

흑색사암(오석)과 흑색셰일(청석) 석재자원의 지질과 산출유형

박덕원¹ · 홍세선² · 김철주³ · 이춘오² · 이병태¹ · 윤현수²

¹한국지질자원연구원 지하수지열연구부, ²지질환경재해연구부, ³자원활용소재연구부

Geology and Occurrence of Black Sandstone and Black Shale Dimension Stones, Korea

Deok Won Park¹, Sei Sun Hong², Chul Joo Kim³, Choon Oh Lee²,
Byeong Tae Lee¹ and Hyun Soo Yun²

¹Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

²Geological & Environmental Hazards Division, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

³Minerals and Materials Processing Division Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

A general study of domestic black sandstone and black shale quarries has not been made. For this reason it is difficult to know how the matter really stands. The objectives of this study are to achieve systematical and scientific study of the distribution, occurrences and rock quality of black sandstone and black shale resources exploited in existing quarries in the Boryeong area. The black sandstone bed survey was made from 54 mine claims on 4 sheets. In the area, 140 black sandstone and 22 black shale quarries were ascertained in 37 mine claims. The general development information data from that existing quarries were collected and synthesized. Among these black sandstone quarries for gravestones, monuments and black shale quarries for inkstone are in operation. Most of the black sandstone quarries were closed throughout the Gaewhari, Suburi, Seongjuri district in the investigated area even though these quarries had played a prominent part in the production of black sandstone. In view of commercial dimension stones, raw materials from black sandstone are classified as corestone and fresh rock body according to the characteristics of their occurrences and shape. Black sandstone beds are characteristically well-jointed and are particularly subdivided into cubic or quadrangular blocks in 3 joint sets. The colors of these black sandstones show medium dark gray~grayish black judging from the Rock Color Chart. The black sandstone beds which are intercalated in the Amisan, Jogerri, Baegunsa, Seongjuri Formations of the Daedong Supergroup are about 1~10 m in thickness.

Key words : black sandstone, black shale, dimension stones, corestone, Daedong Supergroup

국내의 흑색사암 및 흑색셰일 석산에 대한 전반적인 연구가 수행된 바가 없다. 따라서 이들에 대한 상황을 파악하기가 용이하지 않다. 보령지역의 기존 석산에서 채석되는 흑색사암 및 흑색셰일의 분포, 산출상태 및 암질에 대하여 조직적, 과학적으로 이 연구를 수행하는데 목적이 있다. 흑색사암 층의 조사는 4개 도폭의 54개 광구에서 실시되었다. 연구지역에서 37개 광구내에서 140개소의 흑색사암 석산, 22개소의 흑색셰일 석산이 확인되었다. 이러한 기존 석산에 대한 전반적인 개발정보 자료가 수집 및 종합되었다. 이들 중에서 묘비석 및 기념비용의 흑색사암 석산, 벼루용 흑색셰일 석산에서 채석작업이 진행 중에 있다. 대부분의 흑색사암 석산은 개화리, 수부리, 성주리 지역에 밀집하며 이들 석산은 흑색사암의 생산에서 주요한 역할을 담당하고 있었다. 상업적인 석재의 관점에서 볼 때, 흑색사암 원석은 산출상태 및 형태의 특성에 따라서 핵석과 신선한 암체로 구분된다. 흑색사암층은 독특하게 질리가 잘 발달하며, 특히 3 질리조 내에서 입방체 또는 사각형으로 분리되어 있다. 이러한 흑색사암류는 암회색내지 회흑색으로 나타난다. 흑색사암층은 대동누층군의 아미산층, 조계리층, 백운사층 및 성주리층 내에 협재하며, 층후는 약 1~10 m 이다.

주요어 : 흑색사암, 흑색셰일, 석재, 핵석, 대동누층군

1. 서 언

충남탄전 내에서 산출되는 흑색사암은 고려 시대부터 웅천읍, 남포면, 미산면, 성주면 및 청라면을 포함하는 남포현(藍浦縣)에서 산출되는 암석으로서 남포석(藍浦石) 또는 오석(烏石)이라고 칭하고 있다. 흑색사암은 일반적으로 암질이 견고하고 파열성이 적어서 잘 깨어지지 않으며 연마면의 광택도가 높다. 따라서 과거부터 많은 양이 묘비석, 기념비 및 상석 등으로 사용되어 왔으며 일부 수출한 실적도 지니나 최근에는 국내 수요가 급증하고 있다. 한편 흑색셰일(소위 靑石)은 주로 벼루로 사용되고 있다. 최근 국내 흑색사암의 점진적인 원석 고갈에 반하여 이용도는 점차 높아지고 있는 실정이나 일대의 지질특성, 개발여건 및 환경을 감안하면 유한한 자원으로, 개발할 수 있는 대상지와 양은 상당히 제한을 받게 된다.

국내 유일의 흑색사암 및 흑색셰일 산지인 충남탄전 일대에 대하여 과거 석탄자원조사연구가 실시된 바가 있다. 그러나 석재자원 측면에서 기존 석산에 대한 전반적인 연구가 이루어진 바 없어 그 실태파악이 곤란한 실정이다. 따라서 충남 보령시 및 부여군 그리고 청양군 일부지역 내에 위치하는 주요 54개 광구를 선정, 흑색사암 및 흑색셰일 대상의 기존석산을 중심으로 일대의 개발현황 파악과 아울러 흑색사암의 품질요건, 대상암체의 산출상태 및 채석장 형태의 유형 등에 대한 연구를 수행하였다. 이들 각종 자료를 종합적으로 검토분석하여 차후 이 지역의 석산과 관련된 여러 분야에 활용되도록 정리 및 종합하는데 그 의의가 클 것으로 본다.

2. 지 질

흑색사암(black sandstone) 및 흑색셰일(black shale)이 분포하는 지역은 주로 충남탄전 지역으로서 경기육괴의 서남부에 위치한다. 대부분 후기 트라이아스~전기 쥐라기의 대동누층군 퇴적암류로 구성되며, 그 외곽 전반에 걸쳐 선캄브리아기의 변성암류가 분포하고 그 외 화강암류와 맥암류가 도처에서 이들을 관입하고 있다. 변성암류 상부에 부정합으로 피복한 대동누층군 퇴적암류는 하부로 부터 하조층, 아미산층, 조계산층, 백운사층, 성주리층으로 구분된다.

연구지역 내의 지질시대별 암층 분포와 석산의 위치는 Fig. 1과 같다.

2.1. 변성암류

본 암류는 연구지역 내에서 최하위층으로서 퇴적암류의 외곽부에 주로 분포하는데 선캄브리아기로서, 호상편마암, 안구상편마암, 화강편마암, 석영편암, 운모편암 등으로 구성된다(성주지역 서부 및 북부 외각). 외산부근에서 협소하게 분포하는 편마암, 변성역암은 국부적인 동력변성작용에 의한 대동누층군의 암석이 변성된 것으로 보인다. 퇴적암류와 본 변성암류의 경계부를 따라 단층각력과 파쇄암(cataclasite) 및 압쇄암(mylonite) 등이 발견되는 점으로 보아 본 변성암류는 대동누층군과 단층으로 접하고 있음이 인지된다. 대동누층군의 기저역암인 하조층 역암 중에는 동일 종류의 편마암역이 많이 함유되며 퇴적암류와 변성암류의 변성도에 심한 차이가 있음은 이들 관계가 부정합임을 시사한다. 편마암류는 경계설정이 곤란할 정도로 불규칙하게 혼성되어 있는 경우가 많으며 접미적인 관계를 보여 주기도 한다(서해길 등, 1980, 1982).

2.2. 대동누층군

하조층 : 변성암류의 기반위에 부정합으로 퇴적된 본 층은 역암과 중립~조립사암으로 구성된다. 이 층의 표식지인 하조리 부근에서는 대부분 역암으로 구성되나 상부에서는 약간의 중립~조립사암을 협제한다.

이 층은 대부분 편마암과 규암역을 함유하는 역암으로 구성되며, 편암역과 화강암질암역이 소량 함유되는데 분급은 불량하다. 역암의 역은 크기가 하부에서는 15~20cm 정도이나 상부로 향해 감소한다. 역의 원마도는 높고 신장되어 있는 부분이 있으며 하부에서는 크래스트 우세조직(clast supported texture)이나 상부에서는 기질 우세조직(matrix supported texture)을 보인다(서해길 등, 1982, 1983).

아미산층 : 하조층을 부정합으로 피복하는 본 층은 주구성암석에 따라 하부로 부터 하부사암대, 하부셰일대, 중부사암대, 중부셰일대, 상부사암대로 세분된다.

이 층은 습곡에 의하여 웅천-미산지역에서 웅천향사와 아미산 향사 양익에 반복 분포하며 서부의 대천단층에 의해 본 층 하부가 대부분 절단되고 상부사암대가 변성암류와 접하고 있다. 이 층은 웅천향사를 중심으로(성주지역) 동부와 서부에서 분포양상을 달리하는데 서부에서는 본 층의 중앙부 지층만이 성주리 향심 습곡에 의하여 반원상으로 협소하게 분포하며 동부에서는 도화담 배사에 의해 지층이 반복되므로 넓은 분포를 나타낸다(서해길 등, 1980, 1982, 1983).

