

— 기술정보 —

정수장의 배출수처리시설 운영에서 고려할 사항

— Technical Information —

Considering Factors for Operating Residuals Treatment Facilities in Water Treatment Plants

문용택* · 김병군

Moon, Yong-Taik* · Kim, Byung-Goon

한국수자원공사 수자원연구원

1. 서 론

현재 국내뿐만 아니라 국외의 정수장별 배출수 처리공정에 관한 연구는 수처리 공정에 비해 대단히 미흡한 실정이며, 향후 국내의 물부족 현상 및 그에 따른 경제적 손실 등에 대비하여 여과지 역세척수의 회수 또는 배출허용 기준치 이하로 방류하기 위한 전처리 시설의 설치에 대해 검토할 필요가 있다. 또한 여름에 집중강우로 인한 원수의 고탁도 출현에 대비하여 배슬러지에서 유출되는 슬러지의 농축성 및 상징수의 수질 개선을 위한 방편으로 농축조 유입부에 침강성 개선을 위한 전처리시설을 설치할 필요가 있다. 현재 국내의 농축조 운영은 자연침강 방식을 주로 이용하는데 상징수 처리에 대해서 매우 수동적으로 대처하는 모습을 보이고 있다. 이에 대한 능동적인 대처 방안으로 하천의 수질오염을 최대한 줄일 수 있는 방안에 대한 연구가 절실히 시급하다. 따라서 슬러지 성상에 따른 침강특성이 다르고 유기물을 다량 함유한 슬러지의 경우 폴리머의 농축개선 효과가 없으므로 수원별 침강실험을 수행하여 각 정수장에 적합한 약품종류 및 그 주입량을 적용한다면 체류시간을 줄여 시설용량을 크게 줄일 수 있을 것이다. 또

한 상징수의 적정 처리를 통해서 수질오염도 방지할 수 있을 뿐만 아니라 고농도 슬러지를 탈수기로 유입함으로써 탈수효율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

탈수 공정에 따른 문제점과 관련해서 수행되어야 할 것은 계절별로 슬러지의 성상이 다르기 때문에 연중 실험을 계획적으로 실시하는 것이 바람직하고, 계절에 따른 탈수특성을 고려한 약품종류 선정 및 주입량 산정이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

수도권 지역에서는 탈수케이크의 일일당 처분량이 한정되어 있는데 이같은 원인이 탈수기의 연속적인 운전을 어렵게 하고 배출수 처리공정 전체를 중단시키는 결과를 야기해 결국 침전지의 슬러지 이송을 지연시키는 경우가 많다. 따라서 원활한 배출수 처리시설의 운영을 위하여 슬러지의 명칭을 「정수장 발생토 또는 정수장 발생 고형물질」이라고 변경하여 사람들이 슬러지가 폐기물이 아닌 자원이라는 인식을 가지도록 할 필요가 있다. 더불어 슬러지의 재활용을 위한 방안수립이 시급한 시점이다.

우리나라는 인구에 비해 국토가 협소하기 때문에 이러한 실정에 맞는 배출수 처리시설의 공정개선을 통해 배출수 처리시설 운영의 최적화를 도모해야 할 것이다. 또한 환경오염 방지 및 수자원 확보 방안, 그

*Corresponding author Tel: +82-42-860-0377, FAX: +82-42-860-0399, E-mail: ytmooon@kwater.or.kr (Moon, Y.T.)

리고 현장의 문제점 등을 하나씩 해결해 나가기 위한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다.

2. 시설운영에서 고려할 사항

2.1. 응집제의 특성

수중의 오염물질들은 크기에 따라 크게 입자성 부유물질, 콜로이드 물질, 용존 물질로 구분된다. 이들 물질들은 그 크기에 따라 일정 깊이까지 침전하는데 소요되는 시간이 각각 다르게 나타난다.

오염물질이 갖는 전하의 특성을 살펴보면 부식질과 같은 유기물질이 점토와 같은 물질에 비해 강한 전하를 가지며, 유기물질 중에서도 fulvic산과 같은 분자량이 작은 경우가 humic산과 같이 비교적 분자량이 큰 경우보다 전하가 강한 것으로 알려져 있다. 따라서 정수처리공정에서 응집제 주입량에 영향을 미치는 정도는 점토와 같은 입자성 물질보다는 용존유기물질 등 전하가 강한 물질들이 더 크다.

