

# 보도자료



서울대학교  
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

보도일시	즉시 보도
	2024. 11. 20.(수)
문의	연구책임자 자연과학대학 지구환경과학부 이현우 교수(02-880-6732)/교신저자
	연구단 이원희 연구원(02-880-6732) / 제1저자

## ■ 제목/부제

제목	울릉도 화산 샘의 물 및 가스 지구화학: 동북아시아 상부 맨틀 기원 휘발성 성분 배출 시사점
부제	울릉도 약수터에서는 화산가스가 배출된다.

## ■ 요약

연구 필요성	활화산으로 분류되는 울릉도는 현재 눈에 띄는 화산활동은 나타나지 않고 있지만 화산체의 균열대를 따라 지하수가 샘으로 배출되고 있다. 샘플에는 높은 이산화탄소의 함량에 의해 주변 암석이 변질되어 있고 일부 지역에서는 기포가 배출되고 있어 이러한 것들을 고려하여 잠재적 화산활동의 규명을 위한 연구가 필요하다.
연구성과/ 기대효과	본 연구는 울릉도 화산체의 균열을 따라 배출되는 유체 내에 용존되어 있는 화산가스의 조성 및 동위원소 성분을 최초로 분석하여 보고한다. 이를 통하여 울릉도 하부의 마그마 존재를 규명할 수 있다. 또한, 동해 상의 유일한 활화산인 울릉도에서 배출되는 탄소 및 헬륨 동위원소 분석결과를 통한 동아시아 지역의 신생대 마그마 활동 및 하부의 맨틀 지화학 조성을 들여다 볼 수 있다.
Abstract	Ulleungdo, a volcanic island located in the back-arc basin (East Sea/Sea of Japan) of the Japanese arc, is one of the Cenozoic intraplate volcanoes in Northeast (NE) Asia. Due to the distinctive geotectonic properties of transitioning from a past back-arc environment to a current intraplate tectonic setting, the elucidation of the magma origin of this volcano allows us to evaluate the possible influence of diverse upper mantle components on intraplate magmatism. Here we report the results of water and dissolved gas geochemistry sampled from 13 springs in Ulleungdo. The springs can be categorized into high CO <sub>2</sub> concentration (HC) and low CO <sub>2</sub> concentration (LC) types, each exhibiting a different evolutionary pathway. The HC springs show high <sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He ratios (1.04 to 5.87 Ra) and δ <sup>13</sup> C-CO <sub>2</sub> values (-7.3 to -5.1 ‰), indicating the release of mantle-derived helium and CO <sub>2</sub> . Although some of the LC springs also show mantle-derived helium (0.98 to 4.51 Ra), their lower δ <sup>13</sup> C-CO <sub>2</sub> values (-22.3 to -17.3 ‰) and CO <sub>2</sub> / <sup>3</sup> He ratios (3.79 x 10 <sup>8</sup> to 1.39 x 10 <sup>10</sup> ) reflect calcite precipitation during fluid ascent. The consistency in the <sup>3</sup> He/ <sup>4</sup> He ratios between the springs and the previously reported Ulleungdo volcanic rocks suggests the preservation of the helium isotope ratio in the Ulleungdo magma from at least 1.37 Ma to the present. Collectively, helium and carbon isotope data from Ulleungdo, Mt. Baekdu, and Wudalianchi in NE Asia could be determined by regional variations in continental lithosphere thickness. Thus, it may be explained by contributions from the sub-continental lithospheric mantle and/or interaction with the continental crust during fluid ascent, rather than from the introduction of subducted slab materials into the magma sources. Our findings highlight that the interaction between the magma derived from the upwelling asthenospheric mantle and the overlying continental lithosphere can be a crucial factor in the volatile geochemistry of the NE Asian Cenozoic intraplate volcanic regions.
Journal Link	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132286">https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132286</a>

## ■ 본문

### □ 울릉도의 화산가스 배출 및 활화산인 증거

○ 울릉도는 동해에 위치한 유일한 활화산으로 기원전 약 3천 년 전 분화 이력이 있다. 울릉도는 현

무암, 조면암 등의 화산암으로 구성된 화산체로 현재에도 백두산, 제주도과 함께 활화산으로 분류된다.

