

화성 지질공원 우음도 지질명소의 지질학적 가치와 지질교육에의 활용

조형성¹ · 김종선² · 강희철³ · 박정웅⁴ · 신승원⁵ · 채용운³ · 하수진³ · 김형수⁶ · 임현수^{3,*}

¹경상국립대학교 지질학과 및 기초과학연구소

²국립공원공단 국립공원연구원

³부산대학교 지질환경학과

⁴송문고등학교

⁵한국지질자원연구원 국토지질연구본부

⁶고려대학교 지구환경학과

요 약

수도권 남서부에 위치한 화성 지질공원은 총 8개의 지질명소와 예비 지질명소 2개로 이루어져 있으며, 국가 지질공원으로의 인증을 추진하고 있다. 이번 연구에서는 화성 지질공원의 대표 지질명소 중 하나인 우음도 지질명소에 분포하는 지질유산들을 상세히 기재하고, 학술적 가치와 지질교육 자료로서의 활용방안에 대해 논의하였다. 우음도 지질명소는 선캄브리아시대 변성암류, 중생대 쥐라기 화강암류와 이들 내에 함유된 다양한 포유암, 그리고 이들 모두를 관입하는 페그마타이트 암맥, 반화강암맥, 고철질 암맥 등의 다양한 암석들이 분포하며, 습곡, 단층, 절리, 암맥, 광맥 등의 다양한 지질구조를 관찰할 수 있어 풍부한 지질다양성을 가진다. 우음도 지질명소에는 이러한 지질유산들을 중심으로 지형, 경관, 생태를 아우르는 12개 관찰지점으로 이루어진 지오템트레이가 개발되어 있다. 지오템트레이에 분포하는 지질유산들은 모두 우수한 학술적 가치를 지니고 있으며, 지질교육으로의 활용 잠재성이 매우 높게 평가된다. 대표적으로 습곡구조 지질유산의 경우, 습곡 종류의 다양성과 함께 발달특성 또한 매우 전형적이며, 습곡의 발달과정과 구분 및 분류체계를 이해하는 지질교육 자료로서 활용가능성이 매우 높다. 쥐라기 화강암 지질유산에서는 다양한 암종의 화강암과 함께 다양한 포유암 종류와 특징을 관찰할 수 있으며, 마그마 정치 및 분화작용 등을 이해하는 교육자료로서 높은 가치를 지니고 있다. 또한, 잔류시스택, 시화호 습지, 갯벌 등은 시화호 간척사업, 환경오염 그리고 복원의 과정을 잘 간직하고 있는 지질유산들로 시화호 매립과 관련된 역사교육 및 환경생태교육에 부합하는 최적의 교육장소로 평가받고 있다. 더불어 우음도의 많은 지질유산이 중고등학교 과학 교과서에 소개되어 있으며, 다양한 현장답사 및 교육프로그램이 개설되어 있다. 향후 안내판, 리플릿 등 해설자료를 포함한 교육자료의 개선, 높은 수준을 갖춘 해설사의 배치, 대체 교통수단을 활용한 접근성 개선, 풍부한 인프라 자원의 지질교육에의 활용 및 연계방안이 마련된다면, 우음도 지질명소는 수도권을 대표하는 지질교육 장소로의 역할을 훌륭히 수행할 것으로 기대된다.

주요어: 화성 지질공원, 우음도 지질명소, 지질교육, 지질유산, 지오템트레이

Hyeongseong Cho, Jong-Sun Kim, Hee-Cheol Kang, Jeong-Woong Park, Seungwon Shin, Yong-Un Chae, Sujin Ha, Hyeong Soo Kim and Hyoun Soo Lim, 2021, Geological values of the Ueumdo geosite in the Hwaseong Geopark, Korea and its application to geo-education. Journal of the Geological Society of Korea. v. 57, no. 3, p. 257-273

ABSTRACT: The Hwaseong Geopark, the candidate for Korean National Geopark, is located in the SW Seoul metropolitan area and composed of 8 geosites and 2 preliminary geosites. In this study, we detailed the geological heritages distributed in the Ueumdo geosite, one of the representative geosites of the Hwaseong Geopark, and discussed their geological values and applications for geo-educational contents. The geology of the geosite consists of the Precambrian metamorphic rocks, Jurassic granites and enclaves, pegmatite, aplite, mafic dikes and so on, indicating high geodiversity. Also, various geological structures, such as folds, faults, joints, dikes, and veins are observed. The geosite has a geotrail consisting of 12 points covering the geomorphology, landscape, and ecology,

* Corresponding author: +82-51-510-2251, E-mail: tracker@pusan.ac.kr

with these geological heritages. Each heritages have its own excellent geological values, and their geo-educational potentials are highly assessed. For example, various types of fold structures can be observed in the Ueumdo geosite, and their occurrence and characteristics are also very typical. Therefore, they are highly likely to be used as a high-quality geo-educational contents to understand the formation mechanism and classification of fold structures. In the Jurassic granite geological heritage, a variety of enclaves can be observed along with various types of granites, which are highly valuable as educational contents for understanding magma emplacement and differentiation. In addition, the residual sea stacks, wetland, and mudflats show the history of the Sihwa Lake reclamation, environmental pollution and restoration. Thus, they are considered to be the suitable educational sites for history and environmental ecology education. Moreover, many geological heritages are introduced in middle and high school science textbooks, and various field-trip and education programs are developed. If there are improvements in educational materials including information boards and leaflets, high-level commentators, accessibility improvements using alternative transportation, and the utilization plans using infrastructures, the Ueumdo geosite is expected to play a role as a representative geo-educational site in the metropolitan area.

Key words: Hwaseong Geopark, Ueumdo geosite, geo-education, geo-heritage, geotrail

(Hyeongseong Cho, Department of Geology and Research Institute of Natural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea; Jong-Sun Kim, Korea National Park Reserach Institute, Korea National Park Service, Wonju 26466, Republic of Korea; Hee-Cheol Kang, Yong-Un Chae, Sujin Ha and Hyoun Soo Lim, Department of Geological Sciences, Pusan National University, Busan 46241, Republic of Korea; Jeong-Woong Park, Soong-Moon High School, Seoul 04126, Republic of Korea; Seungwon Shin, Geological Research Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral, Daejeon 34132, Republic of Korea; Hyeong Soo Kim, Department of Earth and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 02841, Republic of Korea)

1. 서 언

지질공원(geopark)은 우수한 경관과 지질학적 특징 및 학술적 가치를 지닌 지역을 보호함과 동시에 이들을 교육 및 관광산업(geo-education, geo-tourism)에 활용을 통해 지역경제발전에 이바지하는 제도로서, 지질학적 특성 이외에 생물, 역사, 문화, 고고 등의 요소를 모두 포함하는 새로운 개념의 대안적 공원제도이다. 최초의 지질공원 제도는 1972년 세계유산(World Heritage)을 다루던 중 지질유산(geological heritage 또는 geoheritage) 개념으로부터 시작되었다. 즉, 지구의 과거 모습과 변화과정을 간직한 지질 기록들을 앞으로 일어날 지구환경의 변화에 대한 대비책 마련을 위한 귀중한 자료로 여기고, 우리 인류의 소중한 자산인 '유산(heritage)'의 개념으로 보존해야 한다는 인식이 생겨나게 되었다(Brocx and Semeniuk, 2007; Paik *et al.*, 2010; Sohn, 2014; Cho *et al.*, 2016, 2019). 유엔 산하 국제기구인 유네스코에서는 발달 규모, 특이성, 희귀성 등에서 보존 가치를 지니는 동시에 과학적인 연구와 교육, 아름다움, 문화의 발전 등에서 인류에게 중요한 가치를 가지는 특이 지질 기록들을 총칭하여 지질문화재 또는 유산이라는 의미가 부여된 '지질유산'이라는 용어를 사용하고 있다(Dixon, 1996). 또한, 중요 지질유산들이 모여 있는 장

소를 지칭하는 지질명소(geological site 또는 geosite)의 개념과 우수한 지질명소들이 모여 이루어지는 지질공원의 개념도 확립되게 되었다.

