

하수처리오니 알칼리 안정화 처리시설에서의 암모니아 발생특성

김용준, 정다위[†], 정미정, 유혜영, 윤철우, 신선경

국립환경과학원 자원순환연구과

Characteristics of Ammonia in Alkaline Stabilization Facility of Sludge from Sewage Treatment Plant

Yong-Jun Kim, David Chung[†], Mi-Jeong Jeong, Hye-Young Yoo,
Cheol-Woo Yoon, Sun-Kyoung Shin

Resource Recirculation Research Division, National Institute of Environmental Research

(Received: Jun. 28, 2016 / Revised: Jul. 26, 2016 / Accepted: Jul. 28, 2016)

ABSTRACT: The characteristics of ammonia generated from alkaline stabilization facilities was investigated which are for organic sewage sludge from wastewater treatment plants.

The highest concentration of ammonia was found in mixing and curing process in alkaline stabilization facility and ammonia mainly showed a range of 87.78 ppm(66.62 mg/m³) to 1,933 ppm(1,467.01 mg/m³) by detection tube. This is presumed to occur because nitrogen oxides are converted into ammonia as the sewage sludge is mixed with lime. In some facilities, hydrogen sulfide and methyl mercaptan were detected in relatively high concentrations, but odor materials except ammonia were not detected in most of the facilities. The concentration of ammonia caused by process was generally high in the order of "mixing > curing > output > storage > drying > input."

It was found that odor compounds are removed by wet absorption using sulfuric acid and sodium hypochlorite in the 5 alkaline stabilization facilities currently in operation. Each facility was designed to meet the concentration of after-treatment emission in 1 ppm(0.76 mg/m³), 50 ppm(37.95 mg/m³) or 100 ppm(75.89 mg/m³), but no facility satisfied the design standard for their emission limit.

In case of ammonia, some workplaces in alkaline stabilization facilities exceeded the exposure limits established by the Ministry of Labor. It appears that proper ventilation should be provided for the safety of workers in future. No odor compound including ammonia was found by detection tubes in the border of the facilities, but trace amounts of odor compounds are expected to exist, given the current operational status of facilities.

Keywords: Sewage treatment, Lime, Alkaline stabilization, Odor compound, Ammonia

초 록: 본 연구는 하수처리시설의 유기성슬러지가 알칼리 안정화 처리시설을 거쳐 발생하는 암모니아의 특성을 조사하였다.

암모니아 검지관을 통해 알칼리 안정화 처리시설의 혼합 및 양생 공정에서 87.78 ppm(66.62 mg/m³) ~ 1,933 ppm(1,467.01 mg/m³) 으로 높은 농도의 암모니아가 검출 되었다. 이는 하수처리오니의 질소산화물이 생석

[†] Corresponding Author (e-mail: david426@korea.kr)

회와 혼합되며 암모니아로 변환되는 것으로 예상된다. 일부 시설에서는 황화수소, 메틸메르캡단이 비교적 높은 농도로 검출되었으나, 대부분의 시설에서는 암모니아를 제외한 악취 물질은 검출되지 않았다. 공정 중 암모니아의 농도는 일반적으로 혼합 > 양생 > 반출 > 저장 > 건조 > 입고 순으로 높게 나타났다.

현재 운영 중인 5개 알칼리 안정화 처리시설에서 발생된 악취 물질들은 황산과 차아염소산 등을 사용하여 습식 처리하는 것으로 조사되었다. 각 시설은 1 ppm(0.76 mg/m³), 50 ppm(37.95 mg/m³) 또는 100 ppm(75.89 mg/m³)으로 방출되도록 설계되었으나 설계 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

암모니아의 경우, 일부 알칼리 안정화 처리시설은 노동부가 정한 노출기준을 초과하는 것으로 조사되었다. 이것은 향후 근로자의 안전을 위해 적절한 환기가 필요함을 의미하고 있다. 또한, 암모니아를 포함한 악취물질이 시설의 부지경계선에서 검지관으로 검출되지 않았으나, 현재의 운전상태로 볼 때, 미량의 악취물질이 존재할 것으로 판단된다.

주제어: 하수처리, 석회, 알칼리 안정화, 악취물질, 암모니아

1. 서론

산업화와 도시화가 발달함에 따라 지역사회의 건전한 발전과 공중위생의 향상에 기여하고 공공수역의 수질보전을 위해 각 지자체에서는 하수종말처리장을 건설하여 하천의 수질오염방지에 힘써왔다. 2010년 말 기준으로 시설규모 500 m³/일 이상 가동 시설이 470 곳으로 매년 증가 추세를 보이고 있으며, 이에 따른 하수종말처리장에 유입되는 하수량과 하수처리오니 발생량도 증가하고 있다.¹⁾

또한, 해양배출 금지와 국내 공공하수처리시설의 방류수 수질 기준이 강화됨에 따라 공공 하수처리

시설의 하수처리공법이 고도처리공법으로 전환되고 있어 하수처리오니의 발생량이 매년 증가할 것이고 이에 따른 처리대책이 필요하다.²⁾

하수처리장에서 발생하는 하수처리오니의 처리 방법은 재활용, 육상매립, 소각, 해양투기, 연료화 등이 있다. Fig. 1에서 보는 것과 같이 2010년 기준으로 해양투기, 재활용, 소각 순으로 많이 처리하고 있으나 2012년 해양투기가 전면 금지됨에 따라 육상처리기술(소각, 매립, 고화, 부숙화, 탄화)에 의존해야 하는 실정이다.^{3,4)}

