

廢알칼리의 再活用 現況 및 管理 方案†

沈娟州 · *金義鏞

서울市立大學校 工科大學 化學工學科

Present Condition on the Recycling and Management for Waste Alkali†

Yeon Ju Sim and *Eui Yong Kim

Department of Chemical Engineering, The University of Seoul,
90 Jeonnong dong, Dongdaemun gu, Seoul 130-743, Korea

요 약

세계 각국은 폐기물의 발생과 이의 처리를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 폐기물 중 특히 폐알칼리는 부식성으로 인해 환경 오염에 대한 위험성이 높기 때문에 효율적 관리를 통해 재활용되어야 하며, 이를 위해 재활용 생성물에 대한 품질기준에 따라 관리될 필요가 있다. 그러나 현재 품질관리가 필요한 대상물질에 대한 국내 자료가 전혀 없다. 따라서 본 연구에서는 최근 5년간의 자료 분석과 현장방문을 통해 체계적인 관리가 필요한 폐알칼리 재활용 대상물질을 선정하였다. 그 결과 재활용 대상 주요물질은 가성소다, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄인 것으로 나타났다. 장차 국가적 차원에서 이들 주요물질에 대한 적절한 관리체계가 구축될 필요가 있는 것으로 판단되며, 이를 통하여 폐기물의 자원화 뿐 아니라 우리 주변의 환경오염을 막는 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 폐알칼리, 재활용 생성물, 관리시스템

Abstract

Effort of reducing wastes and their recycling is increasing in worldwide. Especially, extreme care for alkali recycling is required because of its environmental pollution and its corrosive characteristics. In order to manage alkali wastes effectively, it is necessary to make quality standards for recycling products from the alkali wastes because there are no quality specifications yet. In this study, we selected several recycling candidates from the alkali wastes based on the analysis of the most recent data of the various industrial sites. As a result, the recycling candidates from the alkali wastes are sodium hydroxide, aluminum sulfate, poly aluminum chloride. It is believed that the proper management system for waste products is required in governmental point of view and it propagates positively for resolving various environmental issues.

Key words : Waste Alkali, Recycling Product, Management System

1. 서 론

생산과 소비, 그리고 그에 따른 폐기처리까지 작은 규모로 이루어지던 자급자족의 시대로부터 대량생산과 대량소비, 대량폐기로 이어지는 21세기형 자원소비 사회구조는 우리의 생활을 풍요롭고 윤택하게 하였으나

한편으로는 폐기물의 발생 및 처리라는 어려운 문제를 안겨주었다. 이에 따라 현재 세계 각국은 폐기물의 발생 및 처리에 따른 문제를 극복하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 국내에서는 1992년 ‘자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률’의 시행을 통해 자원 재활용에 대한 관심이 고조되었다. 특히, 폐산과 폐알칼리의 경우 부식성 지정폐기물로 환경오염에 대한 위험성이 높기 때문에 폐산과 폐알칼리의 처리 및 재활용 문제에 대한 관심이 크게 증가하고 있다.

† 2010년 6월 8일 접수, 2010년 7월 16일 1차수정
2010년 7월 30일 수리

* E-mail: eykim@uos.ac.kr

폐알칼리는 부식성이 강하고 환경을 오염시킬 수 있는 성분을 함유하고 있기 때문에 지정폐기물로 분류되어 있는데, 폐기물관리법 시행령 별표¹⁾에 의하여 pH 12.5이상의 강알칼리성 폐기물로 정의되어 있다. 이와 같은 지정폐기물의 경우, 그 구성 성분이 다양하고 다량 배출되어 우리 생활주변에 투기될 시 토양오염, 수질오염, 악취발생 등의 환경오염을 야기하며, 나아가 먹이연쇄를 통하여 우리 인간의 건강에 악영향을 끼칠 우려가 있다.