이 층을 대상으로 20개소의 기존 흑색사암 석산이

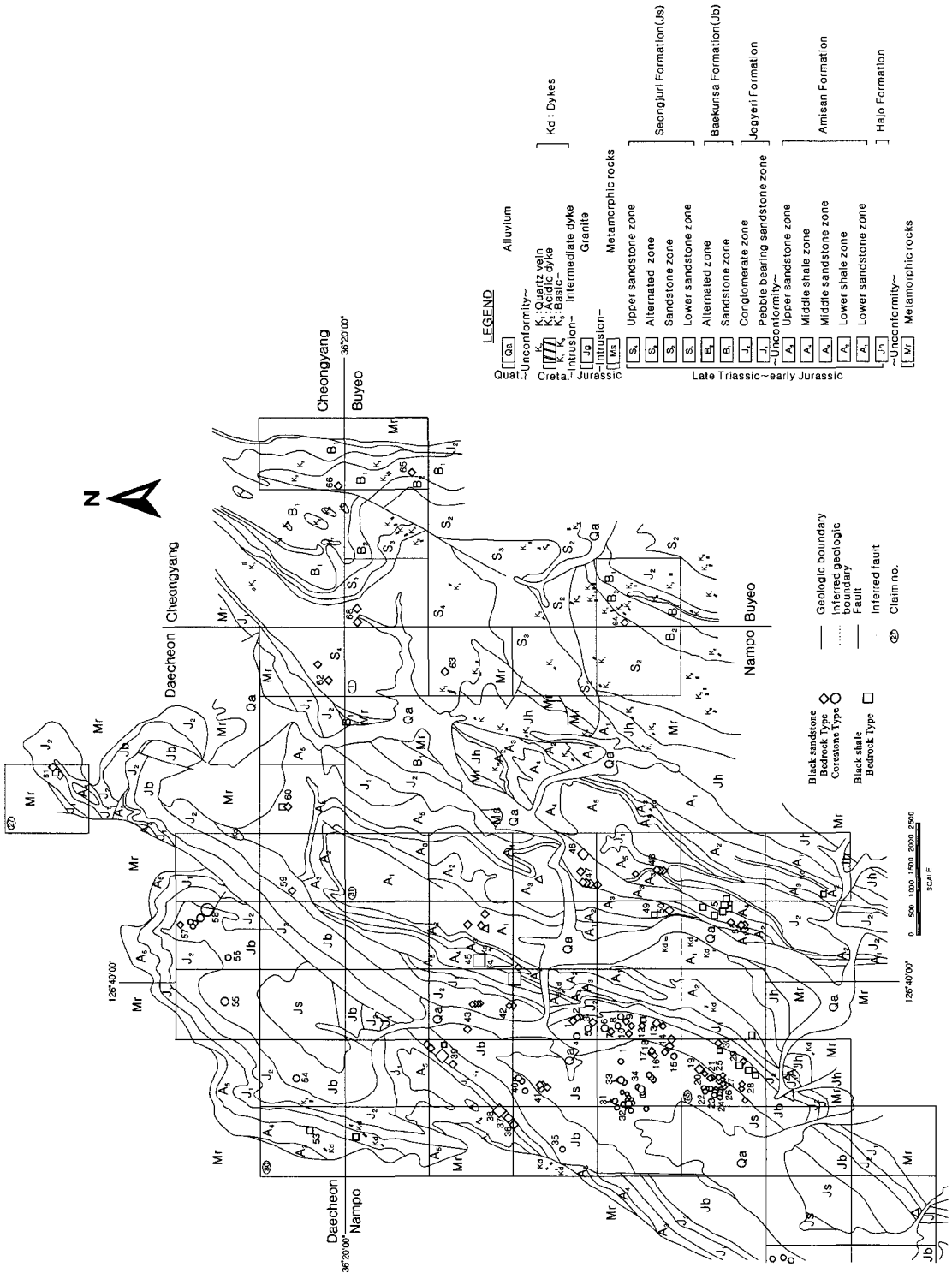


Fig. 1. Geology and black sandstone and shale dimension stone quarries of the Boryeong area.

확인되는데 대부분 소규모이며 개발 초기에 종료된 경우가 많다(Fig. 1). 흑색세일 석산은 11개소가 확인된다. 이 층에서는 흑색사암이 암반상태로 산출된다.

하부사암대 : 웅천-미산지역에서 본 대는 아미산 향사와 도화담 배사에 의해 3회 반복분포하며 성주지역 서부에서는 분포하지 않으나 동부에서는 도화담 배사의 축부를 따라 분포한다. 용수리 북부와 반교리 부근에서 그 폭이 300여m에 이르며 남쪽 연장부에서는 50 m 내외로 협소해진다. 구성암석은 주로 중립~중립장석질 사암과 역질사암으로 구성되며 흑색세일 및 역암이 협재된다. 웅천-미산지역에서 본 대 하부는 대체로 역질사암과 중립~조립사암이 교호되며 하조리 부근에서는 세일이 협재되기도 한다. 사암에는 곡상사층리(trough cross bedding)와 판상사층리(tabular cross bedding)가 발달되고 간혹 역암과 그 하부사암과의 경계부에는 침식면이 관찰된다. 본 대 상부는 역질사암 또는 조립사암, 중립사암(석재대상) 들의 호층으로 상향 세립퇴적상을 보이기도 한다(서해길 등, 1982).

현미경하에서 흑색사암은 각형~아각형인 석영과 장석류 및 암편들을 주구성광물로 하며 미량의 견운모, 백운모를 함유한다. 석영은 대부분 봉합선 접촉을 하며 재결정된 미정의 석영이 많이 관찰된다. 장석류는 미사장석, 정장석이고 많은 부분이 견운모화되었다. 교결물질은 주로 견운모 또는 점토질 물질로 구성된다.

본 대를 대상으로 도화담리 지역에서 3개소의 흑색사암 석산이 확인되나 모두 소규모이며 종료된 상태에 있다(Fig. 1). 도화담리 지역에서는 토목공사용(산림골재) 석산 1개소가 위치한다.

하부세일대 : 하부 세일대는 웅천-미산지역에서 아미산 향사와 도화담 배사에 의해 3회 반복 분포한다. 본 지역 동남부 봉성리 서북방 지역에서는 본 대의 두께가 600 m에 이르나 도화담 북부에서는 30 m 내외로 협소해진다. 구성암석은 주로 흑색 세일과 실트스톤(siltstone)이며 간혹 중립~조립사암(석재 대상암)이 협재되기도 한다. 이 세일대는 퇴적상의 변화에 의해 지역에 따른 층후변화가 심하다. 드물게는 폭 2 m인 렌즈상 상향세립 사암체들이 협재되는데 이들은 수십 cm 두께의 곡상사층리 단위층으로 구성되며 폭은 10~20 m로서 측방으로 침멸된다. 세일, 실트스톤에는 평행엽리(horizontal lamination)와 사엽리(cross ripple lamination)가 발달하는데 일반적으로 대의 두께가 얇아질수록 엽리의 발달이 미약해지고 실트스톤과 탄질물이 증가되는 경향이 있다(서해길 등, 1982).

본 대의 흑색사암을 대상으로 석산이 1개소, 흑색세

일 석산이 2개소 확인되며(Fig. 1), 아미산층 상부사암대와 더불어 석산분포 비율이 가장 저조하다.

중부사암대 : 중부 사암대는 웅천향사 및 도화담 배사와 아미산 향사에 의해 4회 반복 분포된다. 성주지역에서의 층후는 100~200 m에 달하나 웅천-미산지역에서 50~100 m로 협소해 지다가 웅천-미산남부에서 침멸된다. 이는 퇴적당시의 지반 상승에 의한 비퇴적 혹은 부정합에 의하여 삭제되었을 것으로 해석되는데 이러한 현상은 아미산층 전대에 걸쳐 나타난다(서해길 등, 1982).

이 층을 대상으로 11개소의 흑색사암 석산이 위치하는데 아미산층 내에서 가장 많은 석산 분포를 보인다(Fig. 1). 세일 석산은 4개소가 위치한다.

중부세일대 : 중부 세일대는 습곡에 의해 4회 반복분포하며 층후의 변화가 심하다. 용수리 동부에서 폭 300여m 정도에 이르나 북측 연장부에서는 20 m 내외로 협소해진다. 그러나 도화담 부근에서의 폭은 100~350 m로 후층을 이룬다. 본 대의 주구성암석은 주로 흑색세일 또는 실트스톤이며 박층의 세립~중립사암이 협재한다. 본 대의 세일에는 엽리구조가 발달되어 있는 점을 참고할 때 본 대는 매우 조용한 환경하에서 이루어진 호성퇴적상인 것으로 사료된다(서해길 등, 1982).

본 대를 대상으로 한 흑색세일 석산은 도화담리 지역에서 2개소가 위치하는데 장기간 채석작업이 진행되어 채굴적의 수 및 규모면에 있어 클 뿐 아니라 본 연구지역에서 대표적인 흑색세일 석산으로 간주된다(Fig. 1).

상부사암대 : 본 대는 성주지역에서 주로 중립~조립장석질 사암과 세일 및 함장석각력사암 등으로 구성되나 웅천향사를 경계로 동부와 남부 지역이 많은 차이를 갖는다. 서부 지역에서는 주로 중립~조립 장석질 사암 및 암회색 세립사암으로 구성되며 흑색세일이 협재하고 최상부와 중부에 20~40 m 두께의 함장석 각력사암 또는 극조립 알코즈 사암이 협재된다. 동부지역에서의 본 대는 주로 조립~중립 장석질 사암으로 구성되며 간혹 세일박층이 협재된다. 도화담 배사 서익부에는 하부에 협재되는 빈도가 많아 사암과 세일의 호층을 이룬다. 본 대의 두께는 약 120~300 m 이나 원풍탄광에서는 700 m에 이른다(서해길 등, 1980, 1982, 1984).

웅천-미산지역에서 본 대의 주구성암석은 장석질 중립~조립사암(석재 대상)과 함력사암이며 간혹 0.1~0.5 m 두께의 역암과 1~3 m의 세일을 협재한다.

현미경 관찰에 의하면 흑색사암은 석영과 견운모화된 장석 및 기질로 구성된다. 석영은 각상~아각상이며, 봉합선 조식을 보인다. 기질부는 대부분 견운모로 구성되었으나 드물게는 석영미립도 나타난다.

본 대를 대상으로 흑색사암 석산이 5개소, 흑색셰일 석산이 2개소 위치한다(Fig. 1).

