

국내의 오니류 발생 및 재활용현황

1 오니류의 종류

오니(汚泥 : Sludge)란 정수, 하수, 공장폐수 등의 처리과정에서 발생한 불용성 고형분을 침전 혹은 여과한 것이다. 폐기물관리법 시행령 별표 1에 의하면 오니류는 수분함량이 95퍼센트 미만이거나 고형물함량이 5퍼센트 이상인 것으로 한정하고 있으며 가연성분의 함유정도에 따라 유기성 오니류 및 무기성 오니류로 구분한다. 유기성 오니류는 고형물중 유기성 물질의 함량이 40퍼센트 이상인 것으로 2001년부터 중간처리과정을 거치지 않고 직접 매립하는 것에 대한 제약이 가해지고 있다. 이들 대부분은 활성오니 처리오니, 각종 제조업의 폐액처리오니, 정화조 폐액, 폐알카리 혼합물, 규조토 잔사 등 정수 침전조 및 하/폐수처리장에서 발생한다. 그 외에도 농후폐액의 교환 시에 생성되는 침전물, 여과공정에서 생성되는 여과잔사, 배연탈황석고 등이 포함되고 식품의 가공 공장, 토목공사 현장 등에서도 발생하고 있으며 표1. 에 발생원별로 구분한 오니류의 종류를 표시한다.

표1. 발생원별 오니류의 종류

발생원	유기성 오니류	무기성 오니류
하수처리	하수오니	-
상수처리	-	침강토사
제지공업	펄프찌꺼기	넘토
제강공업	활성오니	제강슬러지
화학공업	활성오니	탈황석고
식료품폐수	식료품찌꺼기	-
반도체산업	-	실리콘 분말
요업	-	토사
건설업	-	굴삭토사

오니류는 다량의 수분을 포함하고 있으므로 탈수시켜서 수분이 적은 탈수 오니(Sludge cake)로 만든 다음 처리한다. 일반적으로 오니의 처리방법으로는 중간처리 단계로 소각, 중화, 고형화 등의 방법과 최종처리단계로는 매립이나 해역배출 방법을 사용하며, 재생처리를 통하여 재활용한다. 재활용이라 함은 폐기물의 처리방법상 중간처리로 분류되어 폐기물을 재사용 혹은 재생이용하거나 재사용 혹은 재생이용할 수 있는 상태로 만드는 활동 또는, 폐기물로부터 환경부령이 정하는 기준에 따라 에너지를 회수하는 활동을 말한다. 특히 산업폐수 처리오니와 하수오니는 중금속을 포함할 가능성이 크므로 그 전처리가 완전하지 않으면 재활용하기에 어려움이 따른다.

2 일반폐기물 중 오니류

표2. 에는 환경부에서 발표한 2000년도 오니발생현황에 대한 통계를 정리하였다. 이 결과에 따르면 우리나라에서 하루에 발생하는 오니량은 약 23,600 톤/일로서 폐수처리오니가 전체 발생량의 70.7%로 압도적 비율을 차지하고 있으며, 하수처리오니(16.0%), 공정처리오니(8.3%) 그리고 정수처리오니(5.0%)의 순이다.

표2. 오니류 발생현황 (단위: 톤/일, %)

출처: 환경부, 2000 전국 폐기물 발생 및 처리현황

	유기성 오니류		무기성 오니류		합계	
	톤/일	%	톤/일	%	톤/일	%
폐수처리오니	11,288.3	75.0	5,399.2	63.2	16,687.5	70.7
공정처리오니	473.0	3.1	1,481.1	17.3	1,954.1	8.3
정수처리오니	390.6	2.6	788.9	9.2	1,179.5	5.0
하수처리오니	2,904.3	19.3	870.7	10.3	3,775	16.0
합계	15,056.2	100	8,539.9	100	23,596.1	100

