

이차전지산업의 GSC 및 GVC 분석

- 한·중·일을 중심으로 -

박재성*

이차전지는 충전이 가능한 화학전지로 전자제품, 운송장비 등에 널리 사용된다. 글로벌 이차전지 시장은 전기차 판매 증가 등으로 빠르게 성장하였으며, 한국, 중국 및 일본이 시장에서 중요한 역할을 하고 있다.

이차전지를 안정적으로 생산하기 위해서는 원자재의 원활한 공급이 매우 중요하다. 핵심 원자재(리튬, 니켈, 코발트 및 흑연)별 글로벌 공급사슬(GSC)을 보면 칠레, 호주, 중국, 인도네시아, 콩고민주공화국 등 다양한 국가가 중요한 역할을 한다. 특히 중국은 원자재를 가공하여 이차전지 소재(양극재, 음극재 등)로 만드는 단계에서 시장 점유율이 높은 편이며, 한국 및 일본은 중국이 가공한 원자재를 많이 수입하고 있었다. 이러한 내용을 바탕으로 이차전지산업의 글로벌 가치사슬(GVC)을 국제산업연관표를 활용하여 살펴보았다. 먼저 중국은 공급망 내 재화가 높은 수준으로 이루어져 이차전지 수출로 창출된 부가가치가 자국으로 많이 이입되는 모습이었다. 반면 한국과 일본은 원자재를 중국으로부터 많이 수입하고 있는 만큼 부가가치가 중국으로 많이 이출되고 있었다.

우리나라 이차전지산업의 경쟁력을 제고하여 경제성장에 대한 기여도를 더욱 높이기 위해서는 공급망 다변화 및 내재화를 지속적으로 추구할 필요가 있다. 국내 가공 능력을 제고하여 다양한 국가와 가공 전 원자재를 직접 수입하는 방식으로 공급망 다변화를 꾀하고, 이차전지산업 발전에 따라 창출된 부가가치가 더욱 많이 국내로 이입되도록 해외직접투자 등을 활용해야 할 것이다.

I. 검토 배경

1. 이차전지의 중장기적 중요성
2. 이차전지 시장에서의 한중일의 위상

II. 이차전지 핵심 원자재의 수출입 구조를 활용한 GSC 분석

1. 이차전지의 생산 과정 및 원자재의 중요성
2. 이차전지 핵심 원자재별 한중일의 GSC

III. 국제산업연관표를 활용한 이차전지산업의 GVC 분석

1. 국제산업연관표를 활용한 GVC 분석
2. ADB MRIO 내 한·중·일의 산업분류 세분화
3. DVA 및 FVA
4. GVC 참여도

IV. 결론 및 시사점

참고문헌 및 사이트

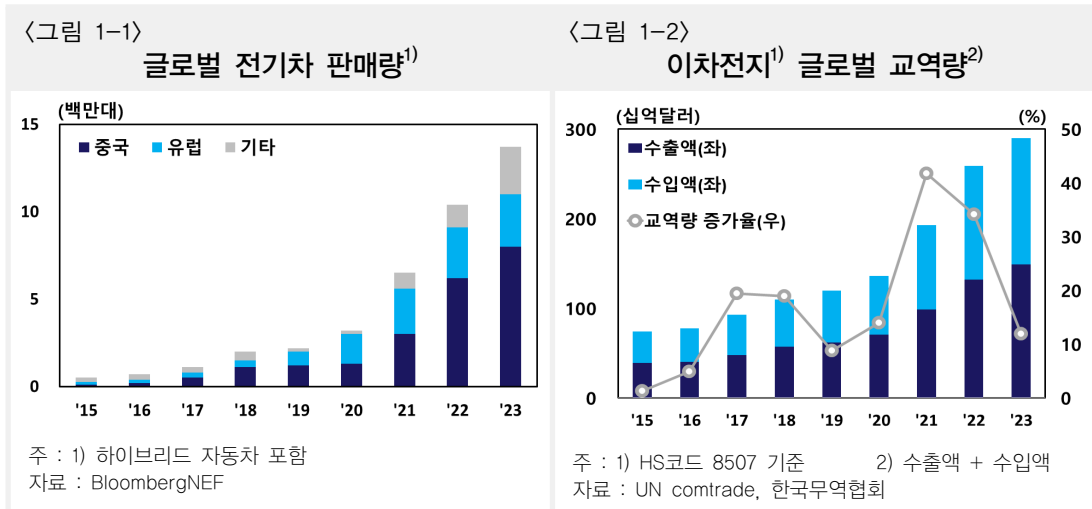
* 한국은행 경제통계국 산업통계부 투입산출팀 과장(e-mail: jacsungpark@bok.or.kr, phone: 02-750-6664)

※ 본 연구의 내용은 집필자의 개인 의견으로 한국은행의 공식 견해를 나타내는 것은 아닙니다.

I. 검토 배경

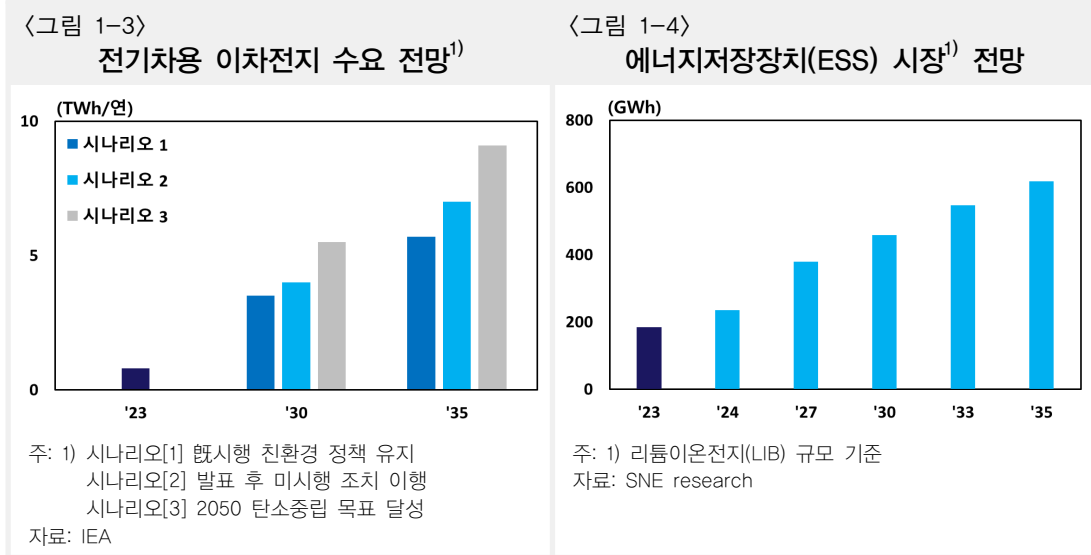
1. 이차전지의 중장기적 중요성

이차전지(secondary battery)란 화학전지¹⁾ 중 충전이 가능한 것을 말한다. 이차전지는 충전이 가능하다는 장점으로 인해 에너지 저장 및 공급장치로서 전자제품, 운송장비 등 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다. 특히 2021~22년에는 중국 및 유럽을 중심으로 전기차 판매가 크게 증가하면서 글로벌 이차전지 시장도 빠르게 성장하였다.



이차전지 시장은 최근 중국의 전기차 시장 포화 예상²⁾, 주요국의 친환경 정책 기조 변화 가능성³⁾ 등의 글로벌 불확실성이 있다. 하지만 중장기적으로는 전기차용 이차전지 수요가 계속 늘어날 것으로 전망되고 있으며 에너지저장장치⁴⁾(ESS, Energy Storage System) 시장도 높은 성장 가능성을 가지고 있어 잠재력이 여전히 크다고 볼 수 있다.

1) 전지(battery)는 화학 에너지를 전기 에너지로 변환하는 화학전지, 물리 에너지(광, 열, 원자력 등)를 전기 에너지로 변환하는 물리전지로 구분할 수 있으며, 화학전지는 다시 충전이 불가능하여 일회용인 일차전지(primary battery), 충전이 가능하여 다회용인 이차전지(secondary battery), 연료의 화학 에너지를 직접 전기 에너지로 변환하는 연료전지(예: 수소연료전지)로 구분할 수 있다.
 2) 중국의 전기차 침투율(전체 자동차 판매량에서 전기차가 차지하는 비중)이 2023년에는 약 35%를 넘겼으며 시장에서는 세계 최대의 전기차 시장인 중국 내수 시장이 포화상태에 도달하고 있다는 예상이 우세하다.
 3) 유럽의 환경 규제 등 친환경 정책이 경제적 부담을 이유로 지역 내 반발에 직면하고 있으며, 미국은 금번 대선의 주요 후보인 트럼프가 일부 환경 규제에 대해 폐지할 것을 공약으로 내세우고 있다.
 4) 에너지를 저장해 두었다가 필요한 시기에 꺼내어 사용할 수 있도록 하는 장치로, 초고용량 전지를 포함하여



2. 이차전지 시장에서의 한·중·일의 위상

글로벌 이차전지 시장에서 중요한 국가를 들자면 한국, 중국 및 일본을 말할 수 있다. 매출액 및 출하량 기준으로 글로벌 상위 10개 업체는 모두 한·중·일 업체이며, 해당 업체의 시장 점유율을 합치면 약 94%(2023년 출하량 기준)로 시장 지배력이 압도적이다. 또한 세 국가의 수출액(2023년 통관 기준)을 합치면 전 세계의 약 51%로 절반 이상을 차지한다.

국가별로 보면 먼저 중국의 영향력이 매우 큰 편이다. 중국은 2004년부터 현재까지 전 세계에서 가장 많은 이차전지를 수출하는 국가이다. 중국 수출이 전 세계에서 차지하는 비중도 꾸준히 증가하여 2023년에는 약 47%를 기록하였다. 다음으로 우리나라는 2000년대 초반부터 수출이 꾸준히 늘어나면서 2010년에 수출 비중이 세계 2위를 기록하였으며 이후 2위 자리를 2020년까지 꾸준히 유지하였다. 최근 해외생산이 늘어나면서⁵⁾ 해당 수출액 중 일부가 우리나라 수출로 잡히지 않아⁶⁾ 순위가 조금 낮아졌을 뿐 글로벌 시장에서 여전히 큰 비중을 차지하고 있다. 일본은 2000년대 초반에 가장 많은 이차전지를 전 세계로 수출하는 국가였다. 수출 비중을 기준으로 보면 일본은 2004년에 중국에 추월당하였고 2010년에는 우리나라에 추월당하였으나 전 세계에서 수출 비중이 여전히 높은 편으로 중요한 국가라고 할 수 있다.

다양한 형태의 저장 기술을 포괄한다.

5) BloombergNEF에 따르면 우리나라 이차전지 제조 3사(LG에너지솔루션, 삼성SDI, SK on)의 해외생산 비중이 2012년에는 약 10%였으나 2022년에는 90%를 넘겼다.

6) 통관 기준 수출 통계는 국경 통과를 기준으로 하기 때문에 해외에서 생산된 이차전지가 현지에서 바로 판매되거나 우리나라를 거치지 않고 제3국으로 직접 수출되는 경우 우리나라 수출로 잡히지 않는다.