지질공원 제도 운영의 필요성에 대해서는 이미 국제적인 공감대가 형성되어, 유럽지질공원 네트워크(European Geoparks Network, EGN), 아시아-태평양 지질공원 네트워크(Asia-Pacific Geoparks Network, APGN), 유네스코 세계지질공원 네트워크(UNESCO Global Geo-parks Network, GGN) 등을 통해 세계적인 활동으로 진전되고 있다. 우리나라의 경우 2012년 국가지질공원 제도가 공식 도입되었으며, 그 후 약 10여 년의 기간 동안 제주도, 울릉도·독도, 부산, 청송, 강원평화지역, 무등산권, 한탄강, 강원고생대, 전북 서해안권, 경북 동해안, 백령·대청, 진안·무주, 단양 지질공원 등 13개의 국가지질공원이 순차적으로 인증됨에 따라, 2021년 현재는 국가지질공원 제도의 안정적인 운영 단계에 접어들게 되었다. 또한, 제주도, 청송, 무등산권, 한탄강 지질공원은 유네스코 세계지질공원으로 인증 받음으로써 지질공원 제도 및 지질유산에 대한 국민적 관심과 활용 폭이 증대되고 있다(그림 1a). 아울러 전북 고군산군도, 경북 의성, 경북 문경, 울산광역시 등 많은 지자체들이 지질공원을 조성하여 국가지질공원으로 인증을 준비 중이며, 이러한 후발주자들 중 하나인 화성 지질



Fig. 1. (a) Location map showing the distribution of the UNESCO Global Geoparks (orange circles) and National Geoparks (Yellow circles) in Korea (current status in 2021). ① Ulleungdo-Dokdo; ② Jeju Island; ③ Busan; ④ Cheongsong; ⑤ Gangwon Peace Area; ⑥ Mudeungsan Area; ⑦ Hantangang; ⑧ Gangwon Paleozoic; ⑨ Gyeongbuk East Coast; ⑩ Jeonbuk West Coast; ⑪ Baengnyeong-Daechong; ⑫ Jinan-Muju; ⑬ Danyang Geopark. (b) The Hwaseong Geopark map with the location of 8 geosites (modified from Cho *et al.*, 2019).

공원은 국가지질공원 인증 신청 후 심사 중에 있다.

수도권 남서부의 대도시인 경기도 화성시에 위치한 화성 지질공원은 총 8개의 지질명소와 예비 지질명소 2개로 이루어져 있다. 지질공원에는 서해안을 따라 발달된 다양한 해안지형(갯벌, 해안사구, 시스택, 습지, 간척지 등), 선캄브리아시대부터 고생대, 중

생대를 거쳐 신생대에 이르기까지 매우 광범위한 지질시대의 다양한 암석 종류(변성암, 퇴적암, 화성암 모두 산출) 그리고 습곡, 전단대, 단층, 암맥, 광맥 등의 지질구조가 각 지질명소에 산재해 있어 지질다양성이 풍부하다(그림 1, 2; Cho *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2021). 아울러 화성 지질공원은 수도권 남서부의

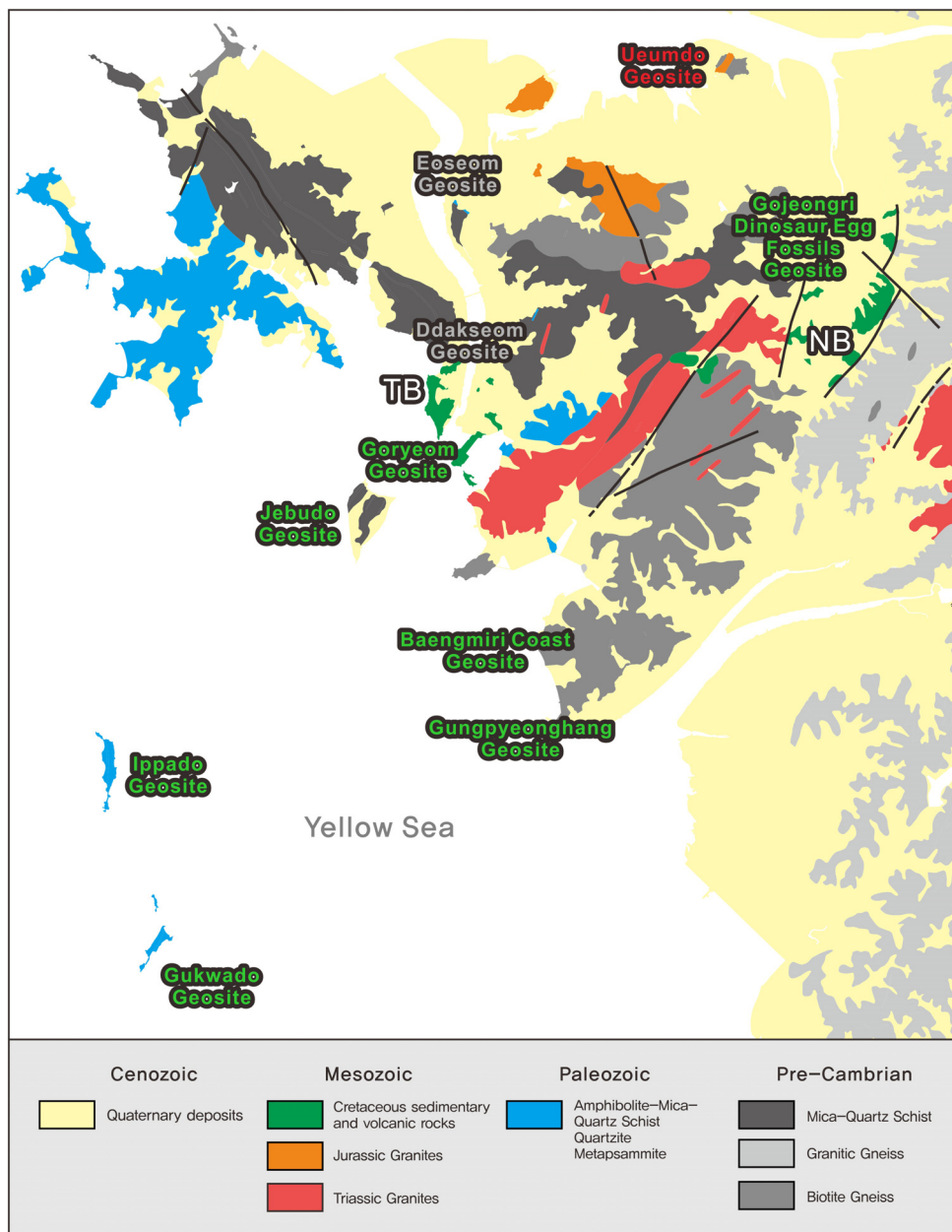


Fig. 2. Geologic map of the Hwaseong Geopark area (modified from Oh and Yuhn, 1972; Park and Kim, 1972; Kim *et al.*, 2018). NB: Namyang Basin, TB: Tando Basin.