일반적으로 콜로이드 입자들이 음의 전하를 띠게 되는 경우는 자석이 같은 극에 대하여 반발력이 발생하는 것과 마찬가지로 콜로이드 입자들은 서로간의 반발력에 의해 일정한 거리를 유지하면서 침전하거나 충돌하지 않고 안정한 상태로 부유하게 된다.

입자와 입자가 결합하기 위해서는 입자끼리 충돌해야 하는데 충돌의 기회를 많게 하기 위해서 액의 교반이 필요하다. 여기에는 반드시 액의 흐름과 입자간의 간격이 존재한다. 즉 슬러지 입자 또는 입자군은 교반 중 항상 액의 흐름에 전단력을 받고 있는 것이다.

입자와 입자가 충돌하여 결합하였을 경우 입자간의 결합력이 전단력보다 크면 플록으로 이루어지고, 작으면 플록으로 생성되지 못한다. 입자간의 결합이 계속적으로 이루어져 입자수가 크게 되면 액으로부터 받는 전단력이 보다 강하게 되어 강력한 결합력이 없을 경우 큰 플록을 만들지 않는다. 따라서 큰 플록을 형성시키기 위하여 강력한 입자간의 결합력이 필요하며 이 결합력의 증대제가 응집제이다. 다시 말하면 고분자 응집제는 입자간의 접착제이다. 쇠상 고분자는 수중에서 단독 분자로는 거의 존재하지 않고 서로 모여 있는 분자 집단으로 작용한다. 공기 중의 접촉에서 평면끼리 접착시킬 때는 응집제를 얇게 발라도

되지만 굴곡이 심한 면은 접착제를 두껍게 발라서 접착시켜야 한다. 수중의 응집이 이와 같다고 할 수는 없지만, 수중의 현탁 입자 표면은 복잡한 형태를 하고 있어 그 형상에 따라 같은 현상이 생긴다고 할 수 있다. 굴곡이 많은 현탁 입자에 대해서는 큰 분자집단으로 흡착시키는 것이 좋은 결과를 보이고 있다.

입자간의 접착력은 다음의 두 가지 힘에 의하여 결정된다. 그 하나는 고분자와 입자간의 접착력이며, 다른 하나는 접촉 매체인 고분자간의 접착성이다. 고분자와 입자간의 접착력은 고분자와 입자 조성과의 친화력과 분자간 인력, 수소 결합 등을 생각할 수 있다. 친화력은 접촉 이론에서 기본적으로 취급하는 Solubility Parameter로 고분자가 가지는 친수성, 소수성의 균형, 활성기의 종류가 문제가 된다. 분자간 인력은 입자와 고분자간의 밀착도(친화력과의 관계)와 고분자의 중합도가 관계가 된다. 그리고 고분자가 가지는 활성기를 기본으로 하여 입자와 직접 또는 수분자를 매체로 하여 수소 결합이 생겨 그것이 접착력으로서 작용하고 있다고 생각된다. 액의 pH에 의하여 적정 응집제의 종류가 다르게 되는 예도 있으며 응집제가 가지는 활성기가 친화력에 큰 역할을 한다는 것은 명백한 것이다.

접착력의 두 번째 요인인 고분자간 접착력은 고분자의 분자량, 만곡성, 기타 조건 등에 의하여 영향을 받는다. 즉, 분자 집단의 생성법과 분자 집단 그 자체의 결합성이 문제가 된다. 분자간의 결합이 큰 응집제도 강한 접착력을 나타내지만 첨가량을 다량 필요로 한다. 고분자 응집제의 가교 흡착이 분자 집단에 의한 접착 작용이라고 할 것 같으면, 분자의 길이가 관계하는 것만이 아니고 Michaels가 주장하는 것과 같이 양이온기, 음이온기에 의한 분자의 신장 상태와도 관련되며, 활성기의 분포 정도도 응집력에 영향을 미친다.

2.2. 농축특성

수질환경보전법 시행규칙 제5조 별표 3에 따라 정수능력 1,000m³/일 이상인 수도사업시설인 경우(역세척은 하지 않고 물리적으로만 처리하는 시설은 제외)는 폐수배출시설에 해당되며 이들 시설(정수장)로부터 배출되는 폐수는 오염물질의 배출허용기준이 적용된다. 지역별로 4단계(청정, 가, 나, 특례지역)

로 구분하여 적용하고 있으며, 또한 BOD, COD, SS의 경우 폐수배출량 2,000m³/일 이상과 미만으로 구분 설정함으로써 폐수배출허용기준을 지역별, 규모별로 차등 적용하고 있다.

