



농산물 물류 네트워크의 변화 및 중심성 분석*

Analyzing characteristics and centralities of the Agricultural Products Networks

이지민** · 오윤경***
Lee, Jimin · Oh, Yun-Gyeong

Abstract

The aim of this study was to analyze characteristics of and changes in the agricultural products networks to establish and support plans in the logistics of agricultural production. The origin-destination (OD) data from Korea Transport Database was used for this study. Visualization of the characteristics and changes in product distribution was achieved through chord diagrams, and network analysis was performed to analyze the regions that play central roles in the supply chain of agricultural products. The results showed that there was a clear distinction of the supply and demand zones, and the characteristics of agricultural product distribution network differed from region to region. Seoul, Gyeonggi, Daegu, Gwangju and Daejeon could be characterized as demand zones, while Incheon, Northern and Southern Jeolla, and Northern Gyeongsang were characterized as supply zones. Network centrality analysis showed Incheon and Chungcheong provinces to be central areas in the supply chain, where Incheon was mainly connected with Gyeonggi and Chungcheong provinces, and Daejeon was connected to relatively more regions. Additionally, in 2015, the overall number of connection increased, and long-distance network became more active. Furthermore, the central regions in the network were Chungcheong and Gyeonggi provinces in 2005 and 2010 respectively, and the capital area in 2015. Such results from the analysis of central areas and changes in the agricultural product supply chain network may be utilized in establishing management plans and facility placement in regards to changes in the agricultural product distribution.

키 워 드 ■ 농산물, 중심성, 코드 다이어그램, 네트워크 분석

Keywords ■ Agricultural Products, Centrality, Chord Diagram, Network Analysis

I. 서론

이상 기후로 인한 농산물 생산량의 변동성이 높아지고 있으며 일부 국가에서는 곡물 파동으로 사회·경제적 혼란이 발생하면서 국민 생존에 필수적인 안전한 먹거리를 제공하는 식량안보에 대한 중

요성이 더욱 증대되고 있다. 최근 적정가격 구매능력, 공급 능력, 식량 질 및 안전성으로 측정된 세계 식량안보지수(Global Food Security Index: GFSI)에서 우리나라는 2016년 기준 113개국 중 28위로 상위권에 속하지만 OECD국가 중에서는 최하위권으로 나타났다. 세부적으로는 구매능력이 34위, 공급 능력 24위, 질 및 안전성은 18위로(Global Food

* 본 연구는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2015R1C1A2A01052421)

** Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

*** Institute of Agricultural Science & Technology, Chonnam Nat'l Univ. (Corresponding author : yungyeong.oh@gmail.com)

Security Index, 2017) 공급과 구매측면에서도 낮은 점수를 보였다.

한편 우리나라의 식량자급률은 50.2%(2015년 기준)이며 사료용을 포함한 곡물자급률은 23.8%로 대부분의 곡물을 수입에 의존하고 있다. 또한 육류 자급률은 76%, 칼로리 자급률은 41.1% (2012년 기준)로 수입농산물에 대한 의존도가 높은 실정이다 (농촌경제연구원, 2015).

식량안보측면에서 농산물 공급의 중요성과 세계화로 인한 수입농산물 증가를 고려할 때 국민에게 안전한 먹거리인 농산물을 제공하기 위해서는 국내 농산물 생산측면뿐 만 아니라 유통을 통한 공급측면에 대한 효율성이 더욱 요구된다. 농산물의 효율적인 유통 구조 및 물류 시스템 지원은 생산자 및 소비자에게 비용 절감 및 유통과정 중 상품의 질 유지, 안전한 식품 공급에 기여할 수 있다. 또한 농지 및 농가인구 감소, 식품 소비 트렌드 변화, 인터넷 거래 활성화 등으로 농산물의 유통도 다양하게 변화하고 있어 농산물 물류 개선을 위해 농산물 물류에 대한 실제적인 분석이 필요한 시점이다.

농산물 물류에 대한 연구로는 물류 체계 효율화를 위해 정찬곤 외(2009)는 배추와 토마토를 대상으로 물류체계 분석을 통해 문제점을 제시하고 제도 개선안을 제시하였으며, 한관순(2010)은 신선 농산물의 물류비 분석을 통해 산지물류 및 운송물류 효율화 방안을 제시하였다. 정진욱 외(2016)는 우리나라 전체 물류체계와 농산물 물류체계 비교를 통해 농산물 물류체계가 복잡하고 물류 비용이 높다고 지적하였으며 김경환·위태석(2014)은 실제 조사자료와 전문가 설문을 통해 농산물 도매시장의 물류체계 개선에 산지 조직, 도매시장내 물류 공간 확충, 산지유통시설 등 산지유통과 도매시장 정책의 연계가 필요하다고 지적하였다.

농산물 물류는 생산된 농산물의 전체 유통과정에서 공급과 수요를 연결하는 과정을 의미하므로 네

트워크 분석방법을 적용하기도 한다. 국승용(2007)은 친환경농산물 물류센터 입지 선정에 위해 중심성 및 구조적 등위성 지표를 활용하여 입지 특성을 분석하였으며, 농산물 물류는 도매시장에 집중되는 구조로 송지현(2013)은 2010년 품목별 기종점(OD) 화물통행량을 이용한 경기도내 농수산물 도매시장 적정 입지를 선정한 바 있다.

이와 같이 농산물 물류체계와 관련한 연구들은 농산물 유통비용 측면에서 주로 이루어졌으며, 네트워크 방법론은 물류센터나 도매시장의 입지선정 방법으로 적용되었다. 또한 실제 물류 자료를 이용한 연구는 일부 지역, 해당 연도, 일부 품목만을 대상으로 이루어져 우리나라 전체 지역간 농산물 물류 특성과 변화를 파악하기 위한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 시계열 농산물 물류 데이터를 기반으로 전국을 대상으로 지역간 농산물 물류 특징 및 변화를 분석하여 농산물 물류 구조 변화를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 국가교통DB에서 제공하는 기종점(Origin-Destination, OD) 화물통행량을 이용하여 농산물 화물 네트워크의 특성 및 변화를 코드다이어그램을 이용하여 살펴보고, 사회네트워크 분석방법으로 지역별 농산물 물류 중심성을 분석하고자 한다. 이러한 분석을 통해 지난 10여 년간 농산물 네트워크 형태 및 중심지 변화를 파악하고 이를 활용하여 향후 물류 변화에 따른 관련 시설 계획 수립 및 시설 입지 계획 등에 활용될 수 있을 것이다.

II. 데이터 및 연구방법

1. 데이터

본 연구에서는 농산물 OD자료로 국가교통DB의

화물수요 데이터를 사용하였다. 한국교통연구원은 국가교통DB를 통해 화물기종점통행량 자료를 근간으로 화물 및 화물자동차의 지역간 통행량을 추정 한 장래 화물통행수요 자료를 제공하고 있다. 이러한 수요예측자료는 매년 보완갱신되고 있으며, 5년 간격으로 화물 통행 실태조사를 통해 모집단 조사가 진행되고 있다. 이러한 조사에 의한 화물 물동량 OD자료는 품목별(31개 품목, 도매업, 컨테이너) 수단별(도로, 철도, 항공, 연안, 해운) 물동량(연간 이동 톤 수)으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 품목별 화물자동차의 물동량 OD 자료 중 농산물 자료를 사용하였다. 또한 시간에 따른 농산물 유통의 변화를 살펴보기 위해, 2005년, 2010년, 2015년 3개 연도 자료를 분석하였다. OD 자료는 존별 이동량을 제공하는데 2005년 존체계는 2005년말 행정구역상 시군단위를 기준에서 제주도 행정구역을 통합한 248개 존이며, 2010년에는 천안시 행정구역 변경과 창원시, 마산시, 진해시가 통합된 251개 존, 2015년 데이터에서는 세종시가 추가된 252개 존으로 구성되었다.

