



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권으로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

낙동강 하구둑의 기능에 대한
에머지분석



2007년 2월

부경대학교 대학원

환 경 공 학 과

이 영 애

공학석사 학위논문

낙동강 하구둑의 기능에 대한
에머지분석

지도교수 이 석 모

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2007년 2월

부경대학교 대학원

환 경 공 학 과

이 영 애

이영애의 공학석사 학위논문을 인준함

2006년 12월 일



주 심 이학박사 박 청 길



위 원 공학박사 김 상 단



위 원 공학박사 이 석 모



목 차

I. 서 론	2
II. 이론적 배경	3
2.1 시스템 생태학	3
2.2 에머지 개념	5
III. 연구방법	10
3.1 에너지 시스템 다이어그램 작성	10
3.2 에머지 평가표 작성	10
3.3 에머지 편익분석	12
IV. 결과 및 고찰	13
4.1 낙동강 하구역의 경계와 범위설정	13
4.2 낙동강 하구역의 시스템 분석	16
4.3 낙동강 하구둑 건설전후의 에너지 다이어그램	17
4.4 낙동강 하구둑 건설전후의 에머지 분석	18
4.5 낙동강 하구둑 건설전후의 생태·경제학적 가치평가	21
V. 고찰	23
Appendix A. Summary flows for the Korea in 2004	24
Appendix B. Footnotes	27
감사의 글	34
참고문헌	39

표 목 차

Table 3.1 Tabular format for emergy evaluation	11
Table. 4.1 Area of Nak-Dong River estuary barrage	15
Table 4.2 Index of environmental sources and productions	16
Table 4.3 Emergy evaluation of Nak-Dong River estuary before construction of barrage	19
Table 4.4 Emergy evaluation of Nak-Dong River estuary after construction of barrage	20
Table 4.5 Environmental accounting of energy flow before construction of barrage	22
Table 4.6 Environmental accounting of energy storage after construction of barrage	22

그 립 목 차

Fig. 2.1 The methodological roots of systems ecology	4
Fig. 2.2 Hierarchical chain of energy transformations: (a) decrease of energy in successive transformations; by-product pathways are omitted; (b) energy-transformation ratios in solar equivalents; (c) spatial hierarchy characteristics	6
Fig. 2.3 Energy quality chain used to calculate solar transformity	7
Fig. 2.4 Energy inputs used to evaluate the energy/money ratio of the national economy	8
Fig. 2.5 Systems diagram of the autocatalytic storage to energy transformation process	9
Fig. 3.1 Typical energy sources driving an environmental system arranged in order from low quality on left to high quality on right	11
Fig. 4.1 Sal.(‰) changes on the sea surface cause of barrage discharge	14
Fig. 4.2 Boundary of Nak-Dong River estuary	15
Fig. 4.3 Energy diagram of Nak-Dong River estuary before and after construction of estuary barrage	17

*Emergy Analysis of the Function
of the Nak-Dong River Estuary Barrage*

Young-Ae Lee

Department of Environmental Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Estuary is the important place. We constructed the barrage in the Nak-Dong River Estuary, thus so many changes happened. We analysed the eco-economical benefits and cost with Emergy analysis before and after the barrage construction. The big changes can be divided into five parts. First, Environmental resources energy inputs are the decrease of tidal Energy and the increase of Earth cycle energy. Second, economic purchased inputs for water quality management and management of the barrage are increased. Third, production parts of water supply, Transportation, Electricity and Mineral Product are increased. Forth, indigenous storages of mud&sediment, phytoplankton, benthos are decreased. And the last, the cost of construction is added.

Total eco-economical benefit-cost is following ;

Construction of barrage gained $1.20\text{E}+10\text{won/yr}$ as energy sources and lost $1.02\text{E}+11\text{won}$ as energy storages and construction cost.

I. 서 론

하구역이란 기수와 담수가 만나는 구간으로 특별한 물리·화학·생물·환경적 특성 때문에 생산성이 아주 높은 전형적인 전이생태계로서 오래전부터 인간활동의 중심공간으로 기능하여왔다. 이는 하천과 바다가 만나는 수역뿐만 아니라 주변의 갯벌, 육상생태계까지 모두 포함하며, 하구는 생물서식처, 산란장 및 은신처, 자연재해 방지공간, 오염물정화지역의 공간으로 생산물의 교환을 통해 지역경제에 기여하고, 심미·문화적 가치, 교육 및 과학연구 등의 다양한 기능을 가지는 것으로 알려져 있다. 이러한 많은 기능을 가진 하구 중 하나인 낙동강 하구에 지난 반세기 동안 일어난 고도성장과정에서 필요한 여러 가지 용수공급, 염해방지, 농지확보, 산업단지조성, 교통로 확보 등의 이익을 얻기 위한 목적으로 하구둑이 건설되었고 그 주변이 간척·매립되어 훼손되었다. 그 결과 수질오염, 자연재해 발생 등의 문제점이 심화되고 있다. 따라서 좀 더 많은 관심과 연구가 필요하다. 선행연구결과에 의하면 현재 최대 985km²로 추정되는 우리나라 하구습지 면적이 매립을 포함한 연안개발로 인해 2011년에는 30%정도 감소할 것이라고 한다(이창희, 2001). 이와 같이 개발로 인해 하구습지의 존재가 위협받고 있는 상황에서 낙동강 하구역은 우리나라에서 보기 드물게 국토의 계획 및 이용에 관한 법률, 자연환경보전법, 습지보전법, 문화재보호법, 해양오염방지법 등 다섯 가지의 법에 의해 자연환경보전지역(52.74km²), 생태계 보전지역(34.2km²), 습지보호구역(34.2km²), 문화재 보호구역(231.9km²), 특별관리해역(741.5km²)으로 나뉘어 보호되고 있는 하구이며 그 중요성이 이미 인정되었다고 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 하구둑 건설 전과 후의 하구역을 자연환경과 인간경제활동이 미치는 역할에 대해 모든 요소를 과학적으로 고려하여 하나의 공통척도로 평가하는 에머지 분석법으로 그 편익과 비용을 분석하여 하구습지의 중요성을 재조명하고 낙동강 하구역의 하구둑 축조 전과 후의 가치를 평가하여 하구둑으로 인해 생기는 에머지량 변화를 통해 편익분석을 실시하였다.

II. 이론적 배경

2.1 시스템 생태학

시스템 생태학(systems ecology)은 지구의 환경문제를 국지적인 차원의 지역문제나 개별산업문제 또는 기술의 문제로만 인식하지 아니하고 하나의 통합된 시스템으로 파악하여, 인간을 포함한 모든 생물군과 그 주변의 환경을 하나의 통합된 시스템으로 인식하여 시스템 내의 구성요소들 사이에 일어나는 유기적인 관계와 상호작용을 체계적이고 정량적으로 파악하는 학문이다. 포괄적인 접근방식을 이용하는 시스템 생태학은 Fig. 2.1과 같이 물질과 에너지 흐름으로 형성되는 자연생태계 및 인간의 경제활동에 대해 에너지 척도를 기초로 시스템의 구조를 다이어그램으로 표현하고 이를 바탕으로 생태계의 부분적 기능을 통합하여 하나의 시스템으로 연구하는 학문이다.

시스템 생태학은 자연 생태계에서 일어나는 에너지 및 물질의 흐름과 변화과정을 시스템 언어로 분석하여 인간과 자연의 유기적 관계를 정량적으로 규명할 수 있는 방법을 제시해 주기 때문에 우리에게 자연을 보는 새로운 안목을 가질 수 있게 해주며, 오늘날 우리가 겪고 있는 환경문제를 해결하는 한편 자연을 합리적으로 보호하는데 활용될 수 있다. 또한 지역이나 국가 그리고 세계를 하나의 시스템으로 간주하고 재화의 이동이나 인간의 역할에 시스템 이론을 적용하는 예를 제시하여 사회과학 분야의 연구에 새로운 접근 방법을 제시해 줄 것으로 보인다. 시스템 분석을 통한 에머지 분석으로 생태계를 분석하고 재구성하는 에너지 시스템 모델을 이용하여 시스템을 종합적으로 평가하고 있다. 그 결과는 실질적인 부의 평가와 공공의 이익을 위한 정책을 선택하는데 충분한 과학적 근거를 제공할 수 있을 것이다.

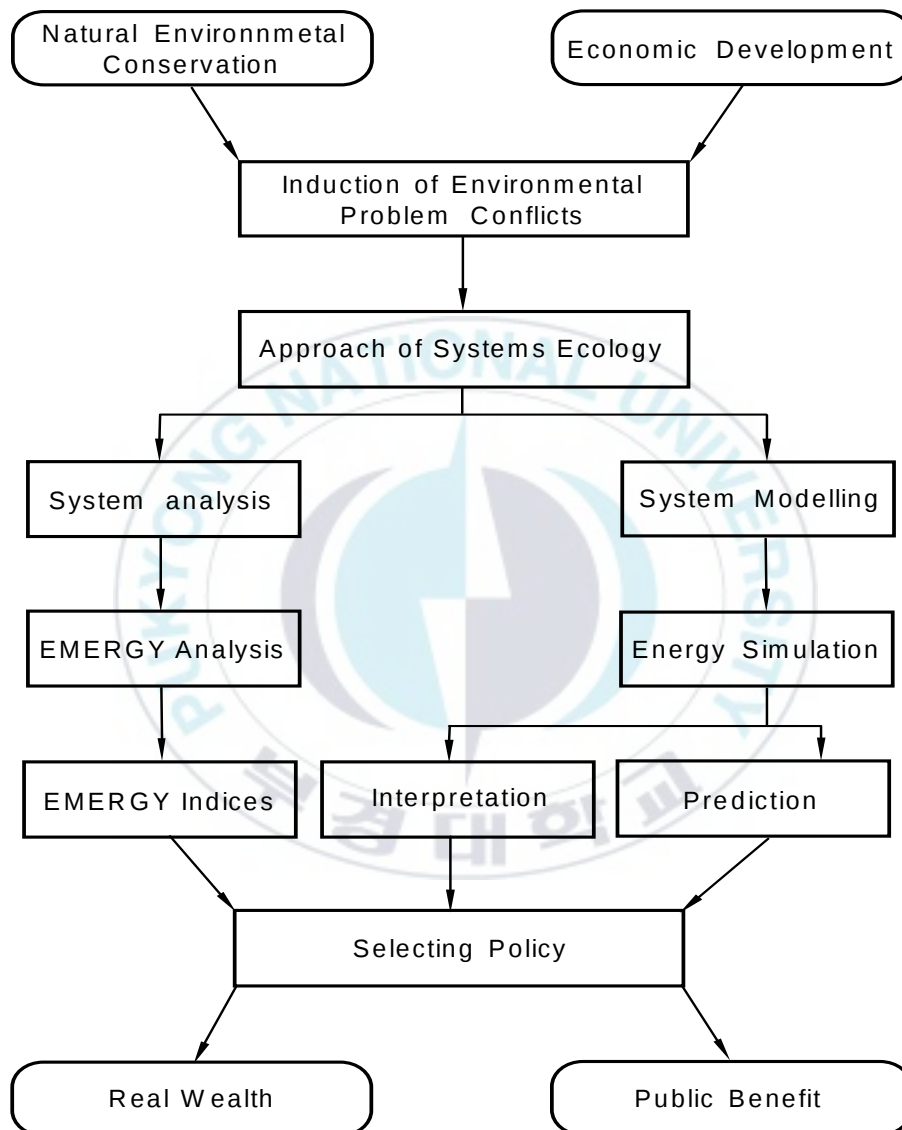


Fig. 2.1 The methodological roots of systems ecology.

2.2 에머지 개념

가. 에머지의 정의

지구 순환과정은 Fig. 2.2와 같이 각 에너지원에서 공급되는 다량의 저급 에너지로부터 내부요소에 의해 이용되어 소량의 고급에너지로 전환되는 계층 구조를 가지고 있다. 또한, 생태계 내의 에너지 흐름도 에너지변화, 되먹임, 상호작용, 재순환 등으로 구성된 연결망 구조를 가지고 에너지 변환이 수렴되는 계층구조를 형성하고 있다. 그러므로 물리학적으로 같은 크기의 에너지라도 실질적으로 일을 할 수 있는 능력에는 차이가 있다.

이러한 차이를 지구생산활동의 원동력인 태양에너지를 기준으로 하여 동일한 척도로 평가하기 위하여 각기 다른 형태의 재화와 용역이 형성되기까지 직·간접적으로 소모된 태양 에너지의 양을 Solar Emergy 라고 정의한다.