조계리층 : 아미산층을 부정합으로 피복하는 이 층은 아미산 향사 양익과 웅천향사 양익에 대상분포한다. 상부 부정합면의 상·하부 지층은 거의 평행하여 부정합의 확인이 잘 인지되지 않지만 아미산 부근에서 경사 부정합임이 확인된 바 있다(서해길 등, 1982). 이 층의 구성암층은 하부의 함장석각력 사암대와 상부의 역암대로 2대분되나 각 대는 석산개발의 대상이 되는 사암층을 협재하고 있다. 아미산층의 사암과 유사하며, 간혹 석영입자가 흑색을 띤 특기할 만하다(이돈영 등, 1974). 이 층의 사암대를 대상으로 17개소의 흑색사암 석산이 위치하는데 대부분 개화리 지역에 집중분포한다(Fig. 1). 아미산층과 더불어 흑색사암류는 암반상태로 산출된다.

함장석각력사암대 : 이 대는 아미산 향사 및 웅천향사에 의해 4회 반복 분포하는데 성주지역에서 주로 함장석각력으로 구성되며 흑색셰일과 흑색사암(석재대상)이 협재한다. 함장석각력 사암은 분급이 매우 불량하고 기질은 세립에서 조립사까지 다양하게 혼재된다. 역은 대부분 장석각력이며 간혹 흑색셰일 암편과 원마도가 좋은 규암역을 함유하기도 한다. 장석각력의 크기는 다양하나 대체로 3~5 mm 내외이며 큰 것은 1cm 이상인 것도 있다. 본 함장석각력 사암은 급격한 퇴적상으로 보이며 드물게 깎고 메우기(scour and fill) 구조가 관찰된다(서해길 등, 1982).

현미경하에서 함장석각력 사암은 주로 석영과 장석립으로 구성되며 이들은 아각상의 형태와 봉합선 조식을 이루고 있다. 장석은 정장석, 미사장석, 퍼사이트 등이며 부분적으로 견운모화되었다. 교결물질은 견운모, 점토질 물질로 이루어졌고 이들 내에 재결정된 석영미립이 집합체로 나타난다.

본 대를 대상으로 한 석산이 타 지역에서는 확인되지 않으나 개화리 지역의 남포도폭 72, 73호 광구지역에서 3개소 확인된다.

역암대 : 이 역암대는 웅천 향사의 양익과 아미산 향사의 축부를 따라 3회 반복 분포한다. 성주지역에서 본 대는 주로 역암으로 구성되고 흑색사암(석재대상)과 흑색셰일이 협재한다. 역은 주로 원마도가 높은 규암이고 드물게는 사암과 셰일, 편마암역이 함유되는데 성

주리 지역에 비해 웅천-미산지역에서 셰일편의 함량이 증가하는 경향이 있다. 본 대는 특히 축변화가 심하며 곳곳에 깎고 메우기 구조가 관찰된다. 역암은 일반적으로 크래스트 우세조적이다. 본 대는 역암, 장석질 사암 혹은 역암, 장석질 사암, 셰일로 구성되는 수 개의 층서단위로 이루어지고 상향세립상(type of upward fining)이다(서해길 등, 1982).

성주지역에서는 이들 암석층서단위 상부에 탄층을 협재하는 예가 있으나 웅천-미산지역에서는 셰일의 협재빈도가 적을 뿐 아니라 탄층이 확인된 바도 없다. 이 대의 하한은 지역적으로 약간의 차이가 있는데 즉, 개화리 지역에서는 함장석각력사암대의 상부탄층 직하부에 협재되는 암회색 중립사암이 석재로서 채석되는데(석산 No.39) 이를 역암대의 하한으로 설정하였으며 기타지역은 함장석각력사암대의 상부탄층을 협재하는 사암과 셰일의 직상부에 오는 첫 번째 역암부터 이 역암대를 설정한 바 있다. 이 대의 상한은 직경 3cm 이상의 역을 다량 함유하는 역암까지로 하고 그 상부의 흑색 셰일, 사암, 직경 1cm 내외의 역을 함유하는 역암 등이 교호하는 층 중 흑색셰일을 백운사층의 하한으로 한 바 있다(서해길 등, 1980).

이 대의 사암층을 대상으로 채석되었던 석산은 2개소 뿐이었으나(남포도폭 62호 내 개화리 및 대천도폭 27호 내 남양면 백리), 개화리를 중심으로 확인되는 석산은 14개소에 달하고 있어(Fig. 1) 밀집상을 나타내고 있음이 특징적이다.

백운사층 : 성주리층과 함께 석산개발의 대상지층으로서 비교적 큰 규모의 기존 석산이 개화리, 성주리, 평리 지역에 밀집 분포해 모두 44개소가 확인되어 석재 자원 측면에서의 주요 지층으로 손꼽힌다(Fig. 1).

이 층은 성주리 지역에서 성주리 향심습곡에 의하여 타원형으로 분포되며 웅천향사 양익에 넓게 N40°E 방향으로 대상분포한다. 본 층을 지역별로 상부와 하부로 나누어 설명하면 다음과 같다(서해길 등, 1982).

웅천지역에서 본 층 하부는 역암, 사암(석재대상), 셰일을 단위로 하는 수조의 층서단위층으로 구성되고 상부는 셰일과 장석질 사암의 호층이나 셰일이 우세하다. 역암은 원마도가 높은 백색 규암역으로 구성되는데 소량의 사암역과 셰일편을 함유한다. 조계리층 역암에 비해 셰일편의 함량이 증가되고 역의 크기도 2cm 내외로 작은 편이다. 조계리층은 역암, 사암이 교호되거나 역암단위층의 층후가 두꺼운 반면 백운사층 하부는 셰일의 협재 빈도가 많으며 또한 역암단위층의 두께가 1~4m에 불과하다. 본 층 상부는 성주리 지역에서 주

로 세일로 구성되며 사암박층을 협재하나 본 역에서는 사암의 협재량이 증가한다.

성주리 지역에서 이 층 하부는 직경 1cm 내외의 역을 함유하는 역암과 중립~조립 알코즈~장석질 사암, 암회색 세립사암(석재대상) 및 세일 또는 실트스톤의 호층대이다. 본 층 상부는 세일대로서 흑색 실트스톤, 세립사암이 협재한다(서해길 등, 1980).

백운사층은 연구지역 동부에서 사암대와 호층대로 세분되는데(서해길 등, 1983), 사암대는 주로 조립질 사암(석재 대상암)으로서 역암과 세일이 협재한다.

사암대 상부는 내부침식면을 가지며 급격한 조직변화와 조립질에서 세립질 사암으로의 급한 암상 변화를 보이나 하부에서는 조직 입도변화가 점이적인 조립 및 세립질 사암이다. 협재된 역암 내에 함유된 세일편은 사암 내에도 산재되어 있다. 청양 및 부여도폭내 2개소에서 본 대를 대상으로 채석하였으나 소규모이며 초기단계에서 종료된 상태이었다.

호층대는 상기 사암대를 정합적으로 피복하며, 주로 이암 또는 세일로 구성되고 간혹 사암이 협재된다. 협재된 사암은 상향세립상을 보이며 하부단위층을 침식하기도 한다. 실트스톤, 세일에는 사엽리가 발달되기도 하고, 평행엽리를 갖기도 한다.

성주리층 : 성주리층은 전술한 백운사층과 더불어 기존 석산이 가장 많이 밀집 분포되어 있는 대표적 지층에 해당된다(Fig. 1).

주된 석산분포 지역은 수부리 지역으로서 대부분 핵석(corestone)을 대상으로 개발하여 원석생산의 주된 공급원이었다. 그러나 성주리 지역에서는 본 층을 대상으로 한 개발석산은 거의 없었음이 특징이다.

본 층은 웅천항사 축부를 따라 타원형으로 넓게 분포된다. 주로 역질 알코즈 중립~조립장석질 사암, 조립알코즈 사암(석재대상암)으로 구성되며 박층의 역암과 암회색 세일이 협재된다. 이 층 역암의 역은 대부분 원마도가 높은 2cm 내외의 것으로 규암이며 기질은 장석질 사암 또는 알코즈 사암이다. 본 층의 암석은 다량의 장석을 함유하며 풍화에 약하므로 대개 구릉상 저지를 형성하고 있음이 지형적인 특징이며 표토 발달이 양호하다(서해길 등, 1982).

현미경하에서 흑색사암은 주로 각형~아각형인 석영과 장석으로 구성되며 교결물질은 견운모, 녹니석, 흑운모, 백운모 등이다. 석영은 봉합선 구조를 갖는 단결정 및 복결정으로 나타나며 재결정된 석영미립이 기질부에 많이 발달된다. 장석은 정장석, 미사장석, 퍼다이트로서 부분적으로 견운모화 작용을 받고 있다.

이 층은 연구지역 동부에서 하부사암대, 호층대, 상부사암대의 3개 대로 다시 세분된다(서해길 등, 1983, 1984).

하부사암대 : 상향세립구조를 보이며 사암입자 크기의 변화가 다양하다. 이 대는 역암, 괴상 또는 평탄사층리를 보이는 사암, 평행엽리 및 사엽리를 갖는 세립질 사암, 실트스톤, 세일이 분포한다.

호층대 : 세립질 사암, 실트스톤, 세일로 구성되며 드물게 단층을 포함한다. 암색은 부분적으로 회색 및 갈색을 보이며, 평행엽리, 사층리 또는 사엽리를 갖는다. 본 대를 대상으로 채석한 채굴적은 확인된 바 없다.

상부사암대 : 주로 사암으로 구성되고 역암, 세일이 협재한다. 본 대는 상향세립상을 갖는 퇴적단위층으로서 단위층의 두께는 대개 8m 내외이다. 단위층은 역암 또는 역질사암과 사암(석재대상암), 이암 또는 세일로 구성되거나 역암 또는 세일과 사암으로 이루어진다. 역의 크기는 1cm 미만이며 역암은 대부분 기질우세조직을 보인다. 연구지역 동부에 위치하는 이 성주리층은 성주, 웅천지역에 비해 풍화도가 낮다. 이 상부사암대를 대상으로 5개소에서 가행되었으나 대체로 소규모이며 수부리 지역에 비해 숫적으로는 매우 열세이다.

