

생태학적 측면에서 고찰한 빗물 순환체계와 도시화와의 관계

이은희

서울여자대학교 자연과학대학 원예학과

The Relationship between circulation of precipitation and urbanization

Eun Heui Lee

Dept. of Horticultural Science, Seoul Women's University

ABSTRACT

Since the industrial revolution, the growth of cities has been especially rapid and the rate of urbanization has been high. This urban development is encroaching on the natural environment because the cities are developed with not only residential estates, industrial area and buildings but also with infrastructure. The surface area of the city is sealed with pavement whereas nature is disturbed and modified.

The hydrological cycle in the city is influenced by the change of land use i. e., from forest to agricultural land, the draining of wetlands and above all the increase of built-up areas. The surface retention and interception of precipitation in the city is reduced, because the surface area is now smooth and solid. The characteristics of the hydrological cycle in the city are increased runoff, reduced evapotranspiration and infiltration.

We have too much faith in technology although it may cause more unforeseen problems. We build more river banks and regulation dams and straighten rivers and streams in order to protect ourselves from disasters. However, the results of those developments are often higher water levels, the disturbance of aquatic ecosystems and the reduction of biodiversity.

Therefore, we should examine problems from the hydrological cycle in cities and study a natural system as close cities to nature as possible. This paper shows the problems caused by the hydrological cycle in the city. The ecology-oriented method and design must be used in order to protect our environment from disturbance.

I. 서론

산업화와 그에 수반되는 도시화로 인해 도시에서는 토지이용에 급격한 변화를 보였다. 산림파괴와 하천의 직강화, 댐 건설 등으로 인한 자연훼손과 인공건축물, 도로 등의 증가와 녹지의 감소는 도시생태계에서 뿐만 아니라 빗물의 순환체계에서도 문제점을 불러일으키고 있다. 최근 들어 빈번하게 발생하는 홍수 등, 극심한 도시의 이상기후 현상은 기상재해에 기인하지만, 인간이 빗물을 유보할 수 있는 능력을 가진 자연을 인위적으로 변경한 것에도 그 원인이 있다고 볼 수 있다 (Hermann, 1976, Riedl, 1986). 최근에는 물 분야를 포함한 도시화로 인해 야기되는 환경문제들을 기술에만 의지하지 않고 자연과의 관계를 파악한 자연친화적인 방법으로 해결하려는 방안들이 국내 외에서 많이 모색되고 있다 (Kruse, 1982, Kennedy, 1984, Hahn, 1988, 김귀곤, 1993). 이러한 방안들을 고려해서 건설된 예를 독일이나 일본에서 많이 찾아볼 수 있다 (Senator für Bau- und Wohnungswesen, 1991). 국내의 물에 관한 연구 중에서는 식물을 이용한 오수정화처리 방법과 중수의 이용 등이 많이 다루어지고 있고 생태학적 측면에서도 다양하게 많은 연구가 되고 있다 (이영무, 1991, 김귀곤, 1993, 한영해, 1995, 이명우, 1995, 최정권, 1995, 환경부, 1995). 수문학에서는 강우에 관한 전반적인 내용들을 자세하게 다루고 있고 (박성우 외 1995, Herrmann, 1976), 조경분야에서도 일반적으로 언급이 많이 되고 있지만 본 논문에서는 환경 조경적 측면에서 접근하여 도시화가 도시빗물 순환체계에, 특히 빗물의 유출에 어떠한 영향을 주는지를 문헌적으로 고찰하고 그 개선 방안들을 재조명하여 보았다.

II. 본론

1. 도시 빗물의 순환체계

물의 순환이란 강우, 유출, 저장, 증발을 통해 물이 장소를 이동하는 것과 상태를 변경하는 것을 의미한다. 이러한 순환을 통해 물은 수입(강우)과 지출(유출, 증발)의 균형을 이룬다. 총 수량의 수지를 보면 지출부문에서는 크게 4가지 경로로 나눌 수 있다.

