

단 보

양산 물금 철광상 지역의 신규 소규모 광맥

Small Scaled New Iron Ore Vein in the Mulgeum Fe Deposit, Yangsan

황 길 찬(Gil Chan Hwang)* · 김 영 호(Young-Ho Kim)

경상대학교 지구환경과학 및 기초과학연구소

(Department of Earth and Environmental Sciences and Research Institute of Natural Science,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea)

서 론

경남 양산에 위치하는 물금 철광상은 삼국시대부터 김해에 분포하던 철광산과 더불어 가야시대의 주요한 철 공급지로 알려져 있으며, 이러한 사실은 이 일대에 대한 유적조사에서 철을 사용한 흔적이 많이 발견됨으로써 확인되었다(Shim and Lee, 2000; Park, 2008; Bae, 2009). 물금광상이 위치하고 있던 오봉산일대에는 자철석을 채광했던 흔적들이 많이 발견되고 있다. 물금광상과 관련하여, 광산역사, 지질조사, 광구조사, 갱내조사(Lee and Kim, 1964; Kim and Kang, 1969; Korea mining promotion corporation, 1972, 1981, 1990) 등의 연구가 있으며, 광상성인에 대한 연구는 Woo *et al.* (1982), Woo (1988), Lee *et al.* (2007)에 의해 시행되었다. 물금광상 주변에 대한 최초의 지질조사는 김해도폭설명서에 의하면 1929년 Tateiwa에 의해서 수행된 것으로 기록되어 있다(Lee and Kang, 1964). 물금광상(물금철산)의 등록번호는 제29828호(김해 제11호 광구)이며 1978년 함태광업(주)에 인수된 후 하9편까지 개설되었으나 경제성이 없어 현재는 폐광상태이다. 김해지역 철광상은 이보다 앞서 1960년대에 모두 폐광되었다(Lee and Kang, 1964).

현재 국내 가행중인 철광산은 강원도 정선의 한덕철광산과 강원도 양양의 대한광물(주) 2곳이다. 국내 철광석 수요의 대부분은 수입에 의존하고 있으며, 국내생산은 2012년 현재 전체 소요량의 약 0.8% 정도에 지나지 않는다. 이 중 약 97%는 한덕철광에서 생산하고 있다(KIGAM, 2012). 철광석의 가격은 2012년 현재 137 US\$/ton로 2006년 70 US/ ton에 비해 약 2배 정도 상승하였다(KORES, 2012). 따라서 국내 철광석에 대한 조사는 개발되었던 당시의 경제성 평가보다는 현재 상태에서 재평가가 요구되고 있다. 이러한 측면에서 재탐사를 통하여 기존광산의 재평가와 새로운 광체의 확보를 위한 탐사 및 연구는 국내 부존자원의 잠재성을 평가하고 향후 계획을 수립하는 데 매우 중요하다고 판단된다.

이 단보는 기존의 물금광상 인근에서 발견한 새로운 소규모 자철석 광맥에 대한 것이며 향후 이 광맥의 품위와 매장량에 대한 자세한 조사가 수반되어야 할 것으로 판단된다. 또한 물금광상 및 주변광상과의 비교연구를 통해 보다 상세한 광상학적인 연구가 수반되어야 할 것으로 여겨진다.

