

제주시 자연수중의 Tritium 함량과 수질특성과의 관계

허소림 · 송성준 · 유장걸
제주대학교 방사능이용연구소

Tritium Levels and Chemical Properties of Cheju-shi Natural Waters

Hur So-Rim, Song Sung-Jun, and U. Zang-Kual
Applied Radioisotope Research Institute, Cheju National University,
Cheju-shi, Cheju-do 690-756, Korea

Abstract

Tritium levels of the sea water(C2, C4), spring water(C1, C3) and ground water(C7, C8) or surface water(C5, C6) from Cheju-shi area were 0.40, 0.60-0.74, 2.7 2.8 TU, respectively, which gave their characteristic distribution. Especially, tritium levels in spring water(C1, 3) was lowered by being mixed with sea water having lower tritium contents. Therefore, tritium analysis can be used as the useful tool for determining the sea water intrusion into spring water or ground water. On the other hand, the salt contents and electrical conductivity in the ground water, C7 and C8 were very low. But, nitrate-N in ground water, C7 contaminated by fertilizers from the farm fields or municipal sewage exceeded 10 ppm and thus, it is not suitable for drinking. The surface water, C6 contaminated by livestock excreta in the pasture area showed low pH value(3.78), high K(191 ppm) and nitrate-N contents(40 ppm).

서론

자연 중에 존재하는 동위원소함량을 측정하기 위해서는 방사선 측정법이나, 질량 분석법이 활용되고 있다. 특히, 물의 구성성분인 ^3H , ^2H , ^{18}O 의 함량을 분석하는 기술은 수자원 연구에 많이 이용되고 있는 바, 주로 지하수의 함양원과 함양 속도, 지하수계의 연구, 지하수의 이동과 순환, 지하수의 기원, 지하수의 유래와 연대측정, 지하수와 하천수와의 관계, 지하수-해수의 혼합, 지하수의 오염원 추적, 물수지 계산, 폐기물에 의한 지하수 오염 연구 등에 광범위하게 이용되고 있다^{1, 3, 5}.

Tritium은 양성자, 전자, 다양한 핵 및 외부 우주로부터 온 핵입자 등의 우주선과 상호 작용에 의해 대기 상층부에서 기체와 함께 자연적으로 생성되거나 원자로 및 핵연료 개체의 공정에서 핵반응으로 만들어지고 있다. 생태계에는 총 3.0×10^7 Curies 정도의 tritium이 분포되어 있으며, 매년 4만 Curies 정도가 자연계에서 생성되고 있다²⁾.

또한 tritium은 12.43년 정도의 짧은 반감기를 갖고 있어서 자연적으로 소멸되기 때문에 생성과 소멸이 일정한 평형을 이루게 된다²⁾.

따라서, 생성된 tritium은 강우에 의해 자연수에 혼입되어 특징적으로 분포하게 되는데, 일반적으로 해수에는 낮고, 지하수·용천수 등에는 비교적 높은 편이다. 그러므로 tritium 분석 기술은 지하수와 하천수와의 관계, 해수의 지하수로의 혼입등을 연구하는데 활용할 수 있다.

본 연구의 목적은 제주시 지역의 지하수, 용천수, 해수, 지표수의 tritium 함량을 측정하고, 화학분석을 실시하여 자연수 중의 tritium 함량과 화학적 수질특성과의 관계를 조사하는 데 있다.

Table 1. Specifications of sampling sites in Cheju-shi area.

Sample No.	Location	Description	Distance from sea(km)
1	Cheju-shi Samyang-dong	Spring water	0
2	Cheju-shi Samyang-dong	Sea water	0
3	Cheju-shi Yongdam-dong	Spring water	0
4	Cheju-shi Yongdam-dong	Sea water	0
5	Cheju-shi Doryun-dong	Surface water	2.1
6	Cheju-shi Jeolmul	Surface water	5.5
7	Cheju-shi Ara-dong	Ground water	2.9
8	Cheju-shi Ara-dong	Ground water	3.8

재료 및 방법

1. 시료채취

제주시 지역의 자연수를 지하수, 용천수, 해수, 지표수로 구분하여 6월에 2ℓ씩 채수하였다(table 1)

2. Tritium의 측정

가. 시료의 전처리

모든 물시료는 증류하여 염을 제거한 후 400g을 취하여 전기분해 장치로 농축하는 동안에 전극의 부식을 방지하기 위하여 0.4% sodium peroxide를 가하여 alkali로 되게 하였다^{1,3)}.

