

# **물적 플로우계정 및 환경 자산계정 작성을 위한 통계 인프라 연구**

2013. 12.

**통계개발원**

# 제 출 문

통 계 개 발 원 장 귀 하

이 보고서를 "물적 플로우계정 및 환경 자산계정 작성을 위한 통계 인프라 연구" 과제의 연구결과보고서로 제출합니다.

2013년 12월 11일

한국환경정책·평가연구원장 이 병 욱

연 구 진

---

연구책임자 김중호(한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
공동연구자 안소은(한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
이창훈(한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
곽소윤(한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
이미숙(한국환경정책·평가연구원 부연구위원)  
정규승(통계개발원 사무관)  
연구보조원 공현숙(한국환경정책·평가연구원 연구원)  
김동훈(한국환경정책·평가연구원 연구원)  
김민영(한국환경정책·평가연구원 연구원)  
조일현(한국환경정책·평가연구원 연구원)  
최선희(한국환경정책·평가연구원 연구원)  
이동수(통계개발원 주무관)

## 연구결과보고서 요약문

<b>연구과제명</b>	물적 플로우계정 및 환경 자산계정 작성을 위한 통계 인프라 연구		
<b>중심단어</b>	물적플로우계정, 에너지플로우, 물플로우, 물질플로우, 환경자산계정		
<b>연구기관</b>	한국환경정책·평가연구원	<b>연구책임자</b>	김 중 호
<b>연구기간</b>	2013. 9. 9. ~ 2013. 12. 11.		
<p>본 연구의 주된 목적은 크게 두 가지이다. 첫째, SEEA 2012 중심체계의 물적 플로우계정과 환경자산계정의 작성 원칙 및 기준을 파악하고 세부계정별 특성에 대해 살펴본다. 둘째, SEEA 2012 중심체계의 국내 이행계획 수립을 위한 작업의 일환으로 물적플로우계정을 중심으로 국내 통계적 여건을 분석한다.</p> <p>SEEA 2012 중심체계는 물적플로우계정, 환경자산계정, 환경활동계정으로 구성된다. 물적플로우계정은 환경과 경제 사이의, 그리고 경제 내에서의 에너지와 물질의 흐름을 분석하기 위한 계정으로, 기본형식은 물적공급사용표이다. 물적플로우계정은 에너지, 물, 물질이라는 세 가지 하위 범주로 나뉜다.</p> <p>환경자산계정은 환경자산의 스톡 및 스톡변화를 정리한 계정으로, 광물·에너지, 토지, 토양, 목재, 수산자원, 수자원 등으로 구분된다.</p> <p>물적플로우계정과 관련하여 에너지플로우, 대기배출, 범경제물질플로우계정과 관련된 통계 여건이 상대적으로 양호한 편이다. 환경자산계정의 경우 광물·에너지, 토지, 목재가 국가자산통계 및 국민대차대조표의 작성 범위에 포함되어 있다.</p> <p>본 연구에서는 세부 계정별 정책적 중요도와 국내 통계 현황을 종합적으로 고려하여 SEEA 2012 중심체계의 국내 이행을 위한 우선순위를 제시하였다. 에너지플로우계정, 대기배출계정, 범경제물질플로우계정, 환경세계정 등이 이에 해당한다 (환경보호지출계정 및 환경산업통계는 기 작성 중).</p>			

## Project Summary

<b>Title of Project</b>	A study on statistical infrastructure for compilation of physical flow accounts and environmental asset accounts		
<b>Key Words</b>	physical flow accounts, energy flows, water flows, material flows, environmental asset accounts		
<b>Institute</b>	Korea Environment Institute	<b>Project Leader</b>	Kim Jong Ho
<b>Project Period</b>	2013. 9. 9. ~ 2013. 12. 11.		
<p>There are two primary aims of this study. First, this study analyzes accounting structure and characteristics of physical flow accounts and asset accounts in the SEEA Central Framework. Second, this study examines current situation of statistical data for compilation of the SEEA Central Framework.</p> <p>SEEA Central Framework is comprised of physical flow accounts, (environmental) asset accounts and environmental activity accounts. The physical flow accounts record energy and material flows between the environment and the economy as well as within economy. These physical flows are divided into three categories - energy, water, and materials. The general framework for recording these physical flows is physical supply and use tables(PSUT). The broad structure and principles of PSUT are the same regardless of whether the PSUT is measuring flows of energy, water or materials, but for each of these sub-systems of physical flows different rows and columns may be used.</p> <p>Environmental asset accounts record the opening and closing stock of environmental assets and the different types of changes in the stock over an accounting period. Major motivation for accounting for environmental assets is to assess whether current patterns of economic activity are depleting and degrading the available environmental assets. asset accounts focus on individual environmental assets. Environmental assets are classified such as mineral and energy resources, land, timber resources, aquatic resources, other biological resources, and water resources.</p> <p>In regards to the physical flow accounts, statistical conditions are good for energy flows, air emissions, and economy-wide material flow accounts(EW-MFA). In case of environmental asset accounts, the scope of National Asset Statistics and National Balance Sheet includes mineral and energy resources, land, and timber resources.</p> <p>This study makes some suggestions for implementing SEEA Central Framework in the light of the importance of policy and the situation of statistical data. Energy flow accounts, air emission accounts, EM-MFA, and environmental taxes are given priorities</p>			

## <목 차>

<b>제1장 서론</b> .....	<b>1</b>
제1절 연구 배경 및 목적 .....	1
제2절 연구 범위 .....	3
<b>제2장 국제동향</b> .....	<b>5</b>
제1절 환경경제통합계정(SEEA) 개발 과정 .....	5
1. 국민계정과 환경경제통합계정 .....	5
2. 환경경제통합계정의 국제표준화 .....	6
제2절 주요 국가 동향 .....	9
1. EU .....	9
2. 독일 .....	10
3. 네덜란드 .....	12
4. 영국 .....	14
5. 스웨덴 .....	14
6. 캐나다 .....	15
7. 호주 .....	16
<b>제3장 물적플로우계정의 범위와 구조</b> .....	<b>17</b>
제1절 계정 범위와 구조 .....	17
1. 계정의 범위 .....	17
2. 계정의 구조 .....	20
3. 계정의 종류와 범위 .....	24
제2절 에너지 플로우 .....	25
1. 에너지 플로우의 범위 .....	25
2. 에너지의 물적공급사용표 .....	28
3. 에너지 총량지표 .....	31
제3절 물 플로우 .....	34
1. 물 플로우의 범위 .....	34
2. 물의 물적공급사용표 .....	35
3. 물 총량지표 .....	40

제4절 물질 플로우 .....	41
1. 생산물(제품) .....	41
2. 대기배출 .....	42
3. 수계배출 .....	45
4. 폐기물 .....	46
5. EW-MFA .....	51
<b>제4장 물적플로우계정 편제를 위한 기초통계 현황 .....</b>	<b>53</b>
제1절 에너지 .....	53
1. 에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정 비교 .....	53
2. 국내 에너지통계 현황 .....	54
3. 에너지 물적공급사용표 시범 작성 .....	59
4. 에너지계정 작성 관련 통계 이슈 .....	63
제2절 물 .....	69
1. 국내 물 통계 현황 .....	69
2. 물 통계와 물 플로우계정 .....	73
제3절 물질 .....	75
1. 대기배출 .....	75
2. 수계배출 .....	77
3. 폐기물 .....	78
4. EW-MFA .....	80
<b>제5장 환경자산계정 .....</b>	<b>82</b>
제1절 개요 .....	82
1. 환경자산계정의 필요성 및 목적 .....	82
2. 환경자산의 정의와 범위 .....	83
3. 환경자산의 분류체계 .....	84
4. 환경자산과 경제적 자산 .....	85
제2절 환경자산계정 구조 .....	89
1. 물적계정의 구조와 작성원칙 .....	89
2. 화폐계정의 구조와 작성원칙 .....	92
제3절 광물 및 에너지자원 .....	97
1. 정의 및 분류체계 .....	97

2. 물질·화폐계정 .....	99
제4절 토지 .....	103
1. 정의 및 분류체계 .....	103
2. 물질·화폐계정 .....	106
제5절 토양자원 .....	111
1. 정의 및 특성 .....	111
2. 물질·화폐계정 .....	112
제6절 목재자원 .....	115
1. 정의 및 분류체계 .....	115
2. 물질·화폐계정 .....	116
제7절 수산자원 .....	120
1. 정의 및 분류체계 .....	120
2. 물질·화폐계정 .....	122
제8절 기타 생물자원 .....	127
제9절 수자원 .....	128
1. 정의 및 분류체계 .....	128
2. 물질·화폐계정 .....	130
<b>제6장 맺음말 .....</b>	<b>133</b>
제1절 요약 및 정리 .....	133
제2절 환경경제통합계정 국내 이행을 위한 정책적 제언 .....	136
<b>참고문헌 .....</b>	<b>140</b>

## <표 목차>

<표 2-1> 네덜란드의 환경계정 작성 현황 .....	13
<표 2-2> 호주의 환경계정 작성 현황 .....	16
<표 3-1> 자연투입물(natural inputs)의 분류 .....	19
<표 3-2> 잔폐물(residuals) 그룹과 전형적인 구성요소 .....	20
<표 3-3> 물적공급사용표의 기본 형태 .....	21
<표 3-4> 물적공급사용표의 구조 .....	23
<표 3-5> 에너지 플로우의 분류체계 .....	26
<표 3-6> 에너지 물적공급표(예시) .....	32
<표 3-7> 에너지 물적사용표(예시) .....	33
<표 3-8> 물 물적공급표(예시) .....	38
<표 3-9> 물 물적사용표(예시) .....	39
<표 3-10> 대기배출계정(예시) .....	44
<표 3-11> 수계배출 공급사용표 .....	47
<표 3-12> 폐기물계정 물적공급표 .....	49
<표 3-13> 폐기물계정 물적사용표 .....	50
<표 4-1> 에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정 비교 .....	54
<표 4-2> 국내 에너지통계 자료 현황 .....	55
<표 4-3> 표준산업분류와 에너지밸런스 산업분류 비교 .....	66
<표 4-4> 국제표준에너지생산물분류(SIEC)와 국내통계 .....	67
<표 4-5> 국내 물 통계 작성 현황 .....	70
<표 4-6> 취수량 데이터 비교 (2011년 기준) .....	74
<표 4-7> 용도별 물 사용량 데이터 비교 (2011년 기준) .....	74
<표 4-8> 대기배출계정 관련 국내 통계 현황 .....	76
<표 4-9> 국내 수계배출 관련 통계 작성 현황 .....	77
<표 4-10> 폐기물 통계 작성 현황 .....	79
<표 4-11> EW-MFA 관련 국내 통계 현황 .....	81
<표 5-1> 환경자산 분류체계 .....	84
<표 5-2> 환경자산 물적계정의 기본 구조 .....	90
<표 5-3> 환경자산별 물적계정 적용 가능성 .....	91

<표 5-4> SEEA 중심체계 환경자산 화폐계정 기본 구조 .....	93
<표 5-5> 광물 및 에너지자원 분류체계 .....	98
<표 5-6> 광물 및 에너지자원(등급A)의 물적계정 작성 예시 .....	99
<표 5-7> 광물 및 에너지자원(등급A)의 화폐계정 작성 예시 .....	101
<표 5-8> 토지이용(land use) 분류체계 .....	104
<표 5-9> 토지피복(land cover) 분류체계 .....	105
<표 5-10> 토지피복 물적계정 작성예시 .....	108
<표 5-11> 토지피복 변화행렬 예시 .....	109
<표 5-12> 토지 화폐계정 작성예시 .....	110
<표 5-13> 토양자원 물적계정 체계(면적기반) .....	113
<표 5-14> 토양자원 물적계정 체계(용량기반) .....	114
<표 5-15> 목재자원 물적계정 작성예시 .....	117
<표 5-16> 목재자원 화폐계정 작성예시 .....	118
<표 5-17> 수산자원 상위 분류체계 .....	121
<표 5-18> FAO의 수산자원 하위 분류체계(9개 그룹) .....	122
<표 5-19> 수산자원 물적계정 작성예시 .....	123
<표 5-20> 수산자원 화폐계정 작성예시 .....	126
<표 5-21> 내륙수 수체(inland water bodies) 분류체계 .....	130
<표 5-22> 수자원 물적계정 작성예시 .....	131
<표 6-1> SEEA 2012 중심체계의 세부계정별 중요도 .....	137
<표 6-2> SEEA 2012 중심체계 국내 이행을 위한 세부계정별 우선순위 .....	139

## <그림 목차>

(그림 2-1) 독일환경경제계정(GEEA)의 범위와 구조 .....	11
(그림 3-1) 자연투입물, 생산물, 잔폐물의 물적플로우 .....	17
(그림 3-2) 물적플로우계정의 종류와 범위 .....	24
(그림 3-3) 에너지의 물적플로우 .....	27
(그림 3-4) 물의 물적플로우 .....	34
(그림 3-5) Economy-wide Nitrogen Balance 사례 .....	42
(그림 3-6) 수계배출계정에서의 플로우 .....	45
(그림 4-1) 에너지 자연투입물_공급표와 사용표 .....	60
(그림 4-2) 에너지 생산물_공급표 .....	61
(그림 4-3) 에너지 생산물_사용표 .....	62
(그림 4-4) 에너지 잔폐물_공급표와 사용표 .....	63
(그림 4-5) 에너지 관련 영토기준 대 거주기준 비교 .....	64
(그림 5-1) 환경자산과 경제적 자산 .....	88
(그림 5-2) 자산의 화폐가치화 기법요약 .....	95
(그림 5-3) 자원지대 추정기법 관련용어 정리 .....	96
(그림 5-4) 지구 수문학적 시스템 .....	128
(그림 6-1) SEEA 2012 중심체계와 데이터의 관계 .....	135

# 제1장 서론

## 제1절 연구 배경 및 목적

기존 국민계정(System of National Accounts; SNA)은 경제성장을 측정하는데 반하여, 경제성장으로 발생한 환경오염과 자원고갈 등 경제사회적 비용을 측정하는 데에는 한계를 가지고 있다. 경제성과를 측정하는 국민계정의 1인당 GDP는 사회적 비용을 고려하지 않아 삶의 질을 과대평가하는 경향이 있으며, 이에 대한 대표적인 대안 체계가 환경경제통합계정(System of Environmental-Economic Accounting; SEEA)이다.<sup>1)</sup>

환경경제통합계정(SEEA)은 환경과 경제의 연관관계를 국민계정 작성 방식에 준거하여 체계적으로 정리한 계정체계이다. 환경경제통합계정은 1993년에 UN에 의해 최초의 핸드북인 SEEA 1993('interim version'이라고 명시)이 발표된 이후 2003년에 대폭 수정된 SEEA 2003를 거쳐 현재에는 SEEA 2012가 나와 있다. 2012년에 개최된 제43차 유엔통계위원회에서 SEEA 2012 중 중심체계(Central Framework)가 환경계정 분야 국제통계표준으로 채택되었다.

환경경제통합계정의 중심체계가 유엔통계위원회에서 국제통계표준으로 채택된 만큼, 향후 이의 이행을 위한 국제사회의 압력이 강하게 작용할 것이다. EU의 경우 이미 2011년에 환경경제계정 데이터의 제출을 회원국의 의무사항으로 명시한 법령을 통과시킨 바 있으며, 2013년 6월에 개최된 OECD

1) SNA는 '국민계정체계', SEEA는 '환경경제계정체계'로 번역하는 것이 직역에 가까울 뿐 아니라 내용상으로도 좀 더 알맞은 용어법이라고 할 수 있다. 왜냐하면 SNA나 SEEA 모두 다양한 종류의 세부계정과 모듈을 포함하고 있는데, '체계'라는 용어가 이러한 점을 좀 더 잘 표현할 수 있기 때문이다. 하지만 '국민계정'과 '환경경제통합계정'이라는 용어가 이미 많이 사용되고 있는 점을 감안해서, 본 보고서에서는 SNA는 국민계정으로, SEEA는 환경경제통합계정으로 번역하여 사용한다.

통계위원회에서도 환경경제통합계정의 이행을 위한 핵심통계표(core tables)의 적용 문제를 논의하였다. 이와 같이 환경경제통합계정의 이행을 위한 국제사회의 압력이 갈수록 높아질 것이며, 이에 대한 중장기적이고 체계적인 대응 방안 마련이 필요한 상황이다.

본 연구의 목적은 크게 두 가지이다. 첫째, 환경경제통합계정의 중심체계는 크게 물적플로우계정, 환경자산계정 그리고 환경활동계정이라는 세 그룹으로 구성되어 있는데, 이 중에서 자원과 에너지의 흐름과 스톡을 공급과 사용 측면에서 계측하는 물적플로우계정과 자산 측면에서 계측하는 환경자산계정의 작성 원칙과 기준을 파악하고, 세부계정별 특성에 대해 연구한다. 둘째, 환경경제통합계정 중심체계의 국내 이행계획을 수립하기 위한 작업의 일환으로 물적플로우계정 및 환경자산계정과 관련된 국내 통계적 여건에 대해 살펴본다. 이와 관련해서는 기존에 수행된 작업이나 여타 제약 조건을 고려하여 물적플로우계정의 작성을 위한 기초통계 현황 분석에 집중한다.

## 제2절 연구 범위

본 연구에서 다루는 대상과 범위는 크게 네 부분으로 구성된다.

첫째 주제는 물적플로우계정의 구조와 특징이다. 물적플로우계정(physical flow accounts)은 크게 에너지, 물(water), 물질(material)이라는 세 가지 범주로 구분된다. 본 연구에서는 환경경제통합계정 중심체계 핸드북(United Nations et al., 2012)에서 제시된 물적공급사용표(Physical Supply and Use Tables; PSUT)라는 공통의 틀이 갖는 의미, 에너지, 물, 물질 각각이 물적플로우 관점에서 지니고 있는 차이점 등을 분석한다. 물적공급사용표에 대한 인식이 취약한 국내 현실을 감안하여, 여기서는 용어, 정의, 분류체계, 편제 원칙 등을 설명하는 데 초점을 맞춘다.

둘째 주제는 물적플로우계정 작성을 위한 기반통계 현황 및 문제점이다. 에너지플로우계정(열량 단위)과 물플로우계정(부피 단위)은 상대적으로 단일한 틀로 묶일 수 있는 반면, 물질플로우계정(중량 단위)은 상당히 이질적인 요소들이 포함되어 있다. 에너지 분야의 경우 기존의 핵심 통계인 에너지밸런스를 중심으로 에너지플로우계정 편제를 위해 통계 여건을 분석한다. 물 분야의 경우 에너지 분야에 비해 상대적으로 취약한 점을 감안하여, 기존 통계자료의 문제점 분석에 초점을 맞춘다. 물질 분야의 경우 제품, 대기배출, 수계배출, 폐기물, 범경제물질플로우계정(Economy-wide Material Flow Accounts; EW-MFA) 등 세부 분야별로 포괄 범위나 데이터 가용성에서 차이가 많으며, 상대적으로 기존에 관련 작업들이 집중되었던 분야이다. 따라서 물질 분야에서는 세부 계정별로 국내 통계현황을 검토하는데, 기존에 이루어졌던 관련 작업들을 많이 활용한다.

셋째 주제는 환경자산계정의 구조와 특징이다. SEEA 2012 중심체계의 환경자산계정은 SEEA 2003과 달리 상당 부분이 국민계정(SNA)의 경제자산과 겹친다. 그런데 환경문제와 관련된 핵심적인 요소인 생태계서비스는

SEEA 2012의 중심체계가 아닌 생태계계정(Experimental Ecosystem Accounting)에서 다루는 이슈이다. 더불어 국내 자연 여건 상 물적플로우계정에 비해 환경자산계정의 정책적 중요성은 상대적으로 낮다고 볼 수 있다. 이러한 점들을 감안하여 본 연구에서는 국민계정(SNA)의 경제자산과의 비교를 중심으로 환경자산계정의 구조와 특징을 분석한다. 그리고 현재 진행되고 있는 국민대차대조표 작업이나 기존의 국가자산통계가 환경자산계정 작성과 관련해서 어떤 의미를 갖는지를 살펴봄으로써, 환경자산계정 작성 작업이 좀 더 효율적으로 진행될 수 있는 방향을 제시한다.

넷째 주제는 환경경제통합계정 작성 관련 국제동향이다. 환경경제통합계정 핸드북의 권고에 따르면, 한꺼번에 모든 계정을 작성하는 것이 아니라 작성 가능한 개별 모듈을 우선적으로 만드는 방식으로 진행하는 것이 바람직하다. 환경계정 작업을 선구적으로 추진했던 주요 국가들(주로 유럽 선진국)의 경험과 성과를 살펴봄으로써, 국내 이행 기반 구축을 위한 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

보고서의 구성도 상기 네 가지 주제를 중심으로 이루어진다. 다만, 아직 환경경제통합계정에 관한 국내 인식이 취약한 점을 감안하여, 환경경제통합계정 개발 과정에 대한 설명을 국제동향 부분에 추가하고, 이 부분을 앞쪽에 배치한다(제2장). 그리고 본 연구의 주된 분석 대상인 물적플로우계정과 환경자산계정 외에 환경활동계정을 포함한 환경경제통합계정 중심체계 전체를 대상으로(부분적으로 생태계계정 및 2개의 하위계정 포함), 각 계정의 국내적 맥락에서의 중요성 및 국내 통계 현황을 고려하여 환경경제통합계정 이행을 위한 전반적인 추진 방향에 대한 정책적 제언을 제시한다.

## 제2장 국제동향

### 제1절 환경경제통합계정(SEEA) 개발 과정

#### 1. 국민계정과 환경경제통합계정

경제계정 분야의 경우 1940년대부터 국제적 차원에서 표준적인 계정체계의 개발과 적용이 이루어져왔다. 1953 SNA는 최초의 국제통계표준으로, 6개의 표준계정과 12개의 표준계정표로 구성되어 있으며, 1960년과 1964년 두 차례에 걸쳐 개정된 바 있다. 1968 SNA는 국민계정의 범위를 대폭 확장하였고(투입산출표와 대차대조표 추가), 1993 SNA는 시장경제의 확장을 반영하고 여타 국제통계표준과의 조화를 강화하였다. 가장 최근의 개정 버전인 2008 SNA는 글로벌화 등 세계적 경제여건의 변화를 반영한 것이다. 현재 경제 분야에서는 국민계정(SNA)이 확고한 국제통계표준의 역할을 수행하고 있다.<sup>2)</sup>

한편 1970년대부터 일부 유럽 국가들을 중심으로 이루어지고 있던 환경계정 작업은 지속가능발전 개념의 등장 및 확산과 더불어 새롭게 주목받게 되었다. 1990년대 들어 UN통계국과 유럽통계국의 작업에 힘입어 물질플로우계정(MFA), NAMEA(National Accounting Matrix including Environmental Accounts) 등과 같은 표준화된 계정체계들이 개발되고 각 국에서 작성되었다. 주요 선진국들뿐만 아니라 UN과 OECD 같은 국제기구들이 환경계정의 중요성을 강조함으로써, 환경계정은 지속가능발전의 주요한 평가수단으로 자리 잡았다. 특히 UN의 주도로 개발된 환경경제통합계정(SEEA)은 환경계정 분야의 이론적 발전 및 실제 작업성과를 흡수함으로써 국민계정(SNA)에 상응하는 국제표준의 환경계정체계로 자리 잡아 가기 시작했다.

2) 국민계정(SNA)의 발전 과정에 관한 상세한 내용은 한국은행(2010) 참조.

환경경제통합계정에 대한 최초의 핸드북은 1993년에 발간되었다(SEEA 1993). 1990년대에 UN의 주도로 SEEA 1993의 적용이 여러 나라를 대상으로 이루어졌으며, 이 과정에서 SEEA 1993의 계정체계를 적용하는 데에서의 어려움(예: 데이터 가용성, 화폐가치화 기법 등)이 드러났다.

한편 SEEA 1993과는 별개로 1990년대 중반부터 유럽 국가들을 중심으로 물질플로우계정(MFA), NAMEA, 환경보호지출계정 등과 같은 다양한 계정체계가 개발되어 실제로 작성되고 활용되기 시작했다. 그리고 런던그룹의 주도 하에 1990년대 동안의 환경계정 분야의 이론적 발전 및 각국의 현실적 경험을 반영하기 위한 환경경제통합계정 핸드북 개정 작업이 1997년부터 진행되었으며, 그러한 개정 작업의 최종적 성과물이 바로 SEEA 2003이다.

SEEA 2003은 세부계정들이 상대적 독립성을 지니고 있는 모듈(module) 체계이며, 다음 네 가지 범주의 모듈로 구성되어 있다. ①오염물질, 에너지, 물질에 대한 플로우계정. ②환경보호 및 자원관리 지출계정. ③자연자원자산계정. ④비시장플로우의 가치평가와 환경조정거시집계지표(environmentally-adjusted macro-aggregate). 이 4개 모듈 중에서 ①, ②, ③은 각각 독립적으로 작성될 수 있으며, 이 중 중심이 되는 것이 ①이다.<sup>3)</sup>

## 2. 환경경제통합계정의 국제표준화

UN은 SEEA를 국제통계표준으로 정착시키기 위한 노력의 일환으로 2005년에 유엔통계위원회 산하에 유엔환경경제계정전문가위원회(United Nations Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting, UNCEEA)를 설치하였다. 유엔환경경제계정전문가위원회(UNCEEA)의 핵심 목적은 환경경제계정 및 관련통계의 주류화(mainstreaming)와 환경경제통합계정의 국

3) SEEA 개발 과정에 관한 좀 더 상세한 설명은 환경부(2004) 참조.

계통계표준화 및 국제적 확산이다. 이러한 목적 달성을 위해 위원회는 환경경제통합계정 핸드북 개정, 전문가그룹과의 조정 작업, 환경경제계정의 국제적 확산 등의 작업을 병행적으로 추진하였다.

환경경제통합계정(SEEA)을 환경계정 분야의 국제통계표준으로 격상시키기 위해 기존의 핸드북인 SEEA 2003을 개정하기 위한 작업이 2006년부터 본격적으로 진행되었으며, 이 개정 작업에서 런던그룹(London Group on Environmental Accounting)이 핵심적인 역할을 수행하였다. 2007년 7월에 개최된 제2차 유엔환경경제계정전문가위원회(UNCEEA) 제2차 회의에서 환경경제통합계정을 세 부분으로 구성하자는 런던그룹의 제안이 받아들여졌다. 통계표준(Part I), 비표준계정(Part II), 응용(Part III)의 세 부분으로 구성되는 개정 환경경제통합계정의 기본구조는 2008년 2월에 개최된 제39차 유엔통계위원회에서 승인을 받았으며, 이 기본구조는 SEEA 2012에도 그대로 반영되었다.<sup>4)</sup>

SEEA 2012는 크게 기본체계와 하위체계로 구분된다. 기본체계는 크게 다음 3개의 범주로 구분된다.

- 중심체계(Central Framework) : 2012년 제43차 유엔통계위원회에서 국제통계표준으로 채택
- 생태계계정(Experimental Ecosystem Accounting) : 생태계계정에 관해 지금까지 축적된 지식과 경험을 요약하여 정리한 것으로(생태계 및 생태계서비스에 대한 측정에 초점), 중심체계에 대한 보완적 관점 제공
- 응용 및 확장(Applications and Extensions) : 중심체계에서 도출되는 정보의 활용방안 제시

한편 하위체계는 현재 물과 에너지라는 2개의 주제로 구성되어 있다.

4) 환경경제통합계정(SEEA) 관련 최근 동향에 대해서는 유엔환경경제계정전문가위원회(UNCEEA) 사이트(<http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea>)에 있는 SEEA Briefing Notes를 참조.

- SEEA-Water : 2007년 SEEA-Water의 Part I이 잠정적 국제통계표준으로 채택. 2010년에 IRWS(International Recommendations for Water Statistics)가 국제표준으로 채택<sup>5)</sup>
- SEEA-Energy : 국제통계표준화 작업이 진행 중. 2011년에 IRES(International Recommendations for Energy Statistics)가 국제표준으로 채택<sup>6)</sup>

환경경제통합계정의 중심체계는 크게 3개의 영역으로 구분된다. 첫 번째 영역은 경제 내 및 경제-환경 간의 물질·에너지의 물적플로우(physical flows)이다. 물적플로우에 관한 계정은 에너지, 물, 물질(제품, 대기오염물질, 수질오염물질, 고형폐기물)의 흐름을 분석하는 계정으로, 물적공급사용표(PSUT)가 기본형태이다. 두 번째 영역은 환경자산 스톡 및 스톡변화이다. 환경자산에 관한 계정은 개별 환경자산별로 작성되며, 이 계정으로부터 자원 고갈(depletion)을 반영한 거시집계지표(예: GDP, GNI)의 도출이 가능하다. 세 번째 영역은 환경관련 경제활동 및 거래이다. 환경관련 경제활동 및 거래에 관한 계정은 기능계정(functional accounts)의 특성을 지니며, 환경보호지출계정(Environmental Protection Expenditure Accounts; EPEA), 자원관리계정, 환경산업(Environmental Goods and Services Sector; EGSS), 환경세 및 환경관련보조금 등이 여기에 포함된다.

한편 생태계계정은 생태계서비스와 생태계자산스톡(및 스톡변화)에 초점을 맞추는 계정이며, 여기서 말하는 생태계(ecosystem)는 환경자산(environmental assets)보다 훨씬 포괄적인 개념이다. 현재 생태계계정 편제를 위한 국제표준의 분류체계(Common International Classification of Ecosystem Services; CICES)가 개발 중이다.

5) UN(2012a) 및 UN(2012b) 참조.

6) UN(2011a) 및 UN(2011b) 참조.

## 제2절 주요 국가 동향

### 1. EU

유럽에서는 1994년에 유럽집행위원회(European Commission)가 녹색국민계정(Green National Accounting) 개발의 필요성을 제시한 후, 다양한 모듈의 환경계정체계를 개발·적용하려는 노력들이 유럽통계청(Eurostat)을 중심으로 진행되어 왔다. 환경계정 작업 초기 단계의 주된 관심사는 자원고갈 및 ‘녹색GDP’였지만(산림, 광물, 에너지 자원에 초점), 실제 방법론 개발 및 계정 작성 과정에서 방향이 바뀌게 된다. 특히 유럽통계청은 환경경제통합계정(SEEA) 개발 과정에서 중요한 기여를 했을 뿐만 아니라, 세부계정별로 방법론 개발 및 표준화 작업을 선도해왔다.

- 환경보호/자원관리 지출계정 핸드북 발간(1994)
- 환경세 통계가이드와 범경제물질플로우계정 방법론가이드 발간(2001)
- 환경보호지출계정(EPEA) 편제매뉴얼과 산림계정 핸드북 발간(2002)
- 환경보호지출 데이터 수집 핸드북 발간(2005, 2007)
- 환경산업(EGSS) 핸드북과 대기배출계정(NAMEA-air) 매뉴얼 발간(2009)
- 범경제물질플로우계정(EM-MFA) 편제가이드 발간(2012)

2003년에 EU의 통계프로그램위원회(Statistical Programme Committee)는 유럽환경계정전략(European Strategy for Environmental Accounting)을 마련하였고, 2008년에는 수정 전략이 채택되었다. 2003년 전략은 EU 차원에서 우선적으로 추진되어야 할 계정 분야로 대기배출·에너지, 물흐름(물공급사용), 범경제물질플로우, 환경보호지출 및 환경산업, 환경세, 산림, 지하자원

등을 제시하였는데, 2008년 전략은 환경보호지출, 범경제물질플로우계정(EW-MFA), 대기배출계정(NAMEA-air)에 우선순위를 부여하면서, 환경계정 작성을 위한 법적 기반을 강조하였다.<sup>7)</sup>

이러한 맥락에서 2011년에 환경계정 데이터 수집을 위한 EU 차원의 첫 번째 법령(regulation)이 승인되었다. 이 법령에 의거하여 EU 회원국들은 산업별 대기배출, 환경세, 범경제물질플로우계정(EW-MFA) 데이터를 의무적으로 제출하게 되었다.<sup>8)</sup> 현재 두 번째 법령 작업이 진행 중이며, 여기에는 환경보호지출, 환경산업, 산업별 에너지흐름에 관한 데이터 제출이 포함될 예정이다.

## 2. 독일

독일은 연방통계청(Federal Statistical Office)의 주도 하에 1980년 초부터 환경계정 작업을 시작하였다. 연방통계청은 1990년대 초에 독일환경경제계정(German Environmental-Economic Accounting; GEEA) 체계를 개발하였다. 초기의 독일환경경제계정(GEEA)은 크게 물적플로우계정, 토지계정, 환경보호지출계정으로 구성되었다.

물적플로우계정에는 에너지 및 대기배출, 물적투입산출표(Physical Input-Output Tables; PIOT), 상수 및 폐수, 범경제물질플로우계정(EW-MFA)이 포함되었다. 에너지 및 대기배출에 관한 데이터는 유럽산업분류(NACE)에 따라 작성되고 매년 갱신되었다. 물적투입산출표(PIOT)는 1990년 기준 물적투입산출표가 1997년에 처음으로 작성되었고, 그 후 1995년 기준 물적투입산출표가 추가로 작성되었다. 상수 및 폐수 분야 데이터는 유럽

7) EU 차원의 환경계정 작업에 대한 상세한 설명은 Eurostat(2010) 참조.

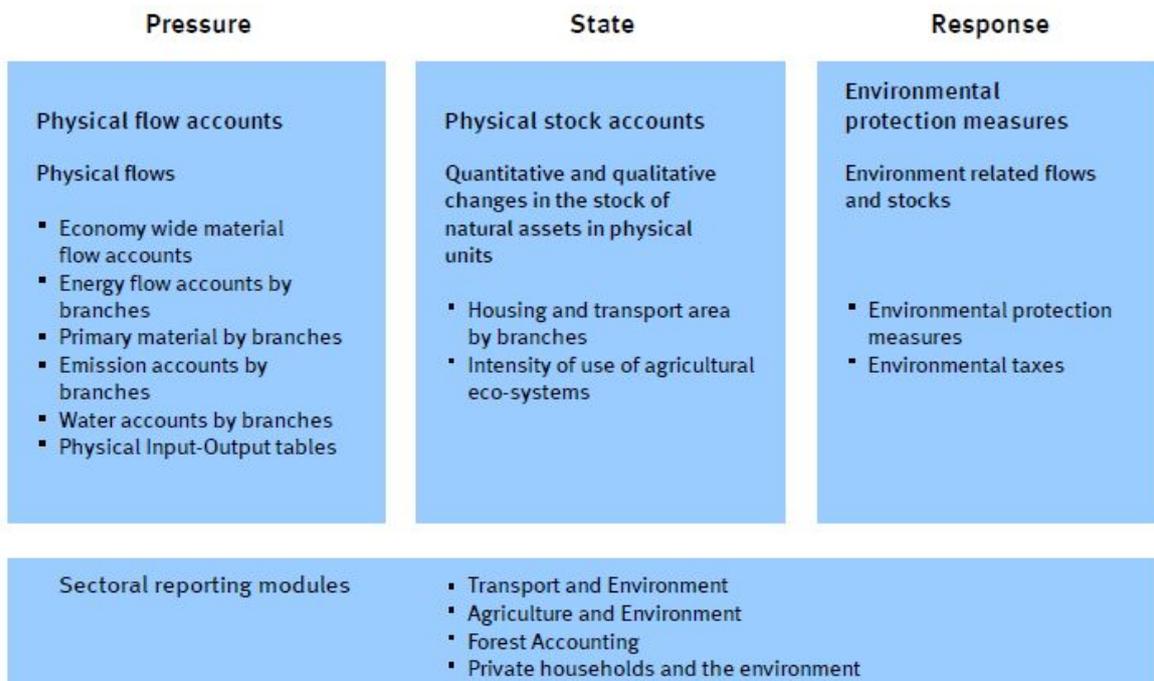
8) Regulation (EU) No 691/2011 of the European Parliament and of the Council of 6 July 2011 on European environmental economic accounts.

산업분류에 따라 세분되었다. 범경제물질플로우계정(EW-MFA)에 대한 데이터는 매년 갱신되고 있으며, 주요 물질(원료 및 수입물)의 공급 및 사용에 대한 데이터가 유럽산업분류에 따라 세분되었다.

