

리사이클링학과*(物質循環學科)의 構想 - 循環形社會의 구축을 위해서 -

†吳在賢·金俊秀*·閔芝源**

延世大學教 名譽教授, *韓國地質資源研究院, **韓國資源리사이클링學會

1. 머리말

20세기는 「대량생산」 「대량소비」 「대량폐기」의 시대이며, 공급자 중심의 경제활동을 전개해 왔다. 그러나 이러한 형태의 경제성장은 이미 한계에 달하고 있어, 우리들은 과거에 겪지 못한 심각한 지구환경의 위기에 직면하고 있다. 예를 들면, 지구온난화의 영향에 의하여 이상 기상현상의 빈발, 지구 규모에서의 물부족, 농업·어업에의 영향을 걱정하고 있다. 그리고 경제활동의 세계화, 아시아 각국의 자원수요와 폐기물 량의 증대, 천연자원의 고갈과 가격고등에 의한 자원절약 등의 현념(懸念)이 현재화(顯在化)하고 있다.

21세기는 이러한 문제를 해결하고, 환경보전과 경제성장이 양립하는 지속가능한 산업사회로의 전환을 이룩하는 것이 중요하다는 것이 세계적인 인식으로 되어 있다. 2008년도의 “G8북해도 도야호 서밋트”에서도 환경문제가 큰 테마의 하나로 되어 있다. 이러한 시기에, 늦은 감은 있지만, 우리의 환경교육은 물질순환 공학교육으로 강화되어야 한다. 즉 자원순환 경제사회를 구축해서 지속가능한 발전을 추구하는 인재를 양성해야 한다.

이러한 관점에서 본 논고는 물질순환공학에 오리엔트된 전문인 교육의 강화가 하루속히 실현되기를 바라는 마음에서 기술하였다.

2. 리사이클링학과(물질순환학과) 설치의 필요성과 배경

2.1. 직면하고 있는 지구온난화¹⁾

지구온난화가 진행하고 있다. 「지구온난화」란 단어는 일반인에게도 널리 알려지게 되었다. 그러나 지구온난화에 의해서 무엇이 일어나고, 그것이 우리들의 생활에 어떠한 지장을 미치고 있는가의 정보에 관해서는 충분하다

고 할 수 없다.

이산화탄소 농도의 상승에 의한 영향이라고 생각되는 변화를 다음에 예거하였다.

- (1) 이상기온의 발생
- (2) 강한 열대저기압의 발생, 대우(大雨)의 발생빈도의 증가
- (3) 해면상승
- (4) 생물의 서식·생육 상황의 변화

IPCC** 제4차 평가보고서 제1작업부회보고서에 의하면, 금세기말(2090-2099년)의 평균 기온상승은, 환경보전과 경제발전이 지구규모로 양립하는 사회에 있어서는 약 1.8°C(1.1-2.9°C)이다. 그러나 금후도 화석연료에 의존하여 높은 경제성장을 실현하는 사회에서는, 약 4.0°C(2.4-6.4°C)가 되는 것으로 예측하고 있다.

상기 평가보고서 제2부작업부회보고서에 의하면, 지금까지 평가된 식물 및 동물종의 20-30%는, 전 지구 평균기온의 상승이 1.5-2.5를 넘어선 경우, 절멸의 리스크가 증가하는 가능성이 높다고 한다. 그리고 세계적으로는, 잠재적 식료생산량은, 지역의 평균기온의 약 1-3°C까지의 상승폭에서는 증가하지만, 이 폭을 넘어서면 감소로 전환된다고 예측하고 있다.

산호에 있어서도 약 1-3°C의 해면온도의 상승에 의하여, 백화 및 광범위한 사멸이 빈발하는 것으로 예측되고 있다. 그리고 기온상승에 수반해서, 수억 인이 물부족의 심각화에 직면하게 된다.