배출수처리시 발생하는 고품물량 산정과정에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 원수탁도는 연중 상당히 큰 변화폭을 나타내기 때문에 배출수 처리시설의 설계탁도는 연간일수의 95% 이상 발생하는 탁도를 채택하고 있다. 우리나라의 강우형태를 분석해 보면 대체적으로 연평균 탁도의 4배 값 이하의 탁도로 발생하는 일수가 연간일수의 95% 이상을 점하기 때문에 이에 근거하여 설계탁도는 평균탁도의 4배를 산정하고 있다.

이러한 사실로 인해 평상시에 평균탁도를 갖는 원수가 유입될 때 설계탁도로 산정된 시설용량이 과다해져 슬러지의 체류시간이 길어지고 고탁도 유입시에는 배출슬러지에서 농축조로 유입되는 슬러지의 발생량이 많아져 시설용량이 부족해지며 슬러지의 침강성이 매우 불량하게 나타난다. 따라서 원수내 유기물이 많이 포함된 경우와 고탁도 유입시에는 슬러지의 침강성 불량으로 상징수 처리가 어렵게 되어 수처리 전공정에 악영향을 미칠 수 있다. 이러한 문제가 발생하기 때문에 실시설계에서는 연속식으로 설계하나 실제 운영은 회분식으로 하는 곳이 많다.

농축성이 특히 불량한 경우 또는 고탁도일 경우 호소수를 수원으로 하는 슬러지는 농축조의 체류시간을 48시간 이상으로 하여도 경험적인 사례로 봤을 때 그다지 농축효과가 높아지지 않는다.

우리나라의 경우 평상시에는 슬러지의 장기체류에 의해 혐기화 진행으로 입자분산에 의한 침강성 불량이 야기되고, 고탁도 발생 시 역시 침강성의 불량으로 인해 상징수 처리, 슬러지의 부상 및 월류에 큰 문제점을 갖고 있다. 또한 침강성 불량으로 상징수의 수질이 탁해져 하천으로 방류하는데 지장이 있어 모든 공정의 가동이 원활하지 못하게 된다. 이러한 문제점에 대해 연구된 결과는 다음과 같다.

일반적으로 하천수를 주요 수원으로 하는 경우 발생하는 정수장 슬러지는 유기물함량이 14%(강열감량 24%)로 낮은 경향을 보이는데 여기에 유기고분자 응집제를 주입하면 원슬러지보다 월등히 농축효율이 향상되었다. 따라서 유기물 함량이 낮은 경우 기존의

시설로 운영할 수 있다고 판단되었다. 반면 호소수를 주요 수원으로 하는 정수장슬러지는 유기물함량이 23.6%(강열감량 40.4%)로 높은 특징이 있는데 이 슬러지에 유기고분자 응집제의 단독 주입시 상징수의 수질개선효과는 있으나 침강성 개선효과가 없었다. 마찬가지로 마그네타이트를 단독으로 주입하는 경우 농축효율은 향상되었으나 상징수의 수질은 원슬러지보다 불량한 것으로 나타나 적용이 불가능한 것으로 생각된다. 하지만 유기고분자 응집제와 마그네타이트를 혼합 주입하여 처리 시 상징수의 수질개선 및 농축효율이 향상되었다.

현재 국내 정수장의 배출수 처리시설 가운데 농축조의 유입부 및 유출부에 설치된 농도계는 측정상에 따른 오차범위가 10% 이상 차이를 보임으로 현장 적용에 어려움이 많다. 이에 대해 본 연구에서는 보다 쉽고 간단한 슬러지의 고품물 농도 측정 기법을 적용해 현장 농축조의 농축특성 및 탈수 시 유입되는 슬러지의 고품물 농도를 파악하고자 하였다. 그에 따른 연구방법으로 고품물 농도, 슬러지 밀도, 고품물 밀도를 측정하여 상관관계를 파악하고, 그러한 인자들 간의 관계로부터 슬러지의 고품물 농도를 계산할 수 있는 관계식을 도출하였다. 이러한 결과의 적용은 현장운영의 최적화를 도모할 수 있을 것으로 예상된다.

