

반도체 산업 앵커기업 공급망 네트워크 구조 분석*

: 충북 지역을 중심으로

A Study on the Structure of Supply Chain Network of Semiconductor Industry
: Based on Chungbuk Region

조진희**

Jo, Jin Hee

Abstract

In corporate strategy, it is becoming increasingly important to create ecosystems around anchor companies and their suppliers, rather than simply developing local industries around anchor companies. This study analyzes the supply chain structure of anchor semiconductor companies, the leading sector in local exports among strategic industries in Chungbuk. First, the study examines the safety of the supply chain network formed around anchor companies within the region. Second, it identifies areas of materials and components that are highly dependent on foreign supply chains through an analysis of local and international supply chain dependencies. Third, it formulates policy tasks to strengthen the stability of the supply chain network structure centered around anchor companies. The empirical analysis shows that there are 212 cooperative relationships within the ecosystem of material firms in Chungcheongbuk-do. A community analysis of the structure within the components reveals 13 sub-communities, which mainly exhibit a mixed structure of different industry groups, rather than homogeneous ones. In the supply chain ecosystem of Chungbuk's semiconductor industry, the intermediate parts group (GSCC) and the general materials group (GIN) enhance their regional industrial competitiveness through intra-group collaboration and cooperation with the finished products group (GOUT) and the intermediate parts group.

주제어 산업 공급망, 네트워크분석, Bow-Tie 모델, 커뮤니티분석

Keywords Industrial Supply Chain, Network Analysis, Bow-Tie Model, Community Analysis

1. 서론

산업 공급망은 소재 및 부품 등 원재료(Raw Material)에서 최종 완제품이 소비자에게 제공되는 전과정에서 요구되는 재료, 장비, 지식 그리고 서비스를 포괄하는 협력적 연결망을 의미한다. 글로벌 공급망에서 국가 간의 협력적 역할분담은 세계 경제성장의 동력으로 평가되어 왔으나 최근 팬데믹 및 전쟁 등으로 인해 킬체인(Kill Chain)을 야기하는 공급망 리스크의 요인으로 지적

되면서 지정학적 블록화·지역화가 강화되고 있다(정선영 외, 2024). 국제정세 및 국가 간 분쟁 등 세계 주요 지역에서 확대되는 산업 공급망 측면의 불확실성은 국가 간 협력에 기반한 공급망 전략에서 자국 내 공급망 구축 전략으로 전환되고 있다. 이에 따라, 기업의 생산 원재료에 대한 글로벌 공급망 안정성을 낮추고 지역 차원의 공급망 안정성을 높이기 위한 지역산업정책이 강조되고 있다. 생산 안정성의 위협은 제조 기업으로 하여금 기존의 물적 자본 확보에 유리한 지역에서 공급망 확보에 유리한 지역으

* 이 연구는 충북연구원에서 수행한 「충북 반도체 산업 앵커기업 중심 공급망 네트워크 구조 분석(000, 2023)」 연구의 일부를 토대로 수정 보완하였으며, 충북 연구원의 지원을 받아 수행됨.

** Researcher, Department of Economy and Future Strategy Research, Chungbuk Research Institute (Corresponding Author: ub7st@cri.re.kr)

로 이전하거나 공급망의 자급화를 견고히 하려는 경향이 나타날 가능성이 높아지고 있다. 탄소중립, 미·중기술패권 경쟁, 각국의 공급망 전략 자산화 양상은 글로벌 공급망의 불확실성을 지속적으로 야기할 것으로 예상되며, 중장기적으로는 글로벌 산업 질서의 변형을 가져오는 핵심 동인이다(이준, 2022).

이로 인해, 지역전략산업 공급망 생태계의 안정성은 지역산업 경쟁력의 중요한 요소로 부상하고 있는데, 이는 공급망 생태계의 안정성이 지역경제의 성장과 지속가능성에 직접적인 영향인자로 작용하기 때문이다. 특히, 국가첨단전략산업 가운데 공급망의 지역화가 이루어지는 산업구조와 네트워크 구조 측면의 협력구조 진단은 산업 공급망의 안정성 및 지역산업 생태계의 완결성 측면에서 중요한 과정이라 할 수 있다(김용균·최세중, 2022)

본 연구에서는 첫째, 국가첨단전략산업 가운데 글로벌 주요국이 산업적 전략무기화 분야로 인식되는 점, 둘째, 이로 인해 자국내 공급망 구축을 위한 경쟁이 이루어지고, 우리나라 역시 수도권 및 충청권 중심으로 반도체 산업 집적지가 형성되어 있다는 점, 셋째, 수직계열화가 강하게 형성되어 있는 반도체산업의 특성으로 인해 반도체 칩(Chip)을 생산하는 앵커기업을 중심으로 복잡한 공급망 구조가 형성된다는 점을 고려하여 반도체 산업을 분석대상 산업으로 선정하였다.

분석대상 지역은 수도권을 제외한 지역 중 반도체 산업이 광역자치단체 내 출하액(전국 1위, 경기도 제외) 및 종사자 수(전국 1위, 경기도 제외) 등 지역산업에서 차지하는 비중이 높아 공급망 규모가 클 것으로 예상되는 충북지역으로 선정하였다.

본 연구의 목표는 다음과 같이 설정한다. 첫째, 지역 내 앵커기업을 중심으로 형성된 공급망 네트워크를 분석한다. 둘째, 지역 내·외 공급망 의존도 분석을 통해 대외 의존도가 높은 공급망 내 소재 및 부품 분야를 도출한다. 셋째, 앵커기업 중심의 공급망 생태계에 포함된 기업 간 네트워크 역할구조를 확인한다. 이를 통해, 타 산업에 비해 공정단계가 세분화되어 복잡성이 높고, 공급망 구조가 직관적으로 드러나지 않는 특성이 있는 반도체 산업을 대상으로 네트워크분석 방법론을 적용하여 복잡한 공급망 구조에 대한 직관적 해석을 시도한다.

II. 이론적 고찰

1. 반도체 산업 공정 개요

반도체 산업 공정은 설계, 생산, 조립·검사로 구분되며, 주요 기업 유형은 IP기업, 팹리스, 디자인하우스, 파운드리, OSAT(조립·검사), 종합반도체회사로 구분된다.

