

매립지 침출수가 수환경에 미치는 영향에 관한 연구⁺

-난지도 매립지 사례를 중심으로-

박석순 · 박재우 · 정미훈 · 이지미 · 조경숙 · 이승묵

이화여자대학교 환경공학과

A Study on the Impact of Landfill Leachate on the Water Environment⁺

- A case study of Nanji landfill -

Park, Seok Soon · Park, Jae Woo · Jeong, Mi Hoon
Lee, Ji Mi · Cho, Kyung Sook · Yi, Seung Mook

Department of Environmental Science and Engineering, Ewha Womans University

Abstract

Until 1993, Nanji landfill has been the main solid waste treatment facility for Seoul, which is the capital of Korea. Since the landfill has not been properly lined, soil and ground water around the landfill has been contaminated. Due to the proximity, it has been speculated that the water quality of the Han River would have been also influenced by the leachate. In order to illuminate this, HELP model to estimate the quantity of the leachate from Nanji landfill and RMA model to simulate the change of water quality in Han River were applied in this research. The result indicates that the quantity of leachate from Nanji landfill has been overestimated by previous works and it was due to the failure to consider the water storage capacity of the landfill. The effect from Nanji landfill leachate on the water quality, in terms of COD input, proves to be smaller than those from other tributaries and influents to the River and the effect is larger when the flow of the River is reversed due to the tide.

keywords: landfill leachate, HELP model, RMA model, Han River

⁺ 본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단 지역개발연구사업에 지원을 받아 수행되었음.

I. 서론

근래에 와서 건설된 매립지는 대부분 위생 매립지인 반면 과거에 국내에서 조성된 대부분의 매립지는 환경오염방지 측면을 전혀 고려하지 않은 비위생 매립지이어서 이들의 심각한 환경오염이 사회적인 문제로 대두되고 있다. 비위생 매립지는 지하수오염, 화재, 폭발, 악취 등의 2차 오염을 유발시키고 매립토지를 황폐화하기 때문에 매립 완료 후 효율적인 토지 이용에 어려움이 있다. 특히 매립지 내부로 유입되는 우수가 매립층을 통과하면서 여러 가지의 오염물질을 용출시키며 발생하는 침출수는 매립지 주변의 지하수 및 지표수계를 심각하게 오염시킬 수 있다.¹⁾²⁾⁶⁾⁸⁾

난지도 매립지는 서울특별시 마포구 상암동 일대에 위치하여 과거 15년(1978. 3-1993. 3) 동안 서울시에서 발생한 폐기물이 매립·처분됨으로써 폐기물 방지로 인한 도시환경문제를 해결하는데 크게 기여하였다. 그러나 환경오염에 대한 인식부족으로

로 비위생 매립되어 주변환경에 악영향을 주었다.

본 연구는 그 침출수가 바로 주변에 위치한 한강의 수질에 미치는 영향을 매립지 침출수 산정 모델과 한강 수질 모델을 이용하여 알아보고자 하는 것을 목적으로 한다.

특히 난지도 매립지 주변에는 2002년 월드컵 축구 주경기장이 건설될 지역이어서 난지도 매립지가 주위 환경에 미치는 영향에 대한 면밀한 분석이 필요하고, 그동안 단편적으로 제기되어 왔던 난지도 매립지의 한강 수질에 대한 영향문제를 직접 컴퓨터 모델을 이용하여 실험하여 본다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

II. 연구방법

1. 매립지 침출수 산정 모델

침출수는 대부분 경우가 매립지 표면으로부터 매립지 내부로 유입하여 발생한다(그림 1). 그리

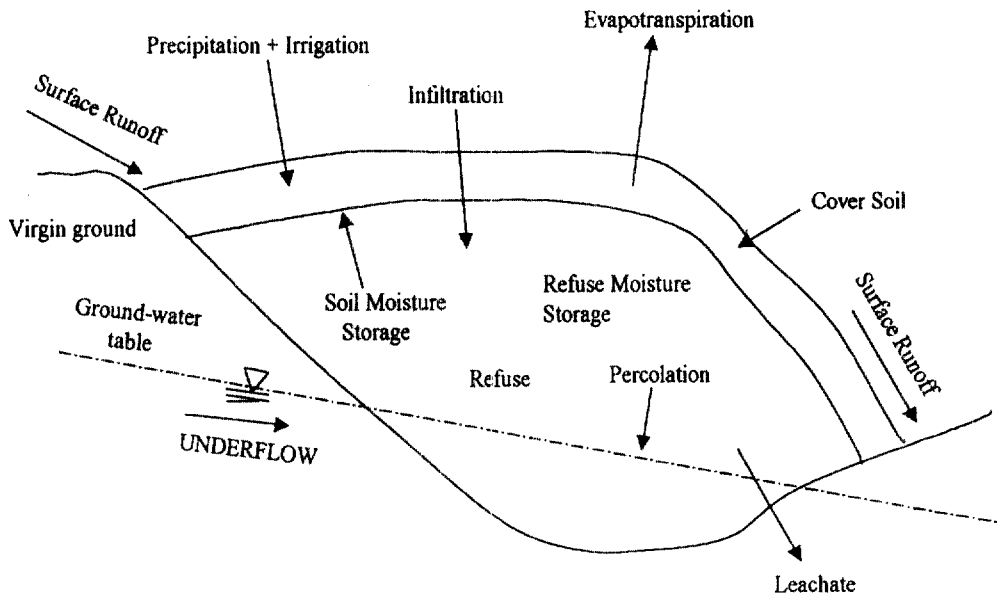


그림 1. 매립지 내의 물 수지

고 일반적인 매립지에서 침출수 발생에 영향을 미치는 주요 인자들은 강우량, 표면 유출량, 증발산량 등이다. 강우는 유출수, 침투수와 증발산되는 부분으로 나눌 수 있고, 침투수는 쓰레기 층을 통과하면서 오염되고 이들이 지하수 층에 도달하면 지하수와 혼합되어 지하수를 오염시킨다. 이러한 침출수의 발생량 변화의 추이는 토양과 쓰레기 층의 수분보유능력에 따라 변화한다.¹¹⁾