폴리머 이외의 처리방법 중 강산과 강알칼리를 단독으로 처리하면 하천으로 방류시에 상징수의 pH가 생태계에 악영향을 미치므로 산, 알칼리 동시처리에 의한 침강성을 파악하고자 실험을 수행하였다. 슬러지의 농도가 0.692%인 원슬러지의 농축 효율을 향상시키기 위하여 원슬러지, 1N-NaOH와 1N-H₂SO₄를 똑같은 양으로 하여 15ml, 20ml, 25ml, 30ml로 증가시키면서 주입하여 시간별 침강깊이를 측정하였다. 원슬러지의 체류시간이 24시간 경과한 후 침강깊이, 그리고 1N-NaOH와 1N-H₂SO₄를 똑같은 양으로 하여 30ml를 주입하여 2시간 경과한 후 침강깊이는 각각 285ml(원슬러지), 290ml로 나타났다. 실린더의 침강시간은 24시간에서 2시간으로 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 상징수의 pH는 대부분 7 부근에 근접해 있었으며, 탁도도 원슬러지의 상징수보다 깨끗한 것으로 나타났다. 1N-H₂SO₄을 단독으로 처리 했을 때에는 중화처리보다 침강성은 크게 개선되었으나 슬러지의 입자분산에 의한 상징수의 수질이 탁하고, pH

가 낮아 하천방류에 문제가 있는 것으로 나타났다. 그러나 현장에서의 산, 알칼리 처리는 환경 또는 취급에 있어서 위험할 소지가 있으므로 이에 대한 적용은 세밀하게 검토할 필요가 있다.

2.3. 탈수특성

국내의 정수장에서 유기고분자응집제 종류의 선정은 대부분 육안을 통한 플록크기의 관찰로 약품종류 선정 및 탈수효율 평가가 이루어지는 실정이다.

국내의 정수장에 주로 사용되는 탈수기는 벨트프레스로서 슬러지의 교반장치에 유기고분자 응집제를 주입하여 큰 입자를 형성시켜 탈수하는 방식이다. 유기고분자 응집제 종류로는 양이온계, 비이온계, 음이온계가 있으며, 다시 세분화시켜 약, 중, 강 이온성으로 나뉘어 있다. 원수의 수질에 따라 최적의 유기고분자 응집제의 종류가 달라지나 현재 대부분의 정수장은 1개의 약품혼화조를 설치하여 운영하고 있다. 1개의 약품혼화조의 운영에서 슬러지의 성상의 변화로 인한 탈수성이 불량할 때 다른 약품으로 교체하기가 어려운 실정이다.

농축 슬러지가 지니는 특성을 고려하여 슬러지의 탈수성을 향상시킬 수 있는 유기고분자응집제의 선정이 필요하다. 현장에서의 유기고분자응집제 종류의 선정과 유기고분자응집제 투입량의 결정을 수행할 필요가 있다. 또한 폴리머 용해조를 1조로 설치함에 의한 폴리머 종류의 교체가 어려우므로 최소한 2조 이상을 설치하여 계절에 따른 실험결과에 의해 폴리머 종류를 원활하게 바꿀 수 있도록 공정을 개선할 필요가 있다.

특히 슬러지는 하계와 동계 때 성상이 다르므로 연중 실험을 실시하는 것이 바람직하고, 계절에 따른 탈수특성에 의한 폴리머종류 선정 및 투입량 산정이 수반되어야 할 것으로 판단된다.

유기고분자 응집제 투입량 산정을 위해서 고품질 농도 측정이 어려움으로 탈수효율 평가실험을 통하여 적정 약품 투입량을 산정할 필요가 있다. 실험방법으로 약품종류 선정을 하고, 선정된 약품의 투입량을 5개로 증가시키면서 여과시간을 측정하여 변곡점이 나타나는 점을 최적투입량으로 하여 현장에 적용한다.

기타 유의사항으로 탈수기의 가동여부는 농축조의 농축슬러지의 상태 및 양에 따라 가동여부를 결정하

며, 농축조의 농축슬러지가 적체되지 않도록 한다. 또한 탈수기 가동에 필요한 제반조건을 습득하여 탈수기의 정지등 설비의 고장시 재가동할 수 있도록 신속히 대비하여야 한다. 또한 겨울철에는 탈수기 및 부대설비의 동결 위험이 있으니 창문의 밀폐, 히터의 가동 등 적절한 조치를 취한다. 특히 cake의 저장호파는 동결의 위험이 크므로 내부히터를 자동으로 가동한다.

탈수기의 가동공정에 따른 특성은 다음과 같다.

