

## 시추코어 분석 및 데이터베이스화를 위한 칼라 코어스캐너의 응용

### Applicability of Color Corescanner to the Analysis and Data-base of Drill Cores

김중열<sup>1)</sup>, Jung-Yul Kim, Ghodrat Rafat<sup>2)</sup>, 김유성<sup>3)</sup>, Yoo-Sung Kim, 현혜자<sup>4)</sup>, Hye-Ja Hyun

<sup>1)</sup> 한국지질자원연구원 책임연구원, Principal Researcher, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

<sup>2)</sup> Project Manager, DMT GeoTec, Germany

<sup>3)</sup> 한국지질자원연구원 책임연구원, Principal Researcher, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

<sup>4)</sup> 한국지질자원연구원 선임연구원, Senior Researcher, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

**SYNOPSIS** : Optical Color Corescanner firstly developed by DMT-GeoTec, Germany and further upgraded through the Korea-Germany joint project is capable of duplicating the core surfaces. The tool uses a digital CCD line camera. As the core is rotated by an electric motor, the camera scans the uppermost line, everytime with a circumferential increment of up to 0.05mm(20pixels/mm) and hence a complete 360° unwrapped image(core image) is produced. This paper illustrated diverse research benefits of such core images from several test sites in our country. All scanned images could be stored as a data-base one and easily used with software facilities ① to evaluate a percental distribution of mineral components or grain size etc. not only for the rock classification but also for e.g. the assessment of building stones, ② to study potential reservoirs as a hydrocarbon indicator using ultraviolet fluorescence reflection from cores, ③ to facilitate the qualitative and quantitative analysis of fractures, ④ to evaluate the fractures and thin bedded reservoirs using spectral color responses. Based on abundant scanning experiments, it would seem that this imaging work should lead to reflecting the future trend in underground survey toward a more comprehensive understanding of the properties and behaviors of in situ rocks.

**Key words** : Color corescanner, Core Image Analysis, unrolled mode, slabbed mode

## 1. 서 론

지금까지 제반 토목 구조물(예 : 터널, 지하 저장시설, 댐)의 설계 및 시공을 위한 지반 정보는 일차적으로 시추코어 분석을 통하여 얻게 된다. 우선, 코어 육안 관찰에 의해 암층의 분리 내지 지질학적 암석 분류, 암질지수(RQD), 불연속면 발달 상태 등이 파악되며 이들 정보는 시추주상도 작성을 위해 주어진다. 한편, 일부 코어는 필요에 따라 실내 물성 실험(강도, 전단 계수, 탄성파속도 등)을 위한 시료로 활용되어 도표화된다. 그런데, 비록 채취된 코어가 지반 조사에서 가장 확실한 자료임에도 불구하고 정작 그로부터 정보를 추출하는 데에는 무엇보다 분석의 주관성으로 인하여 상당한 불확실성이 내재되어 있음을 흔히 경험한다. 예를 들면, 불연속면은 일반적으로 코어 표면을 펼쳤을 경우 나타나는 정현곡선을 이용해야만 보다 정확하게 분석될 수 있다. 그림 1(a)는 하나의 보기로서 코어 표면을 특수 복사한 결과