*Corresponding author: +82-55-772-1472, E-mail: gchwang@gnu.ac.kr

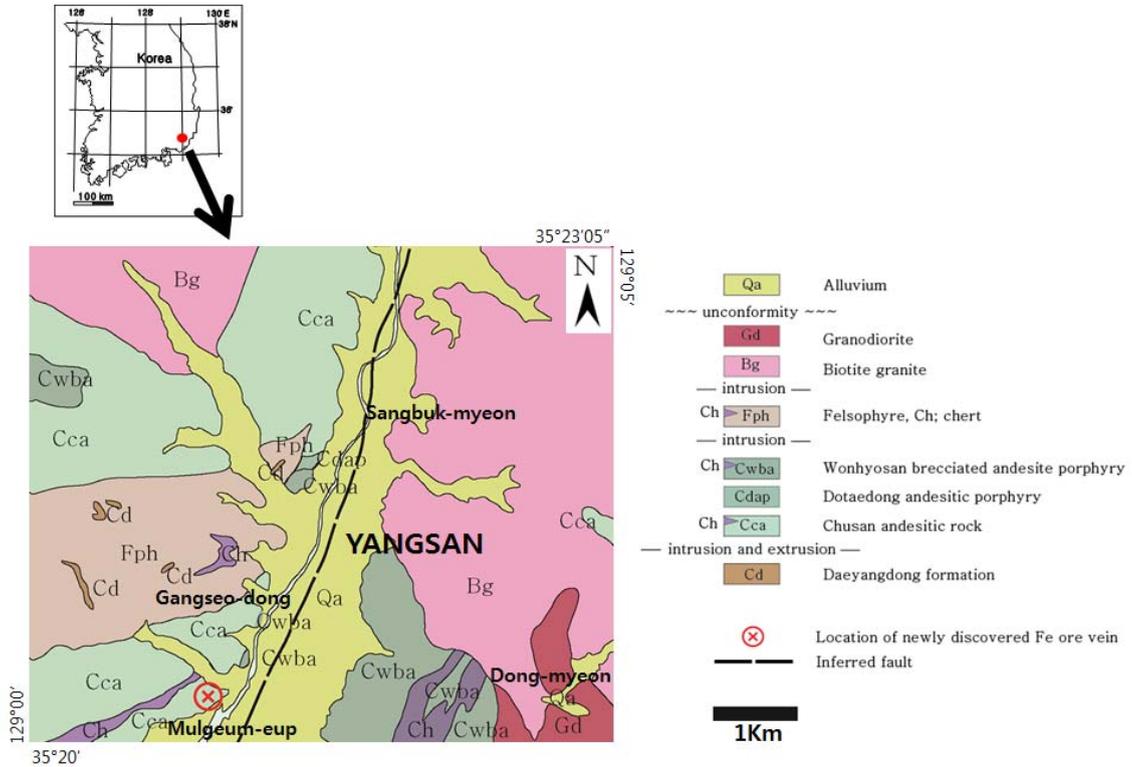


Fig. 1. Geological map of the location of newly discovered Fe ore vein after Lee and Kang (1964).

주변지질

본 지역 조사는 양산지질도(1 : 50000) 및 도폭설명서(Lee and Kang, 1964)를 바탕으로 하여 동래·월내, 김해, 밀양 도폭설명서를 참고로 하였다(Lee and Kim, 1964; Son *et al*, 1978; Kim and Hwang, 1988). 기존 연구에 의하면, 조사지역의 암상은 최하부에 신라통의 대양동층이 분포하고 있으며, 대양동층을 관입 또는 분출한 주산안산암질 반암, 원효산 함각력 안산암질 반암과 이를 관입한 규장반암이 분포한다. 이후, 불국사통의 흑운모화강암과 화강섬록암이 이를 관입하고 있으며, 이러한 암체 상부를 충적층이 부정합으로 피복하고 있다(그림 1).

퇴적암류

조사지역의 퇴적암과 안산암 사이에는 처트(chert)가 존재한다. 양산도폭에서 Kim and Hwang (1988)은 규장반암은 화제리층으로, 규질암은 정각산층으로 명명하고 있다. 화제리층은 사암과 이암

층으로 구성되며 주로 이암층이 우세하고 사암층의 두께는 이암층에 비해 협소한 편이다. 이암층은 백회색과 흑회색이 호층형태로 나타나며 하부에는 주로 흑회색 이암층이 상부에는 백회색 이암층이 주로 분포한다(그림 2). 역암층(규장반암=규질역암?)은 퇴적암층 사이사이에 협재하고 있는데, (상부)안산암-역암층-사암층-이암층-역암층-이암층...(하부) 순으로 위치하고 있다(그림 2). 역암층은 광맥 상부와 하부의 퇴적층 사이에 맥상 내지 렌즈상으로 협재되어 산출 두께는 평균 약 2 m 내외이다. 퇴적층과 역암층의 주향경사는 대체로 광맥의 주향경사와 일치한다. 역의 크기는 수 mm에서 최대 약 5 cm 정도까지 다양하게 분포하며 평균 1 cm 내외이다. 역은 원마도가 있는 것과 각진 것, 신장된 것 등 매우 다양한 형태이다. 원마도는 낮은 편이고 역의 종류는 규질 및 장식질과 이암편이 대부분이며 이외에 안산암편 등 다양한 역으로 구성되어 있다. 그러나 역의 방향성은 뚜렷하게 나타나 있지 않다. 주변지질은 Kim and Kang (1969)의 연구 결과와 대체적으로 일치하나, 규장반암으



Fig. 2. Hwajeri formation is composed of mudstone and conglomerate. The mudstones show pale gray to dark gray colors.

