

단 보

거창지역에서 산출되는 화강암 석재의 품질 기준

좌용주^{1,*} · 최진범¹ · 김건기¹ · 김종선² · 황길찬¹

¹경상대학교 지구환경과학과, ²부산대학교 지구환경시스템학부

Quality Standard of the Geochang Granite Stone

Yong-Joo Jwa^{1,*}, Jin Beom Choi¹, Keon-Ki Kim¹, Jong-Sun Kim² and Gil Chan Hwang¹

¹Department of Earth & Environmental Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Division of Earth Environmental System, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

서 론

경상남도 거창지역에는 소위 ‘거창석’이라 불리는 화강암 석재가 생산되고 있는데 포천, 익산과 더불어 국내 3대 화강암 석재산지로 알려져 있다. 최근 저가의 중국석이 대량 수입됨에 따라 국내 석재업계는 큰 타격을 받고 있으며, 중국석의 경우 우리나라 화강암 석재와 유사한 조직과 색상을 가져 국내석으로 둔갑하여 판매되고 있는 실정이다. 그런데 중국석은 그 품질이 검증되지 않아 시공 후 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 한편 국내 화강암 석재에 대해서 수입 중국석과 대비될 수 있는 구체적인 암석학적 특징이 제대로 도출된 사례가 거의 없기 때문에 암석기재적 특징, 광물학적 특징, 지구화학적 특징, 암석공학적 특징 등의 석재의 품질을 규정하는 여러 요소들을 검토할 필요가 있다. 국내 석재의 품질이 규정되면, 수입 석재와의 차별성이 부각될 수 있으며 상표 도용과 같은 부작용을 막을 수 있다.

거창화강석은 일반적으로 그 품질이 우수하다고 인정되고 있지만, 자세히 들여다보면 거창화강석의 품질을 판정할 수 있는 정량적인 자료가 많지 않은 실정이다. 또한 일부 자료는 그 출처가 불분명하여 품질을 평가하는데 활용되기 어렵다. 따라서 보다 과학적인 방법으로 거창화강석의 품질을 설정할 필요가 있으며 새로이 마련된 거창화강석의 품질기준은 타 브랜드와 차별화시키고 품질우위를 내세울 수 있는 궁극적인 자료가 된다.

거창화강석 품질기준 설정의 방법

거창화강석 시료

거창지역 화강암 석재에 대한 품질의 기준을 설정하기 위해 2006년 현재 거창에서 가행되고 있는 11개 석산의 석재를 대상으로 하였다. 각 석산의 가장 대표적인 기체적 특징을 가지고 있는 신선한 시료를 2~3개씩 채취하였다.

품질기준 자료의 분석방법, 분석기기, 분석기관

화강암 석재의 품질기준을 마련함에 있어 가장 주의할 기울인 부분은 분석을 실시한 기관, 기기 및 방법이다. 같은 기기라고 해도 분석기관에 따라 산출된 자료가 상이할 경우가 있다. 그리고 같은 성분을 분석하더라도 분석기기에 따라 자료가 상이할 수도 있다. 따라서 아래에 이번 품질기준 설정에 활용된 분석방법, 분석기기 그리고 분석기관을 나열하였다. 결과적으로 거창화강석의 품질기준은 아래 나열된 분석기관, 기기, 방법으로부터 도출된 자료를 신뢰값으로 한다.

거창화강석 품질분석의 결과 및 품질관리

거창화강석 품질분석의 결과

품질분석은 대상 석산별로 정리되었고, 각 석산별 자료를 종합하여 거창화강석의 일반적인 품질기준을 설정하였다. 분석의 결과로 얻은 자료는 방대하여 전부를 표로 제시할 수 없다. 모든 결과는 『거창화강석 특

