

■ 論 文 ■

폐기물 해상매립장의 도입방안에 관한 연구

- 장래 수도권 지역의 매립폐기물 처리를 중심으로 -

Research for Construction of Landfills at Sea

Disposal of Wastes to be Reclaimed in the Metropolitan Area in the Future

정 공 일

(주식회사 한아엔지니어링 대표이사)

김 영 수

(주식회사 한아엔지니어링 기술부 이사)

목 차

- |                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| I. 연구의 배경 및 목적           | V. 수도권의 폐기물 해상 매립 System 구상 |
| II. 외국의 폐기물 해상 매립 실태     | VI. 결 론                     |
| III. 수도권의 장래 폐기물 매립규모 예측 | 참고문헌                        |
| IV. 수도권 폐기물의 해상 매립 예상 입지 |                             |

Key Words: 수도권폐기물, 폐기물해상매립

ABSTRACT

The quantity of waste has been increased due to the increase in population and consumption after industrialization. Accordingly it caused the urban environmental problems, the lack of landfill and the pollution around the landfill. Thus, it is necessary to research the adequate alternative in the long-term.

In case of Japan, areas and quantities of landfills at sea are more great than those of landfills in land. And investigating our condition, landfills of the metropolitan area in land are to be fully filled with wastes up to 2020 and be closed.

In this research, construction of landfill sites at sea is suggested as the alternative waste disposal method and it is suggested that in our country, the suitable landfill sites of the metropolitan area are the regions around Jangbong-do Island and Muei-do Island.

It is expected that the best way to transport wastes is to transport through Kyungin canal from the middle collection center to the lower Han River. Rough cost for construction of landfill at sea, if it is used for 50 years, is expected to be 2 trillion won and total time to construct the landfill is expected to be 10 years.

Many studies concerning to this research proposal are to be performed so that construction of landfills familiar to environment are to be accomplished.

## I. 연구의 배경 및 목적

인구팽창과 산업문명의 발달 및 이에 따른 생활수준의 향상은 폐기물의 양적 증가와 질적 변화를 가져왔으며, 이로 인한 도시환경 문제해결과 매립장 주변의 2차 공해 예방 등 그 처리 문제가 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 그로 인해 선진국들에서는 이미 폐기물 처리 문제를 심각하게 받아들이고 장기적인 대책 강구와 이에 대한 실현을 구체화하고 있다. 유명한 물리학자 스티븐 호킹이 「21세기는 인간과 공해와의 싸움이 될 것이다.」라고 말했듯이, 공해 중에서도 지구상에서는 더 이상 버릴 곳이 없는 폐기물을 처리하는 문제는 21세기를 살아가는 인간들에게 있어서 생존을 위협하는 주된 문제로 대두될지도 모르는 일인 것이다.

우리나라와 처지가 비슷한 일본의 경우 벌써 내륙 매립의 한계성을 인식하고 폐기물을 해상매립 하는 쪽으로 방향을 전환한 바, 1981년 광역임해 환경정비센타법에 기반을 둔 소위 「피닉스(phoenix) 계획」<sup>1)</sup>이라 불리는 외해 폐기물 매립처분장 개발계획에 따라서 해상으로 폐기물을 반입하고 매립하는 정책을 시행하고 있다. 동경만에서의 폐기물은 대부분 해상매립을 하고 있는데, 모두 7개소<sup>2)</sup>가 현재 시행 중이거나 계획지로 되어 있다. 최근에는 Landfill Island Project라고 해서 해상에 폐기물들을 섬 형태로 매립하고 인공섬을 건설하는 것에 대해서 검토하고 실현화 시키기 위한 방안을 연구중이다(김규한, 2000, p. 101).

우리나라의 경우 폐기물 처리장은 넘비현상과 환경오염에 대한 민원 등으로 인해서 입지를 선정하는 것조차 매우 어려운 실정이다. 특히 수도권은 현재 인구 이천만 이상이 거주하는 거대한 폐기물 발생 배후지로서 전국의 매립 폐기물 발생량 중에서 50% 이상을 차지하고 있어 장래 대책이 특히 요구되는 지역이다.

수도권에서 발생하는 폐기물은 과거 1992년 3월까지의 난지도 매립 폐기물 처리장에서 매립을 하였다가 이곳이 폐쇄된 이후부터는 인천광역시 검단면 및 경기도 김포군 양촌면 일대에 592만평의 간척지를 확보<sup>3)</sup>, 약 25~30년간 처리할 수 있는 수도권 위생매립지를 건설하여 폐기물을 매립하고 있다. 따라서 앞으로 2020년경

1) 피닉스계획이란 일본의 폐기물 해양매립 기본계획으로 후생성과 운수성에서 폐기물을 적정하게 처리함과 동시에 항만의 질서있는 정비를 도모하기 위해서 제도적으로 법을 제정해 행정구역을 초월한 광역적인 해양 공동폐기물 처분장을 건설하도록 하고 있는 계획이다(일본 해양개발협회, 1997, p. 92).

2) 1. 중앙방파제 내측 매립처분장, 2. 중앙방파제 외측 매립처분장, 3. 하네다 외측 매립처분장, 4. 신카이면 매립처분장, 5. 제8호 매립처분장, 6. 제14호 매립처분장, 7. 제15호 매립처분장

3) '86년 「폐기물 관리법」이 제정되고 '87년 국무회의 의결, 국가사업으로 확정된 후 '89년부터 환경청, 서울시, 인천시, 경기도 공동으로 매립지를 건설하고 환경관리공단이 운영 관리하고 있다.

이면 수도권 지역의 폐기물 매립처리장 사용이 완료되지만 그 이후의 대책이 아직 구체화되지 못한 형편이다. 폐기물 처리에는 <표 1>과 같이 소각 처리, 재활용 처리, 위생매립 등의 방법들이 있지만 아직 폐기물 처리를 저가의 매립형에 의존할 수밖에 없는 우리나라 실정에서 소각 처리법을 비롯한 기타 처리공법들은 저용량과 고가라는 한계를 가지고 있다.

<표 1> 폐기물처리 방법 비교·분석

구 분	소각 처리법	재활용 처리	위생 매립
개 요	· 폐기물소각, 에너지화	· 폐기물을 파쇄, 분별, 압축 등의 처리 공정으로 자원 회수	· 환경오염방지 시설을 갖춘 매립지에 폐기물을 매립
장 점	· 에너지 재이용과 폐기물 잔재 최소화	· 자원 재이용	· 처리용량 가장 큼 · 처리단가 저렴 · 부지활용으로 경제성 제고
단 점	· 처리용량 적음 · 초기투자비, 유지관리비 고가 · 2차 환경오염(다이옥신) 문제	· 처리용량 작음 · 보건위생 불안전	· 매립지 확보 어려움 · 침출수 방지 등 환경오염 방지 필요

이러한 현실들을 고려했을때 수도권내에서 장기적으로 대량의 폐기물을 처분할 수 있는 방안과 타당성 여부 등을 사전에 충분히 검토하고 목표년도 까지는 건설을 완료해야만 할 것이다. 이때 내륙입지 보다는 규모 및 활용도 측면에서 월등한 이점이 있는 해상입지로 눈을 돌릴 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 국내에서도 장래 폐기물 해상매립장을 도입하는 방안에 대해서 연구를 하였다. 우선 II장에서 외국에서 시행되고 있는 해상 폐기물매립제도 및 형태에 대해서 살펴본 다음, III장에서는 국내 도입의 필요성에 대한 전망을 하였다. 그리고 IV, V장에서는 경제적이고 위생적이며(Sanitary Landfill) 국가의 백년대계에 합당한 수도권 지역 폐기물의 해상 매립 구상안을 제시하였다.

