

## 침전지내 흐름 및 플럭의 이동 특성에 관한 연구

### The Characteristics of Flow and Movement of Floc in the Sedimentation Basin

최 계 운\* / 김 정 현\*\* / 이 면 주\*\*\*

Choi, Gye Woon / Kim, Jung Hyun / Lee, Myun Joo

#### Abstract

In this paper, the characteristics of the flow and the movement of the floc were analyzed through the experiments in the sedimentation basin using the radioisotope. Tc-99m radioisotope was used for the experiments for the characteristics of the flow, and the bentonite absorbing Tc-99m radioisotope was used in the experiments for the movement of the floc. Through the experiments of the flow, it was found that the velocities of flow in the sedimentation basin were different depending upon the position and the depth. The distance of the moving trajectories of the floc is increased by increasing the discharge. By increasing the discharge, the settling point is farther from the inlet, and the turbidity removal efficiencies in the sedimentation basin are decreased. The moving velocities of the floc and the density are changed in the different depths in the sedimentation basin.

*Keywords:* sedimentation basin, floc, flow, discharge, radioisotope

#### 요 지

본 논문에서는 방사성 동위원소를 사용하여 침전지내에서의 흐름 및 플럭의 이동특성에 관한 연구를 실시하였다. 흐름 이동특성 실험을 위하여는 Tc-99m 동위원소를, 플럭이동 특성실험을 위하여는 벤토나이트에 Tc-99m 동위원소를 흡착시킨 재료가 사용되었다. 흐름 이동특성 실험결과 침전지내 위치에 따라 유속이 상이하고 깊이에 따라서도 유속이 상이한 흐름임이 밝혀졌다. 또한, 침전지 유입 유량이 변화할 때 플럭의 이동거리가 상이하며, 유량이 증가할수록 침전위치가 유입구로부터 멀어지며 침전제거효율이 감소한다. 침전지 내 깊이에 따라 플럭의 이동속도나 밀도변화가 다르게 나타난다.

**핵심용어 :** 침전지, 플럭, 흐름, 유량, 동위원소

\* 인천대학교 공과대학 토목공학과 조교수

Assistant Prof., Dept. of Civil Engrg., Univ. of Incheon, Incheon 402-749, Korea

\*\* 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

Senior Researcher, Water Resources Research Institute, Korea Water Resources Corporation, Taejeon 306-711, Korea

\*\*\* 한국원자력연구소 폐수처리시설 실장

Manager, Group of Environment Treatment by Radiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejeon 305-600, Korea

## 1. 서 론

실제 침전지내에서 흐름현상은 이상적 흐름이기보다는 상당히 불규칙한 것으로 알려지고 있다(최계운, 1992). Camp(1946)는 침전지에서 벽면부와 저면부의 마찰에 의하여 유속이 크게 감소되어 평면상으로는 침전지의 중앙부가 유속이 가장 크고, 단면상으로는 통상의 개수로와 유사하게 수표면으로부터 약간 떨어진 지점에서 유속이 가장 크고 저면부로 내려가면서 점차 유속이 감소되어 저면부에 아주 가까이 이르면 층류 흐름이 되어 유속이 급격하게 줄어 든다고 하였다. Lyn 등(1992)은 고탁도 원수가 유입되는 경우 밀도류가 형성되어 상, 하류간 반대방향의 흐름이 발생한다고 하였고 Moursi 등(1995)도 유입부, 중간부, 유출부에서의 실제 유속측정을 통하여 침전지 하부로 갈수록 유속이 크게 증대되고 침전시 상부에서는 오히려 반대방향 흐름이 발생하는등 침전지내에서의 밀도류 발생에 관한 연구를 수행하였다. 이와같이 유입수와 침전지내 체류수간의 탁도변화에 따른 밀도의 차이, 침전지내 체류수의 상, 하류간 온도차이나 밀도의 차이에 의한 밀도류가 형성될뿐만 아니라 벽면과의 마찰, 유입관성 에너지의 불균일함, 바람등에 의하여 편류가 발생되기도 하며 침전지내 사수부의 형성등에 따라 흐름이 가속되기도 한다(Hudson, 1972). 따라서, 침전지내에서의 플럭 침전에 따른 각종 연구는 이와같은 흐름에 대한 검토가 필수적이라 할 수 있으며 이와같은 각종 흐름에 대한 검토와 아울러 형성된 플럭의 크기와 밀도에 따른 흐름과의 관계등을 종합적으로 검토할 때 침전형상이 제대로 규명 될 수 있다(AWWA, 1990). 그동안 침전지에서의 성능검정이나 효율 향상 측정에 종종 이용되어져 온 탁도계를 이용한 탁질제거 효율 측정방법은 입구에서의 유입탁도를 측정하고 유출부에서의 유출탁도를 측정하여 침전 효율을 산정하고 있어, 앞에서 검토한 침전지내에서의 수류의 이동경로나 이동속도의 변화, 사수부의 형성, 플럭의 침강속도 변화 등에 관하여는 파악하기가 어렵다(한국수자원공사,