*Corresponding author: Tel: 82-55-751-6004, E-mail: jwayj@gsnu.ac.kr

분석 방법	분석기기 및 분석기관
◎ 구성광물과 조직	육안 및 현미경관찰 분석기관: 경상대학교
◎ 모드 조성 및 분류	모드측정기: PRIOR Model G 분석기관: 경상대학교
◎ 분말 X선 회절 특성	분석기기: SIMENS/Brucker D5005 Analytical X-ray System 정량분석 소프트웨어: SiroQuant V2.0 분석기관: 경상대학교
◎ 주성분원소 함량 측정	분석기기: Spectro XLAB2000 X-ray Fluorescence (XRF) 분석기관: 호주 맥쿼리대학교
◎ 미량원소 및 희토류원소 함량 측정	분석기기: Spectro XLAB2000 XRF 및 VG PQ3 ICP-MS 분석기관: 호주 맥쿼리대학교 및 한국기초과학지원연구원 대전본원
◎ 전자현미분석	분석기기: Shimadzu EPMA-1600 분석기관: 한국기초과학지원연구원 전주분소
◎ 암석물성 측정	실험절차규정: 비중, 흡수율(ASTM C97-96), 일축압축강도(ASTM D2938-95), 인장강도(ASTM D2938-95/ D3967-95), 쇼아경도(ISRM Suggested Method-77) 분석기관: 한국지질자원연구원
◎ 전암대자율 측정	분석기기: Kappameter SM-20 분석기관: 경상대학교
◎ 고온대자율 측정	분석기기: Kappabridge KLY-4S, CS-3 분석기관: 부산대학교
◎ 감마스펙트로미터 측정	분석기기: Gamma-ray spectrometer GRM-260 분석기관: 경상대학교

화육성 품질기준 설정』 결과보고서(거창군, 2006)를 참조하기 바란다. 아래에서는 11개 석산의 자료를 종합

하여 얻은 일반적인 거창화강석의 품질을 간략하게 정리하였다.

◎ 구성광물, 조직 및 모드조성	거창석은 밝은 회백색의 중립질로 반상조직을 나타내는데, 반정은 주로 알칼리장석으로 크기는 5~30 mm 정도이다. 구성광물은 석영, 사장석, 알칼리장석, 흑운모, 백운모, 녹니석, 저어콘, 인회석, 불투명광물 등이다. 모드조성에 따른 분류는 화강섬록암에서 본조화강암에 속한다.
◎ 주성분원소의 함량(wt%)	SiO ₂ : 66.2~71.1, TiO ₂ : 0.2~0.4, Al ₂ O ₃ : 16.1~18.2, FeOT: 1.2~2.3, MgO: 0.3~0.9, CaO: 2.1~3.4, Na ₂ O: 4.6~5.1, K ₂ O: 2.8~3.8, P ₂ O ₅ : 0.04~0.11 등
◎ 대표적인 미량원소와 희토류원소의 함량(ppm)	Ba: 920~1370, Sr: 498~780, Rb: 70~103, Zr: 98~160, Y: 3~10, Nb: 4.1~11.5, Th: 1.3~8.0, La: 2.7~43, Ce: 8.3~85, Nd: 2.5~32, Sm: 0.5~5.0, Eu: 0.12~0.82, Gd: 0.43~3.1, Yb: 0.17~0.57 등
◎ 산화광물	산화광물의 형태는 자철석과 티탄철석이 단독결정 또는 연정으로 나타나며, 또한 티탄 철석에 자철석이 용리되어 나타나기도 한다. 한편 황화광물은 거의 산출되지 않는다.
◎ 암석물성	비중: 2.61~2.67 g/cm ³ , 흡수율: 0.24~0.53%, 공극율: 0.64~1.39%, 압축강도: 1591~2723 kgf/cm ² , 인장강도: 61~133 kgf/cm ² , 쇼아경도: 98~113 등
◎ 전암대자율값	2.0~7.4 (×10 ⁻³ SI)
◎ 전체 방사선합량	40~69 nGy/h

이런 품질기준은 거창석이 극경암~경암의 우수한 강도를 보유하고, 50년 이상의 수명을 요구하는 구조물 건축에 합당하며, 석재의 녹을 발생시키는 황화광물을 포함하지 않는 안정한 석재임을 나타낸다.

거창화강석 품질의 관리

위에 제시된 품질기준은 위에서 소개된 분석방법, 기기 및 기관에 따른 신뢰값을 기초로 한다. 거창화강석은 이 품질기준의 각 항목 값의 범위를 가지며, 일부

의 예외에서는 항목 간 내지 성분 간 경향선 위에 놓여야 한다. 만약 수입석이나 국내석이 거창화강석으로 도용되는 경우, 이 품질기준에 의해 진위여부를 판별할 수 있다. 거창화강석의 품질은 (재)거창화강석연구센터가 지속적으로 관리하며, 계속적인 채석으로 생산되는 석재를 정기적으로 분석하여 품질의 기준을 수정·보완해 나갈 것이다.

다른 화강암 석재들과의 비교

거창지역 화강암 석재와 국내의 포천과 익산지역의 화강암 석재를 비교하였으며, 또한 중국에서 수입되는 소위 ‘거창석’ 석재에 대한 비교를 실시하였다. 이 비교로부터 거창화강석과 다른 화강암 석재와의 차별성이 부각된다. 거창화강석으로 둔갑하여 수입되고 있는 중국석과의 차이는 향후 제품의 진위여부를 판별하는 아주 중요한 자료가 된다.