표3. 에는 2000년도 발생원별 오니류의 처리현황을 나타내었으며, 표4. 는 발생원별 오니류의 처리방법별 점유율을 나타내고 있다. 유기성 오니류의 처리방법으로는 재활용이 (36.2%) 가장 많이 사용되었으나 상당한 량(32.1%)이 해양투기에 의해 처리되고 있으며 소각(19.2%), 매립(12.5%)의 순으로 이루어지고 있는 것을 알 수 있다. 무기성 오니류의 처리방법으로는 재활용이 44.6%로 가장 많으며, 매립(26.8%), 해양투기(24.2%), 소각(4.4%)의 순으로 처리되는 것을 알 수 있다. 무기성 오니류는 발열량이 낮아서 소각에 의해 처리되는 비율이 낮은 반면에 유기성 오니류에 비해 매립이 많이 이루어지고 있다. 유기성 및 무기성을 망라한 발생 오니류 전체에 대해서 보면 39.2%가 재활용에 의해 처리되고 있는 것을 알 수 있으며 하수처리오니의 70%가 해양투기에 의해 처리되는 것을 볼 때, 우리나라가 가입하고 있는 국제협약인 ‘폐기물 및 그 밖의 물질의 투기에 의한 해양오염방지에 관한 협약(Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter)’ (일명 : 런던협약)의 영국·미국 등 선진국을 중심으로 한 폐기물 해석에 따를 경우 우리나라에서 해양투기하는 폐기물의 상당부분이 산업폐기물로 분류될 가능성이 있음을 감안하면 이에 대한 대책 마련이 시급한 것으로 보인다. 또한, 하수처리오니의 약 24%를 매립에 의존하고 있어 매립지난을 가중시킬 뿐 아

나라 매립지 안정화를 저해하고 있으며 처리용량이 1일 1만톤 이상인 하수처리장과 폐수처리장 및 1일 2천톤이상 폐수배출업소에 대하여 2003년 7월부터 직매립을 금지하게 되어 이들이 단기적으로는 해양투기로 처리될 전망이다 점을 감안할 때 농업용 퇴비, 토양개량제, 매립지 복토용 등 재활용 자원화를 촉진할 필요가 있다.

표3. 오니류 처리현황 (단위: 톤/일)

출처: 환경부, 2000 전국 폐기물 발생 및 처리현황

처리방법	유기성 오니류					무기성 오니류				
	매립	소각	재활용	해양투기	합계	매립	소각	재활용	해양투기	합계
폐수처리	826.8	2,745.3	4,921.9	2,794.3	11,288.3	1,369.4	271.2	2,824.4	934.2	5,399.2
공정처리	147.0	68.5	235.5	22.0	473.0	665.8	88.0	639.0	88.3	1,481.1
정수처리	51.6	6.5	183.9	148.6	390.6	195.9	1.6	322.7	268.7	788.9
하수처리	854.7	75.8	102.8	1,871.0	2,904.3	55.2	20.5	22.8	772.2	870.7
합계	1,880.1	2,896.1	5,444.1	4,835.9	15,056.2	2,286.3	381.3	3,808.9	2,063.4	8,539.9

표4. 발생원별 오니류의 처리방법별 점유율 (단위: %)

출처: 환경부, 2000 전국 폐기물 발생 및 처리현황

처리방법	유기성 오니류					무기성 오니류				
	매립	소각	재활용	해양투기	합계	매립	소각	재활용	해양투기	합계
폐수처리	7.3	24.3	43.6	24.8	100	25.4	5.0	52.3	17.3	100
공정처리	31.1	14.5	49.8	4.6	100	45.0	5.9	43.1	6.0	100
정수처리	13.2	1.7	47.1	38.0	100	24.9	0.0	41.0	34.1	100
하수처리	29.4	2.6	3.5	64.5	100	6.3	2.4	2.6	88.7	100

표5.를 보면 국내에서 가동중인 폐기물 재활용 업체는 3,000 여개사로서 이들을 통해 연간 2,700만 여톤의 폐기물이 재활용되고 있다. 그중에서 오니류는 200만 여톤이 재활용되어 전체 재활용 폐기물의 8%를 점하고 있으며 오니류 재활용품의 판매가격은 4,500억원에 달하여 전체 재활용폐기물 판매액의 11.6%를 점하고 있다. 재활용 폐기물량과 판매총액의 점유율을 비교해 보면 오니류의 재활용 제품 가격이 평균적인 재활용 제품가격에 비해 고가인 점을 알 수 있다.