토지계정의 경우 교통부문 및 농업부문과 관련한 토지사용 범주, 생산부문 세분화 등과 관련한 방법론적 연구가 진행되어 토지이용지표의 개발 작업이 이루어졌다. 환경보호지출계정과 환경세 데이터도 매년 갱신되고 있다.

2000년대 초에 부문별 보고모듈(sectoral reporting modules)이 개발되어 계정 구조에 통합되었다. 부문별 보고모듈은 부문별 정책에 환경측면을 통합할 필요성에 부응하기 위한 것으로, ‘수송과 환경’, ‘농업과 환경’, ‘가정과 환경’ 등의 주제가 이에 해당한다.

(그림 2-1) 독일환경경제계정(GEEA)의 범위와 구조



자료: Federal Statistical Office of Germany(2013).

독일환경경제계정(GEEA)의 데이터는 지속가능발전지표의 산출이나 정책 분석에 활용되고 있다. 독일정부는 2002년에 지속가능발전을 위한 국가전략을 채택하였는데, 여기에 지속가능발전의 진행과정을 측정하기 위해 제시된 21개의 지표 중 8개가 독일환경경제계정과 관련된다. 현재 연방통계청은 격년으로 지속가능발전지표에 관한 보고서를 발간하고 있다(Federal Statistical Office of Germany(2012) 참조). 또한 생산성이나 집약도 개념을 이용한 효율성 분석, 분해분석, 투입산출분석 등에 독일환경경제계정 데이터가 활용되고 있다.

### 3. 네덜란드

네덜란드도 통계청(Statistics Netherlands)이 환경계정 작업을 주도해왔다. 네덜란드통계청은 1990년대 중반에 NAMEA를 개발하였으며, 1994년부터 NAMEA는 네덜란드 국민계정의 한 구성요소로서 매년 편제되고 있다. 네덜란드 NAMEA의 환경계정 부분은 환경물질(환경오염물질 및 자연자원)과 환경쟁점으로 구분되며, 여기에는 2가지 종류의 자원고갈(원유, 천연가스) 및 6가지 종류의 환경악화 쟁점이 포함된다. 네덜란드 통계청은 NAMEA의 계정틀에 기초하여 고유한 수자원계정체계인 NAMWA(National Accounting Matrix including Water Accounts)도 개발하였다. NAMWA는 2000년 European Water Framework Directive(WFD)의 제정에 따른 물환경정보 수요에 부응하기 위해 작성된 것으로, 경제계정, 배출계정, 물수지계정으로 구성된다(환경부, 2006).

Schenau et al.(2010)에 따르면, 네덜란드의 환경계정을 구성하는 핵심 요소는 7개이다. NAMEA 매트릭스, 대기배출계정, 물계정(NAMWA), 에너지계정, 폐기물계정, 지하자원계정(원유·가스), 환경세계정이 그것이다. 나아가

환경경제통합계정에 근거하여 환경계정체계를 개선하고 확정하는 작업이 지속적으로 이루어지고 있다.

<표 2-1> 네덜란드의 환경계정 작성 현황

구분		작성	개발 중
물질플로우계정	에너지계정	○	
	물 플로우계정	○	
	물질플로우계정	○	
	대기배출계정	○	
	폐기물계정	○	
	양분계정(질소, 인)	○	
자산계정	지하자원계정(원유·가스)	○	
화폐계정	환경세계정	○	
	환경보호지출계정	○	○
	환경보조금계정		○
	환경산업계정	○	
	배출권	○	○
기타	기후변화계정		○
	단기 CO <sub>2</sub> 배출계정		○
	가계 환경계정		○
	시계열		○
	적용지출계정		○
	분석	○	○

자료: Schenau et al.(2010).

네덜란드 통계청은 환경계정에 관한 보고서를 매년 발간하고 있다.<sup>9)</sup> 2010년에 발간된 환경계정 보고서에는 에너지소비, 취수 및 물사용, 물질플로우, 폐기물, 온실가스 배출, 대기배출, 수계배출, 지역물계정, 원유·천연가스 부존양, 환경세·요금, 이산화탄소 배출권, 환경보호지출, 환경산업(EGSS) 등에 관한 계정 편제 결과가 수록되어 있다.

9) 2010년에는 네덜란드 환경계정 영문판이 처음으로 발간되었다. Statistics Netherlands (2010) 참조.

한편 최근에 네덜란드 통계청이 네덜란드의 녹색성장 추진 현황을 개관한 보고서를 발간하였는데, 이 보고서에서 녹색성장을 평가하기 위해 사용된 대부분의 데이터가 네덜란드 환경계정에서 가져온 것이다(Statistics Netherlands, 2011).

#### 4. 영국

영국에서는 통계청(Office for National Statistics)이 환경식품농촌부(Department for Environment, Food & Rural Affairs; Defra), 에너지·기후변화부(Department of Energy & Climate Change) 등과 함께 환경계정 작업을 수행하고 있다. 영국의 환경계정은 크게 자연자원계정, 물적플로우, 화폐계정의 3가지로 구성된다. 자연자원계정에는 원유·가스 부존양, 토지, 산림 등이 포함된다. 물적플로우계정(physical flow accounts)에는 화석연료·에너지소비, 대기배출, 물질플로우(material flows), 폐기물, 수자원 이용 등이 포함되며, 화폐계정은 환경세와 환경보호지출로 구성된다(Office for National Statistics, 2013).

#### 5. 스웨덴

스웨덴에서는 통계청, 국립경제연구소(National Institute of Economic Research; NIER), 환경보호국(Environment Protection Authority)이 환경계정 관련 업무를 분담해왔다. 통계청은 물적계정을 개발하고, 국립경제연구소(NIER)는 화폐계정 개발 가능성 조사 및 모델링 작업을 담당하며, 환경보호국은 환경지수체계를 고안하는 역할을 수행하였다. 1996년부터는 환경계정

작업이 정부의 정규업무로 편입되었다(환경부, 2006). 현재 스웨덴 환경계정 작업에는 물질플로우, 대기배출, 환경세, 환경관련보조금, 환경산업, 화학물질, 폐기물, 물환경 등이 포함된다.

## 6. 캐나다

캐나다에서 환경계정 작업은 캐나다통계청(Statistics Canada)이 주도해왔다. 캐나다통계청은 환경과 경제 사이의 연결을 정량화하는 환경자원계정체계의 개발이라는 캐나다 정부의 요청에 부응하여 1990년대 중반에 캐나다환경자원계정체계(Canadian System of Environmental and Resource Accounts; CSERA)를 개발하였다(Statistics Canada, 2006).

캐나다환경자원계정체계(CSERA)는 크게 자연자원스톡계정, 물질·에너지플로우계정, 환경보호지출계정의 세 가지 부분으로 구성된다.

자연자원스톡계정은 원유, 천연가스, 광물, 목재 같은 자연자원의 스톡과 이 스톡의 연간 변화를 물적 단위와 화폐 단위로 기록한다. 물적 단위 계정은 1961년까지, 화폐 단위 계정은 1970년대 중반까지 데이터가 구축되어 있다. 자연자원스톡계정은 2~3년 주기로 갱신되고 있으며, 캐나다 국민대차대조표에 포함되는 자연자원 국부 추정치의 근거로도 활용되고 있다.

물질·에너지플로우계정은 환경과 경제 사이의 물질 및 에너지의 흐름을 물적 단위로 기록한다. 이 계정은 에너지 사용, 물 사용, 온실가스 배출에 초점을 맞춘다. 에너지 사용 및 온실가스 배출은 1990년 이후 현재까지의 연간 데이터가 구축되어 있지만, 물 사용에 관한 데이터는 1981년, 1986년, 1991년, 1996년에 대해서만 구축되어 있다. 그리고 이 계정은 투입산출계정(산업연관표)에 직접 연결되기 때문에, 경제활동과 관련된 자원사용 집약도나 오염배출 집약도와 같은 중요한 지표의 계산에 활용될 수 있다.

환경보호지출계정은 환경보호를 위해 기업과 정부가 지출하는 경상지출과 자본지출을 식별할 수 있게 한다. 정부부문의 경우 1971년부터, 기업부문의 경우 1985년부터의 데이터가 구축되어 있다. 현재 정부부문은 매년, 기업부문은 격년으로 데이터가 갱신되고 있다.

## 7. 호주

호주에서는 1990년대 초부터 호주통계청(Australian Bureau of Statistics; ABS)이 환경계정 작업을 시작하였다. 초기 작업은 국민계정의 자산 범위 내에서 여러 종류의 환경자산에 대한 화폐 추정치를 개발하는데 초점이 맞추어져 있었다. 특히 지하자원, 산림, 토지에 관한 추정치가 개발되었으며, 이는 현재에도 호주 국민계정의 국민대차대조표의 일부로 포함되고 있다.

현재 호주통계청은 환경자산 외에도 다양한 영역에 걸쳐 환경계정을 편제하고 있다. <표 2-2>는 현재 호주통계청이 작성하고 있는 환경계정을 분야별로 스톡과 플로우를 구분하여 정리한 것이다. 이 표에 표시된 계정 외에도 환경세나 환경보호지출에 관한 정보도 구축되고 있다.

<표 2-2> 호주의 환경계정 작성 현황

구분	스톡		플로우	
	물적	화폐적	물적	화폐적
물			○	
에너지	○		○	
자연자본	○	○	○	
폐기물			○	○
토지	○	○		

자료: Pink(2013).

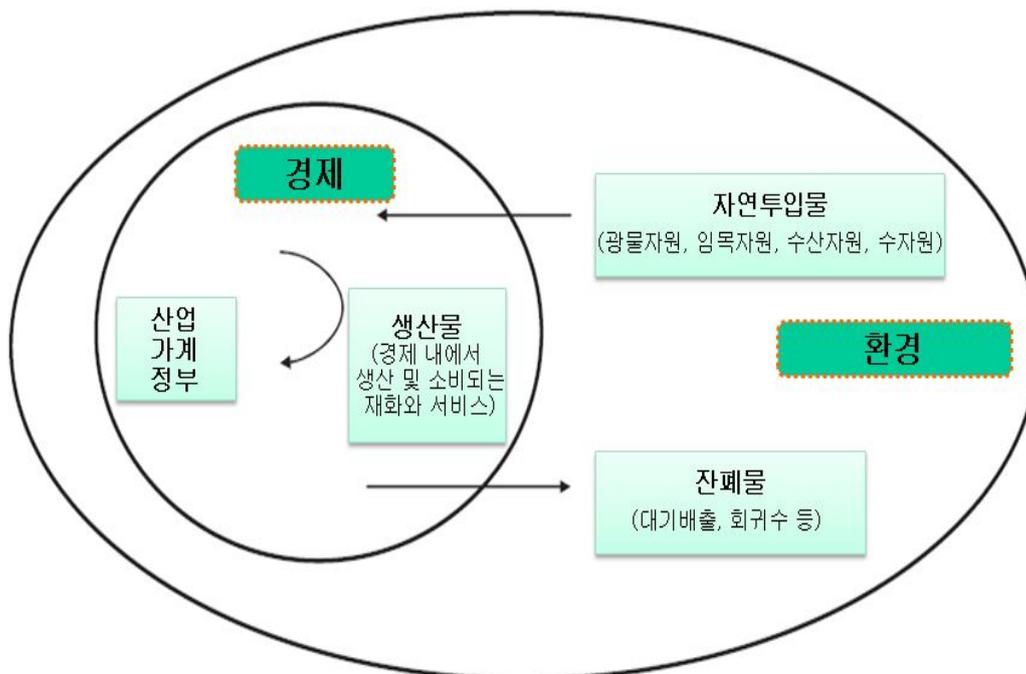
## 제3장 물질플로우계정의 범위와 구조

### 제1절 계정 범위와 구조

#### 1. 계정의 범위

물질플로우계정은 경제와 환경 사이의, 그리고 경제 내에서의 물질플로우(physical flow)를 체계적으로 파악하기 위해 개발된 계정체계이다. 물질플로우계정에서 물질플로우는 크게 자연투입물(natural inputs), 생산물(products), 잔폐물(residuals)이라는 세 가지 범주로 구분된다.

(그림 3-1) 자연투입물, 생산물, 잔폐물의 물질플로우



자료: United Nations et al.(2012); 이하 SEEA Central Framework(2012)로 표시.

자연투입물(natural inputs)은 환경으로부터 경제적 생산과정에 들어가는 모든 종류의 물적 투입물을 포함한다. 재배되거나 양식된 생물자원(육성생물 자원)은 경제 내에서 생산되는 자원으로 환경으로부터 유입되는 플로우가 아니기 때문에 자연투입물에 포함되지 않는다.

자연투입물은 자연자원(natural resource inputs), 재생에너지(inputs of energy from renewable sources), 기타 자연투입물(other natural inputs)의 세 가지 범주로 분류된다. 자연자원에는 광물·에너지자원(지하자원), 토양자원, 임목자원(비육성), 수산자원(비육성), 수자원 등이 포함된다. 재생에너지에는 태양력(태양광+태양열), 수력, 풍력, 조력, 지열 등이 포함된다. 기타 자연투입물에는 토양에 포함된 영양물질이나 공기 중에 있는 질소(예: 질소순환을 통해 경제로 유입), 산소(예: 연소 과정을 통해 경제로 유입) 등이 포함된다. 자연투입물의 분류체계는 <표 3-1>과 같다.

생산물 또는 제품(products)은 경제 내에서의 생산과정으로부터 만들어지는 재화와 서비스를 말한다. 일반적으로 생산물 플로우는 UN에서 제시한 표준 생산물분류체계인 중앙생산물분류(Central Product Classification; CPC)를 따른다. 하지만 에너지계정이나 폐기물계정과 같은 특정한 계정에서는 해당 물적플로우에 적합한 별도의 생산물 분류체계가 활용된다.

잔폐물(residuals)은 경제주체들에 의해 생산·소비·축적 과정에서 폐기·방출·배출되는 고체, 액체, 기체 및 에너지를 말한다. 제품을 버리려는 목적을 가지고 있지만 교환의 대가로 돈이나 다른 혜택을 받는 경우에는 생산물(제품)의 거래로 간주되기 때문에 잔폐물로 분류되지 않는다.

잔폐물은 고품폐기물, 폐수, 대기배출물질, 수계배출물질, 토양배출물질, 제품사용 관련 잔폐물(예: 누출), 마모(dissipative losses), 자연자원 잔폐물(자연자원 채취 과정에서 버려지는 것들) 등의 그룹으로 구분된다(<표 3-2> 참조).

&lt;표 3-1&gt; 자연투입물(natural inputs)의 분류

번호	분류 항목
<b>1</b>	<b>자연자원</b>
1.1	생산에서 사용되는 채취
1.1.1	광물 및 에너지 자원
1.1.1.1	석유 자원
1.1.1.2	천연 가스 자원
1.1.1.3	석탄 및 토탄 자원
1.1.1.4	비금속 광물 자원
1.1.1.5	금속 광물 자원
1.1.2	토양 자원
1.1.3	천연 입목자원
1.1.4	천연 수산자원
1.1.5	기타 천연생물자원
1.1.6	수자원
1.1.6.1	지표수
1.1.6.2	지하수
1.1.6.3	토양수
1.2	자연자원 잔폐물
<b>2</b>	<b>재생에너지</b>
2.1	태양
2.2	수력
2.3	풍력
2.4	조력
2.5	지열
2.6	기타 전기 및 열
<b>3</b>	<b>기타 자연투입물</b>
3.1	토양으로부터의 투입
3.1.1	토양영양물질
3.1.2	토양 탄소
3.1.3	기타 토양으로부터의 투입
3.2	공기로부터의 투입
3.2.1	질소
3.2.2	산소
3.2.3	이산화탄소
3.2.4	기타 공기 자원
3.3	기타

자료: SEEA Central Framework(2012).

<표 3-2> 잔폐물(residuals) 그룹과 전형적인 구성요소

그룹	구성요소
고형폐기물* (회수된 물질 포함)	화학·의료폐기물, 방사성폐기물, 금속성폐기물, 기타 재활용품, 폐설비·폐차, 동식물폐기물, 생활폐기물, 광물폐기물과 토양, 연소폐기물, 기타 폐기물
폐수*	물 처리 및 처분, 방류수, 재이용수
대기배출	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>2</sub> , HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , CO, NMVOC(비메탄계 휘발성유기화합물), NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , 중금속, POPs, 입자상물질
수계배출	질소화합물, 인화합물, 중금속, 기타 물질과 유기화합물
토양배출	파이프라인 누출, 화학물질 유출
산포(dissipative use)	과잉산포 비료, 결빙방지용 소금
마모(dissipative losses)	타이어마모, 도로침식
자연자원 잔폐물	광산폐기물, 임목폐기물, 수산폐기물

\*고형폐기물과 폐수의 경우 생산물(제품) 플로우에 적용될 수도 있음.  
 자료: SEEA Central Framework(2012).

## 2. 계정의 구조

물적플로우계정의 기본 형태는 물적공급사용표(Physical Supply and Use Table; PSUT)이다. 물적공급사용표는 국민계정(SNA)의 화폐공급사용표(Monetary Supply and Use Table)를 환경영역으로 확장한 것으로, 화폐공급사용표에 자연투입물 및 잔폐물 행(row)과 환경 열(column)을 추가한 형태로 구성된다. 반면에 화폐공급사용표에 포함되어 있는 정부(government) 열은 물적공급사용표에는 제외되며, 정부 부문의 중간소비, 생산 및 잔폐물 발생은 물적공급사용표의 산업 부문에 반영하여 기록한다.

물적플로우계정에서는 두 종류의 항등식(identity)이 성립한다. 첫 번째는 공급과 사용의 일치이다. 즉, 산출과 수입의 합이 중간소비, 가계최종소비, 총자본형성, 수출의 합과 일치한다. 이러한 공급과 사용의 일치는 자연투입

물, 생산물, 잔폐물 각각에 대해 성립된다. 두 번째는 투입과 산출의 일치이다. 환경으로부터 경제로의 투입은 환경으로의 회귀와 경제 내 축적의 합과 동일하다.

<표 3-3> 물질공급사용표의 기본 형태

	산업	가계	축적	국외	환경	총계
<b>공급표</b>						
자연 투입물					환경으로부터의 플로우	자연투입물 총공급
생산물	산출			수입		생산물 총공급
잔폐물	산업에 의한 잔폐물	가계 최종소비로 인한 잔폐물	생산자산의 마모와 파괴로 인한 잔폐물			잔폐물 총공급
<b>사용표</b>						
자연 투입물	자연투입 채취					자연투입물 총사용
생산물	중간소비	가계 최종소비	총자본형성	수출		생산물 총사용
잔폐물	폐기물 및 기타 잔폐물의 수거 및 처리		매립지에서 폐기물의 축적		환경에 직접 배출되는 잔폐물플로우	잔폐물 총사용

자료: SEEA Central Framework(2012).

이 항등관계에 대해 좀 더 자세히 살펴보자. <표 3-4>의 물질공급표에서 생산물(제품) 총공급(Total Supply of Products; TSP)은 공급표의 국내생산(C)과 수입(D)의 합으로 구성되는데, 이는 사용표에서 중간소비(E), 가계최종소비(F), 총자본형성(G), 수출(H)의 합으로 이루어진 생산물(제품)의 총사용(Total Use of Products; TUP)과 동일하다.

- 생산물 총공급(TSP)=국내생산(C)+수입(D)
- 생산물 총사용(TUP)=중간소비(E)+가계최종소비(F)+총자본형성(G)+수출(H)

생산물(제품)에 대한 공급과 사용의 일치는 화폐공급사용표에도 적용될 뿐만 아니라, 자연투입물과 잔폐물에 대해서도 적용된다. 자연투입물 총공급

(Total Supply of Natural Inputs; TSNI)과 자연투입물 총사용(Total Use of Natural Inputs; TUNI)은 일치하며, 잔폐물의 총공급(Total Supply of Residuals; TSR)과 잔폐물의 총사용(Total Use of Residuals; TUR) 또한 동일하다.

- 자연투입물 총공급(TSNI)=자연투입물 총사용(TUNI)
- 잔폐물 총공급(TSR)=잔폐물 총사용(TUR)

한편 경제 내로 유입되는 물질플로우는 경제 밖으로 유출되는 물질플로우 및 경제 내 축적되는 물질의 합과 일치해야 한다. 경제와 환경 간의 물적 플로우와 관련된 이러한 투입-산출 항등식(input-output identity)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

- 경제 내로의 유입 = 자연투입물(A)+수입(D)+유입된 잔폐물(L)+환경에서 되돌아온 잔폐물(M)
- 경제 밖으로의 유출 = 환경으로 유출되는 잔폐물(Q)+수출(H)+잔폐물 국외유출(P)
- 경제 내 순축적 = 총자본형성(G)+매립지의 폐기물 축적(O)-생산자산의 폐기 및 매립(K)

<표 3-4>의 공급표에서 환경유입(A), 생산물 수입(D), 잔폐물 수입(L), 환경에서 되돌아온 잔폐물(M)의 합은 사용표에서 잔폐물의 환경유출에 해당하는 값(Q, Q1, Q2), 생산물의 수출(H), 잔폐물 국외유출(P), 총자본형성(G), 매립지의 폐기물 축적(O)을 합한 값에 공급표의 잔폐물에 해당하는 축적항목(K1, K2)을 차감한 값과 동일하다.

- 물질유입(A+D+L+M) = 물질유출(Q+H+P) + 순축적(G+O-K)

이러한 항등식은 전체 경제 수준에 적용될 뿐만 아니라 개별 산업이나 가계 부문에 대해서도 적용된다.

&lt;표 3-4&gt; 물적공급사용표의 구조

공급표		생산; 잔폐물의 생성		측적	국외유입	환경유입	총계
생산; 산업의 잔폐물 발생 (자가생산 포함)-ISIC 분류		가계의 잔폐물 발생		산업-ISIC 분류			
자연 투입물						A. 환경 유입 (자연자원 잔폐물 포함)	자연투입물 총공급 (TSNI)
생산물	C.산출 (재활용·재사용 제품 판매 포함)				D. 생산물 수입		생산물 총공급 (TSP)
잔폐물	II. 산업의 잔폐물 생성 (자연자원 잔폐물 포함) I2. 처리 후 잔폐물	J. 가계 최종소비에 의한 잔폐물		K1. 생산자산 파괴 /폐기 잔폐물 K2. 매립지의 오염배출	L. 잔폐물 수입	M. 환경에서 되돌아온 잔폐물	잔폐물의 총공급(TSR)
총공급							
사용표		생산물 중간소비; 자연투입물 사용; 잔폐물 수 집		측적	국외유출	환경유출	총계
산업-ISIC 분류		가계		산업-ISIC 분류			
자연 투입물	B. 자연투입물채취 B1. 생산에 사용 B2. 자연자원 잔폐물						자연투입물 총사용 (TUNI)
생산물	E.중간소비 (재활용·재사용제품구매포함)	F.가계 최종소비 (재활용·재사용 제품구매포함)		G. 총자본형성 (고정자산 및 재고 포함)	H. 생산물의 수출		생산물의 총사용(TUP)
잔폐물	N. 잔폐물의 수집 및 처리 (제어된 매립지의 부가세 측정)			O. 매립지의 폐기물 측정	P. 잔폐물 국외유출	Q. 잔폐물의 환경 유출 Q1. 산업 및 가정 직접 배출 (자연자원 잔폐물 및 매립가스 포함) Q2. 처리 후 배출	잔폐물 총사용(TUR)
총사용							

주) 정부 최종소비 항목은 물적공급사용표에 기록되지 않으므로 정부의 중간소비, 생산 및 잔폐물 발생은 물적공급사용표의 해당 산업에 기록  
자료: SEEA Central Framework(2012).

### 3. 계정의 종류와 범위

물적플로우계정은 에너지, 물, 물질이라는 세 가지 하위체계로 이루어져 있다. 에너지 플로우의 측정단위는 열량(joules), 물 플로우의 측정단위는 부피(m<sup>3</sup>), 물질 플로우의 측정단위는 무게(ton)로, 세 가지 플로우에 대해 각각 다른 측정단위가 사용되고 있다.

에너지나 물의 경우와 달리, 물질 플로우의 경우에는 자연투입물, 생산물, 잔폐물의 조합이 매우 다양하기 때문에 통상 특정 물질이나 특정 유형의 플로우에 초점을 맞추게 된다. 따라서 물질플로우계정의 경우 물질플로우 전체를 포괄하는 계정(예: 물적투입산출표)보다는 생산물(제품)플로우계정(예: 질소플로우), 대기배출계정, 수계배출계정, 폐기물계정과 같이 특정 플로우에 한정된 계정을 작성하는 것이 일반적이다. 한편 물질플로우 전반을 아우르는 하지만 산업별 세부 정보가 포함되지 않기 때문에 물적공급사용표와는 구조가 상당히 다른 범경제물질플로우계정(EW-MFA)도 물적공급사용표 작성을 위한 출발점으로서 그 유용성을 인정받고 있다.

(그림 3-2) 물적플로우계정의 종류와 범위

	Natural inputs	products	residuals	계정형식
에너지 (joules)	Energy flows			PSUT
물 (m <sup>3</sup> )	Water flows			PSUT
물질 (ton)	Nutrient balance			-
			Air emissions	-
			Emissions to water	-
		Solid waste		-
	EW-MFA			-

## 제2절 에너지 플로우

### 1. 에너지 플로우의 범위

에너지 플로우는 물질플로우계정의 일반적인 분류체계에 따라 자연투입물, 생산물(제품), 잔폐물 플로우로 구분된다(<표 3-5> 참조).

에너지 자연투입물은 자연자연(광물·에너지자원, 임목자원), 재생에너지(태양, 풍력, 수력, 조력, 파력, 지열 등), 기타 에너지 자연투입물로 구분된다.

에너지 생산물(제품)은 에너지의 원천으로 사용되는 제품으로, ①경제단위(가계 포함)에 의해 생산되는 연료와 에너지의 원천으로 사용되는 연료, ②경제단위(가계 포함)에 의해 생산되는 전기, ③경제단위에 의해 생산되거나 제3자에게 팔린 열 등이 포함된다. 에너지 생산물(제품)은 전력이나 열의 생산을 위해 연소된 바이오매스와 고형폐기물로부터 발생된 에너지도 포함하며, 일부 에너지 생산물(제품)은 비에너지용 목적을 위해 사용되기도 한다.

에너지 잔폐물은 에너지의 생산·전환·배분·소비 과정에서 발생하는 에너지 손실을 의미한다. 에너지의 생산·소비로 인해 발생하는 대기오염물질이나 고형폐기물은 에너지플로우계정이 아니라 물질플로우계정에서 다룬다.

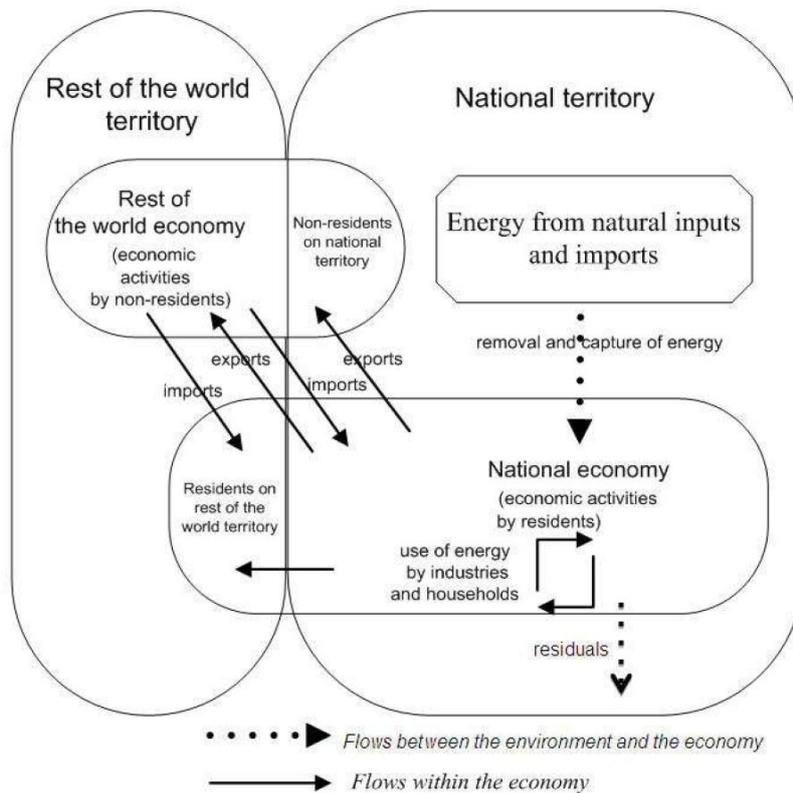
<표 3-5> 에너지 플로우의 분류체계

에너지 플로우	
<b>에너지 자연투입물</b>	
자연자원 투입물	
광물 및 에너지	
목재	
재생에너지 투입물	
태양력	
수력	
풍력	
조력/파력	
지열	
기타 열 및 전기	
기타 자연투입물	
바이오매스	
<b>에너지 생산물(제품) : SIEC 분류에 따름</b>	
석탄	
이탄 및 이탄제품	
오일세일/오일샌드	
천연가스(채취된 것)	
천연가스(분배된 것)	
석유(예: 원유)	
석유(석유제품)	
바이오연료	
폐기물	
전기	
열	
핵연료 및 기타 연료	
<b>에너지 잔폐물</b>	
채취 과정의 손실	
분배 과정의 손실	
저장 과정의 손실	
전환 과정의 손실	
기타 에너지 잔폐물	
<b>기타 잔폐물 플로우</b>	
비에너지용 최종사용으로 인한 잔폐물	
폐기물 에너지	

자료: SEEA Central Framework(2012).

경제와 환경 사이, 그리고 경제 내에서의 에너지 플로우는 (그림 3-3)과 같이 표현할 수 있다. 국민경제는 거주단위(resident unit)의 활동기준으로 이뤄지기 때문에 국민경제와 국가영토 간에 일대일 관계가 성립하지는 않는다. 다시 말해서, 국민경제의 일부 플로우는 외국 영토에서 발생되기도 하며, 국내 영토의 일부 플로우는 외국단위의 활동과 관련되기도 한다. 국제운송, 관광 등이 이러한 플로우에 해당한다.

(그림 3-3) 에너지의 물질플로우



자료: SEEA-Energy.

## 2. 에너지의 물적공급사용표

에너지플로우계정(에너지 물적공급사용표)의 핵심 구성요소는 에너지 자연투입물의 공급과 사용, 에너지 생산물의 공급, 에너지 생산물의 수출입, 에너지 생산물의 전환과 최종소비, 에너지 잔폐물의 공급과 사용이다.

### 가. 에너지 자연투입물

에너지 자연투입물은 에너지 물적공급표(<표 3-6>)와 에너지 물적사용표(<표 3-7>)의 최상단 부분에 나타나 있다(노란색으로 표시된 부분). 공급표에서 에너지 자연투입물은 환경에 의해 공급된 양을 의미하고, 사용표에서는 에너지자원을 채취하거나 전기를 생산하는 산업에 의해 에너지 자연투입물이 사용된 양을 나타낸다. 에너지 자연투입물의 총공급과 총사용의 값은 동일하다.

에너지 자연투입물 중 광물·에너지자원(석유와 천연가스)은 사용 목적에 관계없이 채굴량 전부가 물적공급사용표에 기록되지만, 천연목재는 연료용으로 채취되는 양만 기록된다. 재생에너지(태양력, 수력, 풍력, 파력, 조력, 지열)는 관련 기술을 통해 생산된 전기와 열의 양만을 기록한다. 다시 말해서, 에너지를 생산하는 과정에서 발생한 손실은 물적공급사용표에 포함되지 않는다. 수력발전의 경우도 마찬가지이다.

광물·에너지자원의 경우 자원 채굴 중 발생한 손실은 환경으로부터 채취한 총량에 포함된다. 채굴 중 발생한 손실 부분은 공급표와 사용표의 제일 하단에 있는 에너지 잔폐물 부분(<표 3-6>과 <표 3-7>의 파란색 부분)에 기록된다.

### 나. 에너지 생산물(제품)

에너지 생산물은 주로 광업, 제조업, 전기가스업에서 생산된다. 그리고 많

은 나라에서 에너지 생산물의 주요 공급원은 수입이다. 에너지 생산물의 분류는 국제표준에너지생산물분류(Standard International Energy products Classification; SIEC)를 따른다.

제도단위들이 에너지 생산물을 부차생산물로 생산하여 자가사용하는 경우가 많다. 이러한 자가 생산·사용도 별도로 기록하는 것이 바람직하다(<표 3-6>에는 별도로 표시되어 있지 않음).

에너지 생산물의 공급 중에서 특별한 경우는 가계에 의한 에너지 생산과 관련된다. 가계에 의해 생산된 에너지 생산물(예: 태양광 패널을 이용한 발전)은 시장에 판매될 수도 있고 자가소비될 수도 있다. 이 경우 후자는 사용표에서 가계최종소비로 기록된다.

#### 다. 에너지 생산물(제품)의 수입과 수출

에너지 생산물의 수출입은 거주단위와 비거주단위 간에 소유권의 변화가 발생할 때 기록된다. 경제영토를 통과하는(in transit) 에너지 생산물은 일반적으로 수입이나 수출에 포함되지 않는다. 하지만 전기나 열의 경우에는 명확한 구분이 어렵기 때문에, 실제로 유입플로우는 모두 수입으로 유출플로우는 모두 수출로 기록한다.

거주단위에 의한 해외에서의 에너지 사용(국제운송업무, 해외여행의 자가운전)은 해당 산업의 에너지 사용이나 가계의 에너지 사용으로 계정에 기록되어야 한다. 반면 국가 경계 내에 있는 비거주단위에 의한 에너지 사용(해운, 항공, 화물, 여객)은 모두 제외해야 한다.

#### 라. 에너지 생산물(제품)의 전환과 최종사용

에너지 생산물의 사용은 사용표에서 전환과 최종사용(end-use)으로 구분되어 작성된다. 에너지 생산물의 전환에는 에너지 생산물이 다른 에너지 생산물로 전환되는 것을 기록한다(<표 3-7>의 분홍색 부분). 에너지 생산물의

최종사용(end-use)은 에너지 생산물이 아닌 종류의 재화나 서비스를 생산하기 위한 에너지 생산물의 사용을 기록하는데, 이는 중간소비, 가계 최종소비(final consumption), 재고변동, 수출 등의 항목에 기록된다(<표 3-7>의 초록색 부분).

에너지 생산물의 최종사용(end-use)은 에너지용과 비에너지용의 두 종류로 구분된다. 에너지 생산물을 비에너지용으로 사용하는 사례는 윤활유나 플라스틱 원료와 같은 경우이다. <표 3-7>에서 에너지용에 대해서만 에너지 최종소비가 에너지 생산물 유형에 따라 할당되어 있지만, 비에너지용에 대해서도 에너지 생산물 유형에 따라 할당하는 것이 가능하다.

중간소비(intermediate consumption)는 산업에 의해 생산과정에 투입되는 모든 에너지 생산물의 사용을 포함한다. 일부 에너지 생산물은 전환이나 최종사용(end-use)을 위해 산업에 의해 저장되기도 하는데, 저장된 양의 순변화는 해당 에너지 생산물의 축적(accumulation) 열에 재고변동으로 기록된다. 에너지 생산물의 수출 또한 최종사용(end-use)으로 기록된다.

최종소비(final consumption)는 가계가 에너지 생산물을 소비하는 것을 말한다. 최종소비에는 가계에 의해 생산된 에너지(예: 자가발전)도 포함된다.

SEEA에서 에너지의 최종소비(final consumption) 개념은 에너지밸런스에서 사용되는 최종소비(final consumption) 개념과 다르다. 후자는 산업과 가계에 의한 모든 종류의 최종사용(end-use)을 의미하기 때문에(재고변동과 수출은 제외), 가계의 최종사용(end-use)에 한정되는 전자보다 더 폭넓은 개념이다.

#### 마. 에너지 잔폐물과 기타 잔폐물 플로우

에너지 잔폐물과 기타 잔폐물 플로우는 공급표와 사용표의 하단에 나타나 있다(<표 3-6>과 <표 3-7>의 하단 파란색 부분). 에너지 잔폐물의 형태는 추출 중 손실, 분배 중 손실, 전환 중 손실, 저장 중 손실, 기타 에너지

잔폐물로 구성되는데, 기타 에너지 잔폐물이란 에너지 생산물의 최종사용(end-use)으로 인해 발생한 잔폐물을 의미한다.