사용된 농산물 화물 OD자료 현황은 표 1과 같다. 2005년 56,653개, 2015년 62,005개로 연결수는 증가하고, 평균 물류량은 2005년 약1,324 톤/년, 2015년 549 톤/년으로 감소한 것으로 나타났다. 특히 농산물 총 물류량이 지속적으로 크게 감소하였는데, 2005년과 2010년은 기준이 되는 통행량 조사 모집단이 서로 다르며, 조사 시점 사업체의 농산물 입하량 및 출하량이 크게 변화했기 때문인 것으로 파악된다. 이는 화물자동차 통행량 조사가 사업체 물류 기반으로 이루어지기 때문에 직거래 등의 물류량은 반영하지 못하는 한계를 갖고 있기 때문이다. 2010년과 2015년은 동일한 연도의 통행량 조사를 기반으로 추정된 자료이나 농산물 물류량의 값에 차이가 존재하는 이유는 품목 분류에서 도매업이 추가되면서 도매농산물 물류량이 제외되면서 감

소한 것으로 예상된다.

표 1. 농산물 화물 OD자료 현황
Table 1. OD data of agricultural products

Year	2005	2010	2015
No. of node	248	251	252
No. of edge (weight >0)	59,764	56,653	62,005
No. of edge (weight > 10)	40,274	38,497	41,319
Total (ton/year)	81,411,345	56,311,873	34,838,789
Average	1,323.68	893.83	548.61
Std. devd	17,353.65	12,829.79	10,335.67

이러한 농산물 물류 자료 중 화물네트워크 중심성 분석에는 연간 10톤 이상의 물동량을 갖는 네트워크를 대상으로 분석하였다.

2. 연구방법

1) 코드다이어그램(Chord diagram)

본 연구에서는 최근 인구가동의 시각화에 활용되고 있는 코드 다이어그램을 농산물의 물류이동 시각화에 적용하였다. 코드다이어그램은 Abel & Sander (2014)가 196 개국, 4 개의 시간대, 1990-1995, 2005-2010 사이 전 세계 사람들의 이동 흐름을 시각화하기 위하여 코드 다이어그램을 활용하고, 국제 이주의 핵심 패턴을 파악할 수 있는 방법으로 제시하였다. 국내에서는 이상현·오윤경 (2017)이 Power BI를 활용하여 최근 15년 간의 전국의 시·도별 인구가동을 시각화하고 농업지역을 중심으로 인구가동의 특성을 분석한 바 있다.

화물 OD자료는 물동량의 출발지와 도착지, 이동량 및 흐름 방향 정보를 포함하고 있어 대규모의 복잡한 화물이동을 네트워크 연결선으로 표현할 경우 중복된 연결선으로 인해 흐름 및 물량의 크기를 파악하는 데 어려움이 존재한다. 이에 반해 코드 다이어그램은 위치, 크기, 길이 및 색상의 표현으로

지역 간의 네트워크의 흐름에 대한 정보를 표시할 수 있어 흐름의 특징과 변화를 쉽게 확인 할 수 있는 장점을 가진다. 본 연구에서는 R에서 제공하는 circlize 라이브러리(Gu, Z. et al., 2014)를 활용하여 2005년, 2010년, 2015년 전국 농산물의 화물 이동을 시각화하고 네트워크 중심성이 높게 나타난 존(시·군·구)을 대상으로 농산물의 유입과 유출의 시계열 변화 특성을 살펴보았다.

2) 네트워크 중심성 분석지표

농산물 물류 흐름의 중심지역 분석에는 네트워크 분석방법을 사용하였다. 네트워크 분석방법은 그래프 이론에 따라 결절점과 결절점을 연결하는 연결선을 구축하고 네트워크상의 각종 흐름을 분석하는 것이다(이희연·김홍주, 2006). 네트워크 분석에서 중심성을 측정하는 방법은 연결중심성, 근접중심성, 매개중심성, 고유벡터 중심성 등 다양하게 존재하는데, 본 연구에서는 gephi 0.9.1(Bastian, M. et al., 2009)을 이용하여 연결중심성(degree centrality), 매개중심성(betweenness centrality)과 고유벡터 중심성(eigenvector centrality)을 비교하였다.

연결중심성은 한 결절점이 다른 점들과 얼마나 많은 관계를 맺고 있는지를 기준으로 중심성을 나타낸 것이다. 보통 결절점의 연결수(degree)를 기준으로 분석되나, 본 연구의 농산물 물류 자료는 방향성을 가진 가중 네트워크로 총 유입 물류량(weighted in-degree), 유출 물류량(weighted out-degree), 결절점의 총 가중치인 총 물류량(유입량+유출량, weighted degree(Opsahl, T, 2010))을 살펴보았다.

$$C_D^w(i) = \sum_j^N w_{ij} \quad (1)$$

매개중심성은 한 결절점이 네트워크 내에서 매개자 역할을 하는 정도를 나타내는 중심성지수이다.

한 노드가 연결망 내의 다른 노드들 사이의 최단 경로 위에 위치하면 할수록 그 노드의 매개 중심성이 높게 나타난다. 본 연구에서는 gephi 0.9.1 에서 제공되는 플러그인을 이용하였으며, 이 플러그인은 가중네트워크에서 최단경로를 찾는 Dijkstra(1959) 알고리즘을 이용한 Brandes(2001)의 알고리즘을 기반으로 만들어졌다.

$$CB(i) = \sum_{s,t \in N, s \neq i \neq t} \frac{\sigma_{s,t}(i)}{\sigma_{s,t}} \quad (2)$$

$\sigma_{s,t}(i)$: no. of shortest paths from s to t that pass through node i

$\sigma_{s,t}$: total no. of shortest paths from node s to t

고유벡터 중심성(연쇄 중심성)은 네트워크 내에서 가장 영향력이 있는 중심 노드를 찾는 데 유용한 방법이다. 연결된 결점의 중심성을 함께 고려하기 때문에 중심지 측정 등에 주로 사용된다(주미진과 김성연 2014).

$$x_i = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^N w_{ij} x_j, \quad \lambda X = W \cdot X \quad (3)$$

III. 농산물의 시·도별 물류 특성

1. 지역별 농산물 입·출량의 정량적 특성

국내의 농산물 이동 특성에 대한 시계열 변화를 시·도별로 살펴보기 위해 그림 1과 같이 시기별(2005, 2010, 2015)로 각 지역의 농산물 화물 유입량과 유출량을 도시하였다. 그 결과, 2005년 서울과 경기도의 농산물 유입량이 1,500만 톤/년 이상으로 매우 크게 나타났고, 그 이후 점차 물량이 감소하는 경향을 보였다. 특히, 인천을 제외한 서울, 부산 등 대도시 지역에서 2015년의 농산물 화물 유입·유출 물량이 이전에 비해 크게 감소한 것으로 나타나 대도시 지역의 농산물 화물 유통에서 도매물량이 차지하는 비중이 크다는 것을 유추할 수 있었

다. 또한 서울·경기지역과 대구, 광주, 대전의 경우에도 전반적으로 유입량이 유출량보다 크게 나타나 농산물 소비지의 특성이 강한 지역으로 판단되었으며, 이에 비해 인천, 전북, 전남, 경북의 경우는 농산물 유출량이 유입량보다 큰 것으로 나타나 농산물 공급지의 성격이 강한 지역으로 나타났다. 마지막으로 제주, 부산, 경남의 경우는 농산물 유입량과 유출량 비중이 거의 유사한 수준을 나타내는 지역으로 분류되었다.

