

컬러코어스캐너 기법에 의한 금광상 배태 현황 및 성인연구

현혜자* · 황덕환

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

A Study of Gold Deposits and Genesis by Using Color-corescanner

Hye-Ja Hyun* and Duk-Hwan Hwang

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

It is very important that analysis of textures in rock, the moving of hydrothermal solution along the structures, epithermal vein textures, mineralization and composition minerals to confirm the hydrothermal ore deposits and ore genesis. The purpose of this study is to confirm the gold mineralization and ore genesis through the moving of hydrothermal solution along the structure lines and epithermal vein textures by using Color-corescanner techniques. The three drilling hole cores of Sunshin Gold Mine in Haenam area in Jeonnam Province were into a digital image data. Digital image data of gold bearing epithermal vein textures were analyzed detailly by Color-corescanner. There are several epithermal vein textures, namely Comb texture, Cavity texture, Bladed texture, Zonal texture, Brecciated texture and Combined texture. Gold mineralization is dominated in vein type textures, but high grade gold are embedded in brecciated texture. Ore genesis is epithermal gold deposit. This Color-corescanner techniques can cover the missing part of the examine with the naked eye, and can examine closely the situation of ore deposit development and genesis by detail checking the textures in rock, mineralization and so on.

Key words : Color-corescanner techniques, drilling hole core, digital image data, epithermal vein texture, examine the naked eye

금광상에서 암석의 구조, 구조선에 따른 열수의 이동, 천열수 맥 구조, 광화작용상태 및 구성광물등을 정밀하게 분석하는 것은 광상의 배태현황, 천열수에 따른 열수광상의 성인을 확인하는 데 매우 중요하다. 따라서, 본 연구의 목적은 컬러코어스캐너 기법에 의해 구조선에 따른 열수의 이동 및 천열수 맥 구조 등에 대한 정밀한 정보를 통해 금광 배태상황과 성인을 연구하는 데 있다. 컬러코어스캐너 기법은 전남 해남지역 순신 금광산에서 천공된 3개 시추공의 시추코어 전체를 디지털 영상자료(digital image data)화하였다. 디지털 시추코어자료에서는 금이 배태하는 여러 형태의 천열수 맥 구조가 정밀하게 분석되었다. 즉, 빗살구조형, 정동구조형, 엽편상구조형, 각력구조형, 누대구조형 및 혼합구조형 등이다. 또한, 금광상 배태는 대부분 맥상체 형태의 구조들에 많이 배태하나 고품위의 금광은 각력상 형태의 구조내에 많이 배태하고 있음이 특징적이다. 금광상의 성인은 전형적인 천열수 금광상이다. 컬러코어스캐너 기법에 의한 디지털 시추코어 영상자료는 육안관찰에서 빠뜨린 부분을 다시 볼 수 있고, 반복해서 관찰 할 수 있기 때문에 암석내에 발달하는 구조상태 및 광상의 배태 현황 및 광상의 성인을 규명하는데 매우 유익하다고 판단된다.

주요어 : 컬러코어스캐너 기법, 시추코어, 디지털 영상자료, 천열수 맥 구조, 육안관찰

1. 서 언

시추코어에 대한 연구가 지금까지는 주로 육안관찰, 부분적인 현미경관찰 그리고 화학분석이 전부였다. 시

추코어도 광체부분만 분석하고 대부분 폐기하였다. 특히, 시추코어 전반에 대한 상세한 연구가 없이 간단하게 로깅(logging)을 하고, 또한 간단한 자료조치도 체계적으로 정리보관이 되지 않아 같은 지역을 다시 시추

*Corresponding author: hyun@kigam.re.kr

탐사 하는 경우도 많다. 한반도에는 약 2,000여개의 금 광산들이 탐광과 개발되었으며, 이 중에서 남한에는 1,841개(사금광산 38개 포함)의 금 광산이, 북한에는 347개의 금 광산이 분포하는 금 광산 보유지이다(금광 산 요람, 1982). 이러한 금 광산을 위시하여 금속 및 비금속광상의 배태현황 및 성인을 규명하기 위하여 주로 지표 노두조사, 광상조사, 쟁내조사, 시추탐사 등 육안관찰을 통해 수행되어 왔고, 또한 특정시료에 대해서는 현미경관찰도 병행하여왔다(황덕환, 1998; 서정률, 1997). 육안관찰의 경우 시간적인 소요와 관찰자의 주관적인 해석이 야기될 수 있었다. 현미경관찰도 어떤 부분의 시료를 채취하느냐에 따라 편협된 결과가 나올 가능성을 배제하기 어렵다. 이에 반하여 컬러코어스캐너에 의한 디지털 영상자료는 시추코어 전체를 디지털화하여 300%-500% 확대하여 정밀히 관찰할 수 있게 되었다(현혜자와 김중열, 2004; Hyun and Kim, 2004; Hyun, 2005).

시추코어에 대한 연구는 주로 암맥 및 엽리 발달상태, 풍화내지 변질정도 및 구성광물을 관찰하는데 활용하여왔다. 앞으로는 디지털 시추코어자료를 이용하여 육안관찰에서 빠뜨린 부분을 다시 반복해서 관찰하고 암석내에 발달하는 구조상태, 변질대 양상, 열수용액의 이동방향, 광화작용의 형태, 구성광물 등을 규명함으로 광상의 배태 현황 및 광상의 성인을 규명하는데 매우 유익하다고 판단되므로 이 분야에 집중하여 연구할 예정이다. 더 나아가 컬러코어스캐너에 의한 디지털 영상자료는 새로운 광체를 찾는데 필요한 기준들을 마련하는데도 유익하다고 판단된다.

금번 연구에는 금광을 실제로 개발생산하고 있는 전라남도 해남군 황산면 부곡리에 위치하는 순신(은산)금 광산에서 시추 탐사한 EN006, EN030 및 EN033호 시추공을 중심으로 시추코어를 전량 컬러코어스캐너를 이용하여 암석내의 구조, 열수용액의 이동, 변질대 양상, 광화작용, 구성광물 등을 연구하여 금광상의 배태양상 및 성인을 규명하고자 한다.

2. 컬러코어스캐너 기법

컬러코어스캐너(Color-corescanner) 기법은 코어 표면을 광학적으로 측정하고 동시에 디지털 기록 처리함으로써 암반의 성상을 그대로 복원하여 데이터 베이스(data base)화함은 물론 그로부터 지질학적 및 지질구조학적 분석의 효율성을 극대화할 수 있는 하나의 첨단 기술이다(현혜자 외, 2003, 2004, 2005). 코어스캐

너에 대한 착상 및 그에 따른 기본 하드웨어(hardware) 및 소프트웨어(software)는 이미 수년전 독일 DMT-GeoTec에서 개발된 바 있으며 그 이후 한·독 공동연구를 통하여 측정 장치의 내구성 및 운용의 효율성은 물론 분석기법의 다양성에 이르기까지 독보적인 연구결과를 도출하였다.

