배추종합처리장의 적정 입지 분석*

강혜정** 권오상*** 정영배****

Keywords
배추종합처리장(cabbage processing complex), 적정 입지(optimum locations), 혼합정수계획법(mixed integer programming model)

Abstract
The purpose of this study is to select the optimum location of cabbage processing complexes, based on changes in both production capacity and processed cabbage demand. The study develops a transshipment model-based mixed integer programming model, combining the integer location decision variable and the continuous transportation cost variables. The empirical evidence found that Gyeongbuk Andong-gun and Chungbuk Eumseong-gun were all chosen as the optimum candidates in every scenario analysis. Those two regions are relatively close to raw cabbage producing areas and have relatively large-scale kimchi processing plants, compared to other location candidates.

차례

1. 서론
2. 분석 모형
3. 이용한 자료
4. 분석 결과
5. 요약 및 결론

---

* 이 논문은 세계김치연구소 정영배 외(2014)『김치원료 수급안정화를 위한 원료종합처리시스템 구축』의 제2 위탁과제 "김치원료종합처리장 최적입지 및 규모 산정" 일부를 정리·요약한 것임.

** 전남대학교 농업경제학과 부교수 겸 농업과학기술연구소 연구원.
*** 서울대학교 농경제사회학부 교수 겸 농업생명과학연구원 겸무연구원, 교신저자. e-mail: kohsang@snu.ac.kr
**** 세계김치연구소 신공정발효연구단 단장.

1. 서 론

최근 발생하고 있는 기상이변, 수입김치 증대 등으로 인한 배추 수급 및 가격 불안정은 김치산업의 당면 문제로 지적되고 있다. 따라서 배추 수급 안정화를 통한 농가소득 안정화 및 김치산업의 지속가능한 발전을 위해 미곡종합처리장[1]과 같은 대규모 배추의 저장 및 절임처리 시설(이하, 가칭 배추종합처리장) 설립의 필요성이 제기되고 있다. 배추종합처리장 설립을 통해 배추 수급 안정과 더 나아가 배추절임 생산 공정의 효율성을 제고할 필요가 있다는 것이다. 이러한 배추종합처리장의 설립은 배추 수급 안정화를 통한 물가 안정화에 기여할 뿐 아니라, 김치의 주원료인 배추를 종합적으로 처리한다는 점에서 국산김치의 안정적 공급을 통한 김치 소비 확대 및 소비자 신뢰 확보에도 기여할 것으로 본다.

미곡종합처리장의 경우, 2014년 현재 230개 이상이 설치·운영되고 있어, 다수의 미곡종합처리장 간 과다경쟁 및 비효율적 운영으로 경영개선의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 배추종합처리장의 경우에도 원가 절감을 통한 경쟁력 제고를 위해서는 무엇보다 생산 및 물류비용 등의 전체 비용이 최소화되는 최적 입지에 배치하는 것이 중요하다. 본 연구는 김치의 주원료로 절임배추에 초점을 맞추어, 생산규모에 따라 배추의 수집, 절임, 분배 등을 최소비용으로 수행할 수 있는 배추종합처리장의 최적 입지 후보지를 도출하고자 한다.

그동안 농업분야에서 미곡, 축산물, 수산물 등의 종합처리장 또는 유통시설 등의 적정 입지에 관한 선행연구들은 있었으나,[2] 김치의 주원료인 배추 종합처리장의 적정 입지에 관한 연구는 아직 시도되지 않았다. 농산물 입지선정 관련 선행연구 중 장홍희 외(1993)는 미곡 주산지를 중심으로 군별 미곡의 생산량을 분석하고, 지역별 적정 입지와 적정 규모의 RPC 모델을 선정하였다. 김명환·김진석(1991)은 지역별 쇠고기와 돼지고기의 수급량을 예측한 후, 비선형 환적모형을 이용하여 축산물 도축장의 적정 배치를 분석하였다. 김진석(1993)은 각 양식장과 소비지 간에 공간적 수급균형하에서 수

---

[1] 미곡종합처리장(rice processing complex)은 벼를 수확한 후 건조, 저장, 도정, 검사, 판매 등의 모든 제반과정을 개별농가 단위가 아닌 대단위 자동화과정으로 일괄 처리하는 시설을 말한다. 1991년 충청남도 당진군(현 당진시) 합덕읍과 경상북도 의성군 안계면에 농협에 의해 시범적으로 건설된 뒤, 1992년부터 농어촌 구조개선사업으로 추진되며 본격적으로 전국에 세워졌다.

[2] 김명환·김진석(1989), 김명환·김진석(1991), 김진석(1993), 장홍희 외(1993), 우장명·이준배(2002).

산물 수집비용, 시장운영비용, 분배비용 등 총 유통비용을 최소화하는 수산물 도매시장의 적정 입지를 설정하였다.

그동안 물류시설 및 산업단지 등의 입지선정 분석을 위해 수송모형(Transportation Model), 환적모형(Transshipment Model), GIS(Geographic Information System), AHP(Analytic Hierarchy Process), 연결망 분석(Social Network Analysis), 신경망 모형(Neural Network), 퍼지이론(Fuzzy Theory) 등의 다양한 모형이 사용되었다. 김명환·김진석(1989), 김명환·김진석(1991), 김명환 외(1995), 김완배 외(2004) 등은 농수산물의 저장, 유통, 포장 등 관련 시설물의 입지 선정을 위해 비선형 환적모형을 이용하였다. 김정희(2000), 조성호(2011) 등은 각각 농산물 물류센터와 푸드마켓의 적정 입지 선정을 위해 GIS 공간분석기법을 이용한 바 있다. 김규창(1998)은 AHP를 적용하여 농산물 종합물류센터의 입지를 선정하였고, 국승용(2007), 송지현(2013)은 사회연결망분석을 통해 농산물 물류센터의 최적 입지를 선정한 바 있다. 이승재 외(2000), 오선일 외(2008) 등은 불확실성하에서 합리적 의사결정을 도출할 수 있는 퍼지이론을 이용하여 각각 물류센터와 종합유통단지의 입지를 선정하였다.

농산물 관련 선행연구 대부분은 생산지와 소비지 사이에 이적지점(transshipment point)을 상정하고, 생산지의 물량이 이적지점을 경유하여 소비지로 분산될 때, 비용을 최소화하는 환적모형을 이용하였다. 본 연구 대상인 배추종합처리장도 배추 생산지와 절임배추 소비지 사이의 이적지점으로 볼 수 있으므로, 배추종합처리장의 적정 입지 선정 시 환적모형을 기본모형으로 설정한다. 더 나아가, 본 연구는 입지결정변수와 수송비 관련 연속변수를 혼합한 혼합정수계획법 기반 환적모형(transshipment model-based mixed integer programming model)을 정립하였다는 점에서 관련 선행연구들과 방법론적 측면에서도 차별화된다.

2. 분석 모형

본 연구는 '주산지로부터 배추 수집-배추절임 가공-지역별 김치가공공장에 절임배추 분배'의 세 단계 중 중간단계로서 배추절임 가공이 수행되는 배추종합처리장의 입지 및 규모를 동시에 결정할 수 있는 모형을 설정하고자 한다. 모형을 정립하기 위한 기본 가정은 다음과 같다. 첫째, 물류비의 가장 큰 부분을 차지하고 있는 수송비와 물류시설 고정비용의 합을 최소화시키는 지점에 종합처리장을 입지시키는 것이다. 물류비 중 수

송비만을 고려한 것은 수송비가 물류비에서 70% 이상의 가장 큰 비중을 차지하기 때문이며, 또한 보관, 하역 등의 단위당 물류비는 입지별 큰 차이가 없기 때문이기도 하다.[3] 둘째, 고정비용의 차이는 지역 간 지가의 차이로 가정한다. 이는 고정비용에서 도시지역과 농촌지역 간의 지가 차이가 크게 나타나는 현상을 반영한 것이고, 기계 장비 등의 여타 고정비용이나 가변비용은 지역에 따라 크게 다르지 않다는 점을 반영한 것이다. 마지막으로, 배추종합처리장에서 생산되는 절임배추는 전량 김치가공공장으로 배송되며, 개인 소비자에게는 판매하지 않는다고 가정한다. 즉, 배추종합처리장은 소매기능은 수행하지 않는다고 가정한다.