팹리스는 반도체 제조시설 없이 반도체 설계만 수행하고, 설계를 제외한 웨이퍼 생산과 패키징 및 테스트 모두 위탁생산을 통해 제품을 생산하며, Qualcomm(미국), nVidia(미국), Medi-

aTek(대만), AMD(미국) 등의 기업이 포함된다. 디자인하우스는 설계와 생산의 중간 공정을 수행하는 기업으로, 팹리스가 설계한 반도체 도면을 파운드리 생산공정에 적합하도록 디자인하며, Faraday, GUC(대만), 하나텍, UNO, 알파홀딩스, 가온칩스(한국) 등의 기업이 있다.

파운드리는 반도체 제조가 가능한 Fab(fabrication facility: 웨이퍼 생산 공장)을 갖춰 팹리스가 설계한 반도체를 위탁 생산하며 TSMC(대만), UMC(대만), Global Foundries(미국), SMIC(중국) 등의 기업이 포함된다.

OSAT(Outsourced semiconductor assembly and test, PnT)는 전공정(설계-파운드리)에서 생산된 반도체 칩을 패키징하고 테스트하는 공정을 수행하며, ASE(대만), 삼성전자(한국), Amkor(미국), StatsChipPAC(중국) 등의 기업으로 구성된다.

2. 네트워크분석 개념 및 적용 방법

1) 네트워크분석의 정의

네트워크분석이란 행위자와 그들 간의 관계를 행렬형태의 수학적 모델로 해석하는 방법론이다. 네트워크분석은 현실 세계에서 나타나는 관계의 상황을 직관적으로 확인하기 위한 모델이며, 추상적인 현실 상황의 관계를 시각화하여 그래프로 나타내거나, 데이터 처리를 통해 행렬연산 방법에 따른 계량화 분석법을 적용한다. 1979년도 'Social Networks' 저널이 발간되면서 초기에는 인물 및 기관 그리고 조직 간 핵심주체와 연결구조적 특성을 분석하는 데 널리 활용되었으며, 최근 공간단위를 하나의 행위주체로 가정하여 공간 사이의 관계를 분석하거나 지식의 확산에 기반한 혁신네트워크 현상을 실증적으로 증명하는 연구들이 발표되고 있다. 또한 산업 공급망 네트워크 분야에서도 원재료(Raw Material)에서 최종제품에 이르는 과정에서 나타나는 협력의 구조적 특성과 핵심 행위자를 파악하는 분석기법으로 활용되고 있다.

2) 네트워크분석의 유형 및 방법

네트워크분석은 노드와 링크 자료를 통해 중심성, 네트워크 구조, 역할관계 등을 해석하는 데 주로 활용된다.

네트워크분석에서 가장 많이 활용되는 중심성 분석(centrality analysis)은 행위자(node)가 네트워크 내에서 중심적 역할을 수행하고 있는지를 파악하는 데 활용된다(CYRAM, 2012). 또한, 네트워크 구조 분석 방법인 하위집단 분석(sub-group analysis)은 전체 네트워크의 노드들을 유사한 네트워크 속성을 가지는 몇 개의 노드 집합으로 구분하고, 이들 집단을 하위 네트워크 또는 하위집단으로 구분해내는 과정으로 컴포넌트분석 및 커뮤니티분석 등이 활용된다. 그리고 네트워크 내 지위와 역할을 확인하는 데 활용되는 분석 방법은 Brokerage 모델 및 Bow-Tie 모델 등으로 구분된다. 특히, Bow-Tie 모델은 방향성 있는 네트워크에서 컴포

네트워크를 구성하는 각 노드의 역할을 구분하여 네트워크의 특성을 파악하기 위한 방법론으로써 지식의 창출, 생산, 확대, 활용으로 이어지는 확산과정을 네트워크 구조의 관점에서 해석하고, 각 과정에서 주요한 행위자(노드)를 정의하는 데 활용되는 방법론이다.

본 연구에서는 연결성 있는 네트워크 집단을 도출하기 위한 컴포넌트 분석, 컴포넌트 내 연결성이 상대적으로 높은 집단을 도출하기 위한 커뮤니티 분석, 전체 네트워크 내 역할구조를 파악하기 위해 Bow-Tie 모델 분석 그리고 노드 간 중요도 확인을 위한 중심성 분석을 적용한다.

3) Bow-Tie 모델 개념 및 조작적 정의

네트워크 구조 분석의 한 종류인 Bow-Tie 모델은 네트워크상에서 노드들이 가지는 역할이나 위상을 판단하는 모델이다. Bow-Tie 모델의 네트워크 연결성 및 집단성 확인을 위해 적용되는 네트워크 구조 분석 방법과의 차이는 역할과 위상을 판단하는 데 주로 활용된다는 점이다. 특히, Bow-Tie 모델은 네트워크 속 노드(행위자) 간 링크(관계)의 흐름에 주목함으로써 네트워크 구조 내 노드의 연결구조 및 중심성 확인을 넘어 전체 네트워크를 구성하는 노드 간 관계의 흐름 속에서 차지하는 역할과 의미를 파악할 수 있다는 점에서 유효한 분석 수단이 된다.

Bow-Tie 모델의 기본구조는 GIN(지식근원그룹), GSCC(지식순환그룹), GOUT(지식종착그룹), TUBE(지식 시작-도착 직접연결그룹), TENDRIL(독립그룹), NON GWCC(동떨어진 그룹), ETC GWCC(비정의 그룹)의 7개 역할 유형으로 세분화된다.

네트워크 이론에 근거한 Bow-Tie 모델은 <표 1>과 같이 노드 간 지식의 흐름 구조를 분석하고 있으나 공급망 가치사슬 구조를 대상으로 수행하는 본 연구에서는 생산원료의 흐름이 지식의 흐름 구조와 동일한 네트워크 구조를 보인다는 전제가 요구된다. 즉, 본 연구에서는 지식의 흐름 구조 네트워크와 공급망 생산원료의 흐름 구조 네트워크는 동일한 것으로 본다. 또한, Bow-Tie 모델에 의한 기본구조를 적용하기 위해서는 세부 그룹이 갖는 산업적 측면의 개념적 정의가 요구된다. 즉, 본 연구에서는 Bow-Tie 모델 세부 그룹을 생산자 그룹으로 재정의한다. 지식의 흐름

구조를 전제로 정의한 '지식근원 ~ 비정의 그룹'의 7개 그룹을 본 연구에서는 생산원료의 흐름 구조로 해석하기 위해 '생산근원 ~ 비정의 생산자'로 <표 1>과 같이 조작적 정의를 한다.

