

기후변화가 도시배수시스템에 미치는 영향

강 나 래* / 김 수 전** / 이 건 행*** / 김 덕 길**** /
곽 재 원***** / 노 회 성***** / 김 형 수*****†

Impact of Climate Change on An Urban Drainage System

Kang, Na Rae* / Kim, Soo Jun** / Lee, Keon Haeng*** / Kim, Duck Gil**** /
Kwak, Jae Won***** / Noh, Hui Sung***** / Kim, Hung Soo*****†

요약 : 최근 기후변화에 따른 전지구적인 지구온난화는 대형 태풍의 발생, 집중호우의 증가 등 기존의 기후 특성을 변화시키고 있다. 이로 말미암아 자연재해의 강도가 강해지고 있고, 인명과 재산피해가 대규모화되고 있다. 따라서 본 연구에서는 기후변화로 인한 자연재해에 대비하기 위하여 미래 기후변화를 예측하고 도심지에 미치는 영향을 파악하고자 하였으며, 대상지역으로는 배수 관거의 용량 초과로 인해 상습적으로 침수가 발생하는 인천광역시 계양구 일대를 선정하였다. 먼저, 기후변화 시나리오 및 기후모형들을 검토하여 적정 기후시나리오와 기후모형을 선정하고, 수집한 강우자료를 시간단위로 축소한 뒤 미래 기후변화의 영향으로 인해 발생할 수 있는 확률 강우량을 구하였다. 미래 증가하는 확률강우량을 XP-SWMM모형에 적용해 도시배수시스템의 홍수유출량을 산정하였는데, 대상지역에 월류가 발생할 것으로 예상되었다. 따라서 이에 대한 적절한 대책 마련이 필요할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 기후변화, 강우빈도, XP-SWMM, 도시배수시스템

Abstract : In recent decade, the occurrences of typhoon and severe storm events are increasing trend due to the climate change. And the intensity of natural disaster is more and more stronger and the loss of life and damage of property are also increasing. Therefore, this study tried to understand the impact of climate change on urban drainage system for prevention and control of natural disaster and for this, we selected Gyeongang-gu, Incheon city as a study area. We investigated the climate models and scenarios for the selection of proper model and scenario, then we estimated frequency based rainfall in hourly unit considering climate change. The XP-SWMM model was used to estimate the future flood discharge on urban drainage system using the estimated frequency based rainfall. As a result, we have known that the study area will be overflowed in the future and so we may need prepare proper measures for the flood prevention and control.

keywords : Climate change, Rainfall frequency, XP-SWMM model, Urban drainage system

+ Corresponding author : sookim@inha.ac.kr
* 인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정 · E-mail: naraeme@naver.com
** Columbia University Dept. of Civil Eng. 박사후과정 · E-mail: soojuny@empal.com
*** 국립환경과학원 박사후과정 · E-mail: leegun@korea.kr
**** 인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정 · E-mail: K1004dk@hanmail.net
***** 인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정 · E-mail: firstsword@naver.com
***** 인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정 · E-mail: heesung80@nate.com
***** 인하대학교 사회기반시스템공학부 교수 · E-mail: sookim@inha.ac.kr

1. 서 론

전 세계적으로 지구온난화에 따른 기후변화로 인하여 기상이변이 속출하고 있다. 기후변화는 단순히 평균 기온의 상승뿐만 아니라 강풍, 강설, 강우, 해수면 상승 등 인간생활에 직·간접적으로 영향을 미치고 있다. 특히 집중호우 및 기습폭우로 인한 도심지의 피해가 확대되고 있어 국가적 차원에서 기후변화에 대응하기 위한 대안 마련이 필요하다. 이를 위해 전 세계적으로 기후변화에 따른 미래 강우의 변화를 예측하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 국가적인 차원에서 기후변화에 대응하기 위한 전략을 마련하고자 노력하고 있다. 이에 대한 대표적인 국내 연구사례를 살펴보면, 권현한 등(2008)은 기후변화에 따른 수자원 영향평가를 위하여 RCMs로부터 제시된 강수계열의 특성을 분석하였고, 경민수(2009)는 기후모형으로부터 축소된 월 총강수량을 일 강수량으로 축소하기 위한 축소기법 개발과 기후변화가 확률강우량에 미치는 영향평가 기법을 제안하였다. 또한 배덕효 등(2007)은 A2 기후변화 시나리오에 의한 국내 수자원의 변동성을 파악하였으며, 김병식(2008)등은 GCM 자료를 이용하여 기후변화로 인한 극한 강우, 지속시간-빈도별 확률강우량의 변화를 분석하였고, 또한 기후변화가 가뭄위험성에 미치는 영향을 평가한 바 있다.(김병식 등 2011)

