

남극 세종기지 지진 및 지자기 모니터링

Earthquake and Geomagnetic Monitoring
at King Sejong Station, Antarctica

한국해양연구소



제 출 문

한국해양연구소 소장 귀하

본 보고서를 '남극 세종기지 지진 및 지자기 모니터링' 과제의 최종
보고서로 제출합니다.

1999년 7월

연구책임자 : 진영근

참여연구원 : 김예동

남상현

이덕기

김규중

유인성



단국은 혹독한 자연환경 때문에 인간에 의한 조사활동이 시간 및 장소에 있어 매우 제한적으로 이루어지기 때문에 대부분의 단국 산설 기지에서 관측계기를 이용한 정량관측 연구활동에 크게 주안점을 두고 있다. 단국 세종기 지에서는 지구물리학 분야의 정량관측이 이루어지고 있는데, 1990년부터 지진파 지자기 관측이 시작되어 현재까지 계속되고 있다. 하지만 설치 10여년이 지난 지금 지진파 지자기 관측 장비의 노후화와 관측 능력의 향상을 위해 관측 시스템의 전반적인 점검과 보수가 필요하고, 업그레이드가 요구되어 왔다.

본 연구과제에서는 그 동안 얻어진 관측자료를 분석·연구하여 기지에서 의 관측 활동의 타당성을 검증하였다. 일차적으로 지진 관측자료를 분석하여 세종기지 주변의 지진활동성을 파악하고, 단국과 그 주변지역의 지진 발생에 대한 물리적 분석을 수행하였다. 또한 새로 구입한 광역주기 지진계에 대한 장비 분석 및 운영방법에 대한 기법을 정리하였다. 지자기 관측시스템은 미국 지질조사소의 전문가를 세종기지 현장에 초청 대동하여 전면적인 보수와 부품 교체, 그리고 일부 하드웨어와 소프트웨어의 업그레이드를 실시하였다. 이에 대한 사항을 정리하였다. 이와 더불어 세종기지의 지자기 자료를 체계적 운영 자료로 인정받을 수 있기 위해 반드시 필요한 전대 지자기 측정 방법을 기술하였다. 이 연구과제의 결과는 다음과 같다.

II. 연구 계획의 내용 및 결과

단국 세종기지 지진 및 지자기 모니터링

I. 계몽

공 약 공

1. 남극 세종기지 주변의 지진활동성

남극반도 북부지역의 지진활동성을 연구하기 위해 1990년부터 1996년까지 남극 세종기지에서 획득한 지진자료를 분석하였다. 자료처리에서는 빙하지진의 구별, 국지지진의 진앙 및 규모 결정 등이 수행되었다. 이 기간동안 총 604개의 지진이 기록되었으며 1992년 이후에는 연평균 약 100회에 달하는 지진 발생수를 나타낸다. 94년 1월, 2월과 96년 7월에는 50~80개의 지진들이 집중적으로 발생한 군발지진들이 관측되었으며, 이 군발지진들은 세종기지에서 북동쪽 130 km 떨어진 브리지먼섬 부근에서 발생한 것으로 추정된다. 기지주변에서 발생한 국지지진들은 P-S시 15초와 29초를 보이는 지진들이 가장 많은 발생하였는데, 15초대의 지진들은 디셉션섬과 동부 브랜스필드해협에서, 29초대의 지진들은 남극판과 스코시아판의 경계부인 세클턴파쇄대 및 남스코시아 해령 부근에서 주로 발생한 것들로 추정된다. 디지털 지진자료의 진앙분포는 동부 브랜스필드해협의 높은 지진활동성과 브리지먼섬을 지나 드레이크해협쪽으로 연장되는 북서-남동 주향의 지진대, 남세틀랜드해구에 평행하게 배열하는 남세틀랜드 플랫폼에 나타나는 지진대 등 새로운 지진구역을 보여준다. 세종기지에서 포착된 대부분의 국지지진들은 규모 4 이하의 소규모 지진들로 기존의 지진 연구에 거의 포함되지 않은 새로운 지진들이다.

2. 남극권 지역에서 일어난 지진의 통계적 분석

1990년부터 1998년까지 발표된 지진자료로부터 남극과 주변지역의 지진 발생 양상을 분석하였다. 남극지역 (남위 90도에서 남위 55도에 포함된 지역)의 지진발생빈도는 1990년 이후 매년 증가추세를 보인다. 하지만 변형 에너지 (strain energy)는 1990년 이후로 축적되다가, 1993년 대규모 응력이 방출되었다. 1993년 이후 지금까지 변형에너지가 축적되고 있다. 태평양-남극 해저확장 해령과 남동 인디안 확장해령등에서는 발생한 작은 지진들에 의해 변형에너지의 대부분이 방출되었다. 한편, 태평양-인도양 확장해령과 맥케어리

1998년에 고장으로 관측을 수행하지 못했던 지자기 관측 장비에 대해, 1998년 12월에 미국 지질조사소에서 파견된 전문가와 공동으로 전면적인 점검과 보수를 실시하였다. 고장의 원인이었던 기판을 모두 교체하였으며, 노후화 되어 앞으로의 고장 원인이 될 모든 장비 및 부품은 점검·보수하였다. 새로 바뀐 장비 내역과 운영 체계에 대한 자세한 기록을 하였다.

4. 지자기 관측 시스템 운영 방법

이전에 도입된 광역주기 지진계는 일본 Akashi사의 제품으로 주파수 대역은 50 Hz ~ 120 sec, 민감도는 1000 V/m/sec, 출력은 1 cm/sec, 다이내믹 범위는 140 dB, 선형도는 -70 dB이다. 하나의 릴레이된 용기안에 세 개의 센서는 내장되어 있어 내구성, 내한성 등이 우수하다. 용기의 크기는 300 × 245 mm이며 무게는 13 kg로 작고 가볍다. 센서를 제외한 나머지 부분을 제작사에서부터 무상 임대하여 1999년 4월부터 연구소내에 시험 설치하였다. 새종기지 투입 전 에 출몰한 사전 점검과 운영방법을 숙지하기 위함이다.

3. 광역주기 지진계의 설치 및 운영 방법

(Macquarie) 확장해령에서는 상대적으로 변형으로 변형에너지의 방출량이 적다. 단센드 위치해구와 스크리아화장해령의 지진발생양상은 평균적인 단구지역의 발생 양상과 거의 같다. 비록 1993년에 최대 응력방출을 하였지만, 전체적으로 단구변 도와 그 주변지역의 지진발생빈도는 1990년 이후 증가하는 추세를 보인다. 세 른된 파쇄대를 따라 나타나는 지진발생의 양상은 다른 지체구조와는 매우 다 르다. 이 파쇄대에서 발생했던 몇 개의 큰 지진에 의해 변형에너지가 대부분 방출되었다. 세공기지에서 기록된 지진자료는 앞으로 단체틀랜드군도 지역의 지진특성에 대한 보다 정밀한 정보를 제공할 것이다.

5. 절대자력 측정 방법

전세계 지구자기 관측망인 INTERMAGNET의 관측점으로 정식 활동을 하기 위해서는 절대자력을 반드시 측정하여야 한다. 아직 세종기지에서는 절대자력의 측정이 이루어지지 않고 있다. 1998년 12월 미국 지질조사소의 전문가를 세종기지에 파견하여 관측점 위치를 설정하고, 관측점의 절대방위각 측정 방법, 절대자력 측정 요령 등에 대해 충분한 교육을 받았다. 앞으로 기지에서 수행될 절대자력 측정을 위한 제반 관측 사항을 자세히 기술하여 전공자가 아닌 월동 연구원이 이를 쉽게 활용하도록 하였다.

SUMMARY

I. Title of the study

Earthquake and Geomagnetic Monitoring at King Sejong Station,
Antarctica

II. Abstract

As Antarctica has severe environment to prevent mankind activities for research in field, so geophysical observations using instruments have been basic research activities in most antarctic stations of many nations. In King Sejong Station, earthquake and geomagnetic observations have been carried out since 1990.

Now observing instruments reveal some troubles due to their deterioration, so repair, replacement of new parts, and upgrade are strongly needed to improve the observation capacity of King Sejong Station.

In this study, we analyse and study geophysical data obtained since 1990 to assure the propriety of observation activities in King Sejong Station. Firstly, we examine seismicity in the vicinity of the northern Antarctic Peninsula using earthquake data obtained at the station. Next, seismicities of whole Antarctic region have been studied by statistical analysis using worldwide catalog. For exact operation, we describe features, specification, and operating method of new broad-band earthquake observation system in detail. At last, we make detailed instructions for operation of geomagnetic observation system in King Sejong Station and install of absolute geomagnetic observation. Results of this study are as followings:

1. Seismic activity around King Sejong Station

Earthquake data collected at King Sejong Station from 1990 to 1996 have been analyzed to study the seismic activities in the northern Antarctic Peninsula. Data analysis focused on discrimination of icequakes and estimation of epicenters and magnitudes of local earthquakes. A total of the 604 earthquakes have been identified in the data. An average annual occurrences is more than 100 numbers since 1992. Earthquake swarms with 50 to 80 events occurred on Jan. and Feb., 1994 and Jul., 1996. Epicenters of the swarms is presumably located near Bridgeman Island 130 km northeast of the station. Local earthquakes with 15 and 29 s in P-S times are dominant. Their possible epicenters are Deception Island and the eastern Bransfield Strait for 15 s, and the boundaries of the Antarctic and Scotica plates such as Shackleton Fracture Zone and South Scotia Ridge for 29 s. Estimated epicenters suggest new seismic active regions including the eastern Bransfield Strait, the NW-SE trending seismic lineament from Bridgeman Island to Drake Passage, and the seismic lineament in the South Shetland Platform parallel to the South Shetland Trench. Most of local events are less than 4 in magnitude, which have not been referred in the previous seismic studies.

2. Statistical analysis of earthquakes occurred in Antarctic region.

Statistical analysis of earthquake data reported to earthquake catalog from 1990 to 1998 provides earthquake occurrence patterns in the tectonic groups around the Antarctica. Frequency of the earthquake occurrence in the Antarctic peripheral ranging from 90° S to 50° S is annually increasing since 1990. However, the strain energy was accumulated since 1990 and a big stress drop took place in 1993. Strain energy has been accumulating again since 1993 until now. Small scale earthquakes are

common in the tectonic groups including the Pacific-Antarctic Ridge and the Southeast Indian Ridge, where relatively large portion of the strain energy is released through the small scale earthquakes. On the other hand, relatively small portion of the strain energy is released by the small scale earthquakes in the area such as the Atlantic-Indian Ridge and Macquarie Ridge. Earthquake occurrence pattern in the South Sandwich Trench and Scotia Ridge is close to the Antarctic average. Generally the frequency of the annual occurrence in the northern Antarctic Peninsula and vicinities is increasing since 1990, although maximum stress drop took place in 1993. The earthquake occurrence pattern in the Shackleton Fracture Zone, however, show differential characteristics comparing other tectonic units in the Antarctic peripheral. The strain energy is mostly released through few large scale earthquakes in the Shackleton Fracture Zone. Future analysis of analog earthquake data recorded at King Sejong Station will provide information about the earthquake characteristics of the Bransfield basin system and the peripheral.

3. Install and operation of broad-band seismic observation system

New broad-band seismometer is made in Akashi Co. (Japan). Its frequency band is 50 Hz~120 sec, sensitivity 1000 V/m/sec, output 1 cm/sec, dynamic range 140 dB, and linearity - 70 dB. The seismometer consists of three sensors in a pressure-resistant container. Its dimension and weight is 300 × 245 mm and 13 kgs, respectively.