## II. 외국의 폐기물 해상 매립 실태

외국의 해상 폐기물매립제도를 살펴보면 우선 미국의 경우에는 충분한 토지 확보로 폐기물을 해상에 매립하는 경우를 찾아보기 힘들다. 1988년 이전까지는 해양에 폐기물을 투기한 바 있으나, 전면 중지되고 모든 폐기물은 내륙에서 처리하는 것을 원칙으로 하고 있다. 유럽지역은 도시 폐기물의 처리에 있어서 매립이 차지하는 비율이 약 60% 정도로 높은 편이며, 매립하기 전에 고형화 처리<sup>4)</sup>등을 통해서 부피를 감소시킨 후 매립 또는 해양에 투기하고 있다(한국지반공학회, 1996, p. 359). 협소한 국토와 해안으로 둘러싸인 자연조건 등 우리나라와 사회·경제·정치적인 여건들이 비슷한 일본의 경우에는 이미 오래 전부터 해상 폐기물매립이 활발하게 이루어지고 있는데 본 논문에서는 일본을 중심으로 해상 폐기물매립에 관한 사례를 살펴보고자 한다.

일본도 우리나라와 마찬가지로 산업폐기물 및 일반폐기물이 증가함에 따라서 그 처분 장소의 문제가 전국적으로 발생하게 되었고, 이에 대한 대책으로서 해면을 매립하여 최종 처분장으로 하는 사업이 각 지역에서 실시되었거나 계획중에 있다. 대규모 해면 매립장으로는 동경만의 "15호 꿈의 섬"과 "중앙방파제 외측 폐기물 처분장"을 비롯해서 오사카만의 "Phoenix 계획"에 따른 "Amasaki"와 "Izumitsu" 그리고 "북항 폐기물 처분장" 등이 있다(오사카시 항만국자료, 1996).

일본의 경우에는 해상매립의 재료원이 대부분 준설오니, 소각재, 폐기물로써 매립의 주목적이 토지 확보가 아닌 폐기물 처리에 있음을 알 수 있다. 또한 철저한 매립계획 및 환경오염 저감방안을 수립한 후 폐기물을 적극적으로 매립에 활용함으로써 일석이조의 효과를 얻고 있다. 이때 폐기물의 매립을 인공섬 형식<sup>5)</sup>으로 하고 있어 최종적으로는 육지화 하는 것을 목적으로 하기 때문에, 폐기물의 혐오화로 연안도서의 활용이 배제되고 있는 우리나라와는 폐기물에 대한 개념과 활용이 다르다. 일본 해상 매립지의 대표적인 사례인 오사카만 북항, Amasaki 및 Izumitsu 처분장, 동경만 매립처분장에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

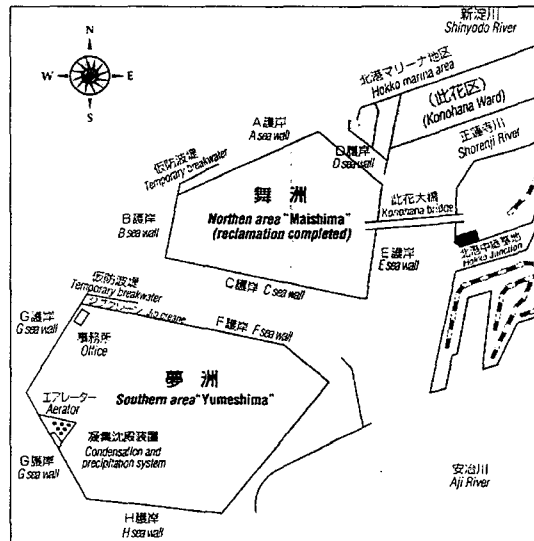
4) 고형화 처리란 폐기물로부터 용출되는 오염물질을 줄이기 위해서 유해성, 유해가능성, 무해성 등으로 구분해서 폐기물을 고체화하는 것을 말한다.

5) 연안지역에서의 공간이용은 그 유한성으로 인해서 인구와 산업의 집중, 환경문제, 폐기물 처리 등 공간이용자간에 여러 문제를 발생시킨다. 따라서 해안선에서 상당거리가 떨어진 근해에 섬형식으로 폐기물을 매립하여 인공섬을 건설하고 새로운 기능 및 권역을 창출하는 해양 개발을 하는 인공섬 형식이 많이 이루어지고 있다.

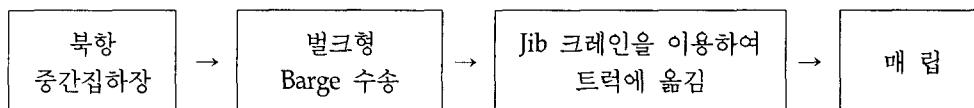
### 1. 오사카만 북항 폐기물 매립처분장

오사카만 북항 폐기물 매립처분장은 광역임해환경정비센타법에 근거해 배후도시권에서 발생하는 일반폐기물과 준설토사, 건설발생토사 등을 처리할 수 있는 해면 처분장을 확보할 목적으로 조성된 해상 폐기물 매립처분장이다. 매립면적 385만  $m^2$ 에 매립용량은 5,460만  $m^3$ 인 케이슨식의 해안 폐기물 매립장이며, 1985년 건설된 이래 현재까지 매립을 시행해오고 있다. 조성비는 1,042억엔이 들었으며 쓰레기, 소각재, 하수오니, 수도오니 등의 폐기물을 매립하고 있다(오사카시 항만국자료, 1996). 또한 오사카항은 1997년 6월 eco-port 모델항으로 지정된바 있어, 폐기물 매립장 역시 매립이 완료된 후에는 환경친화적인 시설로 활용될 예정이다.

오사카만 북항 폐기물 매립 처분장의 평면도와 폐기물 처리 순서는 다음의 <그림 1>, <그림 2>와 같다.



<그림 1> 오사카만 북항 폐기물 매립 처분장의 평면도



<그림 2> 오사카만 북항 폐기물 매립처분장의 작업순서

공해방지를 위해서 호안에 Sheet pile을 병행해 설치하였고, 침출수는 폭기, 침전(응집을 위한 화학적 처리 실시)의 단계를 통해서 정화시키고 있다. 화재 및 악취를 유발하는 가스는 가스제거설비를 설치하여 제거하며, 중간집하장에서 집진처리를 하고 있다. 이 밖에도 해풍에 대비해서 매립지 주위에 Fence 설치하였고, 폐기물의 날림과 밀림, 이동을 방지하고 다짐효과를 배가하기 위한 오탁방지막을 설치하였다(오사카시 항만국자료, 1996).

