

연구논문

## 주변토양의 지구화학적 특성과 잠재적 오염원이 도서지역 저수지의 오염부하에 미치는 영향(II)

- 강우 유출 모형을 이용한 유입경로별 유출량 평가 -

박선환 · 박원섭\* · 전영봉\* · 김창균\*\* · 김성규\*\*\* · 강선홍\*\*\* · 장윤영\*\*\* · 정정호\*\*\*\* · 정종암\*

(주)수성엔지니어링, (주)도화종합기술공사\*, 인하대학교 환경공학과\*\*

광운대학교 환경공학과\*\*\*, (주)아라종합기술\*\*\*\*

(2009년 11월 4일 접수, 2010년 5월 6일 승인)

## Impact of the Geochemical Characteristics and Potential Contaminants Source of Surrounding Soil on Contamination of a Reservoir in an Island (II)

- Appraisal of flow categorized by Incursion Using Rainfall-Runoff Model -

Sun Hwan Park · Wan Sub Park\* · Young Bong Jun\* · Chang Gyun Kim\*\* ·  
Sung Gou Kim\*\*\* · Seon Hong Kang\*\*\* · Yoon Young Chang\*\*\* ·  
Jeong Ho Jeong\*\*\*\* · Jong Ahm Jung\*

Soosung Engineering Co., Ltd,

Dohwa Consulting Engineers Co., Ltd\*

Department of Environmental Engineering, Inha University\*\*

Department of Environmental Engineering, Kwangwoon University\*\*\*

ARA Consulting & Technology\*\*\*\*

(Manuscript received 4 November 2009; accepted 6 May 2010)

### Abstract

This research aims to gain the result of assessment of inflow categorized by runoff path using DIROM (Daily Irrigation Reservoir Operation Model) for Baengnyeong-myeon reservoir which was built for residents of Baengnyeong island to solve the shortage of drinking water and stable supply of domestic water.

The simulation results of DIROM and actual hydrograph of the reservoir show very low correlation with geological characteristics.

The simulation results by DIROM after adjusting with modified Tank III model which considers all outflow from Tank II model as interflow among 3 level tanks show good correlation of its regional runoff and inflow characteristics with  $R^2=0.9058$ .

In the study area, diffluence of 37% of rain fall of the study year has been simulated, which

shows low result compared to the average river runoff of national water resource. In addition, 34.5% of total inflow to the study reservoir is mainly interflow and baseflow among expected several channels.

Keywords : DIROM, groundwater, Baengnyeong island, runoff

## 1. 서론

우리나라는 상습적인 급수난을 겪고 있는 도서 지역 주민의 식수난 해소와 생활용수의 안정적인 공급을 위하여 1994년부터 농어촌·도서지역 상수도 확충사업을 실시하고 있으며, 전국 유인 도서 491개소 중 242개소에 2010년까지 해수담수화 시설, 식수댐 건설, 해저관로 설치, 암반관정 개발 등을 통해 상수도 보급률을 1998년 12.0%에서 2010년 75.0%까지 확대할 계획에 있다(환경부, 2005).

도서지역 하천의 우수 환경은 유역면적이 적고 경사가 급하여 하천의 발달이 미약하고 하상계수가 큰 편에 속하므로 여름철 강우기에만 현저하게 유지되고 건기에는 물의 흐름이 육안으로 관찰되지 않는 등 내륙의 저수지와 달리 유입·유출량이 저수량에 비해 상대적으로 적어 지역의 강수특성에 영향을 많이 받고 있다(신재기 등, 2006).

유역으로부터 저수지에 이르는 오염부하 경로는 강수시 유역의 지질학적 특성에 따라 표면유출(surface flow), 중간유출(inter flow), 기저유출(base flow) 형태의 우수 경로를 통해 유역내 토지용도를 비롯한 다양한 자연 및 인간 활동의 잔유물(residuals)을 이동시켜 저수지내의 생화학적 측면에 영향을 미치고 있다(최지홍 등, 1999; 이상우·황순진, 2007).