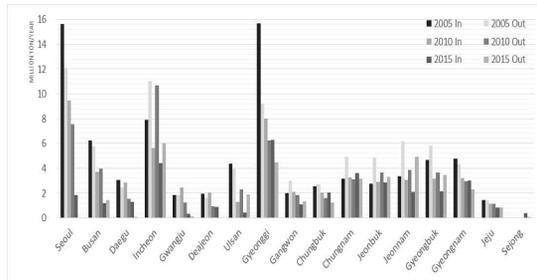


그림 1. 2005, 2010, 2015 도별 농산물 물류현황
Fig. 1. In- and out-transportation of agricultural products in 2005, 2010, and 2015

전국 농산물 화물 이동물량의 큰 비중을 차지하는 수도권 지역을 제외한 지역의 시계열 유입·유출 물량을 그림 2와 같이 살펴본 결과, 부산, 울산에서의 농산물 화물 이동물량이 눈에 띄게 감소한 것이 비해 광주, 대전, 강원에서는 2005년과 2010년의 농산물 유입량이 일정 수준을 유지하거나 증가한 것으로 나타났고, 충남, 전북에서는 2015년까지 일정 수준의 농산물 유입량을 유지하는 것으로 나타났다. 시기별 농산물 유입량과 유출량 차이를 살펴 보면 2005년 당시에는 강원, 충남, 전북, 전남, 경북 지역에서 유출량이 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났으나 2010년에는 전남, 전북 정도만 농산물 유출량이 유입량에 비해 큰 차이를 보였고, 2015년에는 전남과 경북지역이 유출량이 많은 지역으로 나타나 시기별로 국내 농산물의 공급지로서 주요 역할을 차지하는 지역이 다르게 나타나고 있음을

알 수 있다.

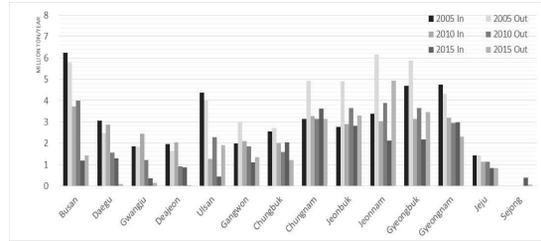


그림 2. 2005, 2010, 2015 도별 농산물 물류현황(수도권 제외)

Fig. 2. In- and out-transportation of agricultural products in 2005, 2010, and 2015 in non-metropolitan area

2. 도별 농산물 물류이동의 시각화

시기별 전국 농산물 화물이동의 지역간 흐름을 살펴보기 위해 그림 3과 같이 (a)2005년, (b)2010년, (c)2015년의 농산물 이동을 코드다이아그램으로 표시하였다. 서울은 검정색, 경기지역은 회색으로 도시하고, 인천은 남색, 녹지가 많은 강원도는 녹색, 시가지지역 및 공장·항구가 밀집된 부산 및 경상도 인근 지역은 붉은색계통, 울산은 시멘트색, 관광도시인 제주도는 보라색, 농업지대인 전라도는 노란색계통, 충청도 지역은 푸른색으로 구분하였으며 농산물 물류 이동 규모는 선의 굵기를 통해 차이를 알 수 있도록 도시하였다. 보조지표로 전국 농산물 유입량(100%)·유출량(100%) 합계 200%를 기준으로, 360°를 눈금으로 나누어 표시하고 지역별 비중을 구분하도록 하였다.

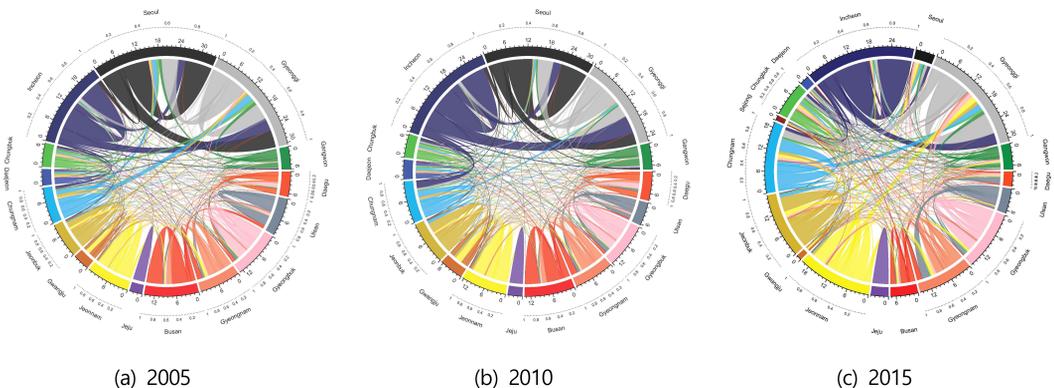
그림 3(a)에 나타난 2005년의 농산물 화물이동 특성을 살펴보면, 서울(유입량 19.2%, 유출량 14.8%)은 총 비율 약 34.0%, 경기는 약 30.0%, 인천 약 23.2%로 수도권의 농산물 화물 이동 물량 비중이 83.2/200으로 약 41.6%를 차지하여 매우

크다는 것을 알 수 있다. 서울로의 유입량을 중심으로 살펴보면, 지역내 자체이동(42.4%)이 가장 큰 비중을 차지하고 경기(25.9%), 인천(9.5%), 충남(7.3%), 강원(4.4%) 순으로 농산물 유입 비중이 큰 것으로 나타났다. 경기도를 중심으로 살펴보면 경기도 내(25.2%)에서의 화물 이동보다 서울에서 유입(27.0%)되는 농산물 유입량이 크게 나타났고, 인천(17.4%), 충남(10.6%)뿐만 아니라 충북(5.1%), 강원(4.5%), 전북(3.9%)에서도 상당량의 농산물이 유입되고 있는 것으로 나타났다. 인천의 경우, 지역내 이동량(68.4%)이 대부분을 차지하였으며 서울(12.8%)과 경기(10.5%)를 제외한 타지역으로 이동은 미미한 수준으로 나타나 이동량이 실선으로 표시되고 있다. 수도권 다음으로 물동량이 큰 부산에서는 지역내 이동(61.5%) 비중과 경남지역(20.3%)의 비중이 크게 나타났고, 대구지역은 지역내 이동(37.8%), 경북(29.8%), 경남(11.6%) 순으로 높은 비중을 차지하였다. 광주에서는 지역내 이동(35.7%), 전남(54.7%), 전북(8.6%)지역의 비중이 높았으며, 대전은 지역내 이동(22.6%), 전북(26.7%), 충남(15.1%), 경기(10.5%)등 여러 지역에서 농산물이 유입되는 것으로 나타났다. 수도권을 제외하고 농산물 유출량이 크게 나타난 전남의 농산물 이동 특성

을 살펴보면, 지역내 이동(43.5%), 광주(16.5%), 경남(11.0%), 전북(9.0%) 순으로 높은 비중을 나타냈으며, 경북에서는 지역내이동(42.6%), 대구(15.6%), 울산(10.0%) 순으로 비중이 높게 나타났다. 이와 같이 지역적으로는 인접한 시도간의 농산물 이동이 주를 이루고 있었다.

2010년의 농산물 이동 특성을 살펴보면, 2005년과 마찬가지로 전국물량 대비 수도권의 유입량(41.0%)과 유출량(43.5%) 비중이 과반을 차지하고, 전반적으로 지역내 이동과 인근 지역으로의 화물 이동이 대부분인 것으로 나타났다. 차이점을 살펴보면 전체 물류량에서 서울 물류량보다 인천의 비중이 증가하였으며, 수도권 지역에서 충남(3.6%)과 강원(2.5%)으로부터의 유입물량이 크게 감소하고, 충남에서는 인천에서 유입되는 농산물 유입량(32.6%)이 크게 증가하였다.