나. Tritium 농축

전 처리된 시료는 전기분해 장치를 이용하여 20g까지 농축하였다.

시료를 전기분해할 때에는 -1~0°C로 유지하여 tritium의 증발을 방지하였고 결빙을 방지하기 위해서 냉동조에 10% ethylene glycol을 가하였다^{1,3)}.

시료량의 최초 400g일 때에는 전류를 7mA, 전압은 28V로 농축하였고, 시료량이 약 200g이 되었을 때에는 전류는 3.5mA, 전압은 15V로 낮추었고, 다시 시료량이 100g정도로 줄어들었을 때는 전류는 2mA, 전압은 3V로 유지하였다. 400g의 시료가 20g으로 농축되는데에는 300시간 이상이 소요되었다^{1,3)}.

Tritium 함량을 이미 알고 있는 1개의 tritiated water(754.1 cpm g⁻¹)를 다른 시료와 동일하게 처리하여 회수율(65%)과 농축계수(17.9)를 계산였다.

시료의 농축이 완료된 후 KMnO₄를 가하여 건조될 때까지 다시 증류를 실시하였다.

다. Tritium 계측

Tritium 농축 및 증류가 완료된 시료를 계측병에 10ml 취하여 여기에 Ready Gel을 10ml 가하여 액체 섬광 계수기(Quantulus Oy Wallac, Finland)로 계측하였다. 이때 계측 효율은 tritium 표준 물질(221090 dpm)을 가지고 구하였는데 24.6%였다.

3. 이화학적 분석

채취한 시료의 이화화학적 분석은 다음과 같이 행하였다.

- (1) 수온 : 시료 채취 즉시 온도계를 사용하여 현장에서 측정하였다.
- (2) pH 측정 : 시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 pH meter (Model 250A, ORION, U.S.A)를 사용하여 측정하였다.
- (3) 전기전도도 측정 : 시료를 채취하여 실험실로 운반한 후 즉시 전기전도도 측정기(Model 115, ORION, U.S.A)를 사용하여 측정하였다.
- (4) 양이온(Na, K, Mg, Ca) 측정 : 원자흡광분광기(Perkin elmer MD2380, U.S.A)로 측정하였다⁴⁾.
- (5) 음이온(Cl, NO₃-N, PO₄, HCO₃) 측정 : Cl, NO₃-N 및 PO₄는 이온 크로마토 그래피(Dionex DX-500, U.S.A)로 분석하였고 HCO₃는 0.05N H₂SO₄ 중화적정법⁴⁾으로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. Tritium 함량

제주 북부 지역 자연수중의 tritium 함량은 표2와 같다. 지표수는 2.4~2.8TU, 용천수는 0.6~0.74TU의 범위를 보였다. 그리고 해수인 경우 0.6TU였다.

특히, 삼양과 용담 해수 경우 지표수에 비해 훨씬 낮은 TU값을 보였다.

그러므로, tritium 함량은 해수, 용천수, 지하수 또는 지표수 별로 특징적인 분포를 보였으므로 tritium 측정기술은 수질의 특성을 연구하는 데 활용할 수 있다고 생각된다.

Table 2. Tritium levels of water samples from Cheju-shi area.

Sample No.	Tritium level(TU)
C1	0.74
C2	0.40
C3	0.60
C4	0.40
C5	2.70
C6	2.70
C7	2.80

2. 이화학적 분석 결과

Table 3. Chemical properties of water samples from Cheju-shi.