특히 도서지방의 식수난을 해결하기 위해 건설하는 저수지는 유역에 주민의 거주가 없는 임야와 농경지로 이루어진 지역에 건설되고 있어 저수지 수질에 미치는 오염원 또한 점오염원보다는 비점오염원이며, 강우 유출 특성에 따라 유입량과 오염부하량이 달라지므로, 저수지의 안정적 수질 확보를 위해서는 유출경로별 저수지 유입 부하량을 파악하는 것이 중요하다.

따라서 본 연구에서는 도서지역에 상수원으로 설치된 백령면 저수지를 대상으로 강우 유출 모형을

이용하여 유출 경로별 저수지 유입량을 산정하여 향후 유입 경로별 오염부하량 산정의 기초자료를 확보하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 연구대상지역 선정

본 연구 대상지역은 환경부에서 추진한 도서지역 식수원 1단계 개발사업에 의해 건설된 소규모 저수지로써 주요 제원은 표 1과 같으며, 2002년 완공된

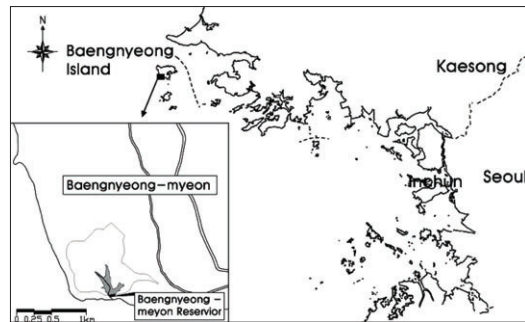


Figure 1. Location of the study area

Table 1. Overview of Baengnyeong-myeon reservoir

구분	내용
위치	인천광역시 옹진군 백령면 연화리 일원
댐형식	콘크리트 중력식댐
댐높이	16m
댐길이	130m
댐체적	20,000m <sup>3</sup>
상수만수위	13.0m
홍수위	13.85m
저수위	4m
유역면적	0.71km <sup>2</sup>
평균저수량	194,000m <sup>3</sup> /년
유효저수량	231,000m <sup>3</sup>
정수장 용량	1,300m <sup>3</sup> /일 (완속여과방식)

자료: 인천광역시 상수도사업본부(1998), 백령면식수원 개발사업 실시설계 보고서

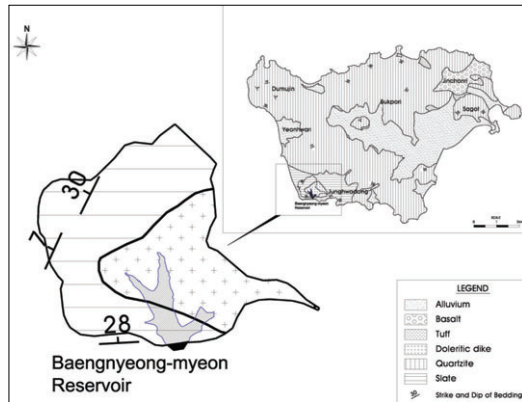


Figure 2. Geological map of Baengnyeong island

자료: 인천광역시 상수도사업본부(1998), 백령면식수원 개발사업 실시설계 보고서

이후 수질이 악화되어 상수원으로써의 기능을 제대로 하지 못하고 있다.

백령면 저수지 유역의 토지이용을 살펴보면 유역 면적 710,605m<sup>2</sup>중 임야와 농경지(밭)가 대부분을 차지하고 있으며, 주민의 거주는 없는 것으로 조사되었다.

유역의 지질학적 특성을 살펴보면 그림 2와 같이 상류부 저수지내에 휘록암이 소규모로 분포하고, 저수지 하류부 및 유역일대에는 대부분 흑색내지 흑회색을 띠며 주성분이 석영과 견운모이고 백운모와 산화철 광물이 소량 분포하며 절리 및 층리가 매우 발달된 저변성 퇴적암류인 전판암으로 이루어져 있으며, 절리군은 24°이하, 50~60°, 75°이상의 3가지 형태로 나타나며, 지하수 통로로서의 역할을 하고 있다(인천광역시, 1998).