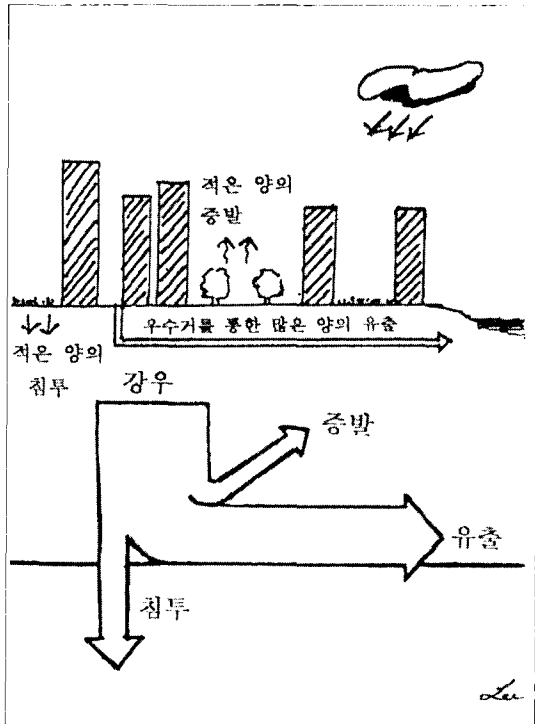
- 식물에 의한 증산
- 땅이나 물체 표면상에서의 증발
- 지하로의 침투(지하에서의 유출, 지하수)
- 강이나 지천으로의 유출 (지표수)

물 수지는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다: $P=R+E+G+\Delta S$ (박성우 외, 1995: 227). 여기서 P=강수량, R=유출량, E=증발산량, G=지표 및 지하 침투량, ΔS =토양수분 증감량을 나타낸다.

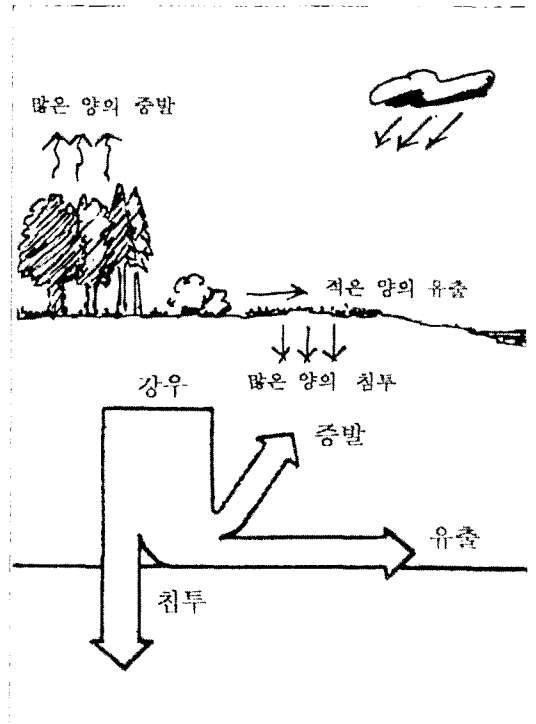
이와 같은 물 수지는 어느 지역에서나 평형 관계에 있으나 도시와 자연상태 등에 의해 지역에 따라 강우의 분배면에서 차이가 있다. 즉 자연상태인 산림, 밀집한 식물군, 늪지 등은 물의 함유능력이 높아 침투를 유리하게 해주고 높은 증산량으로 유출을 적게 한다.

특히 도시에서는 첫째로 도시화로 인하여 주거지, 공장부지, 도로, 상업지역과 또 그에 수반되는 기간 시설 등으로 인위적으로 건설된 부분의 비율이 높고, 둘째로는 산림훼손 및 토지이용의 변경, 하천의 직강화, 강 주위의 주거지 건설과 하천변, 늪지의 매움 등으로 자연이 크게 변형되었다. 따라서 도시에서는 지표면의 봉합화현상¹⁾과, 또 토지이용의 변경으로 인하여 빗물의 순환체계가 환경에 불리하게 변형되었다²⁾.

1) 지표면이 건물, 지하 건축물, 도로포장 등으로 마치 봉합된 것처럼 되어 대기로부터 차단되어 원래의 땅으로서의 역할, 즉 빗물을 침투시키고, 동식물들이 생육할 수 있는 공간으로서의 역할을 방해받는 현상
2) 숲 또는 삼림지역에서 초지 또는 농지로의 변경조차도 3% 정도의 증발량을 감소시키고, 물의 유출 속도량은 5% 증가시킨다 (Bach, 1980: 24)



a) 도시에서의 빗물의 순환체계



b) 자연상태에서의 순환체계

(그림 1) 도시에서의 빗물순환체계의 도시화

<표 1> 주거지의 인구밀도가 강우량의 분배에 미치는 영향

인구밀도 인/ km ²	강우량의 분배 %		
	증발	유출	침투
희박	30	30	40
1000	29	32	39
2000	28	34	38
5000	25	40	35
10000	20	50	30
20000	15	60	25

(출처: Randolph, 1970: 35)

<표 1>에서 보는바와 같이 인구밀도가 높아짐에 따라 증발율과 침투율은 감소하고, 유출율이 증가하는 것을 볼 수가 있다.