Sample No.	Temp. (°C)	pH	Na (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Cl (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	SO ₄ (ppm)	PO ₄ (ppm)	HCO ₃ (ppm)	EC (μm/cm)
C1	16	7.39	536	148	8.72	61.0	530	21.3	123	1.23	30.5	3,380
C2	24	7.50	12,700	277	180	1,465	14,526	1.66	2,178	3.07	65.1	30,500
C3	16	7.30	1,392	268	55.5	173	896	17.0	341	1.66	42.7	9,020
C4	23	7.45	9,130	443	90.8	945	10,270	2.50	1,550	0.01	67.1	17,540
C5	15	7.57	9.45	4.64	2.65	1.79	8.22	6.40	6.10	0.20	14.2	116
C6	15	3.78	5.47	191	0.60	0.93	13.5	40.1	4.69	0.04	10.2	187
C7	16	7.32	10.6	3.44	1.24	3.03	13.9	22.2	5.16	1.37	12.2	131
C8	15	6.90	5.69	2.60	0.88	0.99	5.43	0.98	1.43	0.10	10.2	63.0

Table 3은 제주시 지역 자연수의 이화학적 분석 결과를 보인 것이다. 제주시 지역 자연수의 '97년 6월의 수온은 15~25°C 범위로 해수(24~25°C)를 제외한 다른 자연수(지표수·지하수·용천수)는 서로 비슷한 경향을 보였다. pH 경우도 수온과 마찬가지로 3.78을 보인 절물 부근의 지표수를 제외하고는 pH 7.0 내외였다. 해수와 용천수의 전기전도도는 3,380~30,500 μS/cm 범위로 높았고, 지표수와 지하수의 경우는 63~187 μS/cm로 낮게 나타났다.

삼양과 용담의 용천수는 tritium 함량이 낮고, Na·Cl·전기 전도도 값은 높은 수치를 보이고 있는데 이러한 결과는 삼양과 용담의 용천수가 다른 자연수와는 달리 해수의 유입으로 인하여 용천수가 희석되어 낮은 tritium 함량(0.6~0.74 TU)을 나타낸 것으로 사료된다.

절물 부근 목장에서 채수한 지표수는 가축 분뇨의 유입으로 산도가 매우 낮아졌고(pH 3.78), K(191ppm), NO₃-N(40.1 ppm) 함량이 높은 경향을 보였다.

한편 아라동과 제주대학교 지하수의 염분함량과 전기전도도 값은 일반적으로 낮은 경향을 보이고 있으나 아라동 지하수의 NO₃-N 함량은 음용수 기준치(10ppm)를 2배 이상 초과하는 값을 보이고 있다. 이는 인근 농경지 또는 생활하수의 영향으로 지하수가 오염되고 있다는 것을 시사하고 있다.

요 약

제주시 지역 자연수중의 tritium 함량은 해수, 용천수 또는 지하수와 지표수별로 특징적인 수준을 보였는데 삼양과 용담용천수는 tritium 함량이 낮은 해수의 침투를 받아 지하수와

지표수보다 그 함량이 낮아졌다. 그러므로 tritium 측정 기술은 해수 침투에 의해 높아진 용천수 등의 염도의 원인을 구명하는 좋은 수단으로 활용될 수 있다고 사료된다. 한편, 지하수의 염분함량과 전기전도도 값은 비교적 낮은 경향이나 절산대 질소의 함량이 음용수 기준치를 2배 초과하였다. 목장지역의 지표수는 주변 가축 분뇨 유입으로 pH 3.78, K 191ppm, NO₃-N 40ppm임을 보였다.

V. 참고문헌

- Ahn, J. S. J. S. Kim, P. Airey and B. Payne(1981) Environmental Isotope - Aided Studies on River and Ground Water Interaction in the Region of Seoul, J. Korean Nucl. Soc. 13(2) : 85-96
- Calf, G. E., B. W. Seatonberry and L. W. Smith(1976) The Measurement of Natural Levels of Tritium in Water, AAEC/E 373
- IAEA(1983) Guide on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Report No. 91, Vienna
- Greenberg, A. E., J. J. Connors and D. Jenkins(1981) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Amm. Public Health Assn., Washington
- Payne, B. R., L. Qujano and D. Carlos Latarre(1979) Environmental Isotopes in a Study of the Origin of Salinity of Ground Water in the Maxicali Valley, J. Hydrol. 41 : 201-215