또한 유역의 하천은 다른 도서지역과 마찬가지로 상류지역에 하천발달이 미약하여 구거 형태로 이루어져 있으며, 유역으로 부터의 유출은 평상시 건천으로 유지되다 강우시에는 저수지 인근 구거내 웅덩이에 물이 고인 후 일정 시간이 경과하면 상류로부터 하천 흐름이 시작되며, 댐 내부로 용천수가 유출되고 있어 유역으로부터 표면유출, 중간유출, 기저유출 현상이 모두 관찰되고 있어 연구 대상지로 선정하였다.

## 2. 모형선정

본 연구대상지역과 같은 소규모 저수지 유역에서의 일별 유출량을 산정하기 위한 모형으로는 DAWAST(Daily Watershed Streamflow model)와 DIROM(Daily Irrigation Reservoir Operation Model)이 있다.

DAWAST는 5.8~7,126.0 km<sup>2</sup>의 대·중규모 유역을 대상으로 개발되어 일별 유출량을 추정할 수 있으며 정확도가 높은 반면 초기토양수분의 값에 따라 유출량이 변동하는 반면 DIROM은 한국농어촌공사에서 우리나라 농업용 저수지의 계획 및 설계, 관리를 위해 그 규모가 0.47~140.0 km<sup>2</sup>인 유역을 대상으로 개발된 모형으로 일별 유출량 추정이 가능하며 소규모 유역에 대한 정확도가 높다(장중석, 2003).

따라서 본 연구대상 유역이 0.71 km<sup>2</sup>로 소규모이고, 유입하천이 발달되어 있지 않아 유량측정이 곤란한 반면 저수지 수위 측정이 항상 이루어지고 있으므로 본 연구대상지의 강우시 유출량 분석을 위해 DIROM 모형을 선정하였다.

## 3. DIROM 모형 원리 및 특징

DIROM 모형은 농업용 저수지의 일별유입량을 모의발생하기 위하여 Sugawara(1952, 1961)의 Tank 모형을 우리나라 관개용 저수지의 유역 특성에 맞게 수정한 것으로서 3단 TANK를 직렬로 연결하여 유역의 지표유출, 중간유출, 기저유출을 각 성분별로 재현할 수 있도록 개념화한 것이다(김현영, 1987).

DIROM의 개념도는 그림 3과 같이 1단 탱크는 유출 성분중 지표 유출을 개념화한 것이고 2단 및 3단은 각각 중간유출 및 기저유출을 개념화한 것이다.

1단 탱크의 유출공수를 2개로 한 것은 홍수 유출시 오차를 1개 일 때 보다 감소시키기 위한 것이다. 3단 탱크의 유출공 높이를 “0”으로 한 것은 강우가 없을 경우의 초기 기저 유출량을 표현하기 위한 것이며 또한 저류수심 ST가 항상 유출공의 높이보다 커야 하기 때문이다. 따라서 유역이 큰 지역에서

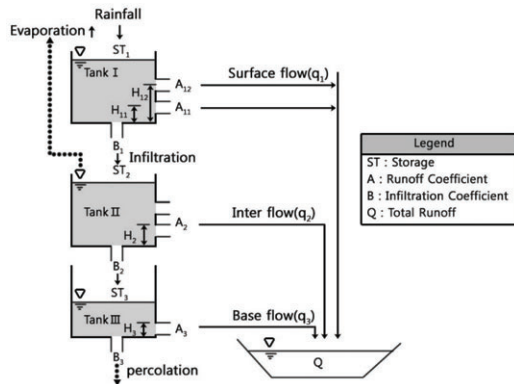


Figure 3. Schematic diagram of DIROM

4개의 탱크를 사용할 때 보다 매개 변수의 수는 통상 19개에서 13개로 감소하게 된다.

