

수자원 확보를 위한 URC공법의 적용 II : CSO의 처리와 슬러지 재활용에 관한 연구

박세진¹, 윤태일¹, 조정철¹, 김창균²

¹인하대학교 환경공학과 수처리 연구실, ²인하대학교 서해연안 환경연구센터

Application of Ultra Rapid Coagulation for Securing Water Resource II: Study of CSO Treatment and Sludge Reuse

Se Jin Park¹, Tai Il Yoon¹, Kyung Chul Cho¹, and Chang Gyun Kim²

¹Dept. of Environmental Engineering, Inha University

²Regional Research Center for Coastal Environments of Yellow Sea, Inha University

요 약

초고속응집침전공정(URC)은 가중응집제(WCA) 첨가와 슬러지 반송을 통해 flocc의 침전 속도를 향상시키고, 입자표면의 흡착을 활성화하여 오염물을 보다 효율적으로 제거할 수 있으며, lamella plate를 포함하는 침전조를 이용하여 초기 우수 유출(CSO)과 같은 막대한 유량에 대하여 경제성 있는 침전조 수면적 부하를 획득할 수 있음을 확인하였다. 또한, 침전조의 최적설계를 위해 유체 유동장 모델을 이용한 모사가 수행되었으며, 공정에서 발생하는 슬러지에 대한 재활용 가능성을 평가하여 2차적 오염부하를 억제하기 위한 방안을 모색하였다.

Abstract : Ultra Rapid Coagulation (URC) can dramatically remove pollutants loaded in wastewater by adding weighted coagulation additives (WCA) and recycling sludge into the coagulation basin to increase settling velocity and surface adsorption ability of floc. Also settling chamber together with lamella plates offers the high rate settling velocity, which can economically treat a considerable amount of pollutants like as combined sewage overflow (CSO) during the heavy rainfall and reduce the pollutants load into the receiving water for securing water source. It was estimated optimal configuration of settling chamber by using fluent model and the possibilities of reusing the sludge generated in this system.

1. 서 론

그 동안 우리는 환경오염원에 대한 처리를 위해 노력해 왔다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고, 오염원의 부하는 계속해서 증가 추세 있으며, 이는 현재의 폐수처리 시스템이 비점오염원에 의한 오염 부

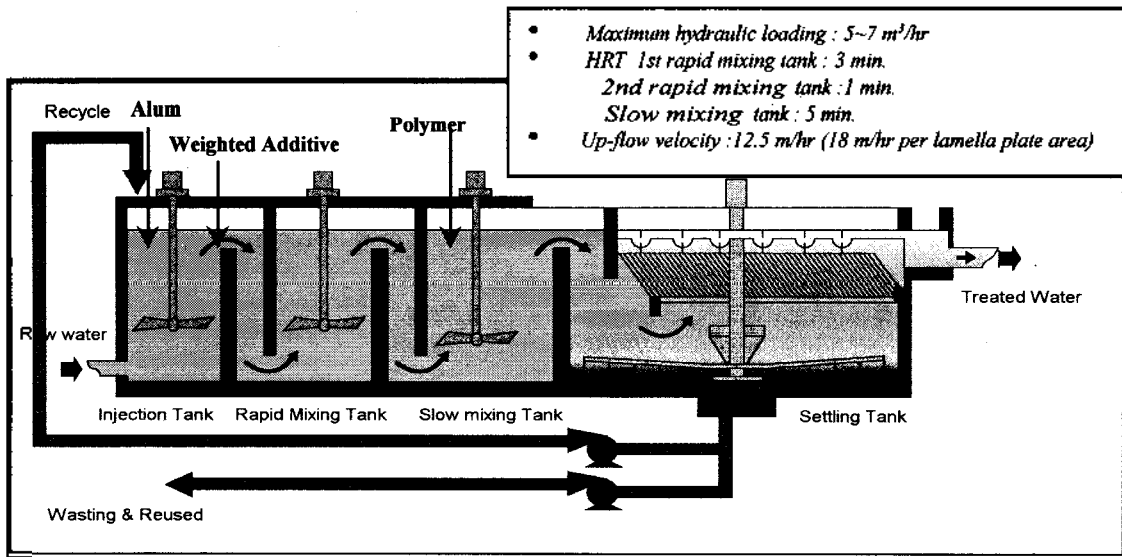


Fig. 1. The schematic diagram of URC pilot system

하량을 따라가지 못하고 있기 때문이다. 이러한 전지에서 보다 빠르고 경제적인 처리공정에 대한 모색이 이루어져 왔으며, 이는 생물학적 처리 공정이 환경친화적인 요소에도 불구하고 늘어나는 부하량을 감당하기에 경제적, 성능적 타당성의 한계가 인지되고 있기 때문이다. 따라서 강력한 대안으로 물리 화학적 처리에 대한 새로운 인식이 증대하고 있으며 그 중에서도 가장 경제적이면서 환경적인 부담요소가 적은 응집 처리에 대한 새로운 관심이 높아지고 있다.

응집처리는 그 공정의 특성상 비단 인 제거를 위한 고도처리와 상수처리 뿐 아니라 수집 관망을 우회하는 비점오염원의 처리에 적합한 요소들, 즉 유량과 수질의 변동에 빠르게 대처가능하며 여타의 화학적 처리공정에 비해 경제적 부담요소를 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다. 폐수처리에 있어서의 처리수질은 화학적 처리와 생물학적 처리를 막론하고 최종 침전조에서의 고액분리공정의 효율에 크게 영향을 받으며 [1], 하천수 및 호소수의 수자원 확보를 위한 비점오염원의 삭감과 대유량의 초기 우수 유출수(CSO) 처리의 측면에서 볼 때, 침전공정의 효율은 경제적인 공정선택의 가장 중요한 요소라 할 수 있다. Guibein (1994)은 경제적 CSO의 처리를 위한 침전조의 수면적 부하를 10 m/hr 이상이 되어야 한다고 하였으며 [2], 이러한 침전조의 고액분리능은 응집반응간 생성된 floc의 특성과 침전조의 설계적 안정성에 기인하게 된다 [3].

