

제12회 기술규제 대응의 날
< 신기술 · 신산업 TBT 대응 포럼 >

배터리 규정 시행 조항 관련 TBT 대응 방안

폐배터리 재활용 효율 및 물질 회수율 계산

· 검증 방법론 가이드 주요 내용

(Commission Delegated Regulation (EU) 2025/606)

2025. 12. 10.(수)

한국생산기술연구원
국가청정생산지원센터
최요한 전과정평가팀장



Contents



01. EU 배터리 규정 : 위원회 위임 규정 (EU) 2025/606) 주요 내용

02. EU 배터리 규정 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법에 관한
위원회 위임 규정(안) 주요 내용



산업통상자원부 지정

국제환경규제 기업지원센터

Chapter

1



EU 배터리 규정 : 위원회 위임 규정 (EU) 2025/606) 주요 내용

제12회 기술규제 대응의 날
< 신기술 · 신산업 TBT 대응 포럼 >

3 / 41

새로운 표준의 시대: 왜 이 규정이 중요한가?

EU 집행위원회는 Regulation (EU) 2023/1542를 보완하여, 폐배터리 재활용 효율(Recycling Efficiency) 및 물질 회수율(Recovery of Materials)의 계산과 검증을 위한 통일된 방법론을 수립했습니다.

이 규정은 EU 시장 내 모든 배터리 재활용 사업자에게 적용되며, 경쟁의 공정성을 확보하고 순환경제를 촉진하는 것을 목표로 합니다.

본 자료는 규정의 핵심 요소를 4개의 모듈로 나누어 명확하게 안내합니다.

1

**핵심 원칙 및 정의**

Core Principles & Definitions

2

**효율/회수율 계산 방법론**

Calculation Methodologies

3

**유형별 문서화 서식**

Documentation Formats by Type

4

**데이터 검증 절차**

Verification Procedures

재활용 프로세스 : 수거부터 검증까지





투입분 (Input Fraction)

재활용을 위해 준비되어 공정에 투입되는 폐배터리의 무수(water-free) 기준 질량. 케이싱, 통합 케이블, 외부 부품, 제조 폐기물(셀/모듈 형태) 등을 포함.



산출분 (Output Fraction)

투입분에서 파생되어 재활용 공정을 거친 후의 물질, 재료, 제품의 질량. 에너지 회수, 연료 활용, 매립 건설용 자재는 제외.



중간분 (Intermediate Fraction)

투입분도 산출분도 아니며, 하나 이상의 산출분으로 전환되기 위해 후속 재활용 단계로 넘어가는 폐배터리의 질량.



블랙 매스 (Black Mass)

(열-)기계적 처리 과정에서 생성된 양극재 분말 또는 양극/음극재 혼합물. **물질 회수율 계산을 위해서는 추가 공정이 필요한 '중간분'으로 간주됨.**



최초 재활용업자 (First Recycler)

폐배터리 모듈/셀의 재활용을 시작하는 재활용업자 (예: 블랙 매스 생성). 여러 시설에서 재활용이 이루어질 경우, 정보 수집 및 보고의 책임을 지는 주체.



불순물 (Impurities)

재활용에 해로운 비의도적/비표적 구성 요소. 투입분의 불순물은 질량에 포함되나, 공정 중 반응으로 생긴 불순물은 산출분 질량에서 제외.

산정 방법론 1 : 재활용 효율(rRE) 산출

$$rRE = \left(\frac{\sum m_{\text{output}}}{m_{\text{input}}} \right) \times 100 \text{ [mass \%]}$$

**m_input (투입분 질량)**

- 재활용 공정에 투입된 폐배터리의 총 질량 (톤/년).
- 투입분의 화학적 구성은 배터리 여권 정보, 산출분 분석, 또는 직접 샘플링을 통해 결정.

**m_output (산출분 질량)**

- 재활용을 통해 회수된 모든 산출분의 총 질량 (톤/년).
- 대기, 수질, 토양으로의 배출물은 계산에 포함되지 않음.

**핵심 준수 사항**

재활용 효율은 반드시 아래의 배터리 화학 유형별로 각각 개별적으로 계산해야 합니다.

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| - 납산 배터리 (Lead-acid) | - 니켈-카드뮴 배터리 (Nickel-cadmium) |
| - 리튬 기반은 배터리 (Lithium-based) | - 기타 배터리 (Other batteries) |

재활용 효율 계산의 미세 조정 : 특정 원소의 포함 규정

2029년 12월 31일까지
(Until 31 December 2029)

포함 가능 원소 (May be taken into account in m_input and m_output)

- 산소 (Oxygen)
- 셀 레벨 탄소 (Carbon from carbon sources at cell level)
- 셀 레벨 철 (Iron from iron sources at cell level)
- 인 (Phosphorus)
- 염소 (Chlorine)
- 황 (Sulphur)

2030년 1월 1일부터
(From 1 January 2030)

반드시 포함해야 하는 원소 (Shall be taken into account)

- 셀 레벨 탄소 (Carbon from carbon sources at cell level)
- 셀 레벨 철 (Iron from iron sources at cell level)
- 인 (Phosphorus)

포함 가능한 원소 (May be taken into account)

- 산소 (Oxygen)
- 염소 (Chlorine)
- 황 (Sulphur)



전략적 시사점

이 변화는 장기적으로 재활용 공정의 고도화를 요구하며, 계산 방식의 변경에 미리 대비해야 합니다.

계산 방법론 2 : 특정 물질 회수율(rRM) 산출

$$rRM(TM) = \left(\frac{\sum m_{TM,output-point}}{m_{TM,input}} \right) \times 100 \text{ [mass \%]}$$



TM (Target Material)

코발트, 구리, 납, 리튬, 니켈 등 회수 대상 물질
(Target materials such as Cobalt, Copper, Lead, Lithium, Nickel).



$m_{TM,input}$

투입분에 포함된 특정 대상 물질(TM)의
총 질량 (톤/년).



$m_{TM,output-point}$

'RM 계산 시점'에서 산출분에 포함된
특정 대상 물질(TM)의 총 질량 (톤/년).

'RM 계산 시점 (RM calculation-point)'이란?

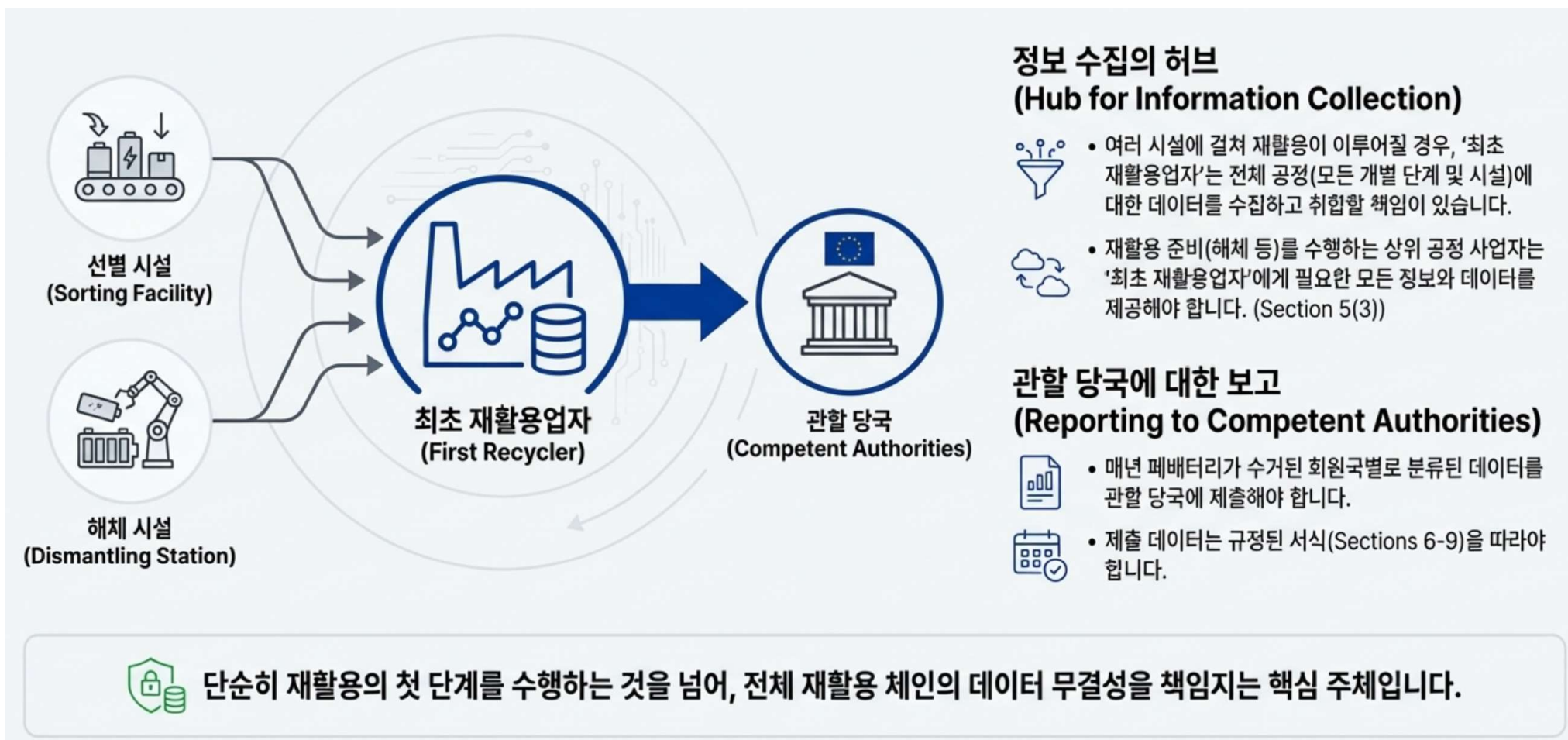
재활용 공정 중, 대상 물질이 1차 원료를 대체하여 산업 공정에 사용될 수 있는 물질, 재료 또는 제품으로 회수되는 단계를 의미합니다.

오직 이 시점의 산출분만이 물질 회수율 계산에 포함될 수 있습니다.