기재적 특징의 비교품질

색, 입도 및 조직의 비교

- 거창화강석의 색은 밝은 회백색으로 색상이 깨끗하고 고급스러운 느낌을 준다.
- 거창화강석의 입도는 중립질이며 조직은 반상조직을 잘 보이며, 전체적으로 일정한 입도와 조직을 가진다.
- 포천지역의 화강석은 색상이 회백색과 담홍색으로 나뉜다. 입도와 조직은 대체로 중립질의 반상조직을 보인다.
- 익산지역의 화강석은 색상이 회백색으로 나타난다. 입도와 조직은 대체로 중립질의 반상조직이 우세하나 일부 석산에서는 세립질이 나타나기도 한다.
- 중국산 수입화강석은 회백색이며, 세립질과 중립질의 반상조직이 나타난다.

모드 조성(화강암 분류)의 비교

- 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 모드 조성을 Fig. 1에 비교하였다.
- 거창화강석은 monzogranite와 quartz monzodiorite로 나타난다.
- 포천지역 화강석은 전부 monzogranite로 나타나며, 거창화강석과는 사장석의 함량에서 큰 차이를 보인다.
- 익산지역 화강석은 monzogranite와 quartz monzodiorite로 나타나지만, monzogranite가 우세하고, 거창화강석과는 약간의 차이를 보인다.
- 중국산 수입화강석은 monzogranite와 quartz monzodiorite

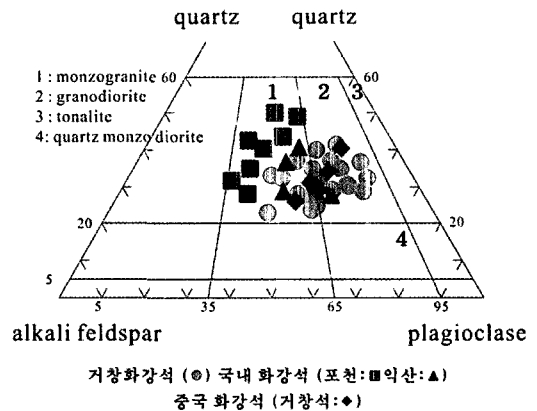


Fig. 1. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 모드 조성의 비교.

로 나타나며, 모드 조성에서는 거창화강석과 유사하다.

지구화학적 특징의 비교품질

주성분 산화물의 함량 변화 비교

- 거창화강석, 국내산 화강석 및 중국산 수입화강석의 주성분 산화물 함량의 비교를 Fig. 2에 나타내었다.
- 변화경향의 지수로 사용한 MgO 함량에서 거창화강석이 다른 화강석들보다 높은 함량을 가진다.
- SiO₂ 함량에서는 국내산 화강석과 중국산 수입화강석이 거창화강석보다 높게 나타난다.
- Al₂O₃ 함량에서는 거창화강석이 다른 화강석들보다 높은 함량을 가진다.
- TiO₂ 함량에서는 거창화강석과 익산지역 화강석이 유사한 값을 가지지만, 포천지역 화강석과 중국산 수입화강석은 거창화강석보다 낮은 값을 가진다.
- MnO의 함량은 모든 화강석에서 큰 차이가 나지 않는다.
- FeOT(전체 철함량)에서는 거창화강석이 약간 높게 나타나고, 포천지역 화강석이 낮은 함량을 보인다.
- CaO 함량에서는 거창화강석이 다른 화강석들보다 높은 함량을 가진다.
- Na₂O 함량에서는 거창화강석이 다른 화강석들보다 높은 함량을 가진다.
- K₂O 함량에서는 거창화강석이 다른 화강석들보다 낮은 값을 가진다.
- P₂O₅ 함량에서는 거창화강석과 익산지역 화강석이 유사하게 높은 값을 가지지만, 포천화강석과 중국