표 5. 폐기물 재활용 현황

출처 : 한국자원재생공사 2002

	총 가동 업체	가동중 신고업체	가동중 허가업체	재활용 폐기물량		판매총액	
				천톤/년	%	백만원/년	%
폐기물합계	3,061	2,843	809	27,240	100	3,909,308	100
오니류	196	144	73	2,174	8.0	453,388	11.6

표6.은 오니류의 종류별 재활용량 및 판매금액에 대해 정리한 것으로 폐수처리 오니가 공정오니에 비해 8배 가량 많이 재활용되고 있으며 폐수처리오니 중에서도 유기성오니에 비해 무기성 오니의 재활용이 활발히 이루어지는 것을 알 수 있다. 또한 ,유해물질을 함유한 유기성 오니의 경우에는 재활용 폐기물량의 220배가 넘는 재활용 제품을 판매한 것으로 나타난 점으로 보아 재활용 제품에 0.5% 이하의 농도로 첨가된 것으로 보인다.

표6. 오니류의 재활용 현황

출처: 환경부, 2001 전국 폐기물 중간처리업 허가 및 재활용신고 업체 현황

		재활용 폐기물량 (톤/년)	판매량 (톤/년)	판매총액 (천원/년)
합계		2,174,279	9,267,368	453,388,991
폐수처리 오니	계	1,934,574	8,665,387	418,992,308
	유기성오니(유해물질함유)	4,731	1,060,227	8,208,835
	유기성오니(유해물질비함유)	198,890	237,019	7,123,225
	무기성오니(유해물질함유)	50,921	85,608	297,412
	무기성오니(유해물질비함유)	1,593,709	7,123,890	401,233,043
	기타	86,323	158,642	2,129,794
공정 오니	계	239,705	601,981	34,396,683
	유해물질함유 공정오니	11,244	11,256	4,832,242
	유해물질비함유 공정오니	228,461	590,725	29,564,440

한편, 표7.은 오니류의 재활용 동향을 알아보기 위하여 1998년부터 2001년까지 4년간의 재활용 폐기물량 및 재활용제품 판매량을 정리한 것이다. 4년간에 걸쳐 일반폐기물의 재활용량은 12.7% 가량 증가한데 비하여 오니류의 재활용량은 50%가까이 증가한 것을 알 수 있다. 또한, 재활용제품 판매량에 있어서는 일반폐기물 전체가 2.1배 증가한 반면 오니류는 4.5배 가량 증가하였으며 재활용제품의 점유율 역

시 16.9%로 괄목할만한 성장을 이룬 것을 알 수 있다. 이러한 분석을 통하여 2000년대 진입을 전후하여 폐기물재활용에 대한 사회적 인식 및 관련 사업이 확대되고 있으며 특히 오폐수의 재활용사업은 일반폐기물 전체의 성장률에 비해 2배 이상의 빠른 성장을 이루는 것을 알 수 있다. 이는 오폐수의 직매립금지, 해양투기에 대한 장래 부담, 소각비용 등 여타 처리방법이 마땅하지 않은 점에도 원인을 찾을 수 있으며 청정생산기술 등 폐기물 재활용에 관한 산업계 및 사회적 인식이 고조되는 것에서도 원인을 찾을 수 있다.

