



침출수 처리 현황과 문제점 및 대책

Status of Leachate handling and the problem and the Counterplan

김 성 호*
Kim, Seong Ho

1. 서론

우리나라는 60년대 초반부터 경제 개발이 성공적으로 수행됨에 따라 중화학 공업이 급진적으로 발전되고 인구의 증가 및 도시의 집중화 현상에다 생활수준의 향상으로 인하여 폐기물의 발생량이 증가하고 그 성상 또한 변화되고 있는 실정이다.

이 폐기물은 현재 우리가 직면하고 있는 가장 심각한 환경문제중의 하나로서 이를 처리하는 방법 선택도 투자비, 운영비, 지원기술 및 처리 효율 등을 고려시 쉬운 일이 아니지만 이차 환경오염으로 인한 님비(NIMBY)현상이 야기되고 있어 매립 후보지 확보가 어려운 상태이다.

폐기물을 처리하는 방법으로는 중간처리 단계로서 소각, 퇴비화, 열분해, RDF(Refuse Derived fuel) 등이 있으나 처리기술의 개발에 막대한 투자비가 소요되며 축적된 기술이 필요하여 우리나라에서는 현재 매립방법을 가장 많이 이용되는데 어떠한 중간처리를 적용하여도 최종 폐기물은 최종처분장에서 매립하게 된다.

여기서 발생하는 2차 환경오염물질 중의 하나인 침출수는 주변 수계의 하천수와 지하수 및 토양을 오염시켜 수자원의 이용과 농작물 재배에 지장을 초래케 하고 있어 이들을 처분하는데 있어서 계획시 유의 사항과 처리 현황, 문제점

및 대책을 강구함이 시급한 과제인바 이를 고찰해 보고저 한다.

2. 침출수 처리계획

매립지에서 발생하는 침출수는 방류선의 공공수역 및 지하수를 오염시키지 않도록 관련법규상의 방류수 수질기준 및 방류선 수역의 물이용 상황등을 고려하여 적절한 방류수 목표수질 및 처리공정을 선정한다.

일반적으로 쓰레기 매립지에서의 침출수는 기상조건, 매립규모, 지형조건, 지하수위, 경과년 변화 등에 따라 수량 및 수질이 변화하며 매립지의 구조와 매립방법과 복토재의 선정, 상태에 따라 서로 변화하여 이들의 정확한 예측은 어려운 실정이다.

따라서 침출수의 효율적인 처리 방법의 계획도 어려운 실정이므로 매립장 계획시 다음과 같은 사항을 고려함이 필요하다.

2.1 침출수 차수계획

매립지에서 발생하는 침출수가 지하수에 유입되어 매립지 주변 지하수를 오염시키는 것을 방지하기 위하여 매립지의 여건에 따라 적절한 차수계획을 수립한다.

*水質管理, 上下水道 技術士, 大韓環境技術研究所 代表

폐기물관리법에는 고밀도 폴리에틸렌(HDPE) 또는 이에 준하는 재질의 합성수지를 사용할 경우 두께 1mm 이상 포설하여야 하며 차수재의 상하부는 30cm 이상의 양질의 점토층을 포설하여 돌출물과 유리류에 대한 저항성을 있게 해야 한다.

특히 표면의 요철이 시트 파손의 원인이 될 가능성이 높기 때문에 시트를 설치하고자 하는 바닥은 돌맹이나 돌출물을 제거하고 충분히 다짐을 행한 후 부직포등을 사용하여 시트 파손에 대비하는 것이 바람직하다.

그리고 경사면에는 암반이나 큰 바위가 노출

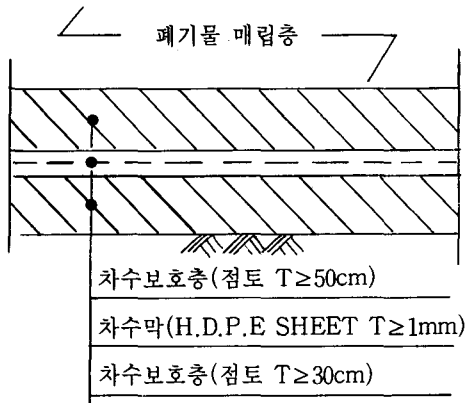
표 2.1 침출수 차수재의 비교

내 용	재 질	점 토	H,D,P,E	E,C,B	E,P,D,M	비 고
· 원명		점 토	high density Polyethylene	Ethylene Copolymer Bitumen	Ethylene Propylene Diene Monomer	
· 물리적 특성						
-인장강도(kg/cm ²)		-	200	115~125	75	
-압축신장율(%)		-	700	450	800	
-다각신장율(%)		-	10	40	40	
-수축성(%)		-	1	1	1	
-수분급수율(%)		-	0.02	0.02	0.02	
-투수계수(cm/sec)		10 ⁻⁷ ~ 10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	10 ⁻⁷	
· 화학성 및 자연에 대한 저항성						
-내오존성		보 통	보 통	보 통	양 호	
-내마모성		보 통	양 호	양 호	양 호	
-내구성		양 호	양 호	양 호	양 호	
-내약품성		양 호	양 호	양 호	양 호	
-유해성		무 해	무 해	무 해	무 해	
-설치류에 의한 피해		취 약	무 해	무 해	무 해	
· 시공성						
-이음부 접합연결 방법			자동용접기에 의한 열용접	좌동	접착제사용	
-시공가능온도		0℃ 이상	+5℃ 이상	-5℃ 이상	+5℃ 이상	
-국내시공실적		호수용으로 과거부터 사용되고 있음	신제품으로 사용 실적이 많음	방수용으로 실적이 가장 많음	방수용으로 국내 사용실적이 적음	
· 장 · 단점		· 공사비가 저렴하다. · 내구년한이 길다. · 설치류에 의하여 파손될 우려가 있다. · 사면에 점토를 부설하기 어렵다.	· 사면에 부설이 용이하다. · 방수에 확실성이 있다. · 열용접에 의한 접합으로 시공 및 검사가 용이하다. · 공사비가 비싸다.		· 외산 · 접착제 사용으로 정밀시공 필요하다.	

된 요철바닥으로부터 보호하기 위해서는 상황에 따라 소일(SOIL) 시멘트 처리층이나 양생시트(나일론 포대, 부직포등)를 설치하는 경우도 있다.