기타 잔폐물 플로우와 관련하여, 비에너지용으로 소비되는 에너지 생산물에 체화된 에너지는 다양한 산업(또는 가계)에 의해 공급되는 것으로 나타나지만, 관례상 사용표에서는 축적의 증가로 기록한다. 관례상 폐기물에너지(energy from solid waste)는 공급표에서 축적 열에 기록되며, 사용표에서 그에 상응하는 기재항목은 실제로 소각행위를 하는 산업의 열에 기록된다.

### 3. 에너지 총량지표

에너지플로우계정은 에너지의 생산과 소비, 그리고 그와 관련된 자원이용이나 대기배출과 관련된 문제를 평가할 수 있는 틀을 제공한다. 환경경제통합계정(SEEA)에서는 분석적·정책적 질문에 적합한 에너지 집계치를 두 가지로 정의하고 있다.

첫째, 에너지의 총투입(Gross Energy Input). 이는 에너지 자연투입물, 에너지 생산물 수입, 폐기물 에너지를 합한 것으로, 환경에 대한 압력을 나타내는 지표이다.

둘째, 에너지의 국내순사용(Net Domestic Energy Use). 이는 에너지 생산물의 최종사용에서 에너지 생산물 수출을 차감하고 에너지 손실(추출 중 손실, 전환 중 손실, 저장 중 손실, 분배 중 손실)을 더한 값이다. 이 지표는 국민경제에서 생산과 소비 활동을 통해 사용된 순에너지양을 반영하며, 거주 단위에 의한 에너지소비의 추세를 평가하는 데 사용될 수 있다.

<표 3-6> 에너지 물적공급표(예시)

(단위:joule)	생산(가계 자가생산 포함) ; 잔폐물의 발생							축적	국외 수입	환경	총공급
	농림어업 ISIC01	광업 ISIC02	제조업 ISIC03	전기가스 ISIC04	운수창고 ISIC08	나머지산업	가계				
<b>에너지 자연투입물</b>											
자연자원 투입물											
광물 및 에너지										1,161.00	1,161.00
목재										5	5
재생에너지 투입물											
태양력										20	20
수력										100	100
풍력										4	4
조력											
지열											
기타 열 및 전기											
기타 자연투입물											
바이오매스										2	2
에너지 자연투입물 소계										1,292.00	1,292.00
<b>에너지 생산물</b>											
에너지 생산물의 생산(SIEC 분류)											
석탄											225
이탄 및 이탄 제품											225
오일세일/오일샌드											
천연가스(채취)										395	395
천연가스(분배)											369.1
오일(예:원유)										721	721
오일(석유제품)										930	1,277.00
바이오연료	5.3		0.2	1.5							7
폐기물	39		54.5							16.9	110.4
전기				212						22	234
열				78.5							78.5
핵연료 및 기타 연료											
에너지생산물 소계	44.3	1,116.00	401.7	661.1						1,193.90	3,417.00
<b>에너지 잔폐물</b>											
채취 중 손실											45
분배 중 손실											12
저장 중 손실											6
전환 중 손실											211
기타 에너지 잔폐물	50.3	3.2	418.7	90.6	632	96	240				1,530.80
에너지 잔폐물 소계	50.3	48.2	431.7	307	632	96	240				1,805.20
<b>기타 잔폐물 플로우</b>											
비에너지용 최종사용의 잔폐물											51
폐기물 에너지											93.5
<b>총공급</b>	94.6	1,164.20	884.4	968.1	632	96	240	93.5	1,193.90	1,292.00	6,658.70

자료: SEEA Central Framework(2012).

&lt;표 3-7&gt; 에너지 물적사용표(예시)

(단위:joule)	중간소비 ; 에너지자원사용, 에너지손실					최종소비 가계	축적	국의 수출	환경	총사용
	농림어업 ISIC01	광업 ISIC02	제조업 ISIC03	전기가스 ISIC04	운수창고 ISIC08					
<b>에너지 자원투입물</b>										
자연자원 투입물	5	1,161.00								1,166.00
재생에너지 투입물				124						124
기타 자연투입물	0.3		0.2	1.5						2
에너지 자원투입물 소계	5.3	1,161.00	0.2	225.5						1,292.00
<b>에너지 생산물</b>										
에너지 생산물의 전환(SIEC분류)										
석탄				223						223
이탄 및 이탄 제품										
오일세일/오일샌드										
천연가스(채취)					395					395
천연가스(분배)					87					87
오일(예: 원유)			360							360
오일(석유제품)				16						16
바이오연료										
폐기물				31						31
전기										
열										
핵연료 및 기타 연료										
에너지 생산물 전환 소계			360	752						1,112.00
에너지 생산물의 최종사용(SIEC분류)										
석탄	2	0.1	17			1	-21		1.9	1
이탄 및 이탄 제품										
오일세일/오일샌드										
천연가스(채취)										
천연가스(분배)	2		39	0.1		12	2		201	282.1
오일(예: 원유)									361	361
오일(석유제품)	34	2	326		621	49	-3		80	1,211.00
바이오연료	0.3		0.2	1.5						7
폐기물	3	0.1	4	37			0.3		1	79.4
전기	7	1	22	50		10			100	234
열	2		10.5	2		1				78.5
핵연료 및 기타 연료										-
에너지 생산물 최종소비 소계	50.3	3.2	418.7	90.6		632	-21.7		744.9	2,254.00
에너지 생산물의 비에너지용 소비			51							51
<b>에너지 잔폐물</b>										
채취 중 손실									45	45
분배 중 손실									12	12
저장 중 손실									6	6
전환 중 손실									211.4	211.4
기타 에너지 잔폐물									1,530.80	1,530.80
에너지 잔폐물 소계									1,805.20	1,805.20
<b>기타 잔폐물 흐름</b>										
비에너지용 최종사용의 잔폐물							51			51
폐기물에너지	39		54.5							93.5
<b>총사용</b>	<b>94.6</b>	<b>1,164.20</b>	<b>884.4</b>	<b>968.1</b>	<b>632</b>	<b>96</b>	<b>240</b>	<b>29.3</b>	<b>744.9</b>	<b>1,805.20</b>
										<b>6,658.70</b>

자료: SEEA Central Framework(2012).

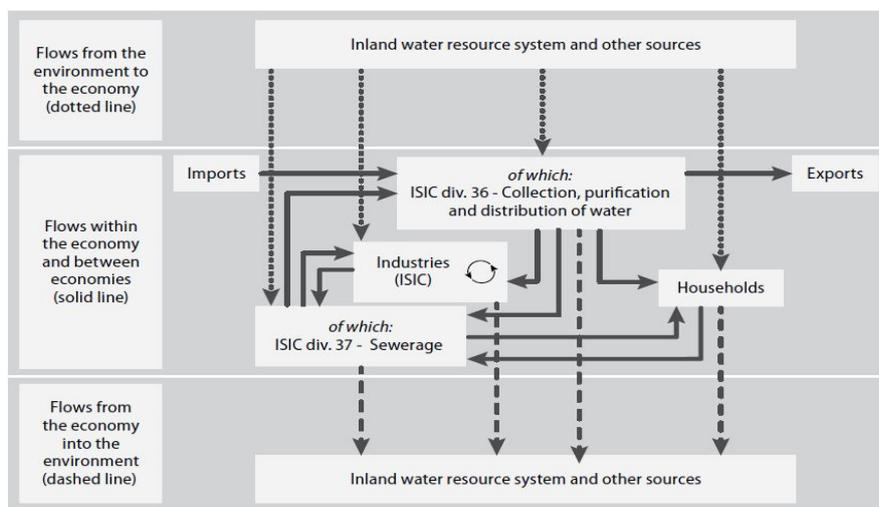
### 제3절 물 플로우

#### 1. 물 플로우의 범위

물순환과 관련된 환경경제통합계정(SEEA)의 주된 관심은 생산과 소비를 위해 사용되는 내수체계(inland water system)이다(담수용 및 냉각용 해수도 편제 대상에 포함). 내수체계는 지표수(하천, 호수, 저수지 등), 지하수, 토양수 등으로 구성된다. 물의 물적공급사용표(PSUT)는 내수체계 및 바다로부터의 경제주체에 의한 취수, 다양한 경제단위에 의한 취수된 물의 분배와 사용, 내수체계 및 바다로의 물의 회귀를 기록한다.

호수나 저수지에서의 증발이나 수체 간의 플로우(예: 지하수에서 하천으로)는 환경 내에서의 플로우로 간주되며 따라서 자산계정에 기록된다. 수질 오염물질의 배출은 별도의 배출계정(수계배출계정)에 기록된다. 그리고 물환경정책의 관점에서 중요한 이슈 중의 하나인 수질(water quality) 문제는 SEEA-Water에서 다룬다.

(그림 3-4) 물의 물적플로우



자료: UN(2012b).

## 2. 물의 물적공급사용표

물의 물적공급사용표는 5개 부분으로 나뉜다. ①환경으로부터의 취수. ②취수된 물의 기업 및 가계로의 분배와 사용. ③폐수 및 재이용수 플로우. ④환경으로의 물의 회귀. ⑤증발, 발산 및 제품함유.

물의 물적공급사용표와 관련해서는 ISIC 35(전기가스업), ISIC 36(수도사업), ISIC 37(하수처리업)이 특히 중요한 산업이다. 전기가스업은 물의 주요 사용자이며(수력발전 및 냉각수), 수도사업과 하수처리업은 물의 폐수의 분배 및 처리를 위한 주요 산업이기 때문이다.

<표 3-8>과 <표 3-9>는 물의 물적공급표와 물적사용표에 대한 예시이다. 이하에서는 이 표들을 이용해서 물의 물적공급사용표를 구성하는 5개 부분에 대해 설명한다.

### 가. 취수

취수는 공급표와 사용표의 ‘취수원(Sources of abstracted water)’에 기록된다. 지붕 등을 통해 모아 이용하는 빗물도 여기에 포함된다. 수력발전에 사용되는 물도 취수에 포함된다. 공급표에는 취수원 종류별 취수량을(<표 3-8>의 노란색 부분), 사용표에는 경제주체별 취수량이 표시된다(<표 3-9>의 노란색 부분).

가계의 자기계정(own-account) 활동에 대한 일반적인 처리방식에 따라, 가계에 의한 자가소비용 취수량은 수도사업 부문의 활동의 일부로 기록해야 한다.

수자원 자산계정에 대한 처리방식과 일관성을 유지하기 위해, 인공저수지의 물은 생산된 것으로 간주되지 않는다. 따라서 인공저수지에서의 취수량은 환경으로부터의 유입으로 기록되며, 인공저수지에 추가된 강수나 인공저수지로부터의 증발은 물의 물적공급사용표에 기록되지 않는다. 이러한 플로우는

수자원 자산계정에서 수자원 스톡의 전반적인 변화의 일부로 기록된다.

토양수(soil water)의 취수는 식물들에 의한 물의 흡수를 말하며, 식물이 발산한 물의 양과 수확된 작물에 체화된 물의 양을 합한 것과 같다. 토양수 취수의 대부분은 농작물 및 목재 생산에 사용된다. 토양수 취수는 경작 면적에 물사용 계수를 곱하여 계산된다. 식물 종류나 지역 특성에 따라 다양한 종류의 계수가 사용된다.

원칙적으로 취수량은 다음 기에 사용하기 위해 남겨둘 수도 있다. 하지만 이러한 용도의 물의 양은 전반적인 물의 흐름에 비해 매우 미미한 양이다. 따라서 축적의 순변동은 관례상 0으로 가정한다.

#### 나. 취수된 물의 분배와 사용

취수된 물은 취수한 경제단위가 사용하거나 다른 경제단위에게 분배된다. 분배를 위한 물은 대부분 수도사업(ISIC 36)에 의해 취수된다. 자가사용, 분배, 수입을 합하면 경제 전체적으로 사용가능한 물의 총량이 된다(<표 3-8>이 초록색 부분).

이렇게 취수된 물은 산업의 중간소비나 가계의 최종소비 또는 수출로 사용된다(<표 3-9>의 초록색 부분).

#### 다. 폐수 및 재이용수 플로우

폐수(wastewater)는 소유자나 사용자가 필요로 하지 않아 버리는 물이다. 폐수는 ①환경으로 직접 방류되거나(이는 회귀플로우로 기록), ②하수처리업(ISIC 37)으로 공급되거나, ③추가 이용을 위해 다른 경제단위에게 공급된다(재이용수). 이 중 ②와 ③이 공급표와 사용표의 '폐수 및 재이용수' 부분에 기록되며(<표 3-8>과 <표 3-9>의 분홍색 부분), ①은 '물의 회귀플로우' 부분에 기록된다(<표 3-8>과 <표 3-9>의 파란색 부분).

재이용수는 다른 경제단위에 의해 추가로 사용되기 위해 공급되는 폐수

이다(일차처리를 할 수도 있고 하지 않을 수도 있음). 따라서 동일한 경제단위 내에서의 물의 재사용이나 재활용은 재이용수에서 제외해야 한다.

#### 라. 환경으로의 물의 회귀

환경으로 돌아가는(회귀하는) 모든 종류의 물은 공급표의 ‘물의 회귀 플로우’에 기록된다(<표 3-8>의 파란색 부분). 앞에서 말했듯이, 산업이나 가계가 하수처리장으로 보내지 않고 환경으로 직접 배출하는 폐수도 여기에 포함된다. 경제주체별 방류량에 대한 세부정보(회귀 수체의 종류 포함)는 모두 공급표에 기록된다.

환경으로 회귀하는 물의 일부는 물의 손실(loss)이다. 물의 손실은 대체로 증발(evaporation) 또는 누수(leakages)에 의해 분배 중에 발생한다.

도시배수(urban runoff)는 중요한 하나의 물 플로우이다. 하수처리시스템에 의해 수집되는 도시배수는 공급표에서 환경으로부터의 취수로 기록된다(관례상 하수처리업(ISIC 37)이 취수한 것으로 간주). 이 물은 처리 후 환경으로 돌아가거나 재이용수로 분배된다. 하지만 하수처리시스템에 의해 수집되지 않는 도시배수는 PSUT에 기록되지 않는다.

#### 마. 증발, 발산, 제품함유

환경과 경제 사이의 물의 흐름을 완전하게 기록하기 위해 필요한 추가적인 플로우가 증발, 발산, 제품함유이다.

증발(evaporation)은 물의 분배나 저장 과정에서 발생한다. 발산(transpiration)은 작물이 자라면서 흡수한 토양수를 대기 중으로 내보낼 때 발생한다. 제품함유(water incorporated into products)는 통상 식음료제조업 같은 제조업에 의해 이루어진다.

이상적으로는 이 세 가지 플로우를 구분하여 기록하는 것이 바람직하지만, 실제로는 계산 상의 어려움으로 인해 통합하여 기록할 수도 있다.

<표 3-8> 물 물적공급표(예시)

(단위: m³)	취수, 물 생산, 물의 회귀							국외 수입	환경	총공급
	농림어업	광업, 제조업, 건설업	전기가스 수도사업	하수처리	기타 산업	가계				
<b>(I) 취수원</b>										
내수자원										
지표수									440.6	440.6
지하수									476.3	476.3
도양수									50.0	50.0
합계									996.9	996.9
기타 수자원										
빗물									101.0	101.0
해수									101.1	101.1
합계									202.1	202.1
총취수량									1,169.0	1,169.0
<b>(II) 취수</b>										
분배				378.2						378.2
자가사용	108.4	114.6	404.2	61.2	100.1	2.3				790.8
<b>(III) 폐수 및 재이용수</b>										
폐수										
폐수처리	17.9	117.6	5.6	1.4	49.1	235.5				427.1
자가처리										
재이용수										
분배용					42.7					42.7
자가사용		10.0								10.0
<b>(IV) 물의 회귀 플로우</b>										
내수로										
지표수			300.0		52.5	0.2	0.5			353.2
지하수	65.0	23.5		47.3	175.0	0.5	4.1			315.4
도양수										
합계	65.0	23.5	300.0	47.3	227.5	0.7	4.6			668.6
기타로		5.9	100.0		256.3		0.2			362.4
총회귀플로우	65.0	29.4	400.0	47.3	438.8	0.7	4.8			1,031.0
<b>(V) 증발산 및 제품함유</b>										
증발										
증발	76.2	43.2	2.5	1.8	0.7	3.6	10.0			138.0
발산										
제품 함유										
총공급	267.5	314.8	812.3	489.9	627.3	55.7	250.3		1,169.0	3,986.8

자료: SEEA Central Framework(2012).

&lt;표 3-9&gt; 물 물적사용표(예시)

(단위: m³)	취수, 물 생산, 물의 회귀						최종소비 가계	축적	국외 수출	환경	총사용
	농림어업	광업,제조 업,건설업	전기가스	수도사업	하수처리	기타 산업					
<b>(I) 취수원</b>											
내수자원											
지표수	55.3	79.7	301.0	4.5	0.1						440.6
지하수	3.1	34.8	3.2	432.9		2.3					476.3
토양수	50.0										50.0
합계	108.4	114.5	304.2	437.4	0.1	2.3					966.9
기타 수자원											
빗물				1.0	100.0						101.0
해수			100.0	1.1							101.1
합계	-	-	100.0	2.1	100.0	-					202.1
총사용	108.4	114.5	404.2	439.5	100.1	2.3					1,169.0
<b>(II) 취수</b>											
분배	38.7	45.0	3.9			51.1	239.5				378.2
자가사용	108.4	114.6	404.2	50.4	100.1	2.3	10.8				790.8
<b>(III) 폐수 및 재이용수</b>											
폐수											
다른 부분에서 유입된 폐수					427.1						427.1
자가처리	12.0	40.7									52.7
재이용수											
재분배											
자가사용											
합계	12.0	40.7			427.1						479.8
<b>(IV) 물의 회귀 플로우</b>											
환경으로											
내수로										668.6	668.6
기타로										362.4	362.4
총회귀플로우										1,031.0	1,031.0
<b>(V) 증발산 및 제품함유</b>											
증발											
발산										138.0	138.0
제품 함유											
총사용	267.5	314.8	812.3	489.9	627.3	55.7	250.3			1,169.0	3,986.8

자료: SEEA Central Framework(2012).

### 3. 물 총량지표

앞에서 에너지플로우계정에서 도출되는 두 가지 종류의 총량지표를 살펴 보았다. 물 플로우계정(물적공급사용표)에서는 세 가지 종류의 총량지표가 도출된다.

첫째, 물의 총투입(Gross Water Input). 이는 국내 자연환경으로부터의 취수총량에 물수입량을 합한 것으로, 환경에 대한 압력을 나타내는 지표이다(에너지의 총투입 지표와 유사). 이 지표는 수체별로(지표수, 지하수, 토양수 등) 세분될 수도 있고, 산업별로 세분될 수도 있다.

둘째, 물의 국내순사용(Net Domestic Water Use). 이는 환경으로의 회귀수 총량에 증발, 발산, 제품함유를 합한 값으로 계산된다. 물의 수출이나 수입이 상대적으로 미미한 양일 경우에는 물의 국내순사용과 물의 총투입이 크게 다르지 않다. 하지만 특정 산업 수준이나(예: 농업, 수도사업) 특정 지역 차원에서(예: 타 지역과 물의 이동이 많은 지역) 집계하는 것은 독자적인 의미를 가질 수 있다.

셋째, 물의 최종사용(Final Water Use). 이는 증발, 발산, 제품함유를 합한 값으로, 더 이상 사용할 수 없는 물의 양을 나타낸다. 물의 최종사용은 물과 관련된 환경압력을 나타내는 핵심 지표이다. 왜냐하면 이 지표가 취수된 물의 상당 부분이 환경으로 돌아가서 다시 취수될 수 있다는 사실을 반영하기 때문이다.

## 제4절 물질 플로우

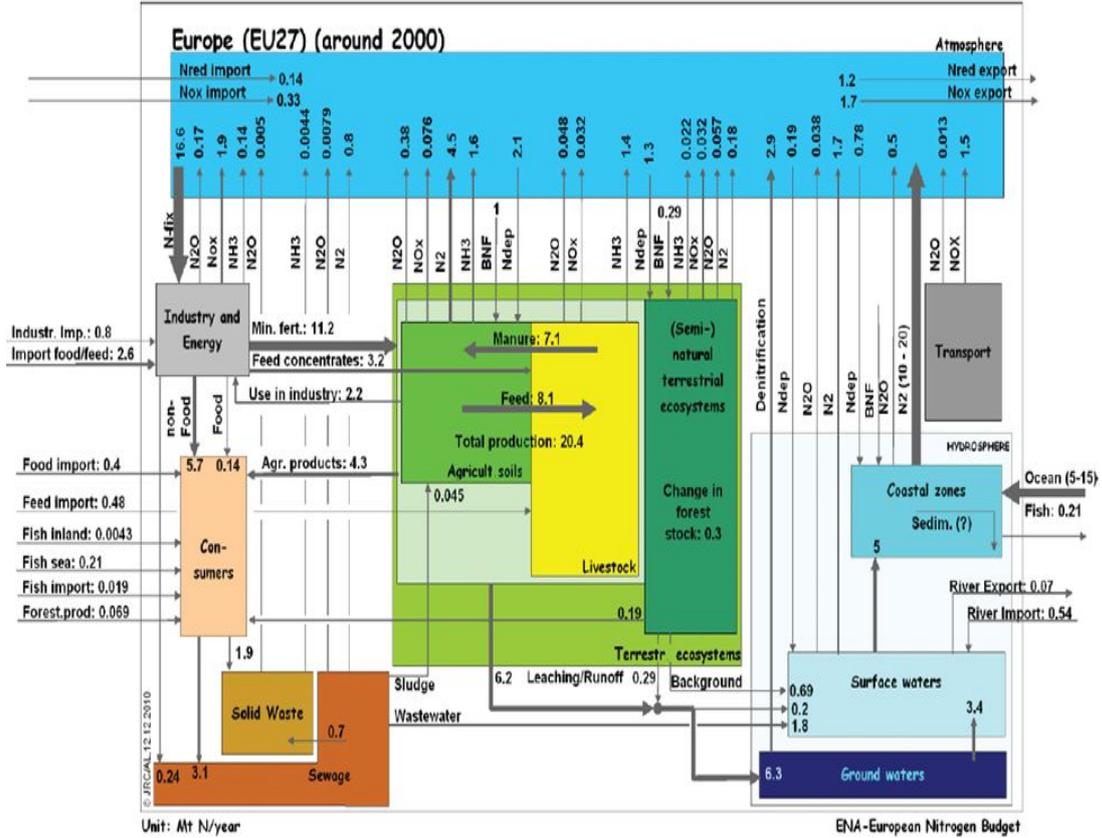
물질플로우계정은 에너지나 물에 비해 자연투입, 제품, 잔폐물의 조합이 매우 다양한 형태로 나타난다. 이로 인해 특정 물질이나 특정한 유형의 플로우에 초점을 맞추는 경향이 많으며 생산물(제품), 대기배출, 수계배출, 고형폐기물, EW-MFA가 가장 많이 활용되고 있는 사례이다. 이러한 물질플로우계정에서 측정단위는 무게이다.

### 1. 생산물(제품)

특정한 생산물(유해물질, 영양물질)의 관리를 위해서는 개별 물질의 물질플로우(환경→경제→환경)를 추적하는 것이 유용할 수 있다. 그런데 경제를 관통하는 과정에서 이러한 물질들은 더 복잡한 생산물(제품)에 포함될 수도 있다. 이러한 물질플로우는 표준적인 공급사용표의 틀 속에서 물질플로우 데이터를 경제적 관계와 결합함으로써 분석할 수 있다. 이러한 방식으로 최종 생산물의 생산에 필요한 특정한 물질의 양을 추정하는 것도 가능하다. 이러한 유형의 정보는 물질플로우에 관한 수요기반 분석이나, 전과정평가(LCA)에 필요한 상위단계의 생산량(upstream requirements of production)의 계산에 적합하다.

이러한 유형의 물질플로우계정의 특수한 사례가 양분수지(nutrient balances)이다. 양분수지는 다양한 제품을 통한 토양영양분(질소, 인, 칼륨)의 흐름을 추적한다. 양분수지는 투입물 총량뿐 아니라 생산물에 체화된 양분(예: 수확된 작물이나 가축사료)을 추정하기 위해서 다양한 계수를 필요로 한다. (그림 3-5)는 이러한 방법을 이용해서 작성된 질소수지의 사례를 보여준다.

(그림 3-5) Economy-wide Nitrogen Balance 사례



자료: Liep et al.(2011), Integrating nitrogen fluxes at the European scale in *The European Nitrogen Assessment*; Bleeker et al.(2012)에서 재인용.

## 2. 대기배출

대기배출(대기오염물질)은 생산, 소비, 축적 과정의 결과로 제도부문들(가계 포함)이 대기로 배출하는 가스·입자 물질(gaseous and particulate substances)을 말한다. SEEA 2012의 대기배출계정은 대기오염물질 종류별로 ‘거주단위’에 의한 대기오염물질의 발생을 기록한다. 대기배출계정에 포함되는 물질은 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, 일산화탄소, VOCs, 황산화물, 암모니아, 중금속, 잔류성유기화합물(POPs), PM<sub>10</sub> 등이다.

대기배출계정의 핵심은 잔폐물의 발생과 배출이기 때문에, 완전한 형태의 물질공급사용표를 구축할 필요가 없다. 중요한 것은 계정 편제의 범위와 경계 문제이다. 예컨대, 국외여행객이나 해외운송 관련 배출량은 거주원칙에 따라 적절하게 처리해야 한다. 또한 가축이 배출하는 메탄은 경제적 생산과정의 결과이기 때문에 대기배출계정의 범위에 포함되지만, 산불로 인한 배출이나 산림에 의한 탄소 흡수 같은 것들은 제외된다. 한편 월경성 대기오염물질(예: 황사)도 대기배출계정의 범위에서 제외된다.

<표 3-10>은 SEEA 2012에 제시되어 있는 대기배출계정 사례이다. 다른 계정과 달리 두드러진 것 중의 하나는 공급표와 사용표가 비대칭적이라는 점이다. 공급표의 상단에는 제도부문별로 구분된 대기오염물질의 발생 부분과 매립가스를 포착하는 축적 부분으로 구성되어 있다. 제도부문은 산업과 가계로 구분되며, 산업은 업종별로, 가계는 용도(수송, 난방)에 따라 세분된다. 반면 사용표에는 대기로 배출되는 물질의 양이 그대로 기록되기 때문에, 공급표에서 추가되는 정보는 없다.

경제활동을 통해 발생하는 특정한 가스·입자 물질은 다른 생산 공정에서 사용하기 위해 포집될 수도 있고(예: 매립지에서 에너지 생산을 위한 메탄 포집), 생산에서 사용하거나 저장(예: 탄소저장)을 위해 경제 단위들 간에 이전될 수도 있다. <표 3-10>과 같은 형식에서는 이러한 흐름이 나타나지 않지만, 계정의 완성을 위해서는 이러한 흐름을 별도로 기록할 필요도 있다.

<표 3-10> 대기배출계정(예시)

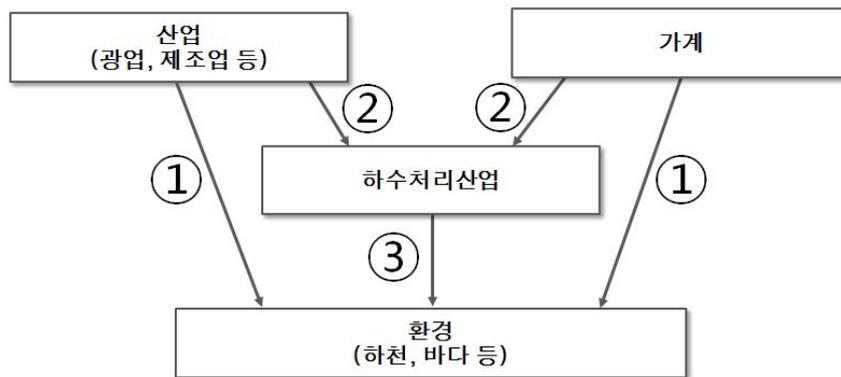
대기배출 공급표										대기배출 사용표		
(단위: 톤)	오염물질발생								축적 매립 가스	총공급	환경유출	총사용
	산업					가계					환경배출	
	농업	광업	제조업	운수업	기타	수송	난방	기타				
물질유형												
이산화탄소	10,610.30	2,602.20	41,434.40	29,975.00	82,402.40	18,920.50	17,542.20	1,949.10	701.6	204,119.60	204,119.60	204,119.60
메탄	492	34.1	15.8	0.8	21.9	2.4	15.5	1.7	220	806.3	806.3	806.3
아산화질소	23.7		3.5	0.8	2.6	1	0.2	0.1	0.1	32	32	32
질소산화물	69.4	6	37.9	295.5	89	38	12.1	1.3	0.3	513.6	513.6	513.6
수소불화탄소			0.3		0.4					0.7	0.7	0.7
과불화탄소												
육불화황												
일산화탄소	41	2.5	123.8	46.2	66.2	329.1	51.2	5.7	1.1	666.9	666.9	666.9
비메탄VOCs	5.2	6.5	40	16.4	27.2	34.5	29.4	3.2	0.9	163.3	163.3	163.3
아황산가스	2.7	0.4	28	62.4	8.1	0.4	0.4	0.1	0	102.5	102.5	102.5
암모니아	107.9		1.7	0.2	0.9	2.3	11.4	1.2	0.2	125.9	125.9	125.9
중금속												
잔류성 유기화합물												
입자 (PM <sub>10</sub> , 먼지)	7	0.1	8.5	9.3	4.4	6	2.8	0.5	0	38.5	38.5	38.5

자료: SEEA Central Framework(2012).

### 3. 수계배출

수계배출(수질오염물질)은 생산, 소비, 축적 과정의 결과로 제도부문들(가계 포함)이 수자원(자연환경)으로 배출하는 물질을 말한다. 수계배출계정은 경제주체들이 자연환경으로 직접 배출하는 오염물질뿐만 아니라 하수(폐수)처리시스템을 통해 배출하는 오염물질도 포함한다((그림 3-6) 참조).

(그림 3-6) 수계배출계정에서의 플로우



자료: SEEA Central Framework(2012).

(그림 3-6)의 수계배출계정 플로우를 살펴보면, 산업과 가계에 의해 환경으로 직접 배출되는 오염물질(①)과 하수처리산업으로 배출되는 오염물질(②)은 구분하여 기록해야 한다.

한편 상기 그림에는 명확하게 나타나지 않지만, 비점오염원으로부터의 배출도 수계배출계정에 포함된다(도시배수, 농업 등). 도시배수와 관련된 오염물질 배출은 관례상 하수처리산업에 의한 배출로 처리한다. 한편 농업의 비점오염물질은 토양에 포함된 비료와 농약 잔존물이 하천이나 지하수로 흘러가는 것으로, 이는 엄밀히 말하면 자연환경 내에서의 플로우이다. 하지만 이러한 플로우에 대한 정책적 관심이 높기 때문에, 농업 관련 비점오염물질 플로우는 통상 수계배출계정에 포함된다.

<표 3-11>는 수계배출계정의 공급표와 사용표 사례를 보여준다. 표의 행은 수질오염물질 범주(BOD/COD, 부유물질, 중금속, 인, 질소 등)에 따라 구분된다. 공급표 상단의 오염물질 발생 부분은 크게 하수처리산업, 일반산업, 가계로 구분되는데, 분석적·정책적 활용을 위해서는 일반산업 부분이 업종별로 세분되어야 한다. 사용표의 환경 부분도 정책적 필요에 따라 하천과 바다로 구분할 수도 있다. 한편 하수처리시스템과 연계한 국가 간 오염물질의 이동은 수계배출계정에 포함되지만(수입 또는 수출로서 기록), 수자원의 자연적 흐름을 통한 오염물질의 이동은 포함되지 않는다.

<표 3-11>을 (그림 3-6)과 대조하자면, 표의 노란색 부분은 그림의 ①번 플로우에, 분홍색 부분은 ②번 플로우에, 초록색 부분은 ③번 플로우에 해당한다.

#### 4. 폐기물

폐기물(solid waste)은 소유자나 사용자가 더 이상 필요하지 않아 포기하는(discarded) 물질을 말한다. 물질을 포기하는 주체가 대가를 받지 않을 경우에는 폐기물의 잔폐물플로우로, 대가를 받지만 포기하는 물질의 실제 잔존 가치가 작을 경우에는 폐기물의 생산물플로우로 간주된다.

중고품으로 팔리는 물건(예: 중고차, 중고가구)은 폐기물플로우가 아니라 생산물플로우로 처리되어야 한다. 중고품인지 아닌지를 결정하는 기준은 제품을 인수하는 측에서 동일한 목적으로 다시 사용할 수 있는지 여부이다.

&lt;표 3-11&gt; 수계배출 공급사용표

수계배출_물적공급표 (단위: ton)	수질오염물질발생			축적 고정자산에서 배출	국외	환경	총공급
	하수처리산업	일반산업	가계				
<b>물질별 배출</b>							
BOD/COD	5,594	11,998	2,712				20,304
부유물질							
중금속							
인	836	1,587	533				2,956
질소	10,033	47,258	1,908				59,199
<b>다른 경제 단위로 배출</b>							
BOD/COD		7,927	8,950				16,877
부유물질							
중금속							
인		814	6,786				7,600
질소		15,139	30,463				45,602
<b>수계배출_물적사용표</b>							
(단위: ton)	수질오염물질수집			국외	환경	총사용	
	하수처리산업	일반산업	가계				
<b>환경으로부터 받은 배출량</b>							
BOD/COD					20,304	20,304	
부유물질							
중금속							
인					2,956	2,956	
질소					59,199	59,199	
<b>다른 경제 단위에서의 수집</b>							
BOD/COD	16,877					16,877	
부유물질							
중금속							
인	7,600					7,600	
질소	45,602					45,602	

자료: SEEA Central Framework(2012).

<표 3-12>와 <표 3-13>은 폐기물 공급표와 사용표에 대한 예시이다. 폐기물의 경우 국제표준의 분류체계가 존재하지 않기 때문에, 이 표에서는 유럽폐기물목록(European Waste Catalogue-Statistical version; EWC-Stat)을 활용하였다. 유럽폐기물목록에서 폐기물은 화학·의료폐기물, 방사성폐기물, 금속폐기물, 비금속재활용품, 폐기계·폐차, 동식물폐기물, 생활폐기물, 광산폐기물, 소각재, 기타폐기물 등으로 구분된다.

공급표는 크게 두 부분으로 구분된다. 상단의 ‘폐기물 잔폐물의 발생’은 산업(폐기물처리업 포함)과 가계에 의한 폐기물 잔폐물의 발생을 보여주며, 폐기물 잔폐물의 수입도 여기에 포함된다. 하단의 ‘폐기물 제품의 발생’은 마찬가지로 산업(폐기물처리업 포함)과 가계에 의한 폐기물 제품의 발생을 보여주며, 폐기물 제품의 수입이 여기에 기록된다.

사용표도 공급표와 마찬가지로 크게 두 부분으로 구분된다. 상단의 ‘폐기물 잔폐물의 수집·처분’은 폐기물처리업에 의해 이루어지는 다양한 종류의 폐기물 수집·처리활동과 그 외 산업(표의 일반산업 부분)에서 이루어지는 폐기물 수집·처리활동을 보여준다. 하단의 ‘폐기물 제품의 사용’은 산업부문(폐기물처리업 포함)에서 이루어지는 재활용 활동이 기록된다. 사용표의 국외 부분은 폐기물 잔폐물이나 폐기물 제품의 수출이 기록된다(최종처분 또는 재활용을 위한 수출).

유의해야 할 것 중의 하나는 매립지에서의 폐기물 축적(폐기물 매립)은 일반적인 형태의 PSUT에서와 달리 별도의 축적 열로 표현되지 않는다는 점이다. 이는 폐기물의 수집·처리·처분산업과 관련된 모든 정보가 하나의 그룹으로 표시되기 때문이다.