3. 암종 및 암체별 석산현황

연구지역 내에서 확인된 기존 석산은 모두 167개소인데, 이중 흑색사암 석산은 140개소, 흑색세일 석산은 22개소, 토목공사용 석산은 5개소로 각각 나타난다. 상기한 흑색사암 석산 중 1개소는 연마재용의 사암을 대상으로 한다. 대상암종별 석산의 비율은 다음과 같다(Table 1).

흑색사암 대상암층은 아미산층, 조계리층, 백운사층 및 성주리층의 4개 암층으로, 각 암층별 석산 분포비율은 성주리층(42%)>백운사층(31%)>아미산층(14%)>조계리층(13%)의 순으로 나타난다. 아미산층은 분포면적에 비하여 석산 분포비율(14%)이 낮고, 조계리층은 아미산층에 비하여 분포면적이 협소한 반면, 석산 분

Table 1. Active and non-active quarries of black sandstone and black shale dimension stones.

Rock type	No. of quarries	%
black sandstone	140	84
black shale	22	13
black sandstone(for aggregate)	5	3
total	167	100

Table 2. Classification of active and non-active black sandstone quarries according to geologic formation.

Geologic formation	Quarry types		%
	Corestone type	Bedrock type	
Seongjuri Fm.	34	25	42
Baekunsa Fm.	23	21	31
Jogyeri Fm.	-	17	13
Amisan Fm.	-	20	14
total	57	83	100

포비율(13%)이 높다. 암반대상 석산은 4개 암층 내에서 비슷한 비율을 보이나, 핵석(corestone)대상 석산은 성주리층과 백운사층 내에 밀집하고 있다(Table 2). 이는 지형특성, 개발여건, 암체의 산상 등에 기인하는 것으로 사료된다.

또한 지역별 흑색사암 석산(암반 및 핵석대상)의 분포비율은 성주면 개화리(28%)>웅천읍 평리(26%)>웅천읍 수부리(14%)의 순으로 나타나며, 전체 석산 중 68%를 점유한다.

4. 흑색사암의 품질요건

연구지역 내에서 채석되는 흑색사암(black sandstone)은 그 용도가 주로 묘비석, 상석, 기념비로 사용되는데 흑색사암의 품질을 저하시키는 대부분의 요인은 퇴적암에서 관찰되는 퇴적구조이다. 이에 흑색사암 내의 규암역, 세일편을 함유하는 경우와 다양한 종류의 층리구조(cross bedding, graded bedding, cross ripple lamination)를 들 수 있으며 그 외 풍화작용에 의한 저급의 흑색도(low grade darkness)와 입도 및 색상의 불균일성 등이 석재로서의 품질을 저하시키는 요인으로 지적된다. 이와 같은 사항 중 특히 흑색사암 내에 규암역과 세일편이 함유되면 묘비석과 기념비의 용도로 사용이 곤란하게 되는데, 원석을 절삭가공한 후 연마면상에 각자(刻字)시 원이나 타원형을 이루는 규암역과 세일편이 연마면 상에서 이탈하여 구멍(hole)을 형성하기 때문이다. 또한 규암역, 세일편은 색상이 백색 및 흑색으로 연마면과 외관상 뚜렷이 대조되기 때문이다. 따라서 양호한 품질의 흑색사암류란 그 연마면 상에 글씨나 문양을 새길 경우 글씨나 문양의 요철부위는 회색내지 담회색을 보이는 반면 절삭가공된 평면은 흑색을 나타내어 육안식별이 용이한 품질요건을 구비한 사암류라야 한다. 연구지역 내 흑색사암류의 암색은 The Rock-Color Chart Committee(1948)에서 제안한 색도표에 의하면, medium dark gray, dark gray 및 grayish black의 영

역에 속한다. 이 지역 외 타 탄전지역에서 소량의 흑색사암류가 채석된 바가 있으나, 각자한 부위의 흑색도가 강하여 연마면과의 구별이 선명하지 않음에 단점인 것으로 알려져 있다.

또한 흑색사암류는 대리석과 같이 주로 실내 장식용으로 사용되지 않고 그 용도가 거의 실외용으로 사용되고 있다. 흑색사암의 일축암축강도는 백운사층 및 성주리층의 조립질암(5개 지역 평균값)이 1,823 kg/cm², 백운사층의 세립질암(2개 지역 평균값)이 2,192 kg/cm²로서 분류상 초경암(1,600~3,200 kg/cm²)에 속한다(Farmer, 1983; Hawkes and Mellor, 1970). 포천지역의 조립질 화강암류 및 강화지역의 세립질 화강암류(김선억 등, 1986), 전국의 대표적인 13개 지역의 대리석류(김선억 등, 1986), 그리고 흑색사암류의 압축강도를 상호 비교하면 다음과 같다. 대리석류(평균값: 987 kg/cm²)<포천지역 화강암류(1,305~1,515 kg/cm²)<흑색사암류(1,823~2,192 kg/cm²)<강화지역 화강암류(2,210~2,910 kg/cm²)의 순으로 나타난다. 흑색사암류의 압축강도는 실내외 장식용의 포천지역 화강암류보다는 높고, 묘석용의 강화지역 화강암류보다는 낮은 분포특성을 보이고 있다.

주구성광물의 조성비를 기준으로 한 Pettijohn(1975)의 사암분류에서 주대상 암체인 백운사층 및 성주리층의 흑색사암은 대체로 장석질 사암(arkose)에 속하며, 상호간 큰 차이점이 없다(김선억 등, 1987).

국내의 화강암류 석산에 비해 흑색사암류의 원석생산은 암층내의 심한 절리발달 및 채석대상암체가 성층암의 박층인 특성으로 인하여 생산원석 규격이 큰 제약을 받을 뿐만 아니라 개발 석산 분포지 또한 한정되게 마련이다. 즉, 석재로서의 흑색사암류 생산은 상기한 바의 여러 가지 품질조건을 구비하여야만 상품화될 수 있는 타종의 암석에 비해 보다 까다로운 석재자원

5. 흑색사암과 흑색세일의 야외산출상태

5.1. 흑색사암류

연구지역 내의 여러 채석단면 및 도로변에 노출된 사질암류 내에는 타 결정질 암석과 같이 이동량(displacement)이 없어 절리에 속하는 특징적인 열극발달이 관찰된다. 이러한 절리는 Fig. 2에서와 같이 비교적 일정한 방향성을 보이는 3 joint set(①②③)가 우세하며 이에 수조의 불규칙한 방향의 절리(Ⓜ)가 합쳐진 형태(ISRM, 1974)가 일반적이다. 이들 절리의 방향성과

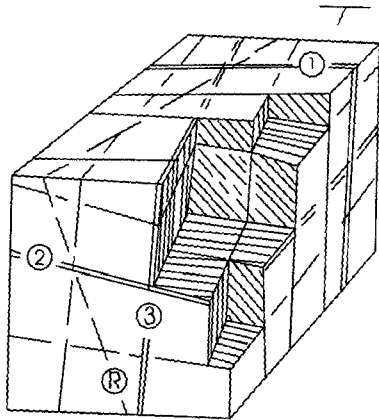


Fig. 2. Three joint sets of black sandstone formation.

간격 및 그 빈도에 따라 절리에 의해 분할된 암괴(joint block)의 형태는 대체로 능면체(rhombhedron), 육면체(cube) 및 불규칙상 등이다. 이들 절리의 간격은 대개 1m 미만이며 드물게 2~3m가 되는 경우도 있다.

흑색사암은 신선한 암반과 풍화작용의 결과로 생성된 핵석의 2가지 형태로 산출되며, 공히 채석의 대상이 되는데 화강암 석산에서는 볼 수 없는 흥미로운 차이점을 발견할 수 있다. 즉, 흑색사암 채석장에서는 화강암 원석과 같이 대규모의 암괴를 절단하여 규격품을 채석하는 것이 아니고 여러 조의 절리면간에 삽입되어 있는 소규모의 암괴를 채석하므로 원석의 크기, 형태, 채석량, 채석장의 규모에 있어 많은 차이점이 있다.

핵석(corestone) : 연구지역 내에서 많은 양의 흑색사암이 핵석의 형태로 채석되므로 흑색사암류 석재자원 측면에서도 매우 중요한 비중을 차지하는데 이의 생성원인은 다음과 같이 설명될 수 있다.

Fig. 2에서처럼 암체 내에 발달한 절리면을 따라 침투한 지표수나 지하수의 결빙에 의한 썩기작용(frost wedging)에 의하여 암석의 틈을 더욱 크게 하며 화학적 작용으로 장석, 흑운모 등을 풍화변질 점토광물로 변하게 하여 암석의 조직을 와해시킨다. 암석의 건조에 따른 수축과 온도의 상승에 의한 팽창, 이들 과정의 되풀이도 중요한 풍화작용의 요인이 된다. 이 같은 물리적 작용에 따른 암석의 세편화 및 약화현상은 침투된 물에 의한 표면적을 더욱 크게 하며 그 결과 풍화작용이 촉진되어 화학적 풍화작용은 보다 심부에 까지 미치게 된다. 또 화학적 풍화작용이 진행되면 암석의 공극률이 증대되어 암석의 질이 약화되어 물리적 풍화를 쉽게 받게 된다.