폐알칼리는 수은, 카드뮴, 비소 등 다량의 중금속 성분을 함유하고 있기 때문에 이에 의한 오염으로 생태계를 위협하거나 인체에 위협을 초래할 수 있다. 이와 같이 폐알칼리는 환경오염의 주요 요인 중 하나이지만 대부분의 폐알칼리는 회수하여 분리 및 정제 처리과정을 거쳐 쉽게 재활용할 수 있다. 반면, 폐알칼리는 주로 액체상태로 배출되기 때문에 폐알칼리를 수집·운반할 때는 흘러나올 우려가 없는 전용의 탱크·용기·파이프와 같은 설비를 사용하고, 보관시설 및 보관용기는 부식성 없는 재질로 설비하여야 한다.

현재, 국내에서 발생된 폐산과 폐알칼리의 많은 부분이 지정폐기물 재활용 처리업체를 통해 위탁 처리된 후 다양한 용도로 공정상에서 재사용되고 있다.^{2,3)} 한편, 폐산의 경우 재활용 생성물에 대한 효율적 관리체계 구축을 위한 연구가 이미 진행되고 있는 반면,^{4,5)} 폐알칼리는 유형별 발생량, 재활용량 및 재활용률에 대한 정리된 국내 자료 보고가 아직 미비한 상황일 뿐 아니라, 국내 폐기물 관리법 상 폐알칼리의 중간처리 후 나온 재활용 생성물에 대한 관리규정이 명확하지 않아 이에 대한 관리체계 구축이 시급한 상황이다.

따라서, 본 논문에서는 최근 5년간의 폐기물 발생 및 재활용 관련 자료를 분석하고 산업현장 방문면담을 통해 폐알칼리의 종류별 발생과 재활용 현황에 대해 조사를 하였다. 또한, 이를 바탕으로 체계적인 관리가 필요한 재활용 대상 주요 생성물을 선정하였다.

2. 발생 및 처리 현황

2007년 폐알칼리는 약 56,000 톤이 발생되었는데, 이는 전체 지정폐기물의 약 1.7%로, 타 지정폐기물에 비하여 소량이지만 환경과 인체에 피해를 줄 수 있기 때문에 지정폐기물로 분류되어 관리되고 있다.

최근 5년간 폐알칼리의 발생량을 Table 1에 나타내었는데, 발생량은 지속적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.⁶⁻¹⁰⁾ 폐알칼리의 지역별 발생비율¹⁰⁾을 Fig. 1에 나타내었다. 경기도에서 48.8%로 가장 많은 양이 발생하며, 그 외 충청북도, 광주, 인천 등 전 지역에 걸쳐 소량씩 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 폐알칼리 배출 관련업종이 경기도의 시화·반월 공단과 인천의 남동공단, 충청북도의 보은·오창 산업단지에 주로 집중되어 있기 때문으로 추정된다.

Fig. 2에는 업종별 폐알칼리의 발생현황을 나타내었다.¹¹⁾ 전자·영상·음향·통신장비 업종이 전체의 49%를 차지하여 폐알칼리 발생이 가장 높았으며, 다음은 금속산업이 16%를 차지하였다. 이들 업종들은 공통적으로 금속의 에칭과 세정공정에서 알칼리용액을 많이 사용하고 있다. 10%를 차지하고 있는 섬유제조업의 경우, 직물의 염색가공과정에서 가성소다를 많이 사용한다. 화학제품 제조업은 제지, 알루미늄·무기약품·석유·염색·사진·나일론·석회석 제조 시 폐알칼리가 다량 발생한다.

최근 5년간 폐알칼리의 처리방법별 처리량을 Table 2에 나타내었다.⁶⁻¹⁰⁾ 폐알칼리는 소각·매립·재활용·기타의 방법을 통하여 처리되고 있다.¹⁰⁾ 여기서 기타의 방법이란 폐알칼리액을 중화하고 정화하여 방류하는 것과 그 밖의 처리를 의미한다. 폐알칼리의 재활용률은 46%로 처리방법 중 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 환경적으로 유해성분을 지니고 있는 폐알칼리에는 중금속과 염류 등의 성분이 함유되어 있어 2차 오염을 유발할 수 있기 때문에 최종처리 과정이 까다로우며, 런던조약에 따라 해양투기도 금지되어 있다.¹²⁾ 따라서 공정

Table 1. Annual discharging and recycling on total designated wastes and waste alkali (1,000 ton/year)

	2003		2004		2005		2006		2007	
	Discharging	Recycling	Discharging	Recycling	Discharging	Recycling	Discharging	Recycling	Discharging	Recycling
Total designated wastes	2,913	1,695	2,976	1,818	3,152	1,925	3,660	2,007	3,471	1,873
Waste alkali	113	43	76	35	69	34	57	28	56	26

으로부터 발생되는 폐알칼리 폐기물은 최종처리보다는 재활용에 따른 발생 감량화에 초점을 맞추고 있다.

