

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰



윤길림
한국해양연구원
책임연구원
(glyoon@kordi.re.kr)



배윤신
한국해양연구원
연수연구원

1. 서론

최근 국내에서는 한강, 낙동강, 영산강, 금강의 4대 강 살리기 사업이 진행 중에 있다. 국토해양부 보도자료에 따르면 4대 강 살리기 사업은 기후변화의 영향에 대비할 수 있도록 인구, 도시가 밀집된 4대 강 본류를 중심으로 200년 빈도 이상의 홍수에 안전하도록 하천 퇴적토를 충분히 준설토하도록 계획되어 있다. 즉, 퇴적토 준설은 홍수위를 낮추고 제방에 미치는 수압을 낮추는 효과가 있으며 물그릇을 키워 물 확보도 가능하다고 판단하는 것이다. 그러나 강바닥을 파낼 때 나오는 준설토의 물량은 낙동강에서만 4억 4천만 m³로서 24톤 트럭 3천 100만대 분량의 대단히 많은 분량이다. 세부적으로는 낙동강 경북구간이 남산의 4배 크기에 해당하는 2억 1천만 m³, 경남에서 1억 8,000만 m³, 대구지역에서 2,750만 m³, 부산에서 2,550만 m³의 준설토가 발생한다. 금강과 영산강에서 4,558만 m³과 2,600만 m³의 준설토가 각기 발생한다.

발생량이 급증하는 해양 및 하천 준설토는 처리 및 활용에 관한 적절한 지침 부재로 인해 건설현장에서 많은 어려움이 발생하고 있어 준설토를 건설골재로 활용하기 위하여 국내 현실에 적합한 활용기준이 필요하다. 국내

준설토사 처리·활용관련 연구는 수저 퇴적물환경 기준 개발에 관한 연구”와 “호소 및 하천의 퇴적오니 분포조사 연구” 및 “환경 친화적 준설·재이용 기술개발” 그리고 “저수지 준설 환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구” 등이 수행되어 왔다. 하지만, 국내의 준설토사 활용을 위한 명확한 기준은 제시되지 않았다. 이에 합리적인 외국의 기준을 선별하고 선별된 기준을 바탕으로 국내 퇴적물의 오염수준을 반영하고 국내 퇴적물의 천연 부존량 및 생물영향을 고려한 ‘준설토사처리·활용기준’을 개발하여 국가적 기준이 되는 지침서로 제시된 바 있다.

본 논고에서는 육상 및 해상과 국내의 준설토 활용관련 환경기준을 총 망라해 고찰해 보았다. 4대 강 사업에서 발생하는 준설토 활용뿐 아니라 국제적 환경규제에 능동적으로 대응하기 위한 인공해빈, 습지조성 및 갯벌조성 등 준설토 활용에 따른 친환경 공간 창출 방안에도 적극적으로 검토되길 바란다.

2. 국내 준설토 활용관련 환경기준

2.1 육상관련 환경기준

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰

표 1. 시료별 중금속 용출농도 기준 (김상권 등, 1995)

(단위 : mg/kg)

구분	구리	카드뮴	납	크롬	비소	유기인	수은
기준	3	0.3	3	-	1.5	1	0.005

하수 슬러지의 경우 국내연구진들은 중금속 실험을 분석한 결과 거의 모든 부분에서 하수슬러지를 매립장의 복토재로 이용하는 것이 가능함을 보여주었고 하수슬러지를 지반환경적 관점에서 건설재료로 활용하기 위한 환경 실험을 시행하였다. 도시하수 슬러지의 경우 생활용수를 처리하는 하수처리장에서 발생한 것으로 중금속의 용출 가능성은 다른 공단 폐수를 처리하는 하수처리장에 비해 작을 것이라 판단하였다(전완기와 이관호, 2000). 적용된 시험기준은 폐기물 관리법에서 일반폐기물과 특정폐기물을 분류하기 위한 기준으로 표 1에 나타내었다.

하수슬러지의 건설재료활용 검토를 위한 연구(전완기와 이관호, 2000, 이용수와 정하익, 1997)에서는 생활용수를 처리하는 하수처리장에서 발생한 도시하수슬러지를 분석한 것으로 중금속의 용출가능성이 다른 폐수하수처리장에 비해 낮고 해양준설토와는 물리적, 화학적 특성이 많이 상이하다.