2.1. 근본원리

컬러코어스캐너 측정시스템은 크게 ①코어를 회전하게 하는 모터, ②코어를 측정하여 DSP(Digital Signal Processing)처리하는 CCD(전하 결합소자) 라인 카메라(line camera), ③모터제어 인터페이스와 카메라 인터페이스를 내장하여 데이터를 저장하고 동시에 영상화하는 PC 시스템으로 구성되어 있다(Fig. 1). 코어는 고무로 피복된 두 개의 플라스틱 봉 사이에 물려서 일정한 속

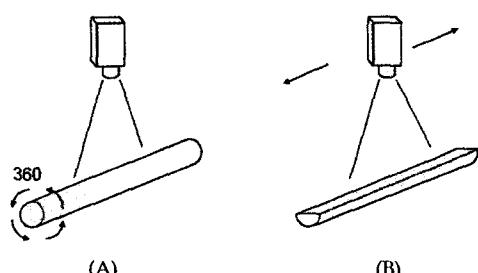


Fig. 1. Outlook of Color corescanner measuring system.
The cores are rotated about their longitudinal axis on a specially made mechanical system and they are scanned by a digital line-scanning camera. Rotation of the core is registered by means of an incremental rotary position transducer and a new line is scan ned every time the circumference rotates by an increment of 0.2mm(A) and camera performs movement along core, slabbed core fixed(B).

도로 회전된다. 이 때 회전장치의 제한된 규격으로 인하여 코어의 총 연장은 최대 1m이며 코어의 직경은 40 mm~150 mm 범위 내에서 측정 가능하다. 본 시스템에서 측정을 위한 컬러 카메라(color camera) CCD RGB(Red Green Blue) 라인센서(linear sensor)의 분해능은 코어의 직경이나 길이에 관계없이 최대 20 pixels/mm(0.05 mm)에 달하고 있다. PC에 내장된 측정 운영 소프트웨어(DIGICORE)는 MS-windows NT상에서 가동되고 있으며 그의 주된 기능은 코어 길이의 실측화에 따른 제반조정, 측정제어, 코어 이미지 교정(예: 명암, 초점화, 색깔) 및 데이터 관리(비트맵 형태(bitmap format) 저장, 영상화 및 도면화 등)이다.

2.2. 디지털 시추코어 측정법

DIGICORE에 의해 코어를 측정하는 방식은 “전개형 방식(unrolled mode)”과 “절단형 방식(slabbbed mode)”로 차별화 된다.

2.2.1. 전개형 방식(unrolled mode)

전개형 방식은 코어(최대 길이 약 1000 mm, 최대 코어 원주 40 mm~150 mm)를 일정속도로 회전하는 동안 디지털 측정함으로써 코어 표면 전면을 복원하는 측정 기법을 의미한다. 광학적인 이미지 왜곡을 최소화하기 위해 전개형 방식의 기본 측정구간(코어 길이)은 약 330 mm이다. 따라서, 약 1 m 코어를 측정할 경우에는 코어가 연속적으로 새 차례나 회전하게 된다. 이러한 연속 측정은 비록 코어 회전속도와 코어 상단-렌즈간 거리(평균 약 425 mm)가 측정 운영 소프트웨어에 의해 적절히 조정되고 있으나, 코어 원주방향(shift 교정) 및 코어 길이방향(overlap)에 다소의 편차를 유발하게 된다. 이에 대한 교정은 DIGICORE에 의해 쉽게 이루어진다.

전개형 방식은 컬러코어스캐너의 주된 기능이다. 여기서는 무엇보다 코어를 재정돈하는 과정이 불가피하기 때문에 그로 인해 코어의 유실이나 심도들에 대한 정보를 재확인할 수 있는 기회가 주어지게 된다(Fig. 2(A)). 즉, 코어 표면은 우선 말끔하게 닦여진 후 그들은 다시 수 m에 달하는 코어정돈틀 위에 놓여 보다 체계적이며 일관성을 띤 코어 배열을 가능하게 함으로써 대단히 바람직한 코어 자료를 얻게 되는 것이다.

2.2.2. 절단형 방식(slabbbed mode)

코어스캐너가 개발되기 이전에는 코어 성상 내지 구성성분을 제대로(실측에 따라) 파악하기 위하여 흔히 코어를 길이에 따라 절단한 후 그 단면을 대상으로 여

러 가지 분석이 이루어졌다. “절단형 방식”은 바로 상기 고정된 코어단면을 단순히 카메라를 일정 속도 이동함으로써 연속적으로 디지털 측정하는 측정기법으로써 그의 기능은 모든 암석 박편 복원에도 쉽게 응용된다. 특히, 금속광산 시추코어일 경우에 코어를 절반으로 절단하는 것이 구조선이나 변질대, 광화작용 및 구성광물 등을 관찰하는데 유리하다(Fig. 2(B)). 이 때 고정된 상부 표면의 최대 폭은 300 mm이며 그의 최대 길이는 약 1000 mm에 달한다. 절단형 방식(slabbbed mode) 이미지는 데이터 분해능 측면에서 전개형 방식의 것과 대등하다. 단지 코어의 성상이나 구성 성분 분석이 흥미 대상이 된다면 굳이 절단형 방식을 위해 코어를 별도로 절단하는 준비과정은 불필요하다고 할 수 있다.

상기 코어 이미지는 세 단계의 데이터 분해능 즉, 5 pixels/mm, 10 pixels/mm, 20 pixels/mm에 대해 각각

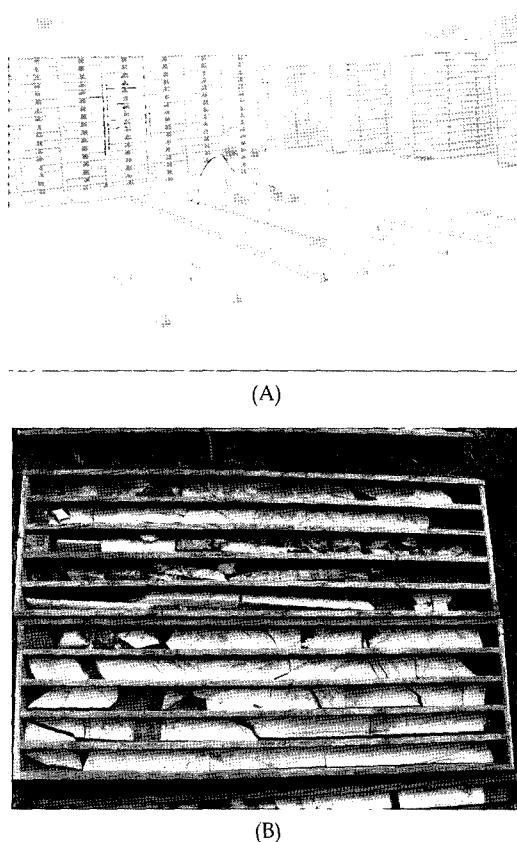


Fig. 2. Core arrangement in drilling core storage(A) and slabbed core of Sunshin mine(B).