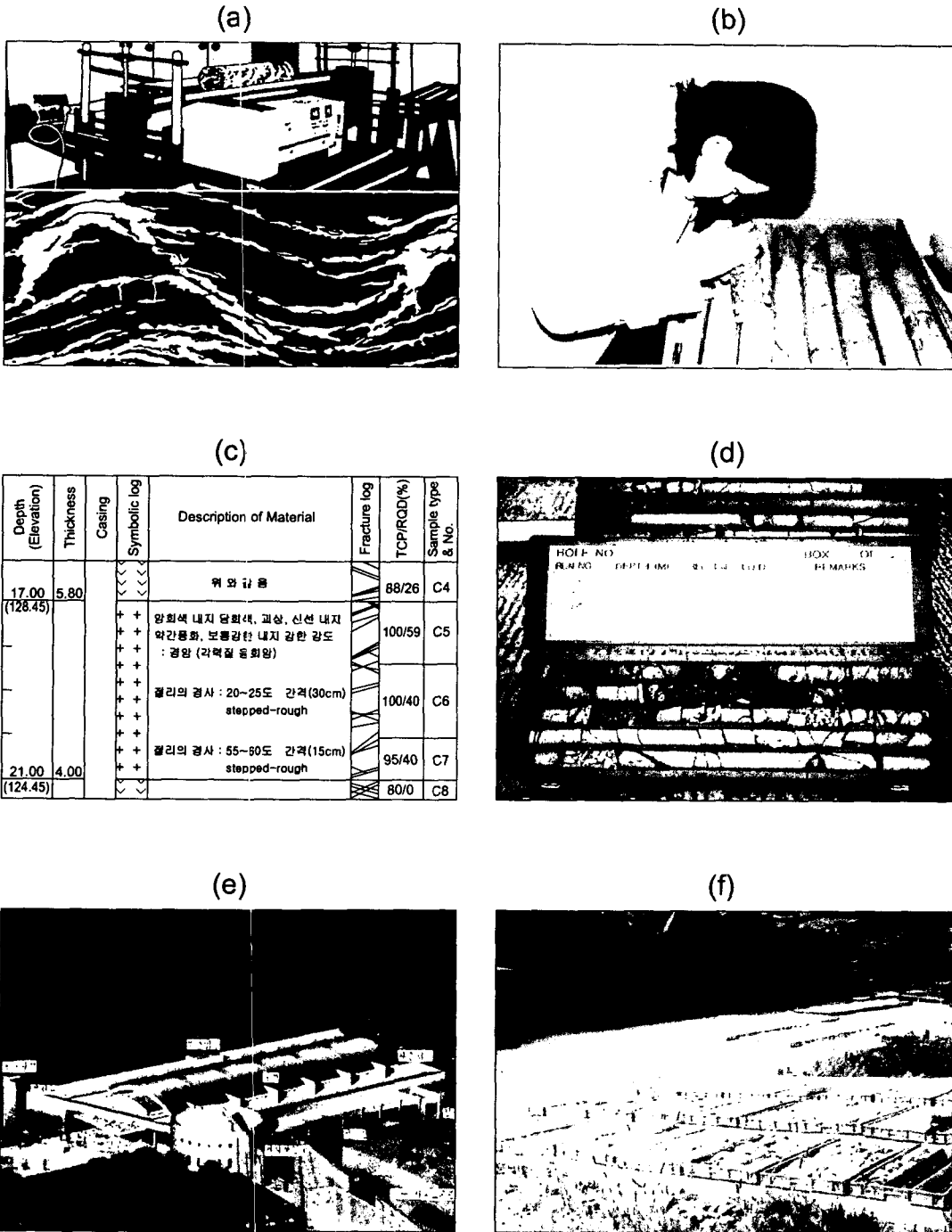


그림 1. 시추코어의 활용 및 관리.

(a) 코어 표면을 복사기에 의해 복원하는 전경, (b) 돋보기에 의한 코어 관찰, (c) 시추 주상도 사례, (d) 코어 박스 사진 촬영 결과, (e) 코어 보관을 위한 시설물(코어동), (f) 코어가 야적된 상태.