2.2 차수재의 선정

쓰레기 매립장에서 사용가능한 방수 SHEET는 상부하중과 충격하중에 견딜수 있고 내화학성이 높아야 하고 설치류나 미생물 및 각종 유기물의 침투에 대한 대응력도 강해야 하므로 이



일반 폐기물 매립장 차수 시설

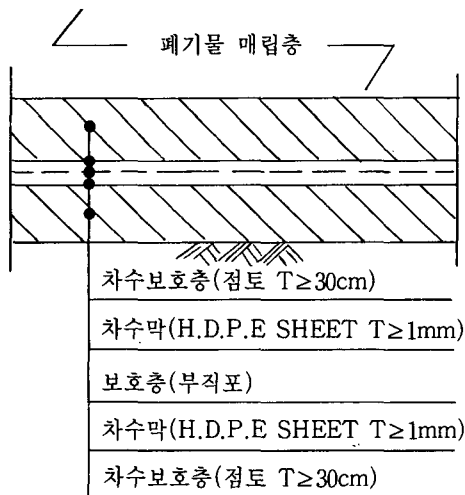


그림 2.1 특정 폐기물 매립장의 차수시설

러한 여러 조건을 만족시킬 수 있는 재질 즉 점토, H.D.P.E, E.C.B 및 E.P.D.M이 있으며 그 특성은 표 2.1과 같으며 시공의 확실성과 구입의 용이성등을 고려하여 국내에서는 H.D.P.E를 많이 사용되어지고 있다.

그리고 차수시설의 포설방법의 표준단면은 그림 2.1과 같다.

2.3 침출수 발생량

2.3.1 침출수의 발생원

쓰레기 매립지로 부터의 침출수는 주로 빗물과 지하수에 의한 것이다. 물론 쓰레기 자체내의 수분도 포함되지만 침출수량 전체를 보았을 때 무시할 만한 량이므로 쓰레기 매립지의 물 수지를 고려할 때 생략하는 것이 보통이다.

쓰레기는 매립지에서 1일 매립후 15cm정도의 복토를 하게 되는데 이는 경우에 의한 침투를 어느정도 억제하나 완전한 침투방지는 불가능하다. 그리고 침투하지 못한 경우는 표면유출에 의해 흘러나오게 된다. 침출수의 발생원은 다음과 같이 4가지로 나눌 수 있다.

- 쓰레기층의 침투한 빗물
- 쓰레기층의 침투한 지하수
- 쓰레기에 포함된 수분
- 쓰레기 분해수

2.3.2 침출수량에 영향을 미치는 인자

침출수량에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다.

- 강우량
- 지형에 따른 표면유출량과 침투수량
- 지하수위와 지하수 유량
- 중발수량
- 쓰레기의 분해율
- 수분지체시간(moisture retention time)

상기 인자중 일반적으로 가장 큰 영향을 주는 것은 강수량이며, 매립장의 물 수지를 나타내면 그림 2.2와 같다.

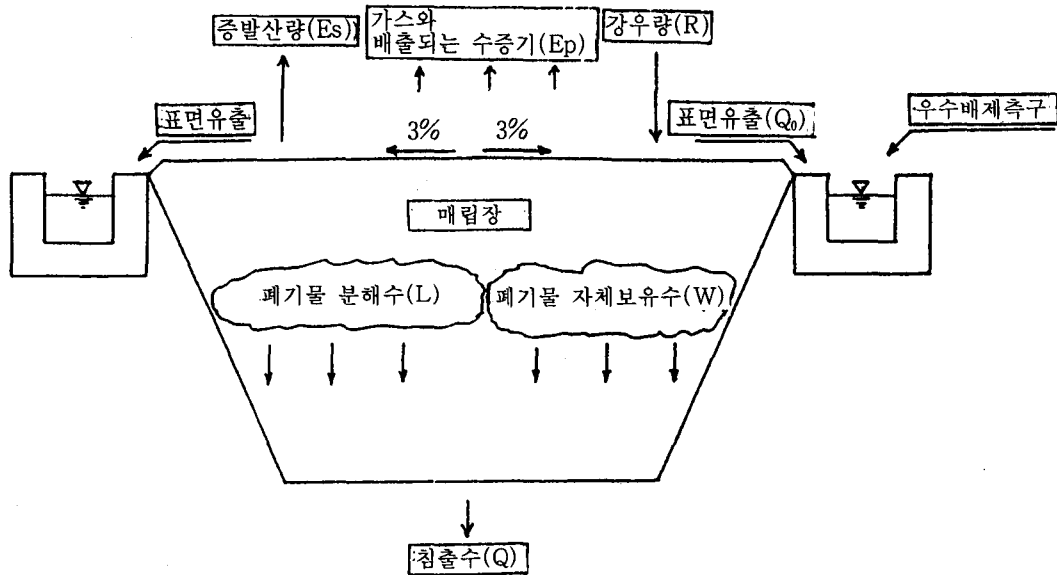


그림 2.2 일반폐기물 매립장의 물수지

여기서 침출수량

$Q = R - Q_0 - E_s + L + W - E_p$ 으로 표현된다. 그러나 폐기물 분해수(L), 폐기물 자체 보유수(W), 가스와 함께 배출되는 수증기량(E_p)은 소량이므로 $Q \approx R - Q_0 - E_s$ 로 나타낼 수 있다.

2.3.3 침출수 발생량 산정방법

가) 합리식에 의한 침출수량

합리식에 의한 침출수량 산정공식은 다음과 같다.

$$Q = \frac{1}{1,000} CIA$$

Q : 침출수량(m^3 /일)

C : 유출계수

I : 년평균 일 강수량(mm/일)

A : 매립지내 쓰레기 매립면적(m^2)

① 유출계수(C)

유출계수는 강수량 중에서 유출수로 유출되는 유량의 비율을 표시하는 계수로서

0.2~0.8의 광범위한 값을 가지고 있으며, 일조량등의 기후조건, 쓰레기의 종류, 매립지의 지형, 복토조건 등에 따라 달라진다. 증발산량에서 이론적으로 구한 유출계수는 일본의 경우 0.6정도 보고되어 있으며 매립완료 후 최종복토와 우수배수공이 설치된 경우 0.2~0.4정도의 값을 보이는 것으로 알려져 있다.

나) Ehrig의 방법

매립토의 질, 표토 다짐상태, 지표수 배수상태, 증발율에 따라 차이가 생기는데 Ehrig는 독일에서 이를 대략 매립복토의 상태에 따라 표 2.2와 같다고 보고하고 있다.

또 위생매립장의 경우

표토다짐상태가 불량한 경우 $6.6 \sim 11.0 m^3 / ha.d$
(평균 $9 m^3 / ha.d$)

표토다짐상태가 양호한 경우 $4.4 \sim 5.5 m^3 / ha.d$
(평균 $5 m^3 / ha.d$)로 제안하고 있다.