거점 도시에 위치하여 접근성이 뛰어나고, 우수한 기반시설을 바탕으로 수도권 시민을 포함한 국내외 탐방객들에게 지질유산의 자연사적 가치와 유용성을 효과적으로 전달할 수 있는 지질공원으로서의 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 이러한 장점들의 토대 위에서, 지질공원 운영의 궁극적 목표인 지질교육과 지질관광을 통한 지역경제 발전에 기여를 달성하기 위해서는 각 지질명소의 학술적 가치를 입증하고, 이를 바탕으로 한 양질의 지질교육 및 지질관광 콘텐츠 개발이 선행되어야 한다. 이번 연구에서는 화성 지질공원의 대표 지질명소 중 하나인 우음도 지질명소에 분포하는 지질유산들을 상세히 기재하고, 학술적 가치와 지질교육에의 활용 방안에 대해 논의하고자 한다. 이번 연구의 결과는 우음도 지질명소의 학술적 가치 입증, 교육 및 관광프로그램 개발, 해설사 교육자료 개선 등에 활용될 것이며, 궁극적으로 화성 지질공원의 활성화와 효율적이고 안정적인 운영에 도움이 될 것으로 기대된다. 나아가서, 화성 국가지질공원으로의 인증과 세계지질공원으로의 도약을 위한 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 화성 지질공원

2.1 지질공원 개요

화성 지질공원은 경기도 남부의 인구 약 85만의 대도시인 화성시 서부(송산면, 서신면 일대)에 위치하고 있으며, 서해안가, 간척지 그리고 도서 지역을 포함한다(그림 1b). 지질공원은 총 8개의 지질명소(고정리 공룡알 화석지, 우음도, 고령, 제부도, 백미리해안, 궁평항, 입파도, 국화도)와 2개의 예비 지질명소(어섬, 딱섬)의 총 10개 지질명소로 이루어지며, 지형유형별로는 간척지가 2곳(고정리 공룡알 화석지, 우음도), 해안가가 3곳(고령, 백미리해안, 궁평항), 섬이 3곳(제부도, 국화도, 입파도)으로 지형적 다양성을 가진다. 지질공원을 구성하는 모든 지질명소는 지질, 지형, 생태, 역사 및 문화유산을 아우르는 지오투레일(geo-trail)이 개발되어 있어, 지질교육 및 지질관광으로의 활용 잠재성이 높다.

2.2 지형개요

화성 지질공원 일대는 전반적으로 300 m 내외의

낮은 저산지성 구릉지대가 발달하고 있으며, 산지 지형은 주로 남-북 내지 북동-남서 방향이 우세하다(그림 1). 지질공원과 그 주변에는 삼봉산, 태행산, 건달산, 태봉산, 상방산, 서봉산, 명봉산 등으로 대표되는 산지들이 분포하고 있으며, 이러한 산지 지형은 주로 선캄브리아시대의 변성암류에 해당된다. 상대적으로 낮은 평야 지역은 대부분 중생대 쥐라기 화강암 및 퇴적암이 분포해 암상에 따른 차별침식으로 형성된 지형기복을 잘 보여준다. 남-북 내지 북동-남서 방향의 산지 지형은 단층과 관련된 구조적 운동에 의한 지형 현상으로 추정된다. 하천은 대부분 인근 산지에서 발원한 수지상 형태의 소하천이 대부분이며, 이들 수계는 모두 동쪽에서 서쪽으로 흘러 황해로 유입된다. 대표적 하천으로는 지질공원의 북쪽, 동쪽, 남쪽 경계를 각각 이루는 반월천, 남양천, 남전천이 있다. 다수의 지질명소가 밀집되어 있는 서해안은 만, 반도, 갯 그리고 섬이 발달하는 리아스식 해안의 특징을 보이며, 해안사구, 사빈, 역빈, 갯벌, 시스택, 습지 등의 다양한 지형이 발달한다. 입파도, 국화도, 제부도 등의 도서지역 지질명소는 상대적으로 풍화에 강한 규암(입파도, 국화도)의 경우는 운모-석영편암에 포함된 규암)의 분포를 따라 섬의 형태가 남-북 방향으로 발달한 특징을 보인다(그림 1, 2). 한편, 지질공원의 북쪽과 남쪽에는 서해안의 대표적 간척지인 시화호와 화성호가 각각 위치하고 있으며, 이곳에는 갯벌과 습지 지형이 발달한다.

2.3 지질개요

화성 지질공원은 한반도의 지체구조구 분대상 경기육괴의 서부에 속하며, 다수의 지질명소가 위치한 화성시 서부 일대는 최근 남중국 지괴와 북중국 지괴의 충돌대의 연장 및 중국의 중앙조산대와외의 지구조적 대비에 관한 논의가 활발히 이루어지고 있는 지역이다(Oh *et al.*, 2005, 2006, 2015; Kim *et al.*, 2017, 2018, 2021). 따라서 화성 지질공원은 한반도 및 동아시아의 지체구조 발달 및 지각변형사를 이해하는데 중요한 위치를 점하고 있으며, 국화도, 입파도, 제부도 등에 분포하는 지질유산들을 대상으로 이와 관련한 연구들이 활발히 진행되고 있다. 화성 지질공원의 지질은 아래로부터 선캄브리아시대 변성암류, 고생대 변성퇴적암류(각섬석-운모-석영편암, 규암, 변성사질암), 중생대 트라이아스기 화강암,

쥐라기 화강암, 백악기 퇴적암과 화산암 그리고 제4기 충적층, 갯벌, 사빈층으로 구성되며(그림 2; Oh and Yuhn, 1972; Park and Kim, 1972; Kim *et al.*, 2018; Cho *et al.*, 2019), 다양한 지질시대에 걸쳐 다양한 암종이 분포하는 지질다양성이 매우 풍부한 곳이다.

선캄브리아시대의 변성암류는 고원생대의 흑운모편마암, 각섬석-흑운모편마암, 화강편마암, 운모-석영편암, 신원생대의 운모-석영편암 및 반상 흑운모화강암 등의 다양한 변성암들로 구성되며, 이들은 제부도, 백미리해안, 궁평항, 우음도 등의 지질명소에서 잘 관찰할 수 있다(그림 2). 고생대 변성퇴적암류는 지질공원 북서쪽 대부도 일대와 지질공원의 중앙부와 도서지역에 분포하며, 충청남도 안면도에 분포하는 태안층에 대비된다(Choi *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 2010; Na *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2021). 최근 국화도에 분포하는 석영편암과 호층구조로 나타나는 각섬석편암의 연대측정 결과, 가장 젊은 저온 연령의 군집이 ~420-400 Ma로 최대퇴적시기가 실루리아기 이후인 데본기임이 새롭게 보고되었다(Kim *et al.*, 2021). 국화도와 유사한 암상이 분포하는 백미리해안, 제부도, 입파도 등의 지질명소에 광범위하게 나타나는 이들 편암류와 규암들도 고생대충일 가능성이 있으며, 추가적인 연대측정 연구가 진행되고 있다. 중생대 트라이아스기 화강암은 북동-남서 방향의 대상으로 분포하는 관입암체로, 등립질의 조립질 또는 세립질 흑운모화강암이 우세하며, 부분적으로는 반상조직을 보이기도 한다. 지질공원의 북부에 소규모로 분포하는 중생대 쥐라기 화강암은 흑운모화강암이 주를 이룬다. 중생대 백악기 퇴적암 및 화산암은 지질공원의 북동부의 남양분지와 서부의 탄도분지에 분포한다. 남양분지는 남-북 주향의 우수향 주향이동단층 운동에 의한, 탄도분지는 북북동-남남서 또는 북동-남서 방향의 좌수향 주향이동단층 운동에 의한 인리형 분지(pull-apart basin)로 각각 알려져 있다(Park *et al.*, 2000; Kee *et al.*, 2006; Kwon *et al.*, 2013). 이번 연구의 대상인 우음도 지질명소에는 선캄브리아시대의 편암류와 이들을 관입하는 중생대 쥐라기 화강암류가 주로 분포한다. 오랜 지질시대를 거치는 동안 여러 차례의 변성 및 변형작용을 받아 습곡, 엽리, 단층 등 다양하고 복잡한 지질구조가 발달하고 있다.

