

갑산층 석회암지역에서의 코어물성과 검층물성 비교

Comparison of Physical Properties obtained from Geophysical Well Log and Core Property Measurements in Gabsan Formation

김 영 화 (Yeonghwa Kim)
김 기 주 (Kiju Kim)

강원대학교 지구과학부
강원대학교 지구과학부

요약/ABSTRACT

충청북도 제천 지역에 있는 갑산층 퇴적암을 대상으로 지구물리검층과 실내 코어물성 측정에 의한 물성 반응 특성을 연구하였다. 자연감마와 전기비저항 및 밀도를 대상으로 하여 지구물리검층과 실내 코어물성 사이에 나타나는 유사성과 차이점을 비교하는데 초점이 모아졌으며 특히 물리검층과 실내 코어물성 사이에 나타나는 차이점 분석 과정을 통하여 검층밀도 결정에 있어서 자연감마의 영향을 분석하였다. 자연감마의 영향 보정에 의하여 두 물성간의 상관성이 개선되고 검층해석 결과에서 신뢰도가 크게 향상되었다. 물성 값 중에서는 갑산층 셰일의 밀도가 주변의 치밀질 석회암보다도 높게 나타나고 있음이 주목되었다.

주요어 : 물성반응, 지구물리검층, 코어물성, 자연감마, 비저항, 밀도, 자연감마보정

Physical properties of Paleozoic sedimentary rocks in Gabsan formation in Jechon area were obtained by both geophysical well log methods and core property measurements, and the similarity and difference shown between the well log and core log responses were analyzed. The physical properties obtained are natural gamma, resistivity and density. From the difference in density response between the well log and core measurement, the need of correction for natural gamma effect on density log was strongly suggested. And fairly good correlation was obtained between well log and core properties, and among natural gamma, resistivity and density by applying natural gamma correction on density log. It is noted that shale in Gabsan formation reveals very high density, even higher than the density of adjacent non-porous limestone.

Key Words : physical property, geophysical well log, core property, natural gamma, resistivity, density, correction

서 언

지 질 개 요

지구물리검층은 코어시료가 채취되지 못한 시추 구간에서의 효과적인 조사방법일 뿐만 아니라 원지반 상태에 대한 조사라는 점에서 의의가 크며 여러 가지 물성의 중복 적용과 동일한 물성 기준의 반복 적용에 의하여 일반적인 코어관찰에서 불가능한 미세한 암상의 변화까지 객관적으로 구분할 수 있는 매우 효과적 지질조사 방법(Paillet and Crowder, 1996; 이상규·황세호, 1999)이다. 그 중에서도 석회암 지역은 탄산염암과 쇠설성퇴적암간의 물성 차이가 현저하고 탄산염암 내에서도 석회암과 돌로마이트간의 물성 차이가 특징적임에 기인하여 독특한 물리검층 반응 특성을 나타냄으로 물리검층 연구의 좋은 대상이 될 수 있다(Chombart, 1960; Tateishi, 1967).

밀도는 가장 기초적인 물성의 하나로서 특히 토목지질학적 분야에서 사용 빈도가 높다. 암석의 밀도 측정은 실험실에서 이루어지는 코어밀도 측정 방법과 현장시험 방법으로서의 밀도검층 방법으로 구분될 수 있다. 코어밀도 측정 방법이 선정된 일부 구간에서의 암석 단위 물성 값을 대표한다면, 밀도검층 방법은 암반 단위의 원위치 물성으로서 특히 연속적인 밀도 분포를 구할 수 있다는 사실에서 큰 장점이 있다. 반면에 검층밀도는 얻어진 밀도 값이 측정시의 환경조건에 영향을 받기 쉽기 때문에 이에 대한 정확한 검증과 보정이 필요하며 그만큼 얻어진 밀도 값에 오차가 포함될 가능성이 큰 것이 단점으로 지적되고 있다.

이 연구에서는 아직까지 국내 석회암 지역에 대한 물리검층반응의 특성 연구가 초보 단계임을 감안하여 코어물성 연구와 검층물성 연구를 연계한 퇴적암의 물성 반응 특성을 추적하고 이로부터 향후 석회암 지역에서의 물리검층 적용을 위한 해석 기준을 마련하고자 하였다. 특히 이 연구에 있어서는 코어 물성과 검층 물성의 비교를 통하여 검층밀도 결정에 미치는 자연감마의 영향이 분석되었으며, 밀도검층에서의 자연감마 보정을 통하여 검층 물성과 코어물성간에 상관성이 개선되고 검층 해석 결과에서 현저하게 신뢰성이 제고됨을 보였다.

조사지역인 제천시 두학동 대성광업소 제천광업소 사무실 일대의 지질은 하부 고생대 오르도비스기의 영흥층과 석탄기의 갑산층으로 구성된다(Fig. 1). 영흥층은 하부의 문곡층을 정합으로 피복하며 상부 갑산층에 의하여 부정합으로 피복되어 있는 것으로 알려지고 있다. 영흥층 내에 협재하고 있는 석회암은 품위가 매우 높은 것으로 나타나며 이 층에는 엽층 상태의 세립 내지 중립의 돌로마이트를 포함하고 있다. 갑산층은 갑산에서 가창산 방향으로 연장된 북북서-남남동 방향의 대상 분포를 보인다. 갑산층은 구조변형작용에 의하여 매우 복잡한 지질구조를 보이며 렌즈상으로 층 두께의 변화 폭이 매우 크다(김준호·이기무, 1998). 이 층의 하부는 주로 적색의 조립사암과 실트로 구성되며 중부는 담회색 내지 백색의 석회암으로 이루어지고, 상부는 적색 이암 내지 담회색 석회암의 호층으로 나타난다. 이암은 적색 내지 녹색을 띄며 석회암층 사이에 얇게 협재되어 있다. 이 지역의 석회석 광산은 대부분 중부에 발달한 석회암을 채굴 대상으로 삼고 있다. 물리검층공 일대의 주 구성지질에 해당되는 갑산층 석회암의 특징은 세립질에 백색 회갈색 및 담갈색에 이르기까지 색깔이 다양하며 석영과 황철석을 포함하기도 한다. 특히 석영의 존재는 많은 박편으로부터 널리 그 존재가 인지되고 있으며 박수인의(1998)는 이를 심부에서의 속성작용에 의한 영향으로 판단하였다. 갑산층은 특히 중부에 품위가 높은 양질의 석회암이 발달하고 있는 것으로 나타나며 괴상 치밀질이며 주 구성 광물은 반자형 내지 타형의 방해석으로 주로 모자이크 조직을 보인다. 시추코어의 관찰 결과, 이 시추공에서는 주로 탄산염암과 셰일의 호층으로 이루어져 있음을 보이며 부분적으로 세립질 사암이 협재되고 있다. 탄산염암은 방해석이 주 구성 광물로 나타나는 비교적 순수한 석회암과 돌로마이트 및 쇠설성 퇴적물이 섞여있는 불순 석회암으로 구분될 수 있다.

