

동해안 북부지역 지하수의 수리지구화학적 특성

박희열 * · 한찬 · 김형수¹⁾

1. 연구배경 및 지질 개요

본 연구의 목적은 지역적 개발 잠재력이 풍부한 동해안 북부지역(전천, 오십천, 주수천, 남대천 유역)의 부족한 용수확보를 위한 지하수 개발가능성 및 이 지역 지하수의 수리지구화학적 특성을 규명하는데 있다.

연구지역 개발 지질은 선캠브리아기 태백산 변성암 복합체를 최하위 지층으로 하여 그 상위로 탄산염암 및 저변성 퇴적암류로 구성된 캠프로-오도비스기의 조선누층군 및 석탄-페름기의 평안층군의 지층들이 광범위하게 분포하며, 이들 지층들을 관입한 시대미상의 엽리상 화강암류와 주라기의 화강암류가 연구지역의 중앙부와 북부일원에 저탄 또는 암주상 암체로 분포한다. 그리고 백악기의 응회암 및 응회질 퇴적암이 조사지역의 남부와 중앙부에서 단속적으로 분포하며, 제 3기의 북평층이 삼척 북서부 지역에서 남-북 방향의 대상으로 분포한다. 상기 지층들을 부정합으로 피복하고 있는 제 4기 미고결 퇴적물은 주로 해안 및 하천 유역을 따라 발달하고 있다(한국수자원공사, 1996).

2. 연구 방법

본 연구에 이용된 정호 위치도는 Fig. 1이며, 각 정호에서 2회(1997년 11월과 1998년 6월)에 걸쳐 지하수위를 측정하였고, 지하수의 수온, 수소이온농도 (pH), 산화환원전위 (Eh), 전기전도도 (EC), 용존산소 (DO)는 현장에서 직접 측정하였으며, 알칼리도 분석은 적정법으로 결정하였고, 양이온은 유도결합 프라스마 분광분석기, 음이온은 이온 크로마토그래피기를 이용하여 실내에서 분석하였다. 측정 및 분석자료에 의해 연구지역 지하수의 수리지구화학적 특성을 파악하기 위해 주요 양이온과 음이온 함량을 Piper 다이어그램에 투영하였고, 각 분석 자료들의 원소별 시료별 특성을 고찰하였으며, pH-pCO₂분압 그리고 pH-탄산염광물 포화지수와와의 관계를 알아보았다.

화학원소 분석용 시료 채취 시 동위원소 분석용 시료도 함께 채수하여 산소 동위원소비는 CO₂-H₂O 평형법 (Epstein and Mayeda, 1953)으로, 수소 동위원소비는 아연에 의한 환원법 (Coleman *et al.*, 1982)으로, 그리고 황 동위원소비는 황산바륨 침전법(나춘기 등, 1995a)에 의한 전처리 방법으로 처리하여 기초과학연구원 연구소의 질량분석기 VG ISOTECH PRISM II로 분석되었으며, 이때 획득된 분석자료로써 연구지역 지하수의 동위원소적 특성을 고찰하였다.

3. 연구 결과

- 수위 측정 결과(표 1), 동해안 북부 지역 중 전천 유역은 용식성 석회암과 제3기 역암층이 양호한 대수층을 형성하고 있고 실트층과 이회암 또는 이암층이 압층으로 작용하여 피압현상을 보이고 있어서 생활용수와 비상용수로서 지하수 이용 가능성이 있는 것으로 평가되었다.
- Piper 다이어그램 도시 결과, JSB-2와 JSW-2는 Non-alkali Hardness 안정영역, JSW-3과 NDW-1은 Carbonate Alkali 안정영역 그리고, 나머지 지하수는 Carbonate Hardness 안정영역에 해당한다. 이러한 차이는 주변 모암의 특성이 주 요인인 것으로 판단된다.
- 양이온 분석 자료 중 SiO₂ 함량은 화강암이나 이암 지역 지하수 시료보다 석회암 지역

주요어 : 동해북부, 북평층, 지하수, 수리지구화학

1) 한국수자원공사 수자원연구소

지하수 시료에서 상대적으로 적은 함량을 갖는다. 음이온 분석 자료 중에서 NO_3^- 함량은 오십천 성남지역을 제외한 나머지 시료들은 음용수 기준 이하로써 오십천 성남지역 시료들은 주변 경작지에 의한 인위적인 오염에 의한 것으로 판단된다.