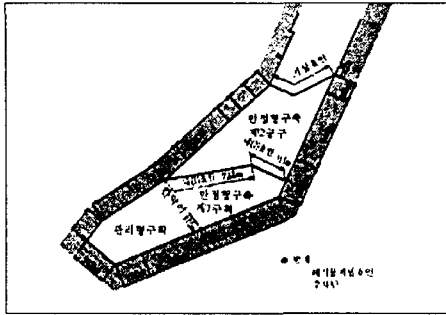
## 2. 오사카만 Amasaki 및 Izumiotsu 매립처분장

오사카만에 위치한 Amasaki와 Izumiotsu 매립처분장은 KinKi권의 내륙부에서 지방자치단체나 사업자가 폐기물 처분장을 확보하는 것이 곤란하게 되자 오사카만의 149개 현들로부터 폐기물을 반입할 수 있도록 건설된 것이다. 이 두개의 매립처분장을 비교한 내용이 아래의 <표 2>에 나타나 있으며, 평면도 및 매립 순서도는 <그림 3>~<그림 5>와 같다.

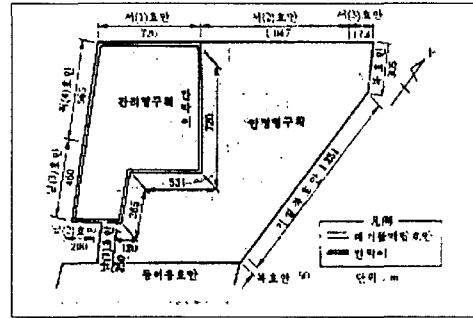
<표 2> 오사카만의 Amasaki 및 Izumiotsu 매립 처분장 비교

구 분	Amasaki	Izumiotsu
매립면적	113만 $m^2$	203만 $m^2$
매립용량	1,500만 $m^3$	3,000만 $m^3$
호안형식	케이슨식	케이슨식, Cellular식, 사석마운드식
조 성 비	폐기물 매립호안 최종 처분장 합계	850억엔 570억엔 1,420억엔
공사기간	1987년 ~ 1996년	

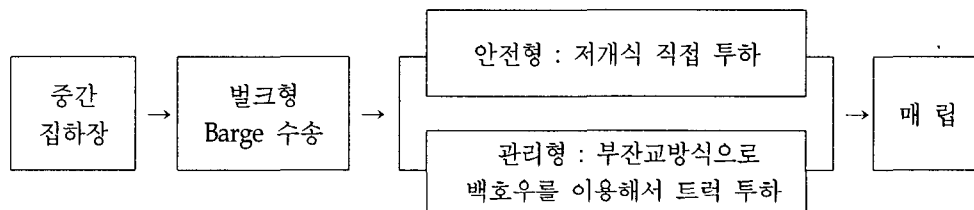
자료: 일본해양개발협회, 『해양토목기술』, 1997, pp. 99~100.



〈그림 3〉 Amasaki 평면도



〈그림 4〉 Izumiotsu 평면도



〈그림 5〉 매립작업 순서

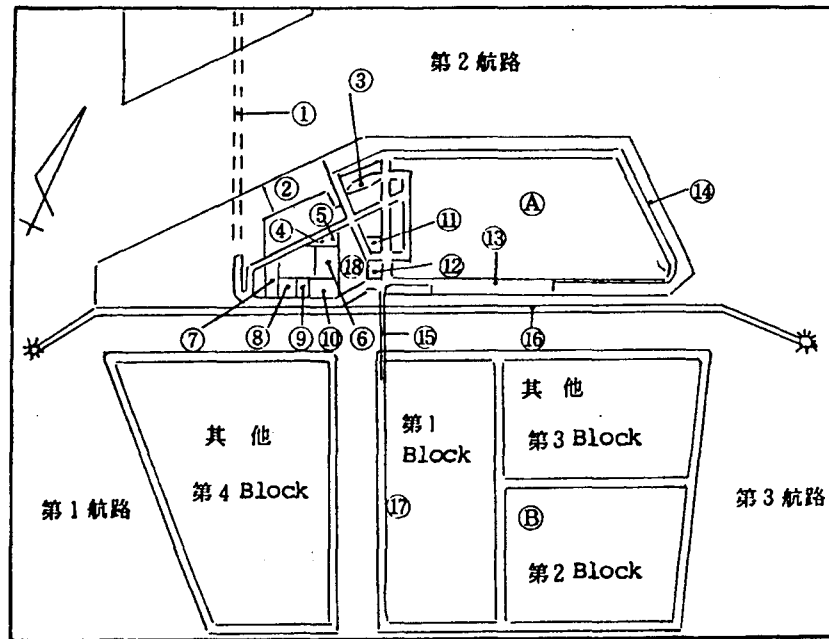
이 두 개의 폐기물 매립장 역시 공해방지를 위해서 호안에 Sheet Pile 및 차수막을 설치했고, 침출수는 배수처리시설에 의해서 생물처리, 응집 및 침전처리, 감균처리를 거친 후 외해로 방출하도록 하고 있다. 이 밖에 Amasaki 매립장은 연약지반으로 인해서 박층매립공법<sup>6)</sup>을 사용한 것이 특징이다(일본해양개발협회, 1997, p. 101).

### 3. 동경만 중앙방파제 매립처분장

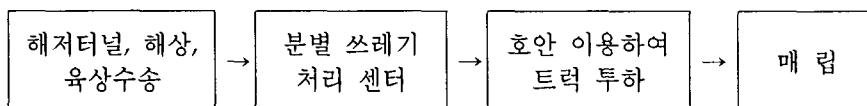
동경만 중앙방파제 매립처분장은 1975년부터 개발되기 시작해 1996년에는 호안공사가 착수되었고, 현재는 중앙방파제를 중심으로 내측과 외측에 4개의 block으로 매립처분장이 구성되어 있다. 매립면적은 420만  $m^2$ 이고, 매립용량은 7,140만  $m^3$ 이다. 동경만 매립처분장 역시 공해방지를 위해서 호안에 강관 Sheet Pile을 설치

6) 박층매립공법은 해상매립에 있어서 연약지반이 있는 경우 지반이 유동하거나 지반이 파괴되는 위험성이 있어 이를 보완하는 시공방법이다. 저개식 Barge나 Spray Pointon의 장비를 이용해서 하층이 균일하게 되도록 폐기물을 박층으로 포설함으로써 연약지반의 안정화를 도모할 수 있는 공법이며, 대규모 매립시 유리하다.

하였고 쓰레기 비산방지 펜스와 오탁방지막을 설치하였다. 이 밖에도 침출수 처리 시설 및 가스 처리시설이 설치되었다. 동경만 중앙방파제 매립 처분장의 평면도 및 작업순서는 <그림 6>, <그림 7>과 같다(환경관리공단, 1988).



<그림 6> 동경만 중앙방파제 매립 처분장의 평면도



<그림 7> 동경만 중앙방파제 매립 처분장의 작업순서

### Ⅲ. 수도권의 장래 폐기물 매립규모 예측

폐기물 매립장의 규모를 결정하기 위해서는 과연 장래에 얼마나 발생할 것인지를 예측할 필요가 있다. 따라서 3장에서는 수도권 지역의 폐기물 발생동향을 살펴



본 다음 장래 수도권 지역의 폐기물 발생량과 매립장 규모를 개략적인 방법에 의해서 예측하였다.

## 1. 수도권의 폐기물 처리 현황

1998년을 기준으로 할 때 전국적으로 운영중인 생활폐기물 처리시설은 442개소이며, 이 중 75%인 334개소는 5년 이내에 사용이 종료될 예정인 것으로 나타났다. 또한 소각시설의 95%가 시간당 100kg 미만인 소형시설로 체계적인 관리가 곤란한 실정이며, 음식물 쓰레기처리 및 재활용도 미미한 실정이다(환경부, 1999).