우리나라의 경우 폐기물을 매립·소각하는 등의 단순 처리방법을 지양하고 재이용, 재활용을 통해

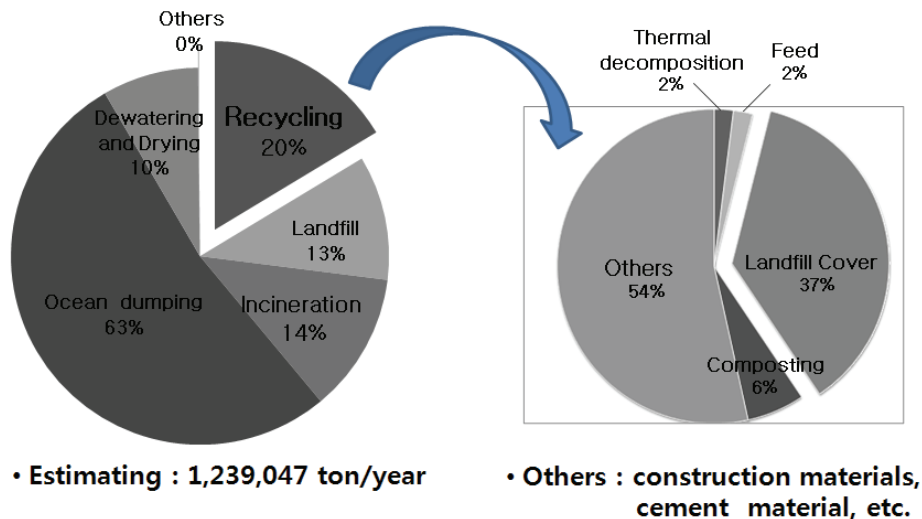


Fig. 1. Recycling ratio of sewage treatment sludge (2010).

자원순환을 촉진하고 천연자원의 소비를 줄여, 폐기물 처리에 따르는 사회적 비용을 저감하는 정책들이 만들어 지고 있다. 현재 하수처리오니의 경우 재활용 용도로 퇴비화, 지렁이 사육, 매립지 복토, 기타(건설자재, 녹생토, 시멘트 원료) 등에 활용되고 있다.⁵⁾

하수처리오니의 재활용 용도 중 매립지 복토재는 생석회를 주성분으로 하는 알칼리 고화제를 사용하여 멸균, 건조, 양생 등의 과정을 거쳐 처리물의 입자를 단단하게 처리하는 방법으로 만들어진다.^{6,7)} 이 재활용 방법은 S 공사에서 처음 시설의 상용화를 시작하여 현재 대구, 당진, 제주 등 여러 지자체에서 운영 또는 준공 예정 중에 있다.

그러나 생산된 고화처리물이 매립지 복토재로 재활용되는 과정에서 슬러리화, 먼지, 악취 등이 주요 문제점으로 나타나고 있다.⁸⁾ 특히 유기성 하수처리오니를 생석회와 혼합하는 처리과정에서 암모니아 등의 악취물질이 발생하여 작업장 내부환경을 오염시키고 외부로는 민원의 요인이 되고 있다. 일반적으로 오니에 함유되어 있는 NH_4^+ 물질이 알칼리 환경에서 암모니아(NH_3)로 변환되며, 고화처리물의 암모니아가 다른 악취물질보다 고농도로 나타나 악취 유발에 크게 기여하는 것으로 알려져 있다.⁹⁾

알칼리 안정화 처리시설에서는 생석회 등에 의한 첨가물질로 인해 알칼리 환경이 조성되고, 이때 기본적으로 많은 양의 암모니아 등의 악취물질이 고농도로 발생되며, 혼합, 양생 등의 처리단계에 따라서 발생 농도가 달라질 수 있다. 이렇게 발생한 악취물질은 세정흡수탑 등의 악취 방지시설에서 악취 발생량을 저감할 수 있으나 설계시점에서 분석자료 등의 관련 자료가 미흡하여 준공시점에서 방지시설을 보수하거나 증설하는 상황이 발생하고 있다.

본 연구에서는 현재 운영 또는 준공 예정인 알칼리 안정화 처리시설의 처리공정에서 발생하는 악취 방지시설의 암모니아 저감효율 등을 조사하여 암모니아 발생에 대한 실태를 파악하고자 하였으며, 향후 알칼리 안정화 처리시설에서의 암모니아 발생을 최소화할 수 있는 기초자료로 활용 되기를 바란다.

2. 연구내용 및 방법

2.1. 알칼리 안정화 처리시설 현황

2.1.1. 알칼리 안정화 처리 공정

국내 알칼리 안정화 처리시설은 2011년 기준으로 S 등 10개의 시설이 운영 중이며, 이외 일부 지자체에서 알칼리 안정화 처리시설을 준비 중이다.¹⁰⁾

알칼리 안정화 처리시설은 유기성오니인 하수처리오니를 고화제와 혼합하여 안정화 처리하는 시설로써 Fig. 2와 같이 반입, 건조, 혼합, 양생, 저장, 반출 과정을 거쳐 고화처리물이 생산된다. 각 처리 시설은 처리용량의 차이는 있어도 동일한 원리로 하수처리오니를 처리하고 있으며, 알칼리 조건으로 처리하는 방식이라 암모니아가 많이 발생할 수 있는 조건을 갖고 있다.