이는 회수된 물질이 실질적인 산업 가치를 지녀야 함을 명시합니다.

Chapter 1. EU 배터리 규정 : 위원회 위임 규정 (EU) 2025/606) 주요 내용

책임의 중심 : '최초 재활용업자'의 역할과 의무



최초 재활용업자는 매년 다음의 정보를 포함한 문서를 관할 당국에 제출해야 합니다.



재활용업자 정보 (Recycler Information)

전체 이름, 주소 등



분별 목록 (Detailed Lists)

투입분, 중간분, 산출분의 상세 목록



보고 연도 (Reporting Year)

데이터가 해당하는 연도



계산된 비율 (Calculated Rates)

각 화학 유형별로 계산된 재활용 효율(rRE) 및 물질 회수율(rRM)



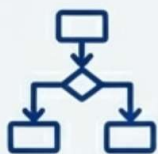
배터리 화학 유형 (Battery Chemistry)

납산, 리튬 기반, 니켈-카드뮴, 기타
(리튬 기반의 경우 주요 화학 조성 포함)



특정 물질 처리 (Specific Substance Treatment)

재활용 되거나 폐기된 카드뮴 및 수은의 총량
(해당 시)



처리 공정 흐름도 (Process Flowchart)

재활용 준비부터 최종 산출분까지의 모든 단계를
포함하는 상세 흐름도

배터리 유형 (Battery Type)	주요 보고 항목 (Key Reporting Elements)	규정 섹션 (Regulation Section)
납산 (Lead-Acid)	총 납 (Total lead), 건조 황산 (Dry sulphuric acid), 플라스틱, 강철	Section 6
리튬 기반 (Lithium-based)	코발트, 구리, 리튬, 니켈, 망간, 알루미늄, 강철, 플라스틱, 및 특정 원소(산소, 탄소, 철 등)	Section 7
니켈-카드뮴 (Ni-Cd)	코발트, 구리, 니켈, 강철, 전해질(KOH, NaOH), 플라스틱, 카드뮴(Cd)	Section 8
기타 (Other)	모든 주요 금속(Co, Cu, Pb, Li, Ni, Mn), 강철, 플라스틱, 전해질 및 특정 원소. 수은(Hg) 포함 가능	Section 9

Key Takeaway: 각 배터리 유형에 맞는 정확한 서식을 사용하고, 해당 유형에 특화된 원소 및 화합물 데이터를 정확히 기입하는 것이 필수적입니다.

규정 Section 4는 수은 및 카드뮴을 포함하는 폐배터리 처리 흐름에 대한 명시적인 문서화를 요구합니다.

카드뮴 (Cadmium) - (주로 Ni-Cd 배터리 관련)

문서에는 다음 세 가지 질량 값을 명확히 기재해야 합니다.

- **mCd, input**: 투입된 Ni-Cd 배터리 내 카드뮴의 총 질량
- **mCd, output**: 재활용을 통해 산출분으로 회수된 카드뮴의 질량
- **mCd, waste**: 안전하게 고정화되어 폐기물로 처리된 카드뮴의 질량

검증 요건

`mCd, output` + `mCd, waste`는 `mCd, input`과 일치해야 합니다.

수은 (Mercury) - (해당 배터리 관련)

문서에는 다음 두 가지 질량 값을 명확히 기재해야 합니다.

- **mHg, input**: 투입된 배터리 내 수은의 총 질량
- **mHg, waste**: 안전하게 고정화되어 폐기물로 처리된 수은의 질량

검증 요건

`mHg, waste`는 `mHg, input`과 일치해야 합니다.

관할 당국의 검증 절차

제출된 데이터는 폐배터리 처리 시설이 위치한 회원국의 관할 당국에 의해 검증됩니다.

검증 범위 (Scope of Verification) - Section 10



제출된 문서의 완전성, 정확성,
일관성



데이터 기밀 유지



적용된 검증 기법

주요 검증 기법 (Key Verification Techniques)



필수 (Mandatory)

- 제출된 전체 계산 및 정보의 검증 (Verification of overall calculations and information)



선택적/필요시 (Optional / As needed)

- 관련 서류 증거(계약서, 운송 서류 등) 요청 (Requesting documentary evidence)
- 재활용 체인 내 관련 당사자 감사 (Auditing relevant parties in the recycling chain)
- 재활용 시설 현장 방문 (Visits to recycling facilities)
- (사업자 자체) 외부 기업을 통한 자체 감사 결과 제출 가능 (Recyclers may submit results of self-auditing by external companies)



1. 역할 명확화 (Clarify Your Role)

귀사는 '최초 재활용업자'에 해당합니까? 데이터 수집 및 보고의 최종 책임 범위를 식별하십시오.



2. 계산 방법론 숙지 (Master the Calculation Methodologies)

재활용 효율(rRE) 및 물질 회수율(rRM) 공식을 내부 프로세스에 적용하고, 'RM 계산 시점'을 명확히 정의하십시오.



3. 데이터 관리 시스템 구축 (Establish a Data Management System)

투입분, 산출분, 중간분의 질량 및 화학 조성을 정확하게 추적하고 기록할 수 있는 시스템을 준비하십시오.



4. 유형별 문서 서식 준비 (Prepare Chemistry-Specific Documentation)

취급하는 배터리(납산, 리튬 기반 등)에 맞는 정확한 보고 서식을 확보하고, 필수 보고 항목을 파악하십시오.



5. 검증 대비 태세 완비 (Ensure Readiness for Verification)

모든 계산 근거와 데이터 흐름에 대한 증빙 자료를 체계적으로 관리하여, 당국의 감사 및 현장 방문에 대비하십시오.



산업통상자원부 지정

국제환경규제 기업지원센터

Chapter

2

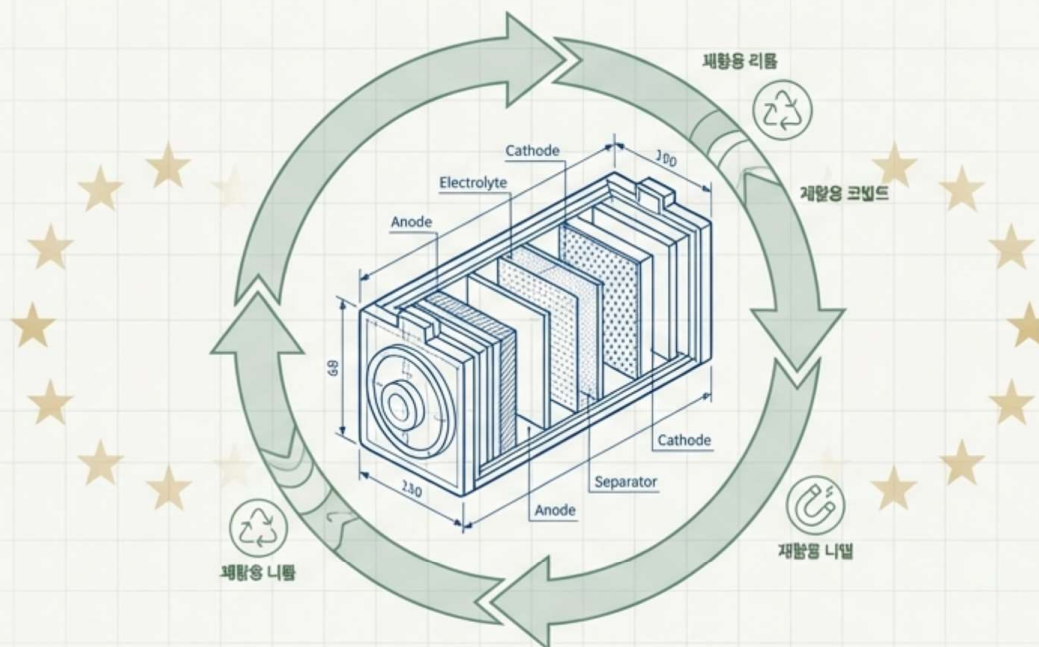
+

EU 배터리 규정 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법에 관한 위원회 위임 규정(안) 주요 내용

제12회 기술규제 대응의 날
< 신기술 · 신산업 TBT 대응 포럼 >

16 / 41

☑ EU 배터리 재활용 소재 함유율 산정 위임 규정(안) by EU JRC



핵심 메시지: 본 자료는 EU 배터리 규정의 재활용 원료 사용 의무화에 대한 유럽연합 공동연구센터(JRC)의 기술 권고안을 분석하여, 국내 배터리 산업 전문가들에게 전략적 시사점을 제공하는 것을 목표로 합니다.

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ EU 배터리 규정 제8조 : 주요 금속 재활용 원료 최소 함량 의무

EU 배터리 규정(EU 2023/1542) 제8조는 산업용 배터리(2kWh 초과), 전기차 배터리, SLI 배터리에 포함된 코발트, 납, 리튬, 니켈에 의무화합니다.

EU 배터리 규정(EU 2023/1542) 제8조는 산업용 배터리(2kWh 초과), 전기차 배터리, SLI 배터리에 포함된 코발트, 납, 리튬, 니켈에 대한 재활용 원료의 최소 비율을 규정합니다. 이 규정은 배터리의 전 생애주기 접근 방식을 채택한 최초의 유럽 법률로, 자원 효율성을 높이고 순환 경제를 촉진하는 것을 목표로 합니다.