III. 반도체 산업 기업생태계 분석

1. 반도체 산업 공급망 가치사슬 구조

반도체 산업의 공급망 가치사슬의 거시적 구조는 설계, 생산, 조립·검사로 구분되며, 주요 기업 유형은 IP기업, 팹리스, 디자인 하우스, 파운드리, OSAT(조립·검사), 종합반도체회사(IDM)로 구분된다. 최근 다품종소량생산 체제에 적합한 비메모리 반도체는 전공정과 후공정을 모두 수행하는 종합 반도체 기업(IDM), 전 공정 부분에서 설계를 담당하는 팹리스(Fabless), 제조 담당 파운드리(Foundry), 후공정 전문 패키징&테스트 업체 등 분업화된 산업구조를 형성하고 있다.

반도체 설계 분야는 미국의 퀄컴 및 NVIDIA를 중심으로 AI 기반 지능형 반도체 개발이 핵심 이슈로 제기되고 있으며, 파운드리 분야는 대만 TSMC와 중국 SMIC를 중심으로 초정밀 생산공정 기술과 화합물 기반의 신소재 반도체 개발이 추진되고 있다. 후공정 분야는 ASE 및 Amkor가 선도하고 있으며, 정밀화 및 집적화되는 반도체 패키징 및 테스트 분야 기술 경쟁이 전개된다. 반도체 설계와 관련된 특허(Intellectual Property)를 가지고 있는 기업이 설계전문기업(Fabless, Design House)에 설계를 의뢰하고 이를 토대로 Foundry에서 생산을 전담하고 Packing 및 Test 과정을 통하여 시장에 출시되는 공급망 구조를 가지고 있다.

2. 사례지역 선정: 충청북도 반도체 산업

충북의 반도체 산업은 수도권을 제외한 전국 14개 시·도 가운데 출하액(11.2조 원) 및 종사자 수(1.3만 명)가 가장 높고, 충북 내 수출액(85.5억 달러)이 가장 높은 지역 내 핵심적 전략산업이다.

충북은 <그림 1>과 같은 일반적 반도체 산업의 거시적 공급망 구조에서 핵심업종인 집적회로 제조업 기업인 SK하이닉스, 매그나칩, DB하이텍이 입지하고, 화합물제조업, 전자감지장치, 발광다이오드, 반도체 제조용 기계제조업 등 반도체 산업 후방산업 생태계가 발달해 있어 복잡한 공급망 구조를 형성하고 있는 대표적 지역이다. 또한, 반도체 산업의 후공정에 해당하는 패키징 및 테스트 산업의 국내 핵심기업인 네페스가 입지하고 있어 종합적인 반도체 산업 공급망을 진단하기에 적합한 지역이다(충청북도, 2022).

3. 충북 반도체 산업 공급망 협력 구조

<그림 2>와 같이 충북지역 반도체 산업 공급망 밸류체인별 기

Table 1. Operational definition of Bow-Tie model group

Zone	Group	Producer
Source zone	GIN	Production sources
	TUBE	Production integration
	TENDRIL	Independent production
Exchange zone	GSCC	Production cycle
Target zone	GOUT	End of production
Extra zone	NON GWCC	Isolated producers
	ETC GWCC	Undefined producers

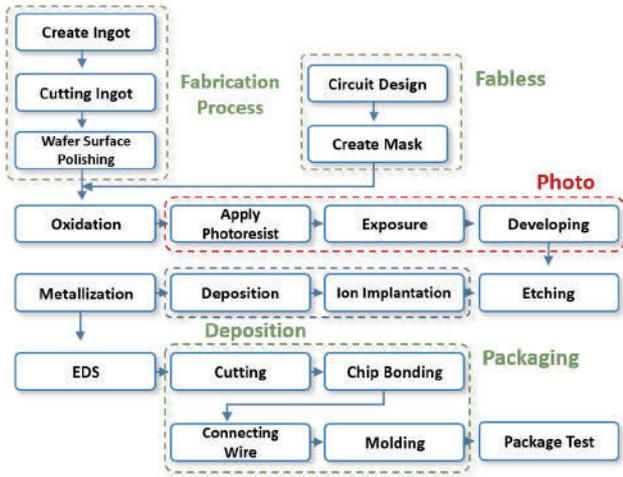


Figure 1. Value chain structure of semiconductor manufacturing process

Leading Field		Challenging Field	
Memory Semiconductor	Semiconductor Post-processing	Compound Semiconductor	Advanced Semiconductor
Global Leading Business	National Leading Business	Regional Leading Business	Future Leading Business
(IDM) SK Hynix (Design) Magnachip (Material) Wonik Materials (Equipment) Samwoo, Russell	(Post-process) NEPES, Simmtech, Nepsark (Equipment) Engis, semielectronics (Facility) NEPES ENC	(Design) Magnachip (Process Integration) DBHitek (Material) Zenth world (Equipment) Techwon Korea	(Design) Abow, Haechech (Process Integration) DBHitek (Material) Zenth world (Demand Industry) Hyundai Mobis, LG Energy Solution (About 500 firms of future car industry)
National production base for advanced memory semiconductors centered on SK Hynix	National base for high-tech post-processing industry	Preparation for mass production centered on compound semiconductors	Early stage of Technological development

Figure 2. Anchor companies in key areas of the Chungbuk semiconductor industry

업분포는 먼저 시스템 반도체 분야로는 어보브반도체, (주)해치텍, 에이지피 등이 입지하고 있다. 메모리반도체 분야 SK하이닉스를 중심으로 매그나칩, 앵커기업은 파워마스터반도체, DB하이텍, 어보브반도체, 에이티세미콘 등이 입지하고, 소부장 분야의 원익머티리얼즈, TEMC, 성화텍, 신화테크, 선테스트코리아, 씨앤씨테크 등의 기업이 위치하고 있다. 후공정 분야 기업은 네팩스, (주)엘컴, (주)엔지온, 대영정공(주), 테라셈주식회사 등이 입지하고 있다.

SK하이닉스는 종합 반도체 기업으로 도내 반도체 생산과 산업 생태계 관점에서 앵커기업 역할을 수행하고 있으며, 설계, 전공정, 후공정의 전 분야를 수행하고 있다. 설계 분야 기업은 어보브반도체, 해치텍, 실리콘파이버 등을 중심으로 16개 기업이 분포하고 있으며, 세부 분야 중 팹리스 분야를 중심으로 활동하고 있는 것으로 확인되었다. 전공정 제조 분야는 SK하이닉스를 중심으로 DB하이텍, 키파운드리, 파워마스터반도체가 반도체를 생산하고 있으며, 비전테크, 케이에스엠, 원익머티리얼즈, TEMC 등 118개 기업의 소재·부품·장비 분야 공급망 생태계가 형성되어 있다. 후공정(조립 & 검사) 분야는 대표 앵커기업인 네팩스를 중심으로 심텍, 에이티세미콘을 중심으로 53개 기업이 입지하고 있다. 파운드리 및 후공정 소재부품 분야 93개 기업 및 기타 장비 분야는 92개 기업이 입지하고 있는 것으로 나타난다.