- 서울대학교 지구환경과학부 화산학·휘발성 성분 연구실은 울릉대 화산체의 균열대에서 배출되는 지하수 내 용존된 가스 성분을 최초로 분석하였고 그 성분이 상부 맨틀이 용융된 마그마에서 기원한 화산가스라는 것을 제시하여 국제학술지 Journal of Hydrology에 2024년 11월 14일 온라인 판으로 게재되었다.
- 신생대 마이오세에 일어난 동해의 확장 이후 우리나라 및 중국 등의 북동아시아 지역이 일본 섭입대로부터 떨어져 판내부 환경이 되었다. 이후, 북동아시아의 화산활동은 일본열도의 화산활동과 구분이 되며 울릉도, 백두산, 중국의 우달리안치 화산 등에서 화산가스가 배출되고 있다(그림 1). 화산가스의 주요 성분은 이산화탄소이며 비활성 기체인 헬륨이 이산화탄소와 함께 배출되면서 화산가스의 기원을 규명하기 위해 주로 함께 활용된다.
- 울릉도 화산가스의 헬륨동위원소 성분은 백두산과 마찬가지로 대륙하부 암석권 맨틀(SCLM)의 영향을 받는다. 이는 현재 일본 섭입대에서 배출되는 화산가스가 배출하는 헬륨이 좀 더 심부의 연약권 맨틀(MORB)의 기여도가 높은 것과 구분된다. 이는 울릉도, 백두산이 판내부 환경에서 아직 두껍게 남아있는 암석권 맨틀의 영향을 받는다는 것을 지시한다. 반면에, 우달리안치 화산은 좀 더 내륙에 분포하여 상부지각의 영향을 받아 낮은 헬륨동위원소 성분을 보인다.
- 또한, 울릉도 등 북동아시아 판내부 화산에서 배출되는 이산화탄소의 기원은 일본 섭입대에서 배출되는 이산화탄소와 구분된다. 이는 일본 섭입대는 해구로 탄산염 혹은 유기 퇴적물의 유입으로 인해 마그마 형성시 영향을 받기 때문이다. 따라서, 일본은 다양한 기원의 이산화탄소의 탄소동위원소 성분을 가지며, 대신 울릉도 및 북동아시아 판내부 화산에서는 상대적으로 균질한 기원의 이산화탄소가 배출된다.
- 울릉도 화산가스의 분석 결과는 한반도의 대표적인 활화산인 백두산과 비교하였을 때, 헬륨 및 탄소동위원소 성분이 매우 유사하며, 이는 두 화산이 거의 동일한 맨틀성분으로부터 기원했음을 시사한다. 그림 1c에 따르면, 한반도를 포함한 북동아시아 지역에서 현재 판의 두께가 상대적으로 얇아진 지역들이 나타난다. 이 영역 내에서 하부의 연약권 맨틀 상승이 일어날 수 있고 상부에 남아있는 암석권 맨틀과의 상호작용으로 현재 울릉도를 포함한 백두산 등의 활화산에 대한 마그마를 생성한다는 것을 제안한다.
- 울릉도 화산가스의 분석 결과 현재 울릉도 아래 심부에서 마그마의 잠재적 존재를 지시하며, 동해의 유일한 맨틀 기원의 물질이 배출되는 통로로써 향후 지구의 심부탄소순환을 이해하기 위한 연구적 가치가 크다.

□ 연구결과

Water and gas geochemistry of springs in Ulleungdo volcano, South Korea:  
Implications for degassing of upper mantle-derived volatiles in Northeast Asia

Wonhee Lee, \*Hyunwoo Lee, Heejun Kim, Jung-Hun Song, Jungpyo Hong, Jonghoon Park, Hyejung Jung, Jeonghoon Lee, Naoto Takahata, Yuji Sano & Tobias P. Fischer

Journal of Hydrology

Available online 14 November 2024, 132286

이 연구는 서울대학교 SRC 선도연구센터 '지구심부-지표 상호작용 연구센터' 및 한국지질자원연구원 화산연구단 기본 사업의 지원으로 수행되었습니다.