다) Stegemann의 방법

표 2.2 조사된 매립장에서의 유출률

매립장	평균 강수 (mm/a)	침출수 (%)
약한다짐		
1.	571	31.3(8.8)
2.	617	~44-~48
3.	632	32.3
4.	662	58.2
압축다짐		
5.	652	14.1
6.	696	17.7
7.	617	~16-18
8.	509	~16-22
9.	814	17.3
10.	508	4.0
11.	508	4.0
호기성매립		
1-3년	716-854	3.9-7.9
4년 이상	870-936	19.2-21.3

- ① 표토의 다짐상태가 나쁜경우 : 년강수량의 30~60%(평균 45%)
- ② 표토의 다짐상태가 좋은경우 : 년강수량의 15~20%(평균 18%)

라) 일본에서 사용하는 경험식은(HANAZIMA)

$$Q_L = 10 \cdot R_n \cdot S_a \cdot K_r \cdot \frac{1}{N}$$

Q_L : 침출수량의 량(m^3/d)

R_n : n년간 강우 빈도중 최대 빈도 일 강우량
(mm/d)

S_a : 매립지 면적(ha)

K_r : 침출계수($1/100(0.02R_n^2 + 0.16R_n + 21)$)

$\frac{1}{N}$: R_n 의 누적강우 빈도

을 사용하고 있는데 전체적인 침출수량의 결정은 강우 상태에 기초하고 있고 다짐 상태에 따라 유출상태가 좌우되는 것을 알 수 있다. 현재 국내에서는 합리식을 변형하여 침출수량을 결정하는 방식을 사용하고 있다.

2.4 침출수 집배수 계획

매립지에서 배출되는 침출수는 지표수와 완전 분리하여 집수토록 계획하고 지반고가 주변에 비해 낮은 중심선에 집수분관을 놓고 집수분관에서 약 20m 간격으로 집수지관을 설치하며 지관에서 집수된 침출수가 집배수 분관으로 자연 유하되도록 적절한 구배를 계획한다.

집배수관의 지선은 직경 10~30cm 정도, 본선에는 직경 60cm 전후의 유공관이나, 유공관지름의 2배이상되는 크기의 돌망태를 사용하는 것이 보통이다. 유공관의 주위에는 눈막힘을 방지하기 위하여 30~100mm의 자갈을 30~50cm 두께로 쌓은 다음 그 위에 부직포를 포설하고 모래를 30~50cm 덮는다.

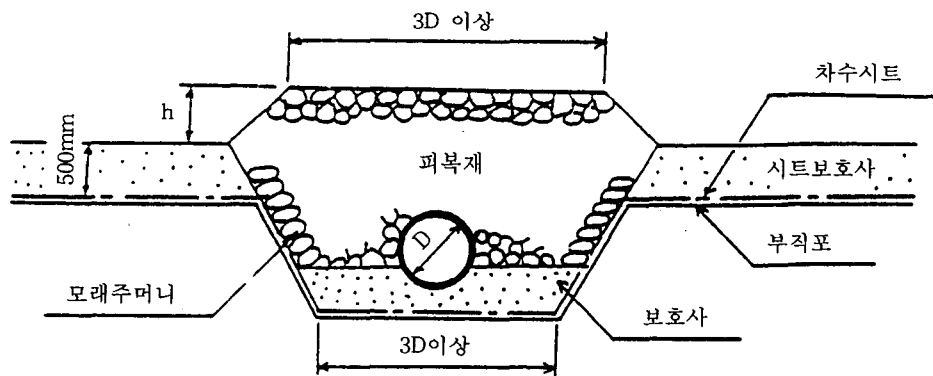


그림 2.3 침출수 집수관 설치표준단면도

배수로의 구배는 2~5%의 전후로 하여 유속을 1m/sec정도 이상으로 하되 침출수를 충분히 여유있게 배출할 수 있도록 단면구배를 고려하여야 하며 침출수 집수관의 표준단면도는 그림 2.3과 같다.

2.5 침출수 수질

침출수의 수질은 매립폐기물 또는 매립방법에 따라 달라지는데 표2.3은 매립 방법별 상태에 따른 침출수수질이다.

여기서 보면 일반적으로 동일한 폐기물을 매

립하더라도 매립방법이 혐기성인 경우 침출수질의 오염도가 높은 편이고 호기성인 경우 낮은 편이며 매립 종료후의 경과 시간이 오래될수록 그림 2.4 그림2.5에서와 같이 낮은것을 알 수 있다. 표2.4는 우리나라, 네덜란드, 영국, 미국의 도시 쓰레기의 침출수의 성질을 나타내고 있다.

침출수의 농도를 보면, 각 나라별로 또 매립 방식별로 침출수의 특성은 크게 차이가 있고 수질변화는 매립방식 및 경과년수에 따라 크게 차이를 보이고 있어 침출수질의 대표치를 제시하기는 전 세계적으로 어려움이 있다는 것을 알 수 있다. 네덜란드의 경우 COD가 63,900mg/

표 2.3 매립방법별 침출수 수질

항 목		매립계속시	매립종료 6개월후	매립종료 1년후	매립종료 2년후
		수 질	수 질	수 질	수 질
혐기성매립	BOD	40,000~50,000ppm	40,000~50,000ppm	30,000~40,000ppm	10,000~20,000ppm
	COD*	40,000~50,000ppm	40,000~50,000ppm	30,000~40,000ppm	20,000~30,000ppm
	NH ₄ -N	800~1,000ppm	1,000ppm 전후	800ppm 전후	600ppm 전후
	pH	6.0 전후	6.0 전후	6.0 전후	6.0 전후
	투시도	0.9~1.0	1~2	2~3	2~3
혐기성위생매립	BOD	40,000~50,000ppm	7,000~8,000ppm	300ppm	200~300ppm
	COD*	40,000~50,000ppm	10,000~20,000ppm	1,000~2,000ppm	1,000~2,000ppm
	NH ₄ -N	800~1,000ppm	800ppm 전후	500~600ppm	500~600ppm
	pH	6.0 전후	7.0 전후	7.0~7.5	7.0~7.5
	투시도	0.9~1.0	1~2	1.5~2.0	1~2
준호기성매립	BOD	40,000~50,000ppm	5,000~6,000ppm	1,000~2,000ppm	
	COD*	40,000~50,000ppm	10,000ppm 전후	100~2,000ppm	
	NH ₄ -N	800~1,000ppm	500ppm	100~200ppm	
	pH	6.0 전후	8.0 전후	7.5 전후	
	투시도	0.9~1.0	1~2	3~4	
호기성매립	BOD	40,000~50,000ppm	200~300ppm	50ppm 전후	10ppm 전후
	COD*	40,000~50,000ppm	2,000ppm 전후	1,000ppm 전후	500ppm 전후
	NH ₄ -N	800~1,000ppm	50ppm 전후	10ppm 전후	1~2ppm
	pH	6.0 전후	8.5 전후	7~8	8.5 전후
	투시도	0.9~1.0	6~7	2~3	2~5