1992). 또 다른 형태의 침전지내 효율측정 방법으로 사용되고 있는 '플럭의 크기를 측정하는 방법'도 형성된 플럭의 크기나 밀도가 일정하지 않을뿐만 아니라 응집된 플럭이 조그마한 충격에도 부서지기 쉽고 전단력의 변화에 의하여도 쉽게 파괴되어 일률적인 크기 측정이 어려워 침전 특성파악을 어렵게 하고 있다(Montgomery, 1985).

본 연구에서는 이와같은 측정상의 단점을 보완하고 침전지내에서의 수류이동 및 플럭의 이동현상을 구체적으로 파악하기 위하여 방사성 동위원소 추적자를 이용하였다(황경부, 1996). 동위원소의 추적은 단순한 동위원소의 추적과 추적자용 플럭을 제조하여 추적하는 방법을 사용하였으며 사용된 동위원소로는 반감기가 짧은 Tc-99m이 선정되어 침전지내 각각의 감지기 설치 지점에서의 동위원소의 양을 측정하는 방법으로 실험을 수행하였다.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 실험장치

실험장치로  $1m^3/hr$  규모의 정수장 pilot plant를 활용하였다. Pilot plant는 원수공급조에서 원수를 공급받아 혼화지에서 약품을 투입하여 급속혼화 한 후 3단을 지닌 응집지에서 floc이 점차 크게 형성하도록 한 후 침전지에서 침전제거 되도록 하였다. 원수 공급조는 유입된 원수가 정류상태가 되도록 크기가 결정되었으며 혼화지 및 응집지의 체류시간은 각각 1.8분, 26.5분으로 하였고 혼화지에서의 급속혼화 강도 G는  $347sec^{-1}$ 로, 응집지 1, 2, 3단에서의 응집강도 G는 각각  $80sec^{-1}$ ,  $60sec^{-1}$ ,  $40sec^{-1}$ 로 하였다.

침전지내 체류시간은 플럭(floc)의 침강실험 결과를 활용하여 깊이를 0.72m, 체류시간을 1.262시간으로 결정하였다. 표 1은 위와같은 pilot plant의 크기 및 체류시간을 보여주고 있으며 그림 1은 pilot plant 실험 장치의 구성도를 보여주고 있다.

표 1. Pilot plant의 크기 및 체류시간

조	크 기(m)	체류시간	비 고
원수공급조	0.315(W)×0.338(L)×0.108(D)	4.5sec	실제 물이 흐르는 부분
혼 화 지	0.350(W)×0.350(L)×2.250(D)	1.8min	"
응 집 지	1.353(W)×0.057(R)×0.308(D)	26.5min	"
침 전 지	0.610(W)×2.872(L)×0.720(D)	1.262hr	"

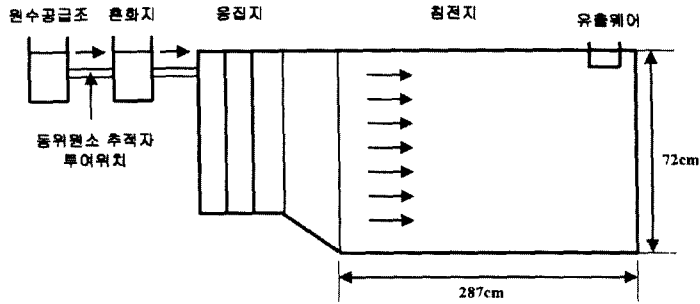


그림 1. Pilot plant 실험장치

## 2.2 실험방법

침전지내 흐름 특성실험은 유량을  $1.2\text{m}^3/\text{hr}$ 로 고정 한 가운데 원수공급조와 혼화지 사이에 동위원소 추적자(tracer)를 주입하고 이들을 추적하기 위하여 감지기를 그림 2의 P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>7</sub> 위치에 각각 5개씩 설치하였다. 추적자 동위원소로는 반감기가 6시간 정도로 매우 짧아 안전성 측면에 우수성이 있는 Tc-99m 동위원소를 사용하였다.

