

세계산업연관표(WIOT)의 구조와 이해

세계산업연관표(WIOT, World Input-Output Tables)는, 21세기 들어 글로벌 가치 사슬(global value chains)의 중요성이 커지고 있음에도 불구하고 현행 통계 시스템으로는 이를 정확히 분석하기 어렵다는 문제 제기에 따라 유럽연합 집행위원회(European Commission)의 후원 아래 11개 기관 소속 학자 및 전문가들이 결성한 WIOD(World Input-Output Database) 프로젝트의 결과물이다.

기존에도 글로벌 무역 분석 프로젝트(Global Trade Analysis Project), 아시아 국제산업연관표(Asian International Input-Output Tables), 아시아개발은행(ADB)의 다지역 산업연관표(Multi-Regional Input-Output Tables) 등 국가 간 산업연관표에 대한 연구가 다수 있었지만, 본 프로젝트는 국가 간 무역(bilateral trade) 통계를 적극적으로 활용하여 새로운 가정을 적용한 것이 기존 연구와의 차별점이라고 할 수 있다. 즉, 모든 경제 주체가 특정 재화 수요를 동일한 비율의 수입품으로 충당한다는 표준 수입 비율 가정에서 벗어나 상대 국가별로 동일한 수입품이라도 자국의 이용 목적별 비율에 차이가 있다는 가정을 통해 거래 국가 간 별도의 수입거래표를 작성한 것이다.

본 자료에서는 Dietzenbacher et al.(2013)를 바탕으로 세계산업연관표 작성 과정을 설명하고자 하며 나아가 우리나라의 지역 간 산업연관표에 적용할 수 있는 시사점을 살펴보고자 한다.

I. 머리말

II. 세계산업연관표 작성 과정

1. 개요
2. 국가별 공급사용표 시계열 작성
3. 세계공급사용표 시계열 작성
4. 세계공급사용표로부터 세계투입산출표 변환

III. 맺음말

I. 머리말

세계산업연관표(World Input-Output Tables)는 재화 및 서비스의 생산이 글로벌 가치 사슬(global value chains)을 통해 생산되는 경우가 점점 확대되자 이에 따른 경제적 영향을 분석하기 위한 통계가 필요하다는 인식에서 출발한 WIOD(World Input-Output Database) 프로젝트의 결과물이다. 국가(혹은 경제권) 간 재화 및 서비스 이동을 집계한 기존 통계로는 국제수지통계가 있으나, 국가를 단일한 경제 주체로 가정한 ‘산출물 단위’ 무역 기준 통계라는 특징 때문에 글로벌 가치 사슬 및 그 영향을 분석하는 데는 한계가 있었다. 이에 Grossman and Rossi-Hansberg(2008)는 기업의 오프쇼링 선택 모형을 통해 오프쇼링 기회 확대가 총요소집약적 기술변화(factor-augmenting technological change)와 비견됨을 보이면서 ‘교역 가능한 생산공정(tradeable tasks)’이라는 개념을 도입했는데, 결론에서 ‘생산과정의 글로벌화는 무역 데이터를 집계하는 데 있어서 새로운 접근법을 필요로 하는데, 이는 다년간에 걸친 국내 거래 데이터를 기록하는 것과 상당히 유사한 방식으로 국제 무역을 기록하는 것을 의미한다.’¹⁾ 라고 언급하며 기존과 다른 틀로 구축된 통계의 필요성을 제기하였다.

본 프로젝트는 유럽연합 집행위원회(European Commission)의 후원 하에 11개 기관²⁾의 참가로 2009년 5월 출범하여 2012년 4월 종료되었다. 종료 시점에는 27개의 유럽 연합(European Union) 회원국 및 13개 주요 국가의 개별 투입산출표 및 기타 국민계정통계를 토대로 명목 기초가격(current basic prices) 및 전년 기준 기초가격(basic prices of the previous year) 기준으로 작성된 최초 세계산업연관표를 발표하였다. 발표된 시계열은 1995년부터 2009년까지였으며, 2013년 11월에는 기존의 시계열을 2011년까지 확장한 추가 세계산업연관

1) Grossman, G. M. and Rossi-Hansberg, E., “Trading Tasks: A Simple Theory of Offshoring” (American Economic Review 2008, Vol. 98 No. 5), p. 1996

2) 참가기관은 다음과 같다.

1. Groningen 대학(University of Groningen, The Netherlands)
2. Institute for Prospective Technological Studies, Seville, Spain
3. The Vienna Institute for International Economics Studies, Vienna, Austria
4. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim, Germany
5. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Vienna, Austria
6. Hochschule Konstanz, Germany
7. The Conference Board Europe, Brussels, Belgium
8. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, The Hague, The Netherlands
9. Institute of Communication and Computer Systems, Athens, Greece
10. Central Recherche S.A., Paris
11. OECD

표가 발표되었다. 이후 2016년 11월에는 EU 회원국 1개국 및 주요 국가 2개국을 추가하여 2000년부터 2014년까지의 시계열을 갖춘 개정판이 발표되었다.

〈표 1〉

세계산업연관표 분석 대상 국가

EU 회원국			북미 (NAFTA 회원국)	동아시아	기타
유로존		비유로존			
오스트리아	이탈리아	불가리아	캐나다	중국	브라질
벨기에	룩셈부르크	체코	멕시코	일본	러시아
키프로스	몰타	덴마크	미국	한국	인도
에스토니아	네덜란드	헝가리		대만	인도네시아
핀란드	포르투갈	라트비아			호주
프랑스	슬로바키아	리투아니아			터키
독일	슬로베니아	폴란드			스위스 ¹⁾
그리스	스페인	루마니아			노르웨이 ¹⁾
아일랜드		스웨덴			
		영국			
		크로아티아 ¹⁾			

주 : 1) 2016년 개정판 발표 당시 추가된 국가

II . 세계산업연관표 작성 과정

1. 개요

프로젝트에서는 개별 국가의 공급사용표를 기초자료로 이용하였다. 공급표 및 사용표는 「상품(재화 및 서비스)×산업」 행렬로 작성되는데, 공급표에서는 개별 산업의 개별 상품 생산액 및 상품별 수입액을 알 수 있으며 사용표에서는 수입된 상품 및 개별 국가 내부에서 생산된 상품이 개별 산업과 최종수요 제도단위에서 얼마나 사용되었는지 파악할 수 있다. 이러한 특징 덕분에 국가별 공급사용표를 연결할 때는 상품 기준으로 작성된 국제무역 데이터와 산업 기준으로 작성된 사회경제적 혹은 환경 관련 데이터를 이중으로 이용할 수 있으며, 이를 통해 국가별 투입산출표를 직접 연결하는 것보다 더 직관적이고 정교한 통계를 만들게 된다.

두 번째로는 국민소득통계 등 여타 국민계정통계를 비교 자료로 이용하였다. 공급사용표는 기준년으로부터 일정 기간까지 연장하여 추계하기 때문에 장기 시계열이 단절되며, 한번 발표된 시계열은 개편하기가 용이하지 않다. 반면, 국민계정통계는 시계열 단절 문제가 없고 과거 시계열에 대한 개편이 상대적으로 자주 이루어지며 이 과정에서 과거 상황에 대해 갱신된 정보가 반영되기 때문에³⁾ 과거에 작성된 공급사용표가 반영하지 못한 정보를 보충해줄 수 있다. 구체적으로는 국민계정통계로부터 총생산과 총부가가치, 총수입 및 총수출, 최종소비지출의 시계열을 도출한 다음 Temurshoev and Timmer(2011)가 개발한 SUT-RAS 방법⁴⁾을 이용하여 최신 기준년도 공급사용표로부터 공급사용표 시계열을 연장 추계한다.

국가별 공급사용표 시계열이 준비되면, 다음에는 국제무역통계(International Trade Statistics)를 이용해서 세계공급사용표 시계열을 작성하고, 여기에 작성 대상 국가가 아닌 나머지 국가와의 무역을 반영한 세계산업연관표를 도출한다. 이때, 모든 경제 주체가 총 소비 대비 동일한 비율로 수입품을 이용한다는 표준 수입 비율 가정을 완화하여 이용 목적 항목별로 적용하였다. 즉, 무역통계를 만들기 위한 원시데이터에 부여된 BEC(Broad Economic Categories) 코드⁵⁾ 및 거래 상대 국가 정보를 토대로 원수출 국가별 수입품을 이용 목적에 따라 각각

3) 국민소득통계의 경우 기준년 개편 시 기준년보다 과거에 있는 시계열도 최신 정보 및 통계편제기법을 반영하여 다시 작성된다.

4) 실측 편제된 기준년 통계로부터 연장표를 추계 및 작성할 때 정사각행렬인 투입산출표에 적용되는 RAS 방법을 대부분 직사각행렬인 공급사용표에 응용하는 방법

중간소비, 최종소비, 총고정자본형성 등으로 분류하여 각 거래상대국가 및 이용 목적별로 별도의 수입 비율을 적용하였다. 한편, 서비스 무역의 경우 개별 국가간 무역량을 확인할 수 있는 표준화된 통계가 없어⁶⁾ 여러 원천 데이터를 통합하여 데이터베이스를 구축하였다.