2015년의 코드다이어그램에서는 전국 물동량 대비 서울 지역의 비중(2.7%)이 크게 감소한 것이 특징적이며, 이는 2005년, 2010년에는 별도로 구분하지 않았던 도매물량이 2015년에 추가되면서 농산물 화물 이동량 중 상당량이 도매업 항목으로 분류되었기 때문인 것으로 판단된다. 대형 유통마트 중심으로 농산물 소비가 이루어지는 서울지역의 농산물



(a) 2005

(b) 2010

(c) 2015

그림 3. 연도별 농산물 물류 코드다이어그램

Fig. 3. Chord diagram of agricultural products network in each year

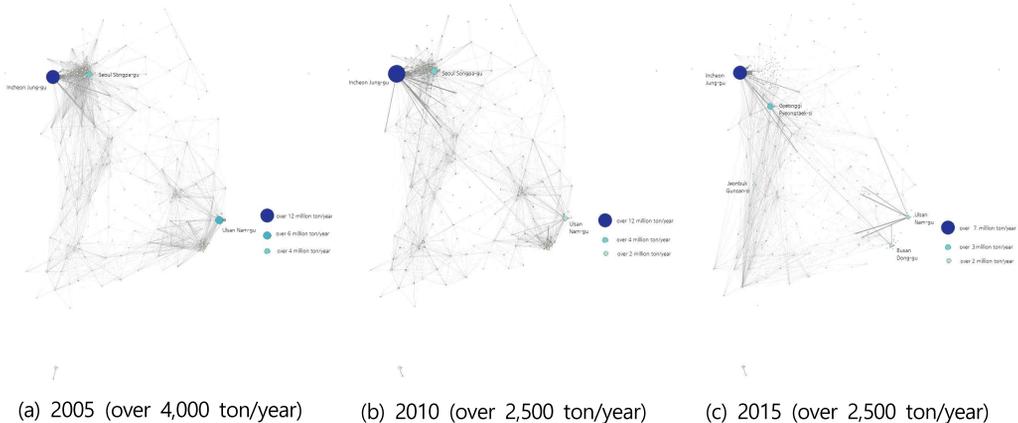


그림 4. 연도별 농산물 물류 네트워크

Fig. 4. Network structure of agricultural products in each year

화물 이동량이 원시자료에서 도매업 물량으로 분산되어 다른 시기에 비해 비중이 크게 감소한 것으로 보인다. 또한, 온라인 쇼핑몰을 활용한 직거래의 증가도 서울지역의 농산물 화물이동량에 영향을 주었을 것으로 예상할 수 있으나, 공식적으로 집계되고 있는 자료가 통계청이나 유관기관에 존재하지 않아 객관적인 증명에는 한계가 있다. 지역별 물동량을 살펴보면 전국 총량 대비 경기(15.5%), 인천(15.0%), 전남(10.1%), 충남(9.7%), 전북(8.2%), 경북(8.1%), 경남(7.6%) 순으로 높은 비중을 차지하는 것으로 나타나 다른 시기에 비해 수도권의 물량 집중 현상이 적게 나타났다. 서울의 비중이 감소하면서 물류량이 크게 증가한 지역으로는 충남과 전북 지역으로 나타났다. 지역간 이동 흐름에서는 경기지역으로 유입되는 전남, 충남, 경북, 전북지역으로 부터의 농산물량이 상대적으로 크게 증가한 것으로 나타났다. 2015년에도 다른 시기와 마찬가지로, 대부분의 지역에서 농산물 이동이 주로 동일 지역내로 이동하거나 인근지역으로 이동하는 것으로 나타났으나, 전남, 경북 지역의 농산물은 전국 각지로 이동하는 것으로 나타났다.

IV. 시군구별 농산물 물류 분석

1. 네트워크 변화 분석

시군구 존별 네트워크 구조 변화를 살펴보기 위해 각 존의 경위도 정보를 이용하여 Gephi 0.9.1 Geo-layout을 이용하여 시각화하였다. 총 물류량 (weighted degree) 기준으로 연결 중 물류량 기준 상위 10% 네트워크 연결만 표현하여 살펴본 결과 그림 4와 같다. 각 연도의 상위 10% 물류량 기준은 2005년은 연간 4천 톤, 2010년과 2015년은 연간 2,500톤 이상이 해당되었다. 각 노드의 크기 및 색은 총 물류량기준으로 상대적으로 표현하였으며 연결선은 회색으로 표현하였다.

그림 4를 통해 전체적인 구조를 살펴보면 2005년과 2010년은 유사한 구조이나, 도매물량이 제외된 2015년은 물류량이 집중되는 지역뿐 만 아니라 지역 간 연결에서도 큰 변화가 나타났다. 2005년과 2010년은 물류 중심 도시권이 인근 지역과 클러스터를 형성하는 형태를 보였으나 2015년은 약화된 것으로 보인다. 물류중심지의 변화를 살펴보면 인천은 2005년에서 2010년 사이 노드 크기(물류량 비

표 2. 연결중심성 순위

Table 2. Ranks of regions by connection centrality

Region	based weighted degree			based weighted in-degree			based weighted out-degree		
	2005	2010	2015	2005	2010	2015	2005	2010	2015
BS BSJ	10								
BS D	5		4				4		4
BS J		4						4	
CN AS			10			6			
CN ChA 1						8			
CN ChA 2						4			
CN DJ			9						9
DG B		7			4		7	10	
DJ DD					9	9			
GG A				10		3			
GG P		6	2	8	8	10		7	2
GJ B		10			7				
ICN BP					10				
ICN J	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ICN S			8	5	3	2			
JB GJ									8
JB GS		8	5			7	8	5	6
JJ JJ	6	5	6	9		5	5	6	7
JN HN			7						5
JN MP							9		10
SO DDM	9								
SO GN	7			6					
SO GS							10	9	
SO SC	4	9		4	5		6	8	
SO SP	3	2		3	2		3	2	
SO YDP	8			7					
US N	2	3	3	2	6		2	3	3

Busan Busanjin-gu: BS BSJ, Busan Dong-gu: BS D, Busan Jung-gu: BS J, Chungnam Asan-si: CN AS, Chungnam Cheonan-si Seobuk-gu: CN ChA 1, Chungnam Cheonan-si Dongnam-gu: CN ChA 2, Chungnam Dangjin-gun: CN DJ, Daegu Buk-gui: DG B, Daejeon Daedeok-gu: DJ DD, Gyeonggi Asan-si Danwon-gu : GG A, Gyeonggi Pyeongtaek-si : GG P, Gwangju Buk-gu: GJ B, Incheon Bupyeong-gu : ICN BP, Incheon Jung-gu: ICN J, Incheon Seo-gu: ICN S, Jeonbuk Gimje-si: JB GJ, Jeonbuk Gunsan-si: JB GS, Jeju-do Jeju-si: JJ JJ, Jeonnam Haenam-gun: JN HN, Jeonnam Mokpo-si : JN MP, Seoul Dongdaemooon-gu : SO DDM, Seoul Gangnam-gu: SO GN, Seoul Gangseo-gu: SO GS, Seoul Seocho-gu: SO SC, Seoul Songpa-gu: SO SP, Seoul Yeongdeungpo-gu: SO YDP, Ulsan Nam-gu: US N.

중)가 증가하였으나, 네트워크 연결의 수는 줄어들었으며, 울산은 노드 크기 및 연결 수 모두 줄어든 것으로 나타났다. 2015년의 경우 전체 연결 수가 증가하였으며, 수도권지역과 남부지역간의 원거리 네트워크가 활발하며, 물류집중지역으로 경기도 평택시가 인천 이외 두 번째로 물류량이 큰 지역으로 나타났다.