준설토의 오염도 평가기준은 준설토의 처리, 처분 및 재활용 방법에 따라 달라질 수 있다. 한국해양연구원(2002)의 보고서에 따르면 여러 지역에서 수거한 준설토를 육상의 성토재로 이용하는 경우로 판단될 경우 토양환경보전법 시행령과 토양환경보전법 시행규칙에 의거한 토양오염 우려 기준을 적용할 수 있다고 하였다. 표 2는 토양환경보전법에 의거한 토양오염우려 기준(토양환경보전법 시행규칙 별표3)을 보여주고 있다.

2.2 해양관련 준설토 환경기준

조흥연 등(2001)과 한국해양연구원(2000)에서는 항만에서 발생하는 준설토의 용출 실험의 결과를 준설토 재활용이 내륙에서 이루어진다는 전제하에 유지 준설토의 활용 시 준설토에서 발생 가능한 용출수의 수질을 수질 환경 보전법에 근거하여 고찰하였다. 더불어 실험 결과를

표 2. 토양오염우려기준 (토양환경보전법 시행규칙 별표3)

(단위 : mg/kg)

구분	카드뮴	구리	비소	수은	납	6가크롬	아연
1지역	4	150	25	4	200	5	300
2지역	10	500	50	10	400	15	600
3지역	60	2,000	200	20	700	40	2,000
구분	니켈	몰리브덴	유기인 화합물	hPCBs	시안	페놀	벤젠
1지역	100	400	10	1	2	4	1
2지역	200	400	10	4	2	4	1
3지역	500	800	30	12	120	20	3
구분	톨루엔	에틸벤젠	크실렌	석유계총탄화수소	트리클로로에틸렌	테트라클로로에틸렌	벤조(a)피렌
1지역	20	50	15	500	8	4	0.7
2지역	20	50	15	800	8	4	2
3지역	60	340	45	2,000	40	25	7

- 1지역: 전, 담, 과수원, 목장용지, 주거지, 학교용지, 공원, 사적지, 구가광천지, 양어장, 묘지 및 어린이 놀이터
- 2지역: 임야, 대, 창고용지, 하천, 유지, 수도용지, 체육용지, 유원지, 종교용지 및 잡종지(영구적 건축물설치부지 제외)
- 3지역: 공장용지, 주차장, 주유소, 도로, 철도용지, 염전, 제방, 잡종지

표 3. 매립시설 침출수의 페놀류 등 오염물질의 배출허용기준

(단위 : mg/kg)

구분	구리	카드늄	납	크롬	비소	유기인	수은	
폐기물관리법 (2008)	청정지역	0.5	0.02	0.2	0.5	0.1	0.2	불검출
	가지역	3	0.1	1	2	0.5	1	0.005
	나지역	3	0.1	1	2	0.5	1	0.005

표 4. 페놀류 등 기타 오염 물질에 대한 배출수 허용기준

(단위 : mg/kg)

구분	구리	카드늄	납	크롬	비소	유기인	수은	
수질환경보전법 (2008)	청정지역	0.5	0.02	0.1	0.5	0.05	0.2	0.001
	가지역	3	0.1	0.5	2	0.25	1	0.005
	나지역	3	0.1	0.5	2	0.25	1	0.005

표 5. 준설토 해양배출처리기준 (해양환경관리법 시행규칙 별표8)

(단위 : mg/kg)

구분	크롬	아연	구리	카드늄	수은	비소	납	니켈	IPCB	IPAH
제1기준	370	410	270	10	1.2	70	220	52	0.180	45
제2기준	80	200	65	2.5	0.3	20	50	35	0.023	4

폐기물 관리법에 의한 매립시설의 침출수에 대한 배출허용기준 및 오염물질의 배출허용기준에도 적용해 보았다. 표 3과 4는 폐기물 관리법(2008)에 근거한 매립시설 침출수의 페놀류 등 오염물질의 배출허용기준과 수질환경보전법(2008)에서 명시된 페놀류 등 기타 오염 물질에 대한 배출수 허용기준을 나타내었다.

준설토를 내륙에서 재활용할 때, 우수 등에 의해 발생하는 준설토 용출에 의한 오염물질은 수계를 통해 유입되기 때문에 오염물질 중의 일부를 '수질환경보전법'에 의한 수질환경기준 및 수질규제에 의해 적용할 수 있다. 구체적으로 수질환경 보전법은 준설토의 재활용이 내륙에서 이루어진다는 전제하에 명시된 기준이며 수질오염으로 인한 국민건강 및 환경상의 위해를 예방하고 하천·호소 등 공공수역의 수질을 적정하게 관리·보전함으로써 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 제정되었다.