물수지식에 근거한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 좀더 신속하게 침출수 발생량을 산정하려는 시도가 많이 있었으며, 매립지 침출수 발생량 산정을 위해 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 이용한 연구는 Lutton et al(1979)이 미국 농업국에서 개발한 Hydrograph Laboratory 모델을 실제 매립지에 적용하면서 시작되었다. 본 연구에서는 침출수 발생량 산정을 위한 모델로서 Hydraulic Evaluation for Landfill Performance(HELP)를 사용하였다. HELP 모델은 매립지 내부로의 유입량을 매립지

표면 복토의 경사, 식생 등에 따라 모사할 수 있고 차수층의 재질도 고려할 수 있기 때문에 위생 매립지의 설계뿐만 아니라 비위생 매립지 최상부 층의 다양한 현장 조건을 고려할 수 있는 장점이 있다. <그림 2>는 HELP 모델에서 고려할 수 있는 매립지의 단면을 보여준다.¹⁶⁾¹⁷⁾

본 연구에서 사용된 HELP 모델 버전3.05는 이전의 버전들이 고려하지 않았던 매립지 내의 저수용량(water storage)를 고려한다. 실제로 매립지 내로 유입된 물이 즉시 매립지의 layer들을 수직으로 통과하여 침출수로 발생하는 것은 아니다. 실제로 유입된 물은 우선 각층의 한계용량(field capacity)에 이를 때까지 매립지 층내에서 보유되었다가, 한계용량을 초과하게 되면 본격적으로 침출되게 된다. 따라서 유입된 물이 침출수로 모두 빠져나오기 위해선 한계용량에 도달할 수 있을 만큼의 시간이 요구된다. 3.05버전에서는 시간을 세분화하므로써 물의 이동을 더 자연스럽게

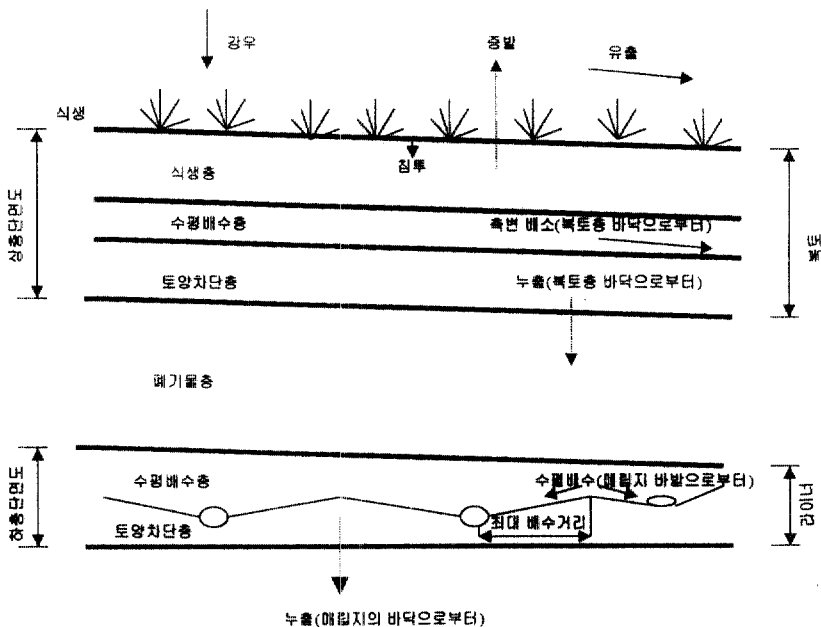


그림 2. HELP model에서 고려할 수 있는 매립지 단면도 (Schroeder et al. 1984)

묘사 할 수 있게 했고 이에 따라 저수용량의 항을 고려하게 되어 보다 실제적인 침출수의 매립지내에서의 거동을 시뮬레이션할 수 있게 되었다.¹¹⁾¹⁷⁾ 따라서 과거 모델을 이용하여 산정한 침출수 량보다는 작은 값의 연평균 침출수 발생량을 얻게 된다. 즉 그 동안의 버전은 시간 간격을 크게 잡았기 때문에 결과적으로 매립지의 field capacity에 빨리 도달하게 되어 매립지는 단시간에 포화되게 되고 침출수가 발생하는 시간이 앞당겨 지게 된다. 결과적으로 그 동안의 침출수 발생량 산정은 실제 침출수 발생량을 과대 평가했던 것으로 보인다.

2. 침출수 발생량 산정

난지도 매립지의 침출수 발생량 산정을 위하여 기상 자료는 기상청의 1983년부터 1997년까지의 강우량, 일조량, 기온 자료를 이용하였고 매립지내의 층 구분은 난지도 안정화공사 기본 계획 보고서(참고하였으며 <표 1>, 그 외의 토양 입력

표 1. 난지도 안정화 공사기본 계획 보고서를 토대로한 매립지 층구분

| 층 구 분 | 높이(m) |
|--------|-------|
| 표 토 층 | 3 |
| 상부폐기물층 | 52 |
| 포화폐기물층 | 32 |
| 하 부 층 | 27 |

자료는 <표 2>에 나타내었다.⁶⁾

3. 수질모델의 원리

본 연구에 사용된 RMA-2/RMA-4 모델은 수체 이동 방향과 세기 예측 및 그에 따른 수질 변화를 예측할 수 있도록 미국 공병단에서 개발한 모델이다.¹⁰⁾¹⁵⁾ 유한 요소법(Finite Element Method)으로 계산하고 경계조건을 정상상태 또는 동적인 상태의 수위나 수량변화로 주어질 수 있도록 프로그램 되어 하천을 비롯하여 항만이나 하구 및 얕은 호수에도 적용될 수 있다.