세계산업연관표를 작성하기 위한 데이터는 검증의 용이성 및 향후 파생 통계 작성 가능성을 고려하여 각국 공인 통계 기관에서 공개적으로 발표한 통계에서 인용하였으며 전년 기준 기초가격 기준 통계 작성시에는 디플레이터로 국민계정통계에서 도출한 총산출 디플레이터(gross output deflators)를 이용하였다. 총산출 디플레이터를 이용할 경우, 수출자 가격을 조정하게 되는데 이는 암묵적으로 수입자 가격도 조정하는 효과를 갖는다.

2. 국가별 공급사용표 시계열 작성

세계산업연관표의 기초가 되는 국가별 공급사용표는 비록 각국이 UN에서 배포한 국민계정체계 매뉴얼에 기초하여 작성하지만 각국의 사정에 따라 실측년도 및 연장 추계 기간에 차이가 있으며, 분석 대상이 되는 산업 및 상품의 종류도 다르다. 이에 따라 일차적으로 국가별 공급사용표를 표준화시키는 작업이 필요하다.

프로젝트에서는 우선 각국의 공급사용표를 59개의 상품과 35개의 산업으로 정리하였는데, 상품 및 산업 분류는 각각 EU에서 정립한 분류 체계인 CPA(Classification of Products by Activity) 및 NACE(Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne)⁷⁾를 기준으로 하였다. 이외에 일부 국가에서 총공급과 총수요가 맞지 않거나 보안 문제로 일부를 공개하지 않는 문제 등이 있어 총공급과 총수요의 차이를 최종소비에 안분하거나 공개되지 않는 부분을 추정하여 해결하였다.

한편, 수출입은 현행 적용 기준인 2008 SNA가 아닌 1993 SNA에 의거하였다. 수출입의 경우 1993 SNA와 2008 SNA 모두 상품의 소유자 변경을 기준으로 기록하는 것을 원칙으로 삼고 있으나 1993 SNA에서는 2008 SNA와 달리 가공무역에 예외를 두었다. 즉, 한 국가의 가공무역 위탁업자가 본인이 소유권을 유지하는 재화를 수탁업자에게 수출하고 가공이 끝

5) SITC(Standard International Trade Classification) 체계의 하나로 정의되어 있는 코드로, 무역대상 재화를 최종 이용 목적별로 분류하였다. 현재 3차 개정판(rev.3)이 발표되었으며 UN 통계국 홈페이지(<https://unstats.un.org/unsd/class>)에 기존 SITC 및 HS(Harmonized System) 코드와의 연계표가 게시되어 있다.

6) 재화(goods)의 경우 관세 협정에 따라 각국의 관세 당국이 수출입되는 재화마다 국제적으로 HS 코드를 부여하고 행선국가를 확인하지만 서비스(service)는 그러한 절차를 거치지 않고 거래되기 때문에 개별 거래에 유형 및 국가별로 표준화된 코드를 부여하여 식별하기 어렵다.

7) 각각 UN에서 제시한 CPC(Central Product Classification) 및 ISIC(International Standard Industrial Classification)를 기반으로 EU에서 세부 분류를 세밀하게 다듬은 체계. 세계산업연관표 작성 당시에 NACE는 1차 개정판(revision 1)을 인용하였다. 이는 ISIC 3차 개정판(revision 3)과 대응한다.

난 재화는 재수입하는 경우 2008 SNA에 따르면 위탁업자가 수탁업자로부터 가공무역 서비스를 수입한 것으로 기록하고 가공무역 대상 재화의 수출입은 기록에서 제외하지만 1993 SNA에서는 가공 전 재화의 수출(수입)액과 가공 후 부가가치가 더해진 재화의 수입(수출)액을 모두 재화의 수출입으로서 기록하는 것이다. 이는 가공무역 대상이 되는 재화를 중간 투입으로 계상하기 위한 것으로, 프로젝트에서는 이러한 조치가 생산 기술을 가장 잘 반영할 수 있다고 보았다⁸⁾. 중계무역에 따른 재수출도 가공무역과 동일한 기준을 적용하였다.

이에 따라 국민계정통계를 반영한 시계열을 작성하기 전 준비된 국가별 공급사용표는 다음과 같다. 이때 공급사용표는 실측된 공표치를 채용하며 시계열 확장을 위한 추계 시 기준년도 지표로 삼게 된다. 금액 단위는 공표 국가별 법정통화 기준이다.

〈표 2〉 표준화된 국가별 공급사용표

	상품	산업	최종소비 (고정자본형성 포함)	재고증감	수출	총계
상품		U	Y	s	e	q
산업	V_b					x_b
수입	m'					m
부가가치		w'_b				w_b
마진	t'_m					t_m
순생산물세	t'_n					t_n
총계	q'	x'_b	y'	s	e	

U : 사용표(구매자가격 기준, 59(상품)×35(산업) 행렬)

Y : 최종소비(구매자가격 기준, 59×4 행렬)

— 항목별 4개 벡터로 구성(가계소비지출, 가계봉사비영리단체 소비지출, 정부소비지출, 총고정자본형성)

— 벡터별 총합은 y' (1×4 벡터)

s : 재고증감(구매자가격 기준, 총재고증감은 s , 59×1 벡터)

e : 수출(FOB 기준, 총수출은 e , 59×1 벡터)

q : 총수요(구매자가격 기준, 59×1 벡터)

— q' : 총공급(구매자가격 기준, 1×59 벡터)

V_b : 공급표(기초가격 기준, 35(산업)×59(상품) 행렬)

x_b : 총산출(기초가격 기준, 35×1 벡터)

m' : 수입(CIF 기준, 총수입은 m , 1×59 벡터)

w'_b : 부가가치(총부가가치는 w_b , 1×35 벡터)

t'_m, t'_n : 마진(도소매마진 및 화물운임 포함), 순생산물세(원소의 총합은 각각 t_m 및 t_n , 1×59 벡터)

' : 전치행렬 및 전치벡터, b (아래첨자) : 기초가격 기준 표시

8) 그러나 가공무역을 세계공급사용표에 반영하는 방법에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 하였다(Dietzenbacher, E. et al., "The Construction of World Input-Output Tables in the WIOD Project" (Economic Systems Research 2013, Vol. 25, No. 1), p. 78).

<표 2>에 국민계정통계를 반영하고 기준년도 지표로부터 연장 추계하여 국가별 공급사용표 시계열을 만드는 과정은 다음과 같다.

가. 국민계정통계 반영 및 기초가격 기준 공급사용표 작성

1) 국민계정통계를 이용한 기준년 공급사용표의 연장

국민계정통계는 총수출 및 총수입(\bar{e} , \bar{m}), 총산출 및 부가가치(\bar{x}_b , \bar{w}_b), 최종소비(\bar{y}), 총재고증감(\bar{s}), 총마진 및 총순생산물세(\bar{t}_m , \bar{t}_n)를 연장하는 데 이용된다. 여기에서 \bar{x} 는 해당 수치는 국민계정통계에서 인용하였음을 나타낸다.

수출 및 수입의 경우 벡터 \mathbf{m} 및 \mathbf{e} 의 추정치 $\hat{\mathbf{m}}$ 및 $\hat{\mathbf{e}}$ 는 국민계정통계를 반영하여 다음과 같이 추정할 수 있다.

$$\hat{m}_i = m_i(\bar{m}/m), \quad \hat{e}_i = e_i(\bar{e}/e)$$

\hat{x} 는 x 의 최종 추정치를 의미한다.