(주) *K₂Cr₂O₇ 법에 의한 분석

표 24 각국의 매립장 침출수 특성

항 목	부 산(한국)	SVA(네덜란드)	Zanio(미국)	Meda & Willkie
COD	4,520~44,000	63,900	-	-
BOD	2,340~22,000	-	33,000	32,400
Cl ⁻	3,262~10,173	3,950	1,810	2,240
SO ₄ ⁻	-	1,740	560	630
HCO ₃ ⁻	-	14,430	-	-
T-N	784~1,604	-	-	-
Organic NH ₄ -N	-	390	320	550
Inorganic NH ₄ -N	-	1,410	790	845
T-PO ₄ ⁻	6~42	25.5	9.6	-
Ortho-PO ₄ ⁻	-	6.8	-	-
T-Fe	-	1,590	270	305
Ca ⁺⁺	-	2,625	2,190	-
Mg ⁺⁺	-	450	340	-
K ⁺	-	1,800	1,115	1,860
Na ⁺	-	2,990	1,470	1,805
pH ⁺	6.2~7.6	5.7	-	5.6

unit : mg / ℓ

* no unit

ℓ, 미국의 경우 BOD₅가 33,000mg / ℓ, 우리나라의 경우 BOD₅가 2,340~22,000mg / ℓ로 모든 나라가 공통적으로 상당히 고농도인 것을 알 수 있으며 특히 생물학적 처리에 영향을 주는 중금속류나 염류 농도가 높은 것을 알 수 있다.

한편 매립구조별 침출수의 BOD 시간별 변화는 다음 그림과 같다.

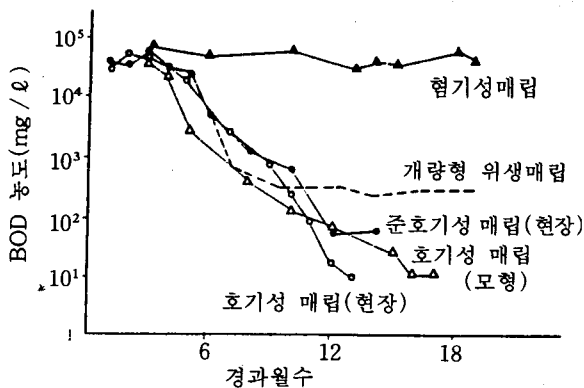


그림 24 매립구조별 침출수 BOD의 시간적 변화

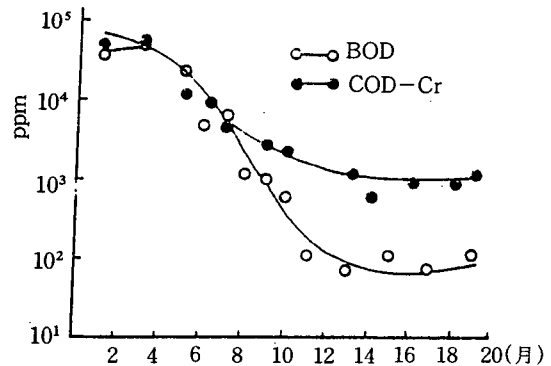


그림 25 준호기성 매립에서의 수질 변화

또한 일본에 있는 산업폐기물 매립장 중 현재 매립이 진행되고 있는 2개소의 처분장에 대하여 2년간 걸쳐 침출수질을 조사한 결과와 국내에 운영되고 있는 매립장의 수질조사 결과는 표 2.5와 같으며 일반폐기물 매립장의 침출수에 비해 BOD, COD, T-N, T-P 농도가 낮은 반면 중금속 농도가 높은 것이 특징이다.

표 25 국내외 산업폐기물 매립장 침출수 수질

구 분	단 위	국 내		일 본	
		H매립장	O매립장	A매립장	B매립장
pH	-	7.71~8.83	7.20~9.13	7.3~8.1	7.5~8.5
Cd	mg/ℓ	0~0.18	0~0.11	-	-
Cu	"	2.59~12.0	0.01~16.61	-	-
Pb	"	0~1.65	0.02~4.49	-	-
Cr ⁶⁺	"	0~0.03	0~0.31	-	-
CN	"	1.12~25.5	0.00~2.38	-	-
Fe	"	0~11.38	0.48~13.09	-	-
Zn	"	0.28~3.27	0.79~11.89	-	-
BOD	"	1,925~4,200	178~3,876.67	260~1,400	240~5,800
COD	"	99.66~5,507	166~1,937.57	160~820	410~1,900
SS	"	8.83~100.63	14.5~366.07	36~1,700	300~3,500
n-H	"	0~21.6	4.50~37.6	-	-
As	"	0~13.73	0.04~1.97	-	-
Hg	"	0~0.004	0.00~0.003	-	-
Phenlo	"	4.81~71.5	2.17~41.46	-	-
Mn	"	0.26~1.65	-	-	-
T-N	"	2.245~5.74	-	100~610	140~690
T-P	"	2.10~17.7	-	0.16~5.9	0.47~32

2.6 침출수의 처리방법 및 방해물질

침출수 처리공정은 제거대상물질 및 제거정도에 따라 정해지는 것이지만 침출수의 성분이 유기물질일 경우가 대부분이므로 생물학적 처리공정이 효과적이나, 고도의 처리를 할 경우에는 물

A: 용해 또는 콜로이드 무기성 물질의 저오염부하 침출수

B: 용해 또는 콜로이드 유기성 물질의 저오염부하 침출수

C: A+B혼합

D: A의 고오염부하 침출수

E: B의 고오염부하 침출수

F: C의 고오염부하 침출수

1: 적정처리

2: 가능

-: 부적정

K: 타처리와 연계처리지 가능

표 26 침출수 처리의 가능공정

처리공정	침 출 수					
	A	B	C	D	E	F
1. 화학적 산화	-	2	2	-	2	K
2. 생물학적 처리	-	1	1	-	2	K
3. 흡착	-	2	2	-	2	K
4. 역삼투	1	1	1	K	K	K
5. Ultra-Filtration	-	2	2	-	K	K
6. 전기투석	1	-	2	-	-	-
7. 이온교환	2	-	-	-	-	-
8. 부상분리	K	K	K	K	K	K
9. 응집-침전-여과	K	K	K	K	K	K

리, 화학적 처리를 병용하는 것이 통상이며 침출수 성분에 따른 일반적인 처리의 가능공정은 표2.6과 같다고 알려지고 있으며 처리공정의 적용성을 정리하면 표2.7과 같다.