를 보여주고 있다. 여기서 나타난 정현곡선들은 바로 그들 각각의 불연속면에 대응되기 때문에 우선 그에 따른 경사방향 및 경사각이 쉽게 계산될 뿐만 아니라 나아가서 불연속면의 두께도 쉽게 파악될 수 있다. 만약, 이러한 이미지(코어 표면의 펼친 상태)가 디지털화 된다면 상기 정보는 프로그램 운영에 의해 보다 신속하면서도 정확하게 산출될 것이 기대된다. 한편, 코어의 암상(예 : 풍화 정도, 구성입자 크기)을 육안으로나 혹은 돋보기로 관찰한 후(그림 1(b) 참조) 그 결과를 시추주상도에 반영하는 경우에도 그의 표현에는 한계가 있게 되며(그림 1(c) 참조) 더구나 그에 대한 신뢰도는 어디까지나 조사자의 판단 능력에 달려있다고 볼 수 있다. 즉, 시추주상도는 지반상태에 대한 전반적인 경향을 일괄적으로 나타내는 것은 될 수 있겠으나 암반 상태에 대한 구체성 내지 객관성은 크게 떨어지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 문제점을 다소 보완하기 위하여 일반적으로 코어가 담긴 박스들은 사진 촬영(그림 1(d) 참조)하여 보관된다. 그러나, 이것은 대체로 시추 작업에 대한 확인 내지 증빙자료만 될 뿐 향후 분석 재고를 위한 객관적인 자료로서는 크게 미흡하다. 따라서 대부분의 코어들은 코어 관리 규정에 따라 일정기간(수년 내지 수십년)동안 보관되도록 하여 기 분석 내용을 재고하거나 혹은 연구목적으로 항상 접근될 수 있도록 되어있다. 그런데, 해마다 수만 박스에 달하는 많은 양의 코어가 토목분야 지반 조사 내지 일반 지질 조사(예 : 지하자원 탐사)를 위해 채취되며 더구나 그 양은 계속하여 누적되고 있는 실정이다. 이에 대처하여 단순히 코어 보관을 위한 별도의 시설물(그림 1(e) 참조)을 마련한다는 것은 현실적으로 비경제적이 될 수 있기 때문에 대부분의 경우 그들은 지하 창고에 적재되고 있으며 때에 따라서는 야적되는 경우(그림 1(f) 참조)도 흔히 볼 수 있다. 이러한 상황에서 다시 필요한 코어 박스를 찾아야하는 번거로움은 무엇보다 연구의 효율성을 크게 떨어지게 하며 더구나 실내 파괴실험 등으로 인한 코어의 결여나 혹은 여러 분석과정에서 흐트러진 코어 배열 상태는 그만큼 코어 보관의 의미를 상실하게 하는 요인이 되기도 한다. 따라서, 천공이 끝난 후 바로 코어로부터 최대한의 정보를 남기고자 하는 노력은 지금까지 끊임없이 경주되어 왔다. 그 중 코어를 투명종이에 맡거나 혹은 복사기에 의해 코어 표면을 그대로 복제하고자 하는 기발한 착상은 바로 하나의 새로운 기법 개발로 이어지게 되었다. 즉, 코어의 외형을 광학적으로 디지털촬영하고 동시에 디지털 자료화(data-base)함으로써 우선 코어의 온전한(유실 없는) 보존을 도모함은 물론 나아가서 재래의 분석 결과에 대한 불확실성을 배제하고 또한 분석의 효율성을 극대화 할 수 있는 하나의 신기원이 열리게 된 것이다. 다음은 칼라 코어스캐너의 근본원리 및 그에 따른 제반 응용 기법들을 요약하고 있다.

## 2. 근본원리

칼라 코어스캐너(Color Corescanner)는 코어 표면을 광학적으로 촬영하고 동시에 디지털 기록 처리함으로써 암반의 성상을 그대로 복원하여 data base화함은 물론 그로부터 지질학적 및 지질구조학적 분석의 효율성을 극대화할 수 있는 하나의 첨단 기술이다. 코어스캐너에 대한 착상 및 그에 따른 기본 hardware 및 software는 이미 수년전 독일 DMT-GeoTec에서 개발된 바 있으며 그 이후 한·독 공동 연구(김중열, 1996; 김중열과 Rafat, 1997; 김중열, 1998)를 통하여 측정 장치의 내구성 및 운용의 효율성은 물론 분석기법의 다양성에 이르기까지 독보적인 연구결실을 낳게 되었다.