실험방법으로는 동위원소를 주입한 후 각 감지기 설치위치에서 감지되는 동위원소의 양을 측정함으로써 침전지내에서의 흐름 특성을 분석하였다. 이와같은 흐름 특성 실험을 위하여는 플럭(floc)을 형성하지 않도록 하기 위하여 응집 약품을 투입하지 않았다.

플럭의 이동특성실험은 유량을  $0.8\text{m}^3/\text{hr}$ ,  $1.44\text{m}^3/\text{hr}$  및  $2.0\text{m}^3/\text{hr}$ 로 변화시키면서 원수공급조와 혼

화지 사이에 제조된 동위원소 추적용 재료를 주입한 후 그림 2와 같이 감지기를 설치하여 감지되는 동위원소의 양을 측정함으로써 침전지내에서의 플럭(floc)의 이동특성을 분석하도록 하였다.

추적자용 플럭의 제조는 탁질물질의 원료로 사용된 벤토나이트에 동위원소 Tc-99m을 흡착시키고 이들을 응집제와 반응시켜 제조하였다. 이때 Tc-99m은 음이온성이므로 이것을 벤토나이트에 흡착시키기 위하여는 아래와 같은 전처리를 실시하였다(환경부, 1996).

- (1) SnCl<sub>2</sub>를 HCl에 녹인다.
- (2) Tc-99m에 SnCl<sub>2</sub> 용액을 넣는다.
- (3) NaOH 용액을 Tc-99m에 첨가한다.
- (4) 벤토나이트를 물에 용해 시킨다.
- (5) 용해된 벤토나이트를 Tc-99m 용액에 넣고 교반한다.
- (6) 원심분리 시킨다.

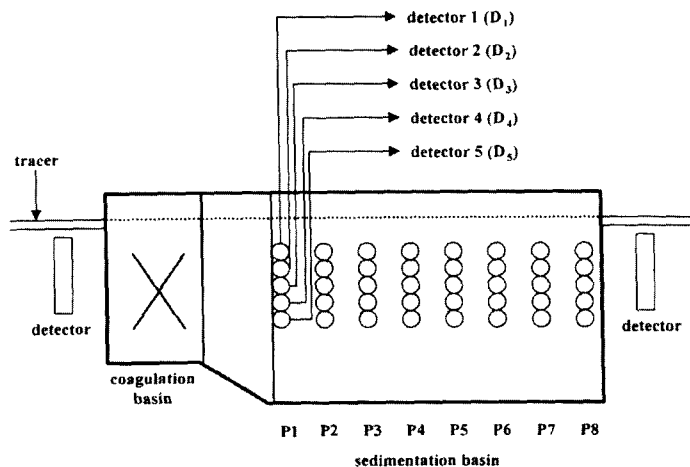


그림 2. 흐름 및 플럭이동 특성 실험을 위한 추적자 설치 위치

(7) 상등액을 분리하고 약간의 물을 첨가한다.

플럭 이동특성실험을 위한 추적자 감지기 설치 위치로는 깊이 방향으로 5지점(D<sub>1</sub>-D<sub>5</sub>)과 길이 방향으로 8지점(P<sub>1</sub>-P<sub>8</sub>)에 설치하도록 하였으며, 플럭화된 추적자가 침전지로 유입되면서 이동하는 특성을 추적하기 위하여 깊이 방향으로 설치되었던 감지기 5개를 1개의 셋트로 묶어 P<sub>1</sub>지점으로부터 P<sub>8</sub>지점을 왕복하면서 매 지점마다 30초동안 동위원소를 측정하였다. 또한, 유량 변화에 따른 플럭의 이동거리에 대한 상대적인 비교를 위하여 침전지 바닥에 대한 동위원소를 측정하였다.

### 3. 실험결과분석

#### 3.1 흐름특성

흐름특성은 동위원소를 주입한후 감지기 설치위치인 P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub> 및 P<sub>7</sub> 위치에 도달한 시간을 측정하여 분석을 실시하였다. 표 2는 동위원소를 투입한 후 침전지 유입부로부터 3cm와 130cm 위치인 P<sub>1</sub>과 P<sub>4</sub>에 설치된 5대씩의 감지기에서 감지된 동위원소의 도달시간을 보여주고 있다. 표 2를 살펴보면 침전지 유입부로부터 3cm 떨어진 P<sub>1</sub> 지점에 도달하는 시간은 거의 동일하여 상, 하부간 최대 2.8min의 차이만을 보이고 있다. 그러나 침전지 유입부로부터 130cm로 떨어진 P<sub>4</sub> 감지기 설치 지점에서는 상, 하부간 18.7min의 차이로 크게

확대되었다.

