

폴리실리콘 제조과정 발생 슬러지의 건설소재 원료화

박성순[†] · 이승현¹

한국산업단지공단 전북EIP사업단, ¹군산대학교 신소재공학과

A Construction Materialization of the Poly Silicon Manufacturing Process Byproduct

Seong-soon Park[†] and Seung-Heun Lee¹

Jeonbuk EIP Development Division, Korea Industrial Complex Corp, Gunsan 573-540, Korea

¹Dept. of Materials Science and Engineering, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

Received April 23, 2012/Accepted June 27, 2012

The poly silicon industry has developed in recent. Accordingly, the amount of poly silicon waste has rapidly increased. Increase in the amount of poly silicon sludge (waste) disposal will be issued as a social problem. However, the poly silicon sludge recycling and processing technology has not tried yet. In order to examine the construction material of the poly silicon manufacturing process byproduct, this study developed cement raw materials and filler of poly silicon sludge. It is a concept of industrial ecology, which deals with the laws of natural ecosystem to be applied to industry. In eco-industrial park, by-products, wastes, waste energy produced within eco-industrial park are recycled as material or energy resource for other companies and factories, aiming for zero emission.

Key words: Poly silicon sludge, Recycling, Eco-industrial park, Zero emission

1. 서 론

18세기 산업혁명 이후 화석연료의 사용으로 이산화탄소의 대기 중 농도가 급속히 증가하여 지구의 온도가 상승하고 빙하 및 북극, 남극에 있는 얼음이 녹고 있으며 또 해수의 체적이 팽창하여 해면의 수위가 상승하고 있다. 지구의 평균온도가 2100년에는 현재보다 2°C 상승할 것이며 바다의 수위는 약 50 cm 올라갈 것으로 예측되고 있다.

또한, 인류가 사용하고 있는 화석에너지는 지금과 같은 양으로 계속해 사용한다면 석유는 40년, 석탄은 210년, 천연가스는 65년, 우라늄은 50년 후면 고갈된다. 현재에도 석유와 석탄에너지원은 이산화탄소를 배출하며 지구환경에 심각한 위협을 가하고 있고, 원자력 발전 역시 안전성과 핵폐기물처리 문제 등으로 새로운

설치를 기피하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 인류가 선택할 방법은 새로운 에너지를 개발하는 일뿐이다. 에너지 절약도 추구해야겠지만 장기적으로 볼 때 대체에너지원 개발은 더 이상 미룰 수 없다. 이에 따라 세계 선진 국가들은 이산화탄소의 발생을 초래하는 화석연료의 사용을 줄이고 각 국가 특성에 가장 적합한 대체에너지 개발에 박차를 가하고 있다. 대표적인 대체에너지로는 태양광(태양전지), 태양열, 바이오매스, 풍력, 조력, 지열, 연료전지, 수소에너지, 폐기물에너지 등이 있다.

일본 또한 정부 주도로 태양광 발전 시스템의 설치 비용을 50%까지 무상 지원해 주고 있으며, 국가 차원의 대규모 태양에너지 개발 계획을 추진하고 있다. Table 1과 같이 세계적으로 태양광 사업이 가속화 되면서 반도체 기술에 능한 우리나라에서도 태양광 산업의

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: ssnpark@hanmail.net

Table 1. View of the world supply of polysilicon

| 구 분 | 2007년 | 2008년 | 2009년 | 2010년 | 2011년 | 2012년 |
|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 생산능력(ton) | 56,020 | 80,977 | 150,710 | 173,478 | 199,868 | 204,028 |
| 증가율(%) | | 45 | 86 | 15 | 15 | 2 |
| 공급량(ton) | 29,581 | 44,838 | 84,156 | 129,194 | 163,253 | 180,668 |
| 증가율(%) | | 52 | 88 | 54 | 26 | 11 |

폴리실리콘 제조생산이 급속히 증가하고 있는 추세로 국내에서는 가장 많은 생산량을 차지하는 OCI가 군산 1공장에서 연간 6,500 ton, 2공장 10,500 ton을 생산하고 있으며, 약 1조원을 투자하여 10,000 ton 규모의 제 3공장을 짓고 있는 실정이다. 또한, KCC, 한국실리콘, 웅진폴리실리콘은 연간 6,000 ton, 3,200 ton 5,000 ton의 폴리실리콘 생산 설비를 가동 중에 있으며, LG화학 및 SK케미컬, 삼성정밀화학 등 폴리실리콘 사업진출을 적극적으로 검토 중에 있다고 한다.