국외의 경우를 살펴보면, Ronald et al.(2003)은 노르웨이의 기후변화 시나리오를 이용하여 연평균 유출량과 계절평균 유출량을 모의하였다. Stewart et al.(2005)은 기후변화로 인한 미국 서북부의 유출특성의 시간적 변화를 검토하였고, Andersson(2006)은 기후변화 시나리오에 따른 유출변화 영향을 분석하는 등 기후변화의 영향에 따른 유출특성 변화를 검토하는 연구가 많이 진행되고 있다. 이처럼 국내·외에서 기후변화에 의한 영향평거나 변화를 예측하기 위한 연구는 활발히 진행되고 있으나 기후변화가 도시홍수에 미치는 영향, 즉, 도시배수시스템에 미치는 영향에 대한

연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기후변화로 인해 미래에 증가하는 강우량과 홍수량을 모의하여 도시배수시스템에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

2. 기후변화 시나리오 및 모형 선정

2.1 기후변화 시나리오

IPCC의 배출시나리오에 관한 특별보고서(Special Report on Emissions Scenarios, SRES)에 따르면 배출 시나리오는 4개의 배출시나리오로 구성된다. 이 중 A1B(중배출), A2(고배출), B1(저배출) 시나리오는 IPCC AR4작성을 위한 표준시나리오로 채택되었고, 우리나라 기상청에서는 미래 기후변화 시나리오 산출을 위해 IPCC SRES A1B, A2, B1 온실가스 증가 시나리오를 전지구 기후변화예측모델에 적용하여 전지구 기후변화 자료를 산출하고 있다. 각각의 시나리오에 따라 모의한 결과를 보면, 2100년에 830ppm, 720ppm, 550ppm의 CO₂ 농도를 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 미래 예측에 대한 불확실성을 줄이기 위하여 A1B, A2, B1 시나리오를 모두 적용, 앙상블 결과를 이용하여 미래 기후변화의 영향을 파악하였다.

2.2 기후변화 모형의 선정

기후변화에 의한 강수량 예측 기법으로는 크게 합성 시나리오 기법, 상사 시나리오기법, 대기 순환 시나리오기법이 있는데 그 중 가장 대표적인 것은 대기순환모형인 GCM(General circulation Model) 모형을 이용하는 방법이다. 이는 기후 구성 요소간의 상호 작용 과정의 물리적, 화학적, 생물학적 특성에 근거하여 기후 시스템을 수치화한 것으로 다양한 시나리오로 표현한다.

경민수(2010)는 IPCC AR4에서 제시하고 있는 24개의 GCM 모형 중 한반도를 육지로 모의하고 있는 BCM2, CNCM3, FGOLS, MIHR 모형을 우선적으로 1차 선정하여 국내 적용성을 검토하였

다. 최종적으로 국내에 가장 적합한 모형을 CNCM3 모형으로 제시하였는데, 특히, 겨울철 영하 온도를 가지는 우리나라 기상특성을 잘 모의하는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 경민수(2010)의 연구결과를 참고하여 우리나라의 기후변화 모의를 위한 모형으로 CNCM3 모형을 선정하였다. 본 연구를 위하여 CNCM3 모형은 IPCC DDC를 통해 제공되는 강수, 온도, 습도, 바람 등 기후자료를 이용하였다.