이와같은 도달시간의 차이로 말미암아 단면내 각 부분에서 유속변화가 심하여 수면하 5cm 부분에서는 7.1cm/min를 나타내고 있지만 수면하 45cm 지점에서는 3.8cm/min로 수표면 유속의 1/2수준에 머무르고 있다. 그러나, 침전지 후면부에서는 전면부와 다른 흐름특성을 보이고 있다. 표 3은 침전지 유입부로부터 130cm 위치와 250cm 위치에서의 동위원소 도달시간을 보여주고 있다.

표 3을 살펴보면 130cm 위치에서는 상, 하부간 동위원소 도달시간에 18.7min의 차이를 보여주었으나 250cm의 위치의 수면근처에서는 62.0min를 나타내었으나 D<sub>5</sub>지점을 제외한 나머지 지점에서는 수면근처에 비하여 0.8-7.4min에 그치지 않아 전반적으로는 유량 도달시간에 차이가 작아졌다. 이와같은 유속의 변화특성 때문에 침전지 후면부에서의 평균 체류시간에 차이가 발생하고 침전지내 유속은 크게 차이가 발생하였다. 즉, 최대유속은 13.3cm/min로 D<sub>4</sub> 위치에서 발생하였으나 최소유속은 7.8cm/min로 D<sub>1</sub> 위치에서 발생하였다. 그림 3은 침전지 입구로부터 3cm (P<sub>1</sub>), 130cm(P<sub>4</sub>), 250cm(P<sub>7</sub>)에 동위원소가 도달한 시간을 보여주고 있다.

그림 3에서 보는바와 같이 P<sub>1</sub>지점에서는 도달시간에 큰 차이가 발생하지 않았지만 P<sub>4</sub>지점에서의 도달시간

표 2. 침전지내 전면부에서의 평균체류시간과 유속

추적자감지기	수면으로부터의 거리 (cm)	동위원소 도달시간(min)		평균체류시간 (MRT, min)	침전지내 유속(cm/min)
		130cm	250cm		
D <sub>1</sub>	5	46.6	62.0	15.4	7.8
D <sub>2</sub>	15	51.9	62.8	10.9	11.0
D <sub>3</sub>	25	56.5	65.6	9.1	13.2
D <sub>4</sub>	35	60.4	69.4	9.0	13.3
D <sub>5</sub>	45	65.3	77.5	12.2	9.8

표 3. 침전지내 후면부에서의 평균체류시간과 유속

추적자감지기	수면으로부터의 거리 (cm)	동위원소 도달시간(min)		평균체류시간 (MRT, min)	침전지내 유속(cm/min)
		3cm	130cm		
D <sub>1</sub>	5	28.7	46.6	17.9	7.1
D <sub>2</sub>	15	29.5	51.9	22.4	5.7
D <sub>3</sub>	25	30.0	56.5	26.5	4.8
D <sub>4</sub>	35	30.5	60.4	29.9	4.2
D <sub>5</sub>	45	31.5	65.3	33.8	3.8

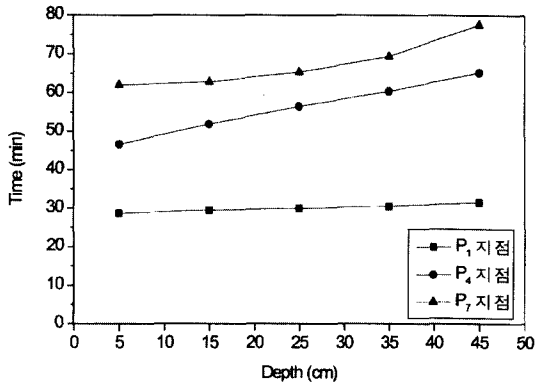


그림 3. 침전지내 동위원소의 도달시간

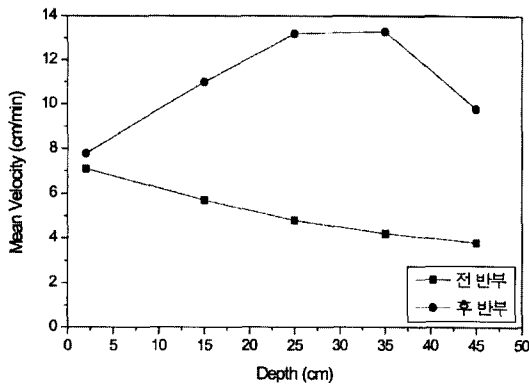


그림 4. 침전지 전, 후반부에서의 평균유속

은 크게 차이가 발생하고 있다. 즉, 침전지 상부에서의 유속이 하부에 비하여 상당히 크다. 그러나, P<sub>7</sub>지점에서는 도달시간의 차이가 P<sub>4</sub>지점에 비하여 오히려 작아지고 있다.