한편, 응집공정간 발생하는 슬러지는 2차적 환경오염과 운전비의 증가를 가져오게 되며, 물리화학적 처

리공정의 가장 큰 단점으로 지적되고 있다.

2. 재료 및 방법

초고속 응집침전 실험을 위한 pilot는 총 3기가 제작되었으며 승기, 전주 등 하수종말처리장과 신천, 전주천, 인하대학교내의 인공호소인 인경호를 대상으로 각각 하수원수, 하천수, 호소에 대하여 pilot-test가 수행되었다. 간략한 구성도는 Fig. 1과 같으며 최대 처리유량 5m³/hr에서 20 m³/hr로 다양하게 설계되었다. 모든 pilot는 최대 처리속도에서 injection tank 3-4분, flash mixing tank 1-1.5분, slow mixing tank 3-5분의 체류시간을 갖도록 설계되었으며, 약품 투입위치는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

실험에 사용된 응집제는 alum(공업용, Al₂O₃ 17%, 株이양화학) 고상시약을 수돗물에 10,000-40,000 mg/L로 용해 후 사용하였고, polymer는 응집공정간 음이온성 polymer(A-712P, 株이양화학)와 슬러지 탈수 개량제로 양이온성 polymer(YCX-452, 株이양화학)가 사용되었다. 가중응집제는 glass와 diatomite가 사용되었다.

Jar-tester는 floc의 침강성을 확인하기 위해 승기 하수처리장의 원수를 대상으로 수행되었으며, 사용된 Jar는 Gator에 의해 설계된 2L 사각 jar를 이용하였고, 침전시 표면부하율을 변화시킬 수 있도록 하였다. 응집시 교반강도와 반응시간은 pilot를 모사 할

수 있도록 급속 교반 3분, 완속 교반 5분, 교반강도는 속도경사를 각각 150 sec^{-1} , 52 sec^{-1} 로 고정하였으며 침전시간은 7분으로 표면부하율은 0.875 m/hr 을

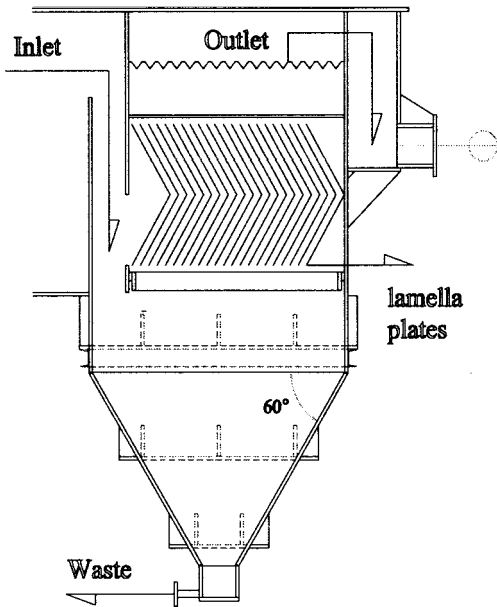


Fig. 2. The schematic diagram of URC settling chamber.

기본조건으로 하여 실험하였다.

약품의 투입위치는 급속교반 전에 alum과 가중응집제가 주입되고 완속교반 전에 polymer를 주입하였으며, 주입량은 alum 140 mg/L , 가중응집제 200 mg/L , polymer 0.5 mg/L 로 pilot의 평균 주입량과 동일한 조건으로 수행되었다.

침전조는 경사판(lamella)을 60° 각도로 pilot에 따라 각기 형상을 달리하여 설치되었으며, Fig. 2는 전주하수처리장과 인경호에서 운전된 pilot-plant의 침전조 형상과 경사판의 구성도를 나타내었다.

최대 속도에서 침전조 표면적당 월류속도 (침전조 수면적 부하율)는 $12.5\text{-}18 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$ (lamella 설치면적당 $18\text{-}25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hr}$)로 설계되었으며, 침전조 하부에 침전 농축된 슬러지의 일부는 injection tank 또는 flash mixing tank로 반송되도록 하였고, 생성된 슬러지의 일정량이 주기적으로 인출되도록 하였다.

용존성과 입자성 오염물의 분석은 $1 \mu\text{m}$ glass fiber filter를 이용하여 분류되었으며, 동일 filter를 사용하여 TSS를 측정하였다. 슬러지 내에서 용출된 중금속

농도는 Seiko Instrument의 ICP (SPS 7000A)를 이용하여 측정되었으며, COD_{Cr} , BOD, T-P, PO_4^{3-} , T-N, TKN, organic phosphate, tetrachloroethylene, trichloroethylene은 Standard Methods 측정법을 따랐다 [4]. 침전조내의 유체 modeling은 preBFC (version 4.2)와 FLUENT(version 4.2.1)를 이용하였고, 모사에 사용된 컴퓨터 기종은 HP C160 이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 URC 공정에 의한 CSO 처리

우수 유출수에는 대기와 지표면에 축적된 오염물질, 하수 관망 내에 축적된 오염물질을 포함하고 있으며, 특히 초기 우수 유출수는 다량의 오염물을 포함하게 된다. 국내 하수관거의 대다수는 합류식 관거를 사용하고 있어 초기 우수 유출수(CSO)에 의해 하수처리장내의 극심한 유입수질 변화와 우수토구를 통해 유입되는 하천의 오염부하 상승을 피할 수 없게 된다 [5]. 또한 차집하여 처리하지 못하는 미처리 하수와 우수 유출수와 함께 유입되는 비점오염원 오염물질로 인해 하수 종말 처리장을 설치하고 있는 유역의 하천수도 상당히 오염되고 있는 실정이며, 그 결과 호소의 녹조 발생과 식수원이 오염되고 연안은 해마다 적조가 발생하는 실정에 있다. 따라서 점 오염원에서 발생하는 하수는 물론 처리 가능한 대부분의 우수 유출수도 함께 처리해야 하며, 처리수질도 유기물의 농도와 함께 부영양화의 중요한 인자인 영양염류에 대하여 만족할 수 있도록 해야한다 [6]. 이러한 수역의 보전과 수자원 확보의 측면에서 대규모 유량에 대한 오염부하 삭감이 요구되며, 따라서 효율적인 침전 공정이 필수적이다.