탱크 모형에 의한 유출량은 일별강우량으로부터 식(1)에 의하여 계산한다.

$$Q_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (ST_{i,t} - H_{ij})A_{ij} \quad (1)$$

여기서,  $Q_{ij}$  = t 일의 총유출량 (mm), i = 탱크의 수, j = 탱크의 유출공수,  $ST_i$  = i 탱크의 저류수심 (mm),  $H_{ij}$  = i 탱크의 j번째 유출공의 높이(mm),  $A_{ij}$  = 유출공의 단면적(무차원)이다.

또한 저류수심 ST는 단위시간 t에 따라 식(2)와 같이 계산한다.

$$ST_{i,t} = ST_{i,t-1} + Rt - Et - I_{i,t} - Q_{i,t} - 1 \quad (2)$$

여기서  $ST_{i,t-1}$  = t-1일의 i번째 탱크의 수심 (mm),  $R_t$  = t일의 강우량(mm),  $E_t$  = 증발량 (mm),  $Q_{i,t-1}$  = i번째 탱크의 t-1일의 유출량이다. 증발량  $I_{i,t}$ 는 식(3)과 같이 계산한다.

$$I_{i,t} = ST_{i,t} * B_i \quad (3)$$

여기서  $B_i$  = i 번째 탱크의 침투공 단면적(무차원)이다.

DIROM 모형은 실측, 유출량 자료를 이용하여 모형을 보정하여야만 사용할 수 있는 매개변수를 유역면적, 토지이용별 면적 등에 의한 회귀식으로 유도하여 무계측 유역에서 사용할 수 있도록 한 것이다.

DIROM 모형의 주요 매개변수는 각 탱크의 저류

Table 2. Typical parameters and equations of DIROM

구분	매개변수	내용	회귀식
Tank I	A <sub>11</sub>	유출공의 크기(1)	$-0.00414 \times padd^{1.1} + 0.169$
	A <sub>12</sub>	유출공의 크기(2)	$-0.00175 \times forst^{2.0} + 0.333$
	H <sub>11</sub>	유출공의 높이(1)	5.00
	H <sub>12</sub>	유출공의 높이(2)	$16.68 \times Log(wsa^3) + 24.2$
	B <sub>1</sub>	침투공의 크기	$-0.07 \times Log(wsa) + 0.47$
Tank II	ST <sub>1</sub>	저류수심	0.00
	A <sub>2</sub>	유출공의 크기	$0.00657 \times uplan^4 + 0.163$
	H <sub>2</sub>	유출공의 높이	$EXP(-0.0934 \times uplan + 2.0904)$
	B <sub>2</sub>	침투공의 크기	$0.00988 \times padd + 0.111$
	ST <sub>2</sub>	저류수심	0.00
Tank III	A <sub>3</sub>	유출공의 크기	$-0.000267 \times uplan + 0.00912$
	H <sub>3</sub>	유출공의 높이	0.00
	B <sub>3</sub>	침투공의 크기	$-0.00618 \times Log(wsa) + 0.0351$
	ST <sub>3</sub>	저류수심	$43.686 \times Log(wsa) + 37.159$

수심(ST<sub>1</sub>, ST<sub>2</sub>, ST<sub>3</sub>), 유출공의 크기(A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>)와 유출공의 높이(H<sub>11</sub>, H<sub>22</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>), 침투공의 크기(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>) 등이 있으며, 유역 증발산 자료도 중요한 매개변수중의 하나이며 각 매개변수는 유역 면적, 논, 밭, 산림면적의 유역면적 비율에 대한 회귀식으로 정의된다.

DIROM 모형의 구조도 및 매개변수 일반현황을 나타내면 표 2와 같다.

#### 4. 모형입력조건

DIROM 모형에 적용되는 입력자료는 크게 유역의 크기, 토지이용, 저수지 제원, 기상자료로 나눌 수 있다.