IV. 충북 반도체 산업 공급망 네트워크 구조 분석

1. 분석자료 구축 과정

1) 앵커기업 선정

본 연구의 분석자료 구축을 위해 네트워크DB 구축 방법론 중 전통적인 방법인 스노우볼링기법(Snowballing Method)를 적용하였다. NICE평가정보DB(업종, 기업규모) 및 한국평가데이터DB(거래처) 등을 활용하여 본사 및 공장 소재지가 충북인 기업 중 매출액 상위 100위 기업을 1차 추출하고, 반도체 분야 기업을 2차로 추출한다. 또한 상대적으로 작은 규모이지만 지역 반도체 산업 생태계에서 중요한 역할을 수행하고 있는 기술기업, 삼성전자 공급망 거점기업 등 지역산업 생태계 측면의 앵커기업을 충청북도 담당자 및 관계 전문가 인터뷰를 통해 3차로 추출한다.

최종적으로 도출된 반도체 산업 앵커기업으로 <표 2>와 같이 SK하이닉스, DB하이텍, 키파운드리, 네팩스 등 10개 기업을 선정하였다.

2) 분석DB 구축

전략산업별 앵커기업 공급망 기업DB 구축·정제를 위해 한국평가데이터DB를 활용하여 앵커기업을 중심으로 형성된 거래DB를 구축하였다. 이를 활용하여 앵커기업을 중심으로 형성된 거래관계에서 스노우볼링기법(Snowballing Method)를 적용하여 2차 협력 구조 내 기업 리스트를 추출하고, 앵커기업 및 1, 2차 공급망 협력기업DB 데이터를 구축하였다(그림 3).

Table 2. Results of the selection of 10 anchor companies

10 Chungbuk semiconductor industry anchor companies	SK Hynix, DB HiTek, Key-Foundry (Magnachip Semiconductor), SK Hynix Systems IC, NEPES, EngiOn, COMS, Stemco, Simmtech, Wonik Materials
--	--

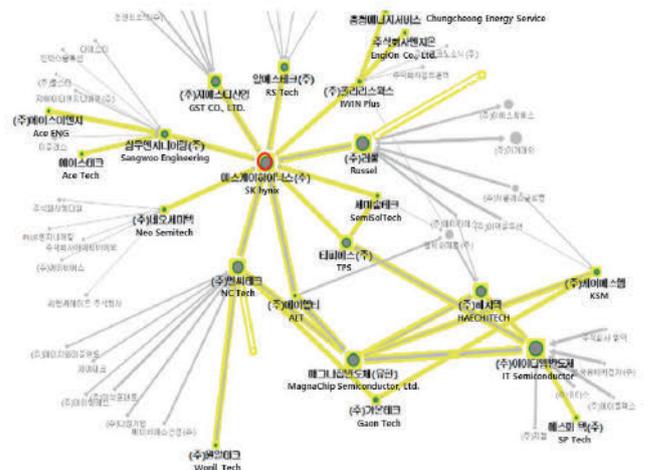


Figure 3. Applying SK Hynix-centric snowballing techniques

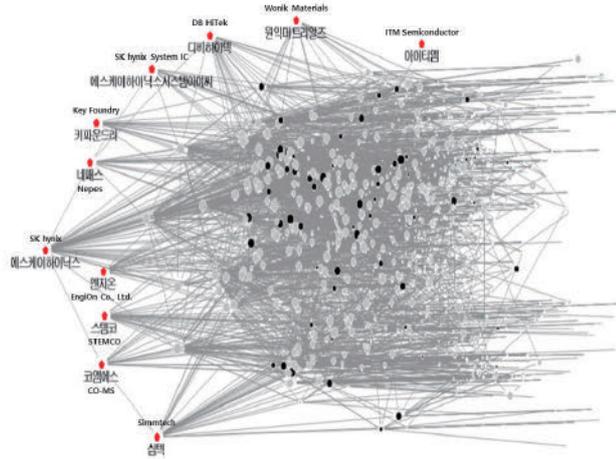


Figure 4. Structure of supply chain ecosystem for anchor companies in Chungbuk semiconductor industry

또한 앵커기업 중심의 협력기업에 대한 기업정보DB(회사명, 소재지, KSCI 코드, 주 생산품 등)는 한국평가데이터 기업정보 DB를 활용하고, 에고네트워크를 통해 추가되는 노드(기업)에 대한 속성값을 DB로 구축한다. 도출된 공급망 생태계 기업을 대상으로 반도체 산업 벨류체인의 세부 공정으로 구분하고, 네트워크 분석을 위한 전문 프로그램인 NetMiner4.0을 활용하여 기업의 공급망 생태계 내 공정 단계별 공급망 구조를 분석하였다(그림 4).

여기서 반도체 산업의 공급망 구조는 설계(팹리스), 전공정, 후공정으로 대분류하고, 각 공정별로 세분화된 공정은 다음의 공정으로 구분한다. 앵커기업인 에고(Ego)를 중심으로 형성된 에고네트워크의 2단계 이웃 네트워크를 도출하여 앵커기업을 중심으로 형성된 제조업 중심의 2차 협력망 네트워크를 구축한다. 마지막으로 전체 네트워크에서 제조업 기업을 추출하여 분석을 수행한다. 이를 통해, 최종적으로 구축된 반도체 산업 기업 공급망 네트워크는 총 1,304개 기업과 3,146개 협력관계의 공급망 생태계를 형성하고 있다. 이를 시각적으로 표현한 거시적 공급망 생태계 구조는 <그림 4>와 같다.

앞서 이론적 고찰에서 Bow-Tie 모델 적용을 위해 지식의 흐름 구조를 생산원료의 흐름 구조로 해석한 조작적 정의의 틀을 바탕으로 반도체 산업의 공급망 가치사슬 구조를 반영하여 반도체 공급망 흐름구조로 다시 한번 재정의하였다. 즉, 생산원료의 흐름 구조로 해석하기 위해 '생산원료~비정의 생산자'로 재정의한 것을 바탕으로 반도체 공급망의 구조적 역할 유형을 '일반소재군~기타'로 <표 3>과 같이 정의하였다.