이들 중에서 수도권에 위치한 폐기물 처리시설의 분포현황 및 규모를 살펴보면 우선 수도권 지역의 폐기물 매립 처리시설은 서울 11개소, 인천 4개소, 경기도 18개소로 총 23개소가 있고, 잔여 매립 가능량은 약 2.5억톤이다. 또한 소각시설은 서울 27개소, 인천 45개소, 경기도 139개소로 총 211개소가 있으며, '98년도에 약 5.4만톤의 폐기물을 처리한 바 있다. 수도권 지역의 폐기물 매립에 있어서 가장 큰 부분을 차지하는 수도권 매립지는 서울특별시, 인천광역시 및 경기도내 18개시와 3개군에서 발생하는 폐기물의 매립을 목적으로 건설되어 1992년부터 폐기물을 반입하기 시작하였다. 총매립용량 2억 5,273만톤에 부지면적은 592만평이고 일평균 2만톤이 반입되고 있어 2022년이면 사용기간이 종료될 예정이다(수도권 매립지 운영관리조합, 2000).

따라서 2022년 이후면 수도권 지역에서 발생하는 폐기물을 처리할 수 있는 새로운 매립장이 완공되어 있어야만 한다. 그러나 이러한 폐기물 매립지를 개발하기까지는 많은 시간이 소요되므로 폐기물 처리장은 장기적인 관점에서 조망되고 준비되어야만 한다.

## 2. 장래 수도권의 폐기물 매립 반입량 예측

본 논문에서는 2020년경 이후에 필요하게 될 폐기물 매립지의 규모를 결정하기 위해 개략적인 방법에 의해서 장래 수도권의 폐기물 매립 반입량을 전망해 보았다. 과거에 추정되었던 수도권의 폐기물 발생 예측치는 아래의 <표 3>과 <표 4>에 나타난 바와 같이 실제 반입량과 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 당시 폐기물 처리에 대한 국민들의 의식수준이나 정부의 환경정책방향 등 폐기물 발생에 영향을 주는 사회적 요인들이 많고, 폐기물 처리시설의 완공년도나 기타 개발 계획 및 인구변화 등 반입량에 영향을 미치는 요소들이 다양하게 변화했기 때문으

로 해석할 수 있다.

〈표 3〉 수도권 폐기물 반입량 추정치와 실반입량 비교

추정년도	반입량추정치 (ton/yr)	실반입량	비 고
1995	8,818,211	9,177,983	반입량 추정치는 수도권매립지(3공구) 기반시설실시설계 (1995) 추정치임.
1996	8,524,104	8,613,704	
1997	8,429,803	7,702,978	
1998	7,417,299	6,603,435	

자료: 선진엔지니어링, 『수도권 매립지(3공구) 기반시설 조성사업 실시설계보고서』, 1995.

〈표 4〉 폐기물 관리 증장기 정책목표 및 실제 결과값 비교

구 분		목 표 치			실 제
		기준년도 (’92년도)	’94년	2001년	’98년
생활 폐기물	· 1인당 쓰레기발생(kg)	1.5	1.3	1.1	0.96
	· 생활폐기물 관리구조				
	- 재활용(%)	7.9	15.4	20.0	34.9
	- 소 각(%)	1.5	3.5	30.0	8.9
	- 매 립(%)	89.2	81.1	50.0	56.2
사업장 폐기물	· 재활용(%)	53.6	60.7	65.0	66.2
	· 소 각(%)	13.0	5.0	15.0	5.0
	· 매 립(%)	33.4	33.1	20.0	28.8

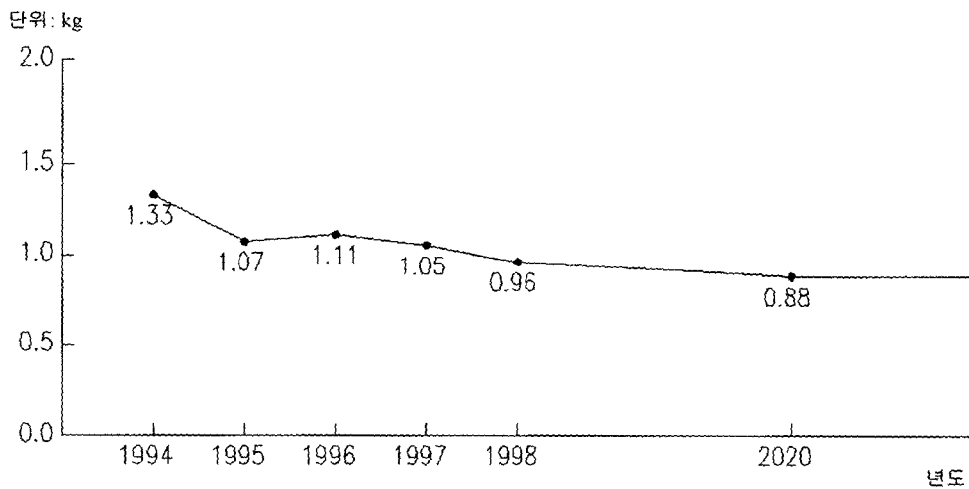
자료: <표 3>과 동일.

’98년도를 기준으로 했을때 수도권 매립지에서 생활폐기물 반입율은 총 폐기물 의 62.6%로서 가장 많으며, 사업장폐기물 반입율은 건설잔재가 22.0%, 하수 및 정수슬러지(정수오니)가 8.5%, 하수준설토가 2.3%, 산업폐기물이 2.1%, 일시다량

1.5%, 연탄재가 0.9%정도 나타난다.(수도권매립지 운영관리조합, 2000) 생활폐기물의 경우에는 매립의존도가 높아 수도권매립지에서도 가장 높은 반입율을 차지하고 있다.

위와 같은 수도권 폐기물의 매년 실반입량을 기준으로 향후 2020년경 수도권 폐기물 발생량을 예측하였는데, 최근의 폐기물 처리법 개정으로 감량화가 의무화됨에 따라 매립지로 반입될 양은 매년 점차적으로 줄어들 것으로 전망하였다.<sup>7)</sup>