현재 속도로 인류사회가 온실효과가스의 배출을 계속한다면, 이 상승폭은 언젠가 돌파될 것으로 예상된다. 바로 「지구온난화 종말시계」의 시간이 각인된 상황이라고 말할 수 있다. 파국으로 치닫는 시계의 초침을 정지시키기

* 3R(Reduce + Reuse + Recycle)을 총칭해서 Recycling이라고 한다면, 리사이클링사회와 순환형사회는 동의어로 해석되며, 따라서 물질순환학과와 리사이클링학과의 명칭은 같은 내용의 것이다.

** 기후변동에 관한 정부 간 패널

[†] 2008년 6월 30일 접수, 2008년 12월 1일 수리

* E-mail: kirr@kirr.or.kr

위해서, 지구온난화 대책의 가속이 긴급 과제로 되고 있다.

2.2. 순환형사회를 뒷받침하는 기술

지구온난화를 막고, 지속가능한 사회로 전환하려면 순환형사회의 구축이 절대적이다. 순환형사회를 지향하는 우리 사회는, 각종 기술에 의해서 뒷받침되고 있다. 시대에 따라서 우리사회의 경제활동의 양상이 다르고, 소비되는 천연자원 및 제품, 서비스 활동의 양도 종류도 변화해 왔다. 그 결과 배출되는 폐기물의 양도 질도 변화했다. 이러한 변화에 대응해서, 제품의 제조공정 및 폐기물의 처리과정에 있어서, 위생적인 처리, 유해물질의 제거, 자원·에너지의 절약을 시도하는 다음의 여러 가지 기술이 발달해 왔고, 앞으로 계속 개발해야 한다.

가. 위생면의 향상 :

- (1) 시노 처리 기술
- (2) 수집·운반 기술
- (3) 소각기술 등의 중간 처리 기술
- (4) 최종 처분 기술
- (5) 폐기물의 흐름을 투명화하는 기술

나. 유해물질 대책 :

- (1) 수은
- (2) 다이옥신류
- (3) PCB
- (4) 석면(아스베스트)
- (5) 감염성 폐기물

다. 3R을 뒷받침하는 기술 :

- (1) 3R을 뒷받침하는 정책
- (2) Reduce, Reuse 기술
- (3) Recycle에 배려한 제품 등의 설계
- (4) 폐기물을 자원으로 : material recycle 기술
 - ㉠ 용기포장 폐기물의 리사이클
 - ㉡ ELV의 리사이클
 - ㉢ 건설폐기물의 리사이클
 - ㉣ 식품폐기물의 리사이클
 - ㉤ 고지의 리사이클
 - ㉥ 소각재의 리사이클
- (5) 폐기물을 에너지로 : thermal recycle 기술
 - ㉦ 쓰레기 발전
 - ㉧ 바이오매스 발전
 - ㉨ RDF
 - ㉩ RPF
 - ㉪ 바이오디젤 연료

㉫ 바이오 에탄올

라. 금속계 자원순환을 위한 기술 :

- (1) 철, 동, 알루미늄
- (2) 희소금속·중금속류

3. 우리나라 대학에서의 환경교육 및 리사이클링(물질순환학)교육의 현황과 분석²⁾

리사이클링(물질순환)학과를 구상함에 있어서 우리나라 대학의 환경공학과 및 자원공학과에서 리사이클링(물질순환)과 관련되는 교과목을 얼마나 이수하고 있는지를 먼저 알아야 한다.

3.1. 환경공학과와 교과목 분석 *

대학에서 자율적으로 개설하고 있는 교과목을 분석한다는 것은 매우 어렵다. 또, 최근 각 대학들의 학과 구분이, 단위 학과가 아니라 학부제 또는 학과군제로 변경되고 있는 과도기여서 분석을 더욱 어렵게 하고 있다.

