

창원지역 빗물의 계절변화 및 저류시간에 따른 수질변화

Seasonal Variation and Storage Period of Rainwater Quality in Changwon

한치복 · 이택순*[†]

Chi-Bok Han · Taek-Soon Lee*[†]

경상남도 보건환경연구원, *창원대학교 환경공학과

Gyeongsangnam-do Institute of Health and Environment

*Department of Environmental Engineering, Changwon National University

(2010년 3월 16일 접수, 2010년 5월 12일 채택)

ABSTRACT : This study investigated variation of rainwater quality by seasonal and storage duration of rainwater in Changwon city. Seasonally, the pollutants concentration of rainwater were higher in spring and winter. In the case of rainwater and storage rainwater quality, pH of rainwater was 4.3, storage rainwaters were 6.0 and Turbidity increased about 8 times from 1.82 NTU to 14.61 NTU. The changes of storage water quality during the storage period, initial KMnO₄ consumption rainwater was exceeded drinking water standard. Total solid in rainwater was detected as 116 mg/L, it tended to stable at around 70~80mg/L after storage period for a 6day.

Key Words : Rainwater, Turbidity, Total solid, Quality, Storage period

요약 : 본 연구는 창원시 지역의 빗물의 계절적 수질변화와 저류조의 경과일수에 따른 수질 변화를 조사연구하였다. 빗물의 계절적 수질 변화를 보면 전체적인 오염물질의 농도는 봄철 및 겨울철이 높았다. 내리는 빗물과 저류조 빗물의 수질을 비교 하였을 때 pH의 경우, 내리는 빗물은 pH 4.3, 저류조의 빗물은 pH 6.0을 나타내었고, 탁도의 경우는 1.82 NTU에서 14.61 NTU로 대략 8배 정도로 크게 증가하였다. 저류조의 경과 일수에 따른 수질 변화는 과망간산칼륨소비량이 초기 강우에서 먹는 물 수질기준을 초과하여 검출되었고, 증발잔류물은 초기우수에서 116 mg/L 검출되었으나 저류시간 6일 경과 후부터 34일까지는 70~80 mg/L로 저류시간이 길어져도 농도의 변화는 크지 않았다.

주제어 : 빗물, 탁도, 증발잔류물, 수질, 저류시간

1. 서론

최근 우리나라도 지속가능한 도시개발 및 생태도시건설의 한 가지 방안으로 빗물관리의 중요성이 부각되고 있다. 빗물관리는 새로운 수자원의 이용이라는 측면 외에도 도심형 홍수예방을 위한 치수목적의 우수 배제 시설설치, 지하수 함양 시설설치, 옥상녹화, 생태정원, 도심 친수공간 조성 등 도시 내부의 물과 에너지 순환을 회복하는 전체적인 관리 방안을 말한다. 빗물관리를 통한 에너지와 자원의 절약은 새로운 대체수원의 확보라는 차원에서 수도물을 절약할 수 있으며, 빗물 이용을 위한 초기 강우 처리는 오염물질의 유출저감 효과와 비점오염원을 저감시키는 역할을 기대할 수 있다. 이외에도 도시 열섬현상 완화와 건천화 방지 등 물과 에너지 순환 체계를 회복하는데 기여할 수 있다.

도시의 불투수층 증가는 지하로 함양되는 빗물의 양을 감소시켜 지속적인 지하수 수위 저하를 유발한다. 창원시의 경

우 지하수 이용 현황을 살펴보면 이용량/개발가능량의 비가 거의 100%에 육박하고 있어 지하수의 하천수 함양은 기대할 수 없으며, 도리어 낮아진 지하수위로 인한 심각한 지하수 오염 현상을 보이고 있다.¹⁾ 환경수도를 지향하는 창원시는 하천 정비를 통한 친수 공간 조성사업을 의욕적으로 추진하고 있으나, 창원을 대표하는 창원천과 남천의 경우 건천화가 심각하며 하천 유지용수의 확보도 어려운 실정이다. 이 같은 여러 가지 문제들을 해결할 수 있는 가장 빠르고, 실현 가능성이 높은 방안이 빗물을 이용하는 것이라 생각된다. 일반적으로 집수면이 깨끗한 경우에는 생활용수, 잡용수, 소화용수 등으로 이용가능 하고, 집수면이 깨끗하지 않은 곳에서는 빗물의 직접 이용 보다는 침투반이, 침투구, 투수성포장도, 침투정 등을 이용하여 지하에 충전 함으로서 지하수함양, 지반 침하방지 효과를 얻을 수 있다.