얻을 수 있으며 여기서 선정된 각 분해능은 단지 렌즈 교환에 의해 얻어질 수 있다. 최대 분해능 코어 이미지는 16배 돌보기 기능을 잠정적으로 갖고 있으며 항상 영상화 될 수 있음과 동시에 분석을 위해 테이터베이스화되고 있다. 분석자료에 의하면 대부분의 경우 분해능 5 pixels/mm 이미지로써도 분석(예 : 성분 식별 및 분포)을 위한 훌륭한 자료가 되고 있으며 이 때 그의 데이터양은 코어 직경 약 52 mm, 코어 길이 약 1000 mm에 대해 약 14Mbyte에 달하고 있다. 다음은 순신(은산)광산의 EN006, EN030 및 EN033호 시추코어를 중심으로 디지털 코어자료로부터 상세히 분석할 수 있는 천열수 맵 구조형태에 대해 연구하고자 한다.

3. 순신(은산)광산의 천열수 맵 구조형태, 금광상 배태 및 성인연구

3.1. 지질 및 광상

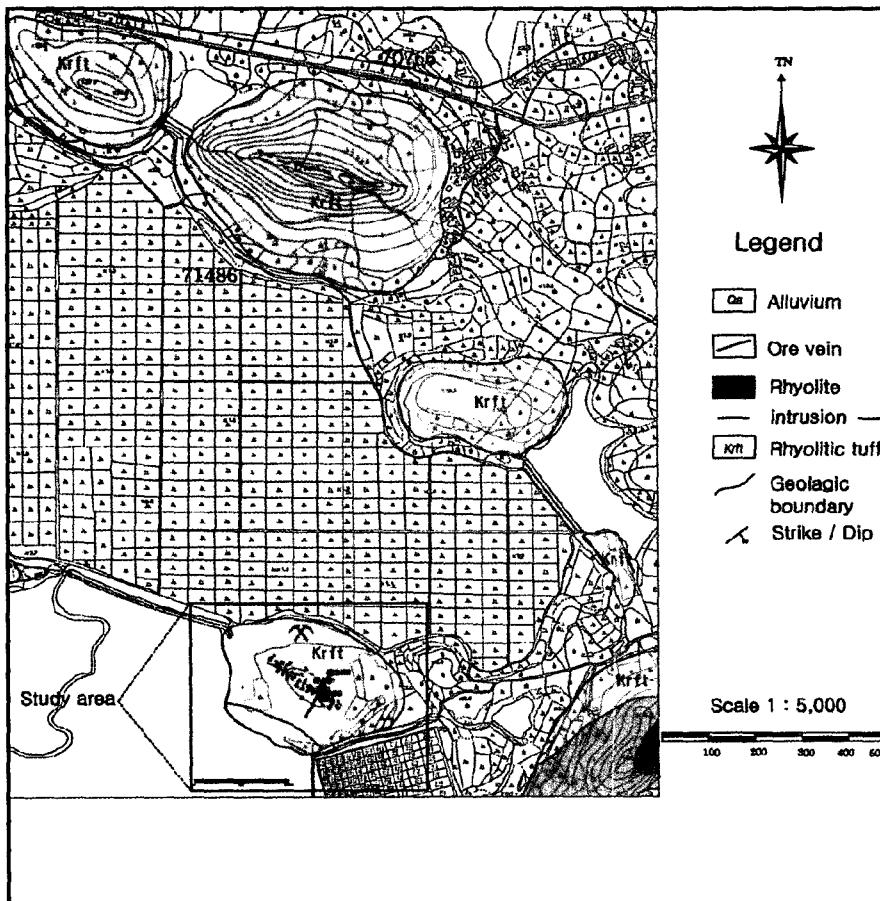


Fig. 3. Geological map of Sunshin mine area.

본역의 지질은 중생대 백악기 유천층군의 화산암류인 응회암류와 이를 부정합으로 피복하는 화산각력암 그리고 이들을 후기에 관입한 유문암으로 구성된다(Fig. 3; 대한광업진흥공사, 2005).

광상은 응회암류내에 발달된 NW계열의 구조선을 따라 충진한 함금은석영맥으로 대체적인 주향, 경사는 N60W, 70~75° NE이며, 맥 폭은 노두에서 수mm-1.3 m이나 석영맥은 석영세맥으로 분지되는 양상을 보여주며 여러 개의 맥으로 발달하고, 연장노두상에서 단속적으로 600여m 확인된다. 구조선을 따라 여러 형태의 변질양상을 보여주고 변질대를 구성하는 광물로는 석영, 방해석, 칼세도니(chalcedony), 황철석, 고령토, 견운모, 녹나석, 갈철석, 적철석 등이다. 광상은 이들 변질대 내 및 주변에 발달하여 금을 배태하는 황동석, 황철석등 을 함유한 석영맥으로서 전형적인 천열수금광상이다.

3.2. 디지털 시추코어 연구

순신(은산)광산은 과거 IVANHOE MIMES와 KOREAN EXPLORATION INC.에 의해 많은 시추 탐사가 수행되어 왔다(Fig. 4 and Fig. 5, IVANHOE MIMES, 2001). 이중에서 주 광체맥이 탐사된 EN006, EN030 및 EN033호 시추공들에 대한 시추코어를 중심으로 컬러코어스캐너 연구를 통해 변질대 양상, 천열수 맥 구조 등을 규명함으로 금광상 배태 현황 및 성인을 규명하고자 한다.

3.2.1. 시추탐사

공내지질은 퇴적암질옹회암, 유분암질옹회암류(석영 안산암질옹회암, 화산력옹회암 등) 및 암맥으로 구성된

다. 퇴적암질옹회암은 이토, 실트(미사) 입도의 입자들로 이루어지며 이들은 유수의 작용에 의하여 저변에 엽층이 잘 발달한다. 또한 엽층을 따라 다량의 황철석이 놓집되는 구간이 확인된다.