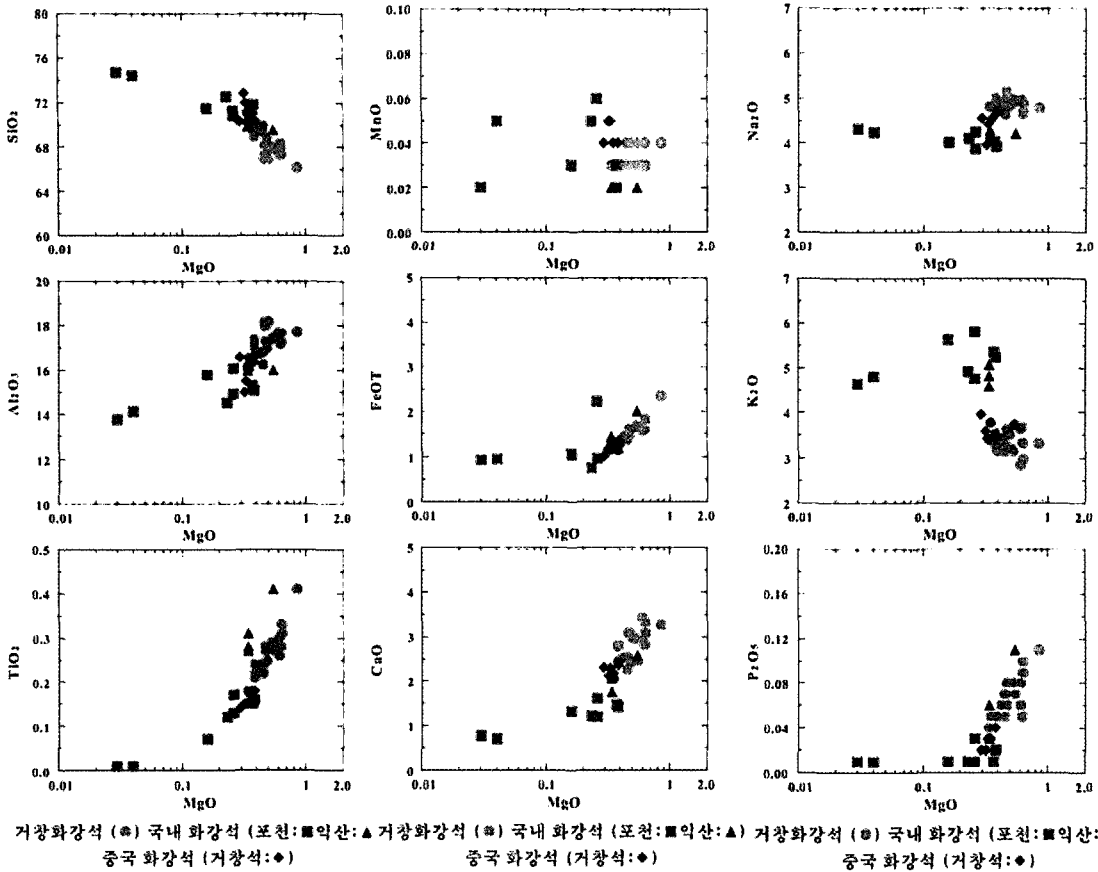


Fig. 2. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 주성분 산화물의 비교.

산 수입화강석은 낮은 값을 나타낸다.

- 주성분 산화물의 함량 비교에서 확실한 것은 거창 화강석과 다른 화강석들 사이에 분명한 차이가 존재한다는 것이다. 이는 거창화강석의 특징적인 품질을 의미하며, 다른 화강석들과 거창화강석을 구별해 내는 중요한 요소가 된다.

미량원소 함량의 비교

- 거창화강석, 국내산 화강석 및 중국산 수입화강석의 미량원소 함량의 비교를 Fig. 3에 나타내었다.
- 변화경향의 지수로 사용한 Rb 함량에서 거창화강석이 다른 화강석들보다 낮은 함량을 가지며, 아주 뚜렷하게 구별된다.
- Ba 함량은 거창화강석과 익산지역 화강석에서 비교적 높게 나타나고, 중국산 수입화강석과 포천지역 화강석에서 낮게 나타난다.
- Sr 함량과 Zr 함량은 거창화강석, 익산지역 화강석

은 유사하고, 중국산 수입화강석은 약간 낮으며, 포천지역 화강석은 가장 낮은 값을 보인다.

- Hf, Y, Nb, Sn 함량에서는 모든 화강석들이 유사한 범위에 속한다.
- Cs 함량에서는 포천지역 화강석이 낮은 함량을 보이는 반면, 나머지 세 화강석들은 유사하다.
- Pb 함량과 Th 함량에서는 거창화강석이 낮은 값을 가진다.
- U, Li, Sc, Cr, Co, Ni 등의 함량은 모든 화강석에서 유사하다.
- Zn 함량에서는 거창화강석이 약간 높은 값을 가진다.
- 미량원소의 함량 비교에서 확실한 것은 일부 원소의 함량에서 거창화강석과 다른 화강석들 사이에 분명한 차이가 존재한다는 것이다. 이 또한 주성분 산화물의 함량과 마찬가지로 거창화강석의 특징적인 품질을 의미하며, 다른 화강석들과 거창화강석을 구별해 내는 또 하나의 중요한 요소가 된다.