RMA-2 모델은 정상상태(steady state) 또는 비정상상태(nonsteady state)에서 물의 흐름 및 수위 변화를 계산할 수 있는 모델로, 물질수지(Mass Balance)원리에 바탕을 둔 연속방정식(Continuity Equation)과 운동량 수치(Momentum Balance)원리에 기초한 운동방정식(Equation of Motion)을 유한요소법으로 풀이한 2차원 모델이다. 연속방정식에서 시간에 따른 수위 변화에 대한 식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (uh)}{\partial x} + \frac{\partial (vh)}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (1)$$

여기서, x는 x축상 거리[L], u는 x축 방향의 수평 유속[L/T], y는 y축상 거리[L], v는 y축 방향의 수평 유속[L/T], h는 수심[L], 그리고 t는 시간[T]이다. 또한 운동방정식은 x와 y방향으로 다음 식과 같이 표현된다.

표 2. HELP 모델 Default값을 토대로 한 토양입력 자료

| Parameter | Layer1 | Layer2 | Layer3 | Layer4 |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Thickness(inch.) | 118.11 | 2047.20 | 1240.2 | 1102.4 |
| Porosity (Vol/Vol) | 0.4730 | 0.5010 | 0.4530 | 0.437 |
| Field Capacity (Vol/Vol) | 0.2220 | 0.284 | 0.19 | 0.1050 |
| Wilting Point (Vol/Vol) | 0.1040 | 0.135 | 0.085 | 0.047 |
| Initial Soil Water Content (Vol/Vol) | 0.2509 | 0.2897 | 0.1901 | 0.1053 |
| Effective Saturated Hydraulic conductivity (cm/sec) | 0.52E-3 | 0.19E-3 | 0.72E-3 | 0.17E-2 |

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\epsilon_{yx}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left(\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\epsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots\dots\dots (3)$$

여기서, g는 중력 가속도[L/T²], a₀는 고도[L], ρ는 수체의 밀도[M/L³], ε_{xx}는 x축 방향으로의 normal turbulent 교환계수[M/(TL)], ε_{xy}는 x축 방향으로의 tangential turbulent 교환계수[M/(TL)], ε_{yx}는 y축 방향으로의 tangential turbulent 교환 계수[M/(TL)], ε_{yy}는 y축 방향으로의 normal turbulent 교환 계수[M/(TL)], 그리고 C는 Chezy 조도 계수[L^{2/3}/T]이다. Turbulent 교환 계수는 eddy viscosity라고 부르며 대부분의 경우 앞에서 제시된 네가지 모두 동일한 값을 갖는다.

오염 물질이 하천으로 유출되었을 경우 하천내에서 일어나는 공간적 수질 분포는 운반, 수체의 와류와 분자운동에 따른 확산현상, 중력에 의한 침강 또는 사멸 현상에 의해 결정된다. RMA-4모델은 RMA-2의 시뮬레이션 결과에 기초하여 오염 부하량과 위치, 그리고 중력에 의한 침강 등을 고려하여 시간에 따른 수질 분포를 예측한다. RMA-4모델의 기본식은 2차원의 이류 및 확산식(convection-diffusion equation)으로 다음과 같다.

$$h \left(\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} - D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \sigma + kC \right) = 0 \dots\dots\dots (4)$$

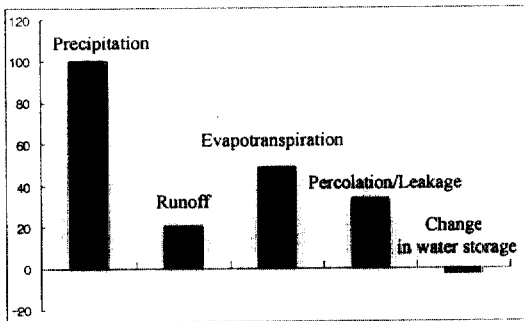


그림 3. HELP model 시뮬레이션 결과에 따른 난지도 매립지의 물수지

표 3. HELP model 시뮬레이션 결과에 따른 난지도 매립지 물수지 분포

| | m | m ³ | Percent |
|-----------------------------|--------|----------------|---------|
| Precipitation | 0.121 | 2,570,365.983 | 100 |
| Runoff | 0.025 | 528,880.484 | 20.58 |
| Evaporation | 0.059 | 1,247,971.386 | 48.55 |
| Per/Leakage through Layer 4 | 0.041 | 867,471.446 | 33.75 |
| Change in Water Storage | -0.035 | -73,808.585 | -2.88 |

침출수 발생량 : 867,471.446m³/yr

여기서 x는 x축상 거리[L], u는 x축 방향의 수평 유속[L/T], y는 y축상 거리[L], v는 y축 방향의 수평 유속[L/T], h는 수심[L], t는 시간[T], c는 오염물질의 농도[M/L³], D_x는 x축 방향으로의 난류 확산계수[L²/T], D_y는 y축 방향으로의 난류 확산계수[L²/T], σ는 오염물질의 source나 sink[M/(TL²)], 그리고 k는 오염물질의 사멸 계수[1/T]이다.