폐알칼리 재활용 처리공정은 폐알칼리 성분과 성상에 따라 다양한 반응·여과·정제법이 있는데, 처리 기술로 중화처리, 진공증발 농축, 폐유와의 유동층 합병처리법 등이 있다. 중화처리법은 주로 폐산을 이용하는

데 시안화수소·황화수소·이산화황·이산화질소·염소 등 유독가스가 발생할 수 있으므로 주의가 필요하다.^{13,14)} 폐알칼리로부터 유용성분이 적절하게 회수되어 재활용되기 위해서는 회수공정들이 다양하게 개발되어야 한다.

3. 재활용 주요 생성물의 선정

다양한 업종을 통해 배출되는 폐알칼리는 재활용 공정을 통해 주요 생성물로 회수가 가능하다. 폐알칼리를 가장 많이 배출하는 업종은 금속 에칭공정을 가진 전자·영상·음향·통신·금속 제조업으로, 에칭 후 금속을 함유한 상태로 배출되므로 에칭 폐액^{2,3)}으로부터 동, 알루미늄, 철과 같은 금속성분들을 산화동, 염화동, 수산화알루미늄, 폴리염화알루미늄 상태로 회수할 수 있다.^{15,16)} 또한, 섬유 제조업에서 염색공정 중에 폐 가성 소다액이 다량 배출되고,¹⁷⁾ 화학제품 제조업에서 나일론·석회석 제조 시 암모니아수와 소석회화 다량 배출되므로 이들이 재활용 대상 생성물이 될 수 있다. 자원의 재순환 뿐 아니라 환경 오염적 측면에서 이들 물질들에 대한 관리체계가 구축될 필요가 있다. 이를 위해, 국내의 산업현황과 통계자료를 통해 폐알칼리 지정폐기물로부터 재활용 주요대상이 되는 생성물을 선정하였다.

우선, 사업장 설문조사를 통해 실질적으로 회수되어 재활용되는 물질을 조사하였는데 이를 Table 3에 나타내었다. 폐알칼리는 대부분 30%의 고형분을 함유한 액상으로 발생하며, 이로부터 회수 가능한 생성물은 다양하지만 규모가 큰 4곳의 재활용 사업장¹⁸⁾을 통해 가성 소다, 암모니아수, 산화동, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄, 소석회의 총 6종이 재활용을 위해 회수되고 있는 것으로 조사되었다.

다음으로, 환경부와 환경자원공사에서 발간된 통계자

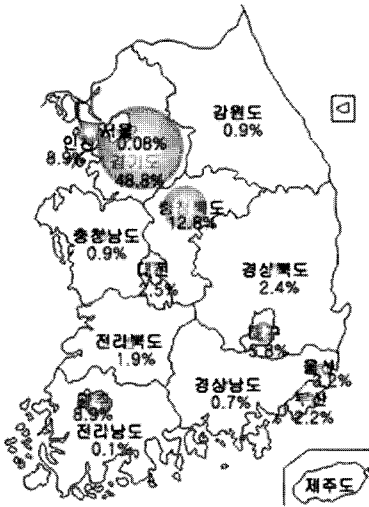


Fig. 1. Location of sites handling alkali in Korea (2007).

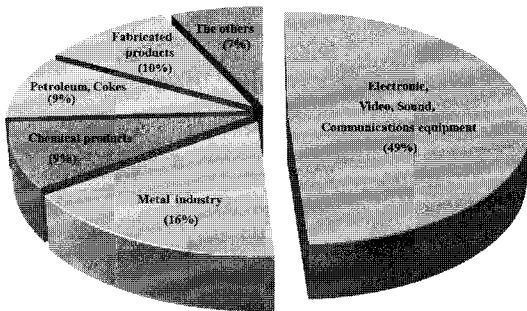


Fig. 2. Distribution of waste alkali discharging industry (2007).