유분암질옹회암류는 입도상 세립질, 라필리 및 각력 질옹회암으로 구분되며 각력질옹회암은 주로 상부에 발달하고 있다. 라필리옹회암은 본질암편과 이질암편이 혼재되어 발달되며, 본질암편이 용결되어 이그님브라이트(ignimbrite)를 형성하기도 한다. 암맥은 회, 담회색 등을 띠며 기질부는 치밀견고하며 소량의 장석반정을 포함한다.

금광상은 변질대내 또는 그 주변부에 황동석 및 황철석과 함께 맥상체와 광염상으로 배태한다. 각 시추

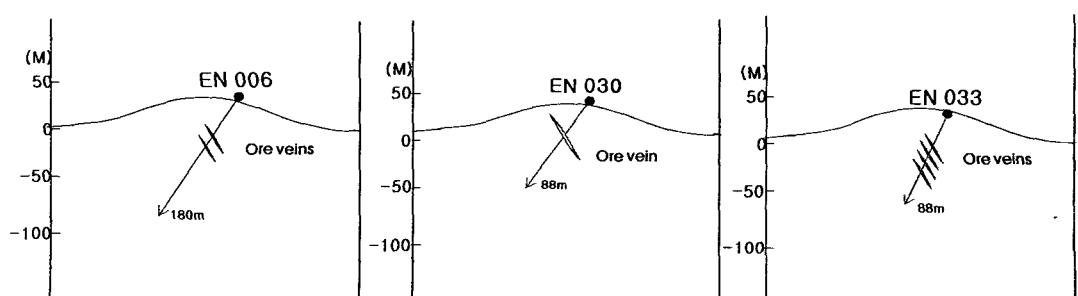
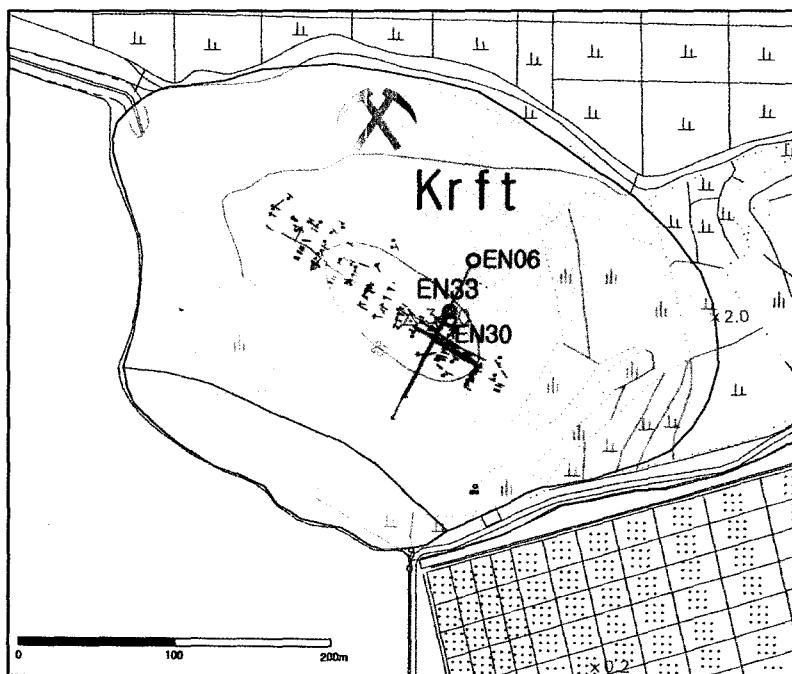


Fig. 4. Drilling hole site and drilling section map of EN006, EN030 and EN033 drilling holes in Sunshin mine area (IVANHOE MIMES, 2001).

Table 1. Gold ore zone and ore grade of EN006(A), EN030(B) and EN033(C) drilling hole.

(A)

Sample No.	Length (m) from	Length (m) to	Core length (m)	Au (ppm)	Ag (ppm)	Description
K033865	70.0	71.0	1.0	3.56	6	
K033866	71.0	71.5	0.5	13.90	77	
K033867	71.5	72.0	0.5	7.88	408	dacitic tuff, strongly silicified.
K033868	72.0	72.7	0.7	1.66	231	
K033869	72.7	73.0	0.3	2.44	225	
K033870	73.0	73.2	0.2	1.89	15	
K033871	73.2	74.0	0.8	5.04	62	dacitic tuff, strongly brecciated. lapilli
K033872	74.0	75.0	1.0	2.52	175	tuff or pebble conglomerate are interbedded.
K033873	75.0	75.4	0.4	6.90	9	partly mudstone is silicified.
K033874	75.4	76.0	0.6	5.44	639	quartz-pyrite-calcite veins are developed.
K033875	76.0	76.5	0.5	4.12	570	
K033877	76.8	77.1	0.3	3.68	455	
K033895	91.9	92.3	0.4	1.42	2	lapilli tuff, fine grained siltstone.

(B)

K44629	28.0	29.0	1.0	11.82	612	
K44630	29.0	29.6	0.6	40.09	2767	quartz-pyrite-acanthite vein, width of shear zone is more than 80cm.
K44631	29.6	30.0	0.4	4.26	978	

(C)

K45050	25.0	26.0	1.0	1.40	2	dacitic ash tuff.
K45053	26.5	27.3	0.8	1.02	1	
K45054	27.3	28.1	0.8	8.72	7	hydraulically brecciated dacitic ash tuff, quartz vein shear zone.
K45056	28.9	29.5	0.7	1.60	2	
K45066	37.0	38.0	1.0	7.96	182	dacitic ash tuff, tuffaceous siltstone.
K45079	48.3	48.8	0.5	228.92	1152	hydraulically brecciated dacitic ash tuff, quartz-calcite veins and
K45080	48.8	49.5	0.7	7.16	372	quartz shear zone. electrum be found.
K45086	53.2	54.2	1.0	6.82	854	quartz-calcite-pyrite-acanthite veins are strongly brecciated.
K45088	54.7	55.1	0.4	2.06	239	
K45090	55.6	56.6	1.0	6.06	772	hydraulically brecciated dacitic ash tuff, quartz-calcite-pyrite-
K45095	59.8	60.4	0.6	2.40	260	acanthite veins are developed.

공에서 금광(Au 품위, 1 ppm이상)이 쟁액된 구간과 품위는 Table 1과 같다.

EN006호 시추공에서는 13개의 시료, EN030호 시추공에서는 3개의 시료 및 EN033호 시추공에서는 11개의 시료에서 1 ppm이상의 금이 확인되었다.