표7. 년도별 일반폐기물 대비 오폐수의 재활용 현황

	재활용 폐기물량(천톤/년)		재활용제품 판매량(천톤/년)		
	일반폐기물전체	오폐수	일반폐기물 전체	오폐수	구성비(%)
1998년	22,650	1,430	25,912	2,051	7.9
1999년	20,392	1,170	30,498	2,488	8.2
2000년	26,857	1,381	43,707	5,013	11.5
2001년	25,524	2,144	54,519	9,205	16.9

3 사업장폐기물 중 오폐수

사업장 일반폐기물인 사업장 배출시설계 폐기물의 종류별 지역별 배출량을 표8. 과 표9.에 각각 가연성과 불연성으로 구분하여 정리한다. 가연성 폐기물의 경우 2000년도에 발생한 24,330 톤/일의 발생량 중 61.9%가 오폐수로서 사업장 배출시설계 가연성 폐기물의 상당수가 유기성 오폐수인 것을 알 수 있다. 참고로 지역별 배출량을 보면 경기, 충북, 전북, 경남, 대구 등 산업단지가 발달된 지역을 중심으로 배출량이 많은 것을 알 수 있다.

표8. 사업장배출 시설계 폐기물 중 가연성 폐기물의 종류별 지역별 배출량

단위: (톤/일), 출처 : 환경부, 2001환경통계연감14호

구분	소계	폐지류	폐목재류	폐합성고분자화합물				유기성오니류				동식물성잔재물	폐식용유	기타
				폐섬유류	폐합수지	폐합고무	폐피혁	폐수처리오니	공오	정오니	정수처리오니			
합계	24,330	700	919	737	3,386	386	99	11,288	473	391	2,904	2,168	44	835
서울	1,536	3	-	2	14	-	-	92	10	-	1,398	8	-	9
부산	741	33	5	4	253	58	14	256	24	-	38	40	1	17
대구	1,892	49	34	88	148	11	-	1,202	25	6	310	16	-	4
인천	947	34	230	4	360	3	1	103	22	24	59	80	8	18
광주	62	14	4	7	16	1	-	4	8	-	-	3	-	5
대전	901	10	12	2	137	32	1	201	2	-	171	3	-	332
울산	864	72	96	2	174	4	-	404	38	8	12	5	-	48
경기	4,469	142	66	401	837	35	58	1,846	130	167	306	350	13	120
강원	633	9	10	1	10	4	4	230	17	-	94	225	3	26
충북	4,448	62	26	13	486	17	18	3,344	45	2	131	266	12	25
충남	1,277	59	60	23	221	24	1	604	22	29	75	111	2	46
전북	2,533	37	226	11	188	21	-	1,703	20	7	76	208	-	37
전남	827	13	30	27	108	15	-	398	58	3	24	73	1	78
경북	1217	106	50	124	203	12	2	481	3	-	132	88	1	14
경남	1,881	58	71	28	230	149	-	419	49	146	56	617	3	57
제주	103	-	-	-	1	-	-	4	-	-	23	75	-	-

사업장 배출시설계 불연성 폐기물의 배출량은 77,123톤/일로서 가연성 폐기물에 비해 3배 가량 배출량이 많으나 무기성 오니류의 배출량은 11.1%정도로서 유기성 오니류의 배출량에 비해 상당히 적은 것을 알 수 있다. 산업체에서 발생하는 오니는 폐기물관리법에 의한 용출실험결과에 따라 지정폐기물과 일반폐기물로 분류하고 각각의 관리방법에 따라 차등관리를 하게 된다. 분류방법에서도 알 수 있듯이 오니에 포함된 미량의 중금속, CN화합물, 유기인, TCE 등이 독성을 가지거나 환경적으로 유해하므로 매립이나 소각 시에 엄격한 관리를 받게 될 뿐만 아니라 재활용을 제한하게 되는 요인이 된다. 특히 산업폐수 처리오니의 경우에는 폐수가 배출되는 공정 이 같더라도 운전조건의 변화 등에 따라서 성상이 바뀌기 때문에 하수처리오니 혹은 정수처리 오니에 비하여 조성의 안정성이 떨어지는 점 역시 재활용의 장애가 되고 있다.