본 연구는 배추종합처리장의 적정 입지 분석을 위해 정수계획법(integer programming, IP) 모형 중 이진변수(binary variable)와 연속변수(continuous variable)가 혼합되어 있는 모형인 혼합정수계획법(Mixed Integer Programming: MIP)을 이용한다. 이 모형에서 연속변수는 실수로 표현되며 네트워크상에서 전체 수송비를 최소화하는 최적경로를 통하여 흐르는 물량을 나타낸다. 이진변수는 입지결정변수로, 입지로 결정되면 '1'로, 그렇지 않으면 '0'으로 표현된다(이승재 외 2000). MIP 기법을 이용한 다양한 입지분석 사례들은 Farahani and Hekmatfar(2009)의 연구에서 찾을 수 있다.

본 연구는 배추 주산지로부터 원료배추를 구입하여 절임배추를 가공한 후, 절임배추를 김치가공공장까지 운반하는 일련의 생산활동을 선형 MIP 기법을 이용해 분석한다. 배추종합처리장 생산활동 비용 중 입지 선정에 반영해야 할 항목은 크게 세 가지이다. 첫 번째는 생산비, 그중에서도 고정비용이다. 생산량에 따라 달라지는 가변비용도 생산비의 한 요소가 되지만, 입지분석에서 가변비용의 차이는 의사결정에 영향을 미치지 않는다. 대신 부지구입비와 같은 고정비용은 지역별로 큰 차이를 보이기 때문에 고정비용은 중요한 의사결정요인이 된다. 두 번째는 원료배추의 조달비용이다. 배추종합처리장의 위치에 따라 배추 주산지로부터의 거리가 달라지기 때문에 원료배추의 조달비용 즉, 수송비용도 달라진다. 따라서 원료 조달비용은 배추종합처리장의 입지선정에 반영되어야 한다. 본 연구에서는 이 비용을 각 주산지의 생산면적 비중을 가중치로 하여 구한 배추종합처리장과 주요 배추 주산지 간 거리의 가중평균치에 단위 중량, 단위 거리당 수송비를 반영하여 도출한다. 세 번째는 배추종합처리장에서 김치가공공장 간 수송비다. 배추종합처리장의 주 기능이 김치가공공장에 김치원료로서 절임배추를 공급하

---

[3] 물류비는 물류활동을 통해 수송비, 재고유지관리비, 포장비, 하역비, 물류정보비, 일반관리비 등의 형태로 지출된 총비용을 의미하며, 권혁구(2013)에 의하면 물류비에서 수송비가 차지하는 비중은 70% 이상이다.

는 것이고, 현재 김치가공공장이 전국에 산재하기 때문에 배추종합처리장의 위치에 따라 각 김치가공공장으로 수송하는 비용이 달라진다.

따라서, 본 연구는 이상 세 가지 비용의 합을 최소화하도록 배추종합처리장의 입지를 선정할 것이다. 이들 세 가지 비용항목의 합을 최소화하되, 전국 각 지역의 절임배추 수요를 모두 충족시켜줄 수 있어야 한다.

전국에 배추종합처리장 후보지가 I개 있다고 할 경우, 이 중 몇 개를 어디에 설립할 것인가가 본 연구가 분석하고자 하는 것이다. i번째 절임배추공장의 연간 고정비용을 $\gamma(i)$라 하면, 국가적으로 실제 지불해야 하는 고정비용은 설립되는 배추종합처리장의 고정비용만을 합해준 것이어야 한다. 정수 $d(i)$는 i번째 공장이 설립되면 1, 아니면 0의 값을 가지는 변수인데 이 경우 국가 전체 총 고정비용은 $FCOST = \sum_{i=1}^{I} d(i) \times FCOST(i)$와 같다.

배추종합처리장은 원료인 배추를 주산지로부터 수집할 경우 어느 주산지로부터 수집해오느냐의 여부가 수송비를 제외하고 차별화되지 않는다고 가정하면, 배추종합처리장을 어디에 설립하느냐에 따라 배추 주산지부터의 수송비 차이가 발생하게 된다. $\gamma(i)$을 배추종합처리장 i와 주산지로부터의 거리라 하고, $K(i)$을 배추종합처리장이 연간 생산할 수 있는 절임 배추량이라 할 경우, $\gamma(i)$는 앞에서 밝힌 바와 같이 배추종합처리장 i가 주요 배추 주산지로부터 위치한 거리를 각 주산지별 생산면적 비중을 가중치로 하여 도출한 가중평균거리이다. 배추 1톤을 1km 수송하는 데에는 TC의 비용이 소요되며, 재료감모가 있기 때문에 1톤의 절임배추 생산을 위해서는 그보다 더 많은 $\theta(>1)$의 원료 배추가 필요하다. 따라서 배추종합처리장 i가 연간 원료 배추를 수송해 오기 위해 지불하는 비용은 $RCOST(i) = \theta \times TC \times \gamma(i) \times K(i)$와 같으며, 국가 전체의 비용은 $RCOST = \sum_{i=1}^{I} RCOST(i)$와 같다.

배추종합처리장 i에서 생산된 절임배추는 총 J개의 소비처로 수송된다. 소비처는 예를 들면 각 지역에 위치한 김치가공공장이 될 수도 있고, 가정이나 음식점과 같은 여타의 수요처가 될 수도 있지만, 본 연구에서는 절임배추 소비처를 김치가공공장으로 가정하였다. j지역 소비처의 연간 절임배추 소비량을 $Z(j)$라 하고, 지역 i의 배추종합처리장과 지역 j 소비처의 거리를 $\delta(i,j)$라 한다. 지역 i에 배추종합처리장은 설립될 수도 있고 않을 수도 있다. 설립된다고 하더라도 j지역 소비처의 절임배추 수요량 전량을 공급할 수도 있고, 이 중 일부만을 공급할 수도 있으며, 아예 공급하지 않을 수도 있다. 따라서 arc(i,j)을 j지역 절임배추 수요량 중 i 배추종합처리장이 공급하는 비율이라 하면, 국가 전체에서 연간 발생하는 배추종합처리장으로부터 소비처로의 수송비용은

$TCOST = \sum_{i}^{I}\sum_{j}^{J} TC \times \text{arc}(i,j) \times \delta(i,j) \times Z(j)$와 같다.

위와 같이 설정된 변수들을 이용해 배추종합처리장의 입지선정 문제를 다음과 같은 MIP 문제로 설정할 수 있다.

(1) $\min_{d(i),\text{arc}(i,j)} \; COST = FCOST + RCOST + TCOST$

s.t.,

$$FCOST = \sum_{i=1}^{I} d(i) \times FCOST(i)$$

$$RCOST = \sum_{i}^{I}\left[\theta \times TC \times \gamma(i) \times \sum_{j}^{J}\{\text{arc}(i,j) \times Z(j)\}\right]$$

$$TCOST = \sum_{i}^{I}\sum_{j}^{J} TC \times \text{arc}(i,j) \times \delta(i,j) \times Z(j)$$

$$\sum_{j}^{J} Z(j) \times \text{arc}(i,j) \leqq K(i) \quad \text{for every } i$$

$$\sum_{i}^{I} \text{arc}(i,j) = 1 \quad \text{for every } j$$

$$d(i) \geqq \text{arc}(i,j) \quad \text{for every } i \text{ and } j.$$

$$\sum_{j=1}^{J} one(i,j) \times \text{arc}(i,j) \geqq d(i) \quad \text{for every } i.$$

$$0 \leqq \text{arc}(i,j) \leqq 1 \quad \text{for every } i \text{ and } j.$$

식 (1)의 계획모형에서 선택변수 $d(i)$와 $\text{arc}(i,j)$ 중 $d(i)$는 0 혹은 1의 정수로 구성되어 있지만 $\text{arc}(i,j)$와 나머지 변수들은 연속변수이기 때문에 '혼합'정수계획(MIP)모형을 이룬다.[4] 모형의 목적함수는 배추종합처리장 시스템 운영으로 인해 발생하는 국가적 비용을 최소화하는 것이고, 여기에 8가지의 추가적인 제약이 부과된다.