시추코어 분석결과 지표노두에서 확인되는 2개의 금광체의 심부 연장이 확인되며 또한 소규모의 세백들이 발달되고 있음이 확인되었다. 그리고 컬러코어스캐너 연구에서도 변질대와 금광상의 배태현황이 명백하게 규명되고 있다. 특히 고품위의 금이 확인된 구간과 품위를 보면 EN030 시추공 29.0-29.6 m 구간에서 금 40.09

ppm, 은 2767 ppm 및 EN033 시추공 48.3-48.8 m 구간에서 금 228.92 ppm, 은 1152 ppm 등 고품위의 금이 배태하고 있음이 확인되었다. 금광은 대부분 맥상체로 배태하지만 고품위의 금은 각력암 타입으로 배태하는 것이 특징이다.

본 순신(은산) 금광상의 성인은 응회암내에 발달하는 구조대를 따라 열수용액이 주입되고 심하게 파쇄작용을 일으키고, 또한 이를 파쇄대를 따라 열수변질작용을 일으키고 이 변질대내에 또한 주변에 유용한 금광상을 배태시킨 전형적인 천열수금광상이다.

Fig. 5. Logging map (A) EN006 drilling hole.

Fig. 5. (continued) (B) EN030 drilling hole.

3.2.2. 천열수 맥 구조

순신(은산)왕선의 금의 배태현상은 천열수 맥 구조와 직접적인 관련성이 있다. 1차적으로 응회암내에 구조선이 발달되고 그 구조선을 따라 열수용액이 주입되었고, 이 열수용액은 구조선내 또는 주변 모암보로에

열수변질작용을 일으키고 석영, 황철석, 흉동석 등 금을 함유한 광석광물을 광염상 및 세맥상으로 배태시킨 변질대를 형성하였다(Fig. 6). 변질대내의 구조활동은 수 차례에 걸쳐서 진행되었음이 캔터리코어스캐너연구(300~500% 확대)에서 확인된다. 변질대를 구성하는

Hole No.	EN 033		Mine	Sunshin(Eunsan)			Location	Bugok-ri Hwangsan-m Haenam-g Jeon-nam			
Altitude	27.27ML		Direction angle	70°			Planning depth	88m		Completed depth	88m
Core recovery	91.0%		Period	2001			Mine owner	IVANHOS MINES		Investigator	
Depth(M)	Logging section	Rock name	Rock's hardness	Color	Dip	Width (m)	Real width	Level	Description		Core length (m)
-25		<p>ⒶⒷⒸ ore body & alteration zone △ v △ v v △ v △ △ v △ v△ v △ v v△ v △</p> <p>① ore body △ v △ v v △ v △ △ v △ v</p> <p>② ore body △ v △ v</p> <p>③ ore body ~△ ~△ △ ~△ ~△ ~△ ~△</p> <p>④ ore body</p>	<p>tuff medium</p> <p>tuff medium</p> <p>tuff medium</p> <p>tuff medium</p> <p>tuff medium</p>	<p>dark gray dark gray dark gray dark gray dark gray</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p>5 2.5 10 1.2 3.7 3.4 3.2 1.0</p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p></p> <p></p> <p></p> <p></p> <p></p>	<p>Ⓐ 25.0-26.0m Ⓑ 26.5-28.1m Ⓒ 28.9-29.5m</p> <p>Ⓓ 37.0-38.0m</p> <p>Ⓔ 48.3-49.5m</p> <p>Ⓕ 53.2-54.2m Ⓖ 54.7-55.5m Ⓗ 55.6-56.6m</p> <p>Ⓛ 59.8-60.4m dacitic lothic to ash tuff.</p>	<p>4.6</p> <p>2.3</p> <p>0.9</p> <p>3.4</p> <p>3.1</p> <p>2.9</p> <p>0.9</p>	BQ
-30											
-35											
-40											
-45											
-50											
-55											
-60											
-65											
-70											
-75											
-80											

Fig. 5. (continued) (C) EN033 drilling hole.

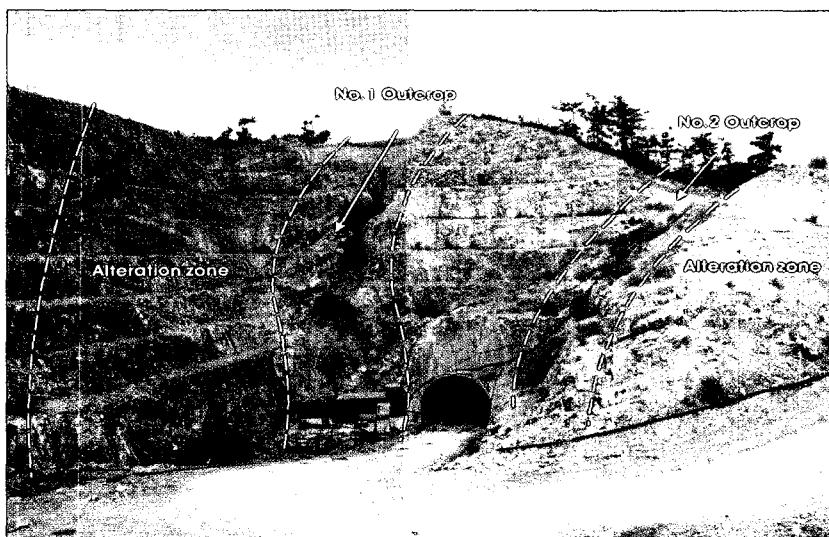


Fig. 6. Alteration zone and outcrop in Sunshin mine.