코발트 (Cobalt)

2031 목표

16%

2036 목표

26%

납 (Lead)

2031 목표

85%

2036 목표

85%

리튬 (Lithium)

2031 목표

6%

2036 목표

12%

니켈 (Nickel)

2031 목표

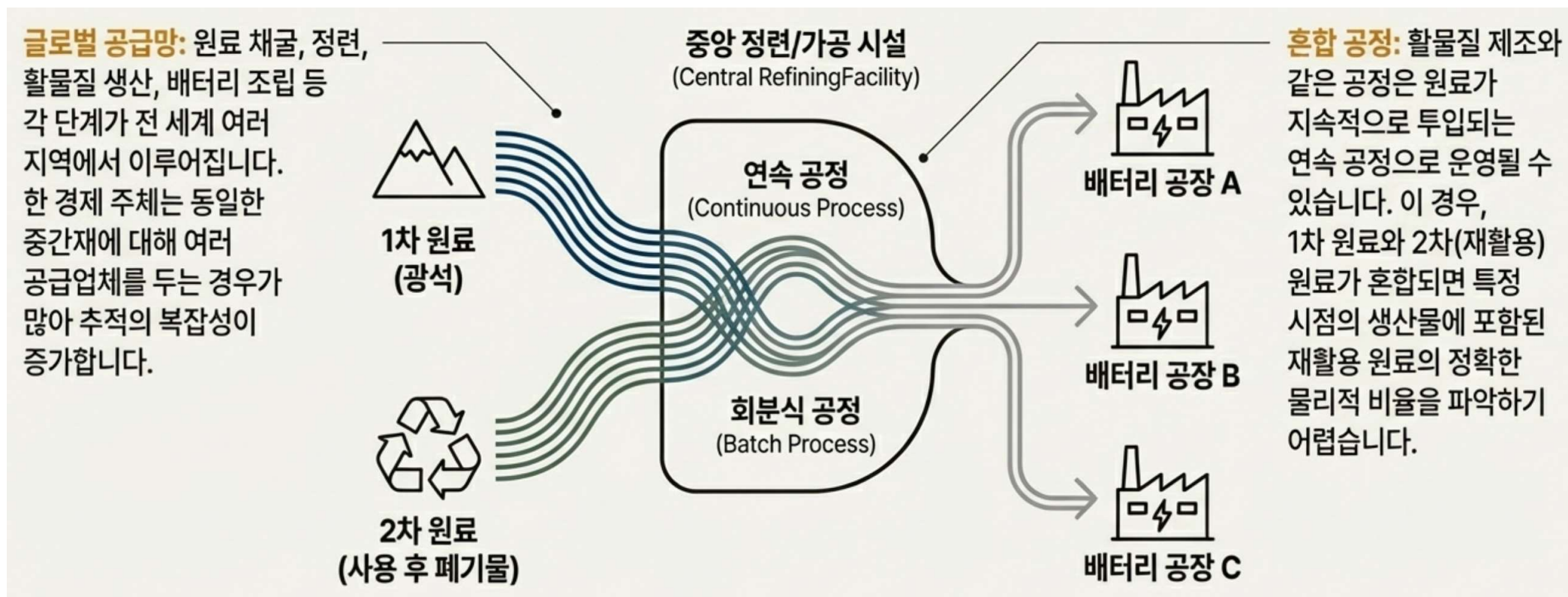
6%

2036 목표

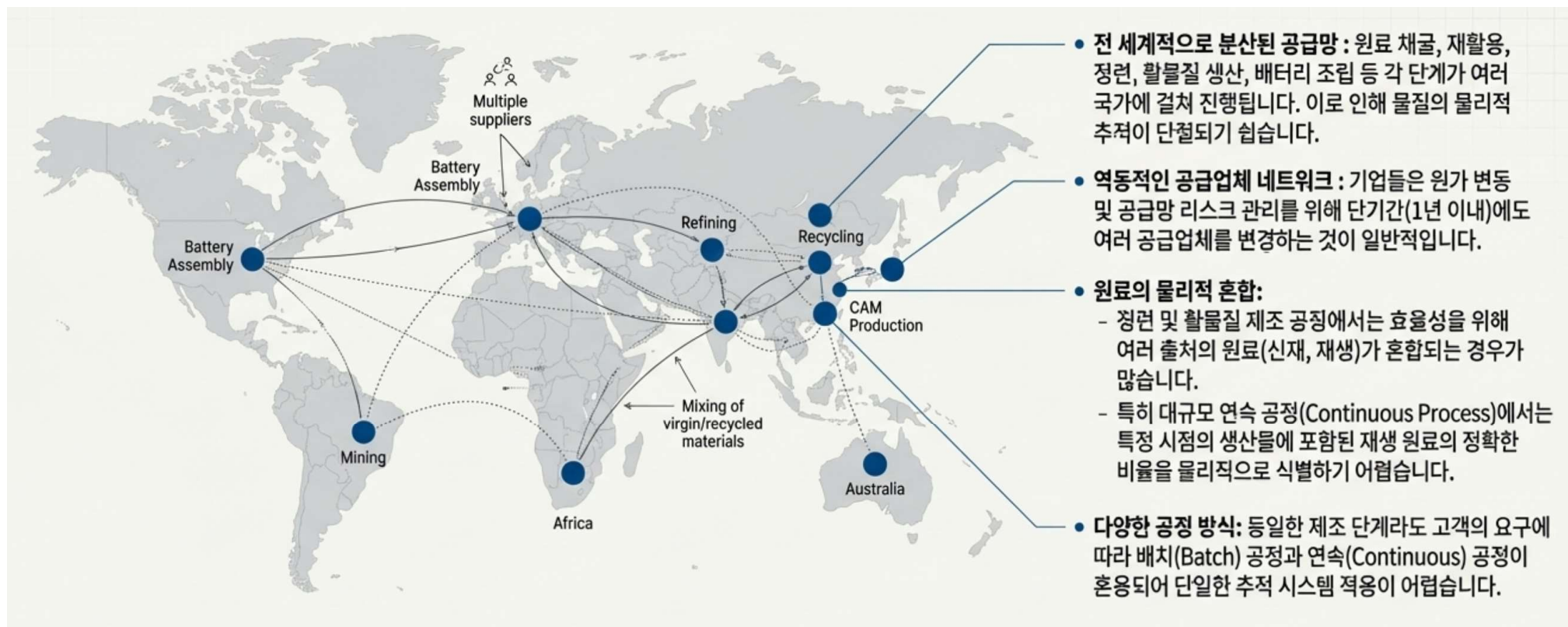
15%

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

- ☑ 개별 제품의 재활용 원료 추적의 난점: 글로벌 복잡성 및 연속/회분식 혼합 공정



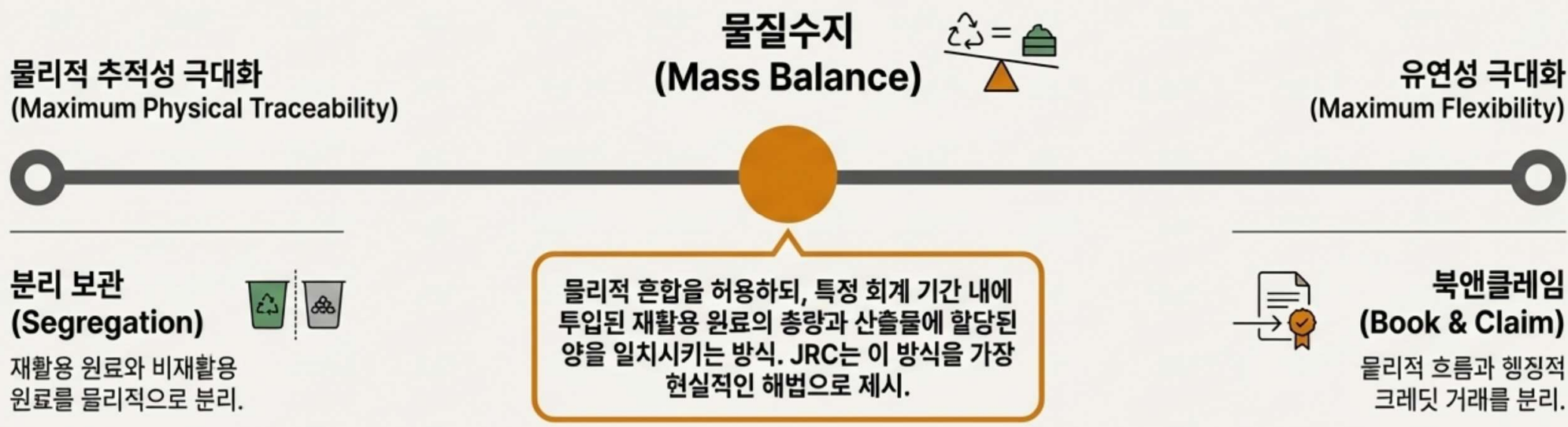
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ 개별 제품의 재활용 원료 추적의 난점: 글로벌 복잡성 및 연속/회분식 혼합 공정


JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

- ☑ 관리 연속성(Chain of Custody) 모델: 투명성과 산업적 실행 가능성 사이의 균형

관리 연속성(CoC)은 공급망을 통해 이동하는 원료의 투입, 산출 및 관련 정보를 모니터링하고 제어하는 프로세스입니다. CoC 모델은 재활용 원료와 같은 특정 특성을 가진 원료에 대한 주장이 최종 제품에서도 유효함을 보장하는 접근 방식입니다.



- ☑ 관리 연속성(Chain of Custody) 모델: 투명성과 산업적 실행 가능성 사이의 균형



추적성 (Traceability) 이란?

- ‘공급망 전반에 걸쳐 원자재 또는 제품의 이력, 적용, 위치 또는 출처를 추적할 수 있는 능력’ (ISO 22095 정의)
- **목표:** 원료의 출처부터 최종 제품까지의 흐름을 기록하고 증명하는 시스템.



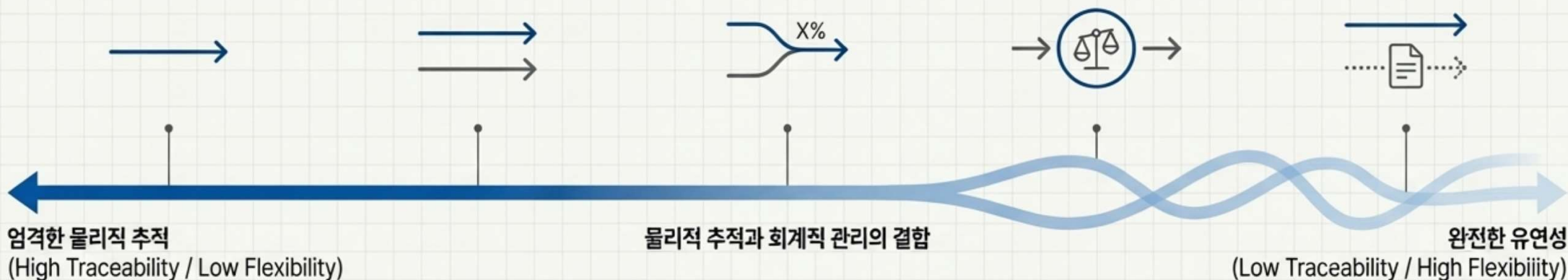
관리 연속성 (Chain of Custody, CoC) 이란?