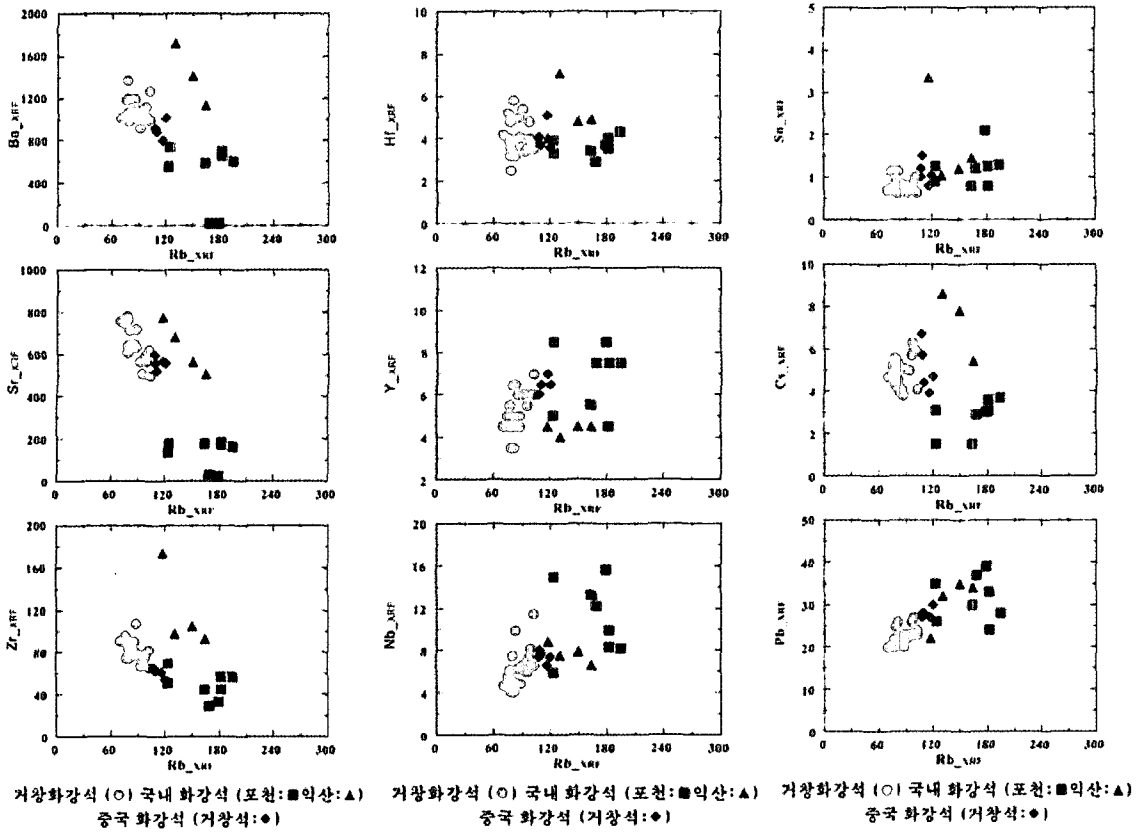


Fig. 3. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 미량원소 함량의 비교.

희토류원소 패턴의 비교

- 거창화강석, 국내산 화강석 및 중국산 수입화강석의 희토류원소 패턴의 비교를 Fig. 4에 나타내었다.
- 희토류원소 패턴을 비교할 때 거창화강석과 중국산 수입화강석의 패턴은 중복되고 유사함을 나타낸다.
- 한편, 포천지역 화강석과 익산지역 화강석은 거창화강석과는 그 패턴이 다르게 나타나 구별이 가능하다.
- 희토류원소의 패턴 비교에서는 거창화강석과 중국산 화강석의 비교는 어려우나, 국내산 화강석과는 구별이 가능하다.

암석물성의 비교품질

거창화강석, 국내산 화강석 및 중국산 수입화강석의 암석물성을 Fig. 5에 나타내었다.

- 암석물성에서는 화강석들이 큰 차이를 보이지 않

으며, 따라서 암석물성으로 이들 화강석을 구별할 수 없음을 지시한다.