빗물이 육지의 민물이나 바닷물 등이 증발된 오염되지 않은 깨끗한 물이지만 초기 빗물은 대기 중의 오염물질을 포함

[†]Corresponding author : E-mail : tslee@changwon.ac.kr Tel : 055-213-3741 Fax : 055-281-3011

하므로 빗물을 효율적으로 이용하기 위해서는 초기우수에 대한 고려가 이루어져야 한다. 빗물의 질은 바람의 방향, 대기의 오염, 강우의 빈도 등과 관련된 계절적인 변화에 직접적으로 의존한다.²⁾ 초기강우의 경우 강하 시 대기 중 대기오염물질을 씻어내는 역할을 함으로서 빗물 중에 오염물질이 함유되어 있을 가능성이 많다. Yaziz³⁾는 집수표면을 통과한 빗물의 pH는 약간 증가한다는 것을 발표했고, 중금속의 농도와 종류는 집수면의 재질에 따라 달라진다는 연구 결과도 있다.^{4~5)}

이런 이유로 빗물의 효율적인 이용을 위해서는 빗물의 오염 정도를 알아보는 연구가 선행되어야 하며, 집수면을 통해 저류된 빗물의 수질 변화를 조사하여 모든 빗물의 안정적인 이용가능성을 알아보아야 할 것이다. 본 연구에서는 창원시의 효율적인 빗물이용가능성에 대한 효율성 검증에 요구되는 기초 자료를 제공하기 위하여 내리는 빗물의 수질과 빗물의 계절적인 수질변화를 조사하였고, 또한 지붕면을 통하여 저류조에 저류된 빗물의 시간경과에 따른 수질변화를 알아보기 위하여 저류일수에 따른 수질분석을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구에서는 빗물의 계절적인 수질특성을 파악하기 위하여 창원시를 용도지역별로 주거지역, 상업지역, 공업지역 등으로 구분하여 주거지역은 명서동 동사무소 옥상(이하 M), 상업지역은 용호동에 위치한 고운메디컬센터 옥상(이하 G)에 설치하였으며, 공업지역은 공단지역에 있는 웅남동(주)효성에바라(이하 H)의 건물 옥상에 Fig. 1과 같은 면적이 1 m²인 아크릴판을 이용한 집수면과 3 L 용량의 아크릴 집수용기를 설치하였다.

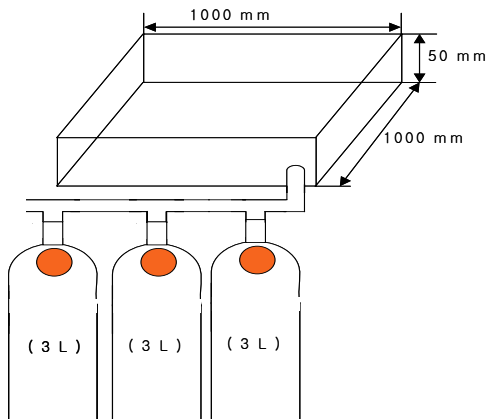


Fig. 1. Rainwater collection system.

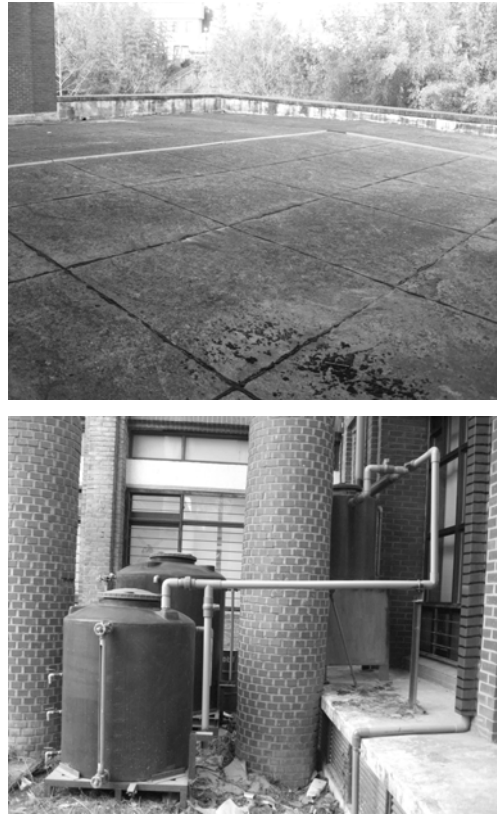


Fig. 2. Catchment area and rainwater collection facility.

저류조 빗물의 경과일수에 따른 수질변화를 알아보기 위하여 창원대학교 옥상 콘크리트 지붕면을 집수면으로 활용하였는데, 집수 구역은 스테인레스 재질의 앵글을 이용하여 지붕면을 분할하여 가로 8.7 m, 세로 12 m로 설정하여 집수하였고 총 면적은 104.4 m²이다. 집수면 자체가 배수구 쪽으로 완만한 경사를 이루고 있어 내린 빗물이 원활히 저류시설로 유입되는 구조로 되어있다. 빗물 저류조는 1 ton 용량의 고밀도 폴리에틸렌 재질의 음용수용 물탱크를 이용하였다. Fig. 2는 창원대학교에 설치된 빗물 집수면과 집수장치 사진이다.