DIROM 모형의 입력자료중 저수지 제원은 실시 설계보고서(인천광역시, 1998)를 이용하였고, 유역의 토지이용 면적은 지적도상의 임야, 논, 밭 면적을 입력하였으며, 기상자료는 백령도 기상대의 2005년 관측자료를 이용하여 2005년 1월 1일부터 12월 31일까지 일별 강수량, 풍속, 일조시간, 상대습도, 기온을 입력하고, 백령도 기상대에서 관측하

- 1) padd : 논 면적 비율
- 2) forst : 산림면적 비율
- 3) wsa : 유역면적
- 4) uplan : 밭면적 비율

Table 3. Input data for DIROM

구분	입력 변수	내 용
위치	위도	37.55°
	고도	4 m
토지 이용	유역면적	0.7106 km <sup>2</sup>
	논 면적비	1.10 %
	밭 면적율	27.3 %
	임야 면적율	71.6 %
저수지	초기저수지수위	13.04m
	초기 저수량	237.15×10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
	만수위	13.00 m
	홍수위	14.00 m
	사수위	4.0 m
	여수로높이	13.25 m
기상	일 강수량 일 증발량 일평균 풍속 일일 일조시간 일평균 상대습도 일평균 기온	- 2005년 1월 1일~2005년 12월 31일간 백령도 기상대 기상월보 자료 입력 - 단, 증발량은 인천기상대 일 관측자료 입력

지 않는 증발량 자료는 인천기상대 자료를 이용하였다.

또한 DIROM 모형은 일별 유출총량만이 계산되므로, 유출 경로별 (지표면 유출, 중간유출, 기저유출)로 나타낼 수 있도록 모형을 수정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. DIROM 모형 예측 및 검증

강우 유출 모형인 DIROM을 이용하여 2005년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간의 일별 유입량 예측을 실시하였다.

DIROM에 의한 저수지 수위 예측결과와 저수지 일별 수위 관측자료의 상관관계 분석결과 그림 4와 같이 상관계수(R<sup>2</sup>) 0.4825로 낮게 분석되었다.

이는 DIROM 모형은 우리나라 육상부에 위치하는 소형 농업용저수지인 반월, 위천, 보청, 평창, 위천 유역을 대상으로 개발되어 한국농어촌공사 등에서 활용하고 있으나, 본 연구대상 저수지 유역의 지질학적 특성을 반영하지 못하는 것으로 사료된다.

즉, 본 연구대상 유역의 기반암이 절리와 편리가

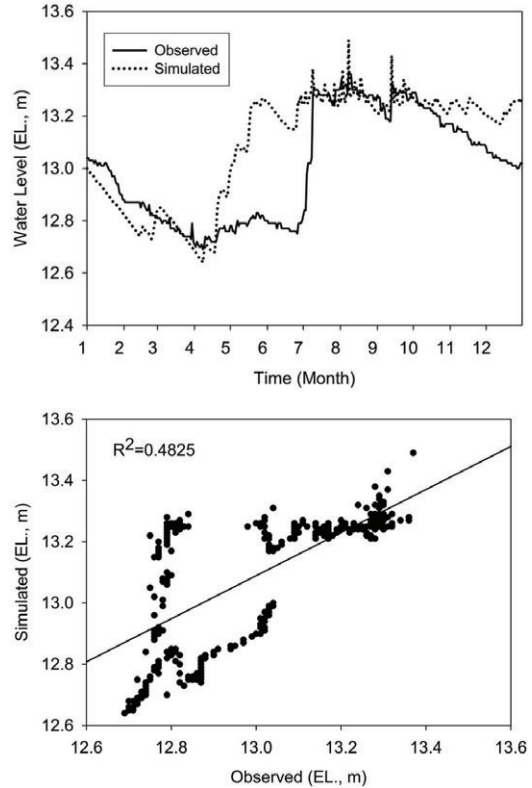


Figure 4. Comparison of the observed and predicted water level by DIROM

발달되어 지하수 통로로 이용이 가능한 전판암으로 구성되어 있어(인천광역시, 1998) 지표면 유출후 토양에 저류되지 못하고 지하를 통해 서해 또는 저수지로 유출(건설교통부 · 한국수자원공사, 2005)되는 점을 모형이 감안하지 못하고 있기 때문인 것으로 보인다.