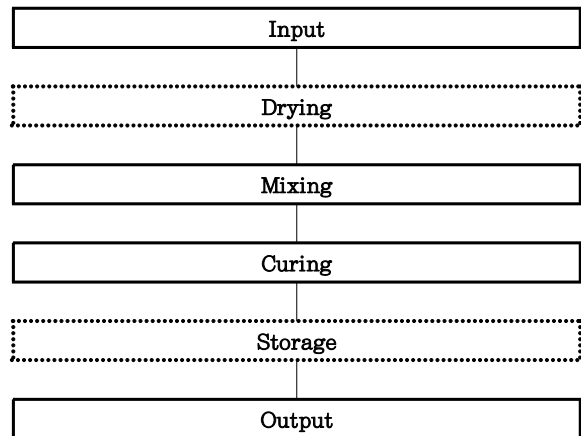


Fig. 2. General process for alkaline stabilization.

또한, 처리시설에서 처리공법, 단계별 체류시간, 악취방지시설 등을 고려하여 관련 처리공정에서의 암모니아 발생특성을 조사 하였다. 조사한 시설은 Table 1에 정리한 것과 같이 기본공정(반입-혼합-양생-반출)으로 처리하는 3곳과 기본공정과 건조공정을 추가한 1곳, 기본공정과 건조공정과 반출저장조를 둔 1곳으로 총 5곳이었다.

Table 1. Plant Process for Alkaline Stabilization

Plant	Capacity (ton)*	Process
A	700	Input-Mixing-Curing-Output
B	300	Input-Drying-Mixing-Curing-Storage-Output
C	20	Input-Mixing-Curing-Output
D	10	Input-Mixing-Curing-Output
E	70	Input-Drying-Mixing-Curing-Output

* basic storage capacity

2.1.2. 악취방지시설 현황

일반적으로 악취를 제거하는 방법에는 직접 연소법, 촉매 산화법, 흡착 탈취법, 저온 응축법, 습식 흡수법, 생물 탈취법, 오존 산화법, 소·탈취제법 등 다양한 방법이 있다.¹¹⁾

처리시설마다 설치된 악취방지시설의 종류와 용량 등의 특징을 조사하여 시설간 비교분석과 효율적인 제거 능력을 검토하고자 하였다.

2.2. 조사방법

본 연구에서는 가스상 암모니아 물질을 측정하기 위해 알칼리 안정화 처리시설에서 비교적 규모가 큰 5개 시설을 선정하였다. 선정된 시설별로 3회를 방문하여, 처리공정별, 악취방지시설의 처리 전후, 작업장, 부지경계선에서 암모니아를 분석하기 위해 시료를 채취하였다.

악취물질인 암모니아를 포함하여, 대기오염방지법상 악취발생 가능성이 큰 황화수소(H₂S), 메틸메르캅탄(CH₃SH), 아세트알데하이드(CH₃CHO), 프로피온알데하이드(CH₃CH₂CHO)도 참고로 조사하였다.

2.2.1. 처리공정별 조사

알칼리 안정화 처리시설의 반입, 건조, 혼합, 양생, 저장, 반출저장조에서 악취물질(암모니아, 황화수소, 메틸메르캅탄, 아세트알데하이드)을 조사하였다.

2.2.2. 악취 방지시설 전·후 조사

알칼리 안정화 처리시설에서 발생하는 악취물질이 방지시설에서 효율적으로 처리가 이루어지고 있는지 알아보려고 하였으며, 외부로 배출시 대기오염방지법의 준수 여부도 확인하고자 하였다.

2.2.3. 작업장 내부와 부지경계선 조사

알칼리 안정화 처리시설 작업장 내부와 부지경계선에서의 악취를 조사하여 Table 2에 나타난 물질별 작업장 노출기준과 비교·검토하고자 하였다.

2.3. 암모니아 시험방법

가스상태의 암모니아 측정을 위해 KS I 2218 (2009)에서 규정하는 검지관식 가스측정기를 사용하였으며, 그 중 진공 방식의 실린더형 가스 채취기

Table 2. Exposure Criteria of Odors for Indoor Workplace¹²⁾

No.	Materials	Chemicals	TWA ^{a)}		STEL ^{b)}	
			ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
1	Ammonia	NH ₃	25	18	35	27
2	Hydrogen sulfide	H ₂ S	10	14	15	21
3	Methyl mercaptan	CH ₃ SH	0.5	1	-	-
4	Acetaldehyde	CH ₃ CHO	50	90	150	270
5	Propionaldehyde	CH ₃ CH ₂ CHO	-	-	-	-

a) : Time Weighted Average

b) : Short Term Exposure Limit

Table 3. Type of Detector Tube

Chemicals	Type of detector tube	Range of detection (ppm)	Color change
NH ₃	3H	2,000 ~ 320,000	Purple → Yellow
	3HM	50 ~ 35,200	Pink → Yellow
	3M	10 ~ 1,000	Purple → Yellow
	3La	2.5 ~ 200	Purple → Yellow
	3L	0.5 ~ 78	Pink → Yellow
H ₂ S	4LL	0.25 ~ 120	White → Brown
CH ₃ SH	70L	0.1 ~ 8	Yellow → Red
CH ₃ CHO	92L	1 ~ 20	Yellow → Brown
CH ₃ CH ₂ CHO	91L	0.76 ~ 38	Yellow → Reddish brown

(Gastec 社, GV-110S)와 Table 3에 나타낸 것과 같이 직독식 검지관(Gastec 社)를 연결하여 측정하였다.¹³⁾ 검지관은 측정물질별로 종류가 다르고 종류에 따라 고농도 저농도 범위를 구분하여 사용하도록 되어 있다. 물질별 농도에 따라 색깔변화가 나타나 농도를 눈금으로 쉽게 읽을 수 있도록 되어 있다.