강우시 빗물은 대기오염의 정도에 따라 빗물의 수질이 결정되지만, 저류조에 모은 빗물의 경우 대기오염 외에도 집수면에 침적된 오염물질의 양도 빗물의 오염도를 결정하는 중요한 요소가 된다. 빗물은 소독되지 않은 천연의 물이기 때문에 먹는물 수질 기준 중에서 소독 부산물항목과 집수면이 외부에 노출되어 있어 미생물 항목을 제외한 지하수 수질 검사 항목에 준하여 중금속, pH, 건강상 유해 유기물질 및 무기물질, 색도, 탁도 등 43항목을 먹는물수질공정시험법에 따라 분석하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 내리는 빗물의 계절에 따른 수질변화

창원시 지역에서 내리는 빗물의 계절적 수질 특성을 알기 위하여 가을(2007년 10월), 겨울(2007년 12월), 봄(2008년 4월), 여름(2008년 7월)에 걸쳐 총 11회 측정한 평균값을 사용하였으며, 이들 결과를 다음 Fig. 3에 나타내었다. 내리는 빗물의 전반적인 계절적 수질 변화를 보면 전체적인 오염물질의 농도는 봄철과 겨울철이 높은 나타내었는데, 이러한 경향은 겨울철의 도시 난방과 봄철 황사의 영향으로 생각되어진다. 그러나 pH의 경우에는 봄과 겨울이 여름과 가을에 비하여 낮게 나타났다. 황사의 영향으로 봄철의 pH가 높게 나타날 것으로 예상하였으나 겨울철보다 낮게 표시된 것은, 겨울철과 봄철의 경우 도심 난방이나 겨울철 자동차의 공회전 등으로 인한 산성비 유발물질의 배출량이 많은 것도 한 가지 원인이 될 것이다. 뿐만 아니라 중국의 급격한 공업화로 인한 화석연료 소비의 급증으로 황사와 함께 장거리 이동 오염물질인 SO_x, NO_x 등의 유입 증가도 봄철 pH를 낮게 하는 원인이 되는 것으로 생각된다. 내리는 빗물의 평균 pH의 범위는 산성비의 기준 값인 pH 5.6 보다 낮은 4.1~5.0을 보여 내리는 빗물이 산성비였음을 알 수 있다.

Table 1. The variation of rainwater quality by season

Item and collect area		season			
		Autumn (2007.Oct.)	Winter (2007.Dec.)	Spring (2008.Apr.)	Summer (2008.Jul.)
pH	(M)	4.6	4.5	4.4	4.7
	(G)	5.0	4.4	4.2	4.6
	(H)	5.1	4.6	4.1	4.6
Turbidity (NTU)	(M)	0.93	2.13	2.03	0.70
	(G)	1.19	2.67	3.08	0.89
	(H)	1.02	2.34	2.48	0.60
Zn(ppm)	(M)	0.10	0.17	0.15	0.05
	(G)	0.10	0.16	0.17	0.05
	(H)	0.29	0.55	0.66	0.10
NH ₃ -N(ppm)	(M)	0.33	1.13	1.44	0.17
	(G)	0.24	1.57	1.60	0.14
	(H)	0.31	1.28	1.55	0.10
Al(ppm)	(M)	0.08	0.07	0.02	0.01
	(G)	0.06	0.06	0.10	0.02
	(H)	0.07	0.06	0.06	0.02
Total solids(ppm)	(M)	19.7	30.0	48.2	33.2
	(G)	27.8	39.9	44.9	38.3
	(H)	39.8	48.6	41.2	44.7

Al과 탁도의 농도가 봄철에 높은 농도로 검출되는 것은 주성분이 Al, Si, Ca 등인 미세입자상 물질인 황사의 영향인 것으로 생각된다. 빗물의 탁도와 색도가 인간의 건강에 직접적으로 영향을 미치지 않지만 빗물을 이용하는데 있어서