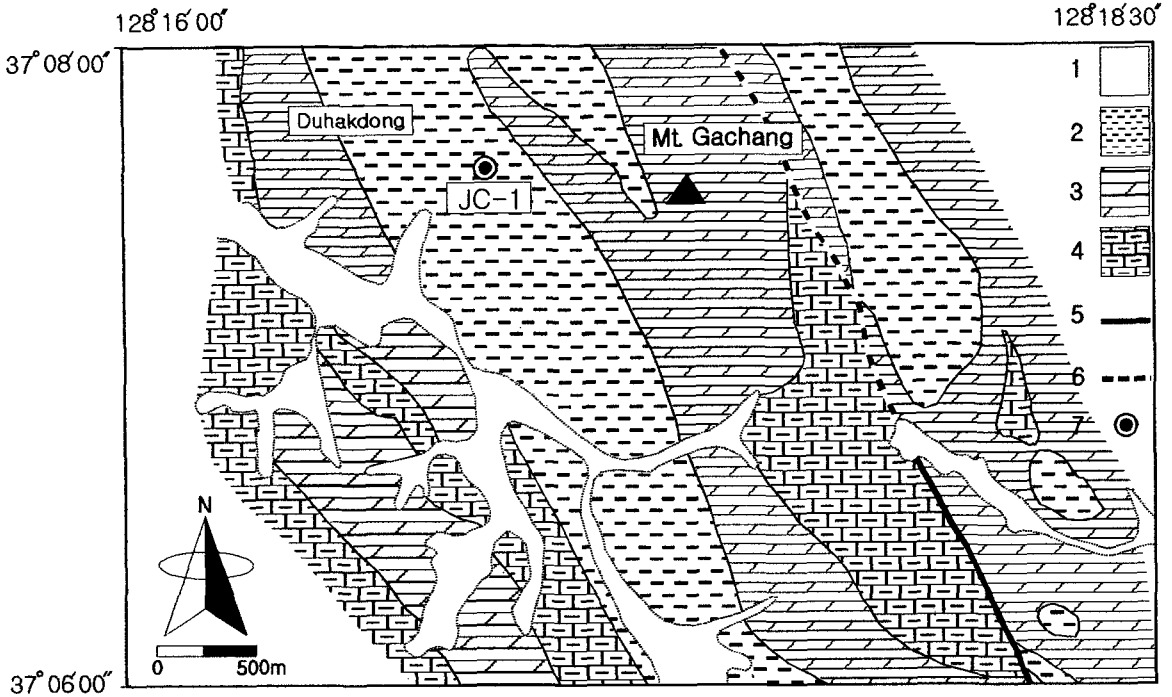


Fig. 1. Geologic map and location of borehole. 1: Alluvium, 2: Gabsan Fm., 3: Yeongheung Fm., 4: Mungog Fm., 5: Fault, 6: Inferred fault, 7: Borehole

물성 측정방법

물성 반응 연구는 코어시료에 대한 물성 반응연구와 시추공에서의 검층물성 반응 연구로 구성되며 대상 물성의 종류로는 자연감마, 전기비저항 및 밀도가 포함된다. 검층물성 측정은 갑산층 지역에서 시험 굴착된 NQ 규격의 시추공 JC-1에서 이루어졌다. 코어시료의 물성 측정 또한 물리검층이 이루어진 JC-1 시추공에서의 시료를 이용하여 수행되었다. 코어시료의 밀도와 비저항의 측정은 암상과 심도 분포를 고려하여 선정된 30 개의 시편을 이용하여 이루어졌으며 코어감마 측정은 별도의 시편 성형 작업 없이 0.5 내지 1 미터의 측정 간격을 적용하여 수행되었다.

물리검층에서는 영국 Geologging 사의 Micrologger 시스템을 사용하여 자료 획득이 이루어졌다(김영화·장승익, 1998a). Sonde 이동속도는 2.4-6m/min의 범위 내에서 물성반응 특성을 감안하여 sonde 별로 약간의 차이를 두고 이루어졌으며

상향식(up mode)으로 자료가 획득되었다. 본 연구에서는 획득된 검층곡선 중에서 짧은 이극법 비저항검층, 자연감마검층, 감마감마검층 곡선을 주로 이용하였으며 검층자료의 처리는 Viewlog software를 사용하여 수행되었다. 필터링은 이동평균법을 사용하였으며 N값으로 11에서 101까지의 값이 사용되었다.

코어시료의 자연감마측정에는 GRS-500 Differential Gamma Ray Spectrometer (EDA Instrument Inc.)가 사용되었으며, 방사능 잡음을 제거하기 위해 3mm 두께의 납판으로 된 차폐장치속에서 측정작업이 이루어졌다. 감마측정은 400 KeV 이상의 감마선을 측정 대상으로 하고 동일 시료에 대하여 지속시간 10초에 5회의 평균값을 취하였다. 자연감마 측정은 감마검층을 포함하여 모두 cps단위로 얻어진 것으로 표준화가 되지 않은 것이다. 밀도측정은 수침법에 의거하여 건조밀도 및 포화밀도가 구해졌으며 전기비저항의 측정은 포화상태에서 수행되었다. 전기비저항 측정은 전원 발생

부분과 샘플홀더 부분, A/D 변환 및 기록 부분으로 구성된 측정 시스템을 사용하였다(김영화·최예권, 1999). 샘플홀더는 이극법을 사용하였으며 비저항은 분리 측정된 전위 및 전류 자료에 의하여 대표비저항을 구하는 방식으로 구해졌다.

코어물성과 검층물성의 비교

세일, 사암, 탄산염암으로 구성되는 30 개의 코어 시료에 대한 물성 측정의 결과는 표 1에서와 같이 나타나고 있다. 코어시료의 자연감마값 분포는 세