위와 같은 물리화학적 풍화작용의 결과 암석의 조직

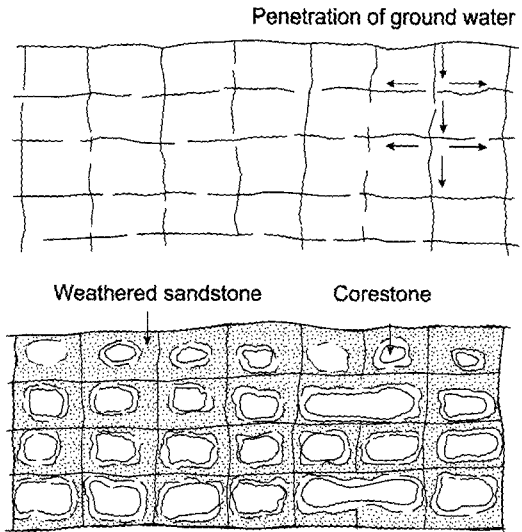


Fig. 3. Formation diagram of corestone.

을 유지한 채 풍화된 사질암의 기질(matrix) 내에 전혀 풍화를 받지 않은 부위가 원형 내지 타원형의 핵석으로서 남게 되는 경우가 있는데 이러한 부위는 heart of the block, the kernel, floater, boule, rock-kernel, core-boulder, corestone 등으로 불리며(Twidale, 1982), 연구지역 내에서 채석의 대상이 되고 있다.

결국 상기한 핵석의 생성은 2가지 요인에 기인하는 것으로 생각되는데 첫째로 사질암체 내의 직교절리조(orthogonal joint set)의 형성과 둘째로 절리면 부위에서만 풍화작용이 일어나는 차별풍화작용(differential weathering) 등이 복합적으로 작용하므로써 차별적인 열극규제 지표하 풍화작용(differential fractured-controlled subsurface weathering)에 의하여 생성된다고 볼 수 있다(Twidale, 1982).

이와 같은 형태의 풍화작용은 균질한 사암체를 핵석과 풍화토로 변형시킴으로서 풍화토는 쉽게 제거되어 비교적 풍화되지 않은 주위의 암체에 비해 지표면이 낮아져 구릉상의 저지대를 형성하며 구상체는 이동하지 못하고 생성된 원래 위치에 남게 된다(Fig. 3). 상기한 차별풍화작용은 원형상의 풍화작용(spheroidal weathering)의 예로서 핵석 형성의 주요인으로 작용한다(Twidale, 1982). 강풍화대의 핵석은 표면에 풍화대가 거의 없으나 약풍화대 내에서 산출되는 핵석은 두께 1~5cm의 동심원상 껍질(concentric shell)로 싸여져 있는 경우가 흔하다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 3절리조(3 joint set) 내에서의 전형적인 핵석의 발달양상은 기존 채석단면상에서도 확인된다. 본 핵석이 의

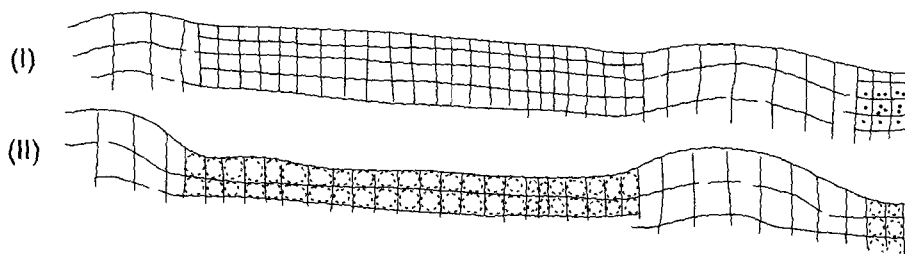


Fig. 4. Schematic diagram of Bornhardt by weathering and differential erosion.

래기원이 아님에 핵석과 주변의 풍화암을 관통하는 세 맥의 존재로서 알 수가 있다.

핵석의 부존 특성 : 채석장별로 흑색사암체의 풍화된 상태에 따라서 강풍화대와 약풍화대로 구분이 가능하다. 강풍화대의 채석장은 수부리 및 평리 지역에 주로 분포하며 대부분 핵석을 대상으로 채석하고 있다. 기타 약풍화대에 속하는 지역은 핵석을 대상으로 하지만 일부 풍화되지 않은 암반도 채석대상으로 삼고 있다. 연구지역 내에는 대체로 표토발달이 심하여 지표에 노출된 핵석은 극히 일부이며 대부분 지표 하부의 채석 단면상에서 가능하다.

국내에서 산출되는 핵석은 흑색사암류 뿐 아니라 전남 순천지역의 세립질 섬록암질암, 충남 보령지역의 세립질 흑운모화강암이 묘석용으로 채석의 대상이 된다. 화강암체 분포지역 내에서 주위의 구릉상 저지대 내에서 돔 형태의 솟아오른 지형을 보른하르트(bornhardt)라 한다(Willis, 1934). 차별적 열극규제 지표화 풍화작용과 차별침식에 기인하여 보른하르트 사이의 평탄화된 저지대는 상기한 지역과 같이 핵석 부존지역에 해당된다(Twidale, 1982). 연구지역에서는 대습곡구조의 향사부가 저지대를 형성하며 핵석이 분포한다(Fig. 4).

연구지역 내에서 산출되는 핵석의 형태는 주로 타원형을 이루며 드물게 어떤 종류는 구 또는 비스킷(biscuit)형을 이루기도 한다. 핵석의 크기 및 형태가 다른 것은 암체내 절리간격을 반영하며, 원래 단위 압괴의 크기보다 클 수 없으므로 최소한의 원래 절리의 간격을 의미한다. 채석단면상에서 확인되는 바, 절리간격이 좁은 부위에서 생성된 핵석은 크기가 작아 석재로서 이용가치가 적으며, 어떤 부위는 풍화작용을 심하게 받아 핵석이 전혀 생성되지 않은 부위도 있어 구상체의 부존예측이 용이치 않음을 알 수 있는데 이는 또한 채석실수를 면에도 큰 영향을 미친다.

풍화대 내에서 산출되는 핵석의 분포양상은 매우 불규칙하여 기존 채석장이 가장 밀집해 있는 수부리 지역에서도 특정 구역에서만 산출되며, 채석단면 상에서

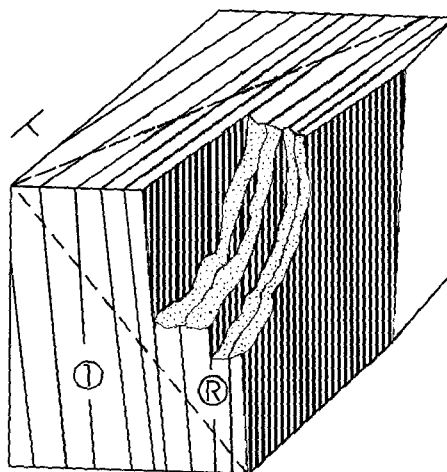


Fig. 5. One joint set of black shale formation.

도 배열상태가 다소 불규칙하여 산점상으로 분포하는 예가 많고 또 어떤 특정부위에서는 주향방향으로 대상 분포하는 사례도 있다. 이와 같은 이유는 암석 내 절리의 심도 분포가 불규칙한 경우에는 풍화 진행의 심도 분포, 즉, 풍화전선의 심도분포도 지표면과 관계없이 불규칙하기 때문일 것으로 보인다. 연구지역 내의 핵석 부존심도는 기존채석장에서 확인되는 바, 지하 5~10m 내의이며 지표부보다는 다소 하부에 부존된 경우도 많다. 핵석은 역질 사암대에서도 생성되나 역과 셰일편이 혼입되면 대부분 폐석으로 처리된다.

핵석이 부존되어 있어 채석대상이 되고 있는 지층은 대부분 성주리층과 백운사층이다. 이 중 성주리층 내에서 가장 많이 채석되었는데 이 같은 기존채석장은 수부리 및 평리지역에 밀집되어 있다. 백운사층을 대상으로 한 채석장은 주로 성주리 지역이나 채석장의 분포가 산점상이다.

5.2. 흑색셰일

흑색셰일층 내에는 대체로 Fig. 5에서와 같이 층리

면과 평행한 1 절리조(1 joint set)가 우세하며 이에 수조의 불규칙 절리(®)가 합쳐진 형태(ISRM, 1974)가 일반적인데, 암괴의 형태는 대부분 얇은 판상으로 산출된다. 따라서 불규칙 절리(®)의 산출빈도가 심하거나, 또는 풍화작용을 심히 받은 경우는 석재로서의 활용가치가 저하된다.

6. 채석형태의 유형

연구지역 내에서 확인되는 기존 흑색사암과 흑색셰일 석산은 화강암과 대리석의 석산에 비해 그 형태가 다양하고 특이하다. 이는 화강암과 대리석의 산출상태가 비교적 큰 암체로 산출되어 채석장형태가 단순하지만 가행대상 흑색사암의 경우는 주로 역암, 역질사암, 셰일대 내에 폭 1~10 m 내외의 박층으로서 대상분포하기 때문이다. 즉, 암상, 지질구조, 작업여건, 폐석장 및 야적장 확보 등의 제요소들이 채석장 형성을 지배하는 주요 인자로 작용하고 있는 것이다.

특히, 본 연구지역 내에는 대습곡구조가 발달하여 규모가 큰 채석장은 대체로 습곡의 날개(wing)에 해당되는 비교적 고지에 위치함이 특징적이며 층리의 경사도는 35~85°로서 이는 채석작업에 유리한 조건으로 작용하기도 한다.

기존 채석장에서의 채석방법은 대부분 노천채굴법을 채택하고 있는데 크게 보아 일반적인 형태인 경사면 채석법과 계단식 채석법으로 나눌 수 있다. 그리고 채석대상인 사암의 산출양상은 암반과 핵석의 2 가지 형태로 2 대별되지만 채석장 형태에는 큰 차이가 없으며, 대부분 지형과 관계된 채석여건에 좌우되어 주향의 평행방

향으로 채석한 경우와 수직방향으로 채석한 2가지 경우로 대별된다. 셰일은 거의 주향방향으로 채석되고 있다.

