

국내 지하수 미소생물 분포 조사를 통한 Bio-Indicator System 직상

전선균, 원이정, Sven Berkhoff*, 김형수

한국수자원공사 수자원연구원, *Institute of Groundwater Ecology

e-mail : jeon@kongju.ac.kr

<요약문>

국내 지하수의 지속적인 개발을 위한 훌륭한 방안이 될 수 있는 Stygofauna를 이용한 biological indicator system 개발을 위해 국내 지하수를 대표할 수 있는 국가지하수관측망 약 200여 개소를 선정하여 국내 지하수 미소생물 분포를 조사하였다. 전국의 지하수 생물 채집 결과, Cyclopoida(41.4%)가 우리나라 지하수 생태계에서 가장 전형적인 동물로 나타났으며, 암반대수층보다 에너지와 유기물이 충분한 충적대수층에서 동물의 밀집도가 두 배 가량 높게 나타났다. 생물 분포 또한 충적대수층과 암반대수층이 약간 다르게 나타났다. 권역별 동물 개체수 비교 결과, 금강권역에 비해 영산강과 낙동강권역은 종과 개체수가 적게 나타났다.

Key Words : Bio-Indicator System, Stygofauna, 국가지하수관측망, Cyclopoida

1. 서론

지하수는 수문학적 변화와 연관이 깊은 다양한 종의 생태계가 광범위하게 생존하는 공간으로, 유럽은 종 다양성과 관련된 지하수 서식 생물에 대한 조사가 우리보다 150여 년 앞서 시작되었다. 지하수 생태 관련 연구는 지속적인 지하수 관리 및 지표수-지하수의 연관성 평가를 위해 필수적인 분야로, Bio-Indicator System은 수질관리 및 지속적인 지하수 개발을 위한 훌륭한 기초 자료가 될 수 있다. Stygofauna를 이용한 Biological Indicator System은 기존의 물리화학적 방법과 비교할 때 신속하고 저렴한 방법이며, 약간의 시료 채취를 통해서도 지하수의 장기적인 상황을 말해줄 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 지하수 생태 환경에 대한 조사 및 평가를 수행하고 생태계를 이용한 인공함양 지하수의 수질개선기법 및 평가·관리기술을 개발하기 위한 목표를 가지고 국내 지하수의 Bio-Indicator System 개발을 위해 전반적인 미소생물 분포를 조사하였다.

2. 조사지점의 선정 및 조사 방법

국내 지하수 미소생물 분포 조사를 위해 전국 지하수에 대한 대표성을 갖는다고 판단되는 국가지하수관측망 약 200여 개의 지점을 선정하였다(Fig. 1). 이들 대표 관측 지점은 충적층지하수와 암반층지하수 각각이 서로 다른 심도를 갖고 있어 동일 지점에 대해서도 다른 환경 조건을 직접 비교할 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다.

현장 수질 및 미생물학적 분석을 위한 지하수는 aqua sampler를 사용하여 채수하였으며, 지하수 미소생물 채집은 net sampler(74 μ m)를 이용하였다(Fig. 2). DO(%), DO(mg/L), 온도, EC(μ S/cm) 및 pH는 다항목수질측정기(WTW GmbH, Weilheim)를 사용하였으며, NO₃⁻, Fe, 경도는 RQflex 측정기(Merck Relectoquant System)를 이용하여 측정하였다.