Well Name: JC-1

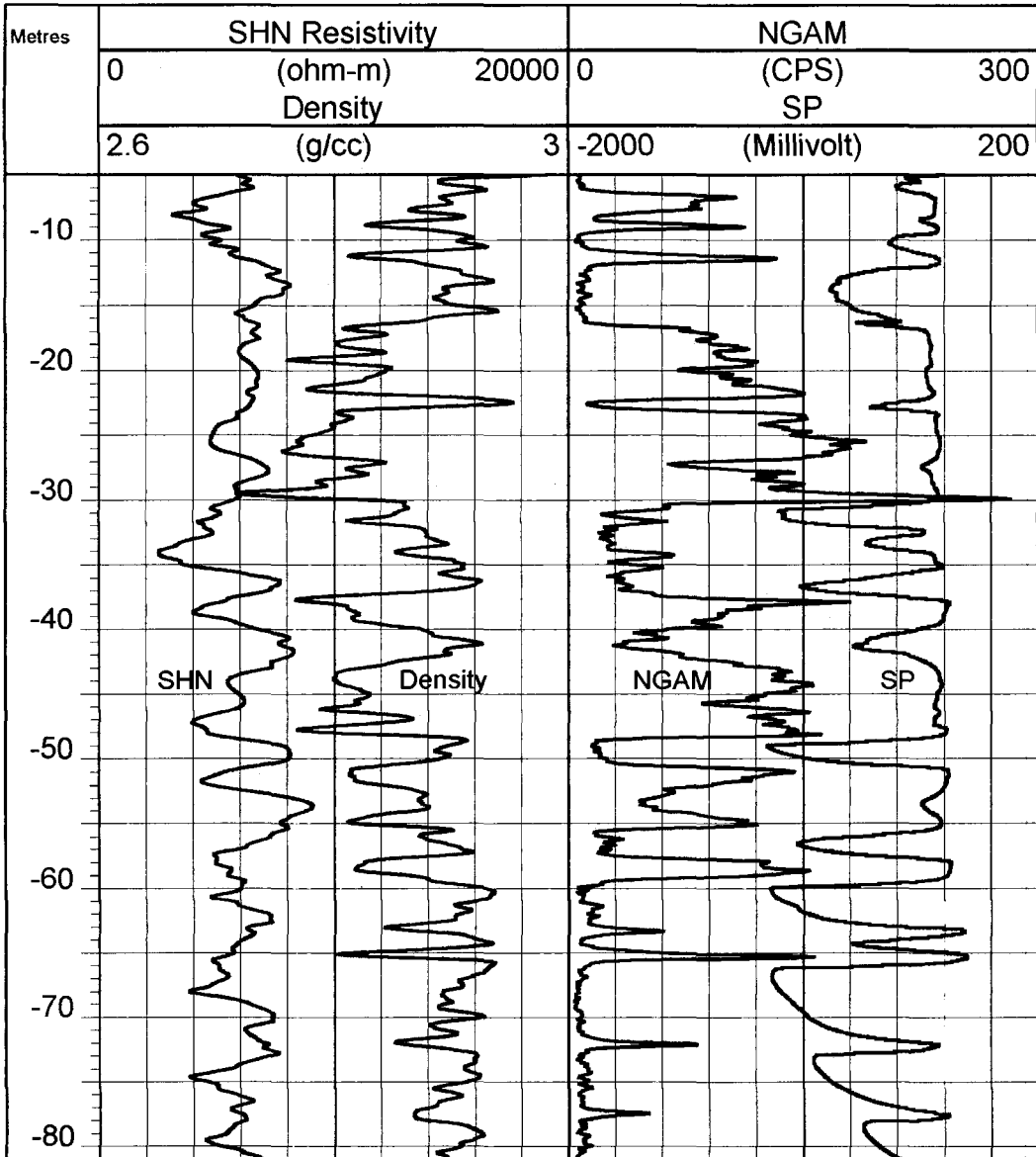


Fig. 2. Representative geophysical well log curves obtained from borehole JC-1.

갑산층 석회암지역에서의 코어물성과 검층물성 비교

Table 1. Summary of the physical properties obtained on core samples.

Division	No. of samples	Natural Gamma(cps)		Resistivity(ohm-m)		Density(g/cm ³)	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Sandstone	1	0	0	990	990	2.72	2.72
Shale	8	35-61.6	45.6	177-1021	451	2.76-2.90	2.82
Limestone	11	0-18.6	7.9	3200-16000	8335	2.68-2.82	2.74

일이 35 cps이상의 값을 보이고 있음에 비하여 사암 및 탄산염암류가 19cps 미만의 값을 보이고 있다. 비저항은 셰일이 450 ohm-m, 사암이 1000 ohm-m 내외의 값을 보이는데 비하여 탄산염암은 4000 ohm-m이상의 값을 보이고 있다. 반면에 밀도의 분포는 사암이 2.72g/cm³이고 셰일과 석회암의 평균 밀도가 각기 2.82g/cm³와 2.74g/cm³ 내외로서 셰일의 밀도가 가장 높게 나타나는 현상을 보이고 있다. 따라서 본 지역의 구성 암석의 물성반응 특성은 사암이 저감마-중비저항-저밀도의 물성반응으로, 셰일이 고감마-저비저항-고밀도로, 석회암은 저감마-고비저항-중밀도로 표현할 수 있다. 물성반응 중에서 자연감마가 사암-저감마, 셰일-고감마 및 석회암-저감마이며 비저항은 사암-중비저항, 셰일-저비저항 및 석회암-고비저항으로 나타나고 있어 일반적인 물성분포의 경향과 일치하고 있음을 보인다. 밀도의 경우에는 사암-저밀도, 셰일-고밀도, 그리고 석회암-중밀도로 나타나고 있으며 셰일의 밀도가 가장 높게 나타나고 있는 특징을 보인다.

한편 검층물성의 반응은 시추공 JC-1에서 얻어

진 자연감마(NGAN), 비저항(SHN Resistivity) 및 밀도(density) 곡선을 자연전위곡선(SP)과 함께 제시한 Fig. 2에 잘 나타나 있다. Fig. 2에서 제시된 자연감마, 비저항 및 밀도 곡선으로부터 절리 파쇄대와 연관된 고주파 성분을 제외한 전반적인 경향은 저감마-중비저항-저밀도(Group A), 고감마-저비저항-중밀도(Group B) 및 저감마-고비저항-고밀도(group C)의 3개의 그룹으로 구분할 수 있다. 본 시추공에서의 지질 구성이 일부 사암을 협재하고 있는 셰일과 석회암으로 이루어져 있는 코어 관찰 결과와 비교한 결과, Group A, B, C는 각기 셰일과 사암 및 석회암에 해당되는 것으로 해석되었다.

그러나 이 결과는 사암과 셰일 및 석회암이 각기 저감마-중비저항-저밀도, 고감마-저비저항-고밀도, 및 저감마-고비저항-중밀도로 나타난 코어의 물성반응 특성과 차이를 보이고 있다. 이러한 차이는 검층물성과 코어물성을 비교한 표 2에 잘 나타나 있으며 불일치의 핵심은 셰일과 석회암의 밀도 역전 현상으로 요약된다. 즉 코어밀도 측정에서 셰일의 밀도가 가장 높게 나타났으나 검층밀도에서는 셰일이 석회암보다 낮은 값을 보여, 밀도 분포의

Table 2. Comparison of physical responses between geophysical well log and core log.

Division		Gamma	Resistivity	Density	Rock Type
Group A	well log	low	medium	low	Sandstone
	core log	low	medium	low	
Group B	well log	high	low	medium	Shale
	core log	high	low	high	
Group C	well log	low	high	high	Limestone
	core log	low	high	medium	

관점에서는 세일과 석회암이 뒤바뀐 것 같은 현상이 나타나고 있다.