3. 기후변화를 고려한 확률강우량 및 도시배수시스템의 홍수유출량 산정

3.1 대상 배수시스템 유역 및 자료 수집

3.1.1 대상 배수시스템 유역

본 연구에서는 집중호우나 기습폭우 발생시 상습적으로 침수가 발생하는 인천광역시 계양구 일대를 대상지역으로 선정하였다. 인천의 동북부에 위치한 계양구는 대륙성 기후와 해양성 기후가 모두 나타나 기상변화가 많고 지형은 평탄하며, 표고 50m이하 지형이 전체의 78%이며, 경사도 5°이하 지역이 57.7%를 차지하고 있다.



그림 1 . 대상지역(계양구 일대)

3.1.2 자료 수집 및 특성

미래 강우의 패턴과 경향성을 알기 위해서는 과거 강우 관측 자료와 기후변화 시나리오가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 미래 확률강우량

을 산정하기 위해 인천시의 1970~2009년까지의 과거 강우 관측 자료를 수집하였으며, 기후변화 시나리오 중 A1B, A2, B1 시나리오를 모두 적용하기 위해 단기, 중기, 장기로 구분하여 A1B, A2, B1 시나리오별로 향후 90년간(2011~2100)의 강우자료를 모의하여 연 최대 강우량을 수집하였다.

본 연구에서는 미래 강우 모의를 위해 목표기간을 2010~2039년까지를 단기, 2040~2069년까지를 중기, 2070~2099년까지를 장기로 구분하였으며, 이전 기간을 포함하지 않고 독립적으로 적용되었다. 세 가지 시나리오 중 목표기간별 연 최대치계열을 수집한 후 앙상블을 구성하였다. 본 연구에서는 세 가지 시나리오를 반영하기 위해 앙상블 평균(Ensemble average)를 사용하였다. 이는 확률실험 결과 하나에 대응 될 수 있는 시간 함수를 확률실험결과(확률사건)라 할 때, 특정 고정 시간에서 발생가능한 모든 결과를 시간함수들의 집합을 앙상블(Ensemble)이라 하며, 이러한 앙상블에 대해 평균적 특성을 살펴보는 것이 바람직할 때가 많다. 따라서, 특정 고정시간에서 발생가능한 모든 결과값들의 평균인 앙상블 평균 방법을 이용하여 기후변화 시나리오를 구성하였다. <그림 2>는 연 최대치계열로 구성된 앙상블 시나리오를 나타내고 있다. 첫 번째 구간은 단기(목표기간 I)의 시계열 자료이며, 두 번째 구간은 중기(목표기간II), 세 번째 구간은 장기(목표기간 III)의 시계열 자료를 나타내고 있다. 단기의 평균 연최대강우량은 29.7mm이며 표준편차는 4.1mm, 중기의 평균 연최대강우량은 31.7mm, 표준편차는 4.2mm, 장기의 평균 연최대강우량은 32.8mm, 표준편차는 4.8mm로 전체적으로 연 최대강우량이 증가하고 있으며, 또한 목표기간별 최대치를 살펴보면 단기 36.95mm, 중기 40.01mm, 장기 43.57mm로 목표기간별 최대치가 증가하는 경향을 보이고 있어 이는 목표기간별 빈도해석 결과에도 크게 영향을 미칠 것으로 사료된다.

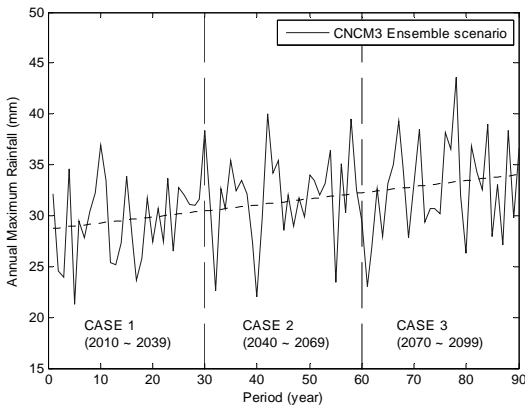


그림 2. 기후변화를 고려한 연 최대 강우량

3.2 기후변화를 고려한 확률강우량 산정

본 논문의 목적은 미래 기후변화를 예측하고 기후변화가 도시 홍수에 미치는 영향을 파악하고자 함이다. 따라서 기후변화를 고려한 확률강우량 산정을 위해 기후변화 시나리오 앙상블을 통해 과거대비 증가율을 이용하였다. 기후변화 시나리오

는 미래 강우의 패턴 및 변화양상을 제시하는 모의값이므로 관측기간(1970~2010) 대비 증가율을 산정하여 목표기간별-빈도별 확률강우량을 산정하였다.