즉 강우의 분배는 인구밀도와도 관련이 있다고 볼 수 있다.

무엇보다도 끊임없는 녹지면적의 감소와 지속적인 건설 및 도로 포장 등으로 지표면의 봉

합화가 커지게 되어, 빗물은 급속하게 우수거가 설치되어 있는 곳에서는 우수거를 통해 강으로 유출된다. 반면 녹지면적의 감소로 인해 증발 또는 증산량은 줄어들고, 지하 침투 또한 지표면의 봉합화로 적어지고 있다 (그림 1). 이와 같은 도시에서의 물의 순환체계의 특징은 지표면의 변형에 따른 빠른 유출 (지표면의 고결화, 치밀화, 답압)과 적은 유보 감소된 녹지면적으로 인한 증발산량 감소 지하 침투감소를 들 수 있다.

2. 빗물의 유출에 영향을 미치는 요인

식물 또는 지표면 위에서 증발되지 않거나, 땅으로 침투되지 않는 강우는 유출된다. 유출에 영향을 미치는 인자들은 기후적 인자, 즉 강우강도, 강우빈도, 강우량, 강우의 지속기간, 시간적 분포 또는 간접적으로는 온도 등이

고, 또한 지상(地相)적 인자에도 큰 영향을 받는다. 지상적인 인자는 유역의 상태를 나타내는 지리적 인자와 물리적 인자, 즉 지표식물의 분포, 식생의 종류, 토성, 지표의 포장 등에 의해 영향을 받는다(박성우 외, 1995: 176-177). 주어진 기후적, 지리적인 여건을 제외하면 인위적인 토지이용의 변화가 빗물의 유출에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

강우시 실제로 얼마만큼의 비가 유출되는가를 나타내는 것을 유출계수라고 하는데, 이때 유출량은 다음과 같이 표시할 수 있다:

$q^r = \Psi \cdot r$ (l/s.ha), 여기서 q^r =유출량, Ψ =유출계수, r =강우량을 나타낸다 (Imhoff, 1985: 39).

이 유출계수는 주로 표면상태와 연관이 있는데 지표면이 포장되거나 또는 지표면이 답압 등으로 고결화된 곳은 유출계수가 높게 나타난다. 공원이나 녹지대 등은 유출계수가 낮는데 비해 경사가 있는 지붕이나 아스팔트로 포장된 도로 등은 유출계수가 높은 것을 알 수 있다 <표 2>.

이와 같은 것을 종합하여 도시의 주거지의 밀집형태에 따라 <표 3>에서와 같이 지역적 유

<표 2> 포장재료에 따른 유출계수

부분별 지역의 형태	유출계수
지붕 (경사도 15도 이상)	1
지붕 (경사도 15도 이하)	0.8
자갈 덮인 지붕	0.5
옥상정원	0.3
세차장, 경사면	1
석재블록포장(접합부위를 시멘트 등으로 봉합), 콘크리트포장	0.9
아스팔트포장	0.85-0.90
석재포장	0.75-0.85
접합부위를 봉합하지 않은 블록포장	0.5-0.7
비포장도로, 산책로	0.5
자갈길, 침투성 비포장도로, 작은 돌포장	0.25-0.6
쇄석포장	0.15-0.30
답압이 되지 않은 지역	0.1-0.2
공원, 정원녹지대	0-0.1

(출처: 이은희, 1989: 25)⁴⁾

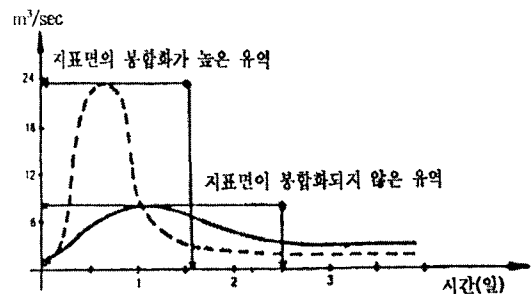
출계수를 나타낼 수 있다³⁾. 인구가 밀집한 주거지에서는 유출계수가 높은 건물의 지붕이나 도로의 비율이 높고, 유출계수가 비교적 낮은 녹지지역은 그 비율이 낮아 총체적인 평균 유출계수는 높게 나타난다.

