

한국해양연구원 부설 극지연구소장 귀하

자화특성을 이용한 남극주변부 해양판의 확장

본 보고서를 “서남극 열개구조 진화 연구: Adare Trough, 남극 중앙해령 인근의 지구조 및 화산활동 성인규명 (홍종국)”의 위탁연구과제 “자화특성을 이용한 남극주변부 해양판의 확장”의 2016년도 (최종) 보고서로 제출합니다.

On the use of magnetic properties for understanding the spreading of oceanic lithosphere, Antarctic margin



충남대학교

2016. 12.

총괄연구책임자 : 유 용 재

위탁연구기관명 : 충남대학교

위탁연구책임자 : 유 용 재

보고서 초록

위탁연구과제명	자화특성을 이용한 남극주변부 해양판의 확장				
위탁연구책임자	유 용 재	해당단계 참여연구원수	9	해당단계 연구비	45,000,000원
연구기관명 및 소속부서명	충남대학교 산학협력단		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)				보고서 면수	44
<ul style="list-style-type: none"> ○ RC15-GC44와 RC15-GC46 피스톤코어를 사용 ○ 코어에서 채취한 큐브시료의 대자율 측정 ○ 자연잔류자화에 연속적인 단계별 소자 수행 ○ 비자기이력잔류자화 생성 후 연속적인 단계별 소자 수행 ○ 점성잔류자화 생성 후 연속적인 단계별 소자 수행 ○ 대자율, 자연잔류자화, 비자기이력잔류자화, 점성잔류자화 비교 ○ 피스톤 코어는 주로 Warm and dry환경을 지시 ○ Warm and wet, Cool and dry, Cool and warm환경이 간헐적으로 반복됨. 					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	남극, 자화특성, 퇴적물, 자성광물, 잔류자화, 해양지각			
	영 어	Antarctica, Magnetic Properties, Sediments, Magnetic Minerals, Remanent Magnetization, Oceanic Crust			

요 약 문

I. 제 목

자화특성을 이용한 남극주변부 해양판의 확장

II. 연구개발의 목적 및 필요성

남극판은 초대륙 Pangea 분리 이후 위도변화가 거의 없이 경도변화를 수반하는 회전을 겪어왔다. Ross Sea 북부 서남극 열개구조는 고생대 이전의 대륙형성을 보여주는 동남극지괴와 신생대 이후의 대륙성장을 보여주는 서남극지괴의 경계부인 중부남극산맥(Transantarctic Mountains)이 연장된 해양지각 연결부에 해당한다. Ross Sea 북부 서남극 열개구조의 화성암과 퇴적물 내재 Spinel 광물의 자화특성 규명을 통해 남극판의 분리와 성장에 관한 기초적인 자료를 제공하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

피스톤코어에서 퇴적물 시료를 추출하여 1인치 큐브의 형태로 지자기 연구용 표준 시편을 제작한다. 지자기 연구용 표준 시편에 대하여 대자율(帶磁率, Magnetic susceptibility), 자연잔류자화(自然殘留磁化, Natural remanent magnetization), 비자기이력자화(非磁氣履歷磁化, Anhyseretic remanent magnetization), 등온포화잔류자화(等溫飽和殘留磁化, Saturation isothermal remanent magnetization)의 연속적인 단계별 소자 실험 결과를 비교한다. 해양퇴적물을 구성하고 있는 광물의 성분을 정량적으로 규명하기 위해 주요 시료를 연마편과 박편으로 제작하여 광석 현미경과 편광현미경을 통해 광물을 관찰함으로써 광물의 종류, 입자크기, 조직 및 변질 상태를 규명한다. 또한 전자현미경 관찰을 통해 미세한 광물의 확인, 주변 광물과의 공생관계 및 변질상태를 규명한다. 좀 더 정량적인 성분 분석을 위해서는 전자탐침미세분석기 분석을 시행한다.

IV. 연구개발결과

RC15-GC44는 남위 70.8325도 동경 174.7324도의 수심 2392미터에서 채취한 596 cm의 시추코어이다. RC15-GC46는 남위 70.6019도 동경 172.8930도의 수심 2434미터에서 채취한 666 cm의 시추코어이다. 시추코어로부터 퇴적물을 추출하여 제작한 표준 시편을 분석한 결과 두 종류의 자성 광물을 판독하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

자화특성 분석을 활용하여 퇴적물의 광물 판독이 가능하다. 첫째, 대자율은 철 원소를 함유하는 광물의 양에 비례한다. 둘째, 자연잔류자화의 안정도는 자성광물의 입자 크기에 반비례한다. 셋째, 비자기이력 잔류자화는 입자의 크기에 민감하여 고환경 복원의 중요한 지시자이다. 넷째, 등온포화잔류자화는 조립질 자성광물의 분포를 지시하여 퇴적 환경 변화를 알아내는데 요긴하다. RC15 피스톤 코어는 주로 Warm and dry 환경을 지시한다. 그러나 상부로 가며 (연대가 젊어질수록) Warm and wet, Cool and dry, Cool and warm 환경이 간헐적으로 반복되었음을 알 수 있다.

I. Title

On the use of magnetic properties for understanding the spreading of oceanic lithosphere, Antarctic margin

II. Research Purpose

Tectonic evolution of Antarctica is pivotal in understanding the assembly and break-up of supercontinents Pangea. It is interesting that Antarctica experienced only the longitudinal motion since the break-up of Pangea. In the present study, we investigated rock magnetic properties of piston cores collected from the deeper part of the Ross Sea, with a hope to unravelling paleoenvironmental changes in Western Antarctica.

III. Experiments

A total of 600 one-inch paleomagnetic cubes were retrieved from the two piston cores recovered from the Ross Sea. A suite of rock magnetic investigations including magnetic susceptibility, natural remanent magnetization, anhysteretic remanent magnetization, and saturation isothermal remanent magnetization were carried out. On completion of stepwise demagnetization, the ratio of individual magnetization was compared as a proxy for paleoclimate change.

IV. Results

Two piston cores were used in the present study. At first, RC15-GC44 is a 596 cm-long piston core, retrieved from 70.8325S and 174.7324E at water depth of 2392 m. Second, RC15-GC46 is a 666 cm-long piston core, retrieved from 70.6019S and 172.8930E at water depth of 2434 m. A suite of magnetic testing was carried out including demagnetization experiments, magnetic hysteresis observation, thermomagnetic analysis, scanning electron microscopy, and electron probe micro analysis. Remanent magnetization was carried by two different magnetic phases.

V. Application

Magnetic susceptibility reflects the amount of Fe-bearing minerals. Natural remanent magnetization is governed by the presence of fine-grained magnetic material. Anhyseretic remanent magnetization and saturation isothermal remanent magnetization are of use as a paleoclimate proxy. Two piston cores were dominated by warm and dry condition. However, there are certain periods when warm and wet, cool and dry, and cool and wet conditions invaded.

C O N T E N T S

Chapter 1. Introduction	10
Chapter 2. Research Progress	13
Chapter 3. Experiments and Results	15
Chapter 4. Achievements	39
Chapter 5. Application	41
Chapter 6. References	42

제 1 장 서론

목 차

제 1 장 서론	10
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	15
제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도	39
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	41
제 6 장 참고문헌	42

1-1. 남극판의 지질 개요

— 남극은 Pangea 분리 이후 위도 변화가 가장적인 지판

— Ross Sea 북부 서남극 열개구조는 고생대 이전의 대륙형성을 보여주는 동남극지괴와 신생대 이후의 대륙성장을 보여주는 서남극지괴의 경계부인 중부남극산맥 (Transantarctic Mountains)이 연장된 해양지각 연결부에 해당 (그림 1)

— Ross Sea 북부 서남극 열개구조의 화성암과 퇴적물 내재 Spinel 광물의 자화 특성 규명을 통해 남극판의 분리와 성장에 관한 기초적인 자료를 제공

— 추후 금속을 함유한 지구형 spinel과 외계기원 운석이 함유한 spinel의 자화 특성 차이 규명을 시도

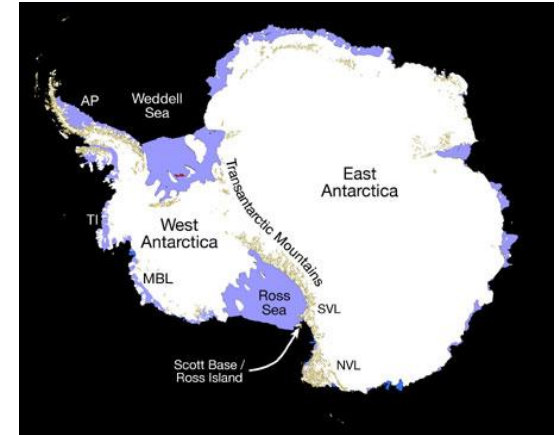


그림 1. 남극판은 Trans-antarctic Mountains를 기준으로 고생대에 이전에 주로 생성된 동남극지괴 (East Antarctic Craton)과 중생대 이후에 성장한 서남극지괴 (West Antarctic Craton)으로 구분

1-2. 연구개발 필요성

— 지구의 표면을 구성하는 화성암이나 퇴적물의 Spinel 광물 성인 연구는 대부분 대륙내부에서 수행되었다. Spinel 광물 성인 연구가 고위도 지역에서 미진한 이유는 시료 채취의 상대적 어려움에 있다. 또한 고위도에서 정량 시료의 획득이 나침반의 오작동으로 인해 난해하다는 단점이 있다.

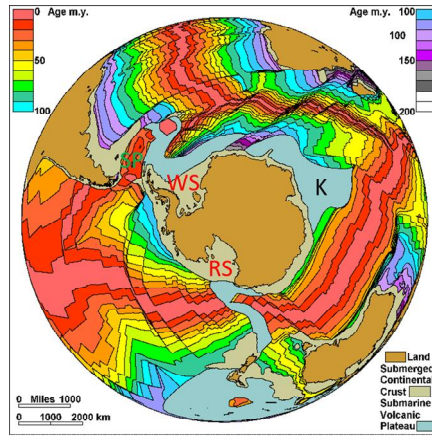


그림 2. 남극과 태평양의 발산경계, 남극과 대서양의 방산경계, 남극과 오스트레일리아 판의 발산경계가 이루는 남극판을 감싸는 해양판들의 생성 연대. SP: Scotia plate; RS: Ross Sea; WS: Weddell Sea; K: Kergulen oceanic plateau.

— 남위 60도 이상의 고위도에서 수행된 자기관련 연구는, 화산암류의 지자기 방향 변화 해석이 유일하다 (그림 2). 특히 화성암이나 퇴적물의 Spinel 광물 성인 연구는 수행된 전례가 없다.

— 최근 실험 기기의 발달과 통계적인 해석 방법의 진화로, 단일 Spinel 광물 연구가 시도되고 있다. 과거에는 암석에 함유된 spinel의 평균적인 기여도가 측정되었지만, 최근에는 개개의 결정 혹은 이와 비견될 매우 작은 규모에서의 spinel 분포 연구가 개발되고 있다.

— 화성암이나 퇴적물의 특정 Spinel 분포를 지구물리학적 측정 자료인 자력 이상 (magnetic anomalies)과 대비시키려는 시도가 선진국에서 시도되고 있다. 금번 연구에서는 Spinel의 성인 및 분포와 자력이상간의 상관관계 규명을 이해하는 기본 자료 제공에 의의.

1-3. Spinel의 존재와 지체구조학적 의의

— Spinel의 자화특성과 금속함유량을 측정하고 Spinel 시공간 분포도를 작성하여 해양지각의 냉각에 관한 지체구조학적 지시자로 활용

— Ross Sea 북부 서남극 열개 구조의 화성암과 퇴적물 내재 Spinel 광물의 자화특성 규명을 통해 남극의 지체구조와 Gondwana의 진화에 관한 원천·핵심 기본 자료 제공

— 금속함유 외계기원 Spinel을 대비 우주개발시대자원탐사 기초 자료로 활용

— 체계적인 자기특성 규명 연구를 시도하여 Spinel과 지권사이의 상관관계를 규명하여, 지질 및 지구물리학계가 아직까지 해결하지 못한 Gondwanaland 분리의 정량적 기초자료 제공

— 미래 극지 지권과학 R&D 강화를 위한 기초연구

— Spinel의 자화특성은 남극의 팽개아관련 진화사를 밝혀내 줄 과학적 단서

— Spinel이란 산소와 일련의 cation의 조합이 만드는 광물 구조. Spinel의 큰 Cation들은 팔면체 형태인 octahedral 배열을 보여주는 반면, 크기가 상대적으로 작은 Cation들은 사면체 형태인 tetrahedral로 배열 (그림 3).