1인당 1일 생활쓰레기 발생량 변화추세

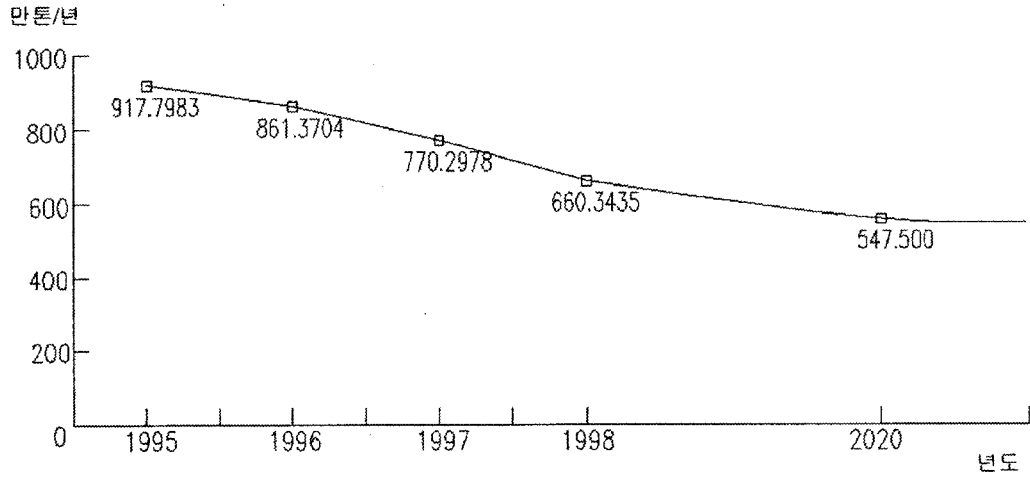


<그림 8> 생활쓰레기 발생량 변화추세

위의 <그림 8>, <그림 9>에서 보는 바와 같이 수도권 매립지에서 반입 비중이 높은 생활폐기물과 수도권 폐기물 총 반입량은 감소추세에 따라서 수렴화 할 것으로 보인다. 또한 정부의 각종 환경규제 및 기업·국민의 환경의식수준의 향상을 감안할 때, 향후 수도권 폐기물 반입량은 선진국 수준의 감량화가 이루어질 것으로 예상되어 '98년 수도권 매립지에 반입되는 일일 18,000톤의 폐기물 반입량이 점차 15%까지 감소해, 2020년 이후의 목표 년도에는 일일 15,000톤이 반입될 것으로 추정하였다.

7) 본 논문에서는 정확한 예측보다는 어느 정도의 규모로 단계별 입지 확보를 하는 것이 필요 한지 알기 위한 목적에 맞추어서 개략적인 방법으로 추정을 하였다.

년도별 폐기물반입량(수도권매립지)



〈그림 9〉 년도별 폐기물발생량 예측

이처럼 장래 수도권에서 반입되는 매립 폐기물이 일일 15,000톤이라고 추정했을 때 사용년수별로 요구되는 매립장의 규모는 25년 사용시 약 1.5억톤, 50년 사용시에는 약 3.0억톤, 100년 사용시에는 약 5.5억톤의 규모를 가질 것으로 예측되었다.

#### IV. 수도권 폐기물 해상매립 예상 입지

해상에 폐기물 매립장을 건설하는 것은 육상에 폐기물 매립장을 건설하는 것에 비해서 몇가지 이점들이 있다. 일본의 경우를 예로 들어 내륙과 해양의 차이점을 살펴보고, 서해안 지역의 지리적 여건을 고려했을 때 최적의 입지는 어디가 될 것 인지를 살펴보았다.

##### 1. 일본의 폐기물 해상매립 동향

협소한 국토면적과 해안으로 둘러싸인 지리적 위치 등 서로 여건이 비슷한 우리나라와 일본은 국토 보전측면과 처리공간 확보 부족으로 폐기물 반입을 육상에서

해상으로 이전하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 왜냐하면 해상매립장은 육상에 비해서 일일 처분량이 많고, 폐기물의 운반에 있어서도 유리한 수송조건을 갖는 선박을 이용할 수 있기 때문이다. 또한 활용도와 환경이라는 측면에서도 이점이 많으므로 일본에는 “피닉스 계획”에 따른 Osaka만의 Anaski와 Izumiotsu 매립처분장, 동경도 중앙방과제 매립처분장, 마루시마 매립처분장 등 현재 건설된 해상매립 처분장이 약 33개소에 이르고 있다(김규한, 2000). 아래의 <표 5>, <표 6>에도 나타난 바와 같이 일본의 경우 내륙보다 해상 매립장이 면적과 용량에서 모두 훨씬 크다는 점을 알 수 있다.

<표 5> 일본에서의 내륙과 해상폐기물 처분량의 비교

(단위: 1개소당)

구 분	내 륙	해 양
면 적 ( $m^2$ )	18,530	193,848
용 량 ( $m^3$ )	144,165	3,063,727
잔여용량 ( $m^3$ )	54,786	817,909

자료: 김규한, 「일본폐기물 대책의 동향」, 『대한토목학회지』, 2000, p. 100.

<표 6> 동경·오사카만의 일반폐기물 해면 처분현황(1993년)

구 분	동 경 만	오 사 카 만
육상처분	38.3%	44.7%
해면처분	61.7%	55.3%

자료: 오사카시 항만국 내부자료, 2001.

주: 동경만은 동경부 大葉현, 埼玉현, 神奈川현의 1도 3현에 대한 현황이고, 오사카만은 광역 임해환경정비센타법에 의한 오사카 권역의 광역처리대상 구역임.

## 2. 서해안 지역의 지리적 특성 및 해상 매립 예상지역 검토

이렇듯 해상매립이 육지에 비해서 여러 가지로 유리한 점들이 있기 때문에 이미 일본에서는 활발히 시행중에 있다. 우리나라의 경우에도 아직까지 해상매립장이 건설된 적은 없지만, 수도권 폐기물을 처리하기에 적합한 대단위의 해상매립이 가능한 지역들을 서해안쪽에서 찾아볼 수 있다.

서해안지역 중에서도 수도권과 가까운 영종도와 용유도 주변 해역의 간사지를 살펴보았을 때 다음과 같은 지리적 특성 및 장점들이 있다.

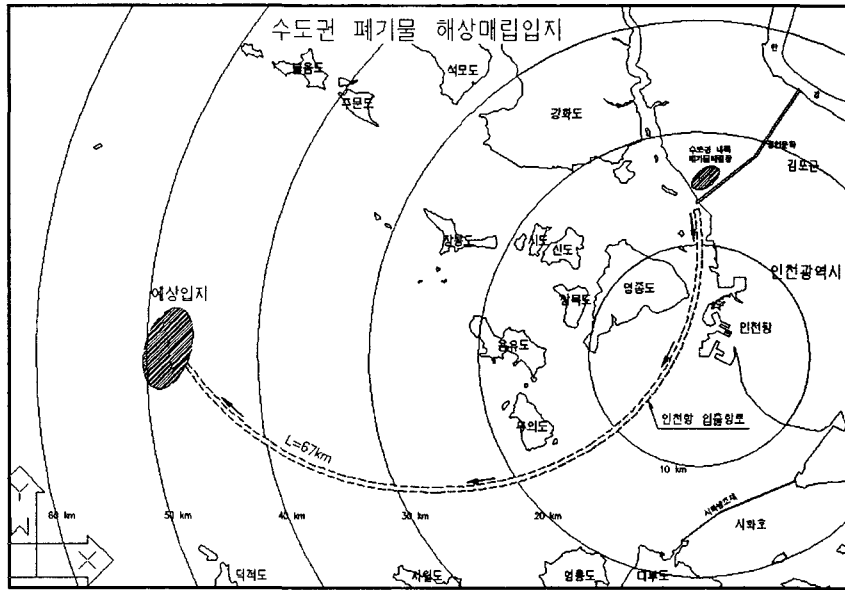
- ① 자연조건면에서 표층에는 모래가 나타나므로 해사 유용이 가능하여 공사비를 절감할 수 있고, 대부분의 하부층에서 투수성이 낮은 Clay로 이루어진 뿔층이 나타나는 특성이 있어 침출수 방지 효과가 있을 것이다.<sup>8)</sup>
- ② 생활과 환경에 미치는 영향 측면에서도 도심지와는 동떨어져 수송과 집하 그리고 지하수 오염 등에 대한 영향이 내륙부보다 작다.
- ③ 선박에 의한 대량 수송이 가능하며, 집하장 및 내륙 수송로로 경인운하를 이용할 수 있어 내륙 수송비의 절감이 가능하다.
- ④ 처분장의 처리규모가 크며 확장이 용이하다는 장점이 있다.

