

北漢山國立公園 北東斜面 一帶 溪流水質 特性¹

朴 在 鉉²

Characteristics of Stream Water Quality in the Northeastern Part of Puk'ansan National Park¹

Jae Hyeon Park²

要 約

北漢山國立公園 北東斜面 一帶 溪流水의 水質特性을 파악함으로써 國立公園內 溪流水質 保全을 위한 과학적 기초 자료를 제공하기 위하여 1998년 7월부터 11월까지 5개월간 매월 4개 지점의 계류수질을 분석한 결과, 이 지역 계류수의 평균pH는 6.56, 평균용존산소량은 10.22mg/ℓ로 하천수질환경기준에 의한 상수원수 1급수의 범위 내였다. 또한, 이 지역 계류수는軟水이었으며, 물속에 용존된 양이온과 음이온은 平衡關係를 나타내었다. 電氣傳導度는 pH와 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를, 이온총량과는 1% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내었으며, 探訪客數와는 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 계류수질오염에 探訪客數가 영향하는 것으로 분석되었다. 한편, 다중회귀분석결과, 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 pH, Zn, Mg²⁺ 등 3개 因子이었다.

ABSTRACT

This research was investigated to check characteristics of stream water quality at four points to analyze the characteristics of stream water in the northeastern part of Puk'ansan National Park during a period of July to November, 1998. The results are as follows. The level of average pH(6.56) and dissolved oxygen(10.22mg/ℓ) in the stream water quality on northeastern area in Puk'ansan National Park were at the level of the first class in the quality of river water quality standard. Also, the water in these streams was soft and equilibrated the cation and anion. Electrical conductivity in the stream water was correlated with total amount of ion and number of visitors, but conversely correlated with pH. And the number of visitors influenced stream water quality pollution. The multiple regression equations for electrical conductivity were well explained by pH, Zn and Mg²⁺ statistically.

Key words : Puk'ansan National Park, electrical conductivity, stream water quality, Pollution

緒 論

우리나라에서 15번째로 지정된 北漢山國立公園은 수도 서울을 감싸고 있는 수도권 1,500만 시민들이 자연을 쉽게 접할 수 있는 대자연 속의 이상적인 휴식공간이자 쉼터로 자리매김하고 있다. 북한산국립공원은 우이령을 중심으로 남쪽의 북한산 지역과 북쪽의 도봉산 지역으로 구별되며,

주봉인 백운대에 이르면 삼각산의 위용과 더불어 수많은 산봉과 계곡, 10km에 이르는 북한산성 석곽 등의 아름다운 경관을 자랑하고 있다. 그러나 최근 도시화 구역에 둘러싸여 고립된 생태적 섬으로서의 북한산은 탐방객의 급증으로 계류수 및 도시오염 심화 등으로 자연생태계에 심각한 영향을 초래하고 있어 생태적인 전문관리가 중요한 시대적 과제로 대두되고 있다(국립공원관리공단 북한

¹ 接受 1998年 12月 20日 Received on December 20, 1998.

² 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

산관리소, 1997). 더구나 우리나라의 自然生態界를 대표하는 국립공원 내 계류수질은 청정한 상태라고 판단하여 계류수질 오염에 대한 문제는 등한시하고 있어 과도한 탐방객의 이용에 의한 계류수질 악화는 이대로 방치했을 때 심각한 사회적 문제가 될 소지가 있다.

일반적으로 山林流域內 溪流水는 강우가 정지된 상태나 일정한 강우강도와 강수량 이하에서는 혼탁하지 않고 맑은 상태를 유지하여 하류의 河川이나 湖沼에 유입됨으로써 수질을 좋게 하는데, 북한산국립공원의 맑은 계류수도 이와 같은 역할을 한다. 그러나 1972년 酸性雨란 용어가 처음으로 사용된 이래, 강수 등에 수반되어 침착하는 대기오염물질들이 빗방울에 의한 입자의 慣性衝突, 擴散浸透, 열 및 電氣泳動에 의해 포획되어 씻겨 내려와 산림토양을 산성화시키고 계류수질을 악화시키는 등 대기오염물질의 乾堆積과 濕堆積에 의한 피해가 발생하여(Hemphill과 Pierce, 1974; 廣瀨 等, 1988; 佐佐 等, 1991) 도시지역에 위치한 북한산도 대기오염에 의한 계류수질의 오염이 우려되고 있다. 또한, 遠藤 等(1984)은 산림내 계류수에 용존되어 있는 성분의 함유율은 초지를 통과한 수질에서보다 낮아 산림내 계류수질을 높이 평가하였으며, 廣瀨 等(1988)은 산림내 34개 집수역에서 유출수를 분석한 결과 산림내 계류수는 먹는 물 수질기준에 적합하였다고 하였다.

아울러 洪思煥(1978)은 조령과 월악산국립공원 부근의 계류수에는 인위적 오염이 없었음을 밝혔고, 洪思煥(1985)은 청정지역 산림내 계류수의 용존산소는 대부분 과포화상태를 보인다고 하였으며, 洪思煥과 羅圭煥(1979)은 칠갑산과 계룡산 계류의 이화학적 특성을 밝힘으로써 하류수질 오염 방지를 위한 계류수의 중요성을 강조하였다. 또한, 洪淳佑와 張鎔錫(1984)은 설악산국립공원내 계류의 수질환경은 관광객이 증가하면서 수질오염현상이 나타난다고 하였고, 黃鍾瑞와 鄭眞姬(1998)는 청정지역인 오대산국립공원의 계류생태계를 파악함으로써 자연자원의 가치를 평가하고, 그 보존대책의 학술적 기초를 마련하였다. 뿐만 아니라 田祥麟과 黃鍾瑞(1992, 1995a)는 발왕산 계류와 방태산 북사면 일대의 계류수에서 전기전도도로 산림내 계류수질을 평가하였고, 田祥麟과 黃鍾瑞(1993, 1995b)는 지리산과 소백산국립공원 내 계류수에 서식하는 특징적인 어종으로 수질을 평가하였다. 한편, 박재현(1995, 1996, 1997)은 산

림내 계류수의 이화학적 특성은 하천이나 호소와 다른 특이성을 가지므로 山林內 溪流水質 評價基準은 하천이나 호소수질환경기준 및 먹는 물 수질 기준을 준용·보완하여 정해야 한다고 하였다.