제약식 가운데 처음 세 가지는 고정비용 및 운송비 관련 제약으로서 이미 앞에서 설명하였다. 그러나 두 번째 제약식인 배추 주산지로부터의 배추 수송비에 관한 제약에서 각 배추종합처리장의 생산규모 $K(i)$대신 $\sum_{j}^{J}\{\text{arc}(i,j) \times Z(j)\}$가 반영이 되었는데,

---

[4] 만약 각 소비처가 단 한군데의 배추종합처리장으로부터만 절임배추를 공급받는다고 가정하면, $\text{arc}(i,j)$ 역시 0 혹은 1의 값을 가지는 정수가 된다. 이는 지나치게 강한 제약일 수가 있으므로 본 연구는 채택하지 않기로 한다. MIP 관련 일반적인 설명은 Vandrbei(2008), Wolsey(1998) 등에서 얻을 수 있다.

이는 해당 배추종합처리장의 실제 절임배추 생산량에 해당된다. 따라서 $RCOST$는 실제로 생산되는 절임배추의 공급 비용만을 반영하여, 식 (1)의 모형은 공장의 불완전 가동까지 반영할 수 있다.

네 번째 제약식 $\sum_{j}^{J} Z(j) \times \mathrm{arc}(i,j) \leqq K(i)\ (\forall i)$은 각 배추종합처리장으로부터 전국 소비처로 공급되는 절임 배추량(=좌변)이 배추종합처리장의 생산능력(=우변)보다도 클 수 없다는 설비규모 제약식이다.

다섯 번째 제약식 $\sum_{i}^{I} \mathrm{arc}(i,j) = 1\ (\forall j)$는 절임배추의 각 소비처 수요량 중 이 소비처에 공급하는 배추종합처리장의 시장 점유율 합은 1이라는 제약이다.

여섯 번째 제약식 $d(i) \geqq \mathrm{arc}(i,j)\ (\forall i,j)$는 i번째 배추종합처리장이 최종 소비처 중 한 군데라도 절임배추를 공급하게 되면 설립되어야 한다는 제약으로서, 역시 당연히 충족되어야 할 제약이다.

일곱 번째 제약식 $\sum_{j=1}^{J} one(i,j) \times \mathrm{arc}(i,j) \geqq d(i)\ (\forall i)$는 예를 들어 i지역에 배추종합처리장이 건립되어 $d(i) = 1$이면 i지역의 소비처는 반드시 이 종합처리장으로부터 절임배추를 공급받게 하는 제약이다. 여기서 $one(i,j)$는 $i = j$일 경우 1, 아니면 0의 값을 가지는 행렬이다.

마지막 여덟 번째 제약식 $0 \leqq \mathrm{arc}(i,j) \leqq 1$은 각 소비처에서 각 배추종합처리장이 차지하는 비중이 0과 1사이의 값이어야 한다는 제약이다.

위와 같은 모형 설정은 선형 MIP 기법을 이용하는 비교적 표준적인 생산설비 입지 모형이라 할 수 있다. 한 가지 주목할 점은 배추종합처리장으로부터 소비처로의 거리는 $\mathrm{arc}(i,j) \times \delta(i,j)$와 같이 처리되어 종합처리장이 어느 소비처로 산출물을 수송할 것인지를 내생적으로 결정하는 과정을 반영하고 있지만, 원료인 배추 주산지로부터 각 배추종합처리장까지의 거리는 $\gamma(i)$로 파라메터로만 처리된다는 점이다. 후자의 경우 이미 앞에서 지적한 바와 같이 각 배추종합처리장은 전국의 배추 주산지로부터 고르게 원료를 구입한다는 가정을 반영하고 있다. 보다 일반적인 분석은 각 종합처리장이 원료인 배추의 구입처까지도 내생적으로 선택할 수 있도록 하는 것이고, 이는 Kratica et al.(2014)처럼 최근에 입지 선정과 관련하여 분석기법과 적용 사례가 등장하고 있는 소위 다층입지선정모형(multi-level location model)의 한 예가 될 것이다. 그러나 두 가지 이유로 인해 본 연구는 이러한 분석을 시행하지 않는데, 첫째, 현재로서는 각 배추 주산지별 생산량 자료가 모든 시·군 단위로 발표되지 않고 도 단위의 생산량만 공식적으로 발표되고 있어 시·군단위의 생산량 제약을 모형에 반영하여 배추 구입

지 선택 문제를 풀어내는 것이 어렵다. 둘째, 제조업시설이나 저장시설 입지분석의 경우와는 달리 배추 생산은 상당한 정도의 계절성을 지니고, 배추는 연중 전국 각지에서 계절별로 다르게 생산되기 때문에 각 배추종합처리장이 연중 가동되기 위해서는 전국 모든 지역으로부터 배추를 구입할 수밖에 없을 것이다. 따라서 이런 이유로 인해서 본 연구가 취하고 있는 배추 산지로부터의 수송비용 처리방식이 적절하다고 볼 수 있다.

3. 이용한 자료

최적화 모형 식 (1)의 해를 구하기 위해서 필요한 파라메터와 변수 등은 다음과 같이 구축되었다. 이용한 자료 대부분은 통계청 등의 공신력 있는 기관의 최신 자료로부터 수집·변환 정리되었다.

3.1. 각 소비처별 절임배추 수요량

각 소비처별 절임배추의 수요량 $Z(j)$을 도출하기 위해서는 몇 가지 전제가 필요하다. 우선 절임배추의 주 소비처가 어디인지가 검토되어야 하고, 국가 전체의 절임배추 예상 수요량을 지역별로 배분하는 방식도 결정하여야 한다.

국가 전체 절임배추 총 수요량과 관련하여, 제주도의 경우 전체 소비량에서 차지하는 비중이 크지 않고 또한 수송비 측면에서도 내륙과는 매우 이질적이기 때문에 제주도에 배추종합처리장을 건립하거나 절임배추를 공급하는 가능성은 일단 배제하기로 한다. 또한 배추종합처리장에서 생산되는 절임배추는 일반 가정에 직접 공급되기보다는 김치가공공장에 김치원료로 공급될 것이라 가정한다. 현실적으로 김치가공공장이 모든 절임배추를 전량 구입하지는 않겠지만 가장 큰 소비처이므로 이는 비교적 무리가 없는 가정이라 볼 수 있다.

한국무역협회 자료에 의하면, 2013년 우리나라의 상품김치 총 공급량은 55만 6,681톤으로 추정되었다. 국산 김치는 전체의 60.4%에 해당하는 33만 6,463톤, 수입김치는 전체의 39.6%에 해당하는 22만 218톤이었다. 국산 상품김치 가운데 가장 큰 비중을 차지하는 품목은 포기김치(배추김치)로서 18만 5,190톤(33.3%), 막김치(배추김치)가 7만 5,218톤(13.5%)으로 국산 상품배추김치는 총 26만 408톤이었다. <표 1>은 2013년도

도별 국산 상품배추김치와 상품절임배추의 공급량 통계자료이다.

배추종합처리장이 설립되면 각 김치가공공장은 배추종합처리장으로부터 절임배추를 공급받아서, 최종 소비자에게 절임배추 자체를 공급하거나 아니면 포기김치 생산에 절임배추를 원료로 사용할 것이다. 따라서 각 도별 김치가공공장의 잠재적 절임배추 최대 수요량은 <표 1>의 상품절임배추와 상품포기김치 공급량을 합한 268,913톤이 될 것이다. 그러나 배추종합처리장이 설립되어도 김치가공공장들은 여전히 자체적으로 상품절임배추를 생산하거나, 배추종합처리장으로부터 절임배추를 공급받지 않고도 포기김치를 생산할 수 있기 때문에, 본 연구에서는 상품절임배추와 상품포기김치를 합한 공급량의 30% 또는 50%에 해당되는 양의 절임배추를 배추종합처리장이 각 지역의 김치가공공장에 공급하는 두 가지 경우를 가정하여 분석하고자 한다.[5] 이 경우 배추종합처리장이 공급해야 할 절임배추 총량 추정치는 각각 연간 80,674톤(268,913톤의 30%) 또는 134,457톤(268,913톤의 50%)이 된다.

---

5 배추종합처리장 건립될 경우, 배추종합처리장에서 공급받고자 하는 최대 절임배추 수요량 등에 대한 김치가공공장 관련자 의견조사 결과, 현재 상품배추김치 생산량의 30%를 가장 많이 응답하였고, 그다음이 50%로 나타났다.