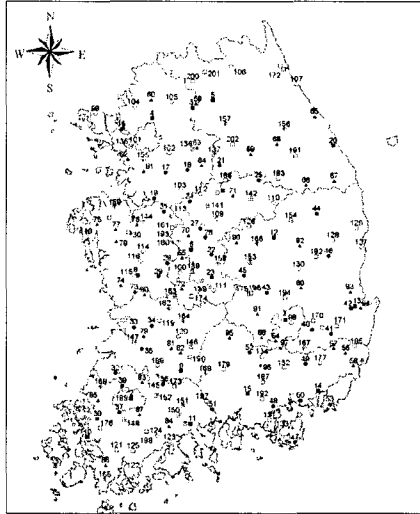


Fig 1. The boreholes of the National Groundwater Monitoring System in Korea

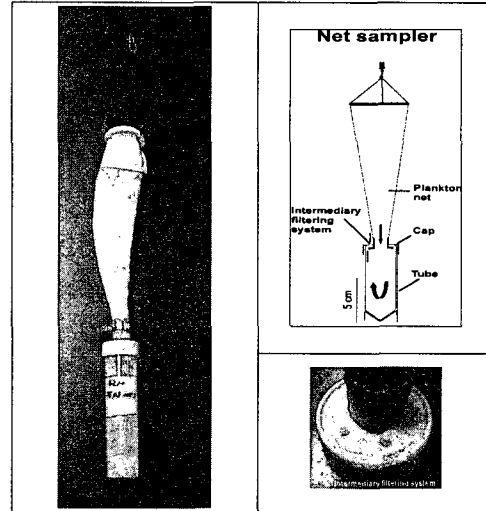


Fig 2. Net sampler and intermediary filtering system

3. 물리-화학적 분석 결과

물리-화학적 분석 결과, 일부 수질조사에서 EC(μ S/cm), NO₃⁻ 및 DO(mg/L) 등이 높게 나타났다. 해안 가까운 조사 지점인 양양손양 관측소에서는 33,600 μ S/cm의 높은 전기전도도를 보이는데 이는 해수가 지하수로 유입됨을 나타내는 증거이다. 그러나 포항연일, 김해삼정, 김포김포, 군위외흥, 부여양화 및 청주내덕에서 전기전도도와 질산농도(30mg/L 이상)가 높게 나타나는데, 그 이유는 인간의 행위에 의한 오염, 즉 농약이나 비료 또는 하수 및 폐수의 유입으로 볼 수 있을 것이다. 또한 산소포화도(70% 이상)가 높게 나타나는 충주가금, 음성대소, 부산동대신, 울산상북, 가평북면, 문경농암, 익산용동, 부여옥산, 충주동량, 인천하점, 포천화현, 고성거류, 청원강내, 청도청도에서는 지표수가 지하수 내로 빠르게 유입되므로, 위 지역의 지하수는 지표수와 직접 접촉하거나 수문학적 교환이 왕성하다고 판단된다.

4. 생물 분석 결과

모든 조사지점의 50.64%에서 동물들이 발견되었으며, 2393 개체가 대 분류군으로 구분되었다. 총 19개의 생물 분류군이 조사되었으며(Fig. 3), 생물 분류군 중 Cyclopoida가 전체의 41.4%로 다른 분류군보다 현저하게 높다. 이는 한국의 지하수 생태계에서 Cyclopoida가 가장 전형적인 동물임을 말해준다. 그 다음으로 Turbellaria,

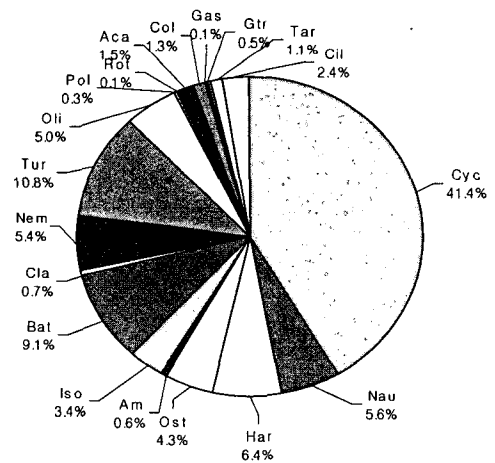


Fig 3. Distribution of the taxa (in percent) in all samples

Bathynellacea, Harpacticoida 및 Oligochaeta 등의 출현 빈도가 높다.

다음 Table 1은 암반대수층과 충적대수층을 비교해 놓은 것으로, 충적대수층의 시료 수는 암반대수층의 시료 수의 거의 절반이지만, 더 많은 동물들이 발견되었다. 또한 시료 당 동물의 밀집도는 충적대수층에서 6.88로 암반대수층의 3.57보다 약 두 배 가량 높게 나타났다. 이는 암반대수층에서보다 충적대수층에서 먹이와 산소 등 에너지가 충분히 공급되고, 유기물이 많은 지표면과 가깝기 때문인 것으로 해석된다.

Fig. 4는 우리나라의 암반대수층과 충적대수층에서 발견된 대수층의 동물들의 분포를 비교해 놓은 그림이다. 암반대수층과 충적대수층에서의 생물군집간의 큰 차이점은 보이지 않지만, 암반대수층에서는 Bathynellids와 Isopods가, 충적대수층에서는 Nematods가 높게 나타나며, 두 대수층에서 모두 Cyclopoids가 가장 많이 나타난다.

Table 1. Individual density of different aquifer types

	Alluvia l	Fractured-ro ck
No. of samples	128	229
Populated samples	81	100
%	63.3	43.7
No. of animals	881	817
No. of animals per sample	6.88	3.57

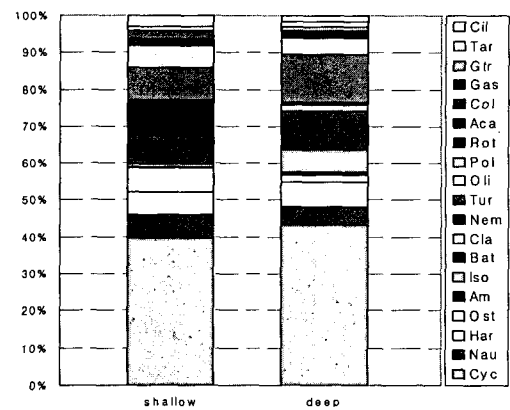


Fig 4. Comparison of the community structure of the shallow and the deep groundwater in Korea