기타 비교품질

전암대자율값의 비교

- 거창화강석, 국내산 화강석 및 중국산 수입화강석의 전암대자율값을 Fig. 6에 비교하였다.
- 거창화강석의 전암대자율값은 일정한 범위를 가지는 특징이 뚜렷하다.
- 포천지역 화강석과 익산지역 화강석의 경우 전암대자율값의 범위가 광범위하여 자성광물의 함량이 매우 불균질함을 나타낸다.
- 포천지역 화강석의 경우 아주 낮은 대자율값을 보이는 경우가 많아 거창화강석과는 뚜렷이 구별된다.
- 중국산 수입화강석은 가장 높은 전암대자율값을 나타낸다. 이 사실은 중국산 수입 화강석에 자성광물의 함량이 높음을 뜻한다. 자성광물은 언제든 산화되어 녹발생을 일으킬 가능성이 있기 때문

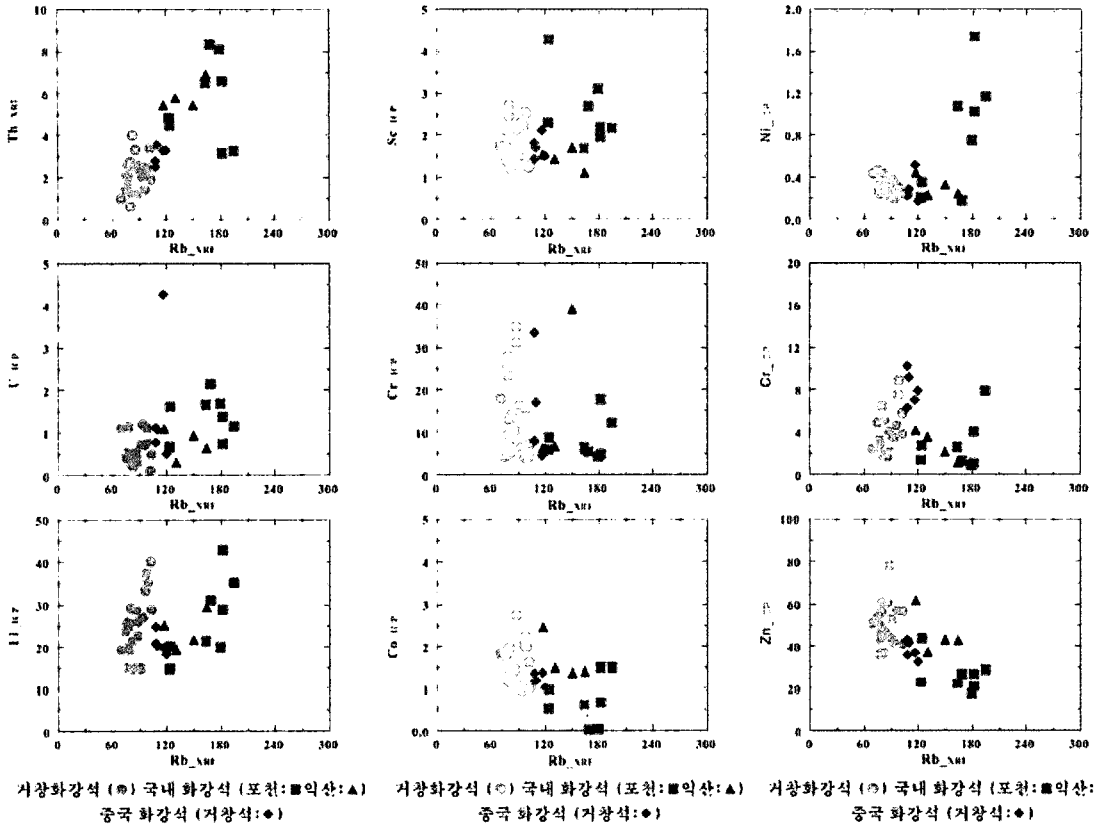


Fig. 3. (계속)