환경공학과와 교과목 분석은 가장 유서가 깊은 서울시립대학교 및 동아대학교와, 비교적 늦게 출발한 동신대학교의 교과목을 분석해 보았다. 서울시립대학교는 환경공학과만으로 학부를 구성한 경우이고, 동아대학교는 타과(자원공학과)와 학부를 구성한 경우, 동신대학교는 독립학과와 학부의 중간적인 성격을 갖는 학과군제를 도입하고 있는 경우를 대표한다.

서울시립대학교의 경우에는, 환경공학 전공만으로 학부제를 구성하고 있는 대표적인 학교로서, 전공을 '수질공학', '대기공학', '폐기물공학', '상하수도공학'의 4개 전공으로 구분하고 있으며, 전공별 지정과목(6과목)을 이수한 경우에는 해당 전공을 부여토록 되어 있다.

동아대학교는 지구환경공학부 내에 환경공학 전공으로 되어 있으며, 동신대학교는 토목·환경공학과군 내에 환경공학과로 설치되어 있다.

학생들에게 공통적으로 필요한 교과목들, 즉 화학, 물리, 수학(통계), 생물/미생물, 법규들은 공통과목으로 분류하였으며, 계열 기초 과목은 교양과목이지만 실질적으로 공통과목과 유사한 특성을 갖고 있는 과목이다. 공통과목은 전체적으로 21-31%(학점 기준)를 차지하고 있는데, 동신대와 같이 계열기초를 지정하고 있는 경우에는, 44%의 과목이 공통과목으로 구성되어 있다. 환경과목의 전공과목은 크게 수질오염, 대기오염, 폐기물, 환경영향

* 참고문헌 2) 및 인터넷자료에 의함.

표 1. 환경공학과의 교과목 분석

(단위 : 과목/학점)

구분	계열 기초	공통 과목	수질 오염	대기 오염	폐기물	소음 진동	환경영향 평가지리 정보시스템	기타	합계
서울 시립대	-	19/27	13/39	7/21	5/15	2/6	2/6	4/12	52/126
동아대 (부산)	-	10/26	7/21	5/15	2/6	1/3	1/3	5/14	31/85
동신대 (전남)	7/15	12/32	8/24	6/17	4/11	1/3	-	2/6	40/108

평가·환경지리정보시스템, 소음·진동 및 기타(토양오염, 해양오염 등)로 구분하여 분석하였다(표 1 참조).

수질오염과 관련된 과목은 7-13개 교과목이 개설되어 있으며, 학점기준으로는 22-30%로서 어느 학교에서나 타 분야에 비해서 높은 비중으로 다뤄지고 있다. 대기오염의 경우에는 5-7개 교과목에 학점기준으로는 13-18%로서 수질오염 다음으로 큰 비중을 차지하고 있다. 리사이클링과 관련이 깊은 폐기물의 경우에는 2-5개 과목이 개설되어 있으며, 학점기준으로 7-12%의 비중을 차지하고 있다. 소음·진동은 1-2과목만 개설되어 있다. 기타 과목은 학교에 따라 토양오염 및 지하수처리공학, 환경CAD, 환경위생학, 환경기전설비(서울시립대), 토양오염관리, 측량학 및 연습, 환경기계, 환기공학, 환경시설설계(동아대), 토양오염, 해양오염(동신대) 등이 기타 과목에 포함된다.

3.2. 자원공학과의 교과목 분석 *

표 2는 전북대학교 자원에너지공학과 교과목을, 표 3은 동아대학교 지구환경공학부 자원공학전공 교과목을 표시한 것이다. 전북대학교의 경우, 자원순환학과 관련 깊은 과목은 고형폐기물관리(I), (II), 폐기물처리 및 재활용(I), (II) 의 4과목 뿐이다. 한편 동아대학교의 경우는 재활용공학, 분체정제공학, 폐기물처리공학, 연소공학 및 건설폐기물처리실험 등 5과목이 개설되어 있다.

자원공학과는 내용의 변천이 많을 뿐 아니라, 폐과되었다가 다시 개설되는 등 최근 동향 파악이 힘들다.