그림 2는 한국지질자원연구원에 설치된 칼라 코어스캐너 측정 및 전산처리 시스템의 전모를 보여주고 있다. 측정시스템은 크게 ① 코어를 회전하게 하는 모터, ② 코어를 촬영하여 DSP(Digital Signal Processing)처리하는 CCD(전하 결합소자) line camera, ③ 모터제어 인터페이스와 카메라 인터페이스를 내장하여 데이터를 저장하고 동시에 영상화하는 PC 시스템으로 구성되어 있다. 코어는 고무로 피복된 두 개의 플라스틱 봉 사이에 물려서 일정한 속도로 회전된다. 이 때 회전장치의 제한된 규격으로 인하여 코어의 총 연장은 최대 1m이며 코어의 직경은 40mm~150mm 범위 내에서 측정 가능하다. 본 시스템에서 촬영을 위한 color camera CCD RGB(Red Green Blue) linear sensor의 분해능은 코어의 직경이나 길이에 관계없이 최대 20pixels/mm(0.05mm)에 달하고 있다. PC에 내장된 측정 운영 software(DIGICORE)는 MS-window NT상에서 가동되고 있으며 그의 주된 기능은 코어 길이의 실측화에 따른 제반조정, 측정제어, 코어 이미지 교정(예: 명암, 초점화, 색깔) 및 데이터 관리(Bitmap format

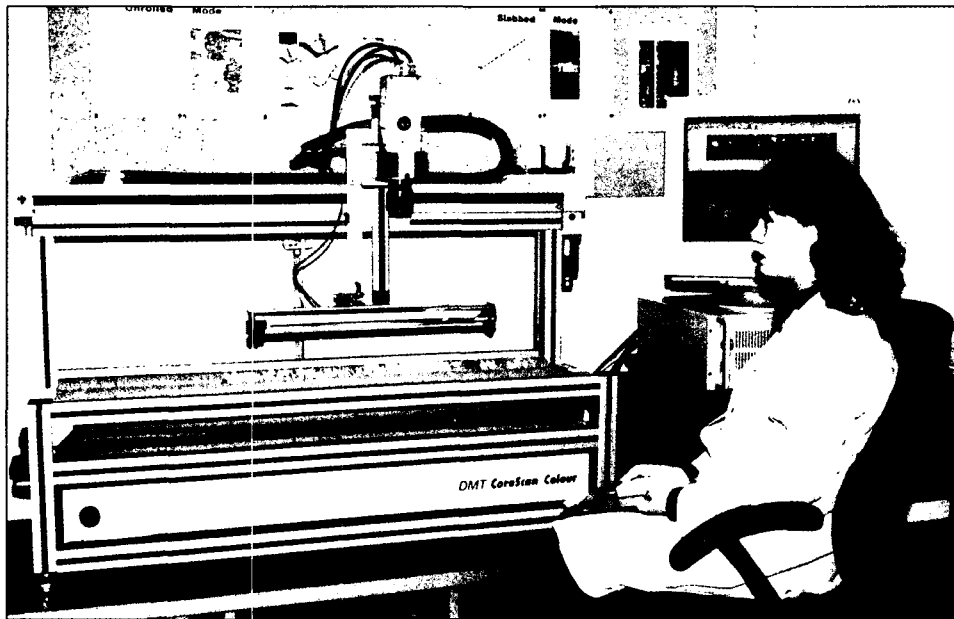
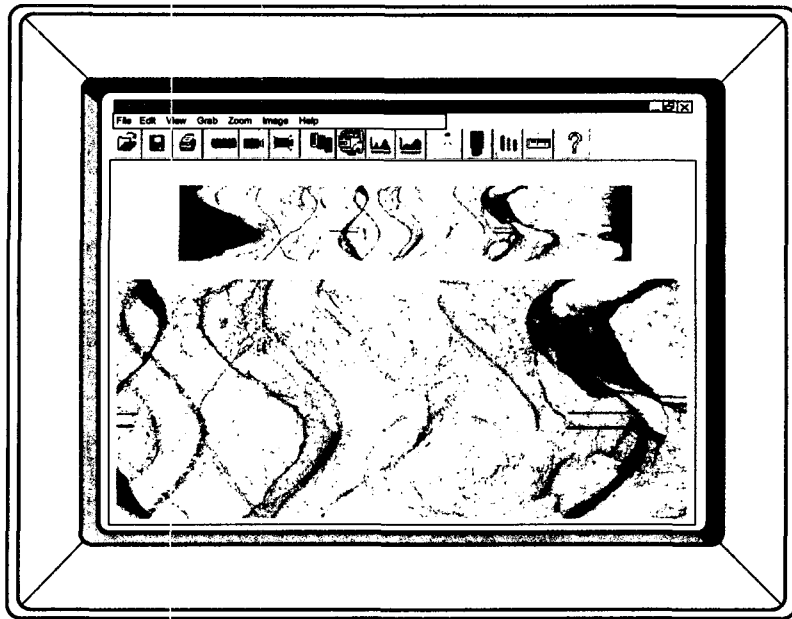


그림 2. 칼라 코어스캐너 측정시스템 전경.