표2.6과 같이 다양한 침출수 처리 공정이 제시되고 있는 것은 일정치 않은 침출수질 때문에

표 2.7 처리방법에의 적용성

처리대상물질		BOD	COD	SS	T-N	색 도	중금속
처리방법							
생물처리	활성슬러지법	●	◎	○	○	○	○
	접촉폭기법	●	◎	○	○	○	○
	회전원판법	●	◎	○	◎	○	○
	생물여과법	●	◎	●	○	○	○
	생물학적탈질소법	●	◎	○	●	○	○
물리화학적처리	응집침전법	◎	●	●	○	●	◎
	오존산화법	×	◎	×	×	●	×
	모래여과법	○	○	●	×	○	×
	활성탄흡착법	●	●	◎	○	●	◎
	Fenton법	◎	●	◎	○	●	◎
	역삼투	●	●	●	○	●	●

* 적용성 크다 ●, 적용성 보통 ◎, 적용성 적다 ○, 적용성 어렵다 ×

처리에 대한 어려움을 잘 나타내고 있는 것이다.

2.6.1 방해물질

침출수를 생물학적으로 처리할 시 문제되는 물질은 COD, NH₄-H, 중금속 및 염류 등으로 알려지고 있다.

-COD

쓰레기 매립년수가 오래된 매립장에서 발생되는 침출수일수록 생물학적으로 처리하기에 부적당한 것은 쓰레기의 분해과정에서 유기물의 많은 부분이 Humic산과 Fulvic산과 같이 비교적 분해하기 힘든 고분자화합물로 구성되어 있기 때문에 이로 인해 상대적으로 난분해성 COD값을 높이는 것이 된다.

-NH₄-N

건조한 가정쓰레기는 일반적으로 0.81%의 질소를 함유하고 있으며, 암모니아는 쓰레기매립장에서 분해의 마지막 생산물로서 생기게 된다. 이렇게 생성된 과도한 암모니아는 생물학적 처리시 영양발란스(BOD : N :

P=100:5:1)를 파괴하게 되어 처리효율을 떨어뜨리며 특히 심한 악취를 유발하고 있다. 생물학적 처리과정에서 암모니아 탈기 과정을 두어야 양호한 처리효율과 처리시 악취문제를 해결할 수 있다고 제의하고 있다.

-중금속 및 염류

생물학적 처리공정은 생물의 대사기능을 이용한 처리공정으로, 미생물의 효소계를 저해하는 중금속류를 포함하지 않는 것이 생물학적 처리공정을 적용하는 경우 전제 조건이다. 이것들이 포함되어 있으면 미생물의 유기성 분해기능 및 합성 기능이 현저하게 감소된다.

침출수를 미생물에 의해 생물학적으로 처리할때 고농도의 중금속류에 의해 처리효율을 저해시키는 것으로 알려지고 있다.

2.6.2 방해인자

미생물은 온도변화에 민감하다. 특히 침출수를 생물학적으로 처리할 경우 국내에서는 계절적인 환경의 악조건에 의해 기온의 변화가 심하

표 2.8 국내 일반 폐기물 매립장의 침출수 특성

항 목	H 매립장	S 매립장	E 매립장	L 매립장
pH	6.0~7.5	6.5~8.5	6.2~6.3	8.3~8.6
BOD (mg / ℓ)	42~8,950	51~36,200	33,200~36,100	3,060~25,000
COD (mg / ℓ)	56~16,000	86~31,954	4,470~5,380	3,875~9,425
SS (mg / ℓ)	23~1,360	28~1,410	730~1,150	38~356
PO ₄ -P (mg / ℓ)	1.8~32	2.14~54.6	11.8~16.4	13.3~18.2
NH ₄ -N (mg / ℓ)	230~2,941	184~2,880	1,730~1,950	4,000~6,921
NO ₂ -N (mg / ℓ)	0.007~5.0	0.14~12.77	1.68~1.85	-
NO ₃ -N (mg / ℓ)	0.15~65.6	0.54~74.2	3.72~4.16	-
Pb (mg / ℓ)	~0.452	~0.5	~0.245	-
Zn (mg / ℓ)	~3.915	~2.0	~1.531	0.48~1.69
Cd (mg / ℓ)	~0.035	~0.038	~0.004	0.03~0.04
Hg (mg / ℓ)	~4.920	~0.071	-	-
Cr ⁺⁶ (mg / ℓ)	~0.800	~0.314	-	0.43~1.52

므로 이로 인해 방선균(Nocardia)의 과다번식으로 처리과정에서 감당하기 어려운 상태의 거품이 발생되며 이와같은 거품발생은 슬러지를 부상시켜 처리효율을 저하시킨다.

2.7 국내 매립장 침출수의 특성과 처리

2.7.1 침출수의 특성

침출수의 수질은 매립구조 및 매립방법과 쓰레기층의 유기물 함량이나 중금속 함량, 매립후

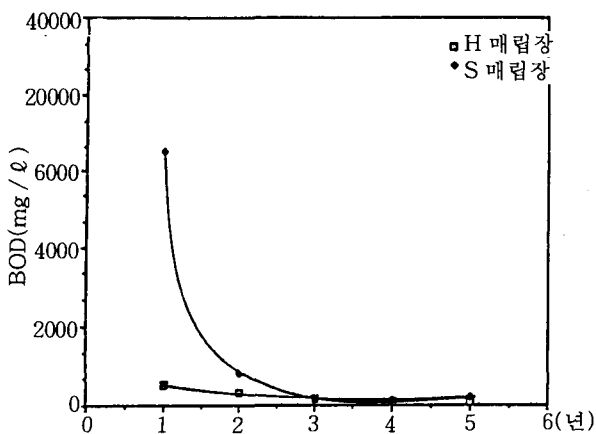


그림 2.6 각 매립장의 BOD 경년변화

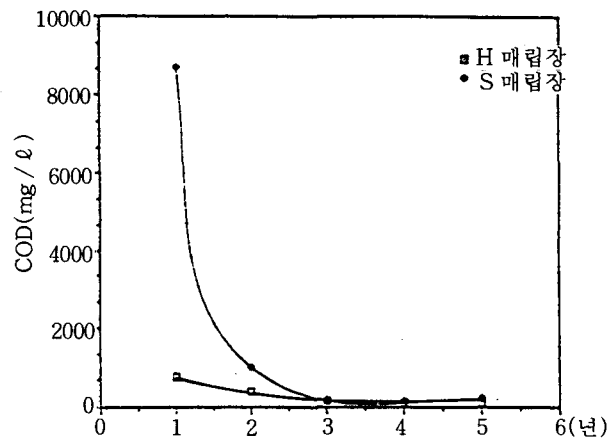


그림 2.7 각 매립장의 COD 경년변화

의 경과시간, 수분 함량, 온도, 다짐정도, 매립지의 형태, 복토두께, 토질에 따라 크게 다르다. 표2.8은 국내 매립장의 침출수 수질을 비교한 것이다.