그러나 자원공학과 설치 대학은 전국적으로 10개 대학교에 불과하여 환경관련학과**에 비하여 자원공학과와 리사이클링공학 인력양성은 아주 소수임을 알 수 있다.

3.3. 요약

환경에 대한 관심과 그 중요성이 대두되고 환경산업

의 발달과 함께 환경전문인력에 대한 수요가 늘어나면서 대학에서의 환경전문인력 양성은 본격화 되었다. 그러나 환경산업이 수용 할 수 없는 이상의 과잉인력이 배출되고 더욱이 산업현장에서 요구하는 전문성의 부재가 문제되고 있다.

환경산업이 요구하고 있는 전문인력을 양성하기 위해서는 교육 특성화가 이루어져야 하고, 또한 환경산업의 발달을 염두에 두고 교육과정이 개선되어야 한다.

이 방법의 하나로, 현재 일부 환경공학과를 리사이클링(물질순환)에 오리엔트된 리사이클링공학과(혹은 물질순환공학과)로 전환하는 것이 바람직하다. 지금 사회에서는 자원순환(물질순환)사회의 구축을 요망하고 있다. 자원순환사회를 구축하지 않고서는 삶의 지속이 불가능하기 때문이다. 이미 점점한 바와 같이 환경관련 학과에서나, 자원공학관련 학과에서나 물질순환관련 과목(혹은 리사이클링 과목)의 개설과목과 학점 수는 사회의 요망에 턱없이 부족하다.

4. 대학에서의 자원순환공학 전문인 교육 프로그램의 전개

4.1. 제로에미션 (Zero Emission) 을 향해서⁴⁾

1992년 브라질의 리우데자네이루에서 개최된 UN환경개발회의(지구씨밋트)는, 세계 사람들의 이목을 집중시켰다. 이 지구씨밋트에서는, 「환경」이란 테마를 국제정치의 무대에 올려놓은 20년 전의 UN인간환경회의(개최지 스톡홀름)에 이은 회의였다. 지구씨밋트는 새로운 시대의 막을 여는 알림이었다. 국제적인 중요과제가 되어 있는 것은, 동서의 대립이 아니고, 예코로지컬한 지속가능성이다. 이 지속가능한 발전은 개발에의 요구와 환경문제를 통합하는, 처음으로 보여주는 공식적인

* 인터넷에 의한 자료

** 1999년도, 환경관련학과 졸업생수³⁾, 2년제대학 5,092명, 4년제대학 3,666명

표 2. 전북대학교 자원에너지공학과 교과목

학년	학기	학수구	과목명
1	1	교필	공업수학 I / 일반화학 및 실험 I / 일반물리학 및 실험 I
	2	전필	광물공학 및 실험 / 자원지질학
		전선	지구물리학개론
2	1	전필	기초물리탐사 / 암석역학
		전선	고형폐기물관리 I / 개발시스템공학 / 에너지열역학 / 환경지구화학개론
		교직	교육학개론 / 교육심리학
	2	전선	암석역학 II / 고형폐기물관리 II / 물리탐사를 위한 기초물리 / 해양자원공학 / 기초에너지공학개론
		교직	교육사회학 / 교육철학 및 교육사
3	1	전선	굴착공학 / 대체에너지개론 / 물리탐사의 활용 / 산업폭약 / 응용지구화학 및 실험 / 폐기물 처리 및 재활용 I
		교직	교육방법 및 교육공학 / 교육행정 및 교육경영
	2	전선	발파공학 / 물리탐사자료처리 및 실험 / 암석물성 및 실험 / 암석 및 광상학 / 에너지 열전달 / 폐기물처리 및 재활용 I
		교직	교육과정 및 교육평가 / 공업교재연구 및 지도법
4	1	전필	현장실습 I
		전선	지반공학 / 무기재료원료공학 I / 암반발파설계 및 실습 / 수소에너지공학 / 현대물리탐사의 이해
		교직	교육실습 / 공업교육론
	2	전선	사면안전공학 / 태양에너지공학 / 무기재료원료공학 II / 환경지질공학 / 현장실습 II