표9. 사업장배출 시설계 폐기물 중 불연성 폐기물의 종류별 지역별 배출량

단위: (톤/일), 출처 : 환경부, 2001환경통계연감14호

구분	소계	광재류	연소재	소각재	분진류	폐주물사모래류	폐금속류	폐석회석고류	폐촉매	폐흡착재	유리자기편류	무기성오니류				기타
												폐수처리오니	공정오니	정수처리오니	하수처리오니	
합계	77,123	32,485	11,686	3,396	2,464	4,249	4,447	5,664	58	104	513	5,399	1,481	789	871	3,517
서울	1,294	1	-	41	-	6	7	-	-	18	5	1	-	213	-	1
부산	923	362	27	11	9	354	62	8	-	16	1	105	34	9	202	95
대구	5,659	39	99	179	16	218	36	1	-	1	1	101	19	68	85	59
인천	335	1,997	20	219	88	679	177	840	-	2	7	295	324	58	70	882
광주	604	-	1	3	23	11	36	3	-	2	10	10	44	10	174	10
대전	3,959	-	-	88	6	67	23	-	-	1	-	119	30	23	-	247
울산	3,259	80	76	115	69	738	805	908	35	18	23	849	79	77	13	72
경기	2,968	217	139	516	71	415	277	7	-	23	163	552	176	156	209	338
강원	661	125	2,468	-	15	130	15	120	-	-	2	2	6	-	-	86
충북	6,569	31	212	9	10	79	103	7	-	3	14	95	25	-	2	72
충남	1,699	23	4,230	1,542	22	77	241	1	3	5	21	139	25	36	4	202
전북	16,027	257	222	277	28	48	63	70	-	2	69	216	19	2	92	334
전남	24,528	11,106	240	102	117	4	37	3,634	19	5	25	296	401	9	8	26
경북	8,339	16,984	140	149	1,888	299	1,445	42	-	3	96	2,312	243	49	7	871
경남	8	1,263	3,810	146	103	1,125	1,118	23	-	8	77	306	56	79	1	223
제주		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6	-

표10. 은 국내의 주요 산업체를 대상으로 하여 조사한 폐수처리오니의 성분분석 결과이다. 삼성분 분석에 의하면 가연분이 8.1% ~ 22.1 %의 범위에 있는데 피혁산업과 석유정제업의 경우가 가장 높아서 소각처리도 가능할 것으로 보인다. 섬유산업과 산·알카리제조업의 경우는 회분이 높고 가연분이 적어 소각시 보조연료의 소모가 많고 소각재의 처리에도 문제가 있을 것으로 보인다. 한편, 유해물질의 용출시험결과를 보면 섬유산업과 석유정제업에서 발생한 오니는 기준치 이하로서 일반폐기물로 분류되지만 피혁산업과 산·알카리 제조업의 경우에는 6가 크롬의 농도가 기준치를 초과하여 지정폐기물로 분류된다.

표10. 산업체별 발생오니의 성분(단위: %, ppb)

출처: 도갑수 외 한국폐기물학회지, 14, 3, 1997.

	섬유산업	피혁산업	석유정제업	산·알카리 제조업
삼성분 분석결과				
수분	81.5	73.4	74.4	71.4
가연분	8.1	22.1	21.9	15.3
회분	10.4	4.5	3.7	13.3
유해물질 용출시험결과				
Pb	13	88	4	411
Cu	19	30	14	256
As	2	4	3	11
Hg	n.d.	n.d	n.d	1
Cd	9	11	9	19
Cr ⁺⁶	17	551	5	180
CN	n.d	5	11	7
유기인	n.d	n.d	n.d	1
TCE	n.d	n.d	8	7
TeCE	n.d	n.d	18	5

표11. 은 국내 산업공단에서 발생하는 폐수처리오니의 삼성분 분석례로서 가연 성분은 평균 12.1%로 비교적 낮고 회분함량이 9.9%정도인 것을 알 수 있다.

표11. 산업공단 하수처리오니의 삼성분 분석례(단위: %)

출처: 배재근 외 한국폐기물학회지, 15, 3, 1998.