상 : 코어 이미지의 영상화

하 : 코어스캐너 장치.

저장, 영상화 및 도면화 등)이다.

### 3. 디지털촬영 방법(corescanning method)

DIGICORE에 의해 코어를 촬영하는 방식은 다음 두 가지 즉, “unrolled mode”와 “slabbed mode”로 차별화 된다.

#### Unrolled Mode

Unrolled mode는 코어(최대 길이 약 1000mm, 최대 코어 원주 40mm~150mm)를 일정속도 회전하는 동안 디지털 촬영함으로써 코어 표면 전면을 복원하는 측정기법을 의미한다. 광학적인 이미지 왜곡을 최소화하기 위해 unrolled mode의 기본 측정구간(코어 길이)은 약 330mm이다. 따라서, 약 1m 코어를 촬영할 경우에는 코어가 연속적으로 세 차례나 회전하게 된다. 이러한 연속 측정은 비록 코어 회전속도와 코어 상단-렌즈간 거리(평균 약 425mm)가 측정 운용 software에 의해 적절히 조정되고 있으나, 코어 원주방향(shift 교정) 및 코어 길이방향(overlap)에 다소의 편차를 유발하게 된다. 이에 대한 교정은 DIGICORE에 의해 쉽게 이루어진다.

그림 3은 시추공(전남 해남지역) 심도구간 약 160.7m~161.5m의 코어에 대한 “unrolled mode” 디지털 촬영 결과(코어 이미지)를 예시하고 있다. 그림의 오른쪽 부분은 화살표로 표시한 구간의 이미지를 단지 확대하여 나타내고 있다. 암반 성상(예 : 퇴적 발달 상태)이 뚜렷이 관찰되고 있을 뿐만 아니라 이와 같이 코어 표면을 펼친 이미지에서 비로소 각 절리분석을 위한 온전한 자료(예: 정현곡선)가 마련될 수 있는 것이다. 더구나, 상기 코어이미지는 어디까지나 디지털 데이터이기 때문에 그의 변형 내지 분석은 적절한 프로그램 개발을 통하여 가능하게 된다.

Unrolled mode는 칼라 코어스캐너의 주된 기능이다. 여기서는 무엇보다 코어를 재정돈하는 과정이 불가피하기 때문에 그로 인해 코어의 유실이나 심도들에 대한 정보를 재확인할 수 있는 기회가 주어지게 된다. 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.

#### Slabbed Mode

코어스캐너가 개발되기 이전에는 코어 성상 내지 구성성분을 제대로(실측에 따라) 파악하기 위하여 흔히 코어를 길이에 따라 절단한 후 그 단면을 대상으로 여러 가지 분석이 이루어졌다. “Slabbed Mode”는 바로 상기 고정된 코어단면(그림 4(a) 참조)을 단순히 카메라를 일정 속도 이동함으로써 연속적으로 디지털 촬영하는 측정기법으로써 그의 기능은 모든 암석 박편 복원에도 쉽게 응용된다(그림 4(b) 참조). 만약, 파쇄대 구간 내의 코어가 잘게 부스러져 있을 경우에는 코어 박스 자체를 slabbed mode에 의해 촬영(그림 4(c) 참조)함으로써 코어 자료의 복원을 기할 수 있다. 이 때 고정된 상부 표면의 최대 폭은 300mm이며 그의 최대 길이는 약 1000mm에 달한다. 한편, slabbed mode 이미지는 데이터 분해능 측면에서 unrolled mode의 것과 대등하다. 따라서, 단지 코어의 성상이나 구성 성분 분석이 흥미 대상이 된다면 굳이 slabbed mode를 위해 코어를 별도로 절단하는 준비과정은 불필요하다고 할 수 있다.