표 1. 도별 상품배추김치와 상품절임배추 공급량 분포, 2013년

단위: 톤

구분	상품배추김치			상품절임배추	상품절임배추+상품포기김치
	포기김치	막김치	합계		
서울특별시	2,908	955	3,863	1,764	4,672
인천광역시	13,379	2,654	16,033	3,607	16,986
대전광역시	2,635	1,702	4,337	567	3,202
광주광역시	3,840	1,171	5,011	529	4,369
대구광역시	2,462	865	3,327	448	2,910
울산광역시	7,153	1,996	9,149	293	7,446
부산광역시	8,616	2,252	10,868	3,231	11,847
제주자치도	2,967	718	3,685	657	3,624
강원	18,964	10,721	29,685	20,226	39,190
경기	27,935	8,969	36,904	2,699	30,634
충남	10,230	4,342	14,572	7,455	17,685
충북	39,230	15,723	54,953	9,108	48,338
전북	8,333	3,833	12,166	1,338	9,671
전남	14,641	1,941	16,582	28,602	43,243
경남	18,582	16,059	34,641	2,450	21,032
경북	3,315	1,317	4,632	749	4,064
합계	185,190	75,218	260,408	83,723	268,913

주: 상품절임배추는 김치제조업체에서 생산한 것에 한함.
자료: 「2013년도 김치산업동향」, 세계김치연구소.

그 다음으로, 각 도별로 필요한 절임배추량을 각 도에 속한 시군별 김치가공공장에 할당하는 문제가 있다. 2013년 기준 제주도를 제외한 전국 126개 시군에 김치가공공장들이 있으며, 시군별로 김치가공공장의 수와 규모도 다양하다. 시군별 상품김치 생산량 자체는 정확히 집계되지 않기 때문에 상품김치 생산량을 기준으로 지역별 절임배추 수요량을 도출하는 것에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 김치가공공장의 노동력 수를 생산량의 대용변수로 활용한다. 예를 들면 강원도 횡성군의 김치가공공장 노동력이 강원도 내 전체 김치가공공장 노동력의 45%를 차지하므로 횡성군의 김치가공공장이 앞에서 도출된 강원도 내 절임배추 필요량의 45%를 차지할 것이라 가정한다. 이와 같은 방법으로 다른 시군별 절임배추 수요량도 도출하였다.

표 2. 시군별 김치가공공장 분포, 2013년

도	시/군	공장 수	종사자 수
서울특별시	서울특별시	29	147
인천광역시	인천광역시	26	278
대전광역시	대전광역시	10	143
광주광역시	광주광역시	18	286
대구광역시	대구광역시	12	111
울산광역시	울산광역시	6	94
부산광역시	부산광역시	20	182
강원	횡성군	3	523
	원주시	6	133
	태백시	4	86
	영월군	2	80
경기	파주시	7	319
	화성시	9	316
	연천군	2	280
	포천시	7	125
	안성시	2	115
충남	천안시	10	307
	청양군	2	203
	서산시	2	99
	논산시	4	70
충북	음성군	7	399
	충주시	6	217
	청원군	4	209
	제천시	4	102
	보은군	2	85
	괴산군	5	82
	옥천군	5	80
	진천군	3	75
전북	익산시	9	238
전남	여수시	79	311
	해남군	16	218
	완도군	2	103
	나주시	3	96
경북	경산시	4	320
	안동시	4	249
	구미시	2	100
	영천시	3	92
경남	거창군	3	258
	김해시	5	178
	창원시	5	115
	함안군	1	80

주: 제주를 제외한 시군별 종사자 수 70인 이상 김치가공공장만 정리하였음.
자료: 세계김치연구소.

3.2. 고정비용

배추종합처리장의 고정비용 $FCOST(i)$에는 토지매입비, 건축비, 장비구입비, 용역비 등 모든 종류의 설립비용이 포함된다. 그러나 본 연구는 토지매입비를 제외한 나머지 비용항목들이 어느 지역에 종합처리장을 건립하더라도 동일하다고 가정하는데, 이는 각 배추종합처리장 건립에 동일한 자재와 장비 등이 사용된다고 가정하면 별 무리가 없는 가정이라 할 수 있다.

토지매입비는 전국적으로 어느 정도 차이가 나며, 또한 특정 규모의 공장건립 시 어느 정도의 토지면적이 필요한지를 파악해야 한다. 그리고 자산인 토지비용을 연간 비용으로 환산하는 것도 필요하다. 필요 토지면적은 본 연구가 검토하는 대규모의 배추종합처리장이 운영된 사례가 없어 상당히 불확실한 면이 있다. 김치생산시설의 건립비용을 검토한 최지현 외(2012: 138)에 의하면, 현재 가동 중인 농협 김치공장과 광주지역 김치가공업체의 평균 생산규모는 각각 연간 3,025톤과 6,000톤인데, 부지면적은 각각 8,429m^2와 9,811m^2인 것으로 조사되었다. 따라서 연 1톤 생산량당 부지면적은 각각 2.79m^2/톤과 1.64m^2/톤이어서 서로 간에 상당한 차이가 존재한다. 배추종합처리장은 배추절임 가공이 주가 되므로 김치가공공장과는 필요 부지면적에서 차이가 있을 수 있고, 무엇보다도 본 연구가 고려하는 배추종합처리장의 경우 일반 김치가공공장에 비해서는 대규모이기 때문에 단위면적당 필요 부지면적을 김치가공공장의 부지면적과 같다고 보기 어려운 면도 있다.

생산시설의 부지는 작업 단계별로 분리되어 사용되기도 하지만 공통으로 사용되는 부분도 많기 때문에 생산규모에 대해 중립적이라 보기는 어렵다. 예를 들면 연간 30,000톤 정도의 절임배추를 생산하는 배추종합처리장을 지역별로 건립하는 경우, 이는 기존의 김치가공공장 설비에 비해서는 대규모이기 때문에 부지면적은 늘어나되 생산량에 비례하여 늘어나지는 않을 것이다. 본 연구는 연간 30,000톤, 15,000톤, 10,000톤의 절임배추 생산 설비를 각각 건립하는 경우를 가정한다. 생산부지는 생산규모에 중립적이지 않는다는 점을 감안하여, 각 생산 설비에 필요한 부지면적에 대해서는 30,000톤 규모의 생산설비의 경우 0.7m^2/톤 정도의 부지가 필요하고, 15,000톤과 10,000톤 규모의 생산설비의 경우 1.00m^2/톤의 부지가 필요하다고 가정하였다.[6]

이렇게 필요 부지면적을 가정하면, 그 다음으로 각 후보지별 지가를 반영해야 한다.

---

[6] 연간 30,000톤, 15,000톤, 10,000톤의 절임배추 생산 설비와 각 설비에 필요한 토지면적에 대한 가정은 관련 전문가 의견조사로부터 도출된 적정 규모와 면적이다.

본 연구는 각 시·군에서 현재 김치가공공장이 가동 중인 주소지에서의 공시지가를 반영하였다. 공시지가 자료는 한국토지정보시스템(www.kar.or.kr)에서 수집하였다.[7] 토지는 영속적인 자산이기 때문에 연간 기회비용으로 환산될 필요가 있는데, 본 연구에서는 공공투자사업에서 사용되는 할인율 등을 감안하여 토지자산가치의 5.5%가 매년 토지비용으로 투입된다고 가정하였다.

3.3. 단위당 수송비

분석모형 추정을 위해서는 배추 주산지에서 배추종합처리장으로, 그리고 배추종합처리장에서 소비처로의 단위당 수송비 자료 TC가 확보되어야 한다. <표 3>은 작형별 배추 주산지에서 가락시장까지의 거리 및 배추 5톤당 운임비용을 나타낸다. 이 자료를 이용하여 배추 1톤의 1km당 운임을 계산하면, 284~580원 정도이다. 단위당 운임은 도로 여건이나 계절 및 시간 등에 의해 변할 수밖에 없으므로, 본 연구는 2012~2013년 평균 운임비용 400원을 배추 한 단위(1톤)당 수송비로 간주하였다.

TC 추정치는 배추와 절임배추 모두에 적용되지만, 원료 감모분이 있어 배추와 절임배추 사이의 전환비율 θ가 정해져야 한다. 김치가공공장 운영자들을 대상으로 한 면접조사에서 1톤의 절임배추 생산을 위해서는 약 2.2톤의 원료 배추가 필요하다고 파악되어, 본 연구에서 θ는 2.2로 가정하였다.