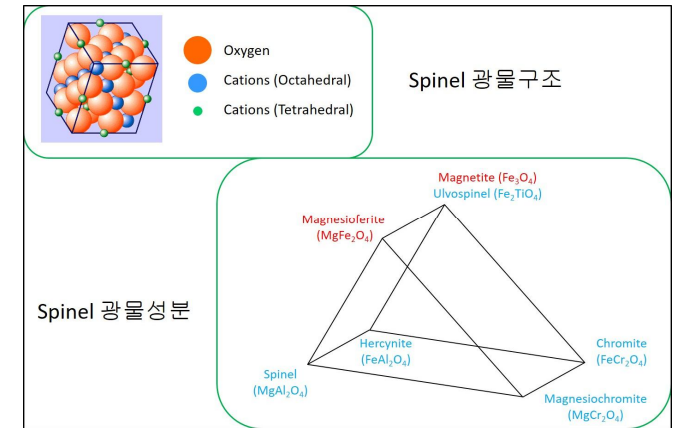


그림 3. Spinel 광물의 구조를 프리즘그림에 도시한 자료.

Spinel 광물 성분

제 2 장 국내외 기술개발 현황

2-1. 국내 동향

— 지구형 화성기원 (terrestrial igneous origin) Fe-Ti-spinel, 지구형 화성기원 Mg-spinel, 지구형 퇴적기원 (terrestrial sedimentary origin) Mn-spinel, 지구형 화성기원 Cr-spinel, 지구형 화성기원 Fe-spinel, 지구형 변성기원 (terrestrial metamorphic origin) Fe-spinel, 화성운석내재 (Martian meteorite) Cr-Fe-Ti spinel, 미분화운석내재 (undifferentiated chondrite) Fe-Ni spinel 등이 과학적으로 구분됨.

— 지구형 화성기원 Fe-Ti-spinel로 대부분의 심성암과 일부 화산암에 존재하며 알갱이가 거의 100 μm 이상으로 정형의 팔면체 (Octahedron structure) 형태 (그림 4). 3차원 팔면체 광물이 2차원 박편상에서는 사각형으로 보임.

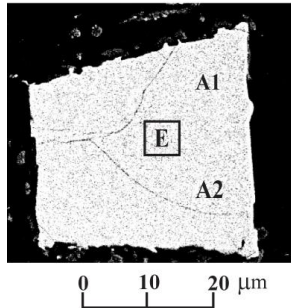
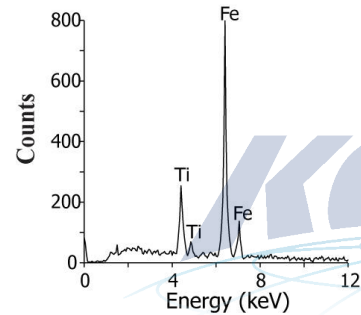


그림 4. 1940년대에 일본에서 분출한 화산 분출물이 포함하는 Fe-Ti-Spinel로 박편단면상에서 사각형을 보이는 삼차원 팔면체 구조로 철과 티탄이 다량 함유되어 있다.



— 외계기원 (Martian meteorite) spinel은 지구형 spinel과 달리 Cr, Fe, Ti가 혼합되어 존재. 생성의 깊이 (압력조건을 결정)와 응력의 분포 같은 지구물리학적 요인에 의해 각기 다른 의해 매우 다양한 spinel의 조합이 나타나는데, 이들 조합은 Spinel을 포함하는 암석의 물리/화학적인 특징을 결정.

2-2. 국외 동향

— 화성암과 퇴적물 내재 Spinel 광물의 자화특성 (그림 5) 규명 연구를 독자적으로 수행할 장비를 완벽히 갖춘 선진국의 실험실 보유기관은 미국의 Scripps Institution of Oceanography, Massachusetts Institute of Technology, University of Minnesota, 프랑스의 Institut de Physique du Globe de Paris, 중국 Chinese Academy of Science의 해양지질/지구물리 연구소 (Center of Marine Geology and Geophysics), 캐나다의 University of Toronto, 일본의 Kochi Core Center의 7곳이다. 이들 7개 연구 기관은 5기 이상의 다른 종류의 개별 자화특성 규명 실험 기기를 보유하여 외부 실험실의 도움 없이 독자적인 연구를 완수할 능력 보유.

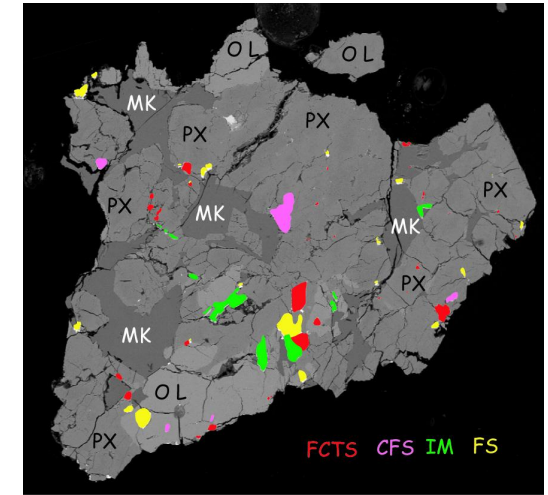


그림 5. 외계기원의 스피넬은 매우 다양한 광물 성분비를 지니다. FCTS: Fe-Cr-Ti spinel; CFS: Cr-Fe spinel; IML ilmenite; FS: iron sulfide; Bright grey: plagioclase feldspar; intermediate grey: clinopyroxene; dark grey: olivine.

— 국제공인 수준의 연구 결과가 부족한 이유는 국내연구자들의 역량부족 문제라기보다 충분한 양의 시료 확보와 실험장비 부재 등의 연구인프라 장애 때문인 것으로 판단된다. 화성암과 퇴적물 내재 Spinel 광물의 자화특성 규명 연구 분야에서 세계 최고 수준과의 기술 격차는 10년정도라 진단한다. 따라서 연구비와 장비 부분에 대한 현실적인 지원이 뒷받침된다면, 국내의 연구 기관도 해당 분야에서 10여년 안에 세계적인 저명 연구팀으로 성장 가능하다고 예상.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

3-1. 연구개발목표

연구개발의 목표를 도식화하면 아래와 같다.

성과목표	세부목표	달성 주요내용	달성도 (%)
해양퇴적물이 기록하는 잔류자화의 방향 변화 추적	1-1 Specimen separation	코어로부터 정육면체형 2.54 cm × 2.54 cm × 2.54 cm 표준 시편 분리	100%
	1-2 Mass determination	표준 시편에 대한 질량 측정	100%
	1-3 Anhysteretic Remanent Magnetization (ARM) measurements	표준 시편에 대한 비자기이력자화 (Anhysteretic Remanent Magnetization) 실험	100%
해양퇴적물의 안정적인 잔류자화를 기록하는 광물 판독	2-1 ARM Stacking	비자기이력자화 깊이에 따라 비교	100%
	2-2 ARM comparison	44번 코어와 46번 코어의 ARM 자료비교	100%
	2-3 ARM and NRM comparison	ARM 자료와 자연잔류자화(NRM)비교	100%
	2-4 ARM and Magnetic susceptibility comparison	ARM 자료와 대자율 비교비교	100%

3-2. 연구수행 실험 요약

구 분	RC15-GC44	RC15-GC46
기본정보 (Basic Information)		
위도 (Latitude)	70.5 S	70.1 S
경도 (Longitude)	177.44 E	172.36 E
수심 (Water Depth)	2434 m	2392 m
측정 (Observation)		
1.9 cm 큐브 시료 갯수	197	219
1.9 cm 큐브단위 무게 (g)	10.14 ± 0.58	9.97 ± 0.35
대자율 (10 ⁻⁶ cgs)	10.28 ± 6.49	11.75 ± 5.20
대자율 (10 ⁻⁶ SI)	817.99 ± 516.84	935.04 ± 413.58
자연잔류자화 (mA/m)	9.55 ± 9.54	10.95 ± 6.87
비자기이력잔류자화 (mA/m)	81.60 ± 66.64	101.97 ± 55.69
환산 (Calculations)		
밀도 (kg/m ³)	1477.74 ± 84.11	1453.60 ± 50.49
Koenigsberger ratio	2.60 ± 2.68	2.71 ± 1.30
상대화강도	0.19 ± 0.65	0.11 ± 0.04
해석 (Interpretation)		
밀도	- 심해저퇴적물 Global mean인 1660 kg/m ³ 의 87-89%에 해당 - Ross Sea 연안 퇴적물의 상대적으로 큰 공극률을 반영함	
대자율 (10 ⁻⁶ SI)	- 심해저퇴적물의 대자율 범주인 50-750 (10 ⁻⁶ SI)를 상회 - Ross Sea 연안 퇴적물에 활발한 자성광물의 유입을 시사	
상대적 입자크기	- 비자기이력잔류자화와 대자율비 환산 - sand (2 ⁻⁴ mm 이상) 비율: 10-40% (평균 25%) - silt (2 ⁻⁴ 부터 2 ⁻⁸ mm) 비율: 20-50% (평균 35%) - clay (2 ⁻⁸ mm 이하) 비율: 30-60% (평균 40%)	
Koenigsberger ratio	- Koenigsberger ratio가 대략 3 이하 - 잔류자화가 유도자화보다 3배정도 중요 - 잔류자화가 우세하여 고지자기학 연구에 적합 - 유도자화에 의존하는 Magnetic anomaly 해석 주의필요	

3-3. 남위 70.5도 동경 177.44도 수심 2434 m에서 획득한
RC15-GC44 피스톤코어 측정자료

깊이 cm	무게 g	밀도 kg/m ³	대자율 10 ⁻⁶ cgs	대자율 10 ⁻³ SI	NRM A/m	ARM A/m	Koenigsber ger ratio	Relative magnetic strength
3	10.77	1570.2	14	1.114	0.010558	0.1385136	2.381	0.076
6	10.39	1514.8	15	1.194	0.012624	0.1469597	2.657	0.086
9	10.82	1577.5	14	1.114	0.009743	0.1461657	2.197	0.067
12	10.82	1577.5	14	1.114	0.003712	0.1356696	0.837	0.027
15	10.52	1533.8	12	0.955	0.010351	0.1336275	2.724	0.077
18	10.42	1519.2	14	1.114	0.009659	0.1343868	2.178	0.072
21	10.29	1500.2	10	0.796	0.008441	0.152542	2.665	0.055
24	10.29	1500.2	9	0.716	0.008899	0.1485836	3.122	0.060
27	10.41	1517.7	11	0.875	0.009186	0.1482913	2.637	0.062
30	10.63	1549.8	8	0.637	0.006778	0.1516486	2.675	0.045
33	10.36	1510.4	8	0.637	0.006109	0.1570616	2.411	0.039
36	10.15	1479.8	8	0.637	0.0069	0.1414706	2.723	0.049
39	10.4	1516.3	9	0.716	0.009679	0.1641048	3.396	0.059
42	10.27	1497.3	12	0.955	0.00766	0.1523861	2.016	0.050
45	10.23	1491.5	11	0.875	0.012504	0.1322161	3.589	0.095
48	10.01	1459.4	10	0.796	0.007037	0.1302791	2.222	0.054
51	10.6	1545.4	11	0.875	0.00817	0.1454953	2.345	0.056
54	10.43	1520.6	12	0.955	0.008846	0.1333032	2.327	0.066
57	10.19	1485.6	13	1.035	0.007722	0.0008436	1.876	9.154
60	10.46	1525.0	17	1.353	0.013993	0.1369545	2.599	0.102
63	10.49	1529.4	17	1.353	0.015099	0.1421834	2.804	0.106
66	10.58	1542.5	18	1.432	0.016648	0.1510634	2.920	0.110
69	10.51	1532.3	19	1.512	0.017366	0.1591507	2.886	0.109
72	10.1	1472.5	19	1.512	0.015034	0.1745985	2.498	0.086
75	10.56	1539.6	21	1.671	0.018732	0.1871369	2.816	0.100
78	10.74	1565.8	24	1.910	0.020558	0.1642485	2.705	0.125
81	10.64	1551.2	18	1.432	0.011737	0.1118622	2.059	0.105
87	11.39	1660.6	27	2.149	0.021854	0.106714	2.556	0.205
90	10.93	1593.5	28	2.228	0.013858	0.1206431	1.563	0.115
93	10.3	1501.7	19	1.512	0.014863	0.1490772	2.470	0.100
96	10.9	1589.2	17	1.353	0.017013	0.1501647	3.160	0.113
99	10.44	1522.1	18	1.432	0.019768	0.1530505	3.467	0.129
102	10.5	1530.8	19	1.512	0.023324	0.1634802	3.876	0.143
105	10.47	1526.5	21	1.671	0.023486	0.1596408	3.531	0.147
108	10.53	1535.2	23	1.830	0.022064	0.1872687	3.029	0.118
111	10.51	1532.3	27	2.149	0.035217	0.2000486	4.118	0.176
114	10.69	1558.5	30	2.387	0.033556	0.2034227	3.532	0.165
117	10.17	1482.7	25	1.989	0.02571	0.1716886	3.247	0.150
120	10.73	1564.4	24	1.910	0.013649	0.1557176	1.796	0.088
123	11.38	1659.1	28	2.228	0.014179	0.1150393	1.599	0.123
126	10.53	1535.2	15	1.194	0.011475	0.1280922	2.415	0.090
129	10.22	1490.0	9	0.716	0.0089	0.1313578	3.122	0.068
132	10.24	1492.9	1	0.080	0.00943	0.1197803	29.773	0.079
135	10.13	1476.9	8	0.637	0.009089	0.1139469	3.587	0.080
138	9.73	1418.6	8	0.637	0.00846	0.1111825	3.339	0.076