- ‘관련 공급망의 각 단계를 거치면서 투입물, 산출물 및 관련 정보가 이전, 모니터링, 통제되는 프로세스’ (ISO 22095 정의)
- **역할:** 재활용 원료와 같은 특정 특성을 가진 물질이 최종 제품에 포함되었음을 주장하고, 그 양이 구매량을 초과하지 않도록 보증하는 다양한 접근 방식(모델)을 제공합니다.

결론: 어떤 CoC 모델을 선택하고 적용하는지가 규제 준수 방식과 비즈니스 운영에 직접적인 영향을 미칩니다.

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ 관리 연속성(Chain of Custody) 모델: 투명성과 산업적 실행 가능성 사이의 균형



엄격한 물리적 추적 (High Traceability / Low Flexibility)

1. 개체 보존 (Identity Preservation): 단일 공급원의 원료가 다른 원료와 전혀 섞이지 않고 최종 제품까지 유지됩니다.
(예: 특정 재활용 배치 A → 특정 배터리 배치 A)
2. 분리 (Segregation): 재활용 원료는 재활용 원료끼리만 섞일 수 있으며, 신재 원료와는 절대 섞이지 않습니다.

물리적 추적과 회계적 관리의 결합

3. 통제된 혼합 (Controlled Blending): 신재와 재생 원료를 혼합하되, 각 생산 배치(batch)별 정확한 혼합 비율을 기록하고 추적합니다.
4. 물질수지 (Mass Balance): 특정 회계 기간 동안 투입된 재활용 원료의 총량과 산출물에 할당된 재활용 원료의 총량을 일치시킵니다. 개별 제품의 물리적 함량과 서류상 함량이 다를 수 있습니다.

완전한 유연성 (Low Traceability / High Flexibility)

5. 복엔클레임 (Book and Claim): 재활용 원료의 물리적 흐름과 인증서(Credit) 거래가 완전히 분리됩니다. 제품에 물리적 재활용 원료가 없어도 인증서 구매를 통해 재활용 원료 사용을 주장할 수 있습니다.

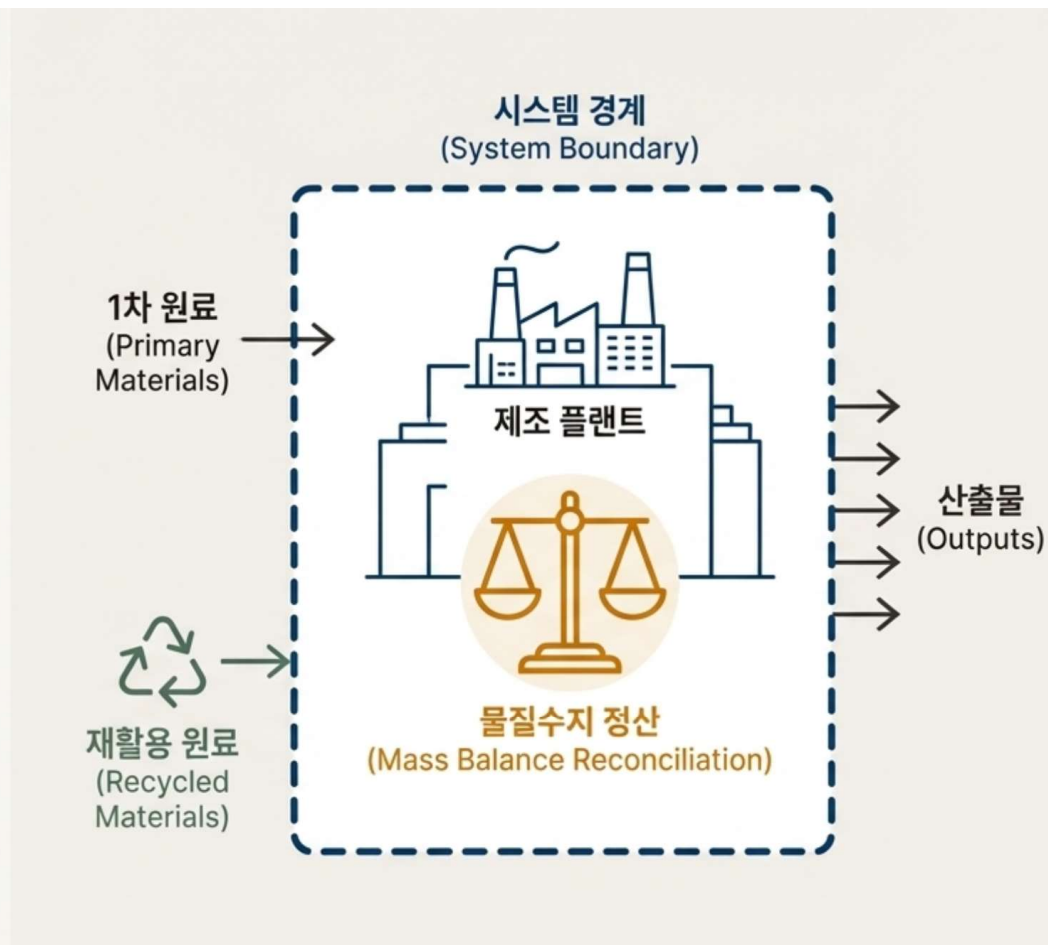
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ 플랜트 단위 물질 수지(Mass Balance; M/B)

JRC는 심층 분석과 이해관계자 협의를 거쳐, '플랜트 단위 물질수지' 접근법을 가장 현실적이고 강력한 솔루션으로 제시합니다.

시스템 경계: 계산의 공간적 시스템 경계는 '제조 플랜트(manufacturing plant)'입니다. 이는 모든 생산 라인, 입출고 저장 시설, 부산물 및 폐기물을 포함합니다.

핵심 원칙: 이 접근법은 개별 플랜트의 경계 내에서 재활용 원료의 투입량과 산출량을 회계 기간 동안 일치시키는 것을 기본으로 합니다. 이는 그룹 차원의 크레딧 이전이나 물리적 흐름과 무관한 크레딧 거래(Book & Claim)를 배제합니다.



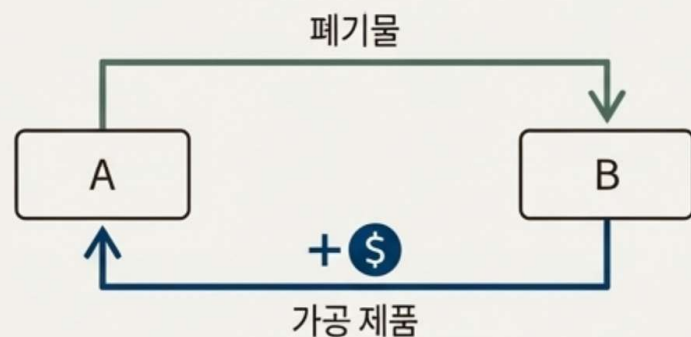
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ JRC의 제안

두 옵션 모두 ‘플랜트 단위 물질수지’라는 기본 원칙을 공유하지만, 재활용 크레딧을 할당하고 관리하는 방식에 차이가 있습니다.
이 옵션들은 공급망 내 특정 비즈니스 관계(위탁 처리)를 인정하거나, 시장 간 공정한 경쟁 환경을 조성하는 데 중점을 둡니다.