#### 2. DIROM 모형 수정 및 검증

DIROM 모형을 구성하고 있는 TANK I, II, III에서의 유출기작을 살펴보면 TANK I은 강우에 따른 지표면 유출, TANK II는 강우후 지하침투에 의한 중간유출, TANK III는 기저유출과 지하 여과 과정을 모의한다.

즉, 강우에 따라 TANK I에서 유출공높이(H<sub>11</sub>, H<sub>12</sub>)와 유출공 크기(A<sub>11</sub>, A<sub>12</sub>)에 따라 지표면 유출이 이루어지고, 침투공 크기(B<sub>1</sub>)에 따라 TANK II로 침



투되며, 지표면 유출과 TANK II로 침투된 나머지는 저류되어 다음날 강우와 합쳐서 지표면 유출과 TANK II로의 침투가 반복된다. 또한 TANK II의 경우에도 유출공 높이(H<sub>2</sub>)와 유출공 크기(A<sub>2</sub>)에 따라 중간유출이 이루어지고 침투공 크기(B<sub>2</sub>)에 따라 TANK III로 침투되며, 중간 유출과 TANK III로 침투된 나머지는 저류되고 이는 다음날 TANK I에서의 침투량과 합쳐서 중간 유출과 TANK III으로의 침투가 반복된다. TANK III는 유출공 높이(H<sub>3</sub>)와 유출공 크기(A<sub>3</sub>)에 따라 기저유출이 이루어지고 침투공 크기(B<sub>3</sub>)에 따라 지하로 여과되며, 다음날 TANK II에서의 침투량과 합쳐서 기저 유출과 여과가 반복된다.

TANK II 계산과정을 나타내면 식(4)~(6)과 같다.

- t일의 저류고

$$ST_2(t) = ST_2(t-1) + I_1(t) - I_2(t) - Q_2(t) \quad (4)$$

- t일의 유출고

$$Q_2 = (ST_2(t) - H_2) \times A_2 \quad (5)$$

- t일의 침투고

$$I_2(t) = ST_2(t) \times B_2 \quad (6)$$

여기서, Q<sub>2</sub>는 TANK II에서의 유출공에 대한 유출고(mm/day), I<sub>2</sub>는 TANK II에서의 침투공에 대한 침투고(mm/day), ST<sub>2</sub>는 TANK II에서의 저류수심(mm)을 나타낸다.

따라서 백령면 저수지 유역의 지질 및 토질이 석영 전판암으로 파쇄대가 발달되어 있어 토양층에서의 투수성이 크고 수분 보유능력이 적으므로 본 연구에서는 TANK II에서 중간유출후 전량 TANK III로 침투되는 것으로 수정하였다.

즉, TANK II에서의 침투고는 유출고(Q<sub>2</sub>)를 제외한 값에서 침투공의 크기에 따라 TANK III로 침투되나 이를 침투공의 크기에 관계없이 전량 TANK III로 침투되는 것으로 수정하면 식(7)과 같이 된다.

$$I_2(t) = ST_2(t) \quad (7)$$

모형 수정후 저수지 수위 예측결과와 저수지 일별 수위 관측자료의 상관관계 분석결과 그림 5와 같이 상관계수(R<sup>2</sup>)가 0.9058로 나타나 연구대상지역