밀도 불일치에 대한 고찰

코어밀도와 검층밀도 사이에서 나타나는 밀도 불일치와 관련하여 가질 수 있는 일차적인 감은 코어밀도에서 나타난 세일-고밀도 석회암-중밀도의 관계보다는 검층밀도에서 나타난 석회암-고밀도, 세일-중밀도의 관계가 일반적인 밀도분포의 경향(Carmichael, 1983, Keys, 1989)과 잘 부합하고 있다는 점이다. 이것은 검층밀도 측정에서의 신뢰성이 인정되는 대신에 코어밀도 측정에서의 잘못된 밀도 불일치의 원인일 것으로 예상하는 결과로 연결될 수 있다. 그러나 검증 및 분석의 결과는 잘못이 코어밀도 측정에 있는 것이 아니라 검층밀도에 있는 것으로 나타났으며 갑산층 지층은 석회암-중밀도와 세일-고밀도로 나타나는 독특한 밀도 특성을 보이는 것으로 확인되었다. 검층밀도에서의 잘못된 유도된 밀도 값에 암석의 자연감마 영향이 많이 포함되어 있음이 그 원인인 것으로 나타났다. 검층밀도 결정에서 암석의 자연감마값이 영향을 미치게 될 경우에는 그 영향의 제거는 당연하고도 꼭 필요한 과정이라고 할 수 있다.

일반적으로 밀도검층에서의 밀도 값은 감마감마 검층값으로부터 다음의 식 1, 2와 같은 이론적 배경식(Schlumberger, 1989)을 이용하여 구해진다.

$$Vobs = k / e \dots\dots\dots (eq.1)$$

즉 측정된 감마감마값(Vobs)는 전자밀도(e)에 역비례하며 전자밀도는 체적밀도(b)와 비례관계를 보이므로 궁극적으로 감마감마 값으로부터 체적밀도를 구하게 된다.

$$b = e / (Mol.Wt / 2 Z s) = k / Vobs \dots\dots\dots (eq.2)$$

(k : 기기 상수, Z s: 원자번호의 합, Mol.Wt: 분자량)
 사용된 Robertson 밀도검층기(density sonde)에서는 LSD(Long Spaced Density), HRD(High Resolution Density), BRD(Bed Resolution Density)의 3개 채널을 통하여 감마감마 값이 측정되며 BRD, HRD LSD의 순서로 검출기의 민감도가 증

가한다. 밀도 값은 검출기의 민감도가 가장 높은 LSD 채널을 사용하여 구해지는데 이 LSD 채널의 높은 민감도는 감마 소스에 의한 영향 외에도 암석 자체의 자연 감마에 의해서도 영향을 받을 수 있다, 이러한 염려는 감마 소스를 제거한 측정 손드를 시추공에 삽입시켜 각 채널의 반응을 측정할 결과에서 잘 확인되고 있다(Fig. 3). 즉 LSD, HRD, BRD의 3개 곡선 모두 자연감마(NGAM) 곡선의 변동에 따른 영향을 함께 받고 있으나 너무 규모가 작아 도시하지 못한 BRD 곡선을 포함하여 도시된 HRD 곡선까지도 그 존재가 미미하여 무시될 수 있는 수준임에 비하여 LSD 곡선의 경우에는 그 영향이 상당한 규모로서 자연감마(NGAM) 곡선과 거의 닮은 형태의 곡선을 보이고 있다. 고감마 구간에서 나타나는 자연 감마값의 영향은 측정 LSD 값의 30% 수준까지 이르고 있다.

밀도 값의 보정과 물리검층 결과의 해석

밀도검층에 있어서 자연감마 값이 미치는 영향을 보정하는 것은 바로 측정된 감마감마 값으로부터 자연방사능이 감마감마 검출기에 미친 영향만큼을 제거하는 일이다. 이는 동일한 시추공에서 기존의 감마감마검층과 함께 감마 소스를 부착하지 않은 상태에서 동일한 환경으로 자료를 얻어 기존의 감마감마 값(LSD)으로부터 감마 소스가 없는 상태에서 얻어진 LSD 값(LSDws)을 빼 줌으로 가능하다. Fig. 4에서는 이와 같이 얻어진 보정 LSD 값(LSDac) 값을 기존의 감마감마 값(LSD)에 해당되는 보정 전의 감마감마 값(LSDbc)과 함께 트랙 1에 도시하고 이 두 값으로부터 유도된 보정 밀도 값(RHOac)과 기존의 미보정 밀도 값(RHObc)을 트랙 2에 제시하여 서로 비교하고 있다. 자연감마 보정을 통하여 전반적으로 감마감마 곡선의 변화 폭이 감소되는 현상이 인지되고 있다.

이와 같은 감마감마 곡선의 특성은 밀도 값으로 환산되었을 경우에 고감마 구간이 저밀도에서 고밀도로 바뀌어져 결과적으로는 밀도 값의 역전 현상으로 나타나고 있다. 고감마 구간이 세일 구간이며 저감마 구간이 석회암과 일부 사암에 해당됨을 감안한다면 이는 세일에서의 고밀도와 석회암에서의