	수분함량	유기물 함량		회분함량
		Wet Base	Dry Base	
평균	77.8	12.1	55.7	9.9
처리장A	75.5	11.0	45.0	13.4
처리장B	81.1	13.0	68.9	5.8
처리장C	81.6	10.5	57.4	7.8
처리장D	80.4	9.2	47.3	10.2
처리장E	72.0	13.5	48.4	14.3
처리장F	77.4	14.1	62.9	8.3
처리장G	78.0	14.5	65.9	7.4

한 편, 사업장 지정폐기물의 발생량 추이를 표12.에 정리하였다. 사업장 지정폐기물 중 오니류의 발생량은 1998년도부터 4년간 96,00 톤에서 207,000톤으로 2.2배 가량 증가하여 같은 기간동안의 지정폐기물 증가율인 1.5배보다 훨씬 높은 증가율을 보이고 있다.

표 12. 사업장 지정폐기물의 종류별 발생량 추이(단위:천톤/년)

출처: 국립환경연구원, 2001 지정폐기물 발생 및 처리현황

종류	' 98		' 99		' 00		' 01	
	계	%	계	%	계	%	계	%
합계	1,922	100	2,733	100	2,779	100	2,858	100
폐산	684	35.6	838	30.7	822	29.6	752	26.3
폐알카리	145	7.5	314	11.5	160	5.8	221	7.7
폐유	289	15.0	415	15.2	543	19.5	580	20.3
폐유기용제	371	19.3	522	19.1	502	18.1	549	19.2
폐합성고분자화합물	67	3.5	125	4.6	54	1.9	50	1.8
분진	254	13.2	334	12.2	363	13.0	243	8.5
오니류	96	5.0	142	5.2	170	6.1	207	7.3
감염성폐기물	-	-	-	-	22	0.8	38	1.3
기타	16	0.9	43	1.5	144	5.2	218	7.6

그에 따라 사업장 지정폐기물 중 점유율이 5%에서 7.3%로 확대되는 것을 알 수 있다. 이는 폐수배출기준과 폐기물 분류기준이 점차 까다로워짐에 따라 이의 고도처리에 따르는 발생물의 증가에 기인하는 것으로 보인다.

표 13.에서 보듯이 지정폐기물로 발생한 오니류의 처리주체는 90% 가량이 위탁처리에 의존하고 있어서 지정폐기물 전체 평균치인 79%를 상회하고 있다. 특히 재생처리 혹은 중간처리가 상당히 적은 대신 최종처리와 해양배출에 의존하는 것을 알 수 있다.

표 13. 지정폐기물 중 오니류의 처리주체 현황

2001년 기준 (단위: 천톤/년)

	발 생 내 역		처 리 내 역							보관량
	전년도 이월량	' 01 발생량	자가 처리	위탁처리					기타	
				재생 처리	중간 처리	최종 처리	해양 배출	공공 처리		
합계	36	2,858	597	1,135	717	263	92	26	24	40
오니류	4	207	23	10	13	128	24	9	0	3

이러한 경향은 표 14.를 보아도 잘 알 수 있는데 재활용 비율이 6.8%에 불과하여 지정폐기물 합계인 51.0%에 비하여 상당히 저조하며, 매립 68.6% 및 해양투기 11.6%로 지정폐기물 합계인 11.6%와 3.2%에 비해 5.9배에서 3.6배나 큰 것을 알 수 있다. 이는 오니류 중에서 지정폐기물로 분류되는 것은 환경유해물질의 용출량이 기준을 초과하기 때문으로서 여타의 처리방법이 마땅하지 않기 때문인 것으로 보인다.

다.

표14. 지정폐기물 중 오니류의 처리방법

2001년 기준 (단위:천톤/년)

	발생량	재활용		소각		매립		해양투기		기타	
		처리량	%	처리량	%	처리량	%	처리량	%	처리량	%
합계	2,858	1,457	51.0	662	23.2	332	11.6	92	3.2	315	11.0
오니류	207	14	6.8	21	10.1	142	68.6	24	11.6	6	2.9