2.3.1. 슬러지의 투입량

슬러지가 과다한 경우에는 상·하 여과포에 슬러지가 적체되어 여과포의 막힘 현상이 일어날 수 있으며 슬러지가 여과포 밖으로 밀려 배수구를 막을 수도 있다. 그리고 슬러지가 적은 경우에는 전력량 및 세척수의 소모량이 많고, 또한 슬러지 때로 인해 여과포의 막힘이 생긴다.

2.3.2. 폴리머의 투입량

슬러지의 투입량 및 농도에 따라 약품 투입량을 조절한다. 응집된 floc이 auto feeder에 의해 하여과포에 떨어질 때 균일하게 하여과포에 떨어지며 적체되지 않을 경우에는 floc의 상태가 양호한 상태이다. 폴리머 투입량이 과다한 경우 응집된 floc의 크기가 크고, 하여과포에 균일하게 떨어지지 않아 중앙에는 많고 가장자리는 적으며, 반대로 폴리머 투입량이 적은 경우 응집된 floc의 크기가 작고, auto feeder에서 하여과포에 떨어지는 곳에 슬러지가 쌓인다.

2.3.3. 탈수기 drive unit의 구동속도

구동속도는 구동 motor에서 조절이 가능하다. 구동속도는 최대속도를 넘기지 말아야 하며, 평상시에는 일정하게 유지시킨다. 구동속도가 빠를 경우 슬러지 투입량을 증가시키고 슬러지의 적체를 줄일 수 있다. 반면에 함수율이 높고 구동부의 수명이 단축되는 단점이 있다. 그리고 구동속도가 늦을 경우 슬러지 투입량을 감소시키고 슬러지의 적체를 야기시킨다. 그와 반면에 함수율이 높은 단점이 있다.

2.3.4. 교반기의 교반속도

슬러지가 약품에 의해 응집이 잘 되도록 교반되어

져야 하며, 응집된 floc의 크기는 일정하며 floc이 깨지지 않아야 한다. 교반속도가 빠를 경우 floc의 크기가 작아지고, 약품투입량이 많아진다. 교반속도가 늦을 경우 floc의 크기가 불균일하고, 슬러지가 하여과포에 균일하게 떨어지지 않는다.

2.3.5. 계절에 따른 탈수기의 운영

슬러지의 발생량 및 특성에 맞게 탈수기 가동시간 및 가동대수를 조절한다. 여름철에는 원수 탁도의 증가로 슬러지발생량이 많고, 농축이 잘되므로 탈수기 가동시간 과 가동대수를 늘린다. 반면에 수온이 낮은 겨울철에는 탁도가 낮아 슬러지의 발생량은 적고 농축성이 불량하다. 따라서 조정조 및 농축조의 슬러지의 상태를 확인하여 탈수기 가동시간 및 대수를 조절하여야 한다.

2.3.6. 약품의 관리

분말상의 폴리머를 물에 일정한 농도로 용해시켜 놓은 설비이다. 폴리머의 용해는 수동/자동이 가능하며, 자동은 다시 단동/연동이 가능하다. 자동-연동운전을 하는 것이 바람직한데 약품투입호퍼를 수시로 확인하여 분말의 약품이 일정량 채워져 있도록 하며, 호퍼에는 수분 및 기타 이물질이 투입되지 않도록 주의한다.

약품 품질검사는 반입되는 약품 중 일부를 채취하고 KS공업규격 시험법에 의거 시험을 실시한다. 품질기준에 적합여부를 판정하고 적합 시 입고, 부적합 시 반포 처리한다. 취급시 주의사항으로는 물기와 접촉시 약품이 덩어리져 투입불량 및 설비고장을 일으킬 수 있으니 빗물등 기타 물기의 침입을 방지한다. 약품투입실에 약품이 바닥에 묻어 있으면 이를 제거한다. 저장호퍼에 너무 많은 양의 저장은 약품이 응고되어 설비고장을 일으키기 때문에 정량을 저장 사용한다.