상기 코어 이미지는 세 단계의 데이터 분해능 즉, 5pixels/mm, 10pixels/mm, 20pixels/mm에 대해 각각 얻을 수 있으며 여기서 선정된 각 분해능은 단지 그에 부합된 카메라 렌즈만의 교체로써 쉽게 얻을 수 있다. 경험에 의하면 대부분의 경우 분해능 5pixels/mm 이미지로써도 분석(예 : 성분 식별 및 분포)을 위한 훌륭한 자료가 되고 있으며 이 때 그의 데이터양은 코어 직경 약 52mm, 코어 길이 약 1000mm에 대해 약 14Mbyte에 달하고 있다.

LG20-51

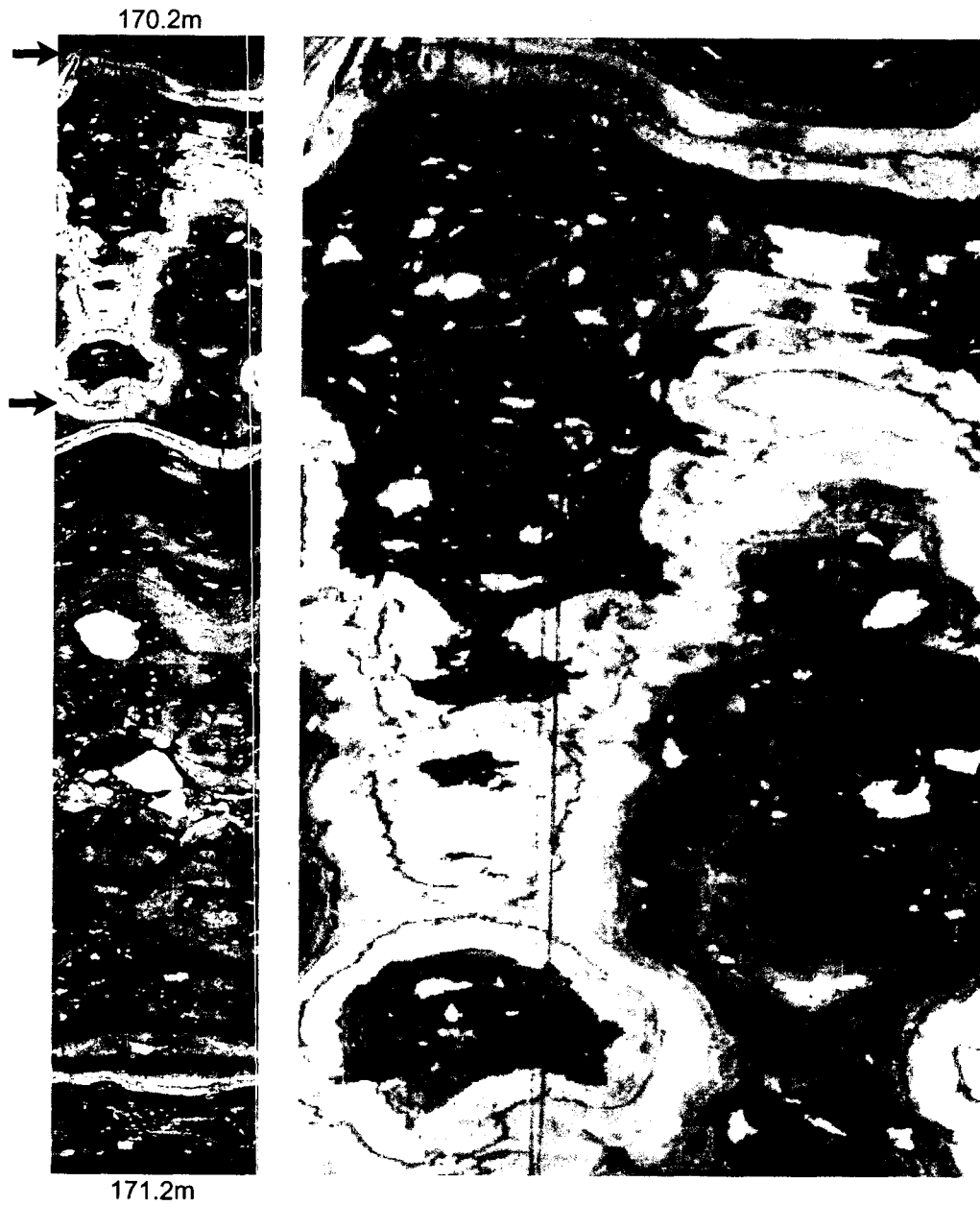


그림 3. 칼라 코이스캐너의 응용.

"Unrolled mode"에 의한 코어 이미지(분해능 : 5pixels/mm). 디지털 촬영된 코어 이미지는 자유자재로 확대(오른쪽에 나타낸 이미지는 왼쪽 그림에서 화살표로 표시된 심도구간의 이미지를 확대한 것임)됨으로써 암반 성상을 보다 정확하게 관찰할 수 있다(시추공 : 전남 해남지역).