그림 4는 침전지 전반부와 후반부에서의 평균 유속을 보여주고 있다.

그림 4에서 보는바와 같이 전반부에서는 수표면 근처의 유속이 상당히 크지만 후반부로 가서는 침전지내 중반부에서의 유속이 크게 빨라진다.

### 3.2 플럭의 이동특성

#### 3.2.1 유량변화에 따른 플럭의 이동

침전지에서의 유량변화는 침전지 체류시간의 변화를 의미하고 침전지내 체류시간이 변화되면 플럭의 이동 거리에 영향을 미치게 된다. 유량변화에 따른 플럭의 이동에 관한 실험을 0.8m<sup>3</sup>/hr, 1.44m<sup>3</sup>/hr 및 2.0

m<sup>3</sup>/hr의 유량을 이용하여 실시하였다.

유량변화에 대한 플럭이동 실험은 침전지 하단에 침전되어 있는 슬러지 속에 포함된 동위원소의 양을 측정하는 방법과 침전지내 각 지점에서 시간에 따른 동위원소의 양을 측정하는 방법을 사용하였다.

그림 5-7은 3개의 유량에 대하여 침전지 하단에 침전된 슬러지에 포함되어 있는 동위원소의 양을 보여주고 있다.

그림 5-7에서 수평축의 숫자는 침전지의 위치를 보여주고 있다. 즉, 그림에서의 숫자 1은 P<sub>1</sub>지점을, 숫자

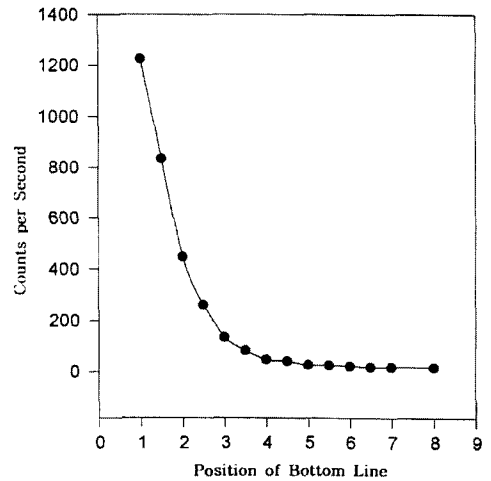


그림 5. 침전된 슬러지에서 측정된 동위원소의 양의 변화(유량 0.8m<sup>3</sup>/hr)

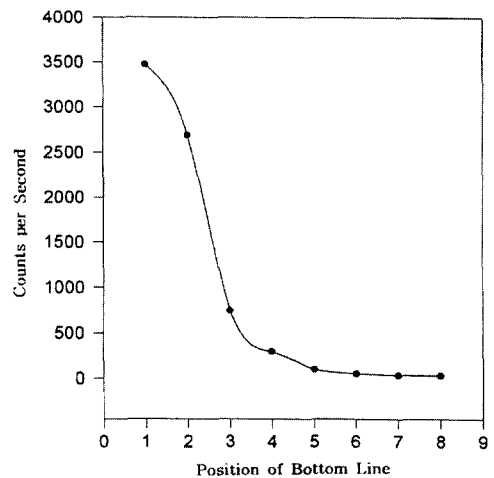


그림 6. 침전된 슬러지에서 측정된 동위원소의 양의 변화(유량 1.44m<sup>3</sup>/hr)

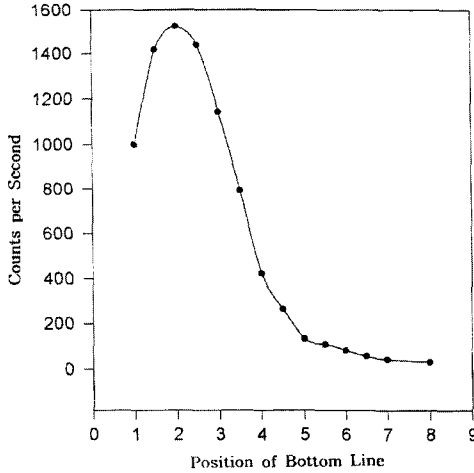


그림 7. 침전된 슬러지에서 측정된 동위원소의 양의 변화(유량  $2.0\text{m}^3/\text{hr}$ )

8은 P<sub>8</sub>지점을 나타내며 수직축의 숫자는 1초당 감지되는 동위원소의 숫자를 나타낸다.