산림내 계류수질은 산림토양의 특성 및 벌채 등 개발과 밀접한 관련이 있는데, 佐佐 等(1991)은 산림토양의 緩衝能과 관련하여 계류수의 中和作用을 구명하였으며, Fredriksen(1970), Crown Zellerbach Corporation(1971), Larse(1971) 등은 산림내 계류수질 오염의 근원은 산림에서의 인간활동에 의한 결과라고 하였다. 또한, 김기원(1996)은, 山林開發은 계류수질의 오염뿐만 아니라 계곡의 협소화를 유발함으로써 궁극적으로는 계곡의 생태계를 파괴한다고 하였다.

이와 같이 청정하다고 인식되어 있는 국립공원내 계류수는 탐방객의 증가 및 각종 개발에 따라 점차 악화될 우려가 있으며, 청정한 山林內 溪流水의 水質保全 및 水質汚染 豫防을 위하여도 국립공원내 계류수질에 대한 연구와 장기적인 모니터링은 필수적이라 하겠다.

따라서 이 연구는 北漢山國立公園內 溪流水의 理化學的 特性을 파악함으로써 국립공원내 계류수질 보전을 위한 과학적 기초 자료를 제공하는 데 그 목적이 있다.

材料 및 方法

1. 調査地 概況

조사지역은 크게 북한산국립공원내 대동문에서 대형음식점인 고향산천 방향으로 유하하는 유역(I 유역)과 백운대에서 북동방향인 도선사 방향으로 유하하는 유역(II 유역)을 대상으로 하였으며, 이들 유역은 우이동계곡으로 합류하여 중랑천으

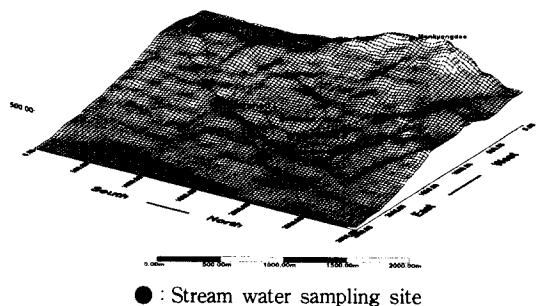


Fig. 1. Location map of study sites at northeastern area in Puk'ansan National Park.

Table 1. Characteristics of sites to survey stream water quality.

Watershed	Watershed area(km ²)	Channel length(km)	Aver. of width of watershed(km)	Watershed shape factor	Slope (°)	Forest type
I	1.03	3.0	0.34	0.11	24(20-28)	Deciduous
II	1.09	2.5	0.44	0.17	23(17-29)	Mixed

로 유입된다. 조사구역 및 수질조사지점의 위치는 Fig. 1에서와 같다.

調査流域의 環境은 Table 1에서와 같다. 조사대상지 구역의 水系形狀은 I, II구역 모두 수지형을 이루고 있으며, I구역의 流域面積은 1.03 km²이었으나, II구역의 流域面積은 1.09km²로 I구역보다는 流域面積이 컸고, 조사대상지의 流域내에 포함되어 있는 流路길이는 I구역은 3.0km, II구역은 2.5km로 流域面積에 비해 流路연장은 I구역이 II구역보다 길었다. 조사지점은 I구역과 II구역 공히 상시 계류가 흐르는 2개 지점에서 1998년 7월부터 11월까지 매월말 1회 1ℓ씩 채수하여 수질분석하였다.

수질분석은 선행연구결과(岩坪 等, 1982; 朴在鉉, 1996) 계류수질 평가인자로 판단되는 용존산소(DO meter), 전기전도도(Conductivity meter), 기온, 수온, pH(HI 8314 Membrane pH meter) 등 5개 항목은 현장에서 측정하였으며, 양이온(K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) 4개 항목, 음이온(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) 3개 항목, 중금속(Zn, Pb, Cd, Cu, Fe, Mn, Al) 등 7개 항목을 합한 총 14개 항목에 대하여는 시료를 Ice Box에 보관한 후 실험실에 가져와 0.45 μm의 필터에 각각 2회 통과시킨 후 양이온 중 K⁺와 Na⁺는 Flame Photometer, Ca²⁺과 Mg²⁺는 EDTA 滴定法으로 분석하였으며, 음이온(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻)은 Ion Chromatography로 분석하였다. 또한 Zn 등 중금속은 ICP로 분석하였다. 流量은 수질조사시마다 계류가 흐르는 지역의 횡단면적과 유속을 측정하여 계산하였다(박종관, 1997). 수집된 자료의 統計分析은 spss/pc+를 이용해 相關分析 및 多重回歸分析을 실시하였다.

結果 및 考察

1. 調査流域의 溪流水質

조사기간 동안 월별, 조사지점별 계류수질 분석결과는 Table 2에서와 같다.

(1) pH

조사기간 동안 두 구역의 계류수가 합류되는 조사지점 4에서의 평균pH는 6.56으로 하천수질 환경기준에 의한 상수원수 1급수의 범위 내였다. 이 지점에서 조사시점인 7월에는 pH6.98로 계류수의 pH는 비교적 높은 값을 나타내었으나, 갈수기라서 유량이 적어지는 11월에는 pH6.21로 낮아졌는데, 이는 탐방객수의 증가로 인한 오염행위, 낙엽 낙지 등에 의한 계류수에 용존된 이온량의 증가로 인한 전기전도도 상승에 기인한 결과 때문이라 생각된다.