위와 같이 서해안 지역에 수도권 폐기물을 처리하기 위한 해상 매립장을 건설하는 경우 여러 가지 장점들이 있을 것으로 예상된다. 서해안 지역에서도 인천항을 중심으로 반경 60km 이내의 입지조건을 비교해 보았을 때에는 장봉도와 무의도 주변이 가장 적합한 것으로 나타났다.

아래의 <그림 10>을 보면 인천항을 중심으로 했을 때 반경 10km 이내는 연안부 간사지로서 영종도 신공항, 송도 신시가지 등 기존 개발이 진행중에 있고, 반경 30km 이내의 섬 등 도서간 연안 간사지는 갯벌보존 및 민원 등의 발생으로 인해서 사실상 추진이 어려울 것으로 보인다. 따라서 연안부 간사지와 섬, 도서간의 간사지를 배제하면 반경 50km 에 위치해 있고 주변 섬들과는 동떨어진 장봉도와 무의도 전편이 가장 적합한 지역으로 나타났다. 장봉도와 무의도 주변지역에는 간사지가 있고 수심이 낮아 외곽호안 조성이 용이하므로 인공섬 형태가 되는 해상폐기물 매립장의 입지로 가장 적합하다.

---

8) 단, 연약지반에 대해서는 지반안정화에 대한 기술적인 처리가 필요하다.



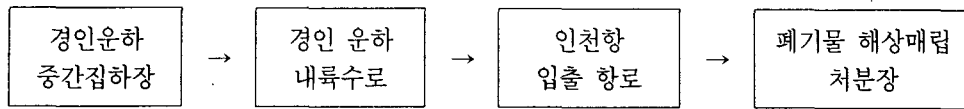
〈그림 10〉 수도권 폐기물 해상 매립 입지도

## V. 수도권의 폐기물 해상매립 SYSTEM 구상

본 장에서는 앞서 4장에서 최적입지로 선정된 장봉도와 무의도 주변에 해상매립장을 건설한다고 가정했을 때 폐기물 수송체계 및 매립지 조성 등 해상매립 system은 어떻게 구축하는 것이 바람직한지 살펴본다.

### 1. 폐기물 수송체계

해상매립의 기본적인 폐기물 운반체계는 육상 교통 및 환경에 미치는 영향이 적고 내륙 수송비가 제일 적게 드는 경인운하를 이용하는 것이 가장 바람직할 것으로 예상된다. 이때의 이용경로는 아래의 <그림 11>과 같이 중간집하장에서 한강 하류까지는 경인운하의 내륙수로를 이용한 다음에 인천항 입·출항로를 통해서 최종적으로 폐기물 해상매립지에 도착하는 수송경로가 된다.



〈그림 11〉 수도권 폐기물 수송경로

운반선은 경인운하가 이미 2,500DWT급 컨테이너(Barge)선이 운항 가능토록 설계된바, 2,500톤급 Barge 전용선 형태로써 Tug Barge 또는 Pusher Barge System<sup>9)</sup>으로 하여 날로 컨테이너화 되고있는 폐기물 수집 형태를 십분 이용할 수 있도록 한다.

폐기물의 수집 및 수송선 형태에 따라 수송 및 매립체계의 Process를 구상해보면 다음의 <그림 12>와 같다.

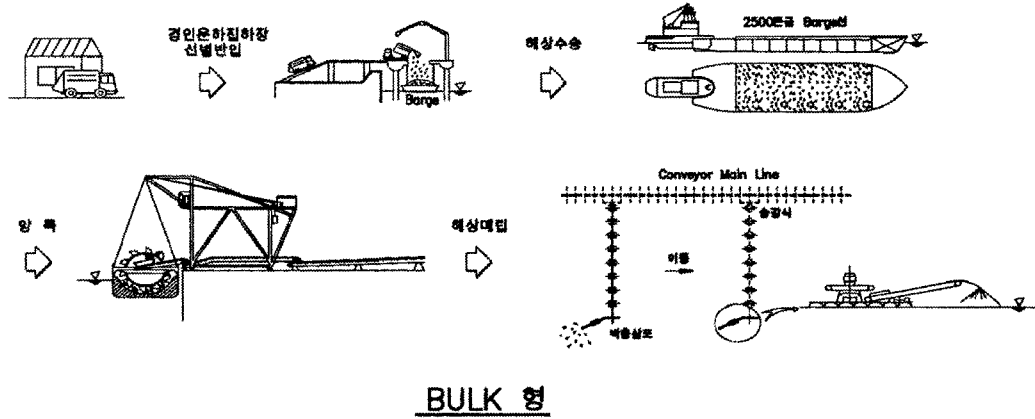
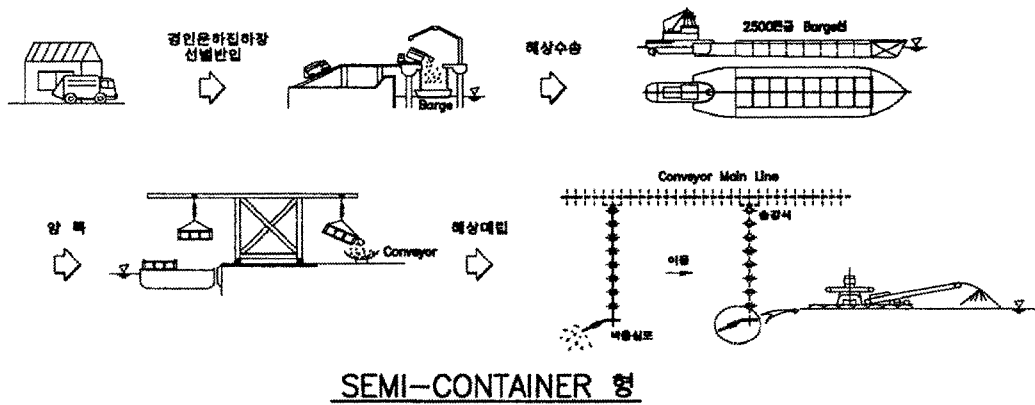
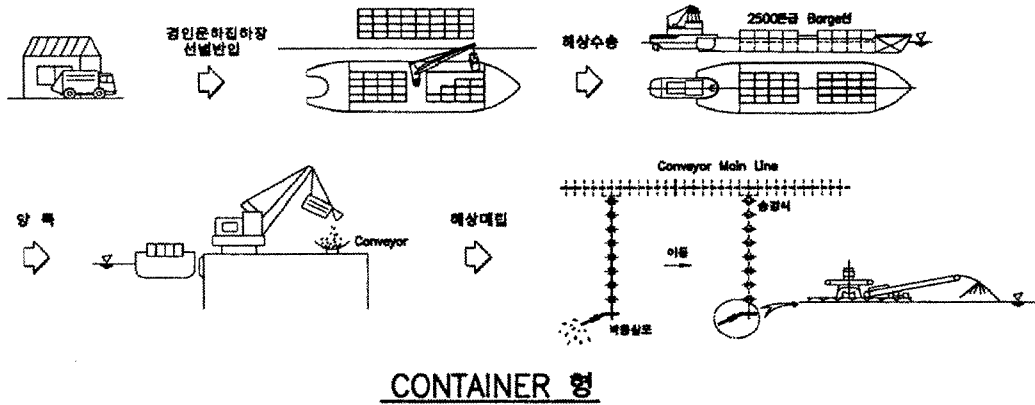
## 2. 매립지 조성방식(인공섬 형식)

최적 입지로 선정된 무의도와 장봉도 주변지역은 서해안 연안지역의 특성상 하부에 난투수성의 점토층이 두껍게 분포할 것으로 예상되는 바, 지하층으로의 침출수 유입에 따른 문제는 생각보다 쉽게 풀려질 수도 있다. 또한 표층에 퇴적되어 있는 해사는 공사비에 충당하거나 호안단면에 유용할 수 있어 경제적 측면에서도 유리한 점이 있다.