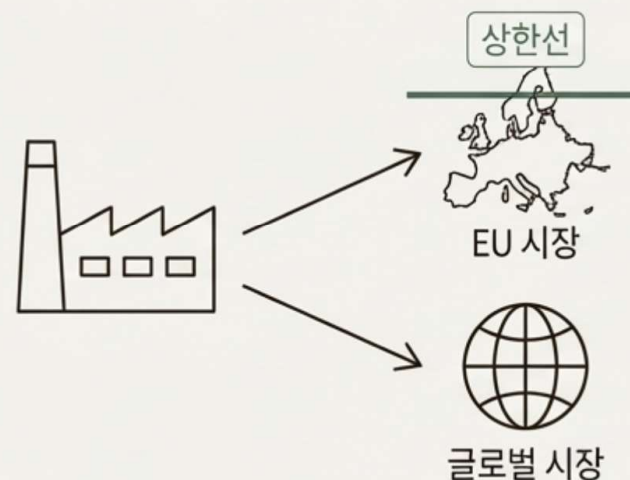
옵션 1: 위탁 처리(Toll-Treatment) 모델

서비스로서의 재활용(Recycling-as-a-Service)을 위한 경로 제공

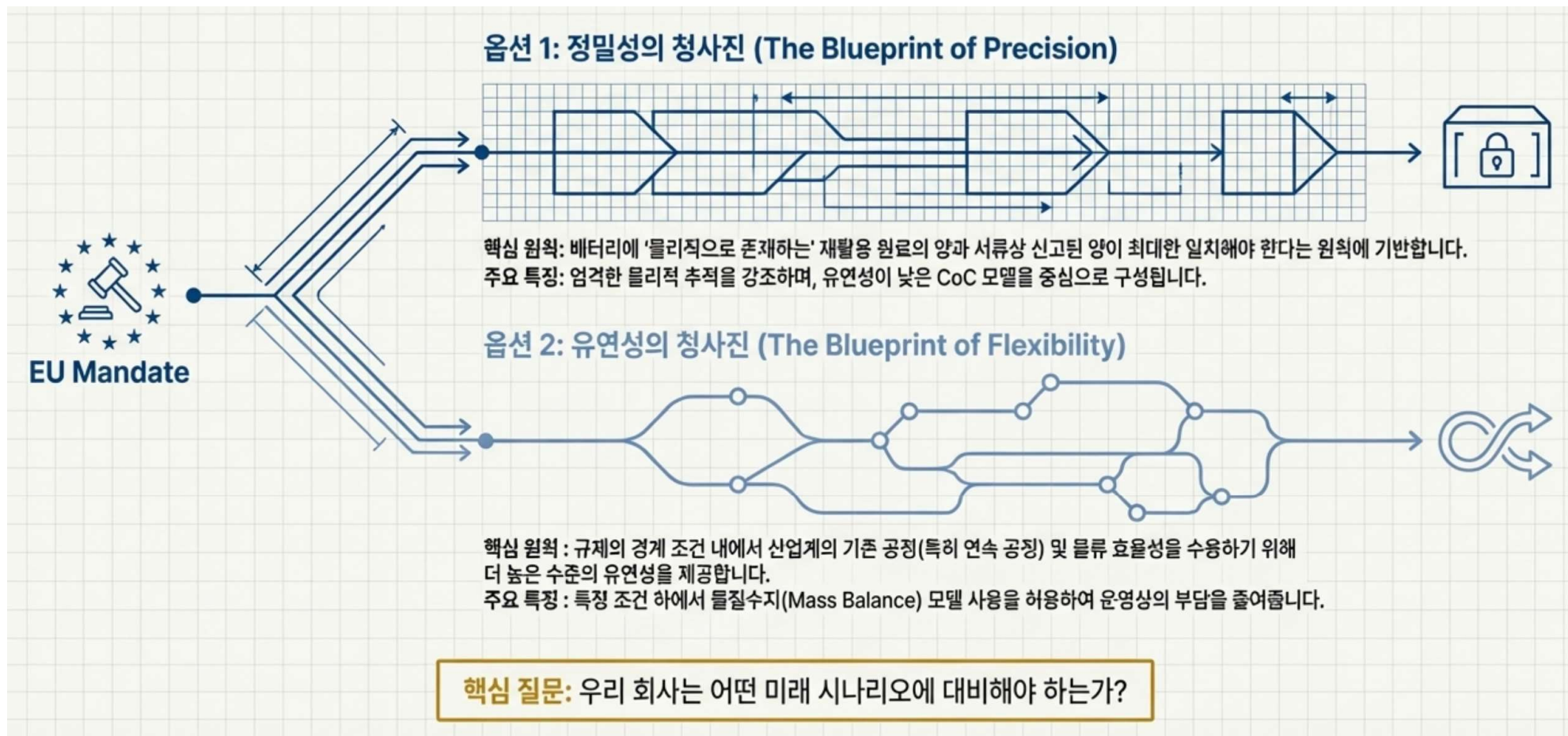


옵션 2: 시장별 크레딧 상한(Market-Specific Cap) 모델

EU 시장으로의 크레딧 집중 방지 및 공정 경쟁 유도

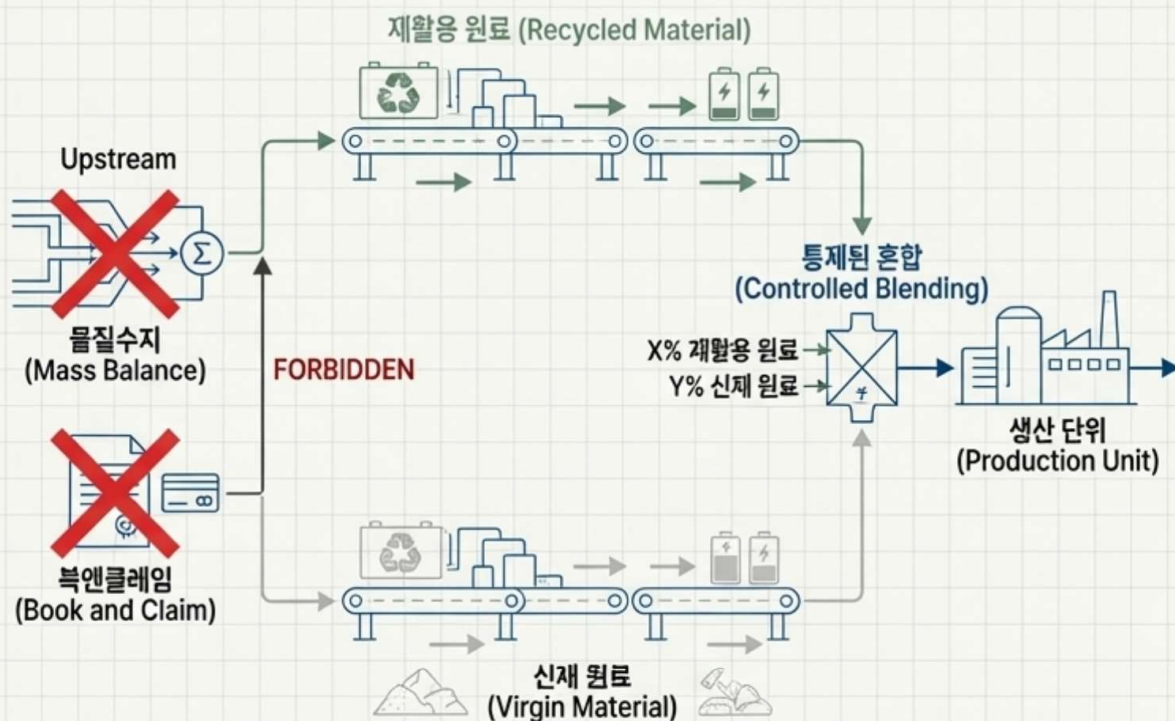


☑ JRC의 제안



JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ JRC의 제안 : 정밀성의 청사진(옵션 1)



허용되는 CoC 모델:

- 분리 (Segregation) 및 통제된 혼합 (Controlled Blending) 모델이 공급망 전반의 기본 원칙으로 적용됩니다.
- 이는 모든 생산 단위(예: 배치, 선적률)에서 산출물에 포함된 재활용 원료의 비율을 물리적으로 파악하고 기록해야 함을 의미합니다.

엄격히 제한되는 모델:

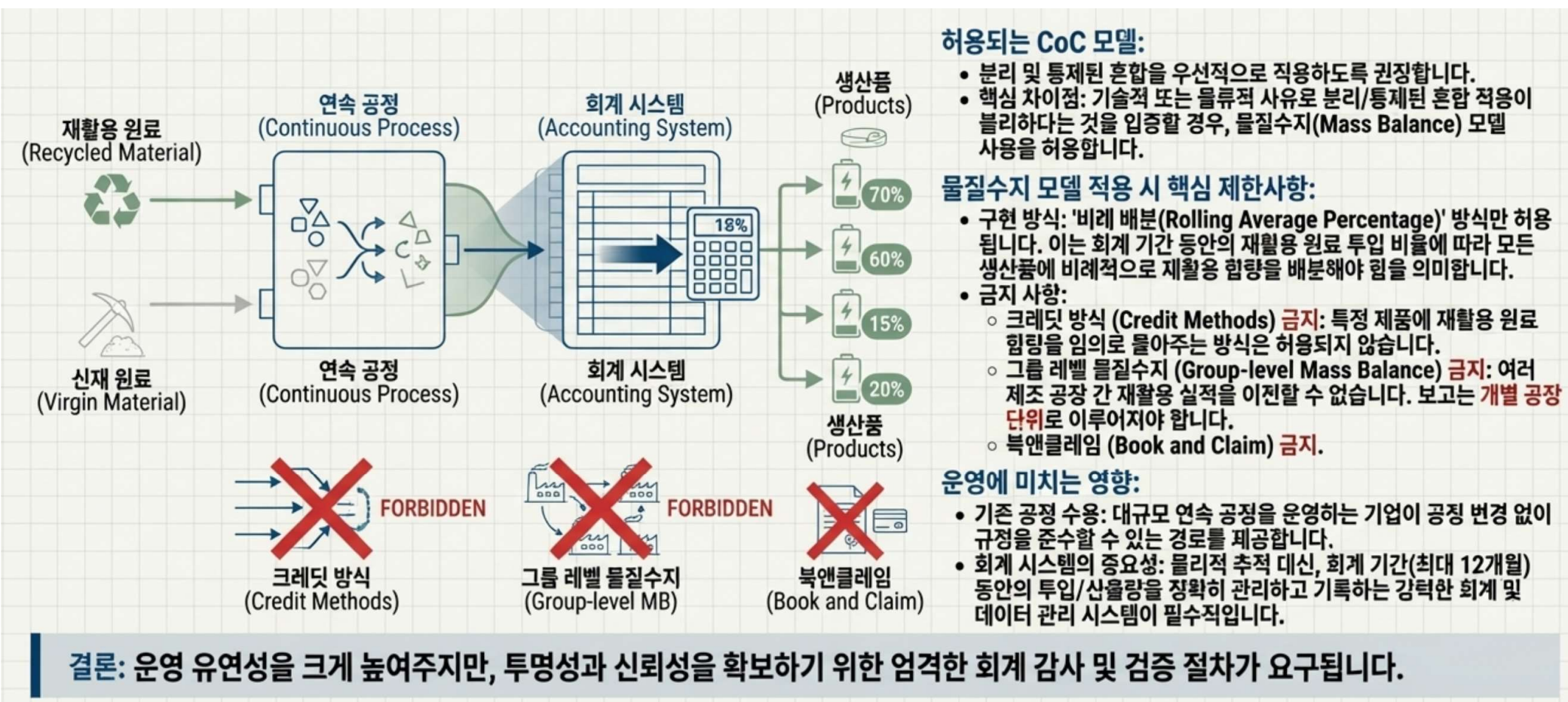
- 물질수지 (Mass Balance): 공급망 업스트림(재활용, 정련, 활물질 생산)에서는 원칙적으로 **사용이 금지**됩니다.
(참고: 옵션 1b에서는 최종 배터리 제조업체에 한해 제한적인 물질수지 사용을 허용하는 방안이 논의되나, 핵심은 업스트림의 엄격한 통제입니다.)
- 북앤클레임 (Book and Claim): 공급망의 모든 단계에서 **전면 금지**됩니다.