3. 우음도 지질명소의 지질유산과 지질학적 가치

3.1 지질명소와 지오토레일

화성 지질공원의 대표 지질명소 중 하나인 우음도 지질명소는 시화방조제가 건설되기 전에는 섬(음섬이라고도 함)이었으나, 방조제 건설 후에는 간척지에 둘러싸여 도보로 지질명소 전체를 탐방할 수 있는 곳이다(그림 3). 지질명소의 전체적인 지질은 선캄브리아시대 고원생대 변성암류(흑운모편마암, 호상편마암, 혼성암 등), 중생대 쥐라기 화강암류(흑운모화강암, 우백질화강암)의 암맥군과 이들 내에 함유된 다양한 포유암(enclave), 그리고 이들 모두를 관입하는 페그마타이트 암맥, 반화강암맥, 고철질 암맥 등의 다양한 암석들이 분포한다. 선캄브리아시대 변성암류는 강한 변형구조를 보이는 우백질부와 우흑질부가 교호하는 호상편마암이 주된 구성 암석이며, 부분적으로 혼성암, 편암, 각섬암이 나타난다. 이들 편암류를 관입한 쥐라기 화강암은 괴상의 중립질 내지 조립질 흑운모화강암이 우세하며, 여러 매의 암맥상으로 이루어진 암맥군(dike swarm) 형태로 발달한다. 우백질화강암은 지질명소의 북부에 부분적으로 산출된다. 흑운모화강암에는 특징적으로 포획암(xenolith), 고철질(염기성)미립포유암(MME, mafic microgranular enclave) 등의 다양한 포유암이 잘 관찰된다. 또한, 변성암류에는 다양한 기하의 습곡(칼집습곡, 횡외습곡, 중첩습곡, 티그마틱습곡, cuspsate-lobate 습곡), 단층, 절리, 암맥, 광맥 등의 지질구조도 산재해 있어 지질다양성이 매우 풍부하다. 아울러, 간척지 매립 전과 매립 후에 발달한 시스택, 타포니, 시화호 습지, 갯벌 등의 해안지형들도 관찰할 수 있어 자연의 보고, 지질학의 교과서, 자연학습장으로 평가되는 지질명소이다. 이러한 지질유산 외에도 갯벌체험장, 습지관찰원, 시화호 환경학교, 시화호 전망대(송산그린시티 전망대) 등의 탐방인프라가 지질명소 곳곳에 분포하고 있다.

상술한 바와 같이, 우음도 지질명소는 우수한 지질유산의 분포와 인프라를 바탕으로 한국지구과학교사협회 소속 서울중등지구과학교육연구회, 경기지구과학교육연구회, 인천지구과학교육연구회의 교사들을 중심으로 정기적인 탐방이 이어지고 있으며, 국내에서 지질교육을 위한 방문자 수 및 활용도가 가장 높은 곳 중 하나이다(Park *et al.*, 2001). 또한, 수도권 지역 고교생과 교사들의 지질학습장으로 활

용되고 있으며, 갯벌, 습지 등과 연계된 환경생태학습장으로 개발되어 지질유산의 교육과 생태·관광으로의 활용이라는 지질공원의 본질적 목적에 부합되는 곳이다. 화성 지질공원의 조성과정에서 지질, 지형, 경관, 생태를 아우르는 12개 관찰지점(①잔류시스택-②습곡구조-③호상편마암과 페그마타이트-④화강암 암맥군-⑤화강암과 엔클레이브-⑥절리와 단층-⑦시화호 습지-⑧고철질 암맥과 절리-⑨쥐라기 화강암류-⑩습지관찰원-⑪시화호 환경학교-⑫시화호 갯벌)이 연결된 지오텔레일이 개발되어 있다(그림 3).

3.2 지질유산의 특징과 학술적 가치

우음도 지오텔레일에 분포하는 중요 지질유산들의

특징과 학술적 가치에 대하여 설명하면 다음과 같다.

3.2.1 잔류 시스택(UE1, residual sea stacks)

우음도 지오텔레일의 남쪽 시작점에 위치한 지질유산으로, 넓게 펼쳐진 시화호 간척지 위에 2개의 기둥 모양 바위가 솟아 있는 시스택 지형이다(그림 4a, 4b). 이 시스택은 과거 바다 위에서 해식작용으로 만들어진 시스택이 매립 후 육지에 남아 있는 독특한 지형이다. 시스택을 구성하는 암석은 쥐라기 대보화강암에 해당되는 흑운모화강암이며, 노출된 시스택 표면을 따라 수직절리, 반화강암맥, 석영맥 등 다양한 지질구조를 관찰할 수 있다(그림 4c, 4d). 특징적으로 화강암에는 미아롤리틱 공동이 곳곳에 발달하



Fig. 3. Geotrail map of the Ueumdo Geosite showing the distribution of geological heritages and ecological·historical·cultural heritages and infrastructures.

고 있으며, 공동 내부에는 석영 결정들이 중심을 향해 성장하여 있다(그림 4e). 리아스식 해안의 특징을 보이는 서해 및 남해 해안에서 시스택 지질유산은 흔히 분포하나, 우음도 지질명소에서와 같이 육지에 잔류된 시스택은 상대적으로 드물어 희소성이 높게 평가된다. 시스택 앞까지 도보로 접근하여 직접 노두를 관찰할 수 있어, 절리, 석영맥, 반화강암맥 등 화강암에 발달하는 다양한 지질구조와 시스택의 발달 특성 및 생성과정을 이해하는데 학술 및 교육적

가치를 지니는 지질유산이다. 또한, 시화호 매립의 역사를 고스란히 간직하고 있으며, 광활한 습지와 갈대밭 그리고 우뚝 솟은 2개의 시스택이 어울린 경관이 아름다워 심미적 가치도 함께 지닌 것으로 평가된다.

3.2.2 습곡구조(UE2, fold structures)

우음도 지오토투레일을 따라 연속적으로 노출된 선캄브리아시대 고원생대 편마암에는 다양한 특징을



Fig. 4. Photographs of residual sea stacks (UE1, a-e) and fold structures (UE2, f-n) geological heritages distributed in the Ueumdo Geotrail.

가진 습곡구조가 발달하고 있다(그림 4f-n). 습곡구조의 규모가 다양하고, 횡습곡, 등습곡, 칼집습곡, 층간습곡, 티그마틱습곡(plygmatic fold), cusate-lobate 습곡 등 다양한 유형을 관찰할 수 있다. 또한, 주습곡의 층간에는 습곡날개부의 Z-형과 S-형, 습곡축부의 M-형 소습곡들이 발달하고 있다(그림 4m). 이러한 다양한 유형의 습곡들은 이 지역이 오랜 기간 동안 복합적인 지각변형을 받아왔음을 지시한다. 또한, 우음도 지질명소 편마암의 엽리면들은 매우 분산되어 나타나는데, 이는 최소 3회 이상의 습곡작용이 상호 간섭한 결과로 해석되고 있다. 최근 입파도, 국화도를 포함한 화성 지질공원 일대의 습곡구조에 대한 연구결과(Kim *et al.*, 2021)를 바탕으로, 우음도 지질명소의 습곡구조 발달과정을 요약하면 다음과 같다. 우음도 일원에 나타나는 첫 번째 습곡은 엽리면과 거의 평행한 습곡축면을 가지는 층간습곡과 등습곡의 형태로 발달한다. 이들 첫 번째 습곡은 강한 전단에 의해 엽리면과 습곡축면이 거의 수평에 가까운 양상을 보이는 횡습곡 형태의 두 번째 습곡들에 의해 재습곡작용을 받았다(그림 4f, 4g). 횡습곡의 내부에는 작은 규모의 칼집습곡이 관찰된다(그림 4j, 4k). 두 번째 습곡은 이 지역에서 가장 강력한 습곡작용의 산물로 판단되며, 습곡작용에 의해 형성된 전단습곡의 기하학적인 비대칭성에 의하면, 이들의 운동방향은 상부가 대략 북동쪽으로 이동한 양상을 보임이 특징적이다. 마지막으로 동-서 방향의 습곡축을 가지는 세 번째 습곡작용에 의해 두 번째 습곡이 다시 중첩 및 간섭을 받고 있는 양상이 나타난다. 우음도 지질명소의 습곡구조 지질유산은 규모와 유형이 매우 다양하고 발달특성 또한 전형적이며, 칼집습곡, 티그마틱습곡, cusate-lobate 습곡 등 상대적 희소성을 가진 습곡들을 함께 관찰할 수 있어 지질교육 측면에서 가치가 매우 높게 평가된다. 또한, 경기육괴 서부 지역에서 일어난 지각변형사 및 연성변형작용을 이해하는데 학술적 중요성을 가지고 있는 지질유산이다.