2) 사용표를 기초가격 기준으로 변환

<표 2>에서 밝혔듯이, 표준화된 공급사용표에서 공급표는 기초가격 기준, 사용표는 구매자가격 기준으로 작성되는 것으로 하였다. 이는 프로젝트 진행과정에서 세계산업연관표 작성 대상 국가의 공급사용표를 수집할 때 기초가격 기준 사용표를 공표하는 국가가 많지 않은 반면, 공급표는 기초가격 기준 데이터에 마진과 순생산물세 정보를 추가하여 구매자가격 기준 데이터도 같이 제공하는 경우가 많은 데 따른 것이다. 프로젝트에서는 모든 데이터를 기초가격 기준으로 조정하기로 하였으며 이를 위해서 사용표를 기초가격 기준으로 재작성하였다. 이때 각국에서 공급된 상품 i 의 총공급액(총수요액) 구매자가격 평가 금액과 기초가격 평가 금액사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$q_b^i = q_i - (t_m^i + t_n^i)$$

t_m 및 t_n 은 상품별 데이터만 담고 있지만, 해당 데이터를 산업까지 확장해서 「상품×산업」의 형태로 마진표 및 순생산물세표를 만들 수 있다. 이를 가격전환행렬(Valuation

Matrices)⁹⁾이라고 하는데, 사용표를 기초가격 기준으로 전환하기 위해서는 반드시 필요하나 대부분의 국가에서는 마진표 및 순생산물세표를 공표하지 않는다. 이에 따라 상품별 마진율 및 순생산물세율을 별도로 도출하여 사용표에 적용함으로써 가격전환행렬을 추정하였으며 추정 과정에서 국민계정통계가 일부 인용되었다. 동 과정을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째로, 상품 i 의 마진과 순생산물세의 합 t_i 는 다음과 같이 추정된다. \tilde{x} 는 x 의 일차 추정치이다.

$$\hat{t}_i = \frac{(t_m^i + t_n^i)(\bar{t}_m + \bar{t}_n)}{t_m + t_n}$$

상품은 마진이 있는 것과 없는 것(주로 서비스)으로 나뉘는데, 마진이 없는 경우 순생산물세의 일차 추정치 \tilde{t}_n^i 는 \hat{t}_i 와 동일하며 마진이 있는 경우 상품 i 의 순생산물세율 τ_i 및 구매자가격 기준 총공급 q_i 를 적용하여 $\tilde{t}_n^i = \tau_i q_i$ 로 추정할 수 있다. 이때 $\tau_i = t_n^i / q_i$ 는 공급표에서 도출된다. 그러나 국민계정통계 \bar{t}_n 에는 $t_n = \sum_i \tilde{t}_n^i = \sum_i \tau_i q_i$ 보다 최신 정보가 포함되어 있으므로 두 수치는 같을 수 없다. 따라서 마진이 있는 상품의 최종 추정 순생산물세 \hat{t}_n^i 는 다음과 같이 표준화하여야 한다.

$$\hat{t}_n^i = \tilde{t}_n^i \frac{\bar{t}_n - \sum_{i \in \{\text{무마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}{\sum_{i \in \{\text{마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}$$

결국 마진이 없는 상품은 $\hat{t}_n^i = \tilde{t}_n^i$, $\hat{t}_m^i = 0$ 이 되며 마진이 있는 상품의 \hat{t}_n^i , \tilde{t}_n^i 는 다음과 같이 계산된다.

$$\hat{t}_n^i = \tilde{t}_n^i \frac{\bar{t}_n - \sum_{i \in \{\text{무마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}{\sum_{i \in \{\text{마진상품}\}} \tilde{t}_n^i} = \tau_i q_i \frac{\bar{t}_n - \sum_{i \in \{\text{무마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}{\sum_{i \in \{\text{마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}$$

9) Eurostat, *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*(Luxembourg, 2008), p. 161-188.

$$\hat{t}_m^i = \hat{t}_i - \hat{t}_n^i = \frac{(t_m^i + t_n^i)(\bar{t}_m + \bar{t}_n)}{t_m + t_n} - \tau_i q_i \frac{\bar{t}_n - \sum_{i \in \{\text{무마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}{\sum_{i \in \{\text{마진상품}\}} \tilde{t}_n^i}$$

최종 추정 마진과 순생산물세를 토대로 마진을 및 순생산물세율을 추정하기 위해서는 한 가지 가정이 더 필요한데, 그것은 마진 및 순생산물세는 수출품에 적용되지 않는다는 것이다. 이를 반영하면 상품 i 의 순생산물세율 $\hat{\tau}_n^i$ 및 마진을 $\hat{\tau}_m^i$ 는 다음과 같이 추정된다.

$$\hat{\tau}_n^i = \hat{t}_n^i / (\hat{q}_i - \hat{e}_i), \quad \hat{\tau}_m^i = \hat{t}_m^i / (\hat{q}_i - \hat{e}_i)$$

순생산물세율 벡터 $\hat{\tau}_n$ 및 마진을 벡터 $\hat{\tau}_m$ (모두 59×1 벡터)는 사용표 \mathbf{U} 및 최종소비 \mathbf{Y} 의 산업별 각 원소에 일괄적으로 적용할 수 있으며, 최종적으로 사용표에 대한 순생산물세표 \mathbf{N}_U 및 마진표 \mathbf{M}_U , 최종소비에 대한 순생산물세표 \mathbf{N}_Y 및 마진표 \mathbf{M}_Y 를 도출할 수 있다. 즉, \mathbf{N}_U 및 \mathbf{N}_Y 의 도출 과정은 다음과 같다.

$$\mathbf{N}_U = \begin{bmatrix} u_{1,1} \hat{\tau}_n^1 & \cdots & u_{1,35} \hat{\tau}_n^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{59,1} \hat{\tau}_n^{59} & \cdots & u_{59,35} \hat{\tau}_n^{59} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{N}_Y = \begin{bmatrix} y_{1,1} \hat{\tau}_n^1 & \cdots & y_{1,4} \hat{\tau}_n^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{59,1} \hat{\tau}_n^{59} & \cdots & y_{59,4} \hat{\tau}_n^{59} \end{bmatrix}$$

이제 사용표 \mathbf{U} 에서 순생산물세표 \mathbf{N}_U 및 마진표 \mathbf{M}_U 를 빼면 기초생산가격 기준 사용표 ($\hat{\mathbf{U}}_b^0$)가 되며 최종소비 \mathbf{Y} 에 대해서도 마찬가지로 기초생산가격 기준 최종소비($\hat{\mathbf{Y}}_b^0$)를 도출할 수 있다.

3) 재고증감을 기초가격 기준으로 변환 후 국민계정통계를 반영

재고증감도 앞서 도출한 $\hat{\tau}_n$ 을 활용하여 다음과 같이 기초가격 기준 통계로 변환할 수 있다.

$$\tilde{s}_i = s_i \cdot \tau_i$$

국민계정통계는 앞선 작업을 거친 뒤 반영한다. 그런데 재고증감은 각 통계 작성기관에

서 실제로 측정하기보다는 공급과 수요를 일치시키는 과정에서 잔차로 처리하는 경향이 있다. 따라서 재고증감 수치는 국민계정통계와 공급사용표상 수치의 차를 상품별 재고증감에 안분하는 방식으로, 국민계정통계를 간접적으로 반영하여 추정한다.

$$\hat{s}_i = \tilde{s}_i + \frac{|\tilde{s}_i|}{\sum_i |\tilde{s}_i| (\bar{s} - \tilde{s})}$$

나. 국가별 공급사용표 시계열 작성

1) 기준년도 기초가격 기준 공급사용표 재작성

공급사용표에 국민계정통계를 반영하고 가격전환행렬을 별도 추정하여 모두 기초가격 기준으로 도출한 공급사용표는 다음과 같다.

<표 3> 국가별 공급사용표(기초가격 기준, 국민계정통계 반영)

	상품	산업	최종소비 (고정자본형성 포함)	재고증감	수출	총계
상품		$\hat{\mathbf{U}}_b^0$	$\hat{\mathbf{Y}}_b^0$	$\hat{\mathbf{s}}$	$\hat{\mathbf{e}}$...
산업		\mathbf{V}_b				$\bar{\mathbf{x}}_b$
수입		$\hat{\mathbf{m}}'$				\bar{m}
순생산물세		$\hat{\mathbf{t}}_{\text{중간수요}}'$	$\hat{\mathbf{t}}_{\text{최종소비}}'$	$t_{\text{재고증감}}$		\bar{t}_n
부가가치		$\bar{\mathbf{w}}_b$				\bar{w}_b
총계	...	$\bar{\mathbf{x}}_b'$	$\bar{\mathbf{y}}'$	\bar{s}	\bar{e}	

$\hat{\mathbf{U}}_b^0, \hat{\mathbf{Y}}_b^0$: 사용표 및 최종소비(기초가격 기준, 59×35(사용표), 59×4(최종소비) 행렬)

$\hat{\mathbf{t}}_{\text{중간수요}}', \hat{\mathbf{t}}_{\text{최종소비}}'$: 순생산물세표($\mathbf{N}_U, \mathbf{N}_Y$)의 열합벡터(각각 1×35, 1×4 벡터)

$t_{\text{재고증감}}$: $\hat{\boldsymbol{\tau}}_n' \mathbf{s}$ (스칼라)

$$- \sum_i \hat{\mathbf{t}}_{\text{ind}}^i + \sum_i \hat{\mathbf{t}}_{\text{fin}}^i + t_{\text{inv}} = \bar{t}_n$$

<표 3>에서 음영 처리된 부분은 국민계정통계를 직간접적으로 반영한 부분이며 이들은 고정된 수치로 간주된다. 음영 밖에 있는 공급표 및 사용표, 최종소비 행렬($\mathbf{V}_b, \hat{\mathbf{U}}_b^0, \hat{\mathbf{Y}}_b^0$)에는 국민계정통계가 반영되지 않았기 때문에 <표 3>의 공급사용표는 행렬 간 합이 맞지 않

는 등 정합성 문제가 있어 바로 이용할 수 없다. 이때 음영 부분을 제약조건, $\mathbf{V}_b, \hat{\mathbf{U}}_b^0, \hat{\mathbf{Y}}_b^0$ 를 초기값으로 하여 앞서 언급한 SUT-RAS 방법을 적용하면 별도의 외생적 정보 없이도 정합성을 갖춘 기초가격 기준 공급사용표 $\hat{\mathbf{V}}_b, \hat{\mathbf{U}}_b, \hat{\mathbf{Y}}_b$ 를 만들 수 있다. 최종적으로는 기초가격 기준 총공급(총수요) 추정치 $\hat{\mathbf{q}}_b$ 를 도출하게 된다.