Table 2는 4대 권역의 동물 밀집 분포를 비교해 놓은 것이다. 낙동강권역의 160개 시료에서보다 금강권역의 58개 시료에서 더 많은 동물들이 발견되었다. 즉, 북쪽에 위치한 금강권역보다 남쪽에 위치한 낙동강권역과 영산강권역에서 채집된 동물의 수가 작으며, 드물게 분포한다. 이는 낙동강권역과 영산강권역이 다른 권역보다 오염이 더 되었기 때문인 것으로 추측된다.

Table 2. The population density of the Korean watersheds

Watershed	No. of samples	Populated samples	%	No. of animals	No. of animals per sample	No. of animals per pop. sample
Nakdong River	160	75	46.88	442	2.76	5.893
Han River	71	39	54.93	493	6.94	12.64
Geum River	58	34	58.62	546	9.41	16.06
Youngsan River	69	33	47.83	217	3.14	6.576
Total	358	181	50.56	1698	4.74	9.381

금강권역은 종과 개체수가 풍부하지만 영산강과 낙동강권역은 종과 개체수가 적다. 한강권역에서는 Bathynellids, Harpacticoids와 Turbellarians가, 낙동강권역은 Isopods, Nematods와 Acari가 풍부하다. Fig. 5에 우리나라의 4대 강 권역에서 채집된 동물들을 상세히 비교해 놓았다. 네 권역 모두

에서 Cyclopoids의 수가 가장 우세하게 나타났다. 이 그룹의 동물들은 낙동강 권역에서 가장 우세하며, 영산강권역에서 약 35%로 가장 취약하게 나타났다. 그러나 영산강권역의 Harpacticiods, Bathynellids와 Nematods는 다른 세 권역보다 우세하게 나타났다. 금강권역에서는 Ostracods, Turbellarians와 Oligochaets가 다른 세 권역보다 뚜렷하게 나타났다.

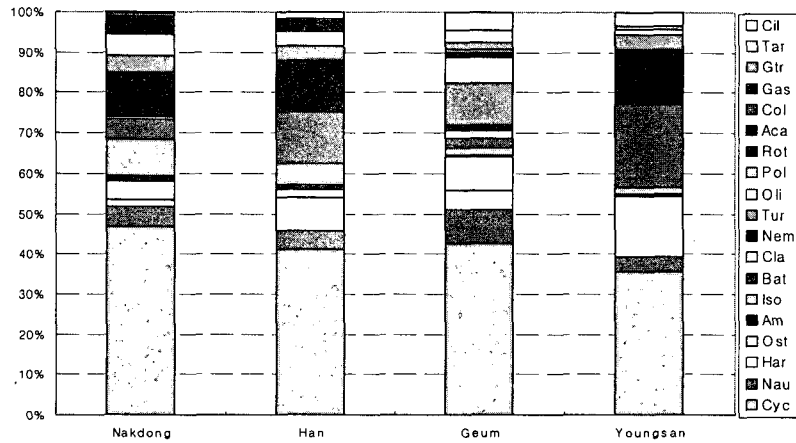


Fig 5. Comparison of the community structure for the catchment areas

5. 결론 및 고찰

지하수 생물을 이용한 Biological Indicator System은 지하수 개발을 위한 기초자료 확보와 지속적인 지하수 관리 및 지표수-지하수의 연관성 평가를 위해 필수적인 분야로, 본 연구에서는 지하수 생태계를 이용한 지하수 평가 및 관리 기술을 개발하기 위한 목표를 가지고 국내 지하수의 전반적인 미소생물 분포를 조사하였다. 연구 결과, 암반대수층보다 유기물과 에너지가 풍부한 충적층 지하수에서 미소생물이 더 많이 발견되었으며, 4대 권역 비교 분석 결과, 낙동강권역과 영산강권역보다 금강권역에서 미소생물이 더 많이 발견되었다.

본 연구를 통해 지하수 미소생물이 Biological Indicator로 활용될 가능성이 검증되었으나, 보다 체계적인 System 구축을 위해서는 지속적인 자료 축적이 절실하다고 판단된다.

사사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제 번호 3-4-2)에 의해 수행되었다.

참고문헌

김형수 등, 2004, “지속가능한 지하수개발 및 함양기술개발” 보고서, 한국수자원공사 연구보고서, KIWE-GG-04-1, 21세기 프론티어 연구개발사업 “수자원의 지속적 확보기술개발” 세부과제(3-4-1) 1 단계 최종보고서.