- pH와 pCO_2 분압과의 관계에서 pH가 증가함에 따라 pCO_2 분압은 감소하는 경향이며, 석회암층을 직접 관통한 시료들의 CO_2 분압이 가장 작은 것을 알 수 있다. 이는 물중의 CO_2 가 석회암과 만나서, $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$ 로 반응하는 과정에서 CO_2 를 소모하기 때문인 것으로 판단된다(Appelo and Postma, 1993). 또한, 탄산염광물(방해석, 선석, 돌로마이트) 포화지수를 비교했을 때 석회암 지역 시료들에 대한 방해석의 포화지수 값이 가장 높게 나타나서 pCO_2 분압에 대한 해석을 뒷받침해 준다.
- 산소와 수소 동위원소비는 모두 Meteoric-Water 직선에서 크게 벗어나지 않는 동일 기원의 일반적인 지하수인데, d 값의 전체 평균은 10보다 약간 높다. 이는 기온과 증발량 등에 의해 미약한 정(+)의 효과를 나타내는 것으로 판단된다. JCW-4는 석회암 대수층, JCW-1은 북평층, JCW-5는 충적층의 황 동위원소 값을 나타낸다고 볼 수 있으며, JCW-8은 이들의 혼합과정에 의한 결과로 해석할 수 있다. JCB-1은 부분적으로 협재되어 있는 해성층의 ^{34}S 가 부화된 유기성 황의 산화작용이 영향을 끼친 것으로 판단된다.

4. 사사

본 연구는 한국수자원공사 수자원연구소에서 수행한 “석회암지역 지하수 거동 특성 연구(1997, 1998)”의 일환으로 수행되었음을 밝혀둔다. 연구비를 지원해 준 한국수자원공사측에 감사드린다.

참고문헌

1. 나춘기, 김선영, 전서령, 이무성, 정재일, 1995 a, 전주지역 강수의 황동위원소비와 대기 오염원의 추적자로서의 그 유용성, 자원환경지질, 제 28권, p. 243~249.
2. 한국수자원공사, 1996, 동해안 북부지역 지표수 및 지하수 연계개발 예비타당성조사 보고서, p. 450.
3. 한국수자원공사, 1997, 석회암 지역 지하수 거동 특성 연구(1차년도), p. 116.
4. 한국수자원공사, 1998, 석회암 지역 지하수 거동 특성 연구(2차년도), p. 116.
5. Appelo. C. A. J. and Postma. D., 1993, Geochemistry, groundwater and pollution, p. 86~138.
6. Epstein, S. and Mayeda, T. K., 1953, Variation of ^{18}O content of waters from matiral sources. Geochim. Cosmochim. Acta, Vol, 4, p. 213-224.
7. Coleman, M. L., Shepherd T. J., Durham, J. J., Rouse, J. E., and Moore, G. R., 1982, Reduction of water with zinc for hydrogen isotope analysis. Anal. Chem., Vol. 54, p. 993-995.

Table 1. Waterlevels of wells in the study area.

(Unit : m)

측정일	공변	JCW-1	JCB-1	JCW-2	JCW-3	JCB-3	JCW-4	JCW-5	JCB-5	JCW-6	JSB-2
'97. 11		자분	자분	자분	2.69	3.25	-	6.78	6.91	3.34	자분
'98. 6		자분	자분	자분	1.56	2.00	2.69	4.43	4.28	1.70	자분
측정일	공변	JSW-1	JSW-2	JSW-3	NDW-1	OHB-1	OHW-1	OMB-1	OMW-1	OSB-1	OSW-1
'97. 11		6.09	0.82	자분	1.97	5.08	5.14	-	6.11	39.18	-
'98. 6		5.22	0.32	자분	1.33	1.06	1.23	5.83	6.00	36.06	36.3

Tale. 2 Physio-chemical properties and concentrations of chemical elements of the groundwater samples in the study area.