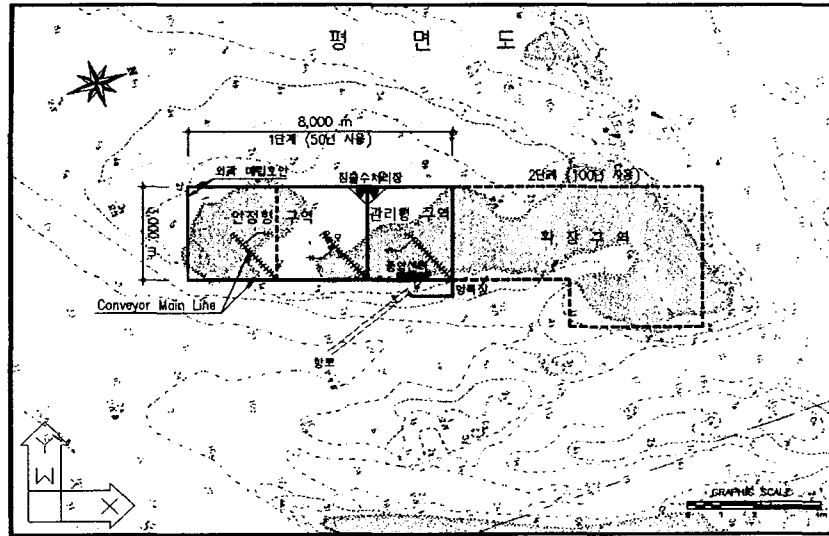
인공섬 형식으로 매립지를 조성한다고 했을 때 평면도는 <그림 13>과 같은데, 폐기물 운반선박의 접·이안과 폐기물 반입구분 및 성상처리를 위한 해상폐기물 매립양륙장을 설치했고, 이와 연계해서 폐기물의 박층 살포를 위한 Conveyor Main Line을 배치하였다. 외곽의 매립호안은 모래간사지 지역에 배치해서 공사비가 최소화 되도록 하였으며, 단계별 개발이 용이하도록 구성하였다.

9) Tug Barge System은 무동력 Barge를 Tug Boat로 예인하는 방식을 말하며, Pusher Barge System은 무동력인 Barge를 후미에 Tug Boat의 일종인 Pusher로 일체화시켜서 예인하는 방식을 말한다.



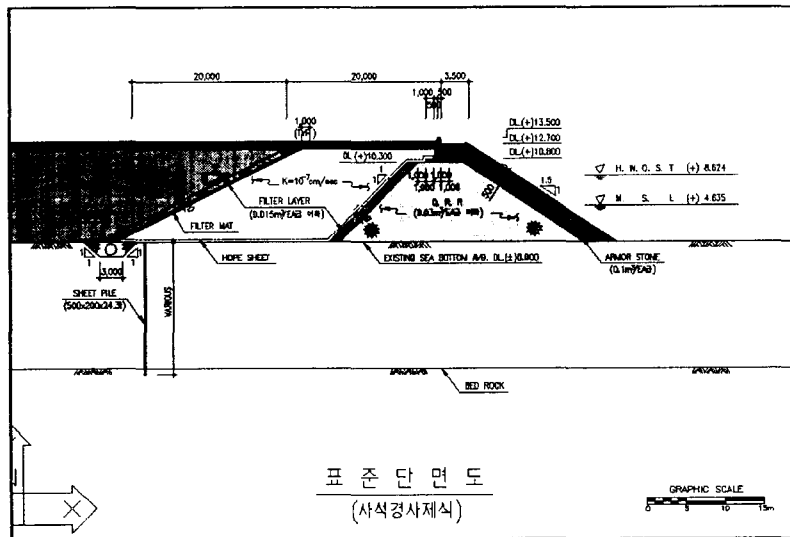


〈그림 12〉 수송 및 매립체계의 Process



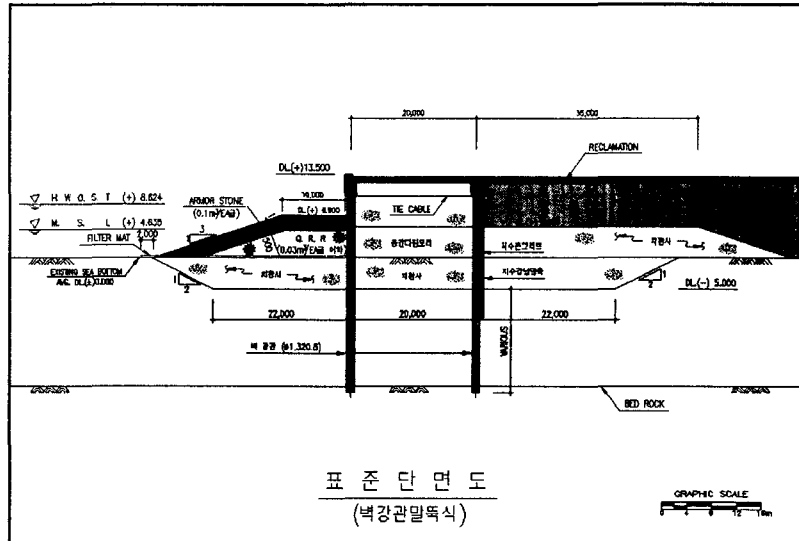
〈그림 13〉 해상매립지 조성계획 평면도

외곽매립 호안은 기초지반과 수평·수직 침출수 방지 등의 여건들을 고려해서 단면을 사석경사제식과 벽강관말뚝식의 두가지로 구성할 수 있다. 기초지반이 좋은 경우에는 아래의 <그림 14>와 같은 사석경사제식의 단면방식을 선택한다. 사석경사제식에서는 수평, 수직 침출수 방지를 위해  $10^{-7} \text{ cm/sec}$  이하의 불투성 Bentonite 점토 Barrier와 지수시판 및 HDPE(차수막)를 병행해서 설치하는 3중 방지 구조로 한다.



〈그림 14〉 표준단면도 (사석경사제식)

그러나 침출수 투과가 안되는 암반층과 같은 Stiff Layer가 얇게 나타나는 경우에는 강관 Sheet Pile을 암반층까지 박아 원천적으로 침출수를 차단하고 강관 Sheet Pile 이음부는 지수콘크리트 및 지수 널말뚝으로 처리하여 침출수 누수를 완전 차단하는 벽강관말뚝식 구조를 생각할 수 있다. 아래의 <그림 15>는 벽강관 말뚝식의 표준단면도를 나타낸 그림이다.