2. 농산물 네트워크 중심성 분석

네트워크 연결중심성을 살펴보기 위해 연결수(degree) 및 가중 연결수(weighted degree)를 살펴 보았다. 또한 물류 방향성을 고려하기 위해 유출

및 유입 연결수 및 물류량을 살펴보았다. 먼저 일반 연결수 및 가중 연결수 현황을 비교한 결과, 연결수 기준은 중앙 내륙지방의 중심성이 높게 나타났으나 물류량을 고려한 경우에는 다른 양상을 보였다. 또한 2005년에는 유입 연결수, 유출 연결수가 많은 지역이 분리되어 있는 것으로 나타났는데 이는 농산물의 생산지 및 소비지가 분리되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 이에 반해 2010년엔 중부내륙지역이 유입, 유출연결이 가장 높게 나타났으며, 2015년에는 유입은 수도권 및 충청권, 유출은 수도권 외 전국이 높은 연결수를 나타냈다(그림 5 (a) ~ (i)).

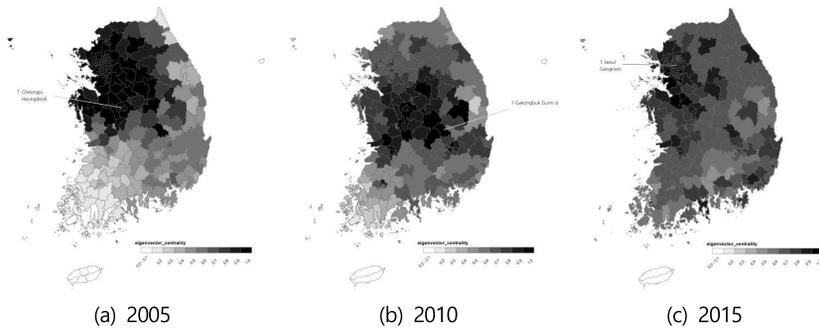


그림 6. 농산물 네트워크 고유벡터 중심성 비교

Fig. 6. Eigenvector centrality in agricultural product distribution network

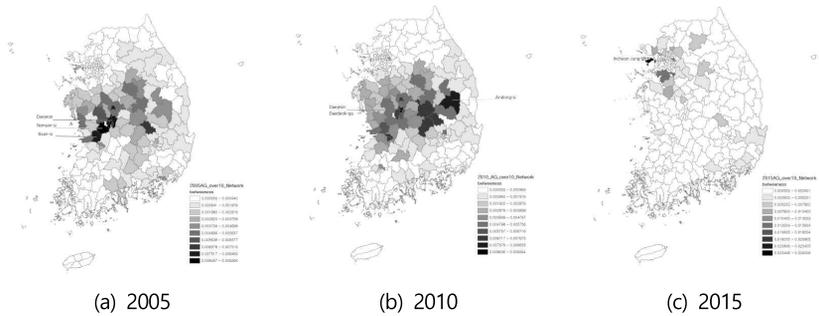


그림 7. 농산물 네트워크 매개중심성 비교

Fig. 7. Centrality of mediation in agricultural product distribution network

물류흐름에 의한 중심성을 농산물 화물네트워크의 총물류량(weighted degree)을 통해 살펴보았으며, 그 결과 상위 1위에서 10위 지역을 표2와 같이 나타내었다. 총 물류량, 지역 물류 유입, 유출량 모든 항목에서 인천광역시 중구가 가장 물류량이 큰 지역으로 나타났다. 인천 중구에서 연간 1,200만 톤 이상의 농산물이 이동한 것으로 나타났으며, 두 번째로 물류량이 많은 지역보다 2~3배 많은 양을 기록했다. 인천 중구 이외 서울 송파구, 울산 남구, 부산 동구, 제주 제주시가 높은 순위를 보였으며, 2015년에는 경기도 평택시 물류량이 2번째로 높게 나타나 경기도 평택시에 물류거점 형성 등의 변화가 있었을 것으로 예상되었다. 농산물 물류량이 높은 지역이 항만지역과 도시지역으로 국내 농산물 생산지역이 아닌 이유는 인천 등 항만을 이용한 수

입농산물과 지역내 물류가 포함되었기 때문이다. 서울 송파구와 서초구는 가락시장과 양재 물류센터가 위치하여 2005년, 2010년은 높은 순위를 차지하였으나 2015년에는 도매물량이 제외된 OD자료로 인하여 상위 순위에서 제외된 것으로 보인다. 유입 물류량 기준으로 살펴보면 인천 이외, 울산, 서울, 대구, 광주 등 도시지역이 주로 높은 순위로 분포하였으며 2015년은 경기, 충남지역이 10위권내 나타난 것으로 보아 대규모 물류가 도시 중심으로 이동하였음을 알 수 있었다. 유출 물류량 기준 순위는 인천 및 울산, 부산, 서울, 대구 지역 이외 전북 군산시와 전남 목포시가 높은 순위를 차지하였으며, 2015년에는 경기도 평택시, 전남 해남군, 전북 김제시가 주요 유출지역으로 나타났다(표 2).

네트워크 연결된 지역의 중심성을 고려한 고유벡

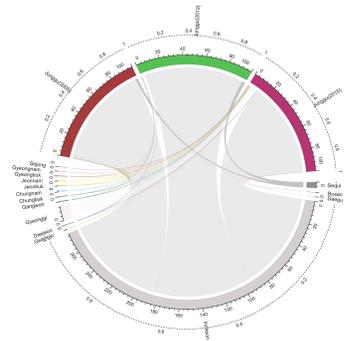
터 중심성 분석 결과 그림 6과 같이 고유치 값을 기준으로 10구간으로 나타내었다. 그 결과 2005년에는 수도권과 충청지역이, 2010년에는 충청지역과 경북지역이 높게 나타났으며, 2015년에는 수도권지역이 높은 중심성을 가지는 것으로 나타났다. 가장 중심성이 큰 지역은 2005년은 충북 청주시 흥덕구, 2010년은 경북 구미시, 2015년은 서울 강남구로 나타나 물류량보다는 연결수의 영향을 많이 받은 것으로 나타났다. 한편 물류량은 크지만 다른 지역과의 화물자동차 기반의 물류 이동이 없는 제주지역은 낮은 중심성을 보였다. 일반적으로 지역의 잠재량을 판단함에 고유벡터 중심성을 주로 사용하나 2005년의 분석 결과에서 0.9 이상의 값을 가진 지역이 39%를 차지하고 2005년과 2010년 전혀 다른 패턴을 보이며, 지역별 고유치 값의 차이가 적어 물류 중심지로 잠재력이 높은 지역을 파악하기에는 적절하지 않은 것으로 판단되었다.

농산물 물류 흐름에서 매개역할을 하는 지역을 살펴보기 위한 매개 중심성 분석 결과를 10개의 등간격 주제도로 나타내었다(그림 7). 그 결과 2005년에는 충청지역, 2010년에는 경북지역, 2015년에는 경기지역으로 중심성이 높은 지역이 변화한 것을 볼 수 있다. 2005년과 2010년은 전체 농산물 물류 특성을, 2015년 결과를 통해서 도매를 제외한 농산물 물류 특성을 파악하고자 하였다. 전체 농산물 물류의 매개중심지역은 대전과 충청 지역으로 나타났으며, 2010년도에는 대전 및 충청 지역뿐만 아니라 안동, 상주, 구미 등 경북지역, 전북지역으로 확대되었다. 이를 통해 지역 농산물도매시장의 기능이 활성화되고 있음을 예상할 수 있다. 2015년 분석 결과는 도매를 제외한 물류 특성이라는 가정 하에 인천 중구가 1위로 나타났으며 서울, 부산, 경기 지역을 매개로 소매 농산물이 전국으로 유통되고 있음을 예상할 수 있었다.