나. Transformity

에너지의 흐름은 에너지 변환, 되먹임, 상호작용 그리고 재순환으로 구성된 연결망 구조를 가지고 있다. 이러한 흐름의 연결망 구조는 에너지 변환이 수렴하는 계층구조(hierarchy)를 형성한다. 에너지의 형태가 다르면 에너지의 질이 다르기 때문에, 한 생산물의 에너지 질은 이 에너지가 에너지 변환과정을 통해 형성되기 위해 직간접적으로 사용된 모든 에너지의 합, 즉 내재된 에너지(embodied energy)로 환산하여 측정하게 된다.

에머지는 각 에너지원에 내재된 태양에너지에 대한 척도이며, 이를 계산하기 위해 지구 시스템 내에서 태양에너지로부터의 전환정도를 나타내는 solar transformity가 사용된다. Transformity는 생산물의 에너지질의 척도로 어떤 형태

의 에너지 1 joule을 만들기 위해서 직·간접적으로 소모된 태양에너지의 양으로 정의되며, 단위는 solar emjoules per joule(sej/j)로 표현된다. Transformity는 에너지 계층구조를 따라 진행하면서 점차적으로 증가되며, 에너지 계층구조 내의 에너지 흐름이나 보유량에 대한 질의 척도로 이용된다. Fig. 2.3을 참고하여 설명하면, 태양에서 들어오는 40000joule의 태양에너지량은 동일하게 유입되는데 반해 이 에너지를 이용한 결과물인 나무, 석탄, 전기는 각각 2, 1, 0.25의 에너지를 가지고 있다. 이때 태양에서 시스템 내로 들어오는 에머지(Solar Emjoule) 40000sej를 각각의 결과물이 가지는 에너지로 나누어주면 나무, 석탄, 전기 각각의 Transformity는 20000, 40000, 160000sej/joule의 값을 가지게 된다.

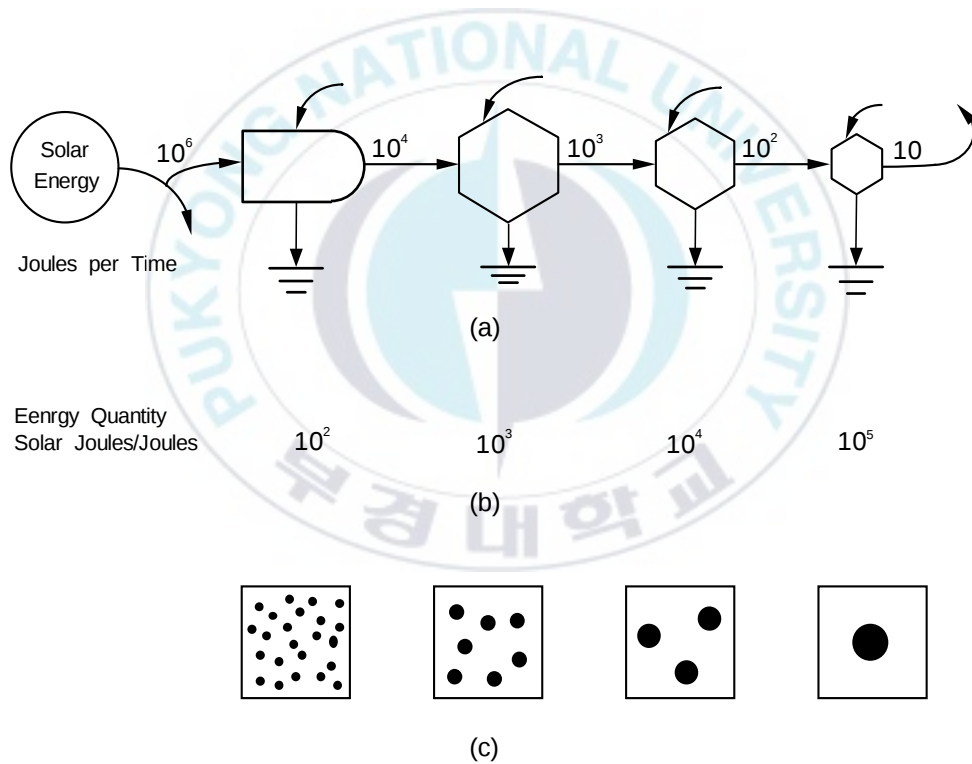


Fig. 2.2 Hierarchical chain of energy transformations: (a) decrease of energy in successive transformations; by-product pathways are omitted; (b) energy-transformation ratios in solar equivalents; (c) spatial hierarchy characteristics(Odum, 1983).

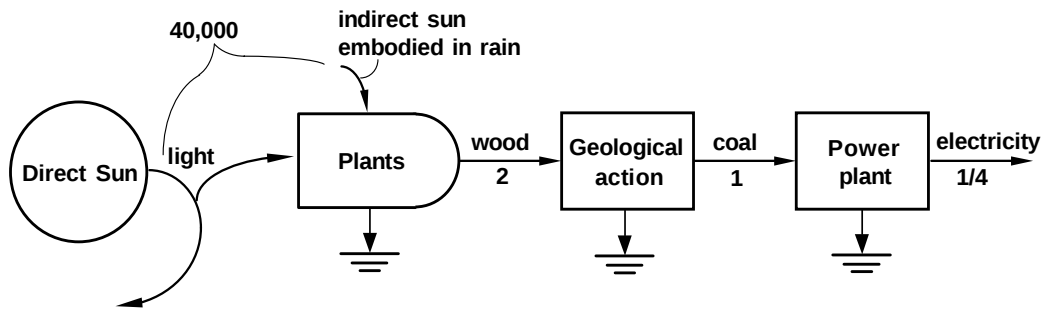


Fig. 2.3 Emergy quality chain used to calculate solar transformity(Odum, 1988).

다. 에머지-화폐비율(Emergy Money Ratio, EMR)

EMR은 에머지를 화폐단위로 환산한 것으로 경제적 생산을 위하여 소모된 총 에머지와 생산된 화폐가치와의 비를 이용하여 계산한다(Fig 2.4). 예를 들면 평가하고자 하는 경제시스템이 1년 동안 사용한 총에머지량을 그 해의 총생산(GDP)으로 나눈 값이다. 에머지 개념은 에머지 흐름이 경제시스템의 순환의 원동력이라고 설명하므로 EMR은 경제의 화폐흐름을 에머지흐름과 연결하는 역할을 한다. EMR은 평가대상 경제의 화폐구매력을 나타내는데 이 비율이 감소한다면 단위화폐로 살 수 있는 에머지, 즉, 실질적인 부가 감소하는 것을 의미한다. 이 가치는 단순화폐가치가 아니라 과학적 척도로서 실질적인 부를 평가하는 에머지에 기초한 거시경제적 가치이다.

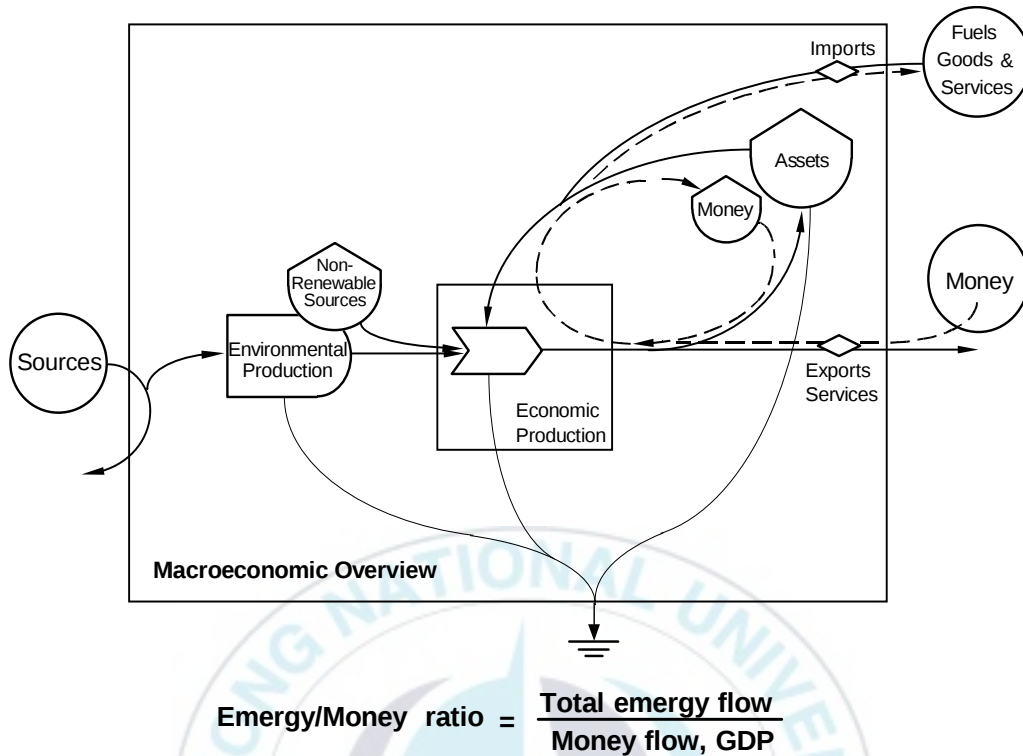


Fig. 2.4 Emergy inputs used to evaluate the emergy/money ratio of the national economy (Odum, 1996).

라. Maximum Power Principle

생산은 두 가지 이상의 성분이 결합하여 새로운 생성물을 형성하는 과정이다. 이러한 생산이 일어나는 동안 유입성분은 각기 다른 형태와 질의 에너지를 수반하는데 이러한 에너지는 새로운 형태로 전환한다. 일부 에너지는 이용할 수 없는 형태로 분산되어 열손실을 통해 유출되는데 이러한 에너지 변환을 일(work)이라 한다.

Fig. 2.5는 각 시스템이 단위시간당 에너지 흐름을 최대화하기 위하여서는 자원의 유입을 최대화하고 또한 최적의 효율로 운전되어야 하며 열손실 또한 최대로 되어야 한다는 것을 의미한다. 이러한 에너지 연결망의 관점에서 봤을 때 최상

의 이용은 증식자로서 되먹임 과정에 참여하는 것이다. 달리 말하면 자원의 유입과 최적의 이용 두 가지 모두를 최대화하는 방법이 피드백인 것이다. 모든 에너지 변환과정의 최종산물에는 유입보다 항상 더 적은 양의 에너지가 만들어지기 때문에 이것이 지속되기 위해서는 생산되어 저장된 에너지는 이전의 생산과정에 피드백 되어 생산을 재촉진 시켜야 한다.

즉, Maximum power principle은 특정형태의 시스템 조직에 대한 지속가능성 여부를 나타내는데 이 원리를 따르는 시스템은 끊임없이 에너지를 유입시키고 유입된 에너지를 이용하여 보다 많은 에너지를 유입시킬 수 있도록 피드백 시키는 구조를 가지게 되어 지속적으로 성장할 수 있게 된다.

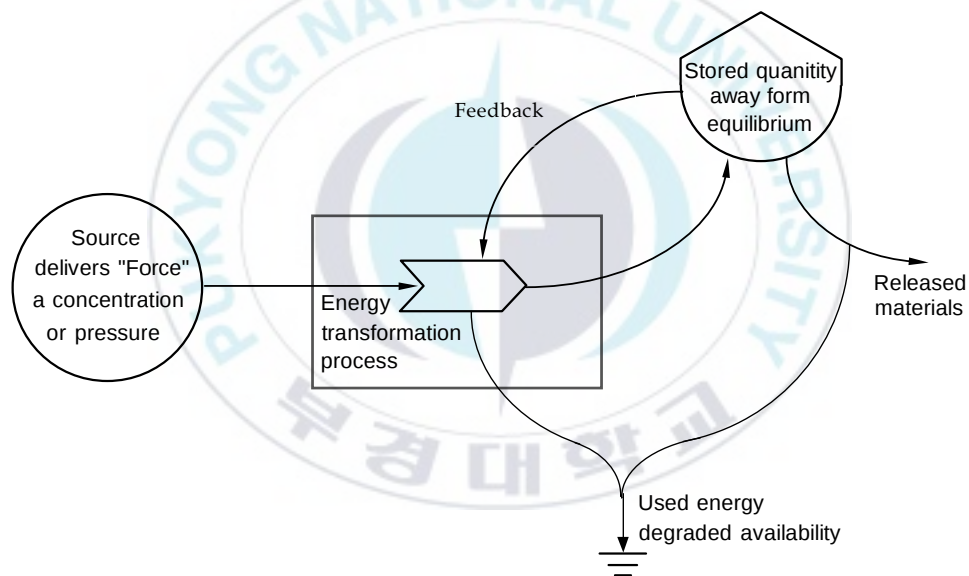


Fig. 2.5 Systems diagram of the autocatalytic storage to energy transformation process(Odum, 1996).