On March 1999, we installed broad-band seismic system in our institute for test before setup at King Sejong Station.

4. Operation of geomagnetic observation system

On December 1998, malfunction of the system in King Sejong Station was repaired by an expert from USGS. All aging parts were changed with new ones. Detailed information of new system was described for optimal operating.

5. Absolute geomagnetic observation

To join with INTERMAGNET, a world wide observation network, absolute data have to be obtained at King Sejong Station. For doing it, very elaborate observation is needed. Detailed description is provided for overwintering member who is not an expert or geophysicist.

목 차

요약문(국문)	3
요약문(영문)	7
표 목차	19
그림 목차	19
제 1 장 남극 세종기지 주변의 지진활동성	25
1. 서론	27
2. 기존 연구	29
3. 자료 획득	31
4. 자료 분석	32
가. 빙하지진	32
나. 국지지진	34
다. 원거리지진	40
5. 지진활동성	44
가. 통계적 분석	44
나. 진앙 분포	44
6. 결론	53
참고문헌	54
제 2 장 남극권 지역에서 발생한 지진의 통계적 분석	59
1. 서론	61
2. 연구방법	64

3. 해석	65
가. 대규모 판구조 그룹	65
나. 남극반도 북부지역의 판구조 소그룹	69
4. 결론	73
참고문헌	73
제 3 장 광역주기 지진계 설치 및 운영방법	75
1. 개요	77
2. 각국의 연구동향	78
3. 설치 경과	79
4. 광역주기 지진계 시스템 구성	80
가. 지진계 센서 (JCP-1)	80
(1) 개요	80
(2) 구성	82
(3) Feedback system	86
(4) Calibration	90
(5) 조정	93
(6) 설치	93
(7) 운영 및 점검 방법	103
(8) 센서 특성 및 사양	103
나. 지진계 기록계	104
(1) 개요	104
(2) 구성	105
(3) 사양	106

(4) 설치	108
(5) 통신 방법	109
5. 제언	112
제 4 장 지자기 모니터링	115
1. 서론	117
2. 지자기 관측시스템의 구성	118
가. Fluxgate 지자기계	118
나. Proton 지자기계	120
다. Master Control Module (MCM)	121
라. 송출기	122
마. Geomagnetic Interface Module(GIM)	124
바. 기타	125
3. 지자기 관측시스템의 운영방법	125
가. 정상관측	125
(1) 관측소 점검	125
(2) 관측일지 작성	126
나. 자료 획득	130
다. 후자료처리	132
(1) 자료 변환	135
(2) 그림파일 출력	136
라. 시스템 변경사항	137
(1) 전원시스템	137
(2) Ring Core 지자기계	138

(3) 기지 보유 예비품 목록	139
4. 자자기 관측자료 획득 예 및 현장 사진	140
제 5 장 절대자력 측정	157
1. 서론	159
2. 절대자력	159
3. INTERMAGNET	162
4. 절대자력 측정 프로그램	166
5. 관측점의 방위각 측정을 위한 천문관측법	167
6. 부 기준점 설정방법	169
7. DIFLUX (DIM) 관측 방법	170
8. 총 자력값의 관측점 보정	172
부록. 광역지진 기록계 명령어	176

CONTENTS

Summary (Korean)	3
Summary (English)	7
List of Table	19
List of Figures	19
CHAPTER 1. Seismic activity around King Sejong Station	25
1. Introduction	27
2. Previous Studies	29
3. Data acquisition	31
4. Data analysis	32
a. Icequake	32
b. Local earthquake	34
c. Regional earthquake	40
5. Seismic activity	44
a. Statistical analysis	44
b. Distribution of epicenters	44
6. Conclusion	53
References	54
CHAPTER 2. Statistical analysis of earthquakes occurred in	
Antarctic region	59
1. Instruments	61

2. Methodology	64
3. Interpretation	65
a. Major tectonic group	65
b. Tectonic group around Antarctic Peninsula	69
4. Conclusion	73
References	73

CHAPTER 3. Install and operation of broad-band seismic

observation system	75
1. Introduction	77
2. Research trend	78
3. Install procedure	79
4. System configuration	80
a. Seismometer (JCP-1)	80
(1) Introduction	80
(2) Configuration	82
(3) Feedback system	86
(4) Calibration	90
(5) Control	93
(6) Installation	93
(7) Operation and check	103
(8) Characteristics and specification	103
b. Recorder	104
(1) Introduction	104

(2) Configuration	105
(3) Specification	106
(4) Installation	108
(5) Communication	109
5. Comments	112
CHAPTER 4. Monitoring of Geomagnetism	115
1. Introduction	117
2. System configuration	118
a. Fluxgate magnetometer	118
b. Proton magnetometer	120
c. Master Control Module (MCM)	121
d. Transmission	122
e. Geomagnetic Interface Module(GIM)	124
f. Other equipment	125
3. Operation	125
a. Observation	125
(1) Check of Observatory	125
(2) Observing document	126
b. Data acquisition	130
c. Data processing	132
(1) Data conversion	135
(2) Print out of graph	136
d. New items after repairing	137

(1) Power supply	137
(2) Ring core magnetometer	138
(3) Spare parts	139
4. Graphs of obtained data and Photos on observation	140
CHAPTER 5. Absolute geomagnic observation	157
1. Introduction	159
2. Absolute geomagnic data	159
3. INTERMAGNET	162
4. Observation program	166
5. Astronomical observation for azimuth of observatory	167
6. Secondary mark	169
7. DIFLUX (DIM) observation	170
8. Pier correction of total field	172
APPENDIX. Commands of seismic recorder (JTS-1)	176

LIST OF TABLES

Table 1-1. Comparison of epicenters and magnitudes estimated in this study (**) and reported in IRIS world earthquake catalog	41
Table 2-1. Estimated <i>b</i> values for tectonic groups around Antarctica	70
Table 3-1. Commands of communication	111
Table 5-1. Station ID of each observatory in INTERMAGNET	164

LIST OF FIGURES

Figure 1-1. Tectonic setting of the northern Antarctic Peninsula. Inset map indicated by box in the main map shows the location of King Sejong Station in King George Island. AP is the Antarctic Peninsula, BI is Bridgeman Island, BS is Bransfield Strait, DI is Deception Island, PI is Penguin Island, TdF is Tierra del Fuego	28
Figure 1-2. Seismic activities in the northern Antarctic Peninsula. Plate boundaries are drawn with dashed lines (after Lee <i>et al.</i> , 1998)	30
Figure 1-3. Icequake series recorded at King Sejong Station on Jan. 28, 1995	33
Figure 1-4. Typical waveform and related spectrum of an icequake recorded at the King Sejong Station. A peculiar character is represented by a wave train (see arrow) preceding the first arrival	35

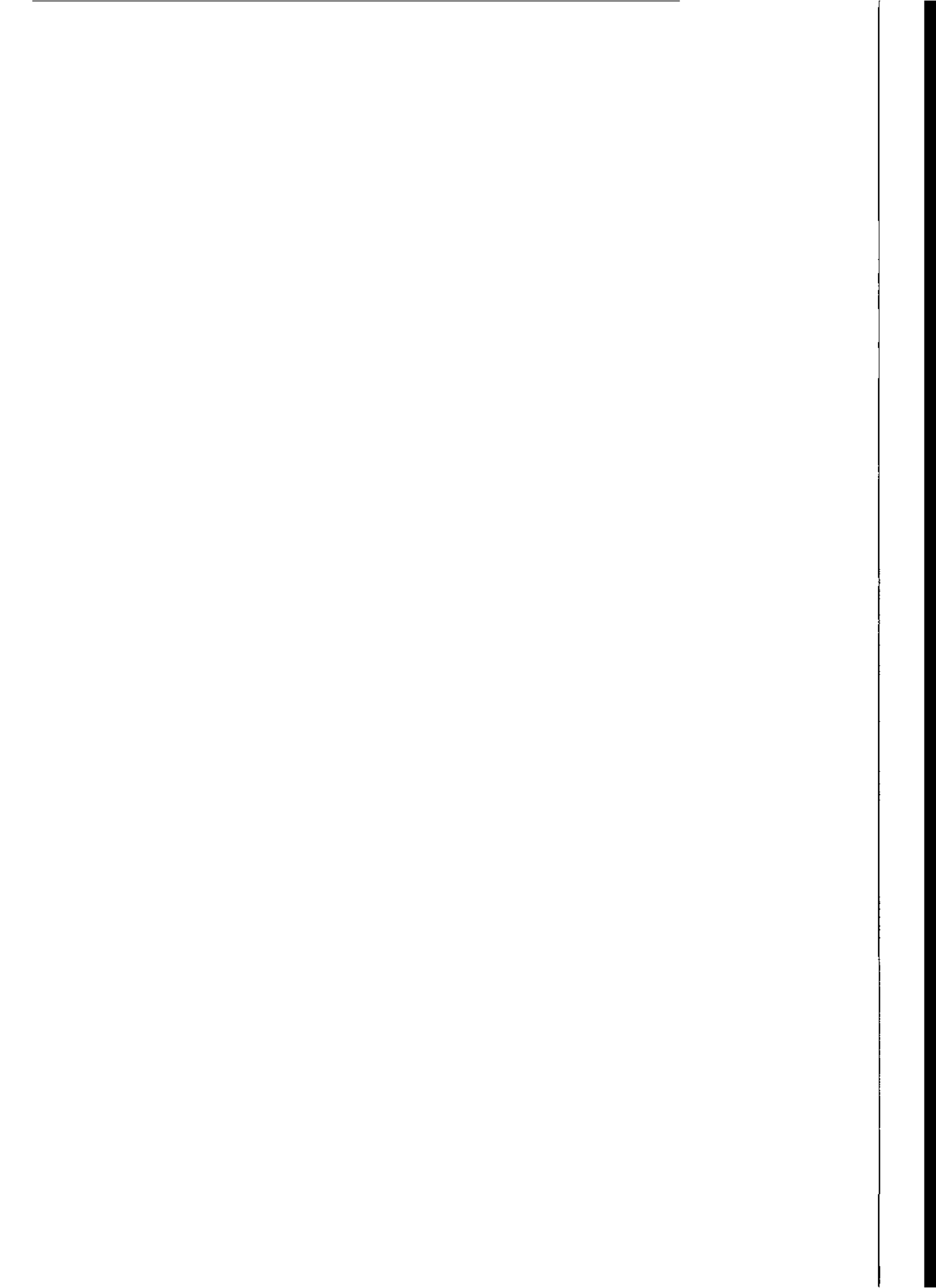
Figure 1-5. Waveform and related spectrum of a local earthquake recorded at the King Sejong Station showing long duration and low frequency content	36
Figure 1-6. Examples of local earthquakes recorded at King Sejong Station showing distinct P and S phases. Source parameters of the events are following : (a) date=Sep. 20, 1993, magnitude=4.99, epicentral distance=116 km, (b) date=Sep. 20, 1993, magnitude= 4.56, epicentral distance=64 km	37
Figure 1-7. An example of SEDSL algorithm (Magotra <i>et. al.</i> , 1987). The origin time of data is 01/28/95 08:50:52.0. (a) vertical, east, and north components (b) eigenvalues of covariance of two horizontal components and estimated back-azimuths (c) cross- correlation among three components	39
Figure 1-8. Locations of teleseismic events recorded at King Sejong Station (from IRIS earthquake catalog, 1997)	42
Figure 1-9. Examples of teleseismic earthquakes detected at King Sejong Station. Source parameters of the events are following: (a) magnitude=6.0, epicentral coordinates=56.08 S, 27.80 W, epicentral distance= 1880 km, (b) date=Jul 13, 1992, magnitude=6.1, epicentral coordinates=60.73 S, 21.97 W, epicentral distance=1945 km (from IRIS catalogs)	43
Figure 1-10. Annual number of earthquakes observed at King Sejong Station from 1990 to 1996	45
Figure 1-11. Monthly number of earthquakes observed at King Sejong Station from 1990 to 1996	46
Figure 1-12. Earthquake swarm observed at the King Sejong Station during Jul. 7-8, 1996	47