그림 2.6, 그림 2.7은 국내 쓰레기 매립장에서 발생된 침출수에서 매립경과에 따라 BOD₅, COD_{Mn}, 영양염류의 경년변화 상태를 나타낸 것으로 매립초기에는 BOD₅의 경우 10,000mg/ℓ 이상까지 상승하며 매립경과 일수가 반년이 경과되

면서 급속히 감소되고, 동시에 매립작업이 끝나면서 BOD₅가 1,000mg/ℓ 이하로, 그리고 BOD₅가 500mg/ℓ 이하로 감소되면서 시간의 경과에 따라 급속히 감소되는 것을 알 수 있다.

2.7.2 국내 쓰레기 매립장 침출수 처리공정

국내 매립장의 침출수 처리공정을 대략적으로 살펴보면 그림 2.8, 9, 10과 같다. 단독 침출수 처리시설 건설시는 ① 1차 생물학적 처리+2차 약품응집침전+3차활성탄 흡착법, ② 1차 약품응집침전+2차 생물학적 처리+3차 회전원판법 또는 접촉산화법+4차 활성탄 흡착법+소독, ③ 1차 약품응집침전+2차 생물학적 처리+3차 Fenton법+4차 활성탄 흡착법등이 주종을 이루고 있으나 이와 같은 방식도 실제적으로 안정된 수질유지가 비교적 어려운 과제인 동시에 운영비가 많이 소요되어 그림 2.11과 같이 ① 1차 물리화학적 처리, ② 1차 물리화학적처리+2차 생물학적 처리 등과 같이, 처리후 기존 환경기초처리장에서 연결처리토록 계획하고 있다.

그리고 특정 폐기물 매립장의 침출수는 중금속과 시안화합물이 있고 유기물 농도가 일반폐기물 매립장의 침출수보다 낮고 중금속의 농도가 높은 것이 특징이며 단독처리시는 표 2.9와 같이 처리하고 있는 경우가 많다.

그림 2.8 침출수 처리계통도(1)

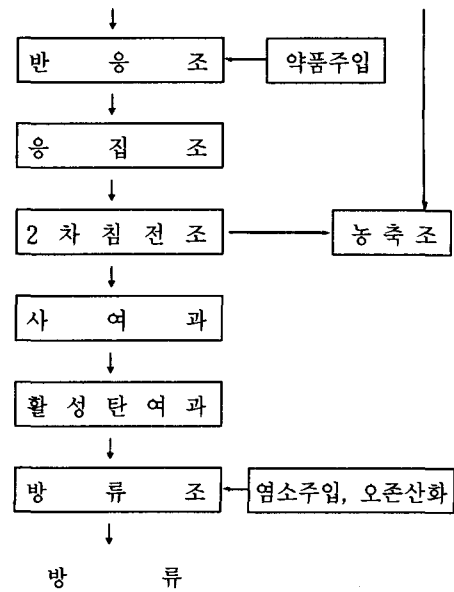
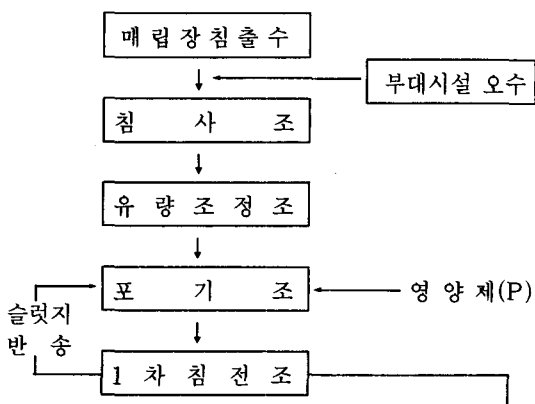
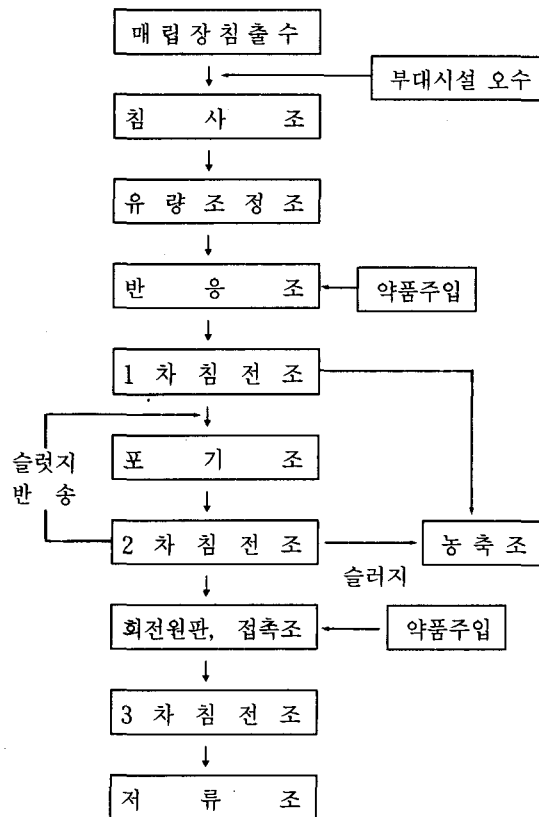


그림 2.9 침출수 처리계통도(2)



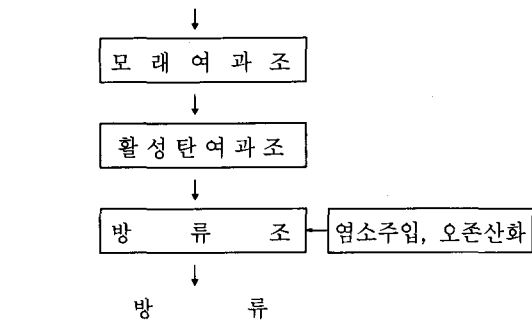


그림 2.10 침출수 처리계통도(3)