2006년 2월에는 "준설토 해양배출 처리기준"이 개정(해양오염방지법 시행규칙 별표16)되었다. 여기에는 준설토 해양배출 처리기준이 신설(1,2기준)되었고 1기준과 2기준사이에는 생물 독성시험방법에 의한 평가로 분류하였다. 표 5는 준설토 해양배출처리기준(해양환경관리법 시

행규칙 별표8)을 보여준다.

한편, 윤길림(2008)과 한국해양연구원(2007)에서는 항만지역에서 발생하는 준설토사를 자원으로 활용하기 위한 환경기준을 제안하였다. 제안된 기준 명칭은 "준설토 유효활용을 위한 한국형 환경기준"으로 외국의 기준을 선별하고 국내 퇴적물 오염현황, 주요 오염성분 및 오염퇴적물 정화기준(해양수산부, 2005)을 종합적으로 고려하였다. 특히 국내 연안퇴적물의 주요 오염물질과 선진국의 준설토사 처리 및 활용기준에 주요하게 포함된 항목이 고려되었고 제안된 환경기준은 국내퇴적물 천연부존량보다 값이 크기 때문에 국내 환경여건에 적합한 것으로 판단되고 있다. 표 6과 7은 6가지 중금속 원소에 관한 오염퇴적물 정화기준(2005) 및 준설토사 처리활용 기준(2008)이다.

2009년 12월에 국토해양부에서는 해양보전과 항만건설과 관련한 심층적인 분석을 통하여 해양환경을 보존하고 자원을 재활용한다는 차원에서 "수저준설토사 유효활용기준"을 표 8과 같이 결정하였다. 향후 해양환경법에 이를 반영하여 준설토사의 활용이 촉진될 것으로 판단된다. 표 9에서는 준설토 활용기준(윤길림 외 2008)과 해양배출처리기준, 수저준설토사 유효활용기준을 비교하였다.

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰

표 6. 오염퇴적물 정화 기준 (해양수산부, 2005)

	오염퇴적물 정화복원기준	
	Lower level	Higher level
Parameter	mg/kg dry weight	
Ag	1	3.7
As	9	41.6
Cd	0.68	4.21
Cr	80	370
Cu	24	108
Hg	0.15	1
Ni	23	52
Pb	50	220
Zn	200	410
Parameter	µg/kg dry weight	
Chlordane	0.5	6
Dieldrin	0.02	8
DDT	1.6	46
tPCB	21.6	189
Parameter	µg/kg dry weight	
Acenaphthene	16	500
Acenaphthylene	44	640
Dibenzo(a,h)anthracene	63	260
Anthracene	85	1,100
Benzo(a)anthracene	261	1,600
Benzo(a)pyrene	430	1,600
Chrysene	384	2,800
Fluoranthene	600	5,100
Fluorene	19	540
2-Methylnaphthalene	-	-
Naphthalene	160	2,100
Phenanthrene	240	1,500
Pyrene	-	-
LPAH	552	3,160
HPAH	1,700	9,600
IPAHA	4,000	45,000

표 7. 준설토사 처리·활용기준(윤길림 외, 2008)

Chemical	준설토사처리·활용기준	
	활용가능기준	활용우려기준
Metals (mg/kg)		
비소(As)	21	65
카드뮴(Cd)	1.55	11.8
크롬(Cr)	134	652
구리(Cu)	60	278
납(Pb)	62	404
수은(Hg)	0.32	2.47
니켈(Ni)	46	123
아연(Zn)	247	615
PAHs (µg/kg)		
총다환방향족탄화수소(tPAH)	4,000	45,000
Organochlorine (µg/kg)		
총유기염소화합물(tDDT)	3.5	69
총폴리염화비페닐(tPCB)	28.8	300
TBT (µg/kg)		
트리부틸주석(TBT)	10	205
PAH (µg/kg)		
나프탈렌(Naphthalene)	160	2,100
페난트렌(Phenanthrene)	240	1,500
플로란텐(Fluoranthene)	600	5,100
피렌(Pyrene)	665	2,600
벤젠트레신(Benz(a)anthracene)	261	1,600
크라이센(Chrysene)	384	2,800
벤조피렌(Benzo(a)pyrene)	430	1,600
Pesticides (µg/kg)		
클로르데인(Chlordane)	0.50	6.0
디엘드린(Dieldrin)	0.02	8.0
폴리염화비닐 28(PCB 28)	2.0	6.0
폴리염화비닐 52(PCB 52)	1.0	3.0
폴리염화비닐 101(PCB 101)	2.0	6.0
폴리염화비닐 118(PCB 118)	3.0	10.0
폴리염화비닐 138(PCB 138)	4.0	12.0
폴리염화비닐 153(PCB 153)	5.0	15.0
폴리염화비닐 180(PCB 180)	2.0	6.0
기타 (mg/kg)		
총질소(Total nitrogen)	1500	-
총인(Total phosphorus)	500	-