Ⅲ. 연구방법

3.1 에너지 시스템 다이어그램 작성

에머지 분석을 하기 위해서는 우선 Odum(1996)이 제안한 에너지 시스템 언어를 이용하여, 시스템의 자연환경과 경제활동의 생산, 소비, 재순환 등의 변화를 전체적으로 파악(Top-down)하기 위해 에너지 시스템 다이어그램을 작성한다(Fig. 3.1).

다이어그램의 작성 절차는 첫째, 분석대상 시스템의 경계를 설정한다. 시스템 분석을 위해서 각 시스템의 육지면적과 해양면적(대륙붕)을 시스템의 공간적인 경계로 설정한다. 둘째, 시스템 경계 외부에서 대상시스템에 영향을 미치는 주요 에너지원을 파악한 후, 대상시스템 내의 생산, 소비, 재순환 과정을 파악한다. 셋째, 외부 에너지원을 Transformity 순으로 왼쪽에서 오른쪽으로 시스템의 경계외부에 차례로 배열하고, 시스템 경계 밖의 외부 에너지원으로부터 시작하여 내부의 생산자, 소비자에 대한 에너지, 물질 그리고 화폐의 흐름에 따라 선을 연결하여 다이어그램을 완성한다.

3.2 에머지 평가표 작성

분석대상 시스템의 자연환경과 경제활동에 있어 외부 에너지원의 역할과 가치를 평가하기 위해서 Table 3.1과 같은 형식의 에머지 분석표를 작성한다.

첫 번째 열에는 각 항목의 순서를 기입한다.

두 번째 열에는 분석대상 시스템의 자연환경과 인간의 경제활동을 가능케 하는 외부의 주요 에너지원과 내부 구성요소의 목록을 기입한다. 각 분석대상 시스템에 있어 자연환경과 경제활동을 가능케 하는 외부의 주요 에너지원을 태양, 바람, 비, 파도, 조석과 하천 유입량, 석탄소비량, 가스사용량, 석유 사용량, 그리고 각종 교역과 교환에 의해 유입되는 재화 및 용역으로 파악한다. 내부 구성요소에는 식물, 어류, 조류, 저서생물, 연안사주 등의 생산자, 소비자, 내부 물질보유량 등이 포함된다.

세 번째 열에는 주요 에너지원의 실제 에너지, 물질 또는 화폐 단위의 값을 기입

한다. 본 연구에서는 Table 3.1의 수집자료와 계산식을 이용하여 태양, 바람, 비, 파

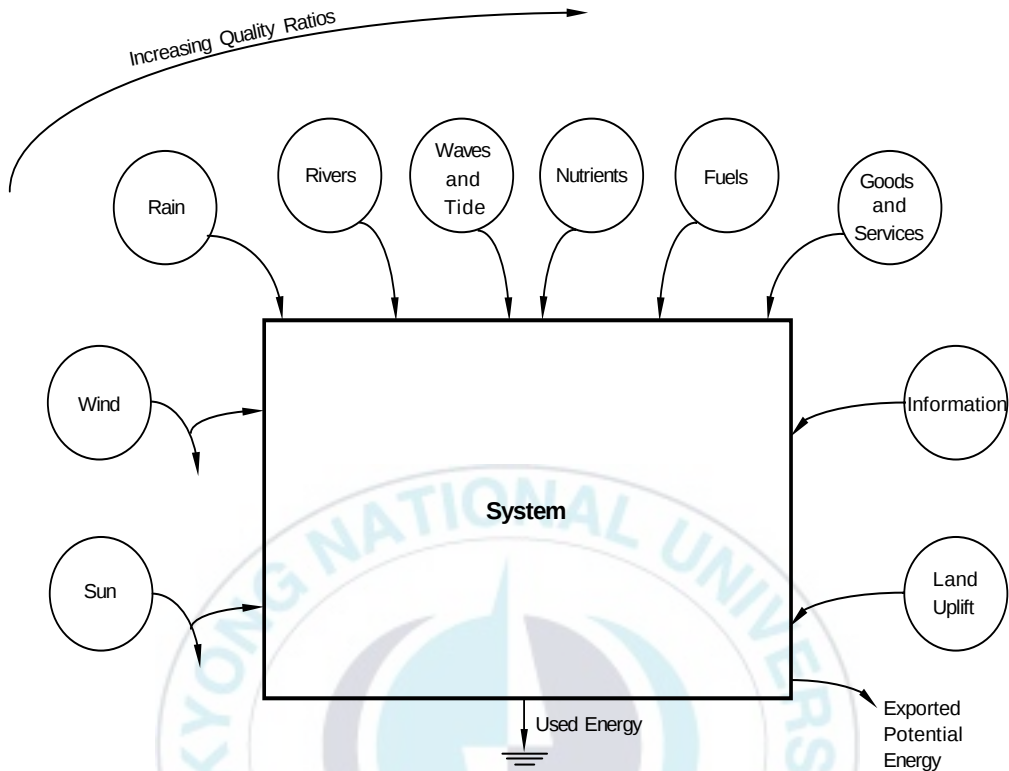


Fig. 3.1 Typical energy sources driving an environmental system arranged in order from low quality on left to high quality on right(Odum, 1983).

Table 3.1 Tabular format for emergy evaluation

No.	Item	Data Units (J, g, or ₩, \$)	Solar Transformity (sej/unit)	Solar Emergy (sej/yr)	Em\$ (dollar/yr)
(one line here for each source, process, or storage of interest.)					

도, 조석, 하천, 석탄, 천연가스, 석유, 전기는 에너지 단위로, 교역과 교환을 통한 재화와 용역은 화폐단위로 계산한다.

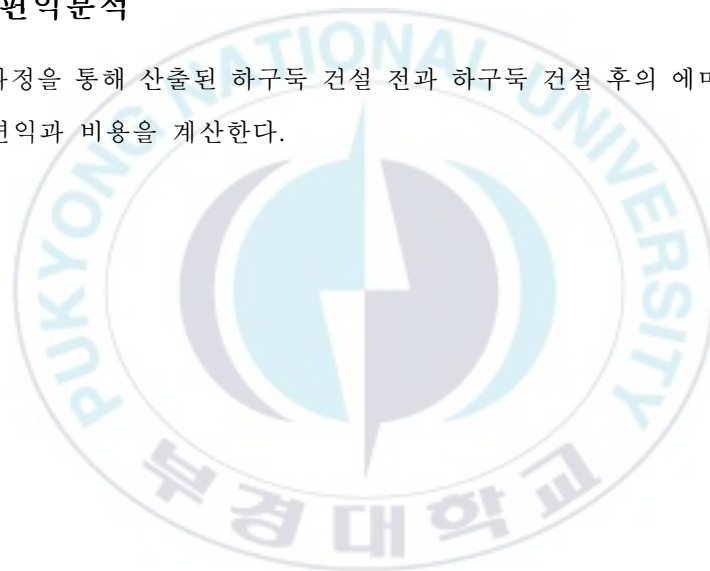
네 번째 열에는 주요 에너지원에 대한 Solar Transformity, 재화 및 용역에 대한 Energy/Money Ratio를 기입한다.

다섯 번째 열에는 두 번째 열의 주요 에너지원이 가지는 값에 세 번째 열의 Solar Transformity또는 Energy/Money Ratio를 곱하여 에머지 값을 산출한다.

여섯 번째 열에는 주요 에너지원의 에머지 값을 Energy/Money Ratio로 나누어 계산한 거시 경제적 가치(Macroeconomic Value)를 산출한다.

3.3 에머지 편익분석

위의 과정을 통해 산출된 하구둑 건설 전과 하구둑 건설 후의 에머지분석자료를 이용하여 편익과 비용을 계산한다.



IV. 결과 및 고찰

4.1 낙동강 하구역의 경계와 범위설정

낙동강 하구역의 경계를 설정하기 위해 먼저 육역과 해역으로 나눌 필요가 있다. 육역경계의 경우 역사적으로 조수가 영향을 미치던 곳을 기준으로 한다면, 원종훈 등(1975, 1977, 1978)과 김용관 등(1985)의 연구결과에서 밝힌 바와 같이 하구둑에서 약 46km상류에 위치한 삼랑진까지로 설정할 수 있다.

해역경계의 경우 낙동강의 유입으로 인한 염분도가 희석되는 정도를 기준으로 한다면, Fig. 4.1에 나타난 표층염분분포도를 평균하여 가덕도 최남단과 다대포를 연결하는 선 안쪽이 갈수기인 동기를 제외하고는 염분도가 30‰이하이므로 강의 영향을 받았다고 말할 수 있다.

지형학적으로 살펴본 낙동강 하구역은 양산 협곡 이남의 양산, 구포, 다대포, 김해, 가덕도 주변의 저지대를 말한다(반용부, 2004). 부산광역시 서부지역과 김해시 남부지역의 낙동강 하구역에는 하천의 상류로부터의 침식물이 하천에 의해 운반·퇴적되어 생성된 길이 약 26km, 동서너비 약 6~16km정도인 광대한 낙동강 삼각주 평야가 발달해 있다.

사실, 낙동강 하구역의 정의와 범위에 대한 경계설정은 접근분야에 따라 다양한 이론과 이견이 뒤따르는 어려움이 있으나 본 연구에서는 앞서 과학적으로 분석·평가된 결과를 바탕으로 Table 4.1, Fig. 4.2에서와 같이 설정하였다. 하구둑 건설 전과 후의 육역경계는 각각 141km², 171km²로 강서구를 기준으로 하여 하천(국가하천 : 낙동강, 서낙동강, 맥도강, 평강천, 지방2급하천 : 조만강 포함 7개하천), 둔치(화명, 대저, 염막, 삼락), 하중도(신안치등, 수안치등, 둔치도, 치등, 일웅도), 강서구 소재 경작지 및 시가화 구역을 포함하고 있다. 하구둑 건설 전과 후의 해역경계는 각각 192km², 162km²로 서로는 부산광역시 경계해역을 기준으로 하였으며, 남과 동으로는 지도상의 해수면에 가덕도와 다대포를 연결하는 선을 그어 그 선 내부의 연안사주(을숙도, 진우도, 대마등, 장자도, 무명도 등), 도서(가덕도)를 포함하고 있으며 동으로는 육지와 의 경계를 기준으로 설정하였다. 하구둑 건설 전과 후에 육해역 비율이 달라진 이유

는 현재를 기준으로 경계를 잡은 후 과거의 면적을 산정했기 때문에 전체 면적은 그대로인데 반해 매립 등으로 인하여 육지면적이 넓어졌기 때문이다.

이 지역에는 김해국제공항이 있으며 남해고속도로, 남해지선고속도로가 통과하고 있으며 낙동강 동쪽에는 북쪽에서 남쪽으로 북구, 사상구, 사하구가 위치하였으며, 낙동강 서쪽으로는 김해시, 진해시가 접하고 있으며 남쪽으로 남해안이 펼쳐져 있다.

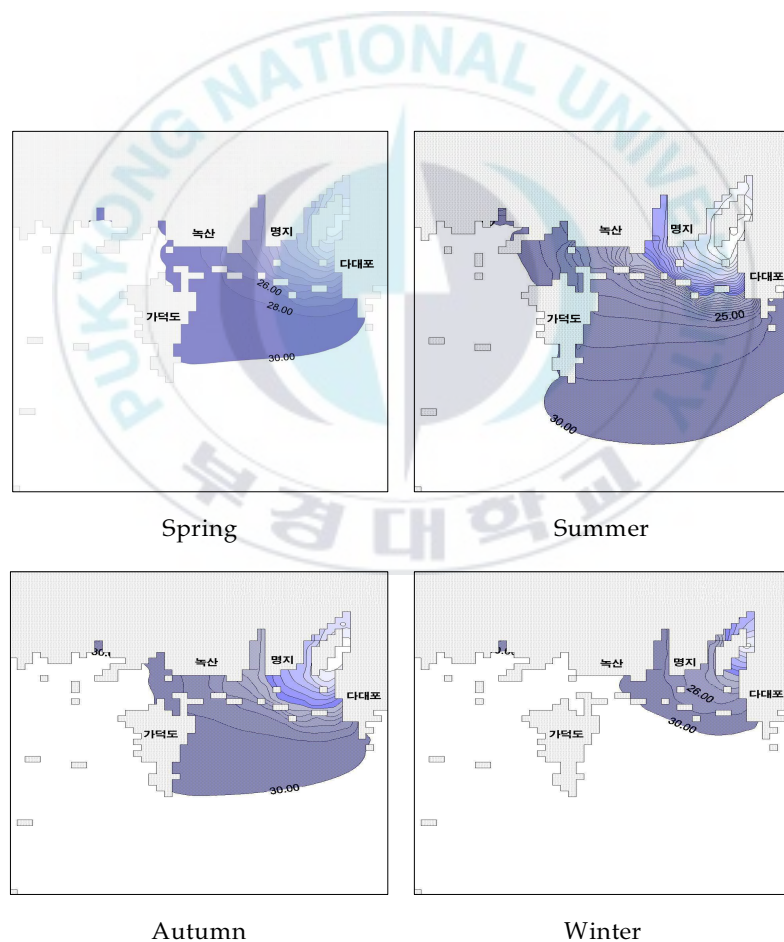


Fig. 4.1 Sal.(‰) changes on the sea surface cause of barrage discharge.