141	10.05	1465.2	8	0.637	0.007114	0.1001644	2.808	0.071
144	10.13	1476.9	8	0.637	0.005354	0.1021897	2.113	0.052
147	10.01	1459.4	8	0.637	0.001966	0.1006156	0.776	0.020
150	10.26	1495.8	7	0.557	0.003328	0.0484297	1.501	0.069
153	9.86	1437.5	7	0.557	0.005042	0.0960902	2.274	0.052
156	9.62	1402.5	9	0.716	0.005351	0.0956294	1.877	0.056
159	10.01	1459.4	8	0.637	0.004238	0.0937214	1.673	0.045
162	10.12	1475.4	8	0.637	0.006051	0.0868135	2.388	0.070
165	10.29	1500.2	9	0.716	0.004523	0.0900731	1.587	0.050
168	10.2	1487.1	8	0.637	0.003139	0.0932176	1.239	0.034
171	10.37	1511.9	8	0.637	0.00423	0.0831782	1.670	0.051
174	10.29	1500.2	7	0.557	0.007468	0.0527228	3.368	0.142
177	10.49	1529.4	8	0.637	0.009352	0.0823773	3.691	0.114
180	10.15	1479.8	9	0.716	0.006813	0.0742581	2.390	0.092
183	9.92	1446.3	8	0.637	0.007382	0.0885816	2.914	0.083
186	9.86	1437.5	7	0.557	0.008499	0.0863451	3.834	0.098
189	10.06	1466.7	7	0.557	0.008236	0.0928203	3.715	0.089
192	9.54	1390.9	6	0.477	0.010609	0.0884081	5.583	0.120
195	9.96	1452.1	6	0.477	0.010523	0.0892564	5.538	0.118
198	11.23	1637.3	11	0.875	0.013026	0.0903081	3.739	0.144
201	10.92	1592.1	10	0.796	0.007408	0.1033617	2.339	0.072
204	11.24	1638.7	12	0.955	0.013483	0.1116547	3.548	0.121
207	10.96	1597.9	11	0.875	0.009969	0.111961	2.861	0.089
210	10.57	1541.0	7	0.557	0.010654	0.0996253	4.805	0.107
213	9.99	1456.5	7	0.557	0.009195	0.1037153	4.147	0.089
216	10.37	1511.9	14	1.114	0.011056	0.1072886	2.493	0.103
219	10.96	1597.9	12	0.955	0.010247	0.0984692	2.696	0.104
222	11.36	1656.2	24	1.910	0.00907	0.0934145	1.193	0.097
225	11.26	1641.6	11	0.875	0.006919	0.0584376	1.986	0.118
228	10.32	1504.6	8	0.637	0.00684	0.0920354	2.700	0.074
231	10.11	1474.0	7	0.557	0.003725	0.0859503	1.680	0.043
234	9.98	1455.0	7	0.557	0.008151	0.0929823	3.677	0.088
237	10.93	1593.5	8	0.637	0.008431	0.1040544	3.327	0.081
240	10.46	1525.0	8	0.637	0.011058	0.1148275	4.364	0.096
243	10.42	1519.2	8	0.637	0.009444	0.1179314	3.727	0.080
246	10.52	1533.8	9	0.716	0.010232	0.1162928	3.589	0.088
249	9.97	1453.6	9	0.716	0.007321	0.0983857	2.568	0.074
252	10.16	1481.3	8	0.637	0.006887	0.0954014	2.718	0.072
255	10.16	1481.3	9	0.716	0.007456	0.0917317	2.616	0.081
258	10.67	1555.6	10	0.796	0.006187	0.1159724	1.954	0.053
261	10.2	1487.1	8	0.637	0.007578	0.1107957	2.991	0.068
264	10.05	1465.2	12	0.955	0.008577	0.1163172	2.257	0.074
267	10.6	1545.4	12	0.955	0.010172	0.102545	2.676	0.099
270	11.42	1665.0	15	1.194	0.009195	0.1089023	1.935	0.084
273	10.77	1570.2	13	1.035	0.010756	0.0967116	2.612	0.111
276	11.34	1653.3	19	1.512	0.00927	0.1136902	1.541	0.082
279	11.11	1619.8	15	1.194	0.010824	0.1034929	2.278	0.105
282	10.32	1504.6	14	1.114	0.005357	0.1005811	1.208	0.053
285	10.51	1532.3	11	0.875	0.018477	0.0798751	5.304	0.231
288	10.41	1517.7	17	1.353	0.028957	0.1269331	5.378	0.228
291	9.7	1414.2	18	1.432	0.023673	0.167566	4.152	0.141
294	9.57	1395.2	20	1.592	0.02246	0.1802934	3.546	0.125

297	9.39	1369.0	17	1.353	0.025316	0.1392028	4.702	0.182
300	8.99	1310.7	15	1.194	0.027101	0.1535079	5.704	0.177
303	10.03	1462.3	25	1.989	0.007293	0.1733511	0.921	0.042
306	10.15	1479.8	12	0.955	0.026035	0.0457599	6.850	0.569
309	10.39	1514.8	23	1.830	0.034802	0.1859538	4.778	0.187
312	9.72	1417.1	21	1.671	0.038207	0.2236819	5.744	0.171
315	9.62	1402.5	23	1.830	0.00973	0.2230054	1.336	0.044
318	10.13	1476.9	12	0.955	0.028483	0.0813611	7.494	0.350
321	10.19	1485.6	25	1.989	0.023611	0.249026	2.982	0.095
324	9.39	1369.0	19	1.512	0.025728	0.206158	4.275	0.125
327	9.7	1414.2	20	1.592	0.03296	0.1941087	5.203	0.170
330	9.56	1393.8	21	1.671	0.028486	0.1717865	4.283	0.166
333	9.38	1367.5	18	1.432	0.024524	0.1834853	4.302	0.134
336	9.53	1389.4	18	1.432	0.027244	0.1690379	4.779	0.161
339	9.33	1360.3	16	1.273	0.013796	0.1833863	2.723	0.075
342	9.3	1355.9	11	0.875	0.006421	0.0917117	1.843	0.070
345	9.32	1358.8	7	0.557	0.005192	0.0388365	2.342	0.134
348	9.42	1373.4	7	0.557	0.003612	0.0346323	1.629	0.104
351	9.99	1456.5	5	0.398	0.002824	0.0148893	1.783	0.190
354	9.94	1449.2	4	0.318	0.00269	0.0125048	2.123	0.215
357	10.07	1468.1	4	0.318	0.00174	0.0115768	1.373	0.150
360	9.6	1399.6	4	0.318	0.006085	0.0073709	4.803	0.826
363	9.99	1456.5	8	0.637	0.006374	0.0252107	2.516	0.253
366	10.13	1476.9	8	0.637	0.008175	0.0241264	3.226	0.339
369	9.96	1452.1	10	0.796	0.018961	0.0428289	5.987	0.443
372	9.57	1395.2	14	1.114	0.042383	0.0849916	9.558	0.499
375	9.56	1393.8	17	1.353	0.050202	0.1907416	9.324	0.263
378	9.26	1350.1	17	1.353	0.052304	0.1718457	9.714	0.304
381	9.34	1361.7	16	1.273	0.046099	0.1809351	9.097	0.255
384	9.33	1360.3	17	1.353	0.032372	0.1821137	6.012	0.178
387	9.44	1376.3	17	1.353	0.011653	0.1763269	2.164	0.066
390	9.03	1316.5	8	0.637	0.005675	0.0495776	2.240	0.114
393	8.9	1297.6	5	0.398	0.004444	0.0225815	2.806	0.197
396	9.32	1358.8	4	0.318	0.004341	0.0160046	3.427	0.271
399	9.55	1392.3	4	0.318	0.003906	0.0131435	3.083	0.297
402	9.68	1411.3	4	0.318	0.003142	0.013548	2.480	0.232
405	9.33	1360.3	4	0.318	0.002198	0.012164	1.735	0.181
408	10.29	1500.2	5	0.398	0.002192	0.0104788	1.384	0.209
411	10.12	1475.4	4	0.318	0.001862	0.0105032	1.469	0.177
414	10.62	1548.3	5	0.398	0.000925	0.0095266	0.584	0.097
417	10.48	1527.9	6	0.477	0.000356	0.0064499	0.188	0.055
420	9.88	1440.4	3	0.239	0.000401	0.0034739	0.422	0.115
423	9.89	1441.9	3	0.239	0.000273	0.0041907	0.288	0.065
426	9.92	1446.3	5	0.398	0.014979	0.0194456	9.459	0.770
429	9.26	1350.1	2	0.159	0.000426	0.0035146	0.673	0.121
432	9.76	1422.9	2	0.159	0.000422	0.0033589	0.666	0.126
435	10.26	1495.8	5	0.398	0.001193	0.0055326	0.753	0.216
438	10.38	1513.3	4	0.318	0.000837	0.0065966	0.660	0.127
441	10.93	1593.5	5	0.398	0.000464	0.0061795	0.293	0.075
444	11.55	1683.9	4	0.318	0.000721	0.0065107	0.569	0.111
447	11.28	1644.6	6	0.477	0.000985	0.0096589	0.518	0.102
450	11.16	1627.1	6	0.477	0.006226	0.0135384	3.276	0.460

453	10.77	1570.2	4	0.318	0.000881	0.0089459	0.695	0.098
456	10.62	1548.3	4	0.318	0.001581	0.0078192	1.248	0.202
459	9.88	1440.4	3	0.239	0.000444	0.0035401	0.468	0.126
462	9.96	1452.1	3	0.239	0.000328	0.0030781	0.345	0.107
465	11.06	1612.5	5	0.398	0.001861	0.0124782	1.175	0.149
468	10.35	1509.0	7	0.557	0.001696	0.0121284	0.765	0.140
471	11.3	1647.5	6	0.477	0.001601	0.0107971	0.842	0.148
474	11.02	1606.6	5	0.398	0.001744	0.008471	1.101	0.206
477	9.76	1422.9	4	0.318	0.001819	0.0078171	1.436	0.233
480	9.57	1395.2	4	0.318	0.001738	0.0062964	1.372	0.276
483	9.1	1326.7	4	0.318	0.001115	0.0029649	0.880	0.376
486	9.4	1370.5	5	0.398	0.000986	0.0050085	0.623	0.197
489	9.85	1436.1	5	0.398	0.001042	0.0048581	0.658	0.215
492	9.54	1390.9	4	0.318	0.000698	0.0030441	0.551	0.229
495	9.28	1353.0	4	0.318	0.000623	0.0026305	0.492	0.237
498	9.57	1395.2	5	0.398	0.000649	0.0026177	0.410	0.248
501	9.41	1371.9	4	0.318	0.000467	0.0022294	0.368	0.209
504	9.5	1385.0	4	0.318	0.00054	0.0020959	0.427	0.258
507	8.84	1288.8	3	0.239	0.000487	0.0018954	0.512	0.257
510	9.12	1329.6	3	0.239	0.000524	0.0018468	0.552	0.284
513	9.81	1430.2	4	0.318	0.000819	0.0051433	0.646	0.159
516	10.14	1478.3	5	0.398	0.000943	0.0059808	0.595	0.158
519	10.1	1472.5	4	0.318	0.000763	0.0057205	0.602	0.133
522	9.56	1393.8	5	0.398	0.000644	0.0043069	0.407	0.150
525	9.71	1415.7	4	0.318	0.000585	0.0037112	0.462	0.158
528	9.4	1370.5	4	0.318	0.000497	0.0037676	0.392	0.132
531	10.13	1476.9	4	0.318	0.000553	0.0049918	0.437	0.111
534	10.18	1484.2	5	0.398	0.000688	0.0048915	0.434	0.141
537	9.72	1417.1	4	0.318	0.000369	0.0022874	0.292	0.161
540	9.38	1367.5	3	0.239	0.000446	0.0025483	0.470	0.175
543	9.45	1377.8	3	0.239	0.00052	0.0023441	0.547	0.222
546	9.84	1434.6	4	0.318	0.000602	0.002922	0.475	0.206
549	10.08	1469.6	3	0.239	0.000551	0.0035723	0.580	0.154
552	9.99	1456.5	4	0.318	0.000529	0.0038614	0.417	0.137
555	9.45	1377.8	3	0.239	0.000594	0.0032776	0.625	0.181
558	9.91	1444.8	7	0.557	0.003224	0.0167473	1.454	0.192
561	9.87	1439.0	8	0.637	0.004427	0.0244838	1.747	0.181
564	9.62	1402.5	7	0.557	0.003405	0.020467	1.536	0.166
567	10.25	1494.4	6	0.477	0.003769	0.0137842	1.983	0.273
570	10.13	1476.9	7	0.557	0.002441	0.0114465	1.101	0.213
573	9.76	1422.9	6	0.477	0.001833	0.008968	0.965	0.204
576	9.31	1357.3	5	0.398	0.001912	0.0087906	1.207	0.217
579	9.03	1316.5	5	0.398	0.002102	0.0099026	1.327	0.212
582	9.04	1318.0	4	0.318	0.001495	0.0082314	1.180	0.182
585	10.53	1535.2	8	0.637	0.002219	0.0125838	0.876	0.176
588	10.11	1474.0	7	0.557	0.001748	0.0103867	0.789	0.168
591	10.65	1552.7	8	0.637	0.002145	0.0116499	0.847	0.184
594	10.78	1571.7	12	0.955	0.003004	0.011934	0.790	0.252