검지관식 가스측정기는 악취공정시험기준에는 명시되어 있지는 않지만, 작업환경에서 가스상 물질을 측정하기 위해 제한적으로는 허용하고 있다.¹⁴⁾ 또한, 암모니아를 실시간 측정하거나 연속측정하기 위한 시험방법이 연구되고 있는 것은 현실적으로 빠른 측정결과를 얻고자 하는 요구가 많기 때문인 것으로 판단한다.¹⁵⁻¹⁶⁾ 이에 암모니아 농도로 인해 문제가 발생할 수 있는 시설을 신속하게 진단하고 향후 정밀 실태조사와 같은 정책적인 지원을 유도하기 위해 검지관식 측정을 선택하였다.

황화수소(H₂S), 메틸메르캡탄(CH₃SH), 아세트알데하이드(CH₃CHO), 프로피온알데하이드(CH₃CH₂CHO)도 동일한 측정방법으로 측정하였다.

작업장 내부와 부지경계선에서는 검지관으로 직접 측정하고 그 외의 시료 채취지점에서는 Polyester와 Alumium 재질로 만들어진 bag(5 L)을 이용하여 시료를 포집하였으며, 포집된 시료는 검지관 가스측정기를 연결하여 3회씩 반복 측정하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1. 알칼리 안정화 처리시설의 처리공정별 체류시간

알칼리 안정화 처리시설의 반입공정은 시설 규모에 따라 10 ton ~ 700 ton의 하수처리오니를 저장하도록 설계되었으며, 건조시설은 일부 시설이기는 하지만 벨트식 건조를 이용하여 약 10 %의 수분을 저장하는 것으로 조사되었다.

Table 4에 나타낸 것과 같이 실제적인 처리과정은 혼합과 양생공정이며, 폐기물이 고화제와 혼합된 후에 양생공정에서 오래동안 머무르는 것으로 조사되었다.

반입과 반출 저장조는 운영여건에 따라 유동적이기는 했지만 반입 저장조에서는 톤당 1 h 이상을 체류하는 경우는 없었고, 반출 저장조에서는 처리물의 수요처에 따라 짧게는 2 h 이내 길게는 24 h를 넘기는 경우도 있었다.

혼합공정은 CaO 성분이 다량 함유된 고화제와 폐기물이 섞이는 과정으로 톤당 0.33 min ~ 17 min, 혼합물이 안정화되는 양생공정에서는 톤당 360 min ~ 2,880 min을 체류하는 것으로 조사되었다. 건조시설이 있는 경우는 건조공정이 비교적 짧은 체류시간을 나타냈다.

전체 처리시간은 톤당 1,440 min ~ 2,880 min이 소요되는 것으로 조사되었으며, A시설만 제외하고는 양생공정에서 체류시간이 24 h 이상인 것을 조사되었다. 체류시간은 각 시설의 설계자료 또는

Table 4. Retention Time for Alkaline Stabilization

(unit : min/ton)							
Plant	Storage capacity	Input	Drying	Mixing	Curing	Output	Total
A	700 ton	4	- ^{a)}	1.5	360	0	1,440
B	-	-	-	-	1,440	-	1,440
C	20 ton	15	-	17 ^{b)}	1,440	120~180 (10 ton)	1,440
D	10 ton	20	-	1	2,880	0	2,880
E	10 ton	10	0.1	0.33	1,440	1,440	1,440

^{a)} - : does not or no data

^{b)} intermittent mixing process

운영 담당자의 제공한 자료를 통해 계산하였다. 일부 시설에서는 공정별 체류시간을 파악하지 못하는 경우가 있었고 그러한 경우는 톤당 배출시간으로 표시하였다.

주요 처리공정인 혼합과 양생시간이 시설별로 차이가 컸고, 처리량에 비해 충분한 반응을 위한 혼합시간이 너무 짧았다. 양생시간 또한 고화제의 생석회 비율에 따라 강도가 다르나 양생 3일이 돼서야 0.5 kg/cm²을 상회하는 것으로 볼 때¹⁷⁾, 대부분 처리시간이 24 h 이내라 충분한 안정화 시간을 갖지 못한 것으로 판단한다.

3.2. 악취방지시설의 현황

알칼리 처리시설에서 고농도로 발생하는 악취물질은 주로 암모니아 형태이다. 암모니아 가스는 물에 대한 용해도가 31 % (25 °C에서)로 황산 등의 습식 흡수법을 이용하여 효과적으로 제거할 수 있다.¹⁸⁾ 또한 일부시설에서는 습식 흡수법으로 처리한 후 흡착 탈취법을 이용하여 최종 처리하는 경우

도 있었다.