〈표 1-1〉

글로벌 주요 업체별 시장 점유율¹⁾

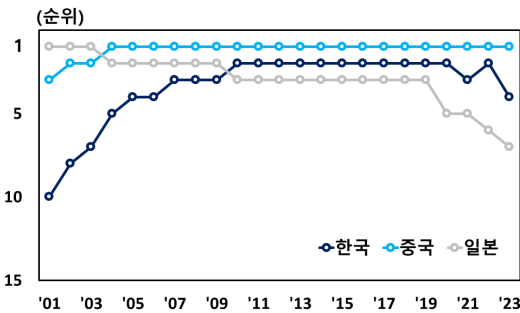
업체명 (국가)		매출액		출하량	
		순위	점유율(%)	순위	점유율(%)
CATL	(중국)	1	30.6	1	35.6
LG에너지솔루션	(한국)	2	16.4	3	14.9
BYD	(중국)	3	10.6	2	15.6
삼성SDI	(한국)	4	7.8	5	5.7
SK on	(한국)	5	7.5	4	6.6
Panasonic	(일본)	6	3.6	6	4.7
CALB	(중국)	7	2.4	7	3.9
EVE	(중국)	8	2.3	9	2.4
Guoxuan	(중국)	9	1.8	8	2.9
Farasis	(중국)	10	1.8	10	1.7
기타		-	15.2	-	6.0
합계		-	100	-	100

주 : 1) 2023년 기준
 자료 : SNE research, 'Global EV용 배터리 업체별 판매 실적'

한·중·일 이차전지¹⁾

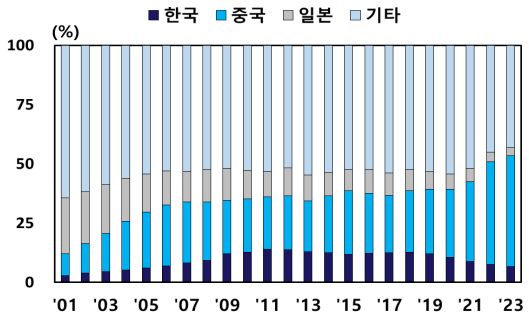
〈그림 1-5-1〉

수출 순위²⁾



〈그림 1-5-2〉

국가별 수출 비중²⁾



주 : 1) HS코드 8507 기준
 2) [순위] 수출액 비중 기준, [비중] 각 국가별 수출액/전 세계 수출액, 2020~23년 평균 기준
 자료 : UN comtrade, 한국무역협회

이에 본고에서는 이차전지산업의 주요국인 한·중·일을 중심으로 수출입 구조를 살펴보고(GSC⁷⁾ 분석), 이차전지 교역으로 국가별 부가가치가 어떻게 이출입되는지 등을 국제산업연관표를 활용하여 파악(GVC⁸⁾ 분석)한 후 시사점을 제시하고자 한다.

7) 글로벌 공급사슬(Global Supply Chain)은 여러 국가가 국제적으로 상호 연결되어 재화 및 서비스를 기획하고 개발한 후 생산, 유통 및 판매하는 일련의 과정을 의미한다.
 8) 글로벌 가치사슬(Global Value Chain)은 GSC와 같거나 유사한 뜻으로 쓰인다. 다만 본고에서는 명확한 구분을 위해 GSC는 생산 및 판매 과정 자체를, GVC는 생산 및 판매 과정에서 창출되는 부가가치가 국가 간 상호 연결되어 있다는 의미로 사용하였다.

II. 이차전지 핵심 원자재의 수출입 구조를 활용한 GSC 분석

1. 이차전지의 생산 과정 및 원자재의 중요성

글로벌 공급사슬(Global Supply Chain, 이하 GSC) 분석을 위해 이차전지의 생산 과정을 간략히 살펴보면 다음과 같다. 먼저 광물 생산업체가 이차전지 생산에 필요한 원자재인 광물을 채굴하면 이를 전문기술을 가진 업체가 이차전지 소재용으로 가공 작업을 수행한다. 다음으로 소재 생산업체가 가공된 광물 등을 바탕으로 양극재, 음극재 등의 주요 소재⁹⁾를 생산한다. 마지막으로 이차전지 생산업체는 소재 등을 활용하여 수요처별 규격을 고려한 이차전지를 최종 생산한다. 추가로 사용이 완료된 이차전지는 폐기되거나 신규 전지 제조 등에 재활용된다. 정리하면 이차전지산업은 원자재 → 소재 → 최종재 → 폐기 혹은 재활용의 사이클을 가지고 있으며 후방산업(upstream)은 광업(mining), 전방산업(downstream)은 전기차 등 제조업이라고 할 수 있다.

이차전지의 전방산업은 앞서 언급하였듯 중장기적으로 계속 성장할 것으로 예상된다. 이러한 전방산업의 수요를 뒷받침하면서 이차전지를 안정적으로 생산하기 위해서는 원활한 원자재 수급이 가장 중요한 선결 조건이다. 이에 본 장에서는 이차전지의 핵심 원자재(리튬, 니켈, 코발트, 흑연)별 글로벌 공급과 한·중·일의 수출입 구조를 활용하여 GSC를 분석하였다.

2. 이차전지 핵심 원자재별 한·중·일의 GSC

가. 리튬(Lithium)

(글로벌 공급)

글로벌 리튬 공급에 있어서 중요한 국가는 칠레, 호주, 중국 등이라고 할 수 있다. 수출

9) (참고 1) ‘이차전지의 주요 소재’를 참조하기 바란다.

액(소재용 가공 포함) 기준으로 보면 세 국가가 전 세계에서 차지하는 비중이 약 81%로 칠레가 가장 많으며 그다음으로 호주, 중국 순이다. 또한 칠레는 리튬 매장량이, 호주는 생산량이 가장 많은 국가이며, 중국은 리튬 가공에 있어서 시장 점유율이 가장 높은 국가라는 특징을 가지고 있다.

〈표 2-1〉

리튬¹⁾ 수출액 비중²⁾

국가	칠레	호주	중국	미국	네덜란드	기타	합계
비중	31.4	30.8	19.4	2.5	2.2	13.8	100
순위	1	2	3	4	5	-	-

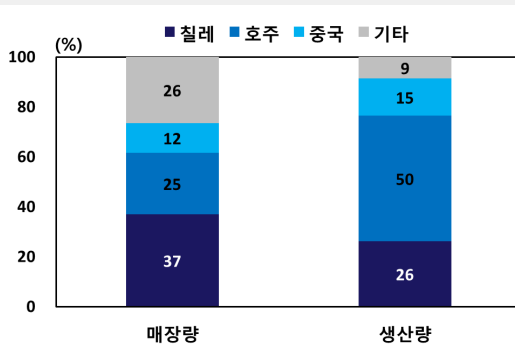
주: 1) HS코드 253090(스포듀민 등), 282520([수]산화리튬), 283691(탄산리튬) 기준

2) 각국의 수출액/전 세계 수출액(%), 2020~22년 평균 수출액 기준

자료: UN comtrade

〈그림 2-1〉

리튬 매장량 및 생산량¹⁾ 비중

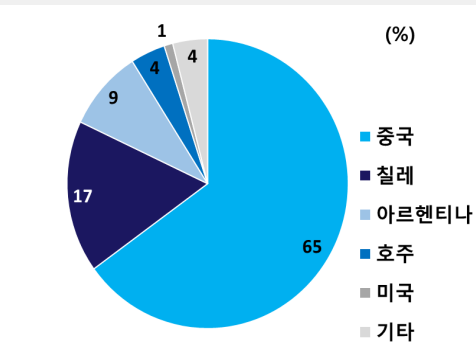


주: 1) 2020~2022년 평균 기준

자료: USGS

〈그림 2-2〉

리튬 주요 제련국 비중



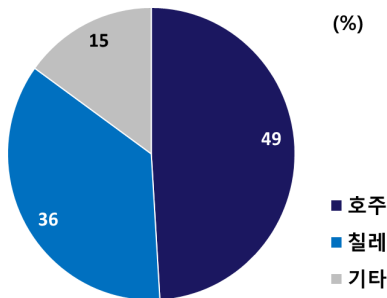
자료: BNEF(2022), 임지훈(2022)

(한·중·일 수출입 구조)

이러한 내용을 바탕으로 중국의 리튬 수출입 구조부터 살펴보면 주요 수입국은 호주, 칠레 등이며, 주요 수출국은 한국, 일본 등이다. 즉, 중국은 호주, 칠레 등으로부터 리튬을 수입하여 제련 등 가공을 거쳐 자국에서 사용하거나 한국, 일본 등 주요 이차전지 생산국에 수출하고 있음을 알 수 있다.

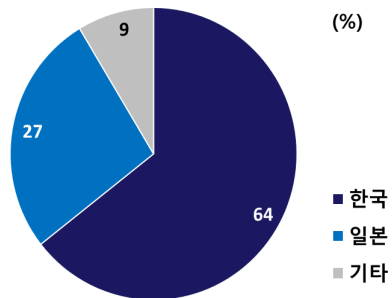
<그림 2-3>

중국의 리튬¹⁾ 수입액 비중²⁾



<그림 2-4>

중국의 리튬¹⁾ 수출액 비중²⁾

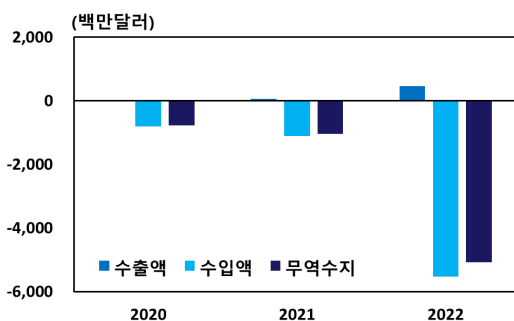


주 : 1) HS코드 253090(스포듀민 등), 282520([수]산화리튬), 283691(탄산리튬) 기준
2) 2020~22년 평균 기준
자료 : UN comtrade

다음으로 한국 및 일본의 리튬 수출입 구조를 살펴보면 두 나라 모두 수입에 많이 의존하고 있으며 중국 및 칠레로부터의 수입 비중이 높게 나타난다. 특히 우리나라는 2020~22년 평균 리튬 수입액 중 중국 및 칠레의 비중을 합치면 약 94%로 사실상 두 나라에서 대부분 수입하고 있다. 또한 중국 수입 비중이 계속 늘어나(2020년: 49.4% → 2022년: 63.2%) 공급망 편중 현상이 심화되었다. 일본의 경우에도 중국 및 칠레에 대한 수입 비중이 약 79%로 높은 편이다. 다만 일본은 중국 수입 비중을 50%대에서 유지하고 있으며 미국, 아르헨티나 등에서도 다소 수입하고 있어 우리나라보다는 공급망이 다변화된 모습이다.