또한, I구역의 2개 조사지점(site 1과 3)에서 평균pH는 각각 6.80 및 6.64로 조사지점 3이 1에서보다 비교적 낮은 값을 나타내었으나, 이들 지점의 계류수pH는 모두 河川水質環境基準에 의한 상수원수 1급수의 범위에 포함되었다.

II구역의 상류조사지점 2에서의 평균pH는 6.85로 I구역의 상류조사지점 1에서와 같이 점오염원이 없는 지역에서의 계류pH는 조사기간 동안 모두 하천수질환경기준 상수원수 1급수의 pH범위 중 최소값인 pH 6.5를 넘어 음식점, 산장, 휴게시설 등 점오염원에 의한 영향이 있는 조사지점 3과 4보다는 그 영향이 적은 것으로 판단되었다.

Hiraki 등(1985)은 유량이 증가하면 계류수의 pH도 높아진다고 하였는데, 이 연구에서 유량변화에 따른 pH의 변화는 통계분석결과 유의하지 않은 결과를 나타내었다. 따라서 유량과 pH의 관계를 밝히기 위하여는 山林小流域 流出水量 觀測施設 등의 설치에 따른 장기적인 유량과 pH의 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

(2) 電氣傳導度

I구역의 상류, 하류지점(조사지점 1과 3)과 II구역의 상류지점(조사지점 2)에서 계류수의 평균 전기전도도는 각각 56.6, 71.1, 44.0 μS/cm로 비교적 청정한 국립공원의 전기전도(μS/cm) 즉, 발왕산 계류 42.6~94.5(田祥麟과 黃鍾瑞, 1992),

Table 2. Stream water quality and number of visitors(from July to November, 1998) at four stations in northeastern area of Puk'ansan National Park.

Month Site	Jul.				Aug.				Sep.				Oct.				Nov.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
No. of Visitor	8,364	2,219	8,364	10,583	7,652	2,138	7,652	9,790	8,384	2,757	8,384	11,141	14,041	5,730	14,041	19,771	5,424	2,030	5,424	7,454
Q(m ³ /sec)	0.95	0.94	1.50	3.05	0.98	0.97	1.69	3.26	0.91	0.85	1.42	2.98	0.76	0.70	1.35	2.70	0.30	0.27	1.05	2.05
Ca ²⁺ (mg/l)	20.85	20.79	20.66	20.77	22.14	21.94	23.45	22.55	24.65	22.55	28.66	29.76	23.50	22.24	19.64	23.50	16.63	8.12	9.52	22.75
Mg ²⁺ (mg/l) ⁺	4.92	4.71	4.53	4.43	2.49	2.98	2.49	1.88	2.25	1.40	1.40	2.31	2.74	2.61	3.65	3.47	0.79	0.24	0.06	2.25
K ⁺ (mg/l)	6.43	4.55	5.32	14.96	3.79	2.29	0.74	5.30	4.40	2.70	8.30	7.49	4.51	3.37	5.73	11.68	23.85	6.51	3.97	17.15
Na ⁺ (mg/l)	1.66	0.63	0.90	10.76	1.60	1.43	0.22	2.37	1.37	0.52	1.94	2.66	1.63	0.47	1.28	4.33	3.21	2.33	1.51	1.62
Cl ⁻ (mg/l)	3.61	3.43	6.68	4.84	3.20	2.10	3.41	4.91	2.59	2.03	12.04	12.37	3.25	2.40	10.44	26.30	52.78	4.24	2.97	51.29
NO ₃ ⁻ (mg/l)	7.50	3.45	3.26	3.23	2.71	2.10	3.31	3.30	4.22	1.07	6.98	6.05	3.30	2.78	6.34	6.44	15.40	2.19	2.60	11.56
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	8.30	10.17	9.78	5.81	1.10	1.02	4.79	5.91	7.34	6.58	7.89	8.45	7.64	7.23	7.66	7.72	10.21	7.39	7.68	8.97
pH	6.97	6.98	7.00	6.98	6.98	6.99	6.75	6.81	6.80	6.89	6.49	6.50	6.76	6.78	6.34	6.30	6.51	6.59	6.62	6.21
EC(μS/cm)	50.8	45.7	55.7	52.9	42.8	35.1	63.1	68.8	47.1	32.5	88.3	105.1	68.4	57.8	100.7	195.0	74.1	49.0	47.6	242.0
DO(mg/l)	12.31	12.73	10.81	10.61	10.35	10.34	10.31	10.20	10.31	10.45	10.51	10.21	9.91	10.10	9.67	9.85	9.31	9.30	8.45	8.65
Air Tem.(°C)	29.3	29.1	28.7	33.6	26.5	25.2	24.1	24.1	18.3	18.6	19.0	18.2	17.3	16.5	16.7	16.5	4.1	4.0	5.1	4.5
Water Tem.(°C)	17.2	17.4	20.7	20.7	15.0	14.8	15.8	15.7	13.6	13.9	15.0	14.6	10.6	11.5	12.6	11.4	6.6	6.5	6.8	6.3
Zn(mg/l)	0.001	0.010	0.001	0.092	0	0	0	0.090	0	0	0	0.085	0	0	0	0.090	0.001	0	0.001	0.091
Pb(mg/l)	0	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cu(mg/l)	0.002	0.001	0.003	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0	0	0	0.001	0
% of DO	125.0	129.0	120.0	118.0	101.0	101.0	106.0	105.0	98.1	99.5	103.0	103.0	88.2	92.0	92.9	90.5	75.2	75.1	70.4	70.3
Hardness(mg/l)	72.3	71.3	70.2	70.1	65.5	67.0	68.8	64.0	70.8	62.0	77.3	83.8	70.0	66.3	64.0	73.0	44.8	21.3	24.0	66.0
% of Cl ⁻	6.8	7.2	13.1	7.5	8.6	6.2	8.8	10.6	5.5	5.5	17.9	17.9	7.0	5.8	19.1	31.5	43.0	13.7	10.5	44.4
% of NO ₃ ⁻	14.1	7.2	6.4	5.0	7.3	6.2	8.6	7.1	9.0	2.9	10.4	8.8	7.1	6.8	11.6	7.7	12.5	7.1	9.2	10.0
% of SO ₄ ²⁻	15.6	21.3	19.1	9.0	3.0	3.0	12.5	12.8	15.7	17.9	11.7	12.2	16.4	17.6	14.0	9.3	8.3	23.8	27.1	7.8

Note : Q means discharge of streamflow. Cd, Fe, Mn and Al were not listed.