운영에 미치는 영향:

- 물리적 분리 요구: 재활용 원료와 신재 원료는 혼합 지점 전까지 물리적으로 분리된 라인이나 보관 시설을 통해 관리되어야 합니다.
- 공정의 제약: 신재와 재생 원료의 혼합이 불가피한 대규모 연속 공정은 이 옵션을 준수하기 위해 공정을 변경하거나, 배치 단위로 전환해야 할 수 있습니다.








결론: 높은 수준의 추적성과 투명성을 보장하지만, 공급망, 특히 업스트림 기업에 상당한 운영 및 설비 투자 부담을 야기할 수 있습니다.

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ JRC의 제안 : 유연성의 청사진(옵션 2)


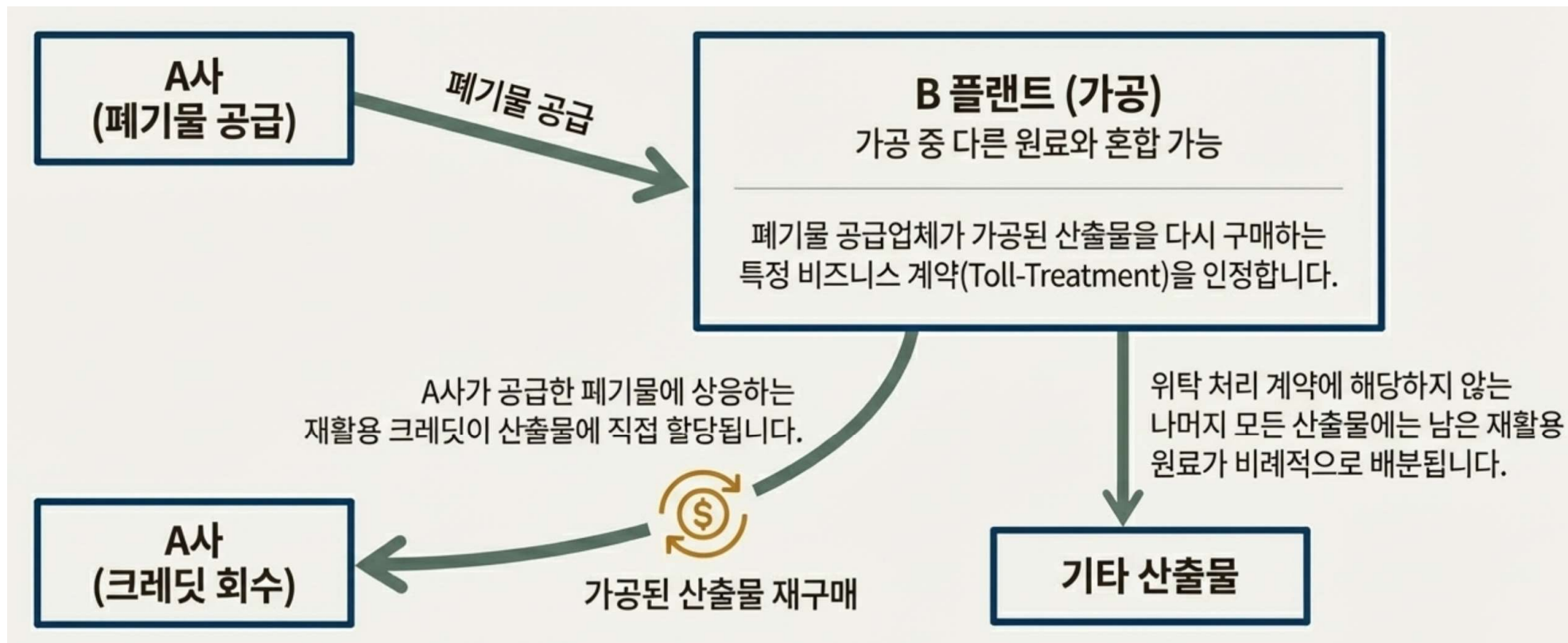
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ JRC의 제안 : 옵션 비교 분석

구분	경로 A: 정밀성의 청사진 (옵션 1)	경로 B: 유연성의 청사진 (옵션 2)
 핵심 철학	물리적 실재성 보장	운영 현실성 및 유연성 확보
 주요 허용 CoC	분리(Segregation), 통제된 혼합(Controlled Blending)	분리, 통제된 혼합 + 조건부 물질수지(Mass Balance)
 운영상 영향	<ul style="list-style-type: none"> • 재활용/신재 원료의 물리적 분리 필수 • 별도 생산 라인 또는 배치 공정 필요 가능성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 연속 공정 등 기존 생산 방식 유지 용이 • 엄격한 회계 및 데이터 관리 시스템 필수
 공급망 유연성	낮음	높음
 주요 비용 부담	설비 투자 및 변경 비용, 잠재적 생산 효율 저하	강력한 회계/IT 시스템 구축 및 제3자 검증 비용
 규제 리스크	규정의 '물리적 존재' 원칙에 가장 부합하여 해석의 여지가 적음	'가상적 할당'에 대한 비판 가능성, 엄격한 검증을 통과해야 함
 비교	업스트림(정련, CAM)에 큰 부담	최종 배터리 제조사를 포함한 전 공급망에 유연성 제공

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

- ☑ JRC의 제안 : 옵션 1 – 용도: 위탁처리 모델 – 폐기물 공급업체가 재활용 원료 크레딧을 직접 회수 가능



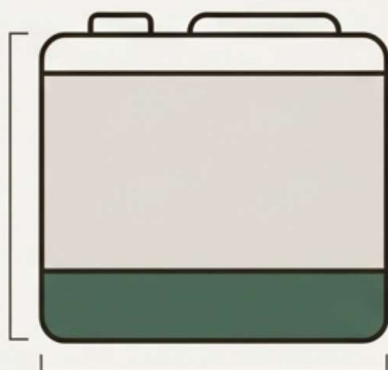
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ JRC의 제안 : 옵션 2 – 용도: 시장별 크레딧 상한(Market-Specific Cap) 모델

이 모델은 플랜트에서 생산된 모든 산출물의 평균 재활용 함량을 기준으로 EU 시장용 제품에 할당할 수 있는 재활용 크레딧의 최대치를 설정합니다. 이는 EU 시장에만 높은 재활용 함량을 주장하고 다른 시장에는 0%를 판매하는 '체리피킹'을 방지하기 위함입니다.

플랜트 전체 평균 계산

플랜트 전체 평균
재활용 함량: 20%



EU행 + 비EU행
모든 산출물 기준

EU 시장 할당 상한 적용



20% 주장



80% 주장
불가능

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

- ☑ 재활용 원료 함량 계산 : 각 공급망 단계의 산출물 시점, 공정 손실 반영한 '전환 계수(CF)'

기본 계산 공식 (JRC 권고안):

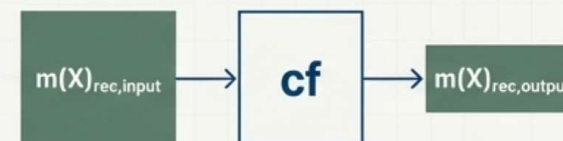
$$\text{ReCo}(X) = \left[\frac{\sum m(X)_{\text{rec,output}}}{\sum m(X)_{\text{total,output}}} \right] \times 100$$

ReCo(X): 원료 X의
재활용 원료 비율 (%)

$\sum m(X)_{\text{rec,output}}$: 회계 기간
동안 생산된 산출물(제품)에
포함된 **재활용** 원료 X의 총 질량
(tonnes)

$\sum m(X)_{\text{total,output}}$: 회계 기간
동안 생산된 산출물(제품)에
포함된 **전체** 원료 X의 총 질량
(tonnes)

계산의 핵심 요소:



1. 계산 시점: 공급망의 각 단계(예: 재활용, 정련, CAM 생산)를 떠나는 **산출물(Output)**을 기준으로 계산합니다.
2. 데이터의 연속성: 이전 공급망 단계의 액터가 제공하는 데이터(재활용 원료 비율, 총 질량, 화학식)를 기반으로 다음 단계의 투입량을 계산합니다.
3. 손실을 반영 (Conversion Factor, cf): 공정 중 발생하는 원료 손실을 반영하기 위해 **전환계수(cf)**를 적용해야 합니다.

$$m(X)_{\text{rec,output}} = m(X)_{\text{rec,input}} \times cf$$

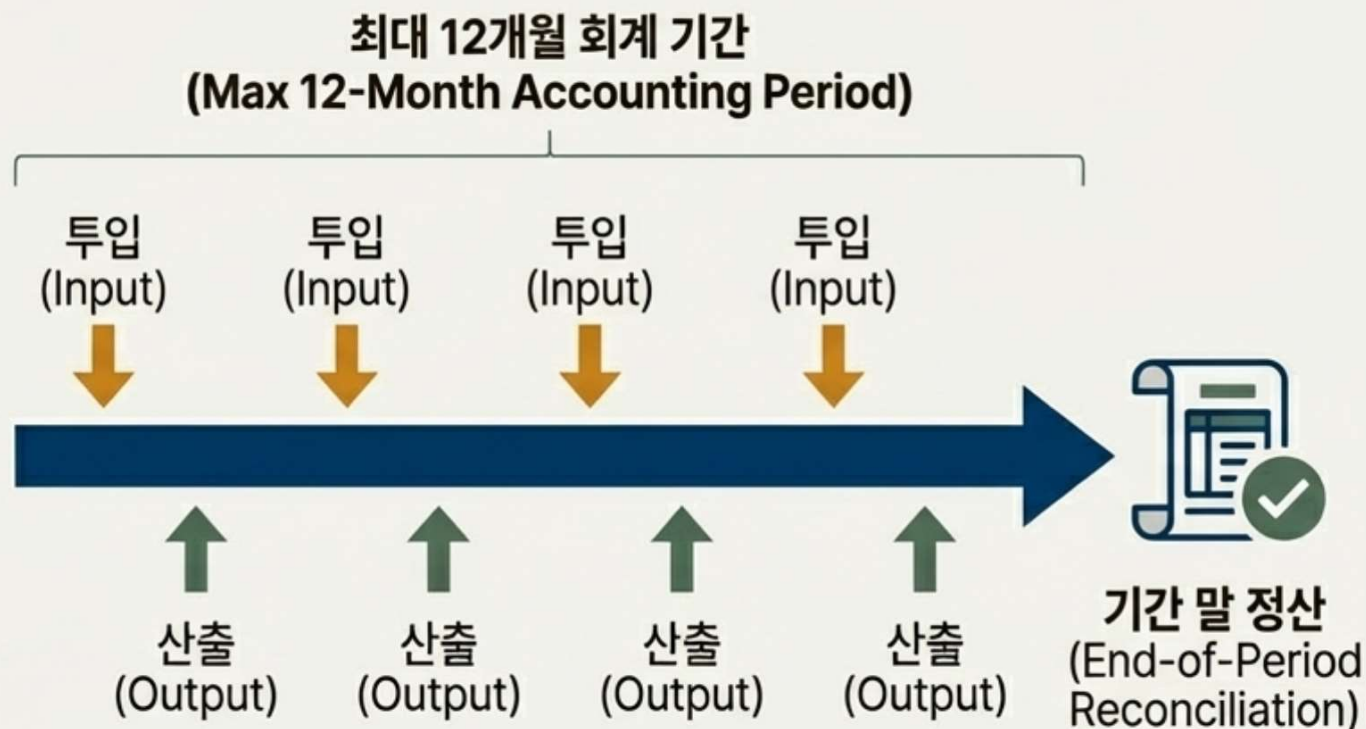
전환계수는 각 공장 및 공장별 실제 데이터를 기반으로 산출되어야 하며, 이는 검증의 핵심 대상입니다.