Table. 4.1 Area of Nak-Dong River estuary barrage

(Unit : km²)

		Before construction	After construction
Land part	Subtotal	1.41 E + 08	1.71 E + 08
	Arable acreage or city	1.25 E + 08	1.35 E + 08
	Riverside	1.17 E + 07	1.18 E + 07
	Island in the middle of the river	4.05 E + 06	4.06 E + 06
	River	-	1.96 E + 07
Sea part	Subtotal	1.92 E + 08	1.62 E + 08
	Island	2.15 E + 07	2.15 E + 07
	Sandbar	6.96 E + 06	7.20 E + 06
	River	1.95 E + 07	-
	Surface of the sea	1.44 E + 08	1.33 E + 08
Total		3.33 E + 08	3.33 E + 08

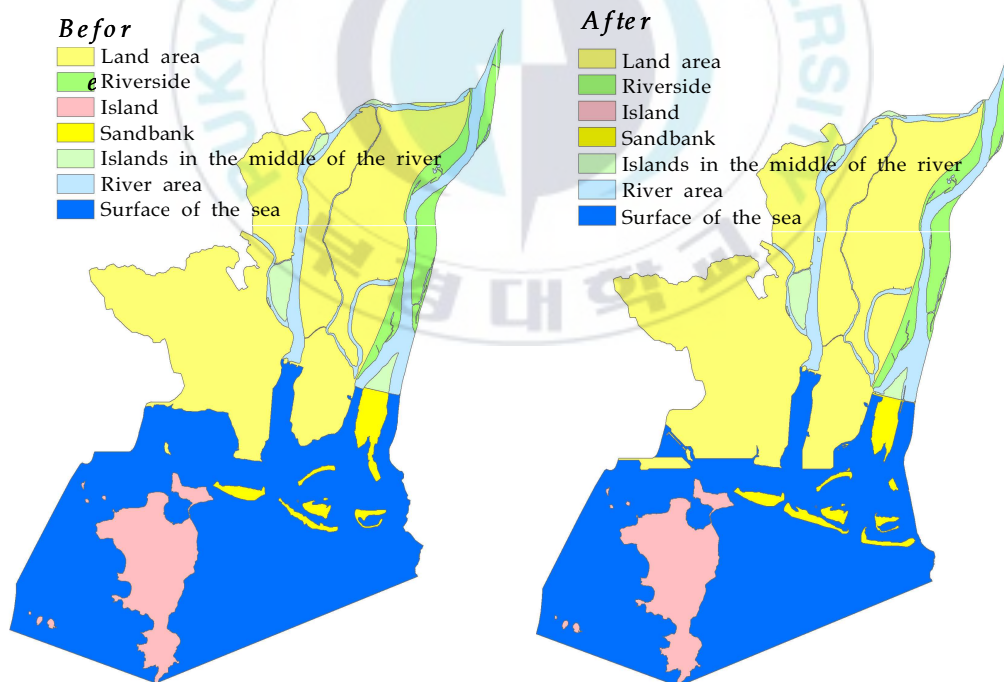


Fig. 4.2 Boundary of Nak-Dong River estuary.

4.2 낙동강 하구역의 시스템 분석

낙동강 하구역을 형성하는 자연자원으로는 태양, 바람, 비, 낙동강의 담수유입, 조석, 파도, 지질작용 등 자연자원의 가능한 형태를 모두 유입하고 있어 아주 풍부한 자연자원을 보유하고 있는 지역임을 알 수 있다. 낙동강 하구역에 형성된 도시생태계를 유지하고 지탱하기 위한 외부로부터의 구매자원으로는 각종 용수 및 화석연료와 재화와 용역이 있다.

본 연구대상 지역의 자연자원과 연간 이용되는 에너지, 재화와 용역, 산업별 생산에 관련한 각종 지표들을 Table 4.2에 제시하였다.

Table 4.2 Index of environmental sources and productions

	<i>Item</i>	<i>Value</i>	<i>Unit</i>	<i>From</i>
Sun	Land area(A)	1.99E+08	m ²	Estimation from Busan's satellite image
	Sea area(B)	1.32E+08	m ²	Estimation from Busan's satellite image
	Quantity of solar energy	5.27E+09	J/m ² /yr	Annual climatological report, 2005, 1983, Busan
	Albedo	0.30	%	
Wind	Area	3.31E+08	m ²	A+B
	Wind velocity	3.9	m/s	Annual climatological report, 2005, 1983, Busan
Rain, chemical potential Energy	Rainfall	2.09	m/yr	Annual climatological report, 2005, 1983, Busan
	Land area(A)	1.99E+08	m ²	A+B
Tide	Tide's gap	1.134	m	Annual climatological report, 2005, 1983, Busan
	Sea area(B)	1.32E+08	m ²	B
Wave	The straight line between sea boundaries	21085.7	m	National Geographic Information Institute
	Wave gap	0.69	m	Annual climatological report, 2005, 1983, Busan
	Depth	20	m	sea map
River, chemical potential Energy	TDS	159.41	mg/L	Busan Development Institute
	Flow	2.24E+10	m ³	The Korea water resources corporation
Earth cycle	Land area	1.99E+08	m ²	A
	Heat gain	1.00E+06	J/m ²	Odum, 1996
Production of agriculture	Productivity	2.71E+05	MT/yr	Statistical yearbook of Gangseogu, 2005
Production of fish	Productivity	5.19E+06	kg/yr	Statistical yearbook of Gangseogu, 2005
Production of cultivated	Productivity(custacea)	1.00E+06		
	Productivity(seaweed)	2.27E+07	kg/yr	Statistical yearbook of Gangseogu, 2005
	Productivity(fish)	3.03E+05		
Production of industrial	GDP	4.81E+12	won/yr	Statistical yearbook of Busan, 2005

4.3 낙동강 하구둑 건설전후의 에너지 다이어그램

낙동강 건설전후의 에너지 다이어그램은 Fig. 4.3과 같다.

먼저 낙동강 건설 전의 다이어그램은 전형적인 하구의 모습을 나타내고 있다. 자연환경에너지인 태양, 바람, 비, 지질순환작용, 조석, 파도, 강의 에너지가 시스템 내부로 유입되면 자연, 어업, 농업시스템에서 사용하고 그 생산물을 가공하여 도시에 소모하거나 외부 시장으로 팔기도 한다. 이 때 가공하는 과정에서 외부유입 에너

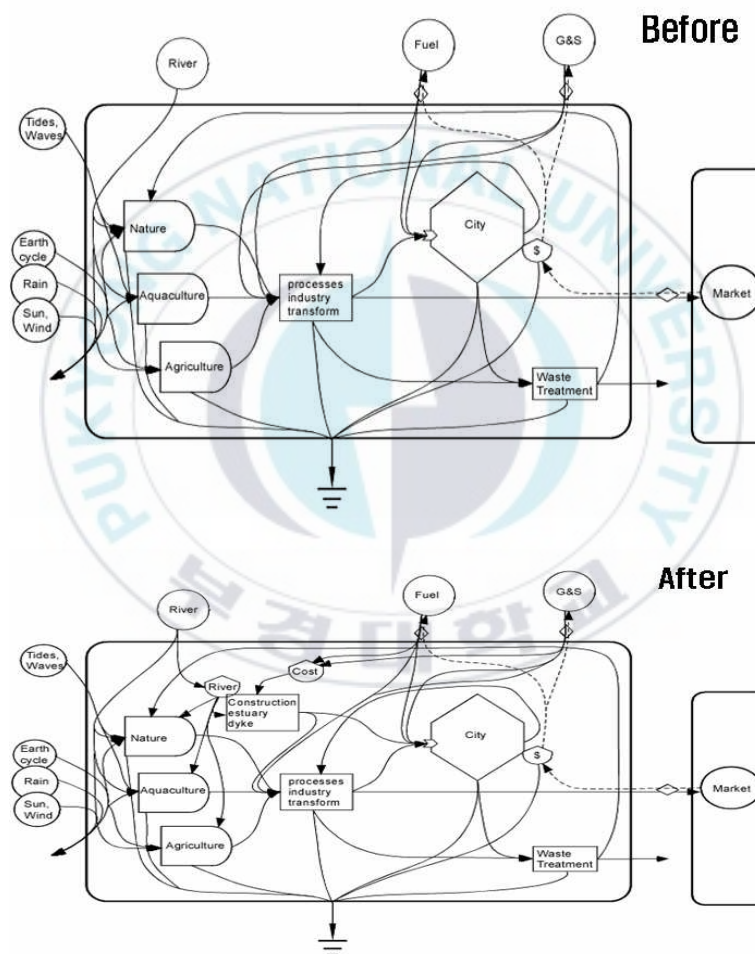


Fig. 4.3 Energy diagram of Nak-Dong River estuary before and after construction of estuary barrage.

지가 필요하며, 시스템 내에서 발생하는 부산물은 적절히 처리하여 자연으로 되돌아가는 순환을 나타내었다. 낙동강 건설 후의 다이어그램은 전의 다이어그램과 전반적으로 같은 형태이지만 하구둑을 건설하는데 필요한 공사비용, 관리하는데 필요한 관리비용의 에너지가 외부에서 유입되었고 하구둑 건설로 인해 담수와 해수를 차단하여 각종 용수로 공급될 수 있게 된 것을 나타내었다.

4.4 낙동강 하구둑 건설전후의 에머지 분석

낙동강 하구둑 건설 전후의 에머지 분석표는 Table 4.3, Table 4.4와 같다. 각각에 대해 설명하면 자연환경에너지에서는 태양, 바람, 강우, 조석, 파고, 강의 화학적 에너지, 지질순환작용에 대해 고려하였고, 교환에너지에서는 외부에서 어업에 유입되는 에너지를 나타내었다. 내부 스토리지는 침전물의 양, 갈대, 플랑크톤, 저서생물, 어류, 철새의 생체량을 에너지로 나타내었다. 생산에너지에는 양식 어패류, 양식 해조류, 총 어획량, 자연의 생산량을 에너지로 나타내었다. 낙동강 하구둑 건설 후에만 고려되는 것은 교환에너지에서의 하구둑 건설비와 하구둑 관리비, 생산에너지에서 하구둑 건설로 인해 생성되는 용수공급, 교통, 전기생산, 모래생산량 등이 있다.