로 지칭한 암상은 연구자마다 서로 다르게 기재하고 있다(그림 2). 퇴적암은 열변성작용에 의해 규화된 형태를 보이며 역은 반응연(reaction rim)이 일부 관찰된다. 화제리층과 정각산층, 도대동층, 이천리층은 충준상 비슷한 위치를 보여주나 아직 이 퇴적층들이 같은 암상인지에 대한 정확한 상관관계는 불명확하며 이 지역에 존재하는 소규모 단층들을 고려하여 차후 자세한 지질조사가 수반되어야 할 것으로 여겨진다. 본 조사지역은 모량단층과 양산단층 사이에 위치하고 있으며, 오봉산 중심에서 북북서 방향으로 단층선이 지나가고 있다. 이 단층선을 경계로 북동쪽에는 퇴적암이 뚜렷하게 분포하나 남서쪽 지역은 물금광상의 상부지역 일부를 제외하고는 거의 관찰되지 않는다.

화성암류

광맥 주변 화성암류는 경상분지 남동부 일대에 널리 분포하는 불국사관입암류인 화강암류와 화산

암인 안산암류이다(그림 3A, B). 경상누층군 남동부일대의 지사 및 지구조적 발달과 화산분화과정에 대한 연구에 의하면(Chough and Sohn, 2010), 이곳은 일본 남서쪽 지역과 같이 태평양판 섭입대의 화산호(arc) 또는 배호분지(back arc basin)에 해당되며, 안산암류의 평균 연대는 60~70 Ma 정도이다. 화강암류의 경우 금정산 화강암체가 Rb-Sr 연대측정 결과 Yun *et al.* (2005)에 의해 약 70 Ma로 밝혀졌다. 연대측정결과 안산암류와 화강암은 유사한 연령범위를 나타내지만 암층서적으로 관입관계에 있는 화강암류가 후기이다(그림 3B).

광맥과 관련이 있는 안산암은 녹회색이며 사장석이 반정조적으로 나타나는데, 반정의 크기는 수 mm에서 약 1 cm까지 자형 내지 반자형의 형태로 다양하게 관찰된다(그림 3A). 곳에 따라서 1 cm 내외인 소량의 각력을 포함하지만, 원동면 서부에 위치하고 있는 천태산 일대의 자주색 각력질 응회암 또는 석영안산암질 회류응회암과는 차이를 보여준다. 안산암류는 괴상, 반상, 각력 등 다양한 형

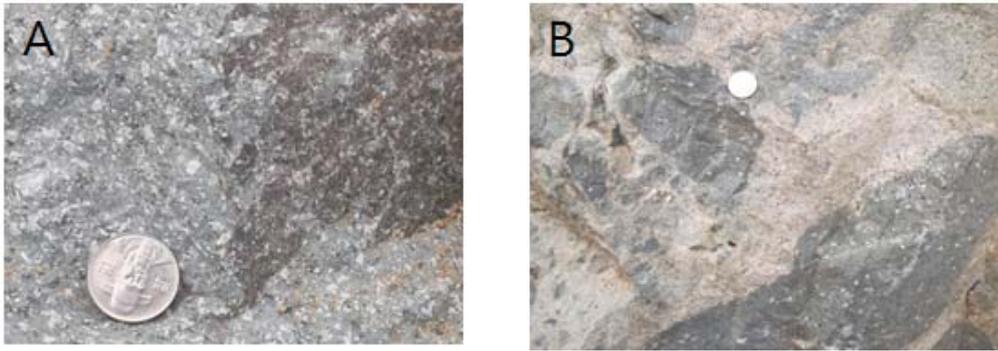


Fig. 3. (A) Outcrop of porphyritic andesite. (B) Andesitic xenolith in the granite.