3-4. 남위 70.1도 동경 172.36도 수심 2392 m에서 획득한
RC15-GC46 피스톤코어 측정자료

깊이 cm	무게 g	밀도 kg/m ³	대자율 10 ⁻⁶ cgs	대자율 10 ⁻³ SI	NRM A/m	ARM A/m	Koenigsber ger ratio	Relative magnetic strength
0	9.95	1450.6	13	1.035	0.0112821	0.1174051	2.740	0.096
3	9.81	1430.2	12	0.955	0.0147021	0.1148403	3.868	0.128
6	10.01	1459.4	12	0.955	0.0160929	0.1177796	4.234	0.137
9	9.96	1452.1	25	1.989	0.042781	0.126084	5.403	0.339
12	9.5	1385.0	11	0.875	0.0158018	0.1036586	4.536	0.152
15	9.31	1357.3	13	1.035	0.0192042	0.1353947	4.664	0.142
18	9.3	1355.9	13	1.035	0.0047598	0.1189511	1.156	0.040
21	9.8	1428.8	11	0.875	0.0163432	0.1288402	4.691	0.127
24	10.19	1485.6	17	1.353	0.0082743	0.1165112	1.537	0.071
27	9.53	1389.4	13	1.035	0.0102622	0.1024045	2.492	0.100
30	9.7	1414.2	10	0.796	0.0124357	0.0922415	3.926	0.135
33	9.87	1439.0	12	0.955	0.0124108	0.1013372	3.265	0.122
36	10.04	1463.8	11	0.875	0.0151384	0.112965	4.345	0.134
39	9.76	1422.9	11	0.875	0.0081594	0.1107711	2.342	0.074
42	9.96	1452.1	13	1.035	0.012177	0.1100374	2.957	0.111
45	9.79	1427.3	10	0.796	0.0107287	0.1100811	3.387	0.097
48	9.51	1386.5	10	0.796	0.0108468	0.1058874	3.425	0.102
51	9.99	1456.5	11	0.875	0.0158064	0.1148223	4.537	0.138
54	9.57	1395.2	16	1.273	0.0168189	0.1407819	3.319	0.119
57	9.44	1376.3	11	0.875	0.009842	0.0848586	2.825	0.116
60	9.49	1383.6	8	0.637	0.014179	0.058878	5.596	0.241
63	9.58	1396.7	17	1.353	0.0193937	0.1620102	3.602	0.120
66	9.88	1440.4	14	1.114	0.0168359	0.1370037	3.797	0.123
69	9.45	1377.8	12	0.955	0.012628	0.1089306	3.323	0.116
72	9.85	1436.1	14	1.114	0.0175002	0.1202634	3.947	0.146
75	9.54	1390.9	11	0.875	0.0105038	0.1091204	3.015	0.096
78	9.54	1390.9	10	0.796	0.0119323	0.0974635	3.767	0.122
81	9.73	1418.6	11	0.875	0.0153015	0.137188	4.392	0.112
84	9.69	1412.7	11	0.875	0.0091597	0.1240666	2.629	0.074
87	9.95	1450.6	16	1.273	0.0128208	0.1276106	2.530	0.100
90	10.17	1482.7	16	1.273	0.0140045	0.1497201	2.764	0.094
93	9.99	1456.5	14	1.114	0.0142756	0.1451248	3.220	0.098
96	9.94	1449.2	15	1.194	0.01068	0.1506548	2.248	0.071
99	9.64	1405.5	14	1.114	0.0102538	0.172228	2.313	0.060
102	9.3	1355.9	12	0.955	0.0075925	0.144054	1.998	0.053
105	9.47	1380.7	13	1.035	0.0084443	0.1271382	2.051	0.066
108	9.26	1350.1	11	0.875	0.00593	0.1169248	1.702	0.051
111	9.47	1380.7	11	0.875	0.0073157	0.1217583	2.100	0.060
114	9.16	1335.5	10	0.796	0.0039108	0.1180997	1.235	0.033
117	9.47	1380.7	11	0.875	0.0064476	0.106794	1.851	0.060
120	9.16	1335.5	10	0.796	0.0039994	0.1178848	1.263	0.034
123	8.86	1291.7	10	0.796	0.0055751	0.115944	1.760	0.048
126	9.49	1383.6	12	0.955	0.0072823	0.1213721	1.916	0.060
129	9.57	1395.2	12	0.955	0.0047926	0.111114	1.261	0.043

132	9.53	1389.4	12	0.955	0.0069419	0.1116458	1.827	0.062
135	9.11	1328.2	9	0.716	0.003272	0.0408665	1.148	0.080
138	9.48	1382.1	8	0.637	0.003975	0.0529493	1.569	0.075
141	9.62	1402.5	7	0.557	0.0031826	0.035819	1.436	0.089
144	9.64	1405.5	6	0.477	0.0041194	0.0549053	2.168	0.075
147	9.77	1424.4	7	0.557	0.0030033	0.0468449	1.355	0.064
150	9.81	1430.2	10	0.796	0.0033537	0.0977243	1.059	0.034
153	9.67	1409.8	9	0.716	0.0065211	0.0846741	2.288	0.077
156	9.9	1443.4	8	0.637	0.0039348	0.0329504	1.553	0.119
159	9.65	1406.9	7	0.557	0.0035995	0.0297678	1.624	0.121
162	9.42	1373.4	8	0.637	0.003193	0.0341869	1.260	0.093
165	9.36	1364.6	10	0.796	0.0045608	0.0728157	1.440	0.063
168	9.89	1441.9	12	0.955	0.0079328	0.0973611	2.087	0.081
171	10	1457.9	12	0.955	0.0074965	0.102051	1.972	0.073
174	10.05	1465.2	14	1.114	0.008249	0.1108656	1.860	0.074
177	9.89	1441.9	12	0.955	0.0055019	0.110149	1.448	0.050
180	9.93	1447.7	10	0.796	0.0042504	0.0961325	1.342	0.044
183	10.16	1481.3	14	1.114	0.0146014	0.1122148	3.293	0.130
186	10.01	1459.4	15	1.194	0.0163496	0.1329336	3.441	0.123
189	9.88	1440.4	23	1.830	0.0190138	0.1629921	2.610	0.117
192	9.95	1450.6	22	1.751	0.0187782	0.1748875	2.695	0.107
195	9.12	1329.6	12	0.955	0.0155227	0.1367739	4.084	0.113
198	10.22	1490.0	14	1.114	0.0144468	0.1466154	3.258	0.099
201	9.82	1431.7	11	0.875	0.0132932	0.127522	3.816	0.104
204	10.1	1472.5	17	1.353	0.0189541	0.1588305	3.520	0.119
207	10.04	1463.8	13	1.035	0.0168383	0.1388471	4.090	0.121
210	10.14	1478.3	13	1.035	0.0146595	0.1242467	3.560	0.118
213	10.11	1474.0	13	1.035	0.0118739	0.1522577	2.884	0.078
216	10.09	1471.1	14	1.114	0.0158899	0.1614483	3.584	0.098
219	10.33	1506.1	15	1.194	0.0186435	0.1521287	3.924	0.123
222	10.32	1504.6	14	1.114	0.015635	0.1361113	3.526	0.115
225	10.71	1561.5	19	1.512	0.014521	0.1333367	2.413	0.109
228	10.51	1532.3	18	1.432	0.0148315	0.1405718	2.602	0.106
231	10.63	1549.8	20	1.592	0.0112625	0.1471782	1.778	0.077
234	10.74	1565.8	22	1.751	0.0141194	0.141361	2.026	0.100
237	10.57	1541.0	20	1.592	0.0122993	0.1266386	1.942	0.097
240	10.74	1565.8	19	1.512	0.0102134	0.1290075	1.697	0.079
243	10.66	1554.2	20	1.592	0.0088401	0.1381505	1.396	0.064
246	10.14	1478.3	18	1.432	0.0184651	0.1558873	3.239	0.118
249	9.9	1443.4	16	1.273	0.0158453	0.1496193	3.127	0.106
252	9.72	1417.1	14	1.114	0.0105001	0.1231929	2.368	0.085
255	9.99	1456.5	13	1.035	0.0092306	0.0902541	2.242	0.102
258	10.27	1497.3	18	1.432	0.0117629	0.1050884	2.063	0.112
261	9.95	1450.6	15	1.194	0.0135838	0.1575534	2.859	0.086
264	9.92	1446.3	14	1.114	0.01445	0.1552571	3.259	0.093
267	10.02	1460.9	14	1.114	0.0155721	0.1600809	3.512	0.097
270	9.74	1420.0	13	1.035	0.014442	0.1472833	3.508	0.098
273	9.73	1418.6	14	1.114	0.0159253	0.1476707	3.592	0.108
276	9.79	1427.3	14	1.114	0.0113722	0.1348458	2.565	0.084
279	9.69	1412.7	14	1.114	0.0119581	0.1249862	2.697	0.096
282	9.79	1427.3	12	0.955	0.0090762	0.0812968	2.388	0.112
285	9.5	1385.0	11	0.875	0.0084004	0.0847943	2.411	0.099

288	9.83	1433.2	11	0.875	0.0067628	0.0595136	1.941	0.114
291	9.85	1436.1	12	0.955	0.0094367	0.0717529	2.483	0.132
294	10.01	1459.4	11	0.875	0.0063119	0.0431269	1.812	0.146
297	10.8	1574.6	50	3.979	0.0171991	0.1473396	1.086	0.117
300	10.38	1513.3	19	1.512	0.0264707	0.1835577	4.399	0.144
303	10.26	1495.8	19	1.512	0.0238356	0.1915935	3.961	0.124
306	9.88	1440.4	17	1.353	0.0198635	0.1772423	3.689	0.112
309	10.24	1492.9	20	1.592	0.016192	0.2107195	2.556	0.077
312	9.97	1453.6	17	1.353	0.0180436	0.1881138	3.351	0.096
315	10.51	1532.3	21	1.671	0.0202258	0.2015173	3.041	0.100
318	10.12	1475.4	19	1.512	0.0205358	0.1899437	3.413	0.108
321	10.29	1500.2	21	1.671	0.0275343	0.1972039	4.140	0.140
324	10.1	1472.5	18	1.432	0.0228595	0.1821617	4.010	0.125
327	10.08	1469.6	18	1.432	0.0232152	0.1941937	4.072	0.120
330	10.32	1504.6	17	1.353	0.0222601	0.1736885	4.134	0.128
333	10.01	1459.4	14	1.114	0.0198588	0.1448293	4.479	0.137
336	9.96	1452.1	5	0.398	0.0008845	0.0059568	0.559	0.148
339	10.35	1509.0	4	0.318	0.0006204	0.0047825	0.490	0.130
342	9.87	1439.0	4	0.318	0.0006423	0.0049022	0.507	0.131
345	9.87	1439.0	4	0.318	0.0007091	0.0058022	0.560	0.122
348	10.02	1460.9	4	0.318	0.0009848	0.0069965	0.777	0.141
351	9.36	1364.6	4	0.318	0.0008916	0.0065176	0.704	0.137
354	9.86	1437.5	4	0.318	0.0007893	0.0066045	0.623	0.120
357	9.94	1449.2	5	0.398	0.0007759	0.00682	0.490	0.114
360	9.5	1385.0	4	0.318	0.0009719	0.0076719	0.767	0.127
363	9.35	1363.2	4	0.318	0.0009013	0.0084639	0.711	0.106
366	10.18	1484.2	6	0.477	0.0019801	0.0124086	1.042	0.160
369	9.98	1455.0	5	0.398	0.0020102	0.0120073	1.269	0.167
372	10.09	1471.1	7	0.557	0.0026129	0.0166012	1.179	0.157
375	9.96	1452.1	5	0.398	0.0015519	0.0127558	0.980	0.122
378	9.88	1440.4	5	0.398	0.0020952	0.0115029	1.323	0.182
381	10.36	1510.4	7	0.557	0.0020422	0.0148927	0.921	0.137
384	9.7	1414.2	4	0.318	0.0007081	0.0082577	0.559	0.086
387	10.02	1460.9	4	0.318	0.0007579	0.0083132	0.598	0.091
390	9.29	1354.4	3	0.239	0.0006982	0.0080409	0.735	0.087
393	9.93	1447.7	5	0.398	0.0011022	0.0099274	0.696	0.111
396	9.96	1452.1	4	0.318	0.0010354	0.0106529	0.817	0.097
399	9.84	1434.6	5	0.398	0.0010677	0.01039	0.674	0.103
402	9.94	1449.2	5	0.398	0.0013383	0.0131794	0.845	0.102
405	9.93	1447.7	5	0.398	0.0013654	0.0152165	0.862	0.090
408	9.96	1452.1	6	0.477	0.0022879	0.0187362	1.204	0.122
411	10.4	1516.3	9	0.716	0.0033173	0.0307071	1.164	0.108
414	10.52	1533.8	8	0.637	0.0037379	0.0280471	1.475	0.133
417	10.23	1491.5	8	0.637	0.0038595	0.0251421	1.523	0.154
420	10.04	1463.8	7	0.557	0.0039837	0.033838	1.797	0.118
423	9.98	1455.0	8	0.637	0.0049123	0.0333101	1.939	0.147
426	10.17	1482.7	10	0.796	0.0084496	0.0770898	2.668	0.110
429	10.3	1501.7	8	0.637	0.0066729	0.072406	2.634	0.092
432	10.53	1535.2	13	1.035	0.0111067	0.117918	2.698	0.094
435	10.62	1548.3	12	0.955	0.011476	0.1211844	3.020	0.095
438	10.33	1506.1	11	0.875	0.010502	0.1161647	3.014	0.090
441	10.49	1529.4	11	0.875	0.0109045	0.0993107	3.130	0.110