이로써 우리나라 또한 폴리실리콘의 생산량이 급격히 증가하면서 태양광 산업의 발전과 더불어 화석연료에 따른 CO₂로 인한 온실가스 문제 및 화석연료 대체 에너지 문제는 점차적으로 감소할 것으로 생각된다. 그러나 모든 생산공정에서 산업부산물인 슬러지가 발생하며, 현재의 폴리실리콘 제조산업이 급격히 발전하면서 자연적으로 그에 따른 산업부산물의 양 또한 늘어나고 있다. 그러나 뚜렷한 재활용 기술이 연구되지 못한 상황에서 대부분의 슬러지는 매립 처리되어 자원의 효율성 감소 및 환경오염이 발생하고 있다. 이에 폴리실리콘 생산공정에서 발생하는 슬러지를 다른 제품의 원료로 가공하여 사용함으로써 자원의 효율성은 증가시키고, 환경오염은 감소시켜 폴리실리콘 산업이 좀 더 완벽한 청정기술로 거듭날 수 있는 기술을 제공하고자 한다.

국외에서는 폴리실리콘 제조업체가 대규모로 밀집되지 않아 대단위로 모아서 처리할 수 있는 시스템 구축에 어려움이 많아 대부분 자체 처리하는 기술이 연구되어 폴리실리콘 제조공정에서 발생하는 실리콘분말 및 식각·제조공정에서 발생하는 폐수와 식각 미분말 연구를 바탕으로 재활용 기술이 존재하며 재활용되고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 폴리 실리콘 공정에서 발생하는 산업폐기물들의 재활용 기술 연구가 거의 전무한 실정으로 대부분의 폴리실리콘 공정에서 발생하는 산업 폐기물은 대부분이 매립형태로 처리되고 있다.

우리나라에서도 사업장폐기물의 재활용이 널리 연구

개발되어 있지만, 특정한 가공 제품과 재활용기술에만 국한되어 활용범위가 좁다. 그러나 주변국인 일본에서는 사업장폐기물인 오니를 재활용하여 재자원화 시키는 재활용 기술이 우리나라에 비해 보다 광범위하게 연구되어 매년 많은 양의 사업장폐기물이 제품으로 재탄생하고 있다. 일본내의 사업장폐기물의 발생량은 매년 4억톤으로 그 중 오니류의 폐기물 발생량 2억톤에 달한다. 이중 무기성오니가 9,000만톤에 달하며 현재 10% 수준인 1,000만톤 규모가 조립고화 처리되어 성토 재료, 복토재 등으로 재활용되고 있다.

사업장폐기물은 자원의 유효성증진 목적으로 대부분이 재활용되어 처리되고 있으며, 이에 따른 연구기술개발이 활성화되고 있으며, 현재 폴리실리콘 제조공정에서 발생하는 슬러지는 일반폐기물로 분류되어 있으며 국내에 특별한 재활용 기술이나 연구개발이 되어 있지 않아 대부분 매립되고 있는 실정이다. 이에 따라 폴리실리콘 제조공정 슬러지의 재활용기술 개발이 시급히 필요하다.