2. 네트워크 하위집단 분석

1) 컴포넌트 분석

10개의 반도체 산업 앵커기업을 중심으로 형성된 1, 2차 공급망 협력기업을 추출한 결과 최종적으로 구축된 총 1,304개 기업

Table 3. Operational definition of Bow-Tie model group

Zone	Group	Producer	Semiconductor supply chain structured role
Source zone	GIN	Production sources	General materials
	TUBE	Production integration	Core materials
	TENDRIL	Independent production	Independent materials
Exchange zone	GSCC	Production cycle	Intermediate materials (element/component)
Target zone	GOUT	End of production	Finished products
Extra zone	NON GWCC	Isolated producers	Independent production/ Service supporters
	ETC GWCC	Undefined producers	Others

가운데 충북 소재에는 161개 기업이 분포하고 있으며, 충북 소재 기업 간 공급망 생태계는 212개 협력관계가 형성되어 있다. 이 협력관계 네트워크 안에는 121개 기업이 서로 하나로 연결된 네트워크로 존재하며, 네트워크 구조의 관점에서 하나의 컴포넌트가 된다. 이는 서로 연결된 네트워크 집단을 의미하며, 그 외 39개 기업은 공급망 네트워크에 포함되지 않는다(그림 5).

2) 커뮤니티 분석

커뮤니티분석(Community Analysis)은 복잡한 네트워크에서 노드 간 상대적 네트워크 밀도가 높은 그룹을 서로 묶어 연결 정도가 높은 집단을 정의하는 데 활용된다. 커뮤니티분석은 밀접하게 연결된 노드끼리 클러스터링하는 방법으로, 직접적으로 연결된 노

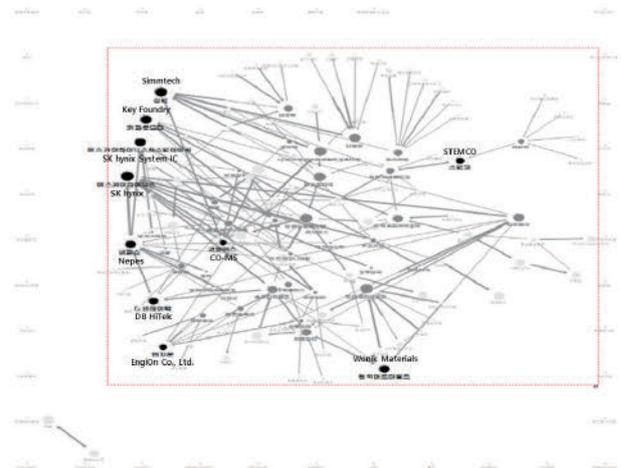


Figure 5. Supply chain ecosystem centered on semiconductor industry anchor companies in Chungbuk

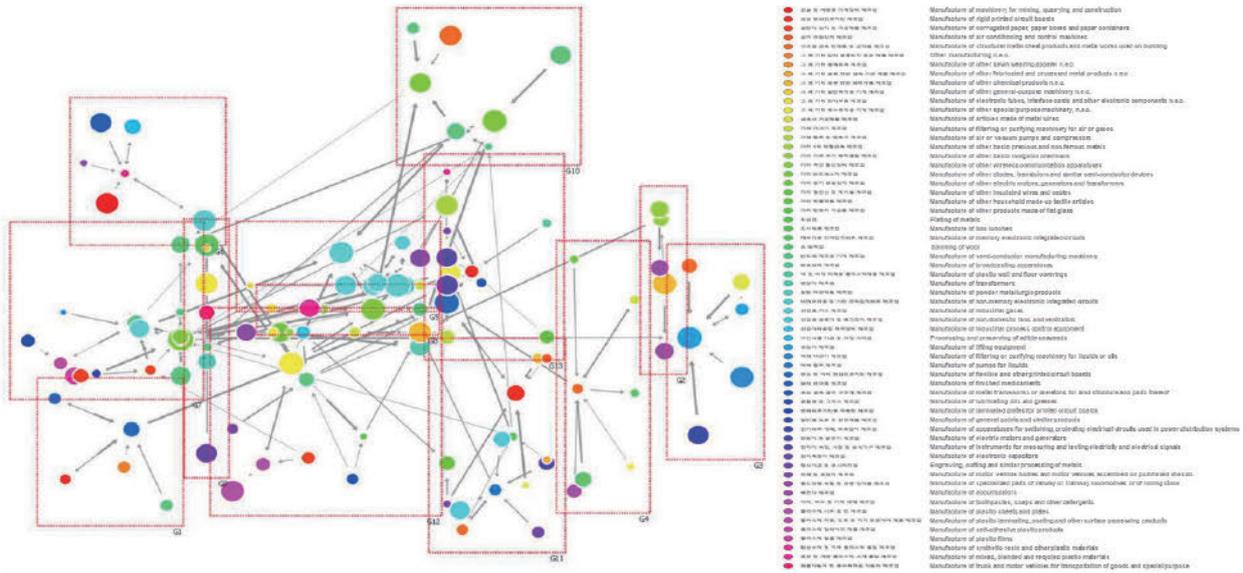


Figure 6. Analysis of supply chain communities centered on anchor companies in the semiconductor industry in Chungbuk

드들을 묶어서 그룹 간에는 링크가 최소화되도록 집단을 구분한다. 커뮤니티 간 클러스터링을 확인하기 위해 MODULARITY (모듈성) 분석을 적용한다. MODULARITY는 -1과 1 사이의 값으로 네트워크의 모듈화 정도를 나타내며, 커뮤니티 내부연결과 커뮤니티 외부연결의 상대적 밀도를 비교하여 1에 가까울수록 외부연결보다 내부연결이 높은 커뮤니티로 해석한다(그림 6).

충북 반도체 산업 앵커기업 중심 공급망 네트워크에서 121개 기업이 서로 하나로 연결된 컴포넌트 내 13개 하부 커뮤니티가 형성되어 있다. 도출된 커뮤니티가 얼마나 모듈화가 되었는지에 대한 수치인 'BEST MODULARITY'는 0.644로 비교적 세부집단화 경향이 높게 나타나고 있다. 이러한 구조는 기업지원 정책에서 공급망 생태계 중심의 기업 지원정책의 필요성과 당위성을 보여준다.