침전공정은 생성되는 floc의 특성 즉, 밀도와 강도에 의해 지배된다고 볼 수 있으며 floc의 밀도는 stocks raw에서와 같이 침전속도와 직접적인 관계를 가진다. Tambo와 Watanabe는 floc의 density에 대하여 다음과 같은 식(1)로 설명하고 있다 [7].

$$\rho_e = a / (d_f/1)^{k_p} \tag{1}$$

여기서, ρ_e : effective floc density ($\rho_s - \rho_0$, g/cm^3)

ρ_s, ρ_0 : density of floc and water, respectively (g/cm^3)

d_f : floc diameter (cm)

1 : compensation constant of the dimension of $d^4(\text{cm})$ 의 형성에 기여하는 입자의 밀도가 증가할 때 floc의 상수값은 증가하게 된다. 또한 입자의 크기와 밀도에
 a, k_p : constants (g/cm^3) and monodimension, 관계하는 floc의 강도는 동일 직경에서의 floc의 밀도

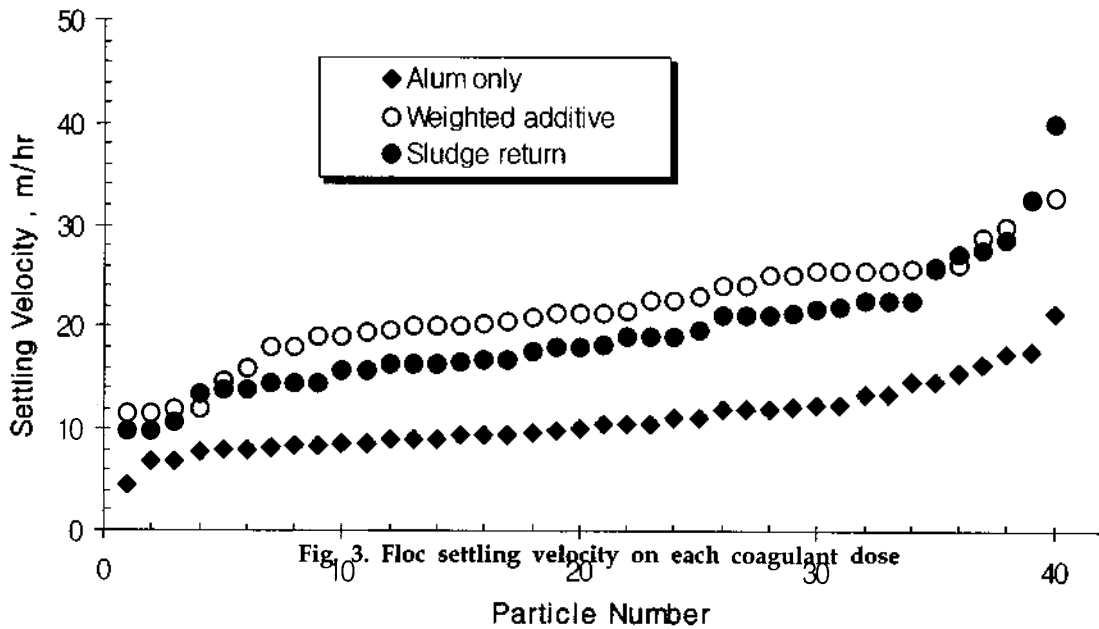


Fig. 3. Floc settling velocity on each coagulant dose

respectively

k_p 는 ALT ratio(aluminum concentration/suspended particle concentration)에 비례하며 따라서 bulky floc을 형성한다. 이는 과량의 alum주입에 의한 sweep coagulation의 한계를 시사한다. 그러나 이러한 침강속도는 각 floc이 갖는 상수값 a 에 의해 차이를 갖게되며, alum 이외의 고분자 응집제나 floc

에 대한 간접적인 지표가 될 수 있다. 따라서 URC 공정중에 주입되는 가중응집제와 슬러지 반송에 의해 형성된 floc의 밀도증가 및 침강성 향상을 확인하기 위하여 alum, alum+가중응집제, alum+가중응집제+슬러지 반송의 조건에서 형성된 단일 floc에 대하여 침강속도를 측정하였다 (Fig. 3) 이때, 반송된 슬러지의 TS는 8323 mg/L 였으며, 하수원수 2L에 대