4. 수질모델의 적용

(1) 지형 및 입력자료

잠실수중보와 신곡수중보 사이 40km구간을 대상경계로 설정하였으며, 길이방향으로 250m 내의, 너비방향으로 100m 내외로 격자망을 구성하였다. RMA-2와 RMA-4 모델 원리에 적합하게 <그림 4>와 같이 1324개의 Node와 394개의 Element로 분할하였으며, 지형은 한강관리사업소의 한강수로 조사 용역 보고서에 제시된 한강 대횡단 좌표 및 한강평면도를 이용하였고 입력된 수심은 기준면으로부터 높이로 환산하여 입력하였다.⁵⁾⁷⁾¹⁰⁾

<그림 5>와 같이 잠실 수중보에서의 분류 유량

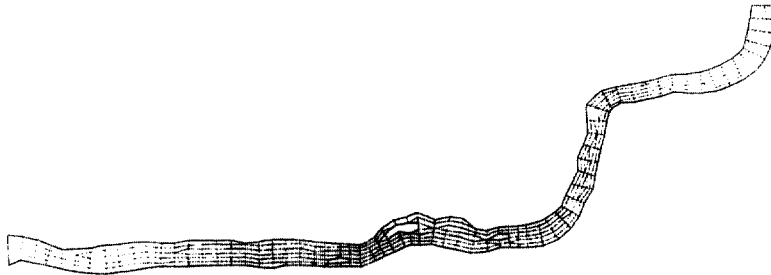


그림 4. 모델 대상지역인 잠실수중보와 신곡수중보 구간의 격자망 구성

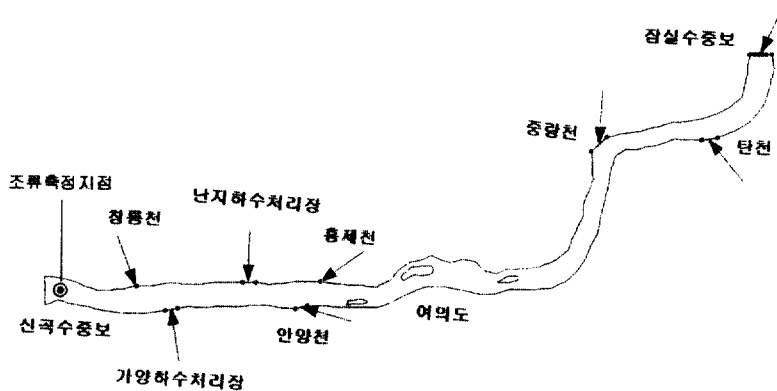


그림 5. 모델에 적용된 유입 지천 및 하수처리장

표 4. 각 지천과 하수처리장에서의 한강 본류 유입량

| 지 점 | 유입량(+), 취수량(-) (m ³ /sec) | 한강본류유량 (m ³ /sec) |
|----------|---|---------------------------------|
| 팔 당 댐 | 289.2 | 289.20 |
| 왕 숙 천 | 0.96 | 290.16 |
| 암사취수장 | -15.28 | 274.88 |
| 구의취수장 | -13.08 | 261.80 |
| 일산취수장 | -1.74 | 260.06 |
| 자양취수장 | -15.05 | 245.01 |
| 풍납취수장 | -8.10 | 236.91 |
| 잠실수중보 | | 236.91 |
| 탄 천 | 11.67 | 245.58 |
| 중랑천 | 19.64 | 268.22 |
| 반포천 | 0.01 | 268.23 |
| 홍제천 | 0.03 | 268.26 |
| 안양천 | 2.6 | 270.86 |
| 난지도하수처리장 | 8.66 | 279.52 |
| 가양하수처리장 | 21.78 | 301.30 |
| 창릉천 | 0.13 | 301.43 |
| 신곡수중보 | | 301.43 |

과 5개 지천 및 2개의 하수처리장에서 유입을 경계조건으로 주었으며, 신곡수중보에서의 조위 값을 경계조건으로 입력하였다. 유량은 <표 4>에 제시한 물수지 분석 결과를 이용하여 일정하게 적용하였고, 조위는 실측값을 바탕으로 1시간 간격의 시변화 상태로 주어졌다.³⁹⁾

(2) 오염원별 부하량 및 수질 관측자료

한강 수질변화 모델을 적용하는데 이용된 각 하수처리장과 지천의 COD 농도와 부하량은 <표 5>와 같다. 난지도 침출수에 의한 부하량은 지점별 유출농도의 변화 범위가 크기 때문에 고농도, 중간농도, 저농도의 값으로 구분하여 적용하였으며, 난지도 안정화공사 기본 계획 보고서에 제시된 농도를 이용하였다. 침출수 발생량은 모델을 이용하여 얻은 값을 이용하였으며 침출수의 100%, 70%, 30%가 한강으로 유입될 경우를 가정

표 5. 각 지천 및 하수처리장 방류수의 COD 농도 및 부하량

| 지 점 | COD (mg/l) | 유입 유량 (m ³ /sec) | COD부하량 (kg/day) |
|----------|------------|-----------------------------|-----------------|
| 탄 천 | 6.8 | 11.67 | 6,856.358 |
| 중랑천 | 14.6 | 19.64 | 24,774.682 |
| 홍제천 | 12.0 | 0.03 | 31.104 |
| 안양천 | 10.7 | 2.60 | 2,403.648 |
| 난지도하수처리장 | 10 | 8.66 | 7,482.240 |
| 가양하수처리장 | 11.5 | 21.78 | 21,640.608 |
| 창릉천 | 6.5 | 0.13 | 73.008 |

표 6. 난지도 침출수의 농도 및 부하량

| | 농도 [mg/l] | 부하량[kg/day] | | |
|-------|-----------|-------------|--------|--------|
| | | 100% 유입 | 70% 유입 | 30% 유입 |
| 고 농 도 | 1,500 | 3,564 | 2,495 | 1,069 |
| 중간농도 | 770 | 1,830 | 1,281 | 549 |
| 저 농 도 | 540 | 1,283 | 898 | 385 |

하여 입력하였다. 사용된 농도 및 부하량은 <표 6>에 제시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 난지도 매립지 침출수량

HELP 모델 시뮬레이션 결과는 <표 3>과 같다.