2.4. 회수수 처리

우리나라는 회수수(반송수) 처리에 있어서 수질 측정 장치를 설치하여 측정된 회수수의 수질에 따라 하천방류 또는 착수정으로 회수를 하도록 운영하고 있으나 착수정으로 유입전의 전처리 시설은 대부분 설치되지 않아 대부분 하천에 방류하고 있고, 일부

만 착수정으로 회수하고 있다. 보통 원수중에 함유되어 있는 부유물질의 90% 정도는 정수장이 정상가동되는 경우에 약품침전지에서 제거된다. 이들 침전지의 침전물은 성상을 고려하여 농축, 탈수의 공정을 거쳐 처리하고 있다. 그러나 침전지에서 침전 제거되지 않고 여과지로 넘어갔다가 여과공정에서 역류되는 역세척수에 의해 배출되는 나머지 10% 정도의 플록은 그 침전성이 크지 않을뿐더러 원수와 섞어 재사용하는 방안에 대하여 반대의견을 갖고 있는 경우가 있다. 하지만 역세척 수량이 정수장 원수의 1~5% 정도의 많은 수량인 점을 감안하면 향후 국내의 물부족 현상 및 경제적인 면 등을 고려하여 여과지 역세척수를 회수 사용하기 전에 전처리 시설의 설치를 계획할 필요가 있다. 배출수지에서는 주로 여과지의 세정 배출수가 유입되지만, 그 외에 농축조 상정수나 탈수여액 등의 배출수처리시설에서의 배출수도 받아들여지는 경우가 있다. 배출수지의 용량은 후단처리를 위한 조정기능의 의미에서는 가능한 한 큰 것이 좋다. 또한 배출수지는 적어도 1회분의 세정배출수량을 확보할 필요가 있으며 배출수지 자체에 침강분리 기능을 부여하는 경우엔 회분식이나 연속식의 결정에 따른 시설용량과 수를 검토할 필요가 있다. 배출수지의 설비는 그 운용방법에 따라서 다르지만 일반적으로 배출슬러지지에 배출하기 위한 슬러지유출펌프, 착수정에 반송하기 위한 회수수펌프, 상정수의 집수를 위한 가동집수장치나 고정식 월류웨어 등이 있다. 운전관리에 있어서 정수처리와의 연계를 밀접히 하고, 정수처리 공정에서의 수량이나 수질을 파악함과 동시에 배출수 처리와의 균형을 검토하고, 배출수로부터의 월류가 생기지 않도록 배려할 필요가 있다.

최근에는 배출수를 착수정에 반송하고 재이용하는 이른바 "close system"을 도입하고 있는 정수장이 많지만 이 경우, 배출수지에 유입하는 배출수에는 주의가 필요하다. 조류가 다량 발생하는 시기에는 회수를 금지하고, 전처리 후 하천방류를 원칙으로 하며, 또한 원수량이 과부하가 되지 않도록 반송수량을 조절할 필요가 있다. 따라서 배출수를 회수하고 회수수로서 착수정으로 되돌리는 경우는 회수수의 수질이나 양이 정수처리에 주는 영향을 고려하여 회수수 처리를 검토해야 하는 것이 옳다.

배출수중에는 여과로 걸러진 다량의 탁도·색도성

분, 미생물이나 철, 망간 등이 포함되어 있기 때문에 이런 것들이 정수처리 시스템의 처리효과나 운전관리에 영향을 미치는 경우가 있다. 그 때문에 필요에 맞게 회수수 처리를 행하는 것이 좋다.

일본 정수처리기술 도입매뉴얼(2000)에는 회수수 처리방법에 대해 다음과 같이 서술한 바 있다. 일반적으로 회수수의 대부분은 여과지의 세정배출수와 침전지에서 침전제거 되지 않은 비교적 비중이 가벼운 현탁물질을 많이 포함하는 수질이다. 이 점에서 회수수 처리에는 침전처리보다 부상분리처리가 효과적인 경우가 있다. 부상분리의 종류로서 순환가압법의 실시 예가 있는데 이 공정의 특징은 폐열의 열을 이용하여 크립토포리다움의 불활화를 목적으로 스킴을 슬러지 가온조에 투입하고 가열할 수 있도록 하는 방법이다. 부상속도는 5-15m/h, 순환율로서 20-40%가 설치되지만 설계 제원의 결정에 있어서는 원수의 부상 테스트를 실시해서 결정하는 것이 바람직하다. 처리수질로서는 탁도, 색도, SS가 무약주의 조건으로 제거율이 50% 정도이다. 제거율을 더욱 향상시키기 위해서는 응집제의 첨가가 유효하다. 회수수 처리에 있어서 침전분리는 중소규모 정수장의 배출수에서 주로 실시되고 있는 경우가 많다. 이것은 여과지의 수가 적은 세정배출수는 배출수지로의 유입간격이 길기 때문에 충분한 침전시간을 유지할 수 있기 때문이다. 배출수에서의 침전분리를 행하는 경우에는 유입, 정치침강, 상정수반송, 슬러지 배출에 요하는 시간을 충분히 파악한 다음에 용량, 지수(池數)를 결정할 필요가 있다. 한편, 대규모 정수장에서는 배출수지가 조정기능의 주 공정이 되기 때문에 여기에서의 침전분리는 기대할 수 없다. 이 경우에는 회수수 처리로서 약품처리의 적용이 고려될 수 있다. 이 처리의 적용에 관해서는 부하의 변동에 대비하여 배출수지내에 교반기 등을 설치하고, 원수탁도의 균질화를 기함과 동시에 반송수량을 평균화한 이후 침전분리장치에 유입한다.