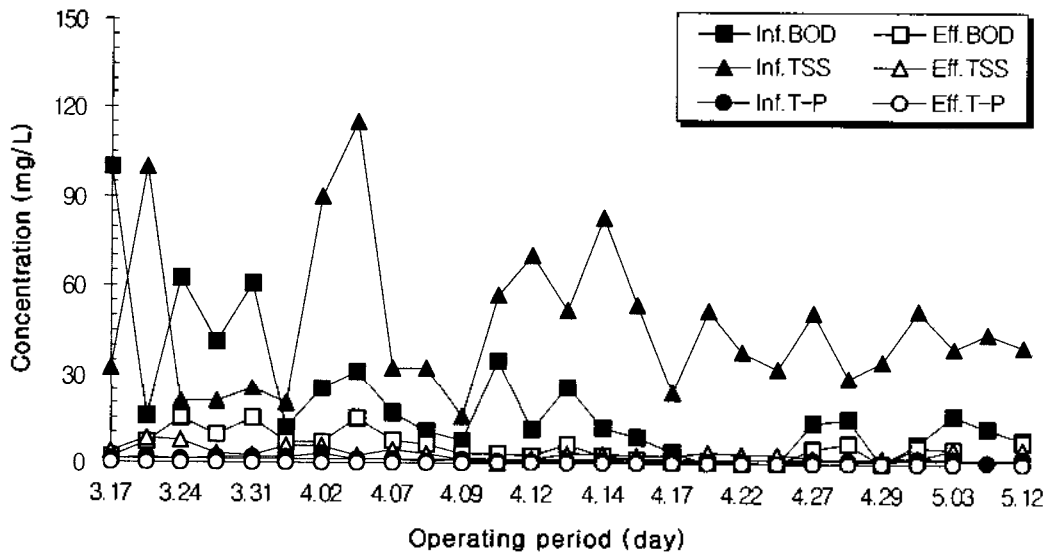


Fig. 4. The results of URC pilot on Sin River

하여 5 vol %로 주입하였다. 반응 중 각 조건에서의 주입된 반송 슬러지에 의한 TS 농도는 120 mg/L, 279 mg/L, 695 mg/L였다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 각 floc의 단일 침전 속도의 평균값은 alum, alum+가중응집제, alum+가중응집제+슬러지 반송 각각 11.0, 21.7, 19.3 m/hr로 가중응집제를 주입함으로써 floc의 침강성이 크게 증가하는 것을 확인 할 수 있으며, 슬러지를 반송한 경우 평균 입자의 침강속도는 alum+가중응집제를 주입한 경우 보다 크지 않으나, 최대침강속도는 40 m/hr로 alum+가중응집제 주입시 32.8 m/hr와 비교하여 높음을 알 수 있다. 또한 pilot plant에서의 결과는 슬러지를 반송한 경우 보다 낮은 처리수 탁도를 보여주었다. 이는 침전조에서 floc의 침강에 단일 입자 침전이 아닌 bulk상의 간섭침전이 관여함으로써, 슬러지 반송에 의한 침전이 보다 유리한 침전조건을 제공하는 것으로 사려된다.

Fig. 4는 신천 하천을 대상으로 URC pilot를 수행한 결과를 보여주고 있으며, 약 2달간 12.5-18m/hr의 높은 수면적 부하에서 운전되었다. 우수에 의한 일시적인 유량의 증가와 유입수질의 변화에도 불구하고 T-P 0.02 mg/L, TSS 3.3 mg/L, BOD 5.7 mg/L의 안정한 처리수질을 보였다. URC 공정은 7-9분의 짧은 반응시간과 12 m³/m²/hr 이상의 침전조 수면적

부하를 제공하며, 이는 URC의 운전 특성인 가중응집제의 주입과 슬러지 반송에 의한 floc 침강성의 증대와 함께 침전조에 설치된 lamella plates에 의한 침전 유효표면적의 증가, lamella plates를 포함하는 침전조의 수리학적 안정성에 기인한다.

3.2 CSO 처리를 위한 침전조 설계

이러한 침전조의 SS 제거효율 향상을 위한 설계 및 운전조건의 최적화를 달성하기 위해서는 침전조의 overflow rate(OR), short circuiting을 포함한 전체의 유동 양상 및 난류강도, 온도 등의 유동 특성과 lamella의 존재여부, baffle의 위치 및 침전조의 기하학적 형상을 고려하여 이에 대한 총괄적인 영향을 파악하여야 한다 [8]. 그러나 실험적 방법은 시간과 경비 면에서 큰 제약이 있으므로 상호 보완적인 도구로서 신뢰성 있는 전산유체역학에 기초한 상용 유동장 프로그램을 이용하는 방법이 광범위하게 응용되고 있다. 본 연구는 신천과 승기 하수 처리장에서 운전된 pilot plant 규모의 침전조 내에 경사판의 기하학적인 형상 차이와 lab scale pilot의 침전조 내 특정 baffle의 가변성에 따른 유체의 거동변화를 예측하고 실제현상과 비교하여 침전조 설계조건의 최적화를 달성하기 위해 실시되었다.

침전조의 최적 설계 조건을 설정하기 위해 사용된 상용 유동장 모델 프로그램은 유한 차분법으로 만들어진 Fluent로서, 2차원 및 3차원 유동과 간단한 화학식이 포함된 반응, 그리고 다양한 열적 흐름을 모사 할 수 있다. 유체의 질량, 운동량, 에너지, 화학종 지배방정식은 질량 보존 방정식과 운동량 보존 방정