갑산층 석회암지역에서의 코어물성과 검층물성 비교

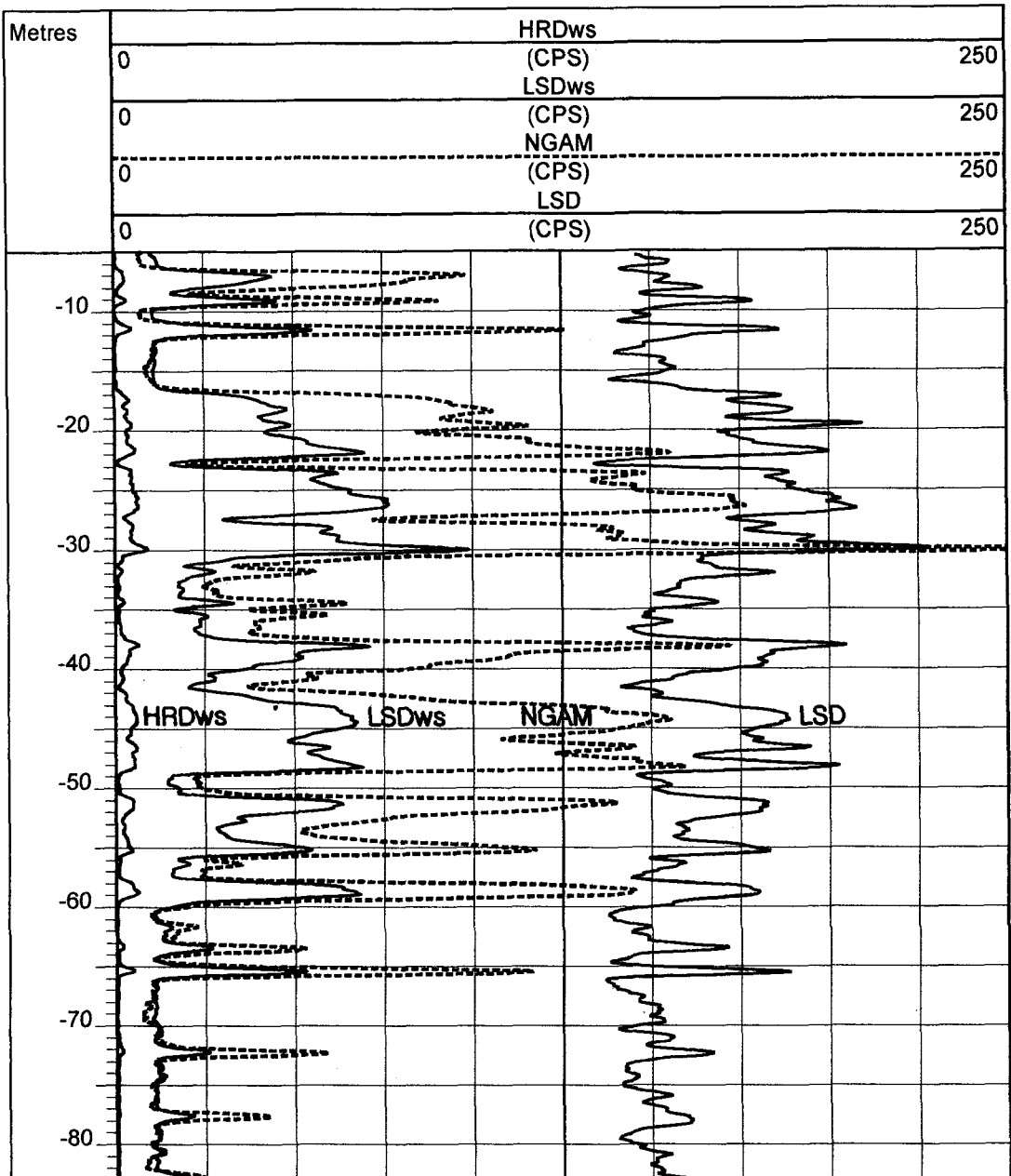


Fig. 3. Curves obtained from HRD and LSD channels without using gamma source (HRDws and LSDws). Natural gamma(NGAM) and long space density(LSD) curves are shown together for comparison.

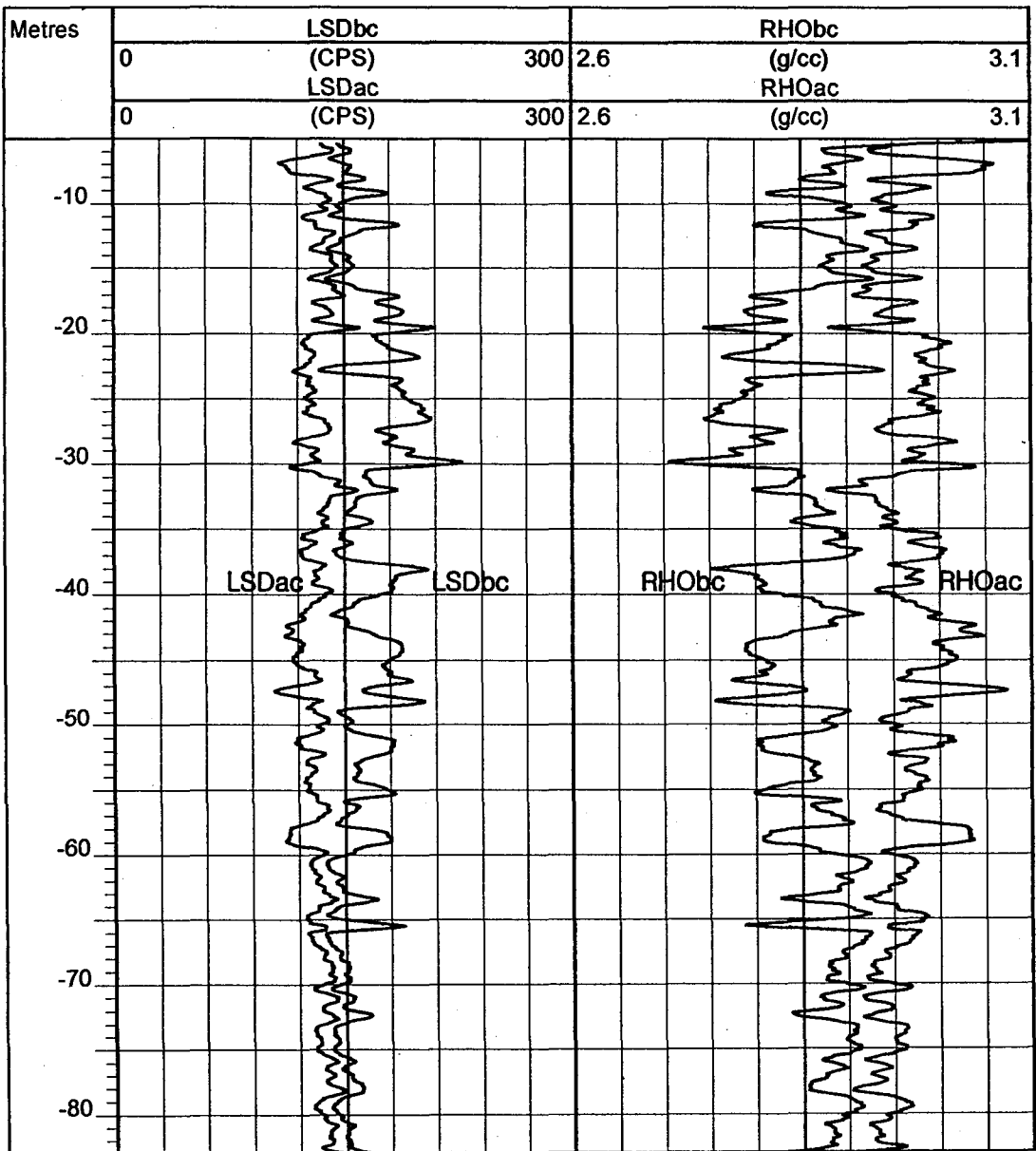


Fig. 4. Gamma gamma curves before (LSDbc) and after (LSDac) the natural gamma correction as well as density curves before (RHObc) and after (RHOac) the natural gamma correction.

중밀도, 및 사암에서의 저밀도로 연결될 수 있어 코어시료의 밀도 특성과 일치하는 결과가 얻어진다. 따라서 이 지역의 물성 특성은 사암이 저감마-중비저항-저밀도의 물성반응으로, 셰일이 고감마-저비저항-고밀도로, 석회암은 저감마-고비저항-중

밀도로 나타난다.