Table 2. Types of final treatment on waste alkali (ton/year)

	Incineration	Landfill	Recycle	The others
2003	961	31	43,153	41,680
2004	728	218	35,445	39,433
2005	1,398	295	34,159	31,905
2006	4,918	284	27,892	23,468
2007	3,412	306	25,609	26,326

Table 3. Important recycling materials list checked by four waste alkali recycling companies

	A	B	C	D
Sodium hydroxide	○		○	○
Ammonia solution	○		○	
Copper oxide	○	○	○	
Aluminum sulfate			○	
Poly aluminum chloride			○	
Calcium hydroxide	○		○	

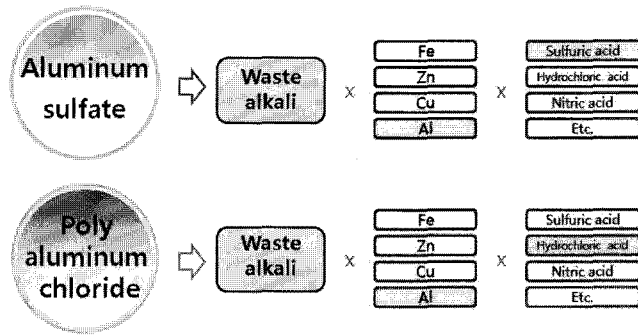


Fig. 3. Calculation procedures on discharging amounts for aluminum sulfate and poly aluminum chloride.

료와 문헌보고를 통해 폐알칼리 재활용 주요물질에 대한 발생량, 재활용량, 재활용률을 조사하였다. 가정소다, 암모니아수, 소석회, 산화등의 통계자료는 쉽게 확인할 수 있었으나, 황산알루미늄과 폴리염화알루미늄은 주요 재활용 생성물이지만 이에 대한 통계자료가 부족하여 Fig. 3과 같은 방법을 통해 다음과 같이 발생량을 추정하였다.

예로서, 폐알칼리 고형분 발생량 16,918톤(폐알칼리 총 발생량의 30%)에 알루미늄의 발생비율(Table 5)과 각각 황산, 염산, 질산의 발생비율(Table 6)을 곱하여 간접적으로 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄, 질산알루미늄의 발생량을 역산하는 방법을 사용하였다. 동일한 방법으로 폴리염화알루미늄을 계산하였다. 그러나, 이는 실제 발생량이 아닌 추정 값이므로 환경부에서 발간되

는 화학물질 배출량조사 지침¹⁹⁾을 참고하여 그 결과값의 타당성을 검토하였다. 화학물질 배출량조사 지침은 사업장에서 생산하는 물질 및 제품과 사용하는 원료 및 첨가물, 공정용 보조물질 등의 조사대상 화학물질이 조사년도 1년간 대기, 수계, 토양으로 배출된 양과 폐기물이나 폐수에 함유되어 폐기물 또는 폐수처리업체로 이송된 양을 나타내는 통계 값으로 구리 및 그 화합물, 알루미늄 및 그 화합물, 아연 및 그 화합물, 철 화합물 등으로 분류되어 있다. 본 연구에서 사용한 방법과 동일한 절차를 이용하여 철, 아연, 동, 알루미늄 화합물 발생량을 계산한 값을 통계 값과 비교하여 Table 6에 나타내었는데, 그 결과 오차범위가 0.7% 이내인 것으로 확인되어 여기서 사용한 추정계산법이 타당함을 알 수 있었다. 한편, 재활용량과 재활용률은 국립환경과학원

Table 4. Estimates of industrial waste metals arising in Korea (2007)

	Amount (ton/year)	Ratio
Fe	117,322	0.536702
Zn	31,184	0.142655
Cu	12,724	0.058207
Al	57,368	0.262436
Total	218,598	1

Table 5. Estimates of industrial waste acids arising in Korea (2007)