「그림 2」는 지표면의 봉합화가 강우 유입지역의 유출에 미치는 영향을 지표면이 봉합되지 않는 유입지역과 비교하여 보여주고 있다. 봉합화가 큰 지역은 빗물의 유요능력이 적을 뿐만 아니라 빠른 유출로 인해 중간정도의 강우 강도에도 쉽게 높은 수위에 도달하고, 강도가 큰 강우일 경우, 즉 80 l/sec/ha 이상일 때는 홍수 수위에 도달하여 홍수의 위험을 빈번하게 야기시킨다 (Jentschke & Lang, 1987: 7). 이처럼 도시화와 그에 수반되는 건설 등에 의해 도시의 각 지역에서는 부분별로 유출계수가 높고 그로 인해 유출량도 많아지게 된다. 그뿐만 아니라 산림의 훼손이나 녹지면적의 감소로

<표 3> 주거지의 형태에 따른 유출계수

주거지형태	인구밀도 인/ha	유출계수
매우 밀집	350	0.8
밀집	250	0.6
막힘	150	0.4
분산	100	0.25
비주거	0	0.05

(출처: Imhoff, 1985: 39)



(그림 2) 지표면의 봉합화에 따른 유출시간과 유출최고치(출처: Jentschke & Lang, 1987: 7)

3) Lynch, 1972: 173, 박성우, 1955: 192 비교

4) Wundt, 1953: 42, 와 DIN1986 Teil 2: 15 에서 저자 발췌하여 표 작성하였음

인해 많은 양의 비가 유보 또는 침투되지 못하고 급격하게 유출된다. 그로 인해 빗물의 유입 지역에서는 비가 온 뒤 짧은 시간 안에 유출 최고치에 이르게되어 홍수의 위험을 주는 경우가 자주 발생한다⁵⁾. 또한 강우가 급격하게 해양으로 유출되어 평상시 유지 유출량이 전체적으로 줄어들게 된다 (Herrmann, 1976: 93).

3. 도시 빗물순환의 문제점

도시 빗물 순환에 있어서 빠른 유출로 인해 야기되는 문제점은 홍수의 위험이 커지게 되는 것과 빠른 유출로 인해 평상시의 하천 유지유량이 감소되어 물이용시 차질을 주는 것, 제방, 댐 등을 건설함으로써 건설 비용이 증가되는 것과 하천변 및 수생 생태계 파괴를 가져오게 되는 것 등이다 (Sieker, 1988: 543).

적은 침투로 인해 야기되는 문제점으로는 침투량의 감소로 인해 지하수 충전의 불량과 습지 비오톱⁶⁾의 감소로 인한 생물종의 다양성 결여와 토양 함수량이 줄어들어 지표면 주변에서 식하는 동식물에게 악영향을 미치는 것 등을 들 수 있다.

감소된 증발량으로 인해 야기되는 문제점으로는 녹지면적의 감소로 인해 도시에서의 상대습도가 낮아 쾌적한 미기후의 조성에 불리하게 작용하는 점과 또한 도시의 온도 상승에 영향을 미치는 것 등을 들 수 있다 (Lötsch, 1983: 135).

4. 도시 빗물순환체계 개선을 위한 방안

도시화로 인해 인위적으로 변형된 빗물의 순환체계를 개선할 수 있는 방안으로는 첫째로

빗물의 유출을 저지할 수 있는 방안 둘째로 침투가능성을 높일 수 있는 방안과 셋째로 빗물 이용방안을 들 수 있다.

4.1. 빗물의 급속한 유출을 저지할 수 있는 방안

유출속도와 유출량을 줄이기 위해서는 우선 지상부에 유보시켜서 서서히 증발시키거나 또는 서서히 유출을 유도하는 방안을 모색하여야 한다⁷⁾.

이를 충족하기 위해서는 무엇보다도

- 녹지면적의 확대와
- 수면의 확대⁸⁾가 필요하다.

녹지에서는 식물체의 잎들로 인해 총 표면적이 큰 식물들이 빗물을 많이 유보할 수 있기 때문에 빗물의 유출을 적게 하고, 유출속도를 늦출 수 있다. 즉 식물이 있는 곳은 빗물이 식물체에 의해 차단되어 잎들에 유보되어 실제로 대지에 도달하는 강우량은 다음 식과 같이 적어지게 된다. $N_N = N - V_f$ 로서, N_N =특정한 장소에서 강우량, N =평지에서의 강우량, V_f =식물체에 의해 차단되어 유보된 강우의 일부를 나타낸다 (Wechmann, 1964: 459).