3) 중심성 분석

중심성 분석은 노드-링크로 형성되는 네트워크 구조에서 노드 간 연결 수에 기반하여 중심성을 평가하는 대표적 방법론인 연결 중심성을 적용하고, 수학적 산식을 아래와 같다. 연결선 수(k_i)는 노드 i에 연결된 연결선의 총수를 의미하고 도출하는 수식은 식 (1)과 같다. 여기서 NN은 노드 i의 인접한 이웃을 뜻하고, 연결선 수 분포함수(D_i)는 연결선 수(k_i)가 k인 노드 수를 총 노드 수 N으로 나눈 값으로 정의한다.

$$k_i = \sum_{j \in NN} a_{ij}, D_i = k_i / N \tag{1}$$

공급망 생태계에서 원자재 매입을 위한 협력관계 대상기업 수가 많은 것을 의미하는 연결중심성은 SK하이닉스가 가장 높고, 심텍, 아이티반도체, 매그나칩반도체 등이 높게 나타나고 있다(그림 7).

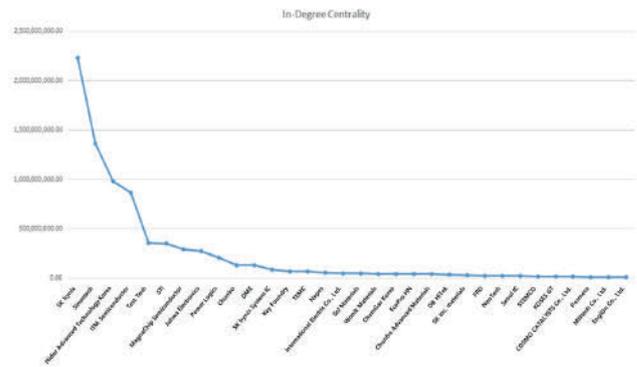


Figure 7. Network connection centrality of semiconductor industry companies based in Chungbuk

연결중심성(In-Degree Centrality)이 높을수록 원자재를 매입하는 협력기업이 많고, 이는 지역 산업 생태계 내에서 부가가치 창출 측면의 파급효과가 높다는 것을 의미한다. 연결중심성(In-Degree Centrality)이 높은 기업의 성장은 공급망 구조 속에서 많은 지역 내 협력사를 보유하고 있고, 후방기업의 성장으로 이어지는 낙수효과를 기대할 수 있기 때문이다.

공급망 생태계를 형성하고 있는 기업들의 표준산업분류(세계 분류, 5digit) 유형 가운데 반도체 제조용 기계 제조업이 12개 기업으로 가장 많고, 산업용 가스 제조업, 그 외 기타 전자부품 제조업, 기타 반도체소자 제조업, 구조용 금속관계품 및 공작물 제조업, 비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업 순으로 높게 나타나고 있다(그림 8).

4) Bow-Tie 모델 분석

이론 고찰에서 살펴본 바와 같이, Bow-Tie 모델을 통해 지식의 흐름을 구조화해 보면 각 노드들의 역할에 따른 위치는 투입

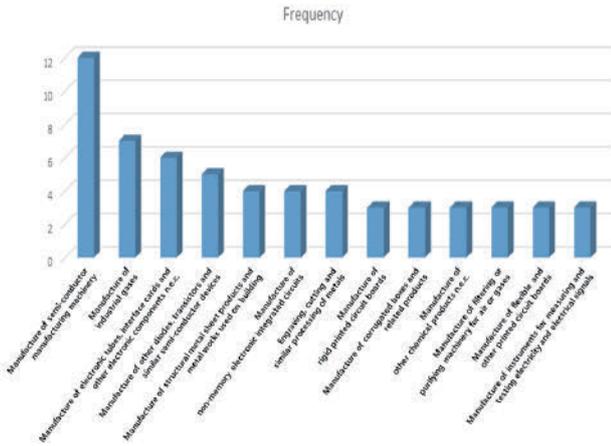


Figure 8. Frequency of key businesses in the supply chain of semiconductor industry anchor companies located in Chungbuk

구역(Source Zone), 교환구역(Exchange Zone), 목표구역(Target Zone)으로 구분되며, Bow-Tie 모델의 기본구조는 GIN(생산근원), GSCC(생산순환), GOUT(생산종착), TUBE(생산집적연결), TENDRIL(독립생산), NON GWCC(동떨어진생산), ETC GWCC(비정의 생산)의 7개 역할 유형으로 세분화된다(그림 9).

충북 반도체 산업 앵커기업 중심의 2차 공급망 네트워크에서 하나의 컴포넌트를 형성하고 있는 121개 기업 간 공급망 네트워크 구조에서 차지하는 역할 및 위상구조를 확인하기 위해 Bow-Tie 모델 분석을 수행한 결과, 산업생산 측면에서 생산근원의 역할을 수행하는 동시에 반도체 공급망 역할 측면에서 일반소재군에 해당되는 GIN 유형이 45%로 가장 높고, 반도체 공급망 역할 구조에서 중간부품군에 해당하는 생산순환그룹인 GSCC 유형과 일반소재군에 원료를 납품하는 독립소재군인 Tendril 유형이 각각 18%로 높게 나타나고 있다. 그리고 완제품 단계에 가까운 생산종착 유형으로 완제품제작군의 역할을 수행하는 GOUT 유형이 15%로 높게 나타나고 있다(표 4).

나아가 Bow-Tie 모델 분석을 통해 도출된 역할 유형 그룹 간

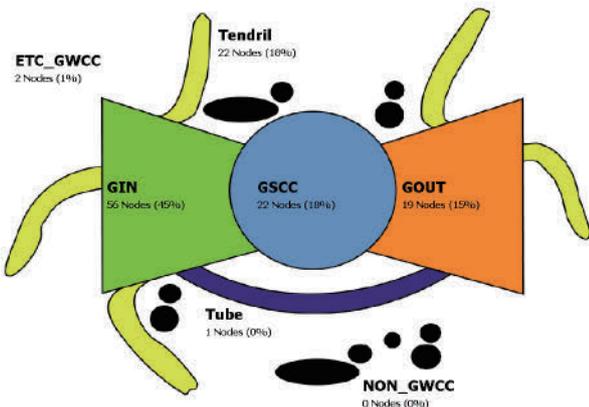


Figure 9. Distribution chart by Bow-Tie model group

Table 4. Bow-Tie model analysis results

Group	Producer	Semiconductor supply chain structured role	Nodes (#)	Nodes (%)
GIN	Production sources	General materials	56	45%
TENDRIL	Independent production	Independent materials	22	18%
GSCC	Production cycle	Intermediate materials (element/component)	22	18%
GOUT	End of production	Finished products	19	15%
ETC GWCC	Undefined producers	Others	2	1%
TUBE	Production integration	Core materials	1	0%
NON GWCC	Isolated producers	Independent production/Service supporters	0	0%