Table 4.3 Emergy evaluation of Nak-Dong River estuary before construction of
barrage

No.	Item	Raw units	Transformity	Emergy	Ecologiccal Economic
					Value
ENVIRONMENTAL SOURCES					
1	Sun	1.16E+18 J	1	1.16E+18	5.48E+08
2	Wind, kinetic energy	1.72E+14 J	2,510	4.31E+17	2.04E+08
3	Rain, geopotential, land	6.77E+13 J	17,600	1.19E+18	5.64E+08
4	Rain, chemicalpotential	9.66E+14 J	31,200	3.02E+19	1.43E+10
5	Tide	3.22E+14 J	73,900	2.38E+19	1.13E+10
6	Waves	2.21E+15 J	51,300	1.13E+20	5.37E+10
7	River, chemical	3.71E+16 J	81,300	3.02E+21	1.43E+12
8	Earthcycle	1.41E+14 J	57,600	8.12E+18	3.85E+09
INDIGENOUS STORAGES					
9	Mud&Sediment	2.57E+14 J	5.88E+03	1.51E+18	7.17E+08
10	Reed biomass	2.25E+14 J	7.88E+03	1.77E+18	8.40E+08
11	Phytoplankton	4.40E+12 J	1.84E+04	8.11E+16	3.84E+07
12	Benthos	1.07E+14 J	4.86E+05	5.23E+19	2.48E+10
13	Fish	3.06E+07 J	3.35E+06	1.02E+14	4.86E+04
14	Water fowl	8.04E+11 J	4.19E+07	3.37E+19	1.60E+10
PURCHASED INPUT					
15	G&S in fishery	6.82E+09 ₩	2.10E+09	1.44E+19	6.82E+09
PRODUCTION					
16	Cultivated shellfishes	6.24E+13 J	1.36E+06	8.48E+19	4.02E+10
17	Cultivated seaweeds	9.11E+16 J	1.84E+04	1.68E+21	7.97E+11
18	Total fishing	9.50E+13 J	2.20E+05	2.09E+19	9.89E+09
19	Total Natural products	3.50E+12 J	2.20E+05	7.68E+17	3.64E+08
20	Water Supply	9.29E+14 J	8.13E+04	7.56E+19	3.58E+10

Table 4.4 Emergy evaluation of Nak-Dong River estuary after construction of
barrage

No.	Item	Raw units	Transformity	Emergy	Ecologiccal Economic
					Value
ENVIRONMENTAL SOURCES					
1	Sun	1.16E+18 J	1	1.16E+18	5.48E+08
2	Wind, kinetic energy	2.09E+14 J	2,510	5.24E+17	2.48E+08
3	Rain, geopotential	8.22E+13 J	31,200	2.56E+18	1.22E+09
4	Rain, chemicalpotential	2.03E+15 J	31,200	6.33E+19	3.00E+10
5	Tide	2.71E+14 J	73,900	2.00E+19	9.50E+09
6	Waves	2.21E+15 J	51,300	1.13E+20	5.37E+10
7	River, chemical	3.71E+16 J	81,300	3.02E+21	1.43E+12
8	Earthcycle	1.71E+14 J	57,600	9.85E+18	4.67E+09
INDIGENOUS STORAGES					
9	Mud&Sediment	2.66E+14 J	5.88E+03	1.56E+18	7.41E+08
10	Reed biomass	2.25E+14 J	7.88E+03	1.77E+18	8.40E+08
11	Phytoplankton	3.70E+12 J	1.84E+04	6.83E+16	3.24E+07
12	Benthos	9.05E+13 J	4.86E+05	4.40E+19	2.09E+10
13	Fish	3.06E+07 J	3.35E+06	1.02E+14	4.86E+04
14	Water fowl	8.04E+11 J	4.19E+07	3.37E+19	1.60E+10
PURCHASED INPUT					
15	G&S in fishery	6.82E+09 ₩	2.10E+09	1.44E+19	6.82E+09
16	Construction	9.77E+10 ₩	2.10E+09	2.06E+20	9.77E+10
17	Management	8.70E+09 ₩	2.10E+09	1.84E+19	8.70E+09
PRODUCTION					
18	Cultivated shellfishes	6.24E+13 J	1.36E+06	8.48E+19	4.02E+10
19	Cultivated seaweeds	9.11E+16 J	1.84E+04	1.68E+21	7.97E+11
20	Total fishing	9.50E+13 J	2.20E+05	2.09E+19	9.89E+09
21	Total Natural products	3.50E+12 J	2.20E+05	7.68E+17	3.64E+08
22	Water Supply	1.39E+15 J	8.13E+04	1.13E+20	5.37E+10
23	Transportation	2.26E+12 J	1.11E+05	2.51E+17	1.19E+08
24	Electricity	2.10E+09 ₩	2.10E+09	4.43E+18	2.10E+09
25	Mineral Product	1.47E+09 ₩	2.10E+09	3.10E+18	1.47E+09

4.5 낙동강 하구둑 건설전후의 생태·경제학적 가치평가

생태·경제학적 가치평가를 위해 Table 4.3과 Table 4.4에서는 전과 후의 에머지 분석 내용을 비교하였고, 편익을 Table 4.5, Table 4.6에 비교하였다. Table 4.5에서는 연간 에너지 흐름을, Table 4.6에서는 건설 전과 후를 비교한 자원보유량의 차이를 나타내었다. 먼저 Table 4.5에서 과거와 비교하여 가장 크게 달라진 부분은 먼저 자연환경에너지의 유입에서는 해역면적 감소로 조석에너지유입량이 연간 17.8억원 감소하였고, 매립지 증가로 인하여 지질순환에너지가 연간 8.19억원 증가하였다. 또한 하구둑을 관리하기 위한 관리비가 매년 87억원씩 유입되고 있었으며, 하구둑을 건설 하면서 낙동강으로부터 취수하여 생성된 용수공급기능의 가치가 연간 358억원에서 537억원으로 증가하여 179억원의 편익을 가지는 것으로 나타났다. 하구둑을 횡단함으로써 절감되는 연료비가 매년 1.19억원, 낙동강으로 유지용수를 방류하지 않아 생기는 안동댐의 전기발전량이 21억원, 준설로 인해 생기는 모래의 판매수익율이 매년 14.7억원의 가치를 가지는 것으로 나타나 연간 총 120억원의 편익을 발생시키고 있었다. 낙동강 하구둑을 건설함으로써 과거와 비교하여 자원보유량이 달라진 부분을 정리한 결과 Table 4.6에서는 연안사주가 하구둑 건설로 인해 확장되어 퇴적물 보유량이 2490만원 증가하였다. 플랑크톤은 해역면적 감소로 인해 3840만원에서 3240만원으로 보유량이 감소하였으며 저서생물 또한 248억원에서 209억원으로 보유량이 39억원 감소하였다. 건설비 977억원을 고려한 결과 총 1020억원의 비용이 발생하였다. 생물에 대한 조사는 하구둑 건설 이후에 본격적으로 실시되었으므로 현재와 같은 방법으로 생물의 개체수 또는 생체량을 산정한 하구둑 건설 이전의 자료를 구하지 못하였으므로 면적변화로 인한 에너지변화량만을 고려하였다.

*Table 4.5 Environmental accounting of energy flow before construction of
barrage*

No.	Item	Environmental Cost (E+08won/yr)	Environmental Benefit (E+08won/yr)
ENVIRONMENTAL SOURCES			
1	Tide	17.8	
2	Earthcycle		8.19
ECONOMIC PURCHASED INPUT			
3	Cost of Management	87	
PRODUCTION			
4	Water Supply		179
5	Transportation		1.19
6	Electricity		21
7	Mineral product		14.7
	Total	105	224
	Net Benefit		120

*Table 4.6 Environmental accounting of energy storage after construction of
barrage*

No.	Item	Environmental Cost (E+08won)	Environmental Benefit (E+08won)
PURCHASED INPUT			
1	Construction cost	977	
INDIGENOUS STORAGES			
2	Mud&Sediment		0.249
3	Phytoplankton	0.0606	
4	Benthos	39.1	
	Total	1020	0.249
	Net Cost	1020	

V. 고찰

낙동강 하구둑 건설로 인한 자연환경유입에 대한 손실과 경제생산의 비교에서는 연간 120억원의 편익이 발생하고 있는 것으로 나타났으며 주로 용수공급량의 증가에 기인한 결과였다. 자원보유량과 공사비를 고려한 결과 1020억원의 비용이 발생하였다. 비용과 편익을 비교할 때 약 8.5년만에 생태경제적 비용이 편익으로 충당이 되며 그 이후로는 편익만 발생한다는 결과를 도출할 수 있다.

본 결과를 도출하는데 있어 한계점은 다음과 같다.

먼저 비용측면에서는 첫째, 철새유치 등 생태계를 유지하기위해 쏟는 노력에 대한 고려가 부족하였다. 둘째, 하구둑 생성과 함께 홍수피해량 또한 증가하였으며 그 복구비용 또한 증가하였으나 이에 대한 고려가 부족하였다. 셋째, 수질오염으로 인해 상수도 처리비용이 증가하였으나 고려하지 않았다.

그리고 편익측면에서 고려해 보면 교통에서의 편익을 매년 하구둑을 횡단하면서 생기는 기름절감량으로 계산하였으므로 시간단축과 같은 화폐로 환산하기 어려운 부분에 대한 고려가 부족하였다.

향후 하구둑 건설 전의 생물량을 더욱 정확히 추정할 수 있다면 더욱 정확한 에머지 분석결과를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

하구둑을 건설한 지 20여년이 지난 현재 건설에 투자된 비용이 용수공급항목에서의 편익으로 인해 회수되었고 현재 10년째 순편익을 발생시키고 있으므로 하구둑 건설은 생태·경제학적인 가치가 충분히 인정되는 사업이었음을 알 수 있다.

Appendix A. Summary flows for the Korea in 2004

1. Energy table

No.	Item	Raw Units	Tranformity (sej/unit)	Solar Emergy (sej/yr)	Macroeconomic value, (2004 won)
RENEWABLE RESOURCES:					
1	Sunlight	4.89E+20 J	1	4.89E+20	2.33E+11
2	Wind, kinetic energy	2.33E+17 J	2.51E+03	5.85E+20	2.78E+11
3	Rain, geopotential	1.79E+17 J	4.68E+04	8.36E+21	4.92E+09
4	Rain, chemical	1.96E+18 J	3.12E+04	6.12E+22	5.41E+10
5	Waves	4.97E+17 J	5.13E+04	2.55E+22	2.26E+10
6	Tide	4.21E+18 J	2.83E+04	1.19E+23	1.06E+11
7	Earth cycle	9.96E+16 J	5.76E+04	5.74E+21	5.08E+09
INDIGENOUS RENEWABLE ENERGY:					
8	Hydroelectricity	2.18E+16 J	2.06E+05	4.49E+21	3.97E+09
9	Agricultural production	2.57E+17 J	3.36E+05	8.65E+22	7.65E+10
10	Livestock production	4.05E+15 J	3.36E+06	1.36E+22	1.20E+10
11	Fisheries production	6.76E+15 J	3.36E+06	2.27E+22	2.01E+10
12	Fuelwood production	2.37E+15 J	5.86E+04	1.39E+20	1.23E+08
13	Forest extraction	6.22E+16 J	5.86E+04	3.65E+21	3.23E+09
NONRENEWABLE SOURCE USE FROM WITHIN SYSTEM:					
14	Coal production	9.25E+16 J	6.71E+04	6.21E+21	5.50E+09
15	Metallic minerals	5.93E+11 g	1.68E+09	9.96E+20	8.81E+08
16	Industrial minerals	9.66E+13 g	1.68E+09	1.62E+23	1.44E+11
17	Top soil	3.47E+16 J	1.24E+05	4.32E+21	3.82E+09
IMPORTS AND OUTSIDE SOURCES:					
18	Coal, import	2.21E+18 J	6.71E+04	1.49E+23	1.31E+11
19	Oil, crude	5.19E+18 J	9.06E+04	4.70E+23	4.16E+11
20	Petroleum products	5.57E+18 J	1.11E+05	6.17E+23	5.46E+11
21	Metallic minerals	4.62E+12 g	1.68E+09	7.77E+21	6.87E+09
22	Industrial minerals	4.27E+12 g	1.68E+09	7.18E+21	6.36E+09
23	Natural gas	1.18E+18 J	8.05E+04	9.48E+22	8.39E+10
24	Goods & Services	2.61E+08 \$	1.13E+12	2.95E+20	2.61E+08
Exports					
25	Goods & Services	2.84E+08 ₩	2.10E+09	5.98E+17	5.29E+05

2. Index

Letter in Fig. A.1.	Item	Numerical value
R	Renewable sources used, sej/yr	1.19E+23
N	Nonrenewable sources flow from within Korea, sej/yr	1.74E+23
F	Imported minerals and fuels, sej/yr	1.35E+24
P2I	Imported goods and services, sej/yr	2.95E+20
I	Dollar paid for imports, \$/yr	2.61E+08
E	Dollar paid for exports, \$/yr	2.84E+08
P1E	Exported goods and services, sej/yr	5.98E+17
X	Gross Domestic Product, won/yr	7.79E+14
P2	Ratio energy to dollar of imports (sej/won)	0.00E+00
P1	Ratio energy to dollar within the country and for its exports, sej/\$	2.10E+09

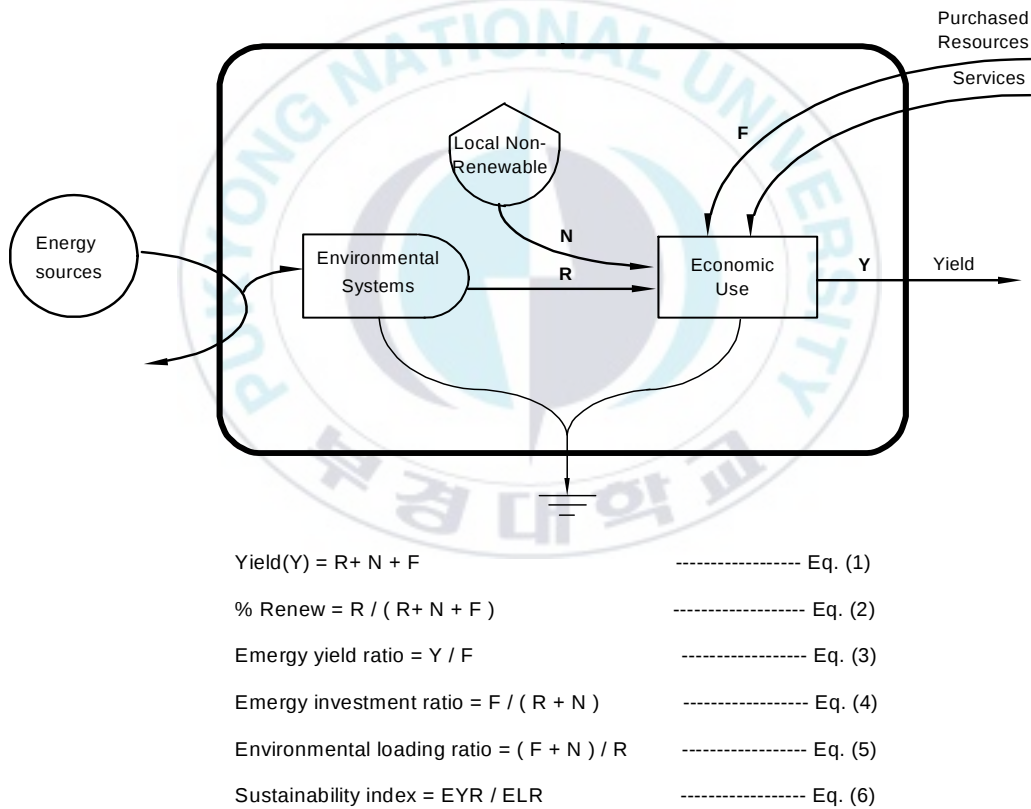


Fig. A.1 Emergy based indices, accounting for local renewable emergy inputs(R), local nonrenewable inputs(N), and purchased inputs from outside the system(F)(Brown and Ulgiati, 1997).