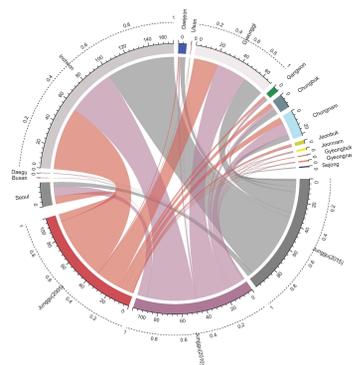
3. 네트워크 중심지역 물류 분석

네트워크 분석 결과 물류량 기반의 연결중심성에서는 인천광역시 중구가 중심지역으로 나타났다. 고유벡터 중심성 분석에서는 일관된 중심지역을 찾기 어려웠으며, 매개중심성 분석에서는 대전광역시 대덕구가 물류 매개지역으로 분석되었다. 따라서 농산물 물류의 중심지역으로 나타난 인천광역시 중구와 대전광역시 대덕구를 대상으로 코드다이어그램을 이용하여 물류이동 특징을 살펴보았다.

총물류량 기준으로 농산물 물류이동의 중심성이



(a) Inflow of agricultural products



(b) Outflow of agricultural products

그림 8. 인천 중구 농산물 물류 코드다이어그램
Fig. 8. Chord diagram of Jung-gu, Incheon

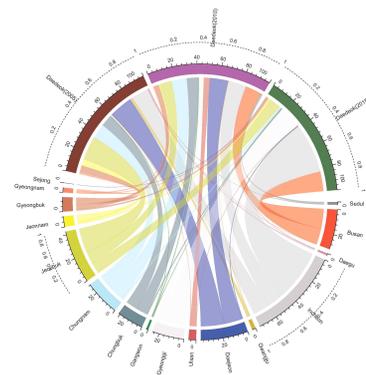
가장 높게 나타난 인천광역시의 중구의 물류 시계열 유입·유출량을 코드다이어그램으로 시각화한 결과는 그림 8과 같다. 그림 8(a)에서는 2005, 2010, 2015년의 중구의 농산물 유입특성을 살펴보기 위해 각 시기별로 전국에서 중구로 유입되는 농산물량을 100%로 환산하였을 때, 지역별 유입 비중을 비교할 수 있도록 도시하였다. 그 결과, 모든 시기에 중구로 이동되는 농산물 물류의 대부분(95% 이상)이 인천으로부터 유입되는 것을 알 수 있으며, 이는 인천 중구의 농산물이 산지에서 생산되는 물량이 아닌 항구로부터 유입되는 물류임을 유추할 수 있다. 이에 비해 중구로부터 각 지역별로 이동되는 농산물의 물류 특성을 그림 8(b)와 같이 살펴본 결과, 2005년에는 중구에서 인천광역시내로 이동한 물류량이 전체 물량의 56.0%를 차지하였고, 경기도 21.6%, 서울 6.7%, 충남 5.5%로 이동한 반면, 2010년에는 인천 43.8%, 경기 28.0%, 충남 11.2%, 서울 8.4%, 2015년에는 인천 60.4%, 경기 18.4%, 충남 5.0%, 서울 4.5%로 나타나, 모든 시기에서 공통적으로 중구에서 출발하는 농산물이 대부분 인천과 경기로 이동하고 있음을 알 수 있다. 화물 OD 자료에 나타난 인천 중구에서의 농산물 유출 물량은 2005년 887만톤, 2010년 940만톤, 2015년 584만톤으로 시계열별 변동폭이 큰 것에 비해 코드다이어그램으로 살펴본 지역별 유출량 비중은 시기별로 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있다.

농산물 화물 네트워크의 매개중심성이 높게 나타난 대전광역시 대덕구의 물류이동을 시각화한 결과는 그림 9와 같다. 대덕구로의 물류 유입특성을 나타낸 그림 9(a)와 물류 유출특성을 도시화한 그림 9(b)를 살펴보면 인천광역시 중구에 비해 다양한 지역에서 농산물이 유입되고 유출되는 것을 알 수 있다.

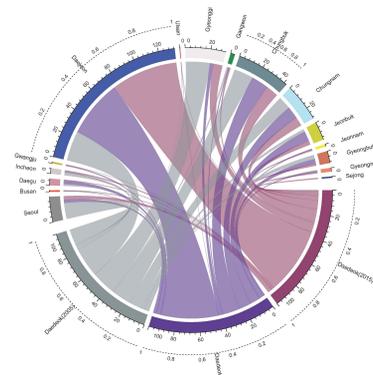
2005년의 대덕구 농산물유입 지역을 보면, 전북, 대전, 인천, 충남, 충북, 경북, 전남 순으로 전국각지

에서 농산물이 유입되는 것을 볼 수 있으며, 2010년의 경우에는 2005년에 물류 유입되는 지역을 포함하여 부산, 울산에서도 상당량의 농산물이 유입되는 것으로 나타났다. 2015년의 경우, 농산물 유입지역은 인천, 경기, 전북, 부산 정도로 지역의 다양성이 이전 시기에 비해 크게 감소하는 것으로 나타났다.

대덕구의 농산물 물류 유출 특성을 시계열로 살펴보면, 2005년에는 대전(25.5%), 경기(20.7%), 충북(16.7%), 서울(13.7%), 충남(11.0%) 순으로 5지역을 중심으로 농산물 이동이 이루어졌으나, 2010년



(a) Inflow of agricultural products



(b) Outflow of agricultural products

그림 9. 대전 대덕구 농산물 물류 코드다이어그램
Fig. 9. Chord diagram of Daedeok, Daejeon

에는 대전(49.3%), 충북(14.9%), 충남(10.6%), 전북(8.4%) 등으로 대전·충청권을 중심으로 물류이동이 이루어졌음을 알 수 있다. 이에 비해 2015년은 대전(57.8%), 충북(10.6%), 경기(7.9%), 충남(7.7%), 전북(3.6%)지역으로 농산물 유출이동이 이루어져 이전 시기와 마찬가지로 대전·충청권으로 이동 비중이 큰 반면에 전북지역으로의 이동 비중은 감소하고 경기지역으로의 이동 비중이 증가하였음을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구는 농산물 물류개선을 위한 기초연구로 농산물 물류네트워크 특징 및 시계열 변화를 분석하였다. 2005, 2010, 2015년 화물OD자료를 대상으로 코드다이어그램과 네트워크 분석방법을 이용하여 물류 특성 및 변화를 분석하였다.

도별 농산물의 이동량의 정량적 특성을 분석한 결과, 서울, 경기, 대구, 광주, 대전은 소비지로, 인천, 전북, 전남, 경북은 공급지 성격을 띠는 것으로 나타났다. 시기별로는 2005년에는 강원, 충남, 전북, 전남, 경북지역이 농산물 유출량이 높은 지역이었으나, 2010년에는 전남, 전북, 2015년에는 전남, 경북 지역의 유출량이 높게 나타나, 시기별로 국내 농산물의 주요 공급지가 변화하고 있음을 알 수 있다. 지역별 농산물 이동을 시각화하여 살펴본 결과, 모든 시기에서 서울, 경기, 인천 등 수도권 물류 비중이 과반을 차지하는 것으로 나타났다. 이 중 서울 지역의 농산물 화물량 비중이 2005년 약 17.0%, 2010년 약 15.0%에 비해 2015년 약 2.7%로 크게 감소하여 큰 차이를 보였는데, 이는 2005년, 2010년에는 별도로 구분하지 않았던 도매물량이 2015년에 추가되면서 농산물 화물 이동량 중 상당량이 도매업 항목으로 분류되었기 때문인 것으로 판단된다.

대형 유통마트 중심으로 농산물 소비가 이루어지는 서울지역의 농산물 화물 이동량이 원시자료에서 도매업 물량으로 분산되어 다른 시기에 비해 비중이 크게 감소한 것으로 보인다. 반면, 수도권 집중 특성을 제외하면 모든 시기에서 지리적으로 인접한 시도간의 농산물 이동이 활발한 것으로 나타났다.