현재 알칼리 안정화 처리시설에서 운영 중인 악취방지시설은 Table 5에 나타낸 것과 같이 대부분 황산 및 차아염소산을 사용하여 pH 3.0 ~ pH 6.0으로 유지하면서 악취물질을 제거하고 있었다.

특이한 것은 오니 처리용량과 방지시설의 처리용량간에 상관성이 없었다. 오니 처리용량이 클수록 많은 악취물질의 발생이 예상되고 비례적으로 더 큰 용량의 방지시설이 예상되지만 현행 시설은 그러한 예측을 하기에는 어려웠다. 세정액의 화학물질 종류 또는 농도를 달리하여 보다 효율적인 처리를 할 수 있겠지만, 시설간의 습식처리방법이 화학물질종류나 pH 범위가 크게 다르지 않았다.

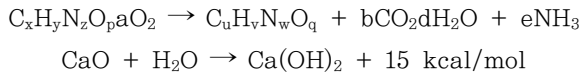
3.3. 알칼리 안정화 처리시설의 공정별 악취물질의 종류와 농도 현황

알칼리 안정화 처리시설의 공정에서 악취물질인 암모니아 농도는 Fig. 3에 나타낸 것과 같이 대부분 고화제 혼합공정에서 암모니아가 많이 배출되는 것

Table 5. Conditions for Reducing Odors in Facility of Alkaline Stabilization

Plant	Sludge Capacity (ton/d)	Processing capacity (m ³ /min)	Use chemicals(%)	pH maintenance
A	1,000	6,500	Sulfuric acid(10)	3.0 ~ 4.0
B	270	600	Sulfuric acid(70)	4.0 ~ 6.0
C	30	8,508	Hypochlorous acid(12)	<6.0
D	10	80	Hypochlorous acid(85)	3.5
E	70	1,660	Sulfuric acid(95) Sodium hydroxide(20) Hypochlorous acid(12)	<4.0

으로 조사되었다. 이는 하수처리오니의 단백질이나 지방이 알칼리 환경에서 분해하여 분자량이 작은 물질이 되며 동시에 이산화탄소, 물, 암모니아를 생성한 오니가 고화제 내 생석회 성분과 반응하여 열을 방출하며 암모니아가 증가하게 된 것으로 판단한다.¹⁹⁾



일반적으로 암모니아의 공정별 발생농도는 혼합 > 양생 > 반출 > 저장 > 건조 > 반입 순으로 보여 고화제 혼합공정이 처리물 양생공정보다 암모니아 농도가 높게 나타났다. 일부시설에서는 양생공정이 혼합공정보다 높게 나타났는데, 이는 혼합공정이 양생공정보다 처리시간이 짧아 충분한 암모니아 배출이 이루어지 않은 것이 주요 원인으로 판단하고 있다.

또한, E 시설에서 다른 시설과 달리 황화수소와 메틸메르캡탄이 검출되었다. 이 시설은 반입되는

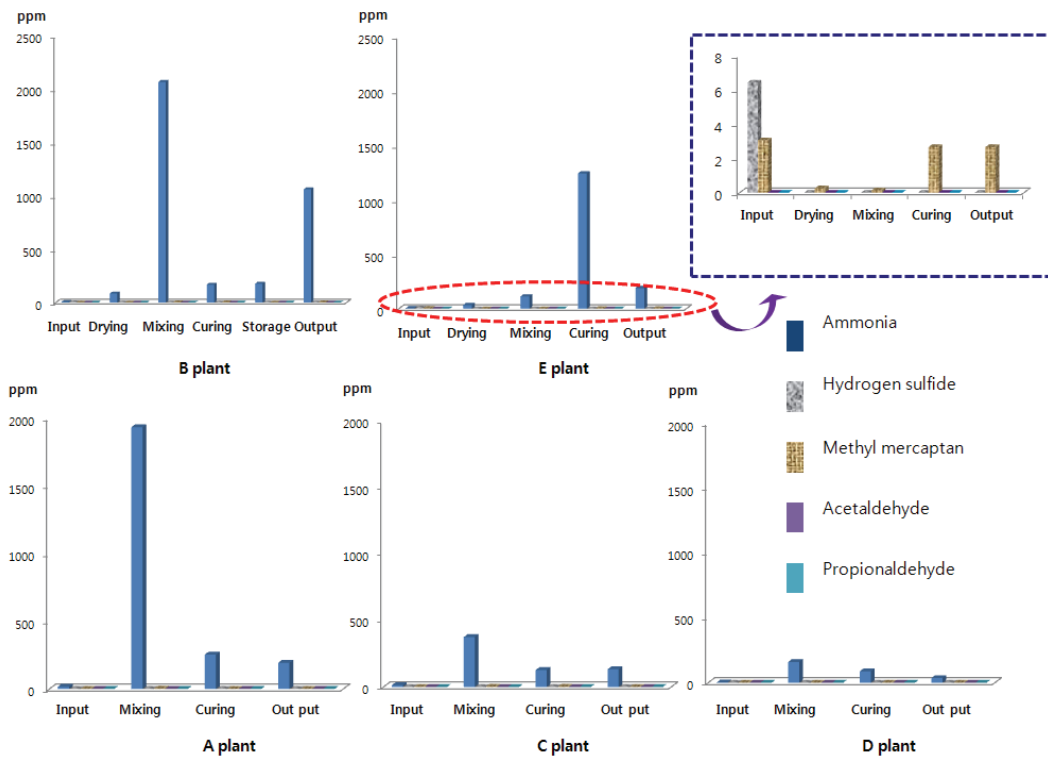


Fig. 3. Concentration of odor material generated by process steps.