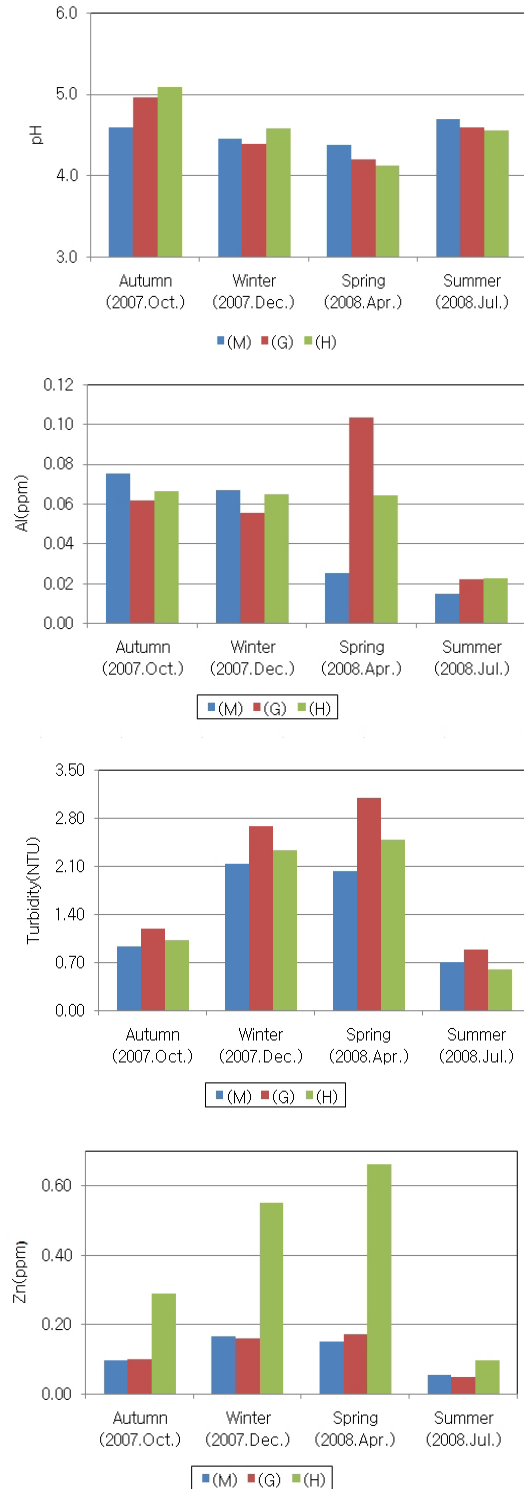


Fig. 3. The variation of pH, Al, Zn, Turbidity concentration by season.

는 중요한 요소이다. 내리는 초기 누적 강우 3 mm를 제외하면 빗물의 색도는 먹는 물 수질기준을 만족시켰다. 반면 탁도는 초기 누적 강우 18 mm 이전까지는 먹는 물 수질 기준을 만족하지 못했다. 탁도는 봄에 제일 높은 수치인 3.08 NTU를 보였다.

Zn의 농도는 공업지역이 다른 지역보다 높았는데 이는 인는 중요한 요소이다. 내리는 초기 누적 강우 3 mm를 제외하면 빗물의 색도는 먹는 물 수질기준을 만족시켰다. 반면 탁도는 초기 누적 강우 18 mm 이전까지는 먹는 물 수질 기준에 위치한 기계제작, 대형 철구조물제작, 각종 산업용 구조물 제작업체가 밀집되어 있어, 아연 도금된 철제 강판을 연마하거나 절단할 때 비산되는 입자의 영향을 받는 것으로 예상되나, 정확한 원인 관계는 향후 더 많은 조사가 이루어져야 될 것으로 생각된다. 봄에는 다른 계절과 비교했을 때 가장 높은 Zn 농도가 검출되었다. 봄철에 Zn 농도가 가장 높게 검출되는 것은 황사로 인한 토양 입자의 농도 증가와 관련이 있다고 판단된다.

3.2. 내리는 빗물과 저류조 빗물의 수질비교

빗물이용시설은 기본적으로 일정한 집수면을 거친 빗물을 저류조로 유입시켜 필요한 용도에 맞게 이용하는 시설이다. 대기 중에 노출된 집수면은 각종 대기 침적 강하물에 의해 오염물질이 축적되게 된다. 축적된 오염물질은 강우 시 빗물에 씻겨 저류조로 유입되어 저장조 빗물 수질에 영향을 미친

Table 2. Rainwater and storage rainwater quality.

Item	storage rainwater	rainwater
pH	6.0	4.3
color	4	0
turbidity	14.61	1.82
Zn	0.291	0.253
Cu	0.070	0.031
Al	0.241	0.128
Fe	0.091	0.075
Mn	0.054	0.034
NH3-N	0.38	0.3
NO3-N	1.90	0.62
hardness	56.0	3.0
KMnO4	13.1	1.8
Total solids	116	43
Cl	5	2
SO4	7	3

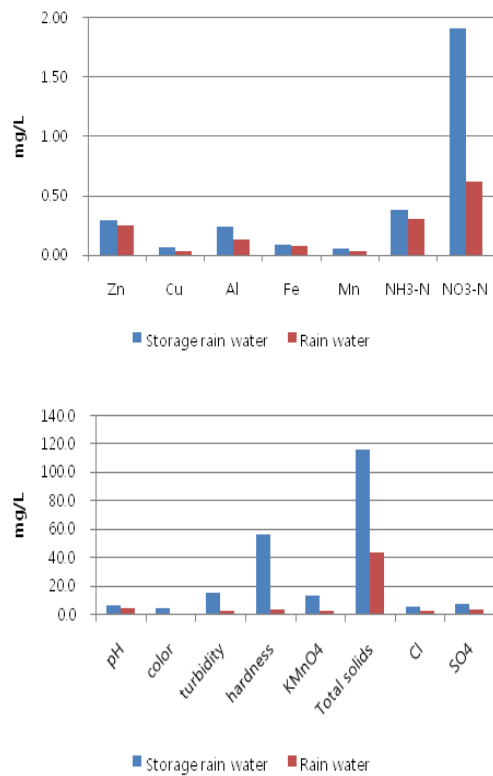


Fig. 4. The variation of rainwater and storage rainwater quality.