최근 문제시되고 있는 크립토포리다움과 지아디아 등의 병원성미생물은 정수처리공정에서 제거되거나, 배출수나 슬러지중에 농축된다. 이러한 것을 배제 또는 불활성화하는 것은 배출수처리 및 회수수 처리의 결과를 내는데 역할이 크다. 따라서 조류가 다량 발생하는 시기에는 착수정으로 회수가 약영향을

초래할 우려가 있으므로 하천방류를 동시에 고려할 필요가 있다.

2.5. 슬러지의 처분

2006년 1월부터 적용되는 정수장슬러지의 해양투기금지가 예상되어 슬러지의 감량화가 필요한 시기이다. 그러나 고품화, 소각처리 등 방법은 현재로서는 기술적·시기적인 측면에서 적용하기 어려울 뿐만 아니라 정수장슬러지는 무기성슬러지로 85% 이하 함수율로 육상매립이 가능하나 추후 폐기물관리법 개정에 대한 대책을 강구할 필요는 있다. 폐기물 관리법에는 "정수장슬러지는 수도사업용 정수시설에서 발생하는 무기성 슬러지로서 재활용을 위해서는 수분함량 70% 이하로 탈수·건조한 것에 한한다. 재활용 용도는 관계법령에 의하여 인·허가된 건축·토목공사의 성토재·보조기층재·도로기층재와 매립시설의 복토용 등으로 이용하는 경우로 한한다. 다만, 농지·저지대·연약지반 등에 이용하는 때에는 시·도지사가 별도로 인정하는 경우에 한한다. 재활용하는 때에는 일반토사류 또는 건설폐재류를 재활용한 토사류를 50퍼센트 이상 혼합하여 사용하여야 한다."라고 규정되어 있다.

정수장 슬러지는 유해성이 크지 않은 것으로 나타나 재활용에 관한 연구가 필요한 실정이다. 또한 슬러지의 명칭을 「정수장 발생토 또는 정수장 발생 고형물질」이라고 변경하여 사람들이 슬러지가 폐기물이 아닌 자원이라는 인식을 가지도록 할 필요가 있다. 현재는 매립장이 주택지역에서 떨어진 지역에 위치하지만 향후에는 매립장 부지가 부족하여 집 주위가 모두 매립장으로 변할수도 있으니 암담한 현실이다.

일본에서는 정수장슬러지가 폐기물보다는 자원이라는 인식부여를 하고 있으며, 정수장에서 발생하는 Cake는 「산업폐기물」로 정의되지만 「폐기물의 처리 및 청소」에 관한 법률의 운용에 따른 유의사항에 대하여(후생성 환경위생국 수도환경부 계획과) 「폐기물이란 배출자가 스스로 이용하거나 타인에게 유상으로 매각하는 것이 불가능하여 불필요하게 된 물건을 말하고, 여기에 해당되는지의 여부는 배출자의 의사, 그 성상 등을 종합적으로 감안해야 할 것이며 배출된 시점에서 객관적으로 폐기물로서 인식해서는 안 된다

고 보고하고 있다. 폐기물 규정에 보면 일반적으로 폐기물로서 취급되는 개연성이 높은 것을 대표적으로 예시하고, 폐기물에 관해 사회 통념상의 개념규정을 하고 있다. 따라서 발생한 cake를 농경이용, 택지조성 또는 토지개량 등에 유상 매각하여 이용하는 경우에는 산업폐기물로서의 적용에 어긋나는 것이다.

미국에서는 1990년대부터 하·폐수슬러지를 살아 있는 고형물질이란 의미를 가진 biosolids라고 부르기 시작했다. 이것은 하수처리장에서 나오는 슬러지를 폐기물이라기보다는 재활용 물질로 보는 시각에서 비롯된 용어이다. 일본에서도 정수장슬러지를 정수장 발생토라고 부르는 것과 같은 개념이다.