2. 실험방법

2.1. 폴리실리콘 슬러지의 물리·화학적 특성평가

폴리실리콘 제조공정에서 발생하는 산업부산물인 슬러지를 원료로 재활용하기 위하여 슬러지를 이용하여 일반적인 성토재보다 우수한 특성의 성토재를 제조하는 기초실험을 실시하였다. 시료A사에서 공장별로 2개, K사에서 반출된 폴리실리콘 제조공정 중에 발생된 슬러지를 대상으로 하였다. 각 폴리실리콘 슬러지의 물리적 특성을 조사하기 위하여 함수율은 KS F 2306을 응용하여 측정하였고, 밀도는 KS L 5110에 의거하여 측정하였으며, 분말도는 KS L 5106의 브레인 측정법으로 평가하였다.

화학적 특성은 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer)와 습식분석을 이용하여 각 성분의 함유량을 평가하고, 염소이온측정은 염소이온측정기를 이용하여 물에 용출된 Cl⁻의 이온농도를

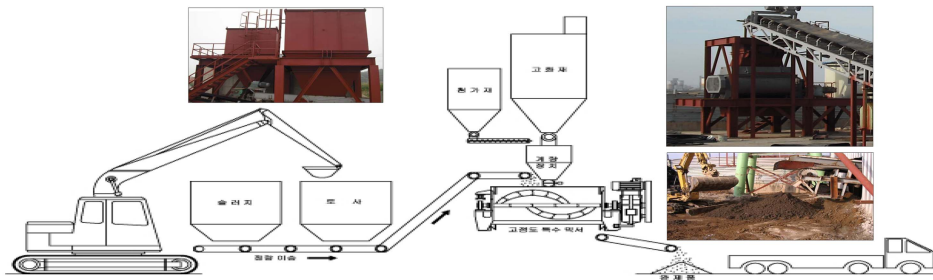


Fig. 1. Generally fill material manufacturing process of poly silicon sludge.

평가하였다. 또한, FE-SEM을 통하여 폴리실리콘 슬러지의 응집형태 및 분말형태를 관찰하고, XRD(X-Ray Diffraction)을 측정하여 폴리실리콘 슬러지를 구성하고 있는 구성상들을 평가하였다.

2.2. 폴리실리콘 슬러지의 고화재 개발

폴리실리콘 슬러지에 적합한 고화재가 지녀할 특성이 수용성 Cl 고정화와 수분 흡수율이 높은 원료를 파악하기 위하여, 원료별로 경화체를 제조하여 그 경화체에서 물에 용출되는 수용성 Cl 농도를 측정하여 수용성 Cl 고정화 기능을 평가하였다. 각 원료별 수분 흡수율은 원료별 혼합하여 그 혼합물의 함수율을 측정함으로써 원료의 수분 흡수율을 평가하고자 하였다. 또한, 폴리실리콘 슬러지에 적합한 고화재를 사용한 성토재는 물리적 특성면에서 일정한 압축강도를 발현하여야 하므로 폴리실리콘 슬러지의 초기강도의 발현특성도 평가하여 Fig. 1와 같이 고화재 개발을 통한 성토재를 제조하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 폴리실리콘 슬러지 일반적인 물리·화학적 특성

성토재의 물리적 특성은 함수율은 62%로 반죽상태와 같은 수준이며, 밀도는 1.95로 일반 무기재료 원료

에 비하여 높은 수준이었다. 분말도는 7000 이상으로 고미분말이므로 반응성 물질과 반응시 표면적이 넓어 반응성이 높을 것으로 생각된다. 단점으로는 염소이온의 농도가 높아 원료 그대로는 콘크리트·시멘트 혼합재료의 사용이 어렵다는 제약이 있다. 또한, 화학성분 측정시 SiO_2 와 CaO 가 각각 46.6%와 45.2%를 점유하는 주성분으로 나타났다. 이것은 구성 결정상의 경우 일부분이 다르겠지만 콘크리트·시멘트 혼합재료는 좋은 원료가 될 수 있음을 의미한다. 폴리실리콘 슬러지 원료의 일반적인 물리·화학적 특성을 평가한 결과는 Table 2와 같다.