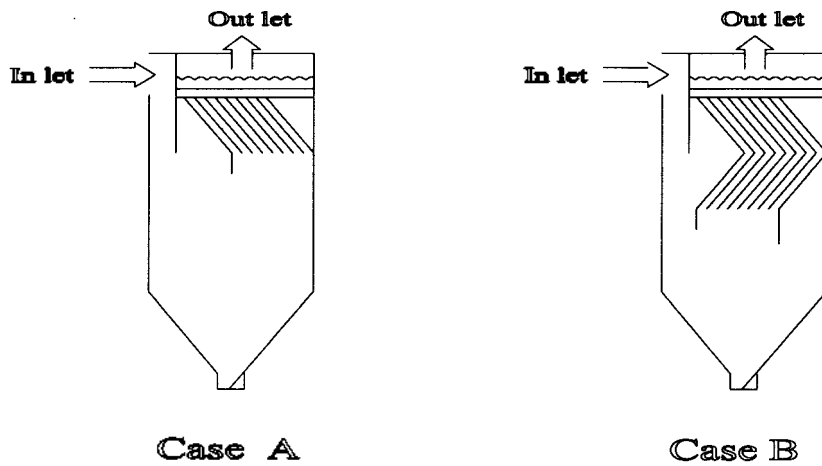


Fig. 5. The schematic diagram of pilot scale settling chamber

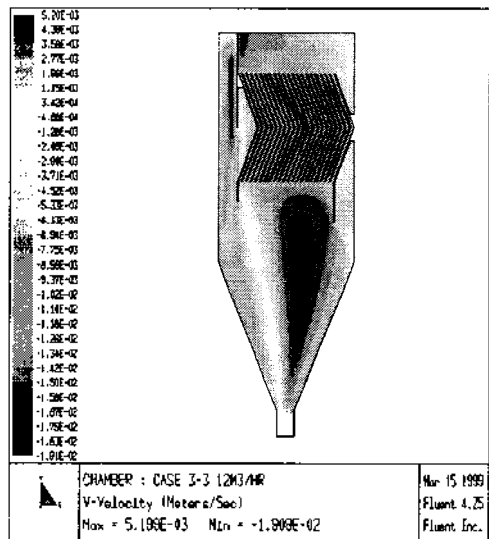
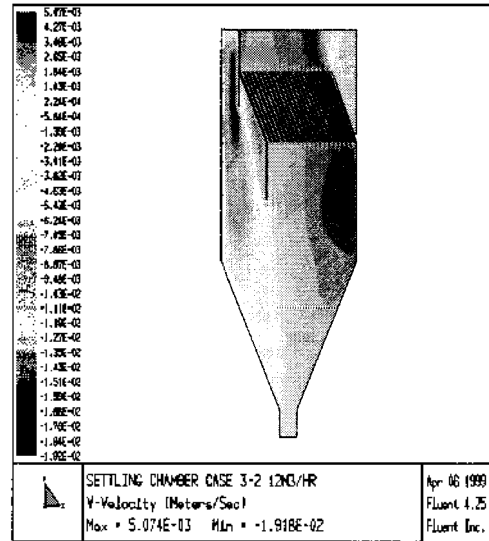
식이며 [9], 비선형 유동장의 시간평균결과로 나타나는 난류장을 풀기 위해 2차원 방정식 모델인 표준 $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다. 실제 침전조 내 *floc*의 거동에 유체가 어떠한 영향을 미치는지 빠른 시간 내에 파악하고, 격자(Grid)의 낭비를 줄이기 위해 2차원 유동장 모사만 실시하였다. 또한 침전조 내 유체의 거동은 *baffle*의 입구와 출구사이의 상승속도분포 ((+)V-axis velocity distribution)와 유체가 유입되는 구역의 하강속도분포 (-)V-axis velocity distribution)를 통해 나타냄으로써 그 경향성을 파악하였다. 모사 구역은 pilot plant와 lab scale pilot의 침전조 공히 실제 규모와 동일하게 설정하였으며 모사를 위해 사용된 격자 수는 약 15,000개 내외였다. 모사대상 설정에 사용된 가정은 유체를 25℃의 물로 가정하고, 유체와 침전조 벽면 사이의 마찰은 무시되었다. Pilot plant 규모의 침전조들은 유입유량을 각각 12 m³/hr 과 20 m³/hr, 난류강도 (Turbulent intensity)는 10%로 설정하였고, 침전조 내에 설치된 *baffle*의 형상은 각각 Fig. 5에 나타난 바와 같다. 실험실 규모 침전조 모사 역시 실제와 동일한 운전조건을 적용하였으며 유입유량은 0.08 m³/hr, OR은 2.82 m/hr, 난류강도는 10%로 설정하였다. 실험실 규모 침전조의 형상은 Fig. 8에 나타난 바와 같다.

모사결과 Fig. 6와 같이 lamella의 형상에 따라서 전체적인 침전조 내 유동장은 차이가 있는 것으로 나타났으며, 각 Case별 침전조 최상단에서의 상승방향속도분포인 Fig. 7에서와 같이 lamella를 통과하기 전과 후의 상승유속분포 모두 침전조 B가 좀더 균일한 분포를 보이고 있음을 알 수 있었으며, 기 운영중인 침전조 A, B의 실제 유속분포 및 *floc*의 부유 정도와 비교한 결과 전체적인 분포양상에 있어서 유사한 경향을 나타내었다.

각 Case마다 유량을 증가시킬 경우 경사판을 통과하는 유체의 상승속도분포는 Fig. 8에서 알 수 있듯이 유량 증가에 따른 전반적인 상승속도의 상승 외에도 출구 외벽에 위치한 구역의 속도분포가 증가하고 있음을 보여주었다.

실험실 규모 침전조 C의 경우 (Fig. 8) 유입구와 lamella가 만나는 구역이 변화함에 따라 침전조 내 상승유속분포와 하강유속분포가 어떻게 달라지는지 알기 위해 구역 내 윗부분(A')의 길이를 각각 2, 3, 4 배로 증가시키면서 모사를 실시하였다. 상승유속분포는 Fig. 8의 upstream area에서, 하강유속분포는

Fig. 6. The V-velocity contour in settling



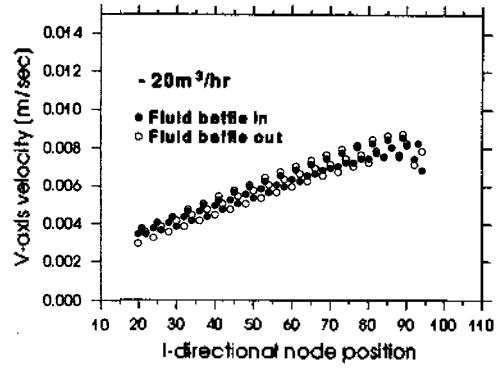
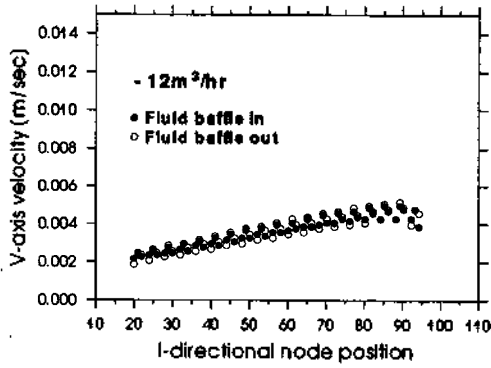
chamber of Case A and Case B.

downstream area에서 모사치를 추출하였다.