흑색사암 대상 채석장은 개화리, 성주리, 수부리 및 평리 지역 그리고 흑색셰일 대상 채석장은 도화담리 지역에 많이 분포한다. 이들 지역 내에서 확인되는 채석장의 형태도(김선익 등, 1987)는 Fig. 6에 제시하였으며, 이에 따른 채석장 산출 형태별 분류를 Table 3에 정리하였다.

6.1. 흑색사암 채석장 유형

Fig. 6의 채석장 A는 개화리 및 대창리 지역에서 각각 1개소씩 확인되는데 주 채석대상 흑색사암 폭은 5 m 미만으로서 야적장 확보 및 작업여건에 규제되어 주향의 수직방향으로 진입로를 개설한 후 주향의 평행방향으로 채석작업이 진행되어 전체적인 채석장의 형태가 “ㄱ” 자형으로 형성되어 있음이 매우 특이하다.

채석장 B, C, D, K, I, L은 1개조의 흑색사암층을 대상으로 채석한 경우인데, 사암채석장 형태에 있어 가장 일반적인 양상으로서 기본형이라 할 수 있다. 채석장 B, C, D는 암상 및 채석장 규모에 따라 채석한 경우인데 각기 형태에는 큰 차이점은 없다. 이외의 여러 형태의 채석장은 모두 이들의 복합형으로 볼 수 있다.

채석장 E는 상단 및 하단에 각각 1개소의 채석장을 개설하여 동일 층준의 사암체를 계단식으로 채석한 경우인데, 이는 채석대상 사암층의 연장성이 양호할 뿐 아니라 상단에 작업장을 개설할 수 있는 지형적 조건을 구비했을 때 가능한 형태이다. 채석장 E의 경우 상단에 위치한 채굴적은 대개 하단의 채굴적보다 채석량과 규모면에서 소규모임이 일반적인데 개화리 및 성주

Table 3. Morphological classifications of black sandstone and black shale quarries.

Rock type	Occurrence	Direction of quarrying	No. of quarrying strata	Method of quarrying	Quarry
Black Sandstone	Bedrock	parallel to strike	1	incline bench	A, B, C, D E
			2	incline bench	F G
		vertical to strike	1	incline bench	H, I, K -
			2	incline bench	J -
	Corestone	vertical to strike	1	incline	L
		parallel or vertical to strike	2	step	M
Black Shale	Bedrock	parallel to strike	1	step	N
		parallel to strike	1	incline tunnel	O
					standard type of black shale quarry

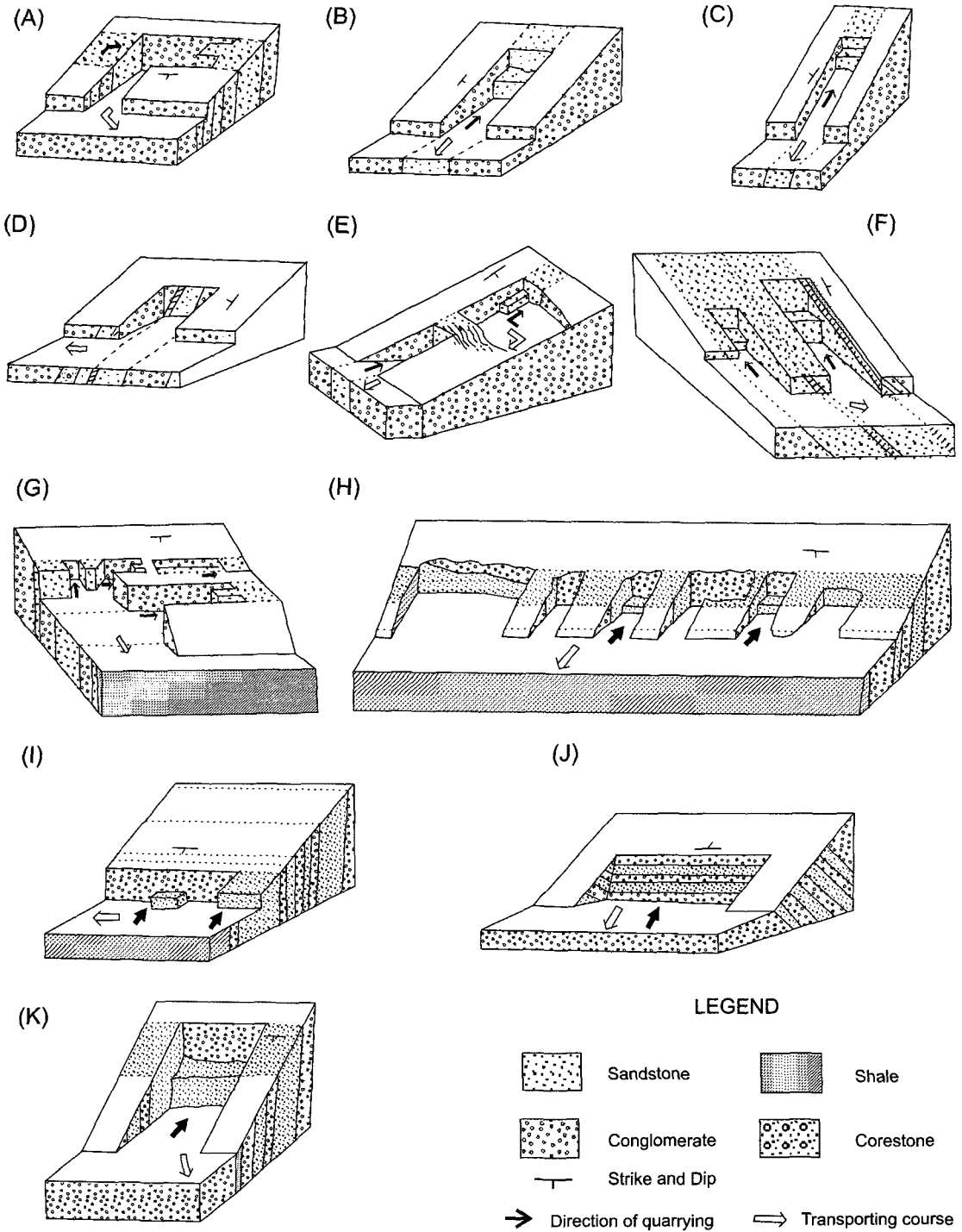


Fig. 6. Types of black sandstone and black shale quarries in the Boryeong area.
 A~G: Fresh rock body of black sandstone(quarrying parallel to strike direction), H~K: Fresh rock body of black sandstone(quarrying vertical to strike direction), L~M: Corestone type of black sandstone, N~P : Black shale type.
 A, B, C, D, E, F and G : Baekunsa Formation, H, I and K : Jogyeri Formation, J, L and M : Seongjuri Formation, N, O and P : Amisan Formation.

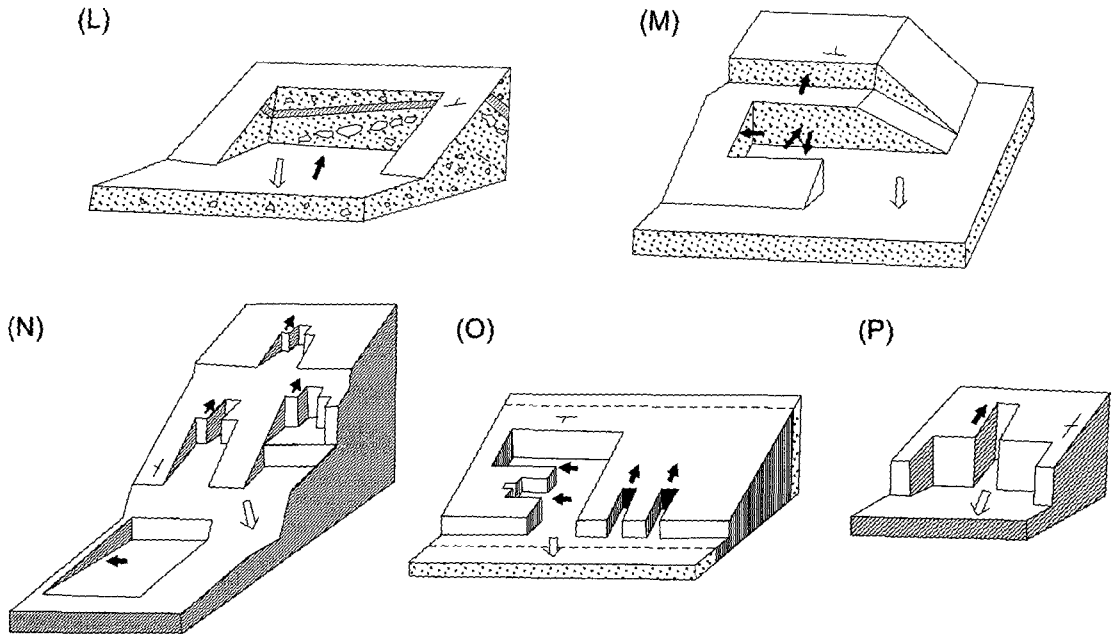


Fig. 6. Continued.

리 지역에서 확인된다.

채석장 F, G는 인접한 2개조의 사암을 채석한 형태로 개화리 지역에서 확인되는데 흔하지 않는 경우이다.

채석장 H는 개화리 지역에 위치하는데 규모가 가장 큰 곳으로 연장 약 400 m, 폭 12 m의 동일암층을 대상으로 주로 주향의 수직방향으로 채석한 경우이다. 11개소의 단일 채굴적이 연속적으로 인접해 위치하는데 채석장 A, K의 복합형으로 볼 수 있다.

채석장 J는 사암과 역암의 호층대 내에서 채석한 곳인데, 사암층의 폭이 1 m 미만으로서 채석작업의 초기 단계에서 휴광된 경우이다.

핵석 대상의 채석장은 채석장 D, L의 형태가 일반적이는데 드물게 채석장 M의 형태도 관찰된다.