3.2. 폴리실리콘 제조공장별 발생 슬러지의 물리·화학적 특성

3.2.1. 폴리실리콘 슬러지의 물리·화학적 특성평가 시각적 관찰시 A사 1공장의 폴리실리콘 슬러지는 밝은 회색을 띤 반면에, K사의 폴리실리콘 슬러지는 형태는 A사 2공장과 유사하나 약간의 푸른빛을 나타내었다. Table 3과 같이 함수율은 69~74%로 다소 높은 편이었으나, 폴리실리콘 슬러지의 효율적인 운반을 위하여 폴리실리콘 슬러지 최종배출공정에 탈수공정을 함으로서 시각적으로 관찰하기에는 점토가 뭉쳐져 있는 형상을 나타내고 있다. 밀도는 $2.06\sim 2.29\text{ g/cm}^3$ 로 타 무기질 재료에 비하여 가벼운 편이고, 물과 접촉시 물

Table 2. Physical and chemical characteristics of polysilicon sludge

| 물리적 특성 | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------|
| 함수율(%) | | 밀도(g/cm^3) | 분말도(cm^3/g) | | Cl 이온(%) | 강열감량(%) | | |
| 61.5 | | 1.95 | 7122 | | 2.77 | 19.1 | | |
| 화학적 특성 | | | | | | | | |
| SiO_2 (%) | Al_2O_3 (%) | CaO (%) | SO_3 (%) | MgO (%) | P_2O_5 (%) | K_2O (%) | Na_2O (%) | Cl (%) |
| 46.6 | 0.57 | 45.16 | 0.16 | 0.69 | 0.01 | 0.08 | 2.16 | 3.95 |

Table 3. Physical characteristics of polysilicon sludge

| 구 분 | 함수율 (%) | 밀 도 (g/cm ³) | 수용성 Cl 이온(%) | 강열감량 (%) |
|--------|---------|--------------------------|--------------|----------|
| A사 1공장 | 69.2 | 2.06 | 1.69 | 23.9 |
| A사 2공장 | 74.0 | 2.23 | 0.77 | 22.0 |
| K사 공장 | 69.0 | 2.29 | 0.21 | 17.9 |

에 용출되는 수용성 Cl 이온은 0.21~1.69%로 높은 편이다. 강열감량은 17.9~23.9%의 물리적 특성을 나타내었다.

Table 4와 같이 폴리실리콘 슬러지를 구성하고 있는 화학성분은 SiO₂가 약 41~48%로 가장 높았으며, 다음으로는 CaO 성분이 약 20~30%를 점유하였다. 대부분의 무기물 재료의 경우 CaO 성분이 낮아 고화 반응을 일으키는 원료나 재료로 사용이 힘든 실정인데 실험에 사용된 폴리실리콘 슬러지는 CaO 성분이 다량이므로 반응성 원료의 첨가물로 적합하다고 사료된다. 그 외의 물질로는 Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O는 미량으로 존재하였으며, 알카리 화합물인 Na₂O는 2.6~4.4% 수준이었다. 기름성분은 거의 없었으며, 유기물 함량은 8~14% 정도가 나타났다.

각 폴리실리콘 슬러지의 6대 중금속 용출 특성은 폐기물관리법 시행규칙에 의거하여 폐기물공정시험법으로 측정된 결과 Table 5와 같다. 여기에서 폴리실리콘 슬러지는 일반폐기물로 처리되기 때문에 예상한바와 같은 대부분이 함유량이 극소량으로 불검출되었으며, 지

Table 5. Heavy metals leaching assessment density of polysilicon sludge

| 구 분 | Pb | Cu | As | Hg | Cd | Cr ⁶⁺ |
|--------|------|-------|-------|----|----|------------------|
| A사 1공장 | 0.05 | 0.019 | ND | ND | ND | ND |
| A사 2공장 | ND | 0.023 | 0.008 | ND | ND | ND |
| K사 공장 | 0.34 | 0.245 | ND | ND | ND | ND |

*ND: Not Detected

정폐기물에 함유된 유해물질의 경우 Pb 3 mg/kg, Cu 3 mg/kg, As 1.5 mg/kg, Hg 0.005 mg/kg, Cd 0.3 mg/kg, Cr⁶⁺ 1.5 mg/kg 이상 함유로 역시 기준에 못 미치는 수준으로 측정되었다.