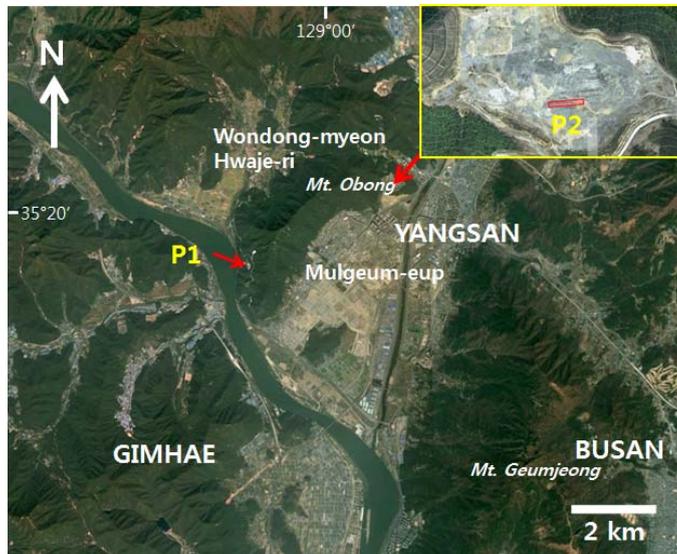


Fig. 4. Location of iron ore deposits. P1: Mulgeum deposit (35°19'26", 128°58'39"), P2: new Fe ore body (35°20'56", 128°01'06"). Altitude of P1 is approximately 80 m and that of P2, 186 m by google satellite map.

태로 나타난다. 안산암의 노두는 안산암내의 미세 질리에 존재하는 철 성분으로 인하여 전체적으로 갈색 내지 갈흑색을 띠고 있다.

산진지에 대한 유적조사 결과에 따르면, 이 지역은 하부에서 상부로 가면서 해성층에서 육성층으로 변이하고 있다(Shin *et al.*, 2010).

층적층

양산시 물금읍을 남북방향으로 흐르는 양산천을 따라 층적평야가 형성되어 있다. 이 층적층의 최고 두께는 약 40 m 이상으로, 점성토와 미세한 모래 및 자갈층이 혼재되어 있는 제4기 퇴적층이다(Yun *et al.*, 1997). 층적층의 하부에는 화강섬록암, 각섬 석화강암, 흑운모화강암 및 안산암질 암상이 기반암을 이루고 있다. 낙동강변에 위치한 물금면의 황

광상개요

위치

새로 발견된 광맥(P2)은 물금광상(P1)에서 북동 방향으로 직선거리 약 4.2 km에 위치한다(그림 4). 물금광상은 행정구역상 원동면 화제리에 위치하고 물금면과 인접하고 있으며 하강들은 두 면소재지의 경계선상에 위치한다. 실제 물금면과 원동면의

