 식 (8)과 (9)는 회귀분석에 의해서 도출되었으나 분석 모형의 성격상 표본수가 적기 때문에 통계 분석의 의미는 없다.

장 수와 그 위치에 따라 달라지는데 사전적으로 설정한 공장 후보지로서 고려할 수 있는 모든 경우(수와 위치의 조합)에 있어서 총수송비용을 반복연산법(Iterative Method)을 이용하여 상호 비교, 最小費用을 제공하는 공장의 수 및 위치를 파악한다.⁸ 이 때 검토 대상 경우의 수는 식(4)에 의해서 결정되는데 6개 공장 후보지로서 가능한 모든 위치의 결합 형태에는 총 63개의 경우가 있다. 착유공장의 수와 위치의 결합 형태별 수송비는 <그림 3>과 같은데, 예를 들어 6개의 공장 후보지 중 한 개의 공장을 건설할 경우 6종류의 가능한 위치가 있으며 이때 총수송비는 최고 36,396천 달러(New Madrid)에서 최저 17,810천 달러(Chillicothe), 3개의 공장을 건설할 경우 20 종류의 가능한 위치 결합이 있는데 총수송비는 18,762천 달러(Kansas City+Nevada+New Madrid)에서 최저 13,733천 달러(Chillicothe+Nevada+Mexico), 그리고 여섯 개의 공장을 건설할 경우 사전적으로 선정한 모든 위치에 공장을 건설하는 한 가지의 결합이 있고 이때 총수송비는 12,863천 달러가 된다. 공장수와 위치의 결합 형태별로 수송비를 비교하면 한 개의 공장을 New Madrid에 건설할 때 36,396천 달러로 가장 많고, 여섯 개의 공장 위치 모두에 건설할 때는 12,863천 달러가 소요되어 공장의 수가 많아질수록 수송비는 감소하고 있음을 알 수 있다. 따라서 이들 위치 결합의 형태별로 총수송비를 비교하여 각 공장의 수별

그림 3 착유공장의 數別 最小輸送費



로 최소 수송비를 제시하는 공장의 위치를 파악할 수 있는데 <그림 3>에서 TTC의 하한선이 공장수별 최소 수송비이며 이때의 위치 결합이 최소 수송비를 보장하는 공장의 위치가 된다.

나. 加工費用 함수의 推定과 착유공장 數別 加工費

가공비와 공장수의 관계를 파악하기 위해서는 먼저 (5)식에서 설명한 바와 같이 <표 2>에서 추정된 규모별 가공비 자료를 이용하여 평균가공비를 가공량의 함수로 표현해야 한다.

$$(9) \quad TPC = 1,110,663 m + 11.341 X$$

식 (9)는 限界加工費가 일정하다는 가정 3을 근거로 주어진 원료량 (X)을 가공할 때 공장의 수 (m)가 늘어나면 總加工費는 가공비 함수의 절편 값만큼 늘어나기 때문에 공장數別 총가공비로 이해할 수 있다.

⁸ 여기에는 Sensitivity Analysis나 Parametric Analysis 등의 방법이 있는데 구체적인 것은 George W. Ladd and M. Patrick Halvorson (AJAE 52(4), Nov. 1970) 참조.

다. 착유공장 數別 總費用

유채의 가격이 부셸당 7달러일 때 즉 유채 생산량이 약 2,379 천톤일 때 공장의 개수별 최소 총수송비와 총가공비가 이미 밝혀져 있기 때문에 總費用(TC)은 공장수별로 이들을 합해서 <표 3>과 같이 얻을 수 있다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 가공공장의 수가 증가하면 유채의 輸送費는 감소하지만 加工費는 증가하고 있다.

최소 수송비는 공장이 한 개일 때 17,810천 달러에서 공장이 여섯 개일 때에는 12,863천 달러로 감소하고, 가공비는 공장이 한 개일 때 28,143천 달러에서 공장이 여섯 개일 때는 33,697천 달러로 증가하여 공장이 한 개 및 여섯 개일 때의 총비용은 각기 45,953천 달러 및 46,560천 달러가 된다.

라. 착유공장의 적정數, 位置 및 規模

앞에서 언급한 바와 같이 주어진 원료 生産地域과 生産密度를 전제로 착유공장의 적정수, 위치 및 규모의 결정은 공장수별 總費用의 비교를 통해 구할 수 있다. 먼저 適正工場の數(m)는 후보지로 선정된 여섯 개의 공장을 대상으로 총비용의 순변화가

최소일 때의 공장수로 파악할 수 있는데, <표 3>에서 보는 바와 같이 유채의 원료량이 2,379천톤일 때에는 3개 공장(이때 총비용의 순변화는 479천 달러)이 적정수가 된다.