Figure 1-13. Number of events versus P-S time for the local earthquakes	48
Figure 1-14. Epicentral distances of the P-S time 15 and 29 seconds. The inner circle is for 15 seconds and the outer is for 29 seconds. The dashed lines delineate the plate boundary	50
Figure 1-15. Estimated hypocenters around King Sejong Station from January of 1995 to September of 1996. CBB-the central Bransfield Basin, DI-Deception Island, EBB-the eastern Bransfield Basin, WBB-the western Bransfield Basin. Bold dashed lines in EBB represent extensional or transtensional faults proposed by Klepeis and Lawver (1996). See text for discussion on seismic lineaments A and B	51
Figure 2-1. Earthquake distribution around the Antarctica reported to NEIC catalog during the period from 1990 to 1998. Solid box in the northern Antarctic Peninsula is magnified and plotted in Figure 2-2	62
Figure 2-2. Zoning of the major tectonic groups in the northern Antarctic peninsula. Major tectonic units such as the South America Plate (SAP), Antarctic Plate (AP), Scotia Plate (ScP) , Sandwich Plate (SP) are included in this plot. SSR represents the South Scotia Ridge, while NSR the North Scotia Ridge. Earthquake location are plotted as empty circle, whose diameter is proportional to the magnitude scale as shown in the legend	63
Figure 2-3. Zoning of the major tectonic groups in the northern Antarctic peninsula. Major tectonic units such as the South America Plate (SAP), Antarctic Plate (AP), Scotia Plate (ScP) , Sandwich Plate (SP) are included in this plot. SSR	



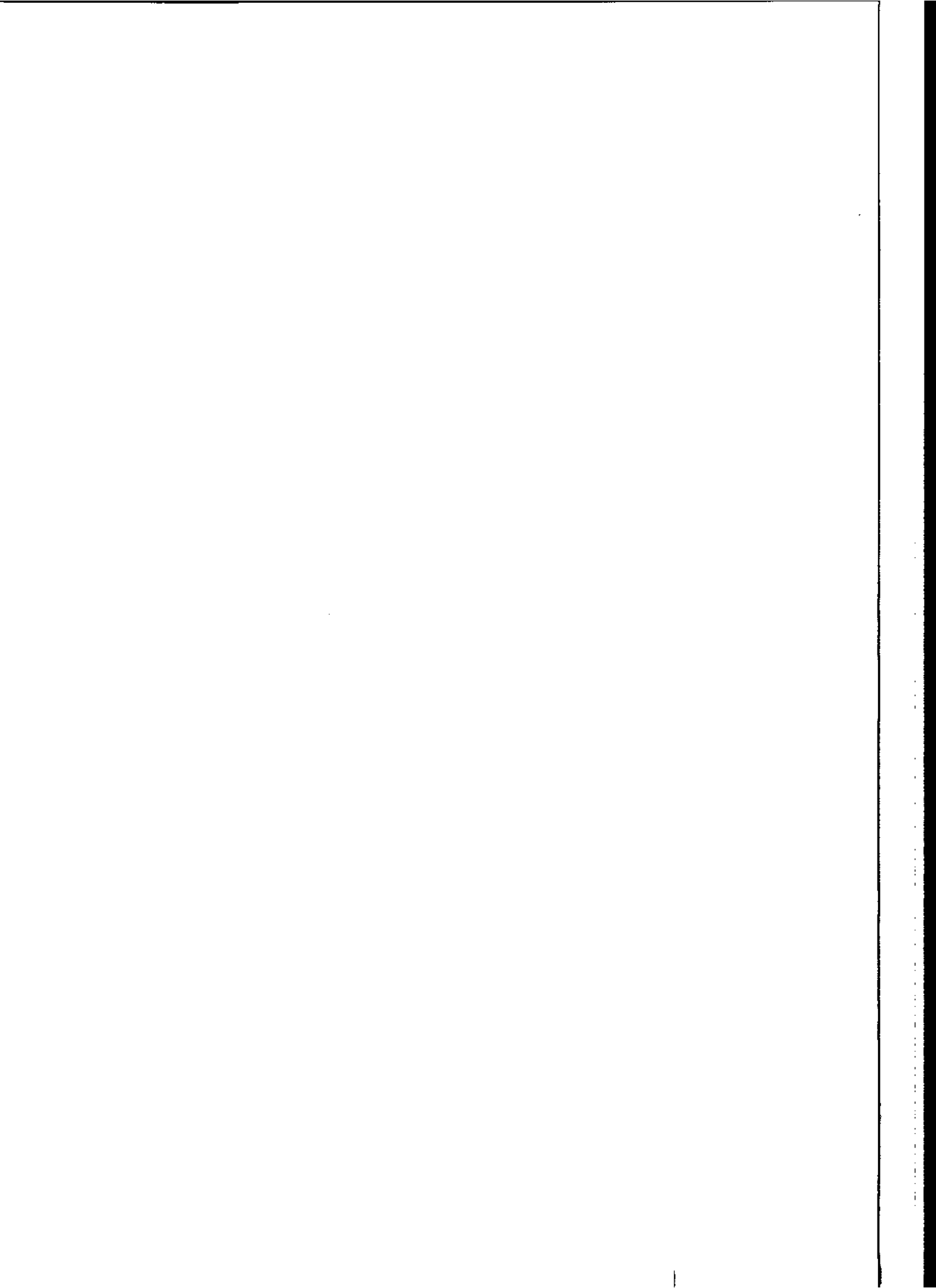
represents the South Scotia Ridge, while NSR the North Scotia Ridge. Earthquake location are plotted as empty circle, whose diameter is proportional to the magnitude scale as shown in the legend	66
Figure 2-4. Measured <i>b</i> values corresponding to a)Antarctic peripheral, b) PAR, c) AIR, d) AAR, e) MR, and f) SIR. Magnitude bands with strait line have been selected and used to estimate <i>b</i> values	67
Figure 2-5. a) Annual occurrence of earthquakes, and b) annual energy release of earthquakes in the northern Antarctic Peninsula	68
Figure 2-6. Measured <i>b</i> values corresponding to a) Antarctic peripheral, b) BB,SFZ, and HFZ, c) SR, and d) SSaT	72
Figure 3-1. JCP-1 triaxial sensor	81
Figure 3-2. JCP-1 system	83
Figure 3-3. Sensitive axis, level and orientation line of the sensor	84
Figure 3-4. Mechanical construction of the vertical sensor	85
Figure 3-5. Mechanical construction of the horizontal sensor	87
Figure 3-6. Feedback loop block diagram	88
Figure 3-7. Velocity amplitude and phase response of JCP-1	91
Figure 3-8. Connections of the instrument units	95
Figure 3-9. Output connections and AFU input connection	98
Figure 3-10. PSU operation panel	101
Figure 4-1. Schematic diagram of geomagnetometer system	119
Figure 4-2. Observing sheet used at King Sejong Station	127
Figure 4-3. A example of works for filling up of observing sheet and data back up	133
Figure 4-4. Graphs (4-4a~4-4h) of geomagnetic data observed between Dec. 10 to 17, 1999	141

Figure 4-5. Geomagnetic observatory in King Sejong Station (Persons: Mr. Pankratz and me)	150
Figure 4-6. Repairing and replacement of main system in observatory ...	151
Figure 4-7. Feature of main system, including MCM, GIM, Transmitter DIDD, Terminal junction, Proton magnetometer, Power box, Fluxgate Interface box, after complete repairing	152
Figure 4-8. Fluxgate magnetometer sensor	153
Figure 4-9. Proton magnetic sensor and D/I Helmholtz coil	154
Figure 4-10. Correction for direction of transmission antenna	155
Figure 5-1. Cover sheet of INTERMAGNET 1999 CD-ROM	160
Figure 5-2. DI FLUX geomagnetic observatory in King Sejong station	161
Figure 5-3. A sheet for astronomical observation	168
Figure 5-4. A sheet for DI FLUX baseline computations	171
Figure 5-5. Example of DCP baseline summary	173
Figure 5-6. Pier correction of total field for absolute geomagnetic between pier of theodolite and site of DIDD proton	175



제 1 장

남극 세종기지 주변의 지진활동성



제 1 장 남극 세종기지 주변의 지진 활동성

1. 서론

남극은 지체구조가 안정되어 비교적 지진활동이 적은 곳으로 알려져 왔다. 최근에 이르러 남극에서의 지진관측에 대한 관심이 고조되고 있다. 이러한 지진 관측은 두 가지 측면에서 중요성이 부각되고 있다. 하나는 전 지구적 지진 관측망의 구축이다. 사람이 거주하는 타 대륙에는 많은 지진 관측망이 구축되어 있지만, 지구상의 약 오분의 일을 차지하는 남극권은 지진 관측망이 거의 설치되어 않은 사각지대를 형성하고 있다. 따라서 대규모 지진의 정확한 진원을 결정하거나, 지구내부 구조를 규명하는 등의 광역적인 지진연구를 위해서는 남극지역에서의 지진 관측망이 필요하다.

또 다른 중요성은 남극 지역의 지체구조 운동을 이해하기 위함이다. 현재 세종기지가 위치한 남극반도 북부의 경우, 남극판과 스코시아판의 경계부가 위치하고 있으며, 남세틀랜드해구, 브랜스필드 확장분지, 웨클턴파쇄대와 히어로파쇄대 등의 대규모 지체구조를 따라 복잡한 판구조운동이 진행되고 있는 지역이다 (Fig. 1-1). 하지만 이런 복잡한 판구조운동의 진행상태와 상호관계 등은 잘 밝혀지지 않고 있다. 지진 연구는 이런 문제를 해결하는 가장 유용한 연구방법이지만, 이 지역의 지진관측망 부재로 인해 기존의 지진 연구는 대부분 원거리 지진자료에 의존하고 있어 국지적인 지진활동을 연구하기에는 부족한 실정이다.