표 3. 동아대학교 지구환경공학부 자원공학전공 교과목

소재공학 / 화양 및 발파 / 암석역학 / 지반구조 지질공학 / 건설재료학 / 광물학 / 탐사공학 / 지하공간환경공학 / 굴착공학 / 응용발파공학 / 원격탐사공학 / 재활용공학 / 산업환경공학 / 지하수공학 / 암석학 / 암석역학실험 / 해체공학 / 공간환경공학실험 / 분체정제공학 / 폐기물처리공학 / 터널환경공학 / 건설공학실험 / 탐사공학실험 / 지하계측공학 / 야외지질조사 / 자원론 / 연소공학 / 건설폐기물처리실험 / 지하수모델링 / 지구환경화학탐사 / 지하공간 건설공학 / 공업수학 I / 지구과학 / 공업수학 II
--

시도라고 할 수 있다. 또 이 지구를 파괴(破局)으로부터 지키기 위하여 순환형사회 및 경제로의 전환을 요청하는 표어라고도 할 수 있다.

산업계가 크게 방향을 전환하여, 끝없는 성장과 이익을 추구하는 오늘의 세계 시장 시스템으로부터 보다 나은 지속가능한 미래로 향하기 위해서, 기업인이 먼저 생각해야 할 일은, 환경과 사회의 위기라는 현실이다.

산업계는 금후 10년간, 그 제조공정을 재설계하여, Zero Emission 즉 폐기물을 전혀 배출하지 않는 생산 시스템으로 전환하도록 요구받을 것이다. 제로결함, 제로재고라고 하는 과제를 극복한 후에는, 이 Zero Emission이 생산기술자의 공동목표가 될 것이다. 모든 형태의 폐기물을 없애는 프로세스는, 코스트를 일관해서 삭감하는 노력을 말한다. 더욱이 산업 그룹화 후에,

지금까지 지향한 수직통합과는 명확히 다른 형태의 산업통합의 움직임이 가속하게 된다. 공통점이 거의 없다고 생각되는 부문끼리 긴밀하게 링크하게 될 것이고, 산업방향을 리드하는 사람들은, 새로운 투자목표를 정할 때 새로운 산업의 협력형태를 계획하지 않으면 안 될 것이다.

폐기물을 전혀 배출하지 않는 생산은 무리라고, 지금은 생각하고 있다. 적어도 현재의 시장 조건하에서는 비용이 과다지출 된다고 생각하고 있다. 그러나 20년 전을 생각해 보자. 당시 완벽한 품질, 즉 결함제로의 제품을 만든다는 것은 무리한 주문이라고 생각하고 있었다. 지금은, 완벽한 품질이 아니면 시장에서 살아남을 수 없다고 누구나 다 생각하고 있다. 질을 높인다는 것은 여분의 코스트가 든다고 처음에는 생각하였다. 그러나 에

프터케어(after care)를 위한 비용이 적기 때문에 이익이 오른다는 것을 알게 되었다. 그리하여 완벽한 품질이 경쟁력을 가지기 위한 수단이라는 생각이 서서히 침투하여, 현재에서는 시장에 참가하기 위한 전제조건임을 알게 되었다. 이와 같은 프로세스는 Zero Emission에 대해서도 말할 수 있다. 지금은 그것이 가능하다고 생각하는 사람이 거의 없어도, 20년 후에는 Zero Emission이 표준으로 되어 있을 것이다.

이미 시장에서의 지위를 확보하고, 경쟁 타사보다도 우위에 있고, 고객, 주주, 지역사회 등의 신뢰를 유지하고 싶다고 생각하는 기업은, 폐기물의 삭감에 노력하고 있다. 그러기 위한 최초의 스텝은, 에너지 효율을 높이는 노력이었다. 한편 환경문제가 국제적으로 크게 대두되고 있는 가운데, 기업은 성에너지 및 물과 대기를 오염시키는 물질의 배출을 삭감하는 노력과 더불어 새로운 것을 추구하고 있다.