&lt;표 3-12&gt; 폐기물계정 물적공급표

	폐기물의 발생				일반산업	가계	국의	환경	총공급
	폐기물 수집, 처리 및 처분산업						폐기물수입	재활용품	
	매립	소각	재활용 및 재사용	기타처리					
					소계	그중 에너지생산			
(단위: ton)									
폐기물 잔폐물의 발생									
화학 및 의료 폐기물				160	1,830	20	140		2,150
방사성 폐기물					5				5
금속 폐기물		40	10		320	70	10		440
비금속재활용품	30				2,720	2,100	130		4,980
폐기계·폐차					140	280	50		470
동식물 폐기물					10,330	1,700	80		12,110
생활폐기물			10	30	29,100	4,660	100	10	8,980
광물폐기물 및 토양					1,550	570	170		30,140
소각재		4,050	2,000		460		240		5,840
기타 폐기물							40		500
폐기물 제품의 발생									
화학 및 의료 폐기물							160		160
방사성 폐기물									
금속 폐기물					1,600		100		1,700
비금속재활용품					1,030		2,940		3,970
폐기계·폐차									
동식물 폐기물					5,310		8,460		13,770
생활폐기물									
광물폐기물 및 토양					350		80		430
소각재		378	286		220		50		648
기타 폐기물									

자료: SEEA Central Framework(2012).

<표 3-13> 폐기물계정 물적사용표

(단위: ton)	폐기물의 발생					가계	국외	환경	총사용
	폐기물 수집, 처리 및 처분 산업				일반산업		폐기물수출	재활용품	
	매립	소각	재활용 및 재사용	기타처리					
					소계	그중 에너지생산			
폐기물 잔폐물 수집·처분									
화학 및 의료 폐기물	290	570	910				380	2,150	
방사성 폐기물				5				5	
금속 폐기물	10		200		200		30	440	
비금속재활용품		550	500	2,930	1,340		160	4,980	
폐기계·폐차	30	10	370				60	470	
동식물 폐기물	30	830	630	8,310	150	2,180	610	12,110	
생활폐기물	730	6,450	2,300	1,070		10	630	90	8,980
광물 폐기물 및 토양	1,010	720		22,630		5,170	610		30,140
소각재	50		400		5,190		200		5,840
기타 폐기물	20	120	40				320		500
폐기물 제품의 사용									
화학 및 의료 폐기물			50				110		160
방사성 폐기물									
금속 폐기물			30		150		1,520		1,700
비금속재활용품			50		2,500		1,420		3,970
폐기계·폐차					8,010				
동식물 폐기물			630				5,130		13,770
생활폐기물					200				
광물 폐기물 및 토양			70		600		160		430
소각재							48		648
기타 폐기물									

자료: SEEA Central Framework(2012).

주) SEEA Central Framework(2012)의 폐기물계정 사용표의 총사용 수치에 오류가 있어(이 때문에 총공급과 총사용이 다른 것처럼 보임), 여기서는 수정한 숫자로 표시함(표의 노란색 부분).

## 5. EW-MFA

EW-MFA(Economy-wide Material Flow Accounts)의 목적은 경제의 물질적 투입과 산출에 관한 거시적인 개관을 제공하는 것이다. EW-MFA는 환경으로부터의 물질투입, 환경으로의 물질유출, 수출입 관련 물질이동 등을 포함한다. 따라서 EW-MFA는 경제 전체에 대한 완전한 형태의 물적공급사용표(PSUT) 작성을 위한 유용한 출발점이 될 수 있다(EW-MFA의 범위, 구조, 지표 등에 관한 설명은 환경부(2007a) 제Ⅲ장 참조).

하지만 EW-MFA는 경제 내의 플로우와 같은 물적플로우의 세부 항목에 초점을 맞추는 것이 아니라, 환경으로부터 경제로 유입되는 물질의 총량과 경제로부터 환경으로 유출되는 잔폐물 총량에 초점을 맞춘다. 또한 거시적 관점에서 국외 부문과의 재화의 물적흐름에 초점을 맞춘다. 이 때문에 EW-MFA는 몇 가지 점에서 물적공급사용표(PSUT)와 차이를 보이고 있다.

첫째, 국제교역. EW-MFA의 수출입 물적플로우에 대한 추정치는 통상 무역데이터에 의존한다. 따라서 EW-MFA에서는 PSUT에서 사용되는 거주 단위의 개념이 정확히 적용되지 않는다.

둘째, 생물자원 관련 플로우. EW-MFA에서 육성작물(경작된 식물자원)의 경우 환경에서 경제로의 유입 플로우는 수확 시점을 기준으로 파악된다. 따라서 EW-MFA에서 토양으로부터 여러 종류의 양분이나 물의 흡수는 환경 내의 플로우로 간주된다. 반면 PSUT에서는 육성 작물이 이미 경제 내에 있는 것으로 간주되며, 이 때문에 토양으로부터의 양분이나 물의 흡수는 환경으로부터 경제로의 플로우(자연투입물)로 간주된다. 사실 EW-MFA는 수확된 양이 여러 가지 자연투입물을 체화하고 있다고 가정하는 것이나 마찬가지로, 수확량은 상대적으로 쉽게 측정될 수 있는 만큼 이러한 방법이 EW-MFA에는 적합하다고 볼 수 있다.

한편 가축이나 양식수산물의 경우에는 환경으로부터 경제로의 유입플로

우가 EW-MFA와 PSUT에서 동일한 방식으로 처리된다. 가축이나 양식수산물은 도살이나 수확 시점에 경제로 유입된 것이 아니라 경제 내에서 증가된 것으로 기록된다.

자연생물자원(식물과 동물)의 경우에도 EW-MFA와 PSUT의 처리방식이 동일하다. 모든 종류의 야생 동식물은 수확 시점을 기준으로 경제에 유입되는 것으로 기록된다.

육성작물에 대한 처리방식의 문제로 인해, EW-MFA에서 모든 종류의 자연투입물이 기록되는 것은 아니다. 하지만 대기로부터의 일부 투입물(산소, 이산화탄소)은 가축의 호흡이나 연소과정과 연계하여 기록된다. 이러한 투입물은 EW-MFA에서 투입물 조정항목(input balancing items)으로 표시된다.

## 제4장 물질플로우계정 편제를 위한 기초통계 현황

### 제1절 에너지

#### 1. 에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정 비교

에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정은 모두 에너지의 공급과 사용에 대한 정보를 제공한다. 에너지통계는 서베이를 통해 에너지 생산물의 생산, 수입, 수출, 국내사용 등에 대한 기초정보를 제공하며, 에너지밸런스는 에너지통계에 기반하여 작성되고, 에너지계정은 에너지통계와 에너지밸런스에 기반하여 작성된다.

에너지통계는 특정 에너지를 조사하여 작성되는 반면, 에너지밸런스와 에너지계정은 공급과 사용의 균형에 중점을 맞춘다. 하지만 에너지밸런스와 에너지계정에서 공급과 사용은 상이한 방식으로 정의된다.

에너지밸런스는 통상 에너지에 관한 물질 데이터만 포함한다. 하지만 에너지계정의 주된 목적 중의 하나는 물질 데이터와 화폐 데이터를 비교 가능한 방식으로 연결시키는 것이기 때문에, 국민계정의 화폐 데이터와 일관성을 유지할 수 있도록 물질 데이터가 재구성된다.

에너지밸런스와 에너지계정의 주된 차이점 중의 하나는 영토기준(에너지밸런스)을 적용하느냐 아니면 거주기준(에너지계정)을 적용하느냐이다. 또한 오직 산업(industry) 개념만을 적용하는 에너지계정과 달리, 에너지밸런스에는 산업 외에 부문(sector) 개념이 분류방식의 하나로 활용된다(예: 수송부문). 또한 에너지밸런스에서는 용도에 따라 산업의 에너지 사용을 재배열하지만(수송, 자가생산, 열 판매 등), 에너지계정에서는 이러한 용도별 구분이 크게 중요하지 않다.

<표 4-1> 에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정 비교

에너지통계	에너지밸런스	에너지계정
기초통계에 기반 (생산, 무역, 기업조사)	에너지통계에 기반	에너지통계 및 에너지밸런스에 기반
특정 에너지 조사	공급과 사용의 균형	공급과 사용의 균형
특정 양식 없음	다양한 양식 (IEA, Eurostat, UN)	국민계정의 공급사용표 사용
	부문(sector) 및 산업(ISIC)	ISIC에 따른 산업분류
	용도에 따라 산업의 에너지사용을 재배열 (수송, 자가생산, 열 판매 등)	재배열하지 않음
	에너지부문 세분화(기술포함)	에너지 '부문'은 ISIC에 의해서만 구분 (기술에 따른 분류 없음)
	하나의 분리된 부문에서 모든 수송을 처리	산업별 고유계정에서 처리
영토원칙	영토원칙	거주원칙
	통계적 차이 존재	통계적 차이 없음
물적 데이터	물적 데이터	물적/화폐 데이터

자료: SEEA-Energy.

## 2. 국내 에너지통계 현황

국내 에너지통계는 대부분 공급통계 중심으로 작성되고 있으며, 에너지 공급기관 간에 통계작성 대상이 일부 중복되고 세부 수요통계가 미흡한 실정이다(지식경제부, 2009b). <표 4-2>는 에너지플로우계정 작성과 관련되는 국내 에너지통계 자료를 정리한 것이다.

&lt;표 4-2&gt; 국내 에너지통계 자료 현황

구분	작성통계	작성기관	승인 번호	최초 작성 연도	작성 주기	공개 여부	데이터 출처	
공 급	석탄	유·무연탄 수급실적	-	1981년	월, 연	O	KCOAL, 보고서	
	석유	석유류 수급통계	31801	1981년	월, 연	O	Petronet	
	천연가스 및 도시가스	천연가스 수급실적	한국가스공사	-	1988년	연	O (판매자료)	KOGAS 보고서
							내부자료 (수입, 생산)	
		도시가스 수급실적	한국도시가스협회	-	1984년	월	O	보고서
	전력 및 열	전력수급통계	한국전력공사	31002	1961년	연	O	보고서, EPSIS
			한국지역난방공사	-	1990년	월, 연	O	보고서
			서울시 SH공사	-	1990년	월, 연	내부자료	-
			(주)GS과워	-	1990년	월, 연	내부자료	-
		집단에너지 사업통계	에너지관리공단	-	2003년	연	O	보고서
신재생	신재생에너지 보급실적조사	에너지관리공단	33701	1999년	연	O	보고서	
종합	에너지 수급통계	에너지경제연구원	33901	1983년	월, 연	O	보고서, KESIS	
수 요	산업	에너지사용 및 온실가스배출 실태조사	에너지관리공단	33703	2005년	연	O	보고서, KOSIS
	가계	가구에너지 소비실태조사	에너지경제연구원	33902	2011년	연	내부자료	-
	종합	에너지총조사	산업통상자원부 (에너지경제연구원)	11505	1981년	3년	O	보고서, KOSIS

## 가. 공급측 통계

### (1) 석탄

유·무연탄 수급실적 관련 데이터는 대한석탄협회에서 제공하고 있으며, 대한석탄협회 홈페이지(<http://www.kcoal.or.kr>)나 대한석탄협회에서 발행하는 「탄협(炭協)」에서 확인할 수 있다.

## (2) 석유

석유수급통계는 한국석유공사가 운영하는 석유정보망인 Petronet (<http://www.petronet.co.kr>)에서 파악할 수 있다.

## (3) 천연가스 및 도시가스

천연가스 수급실적은 한국가스공사에서 제공하는 데이터를 통해 확인이 가능하다. 홈페이지에서는 판매자료에 대한 데이터를 제공하고 있지만, 내부자료인 경영통계 자료에는 천연가스 도입 및 판매현황에 대한 데이터가 포함되어 있어 천연가스의 수입 및 국내생산량에 대한 데이터를 파악할 수 있다.

도시가스 수급실적은 한국가스공사에서 제공하는 판매자료 데이터와 도시가스협회의 도시가스 수급실적을 통해 확인할 수 있다. 한국가스공사에서 제공하는 ‘천연가스 판매’ 자료와 도시가스사업통계에서 제공하는 ‘도시가스 용도별 수요가수 및 공급량’ 둘 다 천연가스가 일반가정 및 산업체에 공급된 양을 나타내고 있긴 하지만, 해당 산업 항목과 값에서 약간의 차이가 있다. 이는 천연가스(천톤)와 도시가스( $m^3$ )가 각각 무게와 부피단위로 제시되어 있기 때문에 환산 과정에서 발생하는 차이로 파악된다.

## (4) 전력 및 열

전력 데이터는 한국전력공사의 한국전력통계 자료와 전력거래소(EPIS)에서 제공하는 발전실적이 있는데, 두 데이터의 값은 일치하는 것으로 파악된다. 단, 한국전력공사의 데이터는 소비부문, 특히 제조업 부문이 전력거래소 자료보다 상세하게 분리되어 있다.

에너지수급통계 자료의 열에너지는 지역난방공사, 서울시 SH공사, (주)GS 파워의 자료를 토대로 수급실적을 파악한 것이다. 그 외 민간사업자에 대한 열에너지 자료는 수급실적 파악 시 반영하지 않기 때문에 에너지관리공단의

집단에너지사업 편람에 있는 열에너지와 에너지밸런스 상의 열에너지 수치는 큰 차이를 보인다. 또한 서울시 SH공사와 (주)GS 파워의 자료는 내부자료로 공개되지 않고 있다.

#### (5) 신재생

신재생에너지는 에너지관리공단에서 제공하는 신재생에너지 보급실적조사 자료를 통해 파악할 수 있다.

#### (6) 종합 : 에너지수급통계

에너지수급통계(에너지밸런스)는 에너지공급사 즉 탄광, 정유사, 대리점, 가스회사, 한국전력공사, 한국지역난방공사 등으로부터 매월 생산 및 판매실적을 보고 받아 작성하는 보고통계로, 석탄류, 석유류, LNG, 도시가스, 열에너지, 수력, 원자력, 전력, 신재생 에너지원의 국내생산, 수입, 수출, 1차에너지 소비, 최종에너지 소비 등을 포함하는 수급구조를 나타내고 있다. 연간 에너지밸런스는 「에너지통계연보」에 수록되어 있다.

### 나. 수요측 통계

#### (1) 산업

수요측 조사 중에서 산업 부문에 관한 세부 정보를 제공해 줄 수 있는 것이 ‘에너지사용 및 온실가스배출 실태조사’이다. 이 조사는 수요부문별 에너지원별 소비구조 및 소비행태를 분석하기 위한 목적으로 2005년부터 산업, 가정·상업, 수송 부문에 대한 순환조사로 시행되다가, 2012년부터 산업 부문에 대해서만 매년 조사로 변경되어 실시되고 있다. 산업 부문 조사대상은 광업 및 제조업 사업장이며, 조사 주요 내용은 지역별, 용도별, 설비별, 공정별 에너지 소비량과 폐에너지 이용실적이다.

(2) 가계

가계 부문에 대한 세부적이고 종합적인 에너지 소비정보의 구축을 위해 2011년부터 시행된 것이 ‘가구에너지 소비실태조사’이다. 조사대상은 전국 16개 시도의 2,520개의 상설표본 가구이며, 연 2회(여름과 겨울) 조사가 실시된다. 조사내용은 주택 및 가구, 난방·취사설비, 에너지기기 보유 및 이용, 월별에너지소비량, 자가용승용차 보유·운행 등이다. 이 중 특히 자가용승용차 운행과 관련된 정보는 수송부문 에너지 소비량을 산업 및 가계로 배분하는데 활용할 수 있을 것이다.

(3) 종합 : 에너지총조사

에너지통계 중 유일한 지정통계인 에너지총조사는 1981년 이후 3년 주기로 시행되고 있다. 산업, 수송, 가정, 상업·공공, 대형건물의 5개 부문으로 구분하여 조사를 하고 있는데(표본조사), 현재 광업 및 제조업 부문은 에너지관리공단이 실시하고 있는 ‘에너지사용 및 온실가스배출실태조사’의 조사 결과를 활용하고 있다.

에너지총조사의 산업 부문에는 광업 및 제조업 외에 1차산업과 서비스업들이 대부분 포함되며 모두 표준산업분류에 따라 구분·정리되어 있다. 에너지총조사의 산업분류 수준이 에너지밸런스에 비해 더 상세하기 때문에, 에너지총조사 데이터는 에너지 소비량을 업종별로 세분하기 위한 자료로 활용할 수 있다.

한편 수송 부문의 경우 운수업과 자가용 차량에 대하여 조사하며, 에너지밸런스와 마찬가지로 비운수업이나 가계에서 수송용으로 사용된 에너지는 모두 수송 부문으로 집계된다.

### 3. 에너지 물적공급사용표 시범 작성

여기서는 국내 에너지밸런스 데이터를 이용해서 에너지 물적공급사용표를 어떻게 작성할 수 있는지에 대한 예시를 보여주고자 한다. 이러한 작업은 한편으로는 본격적인 에너지 물적공급사용표 작성 작업을 위한 가이드라인 역할을 할 수 있으며, 다른 한편으로 현재의 통계자료 수준에서 어떤 문제점들이 있는지를 확인하는데 도움이 될 수 있다. 이하에서 사용된 수치는 2011년 기준 에너지밸런스(지식경제부·에너지경제연구원, 2012b)의 데이터를 활용하였다.

#### 가. 에너지 자연투입물

에너지 자연투입물은 자연자원, 재생에너지, 기타 자연투입물로 구성된다. 국내 수급통계에서 석탄, 천연가스, 수력 및 원자력에서 발생하는 에너지는 자연자원 항목에, 신재생에너지로부터 발생하는 에너지는 재생에너지 항목에 할당하였다.<sup>10)</sup> 이는 공급표에서 에너지 자연투입물 부분의 환경 열에 표시된다((그림 4-1)의 상단 참조).

사용표의 에너지 자연투입물 부분에는 공급표에서 표시된 에너지의 생산 주체가 표시된다. 석탄과 천연가스는 광업으로 할당하였고, 수력과 원자력, 그리고 신재생에너지는 전기가스업으로 할당하였다((그림 4-1)의 하단 참조). 수력, 원자력, 신재생에너지 모두 전력을 생산하는 것이기 때문에 전기가스업으로 할당하였다.

10) 국내 수급통계의 ‘신재생에너지’와 에너지 물적공급사용표의 ‘재생에너지’는 동일한 범주의 개념이 아니다. 여기서는 편의상 양자를 동일시하여 계정표에 수치를 기록했지만, 향후 제대로 된 에너지 물적공급사용표를 작성할 경우에는 ‘신재생에너지’ 중에서 국제표준의 ‘재생에너지’ 개념에 적합한 에너지만 별도로 분리하여 기록해야 한다. 또한 여기서는 국내 통계자료에서 이용하고 있는 toe 단위를 그대로 적용했지만, 에너지계정의 국제표준 단위는 joule이다.

(그림 4-1) 에너지 자연투입물\_공급표와 사용표

에너지 물적공급표 (단위: 1,000 toe)	생산(가계자가생산포함); 잔폐물의 발생						축적	국외 수입	환경 통제오차	총공급
	농림어업 ISIC 01	광업 ISIC 02	제조업 ISIC 03	전기가스 ISIC 04	운수창고 ISIC 05	나머지산업 ISIC 08				
에너지 자연투입물										
자연자원 투입물									35,420	35,420
광물 및 에너지 목재										0
재생에너지 투입물									6,618	6,618
태양										0
수력										0
풍력										0
조력										0
지열										0
기타 열 및 전기										0
기타 자연투입물										0
바이오매스 성장에 에너지 투입										0
에너지 자연투입물 소계									42,038	42,038

에너지 물적사용표 (단위: 1,000 toe)	중간소비; 에너지전환 사용, 에너지손실						최종소비	축적	국외 수출	환경 통제오차	총사용
	농림어업 ISIC 01	광업 ISIC 02	제조업 ISIC 03	전기가스 ISIC 04	운수창고 ISIC 05	나머지산업 ISIC 08					
에너지 자연투입물											
자연자원 투입물	0	1,420	0	34,000	0	0				35,420	
재생에너지 투입물	0	0	0	6,618	0	0				6,618	
기타 자연투입물	0	0	0	0	0	0				0	
에너지 자연투입물 소계	0	1,420	0	40,618	0	0	0	0	0	42,038	

나. 에너지 생산물(제품)

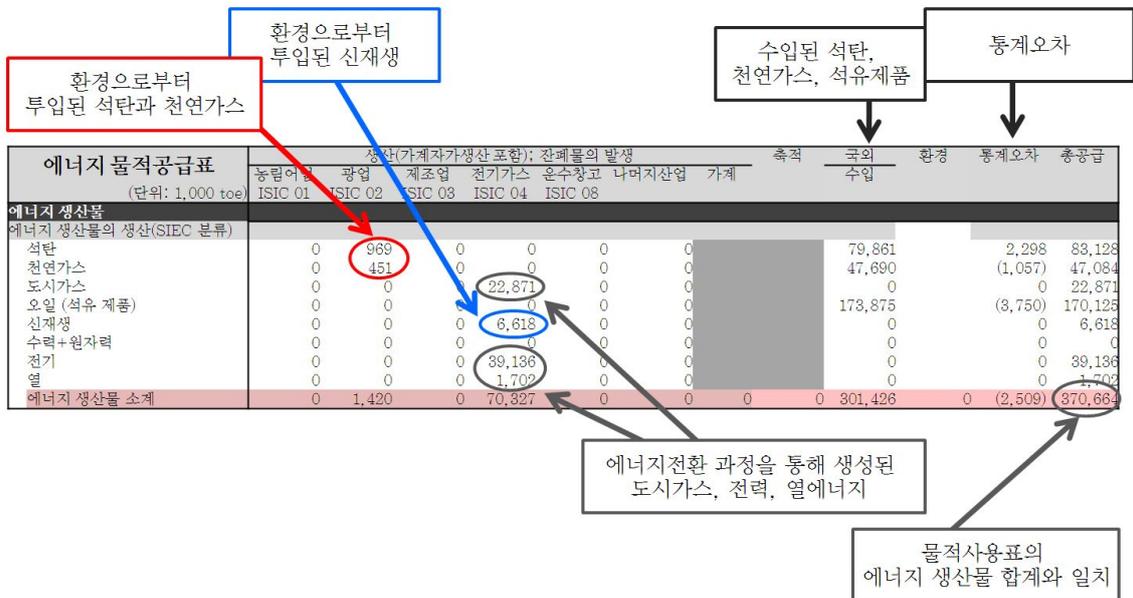
에너지 생산물(제품)의 공급표는 국내환경으로부터 투입된 에너지 생산물과 수입된 에너지 생산물을 기록한다. 에너지 자연투입물 중 석탄과 천연가스, 그리고 재생에너지 항목은 에너지 생산물 공급표에 기록되지만, 수력과 원자력은 전기(또는 열) 항목으로 전환된 것으로 간주된다.11) 에너지 자연투입물 표에는 없지만 에너지전환 과정을 통해 생산되는 도시가스, 전력, 열 등이 공급표에 표시된다. 이들은 에너지밸런스의 에너지전환에 해당하는 값으로, 도시가스의 경우 발전, 지역난방, 가스제조, 자가소비 및 손실의 합, 전력의 경우 발전과 자가소비 및 손실의 합, 열에너지의 경우 발전, 지역난방, 자가소비 및 손실의 합이 반영된 값을 기재하였다. 수입 열에는 국외에서 수입된 석탄, 천연가스, 석유제품을 기재하였다.

에너지밸런스 데이터를 이용해서 물적공급사용표를 작성할 때 생기는 문

11) 재생에너지 항목도 전기 항목으로 전환된 것으로 처리되어야 하지만, 에너지밸런스에 재생에너지 관련 전환손실 부분이 있어서 이의 처리를 위해 편의상 그대로 기록함.

제 중의 하나가 통계오차 항목이다. 국내 에너지밸런스에도 통계오차 항목이 있다. 하지만 물적공급사용표에는 통계오차 항목이 존재하지 않도록 조정해 주어야 한다. 현재 에너지밸런스에는 통계오차가 1차에너지소비량을 계산하기 직전 단계에 에너지원별로 표시되어 있다. 따라서 통계오차 항목은 에너지 생산물 공급표에서 처리하는 것이 무난한 방식이라고 할 수 있다. 다만, 이를 제도부문별로 어떻게 배분할 것인지에 대해서는 추가적인 조사나 연구가 필요하다. (그림 4-2)에는 편의상 별도의 열을 추가해서 표시해두었다.

(그림 4-2) 에너지 생산물\_공급표



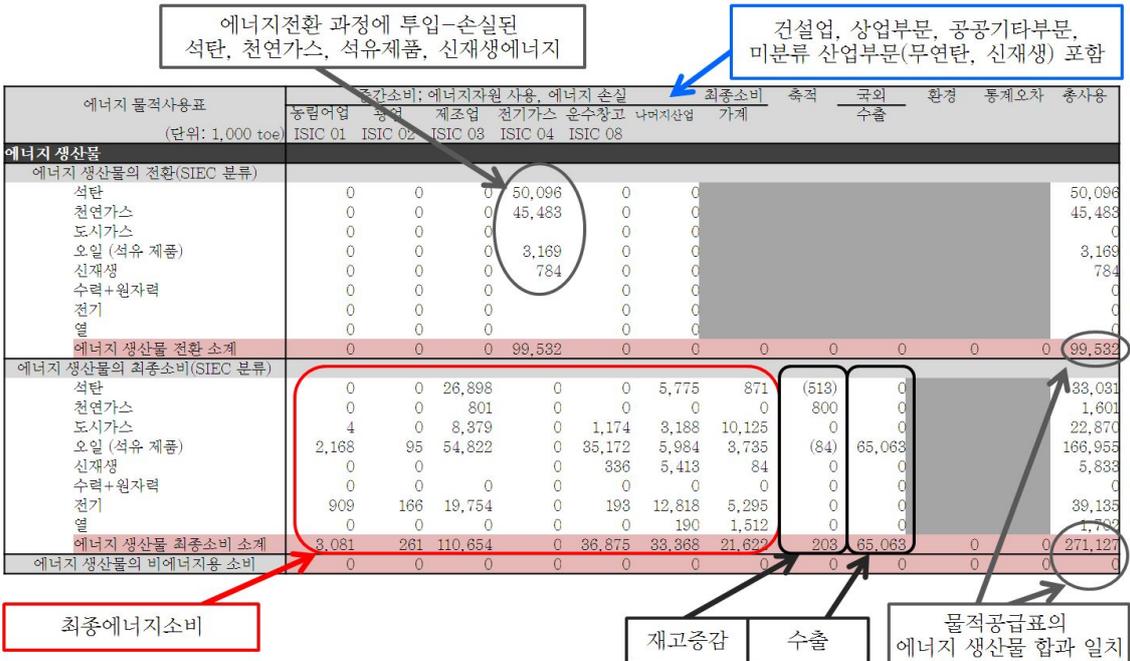
에너지 생산물의 사용표는 전환 부분과 최종소비 부분으로 나뉜다. 전환 부분에는 에너지 전환과정에서 손실된 에너지가 에너지원별로 구분되어 기록된다. 최종소비 부분에는 에너지원별/산업별 에너지 소비량이 기록된다. 그런데 국내 에너지밸런스에는 특정 산업에 할당되지 않고 산업 부문 합계에는 추가되는 값이 있으며, (그림 4-3)에 있는 '미분류 산업'이 이와 같이 특정 산업에 할당되지 않은 부분을 지칭한다.

축적 열에는 에너지밸런스에 있는 연초재고와 연말재고의 차이(재고증감)를 기록하였고, 수출 열에는 석유제품 수출량이 기재되었다.

에너지 자연투입물의 경우와 마찬가지로, 에너지 생산물의 경우에도 공급표의 총공급 값과 사용표의 전환 부분 및 최종소비 부분의 합인 총사용의 값이 일치하는 것을 확인할 수 있다.

(그림 4-3) 에너지 생산물\_사용표

에너지 물적사용표 (단위: 1,000 toe)	최종소비; 에너지자원 사용, 에너지 손실						최종소비 가계	축적	국외 수출	환경	통계오차	총사용
	농림어업 ISIC 01	제조업 ISIC 02	제조업 ISIC 03	전기가스 ISIC 04	운수항공 ISIC 05	나머지산업 ISIC 08						
<b>에너지 생산물</b>												
에너지 생산물의 전환(SIEC 분류)												
석탄	0	0	0	50,096	0	0						50,096
천연가스	0	0	0	45,483	0	0						45,483
도시가스	0	0	0	0	0	0						0
오일 (석유 제품)	0	0	0	3,169	0	0						3,169
신재생	0	0	0	784	0	0						784
수력+원자력	0	0	0	0	0	0						0
전기	0	0	0	0	0	0						0
열	0	0	0	0	0	0						0
에너지 생산물 전환 소계	0	0	0	99,532	0	0	0	0	0	0	0	99,532
에너지 생산물의 최종소비(SIEC 분류)												
석탄	0	0	26,898	0	0	5,775	871	(513)	0			33,031
천연가스	0	0	801	0	0	0	0	800	0			1,601
도시가스	4	0	8,379	0	1,174	3,188	10,125	0	0			22,870
오일 (석유 제품)	2,168	95	54,822	0	35,172	5,984	3,735	(84)	65,063			166,955
신재생	0	0	0	0	336	5,413	84	0	0			5,833
수력+원자력	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
전기	909	166	19,754	0	193	12,818	5,295	0	0			39,135
열	0	0	0	0	0	190	1,512	0	0			1,702
에너지 생산물 최종소비 소계	3,081	261	110,654	0	36,875	33,368	21,622	203	65,063	0	0	271,127
에너지 생산물의 비에너지용 소비	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



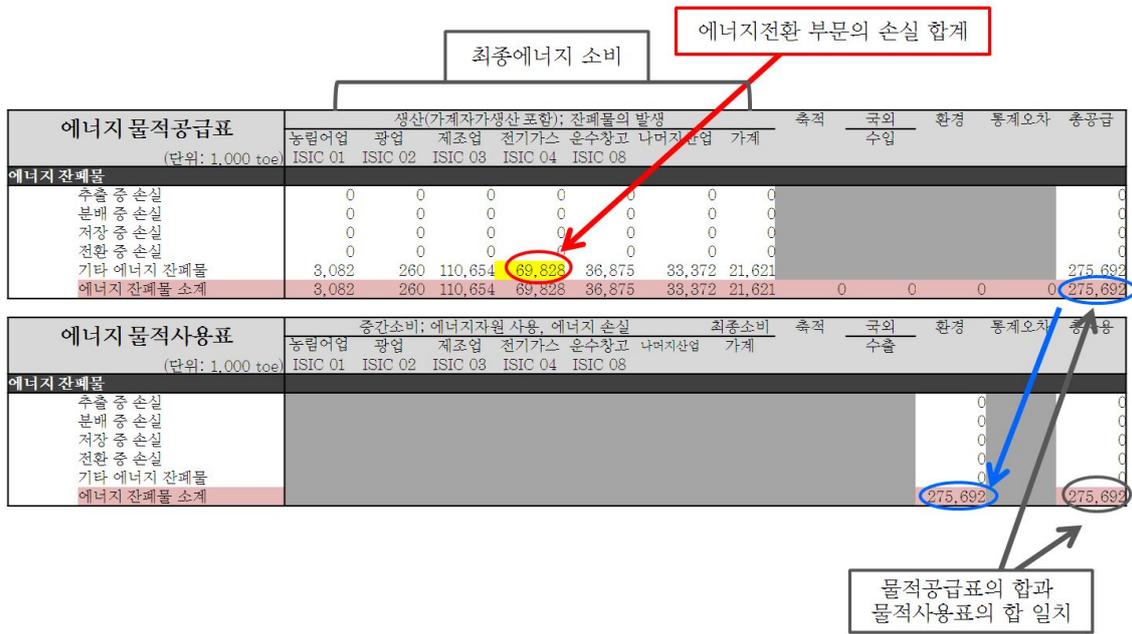
다. 에너지 잔폐물

에너지 잔폐물의 공급사용표는 추출, 분배, 저장, 전환 등의 과정에서 발생하는 손실과 기타 에너지 잔폐물(에너지의 최종사용으로 인한 잔폐물로, 에너지 최종소비량과 동일한 것으로 간주 가능)로 구분된다. 국내 에너지밸런스에는 다양한 과정에서 발생하는 손실에 대한 정보가 없기 때문에, (그림 4-4)에서 이와 관련된 항목들의 값은 모두 0으로 표시되어 있다.

에너지 잔폐물 공급표에는 가계 및 산업부문별 최종에너지 소비량이 기

록되어 있으며, 전기가스업에 기재된 값은 전환부문 손실의 합계이다. 사용표에는 공급표의 에너지 잔폐물의 합이 환경 열에 표시되어 있는데, 이는 결국 소비된 에너지가 최종적으로 환경으로 배출되는 것을 의미한다.

(그림 4-4) 에너지 잔폐물\_공급표와 사용표



#### 4. 에너지계정 작성 관련 통계 이슈

제1절 앞 부분에서 에너지통계, 에너지밸런스, 에너지계정 간의 차이에 대해 간략히 살펴본 바 있다. 이하에서는 국내 에너지밸런스 데이터를 이용해서 에너지 물적공급사용표를 작성한다고 할 때 유의해야 할 점들에 대해 좀 더 상세히 살펴본다.

##### 가. 영토기준 대 거주기준

에너지통계와 에너지밸런스는 국가영토 내의 활동을 기준으로 작성되는 반면, 에너지계정은 국민계정과 마찬가지로 거주단위를 기준으로 작성해야

한다. 따라서 에너지계정을 작성하기 위해서는 에너지밸런스에서 영토 내 비거주자의 사용량을 제외하고 영토 밖에서의 거주자의 사용량을 추가해야 한다. 하지만 정보의 한계로 인해 이러한 조정이 쉽지 않은 경우가 많다.

(그림 4-5) 에너지 관련 영토기준 대 거주기준 비교

	Residents	Non-residents	
National territory	Sold on territory to resident units	Sold on territory to non-residents (foreign, tourists, transport companies, embassies)	Energy statistics and balances
Rest of the World	Sold to residents operating abroad (tourists, transport companies, etc.)		
	SEEA-Energy		

자료: SEEA-Energy.

#### 나. 수송부문 배분

국내 에너지밸런스의 수송 부문에는 운수업이 아닌 다른 일반산업과 가정에서 사용하는 수송용 연료소비량이 포함되어 있다(에너지총조사의 수송부문도 에너지밸런스와 마찬가지로). 하지만 에너지계정에서는 수송활동에 의한 연료소비는 그 활동을 수행한 산업(또는 가계)에 귀속시켜야 한다.

이를 위해서는 수송 부문의 에너지 소비량을 여러 산업 부문 및 가계로 배분하는 기법을 개발해야 한다. 수송 부문의 에너지 소비량이 전체 에너지 소비에서 상당한 비중을 차지하는 만큼, 이는 향후 에너지 물적공급사용표를 정식으로 편제하기 위해 반드시 해결해야 할 중요한 문제 중의 하나이다.

### 다. 산업분류 체계

에너지밸런스의 산업부문은 크게 농림어업, 광업, 제조업, 건설업으로 구분되며, 서비스업 관련 업종들은 상업부문 및 공공기타로 묶여 있다. 그리고 제조업은 11개로 세분되어 있다(음식담배, 섬유 의복, 목재나무, 펄프인쇄, 석유화학, 비금속, 1차금속, 비철금속, 조립금속, 기타제조, 기타에너지).

이로 인해 표준산업분류에 따라 정보가 분류되는 경제 데이터와의 연결에서 여러 가지 제약이 생길 수 있다. 서비스업에 대해서는 세부 정보가 거의 없으며, 제조업도 표준산업분류 중분류에 비해 상세도가 낮은 편이다(<표 4-3> 참조).

이 문제의 해결을 위해서는 에너지밸런스를 작성하기 위해 사용된 기초통계(예: 석유수급통계)나 수요측 정보(예: 에너지총조사)를 활용하는 것이 필요하다. 다만, 수요측 정보의 경우 총량에서 차이가 있기 때문에 활용에 유의해야 한다.