3.2.3 호상편마암과 페그마타이트(UE3, banded gneiss and pegmatite)

이 지질유산에서는 선캄브리아시대 경기변성암복합체에 해당되는 호상편마암과 이를 관입하는 페그마타이트 암맥, 석영맥, 반화강암맥 등을 관찰할 수

있다(그림 5a-f). 우음도 지질명소 변성암류를 주로 구성하는 호상편마암은 1~10 cm의 두께를 가진 우흑질부와 우백질부가 교호하는 호상구조(banded structure)가 전형적으로 발달하고 있다. 노두에서 호상구조는 전반적으로 평행하게 연장되어 있으며, 습곡작용으로 휘어져 있는 곳도 관찰된다. 호상편마암에는 호상구조에 평행 또는 사교하는 암맥 및 광맥이 곳곳에서 관찰된다. 이러한 후기 관입구조는 페그마타이트와 석영맥이 가장 우세하며, 반화강암맥이 부분적으로 나타난다. 또한, 각각의 관입구조들은 서로가 서로를 횡절하고 있어, 복잡한 지각변형 및 열수작용을 통해 형성되었음을 암시하고 있다(그림 5c, 5d). 한편, 습곡작용을 받은 호상편마암에서는 M-type, Z-type, S-type 등 소습곡들이 발달하기도 한다. 이 지질유산은 호상편마암의 전형성 및 관입구조의 다양성을 보여주는 측면에서 학술 및 교육적 가치를 지니고 있으며, 겹겹이 쌓아 놓은 듯한 호상편마암 노두와 주변 경관이 어우러져 심미성을 가진 것으로 평가된다.

3.2.4 화강암 암맥군(UE4, granite dike swarm)과 포유암(UE5, enclave)

지오텐레일의 남서부에 해당되는 이 지점에서는 선캄브리아시대 변성암류를 관입하는 중생대 쥐라기 화강암과 화강암 내의 포유암 지질유산이 분포한다(그림 5g-l). 이곳의 쥐라기 화강암은 여러 매의 암맥으로 이루어진 암맥군 형태로 나타나며, 광물조합과 조직에 근거할 때 흑운모화강암에 해당된다(그림 5g-i). 화강암 암맥의 자세는 북서-남동 주향과 북동-남서 주향을 보이며, 방향이 서로 다른 이들 암맥은 선후관계를 보여준다. 화강암의 주구성광물은 흑운모, 사장석, 정장석, 석영이며, 부수광물로는 저어콘과 인회석이 나타난다. 또한, 화강암에는 광물들이 배열로 만들어진 미약한 엽리가 발달하고 있으며, 포획암, 고철질미립포유암, 고철질광물 집합체(mafic clot), 숄릴렌 조직 등을 관찰할 수 있다. 한편, 각 암맥은 1~2 m의 좁은 폭을 가짐에도 불구하고, 세립질이 아닌 조립질 조직을 보이는 것이 특징적이다.

여러 매의 화강암 암맥군을 관찰할 수 있는 지점에서 북쪽으로 연장된 가장 큰 폭의 화강암 암맥 노두에는 다양한 포유암 종류와 특징을 잘 관찰할 수 있는 지질유산이 위치한다(그림 5j-l). 이 곳 화강암

에 포함된 대표적 포유암 중 하나인 고철질미립포유암은 화강암질 마그마와 고철질 마그마의 불균질 혼합(mingling)으로 만들어진 것으로(Kim *et al.*, 2004, 2014), 타원체의 형태, 높은 고철질 광물 함량으로 인한 어두운 색깔 그리고 급냉으로 인한 세립질 조직 등 전형적인 고철질미립포유암의 특징이 잘 관찰된다. 또한, 다양한 크기를 보이는 고철질미립포유암의 장축 방향들이 특정한 방향으로 신장되어 있어, 마그마의 관입 및 혼합작용을 포함한 정치(emplacment) 과정에서 전단작용 등의 변형작용이 수반되었음을 지시하고 있다(그림 5l). 또 다른 유형의 대표적 포유암인 포획암은 각진 형태로 나타나며, 주로 고원생대 편마암 조성이 우세하다. 특징적으로 암맥의 경

계부에서는 모암인 호상편마암이 뜯겨 포획되는 장면이 노두에 그대로 기록되어 있어, 포획암의 형성 과정을 이해하는데 중요한 정보를 제공하고 있다(그림 5j). 이러한 포획암 외에도 돌기암맥, 경계부의 급랭대 등 관입의 증거들을 관찰할 수 있다. 또한, 화강암 암맥을 다시 관입하는 반화강암맥이 함께 나타나며, 이 암맥 속에도 포획암이 관찰된다(그림 5l).

이상과 같이, 이곳의 지질유산들은 경기육괴 내부에서 일어난 쥐라기의 화성활동 그리고 변형작용을 이해하는데 중요한 학술적 가치를 지니고 있으며, 특히 마그마의 관입 및 혼합 그리고 정치작용을 이해하는데 중요한 지질학적 의미를 지닌 지질유산들이다. 또한, 다양한 포유암의 특징, 분류체계 그리



Fig. 5. Outcrop photographs of the banded gneiss and pegmatite (UE3, a-f), granitic dike swarm (UE4, g-i), and enclave (UE5, j-l) geological heritages distributed in the Ueumdo Geotrail. BG: Banded gneiss, QV: Quartz vein, PG: Pegmatite dike, GR: Granitic rocks, XE: Xenolith, MC: Mafic clot, MME: Mafic microgranular enclave, AD: Aplite dike.

고 형성과정을 이해하는데 훌륭한 교육자료로 활용될 수 있으며, 호상편마암의 형성, 화강암 암맥의 관입, 고철질마그마의 주입과 불균질혼합, 고철질미립 포유암의 변형작용, 반화강암맥의 관입 등 여러 가지 지질작용의 상대적 발생 순서 즉, 지사학 교육에 최적화된 지질유산으로 평가된다.

3.2.5 단층과 절리군(UE6, fault and joint system)

우음도 지오토투레일의 앞쪽 코스(UE1~UE5)에서는 엽리, 호상구조, 편마구조, 습곡 등 연성변형구조들이 핵심 지질유산이었다면, 이 지질유산은 선캄브리아시대 호상편마암과 중생대 쥐라기 화강암에 발달하는 취성변형구조(단층, 절리)들을 관찰할 수 있는 곳이다(그림 6a, 6b). 호상편마암에서 관찰되는 단

층은 호상구조를 절단하고 있으며, 우수향의 정이동성 운동감각을 보인다. 단층의 변위는 10 cm 내외로 소규모이며, 주변으로 유사한 방향성을 가진 전단단열들이 발달하고 있다. 단층노두 인근의 쥐라기 화강암에는 남-북과 동-서 두 방향의 체계적인 방향성의 절리군이 발달하고 있으며, 서로의 선후관계를 잘 관찰할 수 있다(그림 6b).

3.2.6 시화호 습지(UE7, Sihwaho wetland)

지질유산들이 밀집된 지오토투레일의 남부지역을 지나면 시화호 간척지 연변에 만들어진 대규모의 습지가 펼쳐져 있으며, 이 습지들은 다시 지질유산 노두들이 나타나는 북부지역까지 연속된다(그림 3, 6c). 시화호는 1994년 시화방조제 건설이 완성되면서 만



Fig. 6. Photographs of the fault and joint system (UE6, a, b), Sihwaho wetland (UE7, c), mafic dike and joint (UE8, d-f), Jurassic granites (UE9, g-i), wetland view point (UE10, j), and Sihwaho tidal flat (UE12, k, l) distributed in the Ueumdo Geotrail.