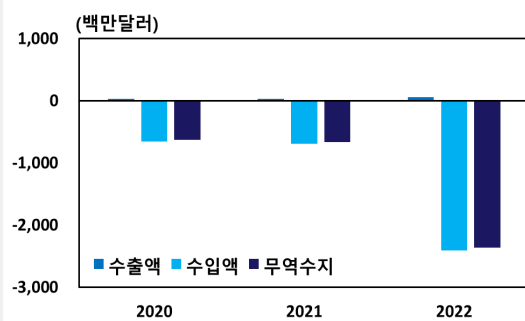
<그림 2-5>

한국의 리튬¹⁾ 무역수지²⁾



<그림 2-6>

일본의 리튬¹⁾ 무역수지²⁾



주 : 1) HS코드 253090(스포듀민 등), 282520([수]산화리튬), 283691(탄산리튬) 기준
2) 수출액 - 수입액(통관 기준)
자료 : UN comtrade, 한국무역협회

〈표 2-2〉

한국의 리튬¹⁾ 주요 수입국 비중²⁾

순위	2020		2021		2022		평균 ³⁾	
1	중국	49.4	중국	56.5	중국	63.2	중국	60.7
2	칠레	42.3	칠레	35.0	칠레	31.8	칠레	33.4
3	호주	2.8	러시아	2.7	아르헨티나	1.8	아르헨티나	1.6
4	러시아	2.1	아르헨티나	1.5	호주	1.4	호주	1.6
5	미국	0.7	호주	1.4	러시아	0.6	러시아	1.1

주 : 1) HS코드 253090(스포듀민 등), 282520([수]산화리튬), 283691(탄산리튬) 기준
 2) 각국으로부터의 수입액/총수입액(%) 3) 2020~22년 평균 수입액 기준
 자료 : UN comtrade, 한국무역협회

〈표 2-3〉

일본의 리튬¹⁾ 주요 수입국 비중²⁾

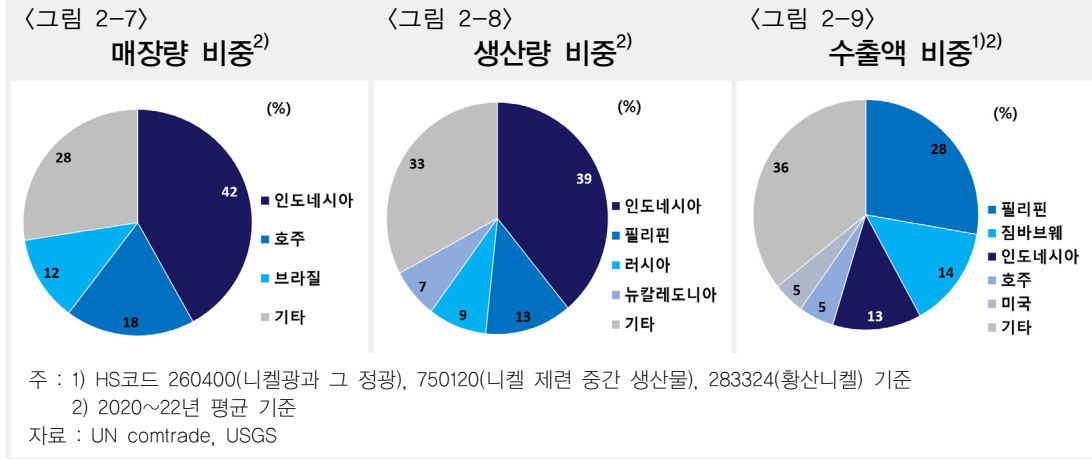
순위	2020		2021		2022		평균 ³⁾	
1	중국	54.1	중국	53.8	중국	57.2	중국	55.9
2	칠레	24.1	칠레	23.3	칠레	23.2	칠레	23.3
3	미국	10.6	미국	8.8	아르헨티나	8.0	미국	6.8
4	베트남	2.5	아르헨티나	3.8	미국	5.2	아르헨티나	6.2
5	아르헨티나	2.0	멕시코	3.2	인도	2.3	멕시코	1.5

주 : 1) HS코드 253090(스포듀민 등), 282520([수]산화리튬), 283691(탄산리튬) 기준
 2) 각국으로부터의 수입액/총수입액(%) 3) 2020~22년 평균 수입액 기준
 자료 : UN comtrade

나. 니켈(Nickel)

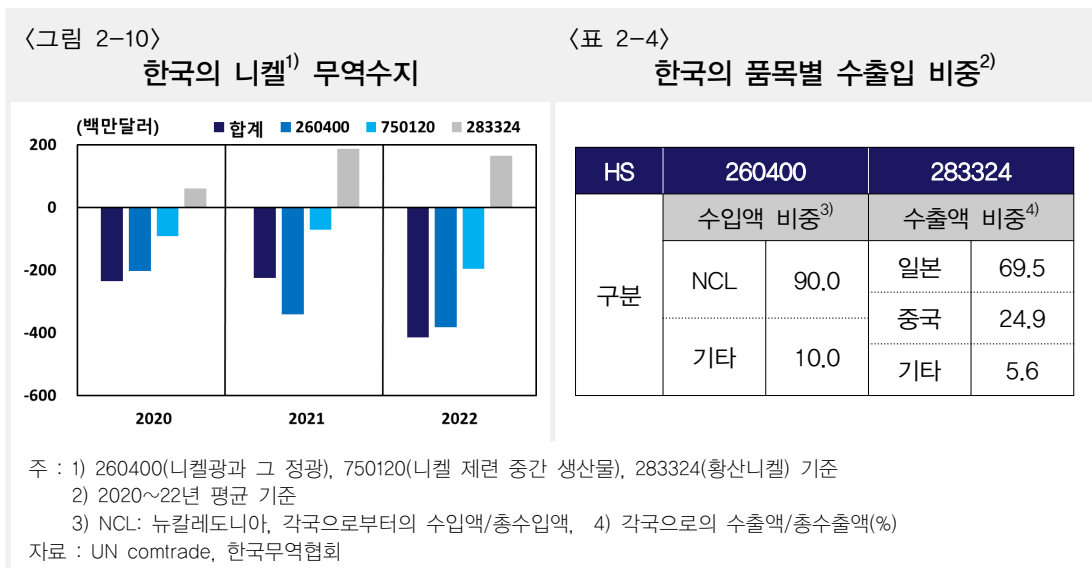
(글로벌 공급)

글로벌 니켈 공급에 있어서 중요한 국가는 인도네시아, 필리핀, 호주 등이라고 할 수 있다. 인도네시아는 매장량 및 생산량이 전 세계에서 가장 많은 국가로 니켈 공급에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 2020년부터는 자국 광업의 부가가치 제고를 위해 가공되지 않은 니켈 원광(原鑛)의 수출은 금지하는 대신 국내 제련소를 많이 늘려 가공된 형태의 니켈을 수출하고 있다. 필리핀은 수출액(소재용 가공 포함)이 전 세계에서 가장 많은 국가이며, 호주는 매장량이 세계 2위로 중요성이 높은 국가이다.



(한·중·일 수출입 구조)

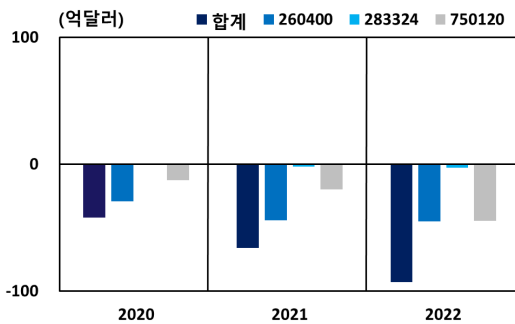
이러한 내용을 바탕으로 한중일의 니켈 수출입 구조를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 우리나라의 경우 전체적으로 수입에 의존하는 모습이나 세부 품목별로는 수출입 구조가 다르다. 니켈 원광 등은 뉴칼레도니아 등으로부터 주로 수입하고 있는 반면 이차전지 소재용으로 많이 사용되는 황산니켈은 국내 생산 시설이 갖추어짐에 따라 수입보다는 수출을 더 많이 하고 있다.



중국 및 일본은 전체적으로 니켈 수입이 수출보다 많으며 품목별로도 같은 모습을 보인다. 중국의 주요 수입국은 필리핀, 인도네시아, 뉴칼레도니아 등이며, 일본의 주요 수입국은 필리핀, 뉴칼레도니아 등이다.

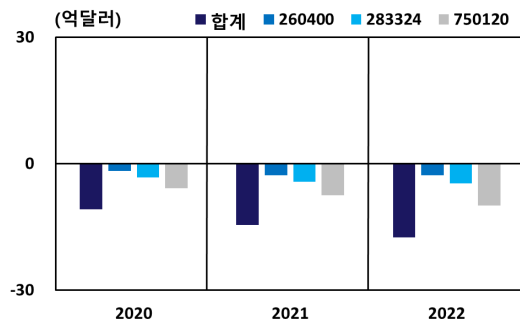
<그림 2-11>

중국의 니켈¹⁾ 무역수지²⁾



<그림 2-12>

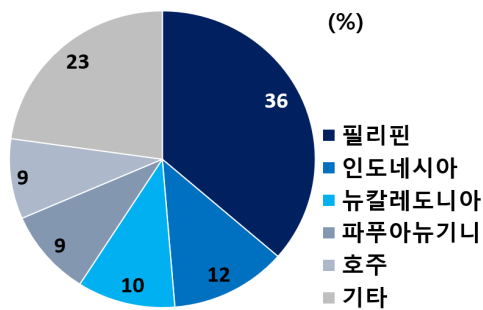
일본의 니켈¹⁾ 무역수지²⁾



주 : 1) HS코드 260400(니켈광과 그 정광), 750120(니켈 제련 중간 생산물), 283324(황산니켈) 기준
 2) 수출액 - 수입액(통관 기준)
 자료 : UN comtrade

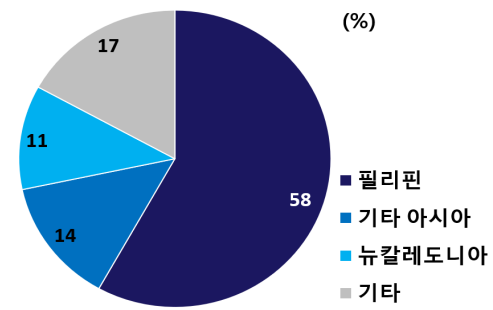
<그림 2-13>

중국의 니켈¹⁾ 수입액 비중²⁾



<그림 2-14>

일본의 니켈¹⁾ 수입액 비중²⁾



주 : 1) HS코드 260400(니켈광과 그 정광), 750120(니켈 제련 중간 생산물), 283324(황산니켈) 기준
 2) 2020~22년 평균 기준
 자료 : UN comtrade

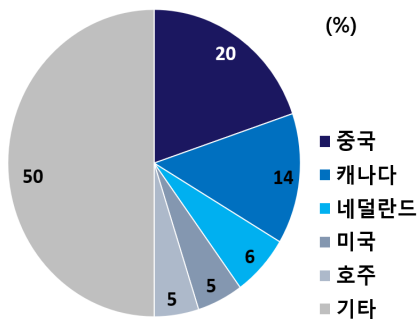
다. 코발트(Cobalt)

(글로벌 공급)

글로벌 코발트 공급에 있어서 중요한 국가는 콩고민주공화국, 중국, 캐나다, 호주 등을 들 수 있다. 수출액(소재용 가공 포함)을 기준으로 보면 중국 및 캐나다가 각각 세계 1위 및 2위이며, 매장량은 콩고민주공화국 및 호주가 각각 세계 1위 및 2위이다. 특히 콩고민주공화국은 전 세계에서 생산량이 가장 많은 국가로 코발트를 주로 원광(原鑛) 형태로 수출하고 있다.