녹지에서는 높은 증발산이 식물에서 일어나는데 이는 식물자체에 의한 증산, 대기 위에서의 증발과 식물체에 의해 차단되어 유보되는 강우의 증발에 의해서이다.

식물때문에 대지에 도달되지 않는 강우는 잎에 잔류된 채로 수간을 통해 천천히 흐르거나 그곳에서 증발되거나 증산된다. <표 4>와 같이 숲의 강우 유보 능력은 초지의 강우 유보 능력보다도 아주 큰 것을 알 수 있다. 또 식물의 종류와 성장시기, 연령에 따라 크게 달라진다 (Brechtel, 1982: 22). 이와 같이 녹지공간 조성시에 공간

5) 1972년 건설한 미국 Virginia 주의 Arlington 신주거지는 그 지역의 50% 이상이 건설 또는 포장되어 물의 침투를 방해한 결과로 인해 조그만 지천이 있는 그곳에 유출량이 방대해짐으로 맑미암아 막심한 홍수의 피해를 보고 있음 (Kaiser (Hrsg), 1980: 704)

6) Biotop (독일식 표기): 지질학적, 지형학적, 지리학요소 그리고 기후와 물수지 등의 복합적인 요소가 한 특정한 공간에 작용하여 생겨난 생활공간을 일컫음

7) 기술적으로는 우수유출억제형 하수도도 있으나 (한영해, 1995: 60) 그중 관거의 우회 방법은 지하의 장소문제로 적용이 어려울 것으로 생각됨

8) 방대한 댐이나 인공호수는 도리어 수질오염, 생태계 파괴 등등 더 많은 환경문제 야기시킴으로 고려해야함

이용의 성격에 따라 식물을 선정해서 계획하면 물의 수지균형에도 큰 도움을 줄 수 있다.

녹지면적의 확보가 어려운 도심에서는 벽면 녹화⁹⁾와 옥상녹화¹⁰⁾가 녹지면적확대에 큰 역할을 할 수 있다. 그 뿐만 아니라 옥상녹화를 통한 빗물 유보 역시 생태학적 측면에서, 또한 물의 순환과정에도 기여하는 바가 크다 (Spengelin, 1972: 115). 즉 일반적으로 높은 유출계수를 가진 지붕도 흙과 식물을 이용하면 유출계수가 <표 2>에서와 같이 낮아져서 천천히 유출될 뿐만 아니라, 적은 양의 비에는 자체에서 서서히 증발되어 미기후 형성에 좋은

<표 4> 식생의 유형에 따른 강우 유보량

식생의 유형	최대강우 유보량 mm
중간밀도인 양지초원	0.73
빽빽한 습지 초원	1.20
중간 밀도의 강낭콩 재배지역	0.43
다양한 종류의 이끼 및 이끼 층	3.76-4.39
이탄 이끼 층	5.64
참나무, 전나무, 서어나무 군집 혼합림 (새층의 하층식생 존재)	4.80
전나무-활엽수혼합림 (45년생이고, 하층 식생은 나무 없이 한층만 존재)	6.30

(출처: Wechmann, 1964: 549)

역할을 할 수 있기 때문이다.

수면확대 방안은 연못, 호수나 빗물 저수지 등을 만들어 빗물의 유출을 수면으로 유도시켜 빗물을 유보시킬 수 있다. 이러한 수공간들은 높은 열 전도율과 열 보유능력으로 기후에 중요한 역할을 한다 (Kruse, 1982: 39).

이는 많은 양의 증발로 인해 높은 습도를 유지하고, 대기로부터 열의 발산을 막아 온도를 낮추어 주어 미기후 형성에 좋은 영향을 미치기 때문이다. 또한 수공간들은 습지 비오름을 형성시켜 종의 다양성이 결여된 도시 생태계에도 중요한 영향을 미칠 뿐만 아니라 교육적, 휴식적 측면 그리고 심미적 측면에서도 중

요한 역할을 한다.