남극 세종기지에는 1989년부터 3성분 단주기 지진계를 설치하여 상시 관측을 수행해오고 있다. 1992년에 바람으로 인한 잡음문제 때문에 지진계 센서를 보다 안정한 장소로 옮겨 설치하였다. 95년부터는 본격적인 디지털 자료를 기록할 수 있게 되어 양질의 자료분석이 가능하게 되었다. 이 논문에서는 설치초기의 심한 잡음으로 자료의 질이 매우 나쁜 1989년도를 제외한 1990년부터 1996년까지 세종기지에서 기록된 지진 자료를 일차적으로 분석하여 세종기지 주변의 지진 활동에 대한 이해를 높이고자 한다. 이는 상대적으로 좁은 지

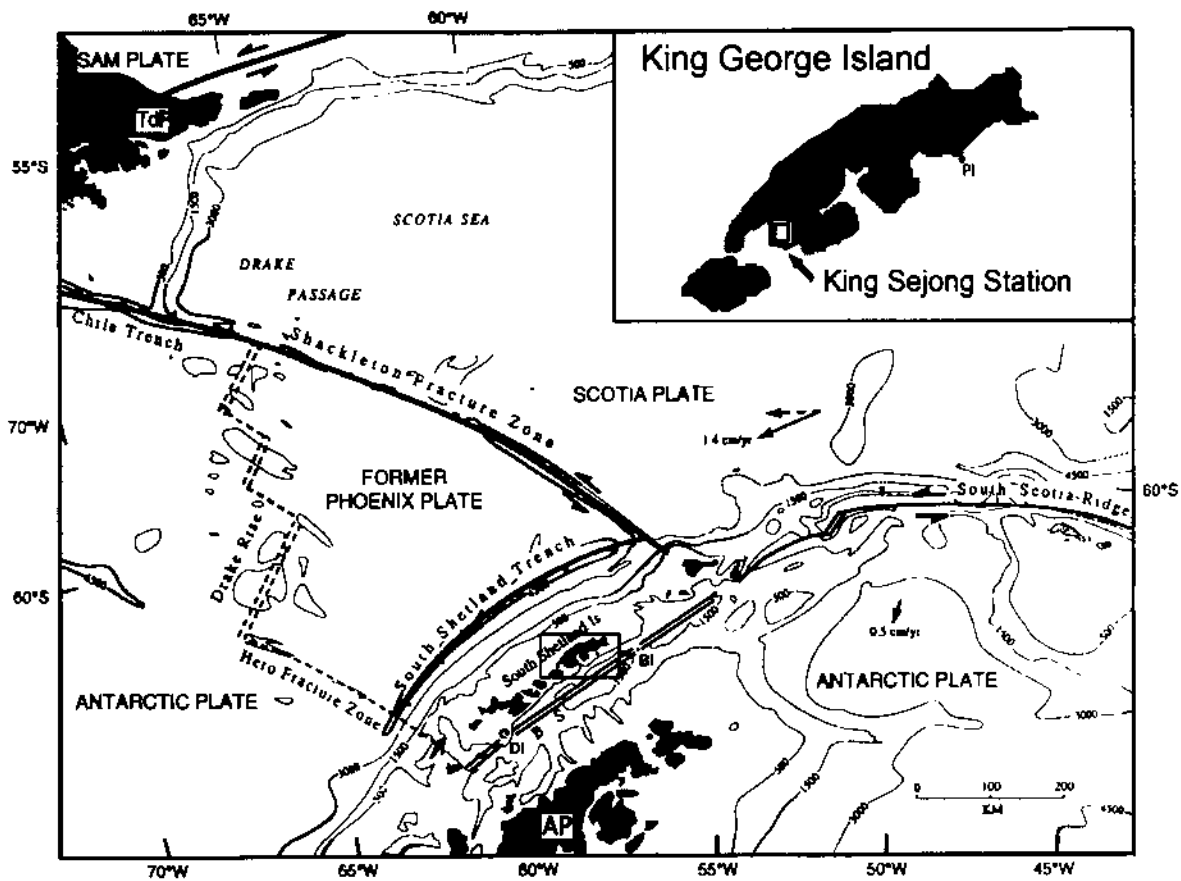


Figure 1-1. Tectonic setting of the northern Antarctic Peninsula. Inset map indicated by box in the main map shows the location of King Sejong Station in King George Island. AP is the Antarctic Peninsula, BI is Bridgeman Island, BS is Bransfield Strait, DI is Deception Island, PI is Penguin Island, TdF is Tierra del Fuego

역에서 진행되고 있는 복잡한 남극반도 북부지역의 판구조운동을 규명하는데 중요한 실마리를 제공할 것이다.

2. 기존 연구

세종기지는 북쪽의 남세틀랜드해구와 남쪽의 브랜스필드해협 사이에 북동-남서 방향으로 배열하는 남세틀랜드군도 중 킹조지섬에 자리잡고 있다 (Fig. 1-1). 이 지역에서는 확장작용에 의해 형성된 브랜스필드해협의 성인과 남세틀랜드해구에서의 섭입작용의 진행여부에 대한 학자들 간의 뜨거운 논쟁이 제기되고 있다. 일부 학자들은 지리적 배치를 들어 해구에서의 섭입활동의 결과로 배호분지인 브랜스필드해협이 확장되었다는 이론을 제시하고 있다 (Barker, 1982; Larter and Barker, 1991). 하지만 현재까지 발표된 이 지역의 지진연구결과는 해구에서 섭입활동이 진행되고 있다는 뚜렷한 증거를 보이지 못하고 있다. 즉, 세클턴과쇄대와 남스코시아해령이 만나는 삼중점 (triple junction) 지역을 제외하고는 해구에서 섭입되는 판의 역단층대에서 발생하는 중간 크기 이상의 지진이 전혀 관측되지 않고 있다 (Fig. 1-2). Pelayo and Wiens (1989)는 브랜스필드해협에서 관측된 각각 35 km와 55 km의 진원 깊이를 갖는 두 개의 지진을 증거로 이 지역에 느린 섭입활동이 계속되고 있을 가능성을 제시하였지만, 이 두 지진은 해구의 양쪽 맨 가장자리에서 발생한 것으로 섭입대 양쪽 경계에서 벗어난 지역이다. 또 다른 해석으로 해양판의 섭입작용에 의한 지진 발생이 거의 없는 것은 판의 섭입속도가 매우 느리거나 판의 연령이 젊기 때문이라는 해석도 있지만, 이 역시 확실치 않다. 최근에 Jin and Kim (1996)은 남세틀랜드해구의 다중채널 탄성과 단면도에서 해양지각에 형성된 호스트-그라벤 구조 (horst and graben structure)위에 두꺼운 해구퇴적층이 집적된 모습을 관찰하고, 호스트-그라벤 구조를 갖는 활동중인 해구에서는 해구 퇴적층의 집적이 두껍게 이루어지지 않기 때문에 이런 두꺼운 퇴적층은 약 4백만년전 섭입작용이 멈춘 이후에 집적된 것으로 해석하였다.

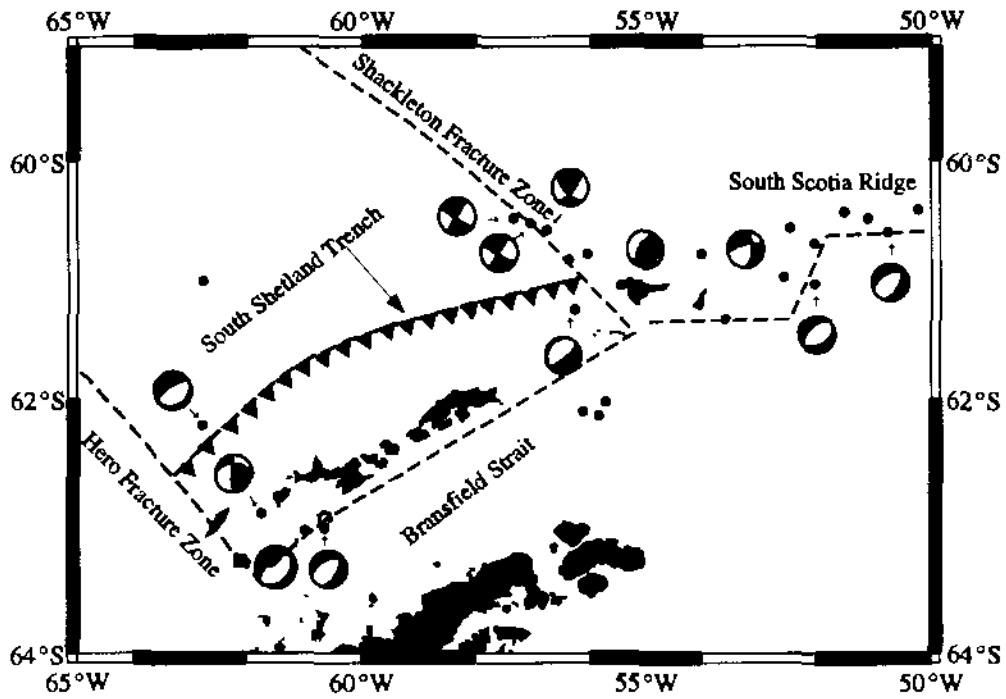


Figure 1-2. Seismic activities in the northern Antarctic Peninsula. Plate boundaries are drawn with dashed lines (after Lee *et al.*, 1998)

세종기지의 지진계는 남위 62° 13' 31", 서경 58° 47' 7" m, 고도 53 m 에 설치되어 있다. 자료 획득 초기 (1989년~1991년)에는 지진계가 해안에 위치 한 건물내부에 반석층 만들어 설치되었으나 바람에 의한 잡음이 매우 심해, 1992년에 현재의 위치인 기지에서 100여 m 떨어진 산기슭에 1m정도 깊이의 지하에 재설치하였다. 이 깊이는 기지 주변에서 설치된 지구물리 탐사에 의해 조사된 영구동토층의 깊이에 해당한다 (김형수 외, 1995).

세종기지에 설치되어 운영되고 있는 지진계는 단주기형 지진계로,

3. 자료 획득

한편 브랜스필드해협에서의 본격적인 확장작용은 남극-피닉스 확장해령에 서 해저확장이 끝난 약 4백만년전 이후에 일어난 것으로 알려져 있다 (Roach, 1978; Barker and Dalziel, 1983, Lawver et al., 1995). Gonzalez-Ferran (1991)은 해저자력 이상자료를 분석하여 지난 2백만년동안 확장작용에 의해 5~15 km의 새로운 지각이 형성되었다고 결론지었다. 해협의 확장축에 배열 하는 화산성인 디셉션섬, 펄권섬, 브리지만섬과 해저산들에서 최근까지 화산 활 동 및 지진이 발생하고 있어 현재도 확장작용이 계속되고 있음을 지시한다 (Forsyth, 1975; Pelayo and Wiens, 1989; Lawver et al., 1995). Vila et al. (1992)은 1986년에서 87년까지 하계기간에 디셉션섬에서 지진을 관측하였으며, 지진들이 브랜스필드해협의 확장축으로 정의된 방향과 일치하는 동서 방향의 추 단층에서 집중적으로 발생하였다고 보고하였다. Lawver et al. (1995)은 브 리지만섬 부근에서 발생한 지진은 화산활동에 의한 지진이 아니라기보다는 해협 확 장에 관련된 것으로 해석하고, 전반적으로 브랜스필드해협에서의 지진활동은 화산활동보다는 해협의 확장 운동과 밀접한 관계를 맺고 있다고 주장하였다. Barker and Austin (1994)은 탄성과 탐사자료를 통해 기존의 해협 확장축과는 일치하지 않은 새로운 지각내 (intracrustal) 확장구조들의 배열을 발견하고, 해협의 확장이 일반적인 배호분지에서 관찰되는 해저확장이기 보다는 인근 판 들의 상호운동에서 전달되어온 응력에 의한 확장이라고 주장하였다.

KINEMATRICS사의 3성분 SS-1[®] Ranger 지진센서, SSR-1[®] 디지털기록계와 PS-2[®] 드럼기록계로 구성되어 있다. 드럼기록계는 3성분 중 수직성분 (Up-Down 성분) 만을 기록하고 있으며, 디지털기록계는 3성분 모두를 기록하고 있다. 지진계의 고유주파수는 1Hz이고, 임계감쇄지수는 0.7이다.