Fig. 5는 자연감마와 밀도 값간의 관계를 코어밀도(A)의 경우와 검층밀도에서의 자연감마 보정의 전(B)과 후(C)로 구분하여 크로스 플롯(Cross plot)한 결과이다. 코어밀도의 경우(A), 자연감마가 증가

갑산층 석회암지역에서의 코어물성과 검층물성 비교

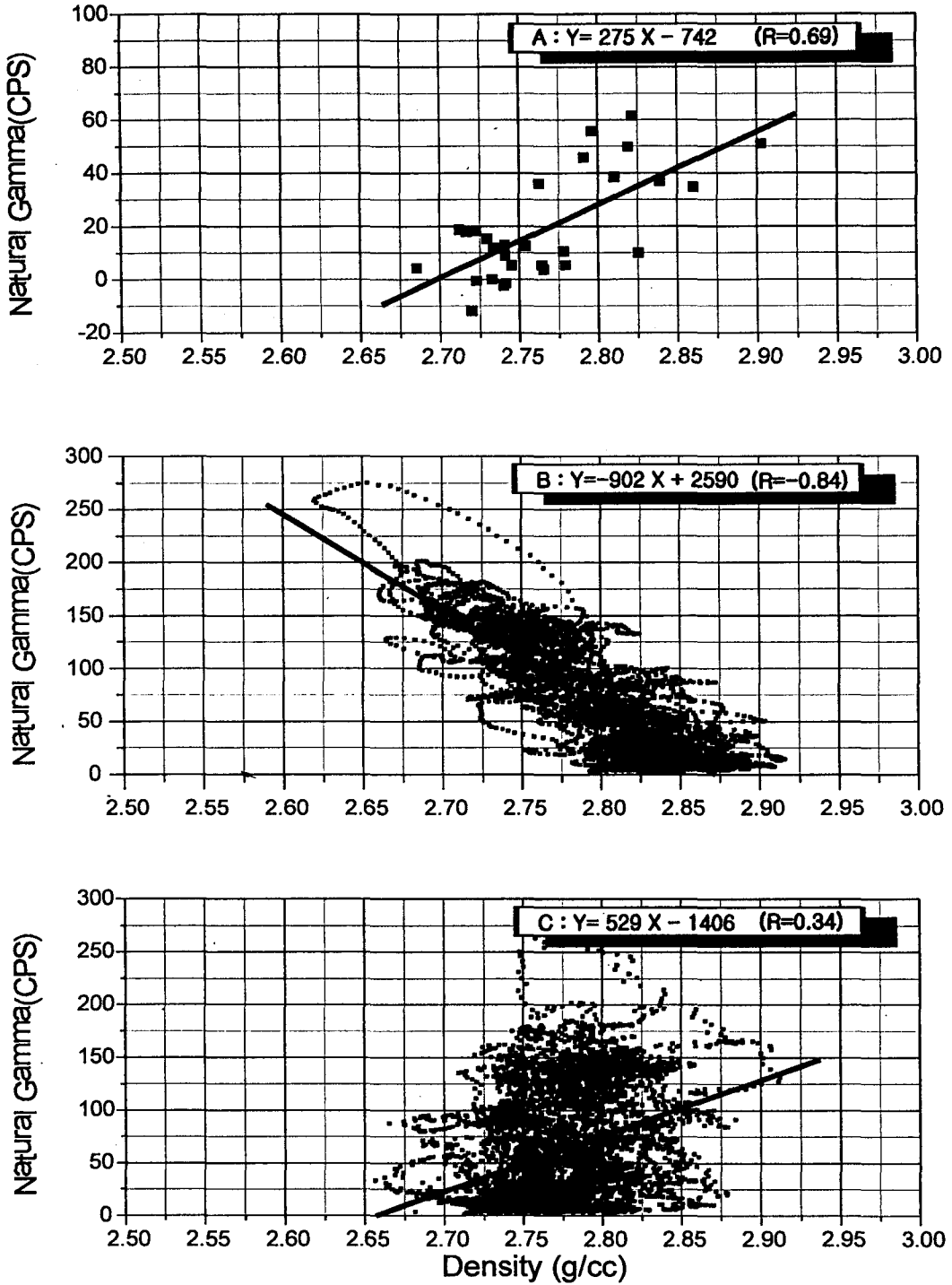


Fig. 5. Cross-plots of natural gamma and density obtained from core property measurement(A) and density log before(B) and after(C) the natural gamma correction.