□ 그림설명

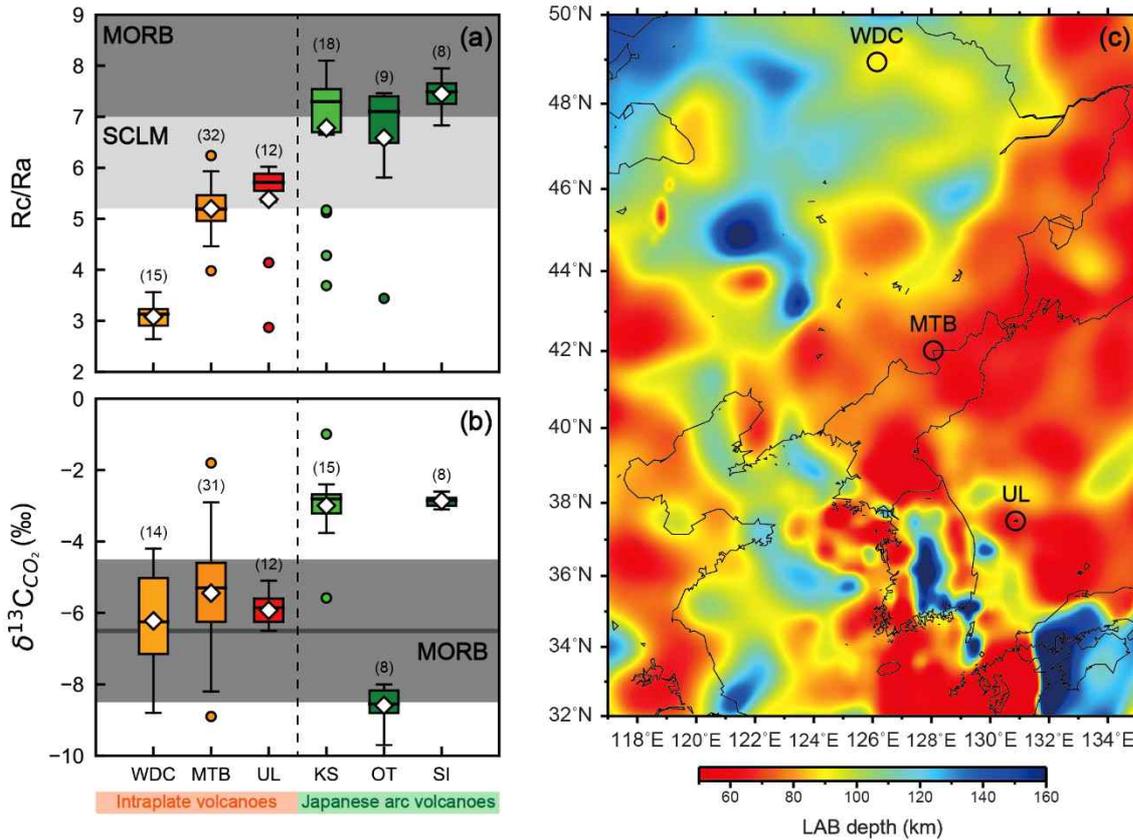


그림 1. (a, b) 우달리안치(WDC), 백두산(MTB), 울릉도(UL)를 포함한 신생대(홀로세) 판내부 화산 지역들의 온천, 지하수 및 분기공에서 측정된 화산가스의 헬륨동위원소( $R_c/R_a$ ) 비율과 이산화탄소의 탄소동위원소( $\delta^{13}C-CO_2$ ) 값의 분포를 나타내는 도표, 구사츠-시라네(KS), 온타케(OT), 사츠마-이오지마(SI)를 포함한 일본 섭입대 화산가스들의 기준에 보고된 값들이 함께 표시되었다. (a)에서 헬륨동위원소의 상부 연약권 맨틀의 값인 MORB( $8 \pm 1$  Ra; 회색 영역) 및 대륙하부 암석권 맨틀의 값인 SCLM( $6.1 \pm 0.9$  Ra; 밝은 회색 영역)이 표시되었으며, (b)에서 탄소동위원소 성분이 MORB( $-6.5 \pm 2.5\%$ ; 회색 영역)의 영역이 회색으로 평균값  $-6.5\%$ 과 함께 표시되었다. (c) 지진파 속도 자료를 통해 유추된 북동 아시아 전역의 판의 두께를 지시하는 암석권 및 연약권 맨틀 경계(LAB) 깊이 분포를 보여주는 지도. 홀로세 판내 화산(WDC, MTB, UL)의 위치는 원으로 표시되었다.