결론: 정확한 재활용 원료 비율 계산을 위해서는 공급망 파트너로부터 정확한 데이터를 수신하고, 자체 공정의 전환계수를 정밀하게 관리하는 것이 필수적입니다.

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ 계산의 시간적 기준 : 회계 기간

- **정의:** 회계 기간은 입출고된 재료를 정산하고 재활용 원료의 양을 재할당하기 위해 장부 기입 목적으로 정의된 기간입니다.
- **기간:** 배터리 제조업체 및 기타 공급망 참여자는 회계 기간의 길이를 선택할 수 있으며, 이 기간은 12개월을 초과할 수 없습니다.
- **기능:** 이 기간 동안 플랜트는 투입된 재활용 원료의 총량과 산출물에 할당된 재활용 원료의 총량을 일치시켜야 합니다. 이를 통해 단기적인 공급 변동에 대응하고 생산 계획의 유연성을 확보할 수 있습니다.



JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ 배터리 제조사 : 공급망 전체 추적성 시스템 구축, 표준화 된 데이터 입수

배터리 제조업체의 핵심 책임:

- 완성된 배터리 모델까지 공급망 전체를 포괄하는 **추적성 시스템**을 구축하고 운영할 책임이 있습니다.
- 공급망 내 모든 파트너가 필요한 문서를 수집하고 제공하도록 보장해야 합니다 (예: 계약 조건 명시).
- 인증기관(Notified Body)이 공급망 전체의 관련 문서에 접근할 수 있도록 보장해야 합니다.



데이터 공유 방식: 최소 'One step up, one step down' 접근 방식이 요구됩니다. (즉, 직전 공급사와 직후 고객사 간 정보 공유는 필수)



문서 보관 기간: 생산된 제품이 공장을 떠난 후 **10년**

공급망 참여자별 필수 문서 (최소 요건):

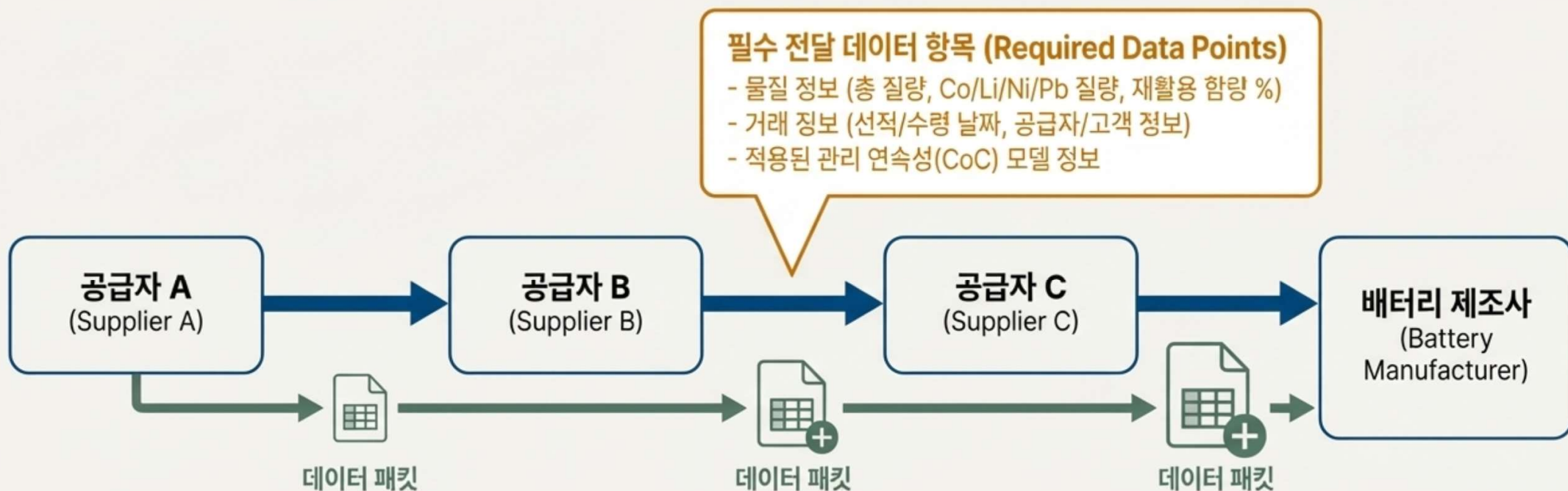
문서 유형	배터리 제조사	업스트림 공급사 (정련, CAM 등)
생산 공정 설명	●	●
재활용 원료 관련 입/출고 자재 명세	●	●
공급사/고객사 목록 및 거래 기록	● (공급사)	● (공급사 및 고객사)
선적/수령 기록 (날짜, 수량, 성분, CoC 모델 등)	●	●
재활용 원료 비율 계산 내역	●	●
전환계수(cf) 산출 근거 데이터	-	●

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

- ☑ 배터리 제조사 : 공급망 전체 추적성 시스템 구축, 표준화 된 데이터 입수

배터리 제조사의 의무: 전체 공급망에 걸친 추적성 시스템을 구축하여 재활용 함량 계산에 사용되는 데이터의 신뢰성을 보장해야 합니다.

정보 공유 모델: 각 공급망 참여자는 자신의 로컬 시스템에 추적성 데이터를 보관하며, 필요한 데이터를 직속 상위 및 하위 공급망 파트너와 공유합니다 ('one step up, one step down').

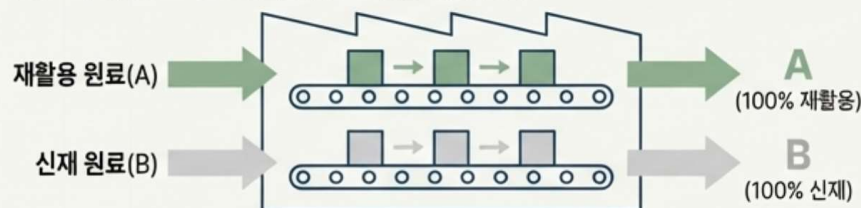


JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☒ 주요 관리 연속성(CoC) 모델 작동 방식

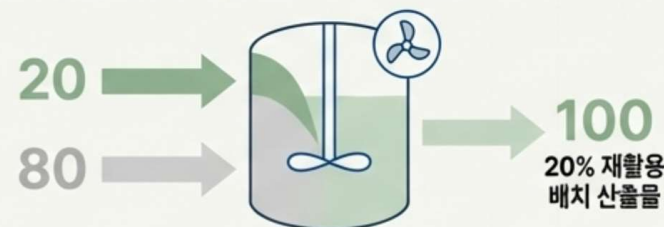
분리 (Segregation)

원칙: 재활용 원료와 신재 원료의 물리적 분리를 유지.
흐름: 재활용 원료(A)와 신재 원료(B)는 별도의 라인으로 투입되어, 산출물 역시 명확히 A와 B'로 구분됨.
주장: "이 제품은 100% 재활용 원료로 만들어졌습니다."



통제된 혼합 (Controlled Blending)

원칙: 배치(Batch) 단위로 재활용과 신재 원료를 의도적으로 혼합하고, 정확한 비율을 기록.
흐름: 20유닛의 재활용 원료와 80유닛의 신재 원료를 혼합하여 100유닛의 산출물 생성.
주장: "이 제품 배치에는 20%의 재활용 원료가 포함되어 있습니다."



물질수지 (Mass Balance - Site Level)

원칙: 공장 단위, 특정 회계 기간(예: 1년) 동안 투입된 재활용 원료 총량과 산출물에 '할당'된 재활용 원료 총량을 일치시킴.
흐름: 1월에는 100% 재활용 원료로, 2월에는 100% 신재 원료로 생산하더라도, 연간 총계가 맞으면 2개월간 생산된 모든 제품에 '50% 재활용 원료 사용'으로 할당 가능.
주장: "우리는 물질수지 접근법에 따라 이 제품에 50%의 재활용 원료를 할당했습니다."