지리산 칠선계곡, 백무동계곡, 뱀사골계곡 19.7~73.4(田祥麟과 黃鍾瑞, 1993), 소백산국립공원 내 계류수 27~40(田祥麟과 黃鍾瑞, 1995b) 등과 유사한 값을 나타내었으나, I유역과 II유역이 합류하는 조사지점 4에서 계류수의 평균전기전도도는 132.8 μS/cm를 나타내었다. 특히, 이 지점에서의 전기전도도는 유량이 많았던 7월과 8월에는 각각 52.9, 68.8 μS/cm이었으나, 유량이 감소하는 9월, 10월, 11월에는 각각 105.1, 195.0, 242.0 μS/cm로 7월보다 약 2~5배가 증가하였는데, 이는 단풍철을 맞아 증가한 탐방객과 음식점, 산장 등 휴게시설로 인한 계곡물 오염행위, 낙엽 낙지 등에 의한 용존이온의 증가, 계류수량의 감소, 기반암의 영향 등 다양한 원인이 복합적으로 영향한데 기인한 결과라 생각된다.

한편, 조사기간 중 I유역과 II유역의 등산로 매표소에서 입장료를 지불한 探訪客數는 총 58,739명으로 月平均 探訪客數는 11,744명에 달했는데, 이들 중 일부는 계곡에서 목욕을 하거나 쓰레기를 투기하는 등 오염행위로 계류수의 용존이온량을 증가시키는 원인으로 작용하였음을 알 수 있으며, 이와 같은 결과는 하류로 갈수록 오염의 징후가 높아짐을 의미하는 것이다. 또한 I유역과 II유역이 합류하는 지점에서 전기전도도가 높게 나타난 이유는 I유역의 대형음식점, II유역의 우이산장 및 도선사 등, 소귀천 매표소 하부의 각종 음식점 등에 의한 영향에 기인한 결과라 생각된다.

조사기간 중 월별 탐방객수와 계류수의 전기전도도와의 관계를 直線回歸 分析한 결과 Fig. 2에

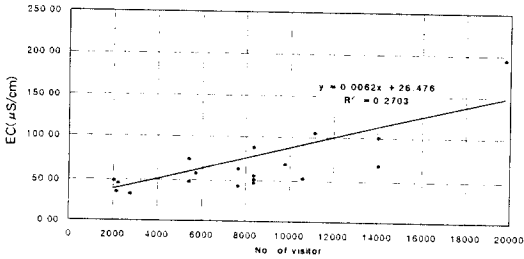


Fig. 2. Linear equation for EC(μ S/cm) and number of visitors.

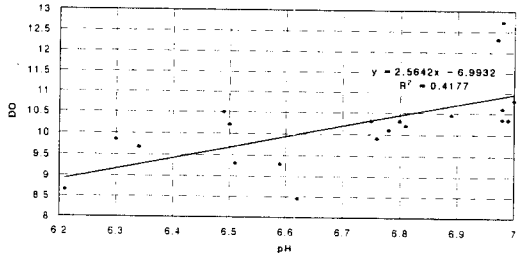


Fig. 4. Linear equation for DO(mg/l) and pH.

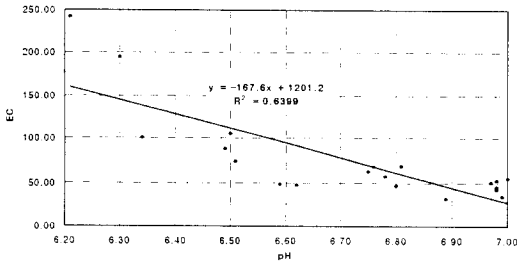


Fig. 3. Linear equation for EC(μ S/cm) and pH.

서와 같이 전기전도도 = $0.0062 \times \text{탐방객수} + 26.476$ ($R^2 = 0.27^*$)로 중상관계수는 비교적 낮은 값을 나타내었으나, 5% 수준에서 유의한 결과이었다.

한편, 계류수에서 전기전도도와 pH의 관계를 직선회귀분석한 결과 Fig. 3에서와 같이 전기전도도 = $-167.6 \times \text{pH} + 1201.2$ ($R^2 = 0.64^{**}$)로 나타났으며, 重相關係數는 0.64로 1% 수준에서 有意한 결과를 나타내었다. 즉, 전기전도도는 pH와 역의 상관관계가 있다고 보고한 藤原 等(1996)의 연구결과와 유사한 결과로, 이는 계류수에 용존된 각종 이온 특히 NO_3^- , SO_4^{2-} 이온들이 pH의 저하에 관여하였기 때문인 것으로 판단된다.

(3) 溶存酸素量

I 유역과 II 유역의 4개 조사지점에서 平均溶存酸素量은 10.22mg/l 로 하천수질환경기준에 의한 상수원수 1급수의 범위 내였으며, 조사기간 중 I 유역과 II 유역의 상류지점인 조사지점 1과 2의 평균용존산소량은 각각 10.44 , 10.58mg/l 로 비교적 유량이 많은 하류지점인 조사지점 3과 4보다 높은 값을 나타내었는데, 이는 하천경사가 높고, 주변이 산림으로 우거져 계류수온이 낮아지기인하는 결과로 생각되며, 이는 수중에서 생물종의 균형을 유지하기 위한 용존산소량(吳英敏과

申錫奉, 1991), 상수원의 限界溶存酸素量(李海金, 1977) 5mg/l 보다 높은 값이었다.