표 3. 작형별 배추 주산지에서 가락시장으로의 운임비용

단위: 원/5톤

지역		2012년	2013년
봄배추	서산 (128.47km)	370,000 ~ 400,000	370,000 ~ 400,000
	나주 (321.25km)	520,000 ~ 550,000	30,000 ~ 550,000
고랭지배추	평창 (180.48km)	420,000 ~ 450,000	440,000 ~ 460,000
	정선 (234.31km)	420,000 ~ 460,000	450,000 ~ 470,000
	태백 (254.95km)	450,000 ~ 480,000	450,000 ~ 480,000
월동배추	해남 (398.55km)	570,000 ~ 600,000	600,000 ~ 620,000
	진도 (399.09km)	570,000 ~ 600,000	620,000 ~ 650,000
	무안 (325.03km)	550,000 ~ 600,000	570,000 ~ 600,000

자료: 한국농수산식품유통공사.

[7] 세종시의 경우 해당 자료를 얻기가 어려워 천안의 자료를 적용하였다.

3.4. 거리 파라메터

배추종합처리장 시·군 후보지 i와 전국 126개 절임배추 소비처 j사이의 거리 파라메터들로 구성된 $\delta(i,j)$ 행렬을 구축하였다.[8] 단, 배추종합처리장 후보지와 소비처가 동일한 시·군인 경우, 일률적으로 5km의 거리로 가정하였다.

한편, 배추 주산지로부터 배추종합처리장 후보지 i사이의 거리 $\gamma(i)$ 구축에는 추가 자료가 필요하다. 본 연구에서는 배추종합처리장은 전국 배추 주산지에서 고르게 배추를 수집한다고 가정하므로, 주산지별 배추 생산량 또는 생산면적 자료가 필요하다. <표 4>은 2012년과 2013년 작형별 배추 주산지의 생산면적을 나타낸다. 각 배추종합처리장 후보지로부터 각 주산지별 거리 파라메터 $\gamma(i)$는 각 주산지의 배추 생산면적이 차지하는 비중을 반영하여 가중평균한 값을 사용하였다.

표 4. 배추 작형별 주산지 및 생산 면적

단위: ha

봄배추			고랭지배추			가을배추		
주산지	2012년	2013년	주산지	2012년	2013년	주산지	2012년	2013년
경북 문경	378	421	강원 삼척	1,407	1,264	전남 해남	1,387	1,547
경기 평택	159	90	강원 평창	1,113	1,069	충남 당진	293	342
전북 고창	155	145	강원 태백	1,013	1,065	충남 홍성	321	324
경남 의령	117	111	강원 정선	1,034	1,060	전북 고창	275	257
충남 아산	105	107	강원 강릉	399	462	전남 나주	213	215
충남 서산	60	175						

자료: 통계청. 「농업면적조사」.
한국농촌경제연구원. 「농업관측정보」.

[8] 거리 파라메터는 포털사이트 네이버(www.naver.com)의 거리정보에서 추천경로상의 km 자료를 반영하여 정리하였다.

4. 분석 결과

전국의 모든 시·군을 배추종합처리장의 입지 후보지로 간주하면 분석모형이 불필요하게 커지는 문제가 있어 후보지를 제한하여 예상 후보지를 선정할 필요가 있다. 즉, 예상 후보지 수 I는 절임배추 소비처 수 J보다는 작은 수이어야 한다($I < J$).

배추종합처리장의 입지는 크게 원료지향형과 시장지향형으로 대별될 수 있다. 전자의 경우에는 배추종합처리장 후보지를 가능한 한 원료인 배추의 주산지 부근에서 선정하여야 하며, 후자의 경우에는 절임배추의 소비처 인근에 후보지를 선정하여야 한다. 본 연구는 이미 앞에서 가정한 바와 같이 배추종합처리장의 주 기능을 김치가공공장에 김치원료인 절임배추를 공급하는 도매기능에 두고 있기 때문에, 시장지향성에 근거하여 배추종합처리장의 입지를 선정하고자 한다.

따라서, 제주도를 제외한 126개 시·군의 김치가공공장의 예상 절임배추 수요량을 기준으로 상위 20개(종사자 수 140명 이상) 시·군을 뽑아서, 이들 지역을 배추종합처리장 예상후보지로 선정하였다. 선정된 시·군은 <표 5>와 같다. 이들 20개 시·군의 예상 절임배추 수요량은 전국(제주도 제외) 수요량의 68.3%에 달한다.

표 5. 배추종합처리장 예상 후보지 (20개 시·군)

횡성군, 음성군, 경산시, 파주시, 화성시, 여수시, 천안시, 광주광역시, 연천군, 인천광역시, 거창군, 안동시, 익산시, 해남군, 충주시, 청원군, 청양군, 부산광역시, 김해시, 서울특별시

본 연구는 배추종합처리장의 절임배추 공급량과 시·군별 절임배추 수요량의 규모 변화에 따른 시나리오들을 분석한다. 즉, 관련 전문가 의견조사 결과와 절임배추 소비 증대 추세를 반영하여 각 배추종합처리장의 연간 절임배추 공급량을 30,000톤, 15,000톤, 10,000톤의 세 가지 생산규모로 가정하고, 각 시·군별 절임배추 수요량은 2013년 상품 배추김치 공급량의 30%와 50%의 두 가지 경우로 가정하여, 총 6가지의 시나리오를 설정한다. 혼합정수계획법 분석을 통해 각 시나리오별 배추종합처리장의 최적 입지 후보지가 도출되었다.[9]

---

[9] 본 연구에서 MIP 모형의 해는 GAMS 24.7.3을 이용해 도출하였으며, MIP solver로는 COINCBC를 이용하였다.

표 6. 분석 시나리오 설정

구분	배추종합처리장의 연간 절임배추 공급량	연간 절임배추 수요량
시나리오 1	30,000톤	80,674톤
시나리오 2	30,000톤	134,462톤
시나리오 3	15,000톤	80,674톤
시나리오 4	15,000톤	134,462톤
시나리오 5	10,000톤	80,674톤
시나리오 6	10,000톤	134,462톤

분석 결과, 시나리오별 배추종합처리장의 최적 입지 후보지는 <표 7>과 같이 도출되었다. 최적 입지 후보지별 공급 가능한 지역은 <부표 1>~<부표 6>에 정리하였다.

각 배추종합처리장의 생산설비 규모를 작게 가정할수록, 시·군별 연간 절임배추 수요량이 많아질수록, 최적 입지 후보지의 수는 많아지는 것으로 나타났다. 배추종합처리장의 생산설비 규모가 동일한 경우에는 연간 절임배추 수요량이 많을수록 최적 입지 후보지가 증가한다. 예를 들어, 배추종합처리장의 연간 절임배추 공급량을 30,000톤, 시·군의 연간 절임배추 수요량을 80,674톤으로 가정한 시나리오 1에서 최적 입지 후보지는 3개 지역(충북 음성, 경북 안동, 충북 충주)으로 나타난 반면, 동일한 절임배추 공급량에 수요량이 증가한 시나리오 2에서는 최적 입지 후보지가 5개 지역(강원도 횡성, 충북 음성, 경북 안동, 전남 해남, 충남 청원)으로 증가하였다.

표 7. 시나리오별 최적 입지 후보지

구분	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4	시나리오 5	시나리오 6
최적 입지	음성군 안동시 충주시	횡성군 음성군 안동시 해남군 청원군	횡성군 음성군 안동시 익산시 해남군 충주시	횡성군 음성군 거창군 안동시 익산시 해남군 충주시 청원군 청양군	횡성군 음성군 거창군 안동시 익산시 충주시 청원군 청양군	횡성군 음성군 파주시 화성시 여수시 천안시 거창군 안동시 익산시 해남군 충주시 청원군 청양군 김해시

<표 8>과 같이 시나리오별 최적 입지로 선정된 시·군들의 선정 횟수를 정리하면, 충북 음성군과 경북 안동시가 모든 시나리오에서 최적 입지 후보지로 선정되었다. 이 두 지역은 다른 예상 후보지에 비해 상대적으로 배추 주산지가 가깝고, 상대적으로 규모가 큰 김치가공공장이 많이 분포되어 있다는 특징이 있다.