6.2. 흑색세일 채석장 유형

채석장 N, O는 세일대상의 채석장 형태를 도시한 것이다(Fig. 6). 채석장 N은 세일채석장의 기본형이라고 할 수 있는 채석장 P의 복합형으로서, 전체적인 채석장 형태는 계단식으로 간주될 수 있다. 본 채석장은 폭 30~50 m 규모의 세일대 내에서 암질이 양호한 특정 부위를 선별적으로 채석하는 경우인데, 채석방향은 대부분 주향과 일치한다. 채석장 O는 채석장 N과 크게 다를 바 없으나 특정부위를 터널식으로도 채석함이 특징적이다.

7. 석산별 대상암체

연구지역내 흑색사암과 흑색세일의 석산은 162개소가 분포하지만 대체로 소규모이며, 채석 중이거나 또는 채석한 흔적이 있는 석산은 62개소 정도이다. 이들과 석산별 행정구역과 채석대상암체의 층후, 해당지층명 및 주향/경사, 흑색사암류의 산출양상(핵석 또는 암반), 입도와 색상, 석산의 규모, 채석단면상에서 확인되는 절리의 형태 및 방향성 등에 대한 세부사항을 기술하였으며(김선익 등, 1987), 그 내용은 다음 Table 4와 같다.

석산은 충남 보령시 성주면 개화리 및 성주리, 웅천면 평리, 수부리, 마산면 도화담리에 주로 분포하며 그의 기타지역에도 분산 분포하는데, 채석대상암체는 대동계의 아미산층, 조계리층, 백운사층, 성주리층의 4개 지층이 공히 채석대상이 되지만, 이 중 특히 백운사층과 성주리층에 부존되어 있는 흑색사암층이 주채석대상 암층이 되고 있다.

가행대상이 된 흑색사암층의 층후는 1~50 m의 범위를 보이는데 층후 10 m 미만의 사암체가 주로 채석대상이 되고 있다. 따라서 연구지역 내에서 암질이 양호할 경우 해당사암체의 층후가 5~9 m 정도이면 채석 측면에서 볼 때 중간범위의 암체로 간주되고 있음을 엿볼 수가 있었다. 개화리 지역에서 퇴적층의 측면화

Table 4. Descriptions of black sandstone and black shale quarries.

Quarry no.	District	Geologic formation	Occurrence			Type			Quarry(dimension)			
			thickness (m)	strike/dip	grain size	color	bedrock	conestone	width (m)	height (m)	length (m)	shape
1	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	4	N8~10°E 4862°NW	coarse	black	○		6	17	15	A
2	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	4	N5~10°E 55~60°NW	medium	black	○		10	8	10	
3	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	2~2.5	N10°W 70°SW	medium~ coarse	black	○		10	20	70	E
4	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	512	N8°W 60°NW	medium	black	○		13	20	70	
5	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	6~7	N10°W 60°NW	coarse	black	○		30	30	100	
6	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	3~14	N8°W 60°NW	coarse	black	○		20	15	40	
7	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	2~5	N8°W 65°NW	coarse	black	○		15	20	30	F
9~11	Boryeong-si Seongju-myeon Gaehwari	Baekunsa Fm.	2~10	N10°W 60°NW	coarse > coarse	black	○				small scale	B
12	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Baekunsa Fm.	3	N8°W 61°NW	coarse	black	○		10	10	20	D
13	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Baekunsa Fm.	3~7	N8°W 60°NW	coarse	black	○		15	10	20	G
14	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri & Baekunsa Fm.	2~5	N14°E 54°NW	coarse	black	○					C
16, 17	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	1~3	N15°W 58°NW	coarse	black	○				small scale	
19	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	2.5~5	N22°E 46°NW	coarse	black	○		815	810	1020	
20	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	4~5	N22°E 36°NW	coarse	black	○		20	20	10	
22	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	5~8	N27°E 50°NW	coarse	black	○		10	10	90	
23	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	10	N24°E 60°NW	coarse	black	○		10	10	40	
24	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	10	N30°E 65°NW	coarse	black	○		40	15	40	
25	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	3~6	N28°E 48°NW	coarse	black & pale bluish gray	○		7~15	5~15	10~20	
26	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	1.5	N32°E 55°NW	coarse	black	○		4~6	6~10	12~15	
27	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Seongjuri Fm.	3~5	N32°E 60°NW	coarse	black	○		6~13	4~15	6~30	
28	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Baekunsa Fm.	0.5~2	N34°E 70°NW	coarse	black	○		10	5~7	30	J
29*	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Baekunsa Fm.	15~20	N45~50°E 45~50°NW	very fine	black	○		20	15	50	
30	Boryeong-si Ungcheon-eup Pyeongri	Jogyeri Fm.	2.5~3	N42°E 40°NW	coarse	black	○				small scale	

*black shale quarry

Table 4. Continued.

Quarry no.	District	Geologic formation	Occurrence				Type			Quarry(dimension)		
			thickness (m)	strike/dip	grain size	color	bedrock	conestone	width (m)	height (m)	length (m)	shape
31	Boryeong-si Ungcheon-eup Sooburi	Seongjuri Fm.	3~6	N55°E 28°SE	coarse	black	○	○	20	25	40	M
32	Boryeong-si Ungcheon-eup Sooburi	Seongjuri Fm.	5	N58°E 32°SE	coarse	black	○	○	25	15	30	L
34	Boryeong-si Ungcheon-eup Sooburi	Seongjuri Fm.	2~10	N40°E 38°NW	coarse	black	○	○	5~30	5~20	10~20	
35	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	30	N40°E 48°SE	medium	black	○	○	50	20	30	
36	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Jogyeri Fm.	6	N68°E 70°NW	coarse	black	○	○	15	7	12	
37	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Jogyeri Fm.	5~8	N38° 65°NW	coarse	black	○	○	10	10	90	
38	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Jogyeri Fm.	10	N24°E 60°NW	coarse	black	○	○	10	10	40	
39	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Jogyeri Fm.	10	N42°E 58°NW	coarse	black	○	○	40	15	40	
40	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	3~6	N28°E 48°NW	coarse	black	○	○	7~15	5~15	10~20	
44*	Boryeong-si Misan-myeon Dohwadamri	Amisan Fm.	50	N10~12°E 52~82°NW	very fine	black	○	○	40	15	15	N
45*	Boryeong-si Misan-myeon Dohwadamri	Amisan Fm.	20	N6~12°E 80~82°SE	very fine	black	○	○	20	20	30	O
46	Buyeo-gun Oesan-myeon Mansuri	Amisan Fm.	4~50	N40~58°E 85~88°NW	coarse	black	○	○	5~10	6~10	10~20	P
51*	Boryeong-si Misan-myeon Yongsuri	Amisan Fm.	10~20	N20~30°E 85~88°NW	very fine	black	○	○	10	15	20	
53*	Boryeong-si Myeongcheon-dong	Amisan Fm.	5~8	N20~30°E 60~70°NW	very fine	black	○	○	10	19	25	P
54	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	5	N40~50°E 40°SE	coarse	black	○	○	10	20	20	
55	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	2~8	N46~56°E 48~54°SE	fine coarse	black	○	○	15	25	50	
56	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	2~10	N36~54°E 20~28°SE	medium coarse	black	○	○	10	10	50	
57	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	2~10	N8~12°W 56~60°SW	coarse	black	○	○	10~15	30~50	30~60	
58	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Baekunsa Fm.	4~15	N14°E 88°SE & N36°W 38°SW	fine coarse	black	○	○	20~30	15~50	20~60	
59	Boryeong-si Seongju-myeon Seongjuri	Jogyeri Fm.	2~6	N40~60°E 70~80°SE	coarse	black	○	○		small scale		
60	Buyeo-gun Oesan-myeon Samsanri	Amisan Fm.	5	N50~60°W 70~80°SW	coarse	black	○	○		small scale		
61	Cheongyang-gun Namyang-myeon Baekgunri	Jogyeri Fm.	5	N50~60°E 40~50°SE	coarse	black	○	○		small scale		
62	Buyeo-gun Oesan-myeon Hwasongri	Seongjuri Fm.	1~2	N10~20°E 50~60°SE	coarse	black	○	○	15	10	40	