이러한 방향에의 흐름을 더욱 힘차게 하기 위해서는, 새로운 형태의 교육프로그램이 출현하지 않으면 안 된다.

4.2. 4년제 대학(혹은 2년제 대학) 리사이클링(물질순환)학과 교과목 시나리오⁵⁻⁶⁾

표 4는 4년제 대학(혹은 2년제 대학) 물질순환학과의 교과목 시나리오이다. 물질순환학에 관련된 광범위한 전문 과목을 망라하였다. 이 중에서 취사선택은 대학의 방침과 담당교수의 평가에 의한다. 특히 2년제 대학에 있어서는 리사이클링 단위조작의 이론과 기술을 간략화 할 필요가 있다.

4.3. 대학원 리사이클링학과(물질순환학과)의 교과목 시나리오*

표 5에 본 대학원의 석사과정, 표 6에 본 대학원의 박사과정 교과목을 예시하였다.

표 4. 4년제 대학(혹은 2년제 대학) 리사이클링학과(물질순환학과)의 교과목 시나리오

구 분	내 용			
리사이클링 총론 (리사이클링 기초학)	1. 리사이클링 개요 2. 리사이클링 법·제도·정책 및 평가 3. 폐기물흐름의 특성 4. 리사이클링 목표와 우선순위 5. 선별 및 수집시스템 6. 리사이클링 프로세스 시설 7. 시장개척 : 문제와 해법 8. 자금조달계획과 프로그램 개발 9. 리사이클링 윤리학			
리사이클링 단위 조작 기술	물리적 단위 조작	1. 고체·고체 분리	(1) 분쇄 (2) 분립 (3) 비중선별 (4) 자력선별 (5) 전기적선별	(6) 부선 (7) 수선 (8) 광학적 선별 (9) 기타
		2. 고체·액체 분리	(1) 농축 (2) 여과 탈수 (3) 건조	
		3. 고체·기체 분리	(1) 개요 (2) 고·기분리(집진)의 원리 (3) 장치의 선택	
		4. 성형	(1) 개요 (2) 조립장치의 분류 (3) 폐기물의 조립(造粒)	
	화학적 단위 조작	1. 건식처리	(1) 배소·소성·열분해 (2) 용융 (3) 휘발 증류	
		2. 습식처리	(1) 침출·용해 (2) 석출·침전 (3) 용매추출	(4) 전해 (5) 기타

표 4. 계 속

구 분	내 용	
리사이클링 물질 (Recycling materials)	1. 금속 자원 리사이클링	(1) 금속캔의 리사이클링 (2) 폐건전지의 리사이클링 (3) 폐납축전지의 리사이클링 (4) 철 스크랩의 리사이클링 (5) 알루미늄의 리사이클링 (6) 폐 PCBs의 리사이클링 (7) 폐촉매의 리사이클링
	2. 세라믹 자원 리사이클링	(1) 페유리의 리사이클링 (2) 석탄회 (Fly ash)의 리사이클링 (3) 폐주물사의 리사이클링 (4) 시멘트 산업에 있어서의 리사이클링 (5) 건설부산물의 리사이클링 (6) 산화철의 리사이클링
	3. 고분자 자원의 리사이클링	(1) 폐플라스틱 포장용기의 리사이클링 (2) PET 용기의 리사이클링 (3) 발포스티렌 용기의 리사이클링 (4) 폐유 (廢油)의 리사이클링
	4. 오니류의 리사이클링	(1) 하수오니의 리사이클링 (2) 염색오니의 리사이클링 (3) 제철소 오니의 리사이클링 (4) 도금폐액 및 오니의 리사이클링 (5) 제지산업 오니의 리사이클링
	5. 유기성 자원 리사이클링	(1) 페타이어의 리사이클링 (2) 폐고무의 리사이클링 (3) 고지 (古紙)의 리사이클링 (4) 폐종이 (우유) 팩의 리사이클링 (5) 음식물찌꺼기의 리사이클링
	6. 광재 및 분진 리사이클링	(1) 제철슬래그의 리사이클링 (2) 제철소 분진의 리사이클링 (3) 전기로 제강더스트의 리사이클링
	7. 완제품 리사이클링	(1) 폐가전제품의 리사이클링 (2) 자동차의 리사이클링
리사이클링 시설과 장치	1. 물류기지 2. 물질회수 시설 3. 매립과 소각에 의한 종합 리사이클링 4. 폐기물 처리 야드 5. 수집차량과 장치 6. 처리 장치	
리사이클링 조업	1. 리사이클링 프로그램의 기획과 실시 2. 공중도덕과 안전프로그램 3. 종업원 및 매니저의 훈련 4. 리사이클링 프로그램의 기안, 결정, 방법 5. 리사이클링 산업에서의 컴퓨터의 역할 및 자료수집, 코스트 컨트롤	