또한, 4개 조사지점에서 平均용존산소포화도는 98.2%로 포화상태이었으며, 이 용존산소포화도는 여름에 80% 내외, 겨울에 100~120%였다는 鄭英昊(1985)의 연구결과와 유사한 결과이었다. 즉, 조사대상 유역 계류수의 용존산소량은 수중에서 생물종의 서식 및 균형 유지에 안정적인 상태인 것으로 나타났다. 한편, Fig. 4에서와 같이 용존산소량과 pH를 직선회귀 분석한 결과, 용존산소량 = $2.5642 \times \text{pH} - 6.9932$ ($R^2 = 0.42^*$)로 5% 수준에서 유의한 결과를 나타내었는데, 이는 金明姬 등(1997)의 연구결과와 유사한 결과이었다.

(4) 重金屬(Zn, Pb, Cd, Cu, Fe, Mn, Al), 硬度

4개 조사지점에서 Zn은 평균 0.023mg/l 로 일 반적인 산림내 계류수에서 검출될 수 있는 극미량이 검출되었으나, Pb를 비롯한 Cd, Cu, Fe, Mn, Al 등 중금속은 검출되지 않았다.

또한, 조사기간 중 4개 조사지점에서의 평균경도는 63.7mg/l 로 조사지역의 계류수는 모두 경도가 0~75mg/l의 범위 내인 軟水로 나타났다. 경도와 Ca^{2+} , Mg^{2+} 간의 관계를 직선회귀 분석한 결과 Fig. 5에서와 같이, 경도 = $2.9112 \times \text{Ca}^{2+} \text{량} + 1.8091$ ($R^2 = 0.88^{**}$), 경도 = $7.4137 \times \text{Mg}^{2+} \text{량} + 44.498$ ($R^2 = 0.44^*$)으로 각각 1%, 5% 수준에서 유의한 결과를 나타내었다.

(5) 溶存이온量

I 유역과 II 유역의 4개 조사지점에서 平均용존이온량은 조사지점 4에서 NO_3^- 와 SO_4^{2-} 를 제외한 Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- 량이 가장 높은 것으로 나타났는데, 이는 조사지점 4가 이들 두 유역이 합류되는 지점이었기 때문에 물속에 용존

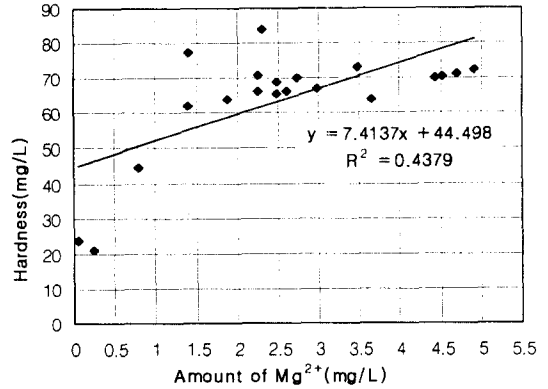
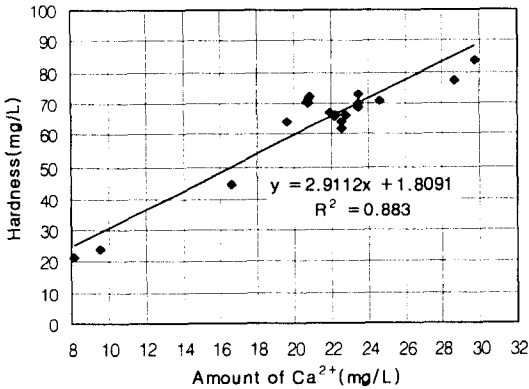


Fig. 5. Linear equations for hardness and Ca^{2+} , Mg^{2+} .

된 이온량이 증가한 것으로 판단된다. 그러나 NO_3^- 는 조사지점 1에서 가장 많았는데, 이는 유량의 감소와 낙엽에 의한 영향 때문이라 생각된다. 또한, SO_4^{2-} 는 조사지점 3에서 가장 높게 나타났다는데, 이는 음식점에서 유출하는 하수의 영향에 기인한 결과라 생각된다. 한편, 물속에 용존된 양이온과 음이온의 평형관계를 파악하기 위하여 직선회귀 분석한 결과 Fig. 6에서와 같이 양이온량 = $0.2542 \times$ 음이온량 + 27.39 ($R^2 = 0.31^*$)로 5% 수준에서 유의한 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 生原(1994)이 보고한 양이온총량과 음이온총량은 正의 相關關係를 나타내었다는 결과와 같은 결과이었다.

또한, 전기전도도와 계류수에 용존되어 있는 이온총량을 직선회귀 분석한 결과 Fig. 7에서와 같이 전기전도도 = $1.4651 \times$ 이온총량 - 5.1927 ($R^2 = 0.50^{**}$)로 1% 수준에서 유의한 결과를 나타내었다. 즉, 전기전도도는 이온총량에 영향받는 것으로 분석되었으며, 이와 같은 결과는 朴在鉉과 禹保命(1997)의 연구결과를 뒷받침 해 주는 결과로

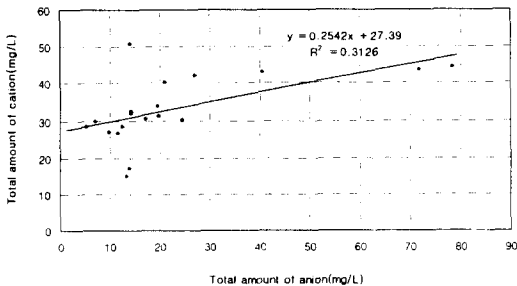


Fig. 6. Linear equation for total amount of cation and total amount of anion.