### 라. 신재생에너지 및 원자력 처리

에너지계정에서 재생에너지는 국제적으로 통용되는 개념과 범위에 따라 정의되는데, 국내에서 사용되고 있는 신재생에너지는 이러한 국제표준과는 다른 개념이다. 이 때문에 에너지계정을 작성하기 위해서는 신재생에너지를 세분해서 국제표준의 재생에너지 개념에 적합한 것과 그렇지 않은 것을 구분해서 기재해야 한다. 예컨대, 에너지 물적공급사용표에서 재생에너지(≠신재생에너지)는 에너지 자연투입물에 반영이 되고 폐기물에너지 같은 것은 에너지 생산물(제품)에 포함되기 때문에, 이러한 것을 구분해서 값을 기록해야 한다.

한편 에너지계정에서 원자력은 우리나라의 생산 및 수입과 연결하여 기록되어야 한다. 현재 국내 에너지밸런스에는 이러한 정보가 누락되어 있으므로, 이와 관련된 정보를 보완할 필요가 있다.

<표 4-3> 표준산업분류와 에너지밸런스 산업분류 비교

한국표준산업분류(제9차)		에너지 밸런스	한국표준산업분류(제9차)		에너지 밸런스		
A 01-03 농업, 임업 및 어업		농림어업	D	35-36	전기, 가스, 증기 및 수도사업	전환, 가정, 공공기타	
B 05-08 광업		광업	E	37-39	하수·폐기물 처리, 원료재생 및 환경복원업	공공기타	
C 10-33 제조업	10	식료품 제조업	F	41-42	건설업	건설업	
	11	음료 제조업	G	45-47	도매 및 소매업	상업부문	
	12	담배 제조업	H	49-52	운수업	철도, 육상, 수상, 항공	
	13	섬유제품 제조업; 의복제외	I	55-56	숙박 및 음식점업	상업부문	
	14	의복, 의복액세서리 및 모피제품 제조업	J	58-63	출판, 영상, 방송통신 및 정보서비스업	상업부문, 공공기타	
	15	가죽, 가방 및 신발 제조업	K	64-66	금융 및 보험업	상업부문	
	16	목재 및 나무제품 제조업;가구제외	L	68-69	부동산업 및 임대업	상업부문, 가정부문	
	17	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	M	70-73	전문, 과학 및 기술 서비스업	상업부문	
	18	인쇄 및 기록매체 복제업	N	74-75	사업시설관리 및 사업지원 서비스업	상업부문	
	19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	O	84	공공행정, 국방 및 사회보장 행정	공공기타	
	20	화학물질 및 화학제품 제조업;의약품 제외	P	85	교육 서비스업	공공기타	
	21	의료용 물질 및 의약품 제조업	석유화학	Q	86-87	보건업 및 사회복지 서비스업	공공기타
	22	고무제품 및 플라스틱제품 제조업	석유화학	R	90-91	예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	상업부문
	23	비금속 광물제품 제조업	비금속	S	94-96	협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	공공기타
	24	1차 금속 제조업	1차금속, 비철금속	T	97-98	가구내 고용활동 및 달리 분류되지 않은 자가소비 생산활동	가정부문
	25	금속가공제품 제조업;기계 및 가구 제외	조립금속	U	99	국제 및 외국기관	공공기타
	26	전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	조립금속				
	27	의료, 정밀, 광학기기 및 시계 제조업	조립금속				
	28	전기장비 제조업	조립금속				
	29	기타 기계 및 장비 제조업	조립금속				
	30	자동차 및 트레일러 제조업	조립금속 (수송장비업)				
	31	기타 운송장비 제조업	조립금속 (수송장비업)				
	32	가구 제조업	기타제조				
33	기타 제품 제조업	기타제조					

&lt;표 4-4&gt; 국제표준에너지생산물분류(SIEC)와 국내통계

SIEC분류			국내통계
Section	Division	Energy Product	Energy Product
0		Coal	
	01	Hard coal	석탄
	02	Brown coal	
	03	Coal products	
1		Peatandpeatproducts	×
	11	Peat	
	12	Peat products	
2		Oilshale/oilsands	×
	20	Oil shale / oil sands	
3		Natural gas	천연가스
	30	Natural gas (shale gas포함)	도시가스
4		Oil	
	41	Conventional crude oil	오일(원유)
	42	Natural gas liquids(NGL)	
	43	Refinery feedstocks	
	44	Additives and oxygenates	
	45	Other hydrocarbons	
	46	Oil products	오일(석유제품)
5		Biofuels	
	51	Solid biofuels	바이오연료
	52	Liquid biofuels	
	53	Biogases	
6		Waste	
	61	Industrial waste	폐기물
	62	Municipal waste	
7		Electricity	
	70	Electricity	전기
8		Heat	
	80	Heat	열
9		Nuclear fuels and other fuels n.e.c.	×
	91	Uranium and plutonium	
	92	Other nuclear fuels	
	99	Other fuels n.e.c.	

자료: International Recommendations for Energy Statistics(IRES).

#### 마. 국제기준과의 차이

국내 에너지밸런스는 열량 적용 방법, 전환부문(석탄, 석유정제, 석유화학 등) 처리 문제 등 몇 가지 점에서 국제기준과 차이점이 있다.

열량 적용 방법의 경우 국제에너지기구(IEA)는 순열량 기준을 사용하고 있지만 우리나라는 국가에너지통계를 총발열량 기준으로 발표하여 사용하고 있다. 여기에서 총발열량은 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 발열량을 의미하고 순발열량은 총발열량에서 수증기의 잠열을 제외한 발열량을 의미한다.

한편 국내 에너지 수급통계는 자가발전 및 열 생산 과정을 반영하지 않고 공공발전, 지역난방의 일부 공공 사업자의 전환통계만 반영하고 있다. 또한 석유정제과정의 경우 에너지 수급통계에서 원유 대신 석유제품을 1차 에너지로 적용함에 따라 수급의 흐름을 반영하고 있지 않다. 2009년과 2010년에 일시적으로 에너지통계연보 부록편에 석유정제 과정을 반영한 “에너지수급밸런스 개정(안)”을 수록하였지만, 그 이후에는 관련 데이터가 제공되지 않고 있다. 코크스 및 고로공정도 미반영되어 있어 유연탄의 에너지전환 통계가 반영되고 있지 않다.

이 외에도 수송부문 파이프라인 포함 여부, 수송(국제항공)과 어업(원양어선)의 문제, 그리고 국제병커링 및 비에너지의 원료용 포함 여부 등이 국가 에너지통계와 국제기준과의 차이로 파악된다.

## 제2절 물

### 1. 국내 물 통계 현황

일반적으로 물과 관련된 통계는 크게 두 부분으로 나뉜다. 하나는 수량에 관한 정보이고, 다른 하나는 수질에 관한 정보이다. 수질에 관한 정보는 다시 오염물질 배출에 관한 정보와 수체(하천이나 호소)의 오염 수준에 관한 정보로 구분된다. 물의 물적공급사용표는 오직 수량에 대한 정보만을 포함한다. 오염물질 배출에 관한 정보는 물질플로우계정의 일종일 수계배출계정에서 다루며, 수체의 오염 수준에 관한 정보는 환경경제통합계정(SEEA)의 하위계정 중의 하나인 SEEA-Water에서 다룬다.

수량 정보와 관련해서는 국내에서 주로 두 부처에 의해 관련 통계가 작성되고 있다. 그 중에서 물의 물적공급사용표에서 주로 다루는 취수(취수원 포함), 폐수 및 재이용수, 방류, 증발산 및 제품함유 등과 직접 관련되는 통계로는 국토교통부의 수자원현황과 지하수조사연보, 환경부의 상수도통계, 공장폐수의 발생과 처리, 하수도통계, 먹는샘물 판매량 등이 있다(<표 4-5> 참조). 이하에서는 먼저 이 통계들에 대해 간략히 살펴본다.

<표 4-5> 국내 물 통계 작성 현황

구분	작성통계	작성기관	승인 번호	최초 작성	작성 주기	데이터 출처
취수	수자원현황	국토교통부	11634	2006	5년	국토교통통계누리
취수	지하수조사연보	국토교통부	11622	1995	연	국토교통통계누리/ 국가지하수정보센터
취수	상수도통계	환경부	10606	1975	연	환경통계포털
취수/방류	공장폐수의 발생과 처리	환경부	10605	1980	연	환경통계포털
방류	하수도통계	환경부	10607	1975	연	환경통계포털
제품함유	먹는샘물 판매량	환경부	-	-	연	환경통계포털

(1) 수자원현황

전국의 하천, 댐, 지하수 등의 수자원을 합리적으로 이용, 배분, 관리하기 위한 기초자료의 성격을 갖는다. 수자원총량 및 이용현황, 시도별 지하수 시설현황, 시도별 지하수 이용현황, 광역상수도 현황, 공업용수도 현황, 수계별 댐 현황, 댐 저수현황, 수계별 하천현황, 시도별 하천현황, 하천수입금 징수현황 등이 매년 발간되는 「국토교통 통계연보」에 수록되어 있다(국토교통 통계누리에서도 데이터를 구할 수 있음).

이 중 물 플로우와 직접 관련되는 ‘수자원총량 및 이용현황’에 용도별 이용량(생활용수, 공업용수, 농업용수, 유지용수로 구분)과 수원별 이용량(하천수, 지하수, 댐)에 대한 정보가 포함되어 있다.

(2) 지하수 조사연보

「지하수 조사연보」는 지하수법에 의하여 매년 각 지방자치단체에서 실시하는 지하수 이용실태 조사 자료, 환경부 수질측정망 자료, 국가 지하수 관측망 자료 등을 종합하여 국내 지하수의 조사현황, 개발·이용 현황, 지하수

이용부담금 징수현황, 수질 현황과 지하수 개발·이용 시공업체, 지하수 영향 조사기관 및 정화업체 등록현황 등 국내 지하수에 관한 각종 현황과 분석 자료들을 수록하고 있다.

이 중 물 플로우와 직접 관련되는 것이 용도별 지하수 이용현황 정보이다. 용도별 지하수 이용현황은 생활용, 공업용, 농어업용, 기타로 구분된다. 생활용은 다시 가정용, 일반용, 학교용, 민방위용, 공동주택용, 간이상수도용, 상수도용, 농업·생활겸용, 기타로 세분되고, 공업용은 국가공단, 지방공단, 농공단지, 자유입지업체, 기타로, 농어업용은 전작(밭)용, 답작(논)용, 원예용, 수산업용, 축산업용, 양어장용, 기타로, 기타는 온천수, 먹는샘물, 기타로 세분된다. 매년 보고서로 발간되고 있고 국가지하수정보센터에서 각종 데이터 및 보고서의 다운로드가 가능하다.

### (3) 상수도 통계

「상수도통계」는 전국의 상수도 보급현황, 시설물현황, 요금, 재정 등에 대한 현황을 조사·분석하여 상수도시설의 적정 설치·관리를 위한 정책수립의 기초자료로 활용하기 위해 작성되는 통계이다. 여기에는 지역별 일반현황, 급수보급 현황, 급수사용자 현황, 취수시설 현황, 정수시설 현황, 관로시설 현황, 배수지·저수조 현황, 급수전 현황, 수량관리 현황, 물손실관리 현황, 수질검사 현황, 관로신설·철거·교체·개량 현황, 수도사업추진실적, 서비스수준, 경영 현황, 직제 및 직원 현황, 중수도 시설 현황 등이 포함된다.

이 중 물 플로우와 직접 관련되는 것은 관련해서 중요한 것은 취수량과 물 사용량에 대한 정보이다. 취수량(수원형태별 연간 총취수량)은 하천표류수, 하천복류수, 댐, 기타 저수지, 지하수로 구분된다. 물 사용량(수돗물 사용량)은 가정용, 업무용, 영업용, 욕탕, 공업용, 기타로 구분되어 있다.

#### (4) 공장폐수의 발생과 처리

「공장폐수의 발생과 처리」는 ‘환경오염배출업소조사’(승인번호 제10605호)의 일부인 폐수배출업소에 대한 조사 결과를 정리해 놓은 것이다. 현재에는, 전국오염원조사 온라인시스템(<http://wems.nier.go.kr>)에 매년 말 기준으로 폐수배출시설 설치허가(신고)를 받은 1~3종 사업장은 직접 입력하고, 4~5종 사업장은 조사표 작성 후 지방자치 단체에서 취합 및 입력하고 국립환경과학원에서 오류 검·보정을 거쳐 확정하는 방식으로 작성되고 있다.

공장폐수의 발생과 처리에는 수계별·행정구역별·업종별·사업장규모별로 폐수배출업소수, 폐수발생 및 방류량, BOD 발생 및 방류(배출)부하량 등에 관한 정보가 수록되어 있다. 또한 업종별 용수사용량 정보도 수록되어 있는데, 용수사용량 정보는 용수공급원(상수도, 지하수, 하천수, 해수, 재이용수) 및 용수용도(공업용수, 생활용수)에 따라 구분되어 있다.

이 용수사용량 정보는 폐수 발생 및 방류량 정보와 더불어 물 플로우와 직접 관련되는 주요 데이터이다. 더불어 공장폐수의 발생과 처리가 중요한 이유 중의 하나는 산업분류에 따른 업종별 정보가 포함된 유일한 통계라는 점이다.

#### (5) 하수도 통계

「하수도통계」는 전국 하수도시설의 설치 및 운영·관리현황을 조사·분석하여 하수도시설의 적정 설치·관리를 위한 투자 및 정책수립의 기초자료로 활용하기 위해 작성되는 통계로, 관련 자료를 지방자치단체로부터 제출받아 집계한 것이다. 하수도통계에는 하수도 보급현황, 하수관거 보급현황, 개인하수처리시설, 하수도 재정, 하수도 요금, 공공하수처리수 재이용현황, 하수 및 분뇨슬러지 발생·처리, 하수처리장 인력 및 분뇨·개인하수처리시설 관련 영업자, 주민친화시설, 기타 등이 포함된다.

이 중에서 물 플로우와 직접 관련되는 항목은 하수 및 분뇨발생량, 하수

처리시설 처리량, 공공하수처리수 재이용, 중수도 시설현황(이용량) 및 빗물 이용시설현황(연간 사용량)이다.

#### (6) 먹는 샘물 판매량

먹는 샘물 판매량은 환경부(토양지하수과)에서 자료를 지방자치단체로부터 제출받아 집계한 것이고, 제조업체와 수입업체의 판매 총량과 금액이 매년 환경통계연감에 수록된다.

## 2. 물 통계와 물 플로우계정

앞 절에서 에너지 플로우의 경우 에너지밸런스 데이터를 이용해서 일정한 수준의 에너지 물적공급사용표를 작성하는 것이 가능함을 살펴보았다. 하지만 물 플로우의 경우에는 에너지밸런스와 같은 체계적으로 정리된 플로우 데이터가 없기 때문에, 물의 경우 우선 국가 전체의 물 플로우에 대한 정보를 수집, 정리, 비교, 분석하는 것이 필요하다.

그런데 앞에서 살펴 본 취수나 물 이용과 관련된 국토부 자료와 환경부 자료 간에 상당한 양적 차이가 존재한다. 예컨대, <표 4-6>에서 댐에서 취수하는 물의 양을 보면, 국토부 자료(188억 $m^3$ )와 환경부 자료(32억 $m^3$ )가 5배 이상의 차이가 난다. 용도별 물 이용량(<표 4-7> 참조)의 경우에도, 국토부 자료의 공업용수 이용량(21억 $m^3$ )에 비해 환경부 자료의 공업용수 이용량(61억 $m^3$ )이 3배 이상 크다(공장폐수의 발생과 처리에 있는 용수사용량 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 해수는 제외한 수치임).

따라서 물 플로우와 관련해서는 계정의 실제적인 작성보다는 기초통계 간의 일관성 문제를 점검하여 해결 방안을 마련하고, 나아가 물 플로우에서 비어있는 부분을 어떻게 해결할 수 있는지에 대한 기초연구가 우선 필요하다.

다.

<표 4-6> 취수량 데이터 비교 (2011년 기준)

(천m <sup>3</sup> )	하천수	댐	지하수	해수	재이용수 (기타)	합계
수자원 이용현황	10,800,000	18,800,000	3,700,000	-	-	33,300,000
지하수 조사연보	-	-	3,907,141	-	-	3,907,141
상수도통계	3,726,506	3,193,804	95,612	-	56,271	7,072,193
공장폐수의 발생과 처리	5,705,480	1,782,837 (상수도)	445,447	44,822,526	885,290	53,641,580

<표 4-7> 용도별 물 사용량 데이터 비교 (2011년 기준)

(천m <sup>3</sup> )	생활	공업	농업	기타	합계
수자원 이용현황	7,500,000	2,100,000	5,900,000	7,800,000	33,300,000
지하수 조사연보	1,776,389	171,832	1,933,305	25,615	3,907,141
상수도통계	5,931,980	53,290			5,985,270
공장폐수의 발 생과 처리		6,150,927 (하천수+지하수)			7,933,764

## 제3절 물질

### 1. 대기배출

대기배출계정의 공급표는 경제주체별(산업 및 가계)로 대기오염물질(온실가스 포함)을 배출한 양에 대한 정보를 담고 있으며, 사용표는 환경으로 배출된 양에 대한 정보를 담고 있다. 따라서 수계배출계정이나 폐기물계정과 달리 대기배출계정의 경우 공급표에 모든 정보가 전부 담겨진다.

대기배출계정(공급표)을 작성하기 위한 핵심 정보는 산업별(가계 포함) 일반대기오염물질 및 온실가스 배출량이다. 일반대기오염물질과 온실가스의 산업별 배출량에 관한 정보의 문제는 이미 NAMEA-air 편제와 관련해서 연구된 바 있다(환경부(2007b) 및 환경부(2009) 참조). 국내에서는 일반대기오염물질과 온실가스가 상이한 조직 및 체계에 의해 관리되고 있기 때문에, 대기배출계정 작성과 관련된 통계자료 검토를 위해서 일단 일반대기오염물질과 온실가스를 구분해서 접근하는 것이 편리하다.

일반대기오염물질 배출량에 관한 일반적인 수준의 정보는 국립환경과학원의 대기오염물질 배출량 사이트(<http://airemiss.nier.go.kr>)에 있다. 하지만 이 사이트에 공개된 정보만으로는 산업별 배출량을 산정하기 어렵다. 그러나 국내에는 유럽의 대기배출량 인벤토리인 CORINAIR(CORE INventory of AIR emissions)와 같은 인벤토리가 대기보전정책시스템(Clean Air Policy Support System; CAPSS)에 구축되어 있다. 국립환경과학원에서 운영하고 있는 CAPSS의 배출량 인벤토리에는 표준적인 배출원 분류(CORINAIR의 분류체계인 SNAP) 정보 외에 산업별 분류 정보도 포함되어 있다. 이러한 정보와 추가 데이터를 이용한 추정기법을 활용하면 CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, TSP, PM<sub>10</sub>, VOC, NH<sub>3</sub> 등 주요 대기오염물질에 대한 산업별(가계 포함) 배출량을 산정할 수 있다(이에 관한 상세한 내용은 환경부(2007b)의 제Ⅲ장 참조). 다

만, 도로이동오염원 배출량을 산업별(가계 포함)로 배분하는 기법에 대해서는 추가적인 연구 및 비교·분석이 필요하다.

온실가스의 경우 현재 온실가스종합정보센터(GIR)에서 배출량 정보를 총괄적으로 수집하고 있다. 온실가스종합정보센터는 국내 온실가스 배출량에 관한 상세한 정보를 정리해서 매년 보고서로 발간하고 있다(온실가스종합정보센터, 2013). 하지만 동 보고서에 수록된 정보만으로는 산업별 온실가스 배출량을 산정하는 것이 어렵다. 온실가스의 경우 CAPSS의 배출량 인벤토리에 상응하는 것이 CRF(Common Reporting Format)이다. CRF는 유엔기후변화협약 당사국들이 자국의 온실가스 배출량 정보를 사무국에 보고하는 양식으로, 온실가스 종류별로 세부 배출원에 따른 배출량 정보가 담겨있다. 일반 대기오염물질의 경우와 마찬가지로 온실가스의 경우에도 CRF의 배출량 정보와 추가 데이터를 이용한 추정기법을 활용하면 온실가스에 대한 산업별(가계 포함) 배출량을 산정할 수 있다. 다만, 온실가스의 경우에도 수송부문 배출량을 산업별(가계 포함)로 배분하는 기법에 대해서는 추가적인 연구 및 비교·분석이 필요하다.

이상에서 설명한 대기배출계정 관련 국내 통계 현황을 간략하게 정리한 것이 <표 4-8>이다.

<표 4-8> 대기배출계정 관련 국내 통계 현황

구분	자료구분	작성기관	특징/문제점	비고
일반 대기 오염 물질	대기오염물질 배출량 (공개)	국립환경 과학원	배출원 세부 정보 없음	
	CAPSS D/B (비공개)	국립환경 과학원	배출원 세부 정보 + 고정오염원 업종별 정보	비점오염원(특히 도로이동 오염원) 배출량에 대한 업종별 배분 작업 필요
온실 가스	국가온실가스 인벤토리보고서 (공개)	온실가스 종합정보센터	업종별 배출량 산정을 위한 정보 불충분	
	CRF (Common Reporting Format) (비공개)	온실가스 종합정보센터 (종합)	UNFCCC 제출 양식(배출 원별 배출량에 관한 가장 상세한 정보를 담고 있음)	수송부문 등의 배출량에 대한 업종별 배분 작업 필요

## 2. 수계배출

물 플로우계정과 달리 수계배출계정은 폐수나 하수가 아닌 수질오염물질(BOD, 부유물질, 중금속, 인, 질소 등)의 배출이 계정 작성 대상이다. 수질오염물질의 배출과 관련되는 국내 통계자료로는 공장폐수의 발생과 처리, 하수도통계, 축산폐수통계(현재 하수도통계로 통합), 전국오염원조사 등이 있다.

공장폐수의 발생과 처리에는 업종별 유기물질 부하량 정보가 수록되어 있다. 하수도통계에는 하수나 분뇨 발생량에 대한 정보는 있지만, 오염물질 배출과 관련된 정보는 수록되어 있지 않다. 한편 전국오염원조사는 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계 등을 포괄하는 가장 광범위한 오염조사이지만, 오염물질 배출 정보가 아닌 오염원에 대한 정보만이 공개되고 있다.

<표 4-9> 국내 수계배출 관련 통계 작성 현황

작성통계	작성기관	승인 번호	최초 작성연도	작성 주기	데이터 출처
공장폐수의 발생과 처리	환경부 (국립환경과학원)	10605	1981	연	보고서, 환경통계포털, KOSIS
하수도통계	환경부	10607	1975	연	보고서, 환경통계포털, KOSIS
전국오염원조사	환경부 (국립환경과학원)	-	2004	연	보고서

공장폐수의 발생과 처리에는 폐수처리 형태별 유기물질(BOD) 부하량에 대한 데이터가 제시되어 있어, 산업부문에서 하수처리산업으로 배출되거나 환경으로 배출되는 수계배출량을 파악할 수 있다.

폐수처리 형태별 현황 자료에 따르면, 폐수처리 형태는 크게 직접방류, 폐수종말유입, 하수종말유입, 전량재이용, 전량위탁처리, 전량폐수무방류배출시설, 전량증발처리로 분류되며, 이 중 직접방류, 폐수종말유입, 하수종말유

입은 추가로 네 가지의 유형(개별처리, 공동처리, 면제승인, 기타처리)으로 세분된다. 재이용, 위탁처리, 무방류배출시설, 증발처리의 경우 BOD 부하량이 0으로 기록되므로, 직접방류, 폐수종말유입, 하수종말유입의 세 가지 형태만이 편제 대상이 된다. 이 세 가지 형태 중에서 직접방류는 산업부문에서 환경으로의 배출로, 나머지 두 가지 형태(폐수종말유입과 하수종말유입)는 하수처리산업으로의 배출로 파악할 수 있다.

### 3. 폐기물

폐기물계정의 공급표는 폐기물 잔폐물과 폐기물 제품의 발생으로 구성되어 있고, 사용표는 폐기물 잔폐물의 수집·처분과 폐기물 제품의 사용으로 구성되어 있다. 다른 공급사용표와 마찬가지로 폐기물 공급사용표도 공급표와 사용표의 총량이 일치할 뿐만 아니라 각 행의 합계도 일치하도록 구성되어 있다.

폐기물계정과 관련되는 국내 통계자료는 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 지정폐기물 발생 및 처리현황, 전국폐기물통계조사, 폐기물다량발생사업장 폐기물감량현황, 폐기물 재활용실적 및 업체현황, 영농폐기물조사 등이 있다 (<표 4-10> 참조).

이 중 실제 국내에서 폐기물의 발생 및 처리 통계를 대표하는 것이 전국 폐기물 발생 및 처리현황과 지정폐기물 발생 및 처리현황이다. 전자는 생활 폐기물(사업장생활계폐기물 포함), 사업장배출시설계폐기물, 건설폐기물을 포괄하며, 후자는 사업장지정폐기물과 의료폐기물을 포괄한다.

전국 폐기물 발생 및 처리현황의 생활폐기물은 크게 종량제에 의한 혼합배출, 재활용가능자원 분리배출, 남은 음식물류 배출 등의 세 가지 항목으로 나뉜다. 사업장배출시설계폐기물은 가연성(폐지류, 폐목재류, 폐합성고분자화

합물, 유기성오니류, 동식물성 잔재물, 폐식용유, 기타)과 불연성(광재류, 연소재, 소각재, 분진류, 폐주물사 모래류, 폐금속류, 폐석회 석고류, 폐촉매, 폐흡착재 폐흡수재, 유리·도자기편류, 무기성오니류, 기타)으로 구분된다. 건설 폐기물은 불연성, 가연성, 가연성·불연성 혼합, 기타로 구분된다.

전국 폐기물 발생 및 처리현황의 폐기물 성상 분류방식은 유럽 폐기물 목록(EWC-stat)과 상당히 다르지만, 폐기물의 경우 아직 국제표준의 분류방식이 없으므로 폐기물계정 편제 시 당분간은 국내의 분류체계를 그대로 이용하는 것도 무방하다.

<표 4-10> 폐기물 통계 작성 현황

작성통계	작성기관	승인 번호	최초 작성 연도	작성 주기	공개 여부	데이터 출처
전국 폐기물 발생 및 처리현황	환경부 (한국환경공단)	10605	1981	연	○	보고서, KOSIS 환경통계포털
지정 폐기물 발생 및 처리현황	환경부 (한국환경공단)	10605	1981	연	○	보고서, KOSIS 환경통계포털
전국폐기물통계조사	환경부	10609	1996	5년	○	보고서, KOSIS 환경통계포털
폐기물다량발생사업장 폐기물감량현황	한국환경공단	39202	2003	연	○	보고서, KOSIS 환경통계포털
폐기물재활용실적 및 업체현황	한국환경공단	39204	2003	연	○	보고서, 환경통계포털
영농폐기물조사	한국환경공단	39205	2004	연	○	보고서, KOSIS 환경통계포털

#### 4. EW-MFA

EW-MFA는 1990년대 초반부터 환경경제통합계정(SEEA)과는 별개로 개발·적용되어 왔다. 특히 세계자원연구소(World Resources Institute; WRI)는 선진국 연구소들과의 공동 작업을 통해 주요 선진국에 대한 물질플로우계정을 비교·분석한 보고서인 『자원흐름』(1997) 및 『국부』(2000)를 발간하여 EW-MFA의 표준화에 크게 기여하였다. 이러한 표준화 작업은 유럽통계청(Eurostat)이 발간한 EW-MFA 매뉴얼(Eurostat, 2001)으로 이어졌으며, 이 매뉴얼은 지금까지도 EW-MFA 작성을 위한 표준적인 방법론으로 이용되고 있다.

EW-MFA 및 이와 연관된 자원생산성에 대한 관심은 OECD를 통해 확대된다. OECD는 2004년과 2008년 두 차례에 걸쳐 물질플로우 및 자원생산성에 관한 권고안을 채택함으로써 회원국들이 EW-MFA 및 관련 지표를 적극적으로 활용하도록 하였다.

국내에서도 환경계정 개발이나 물질흐름분석(Material Flow Analysis; MFA) 적용의 관점에서 EW-MFA에 대한 관심이 고조되었다. 이러한 맥락에서 환경부(2007a)는 국내 가용 통계자료를 이용해서 EW-MFA를 작성하고 물질플로우 관련 주요 지표들을 산정한 바 있다. 이 작업 과정에서 화석연료, 광물자원, 생물자원, 수출입 등 EW-MFA 작성에 필요한 항목의 국내 통계 현황은 기본적으로 검토되었다. <표 4-11>은 환경부(2007a)의 조사 내용에 최근의 통계자료 및 담당부처 변화 등을 반영하여 최신화한 것을 정리한 것이다.

&lt;표 4-11&gt; EW-MFA 관련 국내 통계 현황

구분		통계자료	작성기관	비고
화석 연료		에너지통계연보	산업통상자원부/ 에너지경제연구원	천연가스 국내 생산량 포함
광물 자원	광물	광산물 수급현황	산업통상자원부/ 한국지질자원연구원	
	골재	건설자재현황_연도별 골재채취 현황	국토교통부	국토교통통계누리 ( <a href="http://stat.molit.go.kr">http://stat.molit.go.kr</a> )
생물 자원	농림	농림축산식품주요통계	농림축산식품부	임산물 생산정보 포함
	수산	수산분야 통계연보	해양수산부	농림수산식품 통계연보에서 분리
수출입		무역통계	한국무역협회	
대기 배출	일반대기 오염물질	대기오염물질 배출량	환경부/ 국립환경과학원	
	온실가스	국가온실가스 인벤토리 보고서	온실가스종합정보센터	
수계 배출	산업	공장폐수의 발생과 처리	환경부/ 국립환경과학원	산업부문에 한정
	해양	폐기물해양배출현황	해양수산부	과거 국토해양부에서 담당
토양 배출	지정 외	전국 폐기물 발생 및 처리현황	환경부/ 한국환경공단	
	지정	지정폐기물 발생 및 처리현황	환경부/ 한국환경공단	
기타	비료/농약	농림축산식품주요통계	농림축산식품부	

## 제5장 환경자산계정

### 제1절 개요

#### 1. 환경자산계정의 필요성 및 목적

자산(assets), 특히 경제학에서의 자산은 ‘생산과정에 투입요소를 제공하는 가치의 저장소’ 정도로 정의되어 왔다. 그러나 최근 환경을 구성하는 요소에 내재되어 있는 가치에 대한 인식이 제고되면서, 또한 이러한 요소들이 사회전반 특히 경제계 기여정도에 대한 인식이 제고되면서, 환경자산(environmental assets)은 ‘물리적 및 화폐단위로 측정 가능한 투입요소의 기반’을 지칭하는 용어로 광범위하게 정의되고 있다(SEEA Central Framework, 2012).

환경자산계정의 필요성은 현재 경제활동으로 인한 환경자산 이용형태가 자원고갈 및 환경자산의 질 저하 측면에서 지속가능성을 담보하지 않는다는 우려로부터 제기되었다. 따라서 자원의 지속가능한 이용과 경제계에 지속적으로 투입요소를 제공할 수 있도록 환경자산의 용량(capacity)을 유지하는 것이 환경자산 관리의 주요 목표로 부상하였다.

환경자산계정의 중요한 기능은 국부(national wealth) 측정을 가능하게 하여 자원관리 정책결정자에게 기초정보를 제공하는 것이라 요약할 수 있다. 환경자산계정은 국민계정에서 환경의 고려가 완전치 못한 단점을 보완하고자 하는 취지로 출발하였다. 따라서 경제적 자산만을 자산으로 인정하는 국민계정의 지표는 국부의 척도나 지속가능성을 대표하는 정확한 지표라고 하기 어렵다. 이러한 맥락에서 환경자산계정은 의미있는 국부측정의 기반이다. 왜냐하면 환경경제통합계정에서는 경제적 자산뿐만 아니라 보다 광범위한 의미의 자산도 자산의 범주에 포함함으로써 경제와 환경간의 흐름을 파악하

고 상호간에 미치는 영향분석을 가능하게 하기 때문이다. 또한 환경자산계정은 지속가능발전을 지향하는 정책수립과 평가에 기초자료를 공급할 수 있다. 계정을 통해 현재 환경자산의 이용정도와 형태를 파악함으로써 지속가능발전 유지를 위한 미래의 자산 활용범위를 예측할 수 있다.

이러한 배경아래, 환경자산계정의 일차적 목적은 1) 환경자산의 양(quantity)과 가치(value)를 측정하고, 2) 일정기간 동안 환경자산의 양과 가치의 변화를 집계하여 설명하는 것으로 요약할 수 있다.

## 2. 환경자산의 정의와 범위

환경경제통합계정 중심체계의 환경자산은 ‘인간에게 편익을 제공하는 자연적으로 발생하는 지구의 생물적, 비생물적 구성요소’로 정의되며 여기에는 현재는 아닐지라도 인간에게 편익 제공이 가능한 생·물리학적 환경도 포함된다. 환경자산 정의에서 핵심단어는 ‘구성요소(components)’이다. 환경자산은 구성요소를 개별적, 독립적 개념으로 취급하며, 따라서 요소 간의 상호작용을 고려하지 않는다. 이는 계정 특성 상 당연하다고도 볼 수 있으나, 환경자산 특히 생태계의 유기적 복잡성을 고려할 때 작동차원에서는 쉽지 않은 문제이다.

따라서 환경자산의 범위 역시 환경을 구성하는 개별적, 독립적 구성요소, 특히 경제활동에 자원(resources)을 제공할 수 있는 요소에 중점을 둔다. 일반적으로 자원이라 함은 경제생산, 소비, 축적에 직접적으로 사용되기 위하여 수확(harvest), 채취(extraction), 또는 제거(removal)된 자원을 의미한다. 또한 자산의 범주에는 경제활동을 지원하기 위한 공간, 즉 토지 및 내륙수가 포함된다. 환경자산의 지리적 측정범위는 해당국가의 영토(국토, 도서, 경제적배타수역(EEZ) 등) 내 자산으로 한정된다.

### 3. 환경자산의 분류체계

환경경제통합계정 중심체계의 환경자산은 7개의 구성요소 즉, 광물 및 에너지 자원(mineral and energy resources), 토지(land), 토양자원(soil resources), 목재자원(timber resources), 수산자원(aquatic resources), 기타 생물자원(other biological resources), 수자원(water resources)으로 분류된다 (<표 5-1> 참조). 개별 환경자산에 대한 보다 자세한 정의 및 분류체계, 물적·화폐계정 구조는 3절 이후 다루기로 한다.

<표 5-1> 환경자산 분류체계

1 광물 및 에너지자원	
1.1	원유자원
1.2	천연가스자원
1.3	석탄 및 이탄자원
1.4	비금속 광물자원(석탄 및 이탄자원 제외)
1.5	금속 광물자원
2 토지	
3 토양자원	
4 목재자원	
4.1	경작 목재자원
4.2	자연 목재자원
5 수산자원	
5.1	양식 수산자원
5.2	자연 수산자원
6 기타 생물자원(목재자원 및 수산자원 제외)	
7 수자원	
7.1	지표수
7.2	지하수
7.3	토양수

자료: SEEA Central Framework(2012).

자연자원(natural resources)은 환경자산의 부분집합으로 이해하는 것이 적당하다. 자연자원은 목재와 수산자원을 포함한 자연생물자원과, 광물 및 에너지자원, 토양자원, 수자원을 포함하나, 모든 경작/육성(cultivated) 생물자원과 토지는 자연자원 범주에서 제외된다.

환경경제통합계정 중심체계의 환경자산은 대부분 경제활동에 원료공급, 즉 수산자원, 목재, 광물 등과 같이 원료공급의 역할을 담당한다는 측면에서 보면 개념적으로 어렵지 않으나, 토지는 예외적인 경우다. 환경경제통합계정에서 토지의 일차적 역할은 공간제공이다. 원료공급의 형태는 아닐지라도 경제활동을 위한 공간을 제공한다는 것은 토지가 주요 투입요소에 해당함을 의미한다. 환경경제통합계정의 토지는 육상뿐만 아니라 내륙수(강/하천/호수) 면적까지를 포함하는 개념이다.

생물자원(biological resources)은 목재자원, 수산자원과 함께 축산, 과수원, 작물, 야생동물 등을 포함하는 기타 동식물 자원을 포괄하는 개념이다. 생물자원 역시 대부분의 환경자산과 마찬가지로 경제활동에 투입요소를 제공한다는 측면에서 동일하다. 생물자원의 경우 주요 분류기준은 경작/자연 여부이다. 경작/자원의 판단기준은 관리행위의 개입정도인데 자원에 따라 다양한 기준이 제시될 수 있다.