	Temp (°C)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Ca (mg/L)	Eh (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)
JCB-1	14.00	7.85	302	2.61	122.339	47.80	0.324	6.41	6.04
JCB-3	14.60	7.52	476	0.00	205.139	50.20	0.155	14.60	25.60
JCB-5	13.40	7.73	205	6.99	95.858	37.70	0.317	3.74	5.29
JCW-1	13.70	7.94	308	4.56	126.000	48.90	0.350	5.49	5.94
JCW-2	14.10	7.87	312	7.63	131.553	50.00	0.349	5.63	5.74
JCW-3	14.90	7.70	271	1.45	156.875	41.00	0.191	6.77	5.75
JCW-4	14.70	7.99	241	6.70	96.590	38.70	0.373	3.84	5.54
JCW-5	13.80	7.69	238	7.51	93.539	38.50	0.340	3.74	5.38
JCW-6	14.50	7.25	187	0.01	96.102	24.40	0.068	3.14	4.79
JSB-2	14.90	6.91	310	1.95	66.753	40.30	0.296	5.66	10.50
JSW-1	13.10	6.04	195	5.06	33.926	10.50	0.303	5.52	15.20
JSW-2	16.10	7.01	304	1.29	69.132	40.60	0.304	5.58	9.90
JSW-3	17.10	7.99	608	1.20	268.414	25.70	0.122	4.32	99.90
NDW-1	15.10	8.37	224	1.04	78.834	1.04	0.336	0.56	41.50
OHB-1	10.30	7.60	162	10.49	72.244	26.00	0.310	3.71	2.62
OHW-1	12.70	7.75	169	8.55	77.126	27.60	0.329	4.09	2.71
OMB-1	14.60	8.01	369	7.10	122.766	60.30	0.337	14.40	5.80
OMW-1	15.00	7.93	404	7.50	131.919	68.70	0.344	17.40	6.18
OSB-1	14.80	7.38	669	7.90	229.119	101.00	0.345	14.50	8.74
OSW-1	16.90	7.32	768	7.32	229.485	140.00	0.368	17.50	9.67

	K (mg/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	F (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Br (mg/L)	Fe (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
JCB-1	1.83	10.093	17.837	0.1	13.82	0	0.04	1.778	0.000
JCB-3	5.80	30.714	11.574	0.301	20.99	0.235	0.21	0.061	0.451
JCB-5	1.24	8.134	12.842	0.097	9.35	0	0.01	1.829	0.000
JCW-1	1.47	10.636	19.779	0.076	11.53	0	0.00	2.277	0.000
JCW-2	1.30	9.912	16.759	0.064	10.63	0	0.00	2.671	0.000
JCW-3	2.11	5.184	0	0.151	23.32	0	0.21	0.000	0.613
JCW-4	1.18	9.119	13.524	0.124	10.05	0	0.00	1.759	0.000
JCW-5	1.26	8.277	12.989	0.111	9.43	0	0.01	2.067	0.000
JCW-6	0.95	6.63	0.783	0.084	20.05	0	2.46	0.074	0.000
JSB-2	0.66	49.486	12.42	0.068	11.25	0.234	0.00	0.087	0.000
JSW-1	1.34	16.026	3.511	0.034	23.32	0	2.00	4.998	0.000
JSW-2	0.63	47.379	11.399	0.074	10.85	0.234	0.01	0.089	0.000
JSW-3	1.99	42.312	20.666	0.379	10.97	0.234	0.09	0.000	0.000
NDW-1	1.06	20.619	3.409	0.236	25.89	0	0.02	0.931	0.312
OHB-1	0.71	5.533	6.25	0.08	8.22	0	0.04	0.921	0.000
OHW-1	0.69	5.747	6.393	0.077	8.32	0	0.01	1.013	0.000
OMB-1	1.26	6.101	61.026	0.085	4.66	0	0.00	1.430	0.000
OMW-1	1.49	6.526	71.738	0.11	4.96	0	0.00	1.612	0.000
OSB-1	0.84	29.623	10.954	0.095	7.04	0	0.00	16.461	0.000

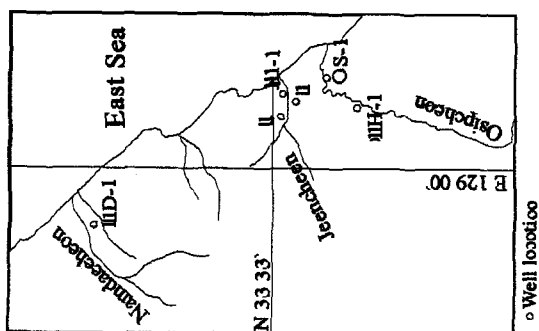


Fig. 1. Location map for sampling sites of groundwater in the study area.