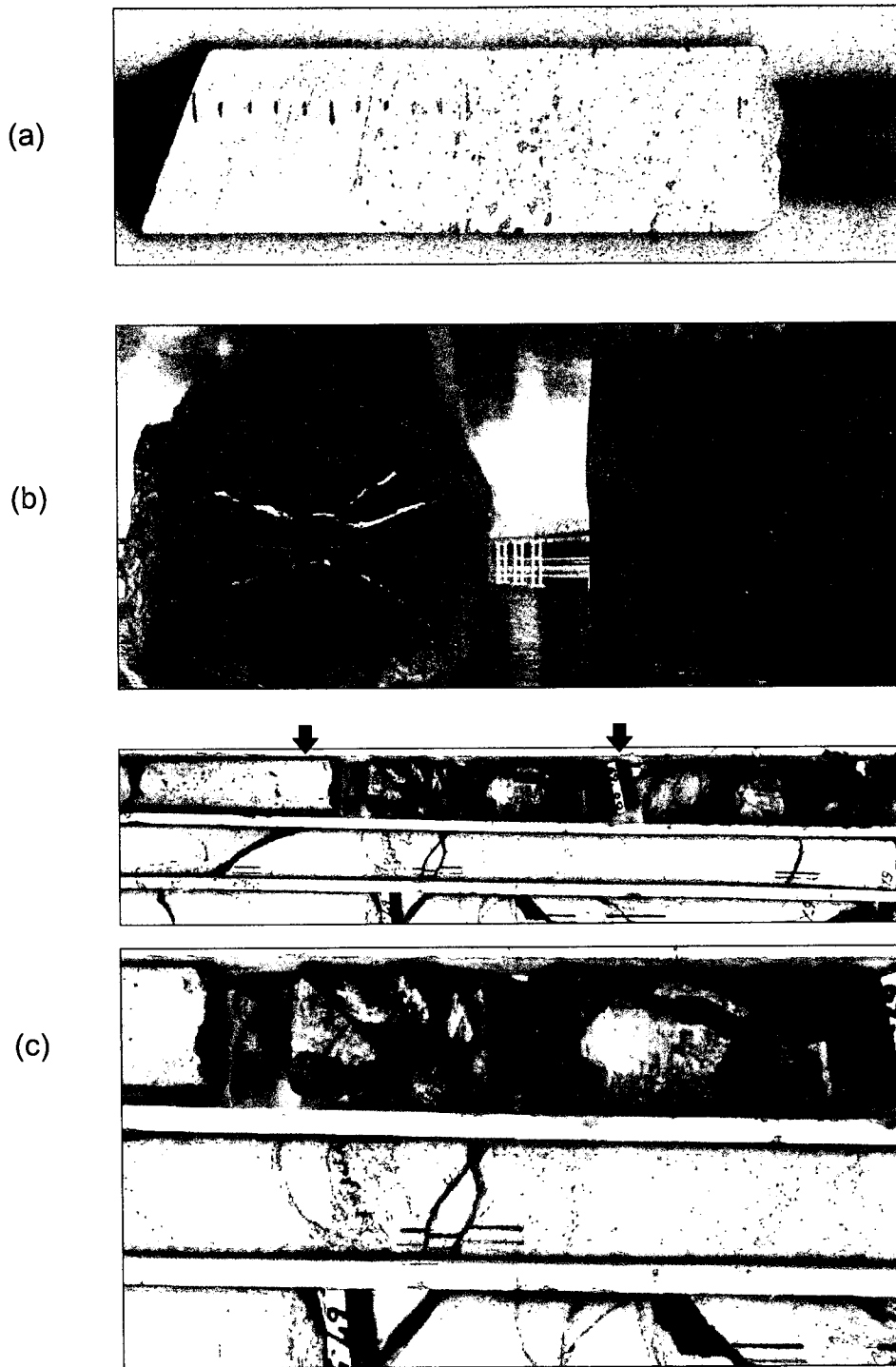


그림 4. 칼라 코어스캐너의 응용.  
 "Slabbed mode"에 의한 다양한 코어 이미지. (a) 코어 절단면에 대한 이미지, (b) 입의의 암편에 대한 이미지, (c) 코어가 담긴 박스에 대한 이미지.

## 4. 결 론

현 칼라 코어스캐너 기법은 지난 약 5년간 흑백 코어스캐너로부터 하드웨어 및 소프트웨어 면에서 지속적인 개발을 통하여 이루어진 바람직한 연구결실이라 할 수 있으며 여기에는 무엇보다 PC기능(예 : 데이터 저장 및 이동 속도)의 극대화, 다양한 calibration의 정확성 내지 단순화, 고성능 CCD line camera, 윈도우 NT 운영체제 확립, 모터 자동제어, 분석을 위한 다양한 프로그램 개발, 코어정돈의 체계화 등이 큰 몫을 하였다고 볼 수 있다. 본 논문에는 우선 칼라 코어스캐너의 주요 기능을 요약한 후 그의 응용에 따른 여러 가지 기대효과를 국내 현장사례에 비추어 서술하였다. 즉, 코어이미지는 코어 표면을 복원한 디지털 데이터로서 높은 분해능 내지 해상도를 나타내고 있기 때문에 ① 코어 육안 관찰과 비교하여 암반 성상을 보다 자우자재로 영상화하고 또한 도면화 할 수 있으며, ② 적절한 프로그램에 의해 다양한 분석(예 : 암석 구성성분 분석, 자외선 형광반사 성분, 입자 분석)을 가능하게 