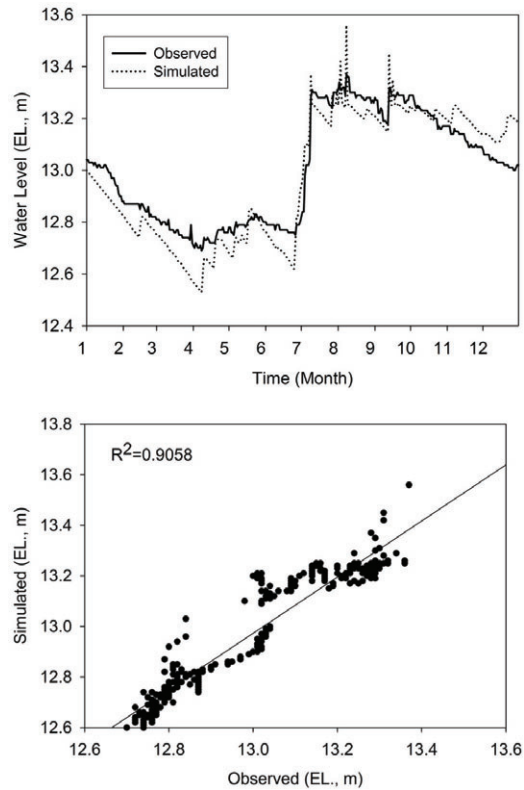


Figure 5. Comparison of the observed and predicted water level by revised DIROM

의 강우와 유입 특성을 비교적 잘 반영되고 있는 것으로 나타났다.

### 3. 강우시 유출 특성분석

본 연구대상 지역의 강수량과 수정된 DIROM 모형에 의한 월별 유출특성을 살펴보면 그림 6과 같이 2005년 연간 강수량 738.7mm중 38.7%인 286.2mm가 유출되어 우리나라 수자원 총량중 하천 유출량인 57%(건설교통부, 2001)를 훨씬 하회하는 상태를 보이고 있고, 이를 월별로 살펴보면 강우량이 거의 없는 1, 3월에 0.0~8.3%, 강우량이 50mm이하인 2월, 4~5월, 10~12월에 20.3~32.9%, 강우가 집중되는 7~9월에 40.4~46.3%의 높은 유출을 보이고 있는 것으로 나타났다.

이를 유입 경로별로 살펴보면 그림 7과 같이 강우량이 1.9mm, 2.4mm에 불과한 1, 3월에는 지표

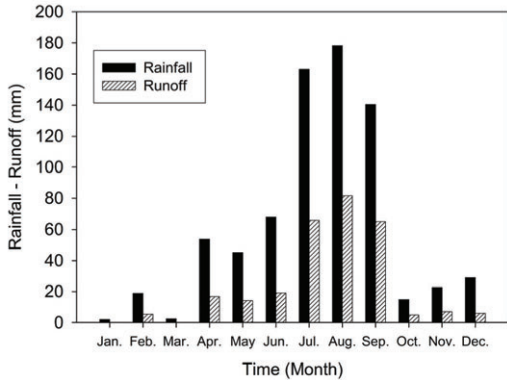


Figure 6. Comparison of monthly precipitation and discharge

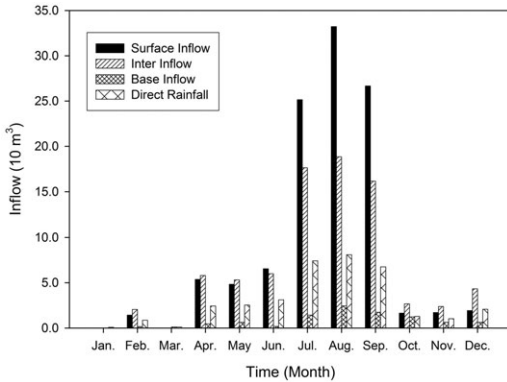


Figure 7. Analysis of monthly inflow at each route

면 유출과 중간유출이 없이 강우에 의한 직접유입과 기저유출에 의해 유입량이 결정되며, 2월, 4월~12월까지는 지표면 유출에 의해 21.6~53.1%, 중간유출에 의해 30.1~48.3%, 기저유출에 의해 1.1~18.0%, 강우에 의한 직접유입 12.9~23.0%로 나타났다.