네트워크 변화를 살펴보면 2015년의 경우 전체 연결 수가 증가하고 원거리 네트워크가 활발하게 변화하였으며, 중심지역으로는 물류량 기준으로 인천광역시 중구, 경기도 평택시, 울산광역시 남구로 나타났으며, 고유벡터 중심지로는 2005년과 2010년에는 충청지역과 경북지역, 2015년에는 수도권지역으로 나타났다. 매개 중심성의 경우 대전광역시 대덕구를 비롯한 충청지역이 주요 중심지로 나타났다.

네트워크 중심지 중 인천광역시 중구와 대전광역시 대덕구를 코드다이어그램을 통해 물류 흐름을 분석한 결과, 인천지역은 물류 대부분이 국내 농산물 주산지로부터 이동하는 것이 아닌 수입농산물이 대부분을 차지하는 것을 알 수 있었다. 대전지역 물류 특성을 살펴본 결과 전국 각지에서 유입되고 있으며, 유출지역으로는 2005년에는 수도권과 대전 및 충청권으로 고르게 나타났으나 2010년, 2015년에는 대전·충청권으로 물류이동 지역 범위가 축소된 것으로 나타났다.

이러한 결과를 통해 수입농산물을 포함한 국내 유통되는 농산물 물류 흐름과 그 변화를 관찰할 수 있었으며, 이러한 결과는 신규 물류센터 시설 입지 결정이나, 도매시장 활성화 계획 등에 활용 가능할 것으로 기대된다.

본 연구에서 코드다이어그램을 이용하여 복잡한 물류이동을 시각화함으로써 전체 물류량 중 지역별로 차지하는 비중과 흐름을 한눈에 파악할 수 있었다. 그러나 2015년 화물데이터의 산정단위인 품목 분류가 변화함에 따라 최근 시계열 변화 분석에는 미흡한 점이 있어 향후, 화물데이터의 전수조사자료

가 마련된다면 보완이 필요할 것으로 보인다. 또한, 세부 작물이나 품목별 데이터를 확보할 수 있다면, 농산물 품목별 특성을 고려한 물류 계획에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

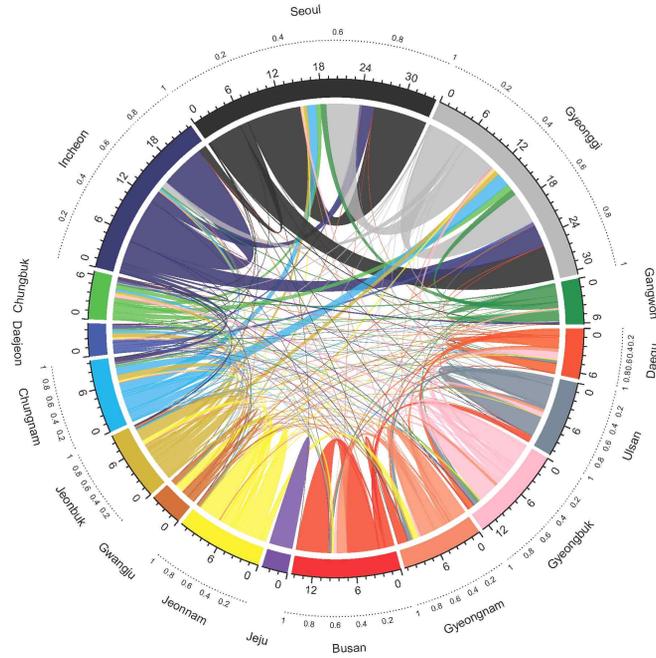
인용문헌

References

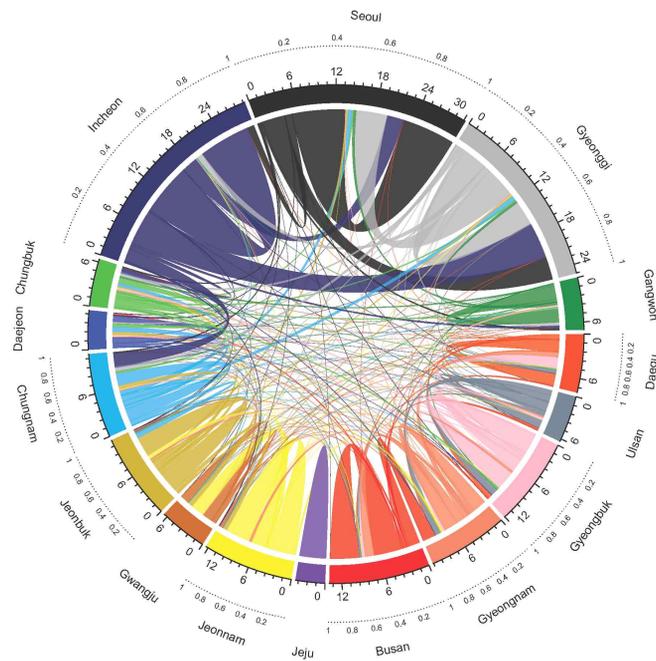
1. 국승용, 2007. “연결망 분석 기법을 활용한 농산물 물류센터 입지특성 분석”, 『농촌경제』 30(4): 221-235.
Gouk, S. Y., 2007. “Analysis of Location Characteristics of Agricultural Products Distribution Centers using Social Network Analysis”, *Journal of Rural Development*, 30(4): 221-235.
2. 김경환·위태석, 2014. “농산물 도매시장의 물류체계 개선방안에 관한 연구”, 『농업경영정책연구』 41(4): 837-859.
Kim, K. H. and Wi, T. S., 2014. “A Study on the Improvement of the Agricultural Wholesale Market Logistics”, *Korea Journal of Agricultural Management and Policy*, 41(4): 837-859.
3. 농촌경제연구원, 2015. 「식량수급표 2014」, 서울. Korea Rural Economic Institute, 2015. *Food Supply Table 2014*, Seoul.
4. 송지현, 2013. “연결망분석을 통한 경기도 농수산물 도매시장 적정 입지 선정”, 『한국산학기술학회논문지』 14(3):1123-1134.
Song, J., 2013. “Application of Social Network Analysis for Location Selection of Agricultural Wholesale Market in Gyeonggi-do”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 14(3):1123-1134.
5. 이상현·오윤경, 2017. “지역 간 시계열 인구이동의 정량적 특징 분석 및 인구이동 네트워크의 연결중심성 분석”, 『한국농공학회논문집』, 59(5): 1-15.
Lee, S. and Oh, Y., 2017. “Analysis of the Spatio-temporal Migration and Degree Centrality of Migration Network”, *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*, 59(5): 1-15.
6. 이희연·김홍주, 2006. “서울대도시권의 통근 네트워크 구조 분석”, 『한국도시지리학회지』, 9(1): 91-111.
Lee, H. Y., and Kim, H. J., 2006. “The Analysis of the Structure of Commuting Network in Seoul Metropolitan Area”, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 9(1): 91-111.
7. 정진욱·박운호·이승호·조창현, 2016. “우리나라 농산물 물류 체계 현황 및 문제점 분석에 관한 연구”, 『국토지리학회지』 50(2): 145-158.
Jung, J. U., Park, W., Lee, S. and Joh, C., 2016. “A Study on the Problems of Domestic Agricultural Distribution Systems”, *The Geographical Journal of Korea*, 50(2): 145-158.
8. 전창근·최병욱·김동훈, 2009. 「농산물 물류체계 진단과 효율화 방안」, 전남: 한국농촌경제연구원.
Jun, C. G., Choi, B. O. and Kim, D. H., 2009. *An Evaluation of Agricultural Distribution System and Efficiency Improvement*, Chonnam: Korea Rural Economic Institute.
9. 주미진, 김성연, 2014. “가구통행 분석을 통한 도시 중심성 변화 연구: 성남시 수정구, 중원구, 분당구를 중심으로”, 『국토연구』 80: 35-48.
Joo, M. and Kim, S., 2014. “A Study on the Urban Spatial Structure Using Households Trip Survey: Focusing on the Case of Seongnam-si”, *The Korea spatial planning review*, 80: 35-48.
10. 한관순, 2010. “신선 농산물 물류체계 현황 분석과 발전 방안”, 『식품유통연구』 27(2): 67-104.
Han, G., 2010. “A Study on Situation Analysis and Improvement Strategies for Logistics System of Perishable Foods in Korea”, *Journal of the Korean Food Marketing Association*, 27(2): 67-104.
11. Abel, G. J. and N. Sander, 2014. “Quantifying global international migration flows”, *Science* 343(6178): 1520-1522.
12. Bastian, M., Heymann, S., and Jacomy, M.,