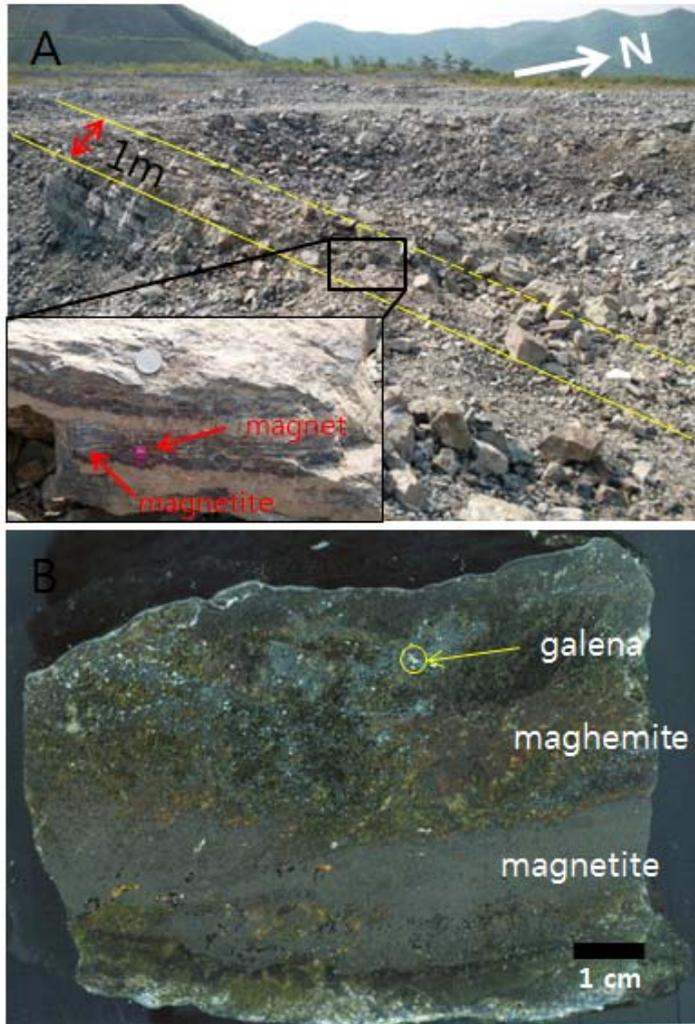


Fig. 5. (A) Magnetite ore outcrop at P2. Thickness of ore body is approximately 1 m (dotted lines). Enlarged picture shows the magnetite layer with magnet. (B) Slab image of magnetite ore body with galena and maghemite.

행정구역 경계선상에 자철석이 들어 있는 노두가 있으며 이 일대에서는 자철석이 포함된 전석을 쉽게 발견할 수 있다. 새로운 광맥은 물금읍 범어리와 교동의 경계선 상에 있으며, 해발 150~200 m에 위치한다. 이 지역은 최근 물금읍 범어지구의 연약지반 강제침하를 위한 성토의 공급지 및 레미콘 등의 골재 용도로 채석을 한 곳으로, 작업과정에서 철광석 광맥이 노출된 것이다. 이곳은 현재 주민 편의시설 부지로 계획되어 있어 양산시에 의해 개발될 예정이다.

광맥

P2 지역의 광맥은 주향 N80°~82°W, 경사 50°~60°NE로 지층의 방향과 동일하다. 이것은 P1 물금광상의 대체적인 주향 N10°~25°E, 경사 60°SE와 주향방향이 90° 정도 차이를 보여주고 있다. 김해, 양산, 동래, 밀양도쪽에 나타난 바와 같이 지층의 방향과 경사가 대체적으로 일관된 방향성을 가지지 않는다는 것을 보여 주고 있다. 이것은 양산 지역을 포함한 동부 경남 일대의 암체가 지체구조



Fig. 6. Close view of the magnetite ore at P1, Mulgeum deposit. Magnet in pink is 1 cm in length.

운동에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다. 이러한 주향 및 경사방향은 Lee and Kim (1964), Kim and Kang (1969), Korea Mining Promotion Corporation (1972, 1981, 1990)의 갱내지질도에 의해서도 확인된다. Koo *et al.* (1998)의 삼랑진 일대의 항공자력탐사 결과에 의하면 삼랑진 칼데라 일대와 더불어 이 지역의 전자력 세기가 높은 것으로 나타났다. 따라서 이 일대에서 측정한 주향과 경사값에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다. 또한 이 지역에 양산단층을 비롯해 소규모의 크고 작은 단층들이 존재하고 있어 곳에 따라 다양한 방향성을 보일 수 있다.

광맥의 폭은 1 m 이내이고 노두의 연장은 약 20 m 정도이며, 이암층 사이에 협재되어 발달되어 있는데 광맥의 연장성은 좋지 않다. 광맥에서 파쇄되어있는 자철광석의 흔적이 나타나는 최대 연장성은 약 30 m 이상 될 것으로 추정된다(그림 5).