• 상기 기준안의 적용 범위: 부지형성, 부지개량, 제방공사, 해안보호, 해빈 보완, 치환채움, 덮개/복토제, 건설재료, 수산양식, 조경재료/표토조류/야생식처, 여장개선, 습지복원

표 8. 수저준설토사 유효활용기준 (mg/kg, 건중량기준)

구분	기준
크롬 또는 그 화합물	80
아연 또는 그 화합물	180
구리 또는 그 화합물	60
카드뮴 또는 그 화합물	1.5
수은 또는 그 화합물	0.25
비스 또는 그 화합물	18
납 또는 그 화합물	45
니켈 또는 그 화합물	35
총 폴리염화비페닐	0.023
총 다환방향족탄화수소	2.64
총질소	1,500
총인	500

3. 국외 준설토 활용관련 환경기준

수집된 외국의 기준은 국가별로 기준에 포함된 항목의 종류와 수에서 차이가 많이 났으며(중금속 이외 항목), 같은 항목인데도 수치 차가 심해 항목별로 비슷한 기준을 선택하여 4개의 그룹으로 분류하고, 표 10에 나타내었다.

1 그룹에 미국 위스콘신주(WPDES, 2006), 핀란드(Helsinki commission, 2004; ICES, 2003), 영국(CE-FAS, 2000; CEFAS, 2001), 덴마크(Helsinki commission 2005) 2 그룹에 벨기에(ICES, 2002; ICES, 2003), 스웨덴(ICES, 2002; ICES, 2003), 프랑스(ICES, 2002; ICES, 2003), 아일랜드(Margot Cronin et al., 2006), 네

표 9. 준설토 활용 관련기준의 비교

구분 (단위: mg/kg)	준설토 활용가능기준	해양배출처리 2기준 (해양환경관리법)	해양퇴적물 관리목표 (하한값)
비스(mg/kg)	21	20	18
납(mg/kg)	62	50	45
아연(mg/kg)	200	200	180
카드뮴(mg/kg)	1.55	2.5	1.5
크롬(mg/kg)	80	80	80
구리(mg/kg)	60	65	60
수은(mg/kg)	0.32	0.3	0.25
니켈(mg/kg)	46	35	35
총PCBs(mg/kg)	0.028	0.025 (PCB 28+52+101+118+138+153+180)	0.023
PCB-52	0.001		
PCB-28,101,180	0.002		
PCB-118	0.003		
PCB-138	0.004		
PCB-153	0.005		
총PAHs(mg/kg)	2.64	4 (나프탈렌+페난트렌+안트라센+ 벤조피렌+플루오란텐+베조안트라센+ 벤조플루오란텐)	2.64
나프탈렌	0.16		
페난트렌	0.24		
플로란틴	0.6		
피렌	0.665		
벤조안트라센	0.261		
크라이센	0.384		
벤조피렌	0.43		
TBT(mg/kg)	0.001	-	-
총DDT	0.0035	-	0.0258
총질소	1500	-	1,500
총인	500	-	500
클로르데인	-	-	0.00106
다이옥신/퓨란	-	-	0.85ng/kg

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰

덜란드(ICES 2003) 3그룹에 독일(Helsinki commission, 2004), 스페인(T.A. Del Valls et al., 2003; OSPAR, 2005), 호주(PORT KEMBFA CORPORATION, 2005) 그리고 4그룹에 미국 육군공병단(USACE, 2005), 노르웨이(ICES, 2002; ICES, 2003; Margot Cronin et al., 2006)가 포함된다.