표 8. 최적 입지 선정 빈도

빈도	최적 입지 후보지
6번	충북 음성군, 경북 안동시
5번	충북 충주시, 강원 횡성군
4번	전남 해남군, 충북 청원군, 전북 익산시
3번	경남 거창군, 충남 청양군
2번	-
1번	경기 파주시, 경기 화성시, 전남 여수시, 충남 천안시, 경남 김해시

각 시나리오 분석 결과는 최적 입지 후보지뿐만 아니라 식 (1)의 세 가지 비용 계측값도 제시한다. 시나리오별 총 비용 내역은 <표 9>와 같다. 배추종합처리장의 생산규모가 커질수록 토지비용의 비중 증가 때문에 총 비용이 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 절임배추를 수요처인 김치가공공장에 수송하는 비용보다는 원료인 배추를 배추종합처리장으로 수송하는 데 더 많은 비용이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 본 연구의 시장지향형 입지 선정 가정에 의해 나타난 결과로, 주산지로부터의 배추 수송원가나 감모율 등에 대한 가정을 변경할 경우 최적 입지 선정에 변화가 발생할 수 있음을 시사한다.

표 9. 시나리오별 비용 내역

단위: 백만 원

구분	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4	시나리오 5	시나리오 6
총 고정비용	1,694	2,622	2,526	4,123	2,710	7,980
총 배추 수송비	14,275	26,187	15,620	27,841	15,888	29,234
총 절임배추 수송비	4,798	5,535	3,139	4,325	3,082	2,645
총 비용	20,767	34,345	21,284	36,289	21,679	39,859

이상의 분석 결과는 현재 이용가능한 정보와 관련 업무 종사자 및 전문가의 의견 등을 반영할 때 가장 현실성이 높은 파라메터를 가정한 상태에서 도출된 결과들이다.

그러나 이들 결과들은 물론 <표 7>의 시나리오별 가정의 차이 외에도 여러 가지 파라메터 값에 의존하고, 따라서 이들 파라메터들이 달라질 경우 최적 입지선택도 달라질 수 있다. 본고는 그러한 파라메터들 중 특히 고정비용의 비중과 원료지와 소비지 간 수송비용의 상대적 차이에 대한 가정이 분석 결과에 영향을 미칠 수 있다고 보고, 이들 파라메터들을 바꾸어 민감도 분석(sensitivity analysis)을 시행하였다. 이들 두 가지 파라메터는 고정비용 대비 가변비용인 수송비의 상대적 중요성과, 시설의 원료지향성과 시장지향성의 상대적 중요성을 각각 반영한다는 점에서 민감도 분석 대상으로 선정하였다.

민감도 분석 대상으로는 <표 7>의 시나리오 중 관련 업무 종사자들에 의해 가장 현실성이 높다고 인정되는 시나리오 3을 기준으로 시행하였다. 이 모형에서는 생산설비로 단위 면적당 1.00m^2/톤의 부지가 필요하고, 배추 산지에서 배추종합처리장으로의 수송비는 절임배추를 소비지로 수송하는 비용의 2.2배인 것으로 가정하였었다. 민감도 분석에서는 설비의 필요 면적으로 각각 0.6m^2/톤와 2.00m^2/톤이 필요한 두 가지의 경우와, 배추 산지에서 배추종합처리장으로의 단위당 수송비가 절임배추 소비지로의 수송비의 1.2배 및 3.0배가 되는 경우를 분석한다.

이들 파라메터의 통계적 분포 범위에 대한 정보가 없으므로 시나리오 3의 표준적인 가정보다 작은 값과 큰 값을 민감도 분석에 각각 반영한다. 단위면적의 경우 규모의 경제성이 크게 실현되어 기존의 김치공장에 비해 필요면적이 많이 줄어들 경우와 반대로, 설비규모가 더 커짐에도 불구하고 기존의 김치공장 수준의 필요면적이 필요한 경우를 각각 시험한다. 단위당 수송비의 경우 절임배추의 경우 어느 정도의 냉장처리가 필요하여 원산지로부터의 배추 수송비와 별 차이가 없는 경우와, 절임배추 가공과정에서 감모분이 많아져 반대로 배추의 수송비가 크게 높아지는 경우를 각각 시험한다.

표 10. 민감도 분석 결과

구분	시나리오 3	민감도 분석 1 단위 면적: 0.6m^2/톤	민감도 분석 2 단위 면적: 2m^2/톤	민감도 분석 3 배추 수송비: 절임배추의 1.2배	민감도 분석 4 배추 수송비: 절임배추의 3.0배
최적 입지	횡성군	횡성군	횡성군	횡성군	횡성군
	음성군	음성군	음성군	음성군	음성군
	안동시	안동시	거창군	거창군	안동시
	익산시	익산시	안동시	안동시	해남군
	해남군	해남군	해남군	해남군	충주시
	충주시	충주시	청양군	청양군	청원군

<표 10>의 민감도 분석 결과를 보면, 고정비용이나 수송비용의 상대적 차이에 대한 가정을 상당히 바꾸어도 최적 입지가 많이 달라지지 않아 분석 결과가 안정적이라는 것을 다시 한 번 확인할 수 있다. 6개 시군의 최적 입지 중 횡성군, 음성군, 안동시, 해남군의 4개 시·군은 기본 시나리오와 4가지의 민감도 분석 모두에서 선정되었다. 이상 5가지 경우 모두에 있어 선정되지는 못한 시·군의 경우도, 익산시의 경우 2개, 충주시의 경우 3개, 거창군의 경우 2개, 청양군의 경우도 2개, 그리고 마지막으로 청원군만이 1개의 경우에 선정되어, 파라메터에 대한 가정 변경이 분석 결과를 심각하게 바꾸지는 않는다는 결론을 내릴 수 있다.

5. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 배추 수급 안정화를 통한 김치산업의 경쟁력 제고 방안으로, 절임배추 생산을 주 기능으로 하는 배추종합처리장의 적정 입지를 선정하는 것이다. 그 동안 미곡, 축산물 등의 농산물 관련 유통 및 물류시설에 관한 선행연구는 있었으나, 배추를 대상으로 절임배추 가공시설의 최적 입지 후보지를 찾아내는 연구는 본 논문에서 처음 시도되었다. 또한 분석모형으로 입지결정변수와 수송비 관련 연속변수를 혼합한 혼합정수계획법 기반 환적모형을 정립하였다는 점에서 관련 선행연구들과 방법론적 측면에서도 차별화된다.

배추의 이동 및 가공에 따라 발생하는 비용, 즉 배추 주산지와 배추종합처리장 간의 운송비용, 배추종합처리장과 김치가공공장 간 운송비용, 종합처리장 건설에 소요되는 고정비용을 합한 총 비용을 최소화하도록 모형식을 정립하였다. 이 목적함수에 배추 수급 관련 제약조건들이 부과되어, 배추 주산지↔배추종합처리장↔지역별 김치가공공장의 세 단계 과정을 고려한 혼합정수계획모형을 정립하였다. 또한 절임배추 수요량과 배추종합처리장의 생산설비 규모에 따라 6가지 시나리오를 설정하여, 절임배추 수급에 따른 최적 입지를 분석하였다.

시나리오 분석 결과를 요약하면, 각 배추종합처리장의 생산설비 규모를 작게 가정할수록, 시·군별 연간 절임배추 수요량이 많아질수록, 최적 입지 후보지의 수는 많아지는 것으로 나타났다. 비용 측면에서는 배추종합처리장의 생산규모를 크게 할수록 고정비용의 증가로 총 비용이 증가하는 경향이 발견되었다. 또한 배추종합처리장으로부터 절임배추 수요처인 김치가공공장에 절임배추를 수송하는 비용보다는 원료인 배추를 주

산지에서 배추종합처리장으로 수송하는 데 소요되는 비용이 더 많이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 본 연구가 원료지향성보다는 시장지향성 입지를 중요하게 고려하였기 때문에 나타난 결과이다.

본 연구는 가장 최근의 이용 가능한 자료에 근거하여 배추종합처리장의 생산규모별 최적 입지 후보지에 대한 기초자료를 제공할 뿐, 배추종합처리장의 건립 방식에 대한 결정은 또 다른 의사결정의 문제이다. 그러나 건립 방식이 결정되면, 각 방식에 따른 적정 입지 선정 방법에 논리적 근거를 제시할 수는 있다. 만약 배추종합처리장을 연도별로 순차적으로 건립한다면, 본 연구가 시도한 각 시나리오 분석에서 최적 입지로 선정된 횟수가 가장 많은 지역 순위에 따라 순서대로 건립할 수 있다. 그러나 이 때 새로 종합처리장이 건립되는 지역의 선정은 기 건립된 종합처리장이 존재한 상태에서 매번 다시 MIP 문제를 푸는 절차를 거치는 것이 바람직할 것이다.