그림 5에서 보느냐와 같이  $0.8\text{m}^3/\text{hr}$ 의 유량의 경우 P<sub>1</sub>지점에서 동위원소가 가장 많이 검출되어 적은 유량의 경우 침전지 입구에서 제거되는 플럭이 가장 많고 P<sub>4</sub>지점을 지나서는 검출되는 동위원소가 거의 없을 것을 볼 때, 플럭은 침전지 전반부에서 거의 제거되는 것을 알 수 있다. 그림 6에서  $1.44\text{m}^3/\text{hr}$ 의 유량의 경우  $0.8\text{m}^3/\text{hr}$ 의 유량과 같이 P<sub>1</sub>지점에서 최대 동위원소가 검출되나 검출되는 동위원소가 P<sub>5</sub>지점까지 계속

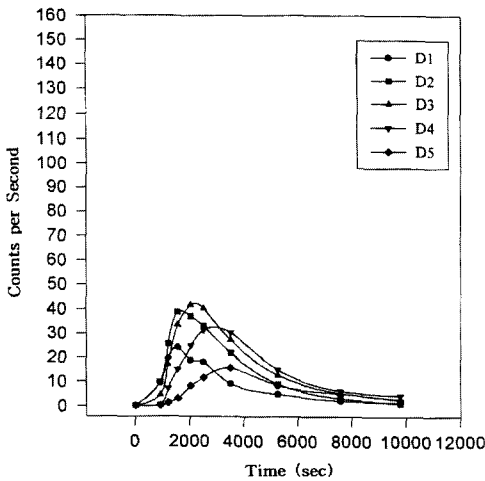


그림 8. 침전지내 P<sub>4</sub>지점에서 시간별 동위원소량의 변화(유량  $0.8\text{m}^3/\text{hr}$ )

되어 유량이 커질수록 플럭의 이동거리가 커짐을 알 수 있다.

그러나, 그림 7에서 보느냐와 같이 유량이 더욱 커지는 경우 검출되는 최대 동위원소량은 P<sub>1</sub>지점이 아니라 P<sub>2</sub>와 P<sub>3</sub>지점 사이에서 검출되고 있어 유량이 상당히 커질때는 플럭의 이동거리가 훨씬 길어지는 것을 알 수 있으며 제거되는 플럭은 P<sub>7</sub>지점까지 들어나는 것을 알 수 있다. 이와같은 실험을 통하여 유량변화에 따라 플럭의 이동거리가 크게 달라짐을 알 수 있다.

그림 8-10은 침전지내 흐름방향으로 130cm 위치

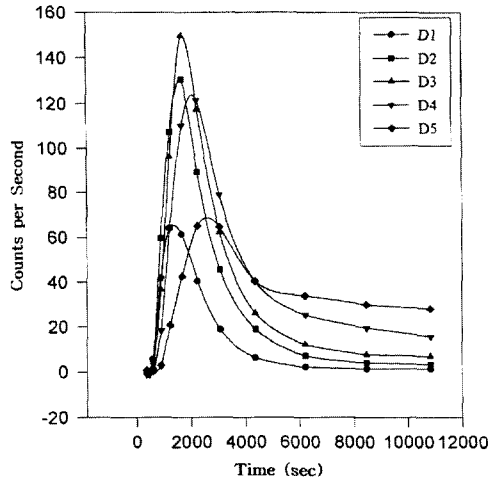


그림 9. 침전지내 P<sub>4</sub>지점에서 시간별 동위원소량의 변화(유량  $1.44\text{m}^3/\text{hr}$ )

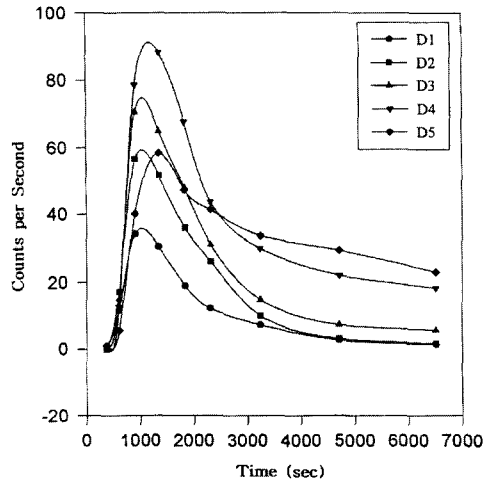


그림 10. 침전지내 P<sub>4</sub>지점에서 시간별 동위원소량의 변화(유량  $2.0\text{m}^3/\text{hr}$ )