아일랜드의 기준(Margot Cronin et al, 2006)은 3단계로 구분된 기준이나 실질적으로는 Category 1과 3으로 구분된 2단계 기준으로 볼 수 있기 때문에 그룹의 분류에 포함하였으나 포르투갈의 기준은 5단계로 분류에서 제외되었다. 일본의 경우 '저질(수저토사)의 판정기준·환경기준'이 설정되어 있으나 퇴적물의 항목별 분석방법이 산분해법에 의한 것이 아니라 용출시험에 의한 것이므로 그룹의 분류에서 제외되었다.

표 11에 제시된 그룹별 수치를 기하평균 하여 표 12에 나타내었으며 항목별 수치는 대체적으로 1 그룹 < 2 그룹

< 3 그룹 < 4 그룹의 순이었으나, 유기염소계 항목은 3 그룹 < 1그룹 < 2그룹 < 4 그룹의 순서였다. 미국 육군공병단, 핀란드, 네덜란드, 호주를 제외한 다른 국가는 중금속 이외 항목이 기준에 포함된 것이 많지 않기 때문에 제시된 기준값이 적은 것으로 나타났다. 중금속 이외 항목에서 1 그룹은 핀란드의 기준이, 2 그룹은 네덜란드의 기준이, 3 그룹은 호주의 기준이, 4 그룹은 미국 육군공병단의 기준이 그대로 적용된 것이 많다.

네덜란드의 준설토사 환경기준은 표 12에 나타내었다. 여기에는 준설토사 평가기준(2002), 행동지침기준(2003), 해양투기기준(1999)이 설정되어 있다. 수치를 구체적으로 비교할 때 서로 일치하는 항목과 그렇지 못한 항목 등 다양하게 되어 있다. 표 13는 미국 6개주의 준설토 물질 양분용 기준을 보여주고 있다. 연방정부의 차원의 양분용 함량 기준은 따로 정해져 있지 않다. 표 14는 이탈리아 양분용 준설토 물질 기준을 보여주고 있다.

표 10. 분류된 외국 기준

그룹	국가	비고
1	미국 위스콘신주, 핀란드, 영국, 덴마크	가장 엄격한 기준
2	벨기에, 스웨덴, 프랑스, 네덜란드, 아일랜드	1 그룹보다 높은 기준
3	독일, 스페인, 호주	2 그룹보다 높은 기준
4	미국 육군공병단, 노르웨이	가장 높은 기준

표 11. 그룹별 분류 항목별 기하평균(계속)

Chemical	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
	준설토사 활용가능기준				준설토사 활용우려기준			
Metals (mg/kg)								
Antimony	-	-	2	150	-	-	25	200
Arsenic	13.1	21	36	68	49	65	128	837
Cadmium	0.45	1.17	1.55	2.3	2.97	3.6	8.55	11.8
Chromium	41	80	134	300	200	195	652	5,000
Copper	28	40	64	242	125	102	278	1,396
Lead	35	62	84	232	190	198	404	1,342
Mercury	0.16	0.32	0.45	0.50	1.13	0.94	2.47	3.39
Nickel	24	46	47	135	65	123	173	745
Selenium	-	-	-	-	-	-	-	-
Silver	-	-	1	6.1	-	-	4	8.4
Zinc	115	247	327	536	463	615	1,291	6,164
Manganese	460	-	-	-	1,100	-	-	-
Iron(%)	2	-	-	-	4	-	-	-

표 11. 그룹별 분류 항목별 기하평균(계속)