백령면 저수지로 연간 유입되는 유량은 지표면 유출에 의해 46.1%, 중간유출에 의해 34.5%, 기저유출에 의해 4.1%, 강우에 의한 직접유입 15.2%로 나타나 하천복류수 형태의 중간유출과 지하수 형태의 기저유출을 합한 지하수 유입이 차지하는 비율은 연간 유입량의 38.6%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

이는 연구대상지역의 기반암인 전판암이 절리 및 편리가 발달되어 있어 심층 지하수의 통로 역할을 하며, 표토층이 모래 및 자갈로 이루어져 토양층에

서의 투수성이 크고 수분 보유능력이 적어 강우가 일정부분 높게 발생해도 토양에 의해 하천 복류수 형태의 지하수로 유입되는 것이 원인으로 판단된다.

#### IV. 결 론

DIROM모형을 이용하여 백령면 저수지에서의 유출 경로별 유입량을 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DIROM모형을 이용하여 2005년 일별 유입량을 예측하고 수위 예측결과와 관측결과와의 상관관계 분석결과 상관계수( $R^2$ ) 0.4825로 유의성이 낮아 백령면 저수지 유역의 지질학적 특성인 전판암 절리 및 편리가 지하수 경로로 사용되어지는 영향을 반영하지 못하였다.

2. 유역의 지질학적 특성을 고려하여 DIROM 모형을 구성하고 있는 3단 TANK중 중간유출(표층지하수 유출)을 담당하고 있는 TANK II에서 중간유출후 전량 TANK III로 침투되는 것으로 모형을 수정하여 예측한 결과 상관계수( $R^2$ )가 0.9058로 나타나 연구대상지역의 강우와 유입 특성을 비교적 잘 반영되고 있는 것으로 나타났다.

3. DIROM에 의한 연구대상 지역의 유출특성을 분석한 결과 2005년 연간 강수량 738.7mm중 38.7%인 286.2mm가 유출되어 우리나라 수자원총량 중 하천유출량인 57%보다 낮았으며, 매체별로는 연평균 지표 유출 46.1%, 중간유출 34.5%, 기저유출 4.1%, 강우에 의한 직접유입 15.2%로 나타나 하천복류수 형태의 중간유출과 지하수 형태의 기저유출을 합한 지하수 유입이 차지하는 비율은 연간 유입량의 38.6%를 차지하고 있는 것으로 나타났다

#### 감사의 글

본 연구는 환경부의 “토양지하수복원관리 환경기술교육혁신지원사업단”의 지원을 받은 과제이며, 모델 코드를 제공하여 주신 서울대학교 조경지역시스템공학부 김성배 교수님께 감사드립니다.

### 참고문헌

- 건설교통부, 2001, 수자원장기종합계획(Water Vision 2020).
- 건설교통부·한국수자원공사, 2005, 인천지역 지하수 기초조사 보고서.
- 김현영, 1987, 관개용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의발생, 서울대학교 박사학위 논문, 1-104.
- 신재기, 이홍수, 허진, 박재충, 2006, 백령도 절골 저수지의 부영양화와 담수적조, 한국육수학회지, 39(2), 271-283.
- 이상우, 황순진, 2007, 공간성, 호소유형 및 형태복잡도 지수를 이용한 토지이용과 호소수질의 관계연구, 한국조경학회지, 34(6), 1-9.
- 인천광역시, 1998, 백령면식수원 개발사업 실시계획 보고서.
- 장중석, 2003, 수문모형과 매개변수의 이해, 한국관개배수, 10(1), 95-102.
- 최지홍, 신은성, 이동훈, 1999, 서울 도시지역의 비점오염원 유출특성에 관한연구, 한국물환경학회지, 15(3), 315-323.
- 환경부, 2005, 농어촌·도시지역 2단계(05~14년)상수도 확충계획.
- Sugawara, M. and Maruyama, F., 1952, Statistical method of predicting the runoff from rainfall, Proc. of the 2nd Jap. National Congress for App. Mech, 213-216.
- Sugawara, M., 1961, On the analysis of runoff structure about several Japanese rivers, Jap. Jour. Geophys, 2(4), 1-76.

최종원고채택 10. 05. 14