강우빈도해석의 일반적인 절차는 <그림 3>와 같으며 다음의 절차에 따라 강우지속기간별-빈도별 확률강우량을 산정할 수 있다. 도심지는 지속기간이 짧은 강우에 영향을 크게 받으나 강우지속시간 1시간은 통수능에 미치는 영향이 크지 않을 것으로 판단되어 강우지속기간을 2시간으로 가정하였다. 본 연구에서는 기상청에서 제시하는 일강우를 시간단위 강우로 분해하기 위해 경민수 등(2008)에서 제시하는 카오스 분해기법을 이용하였는데, 이는 각 해상도별로 구해진 가중치를 이용하여 산정하는 방법으로 강우지속기간별 최대강우량을 추출할 수 있다. 확률가중모멘트법을 이용하여 매개변수를 추정하였으며, 극치 수문현상 분석에 널리 사용되는 Gumbel 분포형을 최적분포형으로 선정하였다(2000, 건설교통부).

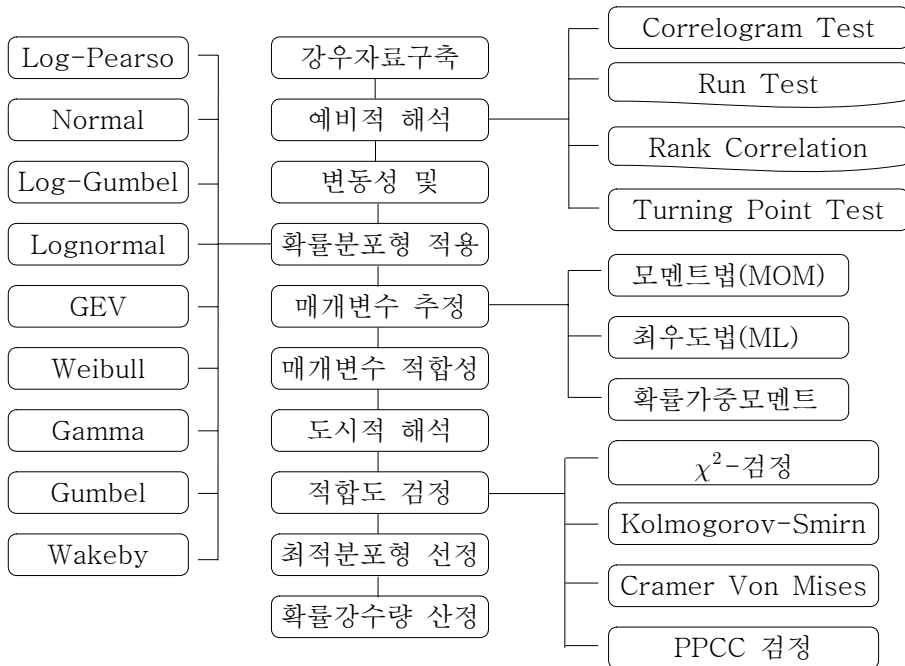


그림 3 . 확률강우량 산정의 일반적인 절차

강우지속기간별-빈도별 확률강우량을 산정한 결과를 <표 1>에 도시하였다. 목표기간별 관측기간 대비 증가율도 도시하였다. 설계강우량은 건설교통부(2000)의 「한국확률강우량도의 작성」에서 제시하는 값으로 각종 수공구조물의 수문학적 설계기준으로 사용되고 있다. <표 1>에서 실측강우량은 과거 40년(1970-2009)동안 인천시에 발생한 연 최대강우자료를 수집하여 빈도해석한 결과이다.

목표기간 I 에서는 재현기간이 길어질수록 기후변화의 영향을 거의 받지 않았으며, 목표기간 II 에서는 지속시간 6시간까지는 재현기간이 길어질수록 강우량도 증가하였으나, 12시간부터는 감소하

고 있다. 목표기간 III는 6시간 강우지속기간부터 감소하는 경향을 보이고 있다. 따라서 설계빈도가 짧고, 지속기간이 짧은 강우에도 크게 영향을 받는 도심지는 기후변화로 인하여 크게 영향을 받을 것으로 사료된다.