2) 국가별 비교년도 공급사용표 추계

앞서 설명한 과정과 같이 기준년도 기초가격 기준 공급사용표가 준비되었으면 비교년도 기초가격 기준 공급사용표도 국민계정통계가 적용된 수치를 제약조건으로, 기준년도 공급표 및 사용표, 최종소비 행렬을 초기값으로 하여 SUT-RAS 방법을 통해 작성할 수 있다.

두 개의 기준년도 BY_1 과 BY_2 사이에 있는 비교년도 $t(BY_1 < t < BY_2)$ 의 공급사용표를 추계할 때 국민계정통계에서 직접 인용 가능한 부분은 <표 3>에서 $\bar{\mathbf{x}}_b, \bar{m}, \bar{t}_n, \bar{\mathbf{w}}_b, \bar{w}_b, \bar{\mathbf{y}}, \bar{s}, \bar{e}$ 이다. 그러나 $\hat{\mathbf{s}}, \hat{\mathbf{e}}, \hat{\mathbf{m}}'$, 그리고 $\hat{\mathbf{t}}'_{\text{중간수요}}, \hat{\mathbf{t}}'_{\text{최종소비}}$ 는 별도의 추정을 통해 추정치를 확정하여야 한다. 이중 순생산물세 및 마진($\hat{\mathbf{t}}'_{\text{중간수요}}, \hat{\mathbf{t}}'_{\text{최종소비}}$)은 기준년도의 가격 전환행렬을 작성할 때와 동일한 과정으로 추정할 수 있으나 수출입($\hat{\mathbf{e}}, \hat{\mathbf{m}}'$) 및 재고증감($\hat{\mathbf{s}}$)은 별도의 추정 과정이 필요하다.

재고증감($\hat{\mathbf{s}}$)은 비교년도 국민계정통계에서의 재고증감과 시간상 앞서 있는 기준년도 BY_1 의 재고증감의 차를 상품별 재고증감 절대값으로 안분한 추정치($\hat{\mathbf{s}}^{t, BY_1}$)와 마찬가지로 기준년도 BY_2 의 재고증감과 비교년도 재고증감의 차를 안분한 추정치($\hat{\mathbf{s}}^{t, BY_2}$)를 평균하여 추정한다.

$$\begin{aligned}\hat{s}_i^{t, BY_1} &= s_i^{BY_1} + \frac{|s_i^{BY_1}|}{\sum_i |s_i^{BY_1}|} (\bar{s}^t - s^{BY_1}) \\ \hat{s}_i^{t, BY_2} &= s_i^{BY_2} + \frac{|s_i^{BY_2}|}{\sum_i |s_i^{BY_2}|} (\bar{s}^t - s^{BY_2}) \\ \hat{s}_i &= (\hat{s}_i^{t, BY_1} + \hat{s}_i^{t, BY_2}) / 2\end{aligned}$$

수출입의 경우 기준년도 수치는 국민계정통계를 반영하는 방법을 그대로 적용한다. 수출을 예로 들면, 기준년도 BY_1 과 BY_2 의 상품 i 의 수출 $\hat{e}_i^{BY_1}, \hat{e}_i^{BY_2}$ 는 각각 다음과 같다.

$$\hat{e}_i^{BY_1} = e_i^{BY_1} (e^{-BY_1} / e^{BY_1}), \quad \hat{e}_i^{BY_2} = e_i^{BY_2} (e^{-BY_2} / e^{BY_2})$$

하지만 국민계정통계에서는 산업연관표를 제외하고는 상품별 수출 데이터를 공표하지 않기 때문에 국제무역통계를 인용하여야 하나 국제무역통계상 상품별 수출의 총합과 국민계정통계의 수출이 일치하지 않을 수 있다. 그래서 비교년도 t 의 상품 i 의 수출 \hat{e}_i^t 는 전년도 $t-1$ 의 수출 추정치 \hat{e}_i^{t-1} 에 국제무역통계를 이용한 전년대비 수출 증감률과 기준년도 추정치와의 정합성을 유지하기 위한 보정치를 곱하여 추정한다. 여기에서 국제무역통계에서의 비교년도 t 의 상품 i 의 수출은 국민계정통계상 수치와 구분하기 위해 ew_i^t 라 한다.

$$\hat{e}_i^t = \hat{e}_i^{t-1} \cdot \frac{ew_i^t}{ew_i^{t-1}} \cdot \left(\frac{\hat{e}_i^{BY_2} / \hat{e}_i^{BY_1}}{ew_i^{BY_2} / ew_i^{BY_1}} \right)^{1 / (BY_2 - BY_1)}$$

해당 추정치 \hat{e}_i^t 는 국민계정통계상 비교년도 t 의 수출 \bar{e}^t 와의 정합성을 위해 표준화 절차를 거친다.

$$\hat{e}_i^t = \bar{e}^t \frac{\hat{e}_i^t}{\sum_i \hat{e}_i^t}$$

그리고 비교년도 t 의 상품별 수입도 수출과 같은 과정을 거쳐 추정한다.

한편, 비교년도 t 의 공급표 및 사용표, 최종소비 행렬 초기값($\hat{\mathbf{V}}_b^{t,0}$, $\hat{\mathbf{U}}_b^{t,0}$, $\hat{\mathbf{Y}}_b^{t,0}$)은 기준년도 추정치의 산술가중평균으로 추정할 수 있다.

$$\hat{\mathbf{V}}_b^{t,0} = \frac{(BY_2 - t) \mathbf{V}_b^{BY_1} + (t - BY_1) \mathbf{V}_b^{BY_2}}{BY_2 - BY_1}$$

$$\hat{\mathbf{U}}_b^{t,0} = \frac{(BY_2 - t) \mathbf{U}_b^{BY_1} + (t - BY_1) \mathbf{U}_b^{BY_2}}{BY_2 - BY_1}$$

$$\hat{\mathbf{Y}}_b^{t,0} = \frac{(BY_2 - t) \mathbf{Y}_b^{BY_1} + (t - BY_1) \mathbf{Y}_b^{BY_2}}{BY_2 - BY_1}$$

이후 SUT-RAS 방법을 통해 최종적으로 기초가격 기준 비교년도 t 의 공급사용표를 추계할 수 있다. 이를 다년간에 걸쳐 추계하고, 특히 비교년도 이전 혹은 이후에 기준년도가 없는 경우에는 한쪽 기준년도만을 기준으로 추정치 및 초기값을 추정한 후 추계하면 국가별 공급사용표 시계열이 작성된다.

3. 세계공급사용표 시계열 작성

국가별 공급사용표를 연결하여 세계공급사용표를 작성하기 위해서는 국가 간 무역 데이터베이스(bilateral trade database)가 포함된 국제무역통계가 필요하다. 재화의 경우에는 각국의 관세당국이 통관 업무를 수행하는 과정에서 수출입 실적에 HS(Harmonized System) 코드를 부여하여 관리하므로 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있다. 프로젝트에서는 UN Comtrade 데이터베이스¹⁰⁾로부터 1995년부터 2010년까지의 시계열을 확보하였다. 그러나 몇몇 국가의 경우 일부 연도의 시계열이 없고, 일부 국가의 무역 통계는 정치적인 이유로 공개하지 않거나 편제하지 않는 사례가 있었다. 이러한 문제로 누락된 시계열은 각국 통계기관에 직접 문의하고, 특정 국가의 비공표 통계는 특별분류 혹은 기타국가로 분류하는 관행에 따라 상대 국가를 유추하여 해결하였다¹¹⁾. 또, 여섯 자리 숫자 기준의 HS 코드로 식별되는 국가 간 무역 데이터베이스 내 수출입품목은 대략 5,000여 개에 달한다. 이를 이용 목적별로 구분하기 위해 BEC 코드(3차 개정판 기준)를 적용하여 중간소비, 최종소비 및 자본재로 분류하였으며 여러 목적으로 이용될 수 있는 품목은 HS 코드별로 목적별 가중치를 부여하였다. 최종적으로는 모든 품목을 프로젝트에서 삼는 기준에 맞게 CPA 및 NACE 기준으로 재분류하였다. 이에 따라 5,000여 개의 HS 코드별 재화 수출입품은 59개 상품(재화 포함) 그룹으로 정리되었으며 거래 상대국가별·이용 목적별 가중치 및 HS 코드별 재화 수출입품과 세계산업연관표 기준 재화 그룹과의 관계는 수입품 기준으로 다음과 같다.