4. 자료 분석

남극지역에서는 특수한 자연환경으로 인하여 지질학적인 원인에 의한 지진 외에도 빙산이나 빙붕, 빙하들의 운동에 의해 발생하는 지진들이 관측된다. 세종기지에서 기록된 자료들 중에도 상당수의 빙하지진이 포함되어 있다. 지체구조운동과 관련된 자연지진과 구별하기 위해 빙하지진의 특성을 분석하였다. 가지주변에서 발생한 국지지진 (local seismic event)에 대해서는 디지털 자료를 대상으로 진앙과 규모를 일차적으로 결정하였다. 세종기지에 설치된 단주기 지진계에는 정확한 파형을 볼 수 없지만 상당수의 원거리 지진 (teleseismic event)들이 포착되었다.

가. 빙하지진 (icequakes)

전형적인 빙하지진의 신호에서 나타나는 특징은 미약한 초동 (onset), S파의 부재, 급격한 진폭 감쇠, 고주파 성분 (>10 Hz)과 짧은 지속시간 (duration) 등이다 (Privitera *et al.*, 1992). 남극 쇼와기지에서 관측된 빙하지진은 크게 두 개의 그룹으로 나누어지는데, 첫 번째 그룹은 해빙의 충격에 해당하는 뚜렷한 초기 파형을 보이는 반면에, 두 번째 그룹은 육상의 빙하지진에 해당하는 희미한 초기 파형을 보인다 (Kaminuma and Haneda, 1979).

Fig. 1-3은 세종기지에서 관측된 빙하지진군의 모습을 보여준다. 총 5개의 빙하지진이 5초 간격으로 발생하였으며, 각 지진 사이에서도 지속적으로 소폭의 파형이 나타나고 있는 양상을 관찰할 수 있다. 이런 빙하지진군의 모습은 이들이 빙하의 움직임에 의해 발생되었음을 시사한다. 대부분의 빙하지진들은

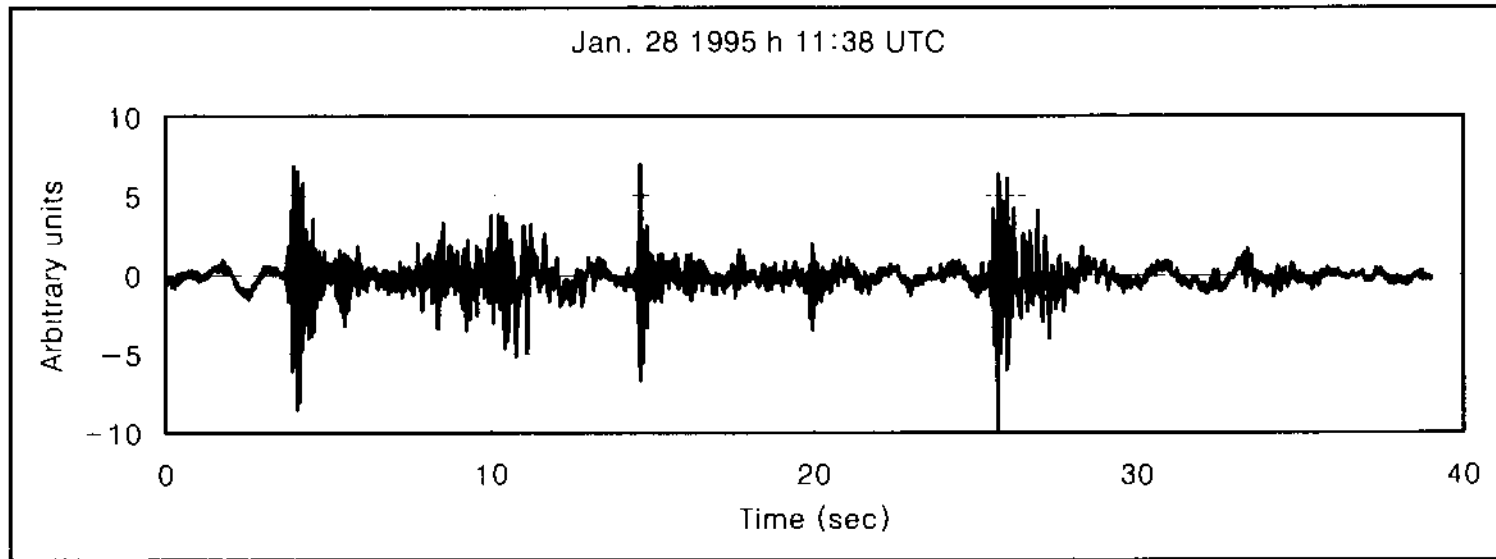


Figure 1-3. Icequake series recorded at King Sejong Station on Jan. 28, 1995

규모가 작아 진앙에서부터 수 km 이내에서만 포착되기 때문에 (Privitera *et al.*, 1992), 세종기지에서 관측된 빙하지진군은 기지 동쪽으로 약 2 km 떨어진 마리안 소만에 인접한 빙하에서 발생한 것으로 추정된다. 이 빙하지진군중 한 지진의 파형과 스펙트럼 분석 결과는 전형적인 빙하지진의 특징을 잘 보여준다 (Fig. 1-4). 즉, 5초이내의 짧은 지속시간, 미약한 P파 초동, 이어지는 뚜렷하면서 강한 신호와 급격한 진폭 감쇠 등의 특징을 볼 수 있다. Gambino and Privitera (1994)은 이런 강한 신호가 S파가 아니라 레일리파 (Rayleigh waves)로 구분하였다. 빙하지진의 스펙트럼은 10~40 Hz의 높은 주파수 대역을 보이며, 특정 주파수들에서 높은 값을 보인다. 또한 P파의 초동전 약 2~3 초 앞서 나타나는 저주파 성분의 파열 (wave-train)이 관찰되는데, 이는 주 지진이 일어나기 전의 빙하 움직임에 의해 발생된 것이다 (Privitera *et al.*, 1992).

나. 국지지진 (local seismic events)

세종기지에서 기록된 국지지진의 대부분은 뚜렷한 P파와 S파를 보여주며, 빙하지진에 비해 상대적으로 낮은 주파수 대역 (<10 Hz)을 보인다 (Fig. 1-5). 이런 뚜렷한 P파와 S파의 구분은 진앙거리를 구하기에 매우 용이하였다. Fig. 1-6은 세종기지에서 관측되는 전형적인 국지지진의 모습이다. 두 지진들의 진앙거리는 P-S 시간으로부터 대략적으로 60 km와 110 km로 계산되었다.

이 연구에서는 이용할만한 다른 기지의 지진자료가 없기 때문에, 단지 세종기지 한 관측점에서 기록된 3성분 디지털 자료를 분석하여 진앙을 결정하였다. 지금까지 많은 연구자들이 단일 관측점의 3성분 자료를 이용한 진앙 결정 알고리즘을 개발하였다 (i.e. Mogotra *et al.*, 1987; Rudd *et al.*, 1988; Roberts *et al.*, 1989; Cristofferson *et al.*, 1988). 진앙을 결정하기 위해서는 P-S 시간으로부터 산출할 수 있는 진앙거리와 관측점에서의 진앙방향(azimuth)이 필요하다. 이 연구에서는 관측점에서 진앙의 방향, 즉 후방위각 (back-azimuth)을 결정하기

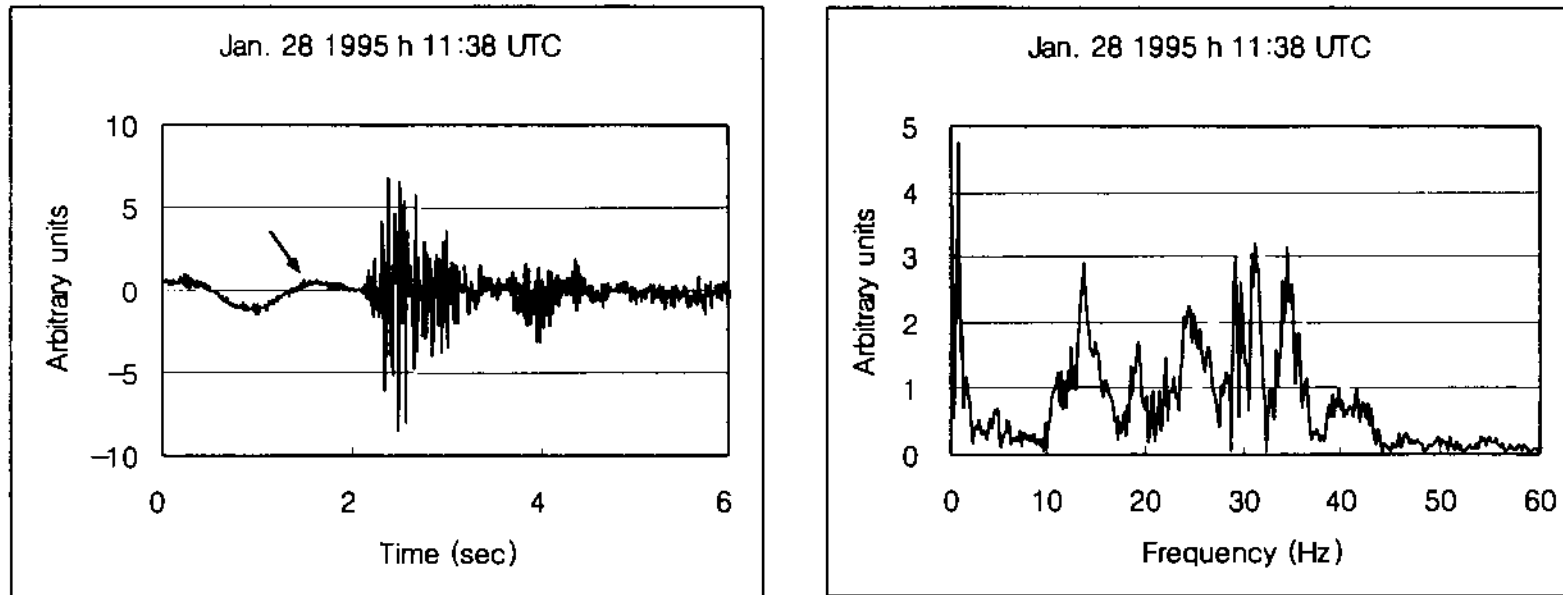


Figure 1-4. Typical waveform and related spectrum of an icequake recorded at the King Sejong Station. A peculiar character is represented by a wave train (see arrow) preceding the first arrival