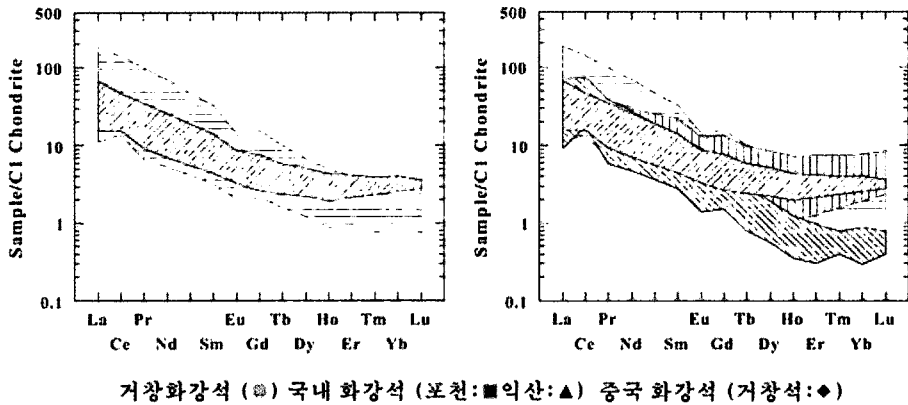


Fig. 4. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 희토류원소 패턴의 비교

- 거창화강석은 중국산 수입화강석에 비해 전암대자율값이 낮게 나타난다.

- 거창화강석과 중국산 수입화강석은 전암대자율값이 중복되지 않고, 매우 뚜렷하게 구별되며, 거창화강석과 중국산 화강석을 구별해내는 아주 중요한 요소가 된다.

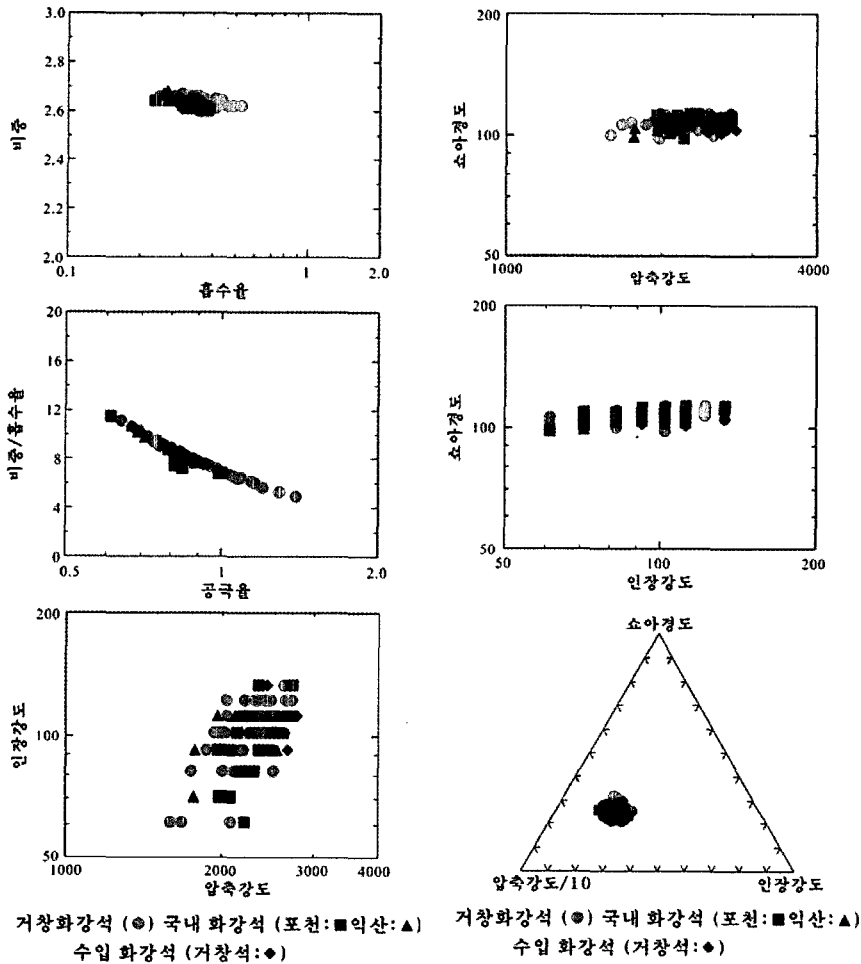


Fig. 5. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 암석물성 비교

결론 및 제언

거창화강석 품질기준의 의미

- 화강석의 생산지역에서 화강석의 아주 구체적인 품질기준을 다양한 분석을 통해 밝힌 것은 국내에서는 처음이며, 세계적으로도 그 사례가 아주 드문 일이다.
- 거창화강석의 품질기준은 기체적 특징, 모드 조성, 분말 X선 회절특성, 지구화학적 조성, 암석물성, 전암대자율값 등 품질 요소의 값의 범위가 아주 뚜렷한 것이 특징이다. 이 특징은 거창화강석의 품질을 다른 화강석들과 비교하는데 매우 유용하다.
- 국내의 대표적 화강석인 포천지역과 익산지역의 화강석들은 전체적으로 매우 분산되고 광범위한

품질 요소의 값의 범위를 보인다.