들어진 인공습지로 염수제거 과정을 통해 담수호를 만들 계획이었다. 그러나 이후 수질오염이 심각하여 정부는 담수화 계획을 철회하여 지금은 염수호를 유지하고 있다. 그러나 현재는 시화호 조력발전소가 건설되면서 해수의 순환이 이루어져 다시 해수호의 생태계가 복원되었고, 철새와 멸종위기 종이 서식하는 등 생태계의 개선이 이루어지고 있다. 이 지점에서는 이러한 간척사업, 환경오염 그리고 복원의 과정을 잘 간직하고 있는 간척지 내부습지를 관찰할 수 있어, 친환경에너지와 함께 환경의 중요성을 탐방객들에게 전달할 수 있는 중요한 생태학적 지질유산이다. 또한, 습지 주변으로 광활하게 펼쳐진 갈대밭과 습지식물 그리고 시화호의 배경이 어울린 경관은 심미적 가치도 가지고 있어, 지질관광으로의 활용 잠재성도 높게 평가된다. 겨울에는 땅이 굳어 도보로 습지 내부까지 탐방이 가능하며, 트레일 곳곳에 습지 탐방을 위한 조망데크가 설치되어 있다(그림 6c, 6j). 최근 화성시에서는 습지보호구역의 지정을 검토 중에 있다.

3.2.7 쥐라기 화강암류(UE9, Jurassic granites)와 고철질 암맥(UE8, mafic dike)

우음도 지오텐레일의 북부에 해당하는 이 지점에서는 쥐라기 화강암류와 이를 관입하는 판상의 고철질 암맥 지질유산을 관찰할 수 있다(그림 3, 6g-i). 트레일 남쪽에서 관찰된 흑운모화강암과는 달리 이곳의 화강암은 염리상화강암과 우백질화강암의 두 암상으로 이루어져 있으며, 우백질화강암이 염리상화강암을 관입하고 있다(그림 6h). 염리상화강암은 전단변형작용으로 신장된 광물들이 배열된 엽리구조가 뚜렷하게 관찰되며, 고철질미립포유암들 또한 신장된 방향성을 보이고 있다(그림 6i). 우백질화강암은 다시 세립질부분과 조립질부분이 점이적인 경계로 구분되며, 유색광물 함량이 적은 특징을 보인다(그림 6g). 이 지질유산은 지오텐레일 남쪽의 흑운모화강암과 함께 경기육괴 서부의 쥐라기 화성활동을 이해하는데 중요한 학술적 가치를 지닌 것으로 판단된다.

화강암 노두에는 연장성이 좋은 고철질 암맥이 관입하고 있다(그림 6d-f). 암맥의 폭은 약 50 cm이며, 두 암맥이 서로 연결된 암맥이음부(dike-bridge)와 뿔구조(horn structure) 등과 같은 관입구조가 잘 관찰된다(그림 6f). 암맥과 화강암과의 접촉경계부에

서는 급랭대(chilled margin)가 잘 관찰되며, 암맥의 중앙부에서는 기공의 밀집대가 발달하기도 한다(그림 6e). 또한, 암맥의 내부에는 관입면에 수직한 방향으로 냉각과 관련된 수축절리가 발달한다. 이상과 같이, 이 지질유산은 암맥의 관입과 전파(propagation) 그리고 냉각과정을 이해하는 지질교육자료로 가치가 높은 것으로 평가된다.

3.2.8 시화호 갯벌(UE12, Sihwaho tidal flat)

우음도 지오텐레일의 북쪽 끝에 위치한 이 지점에서는 시화호의 연변을 따라 만들어진 갯벌을 관찰할 수 있다(그림 3, 6k, 6l). 시화방조제가 건설되기 전 경기만에는 약 150 km²에 이르는 넓은 갯벌이 발달되어 있었으나 방조제 건설로 완전히 사라지게 되었고, 조력발전소가 건설됨에 따라 호수 내부에 다시 약 20 km²의 갯벌이 형성되었다. 이 지질유산은 간척지 호수 내부 해역에 새롭게 형성된 갯벌로 생태학적 측면에서 중요한 의미를 지니고 있다. 갯벌에서는 세스랑게, 방게, 갈게, 두토막 눈썹 참갯지렁이, 가재붙이, 농게 등 다양한 갯벌생물을 관찰할 수 있으며, 다양한 갯벌 체험 프로그램이 운영 중에 있다.

4. 지질교육으로의 활용

앞 절에서 논의한 바와 같이, 화성 지질공원의 우음도 지질명소와 지오텐레일에 분포하는 지질유산들은 높은 학술적 가치를 지니고 있으며, 지질교육자료로서의 활용가치가 매우 높게 평가된다. 특히, 우음도 지질명소는 우리나라의 대표적인 변성암 산출지 중 한 곳으로 알려져 있으며, 변성암과 암맥, 습곡, 단층 등의 지질유산은 이미 중학교 과학과 고등학교 통합과학, 지구과학 I, II 교과서에 예시로 수록되어 있다. 각 지질유산들이 가지는 지질교육적 가치 및 활용잠재성을 요약하면 다음과 같다.

먼저 호상편마암에 나타나는 습곡구조 지질유산의 경우, 횡외습곡, 등사습곡, 칼집습곡, 층간습곡, 티그마틱습곡, cuspsate-lobate 습곡 등 다양한 습곡 종류를 함께 관찰할 수 있으며, 이들의 발달특성 또한 매우 전형적이다. 또한, 주 습곡의 층간을 따라, 습곡 양쪽 날개에는 Z-형과 S-형, 습곡축부에는 M-형 소습곡들이 각각 발달하고 있다. 이러한 습곡구조의 전형성, 다양성 그리고 특이성을 갖춘 지질유

산들은 습곡의 발달과정과 구분 및 분류체계를 이해하는 지질교육 자료로서 활용가능성이 높게 평가된다. 또한, 국내에서 상대적으로 희소하게 보고되는 칼집습곡, 티그마틱습곡, cusplate-lobate 등의 습곡 구조가 관찰되는 점과 중첩습곡의 발달과정을 잘 보여주는 점들은 대학의 구조지질학 학습장으로도 추천된다.

다음으로 쥐라기 화강암 지질유산에서는 흑운모 화강암, 우백질화강암, 엽리상화강암 등의 화강암 종류와 함께 다양한 포유암 종류와 특징을 잘 관찰할 수 있어 지질교육적 가치가 높다. 특히, 암맥군의 형태로 관입한 특이한 형태의 화강암, 화강암 고화 이후 잔류용융체가 다시 관입한 반화강암맥과 페그마타이트 그리고 마그마 불균질 혼합구조인 고철질 미립포유암에 이르기까지 마그마 관입, 정치, 동화, 분화작용 등을 이해하는 교육자료로서 높은 가치를 지니고 있다. 화강암 곳곳에서 다수 분포하는 고철질미립포유암, 포획암 등은 포유암의 분류, 생성과정 그리고 구분법에 이르기까지 포유암과 관련된 교육자료로 활용잠재성이 높으며, 모암이 뜬겨 포획되는 장면이 그대로 보존된 장면은 포획암의 형성과정을 이해하는 교육자료로서의 가치를 지니고 있다. 또한, 앞서 살펴본 바와 같이, 지오트레일 전체에 걸쳐 호상편마암을 형성한 변성작용, 화강암의 관입, 고철질마그마의 주입과 불균질혼합, 고철질미립포유암의 변형작용, 반화강암맥 및 페그마타이트의 관입, 고철질 암맥의 관입 등 다양한 특성의 지질현상이 순차적으로 발생한 지질기록들이 잘 보존되어 있어, 지질학적 사건의 상대적 순서 즉, 지사학적 교육자료 아주 높은 가치를 지니고 있다. 부수적으로 화강암 암맥, 고철질 암맥, 페그마타이트 암맥, 반화강암맥 그리고 석영맥에 이르기까지 다양한 암맥과 광맥이 트레일 전체에 걸쳐 분포하고 있어, 관입체와 관련된 지질교육장으로서의 활용가능성도 가지고 있다.