10) 홈페이지(<http://comtrade.un.org>)에서 국가 간 무역 데이터를 포함한 다양한 데이터를 확인할 수 있다.

11) 중국은 홍콩과 마카오에 대해서는 별도 무역 통계를 편제하였지만, 대만과의 무역 통계는 명시적으로 공표하지 않았다. 하지만 프로젝트에서는 홍콩과 마카오도 중국 경제권으로 간주하였으며, 대만은 별도 국가로 분리하였다. 따라서 홍콩과 마카오의 무역 통계는 상계하고 두 지역의 타 국가간 무역 통계는 중국 본토의 통계에 포함시켰으며, 대만은 중국 입장에서 무역 상대방이 '기타 아시아'로 분류된 통계를 대만 무역 데이터로 간주하였다. 대만의 국가 간 무역 통계는 OECD에서 인용하였다.

〈표 4〉 수입품의 원수출 국가별·이용 목적별 가중치 및 재화 분류기준별 관계

HS 코드별 원수출 국가별 수입품	<p>중간재 : $m_{jo}^{\text{중간재}} = \alpha_{jo}^{\text{중간재}} m_{jo}^{\text{ITS}}$</p> <p>최종소비재 : $m_{jo}^{\text{최종소비재}} = \alpha_{jo}^{\text{최종소비재}} m_{jo}^{\text{ITS}}$</p> <p>총고정자본형성 : $m_{jo}^{\text{총고정자본형성}} = \alpha_{jo}^{\text{총고정자본형성}} m_{jo}^{\text{ITS}}$</p>
59개 상품 (프로젝트 편제) 기준 원수출 국가별 수입품	<p>중간재 : $m_{io}^{\text{중간재}} = \sum_{j=1}^{n_i} m_{jo}^{\text{중간재}}$</p> <p>최종소비재 : $m_{io}^{\text{최종소비재}} = \sum_{j=1}^{n_i} m_{jo}^{\text{최종소비재}}$</p> <p>총고정자본형성 : $m_{io}^{\text{총고정자본형성}} = \sum_{j=1}^{n_i} m_{jo}^{\text{총고정자본형성}}$</p>
59개 상품 기준 이용 목적 가중치	<p>중간재 : $\alpha_{io}^{\text{중간재}} = m_{io}^{\text{중간재}} / m_i^{\text{ITS}}$</p> <p>최종소비재 : $\alpha_{io}^{\text{최종소비재}} = m_{io}^{\text{최종소비재}} / m_i^{\text{ITS}}$</p> <p>총고정자본형성 : $\alpha_{io}^{\text{총고정자본형성}} = m_{io}^{\text{총고정자본형성}} / m_i^{\text{ITS}}$</p>

여기에서 아래첨자 o 는 수입품의 원수출 국가이며 2016년 공표 기준 43개 국가 및 기타 지역(Rest of World) 1개¹²⁾ 중 자국을 뺀 43개 국가를 나타낸다. j 는 HS 코드 기준 수입품을 나타낸다. CPA 기준 상품 i 중 재화는 각각 HS 코드 기준 재화 집합 $\{1, 2, \dots, n_i\}$ 에 대응되며 $m_i^S = \sum_{j=1}^{n_i} m_j^S$ 가 된다. α 는 가중치이며 $\sum_o (\alpha_{jo}^{\text{중간재}} + \alpha_{jo}^{\text{최종소비재}} + \alpha_{jo}^{\text{총고정자본형성}}) = 1$ 이 된다. 위첨자 ITS는 국민계정통계를 반영한 공급사용표상 수입(m_i^{SUT})과 구분하기 위하여 국제무역통계에서 인용한 수입 통계임을 나타내는 표시이다.

서비스 무역에도 재화와 동일하게 국가 간 거래 개념 및 거래 상대국가별·이용 목적별 수입 비율 가중치를 적용하였다. 그러나 무형이며 저장 불가능한 서비스는 신뢰성 있는 데이터 확보가 어려워 UN을 포함하여 Eurostat, OECD에서 데이터를 인용한 후 원천별로 데이터를 교차검증하고 최종적으로 정리된 데이터를 조정하여 이용하였다. 이때 서비스 무역의 기준은 WTO 협정 중 일부인 서비스 무역에 관한 일반 협정(General Agreement on Trade in Services)의 모드 1만을 따랐다¹³⁾. 가중치는 Eurostat에서 공표한 수입품 기준 투입

12) 향후 세계공급사용표 및 세계투입산출표 작성 시 작성 대상 국가 이외의 지역은 국가 간 산업연관표의 의 잔차로 처리할 수 있으나, 이 경우 양수가 되어야 하는 항목이 음수가 되는 문제가 발생할 수 있어 별도의 단일 지역으로 처리하였다.

13) 협정에 따르면, 서비스 무역은 네 가지 종류로 정의된다.

1. 모드 1 : 국경 통과 - 특정 국가의 영토에서 타국 영토로 이전되어 제공
2. 모드 2 : 해외 소비 - 특정 국가의 영토에서 타국의 소비자에게 제공

산출표를 기반으로 상품 i 의 전체 국가 및 연도별 평균을 계산하여 각 연도별로 모든 국가 간 서비스 무역에 동일하게 적용하였다¹⁴⁾.

수출입 데이터가 준비되었으면, 모든 국가의 공급사용표 단위를 미국달러(USD) 기준으로 변환한다. 이때 이용된 환율은 연도별 평균 미국달러 환율이며, IMF IFS(International Financial Statistics) 데이터베이스에서 인용하였다.

가. 원수출 국가별 수입거래표 추정

<표 3>에서 수입거래표, 즉 \hat{U}_b , \hat{Y}_b 의 수입 행렬을 $\hat{U}_b^{\text{수입}}$, $\hat{Y}_b^{\text{수입}}$ 라 하면 각 행렬별 원소는 $u_{ik}^{\text{수입}}$, $y_{ik}^{\text{수입}}$ 라 할 수 있다. 여기에서 k 는 산업 및 최종수요 항목별 열을 의미한다.

$$\hat{U}_b = \hat{U}_b^{\text{수입}} + \hat{U}_b^{\text{국내}}, \quad \hat{Y}_b = \hat{Y}_b^{\text{수입}} + \hat{Y}_b^{\text{국내}}$$

$u_{ik}^{\text{수입}}$, $y_{ik}^{\text{수입}}$ 는 각각 중간소비, 최종소비 및 총고정자본형성에 대응되며 <표 3>의 \hat{m}' ($= \{m_1^{\text{SUT}}, \dots, m_i^{\text{SUT}}\}$)에 이용 목적별 가중치를 곱하여 추정한다.

$$\text{중간소비 : } u_{ik}^{\text{수입}} = \frac{u_{ik}}{\sum_{l=1}^{35} u_{il}} \left(\sum_o \alpha_{io}^{\text{중간재}} \right) m_i^{\text{SUT}}$$

$$\text{최종소비 : } y_{ik}^{\text{수입}} = \frac{y_{ik}}{\sum_{l=1}^3 y_{il}} \left(\sum_o \alpha_{io}^{\text{최종소비재}} \right) m_i^{\text{SUT}}$$

$$\text{총고정자본형성 : } y_{i4}^{\text{수입}} = \left(\sum_o \alpha_{io}^{\text{총고정자본형성}} \right) m_i^{\text{SUT}} \quad 15)$$

특정 상품 i 의 재고증감을 제외한 총 국내 수요는 $\sum_k u_{ik} + \sum_k y_{ik}$ 와 같은데 이것이 m_i^{SUT} 보다 작을 경우, 즉 수입물량이 국내 수요를 상회할 경우 초과분은 국내 생산과정에

3. 모드 3 : 상업적 실체 - 타국 영토에서 특정 국가의 사업장을 통해 제공되는 서비스(직접투자 등)

4. 모드 4 : 자연인적 실체 - 타국 영토에서 특정 국가의 자연인을 통해 제공되는 서비스

14) Dietzenbacher et al.(2013)은 국제수지통계에서의 상품분류와 CPA와의 차이, 특정 상품 부문에서는 제한적인 국가 간 데이터, 그리고 이용 목적별 데이터를 확인할 수 없는 한계로 인해 Eurostat의 수입품 기준 투입 산출표를 인용하였고, 그나마 통계를 바로 사용한 것이 아닌 거친 추정(a rough estimate)을 위해 통계를 면밀하게 실사하였다고 밝혔다.

15) 총고정자본형성은 \hat{Y}_b 행렬(59×4)에서 가장 마지막 열을 의미한다.