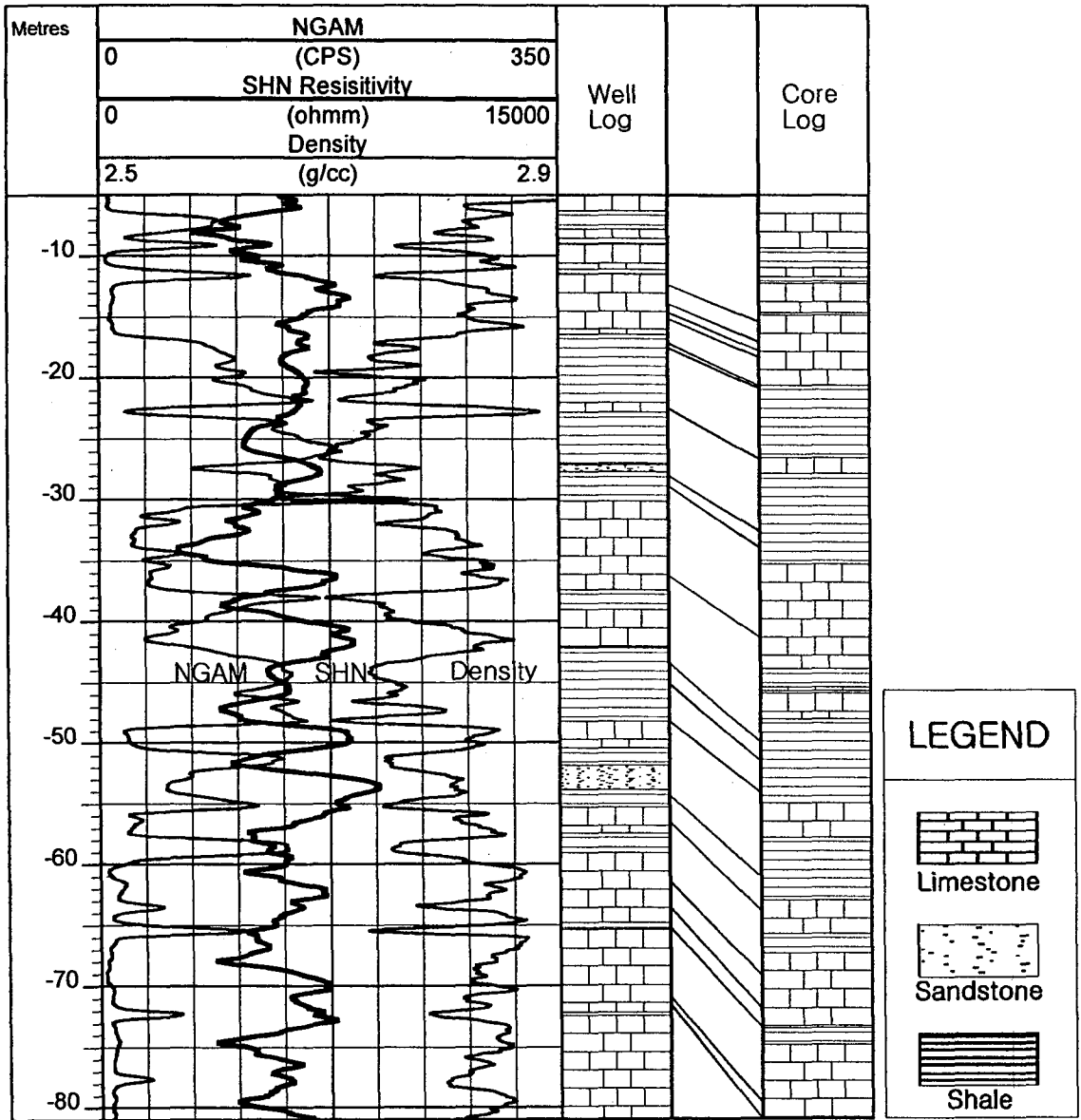


Fig. 6. The result of geophysical well log interpretation and core log.

할수록 밀도가 증가($r=0.69$)하는데 비하여 자연감마 보정 전의 검층밀도(B)에서는 자연감마가 증가함에 따라 밀도가 감소하는 반대현상($r=-0.84$)을 보여 설명이 곤란했던 것이 자연감마 보정 후의 밀도검층에서(C)는 상관계수 0.34의 산발적인 분포이나 마이너스 상관을 보인 보정 전에 비해서는 현저히 개

선된 결과라고 할 수 있다. 이것은 별도의 암상 구분의 진위와 관계 없이 자연감마 보정의 효과를 확인 할 수 있었다는 데 의의를 가진다. 아울러 이 결과는 갑산층 지역에서의 사암과 셰일 및 석회암의 물성반응이 각기 저감마-중비저항-저밀도, 고감마-저비저항-고밀도, 저감마-고비저항-중밀도로 규

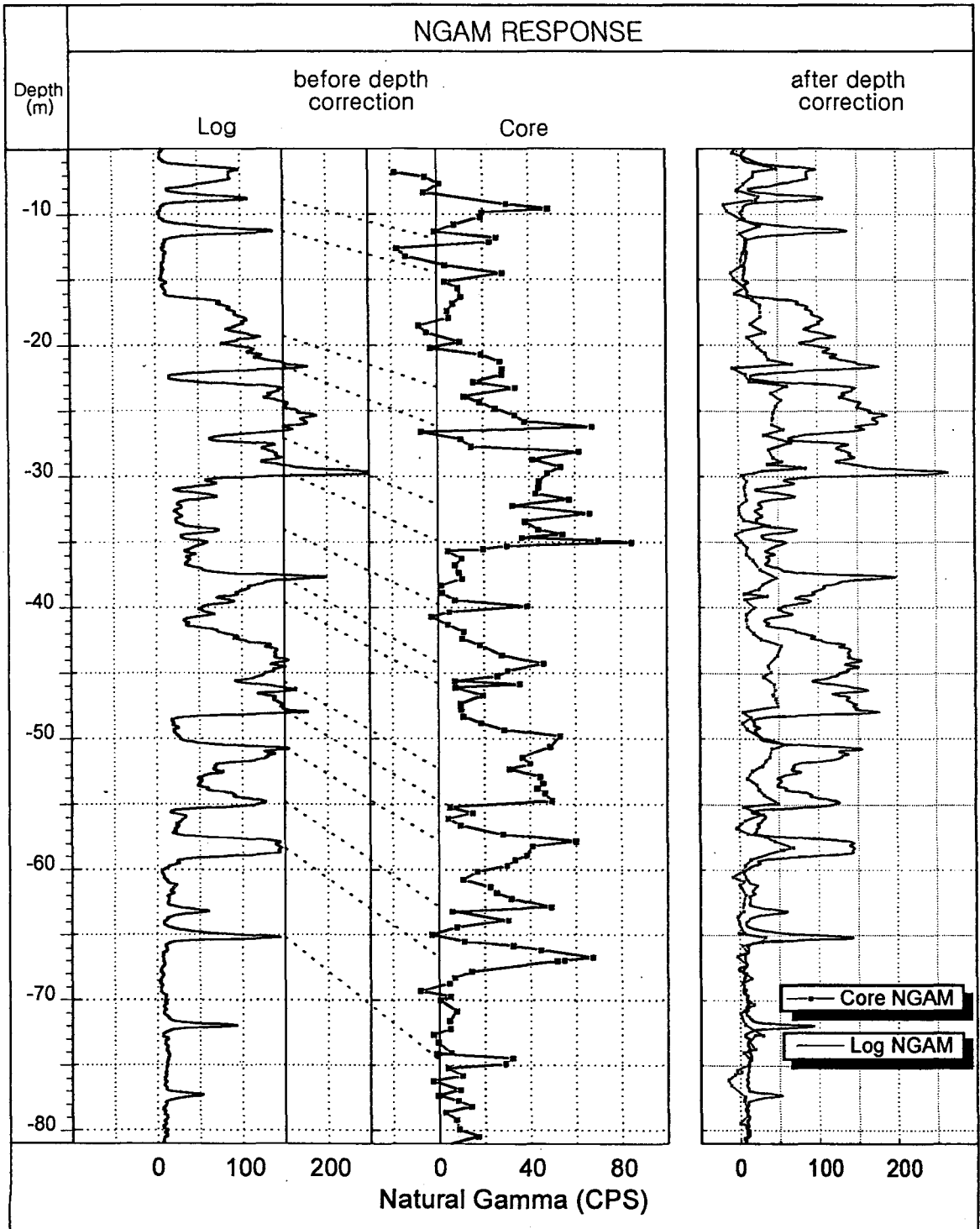


Fig. 7. Comparison between natural gamma log and core gamma data

정할 수 있음을 지지하는 또 하나의 간접적인 근거 자료가 될 수 있으며 결과적으로 자연감마 - 비저항 - 밀도간의 상관성에 대해서도 합리적인 설명이 가능하다.