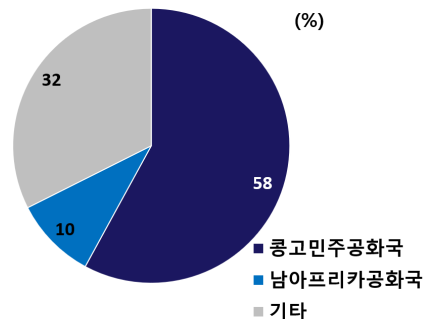
〈그림 2-15-1〉

코발트 수출액 비중¹⁾



〈그림 2-15-2〉

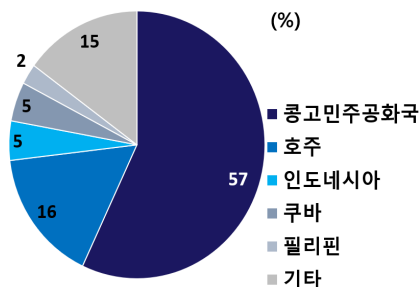
코발트 수출액 비중¹⁾



주 : 1) [좌] HS코드 260500(코발트광과 그 정광), 810520(코발트 제련 중간 생산물), 283329(황산코발트 등) 기준
[우] HS코드 260500(코발트광과 그 정광) 기준
자료 : UN comtrade

〈그림 2-16〉

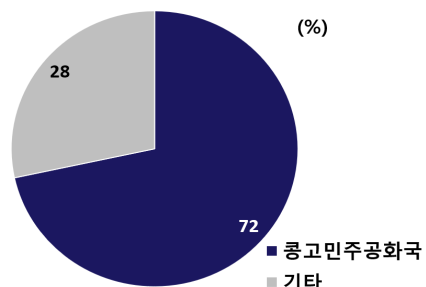
코발트 매장량 비중¹⁾



주 : 1) 2020~22년 평균 기준
자료 : USGS

〈그림 2-17〉

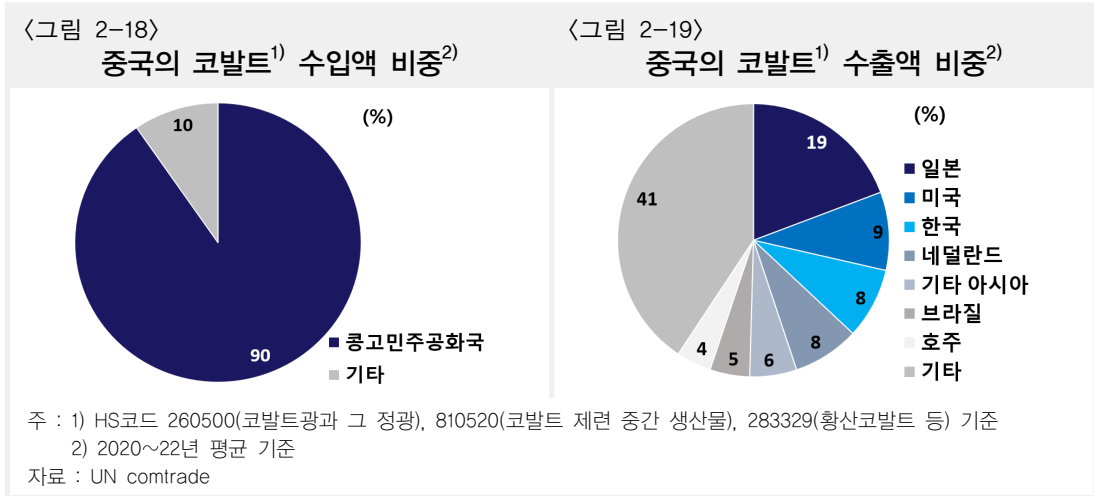
코발트 생산량 비중¹⁾



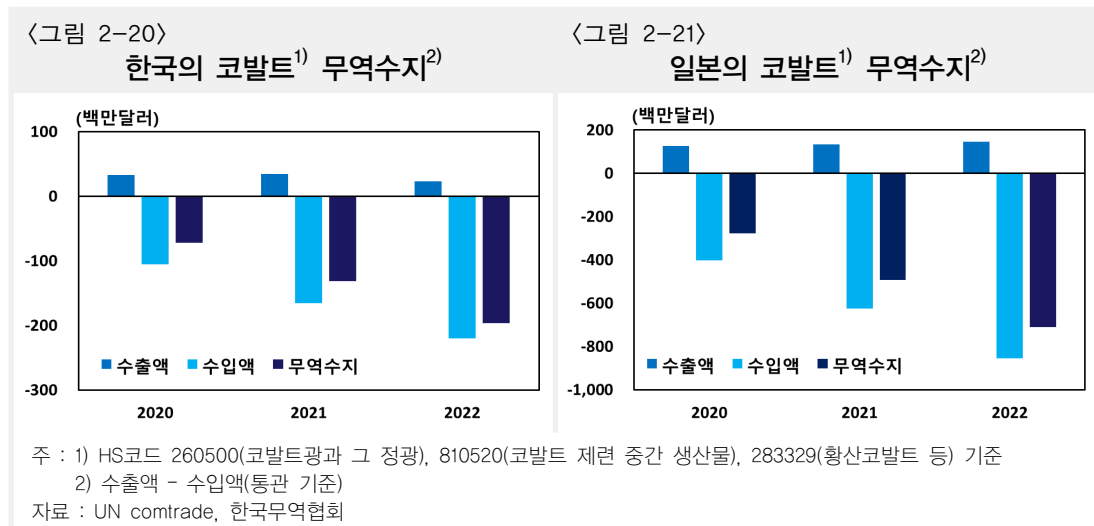
주 : 1) 2020~22년 평균 기준
자료 : USGS

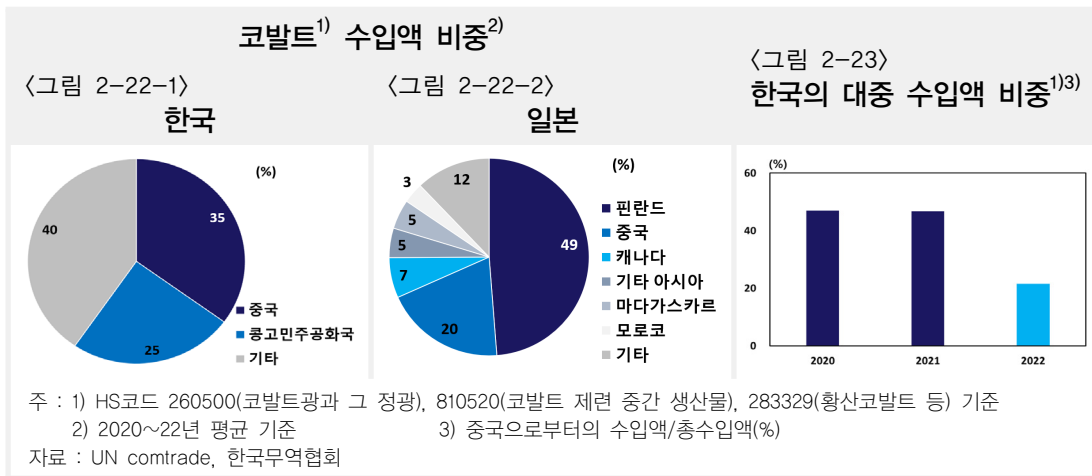
(한·중·일 수출입 구조)

이러한 내용을 바탕으로 중국의 수출입 구조부터 살펴보면 주요 수입국은 콩고민주공화국 등이며, 주요 수출국은 일본, 미국, 한국 등이다. 즉, 콩고민주공화국 등으로부터 코발트 원광 등을 수입 후 가공하여 자국에서 사용하거나 이차전지 주요 생산국 등에 수출하고 있음을 알 수 있다.



다음으로 한국 및 일본의 코발트 수출입 구조를 살펴보면 두 나라 모두 수입에 많이 의존하고 있는 모습이다. 우리나라는 중국으로부터 수입이 가장 많으며 일본의 주요 수입국은 핀란드, 중국 등이다. 다만 우리나라의 경우 중국으로부터의 수입 비중이 줄어든 모습을 보였으며 일본은 핀란드가 중국에 비해 두 배 이상의 비중을 차지하였다.

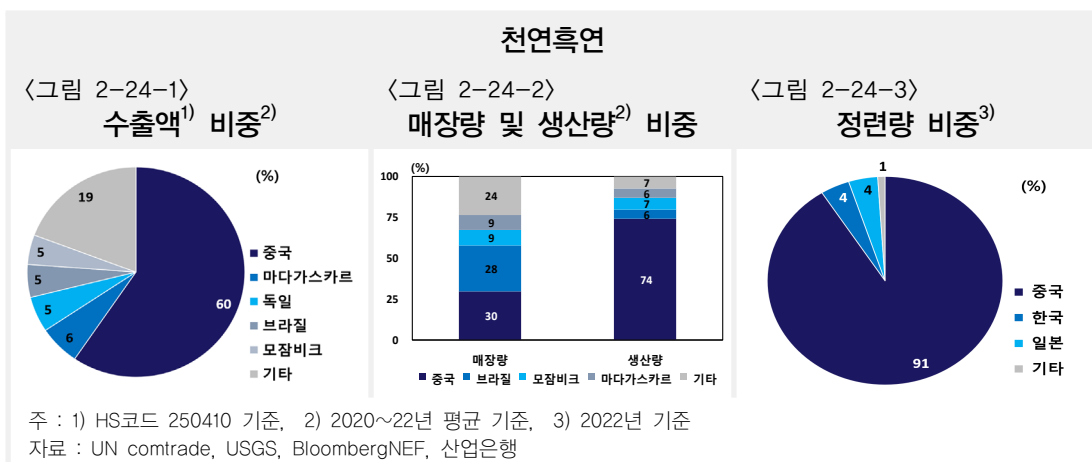




라. 흑연(Graphite)

(글로벌 공급)

흑연은 음극재의 핵심 원자재로 천연 및 인조흑연으로 구분할 수 있다. 먼저 천연흑연을 기준으로 글로벌 공급에서 중요한 국가는 중국, 모잠비크, 마다가스카르, 브라질 등을 들 수 있다. 중국은 매장량, 생산량 및 수출액이 모두 세계 1위¹⁰⁾이며 흑연 가공에 있어서도 압도적인 시장 점유율을 보인다. 그 외 모잠비크, 마다가스카르 및 브라질은 풍부한 매장량을 바탕으로 생산량 및 수출액 모두 세계 5위 안에 속하는 국가이다.



10) USGS Mineral Commodity Summaries(2023)에 따르면 튀르키예가 천연흑연 매장량이 가장 많은 국가였으나 해당 보고서가 업데이트(2024.1월)되면서 중국의 매장량이 가장 많은 것으로 수정되었다. 참고로 튀르키예에 매장된 흑연은 경제성이 낮아 채굴량이 미미한 것으로 알려져 있다.

다음으로 인조흑연은 한·중·일이 글로벌 공급에 있어서 중요한 역할을 한다. 수출액을 보면 중국이 전 세계에서 가장 많으며, 그다음으로 일본과 한국이 뒤를 잇는다. 이는 인조흑연의 경우 천연흑연을 사용하지 않고 제철 공정에서 나오는 부산물 등을 가공하여 생산함에 따라 철강업과 함께 이차전지산업이 발달한 한중일 모두 인조흑연을 많이 생산하는 것에 주로 기인한다고 볼 수 있다.