Table 6. Concentration of Ammonia by Processing Steps

Range	Unit	Process					
		Input	Drying	Mixing	Curing	Storage	Output
Minimum	ppm	0.97	33.33	112.8	87.78	161.7	35.55
	mg/m ³	0.74	25.30	85.61	66.62	122.72	26.98
Maximum	ppm	16.89	113.3	1,933	1247	161.7	853.3
	mg/m ³	12.82	85.99	1,467.01	946.38	122.72	647.59
Average	ppm	7.87	73.33	783.0	565.0	161.7	281.1
	mg/m ³	5.97	55.65	594.24	428.79	122.72	213.33

하수처리오니에서 비교적 높은 농도의 황화수소와 메틸메르캡탄이 검출되어 지역적 특성으로 판단하고 있다.

공정별 암모니아의 발생농도를 Table 6에 나타낸 것과 같이 반입과 반출 부분을 제외하고 주요 처리 공정에서 발생하는 암모니아 농도는 평균적으로 73.33 ppm(55.65 mg/m³) ~ 783.0 ppm(594.24 mg/m³)으로 나타났다.

3.4. 악취방지시설의 처리효율

각 공정별 악취물질 발생 특성조사에서 보았듯이 대부분의 처리공정에서 높은 농도의 암모니아가 발생하는 것으로 조사되었는데, Fig. 4에 암모니아 저감효과를 처리효율과 배출허용기준 만족여부로 나타내었다.

처리효율이 50 % 이상인 곳은 2개 시설이고, 처리율이 50 % 이하인 시설은 3개 시설로 나타났다. 50 % 이상의 처리율을 나타낸 시설은 규모가 1일 200톤 이상이었다.

시설별 암모니아 평균 농도는 배출허용기준 50 ppm(37.95 mg/m³)을 초과하는 시설은 2개였지만, 배출허용기준을 초과하는 경우가 빈번히 나타났다.²⁰⁾ 처리 후 농도를 50 ppm(37.95 mg/m³)으로 설계한 시설도 3회 측정 중 2회를 초과하였으며, 50 ppm(37.95 mg/m³)으로 설계한 시설도 3회 측정 중 1회만 만족하였다. 각 시설별로 처리 후 배출

농도를 1 ppm(0.76 mg/m³), 50 ppm(37.95 mg/m³) 또는 100 ppm(75.89 mg/m³)으로 설계했지만 평균적으로 자체 배출허용 설계기준을 만족하는 시설은 없었고, 암모니아 발생 예측농도도 실제농도와는 너무나 과소 또는 과대 평가 되어 있었다.

일반적으로 암모니아가 약품종류에 따라 다소 차이는 있지만 흡수액에 의한 제거율이 87 %를 넘고, 실제 음식물폐기물, 하수 처리시설에서 58.9 % ~ 90 %의 제거율을 나타내는 것으로 보고되어 있다. 그러나 종종 세정탑의 성능저하, 관리부실로 인해 30% 이하를 나타내는 경우도 있다.²¹⁾

습식흡수법 시설운영에 있어 체계적인 기술검토가 필요하며, 그 외의 처리법에 대한 보완기술도 고려되어야 할 것으로 판단한다.

3.5. 작업장 내부와 부지경계선 악취물질 조사결과

알칼리 안정화 처리시설의 작업장 내부와 부지경계선에서 암모니아 대기농도를 조사한 결과를 Table 7에 나타낸 것과 같이 작업장 내부에서의 암모니아 농도는 평균적으로 1 ppm(0.76 mg/m³) ~ 38.3 ppm(29.07 mg/m³)으로 나타났고, 부지경계선에서는 암모니아가 검출되지 않았다.

알칼리 안정화 처리시설 작업장 내부에서 검출된 암모니아는 일부 시설에서 작업장 노출기준을 초과하는 경우가 있었다. 이는 야외 간이화장실 조사시

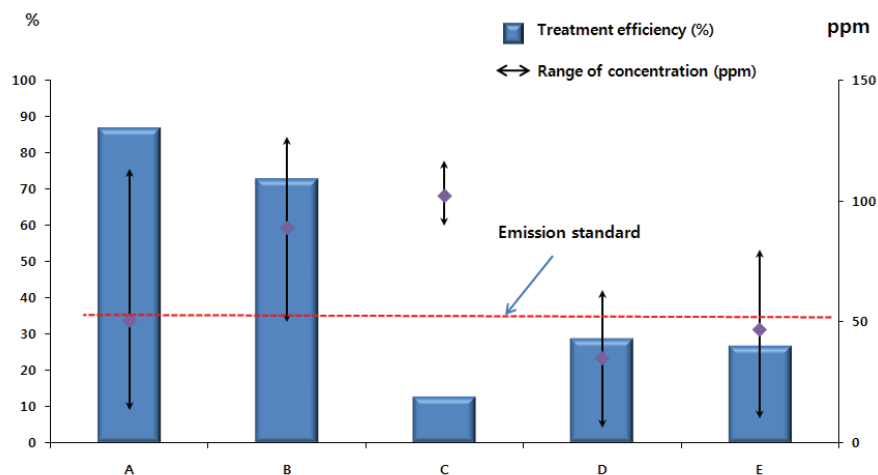


Fig. 4. Emission concentration of ammonia and treatment efficiency in deodorization facility.