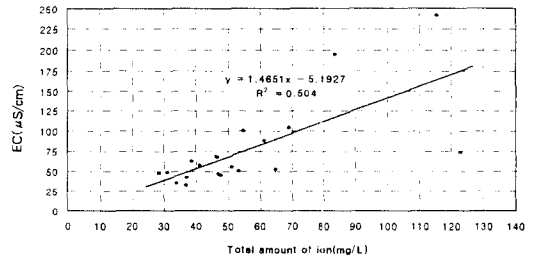


Fig. 7. Linear equation for EC ($\mu S/cm$) and total amount of ion.

생각된다.

(6) Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} 의 分布比

동물의 분변 등에서 검출되기 쉬운 Cl^- 는 I 유역과 II 유역이 합류하는 조사지점 4에서 평균 22.4%로 4개 조사지점 중 가장 높은 값을 나타내었는데, 이는 조사지점이 두 유역의 合流點이고 그로 인해 산장 등 휴게시설에서의 오염원의 유입이 컸기 때문이라 생각된다. 또한, NO_3^- 와 SO_4^{2-} 의 경우 조사지점 4에서보다 1과 2가 높게 나타났다는데, 이는 낙엽 등이 떨어지는 가을에 유량이 낮아졌기 때문에 상대적으로 농도가 높아진 원인과 타 이온량에 대한 상대적인 값이었기 때문이라 생각된다. 즉, 조사지점 4에서보다 1과 2에서의 NO_3^- 와 SO_4^{2-} 량이 낮다고 하여도 그 지점에서 타 이온의 함량이 낮으면 상대적으로 높은 값을 나타낸 데 기인한 결과 때문이라 생각된다.

2. 溪流水質에 影響하는 因子間 相關分析

계류수질에 영향하는 인자라고 판단되는 탐방

Table 3. Correlation coefficients of environmental factors influencing the stream water quality.

Distribution	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	NO ³⁻	SO ₄ ²⁻	pH
Na ⁺			0.5485*					
Cl ⁻			0.8718**					
NO ³⁻			0.8382**		0.9050**			
SO ₄ ²⁻								
pH					-0.6730**	-0.5942*		
EC			0.5215*		0.7259**	0.5708*		-0.8000**
DO		0.7152**						0.6463*
Air temp.		0.7738**				-0.5600**		0.7301**
Water temp.		0.7265**				-0.5220*		0.6673**
Zn				0.5904*				
% of DO		0.7728**						0.6772**
Hardness	0.9397**	0.6617**						
Total amount of cation	0.5755*		0.7187**	0.6152*	0.5648*	0.5988*		
Total amount of anion			0.8761**		0.9876**	0.9322**	0.5304*	-0.6618**
Total amount of ion			0.9185**		0.9502**	0.9197**		-0.5911*
Q								
% of Cl ⁻			0.8274**		0.9739**	0.8663**		-0.7818**
% of NO ³⁻						0.7281**		
% of SO ₄ ²⁻							0.5251*	

Distribution	EC	DO	Air temp.	Water temp.	Zn	% of DO	Hardness
Air temp.		-0.8043**					
Water temp.		-0.7684**	0.9625**				
Zn	0.6304*						
Pb		0.5883*					
% of DO		0.9250**	-0.9395**	-0.9492**			
Hardness		0.5472*	0.6500**	0.6478*		0.6320*	
Total amount of cation					0.6214*		0.5966*
Total amount of anion	0.6994**		-0.5530*				
Total amount of ion	0.7099**						
Q					0.9147**		
% of Cl ⁻	0.7900**		-0.6011*	-0.5452*		-0.5400*	
% of SO ₄ ²⁻							
No. of visitor	0.5199*						

Distribution	Total amount of cation	Total amount of anion	Total amount of ion	S.F.D.
Total amount of anion	0.5591*			
Total amount of ion	0.7741**	0.9577**		
Q	0.5556*			
% of Cl ⁻		0.9585**	0.9089**	
% of SO ₄ ²⁻	-0.6206*			
No. of visitor				0.5414*

Note : Q means discharge of streamflow.

객수, 유량, 용존산소, 용존산소포화도, 전기전도도, 기온, 수온, pH, 양이온(Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), 음이온(Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), 중금속(Zn , Pb , Cd , Cu , Fe , Mn , Al), 경도, 양이온합, 음이온합, 이온총합, Cl^- 점유비, NO_3^- 점유비, SO_4^{2-} 점유비 등 29종의 인자에 대하여 spss/pc+를 이용해 相關分析 및 多重回歸分析을 실시하였다. 각 인자간 상관분석 결과는 Table 3에서와 같다.

계류수에 용존되어 있는 K^+ 와 Na^+ 와의 편상관계수는 0.5485로 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내었는데, 이는 산림토양에서 유래한 K^+ 와 Na^+ 이온은 밀접한 상관관계를 나타내고 있음을 의미하는 것이다. 또한 K^+ 는 Cl^- 와도 편상관계수가 0.8718로 1% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 물속에서 이온평형에 관계하는 것으로 분석되었다. 경도는 Ca^{2+} , Mg^{2+} 와 편상관계수는 각각 0.9397, 0.6617로 1% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 물의 세기를 나타내는 정도에는 Ca^{2+} 와 Mg^{2+} 가 크게 영향하는 것으로 판단되었다. 또한, 경도와 양이온총량과는 편상관계수가 0.5966으로 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내었는데, 이는 양이온 중 Ca^{2+} 와 Mg^{2+} 의 영향이 큰데 기인한 결과라 생각된다.