*black shale quarry

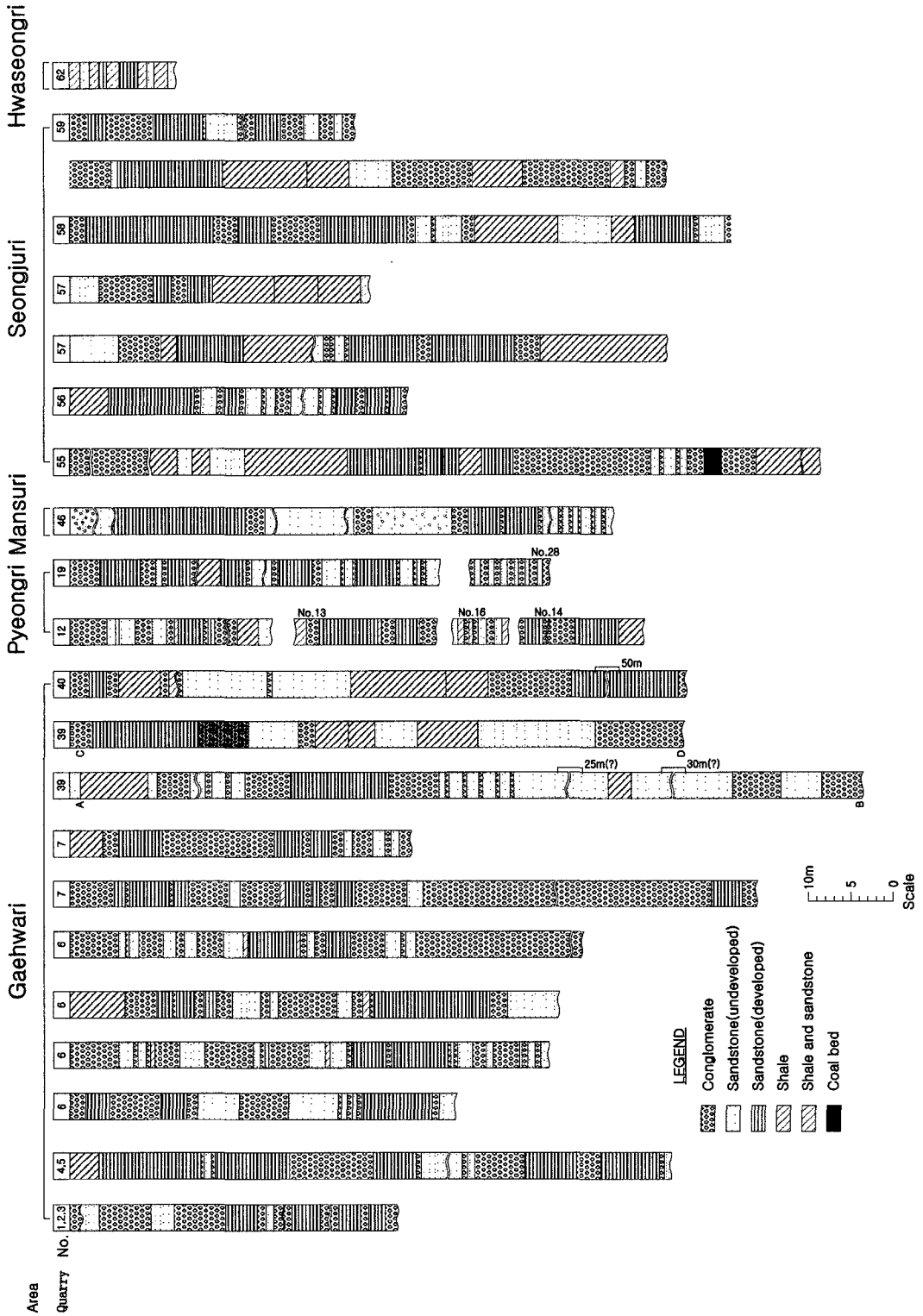


Fig. 7. Geological columnar sections of black sandstone quarry sites.

에 의하여 약 50m의 층후를 보이는 부위도 있는데 이러한 경우는 흔치 않은 예이다(석산 No. 40).

가행대상 세일의 층후는 대체로 5~50m의 범위를 보인다. 채석대상암체의 주향은 대부분 NE 방향이며 습곡구조의 날개(wing)부에 많은 석산이 위치(평리 및 개화리지역)하는데 대상암체의 경사도는 급하여 거의 수직에 가까운 곳도 관찰된다. 이같이 채석대상 암층의 급경사도는 채석작업조건에 유리한 지질구조적 요인으로도 작용된다.

흑색사암류 석재의 입도는 대체로 조립질이며 거의 흑색계통의 색상을 보이는데 부분적으로는 담녹회색인 경우도 확인된다.

채석단면상에서 관찰되는 절리의 형태는 3 joint sets(흑색사암류), 1 joint set(흑색세일)가 우세하며 불규칙 형태를 보이는 곳도 수개소 관찰된다. 원석의 크기를 결정함에 있어 주된 요인으로 작용하는 절리의 간격은 7단계(S1~S7)로 세분되는데(ISRM, 1981), 연구지역의 채석단면상에서 관찰되는 일반적인 절리의 간격은 보통 간격(moderate spacing, S4)에 속하나 일부는 넓은 간격(wide spacing, S5)에 해당되는 곳도 관찰된다.

기존 채굴적의 규모는 채석대상 암층의 층후, 연장, 암질, 지형적 여건에 규제되어 다양한데 폭 4~40m, 높이 5~50m, 길이 6~60m의 범위를 보인다.

54개 광구 내의 162개 흑색사암 및 흑색세일 석산 중 많은 수의 석산이 개발초기 단계에서 종료된 경우가 많음을 볼 수 있었는데, 이는 채석과정에서 암체 내의 절리발달로 인하여 석재로서 사용가능한 규격품 원석채취가 불가능한 경우가 대부분을 차지하며, 그 외의 원인으로는 흑색사암체 내에 역 또는 세일편(interclast)이 개재되는 경우와 층리면을 따라 1~2cm 두께로 줄무늬를 이루는 철분함유대 존재 또는 암체 내부의 풍화변질암상에 따른 저급의 흑색도 등을 그 요인으로 꼽을 수 있다.

지역별로 대표적인 개개 석산에서 확인된 채석대상 흑색사암 및 흑색세일의 층후는 다음과 같다. 흑색사암의 층후는 1~4m인 경우가 46%, 5~9m가 39%, 10m 이상이 15%를 각각 차지하여 10m 미만인 전체의 85%이다. 흑색세일의 전체적인 층후는 15~450m이며, 암질이 양호한 특정부위의 층후는 5~50m이다. 석산 No. 44, 45에서는 층후 2~3m의 양질대가 대상이 된다. 이를 뒷받침하고 내용을 명시하기 위하여 지질주상도를 작성하였다(Fig. 7).

8. 결 론

국내 유일의 흑색사암 및 흑색세일 산출지역인 충남 탄전 일대는 남포, 대천, 청양, 부여 도폭에 해당된다. 4개 도폭 내에서 선정된 주요 54개 대상광구 중, 37개 광구 내에서 흑색사암 석산이 140개소, 흑색세일 석산이 22개소 확인되었다.

흑색사암 대상암층은 아미산층, 조계리층, 백운사층 및 성주리층의 4개 암층으로, 각 암층별 석산 분포비율은 성주리층(42%)>백운사층(31%)>아미산층(14%)>조계리층(13%)의 순으로 나타난다. 한편 흑색세일 대상암층은 대부분 아미산층이며, 일부 백운사층, 조계리층 역암대도 포함된다.

흑색사암의 산출양상은 암반 및 핵석으로 구분되며, 암반대상 석산은 4개 암층 내에서 비슷한 분포비율을 보이나, 핵석대상 석산은 성주리층과 백운사층 내에 밀집하고 있다. 지역별 흑색사암 석산(암반 및 핵석대상)의 분포비율은 성주면 개화리(28%)>웅천읍 평리(26%)>웅천읍 수부리(14%)>기타지역(32%)의 순으로 나타나며, 전체 석산 중 68%를 점유한다.

흑색사암의 암색은 담회색(medium dark gray)~회흑색(grayish black)의 영역에 속한다. 백운사층 및 성주리층의 세립질~조립질 흑색사암은 일축압축강도가 1,820~3,200 kg/cm²로서 강도 분류상 초경암(1,600~3,200 kg/cm²)에 속한다.

흑색사암 석산의 유형은 암상, 지질구조, 작업여건, 폐석장 및 야적장 확보 등의 제요소들이 채석장 형성을 지배하는 주요 인자로 작용하며 그 형태가 다양하다. 한편 흑색세일 석산의 채석방향은 대체로 주향과 일치하며, 특정부위를 터널식으로도 채석한다.

62개 석산별 대상암체의 층후, 지층명 및 주향/경사, 산출양상(핵석 또는 암반), 입도와 색상, 석산의 규모, 절리의 형태 및 방향성 등에 대한 자료를 정리 종합하여 관련 분야에 활용토록 하였다.

참고문헌

- 김선억, 윤현수, 김유동, 박용순, 이춘오, 이병태, 김영범, 이병태, 김경수 (1986) 화강석류 석재자원조사연구. 한국동력자원연구소, KR-86-2-16, p. 7-230.
 김선억, 박덕원, 김철주 (1986) 대리석류 석재자원조사연구. 한국동력자원연구소, KR-86-2-16, p. 231-341.
 김선억, 박덕원, 김철주 (1987) 흑색사암류(오석)석재자원조사연구. 한국동력자원연구소, KR-87-23, 109p.
 서해길, 김동숙, 박석환, 박정서, 배두중, 유양수, 이도영,

- 이창범, 임순복, 장윤환, 조민조 (1980) 충남탄전(I), 성주지역, 석탄자원조사보고서 및 지질도(1/10,000). 제2호, 자원개발연구소, p. 1-30.
- 서해길, 김동숙, 이창범, 배두중, 조민조 (1982) 충남탄전(II), 웅천, 미산지역, 석탄자원조사보고서 및 지질도(1/10,000). 제4호, 한국동력자원연구소, 39p.
- 서해길, 김동숙, 배두중 (1983) 충남탄전(III), 홍산, 내산지역, 석탄자원조사보고서 및 지질도(1/10,000). 제5호, 한국동력자원연구소, 34p.
- 서해길, 김동숙, 배두중, 이영화 (1984) 충남탄전(IV), 외산, 사양지역, 석탄자원조사보고서 및 지질도(1/10,000). 제6호, 한국동력자원연구소, 29p.
- 이돈영, 유양수, 강기우, 예종근, 유병화 외 10인 (1974) 충남탄전정밀지질조사보고서. 상공부·(주)동아응용지질콘설탄트, 50p.
- Farmer, I. (1983) Engineering behaviour of rocks. Chapman and Hall, 208p.
- Hawkes, R. D. and Mellor, M. (1970) Uniaxial testing in rock mechanics laboratories. Eng. Geol., 4, p. 177-285.
- ISRM (1974) On standardization of laboratory and field tests. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr, Vol. 15, p. 334-360.
- ISRM (1981) Suggest method for the quantitative description of discontinuities in rock mass. ISRM Suggest method, Pergammon Press, p. 3-52.
- Pettijohn, F. J. (1975) Sedimentary rocks. Harper & Row Publishing Company, 628p.
- The rock-color chart committee (1948) rock-color chart.
- Twidale, C. R. (1982) Granite landform. Elsevier Scientific Publishing Company, p. 93-136.
- Willis, B. (1934) Inselbergs. Assoc. Amer. geogr. Ann. 24, p. 123-129.

2004년 9월 8일 원고접수, 2004년 11월 3일 게재승인.