#### 4. 환경자산과 경제적 자산

제2절과 제3절에서 환경경제통합계정 중심체계m이 환경자산의 정의, 범위, 분류체계에 대해 간략히 정리하였으나, 환경자산을 명확히 이해하기 위해서는 국민계정의 자산체계와 비교하는 것이 도움이 된다. 따라서 본 절에서는 국민계정 자산체계의 이해를 시작으로, 국민계정 자산과 환경경제통합계정 환경자산과의 상관관계를 중심으로 설명하고자 한다.

환경경제통합계정은 국민계정의 위성체계로서 발전되었기 때문에 자산체계가 독립적인 계정의 틀 속에서 기능을 수행할 수 있음은 물론, 동시에 국민계정 자산과 연계함으로써 환경경제통합계정과 국민계정 간의 상호관계를 규명할 수 있도록 작성되어야 한다. 또한 환경경제통합계정은 국민계정의 연장선상에 있으므로 국민계정의 자산체계에 대한 이해를 필요로 한다.

국민계정의 자산은 다음과 같이 정의된다.

(국민계정 자산은) 개별적 또는 집합적 제도단위에 의해 소유권을 강제할 수 있는 실체를 의미하며, 소유자가 일정기간 동안 실체를 소유 또는 사용함으로써 경제적 편익이 발생한다(entities over which ownership rights are enforced by institutional units, individually or collectively, and from which economic benefits may be derived by their owners by holding them, or using them over a period of time; 1993 SNA).

위의 정의에 의하면, 소유권의 명확한 성립과 자산소유로 인한 경제적 편익 산출여부가 국민계정 자산을 정의하는 기준임을 알 수 있다. 따라서 대기, 해양 및 너무 광대하여 소유권이 부여될 수 없는 생태계 또는 존재가 확인되지 아니한 자원(예: 가능성은 있으나 확인되지 않은 원유 매장량) 혹은 현재로서는 접근 불가능한 자원(예: 오지의 산림)은 국민계정 자산에서 제외된다. 또한 시점은 현재로 고정된다. 따라서 미래에 경제적 편익이 예상되더라도 현재 경제상황이나 기술여건 하에서 경제적 편익을 가져오지 못하면 국민계정 자산에서 제외된다.

환경경제통합계정 환경자산의 대비개념으로 위의 국민계정 자산 범주에 속하는 자산을 경제적 자산(economic assets)이라 한다. 유의할 점은 환경자산이 경제적 자산과 별도의 자산집합을 의미하는 것이 아니라는 것이다. 그 보다는 환경자산이 경제적 자산보다 자산의 범위가 더 포괄적이라는 의미로 이해하는 것이 보다 적절하다. 예를 들면 소유권이 부여된 환경자산(예: 광

물, 입목, 수산자원과 같은 자연자원)은 소유주에게 경제적 편익을 가져온다는 조건이 성립되면 환경자산임은 물론 동시에 경제적 자산으로 분류된다. 국민계정은 경제적 자산을 다시 생산자산(produced asset)과 비생산자산(non-produced assets)으로 구분한다.

한편 환경경제통합계정에서 환경(environment)은 다음과 같이 정의된다.

인류가 전적으로 모든 인간 활동을 의존하고 있는 자연적으로 발생된 물리적 주위 상태(the naturally produced physical surroundings on which humanity is entirely dependent in all its activities; SEEA 2003)

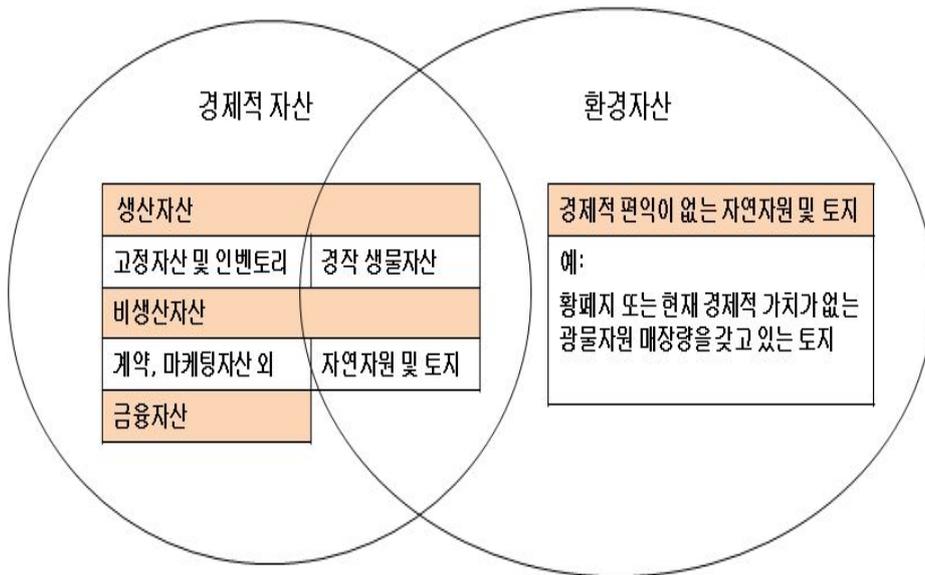
따라서 국민계정과는 달리 환경경제통합계정의 환경은 인간의 경제활동에 국한되는 것이 아니라, 그 영역을 모든 인간 활동으로 확대한다. 자산의 정의에 있어 국민계정과 환경경제통합계정의 근본적인 차이는 그 분류기준에 있다. 국민계정의 자산은 인간에게 경제적 편익 제공여부에 의해 결정되나, 환경경제통합계정의 자산은 환경의 기능 측면과 연계된다.

환경경제통합계정은 환경이 제공하는 기능을 자원기능(resource function), 흡수기능(sink function), 서비스 기능(service function)으로 분류하고 있다(SEEA 2003). 자원기능은 인간이 필요로 하는 상품과 서비스를 생산하는 데 생산요소로 투입되는 물자공급의 기능을, 흡수기능은 인간의 생산과 소비활동에서 부수적으로 생산되는 폐기물을 흡수하는 기능을, 서비스 기능은 인류뿐만 아니라 살아있는 모든 생물의 생존과 삶의 질 향상을 위해 필요한 다양한 기능을 의미한다. 환경의 자원기능과 흡수기능은 개념이 상대적으로 명확한데 비하여 서비스 기능의 개념은 상당히 포괄적이다. 환경의 서비스 기능은 인류생존에 필수적인 식수나 깨끗한 공기의 제공뿐만 아니라, 휴식처나 경관미의 제공과 같은 인간의 후생증진에 관련한 기능까지 포함한다.

대부분의 환경자산은 경제적 자산이기도 하다. 자연자원과 토지는 비생산 자산(non-produced assets), 경작 생물자원은 생산과정의 역할에 따라 고정 자산 또는 인벤토리에 해당한다. (그림 5-1)은 환경경제통합계정의 환경자산과 국민계정의 경제적 자산 간의 상관관계를 보여주고 있다.

(그림 5-1)에서와 같이 물리적 측면에서 환경경제통합계정의 환경자산의 범위는 국민계정 경제적 자산 내, 따라서 화폐화가 가능한 환경자산의 범위보다 넓다. 이는 환경경제통합계정의 환경자산이 경제주체에게 반드시 경제적 편익을 제공해야 하는 것은 아니기 때문이다. 예를 들어 현재 경제적 편익이 발생하지 않거나 또는 미래에 경제적 편익 발생을 예상할 수 없다 할지라도 환경경제통합계정의 환경자산에 포함될 수 있다. 현재 경제적 가치가 없는 광물자원 매장량을 갖고 있는 토지가 여기에 해당한다.

(그림 5-1) 환경자산과 경제적 자산



자료: SEEA Central Framework(2012).

## 제2절 환경자산계정 구조

### 1. 물적계정의 구조와 작성원칙

개별자산의 물적계정은 그 특성에 따라 차별화된 측정단위를 사용하기 때문에 일반적으로 자산 간 합계는 큰 의미가 없으며 가능하지도 않다. 따라서 환경자산 물적계정은 계정작성의 기본 틀을 활용하되, 개별자산 특성에 기반하여 작성하는 것이 통상적이다. 계정작성의 기본 틀은 정해진 일정기간 동안 기초스톡(opening stock)과 기말스톡(closing stock)을 측정하고, 기초스톡과 기말스톡 사이의 변화는 스톡증가(addition to stock)와 스톡감소(reduction in the stock)로 집계된다. 물적계정의 기본구조는 <표 5-2>와 같다.

스톡증가 세부항목에는 성장(growth in stock), 신발견(discoveries of new stock), 상향평가(upward reappraisals), 재분류(reclassifications)가 포함되고, 스톡감소는 채취(extraction), 정상적 감소(normal reductions in stock), 재해적 감소(catastrophic losses), 하향평가(downward reappraisals), 재분류(reclassifications)로 구분된다.

성장은 계정기간 동안 자산의 성장에 의한 스톡증가분을 의미하며, 생물자원의 경우 성장은 경작에 의한 것일 수도 있고 또는 자연적 성장에 의한 것일 수도 있다. 신발견은 개발 또는 발굴작업을 통한 새로운 발견으로 인한 스톡증가분에 해당한다. 상향평가는 업데이트된 정보(기술진보, 경제적 타당성, 자원 질 변화 등)를 활용한 재평가에 따른 스톡의 증가분을 의미한다. 재분류는 주로 환경자산이 원래의 용도가 아닌 다른 용도로 사용될 경우 발생한다. 예를 들어 현재 경작지로 사용되고 있는 토지에 조림을 하여 산지로 전환하는, 따라서 산지면적 증가로 이어지는 경우가 재분류에 해당한다고 볼 수 있다. 유의할 점은 재분류에 의한 증가는 대부분 분류체계 간의 이동을

의미하기 때문에 증가분과 감소분이 서로 상쇄된다는 점이다.

<표 5-2> 환경자산 물적계정의 기본 구조

구분	내용
기초스톡	
스톡증가	
-성장	계정기간 동안 성장에 의한 스톡의 증가분; 생물자원의 경우 성장은 경작에 의한 것일 수도 있고 또는 자연적 성장에 의한 것일 수도 있음
-신발견	개발 또는 발굴작업을 통한 새로운 발견으로 인한 스톡의 증가분
-상향평가	업데이트된 정보(기술진보, 경제적 타당성, 자원 질 변화 등)로 인한 재평가에 기반 한 스톡량의 증가분
-재분류	주로 환경자산이 원래의 용도가 아닌 다른 용도로 사용될 경우 발생하는 스톡 증가분
스톡감소	
-채취	생산과정을 통한 물리적 수확, 채굴 등으로 인한 스톡의 감소분
-정상적 감소	계정기간 동안 예상가능한 스톡의 감소분; 생물자원의 경우 자연사(natural deaths) 등이 해당함
-재해적 감소	예외적인 사건 또는 재해로 인한 예상하지 못한 스톡의 감소분; 일반적으로 대량의 스톡감소를 가져옴; 지진, 화산활동, 태풍과 같은 자연재해와 전쟁과 같은 정치사회적 사건, 환경사고 등을 포함함
-하향평가	업데이트된 정보(기술진보, 경제적 타당성, 자원 질 변화 등)로 인한 재평가에 기반 한 스톡량의 감소분
-재분류	주로 환경자산이 원래의 용도가 아닌 다른 용도로 사용될 경우 발생하는 스톡 감소분
기말스톡	

자료: SEEA Central Framework(2012).

채취는 생산과정을 통한 물리적 수확, 채굴 등으로 인한 스톡의 감소분을 의미하며, 스톡감소의 대부분을 차지한다. 정상적 감소는 계정기간 동안 예

상가능한 스톡의 감소분을 의미하며, 생물자원의 경우 자연사(natural deaths) 등이 이 범주에 해당한다. 재해적 감소는 예외적인 사건 또는 재해로 인한 예상하지 못한 스톡의 감소분을 의미하며 일반적으로 대량의 스톡 감소를 가져온다. 지진, 화산활동, 태풍과 같은 자연재해와 전쟁과 같은 정치·사회적 사건, 환경사고 등이 포함된다. 하향평가는 상향평가와 반대로 업데이트된 정보를 활용한 재평가에 따른 스톡의 감소분을 의미한다.

한편 개별 환경자산에 대하여 <표 5-2>와 같은 물적계정 기본구조의 적용 가능성을 정리하면 <표 5-3>과 같다.

<표 5-3> 환경자산별 물적계정 적용 가능성

	광물/ 에너지	토지	토양	목재		수산		수자원
				경작	자연	양식	자연	
기초스톡	y	y	y	y	y	y	y	y
스톡증가								
성장	na	y*	토양형성	성장량	자연성장	성장량	자연성장	빗물유입
신발견	y	na	na	na	na	y*	y*	y*
상향평가	y	y	y*	y*	y*	y*	y	y*
재분류	y	y	y	y	y	y	y	y
증가합계								
스톡감소								
채취	채취	na	토양채취	벌채	벌채	수확	총어획량	추출
정상적 감소	na	na	침식	자연감소	자연감소	자연감소	자연감소	증산/증발
재해적 감소	y*	y*	y*	y	y	y	y	y*
하향평가	y	y	y*	y*	y*	y*	y	y*
재분류	y	y	y	y	y	y	y	na
감소합계								
기말스톡	y	y	y	y	y	y	y	y

주) y : 집계가능.

y\*: 집계가능하나 해당범주의 영향이 크지 않음.

na: 해당 없음.

자료: SEEA Central Framework(2012).

## 2. 화폐계정의 구조와 작성원칙

물적계정의 단점은 자산의 측정단위가 자산별로 고유특성에 따라 다르다는 점이다. 예를 들어 산지의 집계단위는 면적(ha), 목재자원의 집계단위는 체적(m<sup>3</sup>), 수산자원의 경우 무게(ton)를 이용한다. 측정단위의 불일치는 자산 간의 통합과 비교를 어렵게 한다. 이러한 물적계정의 단점을 보완해주는 것이 화폐계정이다. 화폐계정은 물적계정에 화폐가치를 부여하여 측정단위를 통일함으로써 자산 간의 비교를 용이하게 한다는 장점이 있다.

그러나 화폐계정은 경우에 따라서 자원고갈에 대한 물리적 측정을 어렵게 한다는 단점이 있다. 예를 들어 자원의 고갈에 대한 화폐가치 평가는 자원의 잔존량과 시장가격에 의존하는데 자원의 시장가격은 잔존량에 관계없이 외부적 요인에 의해 변화가 가능하다. 따라서 자원의 물리적 이용은 증가했지만 자원의 시장가격이 전년도에 비해 급격히 낮아진 경우, 자원고갈의 비용은 자원채취 증가에도 불구하고 감소한 것으로 계산될 수 있다. 이와같은 화폐계정의 단점을 보완해주는 것이 물적계정이다.

결론적으로 물적계정과 화폐계정은 모두 장단점을 가지며 환경자산 이용 현황에 대한 정확한 분석을 위해서는 물적계정과 화폐계정을 병행하여 실시하여야 한다. 그러나 물적계정이 화폐계정에 선행되어야 한다는 사실은 주지할 필요가 있다.

화폐계정은 물적계정 세부항목과 일대일 대응관계에 기반한다. 즉, 화폐계정은 물적계정을 구성하는 각 요소의 화폐화를 원칙으로 한다는 것이다. 따라서 화폐계정의 기본구조 역시 물적계정의 기본구조에 따라 설계된다 (<표 5-4> 참조). 기본구조 상의 유일한 차이점은 스톡의 재평가(revaluation) 항목이며, 이는 가격변화에 따른 자산가치의 변화를 반영하기 위함이다.

〈표 5-4〉 SEEA 중심체계 환경자산 화폐계정 기본 구조

기초스톡
스톡증가
- 성장
- 신발견
- 상향평가
- 재분류
- 증가합계
스톡감소
- 채취
- 정상적 감소
- 재해적 감소
- 하향평가
- 재분류
- 감소합계
스톡의 재평가
기말스톡

자료: SEEA Central Framework(2012).

한편 화폐계정의 기본구조는 자산에 구분 없이 적용가능하나, 화폐화 방법론은 자산유형 및 특성에 따라 차별화되기도 하고, 방법론 적용을 위해 요구되는 자료의 가용성에 따라 제한되기도 한다. 화폐계정의 기본원칙은 1) 시장가격의 활용, 2) 환경자산의 'in situ' 가치추정으로 요약할 수 있다.

국가 간의 차이는 있으나, 일반적으로 경제적 자산의 하위분류인 생산자산과 토지의 경우 시장가격이 존재한다. 여기서 시장가격이라 함은 원칙적으로 동질성이 보장되는 자산을 대상으로, 일정량의 거래량이 존재하여야 하고, 가격정보가 정기적으로 집계되어야 한다는 조건을 만족하여야 한다.

그러나 시장가격은 자산가치 형성에 관련된 모든 요소를 반영하고 있지 못하다. 예를 들어 시장에서의 중고차 가격은 소유자 본인이 자동차를 소유

함으로써 얻고 있는 실제 효용가치 보다 낮게 책정되는 것이 일반적이다. 또한 소유자가 생각하는 자동차의 가치는 자동차 운행으로 인한 대기오염의 사회적 비용(외부비용)은 포함하고 있지 않다. 따라서 시장가격은 화폐를 매개로 자산 간의 비교를 가능하게 하지만 개인적, 사회적 관점의 자산가치를 완전히 반영하고 있지 않다.

환경자산 가치추정의 또 다른 원칙으로 'in situ' 가치의 측정을 들 수 있다. 이는 환경자산의 채취 또는 수확 이전, 즉 원래 상태의 자산 가치추정에 중점을 둔다는 의미이다.

시장이 존재하지 않는 자산의 경우, 화폐가치화의 대안(alternative) 중의 하나는 자산의 자원지대(resource rent)를 산출한 후, 이로부터 자산을 소유하거나 이용함으로써 미래에 기대되는 편익흐름의 할인된 현재가의 합으로 정의되는 순현재가(Net Present Value; NPV)를 추정하여 시장가격에 대체하는 것이다. 이론적으로 자산의 시장균형가격은 자산의 순현재가로 결정되므로 추정된 자산의 순현재가는 시장가격을 반영한다고 볼 수 있다.

순현재가와 더불어 시장가격을 대체할 수 있는 또 하나의 대안은 해당자산을 생산한다는 가정 하에 소요되는 생산비용을 자산가치로 대체하는 것이다. 이를 대체(생산)비용(written down replacement cost) 방법이라 하며, 자산가치의 하한값(lower bound)으로 해석할 수 있다.

SEEA 2003과 SEEA 2012의 중심체계를 중심으로 자원지대 순현재가 추정을 위해 필요한 정보와 자원지대 추정기법을 간단히 정리하면 (그림 5-2)와 같다.

## (그림 5-2) 자산의 화폐가치화 기법요약

자원지대 순현재가(NPV) 추정을 위해 필요한 정보:

자원지대(resource rent)  
 자산의 총량(stock of the resource)  
 자산의 수명(life-length) 또는 자산의 채취율(rate of resource extraction)  
 미래수익에 대한 할인율(discount rate for future income)

자원지대(resource rent) 추정기법과 요구정보:

1. 전유금법(appropriation method)  
 이용권 실제거래실적
2. 영구재고에 기초한 방법(perpetual inventory method: PIM)  
 가격하락으로부터 추정된 생산자본의 양  
 순운영잉여  
 생산자본에 대한 수익률
3. 자본서비스에 기초한 방법(capital service based method)  
 효율감소로부터 추정된 생산자본의 량  
 총운영잉여  
 생산자본에 의해 제공되는 자본 서비스

자료: SEEA 2003 및 SEEA Central Framework(2012)에서 재구성.

대부분의 나라에서는 정부가 자연자원의 이용권을 허가하는 대신 수수료, 세금, 로열티 등을 징수하고 있으며, 이들 이용료는 자원지대의 최대값을 초과할 수 없다. 전유금법은 징수금액에 대한 자료를 기반으로 자원지대를 추정하는 기법이다. 영구재고법은 자산가치의 변화에, 자본서비스 기법은 자산이 제공하는 서비스의 변화에 기초하여 자원지대를 추정하는 기법이다. 자원지대 추정을 위한 각 기법 관련용어를 정리하면 (그림 5-3)과 같다.

### (그림 5-3) 자원이대 추정기법 관련용어 정리

---

#### 자원이대 추정기법 관련용어 정리

- 실거래액(appropriation): 자산의 소유자에게 지대의 형태로 직접 지불된 지불액
- 자본서비스(capital service): 계정기간 동안 자본에 의해 제공되는 서비스 (단위: 물리적 체적)
- 자본서비스법(capital service method): 계정기간 동안 각 자본그룹에 의해 제공되는 서비스를 총합하여 총자본 서비스의 양을 추정하는 방법
- 고정자본소비(consumption of fixed capital): 계정기간 동안 생산과정을 통해 발생하는 자산가치의 하락
- 할인율(discount rate): 미래소득을 현재가치화 하기 위해 적용되는 연간 이자율
- 경제적 지대(economic rent): 생산요소로 투입된 자산에 의해 발생하는 미래 소득
- 총운영잉여(gross operating surplus): 개념적으로 이용된 모든 자산의 경제적 지대의 총합; 총 생산물 가치 - 총 생산비용 (세금과 근로자 복지지출 포함)
- 자산의 수명(life length): 자산의 이용가능 예측 기간; 자연자원의 경우 자원총량을 연평균 채취율로 나눈 값
- 순운영잉여(net operating surplus): 총운영잉여 - 고정자본소비
- 영구재고법(perpetual inventory method: PIM): 자산의 총량을 추정하는 하나의 기법으로서 자산의 획득(acquisitions)과 폐기(disposals), 그리고 생산활동에 의한 자산 가치하락(decline in value)을 감안하여 계산됨
- 회수율(rate of return): 자산의 수익성(profitability) 정도; 일반적으로 운영잉여를 총자산량으로 나눈 값으로 계산 됨
- 자원이대(resource rent): 자연자원의 경제적 지대
- 자산총량(stock of an asset): 이용가능한 자원의 총량

---

자료: SEEA 2003 및 SEEA Central Framework(2012)에서 재구성.

### 제3절 광물 및 에너지자원

#### 1. 정의 및 분류체계

광물 및 에너지자원은 원유, 천연가스, 석탄과 이탄, 비금속 광물, 금속광물자원의 추정광량(known deposits)으로 정의되며, 범위설정에는 2009 유엔 화석에너지 및 광물자원분류체계(UN Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009; UNFC-2009)<sup>12)</sup>를 활용한다. UNFC-2009는 경제적·사회적 실행가능성(E), 현지 사업현황 및 실현가능성(F), 지질학적 지식(G)을 기준으로 하여 광물 및 에너지자원의 채굴 또는 탐사사업을 평가하고 있으며, 평가결과에 따라 해당자원을 등급A, 등급B, 등급C로 구분하고 판단근거가 되는 세부기준을 제시하고 있다(<표 5-5> 참조).

UNFC-2009에 의하면 경제적 타당성이 담보 또는 예상되지 않거나, 제한적인 정보로 인하여 채굴 개발사업의 타당성을 확인할 수 없거나, 현재 지질학적 지식수준 및 정보로는 신뢰성을 확보할 수 없는 광량은 추정광량에서 제외되며, 따라서 SEEA 자산범주에서 제외된다. 그러나 UNFC-2009의 추정광량의 범위는 SNA 체계하의 추정광량 보다 광범위하다. SNA 추정광량은 현재 기술수준과 주어진 가격에서 상업적으로 채굴 가능한 광량(등급 A에 해당)으로 범위가 한정된다.

12) The UNFC-2009(UNECE, 2009).

<표 5-5> 광물 및 에너지자원 분류체계

		UNFC-2009 사업평가 기준		
		E	F	G
		경제·사회적 실행가능성	현지 사업현황 및 실행타당성	지질학적 지식
추정광량 (SEEA)	등급A: 상업적 채굴가능	E1. 채굴과 판매 확정으로 경제적으로 가능	F1. 개발사업 또는 광산운영이 확정되 어 실현가능	추정광량에 대한 양(quantity)을 높 은(G1), 중간(G2), 낮은(G3) 수준의 신뢰성을 가지고 추정
	등급B: 잠재적·상업적 채굴가능	E2. 근시일 내 채굴 과 판매가 예정되 어 경제적으로 가 능	F2.1 근시일 내 개 발 정당화를 목표 로 사업활동 진행 중 F2.2 개발을 위한 사업활동이 중단되 었거나, 또는 상업 화 타당성이 확보 되지 않아 상당기 간 지연됨	
	등급C: 비상업적/기타 추정광량	E3. 근시일 내 채굴 과 판매가 예정되 어 있지 않거나 또 는 사업평가의 수 준이 경제적 가능 성을 결정하기에는 초기단계임	F2.2 또는 F2.3 잠재성 한계로 현재로서는 개발계 획이 없거나 추가 정보가 확보되지 않음 또는 F4. 개발사업이 없 거나 광산운영이 확인되지 않음	
잠재광량 (SEEA 범위에서 제외)	탐사사업/추 가적인 양의 증가	E3.	F3. 기술적 정보 제 한으로 개발사업 또는 광산운영 평 가에 의한 채굴 가 능성을 평가할 수 없음 또는 F4.	G4. 추정광량에 대 한 양(quantity)을 예비·간접적인 증 거에 기반한 분석 에 의해 추정

자료: SEEA Central Framework(2012); UNFC-2009(UNECE, 2009).

## 2. 물적·화폐계정

물적계정은 자원유형(원유, 천연가스, 석탄과 이탄, 비금속 광물, 금속광물 자원)에 따라 개별적으로 작성하는 것을 원칙으로 하며, 모든 자원유형을 통합(aggregation)하여 보고하는 것은 바람직하지 않다. 이는 자원유형에 따라 고유한 특성을 지니고 있고 집계단위가 상이하기 때문인데, 개별 자원유형별로 집계단위를 선정하고, 동일한 단위를 일관성 있게 사용하여 통일성을 유지하는 것이 중요하다. 또한 개별 자원유형별로 등급범주(등급A, 등급B, 등급C)를 구분하는 것도 중요하다.

<표 5-6> 광물 및 에너지자원(등급A)의 물적계정 작성 예시

	자원유형(등급A: 상업적 채굴가능)				
	원유	천연가스	석탄/이탄	비금속광물	금속광물
	배럴	m3	톤	톤	톤
기초스톡	800	1,200	600	150	60
스톡증가					
발견					20
상향감정평가		200		40	
재분류					
스톡증가 소계		200		40	20
스톡감소					
채굴	40	50	60	10	4
재해적 감소					
하향감정평가			60		
재분류					
스톡감소 소계	40	50	120	10	4
기말스톡	760	1,350	480	180	76

자료: SEEA Central Framework(2012).

따라서 물적계정은 자원유형별, 등급범주별로 차별화된 집계단위를 사용하여 <표 5-2>에서 제시한 물적계정의 기본 틀을 활용하여 작성한다. 또한 물적계정 작성 시 화폐화가 가능한 항목을 확인하고 구분하여 화폐계정과 연계할 수 있도록 준비하는 것이 바람직하다. 등급A를 기준으로 한 광물 및 에너지자원의 물적계정 작성예시는 <표 5-6>과 같다.

화폐계정은 물적계정의 스톡량 정보에 의존하며, 따라서 계정구조도 물적계정과 유사하다. 물적계정과의 차이점은 재평가(revaluations)가 추가되었다는 점인데, 이는 계정기간 동안의 상대가격 변화, 순현재가 산정관련 가정(assumptions) 변화를 반영하기 위함이다. 한편 물적계정의 경우 추정광량의 측정은 등급A, 등급B, 등급C를 대상으로 모두 작성 가능하나, 화폐계정의 경우에는 예상채굴량과 소득 등과 같은 주요 변수에 내재한 불확실성으로 인하여, 등급B, 등급C에 대해서는 신뢰성 있는 자원지대(resource rents)를 산출하기 어렵다. 따라서 화폐계정은 자원유형별 등급A에 대해서만 작성하는 것을 SEEA 중심체계는 권고하고 있다. 등급B와 등급C에 대해 화폐계정을 작성한다면, 주요 파라미터에 대한 자료와 한계를 명확히 명시하여 혼란이 없도록 하는 것이 필요하다. 등급A를 기준으로 광물 및 에너지자원의 화폐계정 작성 예시는 <표 5-7>과 같다.

광물 및 에너지자원은 'in situ' 상태에서의 거래행위가 극히 적게 관찰되기 때문에 가치를 직접 시장으로부터 얻기 어려운 경우가 대부분이고, 자원지대의 순현재가(NPV)를 통해 구하는 것이 일반적이다. 이러한 경우 단위자원지대, 자원스톡량, 자원이용량, 할인율 등의 정보가 필요하다. 광물 및 에너지자원의 자원지대 순현재가는 다음과 같은 과정을 거쳐 산출된다.

&lt;표 5-7&gt; 광물 및 에너지자원(등급A)의 화폐계정 작성 예시

	자원유형(등급A: 상업적 채굴가능)				
	원유	천연가스	석탄/이탄	비금속광물	금속광물
	단위: 화폐(currency)				
기초스톡	24,463	19,059	41,366	1,668	6,893
스톡증가					
발견					1,667
상향감정평가		3,100		391	
재분류					
스톡증가 소계		3,100		391	1,667
스톡감소					
채굴	1,234	775	4,467	98	333
재해적 감소					
하향감정평가			4,467		
재분류					
스톡감소 소계	1,234	775	8,934	98	333
재평가	412	-972	5,945	-442	-4,287
기말스톡	23,641	20,412	38,377	1,519	3,940

자료: SEEA Central Framework(2012).

자원지대가  $RR$  로 일정하고, 자원을 모두 채굴하는데  $n$  년이 소요된다면 해당 자원의 가치는 다음과 같다.

$$RV = RR \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+r)^k} = RR \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right]$$

여기서 자원스톡량이  $S$  이고 연간채취량이  $E$  로 예상된다면  $n = S/E$  로 계산된다. 또한 단위자원지대(unit resource rent)는  $rr = RR/E$  와 같이 계산될 수 있고, 자원가치는 최종적으로 다음과 같이 계산된다.

$$RV = rrE \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right] = rrE \left[ \frac{(1+r)^{(S/E)} - 1}{r(1+r)^{(S/E)}} \right]$$

- 자원스톡량(  $S$  ) : 자원스톡량은 앞서 기술한 바와 같이 경제적·사회

적 실행가능성, 현지 사업현황 및 실현가능성, 지질학적 지식 측면의 확실성을 기준으로 등급A, 등급B, 등급C로 구분된다. 이슈는 추정광량의 어느 범위까지를 자원스톡량으로 포함할 것인가를 결정하는 일이며, 이는 계정작성 주체가 자국의 상황을 고려하여 결정하여야 한다.

- 단위자원지대(  $rr$  ) : 단위자원지대는 가격-채굴비용으로서 이 수치는 매년 변할 수 있다. 계정작성 시 동일한 값이 매년 유지된다고 가정하는 것이 일반적인데, 가장 최근의 실제 단위지대를 사용할 것인지, 과거의 평균치를 사용할 것인지, 미래의 예측치를 사용할 것인지 등을 검토하여야 한다.

- 채굴량(  $E$  ) : 단위지대와 마찬가지로 채굴량에 대한 예측도 필요한데, 이 값 역시 원칙적으로 가변적이며 특히 자원스톡량이 줄어들면서 채굴량도 줄어들 수 있다. 미래의 채굴량에 대한 근거 있는 예측치가 있을 경우 이를 사용할 수 있으나, 그렇지 못할 경우 현재의 채굴량이 일정하게 자원고갈 시까지 유지된다고 가정할 수 있다.

- 자원이용기간(  $n$  ) : 자원의 새로운 발견이나 재평가가 없다면  $n=S/E$  와 같이 계산되어야 한다. 그러나 만약 새로운 발견과 재평가로 인해 증가한 스톡량이  $D$  라면 이로 인해  $D/E$  만큼 자원이용기간이 증가하게 된다. 따라서 기말에서 평가된 이용기간  $n_t$  는 기초에서 평가된 이용기간  $n_{t-1}$  과 다음과 같은 관계를 가진다.

$$n_t = n_{t-1} + D/E$$

새로운 발견량  $D$  에 대한 예측 역시 근거자료를 이용할 수 있으나, 이 경우 스톡량  $S$  의 포함범위(등급A, 등급B, 등급C)와  $D$  의 포함범위가 동일하여야 한다. 만약 자원의 발견으로 인해 자원이용기간이  $n$  에서  $n+t$  로 증가한다면, 증가한 자원가치는  $n+1$  년에서  $n+t$  년 사이의 채굴로 인해 늘어나는 순현재가(NPV)이며, 이는 새로운 발견량의 가치가 된다.

## 제4절 토지

### 1. 정의 및 분류체계

토지는 국민계정에서뿐만 아니라 환경자산계정에서도 중요하다. 계정작성 관련, 토지는 주로 토지이용(land use)과 토지피복(land cover) 관점에서 범위를 설정한다. 토지이용은 인간활동이나 경제적 이유로 인한 토지의 기능적 분류에 해당하며, 토지피복은 지구 지표면의 물리적 특성과 생태계간의 연관성을 반영한 개념이라 할 수 있다.

일반적으로 토지는 육지면적을 말하지만, 환경경제통합계정의 토지범위는 육지뿐만 아니라 수면적을 포함하는 개념으로 확대된다. 경우에 따라서 강, 호수와 같은 내륙수 면적을 포함 할 수도 있고, 연안으로부터 일정거리의 수역 또는 경제적배타수역(EEZ)까지도 포함할 수 있다.

토지는 분석관점에 따라 다양하게 구분될 수 있다. 예를 들어 경제적 관점에서 토지는 주로 행정구역과 소유권에 기반한 분류체계가 유용하고, 환경적 측면에서는 지형·지질, 고도, 토지구획(land zoning)에 기반한 분류체계가 유용하다. 전자는 주로 토지이용과 관련되고, 후자는 토지피복과 관련된다. 그러나 토지이용과 토지피복은 독립적이라기보다는 서로 영향을 주고받는 관계에 있으므로 상호연관성 선상에서 이해되어야 한다.

먼저 토지이용은 경제적 생산활동 또는 환경기능의 유지 및 복원을 목적으로 취해진 활동과 제도적 장치를 반영할 수 있어야 한다. 실제로 ‘사용된’의 의미는 일정정도의 인간간섭과 관리를 포함한다고 볼 수 있다. 그러나 이것이 역으로 ‘사용되고 있지 않은’ 토지를 토지이용 분류에서 제외한다는 의미는 아니다. 왜냐하면 현재 경제적 측면에서 사용되고 있지 않다 하더라도 환경적 측면에서, 예를 들어 생물다양성/생태계를 지원하는 역할을 담당하는 토지가 존재하기 때문이다. 따라서 토지이용 분류에서는 ‘사용된’과 ‘사용되고

있지 않은' 토지를 포괄하는 것이 요구된다. 환경경제통합계정에서 권고하고 있는 토지이용 분류체계는 <표 5-8>과 같다.

<표 5-8> 토지이용(land use) 분류체계

구분	세부구분
1. 토지	1.1 농지
	1.2 산지
	1.3 수산양식을 위해 사용된 토지
	1.4 건물과 구조물 토지와 관련 토지
	1.5 환경적 유지 및 복원을 위해 사용된 토지
	1.6 기타 용도의 토지
	1.7 사용하고 있지 않은 토지
2. 내륙수	2.1 수산양식을 위해 사용되고 있는 내륙수
	2.2 환경적 유지 및 복원을 위해 사용된 내륙수
	2.3 기타 용도의 내륙수
	2.4 사용하고 있지 않은 내륙수

자료: SEEA Central Framework(2012).

토지피복은 관찰된 물리적/생물학적 지구표면을 의미하며 자연식생과 비생물적 표면(abiotic surface)을 포함한다. SEEA 중심체계는 토지피복 분류체계로서 유엔식량농업기구(UN Food and Agriculture Organization; FAO)가 개발한 토지피복분류체계버전3(Land Cover Classification System version 3; LCCS3)(FAO, 2009a)의 사용을 권고하고 있다. 현재 토지피복은 환경의 자연적 변화와 과거/현재 토지이용의 함수이며, 따라서 분류체계 내 개별 항목에 대한 명확한 기술적 측면의 범위설정이 전제가 되어야 한다. LCCS3은 이러한 측면에서 국제표준비교를 위한 분류체계를 제시하고 있다고 볼 수 있다.