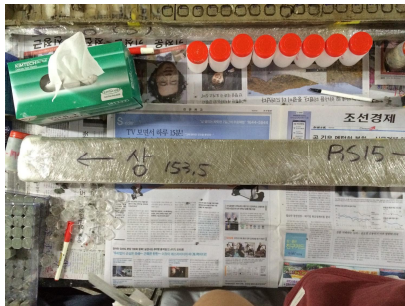

444	10.94	1595.0	15	1.194	0.0169277	0.1223239	3.563	0.138
447	10.54	1536.7	9	0.716	0.007416	0.1182401	2.602	0.063
450	10.38	1513.3	8	0.637	0.0078866	0.1146238	3.113	0.069
453	10.28	1498.8	8	0.637	0.0094751	0.110486	3.740	0.086
456	10.04	1463.8	8	0.637	0.0122676	0.1191198	4.842	0.103
459	10.34	1507.5	9	0.716	0.0107674	0.1207103	3.777	0.089
462	9.8	1428.8	9	0.716	0.0094096	0.1078175	3.301	0.087
465	10.08	1469.6	8	0.637	0.0088199	0.0819745	3.481	0.108
468	10.05	1465.2	9	0.716	0.0081934	0.0647879	2.874	0.126
471	10.01	1459.4	10	0.796	0.0152648	0.1212602	4.820	0.126
474	10.17	1482.7	9	0.716	0.0146223	0.0968217	5.130	0.151
477	10.09	1471.1	11	0.875	0.0182522	0.1286621	5.239	0.142
480	10.17	1482.7	10	0.796	0.0158124	0.1056127	4.993	0.150
483	10.22	1490.0	15	1.194	0.0218903	0.1370311	4.608	0.160
486	10.13	1476.9	16	1.273	0.0198232	0.1460934	3.912	0.136
489	10.16	1481.3	14	1.114	0.0169719	0.1242918	3.828	0.137
492	10.05	1465.2	16	1.273	0.0197688	0.1402194	3.901	0.141
495	10.13	1476.9	15	1.194	0.0185209	0.1421612	3.899	0.130
498	9.98	1455.0	13	1.035	0.0148653	0.1207962	3.610	0.123
501	10.29	1500.2	15	1.194	0.0147512	0.132168	3.105	0.112
504	10.35	1509.0	16	1.273	0.0182315	0.1407395	3.598	0.130
507	10.15	1479.8	16	1.273	0.0122674	0.1437183	2.421	0.085
510	10.19	1485.6	16	1.273	0.0141896	0.1450683	2.800	0.098
513	10.37	1511.9	16	1.273	0.0186424	0.1466097	3.679	0.127
516	10.62	1548.3	15	1.194	0.0096695	0.0741522	2.035	0.130
519	10.58	1542.5	13	1.035	0.0080544	0.079181	1.956	0.102
522	10.5	1530.8	11	0.875	0.0109645	0.0722206	3.147	0.152
525	10.19	1485.6	13	1.035	0.0213838	0.1500809	5.194	0.142
528	10.04	1463.8	14	1.114	0.0197298	0.1269996	4.450	0.155
531	9.83	1433.2	10	0.796	0.0137605	0.0878478	4.345	0.157
534	9.92	1446.3	10	0.796	0.0126228	0.0705934	3.985	0.179
537	10.03	1462.3	10	0.796	0.0160658	0.0993149	5.073	0.162
540	9.8	1428.8	11	0.875	0.0166056	0.1186575	4.766	0.140
543	9.86	1437.5	13	1.035	0.0185123	0.1131779	4.496	0.164
546	10.03	1462.3	16	1.273	0.017616	0.1058406	3.476	0.166
549	10.07	1468.1	16	1.273	0.0164366	0.1060574	3.244	0.155
552	9.91	1444.8	14	1.114	0.0156318	0.1334406	3.525	0.117
555	10.11	1474.0	15	1.194	0.0167211	0.1627118	3.520	0.103
558	9.98	1455.0	13	1.035	0.0186706	0.1480838	4.535	0.126
561	9.89	1441.9	13	1.035	0.0169836	0.1614797	4.125	0.105
564	9.98	1455.0	13	1.035	0.0168578	0.1429576	4.094	0.118
567	10.23	1491.5	14	1.114	0.019097	0.1745139	4.307	0.109
570	10.22	1490.0	14	1.114	0.0116415	0.1907769	2.625	0.061
573	10.08	1469.6	13	1.035	0.0166375	0.177252	4.041	0.094
576	10.04	1463.8	14	1.114	0.0158131	0.1850998	3.566	0.085
579	9.74	1420.0	13	1.035	0.0170192	0.1768394	4.134	0.096
582	9.96	1452.1	13	1.035	0.0187068	0.1672882	4.543	0.112
585	9.82	1431.7	15	1.194	0.0128418	0.1742603	2.703	0.074
588	9.79	1427.3	18	1.432	0.0205542	0.1860125	3.605	0.110
591	9.6	1399.6	16	1.273	0.0179751	0.1493435	3.547	0.120
594	9.81	1430.2	5	0.398	0.0032059	0.0130283	2.024	0.246
597	10.06	1466.7	6	0.477	0.0022148	0.0117464	1.165	0.189

600	10.22	1490.0	6	0.477	0.002082	0.011619	1.096	0.179
603	10.53	1535.2	7	0.557	0.0035827	0.0177591	1.616	0.202
606	10.47	1526.5	6	0.477	0.0023134	0.0123688	1.217	0.187
609	10.2	1487.1	5	0.398	0.0012296	0.0101295	0.776	0.121
612	10.21	1488.6	4	0.318	0.0017709	0.0091047	1.398	0.195
615	10.05	1465.2	4	0.318	0.0006776	0.0072704	0.535	0.093
618	9.76	1422.9	4	0.318	0.0005891	0.0070936	0.465	0.083
621	10.23	1491.5	4	0.318	0.0009375	0.0096811	0.740	0.097
624	10	1457.9	5	0.398	0.0016271	0.0127394	1.027	0.128
627	10.13	1476.9	6	0.477	0.0017834	0.0145982	0.938	0.122
630	10.03	1462.3	5	0.398	0.0017272	0.0134649	1.091	0.128
633	10.19	1485.6	6	0.477	0.0026836	0.0154776	1.412	0.173
636	9.9	1443.4	6	0.477	0.0034832	0.0202315	1.833	0.172
639	10.08	1469.6	9	0.716	0.007986	0.1086599	2.802	0.073
642	9.99	1456.5	10	0.796	0.0150936	0.1490045	4.766	0.101
645	9.99	1456.5	11	0.875	0.0159014	0.1584164	4.564	0.100
648	9.9	1443.4	10	0.796	0.0106883	0.0994792	3.375	0.107
651	10.13	1476.9	13	1.035	0.0162363	0.1476199	3.943	0.110
654	9.96	1452.1	12	0.955	0.0157566	0.1402853	4.146	0.112
657	10.17	1482.7	14	1.114	0.0157133	0.1484513	3.544	0.106

3-5 연구수행 세부 내용 및 결과

□ 성과목표 1 : 해양퇴적물이 기록하는 잔류자화의 방향 변화 추적

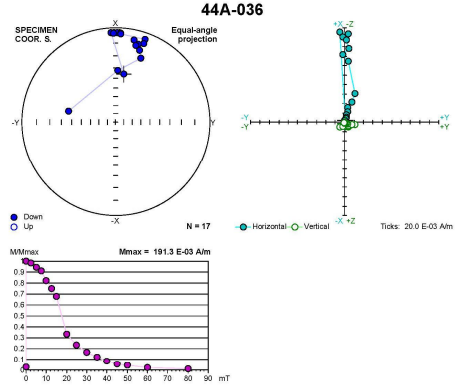
○ 세부목표 1-1 : Specimen separation

연구내용	연구 결과(우수성)
 <p>Specimen separation</p>	<div style="text-align: center;">   </div> <p>우수성: 코어로부터 정육면체형 표준 시편 분리 표준 시편 규격: 2.54 cm × 2.54 cm × 2.54 cm 그림 (위) 시편 분리 전 그림 (아래) 시편 분리 후</p>

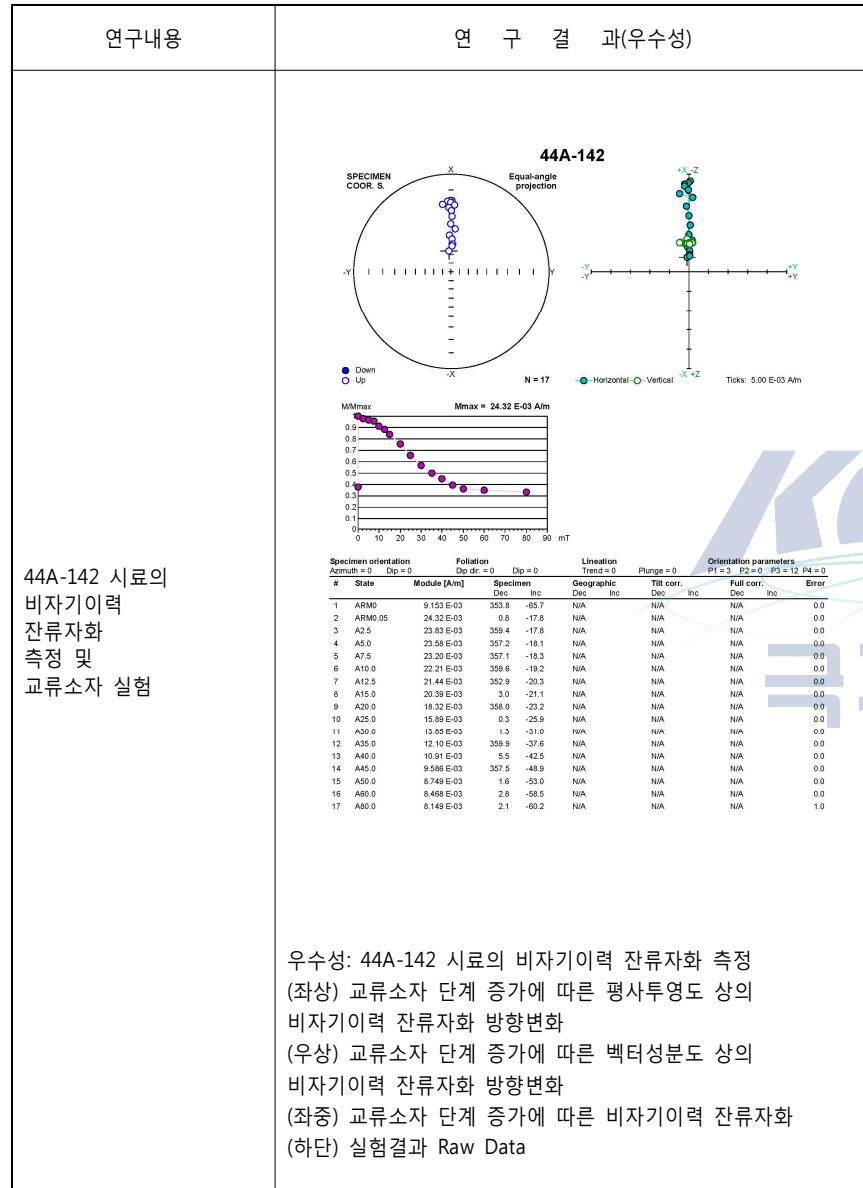
○ 세부목표 1-2 : Mass determination

연구내용	연구 결과(우수성)
Instruments	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>표준 시편 규격: 2 cm × 2 cm × 2 cm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Spinner magnetometer</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Alternating-field demagnetizer</p> </div> </div> <p>연구에 사용된 표준 시편의 규격 자화측정에 사용된 Spinner magnetometer 교류소자에 사용된 Alternating-field demagnetizer</p>