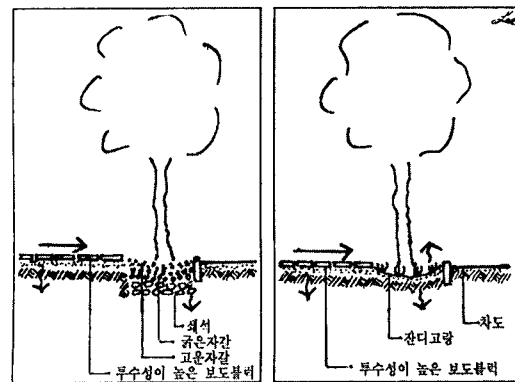
4.2. 침투성을 높일 수 있는 방안

외부 공간 설계시 빗물의 침투 가능성을 높여서 유출총량을 줄일 수 있는 방안으로는 도로의 봉합화를 지양하고 투수성이 높은 포장 재료를 사용하는 것과 기술적인 방법으로는 침투장치 (침투우물, 침투관 등)를 설치하는 것을 들 수 있다 (Hardacker, 1983: 123, 김귀곤, 1993: 120). 특히 주거단지내의 도로나 주차장이 필요이상으로 포장화되는 것을 지양하고, 보도에 투수성이 높은 포장재료를 사용하거나 가로수 변에 투수성을 높일 수 있는 공간을 만들어주면 도로변을 자연 친화적으로 조성할 수 있다 (그림3).

<표 5> 포장재료에 의한 침투율

포장의 종류	침투율 %
비포장	50
잔디	42
잔디가 심겨진 콘크리트 블록	60
인조석	16
연결식 콘크리트 블록	40-70

(출처: Jentschket & Rang, 1987: 9)



a) 자갈고랑 b) 잔디고랑

(그림 3) 침투를 고려한 도로변 설계방안

9) 벽면녹화는 증발산량을 증가시켜 미기후를 형성하여 주는 것과 곤충과 조류들에게 서식공간을 제공하는 것 등 많은 장점이 있음
10) 조방적인 옥상녹화는 건조비오름을 형성하여 도심에서 사라져 가는 식물종의 다양성을 제공할 수 있음

4.3. 빗물이용 방안

유출을 적게 하기 위한 간접적 방안으로는 빗물이용을 권장하여 유출량을 줄이는 방안을 모색할 수 있다.

빗물이용을 하기 위해서 빗물저수지, 또는 빗물저장고 등을 조성하여 빗물을 받아둠으로서 유출량을 줄임과 동시에, 사용용도에 따라 수도물 대신 빗물을 이용할 수 있다¹¹⁾.

이러한 방안들은 상수도 물의 사용량을 줄여 댐 건설을 위한 경비절감과, 그로 인한 생태계 파괴를 방지할 수 있는 장점이 있다 (Bröcker, 1987: 29-31, Hardacker, 1983:131).

4.4. 외부공간 설계시 적용방안의 예

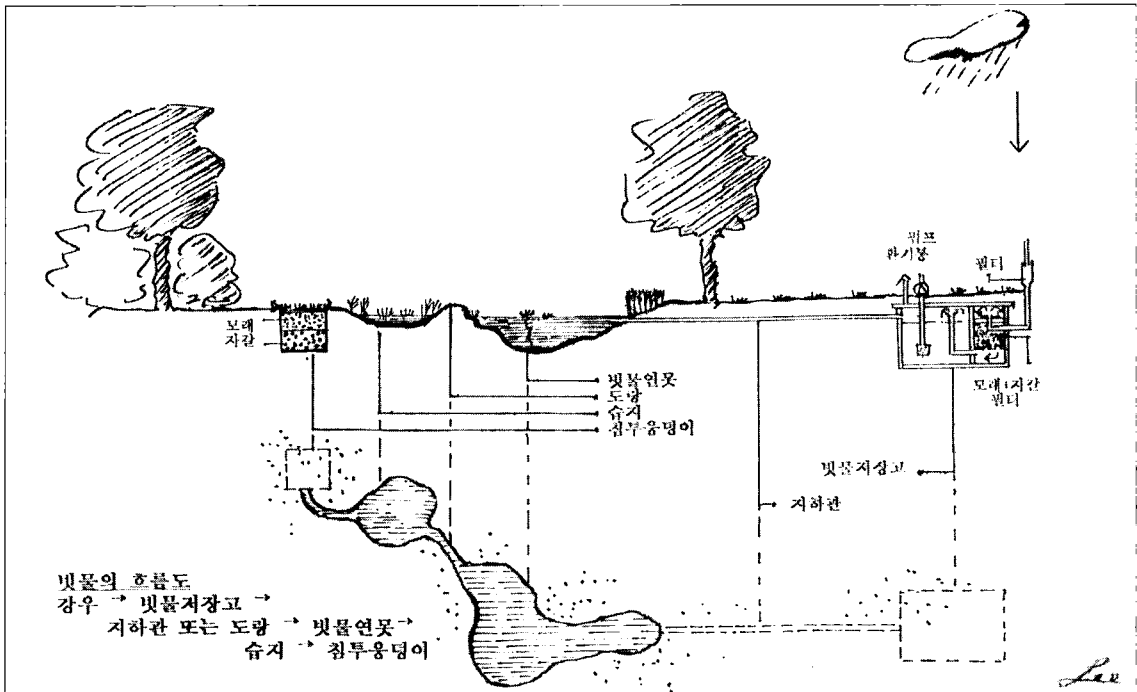
유출을 저지하기 위해서는 가능한 한 외부공간을 녹지공간으로 확보하고 이러한 공간에