〈표 2-5〉

인조흑연¹⁾ 수출액 비중²⁾

구분	2020		2021		2022		평균 ³⁾	
중국	34.1	(1)	39.6	(1)	47.7	(1)	41.6	(1)
일본	16.3	(2)	12.5	(2)	8.7	(2)	11.9	(2)
한국	10.0	(3)	8.5	(3)	7.7	(3)	8.5	(3)

주 : 1) HS코드 380110 기준

2) 각국의 수출액/전 세계 수출액(%), 괄호 안은 순위

3) 2020~22년 평균 수출액 기준

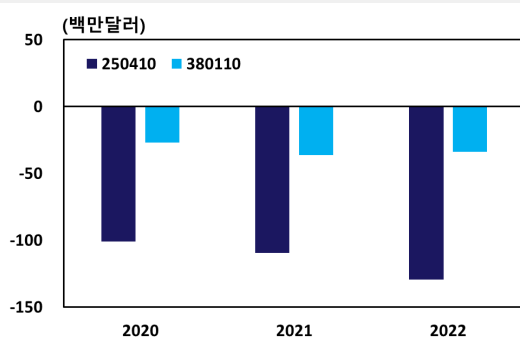
자료 : UN comtrade, 한국무역협회

(한·중·일 수출입 구조)

이러한 내용을 바탕으로 한·중·일의 수출입 구조를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 우리나라는 전체적으로 수입에 많이 의존하고 있는 모습이다. 품목별로 보면 천연흑연은 대부분 중국으로부터 수입하고 있으며 인조흑연은 중국, 일본 등으로부터 주로 수입하고 있다. 다만 인조흑연은 국내 생산 기반을 늘려감에 따라 수출도 많이 하고 있어 천연흑연보다는 적자 폭이 작다.

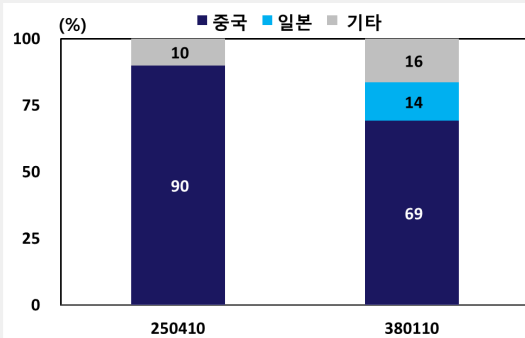
〈그림 2-25-1〉

한국의 흑연¹⁾ 무역수지²⁾



〈그림 2-25-2〉

한국의 흑연¹⁾ 수입액 비중³⁾

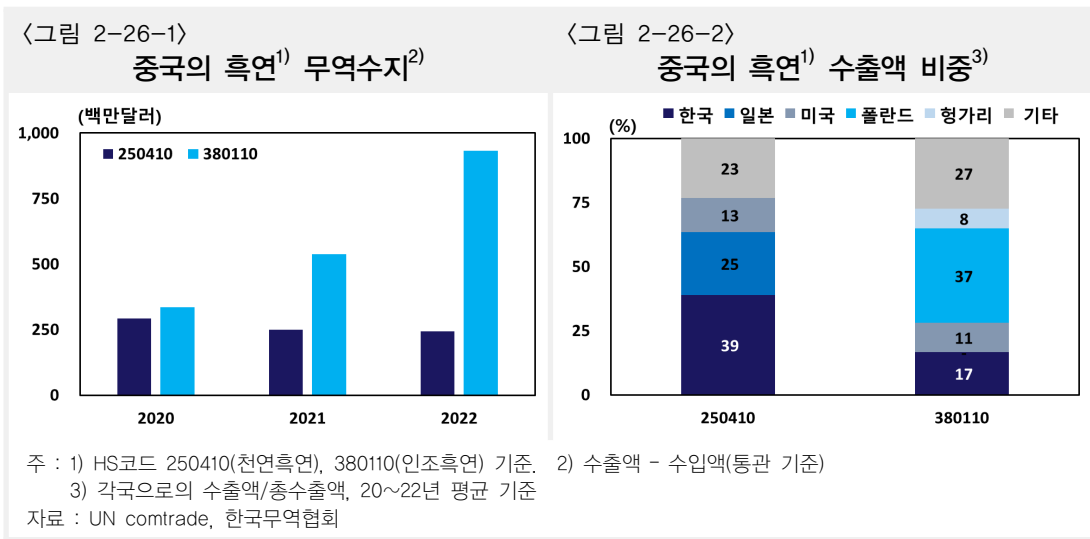


주 : 1) HS코드 250410(천연흑연), 380110(인조흑연) 기준, 2) 수출액 - 수입액(통관 기준)

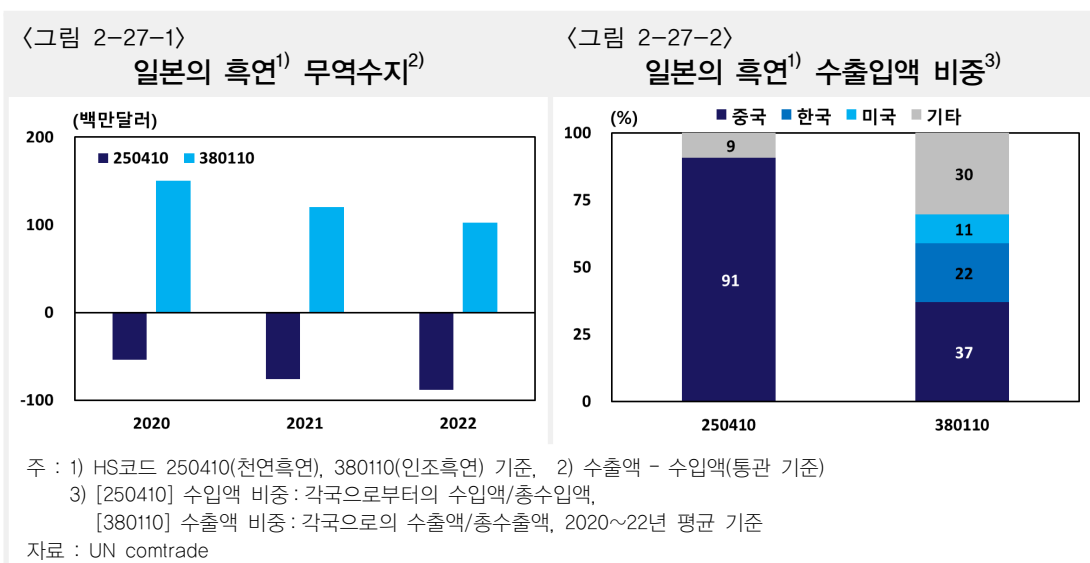
3) 각국으로부터의 수입액/총수입액, 20~22년 평균 기준

자료 : UN comtrade, 한국무역협회

중국은 글로벌 흑연 공급에 있어서 핵심적인 역할을 하는 만큼 수출이 수입을 크게 상회한다. 천연흑연은 한국, 일본, 미국 등에 주로 수출하고 있으며, 인조흑연은 폴란드, 한국, 미국, 헝가리 등에 주로 수출하고 있다. 대부분 이차전지 생산과 연관성이 깊은 국가로 폴란드 및 헝가리는 외국인 투자 등을 통해 이차전지 생산 공장이 많이 건설된 국가라는 특징이 있다.



일본은 천연흑연을 우리나라와 마찬가지로 대부분 중국으로부터 수입하고 있다. 그러나 인조흑연은 전통적으로 강한 철강업을 기반으로 자국에서 많이 생산하고 있어 수출이 수입보다 더 많으며 주로 중국, 한국, 미국 등으로 수출하고 있다.



마. GSC 요약

먼저 이차전지 핵심 원자재별 글로벌 공급은 칠레, 호주, 중국, 인도네시아, 콩고민주공화국 등 다양한 국가가 중요한 역할을 하는 상황이다. 이를 바탕으로 한중일의 수출입 구조를 살펴보면 중국이 원자재 가공에 대해 높은 시장 점유율을 차지하고 있어 한국 및 일본이 가공 후 원자재를 중국으로부터 많이 수입하는 모습으로 GSC를 요약할 수 있다.

〈표 2-6〉 GSC 요약¹⁾

구분	리튬	니켈	코발트	흑연	
				천연	인조
글로벌 공급	칠레, 호주, 중국	인도네시아, 필리핀, 호주	콩고민주공화국, 중국, 캐나다, 호주	중국, 모잠비크, 마다가스카르, 브라질	중국, 일본, 한국
한국	중국, 칠레	뉴칼레도니아	중국	중국	중국, 일본
중국	호주, 칠레	필리핀, 인도네시아, 뉴칼레도니아	콩고민주공화국	한국, 일본, 미국	폴란드, 한국, 미국, 헝가리
일본	중국, 칠레	필리핀, 뉴칼레도니아	핀란드, 중국	중국	중국, 한국, 미국

주: 1) ■ : 수출 < 수입, 네모 안은 주요 수입국, ■ : 수출 > 수입, 네모 안은 주요 수출국

III. 국제산업연관표를 활용한 이차전지산업의 GVC 분석

1. 국제산업연관표를 활용한 GVC 분석

국제산업연관표(World Input - Output Table)는 두 개 이상의 국가를 하나의 표에 상호 연결하여 작성한 산업연관표이다. 국가 단위로 묶어서 보면 대각 블록(diagonal block) 행렬은 국가 내 투입 및 배분구조를, 대각 외 블록(off-diagonal block) 행렬은 국가 간 투입 및 배분구조를 나타낸다. 특히 국가 간 투입 및 배분은 각각 해당 국가의 수입 및 수출로 볼 수 있다. 또한 국제산업연관표는 산업연관표의 구조에 따라 각국의 부가가치 정보도 포함한다. 이에 국제산업연관표를 활용한 GVC(Global Value Chain, 이하 GVC) 분석은 국가 간 투입 및 배분구조에 각국의 부가가치 정보를 접목시켜 교역 결과 부가가치의 국가 간 이출입이 어떻게 발생하였는지 살펴보는 것이다.

2. ADB MRIO 내 한·중·일의 산업분류 세분화

본고에서는 여러 국제산업연관표 중 ADB(Asia Development Bank)의 MRIO를 활용하였다. ADB MRIO(이하 MRIO)는 다른 국제산업연관표에 비해 상대적으로 최신 자료를 포함하고 있어 최근 경제구조 분석이 용이하기 때문이다. 다만 산업을 총 35개로 분류함에 따라 각 산업분류의 포괄 범위가 다소 넓은 편이다. 이에 2020~22년 MRIO를 바탕으로 GVC 분석을 수행하되 분석 대상 국가인 한·중·일에 한해서는 각국의 무역 데이터, 산업연관표 등을 활용하여 이차전지산업을 추가로 세분화하였다.

〈표 3-1〉

주요 국제산업연관표의 종류 및 내용

종류	작성 기관	제공 시계열	포함 내용	
			#국가 ¹⁾	#산업
WIOT	11개 기관	2000~2014년	44	56
ICIO	OECD	1995~2020년	77	45
MRIO ²⁾	ADB	2020~2022년 ³⁾	73	35

주 : 1) 기타 국가(Rest of World) 포함 2) 경상가격 기준 3) 2023년 업데이트 기준

세분화 작업은 MRIO에 한·중·일의 HS코드 수출입 데이터를 적용한 뒤 각국의 산업연관표, 이차전지 관련 주요 기업의 재무 정보 등을 활용하여 조정(balancing)하는 방식으로 진행하였으며 크게 네 단계로 구분할 수 있다.