Table 7. Ammonia Concentration of Indoor Workplace in Alkaline Stabilization Plants

					(Unit : ppm)
Plant	Unit	Minimum	Maximum	Average	Criteria ^{a)}
A	ppm	25.00	50.00	38.33	TWA : 25 STEL : 35
	mg/m ³	18.97	37.95	29.09	
B	ppm	1.19	6.63	3.72	
	mg/m ³	0.90	5.03	2.82	
C	ppm	2.85	4.75	3.80	
	mg/m ³	2.16	3.60	2.88	
D	ppm	0.97	0.97	0.97	
	mg/m ³	0.74	0.74	0.74	
E	ppm	0.48	31.67	18.63	
	mg/m ³	0.36	24.04	17.14	

^{a)} Employment ministry of labor notice 2011-13th unit

6 ppm(4.55 mg/m³) ~ 50 ppm(37.95 mg/m³) 범위로 나온 결과와 비교했을 때, 다소 높은 농도로 나타나는 작업장도 있었다.

작업장에 관한 다른 연구논문에서는 하수처리장이 0.10 ppm(0.08 mg/m³) ~ 0.30 ppm(0.23 mg/m³), 음식물처리시설이 2.4 ppm(1.82 mg/m³) ~ 3.5 ppm(2.66 mg/m³), 철강작업장이 0.2 ppm(0.15 mg/m³) ~ 1.1 ppm(0.83 mg/m³), 주조 작업장에서 0.1 ppm(0.08 mg/m³) ~ 10.5 ppm(7.97 mg/m³) 으로 나타났다.²²⁻²⁴⁾ 이러한 작업장과 비교했을 때는 알칼리 안정화 처리시설이 다소 높은 암모니아 농도를 나타내는 것으로 확인되었다.

알칼리 안정화 처리시설 내부의 환기운영 방식의 개선 등 암모니아 농도 저감노력의 조치가 필요할 것으로 판단한다.

부지경계선에서 암모니아가 검출되지 않았지만, 환경기초시설 부지경계선에서 측정된 타 연구자료를 살펴보면 암모니아 농도가 분뇨처리장에서 0.448 ppm(0.34 mg/m³), 하수처리장에서 0.027 ppm(0.02 mg/m³)으로 측정된 사례가 있다.²⁵⁾ 검지관법으로 측정하기에는 검출한계 이하이거나 낮은 수준의 농도로 나타나 부지경계선 측정에는 좀 더 낮은 검출한계를 가진 검지관 방법이 필요할 것으로 판단한다.

4. 결론

본 연구에서는 유기성 하수처리오니의 육상처리 방법 중 하나인 알칼리 안정화 처리방법에서 발생하는 악취특성을 조사하였다. 시설별 처리공정에 따른 악취물질 연구는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 알칼리 안정화 처리시간은 24h 또는 48h 범 위내에서 이루어지고 있었고, 양생시간이 3일 이상일 때 0.5 kg/cm³이상 나타남에 따라 대부분 24 h 이내에서 이루어지고 있어 일반적인 안정화 처리시간을 갖는 데는 불충분하였다.
2. 악취방지시설은 황산 또는 차아염소산을 이용한 습식 흡수법으로 운영되고 있었으며, 하수 처리오니 처리용량 대비 악취물질 방지시설의 처리용량이 적정하게 설계되어 있지 않았다.
3. 알칼리 안정화 처리시설의 공정에서 악취물질 은 암모니아 농도가 87.78 ppm(66.62 mg/m³) ~ 1,933 ppm(1,467.01 mg/m³) 범위로 가장 큰 것으로 확인되었으며, 일부 시설에서 황화수소와 메틸메르캅탄이 비교적 높게 검출 되었다. 이는 반입되는 하수처리오니의 지역 적 특성으로 판단한다.
4. 암모니아의 공정별 발생농도는 혼합 > 양생 > 반출 > 저장 > 건조 > 반입 순으로 나타났지만, 일부 시설의 경우 양생 또는 반출 저장조 에서 상대적으로 높은 농도를 나타내는 경우가 있었다. 이는 고화제 혼합과정에서 발생하

는 암모니아가 시간적으로 충분히 배출되지 못하고 있는 것으로 판단한다.

5. 알칼리 안정화 시설의 악취물질 방지시설에서 처리 후 암모니아 배출농도를 1 ppm(0.76 mg/m³), 50 ppm(37.95 mg/m³) 또는 100 ppm(75.89 mg/m³)으로 설계했지만 평균적으로 자체 배출허용 설계기준을 만족하는 시설은 없었고, 발생 예측농도도 실제농도와는 너무나 과소 또는 과대 평가 되어 있었다. 습식 흡수법 운영에 있어 체계적인 기술검토가 필요한 것으로 판단하며, 그 외의 처리기술이 보완책으로 고려되어야 할 것으로 판단한다.
6. 알칼리 안정화 처리시설의 작업장 내부는 고용노동부에서 제시된 노출기준을 초과하는 경우가 일부 발생하여, 향후 작업자의 안전을 고려하여 적정 환기시설이 마련되어야 할 것으로 판단한다.
7. 검지관 측정법에 의해서는 암모니아 등 부지 경계선에서 검출되는 암모니아 등 악취물질은 없었지만 검지관 측정법에 의한 감지농도 이하의 악취원인물질이 많을 것으로 예측된다.