공급망 네트워크 구조를 살펴보면, 생산순환 그룹에 속하는 중간부품군(GSCC)은 완제품군으로의 공급을 제외하고, 동일그룹 간 공급망 네트워크 협력이 강하게 이루어져 있음을 알 수 있다. 이는 동일그룹 간 공급망 협력이 중요한 집단으로 상호보완적인 역할을 주고받는 것이 중요하다는 것을 의미한다. 이는 낙수효과에 의한 상호 간 승수효과 창출 방식이 아닌 상생협력을 통한 승수효과 창출 방식의 협력 구조가 형성되었음을 의미한다. 이러한 양상은 생산근원 그룹인 일반소재군(GIN)에서 유사하게 나타나고 있으며, 다만, 일반소재군(GIN)은 중간부품군(GSCC)으로의 공급망 네트워크를 상대적으로 강하게 형성하고 있다.

반면, 독립생산 그룹에 해당되는 독립소재군(Tendril)은 동일그룹 내 공급망 협력이 약하게 형성되어 있으나 생산종착 그룹인 완제품군(GOUT)과 상대적으로 높은 공급망 협력을 이루고 있다. 반도체 산업의 특수성을 고려할 때, 독립소재군(Tendril)은 동일업종 간 배타적 기술 경쟁이 활발하고, 협업방식보다는 완제품군 기업과 긴밀한 협력을 통해 생산라인 내 기술 적용을 목표로 비교우위 기술경쟁력을 보유하는 것이 중요한 유형이라 볼 수 있다(표 5).

충북 반도체 산업 기업 간 공급망 생태계에서 중간부품군(GSCC) 유형과 일반소재군(GIN)은 동일그룹 간 협력과 완제품군(GOUT) 및 중간부품군(GSCC)과 협력을 통해 지역산업 경쟁력을 확보하고 있음을 알 수 있다. 이러한 관점에서 지역산업정책의 일환으로 추진되는 R&D 및 시험/인증 장비 인프라 지원사업 기획 시 공동협력 방식의 지원체계를 구축함으로써 지역산업 전반으로 효과가 확산될 수 있음을 의미한다. 독립소재군(Tendril)은 완제품군(GOUT)과 긴밀한 관계 속에서 완제품 기업의 생산전략과 절대적인 의존관계에 있으므로 완제품 기업과 제품

Table 5. Network structure between Bow-Tie model groups

Group	GSCC	GIN	GOUT	Tube	Tendril	ETC_GWCC	NON_GWCC
GSCC	46	-	20	-	-	-	-
GIN	39	51	9	1	1	-	-
GOUT	-	-	16	-	-	-	-
Tube	-	-	1	-	-	-	-
Tendril	-	-	15	4	5	2	-
ETC_GWCC	-	-	-	-	-	-	-
NON_GWCC	-	-	-	-	-	-	-

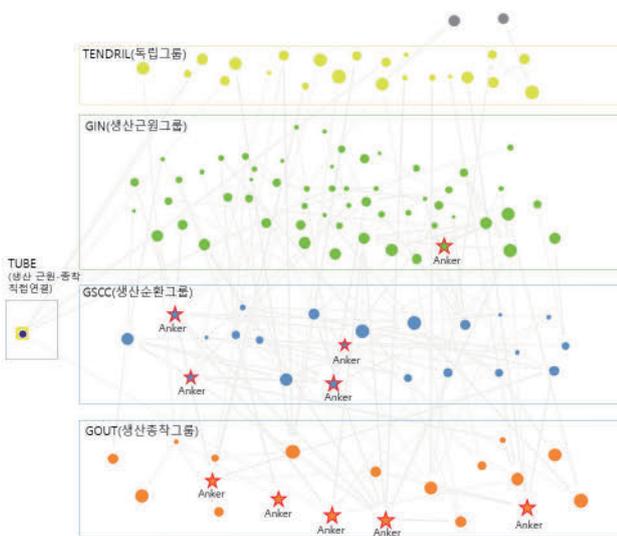


Figure 10. Supply chain network flow structure based on the Bow-Tie model

기획 및 공동연구와 같은 긴밀한 연대가 중요한 요소로 작용할 것으로 예상된다.

V. 결론 및 정책 제언

1. 결론 요약

최근 글로벌 팬데믹을 경험하며 글로벌 공급망 협력체계가 와해되고, 미·중 기술 패권 경쟁, 러시아-우크라이나 전쟁 등을 겪으며 글로벌 공급망의 섣다운을 경험하면서 지역전략산업에서 공급망 생태계의 안정성은 지역과 국가 경쟁의 핵심 요소로 부상하였다. 지역산업의 공급망 안정성은 지역 산업 정책의 중요한 정책 지표이자 국가산업 경쟁력 결정에 핵심적 요소로 부각되고 있다.

본 연구의 목적은 충북 전략산업 가운데 지역 수출 1위 분야인 반도체 산업 앵커기업의 공급망 구조 분석을 통해 지역 내 앵커기업 중심의 부가가치 창출 기업생태계를 분석하고자 한다. 팽리

스-전공정-후공정으로 이어지는 반도체 3대 생산공정을 세분화하고, 각 세부 공정별 세분화된 공급망 벨류체인 구조를 분석하고, 지역 앵커기업을 중심으로 형성된 공급망 네트워크 구조를 진단하였다. 이를 위해, 앵커기업을 중심으로 2차 협력 구조의 공급망 거래관계DB를 구축하고, 네트워크 구조 분석을 위해 일반적으로 적용하는 중심성, 컴포넌트, 커뮤니티, Bow-Tie 모델 분석을 수행함으로써 지역산업 공급망 네트워크 구조를 분석하였다.