4.4. 리사이클링 (물질순환학과)의 대학 및 대학원
커리큘럼의 모델

4.2와 4.3에서 작성한 교과목 시나리오를 참고로 하여

실제 대학 및 대학원에서 학년별로 설정되어야 할 커리큘럼의 모델을 예시하였다. 표 7은 대학, 표 8은 대학원의 교과목 모델이다.

* 日本, 東北大學 대학원 환경과학연구과 물질·재료순환학 코스
의 설정 교과목을 주로 참고로 하였다.

표 5. 본 대학원의 석사과정 교과목

구분	내용
공통과목	공통과목 A : 환경과학개론 공통과목 B : 환경과학연습 / 환경문명론 / 지구환경·사회시스템학개론 / 지구시스템·에너지학개론 / 환경화학·생태학개론 / 물질·재료순환학개론
전문 기반과목	물성화학 / 소재평가학 / 응용재료물리화학 / 상변태론 / 표면화학 / 재료반응속도론 / 재료계면설계학 / 응용구조재료학 / 생태학합동강의 (프로그램)
전문과목	환경기술정책론 / 환경물질제어학 / 환경법과 환경정책 / 환경논리와 매니지먼트 / 환경부하평가학 / 재료리사이클링학 / 환경조화재료학 / 소재분석과학 / 금속자원재생시스템학 / 프로세스에너지평가학 / 환경조화프로세스설계학 / 환경조화기능재료학 / 예코·디자인소재학 / 에너지재료학 / 환경분체공학 / 환경해석화학 / 고온소재제조공학과 석사연수 / 특별강의 / 특별연수 / 물질·재료순환학세미나 / 물질·재료순환학석사연수

표 6. 본 대학원의 박사과정 교과목

학제 기반과목	환경재료평가학특론 / 환경재료프로세스학특론 / 환경재료기능학특론 / 환경문명론 / 박사연수 / 특별강의 / 특별연수
전문과목	물질·재료순환학박사세미나 / 물질·재료순환학박사연수

표 7. 대학 리사이클링공학과(물질순환공학과) 커리큘럼의 모델

학년	교과목	
	1 학기	2 학기
2	리사이클링공학 개론 / 환경문제 특별강의 / 분리 선별공학(A) / 분석화학 / 화학열역학	공학윤리학 / 에너지자원공학 / 분리선별공학(B) / 분석화학실험 / 고분자재료학
3	물질순환공학(A) / 화학반응공학 / 바이오공학 / 표면과학 / 분리선별공학실험(A)	물질순환공학(B) / 수용액화학 / 기능재료공학 / 환경 및 리사이클링 법규 / 분리선별공학실험(B)
4	상변태론 / 물질정제학 / 자원순환프로세스학 / 화학반응공학실험 / 산업연계강좌(A)	폐수처리기술 / 리사이클링물류 및 경제학 / 리사이클링비즈니스론 / 수용액화학실험 / 산업연계강좌(B)