마지막으로 잔류시스템, 시화호 습지, 갯벌 등은 시화호 간척사업, 환경오염 그리고 복원의 과정을 잘 간직하고 있는 지질유산들로 시화호 매립과 관련된 역사교육을 비롯하여, 유네스코 세계지질공원에서 강조하고 있는 환경생태교육에 부합하는 최적의 교육장으로 평가받고 있다. 아울러 지질유산의 기본 개념인 '지구의 과거 모습과 변화과정을 간직한 지

질기록들로서 앞으로 일어날 지구환경의 변화에 대한 대비책 마련을 위한 귀중한 자료'임을 잘 보여주는 지질유산으로 평가되는 곳이다. 또한, 이러한 환경생태교육이 가능한 시화호환경체험학교, 습지관찰원, 조망데크 등 인프라가 잘 갖추어진 점도 지질교육장으로서 우음도 지질명소가 가진 강점이다.

우음도 지질명소에는 상술한 것과 같은 지질유산들의 지질교육적 측면의 우수성과 활용성을 바탕으로 다양한 형태의 지질교육이 이미 실현되고 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 우음도의 호상편마암, 습곡 구조, 암맥, 단층 등은 중고등학교 과학 교과서에 소개되어 있으며, 다양한 현장탐사 및 교육프로그램이 개설되어 있다(그림 7a-f). 대표적인 교육프로그램으로 '선생님과 함께 하는 시화호 지질탐사'를 비롯한 학생 지질답사 프로그램이 진행되고 있으며, 서울, 경기, 인천지구과학교육연구회에 진행하는 중·고등학생 탐사 활동 프로그램에 우음도 지질명소가 포함되어 있다(그림 7a-d; Park *et al.*, 2001). 또한, 수도권에서 운영되는 과학영재반, 과학중점학교의 대표적인 현장 탐사활동 프로그램으로 암석과 지질 구조를 관찰하고 토론하면서 지구의 역사와 환경을 공부하는 야외 학습 프로그램을 운영하고 있다. 나아가서 서울특별시과학전시관과 지역교육청 과학 교사연수 프로그램의 현장 연수 장소로도 활용되는 등 다방면에서 지질교육 활용이 이루어지고 있다. 이 밖에도 2014년부터 환경부 국가지질공원사무국에서 진행하는 지질공원해설사 양성교육 과정의 현장학습 장소로도 사용되고 있으며, 화성시 생태관광 협동조합 코디네이터 교육과 화성환경운동연합과 안산환경운동연합의 환경교육 프로그램에서도 현장 활동가 교육장으로 활용되고 있다(그림 7e, 7f).

화성 지질공원 우음도 지질명소는 국내에서 가장 교육프로그램이 활발하게 적용되고 있는 지질명소라고 할 수 있으며, 화성시에서도 고정리와 우음도 지질명소의 탐방 프로그램을 위한 안내서를 제작하여 지질명소에서 지구과학 분야의 교수-학습 방법을 안내하고 적극적으로 활용할 수 있도록 자료를 보급하고 있다(Park, 2019). 또한, 우음도 지질명소는 서울특별시, 인천광역시 및 경기도 수원시, 안산시, 평택시 등 경기 남부권의 도시와 높은 접근성을 갖추고 있어, 중·고등학생을 위한 자연학습장뿐만 아니라 평생교육의 관점에서 일반들이 지구의 역사와 자

연 환경 변화를 학습할 수 있는 최고의 자연학습장이라 할 수 있다.

우음도 지질명소의 지질교육 측면의 장점과 활용성을 극대화하고, 지질공원 운영의 효율성과 효과를 높이기 위한 개선점을 논의하면 다음과 같다. 먼저 지질명소의 해설자료를 포함한 교육자료의 질적 개선이 필요하다. 현재 우음도 지질명소에는 국문 종합안내판과 세부안내판이 설치되어 있으며, 국문과 영문 리플릿 제작이 완료되어 곧 탐방객들에게 제공

될 예정이다. 종합안내판의 경우, 전체적인 지질명소에 대한 소개와 함께 각 관찰지점 위치가 표시된 지오투레일 지도 및 지질유산에 대한 간단한 내용을 포함하고 있다(그림 7g). 세부 안내판은 핵심 지질유산을 중심으로 부분설치되어 있으며, 지질유산의 사진, 기재 및 지질학적 해석이 포함되어 있다(그림 7h, 7i). 종합안내판은 지질명소에 대한 전체적인 정보를 압축하여 효과적으로 전달하고 있어 개선점이 많지 않은 반면, 세부 안내판의 경우는 많은 개선점들



Fig. 7. Photographs showing the geo-activities (a-f) and infrastructures (g-n).

이 존재한다. 한 예로 각 지점마다 다양한 지질요소들을 직접 찾아 관찰해야 하는 우음도 지오토레일의 특성 상, 모든 지질유산에 세부안내판이 설치되어야 하며, 관찰지점의 위치표식 등 설치가 요구된다. 또한, 보다 효율적인 지질교육 활동을 위해, 관련 지질현상의 생성과정을 설명하는 모식도 삽입(특히 습곡구조, 포유암, 암맥 등의 지질유산 경우) 등 시각적 해설을 극대화할 필요성이 있다. 리플릿의 경우, 현재 주된 탐방객들이 중학교, 고등학교, 대학교 그리고 일반인에 이르기까지 다양한만큼, 지질교육 대상자를 세분화한 수준별 맞춤형 제작이 요구된다. 또한, 각 지질유산에 대한 단순한 기재와 설명을 지양하고, 지질학적 의미를 포함한 보다 다양한 지질교육자료들이 포함되도록 개선해야 한다. 또한, 특정 지질유산(예, 포유암, 습곡구조)의 해설 난이도가 높은 만큼 배치된 해설사의 수준향상을 위한 지속적인 교육이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 지질교육 인프라와 관련하여, 대중교통을 이용한 접근성 부족이 가장 큰 장애요소로 작용하고 있어, 추후 셔틀버스, 탐방용 전기자동차 등 다양한 대체 교통수단 도입에 대한 고민이 필요하다. 더불어 현재 갯벌, 습지 등과 연계된 환경생태학습장, 송산 그린시티전망대, 시화호 환경학교, 습지관찰원, 공개해설을 위한 데크 등 풍부한 인프라와 연계자원을 적극적으로 지질교육에 활용 및 연계할 수 있는 방안을 마련하여야 한다. 이상의 개선점들이 보완된다면 우음도 지질명소는 수도권권을 대표하는 지질교육 메카로서의 위상을 더욱 공고히 할 것으로 기대된다.

5. 결 언

수도권 남서부의 경기도 화성시에 위치한 화성 지질공원은 총 8개의 지질명소와 예비 지질명소 2개로 이루어져 있다. 이번 연구에서는 화성 지질공원의 대표 지질명소 중 하나인 우음도 지질명소에 분포하는 지질유산들을 상세히 기재하고, 학술적 가치와 지질교육 자료로서의 활용방안에 대해 논의하였다.

우음도 지질명소는 선캄브리아시대 고원생대 변성암류(흑운모편마암, 호상편마암, 혼성암 등), 중생대 쥐라기 화강암류(흑운모화강암, 우백질화강암)와 이들 내에 함유된 다양한 포유암, 그리고 이들 모두를 관입하는 페그마타이트 암맥, 반화강암맥, 고철