다. 저장조 빗물은 집수 시 콘크리트나 그 외의 지붕면을 통해 집수가 이루어지기 때문에 내리는 빗물에 비해 오염의 정도가 심하다. 이는 내리는 빗물은 대기오염의 정도에 따라 빗물의 수질이 결정되지만 저장조 빗물의 경우 대기오염 외에도 집수면의 오염상태가 빗물의 오염도를 결정하는 중요한 요소가 된다. 집수구역의 선정은 빗물 이용에 있어서 이용 수량과 수질을 좌우하는 중요한 요소이다. 내리는 빗물과 저장조 빗물의 수질비교를 위한 장치는 콘크리트 지붕면을 집수면으로 활용하였다.

내리는 빗물과 저류조의 수질을 비교하면, pH의 경우 내리는 빗물은 4.3, 저류조의 빗물은 6.0을 나타내고 있다. 김영진 등⁶⁾이 연구한 서울시의 경우에도 내리는 빗물의 pH는 5.6이고, 저류조의 pH는 8.0로 조사되었는데, 이는 빗물이 콘크리트 집수면을 지나면서 알칼리성인 집수면의 영향으로 pH가 상승한 것으로 판단된다. 또한 pH 값의 차이는 같은 콘크리트 집수면 이라도 집수면 노후정도차이에 의한 것으로 알려져 있다.⁶⁾ 이 외에도 기존의 연구에서 pH 5.8인 증류수로 콘크리트 집수면의 용출실험을 한 결과 pH가 11~12로 상승하여 집수면 재질에 의한 pH 상승이 크게 나타나는

것과 부합된다고 할 수 있다.⁸⁾ Fig. 4는 내리는 빗물과 집수한 빗물의 수질변화를 나타낸 것이다.

금속성분의 농도는 Zn과 Al을 제외한 성분들은 모두 음용수 수질 기준 이하의 매우 낮은 농도로 검출되었다. Zn과 Al은 내리는 빗물과 저류조 모두에서 다른 원소에 비해 높은 농도로 검출되었다. Zn과 Al은 집수면 재질의 영향도 있지만 집수면 침적물질과 대기 중의 입자상 물질의 영향도 큰 것으로 생각된다.^{6,7)} 특히 내리는 빗물의 Al농도가 콘크리트에서 높게 나타나는 것은 집수면 재질의 영향 때문으로 추측된다. 내리는 빗물에서보다 저류조의 탁도, 과망간산칼륨소비량, 증발잔류물 등이 높은 농도로 검출되는 것은 집수면에 침적되는 입자상 오염물질의 영향을 받은 것으로 생각된다.

내리는 빗물과 저류조 빗물의 탁도는 1.82에서 14.61로 대략 8배정도로 크게 증가했다. 이는 대기 중 오염물질과 집수면의 입자상 오염물질의 영향에 의한 것이라고 생각할 수 있다. SO_4^{2-} , Cl^- 의 농도는 음용수 기준에는 미치지 않지만 저류조 빗물이 내리는 빗물에 비해 대략 2배 정도 높았다.

3.3. 저류시간 경과에 따른 저류조 빗물의 수질변화

저류된 빗물의 시간 경과에 따른 수질을 파악하기 위해 2008년 10월 23일 집수된 빗물을 10일간은 매일 수질분석을 실시하였으며 이후 3일 간격으로 3회, 5일 간격으로 3회로 전체적으로 34일간 수질분석을 실시하였다. Fig. 5는 저류시간에 따른 pH, 색도, 탁도 변화를 나타낸 것이다.