광물로는 석영, 방해석, 칼세도니(chalcedony), 황철석, 흥동석, 방연석, 섬아연석, 고령토, 일류미나, 견운모,

녹니석, 녹렴석, 갈철석, 적철석 및 망간 등이다. 천열수 맥 구조(Epithermal vein texture)는 다양하

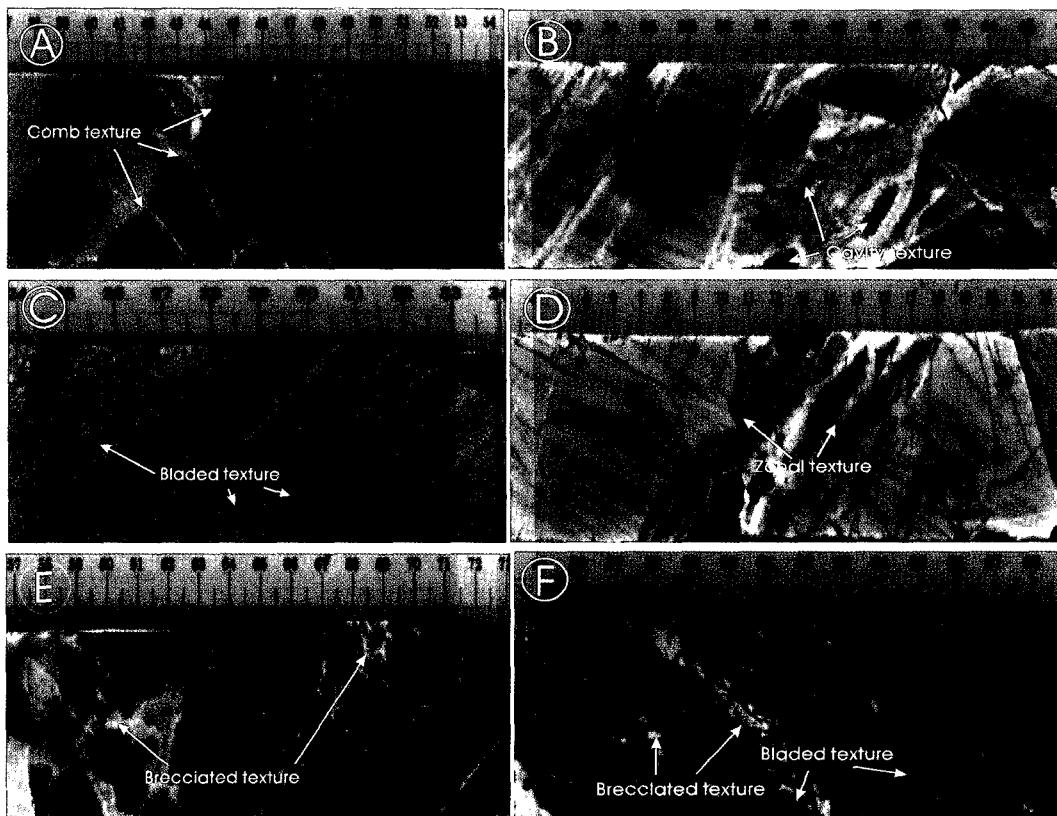


Fig. 7. Epithermal vein texture shape analysis by using Color-corescanner digital image data. A; Comb texture of EN006 drilling hole core (300% enlargement), B; Cavity texture of EN030 drilling hole core (300% enlargement), C; Bladed texture of EN006 drilling hole core (300% enlargement), D; Zonal texture of EN030 drilling hole core (300% enlargement), E; Brecciated texture of EN006 drilling hole core (300% enlargement), F; Combined texture of EN006 drilling hole core (300% enlargement).

며 고해상 디지털 시추코어 분석에 의한 외형상 분류는 대체로 6가지로 구분할 수 있다. (1)빗살구조형(Comb texture; Fig. 7A), (2)정동구조형(Cavity texture; Fig. 7B), (3)엽편상구조형(Bladed texture; Fig. 7C), (4)누대구조형(Zonal texture; Fig. 7D), (5)각력구조형(Brecciated texture; Fig. 7E), (6)혼합구조형(Combined texture; Fig. 7F) 등이다.

3.2.3. 변질작용과 천열수 맥 구조 상태 분석

컬러코어스캐너 기법을 통해 생성된 디지털 코어 이미지 자료를 분석한 결과 육안관찰이 어려운 변질작용과 광화작용에 따른 맥 구조 상태를 300%로 확대하여 정밀하게 분석할 수 있었다. 변질작용 상태 분석결과는 구조선을 따라 열수용액이 주입되고 냉각되면서 석영을 결정형태로 정동벽에 정출시키고, 석영맥이 형성되었다. 열수용액으로 인하여 주변 모암이 변질되었다

(Fig. 8A). 여러차례의 구조작용이 있었고, 다른 시기의 구조선을 따라 천열수 맥이 배태되고 있다(Fig. 8B).

동시에, 누대구조와 빗살구조형을 포함하여 여러 형태의 변질구조형에 따라 변질작용과 광화작용이 일어나 황철석 등이 광염 및 맥상으로 배태되고 있음이 관찰되고 있다(Fig. 8C). 이러한 구조선을 따라 고품위의 금(electrum)이 배태되기도 한다(Fig. 8D).

3.2.4. 금광상 배태

금광상은 변질대내 또는 그 주변부에 금을 함유한 황동석, 황철석 및 기타 유화광물들이 맥상 또는 광염상으로 석영맥과 함께 배태된다. 이러한 광화작용은 단 1회에 형성되기도 했지만, 대부분은 여러 차례에 걸친 구조운동과 변질작용을 거쳐 여러 번 반복되었음을 컬러코어스캐너연구(300% 확대)를 통해 확인할 수 있었다. 각 시추공에서 금광(Au 품위, 1ppm이상)이 착맥