질 암맥 등의 다양한 암석들이 분포하고 있다. 또한, 습곡, 단층, 절리, 암맥, 광맥 등의 다양한 지질구조를 관찰할 수 있어 지질다양성이 매우 풍부하다. 이러한 지질유산들을 포함하여 지형, 경관, 생태를 아우르는 ①잔류시스템-②습곡구조-③호상편마암과 페그마타이트-④화강암 암맥군-⑤화강암과 엔클레이브-⑥절리와 단층-⑦시화호 습지-⑧고철질 암맥과 절리-⑨쥐라기 화강암류-⑩습지관찰원-⑪시화호 환경학교-⑫시화호 갯벌의 12개 관찰지점으로 이루어진 지오토레일이 개발되어 있다. 이들 지질유산은 우수한 학술적 가치를 지니고 있으며, 지질교육으로 활용 잠재성이 매우 높게 평가된다. 대표적으로 습곡구조 지질유산의 경우, 습곡 종류의 다양성과 함께 발달특성이 매우 전형적이며, 습곡의 발달과정과 구분 및 분류체계를 이해하는 지질교육 자료로서 활용 가능성이 매우 높게 평가된다. 쥐라기 화강암 지질유산은 다양한 암종의 화강암과 다양한 포유암 종류와 특징을 관찰할 수 있으며, 마그마 관입, 정치, 동화, 분화작용 등을 이해하는 교육자료로서 높은 가치를 지니고 있다. 잔류시스템, 시화호 습지, 갯벌 등은 시화호 간척사업, 환경오염 그리고 복원의 과정을 잘 간직하고 있는 지질유산들로 시화호 매립과 관련된 역사교육 및 환경생태교육에 부합하는 최적의 교육 장소로 평가받고 있다. 또한, 우음도 지질명소의 많은 지질유산이 중·고등학교 과학 교과서에 소개되어 있으며, 다양한 현장답사 및 교육프로그램이 개설되어 있다. 마지막으로 안내판, 리플릿 등 해설자료를 포함한 교육자료의 개선, 높은 수준을 갖춘 해설사의 배치, 대체 교통수단을 활용한 인프라의 개선, 풍부한 인프라자원의 지질교육에의 활용 및 연계방안이 마련된다면, 우음도 지질명소는 수도권권을 대표하는 지질교육 학습장으로서의 역할을 훌륭히 수행할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 화성 국가지질공원 인증을 위한 사업 과정에서 수행되었으며, 행정안전부의 지진방재분야 전문인력 양성사업의 지원을 받아 제작되었습니다. 세심하게 논문을 검토하고 좋은 의견을 주신 두분의 심사위원과 편집위원, 편집위원장님께 진심으로 감사드립니다.

REFERENCES

- Brocx, M. and Semeniuk, V., 2007, Geoheritage and geoconservation - history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90, 53-87.
- Cho, H., Kang, H.-C., Shin, S., Cheong, D., Paik, I.S., Lim, H.S., Shin, D., Kim, H.J., Lee, C.H. and Kim, J.-S., 2016, Assessment of the value and distribution of geological heritages in Chungcheong Province, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 52, 639-664 (in Korean with English abstract).
- Cho, H., Shin, S., Kang, H.-C., Lim, H.S., Chae, Y.-U., Park, J.-W., Kim, J.-S. and Kim, H.S., 2019, Geosites, Geoheritages and Geotrails of the Hwaseong Geopark, the Candidate for Korean National Geopark. *The Journal of the Petrological Society of Korea*, 28, 195-215 (in Korean with English abstract).
- Cho, M., Na, J. and Yi, K., 2010, SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons in metasediments of the Taean Formation, western Gyeonggi massif, Korea: Tectonic implications. *Geosciences Journal*, 14, 99-109.
- Choi, P., Rhee, C.W., Lim, S.-B. and So, Y., 2008, Subdivision of the Upper Paleozoic Taean Formation in the Anmyeondo-Boryeong area, west Korea: a preliminary approach to the sedimentary organization and structural features. *Geosciences Journal*, 12, 373-384.
- Dixon, G., 1996, Geoconservation: an international review and strategy for Tasmania. *Parks & Wildlife Service, Tasmania*, 101 p.
- Kee, W.S., Kim, B.C. and Lee, Y.N., 2006, Sedimentary environments and structural evolution of the Cretaceous Namyang Basin, Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 42, 329-351 (in Korean with English abstract).
- Kim, H., Song, K.Y., Kwon, C.W., Lee, Y. and Choi, S.-J., 2018, 1:100,000 Tectonostratigraphic map of the Dangjin-Daesan area. *Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources*.
- Kim, H.S., Kang, H.-C., Lim, H.S. and Lee, S., 2021, Development and timing of two orthogonal fold systems in the western Gyeonggi Massif, Korea. *Episodes*, 44, 83-97.
- Kim, H.S., Kwon, S., Kim, S.W. and Santosh, M., 2018, Permo-Triassic high-pressure metamorphism in the central western Korean Peninsula, and its link to Paleo-Tethyan Ocean closure: key issues revisited. *Geoscience Frontiers*, 9, 1325-1335.
- Kim, J.-S., Kim, K.-K., Jwa, Y.-J. and Lee, J.-D., 2004, Petrological study for the enclaves of the granitic rocks, in the Gyeongsang Basin, Korea. *The Journal of the Petrological Society of Korea*, 13, 1-15 (in Korean with English abstract).
- Kim, J.-S., Son, M., Hwang, B.-H., Shin, K.-C., Cho, H. and Sohn, Y.K., 2014, Double injection events of mafic magma into supersolidus Yucheon granites to produce two types of mafic enclaves in the Cretaceous Gyeongsang Basin, SE Korea. *Mineralogy and Petrology*, 108, 207-229.
- Kim, S.W., Kwon, S., Park, S.I., Yi, K., Santosh, M. and Kim, H.S., 2017, Early to Middle Paleozoic tectonometamorphic evolution of the Hongseong area, central western Korean Peninsula: Tectonic implications. *Gondwana Research*, 47, 308-322.
- Kwon, C.W., Choi, S.J., Lee, Y.N., Chwae, U.C., Kee, W.S. and Kim, B.C., 2013, Depositional environment and basin development of the Cretaceous Tando Basin, mid-west Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 49, 47-71 (in Korean with English abstract).
- Na, J.S., Kim, Y.S., Cho, M.S. and Yi, K.W., 2012, SHRIMP U-Pb ages of detrital zircons from metasedimentary rocks in the Yeongheung-Seonjae-Daebu Islands, Northwestern Gyeonggi Massif. *The Journal of the Petrological Society of Korea*, 21, 31-45 (in Korean with English abstract).
- Oh, C.W., Imayama, T., Lee, S.Y., Yi, S.B., Yi, K. and Lee, B.C., 2015, Permo-Triassic and Paleoproterozoic metamorphism related to continental collision in Yangpyeong, South Korea. *Lithos*, 216-217, 264-284.
- Oh, C.W., Kim, S.W., Choi, S.G., Zhai, M., Guo, J. and Sajeew, K., 2005, First finding of eclogite facies metamorphic event in South Korea and its correlation with the Dabie-Sulu collision belt in China. *Journal of Geology*, 113, 226-232.
- Oh, C.W., Kim, S.W. and Williams, I.S., 2006, Spinel granulite in Odesan area, South Korea: Tectonic implications for the collision between the North and South China blocks. *Lithos*, 92, 557-575.
- Oh, I.S. and Yuhn, Y.Y., 1972, Explanatory text of the Geological Map of Suwon Sheet (1:50,000). *Geological Survey of Korea*.
- Paik, I.S., Kim, S.K., Huh, M., Lee, S.J., Kim, H.J. and Lim, J.D., 2010, Touristic aspects of geological heritages -Cretaceous dinosaur fossil sites-. *MUNHWAJAE Korean Journal of Cultural Heritage Studies*, 43, 4-27 (in Korean with English abstract).

- Park, J.W., 2019, Geotourism of Hwaseong Geopark. Hwaseong county, 79 p.
 - Park, J.W., Chun, Y.H., Kim, J.H., Jeong, G.S., Cho, H.J., Lee, S.R. and Park, J.H., 2001, Natural History Tour to the Siwha Lake (CD-ROM). Earth Science Research Association.
 - Park, N.Y. and Kim, C.H., 1972, Explanary text of the Geological Map of Nam Yang Sheet (1:50,000). Geological Survey of Korea.
 - Park, S.D., Chung, G.S., Jeong, J.G., Kim, W.S., Lee, D.W. and Song, M. Y., 2000, Structure and Physical Property of the Crust of Mid-west Korea: Analysis of Sedimentary Basins in the Namyang and Tando Areas, Kyeonggi Province, Korea. Journal of the Korean Earth Science Society, 21, 563-582 (in Korean with English abstract).
 - Sohn, Y.K., 2014, Geoheritage in Korea and its conservation, utilization and management plans. Journal of the Geological Society of Korea, 50, 1-2 (in Korean).
-
- Received : June 1, 2021

Revised : June 17, 2021

Accepted : June 21, 2021