3. Indices using emergy for overview of the Korea in 2004

Name of Index	Expression	Value
Renewable emergy flow	R	1.19E+23
Flow from indigenous nonrenewable reserves	N	1.74E+23
Flow of imported emergy	F+P2I	1.35E+24
Total emergy inflow	R+N+F+P2I	1.64E+24
Total emergy used	U=N+R+F+P2I	1.64E+24
Total exported emergy	P1E	5.98E+17
Emergy to money ratio	P1=U/GDP	2.10E+09
Fraction of emergy used derived from home sources	(N+R)/U	0.18
Imports minus exports	(F+P2I)-P1E	1.35E+24
Ratio of imports to exports	(F+P2I)/P1E	2.25E+06
Fraction used, locally renewable	R/U	0.07
Fraction of emergy used derived from home sources	(N+R)/U	0.18
Fraction of emergy used purchased (imports)	(F+P2I)/U	0.82
Emergy Yield Ratio	U/(F+P2I)	1.22
Use per unit area (9.96 E10 m ²)	U/(area)	1.64E+13
Emergy investment ratio	F+P2I/R+N	4.59
Environmental loading ratio	(N+F+P2I)/R	1.27E+01
SI	EYR/ELR	0.10

Appendix B. Footnotes

1. Energy value of the Nak-Dong River estuary before construction of barrage

ENVIRONMENTAL SOURCES

1 SUNLIGHT

Continental shelf	=	1.92E+08	m ²
Land area	=	1.41E+08	m ²
Area	=	3.33E+08	m ²
Insolation	=	4.97E+09	J/m ² /yr
Albedo	=	3.00E-01	(% given as decimal)
Energy(J)	=	(avg. insolation)(area)(1-albedo)	
	=	(3.32E8 m ²)*(5.38E9 J/m ² /yr)*(1-0.30)	
	=	1.16E+18	J

2 WIND

Land area	=	1.41E+08	m ²
Density of Air	=	1.30E+00	kg/m ³
Avg, annual wind velocity	=	3.10E+00	m/s
Drag Coeff.	=	1.00E-03	
Wind, kinetic energy	=	(area)(air density)(drag coefficient)(velocity ³)	
Energy (J)	=	(1.41E8 m ²)(1.3 kg/m ³)(0.001)(3.8 m/s) ³ (3.15E7 sec/yr)	
	=	1.72E+14	J

3 RAIN, GEOPOTENTIAL

Area	=	1.41E+08	m ²
Rainfall	=	1.39E+00	m/yr
Average elevation	=	6.92E+01	m
Runoff rate	=	5.10E-01	(% given as decimal)
Energy (J)	=	(1.41E8 m ²)*(0.51)*(1.022m/yr)*(1000kg/m ³)*(69.2m)*(9.8m/s ²)	
	=	6.77E+13	J

4 RAIN, CHEMICALPOTENTIAL

Land area	=	1.41E+08	m/yr
Rainfall	=	1.39E+00	m/yr (used that for land area)
Energy(land)(J)	=	(1.41E8 m ²)*(2.4m/yr)*(1000kg/m ³)*(4.94E3 J/kg)	
	=	9.66E+14	J

5 TIDE

Cont. Shelf area	=	1.92E+08	m ²
Avg. Tide range	=	6.88E-01	m
Density	=	1.03E+03	kg/m ³
Energy (J)	=	(area elevated)(0.5)(tides/yr)(height squared)(density)(gravity)	
	=	(1.92E+08 m ²)*(0.5)*(706/yr)*(0.62m) ² (1.025 E+03 kg/m ³)*(9.8m/s ²)	
	=	3.22E+14	J

6 WAVES		
Shore Length	= 1.73E+04	m
Wave height	= 5.40E-01	m
Density	= 1.03E+03	kg/m ³
Energy (J)	= (shore length)(1/8)(density)(gravity)(height squared)(velocity)	
	= (17300m)*(1/8)*(1.025E3kg/m ³)*(9.8m/s ²)*(0.54m) ²	
	(9.8m/s ² *12.5m) ^{0.5} (3.15E7sec/yr)	
	= 2.21E+15	J
7 RIVER, CHEMICALPOTENTIAL		
Volume flow	= 7.59E+09	m ³ /yr
Water density	= 1.00E+06	g/m ³
Gibbs free energy	= 4.89E+00	J/g
Energy (J)	= (7.59E9m ³ /yr)*(1.0E6g/m ³)*(4.89J/g)	
	= 3.71E+16	J
8 EARTH CYCLE		
Area	= 1.41E+08	m ²
Energy (J)	= (1.41E8m ²)*(1E6J/m ² /yr)	
	1.41E+14	J
INDIGENOUS STORAGES		
9 MUD&S EDIMENT	= 6.96E+06	m ²
Tidal flat area	= 7.00E+05	g/m ³
Bulk density	= 1.00E+00	m
Depth	= 1.05E+01	%
Organic carbon	= (0.105)(1m)(6.67E+06m ²)(7E+05 g/m ³)(12kcal/g)(4186J/kcal)/100yr	
Energy(J)	= 2.57E+14	J
10 REED PRODUCTION		
Area	= 2.99E+06	m ²
Reed biomass	= 6.91E+03	g/m ²
Dry weight	= 4.49E+03	g/m ²
Energy (J)	= (2990000m ²)(4492g/m ²)(4kcal)(4186J/kcal)	
	= 2.25E+14	J
11 PHYPOPLANKTON		
Water area	= 1.92E+08	m ²
Average depth	= 2.00E+00	m
Cocentration of chl.a	= 6.86E+01	mg/m ³
Ratio of algal biomass to chl.a	= 1.00E-02	g algae/mg chl.a
Primary producer	= 1.67E+04	J/g-day wt
Energy (J)	= (68.6mg chl.a/m ³)(0.01g algae/mg chl.a)(2m)(1.92E8 m ²)(16700J/g-dry)	
	= 4.40E+12	J
12 BENTHOS		
Water area	= 1.92E+08	m ²
Quantity	= 1.61E+02	g/m ²

Energy(J)	=	$(161.2120\text{g/m}^2)(191856032\text{m}^2)(3.474\text{E}+03\text{J/g})$
	=	1.07E+14 J
13 FISH		
Quantity	=	6.30E+03 g
Ratio of dry wt to wet weight	=	2.00E-01 DM
Energy(J)	=	$(6300.32\text{g})(0.2\text{DM})(5.8\text{kcal/g})(4186\text{J/kcal})$
	=	3.06E+07 J
14 WATERFOWL		
Number	=	7.12E+04 head
Average weight	=	900 g/head
Vertebrate dry wt. to live wt. ratio	=	0.6
Wt.-energy conversion	=	2.09E+04 J/g-dry wt.
Energy(J)	=	$(7.12\text{E}+04\text{head})(900\text{g/head})(0.6)(2.09\text{E}+04\text{J/g-dry wt.})$
	=	8.04E+11 J
PURCHASED INPUT		
15 G&S IN FISHERY	=	6.82E+09 won
OUTPUT		
16 CULTIVATED SHELLFISHES		
Mollusk	=	1.42E+07 kg/yr
Energy(J)	=	$(1.42\text{E}+07\text{kg})(0.3\text{dry})(1000\text{g/kg})(350\text{kcal}/100\text{g})(4186\text{J/kcal})$
	=	6.24E+13 J
17 CULTIVATED SEAWEEDS		
Seaweeds	=	3.11E+06 kg/yr
Energy(J)	=	$(3.11\text{E}+06\text{kg})(0.2\text{dry})(1000\text{g/kg})(350\text{kcal}/100\text{g})(4186\text{kcal})$
	=	9.11E+16 J
18 TOTAL FISHING		
Production	=	4.54E+07 kg/yr
Energy(J)	=	$(4.54\text{E}+07\text{kg/yr})(1000\text{g/kg})(0.5)(0.2\text{dry})(5\text{kcal/g})(4186\text{J/kcal})$
	=	9.50E+13 J
19 TOTAL NATURAL PRODUCTS		
Quantity	=	7.20E+05 kg/yr
Energy(J)	=	$(7.20\text{E}+05\text{kg/yr})(0.2\text{dry})(1000\text{g/kg})(5.8\text{kcal/g})(4186\text{J/kcal})$
	=	3.50E+12 J
22 WATER SUPPLY		
TDS	=	423.99
Gibb's free energy(J/g)	=	$(8.33\text{J/mole/deg})(300^\circ\text{C})(\text{mole}/18\text{g})\ln((1000000\text{-s})\text{ppm}/965000)$
	=	4.887363402 J/g
Volume flow	=	1.90E+08 m ³ /yr
Energy (J)	=	$(\text{volume flow}(\text{m}^3))(\text{density}(\text{g/m}^3))(G(\text{J/g}))$
	=	$(1.90\text{E}+08\text{m}^3)(1000000\text{g/m}^3)(4.89\text{J/g})$
	=	9.29E+14 J



2. Energy value of the Nak-Dong River estuary after construction of barrage

ENVIRONMENTAL SOURCES

1 SUNLIGHT

Continental shelf	=	1.62E+08	m ²
Land area	=	1.71E+08	m ²
Total area	=	3.33E+08	m ²
Insolation	=	4.97E+09	J/m ² /yr
Albedo	=	0.3	(% given as decimal)
Energy(J)	=	(area)(avg. insolation)(365day/yr)(4186J/yr)(1-albedo)	
		(3.33E8 m ²)*(4.97E9 J/m ² /yr)*(1-0.30)	
	=	1.16E+18	J/yr

2 WIND

Land area	=	1.71E+08	
Density of Air	=	1.3	kg/m ³
Avg, annual wind velocity	=	3.1	m/s
Drag Coeff.	=	0.001	
Wind, kinetic energy	=	(area)(air density)(drag coefficient)(velocity ³)	
Energy (J)	=	(1.71E8 m ²)(1.3 kg/m ³)(1.00E-03)(3.1 m/s) ³ (3.15E7 s/yr)	
	=	2.0861E+14	J/yr (Here, 1997)

3 RAIN, GEOPOTENTIAL

Area	=	1.71E+08	m ²
Rainfall	=	1.39	m/yr
Average elevation	=	69.2	m
Runoff rate	=	0.51	(% given as decimal)
Energy (J)	=	(1.71E8 m ²)*(0.51)*(1.39m/yr)*(1000kg/m ³)*(69.2m)*(9.8m/s ²)	
	=	8.22E+13	J/yr

4 RAIN, CHEMICALPOTENTIAL

Land area	=	1.71E+08	m ²
Rainfall	=	1.39	m/yr(used that for land area)
Energy(land)(J)	=	(1.71E8 m ²)*(2.4m/yr)*(1000kg/m ³)*(4.94E+03 J/kg)	
	=	2.03E+15	J