2009. "Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks". Paper presented at the International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, 8: 361-362.
13. Brandes, U., 2001. "A faster algorithm for betweenness centrality", *Journal of mathematical sociology*, 25(2): 163-177.
14. Opsahl, T., Agneessens, F., and Skvoretz, J., 2010. "Node Centrality in Weighted Networks: Generalizing Degree and Shortest Paths", *Social Networks*, 32(3): 245-251.
15. Gu, Z., Gu, L., Eils, R., Schlesner, M., and Brors, B., 2014. "Circlize implements and enhances circular visualization in R", *Bioinformatics*, 30(19): 2811-2812.
16. 국가교통DB, "화물통행 수요분석", 2017.8.1.읽음. <https://www.ktdb.go.kr/www/index.do>. Korea Transport Database, "Passenger Travel Demand Analysis", Accessed Aug. 1. 2017. <https://www.ktdb.go.kr/www/index.do>.
17. 김영민.김경욱, 2016.04.19. " '지방도매시장 활성화' 간담회 ", 한국농어민신문, <http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=144630>. Kim, Y. and Kim, K., 2016.04.19. "Meeting for Local Wholesale Market Activation", *Korean farmers' newspaper*, <http://www.agrinet.co.kr/news/articleView.html?idxno=144630>.
18. Economist Intelligence Unit, "Global Food Security Index, 2017" Accessed Aug. 14, 2017. <http://foodsecurityindex.eiu.com/>.

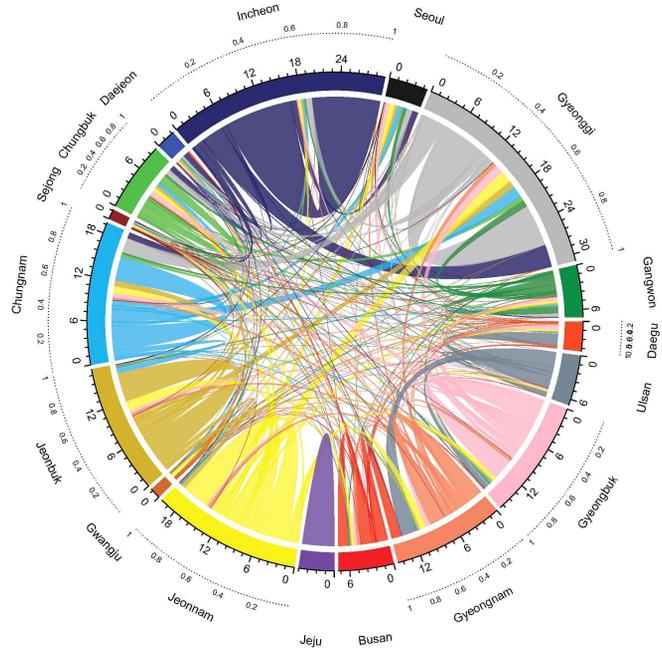
농산물 물류 네트워크의 변화 및 중심성 분석



(a) 2005



(b) 2010



(c) 2015

그림 3. 연도별 농산물 물류 코드다이아그램

Fig. 3. Chord diagram of agricultural products network in each year

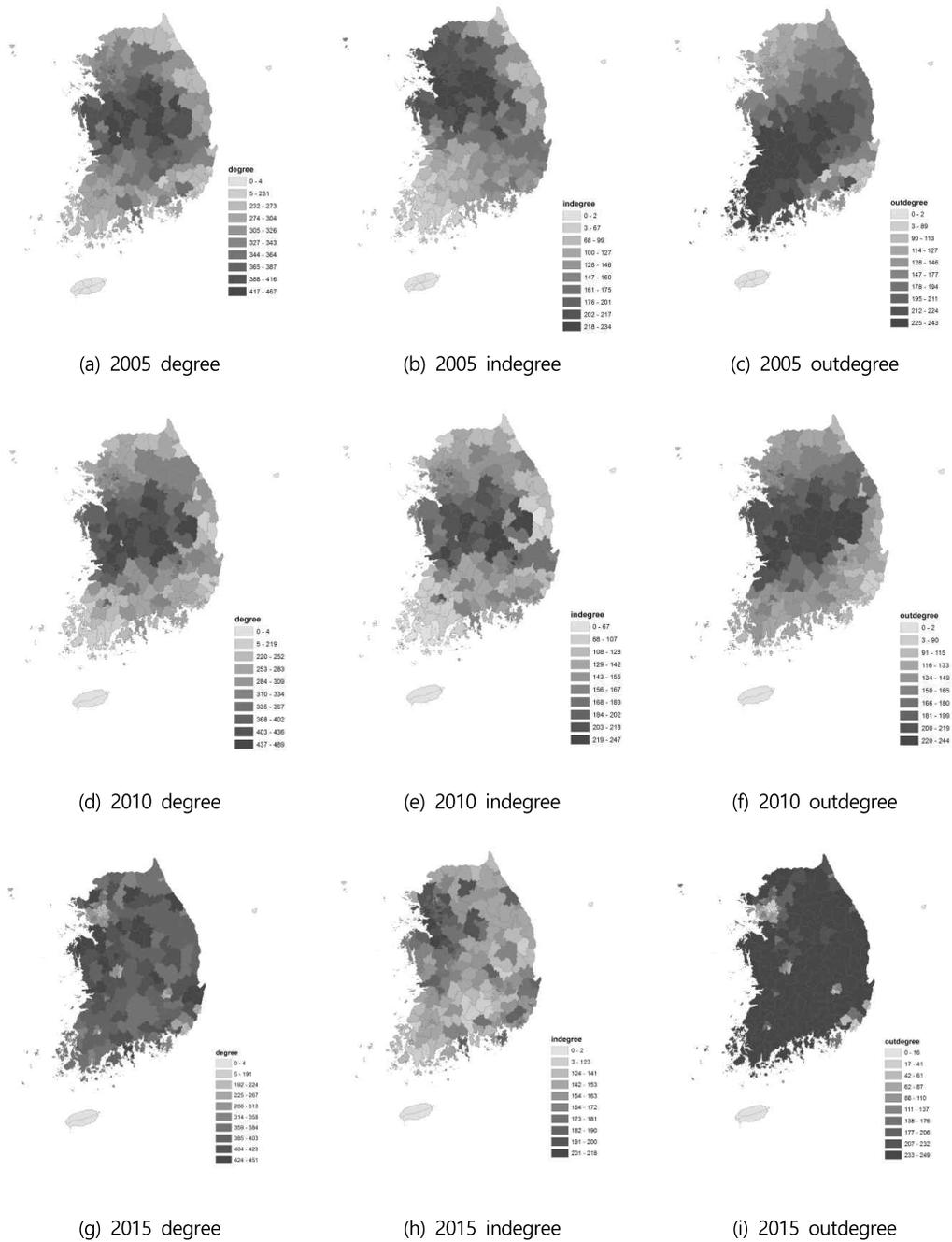


그림 5. 농산물 물류 연결수 주제도
 Fig. 5. Degree, indegree, outdegree of regions

Date Received 2017-11-13
Reviewed(1st) 2017-12-13
Date Revised 2018-01-29
Reviewed(2nd) 2018-01-29
Date Accepted 2018-01-29
Final Received 2018-02-07