○ 세부목표 1-3: Anhyseretic Remanent Magnetization (ARM) measurements

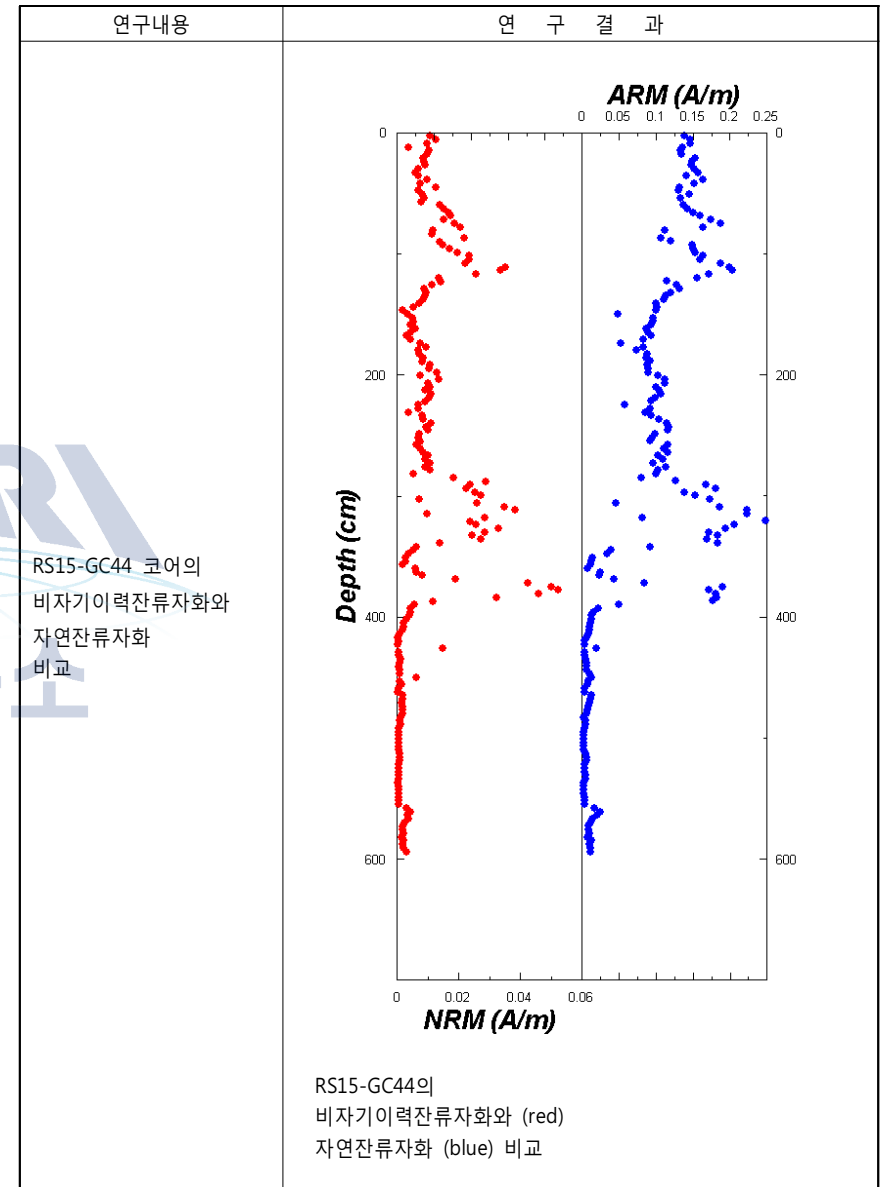
연구내용	연구 결과(우수성)																																																																																																																																																																																																																																		
<p>44A-036 시료의 비자기이력 잔류자화 측정 및 교류소자 실험</p>	<div style="text-align: center;">  <p>44A-036</p> <p>Equal-angle projection</p> <p>Mmax = 191.3 E-03 A/m</p> </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">#</th> <th colspan="2">Specimen orientation</th> <th colspan="2">Foliation</th> <th colspan="2">Lineation</th> <th colspan="4">Orientation parameters</th> </tr> <tr> <th>State</th> <th>Module (A/m)</th> <th>Specimen Dec</th> <th>Inc</th> <th>Dec</th> <th>Inc</th> <th>Tilt corr. Dec</th> <th>Inc</th> <th>Full corr. Dec</th> <th>Inc</th> <th>Error</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>ARM0</td><td>4.947 E-03</td><td>10.0</td><td>35.0</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>2</td><td>ARM0.05</td><td>191.3 E-03</td><td>357.0</td><td>3.1</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>A2.5</td><td>187.8 E-03</td><td>2.5</td><td>3.0</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>4</td><td>A5.0</td><td>180.4 E-03</td><td>358.9</td><td>2.9</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>A7.5</td><td>174.8 E-03</td><td>1.1</td><td>3.1</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>6</td><td>A10.0</td><td>156.8 E-03</td><td>3.3</td><td>3.3</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>7</td><td>A12.5</td><td>143.6 E-03</td><td>358.5</td><td>3.5</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>8</td><td>A15.0</td><td>125.6 E-03</td><td>3.3</td><td>3.6</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>9</td><td>A20.0</td><td>84.03 E-03</td><td>19.5</td><td>4.2</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>10</td><td>A25.0</td><td>45.06 E-03</td><td>19.7</td><td>7.0</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>11</td><td>A30.0</td><td>31.99 E-03</td><td>12.8</td><td>6.5</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>12</td><td>A35.0</td><td>22.19 E-03</td><td>16.5</td><td>8.4</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>13</td><td>A40.0</td><td>15.96 E-03</td><td>14.7</td><td>9.8</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>14</td><td>A45.0</td><td>11.07 E-03</td><td>18.7</td><td>12.4</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>15</td><td>A50.0</td><td>8.180 E-03</td><td>21.7</td><td>17.9</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>0.0</td></tr> <tr><td>16</td><td>A60.0</td><td>4.694 E-03</td><td>2.0</td><td>32.7</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>2.0</td></tr> <tr><td>17</td><td>A80.0</td><td>1.819 E-03</td><td>283.1</td><td>38.4</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>N/A</td><td>6.0</td></tr> </tbody> </table> <p>우수성: 44A-036 시료의 비자기이력 잔류자화 측정 (좌상) 교류소자 단계 증가에 따른 평사투영도 상의 비자기이력 잔류자화 방향변화 (우상) 교류소자 단계 증가에 따른 벡터성분도 상의 비자기이력 잔류자화 방향변화 (좌중) 교류소자 단계 증가에 따른 비자기이력 잔류자화 (하단) 실험결과 Raw Data</p>	#	Specimen orientation		Foliation		Lineation		Orientation parameters				State	Module (A/m)	Specimen Dec	Inc	Dec	Inc	Tilt corr. Dec	Inc	Full corr. Dec	Inc	Error	1	ARM0	4.947 E-03	10.0	35.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.0	2	ARM0.05	191.3 E-03	357.0	3.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	3	A2.5	187.8 E-03	2.5	3.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	4	A5.0	180.4 E-03	358.9	2.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	5	A7.5	174.8 E-03	1.1	3.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	6	A10.0	156.8 E-03	3.3	3.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	7	A12.5	143.6 E-03	358.5	3.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	8	A15.0	125.6 E-03	3.3	3.6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	9	A20.0	84.03 E-03	19.5	4.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	10	A25.0	45.06 E-03	19.7	7.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	11	A30.0	31.99 E-03	12.8	6.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	12	A35.0	22.19 E-03	16.5	8.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	13	A40.0	15.96 E-03	14.7	9.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	14	A45.0	11.07 E-03	18.7	12.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0	15	A50.0	8.180 E-03	21.7	17.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0	16	A60.0	4.694 E-03	2.0	32.7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.0	17	A80.0	1.819 E-03	283.1	38.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6.0
#	Specimen orientation		Foliation		Lineation		Orientation parameters																																																																																																																																																																																																																												
	State	Module (A/m)	Specimen Dec	Inc	Dec	Inc	Tilt corr. Dec	Inc	Full corr. Dec	Inc	Error																																																																																																																																																																																																																								
1	ARM0	4.947 E-03	10.0	35.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.0																																																																																																																																																																																																																								
2	ARM0.05	191.3 E-03	357.0	3.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
3	A2.5	187.8 E-03	2.5	3.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
4	A5.0	180.4 E-03	358.9	2.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
5	A7.5	174.8 E-03	1.1	3.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
6	A10.0	156.8 E-03	3.3	3.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
7	A12.5	143.6 E-03	358.5	3.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
8	A15.0	125.6 E-03	3.3	3.6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
9	A20.0	84.03 E-03	19.5	4.2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
10	A25.0	45.06 E-03	19.7	7.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
11	A30.0	31.99 E-03	12.8	6.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
12	A35.0	22.19 E-03	16.5	8.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
13	A40.0	15.96 E-03	14.7	9.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
14	A45.0	11.07 E-03	18.7	12.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.0																																																																																																																																																																																																																								
15	A50.0	8.180 E-03	21.7	17.9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.0																																																																																																																																																																																																																								
16	A60.0	4.694 E-03	2.0	32.7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.0																																																																																																																																																																																																																								
17	A80.0	1.819 E-03	283.1	38.4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6.0																																																																																																																																																																																																																								