<그림 15> 표준단면도 (벽강관말뚝식)

### 3. 해상매립 방법

해상매립의 방법은 침출수 방지를 위해 폐합된 외곽매립 호안을 형성한 후 지반 안정화 및 균일한 폐기물의 순차적인 수중 투하를 위해 Conveyor System을 갖춘 별도의 양륙장에서 Conveyor를 이용하여 최종 Spreader로 하부에 일정하게 박층으로 뿌려주는 형태의 방법을 취하도록 한다. 또한 매립은 장기적 확장 차원에서 50년 사용과 100년 사용으로 나누어서 단계별로 구분 매립토록 한다.

### 4. 폐기물 유형별 구분반입 및 오염방지대책

해상폐기물 매립지에 들어온 폐기물은 내륙부 혹은 해상매립지의 폐기물쓰레기 처리 분별센터에서 소각재나 오니 등을 받아들이는 관리형과 건설 잔토를 반입하는 안정형으로 분별해서 구분한 다음에 반입하는 것으로 한다. 유해형은 환경친화

형태로 적절하게 처리된 것만을 반입하는 것을 철저히 준수토록 하여 환경에의 오염을 원칙적으로 불식토록 한다.

또한 오염방지를 위해서 수중에 투하된 폐기물의 부유방지 및 침출수 방지시설을 갖춘은 물론, 소정의 환경기준에 부합되는 수질오염처리(폭기조시설, 생물처리, 응집침전처리, 감균처리, 흡착처리 등)를 한 다음에 외해로 방출토록 한다. 이 밖에도 매립장의 침출수 누출방지시스템을 설치하고 주변해역에 대한 모니터링을 실시해서 오염방지 대책을 철저히 준수하도록 한다.

## 5. 개략사업비 및 공기추산

서해안의 장봉도와 무위도 주변 지역에 대해서 50년 동안 사용한다고 가정하고 1단계로 개발하는 경우, 개략적으로 폐기물 매립호안 및 양륙장 조성에 들어가는 토목공사비를 산출해보면 다음과 같다.

앞서 3장 2절에서 추정된 결과를 보면 50년 동안 수도권 지역의 매립 폐기물 반입을 처리하기 위해서는 처분 가능량이 약 3억톤 정도 되어야 하는 것으로 나타났다. 외곽매립호안 단면에 따른 매립장의 규모를 살펴보았을때 폐기물 1톤을 매립 하는데 필요한 매립장의 면적이 약  $0.08 m^2$ 이므로, 3억톤의 처리규모를 갖기 위해서는 매립장 면적이 약  $24 km^2$  정도는 되어야 한다. 매립호안 1km를 건설하는데 드는 비용은 약 776억원으로써 해상 매립장을 건설하는데만 1조 9천억원정도의 비용이 든다. 이밖에 해상폐기물매립 양륙장을 조성하는 데에도 1천억원이 들어 총 공사비는 약 2조원 정도가 될 것으로 예상된다. 이를 좀더 세부적으로 살펴보면 아래의 <표 7>과 같다.

또한 개략적인 공기를 추산해보면 매립호안 25km를 축조하는 것이 주 공정에 해당하게 되는데, 공구별로 병행해서 시공을 하거나 장비의 투입에 따른 시공성을 감안해 1년에 2.5km씩 축조하는 것이 가능할 것으로 예상된다. 따라서 전체 공사 기간은 약 10년 정도 걸릴 것으로 예상되어, 건설에 대한 준비를 서둘러야 할 필요가 있다.

〈표 7〉 개략 토목공사비(2001년 기준)

1. 호안 25km 축조비 : 19,393억원	
○ 관리구역 호안(벽강관식 2톤 TTP)	
1.038억/m × (2,600m+3,000m) × 2	= 11,625.6억원
○ 안정구역 호안(사석경사제식 8톤 TTP)	
0.584억/m × (5,400m+3,000m)	= 4,905.6억원
○ 안정구역 호안(사석경사제식 2톤 TTP)	
0.53억/m × (5,400m)	= 2,862.0억원
소 계	19,393.2억원 ≒ 19,393억원
2. 양륙장 축조비 : 0.53억/m × 2,000m = 1,060억원	
3. 모래유용비 (8,000m×3000m) × 1,100원×2m 높이 = 528억원	
4. 총 계 : 1 + 2 - 3 = 19,393억원 + 1,060억원 - 528억원 = 19,925억원 ≒ 2조억원	

## VI. 결 론

이상으로 수도권에서 발생하는 매립 폐기물을 처리하기 위해 해상폐기물 매립장을 설치하는 방안에 대해서 살펴보았다. 남비주의와 지역이기주의 현상으로 인해서 장래 수도권에서 발생하는 폐기물을 매립할 적절한 부지를 찾기 어려운 현실에서 해상에 폐기물 매립장을 건설하는 것은 좋은 대안이 될 수 있으며 또한 해상매립에 따른 이점도 많은 것으로 나타났다. 해상 폐기물 매립장은 폐기물의 반입이 완료된 후에는 복토하여 조경 식재를 한 다음에 해양관광지로 활용할 수도 있고, 해상에너지 비축기지 또는 발전소로 조성하는 등 일석이조의 효과를 얻을 수 있어 국토이용 측면에서도 매우 바람직하다.

폐기물 처리를 위한 매립장 건설을 검토하는 것은 장기적인 관점에서 이루어져야 하며, 경제성뿐만 아니라 환경보전과 국민생활에 미치는 효과 등도 앞으로는 많이 고려되어야 할 것이다. 비록 본 논문에서는 이러한 편익들을 계량화 하지는 못했지만 앞으로는 이러한 부분들에 대해서도 본격적으로 연구가 이루어져 보다 환경친화적인 개발이 이루어질 수 있는 토대가 마련되도록 힘써야 할 것이다.

## 〈참 고 문 헌〉

1. 건화엔지니어링, 『사등 쓰레기 위생매립장 확장공사 기본 및 실시설계보고서』, 1997.
2. 경인운하주식회사, 내부자료, 2000.
3. 김규한, 「일본폐기물 대책의 동향」, 『대한토목학회지』, 7월호, 2000.
4. 선진엔지니어링, 『수도권 매립지(3공구) 기반시설 조성사업 실시설계보고서』, 1995.
5. 수도권매립지 운영관리조합, 내부자료, 2000.
6. 오사카시 항만국, 내부자료, 1996, 2001.
7. 인천공영개발사업단, 『송도지역 공유수면 매립사업 사후환경관리용역 관련 선진외국 사례조사 결과보고서』, 1996.
8. 일본해양개발협회, 『해양토목기술』, 1997.
9. 최열, 『공기와 쓰레기 이야기』, 청년사, 1994.
10. 한국지반공학회, 『폐기물 매립시설 설치기준 연구보고서』, 1996.
11. 환경관리공단, 『일본의 폐기물 관리현황』, 1988.
12. 환경부, 『전국폐기물 발생 및 처리현황』, 1999.

논문투고일: 2000. 11. 30

논문심사일: 2000. 12. 13 <1차>

논문심사일: 2001. 2. 17 <2차>

논문심사일: 2000. 3. 12 <3차>

심사판정일: 2001. 4. 28