Chemical	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
	준설토사 활용가능기준				준설토사 활용우려기준			
Organometallic compounds (µg/kg)								
Tributyltin (interstitial water µg/L)	4.6µg/kg	17µg/kg	10µg/kg	0.15(µg/L)	200µg/kg	59µg/kg	205µg/kg	-
Dibutyltin-	-	-	-	-	-	-	-	-
TBT + DBT + MBT	100	-	-	-	1,000	-	-	-
Organics (µg/kg)								
Total LPAH	-	-	552	5,200	-	-	3,160	29,000
Naphthalene	10	18.7	160	2,100	100	85	2,100	2,400
Acenaphthylene	-	-	44	560	-	-	640	1,300
Acenaphthene	-	-	16	500	-	-	500	2,000
Fluorene	-	-	19	540	-	-	540	3,600
Phenanthrene	50	100	240	1,500	500	1,000	1,500	21,000
Anthracene	10	100	85	960	100	800	1,000	13,000
2-Methylnaphthalene	-	-	70	570	-	-	670	1,900
Total HPAH	-	-	1,700	12,000	-	-	9,600	69,000
Fluoranthene	300	100	600	1,700	3,000	2,500	5,100	30,000
Pyrene	-	-	665	2,600	-	-	2,600	16,000
Benz(a)anthracene	30	100	261	1,300	400	1,000	1,600	5,100
Chrysene	1,100	100	384	1,400	11,000	1,000	2,800	21,000
Benzofluoranthenes(b+k)	-	-	-	3,200	-	-	-	9,900
Benzo(a)pyrene	300	50	430	1,600	3,000	900	1,600	3,600
Indeno(1,2,3-c,d)pyrene	600	50	-	600	6,000	800	-	4,400
Dibenz(a,h)anthracene	-	-	63	230	-	-	260	1,900
Benzo(g,h,i)perylene	800	50	-	670	8,000	1,616	-	3,200
Total PAH	3,000	-	4,000	-	30,000	-	45,000	-
Oil	170,998	50,000	300,000	-	1,500,000 0	1,500,000 00	1,000,000 0	-
Pesticides (µg/kg)								
PP'-DDT	-	-	1.0	-	-	-	3.0	-
PP'-DDE	-	-	1.5	-	-	-	9.0	-
PP'-DDD	-	-	2.4	-	-	-	14.1	-
Total DDT(sum of 4,4'- DDD, DDE and DDT)	3.5	10	1.6	6.9	43	30	46.0	69
Aldrin	2.0	10	-	10	80	30	-	-
Chlordane	-	-	0.50	10	-	-	6.0	-
Dieldrin	3.1	10	0.02	10	62	30	8.0	-
Heptachlor	-	-	-	10	-	-	-	-
Gamma-BHC (Lindane)	-	10	0.32	10	-	20	1.0	-
Endrin	3.0	10	-	-	1,300	30	-	-

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰

표 11. 그룹별 분류 항목별 기하평균

Chemical	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
	준설토사 활용가능기준				준설토사 활용우려기준			
Toxaphene	1.0	-	-	-	2	-	-	-
PCB 28	1.0	2.0	2.0	25	30	30	6.0	50
PCB 52	1.0	2.0	1.0	25	30	30	3.0	50
PCB 101	4.0	4.0	2.0	50	30	30	6.0	100
PCB 118	4.0	4.0	3.0	25	30	30	10.0	50
PCB 138	4.0	4.0	4.0	50	30	30	12.0	100
PCB 153	4.0	4.0	5.0	50	30	30	15.0	100
PCB 180	4.0	4.0	2.0	-	30	30	6.0	50
Total PCBs	28.8	14	24.0	57	300	32	77.5	964
Dioxins and Furans ng WHO-TEQ/kg	1.4	-	-	-	10	-	-	-
Chlorinated Hydrocarbons (µg/kg)								
1,3-Dichlorobenzene	-	-	-	170	-	-	-	-
1,4-Dichlorobenzene	-	-	-	110	-	-	-	120
1,2-Dichlorobenzene	-	-	-	35	-	-	-	110
1,2,4-Trichlorobenzene	-	-	-	31	-	-	-	64
Hexachlorobenzene(HCB)	-	-	2	22	-	-	6	230
Pentachlorobenzene	-	-	1	-	-	-	1	-
Phthalates (µg/kg)								
Dimethylphthalate	-	-	-	71	-	-	-	1,400
Diethyl phthalate	-	-	-	200	-	-	-	1,200
Di-n-butyl phthalat	-	-	-	1,400	-	-	-	5,100
Butyl benzyl phthalate	-	-	-	63	-	-	-	970
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	-	-	-	1,300	-	-	-	8,300
Di-n-octyl phthalate	-	-	-	6,200	-	-	-	6,200
Phenols (µg/kg)								
Phenol	-	-	-	420	-	-	-	1,200
2-Methylphenol	-	-	-	63	-	-	-	77
4-Methylphenol	-	-	-	670	-	-	-	3,600
2,4-Dimethylphenol	-	-	-	29	-	-	-	210
Pentachlorophenol	-	-	-	400	-	-	-	690
Miscellaneous Extractables (µg/kg)								
Benzyl alcohol	-	-	-	57	-	-	-	870
Benzoic acid	-	-	-	650	-	-	-	760
Dibenzofuran	-	-	-	540	-	-	-	1,700
Hexachloroethane	-	-	-	1,400	-	-	-	14,000
Hezachlorobutadiene	-	-	-	29	-	-	-	270
N-Nitrosodiphenylamine	-	-	-	28	-	-	-	130