실증분석을 통해 충북 소재 기업 간 공급망 생태계는 212개 협력관계가 형성되어 있으며, 121개 기업이 서로 하나의 연결된 네트워크인 컴포넌트를 형성하고 있는 것을 확인하였다. 네트워크 중심성 분석 결과, 연결중심성은 SK하이닉스가 가장 높고, 심텍, 아이티반도체, 매그나칩반도체 등이 높게 나타나며, 이들 기업은 지역 산업 생태계 내에서 부가가치 창출 측면의 파급효과가 높다는 것을 의미한다. 공급망 생태계를 형성하고 있는 기업들의 표준산업분류(세세분류, 5digit) 유형 가운데 반도체 제조용 기계 제조업이 12개 기업으로 가장 많고, 산업용 가스 제조업, 그 외 기타 전자부품 제조업, 기타 반도체소자 제조업, 구조용 금속판제품 및 공작물 제조업, 비메모리용 및 기타 전자집적회로 제조업 순으로 높게 나타나고 있다. Bow-Tie 모델 분석을 수행한 결과, 산업생산 측면에서 생산근원의 역할을 수행하는 동시에 반도체 공급망 역할 측면에서 일반소재군에 해당되는 GIN 유형이 45%로 가장 높고, 반도체 공급망 역할구조에서 중간부품군에 해당하는 생산순환그룹인 GSCC 유형과 일반소재군에 원료를 납품하는 독립소재군인 Tendril 유형이 각각 18%로 높게 나타나고 있다. 완제품 단계에 가까운 생산종착 유형으로 완제품제조군의 역할을 수행하는 GOUT 유형 역시 15%로 높게 나타났다.

또한, Bow-Tie 모델 분석을 통해 도출된 역할 유형 그룹 간 공급망 네트워크 구조를 살펴보면, 생산순환 그룹에 속하는 중간부품군(GSCC)은 완제품군으로의 공급을 제외하고, 동일그룹 간 공급망 네트워크 협력이 강하게 이루어져 있음을 알 수 있다. 충북 반도체 산업 기업 간 공급망 생태계에서 중간부품군(GSCC) 유형과 일반소재군(GIN)은 동일그룹 간 협력과 완제품군(GOUT) 및 중간부품군(GSCC)과 협력을 통해 지역산업 경쟁력을 강화하고 있음을 알 수 있다.

2. 정책 제언

첫째, 지역 반도체 산업 기업의 협력공급망 네트워크의 안정성을 강화할 수 있는 지원이 요구된다. 10개의 반도체 산업 앵커기업을 중심으로 형성된 1, 2차 공급망 협력기업 총 1,304개 기업 가운데 충북 소재에는 161개 기업이 분포하고, 충북 소재 기업 간 공급망 생태계는 212개 협력관계가 형성되어 있다. 이러한 점에서 지역 반도체 산업이 형성하고 있는 네트워크에 참여하는 기업의 수가 8% 수준으로 낮고, 공급망 생태계를 형성하고 있는 212

개 기업 간 협력관계 역시 네트워크 밀도가 낮다고 볼 수 있다. 이는 지역산업 공급망 생태계의 안정성 측면을 고려할 때 협력 기관의 수 및 빈도를 강화할 수 있는 지원이 요구된다.

둘째, 개별기업 지원과 더불어 공급망 협력 그룹 단위의 지원 정책이 요구된다. 커뮤니티 그룹의 업종특성을 살펴보면, 대체로 이종업종 혼합 그룹의 형태를 보이고 있으며, 이는 공급망 가치사슬 구조에 따른 원료납품 협력 구조에 있는 기업군으로서 산업 지원 정책에서 개별기업 지원 방식에서 공급망 생태계 단위의 지원정책의 필요성을 보여준다. 따라서 개별기업의 기술지원과 함께 긴밀한 협력을 이루고 있는 기업 간 연대지원 정책으로의 전환이 요구된다.

셋째, 공급망 네트워크의 역할과 위상 유형의 특성을 고려한 정책지원이 요구된다. 대체로 네트워크 유형이 동일한 기업 간에 공급망 네트워크 협력을 강하게 이루고 있으며, 이러한 양상은 생산근원 그룹인 일반소재군(GIN)에서 유사하게 나타나고 있다. 지역산업정책의 일환으로 추진되는 R&D 및 시험/인증 장비 인프라 지원사업 기획 시 공동협력 방식의 지원체계를 구축함으로써 지역산업 전반으로 효과가 확산될 수 있음을 의미한다. 독립소재군(Tendril)은 완제품군(GOUT)과 긴밀한 관계 속에서 완제품 기업의 생산전략과 절대적인 의존관계에 있으므로 완제품 기업과 제품기획 및 공동연구와 같은 긴밀한 연대가 이루어질 수 있는 정책지원이 요구된다. 반면, 반도체 산업의 특수성을 고려할 때, 독립소재군(Tendril)은 동일업종 간 배타적 기술 경쟁이 활발하고, 협업방식보다는 완제품군 기업과 긴밀한 협력을 통해 생산라인 내 기술 적용을 목표로 비교우위 기술경쟁력을 보유하는 것이 중요한 유형이라 볼 수 있다.

마지막으로 네트워크 구조와 공간접근성의 상관성 등에 관한 후속연구를 통해 공간적 접근성에 기반하여 협력 기회가 확대되고, 이를 통한 산업혁신 가능성이 높아진다는 전통적 클러스터이론에 대한 실증연구로 이어져야 할 것이다.

인용문헌 References

1. 김용균·최세중, 2022, 「미국, (반도체와 과학법)의 주요 내용과 영향」, 국회예산정책처(나보 포커스).
Kim, Y. and Choi, S., 2022. *Key Contents and Impacts of the U.S. (CHIPS and Science Act)*, National Assembly Budget Office (NABO Focus).
2. 이준, 2022, “글로벌 공급망을 둘러싼 대외 여건 변화와 대응 방안”, 「월간 KIET 산업경제」, 281: 7-22.
Lee, J., 2022. “Changes in External Conditions Surrounding Global Supply Chains and Response Strategies,” *Monthly KIET Industrial Economy*, 281: 7-22.
3. 정선영·이아람·정동재·최준·안병탁, 2024, 「BOK 이슈노트: 글로벌 공급망으로 본 우리 경제 구조변화와 정책대응」, 한국은행.
Jeong, S.Y., Lee, A.R., Jeong, D.J., Choi, J., and Ahn, B.T., 2024. *BOK Issue Note: Structural Changes in Our Economy and Policy Responses Viewed through Global Supply Chains*, Bank of Korea.
4. 충청북도, 2022, 「충북 반도체 산업육성 종합계획」, 충북연구원, Chungcheongbuk-do, 2022. *Comprehensive Plan for the Development of the Semiconductor Industry in Chungcheongbuk-do*, Chungbuk Research Institute.

Date Received	2024-05-31
Reviewed(1 st)	2024-07-15
Date Revised	2024-10-29
Reviewed(2 nd)	2024-12-02
Date Accepted	2024-12-02
Final Received	2024-12-11