현재 인천시의 도시배수시스템은 5년 빈도로 설계되어 있으며 강우의 지속기간이 2시간일 때 확률강우량은 83mm였으며, 이 값에 미래 강우 증가율을 반영하여 기후변화를 고려한 확률강우량을 산정하였다. 목표기간 I 은 1.4% 증가하여 84.1mm, 목표기간 II 는 6.7% 증가하여 88.6mm, 목표기간 III는 9.3% 증가하여 90.7mm로 산정되었다.

표 1 . 강우기간별-빈도별 확률강우량(mm) 및 증가율(지속기간 2h, 3h, 6h, 12h)

재현 기간 (yr)	2hr (mm)					3h (mm)				
	확률 강우량	실측 강우량	관측치 대비 증가율(%)			확률 강우량	실측 강우량	관측치 대비 증가율(%)		
			목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III			목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III
2	56.8	59.8	2.1	3.5	11.1	66.1	73.3	0.9	3.0	10.9
3	68.4	70.8	1.7	5.1	10.2	79.7	86.7	0.8	4.6	10.0
5	81.4	83.0	1.4	6.7	9.3	94.8	101.6	0.7	6.1	9.1
10	97.8	98.4	0.9	8.4	8.6	113.7	120.4	0.5	7.7	8.0
20	113.5	113.2	0.6	9.7	10.6	131.9	138.4	0.4	9.1	10.7
30	122.5	121.7	0.5	10.5	11.0	142.4	148.7	0.4	9.8	10.4
50	133.8	132.3	0.2	11.2	11.9	155.5	161.7	0.2	10.5	11.7
70	141.2	139.3	0.2	11.7	11.7	164.1	170.2	0.3	11.0	11.5
80	144.1	142.0	0.1	11.9	11.9	147.5	173.5	0.3	11.2	11.4
100	149.0	146.6	0.0	12.2	12.2	173.2	179.1	0.2	11.5	11.5
200	164.2	160.9	0.0	13.0	13.0	190.7	196.5	0.1	12.3	12.3
300	173.0	169.2	0.0	13.5	13.5	201.0	206.7	0.0	12.8	12.8
500	184.2	179.7	0.0	14.0	14.0	213.9	219.5	0.0	13.3	13.3
재현 기간 (yr)	6h (mm)					12h (mm)				
	확률 강우량	실측 강우량	관측치 대비 증가율(%)			확률 강우량	실측 강우량	관측치 대비 증가율(%)		
			목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III			목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III
2	87.3	98.6	3.1	6.0	15.0	110.3	119.3	8.6	10.0	14.5
3	105.1	119	2.6	7.0	14.0	133.9	144.2	6.7	9.5	12.5
5	124.8	141.7	2.0	8.0	13.1	160.2	171.9	4.9	8.9	10.6
10	149.6	170.2	1.6	9.1	12.7	193.3	206.8	2.9	8.3	8.6
20	173.4	197.5	1.1	10.0	11.3	225	240.2	1.3	7.8	7.8
30	187.1	213.3	0.9	10.4	10.6	243.2	259.4	0.5	7.6	7.6
50	204.2	232.9	0.6	10.9	12.0	266.1	283.4	0.0	7.3	7.3
70	215.4	245.8	0.4	11.2	11.4	271	299.1	0.0	7.2	7.2
80	219.8	250.9	0.4	11.4	11.4	286.9	305.4	0.0	7.1	7.1
100	227.2	259.4	0.3	11.6	11.6	296.8	315.8	0.0	7.0	7.0
200	250.2	274.9	0.0	12.1	12.1	327.5	334.7	0.0	6.8	6.8
300	263.6	285.9	0.0	12.4	12.4	345.4	348.1	0.0	6.7	6.7
500	280.5	301.3	0.0	12.8	12.8	367.9	366.9	0.0	6.6	6.6