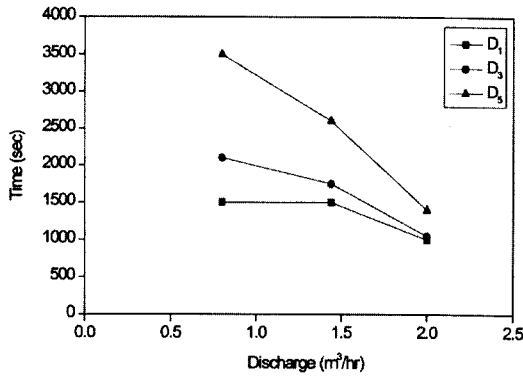


그림 11. 유량별 동위원소의 통과시간

(P<sub>4</sub>)에서 각각의 유량에 있어서 시간에 따라 검출되는 동위원소의 양을 비교한 것이다.

그림 8-10에서 침투부하일때의 시간은 투입된 플럭이 각 지점을 통과하는 시간이라 할 수 있다. 그림 8에서 침투부하가 통과하는 시간은 그림 9와 그림 10에 비하여 긴 것을 알 수 있으며 유량이 커질수록 침투값에 이르기나 침투에 이른 후 줄어드는 경사가 상당히 급함을 알 수 있어 침투시간 부분에서 제거되는 율은 많으나, 전체적으로는 유량이 증가함에 따라 제거되는 비율이 점차 감소하여 유량 2.0m<sup>3</sup>/hr의 경우 침투값의 1/3 정도가 지속적으로 남아 있는등 침전제거 효율이 낮음을 알 수 있다. 또한 그림 8-10에서 침전지의 상단부를 나타내는 D<sub>1</sub>이나 D<sub>2</sub>가 하단을 나타내는 다른 지점보다 침투에 이르는 시간이 빠른 것을 볼 때 상단부의 유속이 하단부보다 빠른 것을 알 수 있다.

그림 11은 상단부인 D<sub>1</sub>과 D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>지점에서 유량의 변화에 따라 침투에 이르는 시간을 보여주고 있다.

그림 11에서 보는바와 같이 유량이 증가할수록 통과 시간은 감소하며 상부지점인 D<sub>1</sub>의 통과시간이 D<sub>3</sub>나 D<sub>5</sub>에 비하여 빠르다. 특히 유량이 증가할수록 D<sub>3</sub>와 D<sub>5</sub> 지점간의 통과시간에 큰 차이가 발생하고 있다.

### 3.2.2 침전지 깊이에 따른 플럭의 이동특성

응집지에서 형성된 플럭은 침전지를 통과하면서 침전제거 된다. 본 연구에서는 침전지 깊이에 따라 이동되는 플럭의 정도를 파악하였다. 그림 12는 침전지내 각 지점에서 검출되는 동위원소량을 이용하여 나타낸 침전지 깊이에 따른 플럭의 이동정도를 보여주고 있다.