○ 세부목표 1-3: Anhyseretic Remanent Magnetization (ARM) measurements

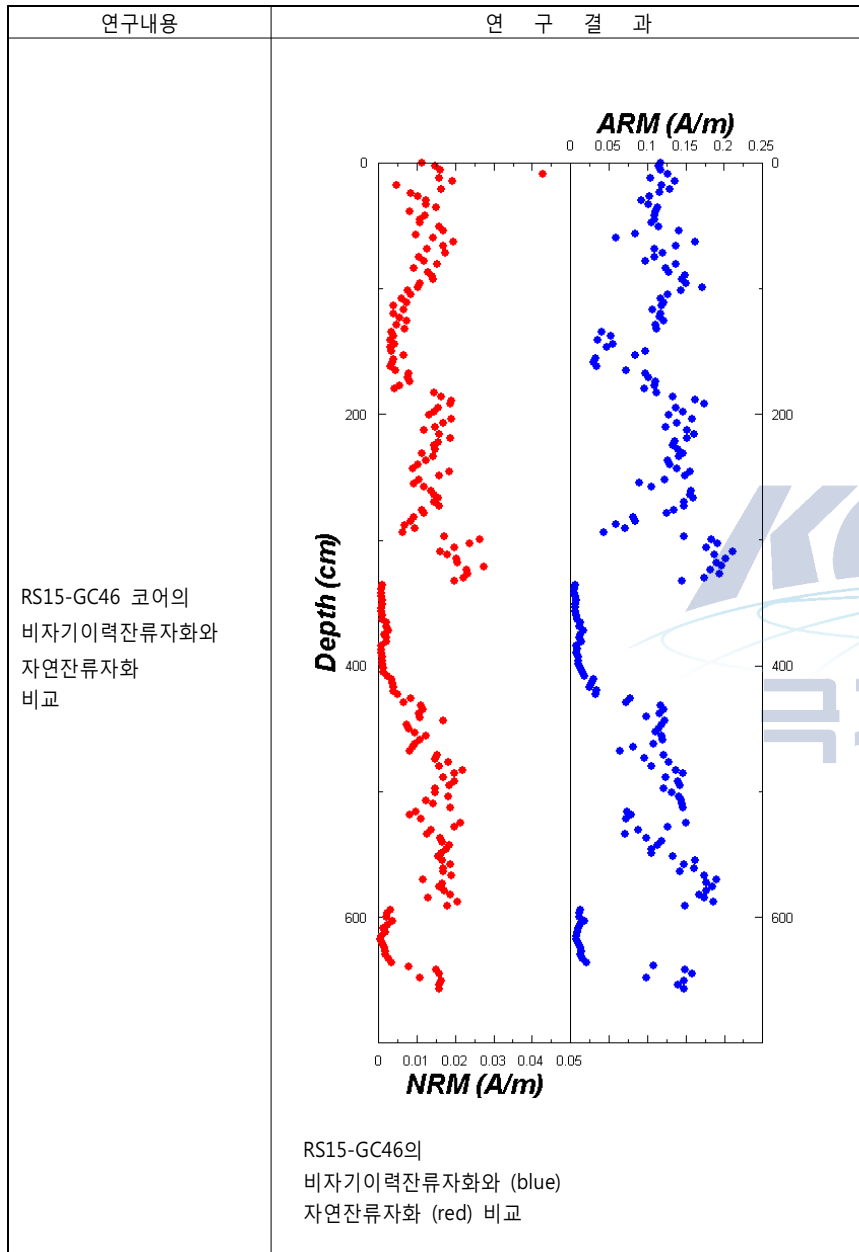


□ 성과목표 2: 해양퇴적물의 안정적인 잔류자화를 기록하는 광물 판독

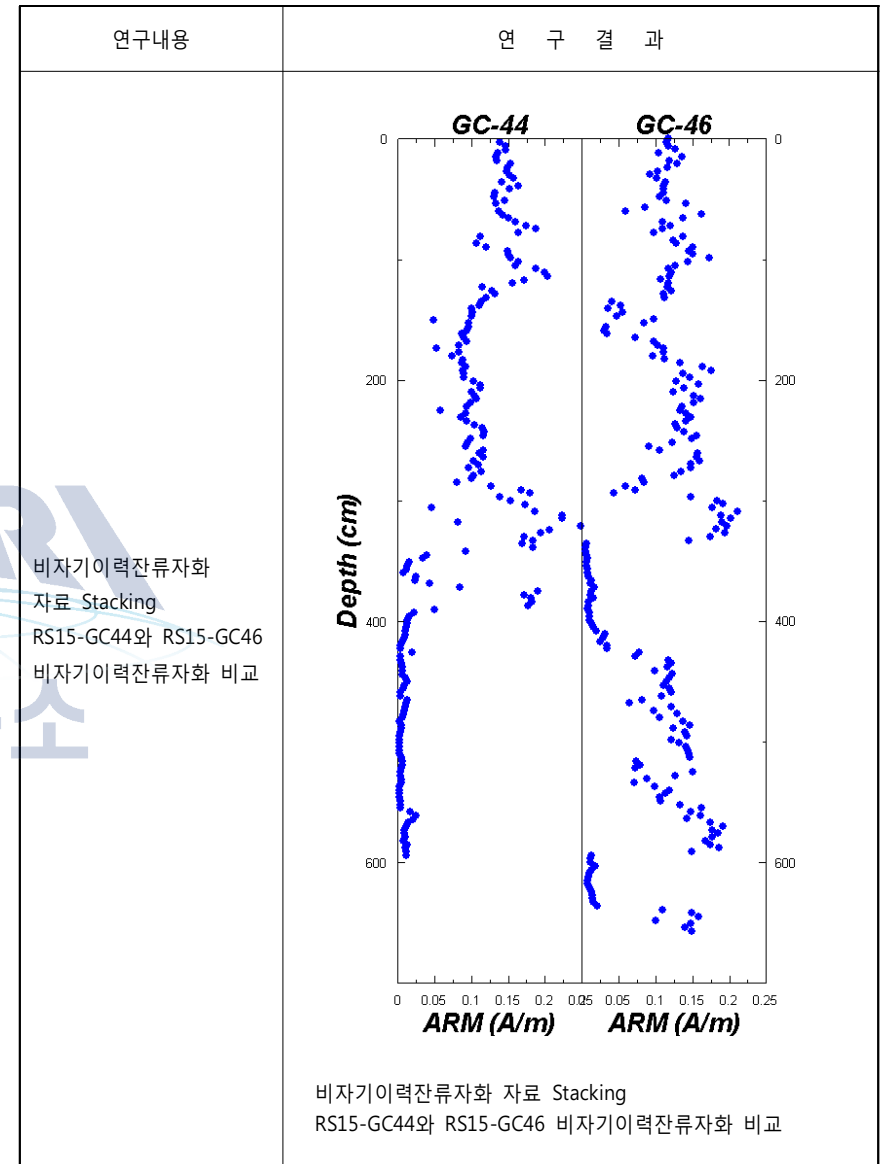
○ 세부목표 2-1: ARM Stacking



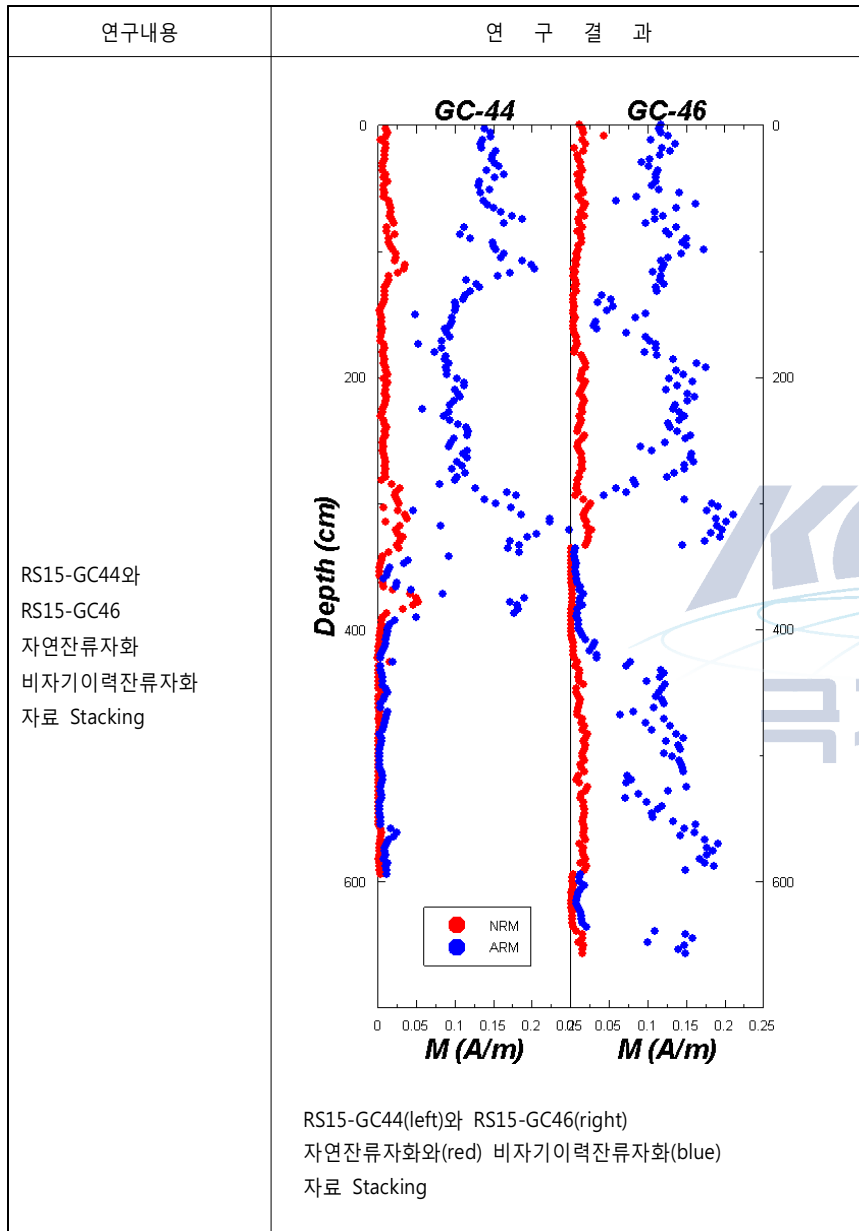
○ 세부목표 2-1: ARM Stacking



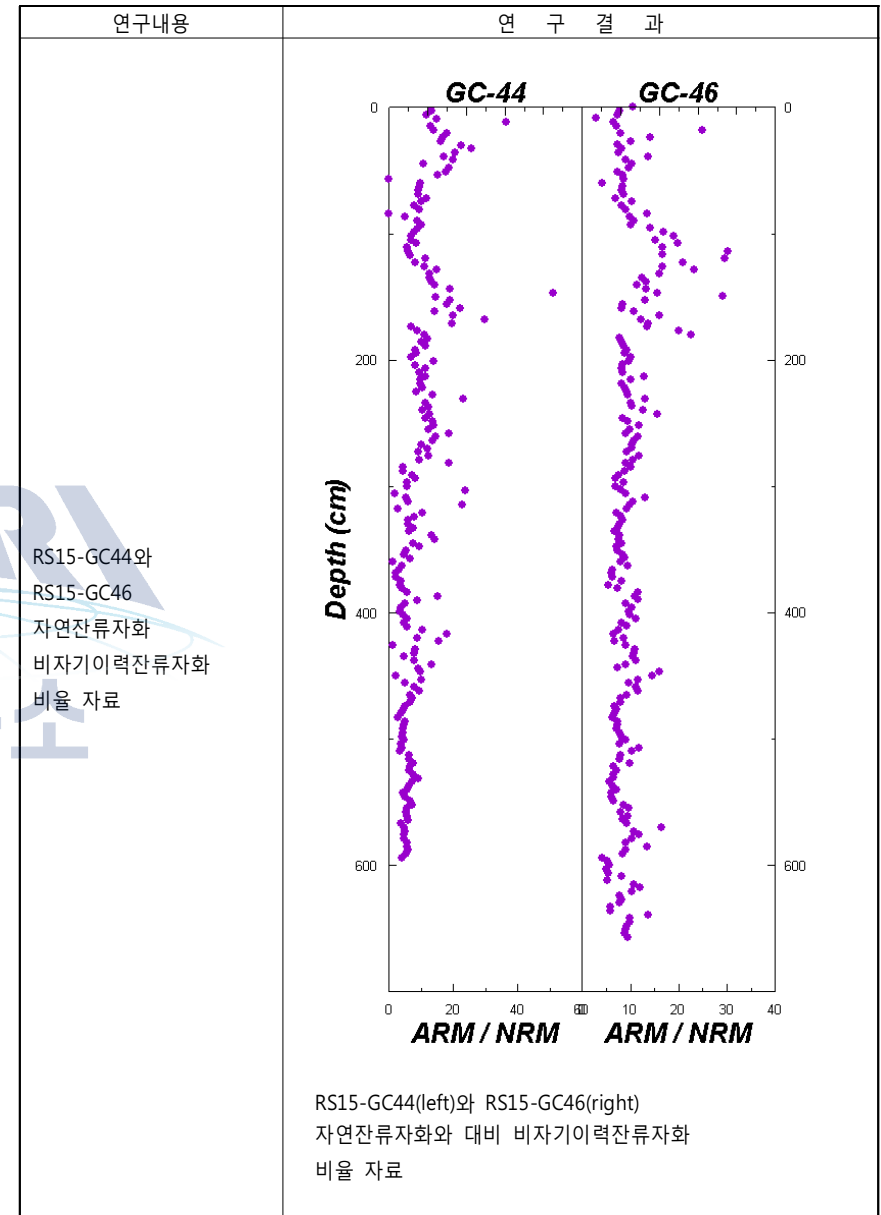
○ 세부목표 2-2: ARM Comparison



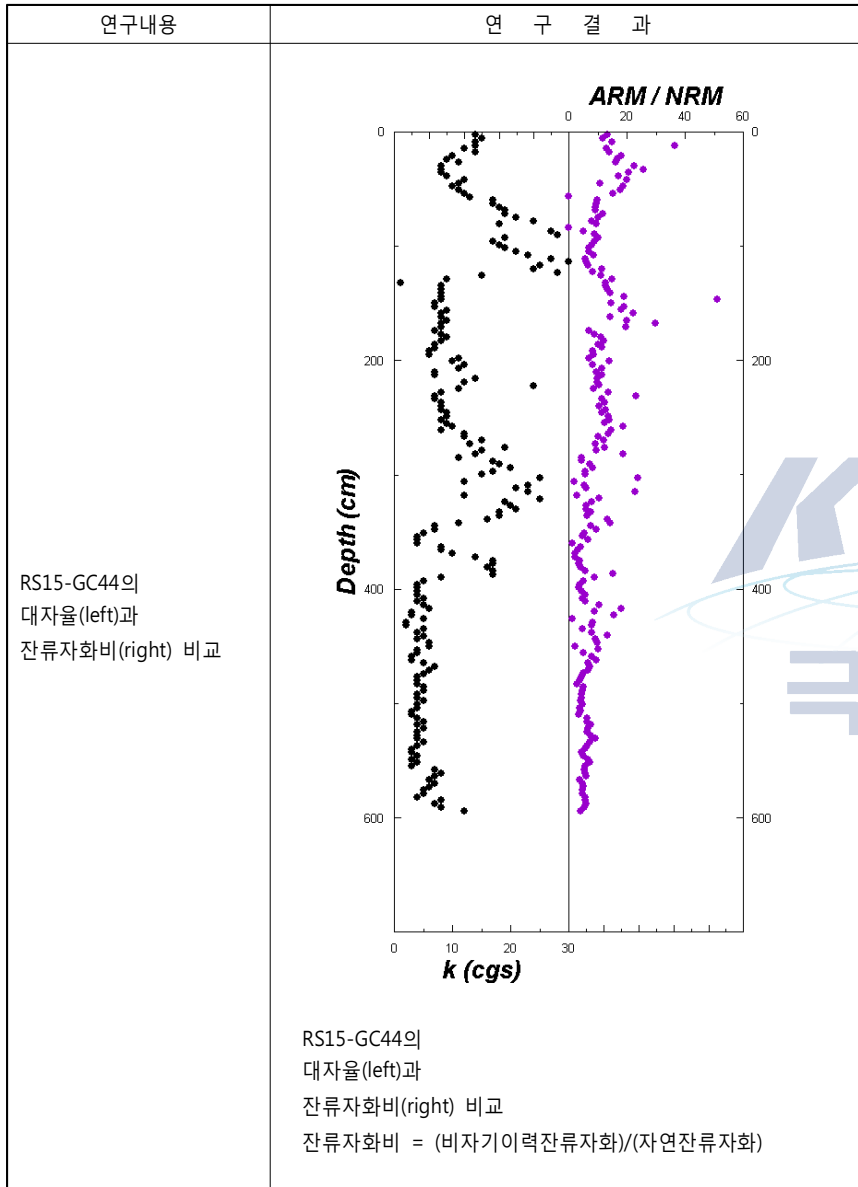
○ 세부목표 2-3: ARM and NRM Comparison



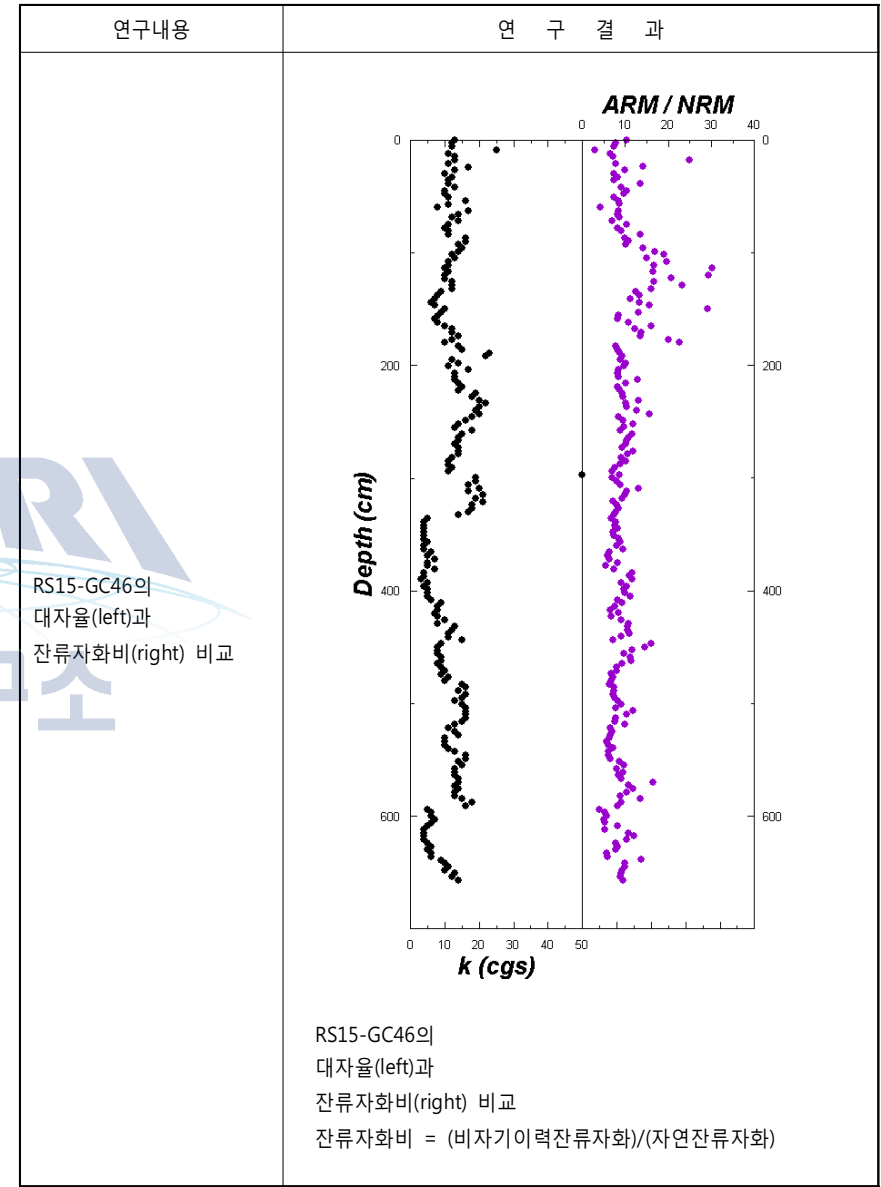
○ 세부목표 2-3: ARM and NRM Comparison



○ 세부목표 2-4: ARM and Magnetic susceptibility comparison



○ 세부목표 2-4: ARM and Magnetic susceptibility comparison



제 4 장 연구개발달성도 및 대외기여도

4-1. 연구 목표 달성도

정성적 연구 목표 달성도를 요약하면 아래 표와 같다.

성과목표	세부목표	연구수행방법 (이론적·실험적 접근방법)	구체적인 내용
해양퇴적물이 기록하는 잔류자화의 방향 변화 추적	Specimen separation	1. Sediment extraction 2. Cube specimens	1. 퇴적물 추출 2. 표준시편 제작
	Mass determination	1. Mass observation 2. Net mass determination	1. 시편무게측정 2. 시편무게보정
	Anhyseretic Remanent Magnetization (ARM) measurements	1. ARM measurements 2. Unit conversion	1. 시편대자율측정 2. 자화단위보정
해양퇴적물의 안정적인 잔류자화를 기록하는 광물 판독	ARM Stacking	1. Stepwise alternating-field demagnetization 2. Data analysis using vector plots 3. Anhyseretic remanent magnetization (ARM)	1. 자연잔류자화측정 2. 자연잔류자화에 대한 교류소자 수행 3. 비자기이력 잔류자화 획득 4. 비자기이력 잔류자화에 대한 교류소자 수행
	ARM comparison	1. Vertical ARM variation 2. ARM comparison between neighboring cores	1. 비자기이력 잔류자화 자료 도시 2. 코어별 비자기이력 잔류자화 비교
	ARM and NRM comparison	1. Vertical ARM and NRM variation 2. ARM and NRM comparison between neighboring cores	1. 자연잔류자화 자료 도시 2. 코어별 잔류자화비 비교
	ARM and Magnetic susceptibility comparison	1. ARM and Magnetic susceptibility comparison 2. ARM and Magnetic susceptibility comparison between neighboring cores	1. 대자율 자료 도시 2. 코어별 잔류자화비와 대자율 비교

4-2. 대외기여도

- Follow-up 형태의 추적 연구를 통한 극지개발 연구분야 핵심기술 확보 및 국제선도연구 주제 선정 효과 기대
- 개별 광물입자 단위의 Spinel의 연구를 통해 금속을 함유하는 Spinel분석을 통해 자원부존 대비 자료 활용
- 고위도지역 나침반 오작동 나침반대신 Sun Compass를 사용해야하므로 시료채취 당일 일기 중요
- 정부의 극지 개발계획 청사진 제시 극지개발 계획에 관한 관련 정책과의 정부부처와의 긴밀한 협업 유지
- 국내 첨단 연구장비 구축의 전기 독자적인 연구 기반 구축을 통한 극지연구 성장의 기회
- 체계적인 종합과학적 분석 대학과 연구소간 긴밀한 협업으로 극지개발 기초 국제공용 자료 개발

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

○ 학술적 효과

- 남극 주변부 지체구조적 진화 규명
- 판게아 분리 이후 판의 상대적이동이 매우 적었던 남극 주변부 지구조 진화 규명의 청사진 제공
- 지질 및 지구물리학계가 아직까지 해결하지 못한 Gondwanaland 분리의 정량적 기초자료 제공

○ 정책적 효과

- 미래 극지 지권과학 R&D 강화를 위한 기초연구
- Spinel의 자화특성은 남극의 판게아관련 진화사를 밝혀내 줄 과학적 단서
- 해당 분야에서 세계 최고 수준과의 격차는 10년 내외 정도라 판단하며, 일부 고해상도의 우수 장비만 구비되어도 조만간 세계적인 선도 연구가 가능할 것으로 예상

○ 기술적 효과

- 남극암권의 원천·핵심기술 확보가 가능
- 금속함유 외계기원 Spinel을대비 우주개발시대자원탐사 대비자료활용
- 체계적인 자기특성 규명 연구를 시도하여 Spinel과 지권사이의 상관관계 규명

제 6 장 참고문헌

- Baraldo, A., A. E. Rapalini, H. Bohnel, and M. Mena (2003) Paleomagnetic study of Deception Island, South Shetland Islands, Antarctica, *Geophysical Journal International*, 153, 333-343, doi:10.1046/j.1365-246X.2003.01881.x.
- Besse, J., and V. Courtillot (1991) Revised and synthetic polar wander paths of the African, Eurasian, North American, and Indian plates and true polar wander since 200 Ma, *Journal of Geophysical Research*, 96, 4029-4050.
- Besse, J., and V. Courtillot (2002) Apparent and true polar wander and the geometry of the geomagnetic field over the last 200 Myr, *Journal of Geophysical Research*, 107, doi:10.1029/2000JB000050.
- DeMets, C., and R. G. Gordon (1990) Current plate motions, *Geophysical Journal International*, 101, 425-478.
- DeMets, C., R. G. Gordon, and D. F. Argus (2010) Geologically current plate motions, *Geophysical Journal International*, 181, 1-80.
- Dunlop, D. J., and M. Prevot (1982) Magnetic properties and opaque mineralogy of drilled submarine intrusive rocks, *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, 69, 763-802.
- Fuller, M. (1974) Lunar magnetism, *Reviews of Geophysics and Spacephysics*, 12,23-70.
- Gattaccecca, J., P. Rochette, and M. Bouot-Denise (2003) Magnetic properties of a freshly fallen LL ordinary chondrite: the Bensour meteorite, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 140, 343-358.
- Hounslow, M. W. (1996) Ferrimagnetic Cr and Mn spinels in sediments: residual magnetic minerals after diagenetic dissolution, *Geophysical Research Letters*, 23, 2823-2826.