서 이용되지 않는 잉여 상품으로 간주하여 재수출(re-export)¹⁶⁾분으로 취급한다.

$$\text{재수출 : } e_i^{\text{재수출}} = m_i^{\text{SUT}} - \left(\sum_k u_{ik} + \sum_k y_{ik} \right)$$

상품 i 에서 재수출이 일어날 경우 모든 산업 및 최종수요 항목에 대해 $u_{ik}^{\text{수입}} = u_{ik}$, $u_{ik}^{\text{국내}} = 0$, $y_{ik}^{\text{수입}} = y_{ik}$, $y_{ik}^{\text{국내}} = 0$ 이 성립하며 상품 i 의 수입 m_i 는 $m_i' = m_i - e_i^{\text{재수출}}$ 로 조정된다.

국가 간 수입거래표를 구성하는 수입 행렬은 $\hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입}}$, $\hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입}}$ 로부터 도출할 수 있는데 이를 $\hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입},o}$, $\hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입},o}$ 라 한다. 행렬별 원소는 원수출 국가별·이용 목적별 가중치의 가중평균을 통해 추정한다.

$$\text{국가 간 중간소비 : } u_{ik}^{\text{수입},o} = \frac{\alpha_{io}^{\text{중간재}}}{\sum_o \alpha_{io}^{\text{중간재}}} u_{ik}^{\text{수입}}$$

$$\text{국가 간 최종소비 : } y_{ik}^{\text{수입},o} = \frac{\alpha_{io}^{\text{최종소비재}}}{\sum_o \alpha_{io}^{\text{최종소비재}}} y_{ik}^{\text{수입}}$$

$$\text{국가 간 총고정자본형성 : } y_{i4}^{\text{수입},o} = \frac{\alpha_{io}^{\text{최종소비재}}}{\sum_o \alpha_{io}^{\text{최종소비재}}} y_{i4}^{\text{수입}}$$

이와 같은 추정 과정이 본 프로젝트가 기존의 글로벌 가치 사슬 분석 및 지역 간 산업 연관분석에 대해 가지는 핵심적인 차별점이라고 할 수 있다. 기존의 방법은 대체로 모든 경제 주체가 특정 재화 수요를 동일한 비율의 수입품으로 충당한다는 표준 수입 비율 가정을 적용하였지만¹⁷⁾ 본 프로젝트에서는 같은 상품이라도 수입품 충당 비율이 이용 목적 뿐만 아니라 이용 목적 안에서도 원수출 국가별로 달라진다는 Puzzello(2012)의 주장을 수용하여 상품과 산업 및 최종수요 항목별로 각기 다른 수입 비율이 적용되는 수입거래표 및 국가 간 수입거래표를 도출하였다.

16) 가공무역에서의 재수출 혹은 중계무역에서의 재수출로서 II장 2절에서 언급한 재수출과는 의미가 다르다.

17) Dietzenbacher et al.(2013)에서는 대표적인 예로 Peters et al.(2011) 및 Johnson and Noguera (2012)를 들고 있다. 전자는 글로벌 무역 분석 프로젝트(Global Trade Analysis Project) 데이터베이스를 활용한 다지역 산업연관모형(Multi-Regional Input-Output)에 관한 논문이며, 후자에서는 국가 간 무역 데이터와 투입산출표를 결합하여 총수출 중 국가간 부가가치 비율(ratio of Value Added to Gross Exports)을 다루고 있다.

한편, <표 2>와 <표 3>에서 수출은 FOB(Free on Board) 기준인 것과 달리 수입은 CIF(Cost, Insurance and Freight) 기준으로 계상되었다. 향후 세계공급사용표를 작성하기 위해서는 자국 입장에서의 상대국으로부터의 수입과 상대국 입장에서의 자국으로의 수출이 일치해야 하며, 1993 SNA에서는 수출입 금액을 모두 FOB 기준으로 산출하도록 하고 있기 때문에 수출에 비해 정보량이 더 많은 수입을 FOB 기준에 따라 조정해야 한다¹⁸⁾. 본 프로젝트에서는 두 기준의 차액인 화물운임 및 보험료를 국가 간 무역 마진¹⁹⁾으로 간주하여 이를 추정하였다. 우선 UN Comtrade 데이터베이스를 거리와 내륙국가 여부, 그리고 동일 대륙 더미변수를 설명변수로 하는 중력모형에 대입하여 수출단가 대비 수입단가 비율을 추정하였고, 여기에서 상품별 CIF-FOB 마진을 도출하였다²⁰⁾. 계산의 편의상 상품별 마진율을 상품 대응 벡터 \mathbf{tm}^o (59×1 벡터)로 표현하기로 한다.

나. 국가 간 공급사용표 및 세계공급사용표 작성

앞서 도출한 CIF-FOB 마진을 벡터 \mathbf{tm}^o 의 원소(상품별 마진율)를 순생산물세표 및 마진표 작성 방법과 마찬가지로 국가 간 수입 행렬 $\hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입},o}$, $\hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입},o}$ 의 산업별 각 대응 상품 원소에 곱하면 국가별 CIF-FOB 마진 행렬 \mathbf{TM}_U^o , \mathbf{TM}_Y^o 을 도출할 수 있으며 수입 행렬에서 마진 행렬을 차감하면 FOB 기준 수입 행렬 $\hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입},o,\text{FOB}}$, $\hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입},o,\text{FOB}}$ 이 도출된다.

$$\mathbf{TM}_U = \begin{bmatrix} \hat{u}_{1,1}^{\text{수입},o} & tm_1 & \cdots & \hat{u}_{1,35}^{\text{수입},o} & tm_1 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \\ \hat{u}_{59,1}^{\text{수입},o} & tm_{59} & \cdots & \hat{u}_{59,35}^{\text{수입},o} & tm_{59} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{TM}_Y = \begin{bmatrix} \hat{y}_{1,1}^{\text{수입},o} & tm_1 & \cdots & \hat{y}_{1,4}^{\text{수입},o} & tm_1 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \\ \hat{y}_{59,1}^{\text{수입},o} & tm_{59} & \cdots & \hat{y}_{59,4}^{\text{수입},o} & tm_{59} \end{bmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입},o,\text{FOB}} = \hat{\mathbf{U}}_b^{\text{수입},o} - \mathbf{TM}_U^o, \quad \hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입},o,\text{FOB}} = \hat{\mathbf{Y}}_b^{\text{수입},o} - \mathbf{TM}_Y^o$$

18) 1993 SNA에서는 기본적으로 총수입 및 총수출은 FOB 기준으로 계상하되 상품별 수출입액 평가시 FOB 기준 데이터를 구할 수 없을 경우 CIF 기준 평가금액과 FOB 기준 조정금액을 같이 산출하도록 했다 (System of National Accounts(1993), §3.85, p.96).

19) 엄밀한 의미에서 도소매마진 및 화물운임, 보험료 등은 구분되어야 하나 본 프로젝트에서는 <표 2>의 도출 과정에서부터 이러한 항목을 ‘마진’이라는 단일한 분류로 두고 있다.

20) 프로젝트에서는 Streicher and Stehrer(2012)가 제시한 방법론에 따라 세계산업연관표 분석 대상 국가의 마진 부문 경상수지를 기준으로 도출된 마진을 검증하였고, 그 결과 수입액 대비 평균 5~7%가 총 운송 비용으로 투입되는 것으로 추정되었다.

이를 토대로 FOB 기준 국가 간 수입거래표를 작성하는데, RAS 방법을 통해 자국의 수출입 총액과의 정합성을 갖춘 수입거래표를 추정하면 이것이 국가 간 사용표가 된다. 한 예시로, A국과 B국, 그리고 기타지역(Rest of World)이 존재하는 3국 모형에서 A국의 국가 간 공급사용표는 다음과 같다.

〈표 5〉 A국 기준 국가 간 공급사용표(기초가격 기준)

	상품	산업	최종 소비	재고 증감	수출	총계
상품(A국)		U^{AA}	Y^{AA}	s^A	e^A	\tilde{q}^A
B국으로부터 A국 수입 (FOB 기준)		U^{BA}	Y^{BA}			\tilde{m}^{BA}
기타지역으로부터 A국 수입 (FOB 기준)		U^{RA}	Y^{RA}			\tilde{m}^{RA}
산업(A국)	V^A					x^A
수입(A국 전체, CIF 기준)	$(\tilde{m}^{BA} + \tilde{m}^{RA})'$					m^A
부가가치		$(w^A)'$				w^A
국제 운송마진(운송비용)		$(tm_U^A)'$	$(tm_Y^A)'$			tm^A
총계	$(q^A)'$	$(x^A)'$	$(y^A)'$	s^A	e^A	

$(\tilde{m}_U^A)'$, $(\tilde{m}_Y^A)'$: A국의 상대국가별 CIF-FOB 마진 행렬 TM_U^0 , TM_Y^0 의 열합벡터를 모두 합한 벡터(각각 1×35 , 1×4 벡터)

음영 : CIF 기준 가격으로 산출된 부분

총고정자본형성 : 최종소비 항목에 포함

위 표에서 U^{BA} , Y^{BA} , U^{RA} , Y^{RA} 는 A국의 전체 수출입 금액(FOB 기준)을 제약조건으로, 앞서 도출한 $\hat{U}_b^{수입,o,FOB}$, $\hat{Y}_b^{수입,o,FOB}$ 중 B국 및 기타지역에 해당하는 수입 행렬을 초기값으로 하여 RAS 방법으로 추정한 행렬이다.