한편, 전국 절임배추 수요를 모두 충당할 수 있는 배추종합처리장을 동시에 모두 건립한다면, 최적 입지 선정횟수에 따른 선정방식보다는 배추종합처리장의 적정 규모를 결정한 후 MIP 문제를 풀어 최적 입지 후보지를 선택하는 것이 더 적정할 것이다. 본 연구는 지금까지 배추종합처리장의 운영 사례가 없어 전문가 의견조사 등을 통해 적정 생산설비 규모에 대해 가정을 하였으나, 구체적인 운영비용 자료가 획득 가능하면 규모의 경제가 실현되는 적정 규모도 계측할 필요가 있다. 이는 추후 연구과제에서 시도해볼만 하다.

배추종합처리장은 현재 운영되고 있는 절임배추 가공공장들보다는 큰 설비 규모를 상정하고 있으므로, 초기 단계에서의 과잉 투자를 방지하기 위해 일거에 무분별하게 많이 건립하기보다는 연차별 운영실적을 감안하여 추가적으로 건립 및 투자하는 시스템을 구축하는 것이 바람직할 것이다. 이를 위해 생산규모별 최적 입지 선정 분석 결과에 근거한 배추종합처리장 건립에 있어 정부 차원의 중장기적 마스터플랜 수립이 선결과제일 것이다. 계획에 따라 초기단계 투자를 집행한 후 평가를 통해 추후 투자 여부를 결정하는 방식에 의해 적정 입지에 배치된 배추종합처리장의 경영효율화를 추구해야 할 것이다.

참고 문헌

Farahani, R. Z. and M. Hekmatfar. 2009. *Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies*. Springer.

Kratica, J., D. Dugosija and A. Savic. 2014. "A New Mixed Integer Linear Programming Model for the Multilevel Incapacitated Facility Location Problem." *Applied Mathematical Modelling* 38: 2118-2129.

Vanderbei, R. J. 2008. *Linear Programming: Foundations and Extension*. 3rd ed., Springer.

Wolsey, L. A. 1998. *Integer Programming*. Wiley.

권혁구. 2013.「2010 국가물류비 산정 및 추이 분석」. 한국교통연구원.

국승용. 2007. "연결망 분석 기법을 활용한 농산물 물류센터의 입지특성 분석."「농촌경제」 제30권 제4호. pp. 221-235.

김규창. 2008. "농산물 종합물류센터 조성을 위한 입지선정 평가 요인 분석."「유통연구」 제3권 제1호. pp. 145-154.

김명환, 김진석. 1989.「농수산물 저장시설의 적정입지와 규모분석」. 한국농촌경제연구원.

김명환, 김진석. 1991.「축산물 도매시장과 도축장의 적정입지와 운영개선」. 한국농촌경제연구원.

김연중, 김배성, 송성환, 박영구. 2006.「배추 계절별 수급모형 개발」. 한국농촌경제연구원.

김완배 외. 2004.「친환경농산물 통합물류체계 구축 및 물류센터 건설 방안에 관한 연구」. 서울대학교·농림부.

김정희 외. 2004. "서울시 농산물 물류센터의 입지선정에 관한 연구."「문화역사지리」 제22권 제1호. pp. 255-286.

김진석. 1993. "비선형 환적모형에 의한 수산물도매시장의 적정."「식품유통연구」 제10권 제1호. pp. 181-204.

송지현. 2013. "농수산물 도매시장 입지 선정에 연결망 중심성과 효율성 비교 검증." *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management* 13(1): 17-30.

오선일, 윤호빈, 강경식. 2008. "퍼지이론을 이용한 종합유통단지 입지 선정에 관한 연구."「대한안전경영과학회지」 제10권 제1호. pp. 91-105.

우장명, 이준배. 2002. "동태모형을 이용한 미곡종합처리장의 최적화 입지분석."「농업경영·정책연구」 제29권 제3호. pp. 453-472.

이승재, 정창무, 이헌주. 2000. "퍼지이론을 이용한 물류간지 입지 및 규모결정에 관한 연구."「대한교통학회지」 제18권 제1호. pp. 75-85.

장홍희, 장동일, 김동철. 1993. "미곡종합처리장의 적정입지분석."「바이오시스템공학(구 한국농업기계학회지)」 제18권 4호. pp. 390-401.

조성호. 2011.「네트워크 분석을 이용한 푸드마켓의 입지분석 및 개선 방안」. 상명대학교 지리학과 석사논문.

최지현, 이계임, 김윤형, 이동소. 2012.「세계 김치연구소 등 지역기반 산·학·연과 연계한 전통발효식품산업 육성방안 수립 연구」. 한국농촌경제연구원.

원고 접수일: 2015년 2월 12일
원고 심사일: 2015년 2월 16일
심사 완료일: 2015년 6월 16일

부표 1. 시나리오 1의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
음성군	음성군, 화성시, 천안시, 광주, 익산시, 해남군, 청원군, 청양군(69%), 대전, 안성시, 완도군, 서산시, 나주시, 옥천군, 진천군, 논산시, 영암군, 금산군, 아산시, 담양군, 전주시, 임실군, 평택시, 예산군, 완주군, 무안군, 고성군, 함양군, 고창군, 오산시, 세종시, 장성군, 증평군, 청주시, 부안군, 정읍시, 보령시, 장수군, 태안군, 곡성군, 구례군, 영광군, 목포시, 순천시, 함평군, 강진군, 진도군
안동시	경산시, 여수시, 거창군, 안동시, 부산, 김해시, 창원시, 대구, 구미시, 울산, 영천시, 태백시(64%), 함안군, 고령군, 의성군, 거제시, 경주시, 창녕군, 양산시, 청송군, 동해시, 청도군, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 광양시, 하동군, 진주시
충주시	횡성군, 파주시, 연천군, 인천, 충주시, 청양군(31%), 서울, 원주시, 포천시, 제천시, 태백시(36%), 보은군, 괴산군, 영월군, 진안군, 여주시, 용인시, 남양주시, 성남시, 강릉시, 평창군, 인제군, 부천시, 김포시, 속초시, 양주시, 안양시, 군산시, 안산시, 춘천시, 단양군, 시흥시, 철원군, 양구군, 군포시, 수원시, 홍천군, 화천군, 남원시, 하남시, 이천시, 의정부시, 공주시, 구리시, 상주시, 고양시, 양평군, 고성군, 김천시, 장흥군, 가평군, 보성군

·총 고정비용(백만 원): 1,694
·총 원료 수송비(백만 원): 14,275
·총 절임배추 수송비(백만 원): 4,798
·총 비용(백만 원): 20,767

부표 2. 시나리오 2의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
횡성군	횡성군, 파주시, 연천군, 서울, 원주시, 포천시, 제천시, 영월군, 여주시, 남양주시, 강릉시, 평창군, 인제군, 김포시, 속초시, 양주시, 고성군, 춘천시, 동해시, 철원군, 양구군, 홍천군, 화천군, 하남시(47%), 의정부시, 구리시, 고양시, 양평군, 가평군
음성군	음성군, 화성시, 인천, 충주시, 안성시, 서산시, 괴산군, 진천군(50%), 용인시, 성남시, 부천시, 평택시, 안양시, 안산시, 오산시, 증평군, 시흥시, 군포시, 수원시, 하남시(53%), 이천시, 태안군
안동시	경산시, 여수시(68%), 거창군, 안동시, 부산, 김해시, 창원시, 대구, 구미시, 울산, 영천시, 태백시, 함안군, 고령군, 의성군, 거제시, 경주시, 창녕군, 양산시, 청송군, 단양군, 청도군, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 하동군, 상주시, 진주시, 고성군, 김천시
해남군	해남군, 완도군, 나주시, 영암군, 무안군(60%), 목포시, 강진군, 진도군, 장흥군, 보성군
청원군	여수시(32%), 천안시, 광주, 익산시, 청원군, 청양군, 대전, 보은군, 옥천군, 진천군(50%), 논산시, 진안군, 금산군, 아산시, 담양군, 전주시, 임실군, 군산시, 예산군, 완주군, 무안군(40%), 함양군, 고창군, 세종시, 장성군, 청주시, 부안군, 정읍시, 보령시, 남원시, 장수군, 곡성군, 광양시, 구례군, 공주시, 영광군, 순천시, 함평군