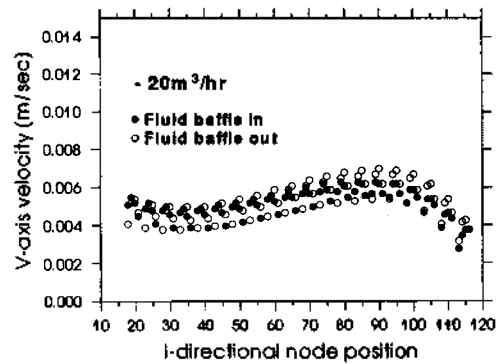
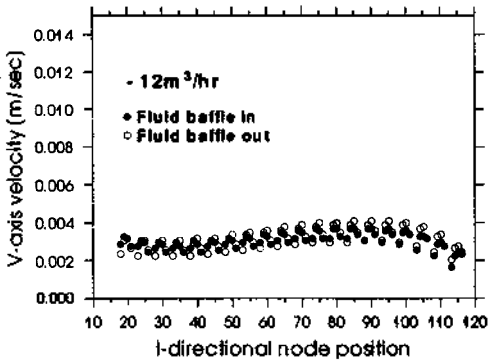
Fig. 9 (a)에서 알 수 있듯이 A'변이 원래 길이인 A(=2×B)인 경우엔 A'를 2, 3, 4배로 증가시킨 경우보다 상승유속이 현저히 높았으며, 또한 (d)에서처럼 BA'의 길이가 A의 4배인 경우에도 역시 상승유속이 2배, 3배인 경우보다 상대적으로 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 이를 통해 균일한 상승유속분포를 얻기 위해서는 유입구 구역 A'변의 길이가 일정비로 유지되어야 함을 알 수 있었다.

Fig. 10에서 알 수 있듯이 A변의 길이가 3, 4배인 (c), (d)의 경우 전체적으로 하강속도분포가 균

Fig. 8. The schematic diagram of lab scale

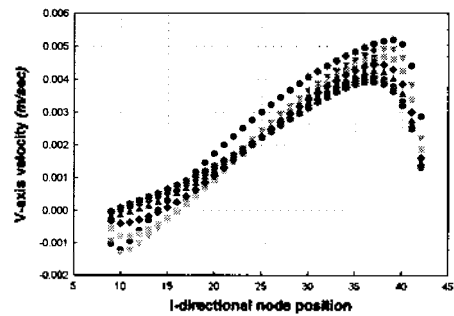
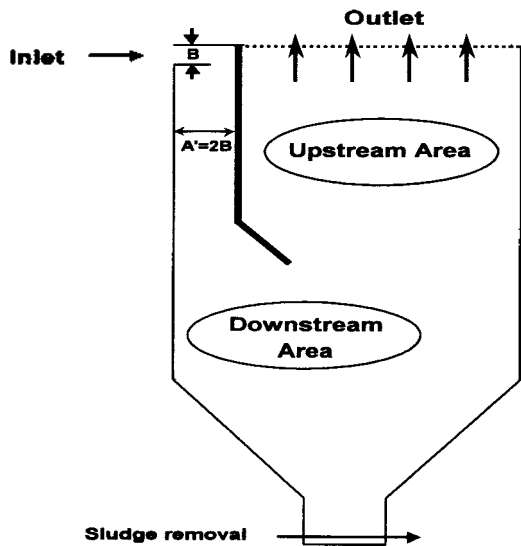


(a) Case A



(b) Case

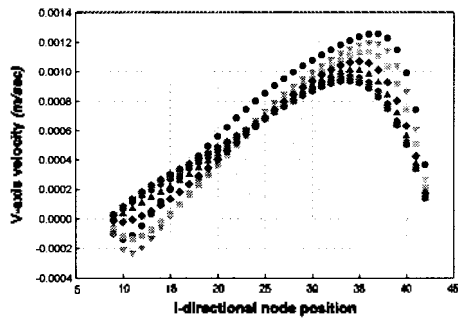
Fig. 7. The V-velocity distribution of top of settling chamber



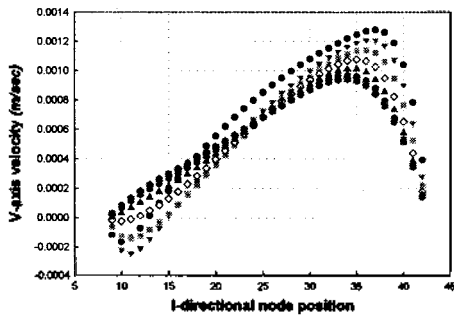
(a) $A' = A$
 배인 (a), (b)의 경우에는 하강속도분포가 그다지 큰
 알하지 않음을 알 수 있다.

settling chamber Case C.

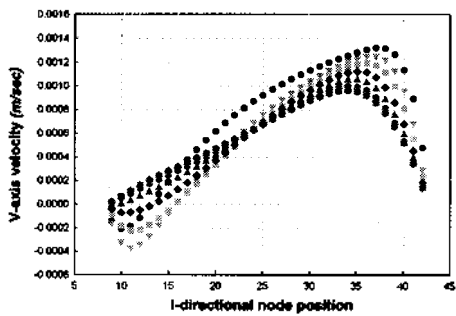
일한 것을 알 수 있으나 A변의 길이가 각각 1, 2



(b) $A' = 2 \times A$



(c) $A' = 3 \times A$



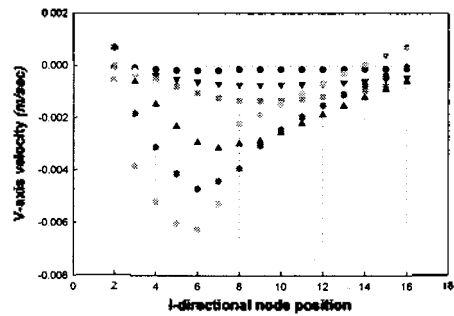
(d) $A' = 4 \times A$

Fig. 9. The V-velocity distribution of upstream in settling chamber

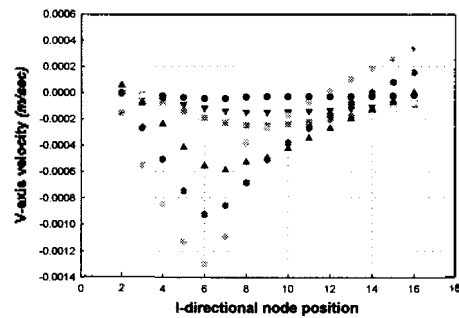
상승속도분포와 하강속도분포를 고려할 경우 A' 번의 길이는 유입구 길이의 6배 정도일 때 균일한 상