표 12. 네덜란드의 DM(계속)

	네덜란드 준설물질 행동지침 (2002)		Dredged material Criteria (2003)	Action levels for Dredged material to be disposed at sea (2003)		Standard (1999) (Marine Disposal)			Dredged material assessment criteria (2002)			
	level 1	level 2		GTT	Action level 1	Action level 2	Target Value	Reference Value	Intervention Value	Maximum Concentrations for disposal at sea	Action level for Particular water used	Action level for anaero- bic sedi- ments
Metals (mg/kg)												
Antimony	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic	29	29	29	-	29	29	55	55	55	55	150	
Cadmium	0.8	4	4	-	4	0.8	7.5	12	7.5	12	30	
Chromium	100	120	120	-	120	100	380	380	380	380	1,000	
Copper	36	60	60	-	60	35	90	190	90	190	400	
Lead	85	110	110	-	4	85	530	530	530	530	1,000	
Mercury	0.3	1.2	1.2	-	1.2	0.3	1.6	10	1.6	10	15	
Nickel	35	45	45	-	45	35	45	210	45	210	200	
Selenium	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Silver	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Zinc	140	365	365	-	365	140	720	720	720	720	2,500	
Manganese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Iron(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Organics (µg/kg)												
Naphthalene	100	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Phenanthrene	100	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Anthracene	100	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fluoranthene	100	2,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo[a] anthracene	100	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Chrysene	100	1,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo[a] pyrene	50	900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo[k] fluoranthene	50	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Indeno[123cd] pyrene	50	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Benzo[ghi] perylene	50	850	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total PAH	-	-	8,000	-	8,000	-	-	-	-	-	-	
Mineral Oil	50,000	1,500,000	1,250,000	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pesticides (µg/kg)												
DDT+DDE+ DDD	10	30	20	-	-	-	-	-	-	-	-	
Dieldrin	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Aldrin	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

준설토 활용을 위한 환경기준 고찰

표 12. 네덜란드의 DM

	네덜란드 준설물질 행동지침 (2002)		Dredged material Criteria (2003)	Action levels for Dredged material to be disposed at sea (2003)		Standard (1999) (Marine Disposal)			Dredged material assessment criteria (2002)		
	level 1	level 2	CTT	Action level 1	Action level 2	Target Value	Reference Value	Intervention Value	Maximum Concentrations for disposal at sea	Action level for Particular water used	Action level for anaerobic sediments
Endrin	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gamma-BHC(Lindane)	10	20	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-28	2	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-52	2	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-101	4	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-118	4	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-138	4	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-153	4	30	-	-	-	-	-	-	30	-	-
PCB-180	4	30	-	-	-	-	200	1,000	200	1,000	-
sum 7 PCB	-	-	100	-	100	-	-	-	10,000	40,000	-

표 13. 미국 6개주의 양빈용 준설물질 기준

(단위: mg/kg)

성분	일리노이주	인디애나주	마이애미주	미네소타주	뉴욕주	위스콘신주
Arsenic	0.05*	3.9	Must be 95% sand	12	7.5	Grain size and color requirements
Lead	0.0075	81		400	Background	
Zinc	7,500	10,000		1,242	20	
PCBs	1	1.8		1.2	1	
Benzo(a)pyrene	0.09	0.5		1.0	0.061	
Benzene	0.03	0.034		0.034	0.06	
Criteria source	Cleanup-Residential	Cleanup-Residential	Use-specific regulation	Cleanup-Recreational	Cleanup-General	Use-specific regulation

표 14. 이탈리아 양빈용 준설물질 기준(계속)

Parameter Trace Elements	BCL (pelite(10%))	BCL
	[mg kg ⁻¹] p.s.	[mg kg ⁻¹] p.s.
As	17	25
Cd	0.20	0.35
Cr	50	100
Cu	15	40
Hg	0.20	0.40
Ni	40	70
Pb	25	40
Zn	50	100