4. 세계공급사용표로부터 세계투입산출표 변환

세계공급사용표는 작성 대상 국가의 각 국가 간 공급사용표(기타지역 포함 2016년 공표 기준 총 1,892개)를 모두 연결한 것이다. 예를 들어 <표 5>의 기타지역 포함 3국 모형의 각 국가 간 공급사용표를 연결하면 3국 간 세계공급사용표를 만들 수 있다.

〈표 6〉

3국 세계공급사용표(기초가격 기준)

	상품 (A국)	상품 (B국)	산업 (A국)	산업 (B국)	최종 소비 (A국)	최종 소비 (B국)	재고 증감	수출 (기타 지역행)	총계
상품(A국)			U^{AA}	U^{AB}	Y^{AA}	Y^{AB}	s^A	e^{AR}	$\sim^A q$
상품(B국)			U^{BA}	U^{BB}	Y^{BA}	Y^{BB}	s^B	e^{BR}	$\sim^B q$
상품(기타지역)			U^{RA}	U^{RB}	Y^{RA}	Y^{RB}			
산업(A국)	V^A								x^A
산업(B국)		V^B							x^B
수입(CIF)	$(m^{BA} + m^{AB} + m^{RA})'$	$(m^{AB} + m^{RB})'$							
부가가치			$(w^A)'$	$(w^B)'$					
국제 운송마진 (운송비용)			$(tm_U^A)'$	$(tm_U^B)'$	$(tm_Y^A)'$	$(tm_Y^B)'$			tm
총계	$(q^A)'$	$(q^B)'$	$(x^A)'$	$(x^B)'$					

음영 : CIF 기준 가격으로 산출된 부분

프로젝트에서는 투입산출표를 「산업×산업」 행렬²¹⁾ 구조로 작성하였다²²⁾. 이에 따라 공급사용표를 투입산출표로 전환하기 위하여 고정 상품 판매구조 가정(fixed product sales structure assumption)을 채택하였다. 고정 상품 판매구조 가정은 동일한 상품으로서 특정 산업의 주생산물과 다른 산업의 부차적 생산물이 시장에 판매될 때 두 경우 모두 동일한 판매 구조를 보인다는 것이다. 다른 가정으로는 각 산업은 주생산물과 부차적 생산물 조합에 상관없이 고유의 판매 구조에 따라 판매된다는 고정 산업 판매구조 가정(fixed industry sales structure assumption)이 있으나, 가정 자체가 현실과 부합하지 않으며 전환된 투입산출표에 음(-)인 수치가 있을 수 있다는 문제가 있어 채택되지 않았다.

고정 상품 판매구조 가정에 따르면 공급사용표를 투입산출표로 변환하기 위해서는 사용표 행렬에 공급표 행렬을 이용한 변환 행렬을 곱해주면 된다. 이때 변환 행렬의 각 원소는 특정 상품의 총수요 중 산업별 국산품 공급 비율을 의미한다. <표 6>의 3국간 모형에서 A국과 B국의 변환 행렬은 다음과 같다²³⁾.

21) Dietzenbacher et al.(2013), p. 90.

22) Eurostat은 「상품×상품」 및 「산업×산업」 행렬 투입산출표를 모두 제공하고 있으며, OECD에서는 「산업×산업」 행렬 투입산출표만을 제공하고 있다.

23) 해당 가정을 토대로 한 수식 전개에 관한 자세한 설명은 Eurostat(2008), p. 349~352 참고.

$$\mathbb{B}^A = \mathbb{V}^A (\text{diag}(\tilde{\mathbf{q}}^A)^{-1}), \quad \mathbb{B}^B = \mathbb{V}^B (\text{diag}(\tilde{\mathbf{q}}^B)^{-1}) \quad 24)$$

$\text{diag}(\mathbf{q})$: 벡터 \mathbf{q} 의 대각행렬

이를 <표 6>의 항목별 사용표 행렬(중간수요, 총고정자본형성 포함 최종소비, 재고증감 및 수출)에 적용하면 투입산출표의 각 행렬을 도출할 수 있다.

<표 7> 세계사용표 각 행렬의 세계투입산출표로의 변환

중간수요	$\begin{aligned} \mathbf{Z}^{AA} &= \mathbb{B}^A \mathbf{U}^{AA}, & \mathbf{Z}^{AB} &= \mathbb{B}^A \mathbf{U}^{AB} \\ \mathbf{Z}^{BA} &= \mathbb{B}^B \mathbf{U}^{BA}, & \mathbf{Z}^{BB} &= \mathbb{B}^B \mathbf{U}^{BB} \end{aligned}$
최종소비	$\begin{aligned} \mathbf{F}^{AA} &= \mathbb{B}^A \mathbf{Y}^{AA}, & \mathbf{F}^{AB} &= \mathbb{B}^A \mathbf{Y}^{AB} \\ \mathbf{F}^{BA} &= \mathbb{B}^B \mathbf{Y}^{BA}, & \mathbf{F}^{BB} &= \mathbb{B}^B \mathbf{Y}^{BB} \end{aligned}$
재고증감	$\tilde{\mathbf{s}}^A = \mathbb{B}^A \mathbf{s}^A, \quad \tilde{\mathbf{s}}^B = \mathbb{B}^B \mathbf{s}^B$
수출(기타지역행)	$\tilde{\mathbf{e}}^{AR} = \mathbb{B}^A \mathbf{e}^{AR}, \quad \tilde{\mathbf{e}}^{BR} = \mathbb{B}^B \mathbf{e}^{BR}$

$\mathbf{Z}^{AA}, \mathbf{Z}^{AB}, \mathbf{Z}^{BA}, \mathbf{Z}^{BB}$: 중간수요 행렬(35(산업)×35(산업) 행렬)

$\mathbf{F}^{AA}, \mathbf{F}^{AB}, \mathbf{F}^{BA}, \mathbf{F}^{BB}$: 총고정자본형성 포함 최종수요 행렬(35×4(항목) 행렬)

한편 프로젝트에서는 잔차 문제를 제거하기 위해 기타지역을 별도의 국가로 간주하였기 때문에, 여타 분석 대상 국가와 마찬가지로 투입산출표 변환 행렬 및 공급사용표 작성 시 별도로 산출하지 않았던 기타지역 내 투입산출행렬을 별도로 추정하였다. 우선 기타지역의 변환 행렬은 분석 대상 국가 43개국의 공급표를 모두 더한 \mathbf{V}^R 에 \mathbf{V}^R 의 열합벡터 $\tilde{\mathbf{q}}^R$ 을 토대로 도출되었다. 이는 기타지역의 산업 구조가 분석 대상 국가와 유사하다는 가정 하에 분석 대상 국가의 평균 총수요 중 국산 조달 비율을 기타지역에 적용한다는 의미를 갖는다.

$$\mathbb{B}^R = \mathbf{V}^R (\text{diag}(\tilde{\mathbf{q}}^R)^{-1})$$

기타지역의 세계투입산출표를 작성하기 위해서는 <표 6>에서 분석 대상 국가의 기타지역으로부터의 수입 $\mathbf{U}^{RA}, \mathbf{U}^{RB}, \mathbf{Y}^{RA}, \mathbf{Y}^{RB}$ 이외에도 분석 대상 국가의 기타지역으로의 수

24) 대각행렬의 역행렬은 원대각행렬 각 원소에 역수가 적용된 행렬이 된다.

출, 기타지역 내 투입산출표가 필요하다. 이 중 기타지역으로부터의 수입(기타지역에서의 수출)은 \mathbb{B}^R 을 적용하여 투입산출표로 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned}\mathbf{Z}^{RA} &= \mathbb{B}^R \mathbf{U}^{RA}, & \mathbf{Z}^{RB} &= \mathbb{B}^R \mathbf{U}^{RB} \\ \mathbf{F}^{RA} &= \mathbb{B}^R \mathbf{Y}^{RA}, & \mathbf{F}^{RB} &= \mathbb{B}^R \mathbf{Y}^{RB}\end{aligned}$$

기타지역으로의 수출(기타지역에서의 수입)은 국가 간 수출금액 중 평균 산업별·이용 목적별 비율을 적용하여 수출 벡터 $\tilde{\mathbf{e}}^{AR}$, $\tilde{\mathbf{e}}^{BR}$ 을 중간수요 행렬(\mathbf{Z}^{AR} , \mathbf{Z}^{BR}) 및 최종소비 행렬(\mathbf{F}^{AR} , \mathbf{F}^{BR})로 분리하였다. 평균은 기타지역이 대부분 개발도상국가임을 감안하여²⁵⁾ 선진국(개발도상국 지정 제외 국가)으로부터 지정된 개발도상국(브라질, 러시아, 인도, 중국, 인도네시아, 멕시코)으로 수출되는 물품 중 산업별·이용 목적별 비율로부터 계산하였다.