<표 5-9>에서 제시한 LCCS3의 14개의 토지피복 분류체계는 상호 독립

적이며, 상호 배타적이며, 공간적 스케일, 예를 들어 지방, 국가, 지역, 글로벌 차원에 구분없이 적용가능하다. 또한 LCCS3는 분류체계를 구분함에 있어 ‘대상물(basic object),’ ‘특성(property),’ ‘성격 (characteristics)’ 측면<sup>13)</sup>에서 구체적인 세부기준을 제시하여 실질적인 적용을 지원하고 있다.

<표 5-9> 토지피복(land cover) 분류체계

구분
1. 인공표면(도시 및 관련 지역)(Artificial surfaces)
2. 초본작물(Herbaceous crops)
3. 목본작물(Woody crops)
4. 다수의 또는 층층작물(Multiple or layered crops)
5. 초지(Grassland)
6. 산지(Tree covered area)
7. 맹그로브(Mangroves)
8. 관목지(Shrub covered areas)
9. 관목 그리고/또는 초본작물, 수생 또는 정기적 범람 토지 (Shrubs and/or herbaceous vegetation, aquatic or regularly flooded)
10. 성긴 자연식생지(Sparse natural vegetation areas)
11. 육지 황무지(Terrestrial barren land)
12. 영구 눈 및 빙하(Permanent snow and glaciers)
13. 내륙수 수체(Inland water bodies)
14. 연안수체 및 조수간만지(coastal water and inter-tidal areas)

자료: SEEA Central Framework(2012); FAO(2009a).

13) 대상물의 예시로는 나무, 빌딩, 특성의 예시로는 높이, 직경, 성격의 예시로는 자연/경작 여부 등을 들 수 있다.

## 2. 물적·화폐계정

토지 물적계정의 일차적인 목표는 계정기간 동안의 토지면적 변화를 기록하는 것이다. 토지 물적계정은 토지이용, 토지피복, 토지소유권 등 다양한 차원에서 작성가능하다. 일반적으로 토지의 총면적에는 변화가 거의 없으므로 기초스톡과 기말스톡 사이의 물리적 변화를 측정하는 것이 주요 목표이다.

토지를 대상으로 한 물적계정은 토지피복을 중심으로 설명하고자 한다. 이는 토지피복이 토지이용보다 환경자산계정과 연계성이 크고, 토지피복 작성원칙이 토지이용, 토지소유권 계정도 그대로 적용 가능하기 때문에 반복·부연 설명을 피하기 위함이다. 토지피복 물적계정 작성예시는 <표 5-10>과 같다.

토지 물적계정 역시 기초스톡으로 시작하여, 스톡증가, 스톡감소, 기말스톡으로 구분되며, 토지의 경우 스톡은 면적에 해당하며 집계단위는 ha 또는  $m^2$  등이 사용가능하다. 관리로 인한 확대(managed expansion)는 인간활동으로 인한 면적증가에 해당하며, 농지에 나무를 심어 산지로 변경하는 경우가 이에 해당한다. 자연확대(natural expansion)는 자연적 과정, 예를 들면 종자전파 또는 맹아발아 등에 의해 해당 토지면적이 증가하는 경우를 의미한다. 반대로 관리로 인한 축소(managed regression)는 인간활동으로 인한 면적감소에, 자연축소(natural regression)는 자연적 과정에 의한 면적감소를 의미한다.

한편 토지 물적계정의 경우에는 두 시점간의 토지피복 변화행렬을 작성할 수 있다. 토지피복 변화행렬은 두 시점간의 특정 토지면적의 증감을 추적할 수 있는 장점이 있다. <표 5-11>의 토지피복 변화행렬 예시에서 인공표면(artificial surface)은 기초시점(opening period)에서 12,292 ha을 차지하고 있는데, 147ha가 농지로부터, 27ha가 초지로부터, 9.0ha가 맹그로브로부터 유

입되어 기말시점(closing period)에는 183ha가 증가한 12,475ha를 차지하고 있는 것을 알 수 있다.

한편 토지의 화폐계정 작성예시는 <표 5-12>와 같다. 물적계정과 마찬가지로 토지는 총면적에 큰 변화가 없으므로 기초스톡과 기말스톡 사이의 토지가치 상의 차이는 주로 토지의 재평가에 기인한다고 볼 수 있으며, 토지거래 및 재분류도 영향을 미치는 인자에 해당한다.

대부분의 환경자산과는 달리 토지는 시장이 존재(주거지역, 산업, 농지, 산지 모두에 해당) 하기 때문에 시장가격이 관찰가능하다. 그러나 시장가격은 토지의 위치, 토지위의 구조물, 또는 토지로부터 예상되는 생산물 등의 가치를 포괄적으로 반영한 수치이기 때문에 토지 그 자체로의 가치로 보기 어렵다. 따라서 토지의 가치를 토지가격으로부터 분리하는 작업은 쉽지 않다. 또한 시장이 존재한다 할지라도 거래회수가 적어 지역별, 토지유형별로 충분한 자료가 축적되어 있지 않으면 유용한 정보를 얻기 어렵다.

또한 토지는 공간적 특성 때문에 다른 자산과 연계되어 있는 경우가 대부분이라 화폐화 과정에서 이슈별 점검이 필요하다. 대표적 예가 토양자원과의 연계성이다. 가치추정 측면에서 토지와 토양의 가치는 명확히 구분되는 개념이지만, 현장에서 토지와 토양은 함께 취급되는 것이 보다 일반적이다. 특히 농지의 경우 농지가격은 토양가치도 포함하고 있는 경우가 대부분이다. 토지의 질 변화가 가치의 변화를 가져오기도 한다. 예를 들어 폐기물 또는 유해물질 관련 환경사고가 발생하면 해당 토지의 가치는 하락된다. 토지의 질변화로 인한 가치의 변화는 재평가가 아니라 재분류 또는 상향/하향감정평가로 취급하는 것이 적합하다.

<표 5-10> 토지피복 물적계정 작성예시

	인공 표면	작물	초지	산지	맹그로브	관목지	정기적 범람토지	성긴 자연식생 지	육지 황무지	영구 눈/빙하 및 내륙수 수체	연안수체 및 조수간만지
단위: ha											
기초스톡	12,292	445,431	106,180	338,514	214	66,475	73	1,966		12,949	19,351
스톡증가											
관리로 인한 확대	184	9,355									
자연확대			64								2
상향감정평가			5	181							
스톡증가 소계	184	9,355	69	181							2
스톡감소											
관리로 인한 축소			4,704	3,118	9	1,560	2				
자연축소					2	64					
하향감정평가						4					
스톡감소 소계			4,704	3,118	11	1,629	2				
기말스톡	12,477	454,786	101,545	335,577	204	64,846	72	1,966		12,949	19,353

주) 작물은 초본작물, 목본작물, 다수의 또는 층층작물을 포함함.  
 자료: SEEA Central Framework(2012).

&lt;표 5-11&gt; 토지피복 변화행렬 예시

토지피복	기초 면적	다른 토지피복으로부터의 증가(양수)와 감소(음수)										순변화 (증감)	기말 면적	
		인공 표면	작물	초지	산지	맹그 로브	관목지	정기적 범람 토지	성긴 자연 식생지	육지 황무지	영구 눈/빙하 및 내륙 수 수체			연안수체 및 조수 간만지
단위: ha														
인공표면	12,292		147	27		9							183	12,475
작물	445,431	147		4,675	3,118		1,560	1,800					11,301	456,732
초지	106,180	1,620	4,675				69						6,364	112,545
산지	338,514		3,118										3,118	341,632
맹그로브	214	-9										-2	-10	204
관목지	66,475		1,560	-69									1,491	67,966
정기적 범람 토지	73		-2										-2	72
성긴 자연식생지	1,966													1,966
육지 황무지														
영구 눈/빙하 및 내륙수 수체	12,949													12,949
연안수체 및 조수간만지	19,351					2							2	19,353

주) 작물은 초본작물, 목본작물, 다수의 또는 층층작물을 포함함.

자료: SEEA Central Framework(2012).

<표 5-12> 토지 화폐계정 작성예시

	토지이용 유형								합계
	농지	산지	수산양식을 위해 사용된 토지	건물과 구조물 토지와 관련 토지	환경적 유지 및 복원을 위 해 사용된 토 지	기타 용도의 토지	사용하고 있 지 않은 토지	내륙수	
	단위: 화폐(currency)								
기초스톡	420,000	187,500		386,000	2,000				995,500
스톡증가									
취득	3,500								3,500
재분류		200		2,500					2,700
스톡증가 소계	3,500	200		2,500					6,200
스톡감소									
매각		3,500							3,500
재분류		1,250			200				1,450
스톡감소 소계		4,750			200				4,950
재평가	18,250	15,350		65,000					98,600
기말스톡	441,750	198,300		453,500	1,800				1,095,350

자료: SEEA Central Framework(2012).

## 제5절 토양자원

### 1. 정의 및 특성

토양자원은 생산과 생물학적 순환을 위한 물리적 기반을 제공하고, 빌딩과 구조물의 기초를 제공하며, 농업과 임업을 위한 영양분과 수분을 제공하고, 생물서식처를 제공하며, 탄소흡수에 중요한 역할을 하고, 기상재해 또는 자연재해에 대해 완충작용을 담당하는 등 다양한 환경기능을 제공하고 있다. 따라서 계정측면에서도 토양자원에 대한 다양한 접근이 가능하다. 토양자원 계정의 일반적인 집계단위는 면적(area)과 용량(volume)이다.

토양자원 계정의 초점은 생물학적 시스템을 구성하는 표층토(top layers)이다. 따라서 건설사업 또는 간척사업을 목적으로 채취된 토양은 집계에서 제외된다. 토양의 양과 질에 대한 연구는 다각적으로 진행되어 왔으며, 토양 유형 및 특성자료의 체계화를 위한 국제표준 시스템 구축<sup>14)</sup> 작업도 지속적으로 진행되어 왔다. 이러한 노력은 언급한 바와 같이 토양이 제공하는 다양한 환경기능의 중요성을 인식하고 있기 때문이다.

토양자원은 다차원적 특성 및 기능으로 인하여 자산계정, 물적플로우계정, 생태계계정에 이르기까지 계정작성이 가능하다. 각 계정의 특성에 따라 계정작성의 대상이 되는 토양자원의 유형, 특성, 집계단위 등이 차별화 되어야 함은 물론이다. 여기서는 환경경제통합계정 중심체계의 자산계정 측면에서 중요시 되는 토양특성과 관련정보를 기술하고 자산계정 작성 시 토양면적과 용량의 집계방식에 대해 물적계정을 중심으로 정리한다.

토양유형(soil type)은 구성요소와 특성의 조합에 따라 다양하게 정의할 수 있다. 토양의 구성요소는 미네랄, 액체, 가스, 유기물질을 포괄하는 생·지·화학적(biogeochemical) 구성을 의미하고, 특성은 pH, 공극(porosity), 미생물

14) 대표적인 예로 세계토양표준데이터베이스(Harmonized World Soil Database)(FAO, 2009b)를 들 수 있다.

과 같은 토양의 물리적, 화학적, 생물학적 개별특성을 의미한다. 토양유형의 체계화는 토양의 양적, 질적 변화측정을 위한 전제조건이다.

세계토양표준데이터베이스(Harmonized World Soil Database)(FAO, 2009b)가 제시한 28개 주요 토양유형이 글로벌차원의 토양유형지도 작성에 활용될 수 있다. 또한 국가/지역차원에서도 토양유형 구분도 작성을 위한 노력이 지속되고 있다. 관련 기초자료는 토양 서베이에 기반한 인벤토리를 통해 구축하는 것이 통상적이다. 토양 서베이/인벤토리는 토양유형지도, 특정목표 달성을 위한 토양적합도 분석 등에 요구되는 자료를 제공할 수 있다. 특히 토양침식 관련 기초자료는 토양의 양 및 질적 변화 측정에 중요하다.

토양의 질 또는 가치 측정에도 다양한 방법론이 적용 가능하다. 가장 대표적인 방법이 위에서 언급한 다양한 토양의 구성요소 및 특성변수를 활용한 지수(index)이다. 표준화된 지수를 개발하고 종합점수에 기반한 등급을 활용하여 적합도 평가에 활용한다. 따라서 토양자원의 측정은 기초자료 인벤토리로부터 도출된 면적, 용량, 지수 등이 측정단위로 사용가능하다. 공간적 스케일 차원에서도 지방, 국가, 지역, 글로벌차원에서 모두 측정 가능하다.

## 2. 물적·화폐계정

먼저 면적(area)에 기반한 토양자원의 물적계정 체계를 정리하면 <표 5-13>과 같다. 원칙적으로 개별 토양유형에 따라 작성이 가능하나, 토양자원 계정의 초점이 생물학적 시스템을 지원하는 기능에 맞추어져 있으므로, 농지 또는 산지를 대상으로 우선적으로 작성하는 것이 일반적이다. 또한 면적기반 토양자원 계정은 4절에서 정리한 토지자원 계정작성의 연장선상에서 이해하는 것이 적합하다.

&lt;표 5-13&gt; 토양자원 물적계정 체계(면적기반)

	토양자원 유형(예: 농지, 산지)	총면적
	단위: ha	
기초스톡		
스톡증가		
토지피복의 변화		
토양의 질 변화		
토양환경 변화		
스톡증가 소계		
스톡감소		
토지이용의 변화		
토양의 질 변화		
토양환경 변화		
스톡감소 소계		
기말스톡		

자료: SEEA Central Framework(2012).

물적계정은 다른 자원과 마찬가지로 기초스톡, 스톡증가, 스톡감소, 기말스톡으로 구성되어 있으나, 스톡증가/스톡감소가 토지피복, 토양의 질, 토양환경 측면에서 집계되고 있음을 관찰 할 수 있다. 토지피복 측면의 변화는 도시화로 인한 농업 토양자원 손실 등을 예로 들 수 있으며, 토양의 질 변화는 토양 산성화 등을 예로 들 수 있으며, 토양환경 변화는 사막화 등을 예로 들 수 있다. 실제로 계정작성 시에는 토지피복, 토양의 질, 토양환경 측면을 구분하는 것이 쉽지 않은 경우가 많으므로, 비교에 판단근거를 명확히 명시하는 것이 요구된다.

용량(volume)에 기반한 토양자원의 물적계정 체계를 정리하면 <표 5-14>와 같다. 용량기반 계정은 토양의 침식량 측정에 활용 가능하며, 홍수와 같은 자연재해의 영향을 측정하거나, 경제활동으로 인한 토양고갈(depletion) 측정에도 유용하게 사용될 수 있다. 용량기반 계정의 특이점 중의 하나는 자연적 과정에 의한 토양형성 및 침전(soil formation and

deposition)이다. 일반적으로 토양형성은 장기간에 걸쳐 서서히 진행되는 현상이므로 집계가 어려울 뿐만 아니라 수치가 적다. 그러나 바람이나 물에 의해 운반되는 토양을 의미하는 토양침전의 경우 공간적인 이동을 통해 지역별, 국가별 토양용량의 변화를 가져올 수 있다.

<표 5-14> 토양자원 물적계정 체계(용량기반)

	토양자원 유형
	단위: m <sup>3</sup>
기초스톡	
스톡증가	
토양형성 및 침전(deposition)	
상향감정평가	
재분류	
스톡증가 소계	
스톡감소	
토양채취	
토양침식	
재해적 감소	
하향감정평가	
재분류	
스톡감소 소계	
기말스톡	

자료: SEEA Central Framework(2012).

용량기반 계정도 원칙적으로 토양유형별로 작성이 가능하나, 토양유형별 계정보다는 지역단위, 국가단위, 토지이용, 토지피복과 연계하여 계정을 작성하는 것이 보다 유용한 정보를 제공할 수 있다. 또한 건설사업이나 간척사업으로 인한 토양채취량은 스톡감소(extraction)에 포함하여야 한다. 이는 사업으로 인한 표층토의 제거가 생물학적 시스템 지원 측면에서 부정적 영향을 미치기 때문이다. 자연재해로 인한 지역 또는 국가 간 토양이동과 새로운 정보에 기반 한 재평가도 중요한 계정항목이다.

## 제6절 목재자원

### 1. 정의 및 분류체계

목재자원은 토지자원의 산지(forest area), 임지(wooded area), 기타임지(other wooded area)와의 연계성을 고려하여 정의하고 분류하는 것이 중요하다. 분류체계 관련해서는 목재자원의 경작(cultivated) 또는 자연성(natural) 여부를 판단할 수 있는 근거를 명확히 하는 것이 필요하다.

목재자원은 다양한 이유로 인하여 원료공급의 기능을 담당할 수 없는 경우가 존재한다. 예를 들어 규제로 인해 벌채가 금지되어 있거나, 접근성이 낮아 경제성이 없거나, 생물학적인 이유로 상업적으로 유용한 수종이 아닌 경우에 해당한다. 이러한 경우 목재자원은 경제활동을 지원하지 못하기 때문에 경제적 가치가 없고, 따라서 국민계정의 생산자원 범주에서는 제외된다. 그러나 환경경제통합계정의 물적계정에서는 이와 같은 목재자원도 현재는 아닐지라도 미래에 편익을 제공할 수 있는 잠재력을 갖고 있기 때문에 자산 범주에 포함된다.

목재자원은 ‘입목의 체적과 지상부에 놓여있는 죽은 나무의 체적’을 모두 포함하는 개념으로 이때 생존여부, 직경의 크기, 큰가지 또는 작은가지 여부 등은 크게 상관이 없다.

계정측면에서 경작/자연성 여부를 결정하는 것은 중요한 이슈이다. 통상적으로 경제주체 또는 기관의 관리, 책임, 통제 내에 있는 자원은 ‘경작’으로 분류되며, 따라서 생산범주에 속한다. 목재자원의 경우 구체적으로 파종, 묘목식재, 가지치기 등을 통한 재생(regeneration)과정 상의 통제, 정기적 또는 빈번한 잡풀제거 및 병해충 방제관리 등을 대표적 관리행동으로 간주하여 경작범주로 구분한다. 그러나 현장에서는 대부분 경작의 구분을 목재자원이 위치한 토지유형에 근거하여 판단한다. 산지에 위치한 목재자원은 ‘자연’으

로, 대규모 농장(plantation)에 위치한 목재자원은 ‘경작’으로 구분된다. 이는 언급한 바와 같이 목재자원의 분류가 토지유형 분류(산지, 임지, 기타 임지 등)와 연관성이 있음을 보여주는 예이다. 그러나 이러한 규칙이 항상 통용되는 것은 아니고 예외적인 경우도 존재한다. 예를 들어 대규모 농장으로 출발은 했으나, 이후 관리작업이 전혀 없었다면 ‘경작’보다는 ‘자연’으로 분류하는 것이 적합하다.

## 2. 물적·화폐계정

목재자원의 물적계정 작성예시는 <표 5-15>와 같다. 먼저 경작자원과 자연자원을 명확히 구분하고, 자연자원 내에서 원료공급원으로서의 역할을 담당하는지 여부를 구분하는 것이 요구된다. 자연자원 내에서의 세부구분(원료공급 가능여부)은 화폐화 작업과 직접적으로 관련된다. 즉, 목제품 생산을 위한 원료로써 투입가능하다는 의미는 경제 생산활동 범주에 포함된다는 의미이므로 화폐화가 가능하다. 그러나 반대의 경우에는 경제활동에서 제외된다는 의미이며, 최소한 현재 환경경제통합계정의 화폐화 범주에서 벗어난다.

스톡증가는 자연성장과 재분류로 구분된다. 자연성장은 계정기간 동안 스톡증가량, 즉 성장량으로 측정된다. 토지면적(산지, 임지, 기타임지) 증가로 인한 스톡 증가량은 자연성장이 아닌 재분류 항목에서 집계하여야 함에 유의한다. 관리행동 변화로 인해 ‘경작’에서 ‘자연’으로 또는 그 반대방향의 경우에 기인하는 스톡 증가량도 재분류 항목으로 집계한다.

스톡감소는 제거(removal), 벌채잔여물(felling residues), 자연손실, 재해손실(catastrophic losses), 재분류로 다시 구분된다. 제거는 산지, 임지, 기타임지로부터 계정기간 동안 제거된 스톡량으로 정의된다. 여기에는 자연적 이유로 고사했거나 손상을 입어 감소한 스톡량도 포함된다. 정확한 스톡감소 측

정을 위해서는 벌채잔여물을 감해주는 것이 필요하다. 벌채잔여물은 벌채 시 부패 또는 손상으로 인해 발생하는 스탁량의 감소분에 해당한다. 자연손실은 벌채를 제외한 이유, 예를 들면 화재, 병충해, 기타 물리적 이유로 나무가 죽었을 경우에 발생하는 감소분으로 정의된다. 재해손실은 자연재해로 인해 예외적인 대량의 스탁감소가 발생한 경우에 해당한다.

<표 5-15> 목재자원 물적계정 작성예시

	목재자원 유형		
	경작 목재자원	자연 목재자원	
		원료공급 가능	원료공급 불가능
단위: m <sup>3</sup>			
기초스톡	8,400	8,000	1,600
스톡증가			
자연성장	1,200	1,100	20
재분류	50	150	
스톡증가 소계	1,250	1,250	20
스톡감소			
제거	1,300	1,000	
벌채잔여물	170	120	
자연손실	30	30	20
재해손실			
재분류	150		150
스톡감소 소계	1,500	1,150	170
기말스톡	8,100	8,100	1,450

자료: SEEA Central Framework(2012).

목재자원의 화폐계정 작성예시는 <표 5-16>과 같다. 목재자원의 화폐계정 항목은 물적계정 항목과 재평가(revaluations)를 제외하고는 일대일 대응 관계에 있으며, 경작목재자원과 원료공급 용도로 가능한 자연목재자원에 한

하여 작성한다. 따라서 화폐계정은 물적계정 <표 5-15>와 비교할 때 마지막 열이 삭제되어 있는 것을 볼 수 있다.

목재자원의 자원지대는 소위 입목가격(stumpage price)을 활용하여 추정하는 것이 통상적이다. 입목가격은 벌채상이 산주에게 단위체적 당 지급하는 가격을 의미하는 데, 이론적으로 벌채비용, 상차비, 운반비 등을 포함한 제반 생산비용, 가치치기나 간벌과 같은 관리비용, 토지임차료 등을 제외하고 산주가 지급받는 금액을 의미한다. 입목가격은 단위면적 내 벌기령에 도달한 입목체적 추정치와 곱해서 단위면적당 기대수익을 산출한다. 산출된 미래 기대수익은 적정 할인율을 사용하여 현재가로 환산되며, 이러한 과정은 각 영급(age class)별로 진행된다. 각 영급별 할인된 기대수익에 영급별 총면적을 곱해 입목스톡의 총가치를 산출한다.

<표 5-16> 목재자원 화폐계정 작성예시

	목재자원 유형		합계
	경작 목재자원	자연 목재자원 (원료공급 가능)	
	단위: 화폐(currency)		
기초스톡	86,549	82,428	168,977
스톡증가			
자연성장	12,364	11,334	23,698
재분류	515	1,546	2,061
스톡증가 소계	12,879	12,879	25,759
스톡감소			
제거	13,395	10,303	23,698
벌채잔여물	1,752	1,236	2,988
자연손실	309	309	618
재해손실			
재분류	1,546		1,546
스톡감소 소계	17,001	11,849	28,850
재평가		16,692	16,692
기말스톡	82,428	100,150	182,578

자료: SEEA Central Framework(2012).

이러한 접근법은 순현재가(NPV)를 목재자원에 적용한 것이라 볼 수 있는데, 문제점은 순현재가(NPV) 산출에 있어 방대한 자료를 요구한다는 점이다. 특히 현재 산림의 영급별 구조가 파악되어야 하고, 미래 영급구조에 대한 예측이 필요하다. 만약 세부 요구자료가 구축되어 있지 않다면, 벌채된 모든 수종을 대상으로 산출된 평균입목가격에 현재 스톡량을 곱하여 자원지대를 산출하는 방법을 대안으로 사용할 수 있다.

목재자원 계정 관련, 최근 탄소계정이 주요 이슈로 부각하고 있다. 이론적으로 탄소계정은 목재자원의 물적계정 작성표의 형태로 작성이 가능하다. 즉, 입목의 기초스톡과 기말스톡, 계정기간동안의 스톡량 변화에 대한 자료에 기반하여 입목스톡과 바이오매스간의 상관관계, 바이오매스와 탄소흡수량간의 상관관계를 나타내는 계수값을 활용하면, 목재자원의 탄소흡수량 계정 작성이 가능하다.<sup>15)</sup> 그러나 탄소계정은 지상부(입목스톡량)뿐만 아니라 토양에서의 흡수량 같은 여러가지 기술적인 문제들이 정리되어야 정확한 흡수량 측정이 가능한 상황이며, 현재로서는 자산계정보다는 생태계계정에서 다루어야 할 이슈이다.

15) 보다 자세한 기술적인 탄소흡수량 산정에 관해서는 Good Practice Guidelines on LULUCF(IPCC, 2003)과 Updated UNFCCC Reporting Guidelines on Annual Inventories(UNFCCC, 2006)를 참조.

## 제7절 수산자원

### 1. 정의 및 분류체계

수산자원은 다양한 어류, 갑각류, 연체류, 조개류, 해조류, 수생포유류 등을 총 망라한다. 수산자원은 일차적으로 상업적 목적으로 수확되지만 동시에 생태계 지원을 위한 기본물질을 제공하는 등 환경적 기능도 담당한다. 최근 내륙수와 해양의 수산자원은 오염물질과 서식처의 질 저하로 인하여 위협받고 있는 상황이며, 과도한 수확으로 인하여 생물자원 또는 유전자원의 손실을 초래하고 있다.

국가의 수산자원은 해당 국가의 배타적경제수역(EEZ)<sup>16)</sup> 내 서식하는 연안/담수 어류로 정의되며, 계정기간 동안 서식하는 이주성(migrating) 및 양서(straddling) 어종도 포함된다. 공동 수확량에 대한 국가 간 배분비율 협정이 존재하는 경우, 동일한 배분비율이 수산자원의 스톡량에도 적용된다. 만약 협정이 존재하지 않으면 국가 간 실제 수확량에 기초한 비율을 대체지표로 사용한다.<sup>17)</sup>

계정작성을 위한 상위단계 수산자원의 분류체계는 <표 5-17>과 같으며, 아래 9개의 하위 분류체계(<표 5-18> 참조)를 두고 있다. 양식 수산자원은 용도에 따라 수확용, 치어용(breeding)으로 다시 구분되며 수확용도는 인벤토리로, 치어용은 고정자산(fixed assets)으로 볼 수 있다. 9개의 수산자원 그룹

16) 1970년대와 80년대를 거쳐 세계적으로 도입된 200마일 EEZ의 영향으로 대부분의 중요 상업어종은 한 국가의 관할권(jurisdiction) 아래 놓이게 되었다. UN 주도하에 제정된 일련의 관련 국제법에 따라 각국은 자국의 EEZ 안의 수산자원과 수산업에 대한 법률과 규제를 확립하였고, 국가 간 EEZ 사이를 오가는 이주성(migratory) 어종에 관해서는 국가 간의 협정을 통하여 국제해(international water)에서의 수산자원 관리를 공유하고 있다.

17) 수산자원 측정범위 관련해서는 유엔해양법협약(UN Convention on the Law of the Sea)의 Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 relating to the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks(UN, 1995)와 FAO의 Code of Conduct for Responsible Fisheries(FAO, 1995)를 참조.

에서 담수 및 해수어류(diadromous fishes)라 함은 서식처는 해수이나 산란기에만 담수로 이동하는 어종(예: 연어) 또는 반대로 서식처는 담수이나 산란기에만 해수로 이동하는 어종(예: 장어)을 의미하며, 기타 수중동물 생산물의 예로서는 진주나 조개, 산호 등을 들 수 있다. 결론적으로 수산자원의 경우 상위분류(3개 범주)와 하위분류(9개 범주)를 모두 반영하면 27개의 분류가 가능하다.

<표 5-17> 수산자원 상위 분류체계

구분
경작 수산자원
- 수확용(인벤토리)
- 치어용(고정자산)
자연 수산자원

자료: SEEA Central Framework(2012).

FAO와 관련 국제기구는 수산자원을 대상으로 종(species) 수준까지 분류가 가능하도록 세분화하는 작업을 지속하여 왔다. ASFIS(The Aquatic Science and Fisheries Information System)는 수산생산통계의 표준인용 시스템으로 11,500 종에 대한 정보가 구축되어 있다. 또한 ASFIS는 FAO의 수생동물식물국제표준분류체계(International Standard Classification for Aquatic Animals and Plants; ISCAAP)와 링크하여 상업수산자원을 분류학적, 생태학적, 경제적 특성에 기반하여 50개 그룹으로 분류하고 있다.

수산자원은 경작 또는 자연 생물자원 모두 포함한다. 여타 생물자원과 마찬가지로 경작/자연을 구분하는 기준은 자원의 성장과 재생과정에서 제도단위(경제주체)의 직접적인 통제, 책임, 관리의 정도이다. FAO에 의하면 양식(aquaculture)은 수생유기체의 경작(farming)으로 정의되며, 여기서 경작이라 함은 생산량 증가를 위한 먹이주기, 천적으로부터 보호활동 등을 포괄하는

개념이다. 양식의 경우 대부분의 나라들이 중분류(예: <표 5-18>)와 소분류(예: 독립적인 중)를 병행하여 사용하고 있다.

<표 5-18> FAO의 수산자원 하위 분류체계(9개 그룹)

구분
1. 담수어류(freshwater fisheries)
2. 담수 및 해수어류(Diadromous fishes)
3. 해양어류(marine fishes)
4. 갑각류(crustaceans)
5. 연체류(molluses)
6. 고래, 물재, 및 기타 수중 포유류(whales, seals and aquatic mammals)
7. 기타 수중동물(miscellaneous aquatic animals)
8. 기타 수중동물 생산물(miscellaneous aquatic animal products)
9. 수중식물(aquatic plants)

## 2. 물적·화폐계정

수산자원의 물적계정은 EEZ를 포함한 국가 영토 내 수확과 양식의 대상이 되는 모든 어종의 총바이오매스와 국가가 관습적인 계약 또는 협약에 의해 권리를 행사할 수 있는 수산자원의 국가 간 분배량의 기록이다. 수확의 범위는 내륙의 담수와 해양에서 상업적 조업, 양식, 원료, 레크리에이션을 목적으로 채취되는 수산자원이다. 다른 국가의 EEZ에서 수확된 수산자원은 해당 국가의 물적계정에서 제외된다.

수산자원 물적계정의 기본구조는 <표 5-19>와 같다. 기초스톡, 기말스톡, 스톡변화량은 양식(고정자산), 양식(인벤토리), 자연 수산자원으로 구분하여

작성한다. 자료가 구축되어 있다면 물적계정은 동일한 구조로 하위 분류체계  
에까지 적용이 가능하다. 예를 들어 <표 5-19>와 같은 물적계정은 FAO의  
수산자원 하위 분류체계 9개의 그룹에 개별적으로 작성이 가능하다.

<표 5-19> 수산자원 물적계정 작성예시

	수산자원 유형		
	양식(고정자산)	양식(인벤토리)	자연
	단위: tonnes		
기초스톡	406	150	1,393
스톡증가			
스톡성장	19	192	457
상향감정평가			33
재분류	40		11
스톡증가 소계	59	192	501
스톡감소			
총어획/수확		183	321
정상손실	37	5	183
재해적 감소	4	2	9
보상되지 않은 점유 (Uncompensated seizure)			7
하향감정평가	5		
재분류	9		35
스톡감소 소계	55	190	555
기말스톡	410	152	1,339

자료: SEEA Central Framework(2012).

양식 수산자원의 물적계정 작성은 수산자원이 존재하는 범위가 일정한  
지역에 제한되기 때문에, 스톡량 변화가 양식시설 소유자 또는 관리자에 의  
해 측정이 가능하다는 점에서 상대적으로 쉽다고 볼 수 있다. 계정은 가능하  
다면 중 수준에서 작성하는 것이 바람직하다. 만약 자연 수산자원이 양식을  
위한 종자 또는 치어로 유입되었다면 해당 스톡량은 자연으로부터 양식 수

산자원으로 분류체계 간의 이동에 해당하기 때문에 재분류 항목에 기록되어야 하며, 반대로 양식 수산자원이 자연 상태로 방출되었다면 해당 스톡량은 양식으로부터 자연 수산자원으로 재분류 항목에 집계되어야 한다. 질병이나 자연재해로 인한 예상치 못한 스톡량의 감소는 재해적 감소에 반영되어야 한다. 또한 양식 수산자원 스톡변화량의 대부분은 인벤토리에 해당하나 고정 자산에 해당하는 치어용 수산자원 스톡량의 변화도 유의하여 구분하고 기록하여야 한다.

자연 수산자원 물적계정은 담수(fresh water)와 해양(marine) 수산자원을 구분하여 작성하는 것이 권고되며, 이를 위한 기준 마련이 필요하다. 한편 자연 수산자원, 특히 해양의 상업적 어류의 경우 경제적 중요성으로 인해 총 스톡량과 어획량의 정확한 측정이 자원의 효율적 관리에 필수적이거나, 어류의 이동성 등을 포함한 여러 가지 문제로 인해 자원총량을 정확히 측정한다는 것은 거의 불가능하다. 따라서 자연 수산자원의 경우 스톡량 측정은 다양한 추정기법을 사용하는데, 실질모집단분석법(virtual population analysis, VPA), tag-recapture 분석, line-transect survey에 의한 직·간접 측정, 면적 임의추출법(random sampled areas) 등이 사용가능하다.

그러나 열거한 추정 방법론 대부분이 어류의 바이오매스, 자연증가율, 치사율과 같은 모수(parameter)와 성장에 영향을 미치는 여러 가지 환경적 인자, 질병, 천적의 존재 여부와 같은 모델링 가정에 의존하고 있고, 가정의 변화에 따라 추정결과에 많은 차이를 보이기 때문에 모델에 의한 어종 스톡량은 ‘추정값’임을 인지해야 한다.

만약 위에서 열거한 과학적 추정기법(모델링)에 의한 스톡량 추정이 어렵다면, 대안으로 단위노력당어획량(catch per unit effort, CPUE)에 근거하여 특정 어종의 총수확량을 추정하는 방법이 적용가능하다. 여기서 단위노력이라 함은 출어일수, 어업기어, 어선의 크기 등이 포함된다.

한편 물적계정 작성 시 스톡의 변화량을 측정하기 위해서는 가장 중요한

요소인 수확량 측정의 정확성이 전제가 되어야 한다. 이는 곧 ‘수확’의 정의와 범위를 명확히 하는 것을 의미한다. FAO는 어획단계에 기반하여 다음과 같이 용어를 정의하고 있다.

- 채취총량(gross removal): 조업 중 잡히거나 죽은 어종의 총유효무게
- 어획총량(gross catch): 채취총량의 총유효무게(채취총량에서 실질적인 어획 이전 손실분 제외)
- 보유어획(retained catch): 어획총량에서 버려진 수확량을 제외한 무게
- 양륙(landings): 부두 도착 시 기록된 어획량의 순무게(net weight)
- 명목어획(nominal catch): 부두 도착 시 총유효무게

국민계정 측면에서 가장 연관성 있는 수확의 개념은 ‘양륙(landings)’이다. 왜냐하면 부두 도착 시 기록된 어획량의 순무게는 곧바로 경제적 가치로 환산이 가능하기 때문이다. 반면 환경경제통합계정 측면, 즉 경제활동과 경제활동이 수산자원에 미치는 영향 간의 상관관계를 이해하기 위해서는 실제 시장으로 유입되는 자원의 양도 중요하지만 조업과정 중 손실량의 측정도 중요하다. 따라서 환경경제통합계정 측면에서는 어획총량이 보다 적절한 ‘수확’의 개념이라고 볼 수 있다.

수산자원 화폐계정의 기본구조는 <표 5-20>과 같다. 화폐계정 역시 물적계정과 마찬가지로 기초스톡, 기말스톡, 스톡변화량을 양식(고정자산), 양식(인벤토리), 자연 수산자원으로 구분하여 작성한다.