References

1. Ministry of Environment, "Statistics of Sewerage 2010", (2011).
2. Nam, Y. W. and Han, K. S., "A Study on the Present State and Improvement Plan of Domestic Sewage Sludge Treatment", Journal of Korea Society of Waste Management, 28(1), pp. 103~109. (2011).
3. Ministry of Environment, "2010 Albaro System", (2011).
4. Ministry of Oceans and Fisheries, "Regulation of Marine Environment Management", (2012).
5. Ministry of Environment, "2012 Basic Plan for Disposal of Sewage Sludges by Prohibition of Ocean Dumping", (2012).
6. Kang, S. J., Lee, C., Kim, H. B., An, D. G., Youn, H. C. and Kang, J. S., "Utilization of dried and solidified sewage sludge as daily cover material in waste landfill", Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 54(4), pp. 61~68. (2006).
7. Park, S. C., "Utilization of sewage sludge as cover material in waste landfill", Journal of Korea Organic Resource Recycling Association, 14(1), pp. 88~101. (2006).
8. National Institute of Environmental Research, "Study on Facility Guideline for Solidification(Alkaline Stabilization) of Sludge from Sewage Treatment Plant", NIER No. 2011-06-1292, (2011).
9. Hyun, J. H., Jung, B. D. and Kim, M. G., "Utilization of Solidified Sewage Sludge as Daily Cover Material in Landfill", Journal of Korea Society of Waste Management, 24(7), pp. 670~675. (2007).
10. National Institute of Environmental Research, "Study on Quality Standards of material for Alkaline Stabilization of Sewage Treatment Plant Sludge", NIER No. RP2011-1338, (2011).
11. Ministry of Environment, "A Study on Improvement for management of Odor Sources", (2001).
12. Ministry of Employment and Labor, "Exposure Level of Chemicals and Physical Parameters", Notice No. 2013-38, (2011).
13. Korean Agency for Technology and Standards, "Detector tube type gas measuring instruments, KS I 2218", (2009).
14. Ministry of Employment and labor, "Notification about assessment of a work environment monitoring and a designated monitoring institution", (2012).
15. Sa, J. H., Yoon, S. K., Roh, G. H. and Jeon, E. C., "Analysis methods for measurement of ammonia concentration", Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, 24(1), pp. 43~54. (2008).
16. Lim, J. J., Kim, H. S. and Kim, S. T., "The study on the realtime evaluation of NH₃ absorption efficiency using chemical gas sensor", Journal of Korean Society of Environmental Engineers, 35(4), pp. 233~239. (2013).
17. Kim, E. H., Lee, K. S. and Cho, J. K., "Added effects of gypsum on the solidification of sewage sludge cake", Journal of Korean Society of Water & Wastewater,

- 14(4), pp. 303-310. (2000).
18. Wikipedia, "Ammonia, Wikipedia The Free Encyclopedia", <http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonia> (assess date: June 3, 2015)
- 19 Hwang, Y. W., "Fermentation of sewage sludge, capping the landfill using a solidification process manufacturing technology", Korea Organic Resource Recycling Association, 12(3), pp. 49-60. (2004).
20. Ministry of environment, "Clean Air Conservation Act [Annex 8]", (2010).
21. Kim, H. J., Bae, U. S., Oh, C. H., Kim, T. H., Kim, J. B., Ryu, H. R. and Kim, T. H., "A Study on Management Improvement of Deodorization Equipment of Food Waste Treatment Facility", Korean Journal of Odor Research and Engineering, 8(1), pp. 20~30. (2009).
22. Lee, H. D., Kang, D. J., Lee, M. H., Kang, D. H. and Oh, K. J., "Removal Efficiency of the Deoderization Equipment and Characteristics of Malodor during the Process in Co-treatment of Sewage and Food Waste of Su-young Wastewater Treatment Plant in Busan", CLEAN TECHNOLOGY, 18(4), pp. 379~389. (2012).
23. Choi, S. D., Kim, J. H., Chang, Y. S., Park, J. B., Lee, S. H. and Yoon, H. T., "Reduction of Odor Emissions from the Field Workplaces at the Pohang Steel Complex using Pyrolygneous Liquid", Korean Journal of Odor Research and Engineering, 5(1), pp. 33~39. (2006).
24. Park, J. T., Kim, Y. D., Ha, S. H., Kim, J. S. and Kim, S. N., "Improvements of IAQ around Coremaking Machines Using CFD", Journal of the Wind Engineering Institute of Korea, 9(2), (2005).
25. Jeon, J. M., Seo, Y. S., Jeong, M. H., Lee, H. S., Lee, M. D., Han, J. S. and Kang, B. W., "The Emission Characteristics of Odor Compounds from Environment Fundamental Facilities", Korean Journal of Odor Research and Engineering, 9(2), pp. 80~89. (2010).