3.2.2. 폴리실리콘 슬러지의 입자형태(FE-SEM)

폴리실리콘 슬러지 입자를 Fig. 2와 같이 FE-SEM을 이용한 확대 관찰시 입자의 응집도나 전체적인 양상은 비슷하여 보였지만, A사의 2공장 슬러지에서 구형의 입자형태가 보다 많이 관찰되었다. 위와 같이 입자형태가 구형으로 이루어져 있으면 고화제와 혼합시 반응하는 비표면적이 넓어지면서 고화제와의 반응성에 상승효과를 미칠 것으로 생각된다. 반면, K사의 폴리실리콘 슬러지는 A사에 비하여 구형의 입자가 없었다.

3.2.3. 폴리실리콘 슬러지의 구성상 측정(XRD)

Fig. 3와 같이 폴리실리콘 슬러지의 구성상 측정시 예상과 같이 각 사별로 유사한 형태의 결정상이 측정

Table 4. Chemical composition of the polysilicon sludge

| 구 분 | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | 기름성분 | 유기물함량 |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|-------|-------|
| A사 1공장 | 48.5 | 1.39 | 0.34 | 20.3 | 0.08 | 0.14 | 4.40 | 0.157 | 13.8 |
| A사 2공장 | 44.1 | 1.33 | 0.32 | 27.8 | 0.53 | 0.14 | 3.14 | 0.033 | 14.0 |
| K사 공장 | 41.1 | 3.64 | 1.78 | 30.1 | 0.83 | 0.17 | 2.68 | 0.058 | 8.08 |

(단위: %)

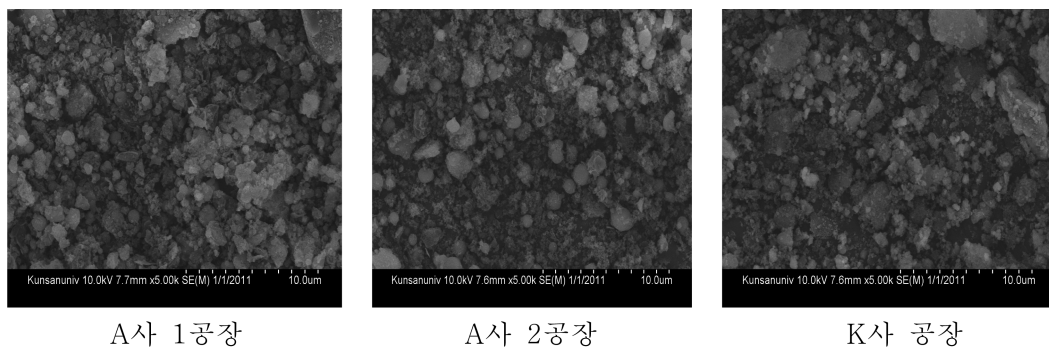


Fig. 2. FE-SEM image of polysilicon sludge according to manufacturing plant.