승 및 하강속도분포를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

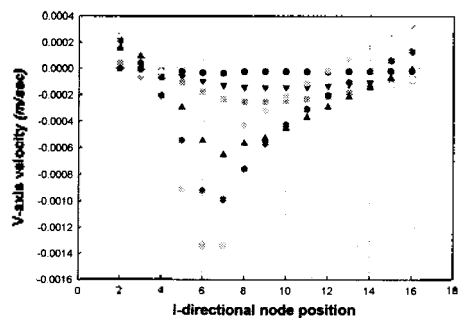
위의 모사들을 토대로 유체의 균일한 상승속도분포는 baffle과 lamella의 형상에 따라 다르며 침전조 내 유체의 최적 상승 및 하강속도분포를 침전조 내의 형상변화를 통해 예측할 수 있었다. 이를 통해 침전조의 최적 설계 및 운영조건을 예측할 수 있을 것으로 사려되며, 현재 지속적인 연구가 수행되고 있다.



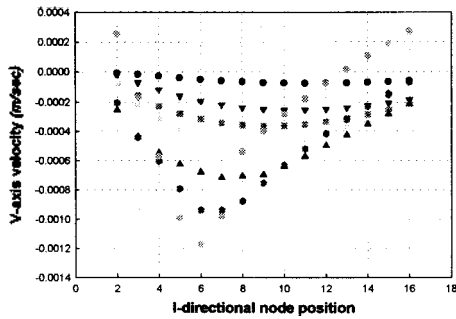
(a) $A' = A$



(b) $A' = 2 \times A$



(c) $A' = 3 \times A$



(d) $A' = 4 \times A$

Fig. 10. The V-velocity distribution of downstream in settling chamber.

3.3 슬러지 재활용을 통한 환경 부하의 저감
 응집 처리시 발생하는 슬러지는 추가적인 운전비용의 상승과 2차 환경오염부하를 증가시키게 된다. URC공정의 경우, 침전조에서 발생하는 슬러지의 함수율은 96-98%이며, 농축 및 탈수를 통해 함수율

65-75%의 높은 고형물 함량을 나타내어 슬러지 처분 비용을 감소시킬 수 있다. 또한, 슬러지내에 다량으로 존재하는 diatomite와 glass는 다공성 세라믹 제조를 위한 양호한 여건을 제공할 수 있다.

다공성 세라믹은 기공의 형상, 기공의 크기, 기공율 등의 다공성 특성 및 다공성 세라믹의 형상에 따라 그 사용 용도가 달라지게 되는데 각종 여과제, 미생물 등의 담체, 단열재, 보수재, 흡착제, 인공토양 등으로 이용될 수 있다. 각종 여과제는 pipe상 및 판상이 이용되며 대부분 개기공의 높은 기공율을 가질수록 유리하다.

다공성 세라믹을 제조하는 일반적인 방법으로는 세라믹 분말을 1000℃ 이상의 비교적 높은 온도에서 열처리하여 세라믹 분말입자들이 접촉면에서만 서로 연결되는 방법이 이용된다. 이러한 방법에 의하면 기공의 크기는 사용된 세라믹 입자의 크기에 의하여 결정되고 기공율은 세라믹 입자의 충전 상태에 의존하며 약 35 vol% 정도의 기공율을 갖게 된다. 미세한 기공을 갖고 있는 diatomite는 입자사이의 공간과 함께 분말입자가 갖고 있던 미세기공이 열처리 후에도 기공으로 잔존하여 다공성 세라믹의 기공율을 높여주게 된다. 또한, diatomite 자체의 소결 온

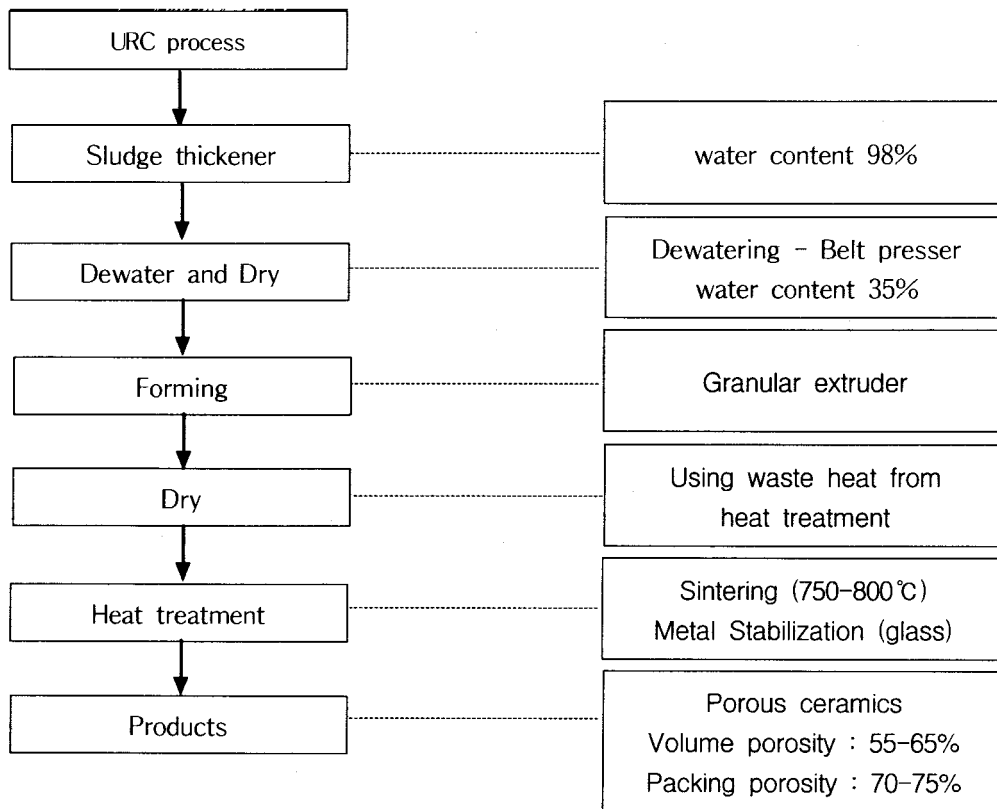


Fig. 11. The procedures of producing the powder porous ceramics from sludge.