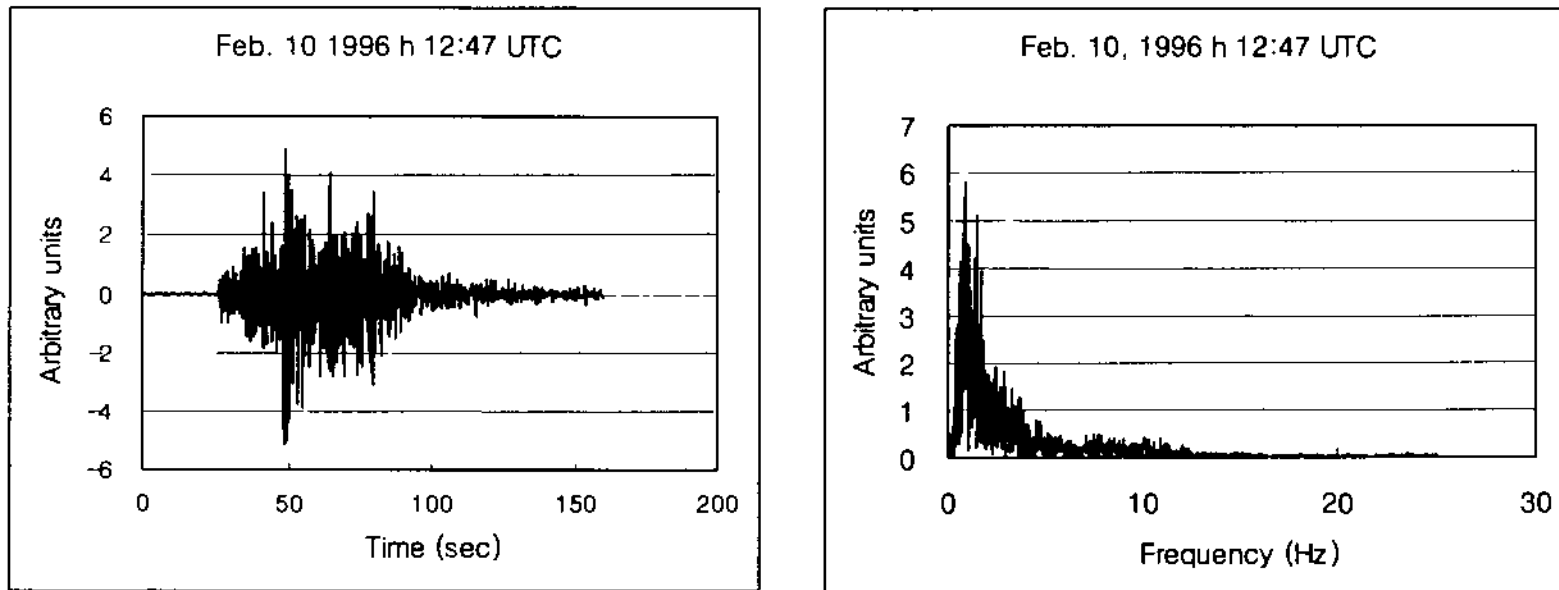


Figure 1-5. Waveform and related spectrum of a local earthquake recorded at the King Sejong Station showing long duration and low frequency content

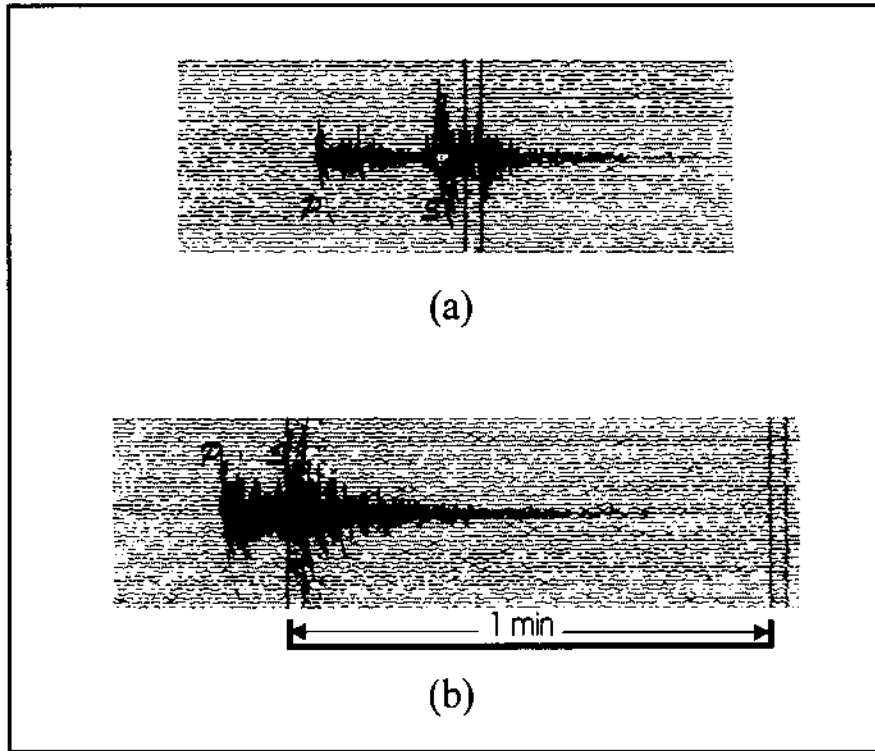


Figure 1-6. Examples of local earthquakes recorded at King Sejong Station showing distinct P and S phases. Source parameters of the events are following: (a) date=Sep. 20, 1993, magnitude=4.99, epicentral distance=116 km, (b) date=Sep. 20, 1993, magnitude= 4.56, epicentral distance=64 km

위해 세 가지 방법을 적용하였다 (Lee *et al.*, 1998). 첫째는 지진자료의 두 수평성분(남-북, 동-서)을 0° 에서 360° 로 회전하면서 후방위각을 찾는 방법이고, 둘째는 두 수평성분의 공분산(covariance)을 이용하여 후방위각을 결정하는 방법이며, 셋째는 세 성분간의 P파 구간에 대한 상호 및 자기 상관(cross- and auto-correlation)을 계산하여 결정하는 방법이다. 이런 종류의 후방위각 측정법에는 기본적으로 180° 모호성이 존재하며, 이를 해결하기 위한 방법들이 제안되었다. Fig. 1-7은 두 번째 방법을 이용한 Mogotra *et al.* (1987)이 제안한 지진 탐지 및 진원 위치 결정법 (Seismic event detection and source location (SEDSL) algorithm)의 한 예이다.

국지지진의 규모는 아날로그와 디지털 자료 모두를 이용하여 결정하였다. 규모를 결정하는 하나의 유용한 방법은 획득한 지진 기록을 우드-앤더슨 지진계 (Wood-Anderson seismograph)의 지진 기록으로 치환하는 방법이다 (Lee and Stewart, 1981). 세종기지에 설치된 지진계의 경우, 우드-앤더슨 모드로 설정한 경우, 1~5 Hz 사이에서는 우드-앤더슨 지진계와 동일한 반응곡선(response curve)을 가지게 된다 (Application Note No. 31, Kinematics). 아날로그 자료인 경우, 기록지에서 판독한 진폭을 계기 증폭치에 대해 보정하여 우드-앤더슨 지진계의 실제 지면 움직임 (ground motion) 크기로 환산한 후, 다음과 같은 식을 이용하여 리히터 규모 (Richter magnitude)를 산출하였다 (Bullen and Bolt, 1985).

$$M_R = \log_{10} A(\mu m) + 2.56 \log_{10} \Delta - 1.67 \quad (1)$$

여기서 A 는 실제 지면의 최대 진폭으로 단위는 μm 이며, Δ 는 진앙거리를 나타낸다.

디지털 자료인 경우에는 볼트 (voltage)로 나타나는 측정값은 지면속도와 직접적으로 비례한다. 지진계 센서의 증폭치 (preamp gain)를 제거한 후, 지진계의 민감도 (sensitivity of seismometer)를 이용하여 측정값을 지면속도로 환산한다. 남극반도 지역에서 이용할 수 있는 속도값에서 규모를 도출할 수 있

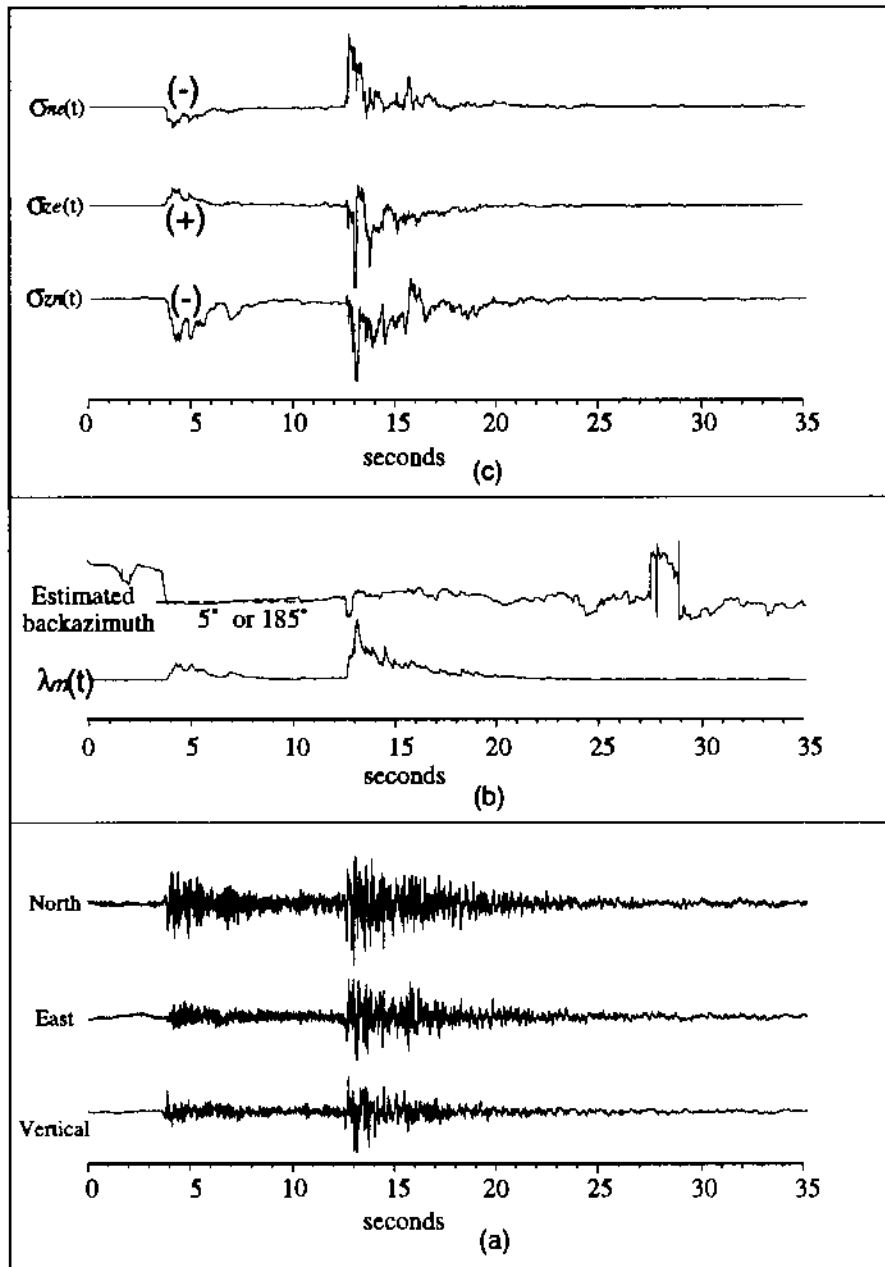


Figure 1-7. An example of SEDSL algorithm (Magotra *et. al.*, 1987). The origin time of data is 01/28/95 08:50:52.0. (a) vertical, east, and north components (b) eigenvalues of covariance of two horizontal components and estimated back-azimuths (c) cross-correlation among three components

는 계산식이 아직 없기 때문에, 이번 연구에서는 지진계 획득변수를 이용하여 최종적으로 우드-앤더슨 지진계의 진폭으로 환산한 다음 (1)식을 사용하여 리히터 규모를 산출하였다.