Cl^- , NO_3^- 는 pH와 편상관계수가 각각 -0.6730, -0.5942로 1%, 5% 수준에서 유의한 負의 相關關係를 나타내었으며, pH와 음이온총량과는 편상관계수가 -0.6618로 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를 나타내었는데, 이는 분뇨 등의 오염물로 인한 물의 오염원인 Cl^- 와 大氣汚染物인 NO_3^- , SO_4^{2-} 에 의해 물은 pH가 낮아졌음을 의미하는 것으로 朴在鉉과 禹保命(1997)의 연구결과와 유사한 결과이었다. 한편, pH와 Cl^- 점유비와의 편상관계수는 -0.7818로 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를 나타내었는데, 이는 음이온 중 Cl^- 의 영향이 컸음을 의미하는 것으로 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수에서는 분뇨 등에 기인한 Cl^- 이 계류수의 pH에 영향관계가 높다는 것을 의미하는 것이다. 뿐만 아니라 전기전도도는 pH와 편상관계수가 -0.8000으로 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를 나타내었으며, 이온총량과는 편상관계수가 0.7099로 1% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내었는데, 전기전도도가 높다는 것은 그만큼 물속에 汚染物이 많이 용존되어 있다는 것을 의미하며, 그로 인해 계류수의 pH

가 낮아진다는 결과를 의미한다. 이와 같은 결과는 선행연구결과(生原, 1994; 朴在鉉과 禹保命, 1997)와도 유사한 결과이었다. 또한, 電氣傳導度는 오염의 원인이 될 수 있는 탐방객수와 편상관계수가 0.5199로 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 탐방객수가 증가할수록 물속의 용존이온량은 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 물속의 용존이온량의 증가는 탐방객수가 증가함에 따라 계곡물 오염이 발생되고 있음을 의미하는 것이다. 한편, 志水等(1987)은, 전기전도도는 유량이 증가할수록 낮은 값을 나타내고 유량이 감소할수록 높은 값을 나타내었다고 보고하였는데, 이 연구에서는 전기전도도와 유량과는 유의하지 않은 상관관계를 나타내었다. 따라서 流量變化에 따른 電氣傳導度의 變動特性을 밝히기 위하여는 장기적인 수량변동에 따른 수질모니터링이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

한편, 용존산소량과 기온, 수온의 상관분석결과, 각각의 편상관계수는 -0.8043, -0.7684로 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를 나타내어 용존산소량은 기온과 수온에 영향하는 것으로 나타났다. 즉, 이와 같은 결과는 기온과 수온이 낮아질수록 용존산소량은 증가한다는 鄭英昊(1985)의 연구결과와 유사한 결과이었다.

유량과 양이온총량과의 상관분석결과, 편상관계수는 0.5556으로 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 유량이 증가할수록 수목 및 토양, 모암 등에 기원하는 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 등 양이온은 물속에 더 많이 용존하는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 양이온총량과 음이온총량은 상관분석결과, 편상관계수가 0.5591로 5% 수준에서 유의한 正의 相關關係를 나타내어 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수에서는 이온평형이 이루어지고 있음을 파악할 수 있었다.

북한산국립공원 북동사면 일대 溪流水에서 水質評價指標가 되는 電氣傳導度의 설명에 중요한 영향을 미치는 인자를 밝히기 위하여 stepwise를 이용한 다중회귀분석 결과는 Table 4와 같고, 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 중요한 인자는 pH, Zn, Mg^{2+} 등 3개 인자이었으며, 重相關係數는 0.9219로 1% 수준에서 유의한 결과를 나타내었다. 이를 多重回歸式으로 나타내면, 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수의 전기전도도 = $1170.928 - 168.755 \times \text{pH} + 421.427 \times \text{Zn} + 10.941$

Table 4. Multiple regression equations of factors to determine the stream water quality in Puk'ansan National Park.

Variables	Regression	Standard	T	Significance T
Constant	1170.928	160.571		
pH	-168.755	24.395	-6.918	0.0000**
Zn	421.427	146.031	2.886	0.0108*
Mg ²⁺	10.941	4.154	2.634	0.0181*
Multi R= 0.9219				

Note : * means statistically significant at 5% level and ** stands for statistically significant at 1% level.

× Mg²⁺(R=0.9219)이었다.

한편, 朴在鉉과 禹保命(1997)은 관악산의 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 Mg²⁺, Na⁺, 양이온총량, 이온총량, 선행무강우일수 등 5개 인자라고 하여 이 연구에서의 결과와 Mg²⁺만이 유사한 결과를 나타내었는데, 이는 계류의 특성 및 적용인자에 따라 전기전도도에 영향을 미치는 인자가 달라졌기 때문이라 생각되며, 이를 구명하기 위하여는 보다 많은 調查資料를 통한 統計的 檢證이 이루어져야 할 것으로 생각된다. 또한, 志水와 坪山(1990)은, 전기전도도는 암석과 토양에 기원하는 Ca²⁺, Mg²⁺에 영향이 크다고 하였는데, 이 연구에서는 전기전도도와 Ca²⁺는 유의하지 않은 결과를 나타내었는데, 이는 pH, Zn, Mg²⁺의 영향이 컸기 때문인 것으로 생각된다.

結 論

이 연구는 北漢山國立公園 北東斜面 一帶 溪流水의 理化學的 特性을 파악함으로써 國立公園內 溪流水質 保全을 위한 과학적 기초 자료를 제공하기 위하여 수행하였으며, 계류수질을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 북한산국립공원 북동사면 일대 溪流水의 平均 pH는 6.56, 平均溶存酸素量은 10.22mg/l로 河川水質環境基準에 의한 상수원수 1급수의 범위 내였다.
2. 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수의 平均 硬度는 63.7mg/l로 軟水이었으며, 물속에 용존된 양이온과 음이온은 平衡關係이었다.
3. 溪流水質汚染을 판단하는 指標인 電氣傳導度는 pH와 1% 수준에서 유의한 負의 相關關係를, 이온총량과는 1% 수준에서 유의한 正的 相關關係를 나타내었으며, 探訪客數와는 5%

수준에서 有意한 正的 相關關係를 나타내어 계류수질오염에 탐방객수가 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

4. 다중회귀분석결과, 북한산국립공원 북동사면 일대 계류수에서 전기전도도의 설명에 유의한 영향을 미치는 인자는 pH, Zn, Mg²⁺ 등 3개 인자이었으며, 重相關係數는 0.9219로 1% 水準에서 有意하였다.