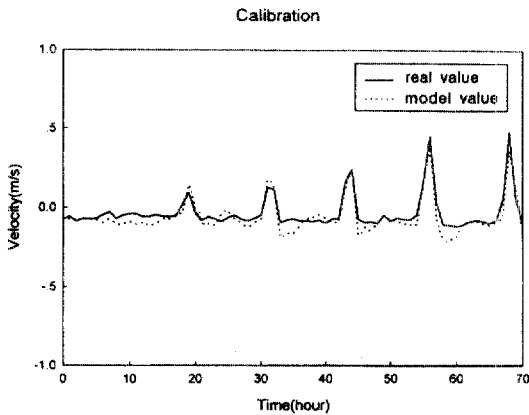


그림 6. 조류속을 이용한 모델 보정 결과

본 연구에서 모사한 매립지의 모델 결과에 따르면 지금까지 보고된 내용과는 달리 그 동안은 그렇게 많은 양의 침출수는 발생하지 않았으나, 이것이 침출수가 주위 환경에 미치는 영향이 없다는 것은 아니다.

2. 수리모델 보정 및 검증

신곡수중보에서의 조류 변화자료를 이용하여 모델 계수를 보정하였다.⁹⁾¹²⁾¹³⁾ Manning 계수는 0.025로 하였으며 Turbulent Exchange Coefficient는 7000 N · sec/m²을 적용하였다.¹⁰⁾ <그림 5>의 측정 지점에서 조류 측정값과 모델 보정결과를 비교하여 <그림 6>에 제시하였다. 보정 결과에서 알 수 있듯이 모델결과와 측정치가 매우 유사하게 나타났으며 수리현상이 잘 재현되었음을 알 수 있다. 보정된 모델에 새로운 경계조건을 입력하여 예측결과와 측정결과를 비교하였으며, 이 때 유량조건은 보정시와 동일하게 두고, 조위값을 달리하여 적용하였다. <그림 7>에 제시된 바와 같이 검증시에도 예측결과와 측정결과가 유사하게 나타났다.³⁾⁴⁾⁹⁾

보정 검증된 계수를 이용하여 재현한 한강의 수리결과는 <그림 8>와 같으며, 하루에서의 조위에 의한 영향으로 창조시에는 탄천까지 역류하는

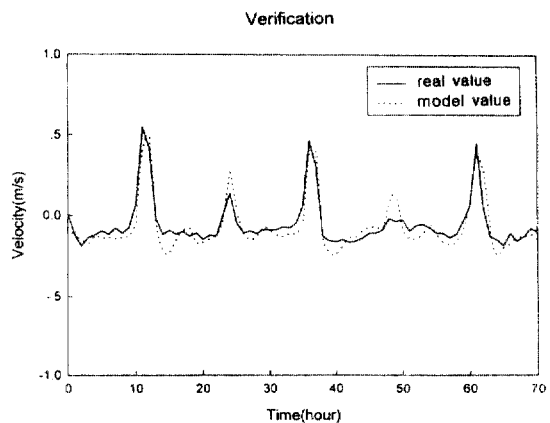


그림 7. 조류속을 이용한 모델 검증 결과

흐름이 나타난다. 역류시에는 상류로부터 하류방향으로의 흐름과 역류하는 흐름이 서로의 흐름을 상쇄시켜 하류방향으로 흐를 때에 비하여 유속이 많이 낮은 것으로 나타났다.³⁾⁴⁾⁹⁾

3. 난지도 침출수에 의한 영향

재현된 수리모델 결과를 이용하여 난지도 침출수가 한강에 미치는 영향에 대하여 예측하였다. <표 5>에 제시된 COD 부하량을 각 지천으로부터의 한강 유입부에 적용시키고, 난지도 침출수 부하량은 <표 6>에서와 같이 9가지 경우에 대하여 모델예측을 실행하였으며 비교를 위하여 난지도 부하가 이루어지지 않은 경우도 함께 예측하였다.³⁾⁴⁾⁵⁾¹⁴⁾

수질예측시 사용된 사멸계수는 대상 하천에 적합한 0.1/day이었으며, 확산계수는 유속 및 수심, 그리고 격자크기가 고려될 수 있는 다음 식에 의해 계산되도록 하였다.³⁾¹⁵⁾¹⁸⁾

$$E = K_1 (K_2 Du_* + 10^{-5} l^2) \dots \dots \dots (5)$$

여기에서 l 은 격자크기, K_1 및 K_2 는 상수, D 는

수심, u_* 는 전단속도이다.

각 지천과 난지도로부터 연속 부하를 하였으며 한강내의 수질이 정상상태를 이룬 후의 결과를 <그림 9>~<그림 12>에 나타내었다.

한강은 하류부에서 창조시에 조위의 영향을 받아 탄천까지 물이 역류하는 흐름을 갖게 되기 때문에 하류방향으로 흐를때와 역류시의 농도분포도 차이를 나타내게 된다. 따라서 두 가지 경우의 농도 분포 결과를 모두 제시하였다.