북앤클레임 (Book and Claim)

원칙: 물리적 흐름과 인증서(Credit)의 흐름이 완전히 분리됨.
흐름: A 공장은 신재 원료로만 제품을 생산하고, B 공장이 생산한 재활용 원료에 대한 인증서를 구매하여 A 공장 제품에 재활용 원료 사용을 주장.
주장: "이 제품은 재활용 원료 인증서 구매를 통해 지속가능한 생산을 지원합니다." (물리적 함량과 무관)



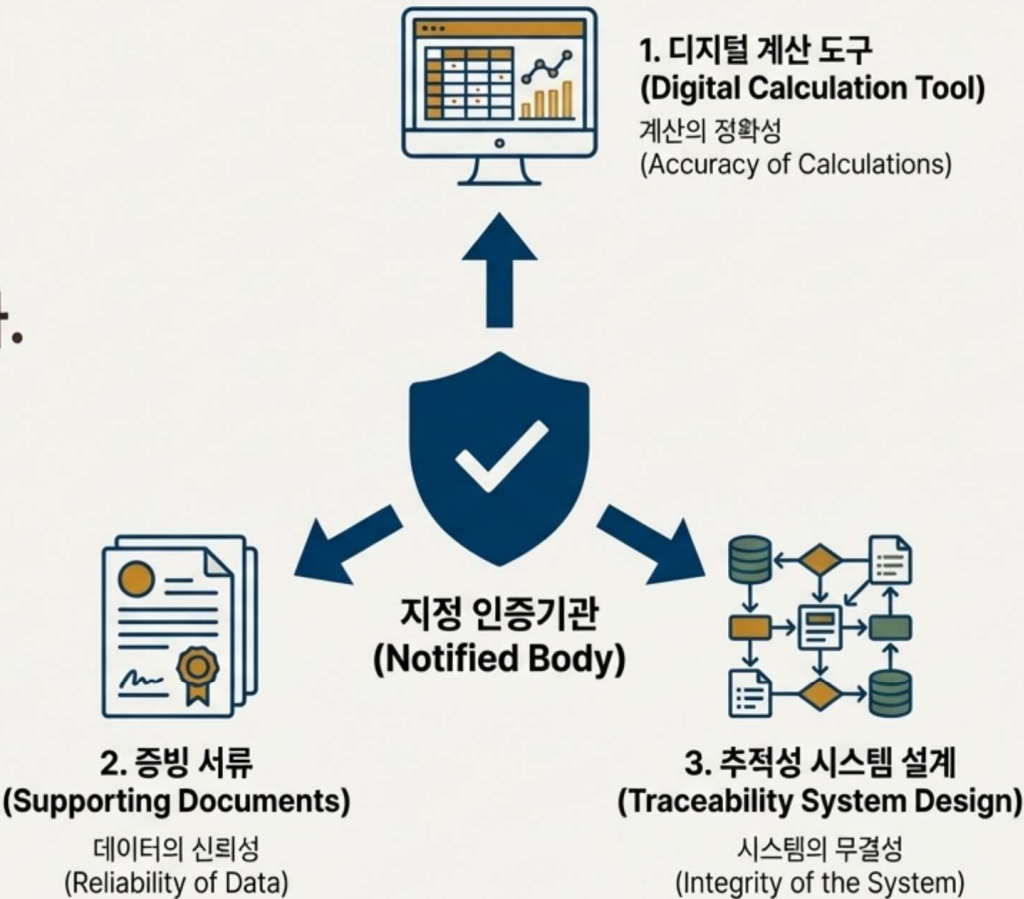
JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ 인증기관 : 계산 정확성, 데이터 신뢰성, 시스템의 무결성 검증

지정 인증기관(Notified Body)은 계산의 정확성, 데이터의 신뢰성, 그리고 전체 추적성 시스템의 무결성을 검증하여 규정 준수를 보증합니다.

검증 대상: 지정 인증기관은 계산 방법론의 올바른 적용, 데이터의 신뢰성, 추적 시스템의 적절한 구현 및 운영을 확인합니다.

검증 절차: 검증은 문서 검토를 기반으로 하며, 필요시 배터리 제조업체 및 상위 공급망 행위자의 시설에 대한 현장 평가 방문을 포함할 수 있습니다.



☑ 비즈니스 영향 분석: 경쟁력 및 자원효율성 평가

비즈니스 연속성 및 경쟁력:

- 옵션 1 (정밀성): 대규모 연속 공정에 부적합. 별도 라인 운영 요구는 규모의 경제를 저해하고, 품질 관리 및 운영 비용을 증가시킬 수 있습니다.
- 옵션 2 (유연성): 규모의 경제를 더 잘 수용하지만, 모든 산출물에 재활용 원료 비율이 비례적으로 할당되어 특정 고객(EU 시장)을 위한 고품량 제품 생산에 제약이 따를 수 있습니다.

자원 효율성 및 원자재 대체:

- 모든 옵션은 일차 금속 채굴을 줄여 자원 효율성에 기여합니다.
- 그러나 옵션 1과 2는 별도 라인 운영을 유도하여, 품질 변동을 상쇄하고 공정 손실을 줄이는 대규모 혼합 공정의 이점을 활용하기 어렵게 만들 수 있습니다. 이는 특히 업스트림 공급망 행위자에게 도전 과제가 될 수 있습니다.

기후 변화 완화 및 지속가능 생산:

- 일부 생산 공정에서 연속 공정은 배치 공정보다 폐기물 감소, 화학물질 사용량 감소, 에너지 효율성 측면에서 우수하여 탄소 발자국이 더 낮습니다.
- 옵션 1과 2는 이러한 연속 공정의 적응을 어렵게 만들어, 잠재적으로 환경적 이점을 저해할 수 있습니다.

전략적 시사점: 가장 효율적이고 경쟁력 있는 생산 방식을 유지하면서 규제를 준수할 수 있는 최적의 균형점을 찾는 것이 중요합니다.

☑ 한국 배터리 산업 전략적 실행 과제

1. 공급망 가시성(Visibility) 심층 진단:

- 현재 협력하고 있는 모든 티어(Tier)의 공급사를 파악하고, 각 공급사의 CoC 관리 역량 및 데이터 제공 가능 여부를 평가하십시오.
- 주요 공급사들이 배치(Batch) 공정과 연속(Continuous) 공정 중 어떤 방식을 사용하는지 파악하여, 각 옵션 시나리오별 잠재적 영향을 분석해야 합니다.



1

2



2. 내부 데이터 관리 시스템 구축 착수:

- 규정이 요구하는 모든 데이터(입/출고 기록, 전환계수, 공급사/고객사 정보 등)를 체계적으로 수집, 관리, 보관(10년)할 수 있는 내부 시스템 설계를 시작하십시오.
- 이는 전사적자원관리(ERP) 시스템의 확장 또는 별도의 공급망 관리 소프트웨어 도입을 포함할 수 있습니다.

3. 시나리오 기반 재무 및 운영 영향 모델링:

- '옵션 1 (정밀성)'과 '옵션 2 (유연성)'가 채택될 경우, 각각의 시나리오가 회사의 생산 비용, 물류, 설비 투자, 행정 부담에 미칠 영향을 계량적으로 분석하십시오.
- 이를 통해 잠재적 리스크를 식별하고 완화 전략을 수립해야 합니다.



3

4

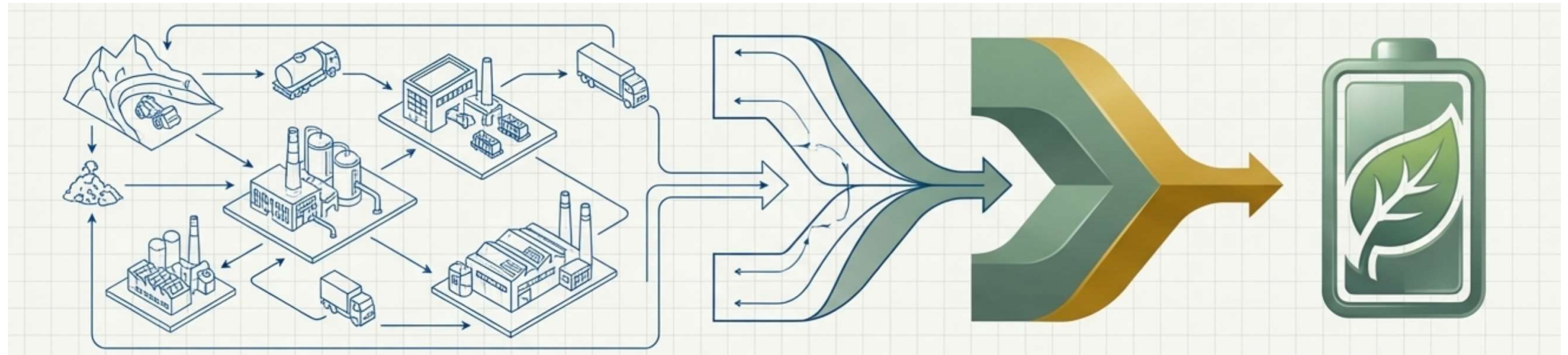


4. 전략적 공급망 파트너십 강화:

- 데이터 공유 및 CoC 규정 준수에 적극적인 핵심 공급사와의 파트너십을 강화하십시오.
- 장기적으로는 EU 규정에 대한 이해도가 높고 추적성 시스템을 갖춘 공급사 위주로 공급망을 재편하는 전략을 고려해야 합니다.

JRC 연구 : 재활용 소재 함유율 산정 및 검증 방법론

☑ 결론 : 투명성이 EU 시장의 핵심 경쟁력



• 새로운 시장의 법칙 : 앞으로 EU 시장에서는 가격과 성능뿐만 아니라, 제품의 생애주기 전반에 걸친 환경적 성과를 증명하는 능력이 핵심 경쟁 요소가 될 것입니다.





• 신뢰 자본의 구축 : 복잡한 추적성 및 검증 요구 사항을 성공적으로 충족시키는 기업은 규제 당국, 고객사, 그리고 최종 소비자로부터 높은 수준의 신뢰를 확보하게 됩니다. 이 신뢰는 강력한 브랜드 자산으로 작용할 것입니다.



• 선도자의 기회 : 이 새로운 규제 환경을 위기가 아닌 기회로 인식하고, 공급망 투명성 확보에 선제적으로 투자하는 기업은 미래 EU 배터리 시장을 선도할 유리한 고지를 점하게 될 것입니다.

결론: 재활용 원료 추적성 시스템의 성공적인 구축은 규제 준수를 넘어, 유럽 그린딜이 지향하는 순환 경제 시대의 핵심 플레이어로서의 입지를 다지는 전략적 투자입니다.

감사합니다

 yhchoi10@kncpc.re.kr
 02.2183.1562