표 14. 이탈리아 양반용 준설물질 기준

Organic Contaminants	[$\mu\text{g kg}^{-1}$] p.s.
Organotin	4.5
Σ PCB	5
Σ DDD	1.2
Σ DDE	2.1
Σ DDT	1.2
Chlordane	2.3
Dieldrin	0.7
Endrin	2.7
γ -HCH	0.3
Heptachlor-epoxide	0.6
Σ PAH	900
Acenaphthene	7
Anthracene	47
Benzo[a]anthracene	75
Benzo[a]pyrene	80
Chrysene	108
Dibenz[a,h]anthracene	6
Phenanthrene	87
Fluorene	21
Fluoranthene	113
Naphthalene	35
Pyrene	153

표 15. 국외 준설토 활용기준안과 양빈/습지조성 기준 비교(계속)

구분 (단위: mg/kg)	스페인 양반용 준설토 사용기준	이탈리아 양반용 준설토 사용기준	미국 샌프란시스코 습지용 준설토 기준 (표준)
비소(mg/kg)	-	17	15.3
납(mg/kg)	60	25	43.2
아연(mg/kg)	250	50	158
카드뮴(mg/kg)	0.5	0.2	0.33
크롬(mg/kg)	-	50	112
구리(mg/kg)	50	15	68.2
수은(mg/kg)	0.3	0.2	0.43
니켈(mg/kg)	-	40	112
총PCBs(mg/kg)		0.005	0.018
PCB-52		-	-
PCB-28,101,180		-	-
0		-	-
PCB-118		-	-
PCB-138		-	-
PCB-153		-	-

표 15. 국외 준설토 활용기준안과 양빈/습지조성 기준 비교

구분 (단위: mg/kg)	스페인 양빈용 준설토 사용기준	이탈리아 양빈용 준설토 사용기준	미국 샌프란시스코 습지용 준설토 기준 (표준)
총PAHs(mg/kg)		0.9	
나프탈렌		0.035	
페난트렌		0.087	
플로란틴		0.113	0.0448
피렌		0.153	
벤조안트라센		0.075	
크라이센		0.108	
벤조피렌		0.080	
TBT(mg/kg)		0.0045	--
총DDT		0.0012	0.0461

미국, 영국, 캐나다, 네덜란드, 호주 등 대부분의 국가는 양빈 목적으로 준설물질을 사용할 경우 물성 (모래 구성비, 탄산칼슘 함량) 기준을 규정하고 있다. 단, 행위 시에는 영향평가 등 별도 협의 자료를 통합해서 시행한다.

표 15에는 국외 준설토 활용기준안과 양빈/습지조성 기준을 비교해 보았다. 준설토 활용기준(윤길림 외 2008)은 일반적으로 국외 양빈용 기준보다 덜 엄격함을 알 수 있다.

4. 결론

본 기술자료에서는 국내외 준설토사 활용기준을 검토해보았다. 세계 여러 나라의 준설토 활용기준을 심층분석하여 만들어진 국내 준설토 활용 환경기준을 토대로 하천 및 해양에서 발생하는 준설토가 자원으로 다양하게 이용될 수 있게 기대하여 특히, 4대 강 사업에서 발생하는 준설토 활용뿐 아니라 국제적 환경규제에 능동적으로 대응하는 데 도움이 되길 기대한다.

참고 문헌

1. 전완기, 이관호(2000), 안정처리된 도시 하수슬러지의 건설재료활용을 위한 기본연구. 대한토목학회논문집, 제20권 제4호, pp. 315~324.
2. 김상권, 김인배, 박주량, 박성호, 배광수, 정준오(1995), 폐기물 처리공정 시험방법 해설. 동화기술.
3. 조흥연, 최광희, 윤길림(2001), 용출시험에 의한 항만 준설토의 오염도 평가. 한국지반환경공학회 논문집, 제2권 제2호, pp. 5~12.
4. 해양수산부(2005), 해양오염퇴적물 조사 정확복원체계 구축 [2], pp.239-288
5. 윤길림, 이찬원, 정우섭(2008), 준설토 유효활용을 위한 한국형 환경기준 개발. 한국지반공학회 논문집, 제24권 5호, pp. 5-13.
6. 해양수산부(2007), 준설토사 처리 및 유효활용 기준 수립. 최종보고서
7. 윤길림, 배운신(2010), 준설토 활용기술과 환경기준. 대한토목학회/한국지반공학회 공동학술심포지움
8. 한국해양연구원(2009), 해양오염퇴적물 처리방안 및 기술개발(II). 국토해양부용역보고서
9. 정창수(2009), 준설토 활용기준(안)의 적정성 검토 전문가회의, 한국해양연구원