한강흐름이 역류할 때의 결과를 살펴보면, 난지도 침출수의 부하 없이 각 지천과 하수처리장으로부터의 부하만을 가정한 경우에 있어서는 가양 하수처리장 부근에서 최고 28mg/l의 농도 증가가 있는 것으로 나타났으며, 난지도 중간부근에서 20mg/l의 농도증가가 이루어지는 결과를 보였다. 여기에 난지도 침출수가 유입되면 최고 농도도 더 크게 나타나며, 난지도 주변의 전반적인 농도 증가를 보인다. 침출수를 고농도로 설정한 경우 발생 침출수의 100% 가 한강으로 유입시에는 가양하수처리장 부근에서 최고 30mg/l의 농도 증가를 나타내고 난지도 중간 부근의 농도도 침

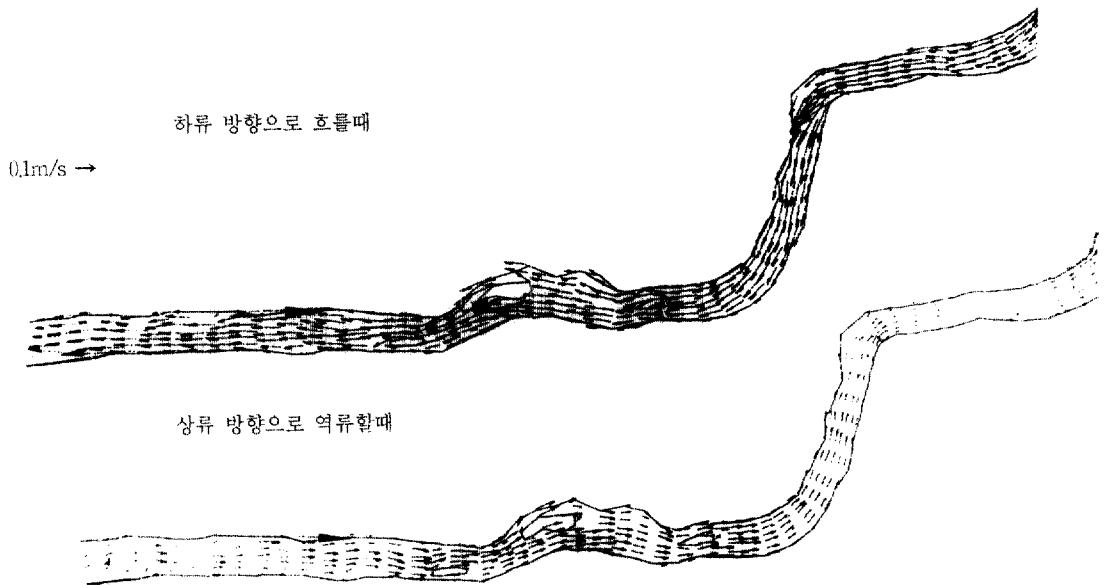


그림 8. 한강의 수리 예측 결과 상류 방향으로 역류할 때

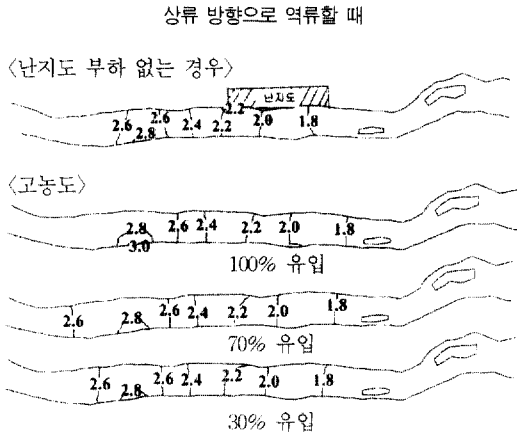


그림 9. 난지도 침출수 유입에 따른 수질변화(mg/l) I

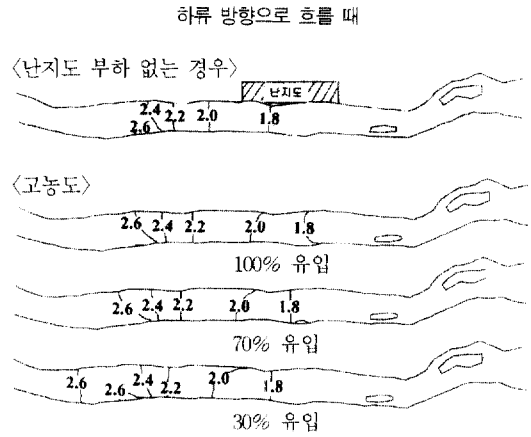


그림 11. 난지도 침출수 유입에 따른 수질변화(mg/l) III
하류 방향으로 흐를 때

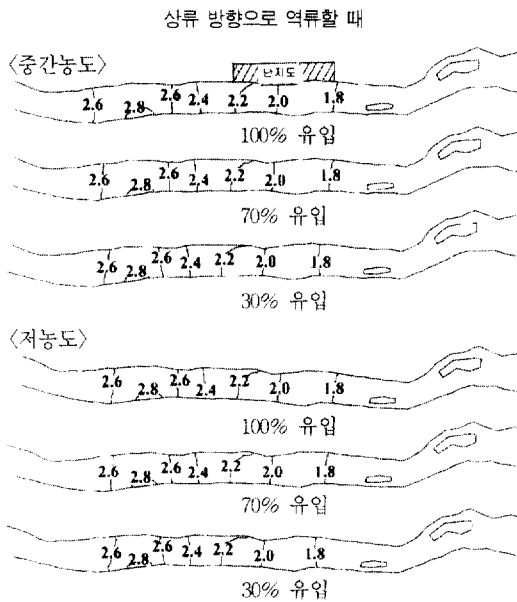


그림 10. 난지도 침출수 유입에 따른 수질변화(mg/l) II

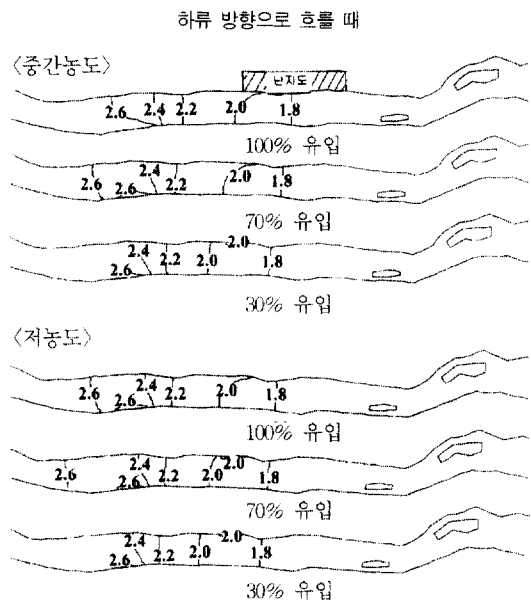


그림 12. 난지도 침출수 유입에 따른 수질변화(mg/l) IV

출수 유입전에 2.0mg/l에서 2.2mg/l로 증가한다. 1.8mg/l를 나타내는 지점도 난지도가 시작되는 지점의 상류까지 증가하였다. 70%유입시에는 최고농도가 가양하수처리장 부근에서 2.8mg/l로 나타났고 30%유입시에도 최고농도는 2.8mg/l이며 동일 지점에서 난지도 부하가 이루어지지 않는 경

우보다 높은 농도를 보였다. 중간농도의 침출수가 유입되는 경우는 100%, 70%, 30% 모두 최고 2.8mg/l의 농도 증가를 나타냈으며 100% 및 70% 유입에서는 1.8mg/l를 나타내는 경계가 난지도 상류 끝에 이르고 있다. 저농도의 침출수가 한강으로 100% 유입될 경우는 중간농도의 70% 유입시