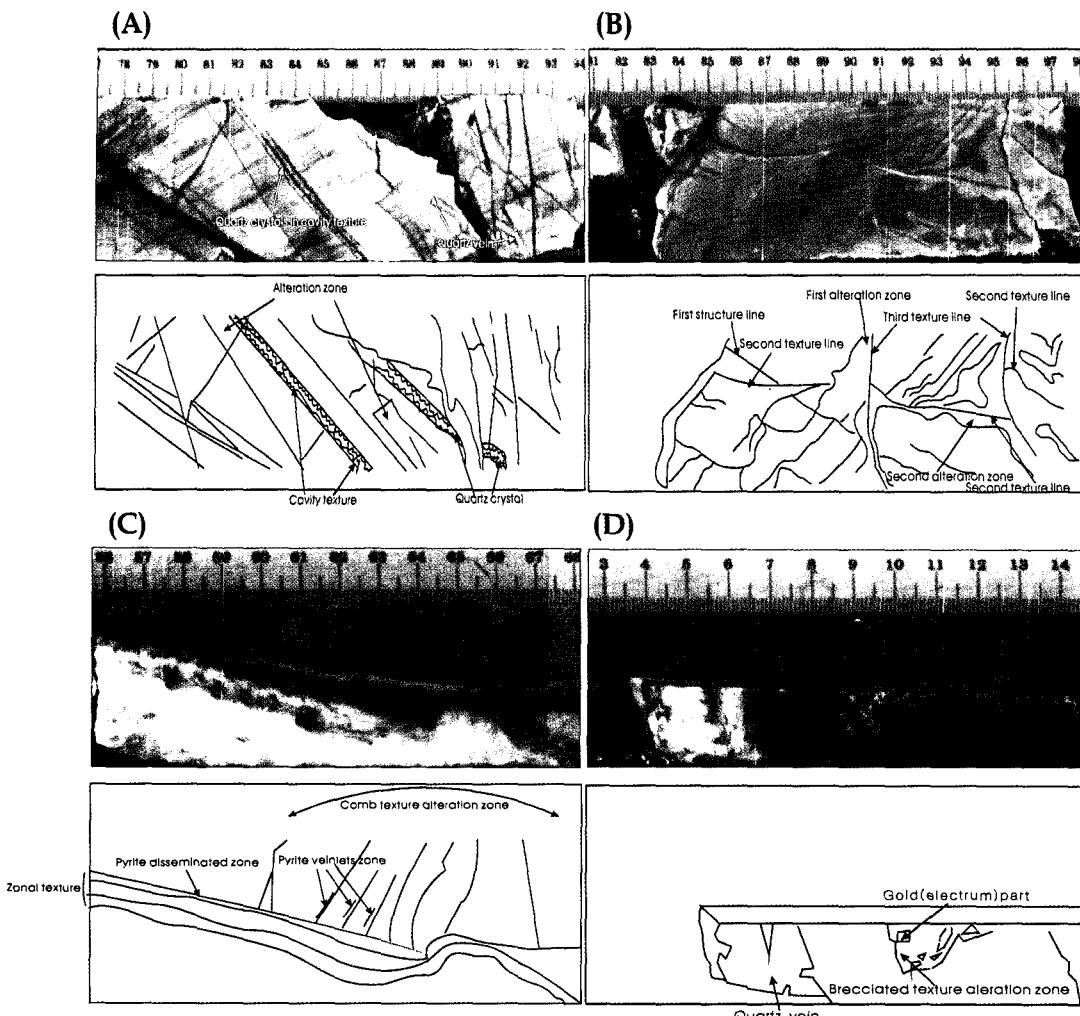


Fig. 8. (A) Alteration zone along the texture line. Ore solution passed along the texture lines and formed alteration zone of cavity texture and quartz veins, (B) Repeated texture movement and alteration activity. There are several times texture movement and alteration activities were broke out during alteration time, (C) Pyrite mineralization in zonal and comb texture alteration zone, (D) Gold deposit in brecciated texture alteration zone. Gold(electrum) can be found in brecciated texture alteration zone by using Color-corescanner with 300% enlargement.

된 구간과 품위도 표시하였다(Fig. 9). 디지털 코어자료에서 관찰되는 것처럼 금광석은 천열수 맥 구조를 따른 각 변질대 내에 석영맥과 함께 배태하는 것이 특징이고, 여러차례의 구조 운동과 변질작용에 따라 다양하게 금이 배태하고 있음이 관찰된다. 금은 여러 천열수 맥 구조에서 즉, 빗살구조형, 정동구조형, 엽편상구조형(Fig. 9H), 각력상구조형(Fig. 9B, D, E, F), 누대구조형(Fig. 9C, G) 및 혼합구조형(Fig. 9A, E) 전체에 걸쳐 관찰된다. 구성광물은 횡동석, 황철석, 병연석, 섬아연석, 적철석 및 갈철석 등이다. 시추코어 전체는 컬러코어스캐너(Color-corescanner)를 사용하여 디지털

영상자료화(digital image data)되고 확대(300-500%)하여 시추코어를 정밀하게 분석하기 때문에 임식내의 구조, 구조선을 따른 변질작용의 외형을 통해 보여주는 열수의 이동, 여러형태의 맥 구조들, 광석광물의 구성, 여러차례 반복된 구조운동, 변질작용 그리고 광화작용을 규명하는데 유용한 기법이라 사료된다. 금광상의 배태는 대부분 맥상체 형태의 구조들에 많이 배태하나 고 품위의 금광은 각력상 형태의 구조내에 많이 배태하고 있음이 특징이다.