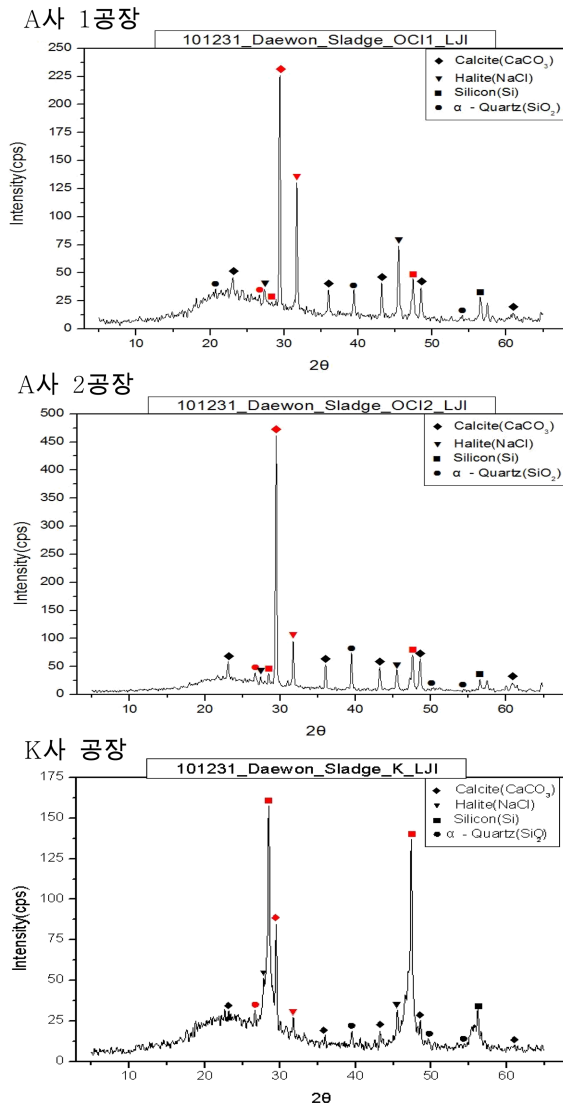


Fig. 3. An example of XRD components for polysilicon sludge.

되었다. 모든 폴리실리콘 슬러지의 구성상은 대부분이 CaCO₃로 이루어져 있으며 유리질 피크인 halo 피크가

관찰되어 비슷한 양상을 나타내고 있고, 다음으로 많이 차지하는 구성상은 물과 접촉시 수용성 Cl 이온으로 측정될 것으로 생각되는 NaCl로 나타났다.

각 공장별 특이한 사항으로는 A사의 폴리실리콘 슬러지에서는 소량의 Si가 관찰된데 반해, K사 슬러지에서는 다량의 다 결정질 Si가 관찰되어 안정적인 Si가 다량 함유하고 있으므로, 시멘트 및 경화제와 반응시 초기반응성이 떨어질 것으로 판단된다.

3.3. 폴리실리콘 슬러지 성토재 활용에 적합한 고화제 개발

폴리실리콘 슬러지와 혼합하여 우수한 물리적 특성의 성토재를 제조하기 위해서 맞춤형 고화제 예비실험을 통하여 개발된 성토재용 고화제를 사용하여 실험을 진행하였다. 개발된 고화제는 폴리실리콘 슬러지의 물리·화학적 특성에 적합한 고화제로써 수용성 Cl의 고경화 기능이 특성화 되었으며, 수분흡수 및 초기강도 향상에 좋은 영향을 미치며, 장기안정성을 확보할 수 있는 고화제이다.

성토재의 적절한 원료 및 배합비에 대한 실공정 적용성 평가 및 실성토재의 물리적 특성 실험을 위하여 Fig. 4와 같이 실공정 생산설비를 이용하여 각 제조사별 폴리실리콘 슬러지를 활용한 성토재를 제조하였다. 배합비는 고화제 변화에 따른 성토재의 물성 및 실공정 적용성 평가를 위하여 위와 같이 고화제 첨가량에만 변화를 주어 제조하였으며, A사의 1공장 슬러지와 2공장 슬러지와 화학성분이나 구성상의 차이가 없어 같은 시료로 판단하여 성토재 제조시 A사의 2공장 슬러지만을 사용하였다.

비중은 평균 2.66 정도로 흙에 비하여 가벼운 편이며, 고화제 첨가량 12%의 시료를 제외한 성토재는 다짐을 위한 흙의 다짐정도의 기준인 최대건조단위 중량과 흙의 지지력 판단 수치인 수정 C. B. R 결과값이 기준치를 상향하였다. 다만, K사의 슬러지를 사용한 성



Fig. 4. Manufacturing process of fill material for polysilicon sludge.