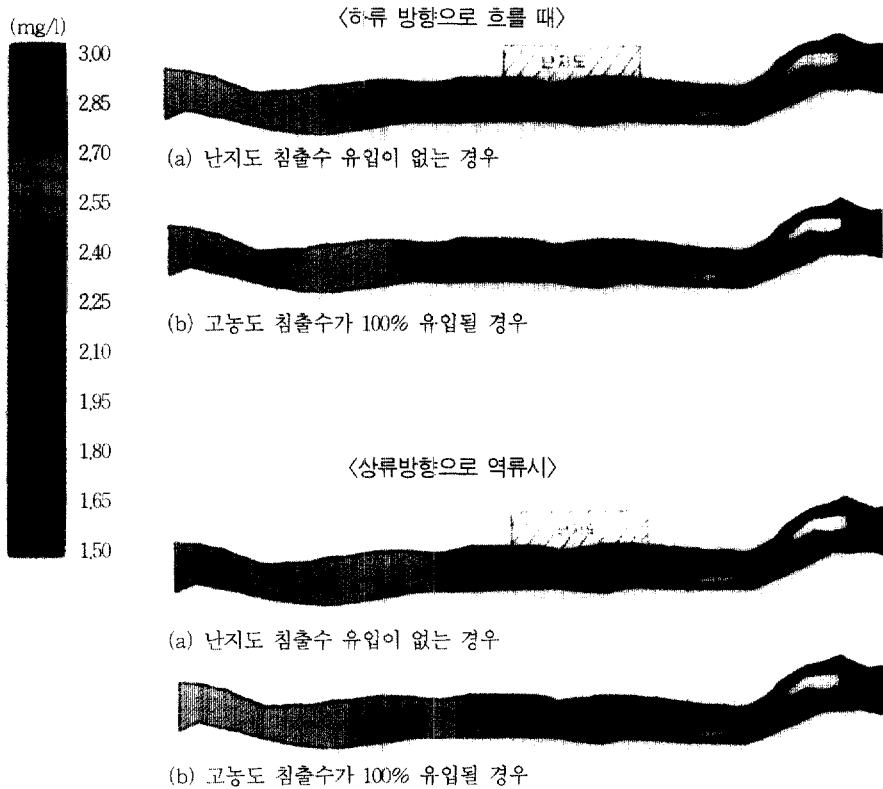


그림 13. 난지도 침출수의 영향이 나타나는 범위

와 유사한 부하량을 갖게되어 농도분포 결과도 거의 동일하게 나타났다. 70%유입시는 100%보다 농도분포선이 좁은범위에 나타났으며 30% 유입시는 부하량이 크지 않아서 농도분포경향과 농도 값이 난지도 부하가 없는 경우와 크게 차이나지 않는 것으로 나타났다.

한강의 흐름이 하류방향일 때는 최고농도 및 전반적인 농도가 다소 낮아지는 경향을 보인다. 이것은 역류시에 유속이 느리기 때문에 이류(transport)에 의한 영향이 작게 나타나 부하되는 부근에 오염물이 다소 정체되는 반면, 하류로 흐를 시에는 보다 빠른 유속과 확산으로 인하여 오염물의 희석 효과가 더 커지기 때문으로 사료된다.

난지도 부하가 이루어지지 않은 경우는 최고 농도가 가양하수처리장 근처의 2.6mg/l로 역류시

의 2.8mg/l보다 작게 나타났으며, 1.8mg/l의 농도 선이 역류시는 안양천에 위치하던 것이 하류 방향으로 이동하여 나타났다. 고농도로 설정한 경우 침출수가 100%유입되는 상황에서는 최고농도 증가가 역류시의 3.0mg/l에서 2.6mg/l로 나타났으며, 2.4mg/l와 1.8mg/l등을 나타내는 농도선이 역류시보다 하류방향으로 많이 이동한 결과를 보인다. 70% 및 30% 유입시에는 최고 농도가 역류시의 2.8mg/l보다 작은 2.6mg/l로 나타났다. 중간농도 침출수가 유입된다고 설정한 경우는 모두 최고 2.6mg/l를 나타냈으며, 난지도 부하가 없는 경우보다는 전반적인 농도가 다소 증가하였다. 저농도 침출수에서는 100% 및 70%가 유입될 경우에 난지도 부하가 없다고 가정했을때 보다 동일 농도의 분포폭이 더 넓은 것으로 나타났으며, 따

라서 동일지점에서의 농도가 약간은 높게 나타났다. 30%유입시는 난지도로부터의 부하량이 작아서 주변 수질에 그다지 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다.