하며, ③ 절리 분석을 위한 온전한 자료로서 분석의 효율성을 극대화할 수 있으며, ④ 코어이미지 그 자체로서 석재 평가를 위한 기본 자료가 되며, ⑤ 대부분의 경우 코어이미지는 시추작업에 대한 확인 내지 증빙자료(예 : CD저장)로서 또한 장기적인 연구 목적을 위한 객관적인 자료로서 보관되고 동시에 항상 접근될 수 있다. 따라서, 칼라 코어스캐너 이미지 및 분석 결과는 제반 지반조사 이외에도 특히 석유 부존조사 및 암석학 연구분야에도 바람직한 기본자료가 될 것이 기대되며 더구나 스캐너 측정 시스템에 대한 기본 착상은 코어에 대한 또 다른 정보를 추출하기 위한 새로운 기술 개발을 촉구할 수 있는 바탕이 될 것으로 사료된다.

## 5. 참고문헌

1. 김중열(1996), "Coresscanner의 응용", 제1회 한화기술심포지움, pp.44-60.
2. 김중열, Rafat,G.(1997), "Coresscanner", 대한지질공학회지, Vol.7, pp.11-26.
3. 김중열(1998), "건설기술자를 위한 지반조사 및 시험기술-칼라코어스캐너-", 한국암반공학회, 한국지구물리탐사학회, 한국자원연구소, pp.415-457.
4. 김중열(2000), "텔레뷰어 탐사의 원리 및 지반공학 분야에서의 실제 적용", 지반조사 관련 국제 심포지움, 한국건설기술연구원, 건설교통부, 한국지반공학회, pp.189-251.