·총 고정비용(백만 원): 2,622
·총 원료 수송비(백만 원): 26,187
·총 절임배추 수송비(백만 원): 5,535
·총 비용(백만 원): 34,345

부표 3. 시나리오 3의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
횡성군	횡성군, 파주시, 연천군, 서울(39%), 원주시, 포천시, 여주시, 남양주시, 강릉시, 평창군, 인제군, 김포시, 속초시, 양주시, 고성군, 춘천시, 동해시(5%), 철원군, 양구군, 홍천군, 화천군, 의정부시, 구리시, 고양시, 양평군, 가평군
음성군	음성군, 화성시, 천안시, 청원군(75%), 대전, 안성시, 서산시, 옥천군, 진천군, 금산군, 아산시, 평택시, 예산군, 오산시, 세종시, 증평군, 태안군
안동시	경산시, 거창군, 안동시, 부산, 김해시, 창원시, 대구, 구미시, 울산, 영천시, 태백시, 함안군, 고령군, 의성군, 거제시, 경주시, 창녕군, 양산시, 청송군, 동해시(95%), 청도군, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 상주시, 진주시, 김천시
익산시	여수시, 광주, 익산시, 청양군(83%), 완도군(21%), 나주시, 논산시, 진안군, 영암군, 담양군, 전주시, 임실군, 군산시, 완주군, 무안군, 함양군, 고창군, 장성군, 부안군, 정읍시, 보령시, 남원시, 장수군, 곡성군, 광양시, 구례군, 영광군, 하동군, 목포시, 순천시, 함평군, 강진군, 진도군, 장흥군, 보성군
해남군	해남군, 완도군(79%)
충주시	인천, 충주시, 청원군(25%), 청양군(17%), 서울(61%), 제천시, 보은군, 괴산군, 영월군, 용인시, 성남시, 부천시, 안양시, 안산시, 단양군, 시흥시, 청주시, 군포시, 수원시, 하남시, 이천시, 공주시, 고성군
·총 고정비용(백만 원): 2,526	
·총 원료 수송비(백만 원): 15,620	
·총 절임배추 수송비(백만 원): 3,139	
·총 비용(백만 원): 21,284	

부표 4. 시나리오 4의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
횡성군	횡성군, 포천시, 강릉시, 평창군(80%), 인제군, 속초시, 고성군, 춘천시, 철원군, 양구군, 홍천군, 화천군, 양평군, 가평군
음성군	음성군, 파주시, 화성시(24%), 연천군(44%), 안성시, 괴산군, 김포시, 양주시, 안산시, 의정부시, 고양시
거창군	여수시(49%), 거창군, 부산(17%), 김해시, 창원시, 함안군, 고령군, 거제시, 창녕군, 함양군, 청도군, 남원시, 장수군, 광양시, 하동군, 진주시, 고성군, 김천시
안동시	경산시, 안동시, 부산(83%), 대구, 구미시, 울산, 영천시, 태백시, 의성군, 경주시, 양산시, 청송군, 단양군, 오산시, 동해시, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 상주시
익산시	여수시(51%), 광주, 익산시, 대전(22%), 논산시, 진안군, 금산군, 담양군, 전주시, 임실군, 군산시, 완주군, 무안군(40%), 고창군, 장성군, 부안군, 정읍시, 곡성군, 구례군, 공주시, 영광군, 순천시, 함평군
해남군	해남군, 완도군, 나주시, 영암군, 무안군(60%), 목포시, 강진군, 진도군, 장흥군, 보성군
충주시	연천군(14%), 충주시, 서울, 원주시, 제천시, 영월군, 여주시, 용인시, 남양주시, 성남시, 평창군(20%), 안양시, 시흥시, 군포시, 하남시, 이천시, 구리시
청원군	천안시, 연천군(42%), 청원군, 대전(78%), 보은군, 옥천군, 진천군, 평택시, 세종시, 증평군, 청주시, 수원시
청양군	화성시(76%), 인천, 청양군, 서산시, 아산시, 부천시, 예산군, 보령시, 태안군
·총 고정비용(백만 원): 4,123	
·총 원료 수송비(백만 원): 27,841	
·총 절임배추 수송비(백만 원): 4,325	
·총 비용(백만 원): 36,289	

부표 5. 시나리오 5의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
횡성군	횡성군, 연천군(66%), 포천시, 강릉시, 평창군, 인제군, 속초시, 고성군, 춘천시, 철원군, 양구군, 홍천군, 화천군, 양평군, 가평군
음성군	음성군, 파주시(68%), 화성시, 인천(21%), 안성시, 괴산군, 부천시, 안산시, 오산시, 고양시
거창군	여수시, 거창군, 김해시(45%), 창원시, 함안군, 고령군, 거제시, 창녕군, 함양군, 남원시, 장수군, 곡성군, 광양시, 구례군, 하동군, 진주시, 순천시, 고성군
안동시	경산시, 안동시, 부산, 김해시(55%), 대구, 구미시, 울산, 영천시, 태백시, 의성군, 경주시, 양산시, 청송군, 동해시, 청도군, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 상주시
익산시	광주, 익산시, 해남군(20%), 완도군, 나주시, 진안군, 영암군, 담양군, 전주시, 임실군, 완주군, 무안군, 고창군, 장성군, 부안군, 정읍시, 영광군, 목포시, 함평군, 강진군, 진도군, 장흥군, 보성군
충주시	파주시(32%), 연천군(34%), 충주시, 서울, 원주시, 제천시, 영월군, 여주시, 용인시, 남양주시, 성남시, 안양시, 단양군, 시흥시, 군포시, 하남시, 이천시, 의정부시, 구리시
청원군	천안시, 인천(10%), 청원군, 대전, 보은군, 옥천군, 진천군, 금산군, 김포시, 양주시, 평택시, 세종시, 증평군, 청주시, 수원시, 공주시, 김천시
청양군	인천(69%), 해남군(80%), 청양군, 서산시, 논산시, 아산시, 군산시, 예산군, 보령시, 태안군

·총 고정비용(백만 원): 2,710
·총 원료 수송비(백만 원): 15,888
·총 절임배추 수송비(백만 원): 3,082
·총 비용(백만 원): 21,679

부표 6. 시나리오 6의 배추종합처리장 최적 입지 후보지

최적 입지 후보지	공급가능 지역
횡성군	횡성군, 인제군(89%), 양구군, 홍천군
음성군	음성군, 제천시(33%), 괴산군(98%), 여주시, 이천시, 양평군
파주시	파주시, 연천군, 인천(15%), 포천시, 부천시, 김포시, 양주시, 철원군, 의정부시, 고양시
화성시	화성시, 인천(85%), 안산시
여수시	여수시, 진도군
천안시	천안시, 서울, 안성시, 용인시, 아산시, 남양주시, 성남시, 속초시(1%), 평택시, 안양시, 오산시, 시흥시, 군포시, 수원시, 화천군, 하남시, 구리시, 가평군
거창군	거창군, 창원시(68%), 함안군, 담양군(45%), 고령군, 거제시, 창녕군, 함양군, 청도군, 남원시, 장수군, 곡성군, 광양시, 구례군, 하동군, 진주시, 순천시, 고성군, 김천시
안동시	경산시, 안동시, 대구, 구미시, 울산(79%), 영천시, 태백시, 영월군, 의성군, 경주시, 청송군, 단양군, 동해시, 영덕군, 울진군, 삼척시, 봉화군, 상주시
익산시	광주, 익산시, 나주시, 진안군, 담양군(55%), 전주시, 임실군, 완주군, 무안군(19%), 고창군, 부안군, 정읍시, 영광군, 목포시, 함평군, 강진군, 보성군
해남군	해남군, 완도군
충주시	충주시, 원주시, 제천시(67%), 강릉시, 평창군, 인제군(11%), 속초시(99%)
청원군	청원군, 대전(3%), 보은군, 괴산군(2%), 옥천군, 진천군, 금산군, 세종시, 증평군, 청주시
청양군	청양군, 대전(97%), 서산시, 논산시, 영암군, 군산시, 예산군, 무안군(81%), 고성군, 춘천시, 장성군, 보령시, 태안군, 공주시, 장흥군
김해시	부산, 김해시, 창원시(32%), 울산(21%), 양산시

·총 고정비용(백만 원): 7,980
·총 원료 수송비(백만 원): 29,234
·총 절임배추 수송비(백만 원): 2,645
·총 비용(백만 원): 39,859