국내에서는 정수장슬러지를 재활용하려는 시도는 많았으나 폐기물이란 인식 때문에 재활용은 매우 저조한 실정이다. 그러나 환경적, 사회적 차원에서 대처해야 할 시점에 도달해 있으며, 현재 발생하는 슬러지의 처분장소의 확보가 어렵고 처분비용이 날로 증가되고 있는 점을 감안한다면 매립처분과 아울러 재활용의 연구가 절실히 요구된다. 슬러지가 만일 자원의 대체물질로 이용된다면 엄격한 환경규제를 받는 폐기물도 범의 적용에서 제외될 수 있고 저렴하게나마 매각이 가능하다면 처분비용의 절감을 통한 정수 생산단가의 절감이 기대되며, 재활용의 활성화로 배출수 처리시설을 원활히 운영할 수 있을 것이다.

슬러지 재활용을 위한 세부 기본방향에 포함되어야 할 내용은 처분비용 절감의 필요성, 다양한 활용방안의 제시, 성상이 고려된 재활용 방안, 경제성 및 수요처가 있는 재활용 방안과 민간 전문 업체의 참여 필요 등을 들 수 있다.

첫째, 처분비용 절감의 필요성은 슬러지는 향후 처분비용 상승과 매립의 어려움 때문에 누군가는 해결해야 할 과제이다. 따라서 슬러지를 자원이란 측면에서 접근하여야 하나 재활용이 가능해도 자체적인 공장설립의 어려움 때문에 중간처리업자에게 처분비를 주어 처리하도록 하고 있는 실정이다. 따라서 처분비용의 일부라도 최소한 줄일 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

둘째, 다양한 활용방안의 제시는 기존물질의 대체물질로 사용함으로써 그러한 장점을 부각시켜 재활용 업체의 활용도를 높임으로서 업체간에 슬러지의 필요

성을 인식하도록 하여 향후 처분비용을 줄일 수 있다.

셋째, 성상이 고려된 재활용 방안에 대해서 검토해 보자. 재활용에 있어서 정수장슬러지의 특성을 고려하지 않는다면 재활용방안이 제시될 수 없다. 예를 들어 열처리 시에 무기이온 흡착능이 있다면 하, 폐수의 무기이온흡착제 또는 토양내의 양분이 빠져나가는 것을 방지할 수 있는 토양개량제로 사용할 수 있는 방안을 제시할 수 있다.

넷째, 경제성 및 수요처가 있는 재활용 방안에 대해 생각해 보면 우선적으로 활용할 수 있는 제품이면 수요처 확보가 가능하고, 매립지 반입료와 운반비보다 제조비용이 적은 재활용 방안이면 경제적 타당성이 있다고 할 수 있다. 이때 지역여건이 고려된 재활용방안이 마련되어야 한다.

다섯째, 민간 전문 업체의 참여필요는 자체적으로 개발된 제품에 대하여 지자체에서는 수요처를 확보하고, 업체에서는 생산, 판매하도록 하여 처분비용을 줄여나갈 필요가 있다는 부분이다.

실용 가능한 재활용 방안 검토로서 제조비용이 저렴하여 경제성이 있는 용도로는 못자리용 상토, 법면 낙석방지용토, 부산물 비료(비료관리법에는 부적합) 등이 있으며, 이외의 용도로는 수도관포설토, 임해매립지 성토재, 질소·인 제거제, 하·폐수 중금속 흡착제 등이 있는데 이에 대한 수급방안을 다방면으로 검토할 필요가 있다.

참고문헌

1. Bolto, B.A., Dixon, D.R. and King, S.J. (2001) Cationic polymer and clay or metal oxide combinations for natural organic matter removal, *Wat. Res.*, **35**(11), pp. 2669-2676.
2. Bolto, B.A., Dixon, D.R., Gray, S.R., Ha Chee, Harbour, P.J. (1996) The Use of soluble organic polymers in waste Treatment, *Le Ngoc and Ware, A. J. Wat. Sci. Tech.*, **34**(9), pp. 117-124.
3. Bratby, J.R. and Ambrose, W.A. (1995) Design and control of flotation Thickener, *Wat.Sci. Tech.*, **31**(3-4), pp. 247-261.
4. 일본수도협회(2000), 정수처리기술 도입 매뉴얼.
5. 일본수도협회(2000), 수도시설설계지침해설.