그림 12는 유량 1.44m<sup>3</sup>/hr의 경우 각 위치에서 발생하는 최대 동위원소량을 기준으로 각각의 깊이에 대

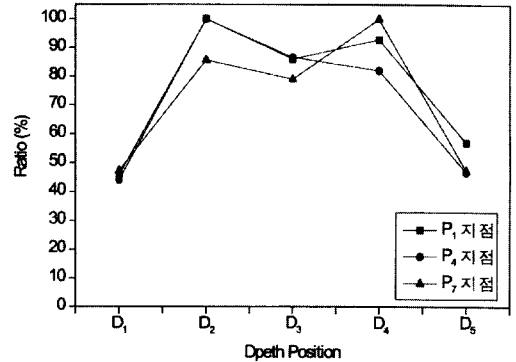


그림 12. 침전지 깊이 위치에 따른 플럭 이동량의 비교

하여 검출된 동위원소량에 관한 비율을 보여주고 있다. 그림에서 보는바와 같이 P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub> 및 P<sub>7</sub> 위치에서 최대 플럭은 D<sub>2</sub>, D<sub>4</sub> 위치에서 검출되고 있고 상류부인 D<sub>1</sub> 지점에서는 D<sub>2</sub>나 D<sub>4</sub>의 1/2에 불과하다. 특히 최대 플럭은 P<sub>1</sub>과 P<sub>4</sub> 지점에서는 15cm 깊이인 D<sub>2</sub> 위치에서 검출되고 있으나 P<sub>7</sub> 지점에서는 35cm 깊이인 D<sub>4</sub> 지점에 검출되고 있어 플럭이 점차 침강되고 있는 특성을 잘 나타내고 있다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 방사성 동위원소를 이용하여 침전지내 유속 및 플럭의 이동 특성을 분석하였다. 실험을 위하여 정수장에 설치된 pilot plant가 이용되었으며, pilot plant는 혼화, 응집, 침전 및 여과의 기본처리공정을 구성하였으며, 흐름측정을 위하여는 Tc-99m 동위원소가 이용되었으며 플럭의 이동특성을 위하여는 벤토나이트에 Tc-99m 동위원소를 흡착시킨 재료가 사용되었다.

실험은 침전지내 유속 특성 실험과 플럭의 이동 특성 실험등 2가지로 구분하여 실시하였으며 침전지내 유속 특성 실험을 통하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째로, 침전지 전반부에서의 유속분포는 불균일하며 수면부분에서 가장 빠르고 하단부로 갈수록 느린 경향을 보이나 침전지 후반부에서는 수표면에서 깊이방향으로 유속이 점점 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보인다.

둘째로, 침전지의 전반부와 후반부의 유속분포 특성이 다르게 나타나고 있음에도 불구하고 전반적으로는

침전지 상단의 이동속도가 침전지 하단의 이동속도에 비하여 훨씬 빠르게 나타나고 있다. 즉, 혼화지를 통과한 물이 응집지를 거쳐 침전지를 지날 때, 침전지내 도달시간은 수면으로부터 침전지 바닥방향으로 갈수록 증가하는 경향을 나타내고 있다.

또한, 침전지내 플럭의 이동경로 실험을 통하여 아래와 같은 결론을 도출하였다.

첫째로, 유량이 증가 할수록 동위원소가 침투값에 이르는 시간이 빨라지는 것을 알수 있다. 그러나, 유량이 많을수록 제거되는 비율이 점차 감소하여 유량이 2.0m<sup>3</sup>/hr의 경우 침투값의 1/3정도가 지속적으로 남아 있는등 침전 제거효율이 낮음을 알수 있다.

둘째로, 침전지 깊이에 따라 검출되는 동위원소의 량이 상이하다. 특히나, 검출되는 최대 플럭은 침전지 앞부분에서는 침전지 속 15cm 지점에서 발견되나 뒷부분에서는 35cm 지점까지 이르는 등 동위원소를 이용하여 플럭의 침강 특성을 잘 나타내고 있다.

셋째로, 침전지 입구부분에서는 수표면이나 하부보다는 수표면에서 조금 떨어진 지점으로 부터 중간부분에 이르기까지 플럭의 밀도가 크게 나타나고 있으며, 침전지내 유량이 증가할수록 침전제거 효율은 감소되는 경향을 보인다.

### 감사의 글

본 연구는 G-7환경공학기술개발사업의 지원과제로 수행되었으며 연구비 지원에 깊은 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

최계운, 광창호 (1992). "침전지 유출웨어 형태에 따

른 침전효율 비교." 수자원기술정보, 제10호, 한국수자원공사. pp. 40-59.

한국수자원공사 (1992). 정수처리 능력 향상에 관한 연구.

환경부 (1996). 고도정수기술, 기존 정수장 효율향상 기술(부록).

AWWA (1990). *Water quality and treatment. A Handbook of Community Water Supplies*, 4th edition, McGraw Hill Inc.

Camp, T. R. (1946). "Sedimentation and the design of settling tanks." *ASCE*, Vol. 111, No. 2285, pp. 895-958.

Hudson H. E., Jr. (1972). "Density considerations in sedimentation." *Journal of AWWA*, Vol. 64, No. 6, pp. 382-385.

Lyn, D. A., Stamou, A. I., and Rodi, W. (1992). "Density currents and shear-induced flocculation in sedimentation tanks." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 118, No. 6, pp. 849-867.

Montgomery, J. M. (1985). *Water treatment principles and design*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.

Moursi, S. M. et al. (1995). "Experimental studies of heavy radial density current." *Journal of Environmental Engineering*, pp. 920-929.

(논문번호:98-081/접수:1997.10.09/심사완료:1999.03.04)