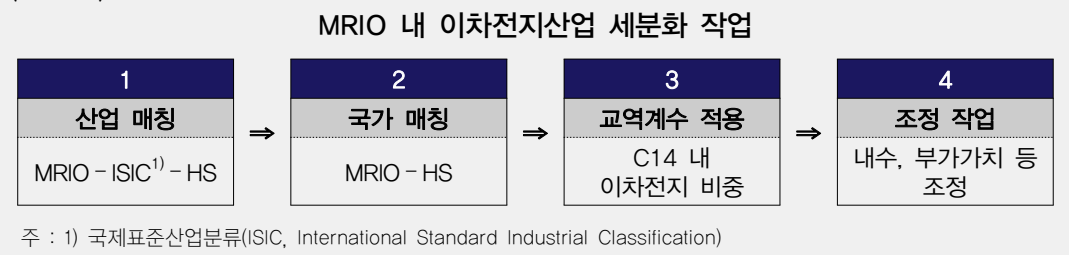
첫 번째 단계는 산업 매칭이다. 국제표준산업분류와 HS코드 간 매칭표를 작성한 뒤 ADB에서 제공하고 있는 MRIO의 산업분류와 국제표준산업분류 간 매칭표¹¹⁾에 적용하여 MRIO의 산업분류와 HS코드를 매칭하였다. 구체적으로 MRIO의 산업분류 중 C14(전기장비 및 광학장비 제조업)가 이차전지산업을 포함하고 있어 C14에 해당하는 국제표준산업분류를 6단위 HS코드와 매칭하였다.

두 번째 단계는 국가 매칭이다. MRIO에서는 72개국을 명시하고 나머지는 기타 국가(Rest of World)로 처리하고 있는데 해당 방식에 맞춰 MRIO와 HS코드 수출입 데이터의 국가 매칭을 진행하였다. 단, 대만의 경우 MRIO와 HS코드 수출입 데이터의 국가 분류 처리 방식이 상이하여 대만은 기타 국가¹²⁾로 처리하였다.

세 번째 단계는 교역계수 적용이다. 첫 번째 단계에서 정리한 MRIO 산업분류-국제표준산업분류-HS코드(6단위) 매칭 정보를 활용하여 한·중·일의 C14 수출입액 내 이차전지의 비중을 구하였다. 다음으로 이를 세 국가의 C14 수출입 벡터에 적용하여 이차전지산업 및 이차전지산업 외 C14 수출입 벡터로 구분하였다.

네 번째 단계는 조정 작업으로 한·중·일의 내수 행렬인 대각 블록 행렬, 부가가치 등을 조정하였다. 조정 시 한·중·일 이차전지산업의 투입 및 배분구조는 서로 유사한 것으로 간주하였다. 이차전지산업은 산업 특성상 핵심 원자재, 주요 수요처 등이 비슷하여 포괄 범위가 넓은 MRIO의 산업분류를 적용하게 되면 국가 간 산업구조의 차이가 적을 것으로 보았기 때문이다. 결론적으로 우리나라의 2020년 산업연관표 내 이차전지 투입 및 배분구조를 바탕으로 각국의 산업연관표, 이차전지 관련 주요 기업의 재무 정보 등을 활용하여 조정 작업을 마무리하였다.

〈표 3-2〉



11) 상세 내용은 (참고 2) ‘ADB MRIO의 산업분류 및 국제표준산업분류’를 참조하기 바란다.

12) 대만의 경우 MRIO에서는 별도로 구분되어 있지만 UN comtrade의 HS코드 수출입 데이터에는 기타 아시아 지역으로 구분되어 있어 최종적으로는 기타 국가로 처리하였다.

3. DVA 및 FVA

Koopman et al(2010) 등에 따르면 DVA(Domestic Value-Added)는 자국의 수출에 포함된 자국의 부가가치를, FVA(Foreign Value-Added)는 자국의 수출에 포함된 외국의 부가가치를 의미한다. DVA 및 FVA는 국제산업연관표를 통해 측정¹³⁾할 수 있으며 이를 통해 자국의 수출로 창출된 부가가치가 최종적으로 자국 및 외국에 각각 얼마만큼 귀속되는지 살펴볼 수 있다. 즉, DVA 비중이 높을수록 부가가치가 자국으로 많이 이입되고 FVA 비중이 높을수록 외국으로 많이 이출됨을 의미한다. 먼저 전산업 및 C14를 기준으로 보면 일본의 DVA 비중이 가장 높고 그다음으로 중국, 한국 순이다. 하지만 이차전지산업만 구분하여 살펴보면 중국의 DVA 비중이 가장 높고 그다음으로 일본, 한국이 뒤를 잇는다. 중국은 이차전지 공급망을 높은 수준으로 내재화하여 국산화율이 매우 높음에 따라 이차전지 수출로 창출된 부가가치가 한·일에 비해 더 많이 자국으로 귀속되는 상황으로 볼 수 있다.

〈표 3-3〉

한·중·일 DVA 및 FVA 비중¹⁾

(%)

산업	구분	한국	중국	일본
전산업	DVA	77.3	86.3	87.2
	FVA	22.7	13.7	12.8
	합계	100.0	100.0	100.0
C14 ²⁾	DVA	74.4	77.6	81.6
	FVA	25.6	22.4	18.4
	합계	100.0	100.0	100.0
이차전지	DVA	80.6	87.5	85.2
	FVA	19.4	12.5	14.8
	합계	100.0	100.0	100.0

주 : 1) 2020~22년 평균 기준

2) 전기장비 및 광학장비(Electrical and Optical Equipment) 제조업

자료 : 저자 시산

다음으로 이차전지산업의 FVA를 분해하여 어느 국가로 부가가치가 많이 이출되는지 살펴보았다. 우리나라는 원자재의 대중 수입이 많은 만큼 중국으로 부가가치가 이출되는 비중이 가장 높았으며 일본도 중국의 비중이 가장 높았다. 다만 중국의 비중 자체는 우리나라

13) 상세 내용은 (참고 3) ‘부가가치배분행렬을 통한 GVC 분석’을 참고하기 바란다.

라가 일본보다 컸다. 중국은 기타 국가로 이출되는 부가가치의 비중이 가장 컸으며 미국의 비중이 조금씩 커지는 모습을 보였다.

〈표 3-4〉

한·중·일 이차전지산업의 FVA 내 각국의 비중

(%)

구분	2020		2021		2022	
	국가	비중 ¹⁾	국가	비중 ¹⁾	국가	비중 ¹⁾
한국	중국	40.0 (1)	중국	45.8 (1)	중국	46.9 (1)
	미국	11.6 (2)	미국	9.5 (2)	기타 국가	12.7 (2)
	기타 국가	9.9 (3)	기타 국가	8.5 (3)	미국	9.8 (3)
중국	기타 국가	21.5 (1)	기타 국가	23.4 (1)	기타 국가	26.6 (1)
	일본	12.9 (2)	일본	11.9 (2)	미국	10.2 (2)
	한국	10.2 (3)	미국	9.4 (3)	일본	9.9 (3)
일본	중국	24.5 (1)	중국	29.1 (1)	중국	29.5 (1)
	한국	16.7 (2)	한국	13.6 (2)	한국	15.7 (2)
	미국	12.9 (3)	미국	11.3 (3)	미국	12.0 (3)

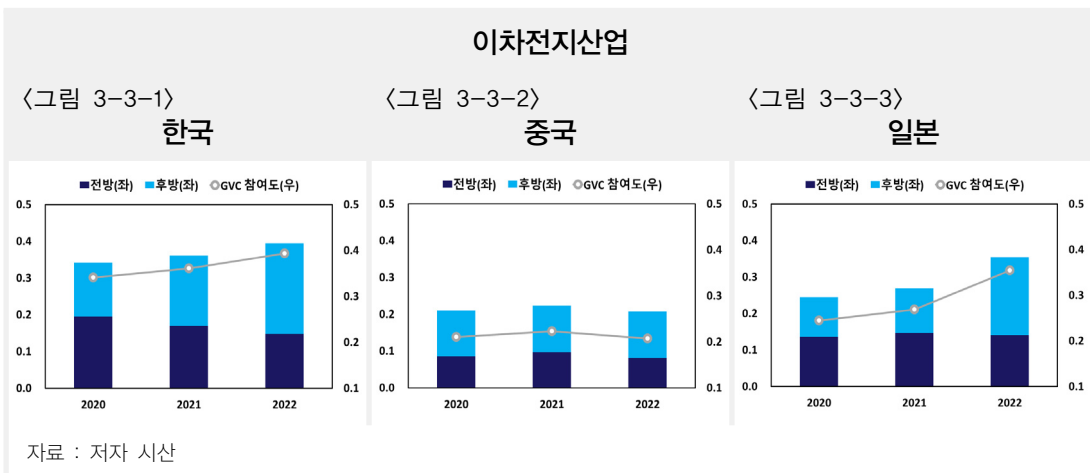
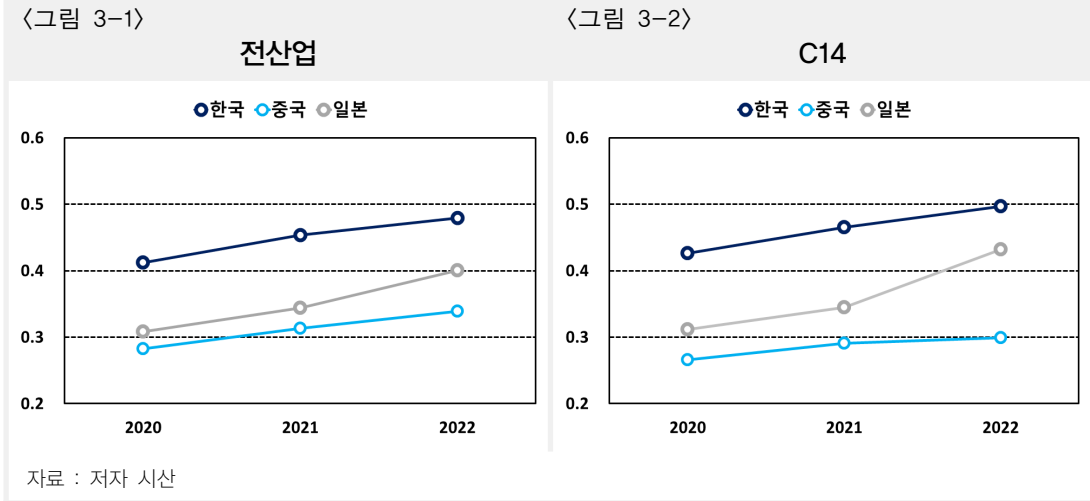
주 : 1) 괄호 안은 순위
자료: 저자 시산

4. GVC 참여도

GVC 참여도의 측정¹⁴⁾은 각국이 국제적으로 분업화된 생산 과정에 얼마나 참여하는지를 부가가치 이출입을 통해 살펴보는 것으로 전방 및 후방 참여도의 합계로 구할 수 있다. 전방 참여도는 외국의 수출로 인해 유발된 자국의 부가가치가 자국의 수출에서 차지하는 비중을, 후방 참여도는 반대로 자국의 수출로 인해 유발된 외국의 부가가치가 자국의 수출에서 차지하는 비중으로 구한다.

전산업 및 C14를 기준으로 보면 한·중·일 모두 2020년 이후 GVC 참여도가 조금씩 상승하는 모습이다. 코로나19 사태가 진정되면서 글로벌 교역이 증가한 것 등에 기인한다고 볼 수 있다. 이차전지산업을 기준으로 보면 우리나라의 경우 전방 참여도는 하락한 반면 후방 참여도가 상승함에 따라 GVC 참여도가 상승하였고, 중국은 전후방 참여도 모두 비슷한 수준을 유지하였으며 일본은 전방 참여도는 큰 변화가 없었으나 후방 참여도가 많이 상승하여 GVC 참여도가 상승하였다.