도심에서 부족한 습지, 연못 등의 조성안과 결부시켜 설계하면 빗물의 순환적 측면에서 뿐만 아니라 공간 요소로서 또 도시 생태계에도 좋은 영향을 미칠 수 있을 것이다. 외부공간의 크기와 장소 그리고 주어진 여건 등에 맞게 연못 또는 침투장치, 빗물저장고 등을 선택하여 조성할 수 있다 <표 6>.

「그림 4」는 <표 6>에서의 빗물저장고, 연못, 침투장치를 모두 적용한 예를 나타내었다. 침투장치의 크기나 저장고, 연못의 크기는

<표 6> 강우의 유출을 줄일 수 있는 방안의 예시

- a) 강우 → 도랑 → 빗물연못 일여수 → 침투장치
- b) 강우 → 빗물연못 일여수 → 습지 → 침투장치
- c) 강우 → 빗물연못 일여수 → 우수관 → 하천
- d) 강우 → 옥상녹화지역 일여수 → 빗물연못 → 하천
- e) 강우 → 빗물저장고 일여수 → 빗물연못 → 침투장치
- f) 강우 → 빗물저장고 일여수 → 우수관 → 하천
- g) 강우 → 침투장치 일여수 → 우수관 → 하천



(그림 4) 빗물의 순환체계를 고려해서 설계할 수 있는 방안의 예

11 빗물저장고 설치한 예는 Bröcker (1987) 참조

적할 수 있는 빗물의 양에 따라 계획하여야 할 것이다. 흠통을 통해 모여진 빗물은 지하 또는 옥상 빗물저장고에 저장되고 잉여수는 지하관을 통해 연못으로 유입되도록 하였다. 연못에서의 잉여수는 도랑을 통해 습지로 넘어가게 하고 여기서도 넘치는 물은 간단한 침투웅덩이가 설치되어 있는 곳으로 흘러 들어가 침투되게 하였다. 침투 웅덩이는 모래와 자갈층으로 채워진 웅덩이로서 지표면은 잔디를 심어 녹지공간으로 조성한다. 위와 같이 한 지역에 모인 빗물은 녹지에서 증발 또는 침투되고 일부분만 유출되게 된다. 이러한 외부공간들의 확대는 도시생태계와 빗물 순환체계에 좋은 영향을 미칠 것이다.

Ⅲ. 결론 및 요약

빗물의 순환체계가 자연상태에서 크게 변형된 것은 도시화로 인한 녹지면적의 감소와 건설로 인한 대지의 봉합화와 관계가 있다.

자연상태와 비교하여 빠른 유출과 적은 양의 침투, 적은 양의 증발 등은 하천변 및 하천 생태계를 교란하였고, 미기후 형성에도 불리하게 작용하여 환경에도 나쁜 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 녹지가 비생산적인 공간이 아니라 생태학적, 환경적인 측면에서 특히 수문학적 측면에서도 필수적인 공간임을 강조하여, 이제는 경제적 측면에서 무조건적인 건설지향주의는 탈피하고 녹지의 확보와 보존을 필수적인 요소로 보아 가능한 한 녹지면적을 확대할 수 있는 제도적인 뒷받침이 있어야 한다.

건설이 불가피할 경우에는 생태학적, 환경적 측면을 고려하여 자연 생태계에 가까운 생태건설 형태로 계획하여 도시의 빗물의 순환체계가 자연에 근접하도록 하여, 도시생태계가 인위적으로 변경되는 것을 막는 방향으로 접근하여야 한다.