- Kreemer, C., W. E., Holt, and A. J. Haines (2003) An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation, *Geophysical Journal International*, 154, 8-34.
- Lawrence, K. P., L. Tauxe, H. Staudigel, C. G. Constable, A. Koppers, W. McIntosh, and C. L. Johnson (2009) Paleomagnetic field properties at high southern latitude, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 10, Q01005, doi:10.1029/2008GC002072.
- Mankinen, E. A., and A. Cox (1988) Paleomagnetic investigation of some volcanic rocks from the McMurdo volcanic province, Antarctica, *Journal of Geophysical Research*, 93, 11,599-11,612, doi:10.1029/JB093iB10p11599.
- Muller, D. M., J. Y. Royer, and L. A. Lawver (1993) Revised plate motions relative to the hotspots from combined Atlantic and Indian Ocean hotspot tracks, *Geology*, 21, 275-278.
- McElhinny, M. W., and W. E. Senanayake (1982) Variations in the geomagnetic dipole. 1. The past 50,000 years, *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 34, 39-51.
- O' Neill, H. S. C., H. Annersten, D. Virgo (1992) The temperature dependence of the cation

distribution in magnesioferrite ($MgFe_2O_4$) from powder XRD structural refinements and Mossbauer spectroscopy, *American Mineralogist*, 77, 725-740.

Poblete, F., C. Arriagada, P. Roperck, N. Astudillo, F. H. Allamand, S. Kraus, J. Le Roux (2011) Paleomagnetism and tectonics of the South Shetland Islands and the northern Antarctic Peninsula, *Earth and Planetary Science Letters*, 302, 299-313.

Prevot, M., E. Mattern, P. Camps, and M. Daignieres (2000) Evidence for a 20 tilting of the Earth's rotation axis 110 million years ago, *Earth and Planetary Science Letters*, 179, 517-528.

Sager, W. W., and S. Pringle (1988) Mid-Cretaceous to Early Tertiary apparent polar wander path of the Pacific plate, *Journal of Geophysical Research*, 93, 11,753-11,771.

Schneider, D. A., and D. V. Kent (1990) The time-averaged paleomagnetic field, *Reviews of Geophysics*, 28, 71-96.

Tarduno, J. A., and A. Y. Smirnov (2001) Stability of the Earth with respect to the spin axis for the last 130 million years, *Earth and Planetary Science Letters*, 184, 549-553.

Tarduno, J. A., R. D. Cottrell, M. K. Watkeys, A. Hofmann, P. V. Doubrovine, E. E. Mamajek, D. Liu, D. Sibeck, L. P. Neukirch, and Y. Usui (2010) Geodynamo, Solar wind, and Magnetopause 3.4 to 3.45 billion years ago, *Science*, 327, 1238-1240.

Tauxe, L., P. Gans, and E. A. Mankinen (2004) Paleomagnetism and $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages from volcanics extruded during the Matuyama and Brunhes chrons near McMurdo Sound, Antarctica, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 5, Q06H12, doi:10.1029/2003GC000656.

Titus, S. J., H. Fossen, R. B. Pedersen, J. L. Vigneresse, and B. Tikoff (2002) Formation of a pull-apart structure during post-orogenic faulting, Leka Ophiolite, Norway, *Tectonophysics*, 354, 101-119.

Van der Voo, R. (1990) Phanerozoic paleomagnetic poles from Europe and North America and comparisons with continental reconstructions, *Reviews of Geophysics*, 28, 167-206.

Van der Voo, R., and T. H. Torsvik (2001) Evidence for late Paleozoic and Mesozoic non-dipole fields provides an explanation for the Pangea reconstruction problems, *Earth and Planetary Science Letters*, 187, 71-81.

Yu, Y., D. J. Dunlop, O. Ozdemir, and H. Ueno (2001) Magnetic properties of Kurokami pumices from Mt. Sakurajima, Japan, *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 439-446.

Yu, Y., D. J. Dunlop, and O. Ozdemir (2002) Partial anhysteretic remanent magnetization in magnetite I. Additivity, *Journal of Geophysical Research*, 107(B10), 2244, doi: 10.1029/2001JB001249, 2002.

Yu, Y., and J. S. Gee (2005) Spinel in Martian meteorite SaU 008: Implications for Martian magnetism, *Earth and Planetary Science Letters*, 232, 287-294, 2005.

Yu, Y., S.-J. Doh, W. Kim, and K. Min (2009) Ancient stable magnetism of the Richardton H5 chondrite, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 177, 12-18.

주 의

1. 이 보고서는 극지연구소 위탁과제 연구결과 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 위탁연구과제로 수행한 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.