기타지역 내 투입산출표(\mathbf{Z}^{RR} , \mathbf{F}^{RR})는 UN 국민계정통계와 UNIDO 산업 통계로부터 도출하였다. 우선 프로젝트 분석 대상 국가를 제외한 모든 국가의 경제활동별·최종수요별 GDP를 더함으로써 부가가치 데이터를 산출하고, 항목별 총투입(총산출)은 지정된 개발도상국의 항목별 부가가치율을 앞서 산출한 GDP 데이터에 적용하여 추정하였다. 이후 프로젝트의 산업 분류별 총투입을 도출하기 위해 분석 대상 국가 제외 UNIDO 산업 통계의 평균 국가별 총산출 산업별 비율을 산출하여 앞서 추정한 항목별 총투입에 적용하였다. 마지막으로, 세부 항목별 총투입을 투입산업별로 분리하기 위해 지정된 개발도상국의 투입산업별 대 수요산업 투입액 가중평균을 산출하여 적용하고 이에 따라 도출된 기타지역 내 투입산출표 행렬을 초기값, 나머지 부분을 제약조건으로 하는 RAS 방법을 이용하여 최종적으로 기타지역 내 투입산출표를 편제하였다. 이와 같은 과정을 거쳐 「산업×산업」 형태의 세계투입산출표를 작성하였으며, 이해의 편의를 위하여 <표 6>의 3국간 모형을 적용한 세계투입산출표는 다음과 같다.

25) 분석 대상 국가는 모든 G7 국가 및 대부분의 OECD 회원국(아이슬란드, 노르웨이, 뉴질랜드, 칠레, 이스라엘 제외)을 포함하고 있어 사실상 분석 대상에서 제외된 국가는 대부분 개발도상국으로 볼 수 있다.

〈표 8〉 3국 세계투입산출표(기초가격 기준)

	중간수요			최종수요			재고증감	총계
	A국	B국	기타	A국	B국	기타		
산업(A국)	Z^{AA}	Z^{AB}	Z^{AR}	F^{AA}	F^{AB}	F^{AR}	\tilde{s}^A	x^A
산업(B국)	Z^{BA}	Z^{BB}	Z^{BR}	F^{BA}	F^{BB}	F^{BR}	\tilde{s}^B	x^B
산업(기타지역)	Z^{RA}	Z^{RB}	Z^{RR}	F^{RA}	F^{RB}	F^{RR}		x^R
부가가치	$(w^A)'$	$(w^B)'$	$(w^R)'$					
국제운송마진	$(tm_U^A)'$	$(tm_U^B)'$	0	$(tm_Y^A)'$	$(tm_Y^B)'$	0	0	tm
총계(총산출)	$(x^A)'$	$(x^B)'$	$(x^R)'$					

III. 맺음말

세계산업연관표는 국가별 산업연관표와 달리 전 세계를 하나의 단일한 폐쇄경제로 간주하고 작성되었다. 즉, 개방경제를 전제로 하는 국가별 산업연관표에서는 수입 및 국내생산물 중 중간수요 및 소비와 투자, 재고 축적에 이용하고 해외 수요는 수출이라는 단일 항목으로 계상되지만 세계산업연관표에서는 해당 수출은 모두 다른 국가의 중간수요 및 소비와 투자를 충족시키는 데 이용되기 때문에 세계 전체에서는 수출 항목이 별도로 존재하지 않는다. 이는 <표 8>의 세계투입산출표 중 A국의 투입산출표를 따로 분리하여 보면 알 수 있다.

<표 9> 3국 중 A국의 투입산출표(기초가격 기준)

	중간수요 산업	최종수요	재고 증감	수출	총계
산업	$\mathbf{Z}^{AA} + (\mathbf{Z}^{BA} + \mathbf{Z}^{RA})$	$\mathbf{F}^{AA} + (\mathbf{F}^{BA} + \mathbf{F}^{RA})$	$\tilde{\mathbf{s}}^A$	$\tilde{\mathbf{e}}^A$	\mathbf{x}^A
부가가치	$(\mathbf{w}^A)'$				
국제운송마진	$(\mathbf{tm}_U^A)'$	$(\mathbf{tm}_Y^A)'$			tm^A
총계(총산출)	$(\mathbf{x}^A)'$				

$$\tilde{\mathbf{e}}^A : \tilde{\mathbf{e}}^{AR} + (\mathbf{Z}^{AB} + \mathbf{F}^{AB})_l$$

- l : 행합 벡터(35×1 벡터, 각 원소는 모두 1)

<표 9>의 국가별 투입산출표에서는 수입품의 원수출국이나 수출품의 행선국을 별도로 파악할 필요가 없으며, 다만 개방경제인 관계로 수입거래표 및 수출입 벡터 작성이 필요하다. 그러나 <표 8>에서는 전 세계 이외 영역과의 교류가 없는 것을 전제하기 때문에 수출입 항목은 존재하지 않으며 국가 간 수출입에 있어서도 잔차를 남길 수 없기 때문에 편제 과정에서 수출입 행선지 파악 및 특정 국가 간 수출 및 수입 액수 동기화가 반드시 필요하다. 이는 세계산업연관표를 작성하는 데 있어서 국가 간 무역(bilateral trade) 통계가 매우 중요한 역할을 하고 있음을 의미한다. 이러한 통계가 부실하였다면, 프로젝트에서 특정 국가에서 여러 다른 국가로부터 동일한 상품을 수입하더라도 거래상대 국가에 따라 상품의 이용 목적별 수요 비율이 달라진다는 전제에 따라 거래국가별·상품별로 별도의 수입충당비

율을 추정하는 것이 매우 어려웠을 것이다. 특히 재화 무역과 달리 서비스 무역은 신뢰성 있는 국가 간 무역 통계가 적어 수입충당비율 추정이 어려웠는데, Dietzenbacher et al.(2013)은 결론에서 UN 통계국이 서비스 무역 통계 분과를 무역 통계 위원회에 설치한 것과 여행수지 의존 국가의 통계 품질 향상 가능성 등의 노력을 현 상황을 개선시키는 기회로 보고 있다고 밝혔다.

세계산업연관표의 접근 방법은 우리나라의 지역 간 산업연관표에도 적용 가능하다. 이는 신뢰성 있는 통계를 작성하기 위해서는 지역 내 총생산 등 지역 간 경제 통계가 세밀하게 구축되어 있어야 하되 서비스 무역의 경우처럼 정확한 통계를 찾기 어려우면 여러 통계를 교차검증하여 이용하는 등 대안을 염두에 두고 있어야 함을 의미한다. 따라서 지역 간 산업연관표 편제 시 기반 통계를 면밀히 점검하고, 통계 정합성에 대한 대안을 연구해 나갈 필요가 있겠다.

참고문헌

- 이종호, 양시환, “글로벌 가치사슬이 산업별 생산성에 미치는 영향”, 『조사통계월보』, 제 2017-7호, 한국은행, 2017, pp. 55-87.
- 한국은행, 『산업연관분석해설』, 2014.
- Dietzenbacher, Erik, et al. “The construction of world input-output tables in the WIOD project.” *Economic Systems Research* 25.1 (2013): 71-98.
- Eurostat. *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*, 2008.
- Grossman, Gene M., and Esteban Rossi-Hansberg. “Trading tasks: A simple theory of offshoring.” *The American Economic Review* 98.5 (2008): 1978-1997.
- Johnson, Robert C., and Guillermo Noguera. “Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value added.” *Journal of International Economics* 86.2 (2012): 224-236.
- Miller, Ronald E., and Peter D. Blair. *Input-output analysis: foundations and extensions*. 2nd ed. Cambridge University Press, 2009.
- O'Mahony, Mary, and Marcel P. Timmer. “Output, input and productivity measures at the industry level: the EU KLEMS database.” *The Economic Journal* 119.538 (2009).
- Peters, Glen P., Robbie Andrew, and James Lennox. “Constructing an environmentally-extended multi-regional input-output table using the GTAP database.” *Economic Systems Research* 23.2 (2011): 131-152.
- Puzzello, Laura. “A proportionality assumption and measurement biases in the factor content of trade.” *Journal of International Economics* 87.1 (2012): 105-111.
- Temurshoev, Umed, and Marcel P. Timmer. “Joint estimation of supply and use tables.” *Papers in Regional Science* 90.4 (2011): 863-882.
- Timmer, Marcel P., et al. *An anatomy of the global trade slowdown based on the WIOD 2016 release*. No. GD-162. Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen, 2016.