주변광상

양산, 김해, 밀양, 부산을 포함한 경남 동부 일대에는 안산암류를 관입한 후기 화강암류에 의한 소규모의 광상들이 많이 발달되어 있으며, 물금광상 인근의 낙동강을 중심으로 하는 철광상 또한 같은 특징을 보여준다. 철광상은 양산군 물금면 어곡리((현) 양산시 어곡동)와 물금광상에서 낙동강 맞은편인 김해 상동면 우계리와 봉발리((현)대감리), 하동면 주동리에 위치하고 있다. 철광상 이외에 납석광산이 원동면 용당리와 원동면 화제리에 존재하며(Kim and Hwang, 1988), 몰리브덴광상이 하동

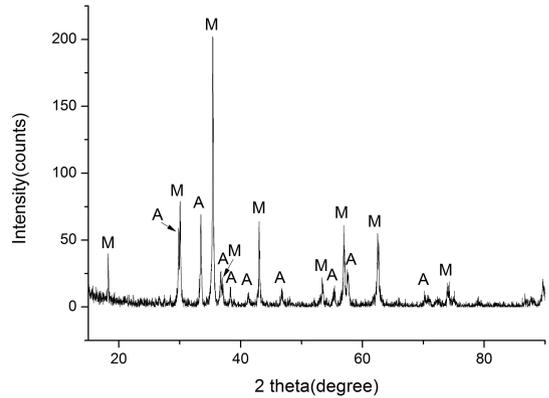


Fig. 7. XRD pattern of magnetite ore at P2. M: magnetite, A: andradite.

면 대감리에 위치하고 있다(Lee and Kang, 1964; Korea mining promotion corporation, 1972, 1981, 1990). 연구지역 주변인 양산과 밀양지역에는 납석광상이 많이 분포하고 있다(Oh *et al.*, 1992; Cheong and Chon, 1989; Oh and Chon, 1993).

광석광물

물금광상의 광석은 고품위 자철광(그림 6)으로 적철석 및 경철석이 소량 수반되며, 이외 황철석, 자류철석, 황동석, 녹염석, 녹니석, 휘석, 석류석, 석영 등이 관찰되는 것으로 연구되었다(Kim and Kang, 1969). 본 조사지역 광맥에서 일반적으로 확인된 광물은 주로 자철석(magnetite)이며, 갈색의 마그헤마이트(maghemite)와 담백색의 방연석(galenite)이 관찰된다(그림 5). 광석광물에 대해 X-선 회절분석(XRD)과 에너지 분광분석(EDS)을 실시하였다. XRD는 경상대학교 지구환경과학과의 SIEMENS D5005의 Cu-K α 선을 이용하였다. 광석시료를 파쇄한 다음 실체현미경을 이용하여 자철석을 선별하였으며, 마노유발을 사용하여 미세한 분말로 만들었다. XRD 분석결과 자철석은 PDF #79-0419와 일치하였고, 부구성 광물로 안드라다이트(andradite)가 관찰되었다(그림 7). 화학분석은 경상대학교 공동실험실관의 EPMA (JXA-8100, JEOL)에 부착된 EDS를 이용하여 탄소코팅 후 0.1 μ m의 빔 크기로 정성분석을 하였다. 분석결과 자철석 광석은 거의 순수한 Fe, O 성분(그림 8)으로 구성되어 있으며 기타구성광물은 방연석과 안드라다이트, 사장석 등이다.

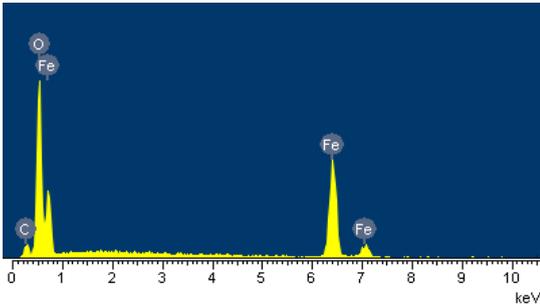


Fig. 8. Chemistry of magnetite by EDS. Specimen was carbon coated.