인용 및 참고문헌

1. Bröcker, Alfons (1987), Wasserversorgung alternativ, Karlsruhe: Verlag C.F. Müller
2. Brechtel, Horst-Michael und G. Scheele (1982), "Erwirtschaftung von Grundwasser durch Land- und Forstwirtschaftsmaßnahmen", Material für 4. Fortbildungslehrgang Grundwasser in Darmstadt, Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kultur e. V.
3. Council on Environment Quality und dem US-Aussenministerium Ed. (1980), The Global 2000 Report to the President, Trans., Kaiser, Reinhard (Hrsg.), Global 2000, Frankfurt a. M.: Verlag Zweithausendeins
4. Hardacker, Eckhard (1983), "Qualitative Wasserwirtschaft in hochversiegelten Gebieten", in: Ökologie und Stadtplanung, Grohé, Thomas und Fred Ranft (Hrsg.), Köln: Veering, W. Kohlhammer
5. Hahn, Ekhart (1988), Siedlungsökologie, Karlsruhe: Verlag C. F. Müller
6. Hermann, Reimer (1976), Einführung in die Hydrologie, Stuttgart, Köln: B. G. Teenier
7. Imhoff, Karl und R. Klaus (1986), Taschenbuch der Stadtentwässerung 26. Aufl. München: Oldenbourg Verlag
8. Kennedy, Margrit (1984), Öko-Stadt, Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verlag
9. Jentschke, Robert und Eckhard Lang (1987), Bodenentsiegelung - Konzept zur Umsetzung von Entwicklungszielen und Maßnahmen des Landschaftsprogramms, Im Auftrag des Senators für Stadtentwicklung und Umweltschutz, Berlin (unpublished)
10. Kruse, Per, u.a. (1982), Ökologisches Bauen, Wiesbaden, Berlin: Bauverlag
11. Lee, Eun Heui (1989), Zur Umsetzung stadtökologischer Gesichtspunkte des Umganges mit Niederschlagswasser in dicht besiedelten Gebieten, Diplomarbeit, Technische Universität Berlin, FB 14. (unpublished)
12. Lötsch, Bernd (1983), "Stadtklima und Grün" in Grün in der Stadt, Andritzky, Michael und Klaus Spitzer (Hrsg.) 134-153 Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag
13. Lynch, Kevin (1972), Site Planning, Cambridge, Massachusetts and London: The M.I.T press
14. Odum, Eugene P. (1993), Ecology, Massachusetts: Sinauer Associates
15. Randolph, Rudolf (1970), Kanalisation und Abwasserbehandlung, 3. Aufl., Berlin.

16. Rössert, Robert (1984), Grundlage der Wasserwirtschaft und Gewässerkunde, München, Wien: Oldenbourg-Verlag
17. Sieker, Friedheim (1988), "Maßnahmen zur Regenwasserversickerung und ihre Auswirkungen auf die technische Infrastruktur", Informationen zur Raumentwicklung, Heft8/9, 543-548, Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg. & Verlag)
18. Senator für Bau- und Wohnungswesen (1991), Urban renewal Berlin, Berlin: Senator für Bau- und Wohnungswesen.
19. Spengelin, F., Nagel, G. und Luz, H. (1984), Wohnen in den Städten?, Ausstellungskatalog, Berlin: Druckhaus E. A. Quensen Lamspringe
20. Wechmann, Artur (1964), Hydrologie, München: Oldenbourg-Verlag
21. Wundt, Walter (1953), Gewässerkunde, Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verlag
22. Riedl, Ulrich und Oliver Gockel (1996), Hochwasserschutz in der Landschaftsrahmenplanung: Garten + Landschaft, (1): 23-27
23. 김커관 (1993), 『생태도시 계획론』, 서울: 대한교과서 주식회사
24. 박성우 외 (1995), 『응용수문학』, 서울: 향문사
25. 이명우 (1995), "토지이용으로 인한 수질영향", 『한국 조경학회지』, 22(4): 198-202
26. 이영부 (1991), 『자원 절약형 단지계획』, 서울: 지문당
27. 최정권 (1995), "도시 하천환경의 생태적 재생", 『한국 조경학회지』, 22(4): 191-197
28. 한영해 (1995), 『환경친화적 주거단지 기본계획』, 서울대학교 환경대학원 석사논문
29. 환경부 (1995), 전국 그린 네트워크화 구상, 도움자료 (비매품).