색도와 탁도는 먹는 물 기준항목 중에서 심미적 영향물질로 인체에 위해를 가하지는 않지만 이용하는 측면에서 중요한 항목이다. 먹는 물 기준에서 색도는 5도, 탁도는 0.5 NTU를 넘지 않는 것을 규정하고 있다. 저류조 빗물의 초기 색도는 4.0도이며, 먹는물 수질기준인 5.0도에 미치지 않는다. 시간이 지남에 따라 색도의 농도는 감소하여 분석 시작 후 10일이 경과하면 검출되지 않았다. 탁도의 초기 농도는 14.61 NTU로 0.5 NTU를 초과하였으나 6일 경과 후 0.5 NTU 이하로 검출되어 34일 후 0.12 NTU로 검출되어 색도와는 달리 완전히 제거되지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 탁도를 유발하는 콜로이드성 물질은 침전에 의해 제거되지 않는다는 것을 의미한다고 생각된다. 탁도가 먹는 물 수질 기준을 만족하기 위해서는 최소 7일 정도의 저류시간이 필요함을 알 수 있다. 일반적으로 집수조 빗물의 제어기준 인자

로서 탁도가 자주 이용되는데 이는 빗물을 이용하는데 빗물의 혼탁한 정도가 심리적인 거부감을 줄 수 있고 중금속이나 기타오염물질이 흡착할 수 있는 매질을 제공하기 때문이다. 빗물이 집수면을 씻어 내리게 되면, 집수면의 표면침적물이 포함되므로 많은 무기질과 약간의 유기질이 원인이 되어 탁도를 일으키게 된다.

실험 결과 pH는 초기에는 6.0이었지만 34일경과한 후에는 7.4로 증가하였다. 이 결과는 저류조 빗물은 시간이 지남에 따라 pH가 상승한다는(내리는 빗물은 산성, 저류조 빗물은 중성) 다른 발표 자료와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.^{8),9)} 저류조 빗물은 지역적 요인과 대기 오염 등에 의한 pH 변화보다 집수면 재질과 저장일수 경과에 더 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 시간에 따른 Zn, Cu, Al 변화를 나타낸 것이다. 내리는 빗물의 아연 농도는 0.253 mg/L로 검출되었고, 초

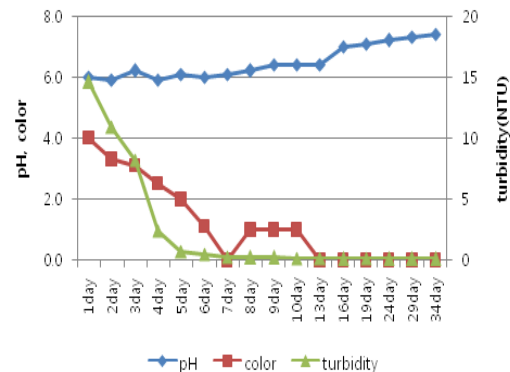


Fig. 5. The variation of pH, color, turbidity during the storage period.

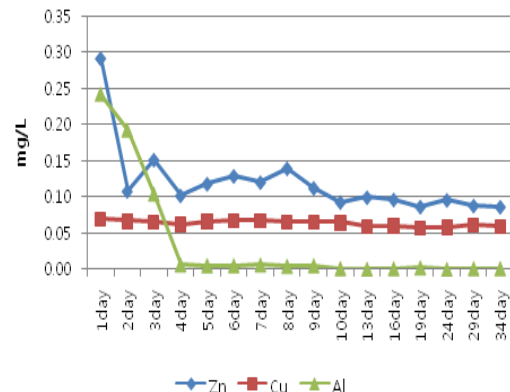


Fig. 6. The variation of Zn, Cu, Al concentration during the storage period.

기 저류조의 아연 농도는 0.291 mg/L로 먹는물 수질기준인 3mg/L에 근접한 값을 보인다. 이러한 결과는 아연이 집수면의 재질에 의한 영향도 받지만 집수지역의 대기오염도와 집수면 표면에 침적된 오염물 질의 영향을 받는 것으로 생각된다.^{3~5)} 저류시간의 경과에 따른 농도 변화를 살펴보면 10일 경과 후 농도가 초기 농도의 30% 수준으로 크게 감소하지만 이후에도 계속 검출되는 것으로 보아 수중의 아연은 침전에 의한 제거가 어려운 것으로 생각할 수 있다. 아연은 저류조의 재질이 금속성재질일 경우 콘크리트보다 더 높은 농도로 검출되는 것으로 보고되었는데,⁸⁾ 향후 저류조 재질 선정에 있어서 아연 용출에 주의를 기울여야 할 것으로 생각된다.

알루미늄의 경우 먹는 물기준이 0.2 mg/L이고, 저류조 빗물의 알루미늄 농도는 0.241 mg/L로 먹는물 수질기준을 초과한 것으로 나타났다. 그러나 3일 경과 이후에 급속한 감소를 보이며 4일 경과부터는 거의 0에 가까운 수치를 나타냈다. 이는 알루미늄의 경우 아연과 달리 침전에 의한 제거가 어느 정도 가능함을 알 수 있다. 내리는 빗물의 알루미늄 농도는 0.128 mg/L이고, 저류조의 농도는 0.241 mg/L로 약 0.11 mg/L정도의 차이를 보이고 있는데 이는 집수면의 재질의 영향 때문으로 생각된다.