고찰

물금광상의 광상 성인은 Kim and Kang (1969)에 의해 열하 충전형 열수광상으로 해석되었고, Woo *et al.* (1982), Woo (1988), Lee *et al.* (2007)에 의하면 후기 화강암류의 관입에 의하여 안산암 등의 열극을 따라 고온의 열수에 의한 교대작용으로 형성된 스카른형 열수광상으로 보고되었다. P2 지역의 광맥 또한 물금광상의 형태와 유사하며 이 암층 내 층리에 평행하게 관입된 맥상형으로 산출된다(그림 5). 자철석 광맥은 육안으로 확인 가능하며 자성 여부로 쉽게 구별할 수 있다(그림 5). 오봉산 일대에서 발견되는 대부분의 자철광석은 해발 200 m 고도에 산출하고 있다. 해발 200 m 상부 지역은 안산암 내지 퇴적암에 의해 피복되어 있으며 자철석에 의한 자성을 보이지 않는다. 일부 안산암의 경우 자석에 반응을 보이는데, 이것은 안산암의 구성광물중에 자철석이 상당부분 포함되어 있는 것을 의미한다. 오봉산일대와 금정산의 양산 석산리 해발 200 m 부근의 안산암 역시 자성을 보이는데, 기존연구에 의하면 양산단층을 경계로 좌수향 방향으로 약 21 km 정도 주향 이동한 것이기 때문에 오봉산과 금정산 일대를 동일하게 고려하기는 어렵다(Hwang *et al.*, 2004).

모든 퇴적암류 및 안산암류에는 기본적으로 묽은 염산에 반응하는 방해석 맥 및 탄산염광물이 퇴적암류 및 안산암류에 다량 분포하고 있으며, 녹염 석화된 부분이 암상 전반에 걸쳐서 존재하고 있다. 이것은 후기 관입암인 화강암류에 의한 변질작용의 결과로 해석된다.

Woo *et al.* (1982), Woo (1988), Lee *et al.* (2007)에 석회암에 의한 스카른광상에 대해 언급

된 바 있다. 그러나 우리나라 태백산지구의 고생대 해성환경하의 석회암들과는 달리 경상누층군의 퇴적암층은 일반적으로 백악기의 호성환경에서 생성된 것으로 알려져 있다. 국내에서 호성환경 석회암층은 부산 백양산 일대에 석회암동굴이 존재하는 것으로 알려져 있다(Park, 2008). 또 하나의 스카른형 광상의 생성 가능성으로 경상분지 백악기 퇴적층 내에는 탄산염을 포함하고 있는 퇴적층이 광범위하게 분포하고 있다. 당시 이 지역에 존재하는 탄산염 퇴적암과의 반응에 의한 현상일 가능성 역시 배제할 수 없다. 그리고 본 연구지역 일대에 열수금속광상(철, 몰리브덴 광상 등) 및 열수점토광상(납석, 견운모, 도석 광상 등)이 다양하게 분포하는 것은 백악기 화성활동과 성인적으로 관련된다.

양산도폭에 의하면 오봉산일대의 퇴적암이 처트(chert)로 기재되어 있는데, 현재 이 층 전부를 처트로 보기는 힘들으나 일부는 처트일 가능성이 있다. 따라서 처트의 구성성분에 따라 해성층일 가능성 역시 배제할 수 없다. 따라서 향후 이루어질 연구에서는 이 문제 해결을 보다 심도 있게 고려해야 할 것으로 판단된다.

금번 확인된 소규모 자철석 광맥은 물금광상이 폐광된 이후 새로 발견된 것으로 기존 물금광상의 일부 소규모 광맥일 가능성이 크다. 향후 매장량, 광석광물 및 광상의 성인에 대한 광상학적인 자세한 연구가 수행되어야 하며, 또한 이 지역의 화산활동 및 퇴적암층에 대한 암석학적인 연구가 동반되어야 할 필요성이 있다.

사사

본 단보의 많은 부분을 조언 및 지적해주신 한국지질자원연구원의 고상모 박사님과 익명의 심사위원께 감사드립니다. 그리고 EDS 분석에 도움을 주신 경상대학교 공동실험실습관의 정중욱 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

- Bae, D.H. (2009) Explanatory text of archaeological site in housing construction at Gachon-ri, Yangsan. Foundation of East Asia Cultural Properties Institute, p.6.
- Cheong, Y.W., and Chon, H.T. (1989) Geochemistry of pyrophyllite deposits in Yangsan-Milyang areas in Korea. Journal of Korean Institute of Mining Geology, 22, 341-354.