3.3 기후변화를 고려한 도시배수시스템의 홍수 유출량 산정

기후변화가 도심지의 배수시스템에 미치는 영향을 파악하기 위하여 도시배출모형인 XP-SWMM을 이용하였다. XP-SWMM 모형은 기본적으로 도시구역이나 인위적 배수계통을 갖는 유역에 대해 유출 모의가 가능한 모형으로 단일·연속강우에 의한 계산이 가능하며 강우간격은 임의로 설정할 수 있고, 연산 시간간격은 강우사상에 대해 임의의 조정이 가능하다. 또한 작은 배수구역에서 큰 배

수구역까지 적용이 가능하다는 점을 들어 기후변화를 반영한 도시배수시스템의 홍수유출량을 산정하고자 이용하였다.

<그림 4>는 관망자료를 토대로 XP-SWMM을 이용하여 인천 계양구 일대의 하도망을 도식화한 것이다. 기본 관망 자료와 경계조건은 고정 값으로 하여 현재 관측치와 기후변화를 고려한 확률강우량을 10분 단위로 시간 분포(Huff 분포의 이용)시켜 강우량 변화에 따른 홍수발생지역 변화를 검토하였다. 목표기간별 시간 분포시킨 강우량은 <표 2>와 같다.

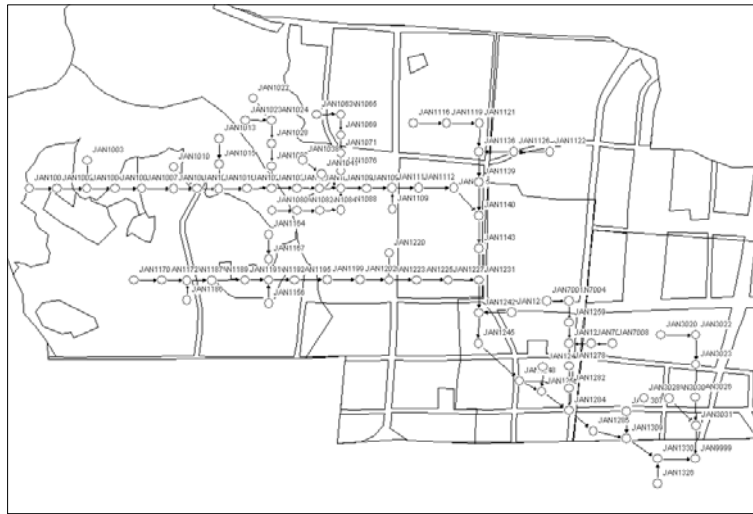


그림 4. 대상지역의(계양구 일대) XP-SWMM 관거 하도망

표 2. 관거 설계강우량(mm) 및 목표기간의 확률강우량의 시간분포

지속 기간 (min)	5년 빈도 확률강우량, mm				
	설계강우량	관측치	목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III
	81.4	83.0	84.1	88.6	90.7
0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
12	5.8	5.81	6.0	6.3	6.5
24	3.1	3.14	3.2	3.4	3.4
36	5.1	5.18	5.3	5.5	5.7
48	5.6	5.71	5.8	6.1	6.2
60	4.3	4.34	4.4	4.6	4.7
72	3.7	3.81	3.9	4.1	4.2
84	6.9	7.08	7.2	7.5	7.7
96	14.2	14.48	14.7	15.4	15.8
108	20.5	20.85	21.1	22.2	22.8
120	12.4	12.65	12.8	13.5	13.8

먼저 현 도시배수시스템의 시설물 조사와 함께 한계능력을 조사하였다. 계양구 일대의 총 관거의 길이는 14,917m(XP-SWMM 기준)였으며, 설계강우량은 81.4mm였다. 다음 현 시설물이 감당할 수 있는 한계강우량을 산정하기 위해 확률강우량을 변화시키며 통수능 검토를 하였다. 통수능 검토를 통해 산정한 한계강우량은 81.7mm였으며, 관측치와 기후변화를 고려하여 산정한 목표기간 I, II, III의 확률강우량과 비교하였을 때 관측치, 목표기간 I, II, III 모두 한계강우량을 초과하였으므로 월류로 인한 침수가 발생할 것으로 예상되었다.