토제는 최대건조단위 중량 및 수정 C. B. R이 낮게 측정되어 고화제의 개선이 필요하다고 사료된다.

폴리실리콘 슬러지용 고화제가 최고의 물리·화학적 특성을 발현하도록 최적의 배합비를 도출하기 위한 실험으로 경화체의 수용성 Cl 농도, 혼합물의 함수율 및 초기 강도 측정을 통하여 평가하였다. Table 6과 같이 배합별로 고화제 내의 각 원료별 배합비와 고화제의 첨가량에 따른 시료를 제조하였으며, 수용성 Cl 농도측정과 함수율 측정을 각각 실시한 결과, 시료 1, 2, 3번은 비슷한 수용성 Cl 농도치를 나타내었다. 고화제의 첨가량에 따른 시료인 5, 6번 비교시에는 고화제의 첨가량이 적은 5번 시료가 수용성 Cl 농도가 높게 측정되었다.

각 시료별 함수율 결과치 또한 위의 수용성 Cl 농도의 양상인 고화제 내의 시멘트의 양이 증가하면 함수율이 줄어들고, 고화제의 첨가량이 적어지면 함수율은 증가하였다. 마지막으로 경화된 정도는 시료 1, 2번의 경우는 인력으로는 부수기가 힘든 정도를 나타내었으

며, 배합 3번, 4번은 인력으로 부수기가 가능한 상태에서 성토제의 제조공정의 제조 비용절감 및 제조 편의성을 높이고자 고화제 배합은 3번(고화제 10%)을 선택하여 폴리실리콘 슬러지용 고화제로 적용 실험을 실시한 결과, 모든 물리적 특성의 종합적 평가시 기존의 목표치에 모두 만족하는 결과를 얻었다.

각 슬러지 및 고화제 첨가량에 따른 성토제별 pH 측정은 KS F 2103인 ‘흙의 pH값 측정 방법’에 의거하여 측정결과 8.74~9.51을 나타내었으며, 함수율은 모든 배합의 성토제에서 기존의 목표치인 20% 이하로 측정되었다. 재슬러지화 평가는 각 성토제를 물에 1달 이상 침지시에 시각적으로 관찰하여 재료의 분리가 일어나는 현상을 관찰한 결과 재료별 분리 현상인 재 슬러지화가 일어나지 않았으며, 수용성 Cl 농도도 기존의 목표치인 0.3 이하를 모두 만족하는 결과를 Table 7과 같이 나타냈다.

4. 결 론

폴리실리콘 슬러지에 적합한 최적 배합비에 따른 성토제 제조시 실공정 적합성 및 제품제조 안정성, 제품으로의 현장타설 실험결과가 모두 각 기준 및 규격에 합당하도록 측정되었으며, 국내에는 폴리실리콘 생산에서 발생하는 슬러지의 재활용방안 및 연구가 전무한 상태에서 본 연구를 통해 폴리실리콘 생산에서 발생하는 사업장폐기물의 재활용 연구에 시초이자 재활용 기술 개발의 발판을 마련의 계기가 되었다. 아울러 지속적으로

Table 6. Each formulation firming agent

| 구분 | 재활토 | 슬러지 | (단위: %) | |
|----|-----|-----|---------|-----|
| | | | Fly ash | 시멘트 |
| 1 | | | 5 | 5 |
| 2 | 45 | 45 | 6 | 4 |
| 3 | | | 7 | 3 |
| 4 | | | 8 | 2 |
| 5 | 46 | 46 | 4 | 4 |
| 6 | 44 | 44 | 6 | 6 |