작은 지진의 규모를 결정하는 또 다른 유용한 방법으로는 최대진폭 대신에 신호의 지속시간 (signal duration)을 이용하는 방법이다 (Lee and Stewart, 1981). 하지만 이 방법은 강풍에 의해 배경잡음 (background noise)이 비교적 큰 세종기지 자료인 경우 지속시간에 대한 정확한 적용이 어렵고, 단일 관측점 자료만으로는 신뢰도가 떨어지는 것으로 판단되어 이번 연구에서는 이용하지 않았다.

위와 같은 방법에 의해 도출된 지진의 위치와 규모에 대한 정확성을 검증하기 위하여, 이번 지진자료 중 IRIS Data Management Center의 지진목록 (1997년)에 보고된 지진들에 대해 각각의 값을 계산한 결과, 비교적 잘 일치하였다 (Table. 1-1).

다. 원거리지진 (teleseismic events)

세종기지에서 획득된 지진자료 중에는 정확한 파형을 기록하지는 못하였지만 배경잡음과 구별되는 파형과 긴 지속시간을 보이는 기록들이 식별되었다. 이런 기록들은 대부분 IRIS Data Management Center의 지진목록에서 원거리 지진들로 확인되었다. 세종기지에서는 연구기간동안 약 100여개의 원거리지진이 관측되었다. 이들 원거리지진의 가장 빈번한 진앙지로는 남미판과 나즈카판의 경계부, 남샌드위치아크, 그리고 남태평양의 통가지역 등이다 (Fig. 1-8). 남샌드위치아크 부근에서 발행한 두 개의 지진을 Fig. 1-9에 도시하였다. 이들 지진은 규모 6 이상의 대규모 지진이고 비교적 진앙지가 가깝기 때문에 원거리 지진임에도 비교적 큰 진폭을 보인다. 앞으로 광역주기 지진계와 같은 관측계의 개선이 이루어지면 남극반도, 스코시아아크, 남태평양 및 남대서양, 남미 지역 등에서 진행되는 광역적인 지진활동을 관측할 수 있을 것이다.

Table 1-1 Comparison of epicenters and magnitudes estimated in this study (***) and reported in IRIS world earthquake catalog (*).

Event	Origin time	Source location	Back-azimuth (degree)	Mag.	Depth (km)
950726a	1995 07 26 01:44:17.3	58.628s 61.965w *	-24.0 *	4.1 *	10.0
		59.150s 61.420w **	-25.0 **	4.8 **	
960210a	1996 02 10 12:17:05.0	60.918s 57.493w *	25.0 *	4.7 *	10.0
		60.770s 57.400w **	24.0 **	4.9 **	
960707b	1996 07 07 07:53:53.5	62.023s 56.336w *	80.0 *	4.3 *	33.0
		62.110s 56.390w **	84.0 **	3.9 **	
960707c	1996 07 07 15:12:11.1	62.503s 55.550w *	99.0 *	4.2 *	10.0
		62.210s 56.220w **	91.0 **	4.3 **	
960709a	1996 07 09 04:17:46.1	62.482s 55.528w *	100.0 *	4.3 *	10.0
		62.050s 56.580w **	82.0 **	4.0 **	
960719a	1996 07 19 11:33:37.4	61.998s 56.342w *	79.0 *	4.1 *	10.0
		61.890s 56.780w **	73.0 **	4.3 **	

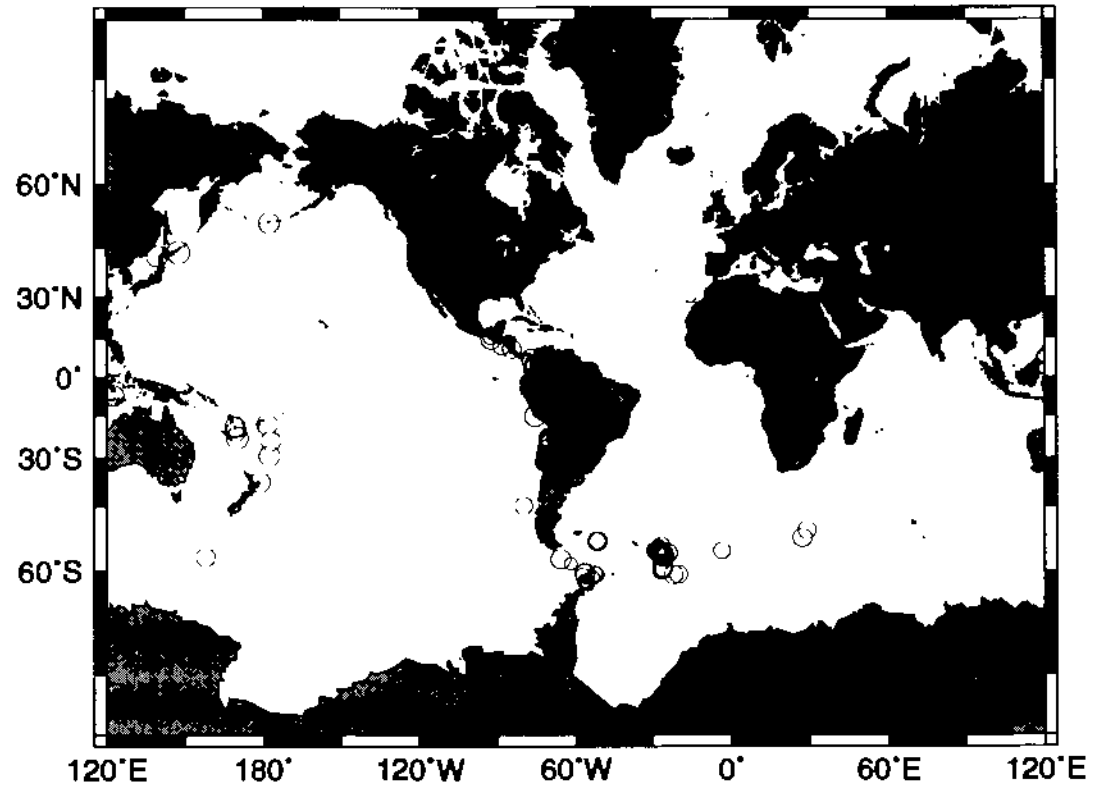


Figure 1-8. Locations of teleseismic events recorded at King Sejong Station
(from IRIS earthquake catalog, 1997)

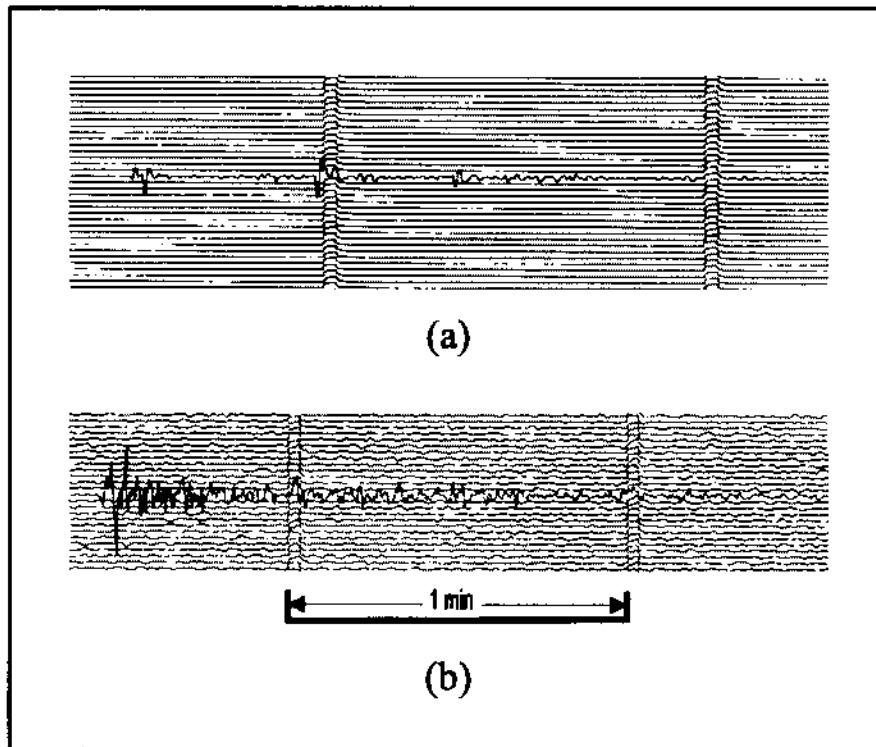


Figure 1-9. Examples of teleseismic earthquakes detected at King Sejong Station. Source parameters of the events are following: (a) magnitude=6.0, epicentral coordinates=56.08 S, 27.80 W, epicentral distance= 1880 km, (b) date=Jul 13, 1992, magnitude=6.1, epicentral coordinates=60.73 S, 21.97 W, epicentral distance=1945 km (from IRIS catalogs)

5. 지진 활동성

가. 통계적 분석

1990년부터 1996년까지 7년동안 세종기지에서 기록된 자료 중 자연지진으로 판명된 자료는 총 604개이다. 연도별 지진발생수를 살펴보면 지진계 센서의 위치를 잡음의 영향이 적은 장소로 이동한 92년 이후에 지진발생수가 증가하는 양상을 보이며, 94년에 총 179회로 가장 많이 발생하였다. 원거리 지진은 93년과 94년에 많았으며, 국지지진은 94년에 153회, 96년에 124회로 많이 발생하였다 (Fig. 1-10).

지진발생수를 월별로 표시한 결과, 94년 1월에 52회, 2월에 66회, 96년 7월에 81회로 특정한 달에 지진이 집중적으로 발생하였음을 알 수 있다 (Fig. 1-11). 94년과 96년에 지진 발생수가 많았던 것은 이들 특정한 달이 포함된 해이기 때문이다. 이들 특정한 달에 일어난 지진들은 거의 같은 파형을 보이고 있어 같은 진원에서 발생한 군발지진으로 판단된다 (Fig. 1-12). 이들 군발지진은 일차적인 분석결과 세종기지에서 북동쪽으로 약 130 km 지역에서 발생한 것으로 나타났다. 이 지역은 중부 브랜스필드분지와 동부 브랜스필드분지의 경계를 이루는 브리지먼섬 부근으로, 이미 1975년에 규모 4.5~5.3 사이의 24개에 달하는 지진이 포함된 군발지진이 관측된 곳이다 (Lawver *et al.*, 1995). 브리지먼섬 주변에서 이와 같은 군발지진이 자주 발생하고 있음은 매우 주목할 만한 사실이다.