양식수산자원의 경우 고정자산, 인벤토리 구분 없이 생산자산에 해당하므로 대부분의 경우 시장가격이 존재하고, 시장가격을 활용하여 화폐화가 가능하다. 자연 수산자원인 경우는 스톡량의 측정도 쉽지 않지만, 화폐화도 복잡하다. 일반적으로 자연 수산자원의 화폐화는 1) 시장가격의 합리적인 대리변수라 볼 수 있는 장기어업허가증(long-term fishing licences)이나 할당제

(quotas)<sup>18)</sup>의 가치를 활용하는 방법, 또는 2) 수산자원의 자원지대 순현재가를 추정하는 방법으로 크게 구분 가능하다. 순현재가 방법은 다시 접근법에 따라 연간 어업허가 관련정보를 이용하는 방법과 국민계정으로부터의 정보를 활용한 잔가법(residual value method)으로 세분된다.

<표 5-20> 수산자원 화폐계정 작성예시

	수산자원 유형			합계
	양식 (고정자산)	양식 (인벤토리)	자연	
	단위: 화폐(currency)			
기초스톡	3,250	1,125	9,750	14,125
스톡증가				
스톡성장	150	1,440	3,200	4,790
상향감정평가	0	0	250	250
재분류	280	0	75	355
스톡증가 소계	430	1,440	3,525	5,395
스톡감소				
총어획/수확	0	1,375	2,250	3,625
정상손실	275	35	1,460	1,770
재해적 감소	30	15	70	115
보상되지 않은 점유 (Uncompensated seizure)	0	0	50	50
하향감정평가	35	0	0	35
재분류	75	0	280	355
스톡감소 소계	415	1,425	4,110	5,950
재평가	160	50	480	690
기말스톡	3,425	1,190	9,645	14,260

자료: SEEA Central Framework(2012).

18) 현재 여러 국가에서는 수산자원 관리를 위해 담수어업(fresh fishing)이나 해양어업(marine fishing)에 대하여 정부가 어업허가증(fishing license)을 발행하고 있다. 수산관련 기업이나 개인에게 판매된 어업허가증 판매수익은 국민계정에서 세금으로 분류된다. 또한 해양어업의 통제를 위해 할당제(quotas) 도입도 늘어나고 있는 추세인데, 할당제는 중요 상업어종에 한하여 발행되는 경우가 대부분이다. 할당제라 함은 일정기간에 지정어종에 대한 총생산량을 정부가 제한하는 제도로 총량은 다시 기업이나 개인에게 재할당된다. 정부의 할당제는 강제성을 가지며, 타인에게 무료로 또는 일정 가격에 양도·판매될 수 있다. 할당제는 한 국가 내에서 뿐만 아니라, 국가 간에도 적용될 수 있다.

## 제8절 기타 생물자원

기타 생물자원(other biological resources)은 목재자원과 수산자원 범위에 포함되지 않는 자연/육성/경작 동식물을 포괄한다. 주로 축산동물, 다년생 작물, 과수원, 포도밭 등이 육성/경작 범주에, 야생 열매류, 야생버섯, 야생동물 등이 자연 범주에 속한다. 기타 생물자원은 대부분이 경작/육성 자산에 해당하며 식품생산에 원료를 제공하는 중요한 자산이기도 하다.

기타 생물자원은 대부분 경작/육성 자산이므로 국민계정에 포함된다. 반면 자연 기타 생물자원의 경우 자원의 성장 및 재생과정이 경제주체의 직접적인 통제 또는 관리 하에 있지 않기 때문에, 그리고 자가소비를 위한 채취/수확량은 기록하는 경우가 많지 않아 계정작성이 쉽지 않다. 사냥허가 등을 통한 접근권(access rights)에 기반 한 일부 자산에 대한 물질·화폐계정 작성이 가능하다. 우리나라와는 관련성이 적지만, 일부 국가에서는 야생에서 불법채취, 불법사냥(코끼리 상아, 캥거루 등)으로 인한 문제가 제기되기도 한다.

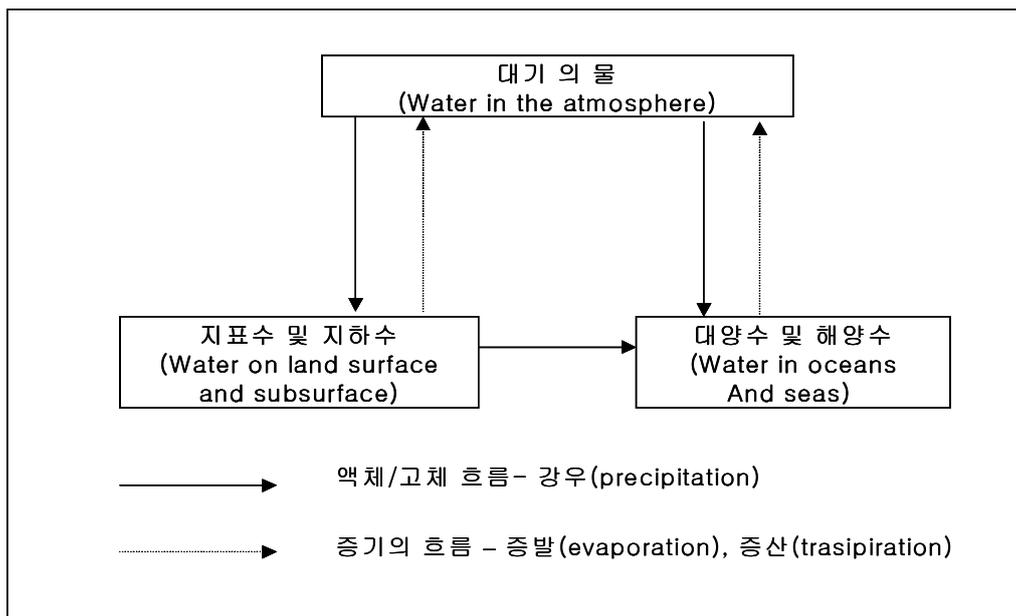
한편 자연 기타 생물자원은 생물다양성과 생태계를 구성하고 있는 주요 요소인 경우가 많다. 특히 지역 또는 지방(local) 차원에서 중요시 되는 자원인 경우가 많아서 국가차원의 상위 계정보다 지역 또는 지방 차원의 하위계정에서 자원의 이용 잠재량과 채취/수확량 작성이 권고된다. 또한 이러한 하위 세부계정은 생태계계정 차원에서 중요한 기초정보를 제공할 수 있다.

## 제9절 수자원

### 1. 정의 및 분류체계

수자원의 특성으로는 끊임없이 움직이고 있다는 점과 시간의 흐름에 따라 물리적 상태가 변화한다는 점을 들 수 있다. 또한 목재/수산자원과 같이 성장속도가 느리기 때문에 상대적으로 느린 축적변화를 보이는 생물자원과는 달리 수자원은 강우(precipitation), 증발(evaporation), 유량(runoff), 침윤(infiltration), 바다로의 유입(flows to the sea) 등을 통해 변화량이 크다. 수자원의 자연적 사이클과 수문학체계는 대기, 해양, 지표수/지하수 간의 상호작용 속에 진행된다((그림 5-4) 참조).

(그림 5-4) 지구 수문학적 시스템



자료: SEEA Central Framework(2012).

영토 내 내륙수의 가장 일반적인 수자원 유입은 강수의 형태이며, 이중 일부는 다시 곧바로 대기로 돌아가거나, 지표수(예: 호수, 강, 인공저수) 또는 지하수의 형태로 머물다가 결국 해양으로 유입된다. 또한 식물과 식생은 토양에 저장된 물을 흡수하여 대기 중으로 발산하기도 한다. 이러한 자연적 순환체계는 인간의 생존과 경제활동에 필요한 수자원의 추출과 폐수 방류 등으로 교란된다. 따라서 수자원 계정은 수문학 순환체계, 환경, 그리고 인간간의 상호작용을 모두 고려한 것이라 할 수 있다.

수자원 계정을 위해서는 지표수/지하수의 유입량과 유출량 측정과 수자원의 종착지 확인이 중요하다. 또한 하천수의 사용현황(양식용수, 수력발전 용수) 등을 파악하여 경제활동에 필요한 수요량 측정, 유량의 계절변화 등을 파악하여 지속가능한 공급량 측정도 중요하게 다루어진다.

물은 환경자산계정에서 토지의 형태와 수자원의 형태로 다루어진다. 토지로 분류된 물은 'in situ' 차원이거나 또는 장소제공, 예를 들면 교통 인프라 또는 레저를 위한 장소제공으로서의 의미를 갖고, 수자원의 경우 물은 환경에 존재하는 총용량, 취수량, 경제활동을 위한 사용량 등이 주요 관심사이다. 따라서 전자는 '면적', 후자는 '용량 및 용량의 변화'가 집계단위가 된다.

수자원은 영토 내 담수(fresh water)와 반염수(brackish water) 형태의 지표수, 지하수, 토양수로 구성된다. 수자원의 분류체계는 <표 5-21>과 같다. 반염수는 담수와 해양수(marine water) 중간 정도의 염분을 포함하고 있는 물로서, 산업용수(예: 냉각수)로 사용되기 때문에 분류체계에 포함된다. 지표수는 염도와 관계없이 지표상을 흐르거나 저장되어 있는 인공 저수지, 호수, 강/하천, 빙하/눈/얼음 형태의 물을 의미한다. 지하수는 지하 삼투층(porous layers: 일명 aquifers)에 저장되어 있는 물을 의미한다. 토양수는 토양층의 가장 상층 또는 공기접촉 지표면(zone of aeration near the ground surface)에 존재하는 물로 구성된다.

<표 5-21> 내륙수 수체(inland water bodies) 분류체계

구분
1 지표수
1.1 인공 저수지
1.2 호수
1.3 강, 하천
1.4 빙하, 눈, 얼음
2 지하수
3 토양수

자료: SEEA Central Framework(2012).

## 2. 물적·화폐계정

수자원의 물적계정은 반드시 수자원 유형(지표수, 지하수, 토양수)별로 작성하여야 한다. 계정작성은 물적계정의 기본 틀을 적용하여 수자원 유형별 기초스톡, 기말스톡, 스톡변화량을 집계하여야 하며, 집계단위는 일반적으로 체적(m<sup>3</sup>)을 사용한다. 물적계정 작성예시는 <표 5-22>와 같다.

지표수 스톡의 개념은 특정 시점(기초/기말)에 측정된 영토 내 지표수 세부유형(인공 저수지, 호수, 강/하천, 빙하/눈/얼음)별 수량으로 정의된다. 하천의 경우 스톡은 지리적 하상(riverbed) 구조와 수위에 근거하여 추정된 수량으로 측정하는 것이 일반적이다. 지하수와 토양수의 경우는 위에서 언급한 각각의 정의에 근거하여 수량을 측정한다.

&lt;표 5-22&gt; 수자원 물적계정 작성예시

	수자원 유형(단위: m <sup>3</sup> )						합계
	지표수				지하수	토양수	
	인공 저수지	호수	강/하천	빙하/눈/얼음			
기초스톡	1,500	2,700	5,000		100,000	500	109,700
스톡증가							
회류(returns)	300		53		315		669
강수	124	246	50			23,015	23,435
다른 영토로부터 유입			17,650				17,650
다른 내륙 수자원으로부터 유입	1,054	339	2,487		437	0	4,317
대수층 발견							
스톡증가 소계	1,478	585	20,240		752	23,015	46,071
스톡감소							
취수	280	20	141		476	50	967
수력발전 용도							
냉각수 용도							
증발/실제 증발산	80	215	54			21,125	21,474
다른 영토로 유출			9,430				9,430
바다로 유출			10,000				10,000
다른 내륙 수자원으로 유출	1,000	100	1,343		87	1,787	4,317
스톡감소 소계	1,360	335	20,968		563	22,962	46,188
기말스톡	1,618	2,950	4,272		100,189	553	109,583

자료: SEEA Central Framework(2012).

스톡증가 세부항목에는 회류(returns), 강수, 다른 영토로부터 유입, 다른 내륙 수자원에서부터 유입, 대수층 발견(discoveries of water in aquifers)이 포함되고, 스톡감소 세부항목으로는 취수(수력발전용, 냉각수용), 증발(evaporation)/실제증발산(evapotranspiration), 다른 영토로 유출, 바다로 유출, 다른 내륙 수자원에서 유출이 포함된다.

회류는 계정기간 동안 경제활동 결과로 인해 지표수, 지하수, 토양수 형태로 환경에 되돌아간 수량을 의미한다. 예를 들어, 관개용수(irrigation water), 처리 또는 처리되지 않은 형태의 폐수 등이 이에 속한다. 유입(inflows)은 계정기간 동안 자국 내 영토로 편입된 수량을 의미하며, 다시 다른 국가로부터 유입된 수량과 자국 내 다른 수자원에서부터의 유입된 수량으로 구분된다. 다른 영토로부터 유입은 국가 간 수자원(예: 하천)을 공유하고 있는 경우 발생하고, 일반적으로 국가 간 협정에 근거하여 측정한다.

취수(abstraction)는 계정기간 동안 각 유형의 수자원에서부터 일시적으로 또는 영구적으로 추출된 수량을 의미한다. 수력발전 용도의 취수량과 냉각수 용도의 취수량이 큰 비중을 차지하므로 별도로 계정을 작성한다. 증발(evaporation)은 계정기간 동안 강, 하천, 인공 저수지 등과 같은 수체로부터 증발한 물의 양을 의미한다. 실제 증발산량(actual evapotranspiration)은 지표로부터의 증발량과 식물/식생으로 스며든 물의 양으로 정의되며 일반적으로 모델링을 통하여 측정된다.

수자원 화폐계정은 표준화된 작성예시가 제시되어 있지 않다. 이는 수자원이 전통적으로 공공재로 취급되어 대부분 무료로 또는 생산비용보다도 적은 최소 요금으로 공급되어왔기 때문이다. 따라서 자원지대 현제가 방법은 적용이 어렵다. 최근 수자원이 점점 희소자원화 되고 있고, 일부 국가에서는 수자원에 대한 요금 또는 가격산정(water pricing) 시 관리, 추출, 배분비용을 모두 반영하여 하고자 하는 노력을 진행하고 있으나, 계정작성을 위한 표준화된 화폐화 방법은 정립되어 있지 않은 상황이다.

## 제6장 맺음말

### 제1절 요약 및 정리

본 연구의 주된 목적은 크게 두 가지이다. 첫째, SEEA 2012 중심체계의 물적플로우계정과 환경자산계정의 작성 원칙과 기준을 파악하고 세부계정별 특성에 대해 연구하는 것이며, 둘째, SEEA 2012 중심체계의 국내 이행계획을 수립하기 위한 작업의 일환으로 물적플로우계정과 관련된 국내 통계적 여건에 대해 살펴보는 것이다.

이러한 연구 목적의 실현을 위해 우선 제2장에서는 일종의 배경과 맥락에 대한 설명의 일환으로 환경경제통합계정이 등장해서 발전하여 국제통계표준으로 자리 잡는 과정을 고찰하고, 주요 선진국에서 환경계정 작업이 어떻게 이루어지고 있는지를 간략하게 살펴보았다.

제3장에서는 물적플로우계정의 구조와 특징에 대해 살펴보았다. 제1절에서는 물적플로우계정의 범위, 분류, 형식(물적공급사용표) 등에 대해 살펴보았다. 제2절, 제3절, 제4절은 각각 물적플로우를 구성하는 세 가지 하위 범주인 에너지, 물, 물질에 해당하는 절이다. 에너지와 물의 경우 기본적으로 물적공급사용표라는 공통의 형식을 공유한다(물론 측정단위는 다름). 이 때문에 계정을 구성하는 요소들도 유사하며, 계정에서 도출되는 지표(aggregate)도 유사한 특성을 갖는다. 하지만 물질의 경우 고유한 이질성으로 인해 물질 특성에 따라 더 세분해서 작성되며 또한 물적공급사용표와는 다른 형식에 따라 작성되는 것이 일반적이다.

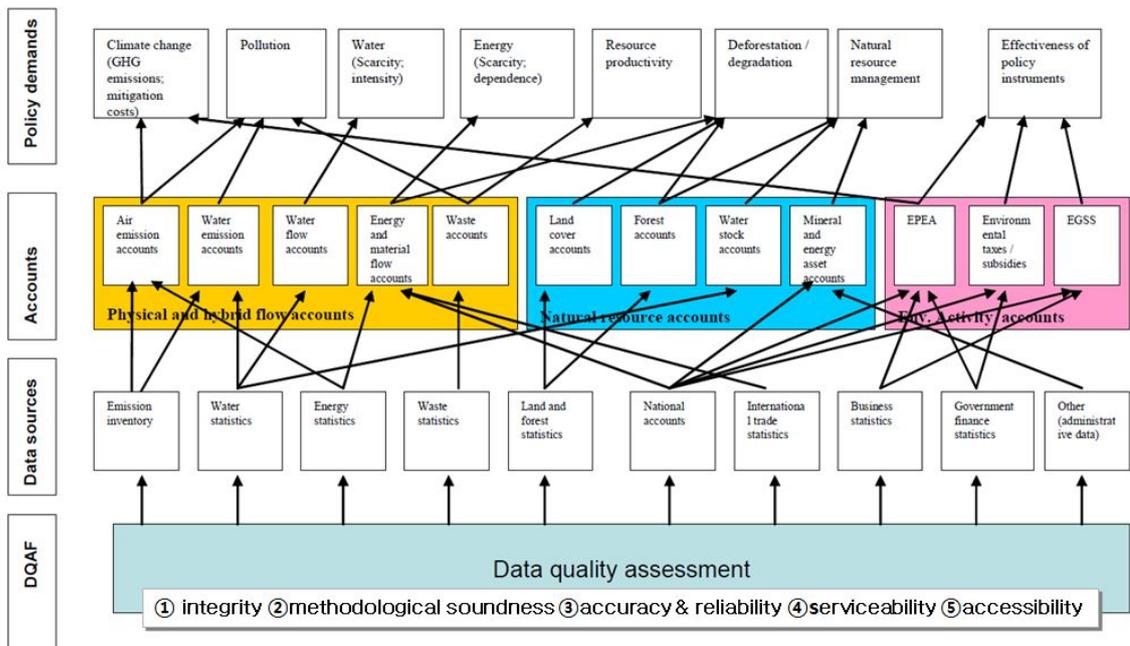
제4장에서는 물적플로우계정 작성을 위한 기반통계의 현황과 문제점에 대해 살펴보았다. 에너지의 경우 에너지밸런스 데이터를 이용해서 어느 정도 수준에서는 에너지 물적공급사용표를 작성하는 것이 가능함을 확인하였다. 반면 물의 경우에는 기초통계가 매우 취약해서 기본적인 물의 흐름을 파악

하기조차 어렵다고 할 수 있다. 대기배출의 경우 기존에 NAMEA-air 편제를 위한 데이터 점검 작업이 있었으며, 배출인벤토리(CAPSS와 CRF)를 활용하면 다른 영역에 비해 상대적으로 계정 작성이 용이한 분야이다. 다만, 이동오염원(수송부문) 배출량을 산업별로 배분하는 기법을 개발해야 하는 것은 여전히 남아 있는 문제이다. 수계배출의 경우 「공장폐수의 발생과 처리」 외에는 실제로 활용할 수 있는 통계데이터가 거의 없는 상황이다. 폐기물의 경우 최근 들어 사업장배출시설계폐기물에 대한 업종별 발생량 통계가 작성되고 있기 때문에 수계배출의 경우보다 상황이 나은 편이지만, 여전히 추정치를 사용해야 하는 값들이 많기 때문에(예: 사업장생활계폐기물의 업종별 발생량) 기초통계 개선이 필요하다. 마지막으로 EW-MFA의 경우 기존에 여러 차례에 걸친 작성 경험이 있기 때문에, 상대적으로 관련 정보가 많이 축적되어 있다.

제5장에서는 환경자산계정의 구조와 특징에 대해 살펴보았다. SEEA 2012 중심체계의 환경자산계정은 SEEA 2003과 달리 상당 부분이 국민계정(SNA)의 경제자산과 겹친다. 이 장에서는 환경자산의 분류체계, 환경자산계정의 범위와 구조, 화폐가치평가 기법 등에 대해 살펴본 후(제1절 및 제2절), 광물·에너지자원, 토지자원, 토양자원, 목재자원, 수산자원, 기타 생물자원, 수자원 등(제3절 이하) 개별 자산계정별 특징에 대해 살펴보았다.

환경계정은 경제계정의 경우와 마찬가지로 기본적으로 데이터나 통계에 기반해 있으며, 정책적 요구나 필요에 답하는 위해 작성되는 것이다. (그림 6-1)은 이러한 관계를 잘 보여준다.

(그림 6-1) SEEA 2012 중심체계와 데이터의 관계



자료: UNCEEA(2013) 가공.

(그림 6-1)에 준거하여 본 연구의 범위와 내용을 설명할 수 있다. 본 연구는 크게 두 가지 부분으로 나뉜다. 첫째, 계정(Accounts) 행에서 노란색 부분(물적플로우계정)과 파란색 부분(환경자산계정)에 해당하는 세부 계정의 범위와 구조를 살펴보는 것이다. 둘째, 노란색 부분(물적플로우계정)과 관련 되는 통계 현황('Data sources')을 살펴보는 것이다.

제일 하단에 있는 데이터 품질 문제('DQAF')는 현실적인 제약으로 인해 본 연구에서 직접 다룰 수는 없었다. 하지만 실제로 특정한 계정을 편제하는 과정에서는 데이터 품질 문제에 대한 점검도 같이 수행해야 할 것이다.

## 제2절 환경경제통합계정 국내 이행을 위한 정책적 제언

환경경제통합계정(SEEA)은 매우 광범위한 영역을 포괄하는 계정체계가기 때문에, 모든 종류의 세부계정을 한꺼번에 작성하는 것은 불가능할 뿐만 아니라 매우 비효율적이다. 따라서 환경경제통합계정의 국내 이행을 위해서는 단계적 접근이 필요하다. 여기서 단계적 접근이란 정책적 중요성이나 국내 통계 현황을 고려하여 세부 계정을 순차적으로 작성하는 방식을 말한다.

단계적 접근에서 가장 중요하게 고려해야 할 요인이 세부 계정의 정책적 중요성(활용도)과 국내 통계 현황이다. 전자와 관련해서는 Edens et al.(2011)이 간접적으로 서열을 매긴 바 있다. 이들은 개별 국가 및 국제적 차원의 정책적 필요(수요 측면)와 전세계적인 환경경제통합계정 이행 상태(공급 측면)를 종합적으로 고려하여 환경경제통합계정 중심체계의 세부계정별로 서열을 나누었다. 국민계정에서 사용하는 세 가지 수준(1.minimum requirement 2.recommended 3.desired)을 적용하여 서열을 구분하였는데, <표 6-1>이 그러한 구분의 결과이다. 이들의 의견에 따르면, 물적플로우계정 중에는 에너지 공급사용표, 물 공급사용표 및 대기배출계정이, 환경자산계정 중에는 광물·에너지자원계정과 토지계정이, 환경활동계정(<표 6-1>의 화폐계정) 중에는 환경보호지출계정, 환경세, 배출권이 상대적으로 중요도가 높은 세부 계정이다.

〈표 6-1〉 SEEA 2012 중심체계의 세부계정별 중요도

	1	2	3	Key aggregates
<b>Physical flow accounts</b>				
Full set of supply and use tables for materials			X	
EW material flow accounts (materials use)		X		Domestic material consumption
PSUTs for water (water use)	X			Total water consumption
PSUTs for energy (energy use)	X			Total net energy consumption
Air emissions accounts	X			Net emissions to air
Water emissions accounts		X		Net emissions to water
Waste accounts		X		Net emissions
<b>Asset accounts</b>				
Mineral and energy resources	X			Depletion (in physical en monetary terms)
Land (forest)	X			Depletion (in physical en monetary terms)
Soil resources			X	Depletion (in physical en monetary terms)
Timber resources		X		Depletion (in physical en monetary terms)
Fish resources		X		Depletion (in physical en monetary terms)
Other biological resources			X	Depletion (in physical en monetary terms)
Water resources			X	Depletion (in physical en monetary terms)
<b>Monetary flow accounts</b>				
EPEA	X			Total environmental protection expenditure
RUMEA		X		Total resource management expenditure
EGSS		X		EGSS: total value added and employment
Environmentally related payments to government	X			Total environmental taxes
Environmentally related payments by government		X		Total environmentally motivated subsidies
Emission permits	X			
Permits and licences to use environmental assets			X	
Costs related to termination of fixed assets			X	

주) 1-minimum requirement 2-recommended 3-desired.

자료: Edens et al.(2011).

Edens et al.(2011)의 제안과 국내 통계 현황에 대한 분석을 결합하면 SEEA 2012의 중심체계 이행과 관련된 세부 계정별 우선순위를 결정하는 데 도움이 될 수 있다. <표 6-2>는 Edens et al.(2011)이 제안한 세부 계정의 중요도와 국내 통계 현황 각각의 세 수준으로 구분하여 숫자로 표현한 것이다. 여기서 단순합 열의 숫자가 작을수록 우선순위가 높다고 해석할 수 있다. 숫자가 작다는 것은 해당 계정이 매우 중요하거나 아니면 상대적으로 관련 통계가 잘 갖추어져 있기 때문이다.

SEEA 2012 중심체계의 이행과 관련해서 중·단기적으로는 표의 단순합 열에서 숫자가 3 이하인 세부 계정에 집중하는 것이 필요하다. 물적플로우계정에서는 에너지플로우계정, 대기배출계정, EW-MFA가 이러한 그룹에 속한다. 이 세 가지 계정 중에서 대기배출계정과 EW-MFA의 경우에는 기존에

편제 경험과 노하우가 축적되어 있기 때문에 상대적으로 어렵지 않게 주기적인 편제가 가능할 것이다. 다만, 대기배출계정의 경우 수송부문(이동오염원)의 온실가스/대기오염물질 배출량을 개별 산업(가계 포함)으로 배분하는 기법을 개발하는 것이 중요하다. 한편 에너지플로우계정의 경우 에너지밸런스가 매년 작성되고 있기는 하지만, 에너지밸런스와 에너지플로우계정의 차이로 인한 문제들(거주기준/영토기준, 수송부문 할당 등)은 에너지플로우계정의 작성을 위해 해결해야 할 중요한 과제이다.

환경자산계정에서는 광물·에너지자원, 토지자원, 목재자원이 우선순위가 높은 그룹에 속한다. 환경자산계정의 이 세 가지 자원은 국가자산통계 및 국민대차대조표의 편제 대상이기도 하다. 현재 국민대차대조표 작성 작업이 진행되고 있으며 2014년에 작성 결과를 정식으로 발표할 예정이다. 환경자산계정의 경우 생태계계정과 달리 국민계정에서 편제하는 내용 및 기법이나 환경경제통합계정에서 편제하는 내용 및 기법이 거의 동일하다. 따라서 광물·에너지자원, 토지자원, 목재자원에 대해서는 국민대차대조표의 결과를 그대로 가져오면 될 것이다.

마지막으로 환경관련 경제활동계정에서는 환경보호지출계정, 환경산업, 환경세가 우선순위가 높은 그룹에 속한다. 이 셋 중 환경보호지출계정과 환경산업통계는 현재 환경부가 작성을 하고 있다(다만, 환경산업통계는 국제표준과 약간의 차이가 있음). 환경세의 경우 어느 정도나 상세한 정보를 구축할 수 있을지 명확하지 않지만, 정책적 중요성이 매우 높은 통계인 만큼 우선적으로 편제 작업을 추진하는 것이 필요하다.

한편 SEEA 2012의 중심체계는 아니지만 SEEA 2012에 포함되는 생태계계정에 대해 언급할 필요가 있다. SEEA 2003에서 SEEA 2012로의 수정 과정에서 가장 크게 변한 점이 환경자산계정과 생태계계정이 분리된 것이라고 할 수 있다. SEEA 2012의 환경자산계정은 주로 '자원'문제와 관련되며, 전통적인 '환경'이슈들(대기오염, 생태계파괴 등)과 관련되는 것은 생태계계정이

다. 따라서 적어도 우리나라에서는 정책적 측면에서 볼 때 환경자산계정보다는 생태계계정이 더 중요하다. 하지만 생태계계정의 경우 아직은 국제적으로도 실험단계인 계정체계이며(이 때문에 생태계계정 앞에는 공식적으로 “experimental”이라는 수식어가 붙어 있음), 그 포괄 범위도 매우 넓기 때문에 순차적 또는 단계적으로 접근하는 것이 필요하다. 따라서 우선은 생태계계정의 편제나 통계 구축보다는 생태계계정에 대한 연구에 집중하는 것이 더 효율적인 방향이라고 할 수 있다.

<표 6-2> SEEA 2012 중심체계 국내 이행을 위한 세부계정별 우선순위

구분		중요도	통계 현황	단순합	비고	
물적플로우 계정	에너지	1	1	2		
	물	1	3	4		
	물질	생산물	-	-	-	
		대기배출	1	1	2	
		수계배출	2	3	5	
		폐기물	2	2	4	
		EW-MFA	2	1	3	
환경자산 계정	광물·에너지	1	1	2		
	토지	1	1	2		
	토양	3	3	6		
	목재	2	1	3		
	수산물	2	3	5		
	기타 생물	3	3	6		
	수자원	3	3	6		
환경관련 경제활동	환경보호지출계정	1	1	2	작성 중	
	자원관리지출계정	2	3	5		
	환경산업	2	1	3	(작성 중)	
	환경세	1	2	3		
	환경보조금	2	2	4		
	배출권	1	3	4		
	기타(면허 등)	3	3	6		

주) 중요도 : 1-minimum requirement 2-recommended 3-desired.

통계 현황 : 1-좋은 2-보통 3-나쁨.

## 참고문헌

- 국토교통부. 2012. 「국토교통 통계연보」.
- 국토교통부·K-water. 2013. 「지하수조사연보」.
- 농림축산식품부. 2013. 「농림축산식품 주요통계」.
- 대한석탄협회. 「탄협」. 각 년도.
- 에너지관리공단. 2012. 「2011년 신·재생에너지 보급통계」.
- 에너지관리공단. 2013. 「2013 집단에너지사업편람」.
- 온실가스종합정보센터. 2013. 「2012 국가 온실가스 인벤토리 보고서」.
- 지식경제부. 2009b. 「국가에너지수급관리체계 구축을 위한 연구」.
- 지식경제부·에너지경제연구원. 2012a. 「2011년도 에너지총조사 보고서」.
- 지식경제부·에너지경제연구원. 2012b. 「2012 에너지통계연보」.
- 지식경제부·한국지질자원연구원. 2012. 「2011년도 광산물 수급현황」.
- 한국은행. 2010. 「우리나라의 국민계정체계」.
- 한국전력공사. 2013. 「2012년 한국전력통계」.
- 한국환경공단. 2011. 「2010년 기준 영농폐기물조사」.
- 한국환경공단. 2011. 「폐기물 다량발생 사업장 폐기물 감량현황」.
- 한국환경공단. 2012. 「2011년도 기준 폐기물 재활용실적 및 업체현황」.
- 환경부. 2004. 「환경경제통합계정 개발 및 녹색GDP 작성(II)」.
- 환경부. 2006. 「환경경제통합계정 개발 및 녹색GDP 작성(IV)」.
- 환경부. 2007a. 「환경경제통합계정 작성기반 구축 및 활용방안 연구(V)」.
- 환경부. 2007b. 「환경경제통합계정 작성기반 구축 및 활용방안 연구(VI)」.
- 환경부. 2009. 「환경경제통합계정 도입 및 환경정책 경제성 분석」.

- 환경부. 2012. 「2011 상수도통계」.
- 환경부. 2012. 「2011 전국 폐기물 발생 및 처리현황」.
- 환경부. 2012. 「2011 지정 폐기물 발생 및 처리현황」.
- 환경부. 2012. 「2011 하수도통계」.
- 환경부. 2012. 「2012 공장폐수의 발생과 처리」.
- 환경부. 2012. 「2012 환경통계연감」.
- 환경부. 2013. 「제4차(2011~2012) 전국폐기물 통계조사」.
- 환경부·국립환경과학원. 2013. 「2011년 기준 전국오염원조사 보고서」.
- Bleeker, A., Sutton, M., Winiwarter, W., Leip, A.. 2013. "Economy-wide Nitrogen Balances and Indicators: Concept and Methodology". OECD Working Party on Environmental Information. ENV/EPOC/WPEI(2012)4/REV1.
- Edens, B., de Hann, M., Shenau, S.. 2011. "Initiating a SEEA Implementation Program - A First Investigation of Possibilities". 6th Meeting of the UNCEEA.
- European Commission, IMF, OECD, UN, World Bank. 1993. *System of National Accounts 1993(1993 SNA)*.
- Eurostat. 2001. *Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators*.
- Eurostat. 2010. *Environmental Statistics and Accounts in Europe*.
- Federal Statistical Office of Germany. 2012. *Sustainable Development in Germany: Indicator Report 2012*.
- Federal Statistical Office of Germany. 2013. *Economy and Use of Environmental Resources*.
- Food and Agriculture Organization of United Nations(FAO). 1995. *The Code of Conduct for Responsible Fisheries*.

- Food and Agriculture Organization of United Nations(FAO). 2009a. *Global Land Cover Network : Land Cover Classification System*, v.3.
- Food and Agriculture Organization of United Nations(FAO). 2009b. *Harmonized World Soil Database*, v.1.1.
- Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC). 2003. *Good Practice Guideline on LULUCF*.
- Office for National Statistics. 2013. *UK Environmental Accounts 2013*.
- Pink, B.. 2013. *Towards the Australian Environmental-Economic Accounts*.
- Schenau, S., Delahaye, R., Edens, B., van Geloof, I., Graveland. C. and van Rossum., M. 2010. *The Dutch Environmental Accounts: Present Status and Future Developments*.
- Statistics Canada. 2006. *Concepts, Sources and Methods of the Canadian System of Environmental and Resource Accounts*.
- Statistics Netherlands. 2010. *Environmental Accounts of the Netherlands 2009*.
- Statistics Netherlands. 2011. *Green Growth in the Netherlands*.
- UNCEEA. 2013. "Implementation Strategy for the System of Environmental-Economic Accounting(SEEA)". United Nations Statistical Commission 44th session.
- United Nations Economic Commission for Europe. 2009. *United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources(UNFC-2009)*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. 2006. *Updated UNFCCC Reporting Guidelines on Annual Inventories*.
- United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development & World Bank(2003), *Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting 2003(SEEA 2003)*.
- United Nations, European Commission, Food and Agriculture Organization,

International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development & World Bank. 2012. *System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework*. White cover publication.

United Nations. 1995. *The Agreement on the Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks*.

United Nations. 2011a. *International Recommendations for Energy Statistics(IRES)*. Draft version.

United Nations. 2011b. *System of Environmental-Economic Accounting for Energy SEEA-Energy(SEEA-Energy)*. Draft version for global consultation.

United Nations. 2012a. *International Recommendations for Water Statistics(IRWS)*.

United Nations. 2012b. *System of Environmental-Economic Accounting for Water(SEEA-Water)*.

국가에너지통계종합정보시스템 : <http://www.kesis.net>

국가지하수정보센터 : <https://www.gims.go.kr>

국가통계포털 : <http://kosis.kr>

대기오염물질 배출량 사이트 : <http://airemiss.nier.go.kr>

국토교통통계누리 : <http://stat.molit.go.kr>

전력통계정보시스템 : <https://epsis.kpx.or.kr>

한국무역협회 무역통계 : <http://stat.kita.net>

한국석유공사 페트로넷 : <http://www.petronet.co.kr>

환경통계포털 : <http://stat.me.go.kr>

네덜란드 통계청 : <http://www.cbs.nl>

독일 연방통계청 : <https://www.destatis.de>

물적 플로우계정 및 환경 자산계정 작성을 위한 통계 인프라 연구

스웨덴 통계청 : <http://www.mirdata.scb.se>

영국 통계청 : <http://www.ons.gov.uk>

캐나다 통계청 : <http://www.statcan.gc.ca>

호주 통계청 : <http://www.abs.gov.au>

UNCEEA : <http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/ceea>