Table 7. Each plant physical and chemical characteristic of fill material

| 시 험 항 목 | 목 표 치 (한국토지공사 시방서) | | 실측정치 | |
|---------|----------------------------|------------------|------------------|-------|
| | 노 상 | A사 슬러지 사용 성토제 | K사 슬러지 사용 성토제 | |
| 입도분포 | 최대치수(mm) | 100 이하 | 19.0 | 19.0 |
| | 4.75 mm 통과량(%) | 25~100 | 95.2 | 94.5 |
| | 0.07 5mm 통과량(%) | 0~25 | 22.0 | 23.5 |
| 연경도 | 소성지수 | 10 이하 | N.P | N.P |
| | 흙 입자밀도 | - | 1.957 | 2.526 |
| 다 짐 | 최대건조밀도(g/cm ³) | - | 1.009 | 1.889 |
| | 최적함수비(%) | - | 35.0 | 12.0 |
| C. B. R | 수정 C. B. R. (%) | 10 이상 | 12.2 | 35.5 |
| | pH | 5~9 | 8.96 | 9.21 |
| | 재 슬러지화 | 형상유지 | 형상유지 | 형상유지 |
| | 수용성 Cl 농도 | 0.3 이하 | 0.28 | 0.22 |

로 증가하는 폴리실리콘 생산에 따른 배출슬러지를 보다 품질면에서 안정적이며, 환경적으로 무해하고 경제적으로 처리할 수 있을 것으로 판단된다.

친환경 산업단지구축에서 중요한 산단 내 폐기물을 각각 관리하는 매체별 관리가 아니라 네트워크 공정체계 하에서 환경관리를 하기 때문에 환경관리의 효율성을 향상시킬 수 있으며, 생태산업단지 네트워크에 연계된 기업들이 공동으로 환경관리에 대처하기 때문에 오염처리 및 재활용 등에서 경제성과 효율성이 향상되고 환경관리에서 규모의 경제를 유발시켜 기업의 환경관리 역량을 증진시킬 수 있다.

본 연구를 통하여, 기존의 산업단지는 원료가 되는 자원을 이용·가공하여 제품을 생산하고 이외 물질은 폐기물로 간주함으로써 환경오염을 유발하는 지역으로 인식되어 왔다. 그러나 21세기에 들어와 사회발전 및 생활환경의 근본이념이 지속가능한 발전으로 변화함에 따라 산업단지에도 확산되고 있는 상태이다. 자원순환네트워크 확산을 통한 제로에미션(Zero emission) 구상은 산업발생 폐기물을 새로운 타 분야 원료로 활용하여 폐기물을 “0”에 최대한 가깝게 활용하여, 새로운 자원순환형 생태산업단지의 구축을 기대할 수 있게 되었다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부에서 시행한 한국산업단지공단 생태산업단지구축사업(2010-01-1005)지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. P. Fricara, E. Chin, E. Palumbo, T. P. Walker, C. Celik, D. Laroche, M. M. Avedesian, Magnola : Anovel commercial process for the primary production of magnesium, CIM Bulletin Vol. 91, No.1019, 1998.
2. 국립환경과학원, 유해폐기물 목록화 및 배출특성조사연구(I), 2009.
3. 김영관, 유희찬, 박철휘 : 시멘트를 사용한 중금속슬러지 고화체의 특성분석, 한국폐기물 학회지, Vol. 14, No. 4, 1997.
4. 지식경제부, 생태산업단지구축사업(1단계 보고서), 2010.
5. 이세진, 이정인, 민경산, 이원준 : 태양광 소재산업의 부산물을 치환한 시멘트 제조, (사)한국건설순환자원학회, 분학술발표 논문집 pp. 119-122, 2011.
6. 박성순, 녹색성장을 위한 생태산업단지 네트워크 구축, 참좋은환경, 70-73, 2011. 3.
7. 한국산업단지공단, 전북지역2단계 EIP사업 결과보고서, 2011.
8. 박성순, 류재홍, 이은송, 김용하 : 폴리실리콘 제조공정 발생슬러지의 건설소재 원료화, 한국폐기물 자원순환학회 추계학술대회, pp. 397-399, 2011.11.
9. 한국산업단지공단, EIP사업단 홈페이지(<http://www.eip.or.kr>).