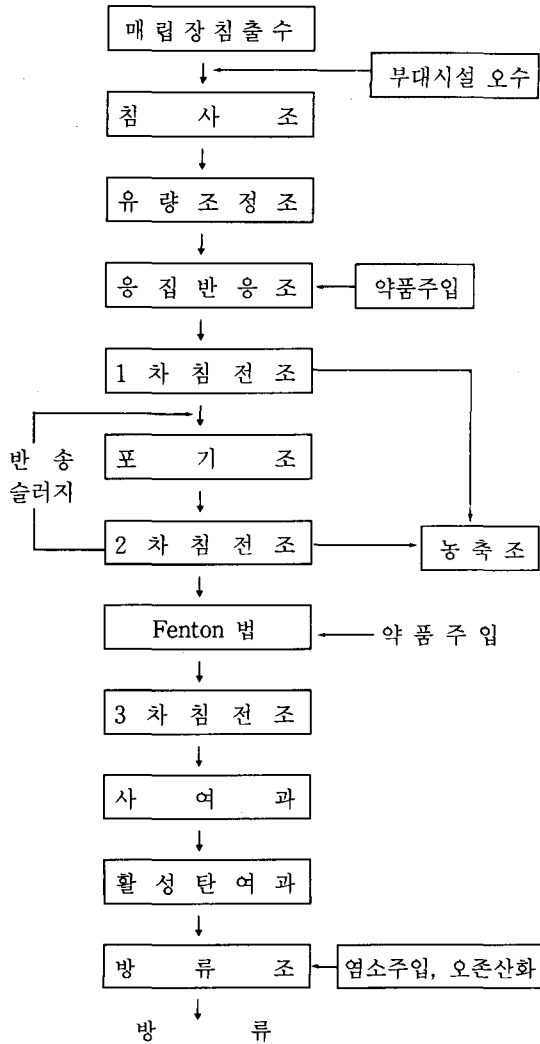
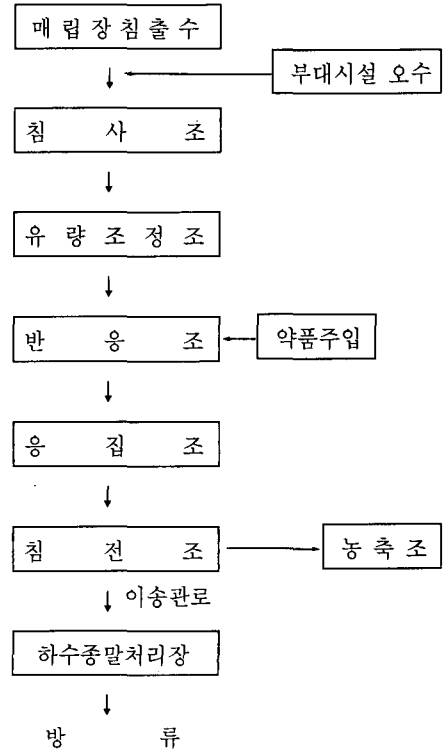


그림 2.11 침출수 처리계통도(4)



3. 매립지 운영시 문제점과 대책

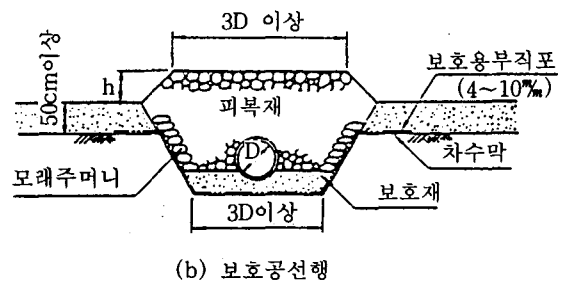
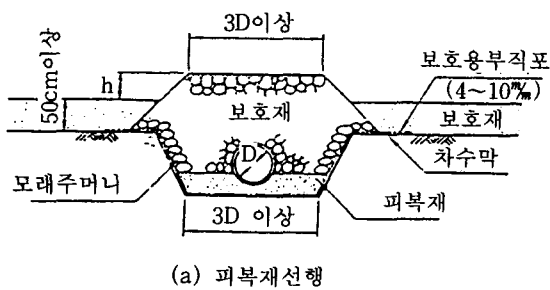
3.1 차수시설

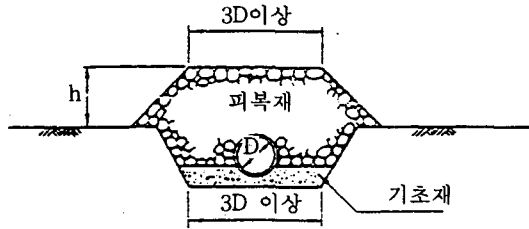
차수시설은 투수계수가 10^{-7}cm/sec 이하가 되도록 점토, 합성수지, 벤토이트 등의 재질로 하여야 하나 점토로 시공시는 확보방안과 다짐공법 및 중장비의 운영으로 변형이 발생되며 특히 법면에 시공시 다짐의 어려운 점이 있어 차수에 문제점이 있을 수 있다.

합성수지를 설치하는 경우에는 보호층을 모래나 흙으로 30cm 이상 다진후 설치하고 상부에도 그림3.1과 같이 50cm 이상 포설하나 유리조각이나 차량의 통행으로 파손되는 경우가 있고 법면처리시 암반의 요출로 인하여 파손되는 경향이 있으므로 보호층에 Sheet에 손상을 주는 이

표 29 기존특정폐기물 침출수 처리장별 검토

구 분	H 사업소(운전중)	O 사업소(운전중)	G 사업소(운전중)
설 비 개 요	침출수저류조	침출수저류조	침출수저류조
	↓	↓	↓
	산 화 조	산 화 조	산 화·환 원 조
	↓	↓	↓
	환 원 조	환 원 조	응 집 조
	↓	↓	↓
	응 집 조	응 집 조	1 차 침 전 조
	↓	↓	↓
	침 전 조	침 전 조	장 기 폭 기 조
	↓	↓	↓
	사 여 과 기	사 여 과 기	2 차 침 전 조
	↓	↓	↓
킬레이트여과기	킬레이트여과기	사 여 과 기	
↓	↓	↓	
저 류 조	증 발 기	A/C 여 과 기	
↓	↓	↓	
R/O	A/C 여 과 기	방 류	
↓	↓		
A/C 여 과 기	방 류		
↓			
방 류			





(c) 표면착수막이 아닌 경우

간선의 경우 $h=50\text{cm}$ 이상
지선의 경우 $h=30\text{cm}$ 이상

그림 3.1 저부집배수관 구조(예)

물질이 없게 하고 요출부를 마감처리후 시공함이 필요하다.