Fig. 6은 이와 같은 물성 반응을 기초로 얻어진 물리검층 해석 결과를 코어검층의 결과와 비교한 것으로 사선으로 표시된 바와 같이 심도차이는 있으나 암상 대비가 매우 잘 이루어지고 있음을 보인다. 최대 약 8미터에 이르는 심도 불일치는 김영화·장승익(1998a)에 의해 보고된 바와 마찬가지로 코어검층에서 발생한 심도 오차에 기인된 것이며 이는 자연감마 검층 곡선과 코어감마 측정 자료를 비교한 Fig. 7에서의 결과와도 잘 일치하고 있다.

토의 및 결론

암석의 자연감마 값이 밀도 검층에 미치는 영향은 매우 당연하고 중요한 문제이지만 실제 밀도검층에 있어서 소홀히 다루기 쉬운 부분이다. 이는 석유검층에 기반을 가지고 있는 물리검층에서 자료 획득과 해석 과정이 각기 분리되어 있음에도 원인이 있다고 할 수 있지만 비교적 큰 규모의 감마 소스를 사용한 과거의 검층에서는 결과적으로 별 문제가 되지 않았음에 기인된다고 할 수 있다. 그러나 최근의 토목 및 지하수 또는 환경분야에서의 밀도검층처럼 감마소스의 규모가 작아지고 상대적으로 검출기의 민감도가 커지는 경우에는 큰 영향 요소로 등장할 수 있는 문제로서 특히 정확한 밀도값 자체를 요구하는 토목분야의 적용에 있어서는 이에 대한 정밀한 고려가 필요하다. 이를 위해서는 밀도검층을 할 때, 감마감마 측정과 함께 감마감마 검출기를 사용한 자연감마 측정이 함께 이루어지는 것이 필요하며 밀도검층에서 효과적인 자연감마값 보정 소프트웨어가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

일반적으로 세일과 석회암의 물성을 논의할 때, 특별히 다공질 석회암인 경우를 제외하고는 세일의 밀도가 석회암의 밀도보다는 낮은 것이 일반적인 경향이다(Key, 1989). 그러나 연구 대상인 갑산층 지층에서 나타난 결과는 세일이 치밀한 석회암보다도 높은 밀도를 보이고 있어 주목된다. 이는 한반도에서의 세일이 전반적으로 고밀도화되어 있는 것

으로 보고되고 있는 연구 결과들(권병두·구자학, 1983; 김영화·장승익, 1998b)과 석회암 중에서 관찰되는 석영 성분의 함량(박수인 외, 1998)과도 연관시킬 수 있지만 대부분의 세일 시료가 치밀질 석회암보다도 높게 나타난 것은 일반적인 예상과는 크게 다른 점이라고 할 수 있다. 그러나 세일의 높은 밀도는 본 연구 지역에서 분명하게 확인되었으며 중생대 이후의 활발한 지각변동 등에 의하여 심하게 영향을 받은 한반도 다른 지역의 세일에서도 이와 비슷한 결과를 보일 가능성이 있을 것으로 기대된다. 특히, 이번 연구에서 자연감마값을 보정해 줌으로 세일의 밀도가 석회암의 밀도를 능가하는 고밀도로 나타났다는 사실은 지금까지의 물성 자료 중에서 자연감마값이 보정되지 않은 상태에서 밀도값이 낮게 평가된 경우가 상당수 포함되어 있을 가능성을 시사하고 있다.

결론적으로 금번 연구에서 검층밀도에 미치는 자연방사능 영향을 보정함으로써 밀도 값을 비롯하여 갑산층의 물성 반응 특성이 보다 정확하게 규명될 수 있었으며 이 물성 반응 특성을 적용함에 의하여 코어 관찰 결과와도 잘 일치되는 정확한 검층 해석 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 고생대의 다른 퇴적암 지역에서도 그대로 적용이 가능할 것으로 기대되며 향후 석회암 지역에서의 물리검층 해석의 기초 자료가 될 것으로 기대된다. 끝으로 대부분의 토목 목적의 밀도검층에서 자연감마 영향에 대한 보정이 필수적임을 지적한다.

사 사

본 연구는 학술진흥재단의 대학부설연구소 지원 과제인 석회암 지역의 지하구조 규명 및 수리 특성에 관한 연구의 한 부분으로 이루어졌다. 시험 시추를 비롯하여 현장 작업에 도움을 주신 대성산업 제천광업소 관계자 여러분과 자연감마 측정을 위한 장비 사용에 배려해 주신 서울대학교 지구과학교육과의 권병두 교수님께 감사드린다.

참 고 문 헌

권병두·구자학, 1983, 물리검층에 의한 경상계 퇴

- 적암류의 특성연구. 지구과학회지, 4, 1, 1-8.
- 김영화 · 장승익, 1998a, 물리검층공에서의 심도오차 분석과 보정. 지질공학, 8, 1, 87-98.
- 김영화, 장승익, 1998b, 풍암퇴적분지내 시추공 PABH1에서의 물리검층에 의한 암상의 판정. 지질공학, 8-2, 163-173.
- 김영화 · 최예권, 1999, 코어비저항 측정에 미치는 영향요소에 대한 실험적 고찰. 지구물리, 225-231
- 김준호 · 이기무, 1998, 영춘 122,123호 석회석광상 정밀조사보고서. 대한광업진흥공사, 41p.
- 박수인 · 이회권 · 이상현, 1998, 강원지역에 분포하는 탄산염암의 특성과 부존환경. 학술진흥재단 대학부설연구소 지원과제 중간보고서, 강원대학교부설 자원개발연구소, 25p.
- 이상규 · 황세호, 1999, 건설기술자를 위한 지반조사 및 시험기술. 한국암반공학회 · 한국지구물리탐사학회 · 한국자원연구소편, 799p.
- Carmichael, R.S., 1983, Handbook of Physical properties of Rocks. Vol. 2, CRC Press, 331p.
- Chombart, L.G., Well logs in carbonate reservoirs. Geophysics, 25-4, 779-853.
- Keys, W. S., 1989, Borehole Geophysics applied to groundwater investigations. National Water Well Association, 313p.
- Killeen, P.G., 1991, Borehole Geophysics: Taking geophysics in to the third dimension. Geological Survey of Canada Short course on Borehole Geophysics in Mineral Exploration, 1-10.
- Paillet, F.L. and Crowder, R.E., 1996, A generalized approach for the interpretation of geophysical well logs in ground-water studies- Theory and application. Ground Water, 34-5, 883-898.
- Schlumberger Educational Services, 1991, Log Interpretation Principles / Applications, 3rd ed, Schlumberger Ltd., 13-19p.
- Tateishi, T., 1967, Log interpretation of limestone reservoirs. Geophysical Exploration of Japan, 20-2, 70-79.

김영화
 강원대학교 자연과학대학 지구물리학과
 200-701 강원도 춘천시 효자동
 Tel : 0361-250-8582
 Fax : 0361-244-8580
 Email : yhkim@cc.kangwon.ac.kr
 Dept. of Geophysics, Kangwon National
 University, Chunchon, Kangwondo 200-701 Korea