1000 - 1300℃의 고온이나 diatomite에 glass 를 혼합하여 750 - 850℃ 정도의 비교적 낮은 온도에서도 기공율이 높은 다공성 세라믹을 제조할 수 있는데, 이는 glass powder가 상기 온도에서 연화되

었다.

4. 결 론

가중응집제의 주입과 슬러지 반송에 의한 CSO의

Table 1. Soluble test for artificial soil

Metal compound	Guideline conc. (mg/L)	Effluent conc. (mg/L)
Pb	3.0	Not Detected.
Cu	3.0	0.01
As	1.5	0.01
Hg	0.005	0.0016
Cd	0.3	Not Detected.
Cr ⁶⁺	1.5	Not Detected.
CN	1.0	Not Detected.
Organic phosphate	1.0	Not Detected.
Tetrachloroethylene	0.1	Not Detected.
Trichloroethylene	0.3	Not Detected.

어 diatomite를 3차원적으로 연결시키기 때문에 가능하다. 또한 diatomite 자체는 가소성이 없으므로 가소성을 갖는 bentonite를 첨가하여 다공성 세라믹을 제조하는데 성형을 용이하게 한다. 이때 첨가되는 bentonite는 양이온 교환능 (약50 meq/100g)을 갖고 있어서 다공성 세라믹에 양이온 교환능을 부여하게 된다.

상기의 원료 조합물을 이용하여 다공성 세라믹을 제조하는 경우, 비교적 낮은 온도에서 높은 기공율을 갖는 다공성 세라믹을 제조하는 것이 가능한데, URC 공정에서 발생하는 슬러지는 상기원료 이외에 alumina와 점토미분, 유기물이 혼합되게 된다.

URC 공정에서 사용되는 다공성 세라믹 제조공정은 위의 Fig. 11과 같다.

유기물은 소결 과정에서 연소되며 alumina와 점토는 토양의 주성분으로써 토양개량제로의 이용이 가능하다. 또한 응집 침전되는 과정에서 미량 혼입되는 중금속은 다공성 세라믹을 제조하기 위한 열처리 과정에서 산화되어 비교적 안정된 상태로 변하며, 유리의 구조로 치환되어 더욱 안정된 상태를 유지하여 토양 개량제로 이용시 중금속의 용출을 효과적으로 억제할 수 있다. 광명시 목감천에서 수행된 pilot test 과정에서 발생된 슬러지로 제조된 토양 개량제의 중금속 용출시험 결과는 다음 Table 4와 같으며 토양 개량제로의 사용에 전혀 지장이 없는 것으로 확인되

경제적 처리 가능성, 최적 침전조의 설계 및 발생된 슬러지의 재활용 가능성에 대하여 연구되었으며 결과는 다음과 같다.

1. URC 공정은 12.5-18 m³/m²/hr의 높은 수면적 부하를 제공하여 우기에 유입되는 비점오염원과 CSO와 같은 대용량의 오수 처리에 있어 경제적인 물리 화학적 처리를 가능하게 한다. 이는 가중응집제와 슬러지의 주입에 의한 flocc의 밀도증가에 의한 침전속도의 향상과 더불어 lamella plate를 이용한 유효 침전 표면적의 향상에 기인한다.
2. 침전조의 수리학적 안정성을 확인하고, 최적의 침전조 설계를 위한 전산 유체학적 상용 유동장 모델을 이용한 모사결과 lamella와 baffle의 형상에 따른 유체의 상승속도분포의 변화를 확인할 수 있었으며, 이러한 접근을 통해 침전조의 최적 설계가 가능할 것으로 기대된다.
3. URC에서 발생하는 슬러지는 diatomite와 glass, bentonite등을 포함하는 가중응집제를 함유하고 있어 다공성 세라믹으로의 재가공에 유리하며, 이 과정을 통해 수행되는 유리화 고결은 연료비의 절감과 중금속 용출 등의 2차적 환경오염을 억제시킬 수 있다.

감사의 글

본 논문은 서해연안환경연구센터로부터 연구비 지원을 받아 이루어진 연구의 일부를 정리한 것입니다. 서해연안환경연구센터에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

- [1] Wanner J., Activated sludge bulking and foaming control, Technomic Publishing, Basel, 327.(1994)
- [2] Guibein, E., Destalle, F., and Binot, P., The ACTIFLO process: a high compact and efficient process to prevent water pollution by stormwater flows, Wat. Sci. Tech. 30(1) 87-96.(1994)
- [3] Ødegaard H., Grutle S., and Ratnaweera H., An analysis of floc separation characteristics, Proceeding of the 5th Gothenburg Symposium September 28-30, Nice, France, Chemical water and wastewater treatment II 97-114.(1992)
- [4] APHA, Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. Washington DC: American public health association.(1992)
- [5] Pfeifer, R. and H. Hahn, H., Dissolved air flotation: efficiency removal of micropollutants from stormwater run off, Proceedings of the 6th Gothenburg June 20-22, Gothenburg, Sweden Chemical water and wastewater treatment III, 297-306.(1994)
- [6] OTV Depolluer Les Eaux Pluviales, contribution a l'elaboration d'une strategie, collection OTV.(1994)
- [7] Tambo, N., and Watanabe, Y., Physical characteristics of floc I, Water Research, 13(5), 409-419.(1979)
- [8] Stamou, A. I., "Numerical modeling of flow & settling in primary rectangular clarifier", J. of Hydraulic Research, vol. 27 No. 5.(1989)
- [9] Anon, "Fluent User's Manual", Ver. 4.2, Create.x Inc., Hanover.(1990)