	Amount (ton/year)	Ratio
Sulfuric acid	176,675	0.430497
Hydrochloric acid	192,873	0.469966
Nitric acid	12,328	0.030039
The others	28,522	0.069498
Total	410,398	1

Table 6. Comparison of reported amount and estimated amount for metals and their compounds (2007)

	Reported amount (ton/year)	Estimated amount (ton/year)	Error range
Copper and its compounds	12,724	12,811	≤0.7%
Aluminum and its compounds	57,368	57,760	
Zinc and its compounds	31,184	31,397	
Iron compounds	117,322	118,124	

Table 7. Top five recycling materials checked by discharging amount, recycling amount and recycling percent(2007)

Discharging amount (ton/year)		Recycling amount (ton/year)		Recycling percent (%)	
Sodium hydroxide	33,092	Sodium hydroxide	23,285	Poly aluminum chloride	71.0
Calcium hydroxide	6,037	Calcium hydroxide	2,928	Aluminum sulfate	71.0
Poly aluminum chloride	2,087	Poly aluminum chloride	1,482	Sodium hydroxide	70.4
Aluminum sulfate	1,911	Aluminum sulfate	1,357	Calcium hydroxide	48.5
Ammonia solution	738	Ammonia solution	215	Ammonia solution	29.2

“2007 지정폐기물 발생 및 처리현황¹⁶⁾”의 폐알칼리 재활용 현황을 참고하여 계산하였다. 통계자료로부터 결과유추가 가능한 6종의 폐알칼리 재활용 생성물인 가성소다, 산화동, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄, 소석회, 암모니아수에 대한 결과로서 발생량, 재활용량, 재활용률의 순위별로 정리하여 Table 7에 나타내었다. 결과적으로 2회 이상 순위 내 포함된 주요물질은 가성소다, 소석회, 폴리염화알루미늄, 황산알루미늄, 암모니아수이다. 그러나 재활용 소석회와 암모니아수는 재생처리에 많은 비용이 소요되어 현재는 재활용되고 있지 않은 것으로 조사되었다.

따라서, 폐알칼리의 재활용 사업장 및 통계자료를 통해 선정된 재활용 주요물질은 가성소다, 산화동, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄인 것으로 나타났다. 이들 중 가성소다는 국내에서 재활용 처리가 가장 활발히 이루어지는 대표적인 폐알칼리 재활용 생성물이다. 가성소다는 강염기의 대표적인 물질로 다른 물질을 잘 부식시키기 때문에 금속강의 표면처리와 표면 불순물 제거를 위해 다량 사용될 뿐 아니라 섬유 가공 및 나일론 재료인 카프로락탐의 제조과정에 염기촉매로 폭넓게 사용된다. 가성소다 폐액은 재활용되기 위해 별도의 공정에 도입 처리되기 보다는 산성 폐수의 중화처리제로 사용되고 있기 때문에 재활용량과 재활용률이 높은 것으로 조사되었다. 황산알루미늄과 폴리염화알루미늄^{16,20)}은 주로 폐수처리제로 사용되고 있는데, 황산알루미늄은 거의 모든 폐수에 적합하고 폴리염화알루미늄은 강력한 응집 특성을 갖는다. 재활용 산화동²¹⁾은 염화동 및 알파인 폐액을 재활용하여 생산되며 용해성이 뛰어나 도금·무전해도금 등에 적합하다. 주로 PCB 업체의 동도금 원료로 사용되고 있으며 국내의 재생처리 공정이 뛰어나 국외 수출이 활발히 이뤄지고 있다. 하지만 산화동은 폐알칼리에 비하여 다량 배출되는 폐산으로부터 재활용을 위해 회수되고 있는 상황이다.