14) 상세 내용은 (참고 3) ‘부가가치배분행렬을 통한 GVC 분석’을 참고하기 바란다.



다음으로 전방 참여도를 분해함으로써 한·중·일 이차전지산업의 부가가치 창출력을 살펴 보았다. 전방 참여도는 자국의 수출이 주어진 상황에서 외국의 수출 → 자국의 생산 유발 → 자국의 부가가치 유발 단계로 나누어 볼 수 있다. 외국의 수출이 늘어남에 따라 자국이 해당 국가에 수출하는 중간재 생산이 늘어나게 되고 이에 따라 자국에서 창출되는 부가가치가 늘어나는 과정을 거치는 것이다. 전방 참여도에서 경기적 요인에 영향을 받는 자국 및 외국의 수출을 표준화하면 자국과 교역하는 모든 외국의 수출이 한 단위씩 증가 시 자국에 부가가치가 얼마나 창출되는지 볼 수 있는데 시산¹⁵⁾ 결과는 아래와 같다.

15) 상세 내용은 (참고 3) ‘부가가치배분행렬을 통한 GVC 분석’을 참고하기 바란다.

〈표 3-5〉

이차전지산업의 전방 참여도 표준화 계수

구분	2020	2021	2022	평균 ¹⁾
한국	0.0370	0.0320	0.0568	0.0419
중국	0.0320	0.0501	0.0790	0.0537
일본	0.0103	0.0106	0.0097	0.0102

주 : 1) 2020~22년 평균
 자료: 저자 시산

정리하면 위의 계수는 외국의 수출 변화에 따라 자국의 부가가치가 구조적으로 어떻게 변화하는지 살펴보는 것이다. 우리나라는 해당 계수가 2022년에 많이 상승하였으며 그만큼 우리나라 이차전지산업의 부가가치 창출력이 개선되었다고 볼 수 있다. 중국은 분석 기간 중 해당 계수가 빠르게 상승하였다. 2020년에는 우리나라가 중국보다 해당 계수가 높았으나 2021년에 들어서서는 중국이 앞섰으며 2022년에는 양국 간 차이가 더 벌어졌다. 일본은 해당 계수가 한중에 비해 낮은 수준이며 분석 기간 중 변화도 거의 없어 이차전지산업의 부가가치 창출력이 상대적으로 적은 편이라고 볼 수 있다.

IV. 결론 및 시사점

이차전지는 전방산업의 성장 가능성을 고려하면 중장기적으로 수요가 증가할 것으로 예상된다. 이와 더불어 여러 산업에 필요한 에너지를 적절하게 공급하는 매개체의 역할도 수행할 수 있어 그 중요성은 점점 높아질 것으로 기대된다.

(공급망 다변화를 통한 리스크 축소)

이러한 이차전지를 원활하게 생산하기 위해서는 무엇보다 안정적인 원자재 공급이 중요하다. 우리나라의 경우 부존자원이 부족하여 원자재의 상당 부분을 수입에 의존하고 있다. 또한 수입에서 많은 부분을 중국에 의존하고 있어 공급망 다변화를 통해 리스크를 줄일 필요가 있다. 중국으로부터 원자재 수입이 많은 것은 중국이 원자재 가공에 있어서 시장 점유율이 높은 것에 주로 기인한다. 이에 반해 가공 전 원자재는 글로벌 공급이 다양한 국가에서 이루어지고 있다. 그러므로 이차전지 생산에 필요한 원자재의 가공 능력을 더욱 높여 가공 전 원자재를 다양한 국가로부터 수입할 수 있도록 공급망을 형성하면 공급망 편중 현상에 따른 리스크를 줄일 수 있을 것이다.

(공급망 내재화를 통한 부가가치 이입 확대)

이차전지의 생산을 위해 원자재를 많이 수입하다 보면 우리나라의 이차전지 수출이 증가한 만큼 원자재 수입국으로의 부가가치 이출도 많아진다. 이는 이차전지 수출이 늘어나도 수출로 창출된 부가가치가 온전히 자국으로 귀속되기보다 외국으로 상당 부분 이출되어 자국의 경제성장에 대한 기여도가 낮을 수 있음을 의미한다. 우리나라 이차전지산업의 DVA 비중을 보면 중일에 비해 상대적으로 적은 모습으로 장기적으로는 공급망 내재화가 필요하다. 해외직접투자 등을 통해 이차전지 생산 관련 원자재 등의 공급망을 내재화하고 수입 의존도를 낮추면 이차전지산업의 발전에 따라 창출된 부가가치가 더욱 많이 우리나라로 이입되어 최종적으로는 경제성장에 도움이 될 수 있을 것이다.

〈참고 1〉

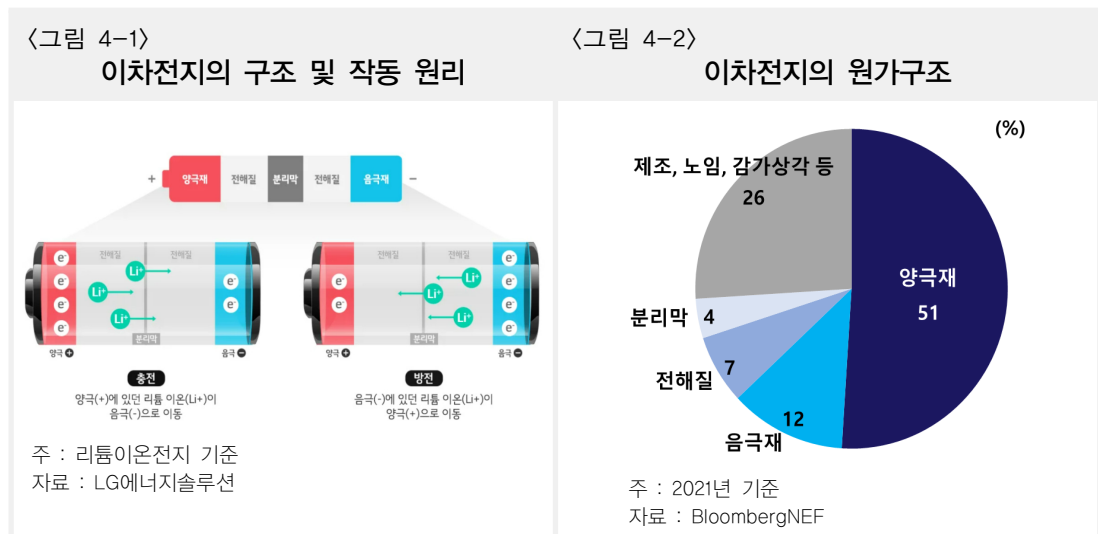
이차전지의 주요 소재

1. 4대 소재

이차전지의 주요 소재는 ① 양극재, ② 음극재, ③ 전해액 및 ④ 분리막으로 구분할 수 있다. 양음극재는 이온(전기적 성질을 띤 입자)을 주고 받는 소재로 충전시 양극재(+극 소재)의 이온이 음극재(-극 소재)로 이동하고 방전시 음극재에 있던 이온이 다시 양극재 이동하면서 전기 에너지를 발생시킨다. 또한 전해액은 충방전시 이온의 원활한 이동을 돕기 위해 이차전지 내 주입하는 물질이며, 분리막은 양극과 음극이 직접 접촉하게 될 경우 생기는 발열 등의 문제를 막기 위해 이차전지 내 설치하는 것으로 미세한 구멍이 있어 이온의 이동 통로 역할도 한다.

2. 양극재 및 음극재의 중요성

이 중 양극재 및 음극재는 이차전지의 성능에 매우 중요한 역할을 한다. 리튬이온전지를 예를 들면 양극재에 리튬 비중이 커질수록 용량이 증가하고 음극재의 리튬이온 수용성이 높아질수록 충전 속도가 빨라지며 수용량이 많아질수록 수명이 길어진다. 또한 이차전지는 원가에서 재료비가 차지하는 비중이 매우 높는데 재료비 중에서도 양극재 및 음극재의 비중이 가장 크다. 즉, 양극재 및 음극재가 이차전지의 성능 및 가격을 결정하는데 핵심이라고 할 수 있다.



〈참고 2〉

ADB MRIO의 산업분류 및 국제표준산업분류

1. ADB MRIO의 산업분류

구분	명칭
C1	Agriculture, Hunting, Forestry and Fishing
C2	Mining and Quarrying
C3	Food, Beverages and Tobacco
C4	Textiles and Textile Products
C5	Leather, Leather products and Footwear
C6	Wood and Products of Wood and Cork
C7	Pulp, Paper, Printing and Publishing
C8	Coke, Refined Petroleum and Nuclear Fuel
C9	Chemicals and Chemical Products
C10	Rubber and Plastics
C11	Other Non-Metallic Mineral
C12	Basic Metals and Fabricated Metal
C13	Machinery, Nec
C14	Electrical and Optical Equipment
C15	Transport Equipment
C16	Manufacturing, Nec; Recycling
C17	Electricity, Gas and Water Supply
C18	Construction
C19	Sale, Maintenance and Repair of Motor Vehicles and Motorcycles; Retail Sale of Fuel
C20	Wholesale Trade and Commission Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles
C21	Retail Trade, Except of Motor Vehicles and Motorcycles; Repair of Household Goods
C22	Hotels and Restaurants
C23	Inland Transport
C24	Water Transport
C25	Air Transport
C26	Other Supporting and Auxiliary Transport Activities; Activities of Travel Agencies
C27	Post and Telecommunications
C28	Financial Intermediation
C29	Real Estate Activities
C30	Renting of M&Eq and Other Business Activities
C31	Public Admin and Defence; Compulsory Social Security
C32	Education
C33	Health and Social Work
C34	Other Community, Social and Personal Services
C35	Private Households with Employed Persons

2. C14 및 국제표준산업분류 매칭표

구분	ISIC ¹⁾	명칭
C14	3000	Manufacture of office, accounting and computing machinery
	3110	Manufacture of electric motors, generators and transformers
	3120	Manufacture of electricity distribution and control apparatus
	3130	Manufacture of insulated wire and cable
	3140²⁾	Manufacture of accumulators, primary cells and primary batteries
	3150	Manufacture of electric lamps and lighting equipment
	3190	Manufacture of other electrical equipment n.e.c.
	3210	Manufacture of electronic valves and tubes and other electronic components
	3220	Manufacture of television and radio transmitters and apparatus for line telephony and line telegraphy
	3230	Manufacture of television and radio receivers, sound or video recording or reproducing apparatus, and associated goods
	3311	Manufacture of medical and surgical equipment and orthopaedic appliances
	3312	Manufacture of instruments and appliances for measuring, checking, testing, navigating and other purposes, except industrial process control equipment
	3313	Manufacture of industrial process control equipment
	3320	Manufacture of optical instruments and photographic equipment
	3330	Manufacture of watches and clocks

주 : 1) 국제표준산업분류(International Standard Industrial Classification) Rev 3.1 기준

2) 이차전지산업 포함

〈참고 3〉

부가가치배분행렬을 통한 GVC 분석

(국제산업연관표의 행렬 표기)