引 用 文 獻

1. 국립공원관리공단 북한산관리소. 1997. 북한산국립공원 자연생태계 보전계획. 국립공원관리공단 북한산관리소. 128pp.
2. 김기원. 1996. 산림개발이 산림에 미치는 부하에 관한 연구. 山林科學 8 : 79-99.
3. 金明姬·閔一植·宋錫煥. 1997. 錦山 廢炭鑛地域의 汚染이 河川水에 미치는 影響. 韓國林學會誌 86(4) : 435-442.
4. 朴在鉉. 1995. 山林流域에 있어서 溪流水質 評價基準 定立에 關한 考察(I). 자연보존 92 : 23-38.
5. 朴在鉉. 1996. 山林流域에 있어서 溪流水質 評價基準 定立에 關한 考察(II). 자연보존 95 : 38-52.
6. 朴在鉉. 1997. 山林流域에 있어서 溪流水質 評價基準 定立에 關한 考察(III). 자연보존 97 : 33-42.
7. 朴在鉉·禹保命. 1997. 山林流域內 降水로부터 溪流水質에 미치는 影響因子 分析 - pH, 溶存酸素, 電氣傳導度 -. 韓國林學會誌 86(4) : 489-501.
8. 박종관. 1997. 물환경조사법. 청문각. 186pp.
9. 佐佐木重行·高木潤修·西尾 敏. 1991. 福岡縣의 山間部における 降水および 溪流水의 pH와

- 數種の成分について. 森林立地 33(1) : 1-7.
10. 生原喜久雄. 1994. 溪流水の水質形成に及ぼすプロトン(H⁺)の影響. 水文・水資源學會地 7(4) : 325-331.
 11. 志水俊夫・藤枝基久・吉野昭一. 1987. 融雪期 河川水質 變動特性. 日林論 98 : 561-564.
 12. 志水俊夫・坪山良夫. 1990. 寶川流域における融雪流出水の水質特性. 日本林學會誌 72(2) : 171-174.
 13. 遠藤治郎・三澤眞一・山本仁志. 1984. 新大瀆報 17 : 89-97.
 14. 吳英敏・申錫奉. 1991. 水質管理. 신광문화사. 311pp.
 15. 岩坪五郎・平林ゆり・堤 利夫. 1982. On the spraying of sewage water in a forest(I)-Effect of the spraying on the run-off water chemicals and the nutrient budgets of the forest watershed. 日本林學會誌 64(5) : 187-192.
 16. 李海金. 1977. 臨溪댐 豫定地域內 河川水 水質에 關한 理化學的 調查研究. 韓國自然保存協會 調查報告書 第13號 : 143-153.
 17. 田祥麟・黃鍾瑞. 1992. 發旺山 溪流의 水環境 및 淡水魚類相. 韓國自然保存協會 調查報告書 第30號 : 105-119.
 18. 田祥麟・黃鍾瑞. 1993. 智異山의 七仙溪谷, 白武洞溪谷 및 뱀사골溪谷의 水環境과 淡水魚類相. 韓國自然保存協會 調查報告書 第31號 : 141-151.
 19. 田祥麟・黃鍾瑞. 1995a. 芳台山 北斜面一帶의 水環境과 淡水魚類相. 韓國自然保存協會 調查報告書 第35號 : 121-134.
 20. 田祥麟・黃鍾瑞. 1995b. 小白山 國立公園 溪流의 水環境 및 淡水魚類相. 韓國自然保存協會 調查報告書 第33號 : 141-149.
 21. 鄭英昊. 1985. 溪流의 植物性 플랑크톤. 자연보존 50 : 12-15.
 22. 藤原俊六郎・安西微郎・加藤哲郎. 1996. 土壤診斷の方法と活用. 281pp.
 23. 洪思澳. 1978. 烏嶺과 月岳山 附近의 溪流水에 關한 水質調査. 主屹山 및 月岳山一帶綜合學術調查報告書 第15號 : 157-166.
 24. 洪思澳. 1985. 溪流水의 汚染과 對策. 자연보존 50 : 8-11.
 25. 洪思澳・羅圭煥. 1979. 七甲山과 鷄龍山 溪流의 理化學的 水質. 韓國自然保存協會 調查報告書 第17號 : 159-170.
 26. 洪淳佑・張鎔錫. 1984. 雪嶽山 溪流의 水質環境 및 水生微生物. 雪嶽山學術調查報告書 : 363-369.
 27. 黃鍾瑞・鄭眞姬. 1998. 五臺山國立公園 西北斜面 一帶의 水環境. 韓國自然保全協會調查研究報告書 第38號 : 135-141.
 28. 廣瀨 顯・岩坪五郎・堤 利夫. 1988. 森林流出水の水質についての廣域的考察(1). 京都大學農學部演習林報告 60 : 162-173.
 29. Hemphill, D.D. and J.O. Pierce. 1974. Accumulation of lead and other heavy metals by vegetation in the vicinity of lead smelters and mines and mills in Southeastern Missouri. 2nd Annual Trace Contaminants Conference Proceedings, Pacific Grove, California. pp. 325-332.
 30. Hiraki, T., M. Tamaki, H. Mitsugi and H. Watanabe. 1985. Estimation of air pollution by rainwater components. Bull. of Hyogo Prefectural Pollution 17 : 6-11.
 31. Fredriksen, R.L. 1970. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on unstable soils in three small Oregon watersheds. USDA Forest Service Research Paper PNW-104, 15p.
 32. Crown Zellerbach Corporation. 1971. Environmental Guide, Northwest Timber Operations. 32p.
 33. Larse, R.L. 1971. Prevention and control of erosion and stream sedimentation from forest roads. Proceedings of a symposium on forest land uses and environment. Oregon State University. 55p.