이러한 침출수에 의한 영향이 나타날 수 있는 범위를 알아보기 위하여 침출수 유입이 없는 경우와 고농도 침출수가 100%유입되는 경우를 비교한 결과는 <그림 13>에 제시하였다. 한강의 흐름이 하류를 향할 경우에는 침출수 유입에 의한 영향이 난지도 약간 상류부분에서 하류방향으로 나타나는 것으로 예측되었다. 이것은 물의 흐름이 하류를 향하기 때문에 침출수의 영향이 난지도의 하류부분에 주로 나타나는 것으로 사료된다. 한강이 상류로 역류하는 흐름을 갖는 경우는 침출수의 영향이 보다 상류까지 나타나 침출수 유입이 없는 경우와 유입을 가정한 경우간의 농도분포 차이가 양화대교 부근까지 나타났다. 이것은 유입된 침출수 유기물이 물의 흐름을 타고 상류로 이동하기 때문이다.

IV. 결 론

난지도 매립지 침출수가 한강 수질에 미치는 영향을 평가하기 위하여, 침출수량 추정을 위하여 HELP 모델을 적용하여 그 결과를 이용하여, 한강 수질 변화를 예측하기 위하여 RMA 모델을 적용하여 보았으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 난지도 매립지의 평균 침출수 발생량은 867, 471.446 m³/year이었다. 이는 기존의 보고된 값들보다 적은 양이며 매립지내의 water storage를 고려하였기 때문이다.
2. 다른 지천과 처리장에서의 오염물질 유입량에 비하여 난지도 매립지 침출수가 한강 수질에 미치는 영향은 COD를 기준으로 볼 때 크지 않은 것으로 판명되었으며, 조위에 의한 영향으로 한강 흐름이 역류할 때, 수질에 미치는 영향이 보다 크게 나타났으며, 그 영향은 양화대교 부근까지 나타날 수 있다.
3. 적은 양의 침출수의 발생만으로도 그 주변지역 및 토양, 지하수의 오염은 극심했으며, 앞으로는 지금까지보다 더 많은 양의 침출수가 발생될 것이라고 예상되는데 하루 빨리 이에 대한 대책을 세우는 것이 시급하다고 본다. 따라서 조기 안정화를 위한 여러 방안 중 침출수 처리 문제를 좀 더 비중 있게 다뤄야 할 것이다.

참고문헌

1. 김용우, 1995, 난지도 매립지의 지하수 오염 방지를 위한 침출수 적정 관리 방안에 관한 연구.
2. 과학기술처, 1991, 매립지가스(LFG)추출 이용 기술개발에 관한 기초연구 II.
3. 박무종, 1994, 준3차원 확산모형을 이용한 감조하천내 오염물질의 거동특성 연구, 고려대학교.
4. 서울시정개발연구원, 1994, 한강 수질관리 효율화 방안 연구, 서울시정개발 연구원.
5. 서울시정개발연구원, 1995, 수질오염측정망 구성을 위한 조사연구-한강의 자동측정망을 중심으로- 서울시정개발연구원.
6. 서울특별시 청정사업 본부, 난지도 매립지 환경오염 방지 1, 1994, 난지도 매립지 안정화 공사 기본설계보고서.
7. 한강관리사업소, 1997, 한강수로 조사 용역 보고서, 서울특별시 한강관리사업소.
8. 한국과학재단, 1990, 매립지가스(LFG)추출 이용기술개발에 관한 기초 연구 I.
9. 한국해양과학기술, 1993, 한강 하류부 보전대책 수립 용역 신곡수중보 상·하류 조위 및 조속측정 보고서.
10. Brigham Young University- Engineering Computer Graphics Laboratory, 1996, Surface

- Water Modeling System: user's manual.
11. Lu, J.C.S., Eichenberger, B. Stearns, R.J. 1984, Leachate From Municipal Landfills, Noyes publications.
 12. Park, J.W. and Park, S.S., 1998, Hydrodynamic Modeling of Tidal Changes due to Land Reclamation in an open-ended Harbor, Pusan, Korea, J. Environ. Sci. Health, A33(5), 877-590.
 13. Park, S.S., Najjar, K.F., and Uchrin, C.G., 1995, A Water Quality Management Model For the Lakes Bay Estuaine Embayment 1: Receiving Water Quality Model, J. Environ. Sci. Health, A30(5), 1025-1038.
 14. Park, S.S., Najjar, K.F., and Uchrin, C.G., 1995, A Water Quality Management Model For the Lakes Bay Estuaine Embayment 2: Receiving Water Quality Model, J. Environ. Sci. Health, A30(5), 1025-1038.
 15. US Army Corps of Engineers, 1990, Generalized Computer Program System for open-channel Flow and Sedimentation TABS System : Volume 1, general overview, Vicksburg, MS.
 16. US EPA, 1994, The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance(HELP) Model-User's Guide for Version 3.
 17. US EPA, 1994, The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance(HELP) Model-Engineering Documentation for Version 3.
 18. US EPA (United States Environmental Protection Agency), Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling (Second Edition), EPA/600/3-85/040.