인천 계양구 지역에 대해 현재 강우(관측치)와 기후변화를 고려한 강우량을 이용하여 월류량을 산정한 결과, 월류로 인해 침수가 발생한 곳은 총 7곳이었다. 모두 작전동 지역이었으며, 목표기간별 홍수발생지점과 월류량을 <그림 5>와 <표 3>에 나타내었다. 현재 발생하는 월류량과 비교하면 전체적으로 강우량 증가로 인해 목표기간별 월류량이 증가하고 있으며, 기존에 홍수가 발생하지 않았던 지역에서도 추가적으로 홍수유출이 발생하였다. 목표기간 III의 경우 현재와 비교하여 10배가 넘는 월류량이 발생하였다.

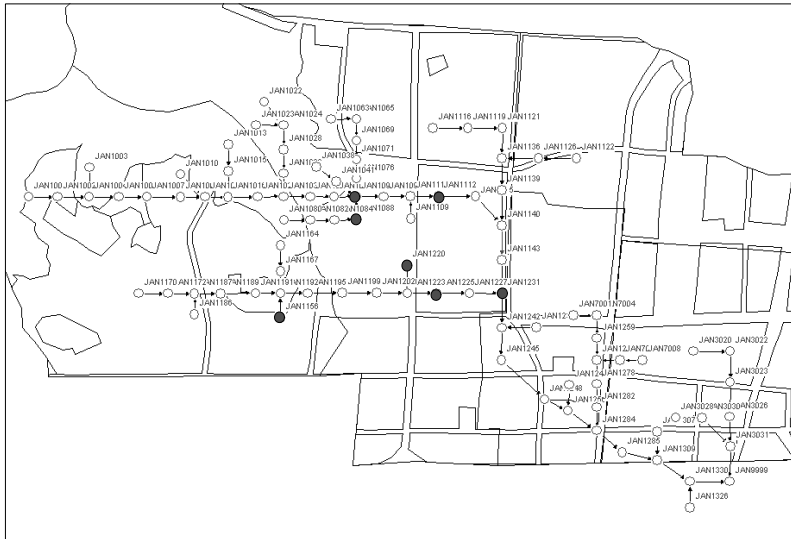


그림 5 . 대상지역의 홍수발생 지점

표 3 . 홍수발생지역의 변화

노드 (Node)	현재 월류량(m ³)	미래월류량(m ³)		
	관측치	목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III
JAN1112	679.23	1122.11	3245.29	4336.86
JAN1109	24.58	54.48	227.40	334.45
JAN1153	7.82	22.48	158.21	258.80
JAN1220	7.37	7.26	8.03	8.75
JAN1231		0.22	1520.85	2672.52
JAN1088			100.73	283.82
JAN1223				1.25
총 월류량	719.00	1,206.55	5,260.51	7,896.45

표 4 . 홍수유출량으로 인한 침수범위

침수범위	현재	미래		
	관측치	목표기간 I	목표기간 II	목표기간 III
평균 침수심(m)	0.31	0.38	0.55	0.65
최대 침수심(m)	0.80	0.98	1.65	1.89
침수면적(m ²)	2300	3200	9600	12200

본 연구에서는 월류량 뿐만 아니라 이로 인한 침수범위를 산정하였다. 위의 결과로부터 산정된 월류량을 대상지역의 DEM자료를 이용하여 고도가 낮은 지역부터 10m×10m 크기로 분포시켜 개략적인 침수심과 침수면적을 산정할 수 있었다. 그 결과는 <표 4>와 같다. 월류량 증가와 함께 평균 침수심, 침수면적 또한 증가하고 있으며, 이로 인한 평균 침수심은 0.31m~0.65m로 예상되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 기후변화로 인한 자연재해에 대비하기 위하여 미래 기후변화를 예측하고 도시유출모형인 XP-SWMM을 이용하여 기후변화가 도시배수시스템의 통수능에 미치는 영향을 파악하였다. 미래 예측에 대한 불확실성을 줄이기 위하여 본 연구에서는 A1B, A2, B1 시나리오를 모두 적용하였다. 기후모형으로는 우리나라의 기후특성을 가장 잘 모사하고 있다고 판단되는 CNCM3모형을 선정하였고 시나리오별 최대치계열을 수집하여 앙상블을 구성하였다. 기후변화의 영향을 고려하기 위해서는 강우지속기간별-빈도별 증가율을 이용하여 기후변화를 고려한 인천지역의 확률강우량을 산정하였다. 5년 빈도 지속기간 2시간일 때의 확률강우량을 산정하였으며, 과거 대비 1~10%의 증가율이 예상되었다. 현재 강우량에 증가율을 반영하여 산정된 확률강우량을 도시배수시스템에 적용하여 기후변화가 도시배수시스템의 통수능에 미치는 영향을 파악하였다. 목표기간 모두에서 월류가 발생하였으며, 목표기간 III의 경우, 현재와 비