5 TIDE

Cont. Shelf area	=	1.62E+08	m ²
Avg. Tide range	=	0.688	m
Density	=	1025	kg/m ³
Energy (J)	=	(area elevated)(0.5)(tides/yr)(height squared)(density)(gravity)	
	=	(1.62E8 m ²)*(0.5)*(706/yr)*(0.688) ² (1.025 E+03 kg/m ³)*(9.8m/s ²)	
	=	2.71E+14	J/yr

6 WAVES

Shore Length	=	17300	m
Wave height	=	0.54	m
Density	=	1025	kg/m ³
Energy (J)	=	(shorelength)(1/8)(density)(gravity)(height squared)(velocity)	
	=	(17300m)*(1/8)*(1.025E3kg/m ³)*(9.8m/s ²)*(0.54m) ²	
	=	(9.8m/s ² *12.5m) ^{0.5} (3.15E7sec/yr)	
	=	2.21E+15	J/yr

7 RIVER, CHEMICALPOTENTIAL

Volume flow	=	7.59E+09	m ³ /yr
Gibbs free energy	=	4.89	J/g(Environmental Accounting)
Energy (J)	=	(7.59E+09m ³ /yr)*(1.0E6g/m ³)*(4.89J/g)	
	=	3.71151E+16	J/yr

8 EARTH CYCLE

Area	=	1.71E+08	m ²
Energy (J)	=	(1.71E8m ²)*(1E6J/m ² /yr)	
	=	1.71E+14	J/yr

INDIGENOUS STORAGES

9 MUD&SEDIMENT

Tidal flat area	=	7.20E+06	m ²
Bulk density	=	7.00E+05	g/m ³
Depth	=	1	m
Organic carbon	=	10.5	%
Energy(J)	=	(0.105)(1m)(7.20E+06m ²)(7E+05 g/m ³)(12kcal/g)(4186J/kcal)/100yr	
	=	2.66E+14	J

10 REED PRODUCTION

Area	=	2990000	m ²
Reed biomass	=	6910	g/m ²
Dry Weight	=	4492	g/m ²
Energy (J)	=	(2990000m ²)(4492g/m ²)(4kcal)(4186J/kcal)	
	=	2.2489E+14	J

11 PHYPOPLANKTON

Water area	=	1.62E+08	m ²
Average depth	=	2	m
Cocentration of chl.a	=	68.6	mg/m ³
Ratio of algal biomass to chl.a	=	0.01	g algae/mg chl.a
Primary producer	=	16700	J/g-day wt
Energy (J)	=	(68.6mg chl.a/m ³)(0.01g algae/mg chl.a)(2m)(1.62E8 m ²)(16700J/g-dry)	
	=	3.70E+12	J

12 BENTHOS

Water area	=	1.62E+08	m ²
Quantity	=	161.212	g/m ²
Energy(J)	=	(161.2120g/m ²)(1.62E8m ²)(3.474E+03J/g)	
	=	9.05E+13	J

13 FISH

Quantity	=	6300.32	g
Ratio of dry wt to wet weight	=	0.2	DM
Energy(J)	=	(6300.32g)(0.2DM)(5.8kcal/g)(4186J/kcal)	
	=	30592841.84	J

14 WATERFOWL

Number	=	7.12E+04	head
Average weight	=	900	g/head
Vertebrate dry wt. To live wt. ratio	=	0.6	
Wt.-energy conversion	=	20900	J/g-dry wt.

Energy(J)	= (3.46E+04head)(900g/head)(0.6)(20900J/g-dry wt.)	
	= 8.04E+11	J
PURCHASED INPUT		
15 G&S in fishery	= 6.82E+09	₩
16 Cost of Construction	= 9.77E+10	₩
17 Cost of Management	= 8.70E+09	₩
OUTPUT		
18 CULTIVATED SHELLFISHES		
Mollusk	= 1.42E+07	kg/yr
Energy(J)	= (1.42E+07kg)(0.3dry)(1000g/kg)(350kcal/100g)(4186J/kcal)	
	= 6.24E+13	J
19 CULTIVATED SEAWEEDS		
Seaweeds	= 3.11E+06	kg/yr
Energy(J)	= (3.11E+06kg)(0.2dry)(1000g/kg)(350kcal/100g)(4186kcal)	
	= 9.11E+16	J
20 TOTAL FISHING		
Production	= 4.54E+07	kg/yr
Energy(J)	= (4.54E+07kg/yr)(1000g/kg)(0.5)(0.2dry)(5kcal/g)(4186J/kcal)	
	= 9.50E+13	J
21 TOTAL NATURAL PRODUCTS		
Quantity	= 7.20E+05	kg/yr
Energy(J)	= (7.20E+05kg/yr)(0.2dry)(1000g/kg)(5.8kcal/g)(4186J/kcal)	
	= 3.50E+12	J
22 WATER SUPPLY		
TDS	= 423.99	
Gibb's free energy(J/g)	= (8.33J/mole/deg)(300℃)(mole/18g)ln((1000000-s)ppm/965000)	
	= 4.8873	J/g
Volume flow	= 2.85E+08	m ³ /yr
Energy (J)	= (volume flow(m ³))(density(g/m ³))(G(J/g))	
	= (2.85E+08m ³)(1000000g/m ³)(4.89J/g)	
	= 1.39E+15	J
23 TRNAsPORTATION		
Detour	= 12140	m
Across	= 2320	m
Detour distance	= 9820	m
Waste volatile oil	= 31374.9	L/yr
Waste light oil	= 30373.48	L/yr
Volatile oil's calories	= 8300	kcal/L
Light oil's calories	= 9200	kcal/L
	= 2.26E+12	J/yr
24 ELECTRICITY	= 2.10E+09	₩
25 MINERAL PRODUCT	= 1.47E+09	₩

감사의 글

용수선배, 영운선배 졸업할 때도 시간 참 빠르다고 생각했었는데 어느새 저도 졸업하게 되네요. 쏠살같다던 시간이 실감납니다. 단체생활은 고등학교 이후로 처음 이던 실험실이라는 곳에 들어와서 많은 상황을 겪고 느끼며 우여곡절 끝에 졸업하게 되었습니다. 제가 졸업할 수 있도록 많은 도움을 주셨던 분들께 감사인사 올리고자 합니다.

먼저 부족한 저에게 무한한 격려와 아낌없는 가르침을 주신 이석모 교수님께 감사의 인사 올립니다. 비단 학문적인 가르침뿐만 아니라 사람이 되는 길을 가장 중시하시며 항상 술선수범하시며 가르쳐 주신 탓에 언제나 감동하며 존경하게 되었습니다.

그리고 한평생 환경공학과를 위해 헌신하신 박청길교수님, 언제나 애정어린 눈길로 저를 지켜봐주시며 응원해주신 강임석교수님, 이병헌교수님, 차분하시며 언제나 인자하신 여석준교수님, 이제근교수님, 뽕 때마다 반겨 맞아주시는 고마운 김일규교수님, 멋진 수업으로 학문에 대한 열정을 일으켜 주시는 김상단교수님, 부족한 저를 예쁘게 봐 주시고 관심 가져주시고 격려해 주셔서 정말 감사드립니다. 학문에 대한 갈증으로 질문할 때마다 멋진 조언 해주셨던 강대석교수님, 김동명교수님, 정용현교수님, 성기준교수님, 많이 부족한 제게 가르침 주시느라 고생 많으셨습니다.

손민호박사님과 손지호 박사님, 최영근선배님, 김우석선배님, 언제나 치열하게 삶을 사시는 모습 보면서 많이 배우고 있습니다. 더 많이 가르쳐 주십시오. 뒤늦게 실험실에 들어와 적응못하고 생활 잘 못할까봐 걱정 많이 하셨죠? 진만선배, 성호선배.. 덕분에 사람 되어서 졸업하게 됐습니다. 감사합니다. 은지언니~! 언니덕분에 많이 배웠습니다. 어느새 언니입장이 되어버린 후배입니다. 고마워요. 하지만 아직 언니 따라가기는 멀었나봐요. 제 후배들한테 언니가 했던 만큼의 따듯한 충고는 못할지라도 따뜻한 사랑은 하고 있는데 그게 제 후배들한테 전달이 되는지는 모르겠네

요. 우리 똘똘한 후배들 내 맘 다 알지? 언제나 열심히 하는 모습이 아름다운 우리 따조랑 옥이~ 한참 바쁘고 정신없고 힘들지? 이때 공부 더 많이 더 열심히 해야되는 거 잘 알고 실천하는 모습이 참 자랑스럽다. 이쁘고 착한 매력적인 한 개, 다이어트 성공을 축하한다. 끼 많고 꿈 많은 보라 지금처럼만 열심히 노력한다면 어떤 꿈이든 성공할 수 있을거야. 언제나 모든 일에 최선을 다하는 재근아, 그리고 재근이 덕분에 알게 된 삼총사 멤버 성훈이, 창수야~ 너희 삼총사 우정이 참으로 보기 좋구나. 그리고 무엇보다 우리 동기 종명아, 니가 최고다 알제내맘? 센스쟁이 광섭아 너희가 있어서 너무 즐거웠다. 책임감 강한 봉균섬 2년동안 똘똘~! 똘똘~! 하면서 많이 의지했네요. 학과사무실에서 일하라 공부하라 정신없었을 경미언니, 그 동안 언니 알게 모르게 참 많이 의지했네요. 저는 봉균섬이랑 경미언니 덕분에 힘들 때 의지도 많이 하고 도움도 많이 받았어요. 감사합니다. 학문에 대한 궁금증은 수업시간 이후에도 남아 토론하곤 했었는데 어린마음에 참 좋았었던지 기억에 많이 남네요. 제가 석사 1년차 때의 하천 및 해양 생태공학 연구실 실장님이었던 마음썸썸이가 고운 용수선배 창원으로 취업된거 축하드려요. 2년차 실장님이자 앞으로 5년은 계속 실장님이실 영운섬, 많이 못 도와드려서 죄송해요. 하지만 저는 두 분 다 너무너무 잘 이끌어 나가 주셔서 즐겁고 행복한 실험실 생활 했어요. 두 분요, 너무 감사합니다^^ 지금은 같이 없지만 베트남에서 와서 외국인으로 생활하기에 힘들었을 형, 남편으로서 두 아이의 아버지로서 책임감을 가지고 언제나 열심히 하시는 모습이 큰 귀감이 되었습니다. 형이 졸업하면서 만나게 된 태국학생 오미, 오미가 오면서 실험실 분위기가 한층 밝아진 것이 느껴지네요. 졸업하고 열심히 공무원시험 준비하고 있을 정숙이도 너무 보고싶네요. 생태공학과 로라, 덕분에 훗날의 청사진을 그렸답니다. 저도 로라 나이쯤 되었을때 꼭 로라처럼 활기차고 행복하게 멋진 인생을 살고싶어요~ 세상을 대하는 태도는 정말로 배워야 할 점이네요. 부럽습니다. 세심한 배려를 할 줄 아는 귀염둥이 근쥬야 너는 언제고 크게 성공할꺼다^^ 깐따, 경림, 혜진아 많은 얘기 나누진 못했지만 열심히 하는 모습에 선배로서 뿌듯하구나. 용민선배, 생태공학과 석사 대빵이 되었네요~ 생태공학과 잘 이끌어 나가시길 바랍니다. 제주선배, 그동안 많은 관

심 갖고 논문에 대해서 걱정해주고 조언해주고 응원해주셔서 고마워요~재영선배, 대학원총무 맡아서 고생 많이 하셨죠~수고 많으셨네요. 진이언니, 도와주신 덕분에 논문의 완성도가 높아진 것 같습니다.. 언니가 있어서 다행이에요^^ 저도 도움 드릴 수 있는 후배 되어 많이 도울게요. ^^ 석진선배, 득녀 축하드려요. 아기 건강하게 키우세요~ 이 논문 쓰면서 가장 큰 도움을 받았던 윤미언니. 못난 후배덕에 추석에도 학교에 나와서 고생 많으셨죠. 정말정말 감사합니다. 이번에 같이 졸업하는 환경공학과 석사 05학번 총무 같이하신 형욱선배, 언제나 되새길만한 말씀 많이 해주시고 고민상담 해주셔서 고마워요^^ 옳은 말씀 많이 듣고 많이 배웠어요, 언제나 성실한 모습의 성훈선배, 언제나 방을 이끌어 나가느라 바쁘신 광재선배, 졸업 축하드립니다. 물고기 아빠 철우선배, 저 언제나 이때해주셔서 감사드려요. 왕관장님 광현씨 잘부탁드립니다.