Fig. 9에서 컬러코어스캐너를 이용하여 관찰되는 정 보들은 상세한 여러형태의 천열수 맥 구조 광상의 배

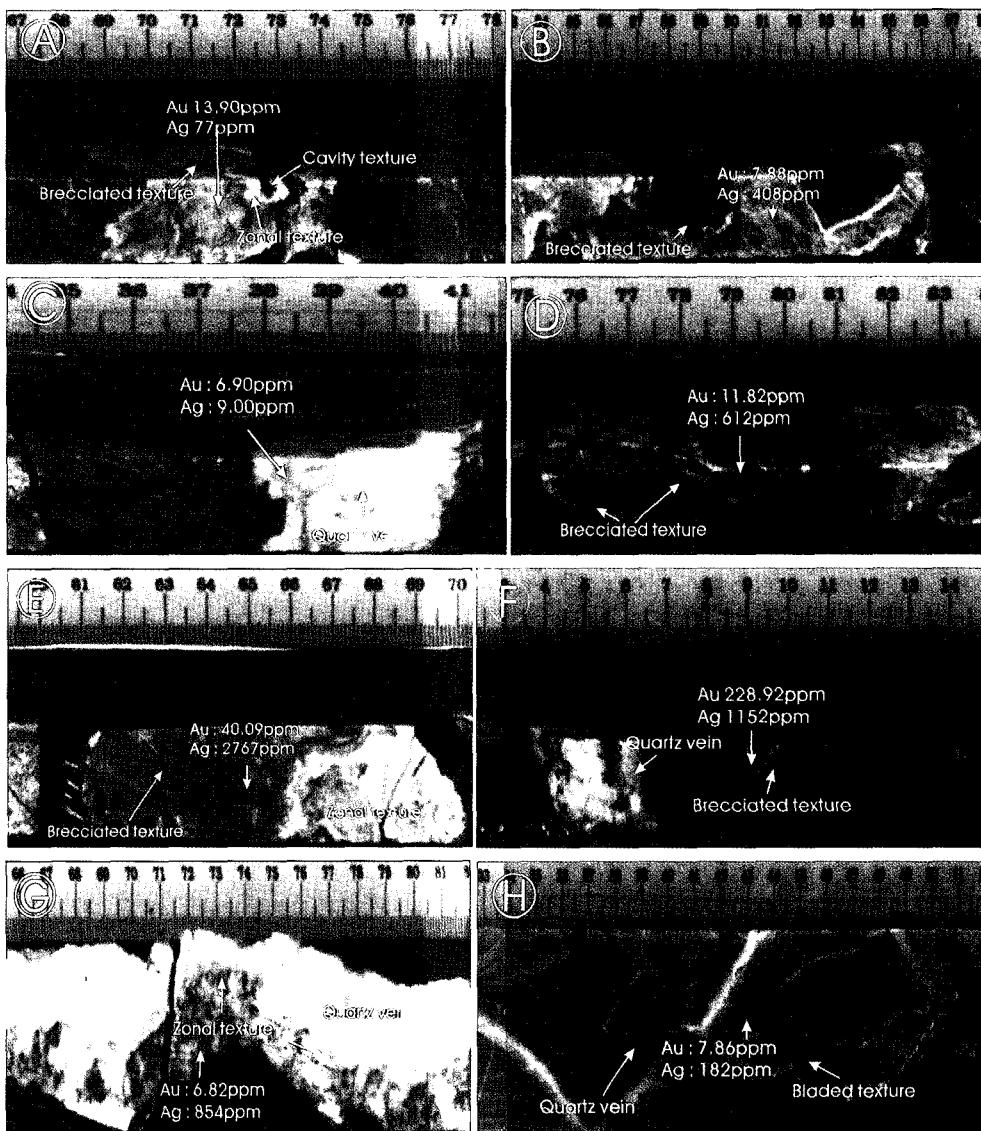


Fig. 9. Gold deposit development shape. A; EN006 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 71.0-71.5 m, Ore grade: Au 13.90 ppm, Ag 77 ppm, Alteration zone texture: cavity texture, brecciated texture and zonal texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, B; EN006 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 71.5-72.0 m, Ore grade: Au 7.88 ppm, Ag 408 ppm, Alteration zone texture: brecciated texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, C; EN006 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 75.0-75.4 m, Ore grade: Au 6.90 ppm, Ag 9.0 ppm, Alteration zone texture: zonal texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, D; EN030 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 28.0-29.0 m, Ore grade: Au 11.82 ppm, Ag 612 ppm, Alteration zone texture: brecciated texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, E; EN030 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 29.0-29.6 m, Ore grade: Au 40.09 ppm, Ag 2767 ppm, Alteration zone texture: brecciated and zonal texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, F; EN033 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 48.3-48.8 m, Ore grade: Au 228.92 ppm, Ag 1152 ppm, Alteration zone texture: brecciated texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite, G; EN033 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 53.20-54.20 m, Ore grade: Au 6.82 ppm, Ag 854 ppm, Alteration zone texture: zonal texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, H; EN033 drilling hole core (enlargement: 300%), Gold ore zone: 37.0-38.0 m, Ore grade: Au 7.86 ppm, Ag 182 ppm, Alteration zone texture: bladed texture, Ore minerals: chalcopyrite, pyrite, galena, sphalerite, hematite and limonite.

태현상과 천열수에 따른 열수광상의 성인을 확인하는 데 중요한 정보를 제공 할 뿐만 아니라 더나아가 새로운 광상을 찾는데 필요한 기준이 되는 기초자료를 마련하는데도 매우 유익하리라 판단된다.

4. 결 론

(1) 순신(은산)광산의 금광상은 백악기 유천층군 응회암류내에 발달하는 열곡을 따라 발달하는 핵 금은 석영맥의 열수광상형 금광상이다.

(2) 컬러코어스캐너 기법을 이용한 금광상 배태 현황 및 성인연구결과 천열수 맥 구조들은 외형에 따라 대체로 다음 6가지로 구분할 수 있었다. (1)빗살구조(Comb texture)형, (2)정동구조(Cavity texture, 晶洞)형, (3)엽 편상구조(Bladed texture, 葉片狀)형, (4)누대구조(Zonal texture, 累帶)형, (5)각력상구조(Brecciated texture)형 및 (6)혼합구조형(Combined texture) 등이다.

(3) 대부분의 금광상은 천열수 맥 구조들을 따라 배태하고 있으며 NW방향의 큰맥들과 작은 맥들이 발달하고 있으며, 컬러코어스캐너 연구와 분석결과에서도 확인되고 있다.

(4) 금광상의 배태는 대부분 맥상체 형태의 구조들이 많이 배태하나 고품위의 금광은 각력성 형태의 구조내에 배태하고 있음이 특징이다.

(5) 컬러코어스캐너 기법의 특징은 시추코어 전체를 디지털 영상화자료(digital image data)로 할 수 있고, 300-500%로 확대하면 암석의 구조, 구조선을 따른 변질작용의 외형을 통해 보여주는 열수의 이동, 변질대 양상, 광화작용 상태 및 구성광물 등을 정밀하게 분석 할 수 있으므로 광상의 배태현황과 천열수에 따른 열수광상의 성인을 확인하는데 매우 유익하고, 새로운 광체를 찾는 기준을 설정하는데 유용하리라 판단된다.

사 사

본 논문은 산업자원부 출연사업(NP2006-008-2006(1))의 지원에 의해 연구되었으며, 이에 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

- 금광산요람 (1982) 금광산요람, 한국동력자원연구소, p. 43-548.
 대한광업진흥공사 (2005) 은산(금, 은)광산 시추결과 보고서, 대한광업진흥공사, 자원탐사처, p.1-4.
 서정률 (1997) 금속광물자원탐사연구, 한국지질자원연구원, KR-97C-08, p. 3-40.
 현혜자, 김중렬 (2004) 하동지역 편마암 석재의 품질 평가를 위한 텔레뷰어 및 컬러코어스캐너의 응용, 대한지구물리학회지, 7권, p. 256-258.
 현혜자, 손진담, 이병태 (2003) 컬러코어스캐너에 의한 지하자원정보 영상화연구, KR-03(C)-15, 287p.
 현혜자, 손진담, 이병태, 유석재, 임동완 (2004) 컬러코어스캐너에 의한 지하자원정보 영상화연구, KR-04(C)-15, 169p.
 현혜자, 손진담, 신흥자, 권석기, 유석재, 임동완 (2005) 컬러코어스캐너에 의한 지하자원정보 영상화 연구, GAA2003004-2005(3), 172p.
 황덕환 (1998) 태백산광화대내의 원동 다금속광상성인, 자원환경경지질학회, v. 31, no. 5, p. 375-388.
 Hyun, H. and Kim, J. Y. (2004) Application of stereophotogrammetry and televiewer for information of fracture and rock formation in stone resources, the 7th SEGJ international symposium of Japan, The Society of Exploration Geophysicists.
 Hyun, H. (2005) Improved interpretation of underground environment by digital information of fracture and rock formation, the 13th International conference of Women Engineers and Scientists.
 IVANHOE MINES (2001) Drilling Progress Report Eusan Project South Korea, p. 13-18, 55-58.

2006년 12월 6일 원고접수, 2006년 12월 20일 게재승인.