교하여 10배가 넘는 월류량이 발생하였다. 월류로 인한 평균 침수심은 0.31m~0.65m로 예상되었다. 본 연구에서는 개략적인 침수범위를 산정하였으며, 이뿐만 아니라 이로 인한 인명피해, 재산피해로 인해 도심지에 미치는 영향은 더 클 것으로 생각된다. 본 연구에서 제시한 결과는 인천 계양구에 해당되는 결과이나, 이러한 과정을 통해 미래 강우의 영향과 피해정도를 파악해 봄으로써 향후, 기후변화 영향을 고려한 도시지역 배수시스템의 계획 및 보완·설계 시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업인 ‘복합위험요소에 대한 수방시설물의 재해 위험 진단기술개발’ 과제의 일환으로 이루어졌습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

건설교통부(2000) 1990년도 수자원관리기법개발 연구조사 보고서 제 1권 한국 확률강우량도 작성
 정민수, 이정기, 김형수(2009) 일 강우발생모형을 이용한 월 단위 GCM의 축소기법에 관한 연구 대한토목학회논문집, 제 29권 5B호, pp. 441-452
 권현한, 김병식, 김보경(2008) 기후변화에 따른 수자원 영향 평가를 위한 Regional Climate Model 강수 계열의 특성 분석, 대한토목학회

논문집, Vol.28 No.5B, pp. 525-533

배덕효, 정일원, 이병주(2007) A2시나리오에 따른 국내 수자원의 변동성 전망, 한국수자원학회논문집, 제 40권, 제 12권 pp. 921-930

김병식, 권현환, 김형수(2011) 기후변화가 가뭄 위험성에 미치는 영향 평가, 한국습지학회지, 제 13권 제 1호 pp. 1-11

김다은(2011) 기후변화를 고려한 수자원 분야의 취약성 분석, 한국습지학회지 제 13권 제 1호 pp. 25-33

김수전(2011) 기후변화가 유역의 수자원 및 생태 서식환경 변화에 미치는 영향 평가, 박사학위논문, 인하대학교

경민수(2010) 기후변화가 표준강수지수 및 확률 강수량에 미치는 영향 평가, 박사학위논문, 인하대학교

송창준(2011) 기후변화를 고려한 도시배수시스템의 취약성 분석과 대응방안으로서 LID 기법 적용성 평가, 석사학위논문, 인하대학교

송창우(2011) 기후변화를 고려한 강우량의 지역

빈도해석, 석사학위논문, 인하대학교

Roald L.A., Skaugen,T.E., Beldring, S., Vaeringstad, T.,Engeset, R., and Forland, E.J.(2003) Scenarios if annual and seasonal runoff for Norway. European Geophysical Dociety, Vol. 5, 10395

Stewart, I.T., Cayan, D.R., and Dettinger, M.D.(2005) Changes towards earlier streamflow timing across Western North America. Journal of climate 18:1136-1155.

Andersson, L., Wilk, J., Todd, M.C., Hughes, D.A., Earle, A., Kniveton, D., Layberry, R., and Savenije, H.G.(2006) Impact of climate change 무 development scenarios on flow patterns in the Okavango River. Journal of Hydrology, Vol.331, pp. 43-57

- 논문접수일 : 2011년 09월 12일
- 심사의뢰일 : 2011년 09월 13일
- 심사완료일 : 2011년 11월 23일