공장의 적정수가 결정되면 총수송비의 最小化를 기준으로 공장의 위치와 규모는 자동적으로 결정될 수 있다. 즉 6개의 후보지로서 3개의 공장을 선택할 수 있는 20개의 각종 위치 결합 중에서 總輸送費가 최소인 Chillicothe와 Nevada 및 Mexico가 適正位置가 된다. 또한 원료 공급자는 각 공급지역에서 선정된 Chillicothe, Nevada 및 Mexico 공장까지의 거리를 비교하여 보다 가까운 공장에 원료를 공급하기 때문에 <가정 4>공장별로 가공해야 할 유채의 量을 얻을 수 있고, 이를 가동일수 및 가동률로 환산하여 適正規模를 산출할 수 있다.

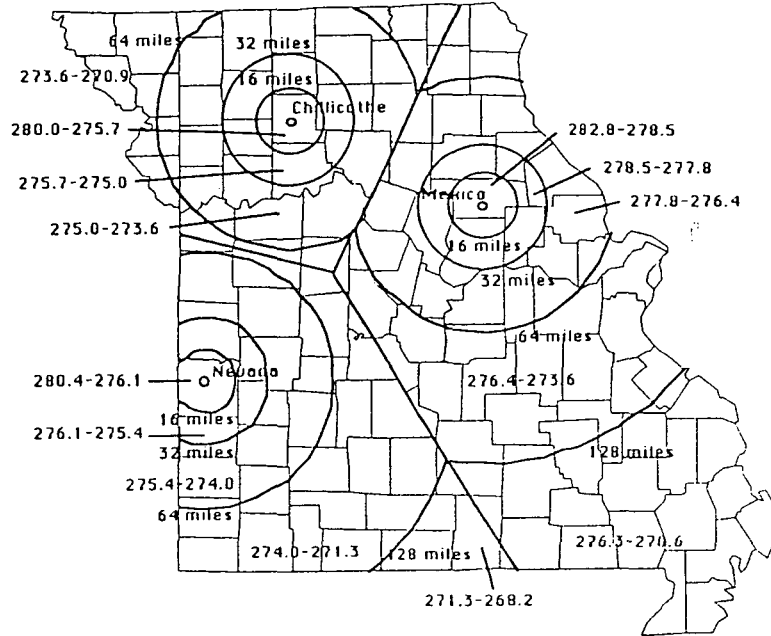
이상을 정리하면 유채의 생산량 2,379천톤을 가공하기 위한 적정 착유공장의 수 및 위치는 <그림 4>와 같이 Chillicothe, Nevada 및 Mexico에 있는 3개 공장인데 각기 日當 3,500ton, 1,400ton 및 3,000ton이 그 적정규모이다. 이는 각 공장에서 매일 24시간씩 연간 300일을 완전 가동하여 전체 미주리주에서 생산한 유채 2,379천톤을 3개 공장에서 모두 착유한다는 의미이며, 이 공장들은 여섯 개의 공장으로서 고려할 수 있는 모든 위치와의 결합 형태인 63개의 가능성 중에서 최소의 비용으로 이를 수송 및 가공할 수 있는 공장의 수, 위치 및 규모이다.

표 3 착유공장의 數別 總費用

단위 : 1,000달러

공장수	TTC	ΔTTC	TPC	TC	ΔTC
1	17,810	-2486	28,143	45,943	-1,376
2	15,323	-1590	29,254	44,576	-479
3	13,733	-529	30,365	44,097	582
4	13,204	-129	31,475	44,680	982
5	13,076	-212	32,586	45,661	898
6	12,863		33,697	46,560	

그림 4 선정된 가공공장의 위치 및 원료 공급권역



한편 각 지역의 원료 공급자는 이들 세 공장 중 가장 가까운 곳으로 그들이 확보한 원료를 수송하기 때문에 원료의 공급권역(Supply Boundaries)도 동시에 알 수 있다. 따라서 선정된 각 공장에서 지불하는 원료의 공장도가격이 정해져 있을 경우 수송 거리의 차이에 의한 원료 공급자들의 수취가격도 알 수 있다. <그림 4>에 의하면 공장에 인접한 원료 생산자의 경우 공장도가격 중 수송비의 비중이 상대적으로 적기 때문에 더 높은 가격을 받을 수 있다는 일반적인 사실을 보여주고 있다.

IV. 분석 모형의 적용 가능성과 한계

농산물 가공공장의 건설시에 생산-유통-가공의 合理的 組織, 즉 적정한 공장의 수, 위치 및 규모를 결정하는 것은 기업經

營合理化의 기본이 되며 결과적으로 사업의 경쟁력 강화와 안정성 확보를 위해서 매우 중요하다. 그러나 막상 어느 지역에 있는 어떤 농산물의 생산자(혹은 단체)들이 자기들이 생산한 원료 농산물을 가공하고자 할 때 과연 어디에, 얼마나 큰 공장을 몇 개나 건설해야 할 것인가 하는 문제에 봉착하게 되며 대부분의 경우 막연하게 이와 같은 결정이 이루어지고 있다.