이렇게 하므로 침출수의 효율적인 집수가 가능하고 지하수나 토양의 오염을 최소화할 수 있다.

3.2 우수 배제

매립지 주변에 설치된 U형 Ditch 규격이 적어 매립지내로 우수가 유입되어 침출수가 증가하는 사례가 간혹 발생되고 있다.

따라서 유역을 세분화하여 가장 안전한 규격을 적용하여 우수가 충분히 배제될 수 있도록 해야 한다.

그리고 매립장 상부의 계곡에서 발생한 우수를 배제키 위해 흙관이나 BOX를 설치하는데 흙관을 설치하는 경우 중장비의 운영이나 매립하중에 의해 파손이 생겨 우수배제를 원활히 할 수 없는 경우가 일어나고 유지보수에 어려운 경우가 발생하므로 이를 고려하여 계획되어야 한다.

3.3 유공관

매립장에서 발생된 침출수나 지하수를 집수키 위해 설치한 유공관이 쓰레기의 하중이나 중장비의 가동으로 파손되어 집수 역할을 효율적으로 못하여 혐기성 상태가 되어 안정화기간이 길

어지고 침출수의 수질이 악화되므로 이를 방지키 위해 유공관의 보호시설을 매립시설 구조 지침에 제시된 이상으로 계획함이 필요하다.

그리고 유공관의 관경은 침출수가 1/3이 차고, 나머지는 공기가 잘 유통될 수 있게 하고 특히 관말 부분이 침출수가 만관이 되지 않도록 관 구배를 계획해야 한다.

3.4 복토

복토는 일일 복토, 중간 복토, 최종 복토로 구분하여 시행되며 복토의 상태, 복토재 특성, 복토 두께에 따라 투수상태가 달라지게 되므로 침출수의 수량과 수질 및 악취등 환경영향이 미치게 된다.

따라서 복토는 양질의 복토재로 시행토록 하며 특히 최종복토후는 구배를 2~3%로 주어 우수의 배제가 용이토록 함이 필요하다.

3.5 침출수 처리

침출수의 수질은 쓰레기 성상, 매립 구조, 복토등에 따라 다르며 국내에서는 현재 활용되고 있는 준호기성 위생매립이 근래부터 시행되고 있는바 수질이 다양하여 그 처리 방법도 외국의 사례를 기준하여 처리하고 있는 실정이 대부분이다.

그 결과 수질 환경 보전법의 배출허용 기준에 부합시켜 방류하는데 어려운 경우가 있다.

따라서 국내 폐기물 매립 실정에 맞는 처리공정 개발이 시급하다. 그리고 하절기에 강우시는 침출수량이 처리용량보다 많이 발생하므로 유량 조정조를 4일 이상 저류시킬 수 있는 용량 확보가 필요하고 유량 저류조 용량이 부족시는 유량 집수조에 제수발브를 부착하여 배출량을 조정하는 시설이 필요하다.

또 침출수에 중금속이 함유되어 있으므로 응집제를 사용하여 처리하는 시설 검토와 암모니아성 질소가 다량 발생하므로 악취 및 부영양화

에 대한 문제점이 야기되므로 이의 처리 방법과 생물학적 처리 공정에서 기온이 변화하는 시기에 거품이 다량 발생하여 처리 효율이 저하되므로 보완 대책등의 처리 방법 개발이 필요하다.

4. 맺는말

- (1) 문제 점 및 대책에서 검토된 사항을 계획 시공, 운영시 유의하여야 할 뿐 아니라 국내 실정에 맞는 방법의 개발이 필요하다.
- (2) 침출수는 높은 농도의 유기물 부하와 중금속을 포함하는 많은 양의 무기이온이 있고 매립지의 구조와 매립기간, 기후, 운영관리등에 따라 침출수의 특성이 상이하여 단독처리시 '96부터 적용되는 수질 환경 보전법상 방류수 수질기준이하로 처리하기 위해서는 막대한 투자비 및 유지관리비가 소요될 것으로 예상되며 특히 질소(N)의 제거는 현재 국내에서 적용되고 있는 처리 공정으로는 어려우므로 이의 기술개발이 시급하다.
그리고 전처리를 하여 주변의 하수처리장이나 위생처리장에서 합병 처리가 될 수 있는 계획이 필요할 경우는 부서간의 협의에 의해 계획시기를 맞추어 필요하다.
- (3) 매립초기에는 유기물 부하가 높기 때문에 침출수 처리후 재순환시켜 오염부하를 감소 시키는 방법을 적용하는 것이 바람직하다.
- (4) 국제 경쟁력을 달성기 위해서는 국내 기업체나 연구소에서는 기술 개발의 급선무를 인지하고 투자를 계획적으로 해야될 줄 알며 또 이를 성공적으로 달성기 위해

서는 국가에서 간접적인 지원 제도를 마련할 필요가 있다.

- (5) 국내에서 적용되고 있는 기술 수가는 매년 과거처에서 발표하는 수준에 의해 시행되고 있는 실정이다. 이는 외국의 기술 수가에 비해 1/4~1/8의 수준인 것으로 알고 있으며 이의 수가로서는 사업의 직접 수행비에도 부족한 예가 많은 관계로 자연스럽게 기술 개발과 축적이 나후 되게 되어 있어 외국의 기술에 경쟁력이 떨어져서 향후 외국회사의 하도급 회사로 변모될 경향이 될 수 있으므로 정부에서는 적정 기술수가를 책정하여 기술 개발이 되어 경쟁력이 악화되지 않도록 제도적인 개선을 해야 함이 필요하다.
- (6) 혐오시설에 근무할 인력을 별정직으로 채용하여 지속적으로 양성하고 후생복지등의 근무조건을 우대하여 자기의 업무에 대해 긍지를 갖고 근무할 수 있는 여건 조성 과 제도를 규정하여 활용할 수 있는 방안을 정책적으로 개선해야 할 필요성이 있다.
- (7) 건설기술 관리법 제27조의 규정에 의한 일정규모이상의 공공 발주 건설공사의 품질 확보 및 향상을 위해 전면 책임 감리 업무를 수행함에 있어서 환경기초 시설 부분의 공사에 환경분야 기술자가 감리원으로 업무를 수행할 수 있는 제도가 없으며 그 규모가 점차 대형화 되는 추세이고 복합 공종인 까닭에 전체 공종을 파악할 수 있는 환경분야 전문기술자가 감리 업무를 수행할 수 있는 제도가 명문화 함이 필요하다.