구리의 먹는 물 기준은 1 mg/L인데, 실험결과 모두 기준치 이하의 결과를 나타내고 있고 농도도 극미량 존재하여 수질에 크게 영향을 미치는 성분은 아니라는 것을 알 수 있다.

Fig. 7은 저류시간에 따른 NH₃-N, NO₃-N 변화를 나타낸 것이다. 암모니아성 질소의 먹는 물 수질 기준은 0.5 mg/L이며, 분석 결과를 보면 기준치를 초과하는 경우는 없었다. 암모니아성 질소는 물에 녹아있는 형태이므로 특별히 줄어

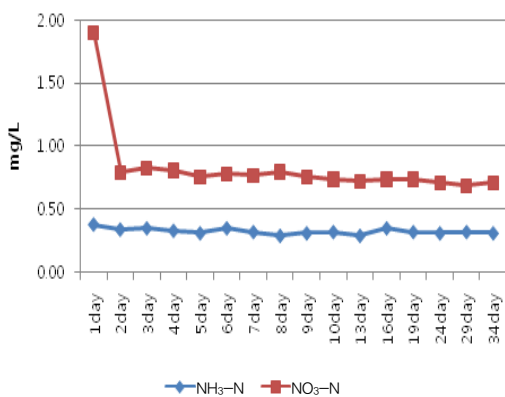


Fig. 7. The variation of NH₃-N, NO₃-N concentration during the storage period.

들거나 증가하는 수치가 없으며 일정한 경향을 보였다.

질산성 질소도 먹는 물 수질 기준인 10 mg/L를 초과하는 경우는 없으며, 비교적 수치가 미량으로 나타나고 있다. 질산성 질소의 독성은 거의 무시해도 좋으나 2차, 3차적인 영향을 미칠 수 있다는 점에서 주목 할 필요가 있다. 현재 우리나라 수질기준인 10 mg/L에 비해 현저히 낮은 값으로 검출되며 초기 강우 외에는 0.80 mg/L 수준에서 안정된 값을 나타내고 있다.

Fig. 8은 저류 시간에 따른 Hardness, KMnO₄ 소비량, Total solids 변화를 나타낸 것이다. 물속의 “다가양이온 (Multivalent cation)” 양을 경도(hardness)라고 한다. 먹는 물 수질기준에서는 경도의 기준을 300 mg/L로 정하고 있다. 일반적으로 0~75 mg/L를 연수로 규정한다. 분석 자료를 보면 경도는 40~60 mg/L 사이의 값을 보이며, 내리는 빗물 속에는 2가 양이온 금속성분이 거의 없는 것으로 생각된다. 저류조의 초기의 경도농도는 56 mg/L로 기준치에는 훨씬 미치지 못하는 수치이다. 저류일수가 길어져도 농도 변화가 크지 않는 것으로 보아 경도성분은 입자상 물질보다는 이온성 물질에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

과망간산칼륨 소비량은 수중의 유기물 함량을 나타내는 것으로 물의 유기물오염정도를 나타내는 지표항목이다. 먹는 물 수질 기준은 10 mg/L이며 16일 정도 저류 후 기준치 이하가 되는 것을 볼 수 있다. 이 결과로 수중의 유기물질은 입자상의 형태로 존재하지만 침전을 통한 제거가 어려운 미세한 입자 또는 콜로이드 상태로 존재한다는 것을 알 수 있다.

빗물의 경우 증류수에 가까운 물이기 때문에 특이한 냄새,

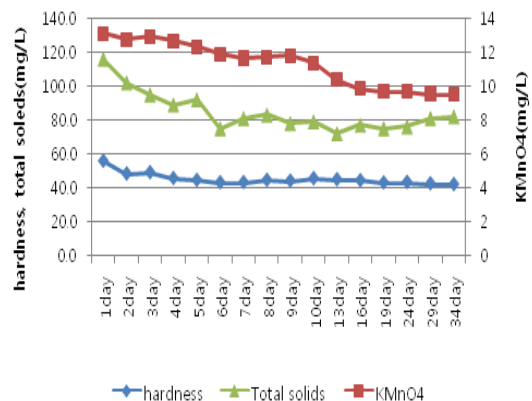


Fig. 8. The variation of hardness, KMnO₄ consumption, and total solids during the storage period.

맛 등은 느낄 수 없었다, 증발잔류물은 시료 100ml를 10 5℃~110℃로 가열하여 증발 시켰을 때 잔류하는 물질로서 수중의 이온 성분과 입자상의 오염물질이 주요 오염원이다. 분석결과 먹는 물 수질기준인 500 mg/L에는 못 미치나 저류조의 초기 증발잔류물 농도가 116 mg/L 검출되었고, 이후 농도 저감을 확인할 수 있으나 일정 시간이 지난 후부터는 큰 변화를 보이지 않았다. 이는 증발잔류물의 원인이 되는 미세입자상 물질 즉 콜로이드성 입자는 시간이 지나도 완전한 침전이 이루어지지 않기 때문으로 생각된다.