국제산업연관표에 총 G개의 국가가 있고 국가별로 N개의 산업이 있다고 할 때, 각국의 총산출(gross output)은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1G} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{G1} & X_{G2} & \dots & X_{GG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1G} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ A_{G1} & A_{G2} & \dots & A_{GG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1G} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{G1} & X_{G2} & \dots & X_{GG} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1G} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{G1} & Y_{G2} & \dots & Y_{GG} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1G} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{G1} & X_{G2} & \dots & X_{GG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I - A_{11} & -A_{12} & \dots & -A_{1G} \\ -A_{21} & I - A_{22} & \dots & -A_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ -A_{G1} & -A_{G2} & \dots & I - A_{GG} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1G} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{G1} & Y_{G2} & \dots & Y_{GG} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1G} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_{G1} & X_{G2} & \dots & X_{GG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1G} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ B_{G1} & B_{G2} & \dots & B_{GG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1G} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ Y_{G1} & Y_{G2} & \dots & Y_{GG} \end{bmatrix}$$

$X_{sr} (N \times 1)$: s국에서 생산하고 r국에서 사용한 총산출 벡터

$A_{sr} (N \times N)$: s국에서 r국으로의 투입계수(input coefficient) 행렬

$Y_{sr} (N \times 1)$: s국에서 생산하고 r국에서 사용한 최종수요 벡터

$B (GN \times GN)$: 레온티에프 역행렬

(부가가치배분행렬)

레온티에프 역행렬에 각국의 산업별 부가가치율을 대각성분으로 한 대각행렬(\hat{V})을 적용하면 아래와 같이 부가가치배분(value-added share) 행렬을 도출할 수 있다.

$$\hat{V}B = \begin{bmatrix} \hat{V}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \hat{V}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \hat{V}_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1G} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ B_{G1} & B_{G2} & \dots & B_{GG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{V}_1 B_{11} & \hat{V}_1 B_{12} & \dots & \hat{V}_1 B_{1G} \\ \hat{V}_2 B_{21} & \hat{V}_2 B_{22} & \dots & \hat{V}_2 B_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \hat{V}_G B_{G1} & \hat{V}_G B_{G2} & \dots & \hat{V}_G B_{GG} \end{bmatrix}$$

$\hat{V}_s (N \times N)$: s국의 산업별 부가가치율을 대각성분으로 한 대각행렬

(DVA 및 FVA)

부가가치배분 행렬에 각국의 총수출(gross export)을 대각성분으로 한 대각행렬(\hat{E})을 적용한 뒤 각국의 열벡터에서 자국 벡터의 합을 자국의 DVA, 외국 벡터의 합을 자국의 FVA로 구할 수 있다.

$$\hat{V}B\hat{E} = \begin{bmatrix} \hat{V}_1B_{11} & \hat{V}_1B_{12} & \dots & \hat{V}_1B_{1G} \\ \hat{V}_2B_{21} & \hat{V}_2B_{22} & \dots & \hat{V}_2B_{2G} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \hat{V}_GB_{G1} & \hat{V}_GB_{G2} & \dots & \hat{V}_GB_{GG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{E}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \hat{E}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \hat{E}_G \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{V}_1B_{11}\hat{E}_1 & \hat{V}_1B_{12}\hat{E}_2 & \dots & \hat{V}_1B_{1G}\hat{E}_G \\ \hat{V}_2B_{21} & & & \end{bmatrix}$$

$$DVA = \sum_{r=s}^G \hat{V}_rB_{rs}\hat{E}_s \quad FVA = \sum_{r \neq s}^G \hat{V}_rB_{rs}\hat{E}_s$$

$\hat{E}_s(N \times N)$: s 국의 산업별 총수출을 대각성분으로 한 대각행렬

(GVC 참여도)

전방 참여도는 외국의 수출로 인해 유발된 자국 부가가치의 합계를 자국의 총수출로 나눈 값이며, 후방 참여도는 자국의 수출로 인해 유발된 외국 부가가치의 합계를 자국의 총수출로 나눈 값으로 아래와 같이 계산할 수 있다. 또한 GVC 참여도는 전방 및 후방 참여도의 합계로 구한다. 그리고 전방 참여도에서 자국 및 외국의 수출을 표준화하면 부가가치 배분행렬 내 각국의 행벡터에서 자국을 제외한 것으로 나타낼 수 있다.

$$\text{전방 참여도} = \frac{\sum_{r \neq s}^G \hat{V}_sB_{sr}\hat{E}_r}{\hat{E}_s}, \quad \text{후방 참여도} = \frac{\sum_{r \neq s}^G \hat{V}_rB_{rs}\hat{E}_s}{\hat{E}_s}$$

GVC 참여도 = 전방 참여도 + 후방 참여도

$$\text{전방 참여도 표준화 계수} = \sum_{r \neq s}^G \hat{V}_sB_{sr}$$

참고문헌 및 사이트

- 관세청(2023), 이차전지 HS 표준해석 지침서.
- 권태현(2020), 산업연관분석.
- LG에너지솔루션, Battery Inside(<https://inside.lgensol.com>).
- POSCO, Newsroom(<https://newsroom.posco.com>).
- UN, Classifications on economic statistics(<https://unstats.un.org/unsd/classifications>).
- 구지영(2019), OECD TiVA 자료를 활용한 글로벌 가치사슬 분석_한국 전자산업을 사례로, 국토연구원.
- 김경훈(2022), 핵심 원자재의 글로벌 공급망 분석_니켈, Trade Focus 2022년 15호, 한국무역협회.
- 김경훈, 고성은(2023), 미국 IRA 시행지침과 우리나라 배터리 공급망에 미칠 영향, KITA 통상리포트 2023 Vol.09, 한국무역협회.
- 김나래, 정미주, 엄이슬(2023) 배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업, Samjong INSIGHT Vol.84/2023, 삼성KPMG 경제연구원.
- 김나을(2024), 중국의 대미국 우회수출 추이 분석_ADB MRIO를 중심으로, Trade Focus 2024년 19호, 한국무역협회.
- 김리나, 이재욱, 박준혁, 신승욱, 박인수, 정경우, 유정현, 김수경, 조성준, 전호석, 장한권 (2022), 에너지 전환시대 배터리용 핵심광물 4종(Li, Ni, Co, C)의 자원산업 동향 분석, Journal of The Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers Vol. 59, No. 2 (2022) pp. 218-232.
- 김민지, 이준(2022), 이차전지산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책 방향, 산업경제분석, 산업연구원
- 대한무역투자진흥공사, 한국전지산업협회(2022), 이차전지 글로벌 시장동향 보고서, KOIRA 자료 22-047.
- 대한무역투자진흥공사(2023), 2024 폴란드 진출전략, KOIRA 자료 23-135.
- _____(2023), 2024 핀란드 진출전략, KOIRA 자료 23-136.
- _____(2023), 2024 헝가리 진출전략, KOIRA 자료 23-137.
- _____ 2023), 핀란드 주요협력 분야 현황.
- 도원빈(2023), 중국 흑연 수출통제의 영향 및 대응방안, Trade Brief No.18, 한국무역협회.

- _____(2024), 이차전지 수출 변동 요인과 향후 전개방향, Trade Focus 2024년 14호, 한국 무역협회.
- 민은지, 이선경(2022), 우리경제 수입공급망 취약성 분석, 조사통계월보 제76권 제 6호 (2022.6), 한국은행.
- 성동원(2022) 배터리 소재 광물시장 동향 및 전망_리튬, 니켈, 코발트 중심으로, 2022 산업 인사이트-2, 한국수출입은행.
- 신유리(2021), 전기차용 이차전지의 시장 트렌드 및 기술 개발 동향, 산은조사월보 이슈분석, 한국산업은행.
- 양시환, 이종호(2017), 글로벌 가치사슬이 산업별 생산성에 미치는 영향, 조사통계월보 제 71권 제7호(2017.7), 한국은행.
- 이승필, 조유진, 여준석(2023), 전기차 배터리 핵심광물, KISTEP 브리프 68, 한국과학기술 기획평가원.
- 이우기, 이인규, 홍영은(2013), 국제산업연관표를 이용한 우리나라의 Global Value Chain 분석, BOK 이슈노트 No.2013-4, 한국은행.
- 이재윤(2023), 2024년 13대 주력산업 전망, 산업연구원.
- 이진면, 山田光男, 金繼紅, 김재진(2015), 한중일 산업연관표의 발전 및 응용 현황 비교분석_3국간 국제산업연관표 작성방안 모색을 중심으로, 정책자료 2015-258, 산업연구원.
- 이현진, 이철원, 윤형준(2021), 유럽 친환경자동차산업 정책분석과 시사점_e-모빌리티를 중심으로, 연구자료 21-01, 대외경제정책연구원.
- 이현진(2023), 무역데이터를 활용한 국내 주요 산업별 핵심원자재 공급망 취약성 분석,이 슈보고서 Vol.2023-이슈-4(2023.4), 한국수출입은행.
- 임지훈(2022), 배터리 핵심 원자재 공급망 분석_리튬, Trade Focus 2022년 21호, 한국무역 협회.
- 장병훈, 이은송, 배기원(2021), 아세안 5개국의 생산차질이 글로벌 공급망에 미치는 영향, 국제경제리뷰 제2021-25호, 한국은행.
- 조은교, 심우중, 서동혁, 김정현, 광현(2022), 글로벌 공급망 블록화에 따른 중국의 전략과 우리의 대응_이차전지산업을 중심으로, 연구보고서 2022-20, 산업연구원.
- 조철, 김경훈(2024), 한국의 글로벌 배터리 공급망 허브 구축 가능성 연구, SGI Brief Vol.17, 대한상공회의소.
- 최재희(2023), 중국 LFP 배터리 공급망 분석 및 시사점, 세계경제 포커스 Vol.6 No.9, 대외 경제정책연구원.

- 한재진(2023), 세계 2차전지 공급망 구조 현황과 시사점, 현대경제연구원.
- 한국산업은행 KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터(2023), 글로벌 공급망(GVC) 핵심 품목 연구_이차전지 4대 소재, 희토류, 텅스텐.
- ADB(2015), Key indicators for Asia and the Pacific 2015.
- ____ (2020), Economic Indicators for East Asia_Input-Output Tables.
- ____ (2021), Key indicators for Asia and the Pacific 2021.
- Alessandro Borin, Michele Mancini(2020), Measuring What Matters in Global Value Chains and Value-Added Trade, Policy Research Working Paper 8804, World Bank Group.
- Gregory M. LaRocca(2020), Global Value Chains_Lithium in Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles, Working Paper ID-069, US International Trade Commission.
- IEA(2021), Global EV Outlook 2021.
- ____ (2022), Global Supply Chains of EV Batteries.
- ____ (2022), Global EV Outlook 2022.
- ____ (2023), Global EV Outlook 2023.
- ____ (2024), Global EV Outlook 2024.
- Robert Koopman, William Powers, Zhi Wang, Shang-Jin Wei(2010), Give Credit where Credit is Due_Tracing Value Added in Global Production Chains, Working Paper 16426, NBER
- Robert Koopman, Zhi Wang, and Shang-Jin Wei(2014), Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports, American Economic Review 2014, 104(2): 459-494.
- UN(2002), International Standard Industrial Classification of All Economic Activities(ISIC) Rev. 3.1.
- UN(2008), International Standard Industrial Classification of All Economic Activities(ISIC) Rev. 4.
- USGS(2020), Mineral Commodity Summaries 2020.
- ____ (2021), Mineral Commodity Summaries 2021.
- ____ (2022), Mineral Commodity Summaries 2022.
- ____ (2023), Mineral Commodity Summaries 2023.
- ____ (2024), Mineral Commodity Summaries 2024.