사랑하는 한수희, 하지야~ 언제나 내 곁에서 날 지켜봐주고 맘으로 응원해주셔서 고맙다. 너거 맘 다 안다~ 엠희준 일학년때부터 참 끈질긴 인연이구나! 이 인연 잘 간직하자. 인성아 얼마전 생일 못챙겨줘서 미안해 용서해도~ 논문발표때 와준 전민음~ 니밖에 없다~ 감동감동~ 일학년때는 기장에 같이 살아서 아침마다 만나곤 했는데 이젠 그러기도 어렵구나^^ 공무원 합격하고 배필까지 만나게 된 원미야 진짜로 축하한다. 행복하자^^ 연산동에 자리 굳힌 오정아, 서울 혜민이, 공무원 나리 인승선배, 꼬북이 성진선배, 크리스토퍼 바타이유 연수선배, 꼬뽕 홍순선배, 얼마전 결혼하신 승호선배, 다들 응원해주셔서 감사합니다. 2년전 졸업하고는 정말 보기 힘드네요. 그리운 얼굴들 한번 모입시다~!

해운대여고 졸업동기 꿈많은 소녀 알로, 멋진 건축학도 김미, 날로 아름다워지는 쨍이, 답문자 0.1초 인영, 서울가서 항상 보고싶은 쭈디, 멋진 사진기자 쭈봉, 지금도 고딩으로 보이는 사자, 얼마전 결혼한 은아야, 다들 힘내라고 응원해주셔서 고마워. 조만간 논문 쓰게 될 김미 파이팅이닷~

동문 동기 감자, 현진, 시끄러운 재욱, 부끄럼쟁이 재필, 튼실 재하, 침묵대마왕 정한, 울 가족으로 의심받을 만큼 이름 비슷한 영준, 새로 알게 된 기장처녀 후배 다

들 고맙다. 내랑 같이 졸업하게 되는 재욱아. 축하한다. 응원해줘서 고맙다~

우연한 만남으로 몇 년째 우정을 유지하고 있는 캡짱피플~ 책임감 강한 승환섬을 필두로 힘든일 도맡아 하시며 꼼꼼히 우리 챙겨주시는 상배섬, 지금은 힘들지라도 나중에 꼭 성공할 경식섬, 이미 너무 바쁘지만 언제나 우리 모임을 최고로 여겨주시는 동균섬, 얼굴 보기 힘든 바쁜 민석섬, 일안섬, 쾌청 목소리의 주인공 효주언니, 열심히 사는 복숭아 현주, 라디오 인기DJ 미끈이, 중국 가 있는 상천이.. 제 곁에서 힘이 되어주셔서 모두모두 너무 고맙습니다.

사촌언니인 민경이 언니 손에 이끌려 가입하게 된 동아리 집현전. 그곳에서 사 람사는 향기를 맡으며 많은 인연을 맺었지요. 아빠 영승섬배, 종현섬, 가까운데 있으면서도 참 만나기 어렵네요. 새해 핑계대고 밥이나 한끼 같이해요~진우선배, 선배 덕분에 많은 것을 느끼고 배웁니다. 아기들 건강하게 잘 크기를 기원할게요. 부자되세요^^ 태원선배, 제훈선배, 만나면 늘 티격태격하다가 정들어버린 오리선배, 효자 용석선배, 외로움 많이 타는 용수선배, 얼른 임자 만나셔야 할 재봉선배 ^^, 영원한 귀염둥이 호영선배, 많이 아팠지만 끊임없는 노력으로 기운차리신 멋진 경민선배, 그제 얼마나 힘든지 저도 만분의 일은 알아요ㅠㅠ 성균선배랑 아영언니 어여 좋은소식 들려주세요~ 하하, 다들 감사합니다. 앞으로도 잘 부탁드립니다^^

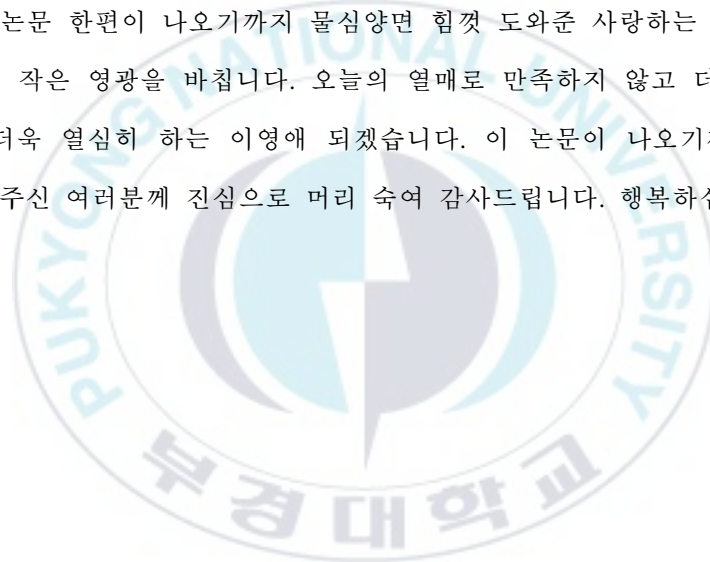
그리고 2006년 6월 부산발전연구원 환경연구부에 입사하여 뵈게 된 송교욱박사님, 부장님이신 신성교박사님, 백경훈박사님, 최윤찬박사님, 오동하박사님, 여운상박사님, 홍순복박사님, 양진우박사님, 창현선배, 상현선배, 수진언니, 소영언니, 지연언니, 현정언니 본 연구가 진행되는 동안 많은 성원을 보내주시고 많이 도와주시고 이해해주셔서 정말정말 감사합니다. 특히 백박사님, 자료수집에 천부적으로 소질이 없어 많이 힘들었는데 많이 도와주시고 항상 마음 써주셔서 감사드립니다. 그리고 창현선배, 지도 만들어주고 면적 구해줘서 고마워요~ 그리고 수업 들을 수 있도록 배려해주신 원장님께도 감사드립니다. 기타 자료수집에 많은 도움을 주신 부산발전연구원 여러분, 정말로 큰 도움이 되었습니다. 감사합니다.

끝으로 저를 언제나 힘껏 응원해주시고 믿어주신 우리가족, 정말 감사드리고 사

랑합니다. 처음에 여자가 공부 많이 하면 좋지않다며 말리시던 우리아빠, 그래도 저 믿고 응원해주셔서 감사합니다. 믿어주신 만큼 저 꼭 큰사람 되겠습니다. 요즘엔 여자도 남자 못지않답니다. 지켜봐주세요. 지혜로운 울 엄마 언제나 무조건 제 편이 되어주셔서 너무 감사하고, 사랑합니다. 아직도 너무 어여쁜 울 할머니 오래오래 건강하게 사세요. 정주야 취업된 거 축하한다. 누나 드디어 졸업한다~ 축하해도~~

혹시나 이 글에 이름이 빠진 제가 사랑하는, 저를 응원해주시는 여러분. 죄송합니다. 급하게 적느라 정신이 없네요. 넓은 아량으로 용서해 주시고 황금돼지해 모든 복 많이 받으시고 특별히 돈복은 따로 챙기세요. 그렇지만 건강이 최고라는거~ 아시죠?

오늘 이 논문 한편이 나오기까지 물심양면 힘껏 도와준 사랑하는 당신~! 광현씨께 오늘의 이 작은 영광을 바칩니다. 오늘의 열매로 만족하지 않고 더욱 성실한 마음가짐으로 더욱 열심히 하는 이영애 되겠습니다. 이 논문이 나오기까지 믿음으로 제 곁을 지켜주신 여러분께 진심으로 머리 숙여 감사드립니다. 행복하십시오.



참고문헌

- Odum H. T., 1983. Systems Ecology. John Wiley & Sons, New York, 644pp.
- Odum H. T., 1988, Energy, environment and public policy: A guide to the analysis of system. UNEP regional seas reports and studies, No.95, United States Environment Programme, Nairobi, Kenya, 109pp.
- Odum H. T., 1996, Environmental Accounting. John Wiley & Sons, New York, 370pp.
- Odum H. T., 2001, Emergy Synthesis 2., University of Florida, 431pp.
- Odum H. T., Jan E. Arding, 1991, Emergy analysis of shrimp mariculture in Ecuador
- Jay F. Martin, Emergy valuation of diversions of river water to marshes in the Mississippi River Delta, Ecological engineering, Ohio State University, p.265-p.286.
- M. T. Brown, R. D. Woithe, Odum H. T., C.L.Montague, and E. C. Odum(1993), EMERGY analysis
- P. Qin, Y. Swong, N. F. Y. Tam, 2000, Emergy evaluation of Mai Po mangrove marshes, ecological engineering, vol, 16 271-280
- S. Y. Lee, 1990, Primary Productivity and particulate organic matter flow in an estuarine mangrove-wetland in Hong Kong, Marine biology Vol 106 453-463
- 강대석 · 남정호, 2003, 에머지 개념을 이용한 해양자원의 가치평가와 정책활용방안. 한국해양수산개발원.
- 강대석 · 박석순, 1999, 에머지(Emergy)개념을 이용한 다목적댐 건설의 생태 · 경제학 적인 평가방법에 관한 연구. 환경영향평가, 제8권, 45~51pp.

강서구, 2004, 강서구통계연보, 222pp.

건설부, 도로교통량 통계연보, 1984.

건설교통부, 도로교통량 통계연보, 2006.

국토지리정보원, 1982, 경상남도 S=1: 50000 지도.

김용관 · 장동석 · 문홍영, 1985, 조석에 따른 낙동강 하류 수질변화. 한국수산학회지, 제 18권, 2호, pp. 109~119.

김진이, 2000, 시스템 생태학적 접근법에 의한 낙동강 유역의 지속적인 발전가능성 평가

부경대학교 생태공학과, 2002, 공학도를 위한 시스템 생태학, 160pp.

부산광역시, 2000, 낙동강하구일원 환경관리 기본계획 철새도래지 생태계조사, 보고서, pp705.

부산광역시, 2004, 부산광역시 낙동강수계 오염총량관리 기본계획.

부산광역시, 2005, 낙동강하류 철새도래지 실태조사 및 관리방안수립보고서.

부산광역시, 2006, 명지대교건설민간투자사업 환경영향조사결과보고서.

부산발전연구원, 2000, 낙동강 하구일원 환경관리 기본계획. 부산광역시.

부산발전연구원, 2004, 낙동강 하구 생태계 모니터링. 부산광역시.

부산발전연구원, 2005, 낙동강 하구 생태계 모니터링. 부산광역시.

부산발전연구원, 2006, 낙동강 하구 생태계 모니터링. 부산광역시.

부산발전연구원, 2004, 부산자연환경 조사연구(3차년도). 부산광역시.

부산지방환경청, 1992, 낙동강 하구언 축조 전후 주요환경 변화조사, pp308.

부산직할시, 한국토지개발공사(1993), 명지, 녹산국가공업단지 개발산업에 따른 어업 피해보상조사보고서, pp912

산업기지개발공사, 낙동강 하구둑 건설사업 환경영향평가서, 1981, 298pp.

손지호 · 신성교 · 조은일 · 이석모, 1996, 한국 수산업의 EMERGY 분석, 한국수산학회지, 29(5), 689~700pp.

송교욱 · 제윤미, 2005, 낙동강하구역의 생태 · 경제학적 가치평가와 관리방안에 관한

- 연구, 부산발전연구원.
- 엄기혁, EMERGY분석법에 의한 득량만의 환경용량 산정, 1996
- 원종훈 · 양한섭, 1975, 낙동강 물금 상수도 원수에 미치는 해수의 영향에 대하여.
한국수산학회지, 제 8권, 4호, pp. 248.
- 원종훈 · 양한섭, 1978, 음료수 및 공업용수로서의 낙동강 하류 수질에 대하여. 한국
수산학회지, 제 11권, 3호, pp. 129~139.
- 이석우(1992). 한국근해해상지, 집문당, pp304
- 이창희 · 강대석 · 남정호 · 이병국 · 유혜진, 2001, 하구 · 석호 육해전이수역 통합환경
관리방안 연구. 한국환경정책 · 평가연구원, 한국해양수산개발원, 368pp.
- 이창희 · 구도완 · 노태호 · 문현주 · 전성우 · 허경미, 2003, 하구역 환경보전 전략 및
통합관리 방안 수립. 한국환경정책평가연구원.
- 최영근, 2003, 국가와 지역시스템의 지속성 평가에 대한 연구. 부경대학교 박사학위
논문.
- 통계청, 1982, 김해시 통계연보.
- 통계청, 1983, 부산통계연보, 658pp.
- 한국수자원공사, 1988, 낙동강하구둑 공사지, 760pp.
- 한국수자원공사, 1997, 낙동강하구둑관리연보, 304pp.