- 거창화강석의 경우는 화강석 산출지 전체가 하나의 저반형 화강암체이며, 이 암체를 형성시킨 화강암질 마그마가 동일기원이고, 조성과 암상의 변화는 일정한 분화과정의 결과이기 때문에, 품질요소의 변화가 적은 것이다.
- 반면 포천지역과 익산지역의 화강석은 하나의 저반형 화강암체가 아니라 여러개의 암주상 암체들이 복합적으로 결합된 형태이다. 따라서 석산별로 품질요소의 값들이 차이가 심하다.
- 거창의 각 석산에서의 원석 생산량이 비록 포천과 익산지역에 훨씬 못 미치지만, 전체적으로 동일 품질의 화강석이 생산되고 있는 만큼 경쟁력을 가질 수 있다.

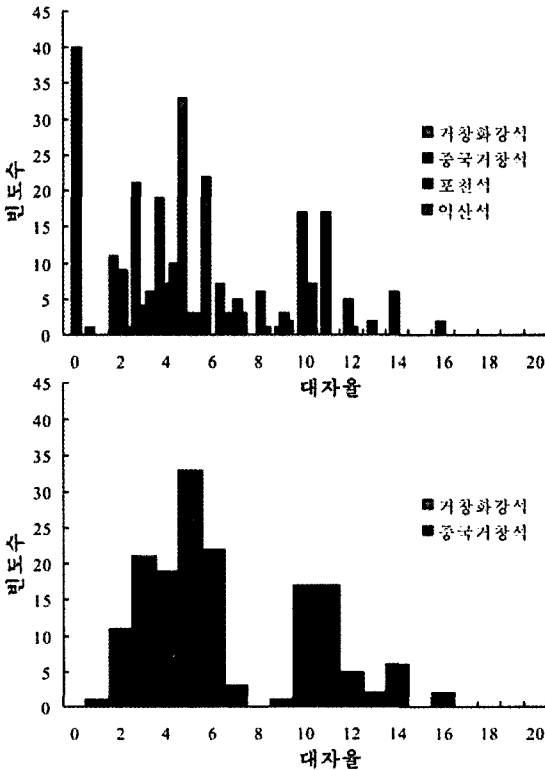


Fig. 6. 거창화강석, 국내산 화강석, 중국산 수입화강석의 전압대자율값의 비교

거창화강석 규격화 방안

- 거창화강석에 대한 품질기준은 향후 거창석 규격화로 발전되어야 한다.
- 최근 농산물의 경우 생산지 표시제를 적극적으로 도입하고 있다. 석재의 경우에 생산지 표시제가 어렵지만, 특정 석재의 구체적인 품질기준만 있다면 가능하다. 이번에 설정된 품질기준은 화강석이 거창에서 생산된 것인지 어떤지를 구별하는데 매우

중요하게 활용된다.

- 석재시장에서 거창석으로 팔려나가는 석재들이 거창화강석의 품질기준을 만족하는지를 파악하는 것은 거창화강석의 브랜드 이미지 관리차원에서 매우 중요한 일이다.
- 특히 중국에서 수입되는 화강석 중에서 거창석의 명칭을 도용하는 석재의 경우 거창화강석의 품질기준에 부합하는지 여부를 파악할 수 있는 강제적인 규정이 필요하다.
- 거창화강석의 품질기준을 공업규격과 같은 규격으로 발전시키기 위해서는 산학연관의 공통적인 노력이 필요하다. 거창의 석재관련 업체들, 화강석 전문가들이 있는 대학과 연구소, 그리고 거창군이 함께 노력해야 한다.
- 한국암석학회는 우리나라 석재와 골재산업의 진흥을 위해 학회 조직에 석골재분과위원회를 2006년에 신설하였다. 이 위원회를 통해서 거창화강석의 품질 규격에 대한 정책적 논의를 꾸준히 시도해야 한다.

감사의 글

이 연구는 신활력사업의 지원으로 거창군에서 실시한 「거창화강석 특화육성 품질기준 설정」 용역의 일환으로 수행되었다. 용역의 결과를 발표하게 허락해 준 거창군에 감사드립니다.

참고문헌

거창군, 2006, 거창화강석 특화육성 품질기준 설정 결과보고서. 301p.

(2007년 2월 8일 접수; 2007년 2월 27일 채택)