표 8. 대학원 리사이클링공학과(물질순환공학과) 커리큘럼의 모델

<석사과정>		
학년	교과목	
	1학기	2학기
1,2 학년 공동	환경·리사이클 물리화학 / 클린에너지기술론 / 자원순환공학개론 / 리사이클링기술정책론 / 환경문명론(1) / 리사이클링분체공학 / 재료리사이클학 / 환경부하평가학 / 소재분석과학 / 물질·재료순환학세미나 / 석사논문연구	환경비즈니스론 / 환경·에너지전환론 / 리사이클 재료물리화학 / 자원순환프로세스학 / 환경법과 환경정책 / 환경윤리와 매니지먼트 / 고온소재제조공학과 / 금속재생시스템학 / 환경조화프로세스설계학 / 물질·재료순환학연수 / 석사논문연구
<박사과정>		
환경재료평가학특론 / 리사이클재료프로세스학특론 / 리사이클기능학특론 / 환경문명론(2) / 특별강의 / 특별연수 / 물질·재료순환학 박사세미나 / 물질·재료순환학 박사연수 / 박사학위 논문연구		

5. 종합

(1) 지금 세계는 지구온난화로 위기에 처해 있다. 이 위기에 대처하기 위해서는 지속가능한 사회로의 전환이 요구되고 있고, 그러기 위해서는 순환형사회를 뒷받침하는 기술을 개발해야 한다. 이러한 전문인 기술자의 양

성을 위한 대학에서의 리사이클링학과(물질순환학과) 설치 절실하다.

(2) 우리나라 대학에서의 환경교육은 환경산업이 수용할 수 없는 이상의 과잉인력이 배출되고 더욱이 산업현장에서 요구하는 전문성의 부재가 문제가 되고 있다. 환경산업이 요구하고 있는 전문인력을 양성하기 위

해서는 교육 특성화가 이루어져야 하고, 또한 환경산업의 발달을 염두에 두고 교육과정이 개선되어야 한다. 이 방법의 하나로, 현재 일부 환경공학과를 리사이클링(물질순환)에 오리엔트 된 리사이클링공학과(혹은 물질순환공학과)로 전환하는 것이 바람직하다.

(3) 리사이클링(물질순환) 전문인 교육프로그램을 전개하였다. 먼저 4년제 대학 및 대학원의 리사이클링학과(물질순환학과)의 교과목 사나리오를 작성하고, 커리큘럼의 모델을 제시하였다.

부기

본 고는, 재활용분야의 발전을 위한 리사이클링 교육기반 구축 타당성 검토사업(I) -대학과 사회인을 중심으로- 의 일부를 요약한 것이다. 본 과제를 재정적으로 지원해준 자원재활용기술개발사업단(단장 이강인)에게

진심으로 사의를 표한다.

참고문헌

1. 日本 環境省 編, 2007: 環境・循環型社會 白書, 총설 1- 진행중인 지구온난화 대책기술, 총설 2 - 日本의 순환형 사회 형성을 뒷받침하는 기술, (주)ぎょうてい.
2. 최석진 외, 2002: 21세기 한국의 환경교육, 교육과학사.
3. 교육부 : 교육통계연감(1997~1999).
4. Fritjof Capra and Gunter Pauli(赤池學 監譯), 1996: 제로 에미션 -지속가능한 산업시스템에의 도전-, 國連大學 出版局(東京).
5. 資源・素材學會 資源리사이클링部門委員會 編, 1991: 資源리사이클링, 日刊工業新聞社.
6. 자원재활용기술개발사업단·(사)한국자원리사이클링학회, 2004: 2004년도 리사이클링백서, 淸文閣.

吳 在 賢

- 현재 연세대학교 명예교수
- 현재 한국자원리사이클링학회 명예회장
- 당 학회지 제10권 5호 참조

金 俊 秀

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제11권 2호 참조

閔 芝 源

- 현재 한국자원리사이클링학회 실장
-