예를 들어 홍삼 제조공장의 경우 주원료 산지가 경기도 이북 지역이고 제품 또한 수출을 주시장으로 함에도 불구하고 공장의 위치는 이와는 멀리 떨어진 충남 부여에 소재하고 있으며, 경기도 북부 지역에 위치한 농협의 김치 가공공장의 경우 포천, 연천, 과주 등 인근 지역에 원료 공급지역과 제품 시장이 중복되는 가공공장을 각기 운영하고 있어서 산업 전체로 보아 심한

경제적 비효율을 유발하고 있다. 특히 원료의 부피나 무게가 크고 무거울 뿐만 아니라 부패나 손상이 쉬운 농수산물의 경우 적정 산업조직에 의한 합리적인 공장의 수, 위치 및 규모의 설정은 원가 절감을 통한 경쟁력 제고에 절대적인 영향을 미칠 수 있다.

공장의 수와 위치 및 규모별로 비용을 상호 비교하여 總費用의 순변화가 최소화 되는 산업의 합리적 조직을 파악하는 방법은 그동안 계산의 복잡성 때문에 널리 이용되지 못하였으나 최근 고성능 컴퓨터의 발달로 주어진 원료를 가공할 공장의 수와 위치 및 규모를 손쉽게 파악하는 방법으로 새로이 그 중요성이 부각되고 있다. 이는 먼저 원료의 공급권 및 제품의 시장권을 설정하고 최소의 비용으로 원료를 수집-가공-분배하는 공장의 수, 위치 및 규모를 동시적으로 결정하는 것으로 비교적 수송비의 비중이 큰 전국 또는 道 단위에서 주산지를 형성하고 있는 각종 농수산물 가공공장의 도입에 바로 활용할 수 있을 뿐만 아니라 여타의 유사한 시설의 배치 등에 폭넓게 응용될 수 있다. 특히 이 방법은 수송비나 가공비 자료가 부족한 대부분의 농산물 가공공장 건설시 경제공학적 방법이나 Budgeting Methods 등으로 추정된 비용 자료를 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

다만 본 연구에서는 제외된 생산 제품의 소비시장까지 수송의 고려나 모형 자체의 한계로 지적되고 있는 線型 加工費 함수 가정과 후보 공장수별 총비용의 상대적 크기를 비교할 때 양극단의 공장수는 제외

될 수밖에 없는 문제 등은 앞으로 보완, 발전되어야 할 과제이다.

참 고 문 헌

- Araaji, Ahmed A. And Richard G. Walsh. 1969. Effect of Assembly Costs on Optimal Grain Elevator Size and Location. *Canadian Journal of Agricultural Economics* 17, No.2 (July): 37-45.
- Bressler, Jr. R. G. and Richard A. King. 1978. *Markets, Prices and Interregional Trade*. Norman-Weather's Printing Co.
- Byrnett, Donald L., Richard A. Miller and E. Paul Taiganides. 1978. Modeling the Optimal Location of the Cattle Feeding Industry. *American Journal of Agricultural Economics*, 58, No.2 (May): 236-244.
- Cobia, D.W. and E.M. Babb. 1964. An Application of Equilibrium Size of Plant Analysis to Fluid Milk Processing and Distribution, *Journal of Farm Economics*, 59, No. 1: 109-116.
- Henry, William R., Joe S. Chappell and James A. Seagraves. 1960. Broiler Production Density, Plant Size, Alternative Operating Plans and Unit Costs. *Tech. Bul.* No. 144, North Carolina Agricultural Experiment Station.
- King, Gordon A. and Samuel H. Logan. 1964. Optimal Location, Number and Size of Processing Plants With Raw Product and Final Product Shipments. *Journal of Farm Economics*, 46, No.1 (February): 94-108.
- Lee, D. Phil. 1991. *A Feasibility Analysis of Rapeseed in Mo*. Ph D. Dissertation, Uni-

- versity Of Missouri—Columbia
- Mathia, Gene A. and Richard A. King. 1962. Planning Data for the Sweet Potato Industry. *A.E. Information Series* No.92, 97 and 108. North Carolina State College.
- O'Dwyer, T. 1968. Determination of the Optimum Number, Location and Size of Dairy Manufacturing Plants. *Irish Journal of Agricultural Economics and Rural Sociology*, 1, No.3: 267—281.
- Olson, Fred L. 1959. Location Theory as Applied to Milk Processing Plants *Journal of Farm Economics*, 41: 1546—1559.
- Peeler, R.J.Jr. And Richard A. King. 1964. Optimum Location of Egg Grading and Packing Plants In North Carolina. *A.E. Information Series*, No. 11, University Of North Ca— Rolina.
- Polopolus, Leo. 1965. Optimum Plant Numbers and Locations for Multiple Product Processing. *Journal of Farm Economics*, 47, No.2 (May): 287—295.
- Stollsteimer, John F. 1963. A Working Model For Plant Numbers and Locations. *Journal of Farm Economics*, 45, No.3: 631—645.