- Chough, S.K. and Sohn, Y.K. (2010) Tectonic and sedimentary evolution of a Cretaceous continental arc-backarc system in the Korean peninsula: New view. *Earth-Science Reviews*, 101, 225-249.
- Hwang, B.H., Lee, J.D., and Yang, K.H. (2004) The granitic rocks distributed in the southern part of the Yangsan fault. *Journal of the Geological Society of Korea*, 40, 161-178.
- Koo, S.B., Lee, T.S., and Park, Y.S. (1998) Aeromagnetic characteristics of the Samryangjin caldera area. *Geophysical Exploration*, 1, 101-109.
- Kim, S.E., and Kang, Y.P. (1969) On the prospecting plans of Mul Kum iron mine viewed by the character and mode of occurrence of ore bodies. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 2, 13-23, plates 1-10.
- Kim, K.B., and Hwang, S.K. (1988) Geological report of the Miryang sheet (geological atlas of Korea; scale 1:50,000). Korea Institute of Energy and Resources.
- Korea Mining Promotion Corporation (1972) Deposits in Korea; The 4th Iron, Tungsten. Korea Mining Promotion Corporation, p.373.
- Korea Mining Promotion Corporation (1981) Deposits in Korea; The 8th metal. Korea Mining Promotion Corporation, p.498.
- Korea Mining Promotion Corporation (1990) Deposits in Korea; The 12th metal. Korea Mining Promotion Corporation, p.664.
- KIGAM (2012) <http://rik.kigam.re.kr>
- KORES (2012) <http://www.kores.net>
- Lee, M.S., and Kang, P.C. (1967) Explanatory text of the geological map of Yangsan sheet (geological atlas of Korea; scale 1:50,000). Geological survey of Korea.
- Lee, H.Y., and Kim, S.W. (1964) Explanatory text of the geological map of Kumhae sheet (geological atlas of Korea; scale 1:50,000). Geological survey of Korea.
- Lee, H.G., Moon, H.S., and Oh, M.S. (2007) Economic mineral deposits in Korea. *Acanet*, p.762.
- Oh, D.G., Chon, H.T., and Min, K.W. (1992) A geochemical study on pyrophyllite deposits and andesitic wall-rocks in the Milyang area, Gyeongnam province. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 25, 27-39.
- Oh, D.G., and Chon, H.T. (1993) Geochemical dispersion of elements in volcanic wallrocks of pyrophyllite deposits in Milyang area, Gyeongnam province. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 26, 337-347.
- Park, M.E. (2008) Stone stories. Sanzinibook, p.243.
- Shin, S.W., Lee, M.J., Lee, S.I., Jung, U.D., and Ryu, C.G. (2010) Origin and sedimentary environments of archaeological site of Hwangsan position at Mulgeum-ri, Yangsan. *Proceedings of the Annual Joint Conference, The Geological Society of Korea*, 68.
- Shim, B.G., and Lee D.J. (2000) Archaeological site at Mulgeum, Yangsan. Korea Land Corporation (Dong-A University Museum), p.443.
- Son, C.M., Lee, S.M., Kim, Y.K., Kim, S.W., and Kim, H.S. (1978) Explanatory text of the geological map of Dongrae and Weolnae sheets (geological atlas of Korea; scale 1:50,000). Korea Research Institute of Geoscience and Mineral Resources.
- Woo, Y.K., Lee, M.S., and Park, H.I. (1982) Studies on the skarn-type ore deposits and skarn minerals in Gyeongnam province. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 15, 1-16.
- Woo, Y.K. (1988) Genesis of iron ore deposits in the south-eastern part of Gyeongnam province, Korea. *Journal of Korean Institute of Mining Geology*, 21, 45-56.
- Yun, Y.S., Hong, J.P., Kim, D.Y., Jin, K.N., Lee, D.Y., Lee, B.T., Lee, D.W., and Kim, H.K. (1997) Improvement method of soft ground and settlement analysis: test construction at Mulgeum, Yangsan. Korea Land Corporation, p.194, report.
- Yun, S.H., Koh, J.S., Park, K.S., Ahn, H.C., Kim, Y.I., and Yoo, S.H., Lee, D.H., and Yun, G.Y. (2005) Rb-Sr whole-rock isochron age and petrology of the Mt. Geumjeong granite, Busan. *Journal of the Petrological Society of Korea*, 14, 61-72.

접수일(2012년 11월 20일), 수정일(1차 : 2012년 12월 19일),
 게재확정일(2012년 12월 26일), 책임편집위원 : 이영재