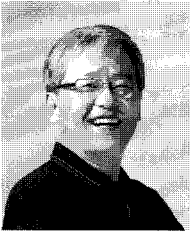
4. 결 론

다양한 산업공정에서 배출되는 폐기물은 환경오염의 주요한 요인으로 대두되고 있다. 이를 위해 국내에서는 자원순환형의 폐기물 감량화 및 자원화에 초점을 두고 폐기물의 재사용 및 재활용 활성화가 이뤄지고 있다. 그중 폐알칼리는 부식성으로 인해 환경오염에 대한 위험성이 높기 때문에 효율적인 관리를 통해 재활용되어야 하며, 이를 위해 재활용 생성물에 대한 품질기준에 따라 관리될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 폐알칼리의 발생 및 재활용 관련 현황을 조사하였으며, 이를 통해 현재 국내에서 재활용 되고 있는 폐알칼리의 주요 생성물을 검토하였다. 그 결과 가성소다, 황산알루미늄, 폴리염화알루미늄이 주요 물질인 것으로 조사되었다. 따라서 국가적 차원에서 이들 주요물질에 대한 적절한 관리체계가 구축될 필요가 있는 것으로 판단되며, 이를 통하여 폐기물의 자원화 뿐 아니라 우리 주변의 환경오염을 막는 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 편집부, 2008: 폐기물관리법, 원기술, pp. 265.
2. 송수욱, 박성국, 전희동, 2003: 전기전자업계에서 배출되는 산세폐액의 재활용에 관한 연구, RIST 연구논문, 17(3), pp. 299-305.
3. 여운근 등, 2008: 철강산업 폐산 재활용에 관한 연구, 대한환경공학회, 2008 춘계학술연구발표회 논문집, 2008(1), pp. 421-428.
4. Sim, Y. J. and Kim, E. Y., 2010: Present Condition on the Recycling and Management for Waste Acids, *Korean Chem. Eng. Res.* 48(3), pp. 300-303.
5. 한국환경자원공사, 2009: 폐산 재활용중간생성물 품질인증 기준마련, pp. 229-302.
6. 국립환경과학원, 2004: 2003 지정폐기물 발생 및 처리현황, pp. 19-254.
7. 국립환경과학원, 2005: 2004 지정폐기물 발생 및 처리현

- 황, pp. 8-252.
8. 국립환경과학원, 2006: 2005 지정폐기물 발생 및 처리현황, pp. 5-222.
 9. 국립환경과학원, 2007: 2006 지정폐기물 발생 및 처리현황, pp. 5-311.
 10. 국립환경과학원, 2008: 2007 지정폐기물 발생 및 처리현황, pp. 4-300.
 11. 국립환경과학원, 2007: 제 3차 전국폐기물통계조사, pp. 723-738.
 12. 해양투기종합관리시스템, 심의대상폐기물. http://www.oceandumping.re.kr/web/web/?p_name=sewage_2_2.
 13. 이남훈, 1998: 폐기물처리재활용, 동화기술교역, pp. 243-254.
 14. 자원재활용기술개발사업단, 2009: 리싸이클링 백서, 청문각, pp. 516-531.
 15. Lee, S. H., and Jo, Y. M., 2010: Review of National Policies on the Utilization of Waste Metal Resources. *KIC News*, **13**(1), pp. 2-9.
 16. Han, S. W., Lee, C. W., and Kang, L. S., 2003: Production and Application of PACI using The Wasted $AlCl_3$ Solution, *HWAHAK KONGHAK*, **41**(6), pp. 808-812.
 17. 경상남도녹색경남21추진협의회, 2005: 2004 기업 3절운동 실천사례집, pp. 13-20.
 18. 한국환경자원공사, 2008: 2007 전국 폐기물중간처리업(재활용전문) 허가 및 재활용신고 업체 현황, pp. 56-57.
 19. 환경부, 2007: 화학물질 배출량조사 지침.
 20. 황의웅, 2006: 한국특허공개 0129634, “알루미늄화합물 등을 이용한 열기성 알루미늄염용액의 제조 방법”.
 21. 김수태, 신주원, 서재춘, 2005: 한국특허공개 0065018, “산화동의 제조 방법”.



金 義 鏞

- 1984. 서울시립대학교 화학공학과 학사
- 1986. 서울대학교 화학공학과 석사
- 1991. 서울대학교 화학공학과 박사
- 현재 서울시립대학교 화학공학과 교수
- 서울시립대학교 대학원 에너지환경시스템공학과 교수



沈 娟 州

- 2009. 전북대학교 화학과 학사
- 현재 서울시립대학교 화학공학과 석사과정