먹는 물의 염소이온은 건강영향보다 맛에 관계되는 항목으로서 의의가 있다. 우리나라음용수 기준은 250 mg/L로 되어 있다. 분석 결과를 보면 빗물 중에는 염소이온이 거의 없는 것을 알 수 있다.

황산이온은 자연수 중에서 토질에 기인하며 농도가 낮은 농도로 존재한다. 고농도의 황산이온은 외부 오염물질이 들어온 것을 의미한다. 황산이온의 먹는 물 수질기준은 200 mg/L이다. 대기 중 부유하는 미세토양 입자나 집수면에 침적된 입자상 물질이 원인인 것으로 생각되며, 분석 결과 5~7 mg/L정도 검출된 것을 알 수 있다.

4. 결론

빗물의 안전하고 효율적인 이용을 위하여 빗물의 계절적인 수질특성과 내린빗물과 저류조 빗물의 수질변화 및 저류 일시에 따른 빗물의 수질변화를 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 빗물의 계절적 수질 변화를 보면 전체적인 오염물질의 농도가 봄철과 겨울철의 농도가 높아 겨울철의 도시 난방과 봄철 황사의 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 2) 내리는 빗물의 pH는 4.3 이었고, 저류조 빗물의 pH는 6.0 이었다. 집수면이나, 저류조의 재질(콘크리트)이 pH에 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 초기유출빗물과 저류조 빗물에서 먹는물 수질기준을 초과하는 색도와 탁도 농도가 검출되므로 향후 빗물 이용시설 설치 시 가장 먼저 고려되어야할 항목이 색도와 탁도가 되어야 할 것이다.
- 3) 빗물내의 금속성분은 Zn, Cu, Al, Fe, Mn 이 대체로

검출되며 이 중 Zn과 Al이 다른 성분에 비해 높은 농도로 검출되었을 뿐 이외의 성분들은 검출되지 않거나 극미량 존재할 뿐이다. 이런 결과로 향후 빗물을 이용할 때 중금속 성분들과 휘발성 유기화합물 농약성분 등에 대한 대책은 필요하지 않은 것으로 판단된다.

- 4) 저장된 빗물은 시간이 경과함에 따라 수질이 개선되는 것을 알 수 있다. 색도의 농도는 초기 우수에서는 4.0도이나 시간이 지남에 따라 감소하여 분석 시작 후 10일이 경과하면 검출되지 않았다. 탁도의 초기 농도는 14.61 NTU로 0.5 NTU를 초과하였으나 6일 경과 후 0.5 NTU 이하로 검출되어 34일 후 0.12 NTU로 검출되었다. 이것은 탁도를 유발하는 콜로이드성 물질은 침전에 의해 제거되지 않는다는 것으로 조사되었다.
- 5) 내리는 빗물과 저장조 빗물의 수질검사 결과 저장기간에 상관없이 수질은 안정적이었다.

KSEE

사 사

이 논문은 2009년도 경남지역환경기술개발센터 연구개발사업 및 2009~2010년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. 이택순, “저탄소 녹색성장을 대비한 창원시의 수자원 해결을 위한 물 순환구조개선에 관한 연구-빗물중심으로”, 경남지역환경기술개발센터 2009년도최종보고서, pp. 1~2(2009).
2. Sazaklia, E. Alexopoulos, A. and Leotsinidis. M. “Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece”, *Water Res.*, **41**, 2039~ 2047(2007).
3. Yaziz, M. I., Gunting, H. Sapari N and Ghazalli A. W. “Variation in rainwater quality from roof catchments”. *Water Res.* **23**(6), 761~765(1989).
4. Villareal, E. L. and Dixon. A. “Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden”, *Building and Environment*, **40**(9), 1174~1184(2005).
5. Thomas P. R. and Greene G. R. “Rainwater quality from different roof catchment”. *Water Sci. Technol.* **28**(3-5), 291~299(1993)
6. 김영진, 김미형, 한무영, 이일용. “빗물이용시스템에서 빗물의 pH

-
- 와 전기전도도에 관한 연구”. 상하수도학회지. **16**(1), 80~86(2002).
7. 한명실, 한무영, 김영진. “용출실험을 통한 빗물집수과정에서의 수질영향인자 분석”. 한국물환경학회. 대한상수도학회 공동총계 학술발표논문집. pp. 153~156, (2003).
8. 한무영, 이순재, “갈피중학교 빗물이용시설에서의 저장 빗물수질 평가”. 상하수도학회지. **19**(1), 31~37(2005).
9. 한무영, 이일용, 박상철. “건물의 지붕집수면이 유출 빗물의 수질에 미치는 영향”, 상하수도학회지, **17**(3), 460~466(2003).