나. 진앙 분포

국지지진들 중에 P-S시를 구별할 수 있는 지진을 대상으로 P-S시에 따른 발생수를 비교하였다 (Fig. 1-13). 3~4초의 P-S시를 보여주는 근거리 미소지진들도 분포하나 그 수는 매우 적다. 15초에 137회, 16초에 50회, 그리고 29

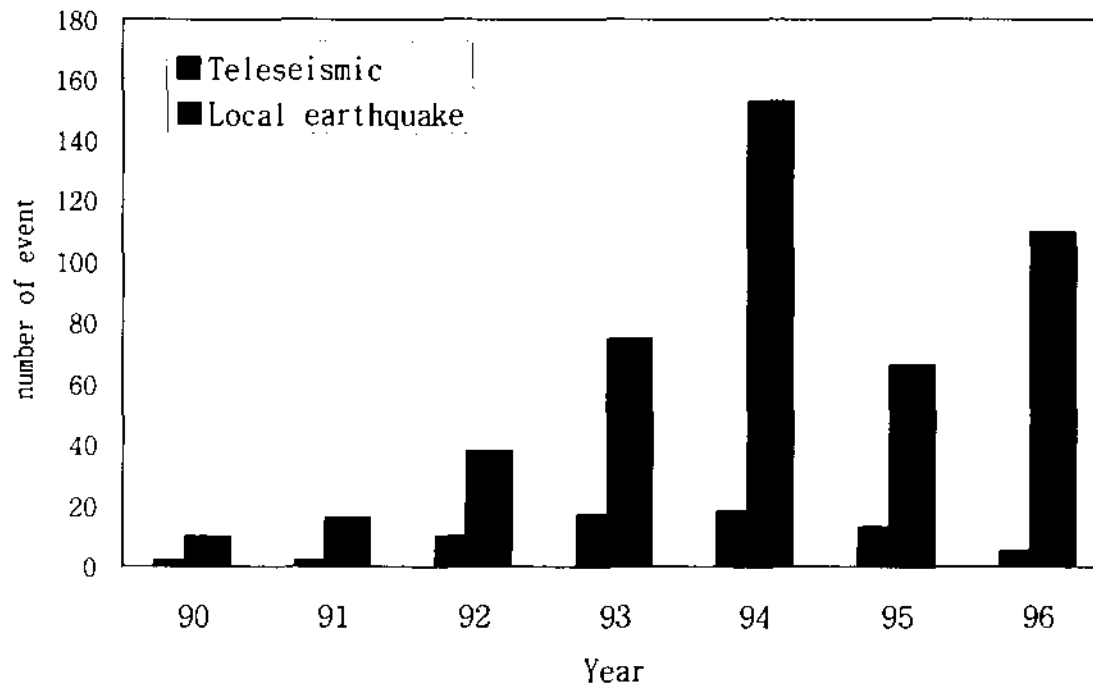


Figure 1-10. Annual number of earthquakes observed at King Sejong Station from 1990 to 1996

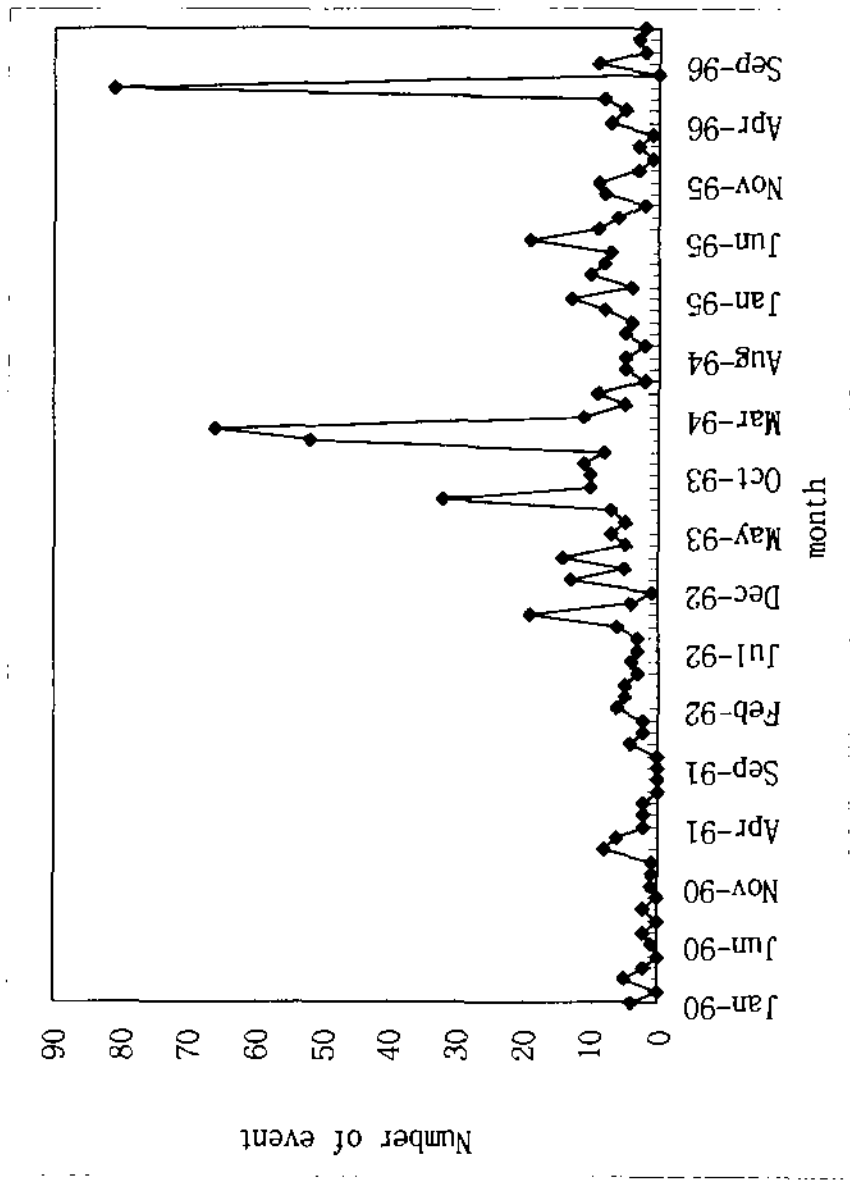


Figure 1-11. Monthly number of earthquakes observed at King Sejong Station from 1990 to 1996

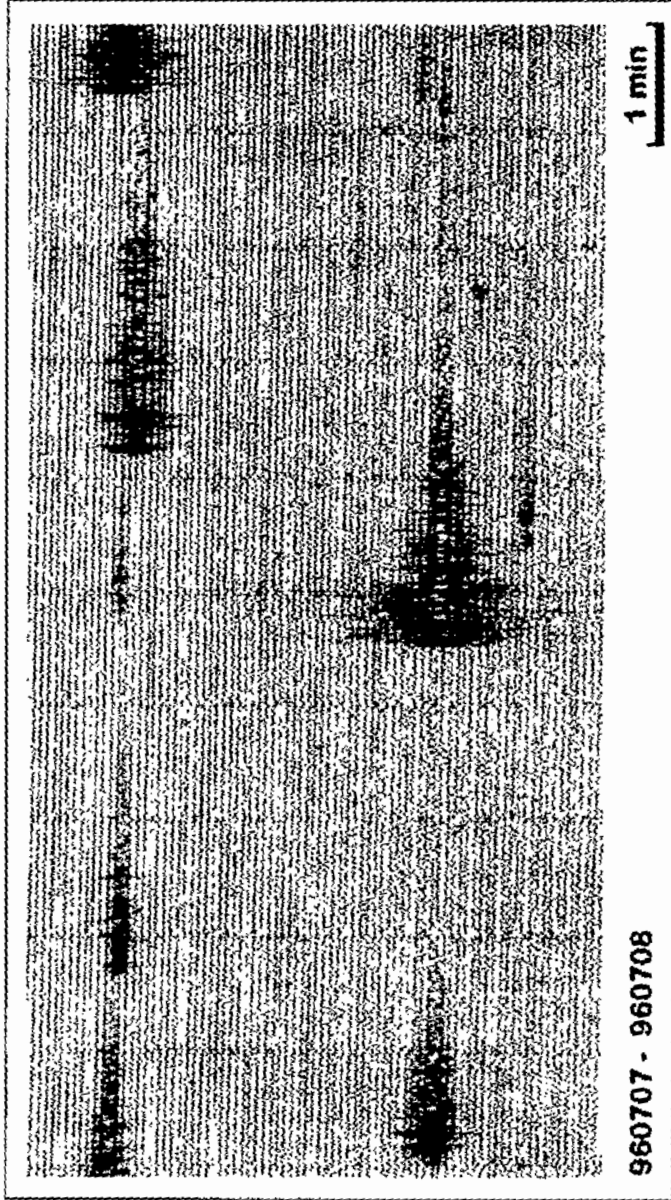


Figure 1-12. Earthquake swarm observed at the King Sejong Station during Jul. 7-8, 1996

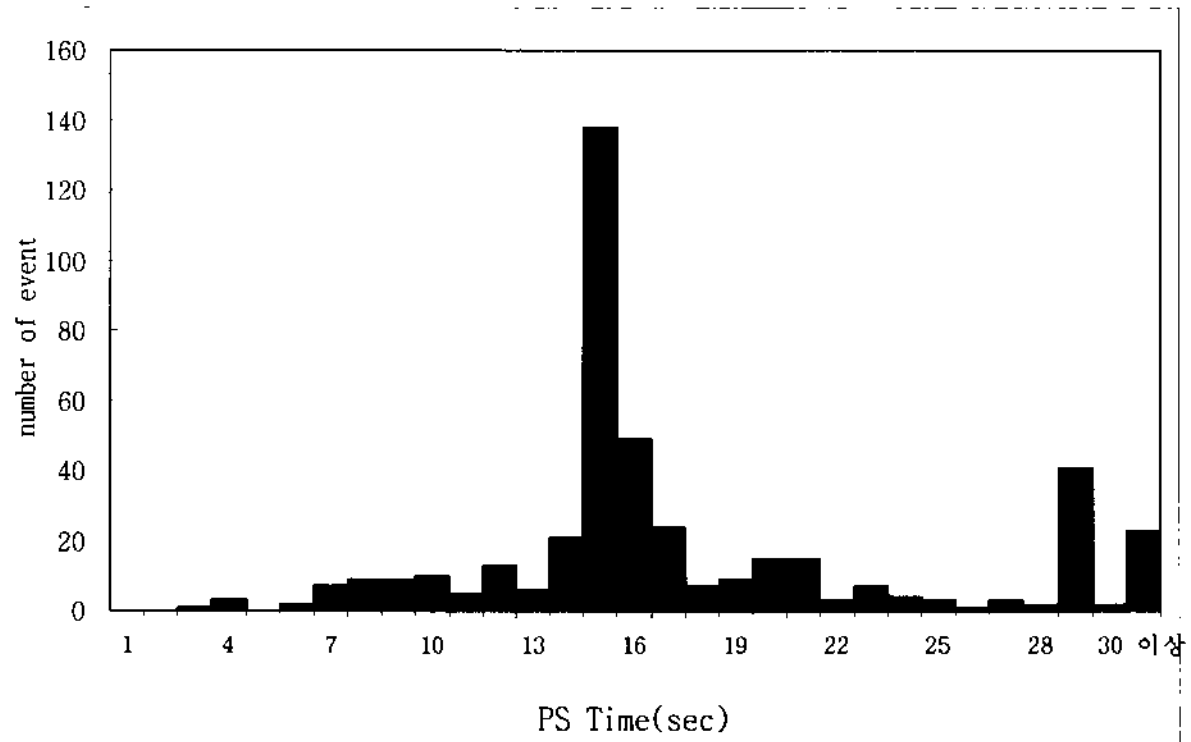


Figure 1-13. Number of events versus P-S time for the local earthquakes

초에 40회로 많이 나타나고 있다. 이들을 진앙거리로 환산하면, 15초는 120 km, 29초는 230 km 정도의 거리를 나타낸다. 이들 P-S시간에 해당하는 지진 발생 가능구역은 Fig. 1-14과 같다. 여기서 나타낸 점선은 판의 경계를 나타내는데, 계산된 거리를 표시한 원과 판의 경계나 대규모 지체구조가 만나는 지점에서 지진이 일어날 확률이 높은 것을 감안할 때, 15초대의 지진들의 진앙은 디셉션섬이나 동부 브랜스필드해협일 가능성이 높고, 29초는 세클톤 파쇄대 또는 남스코시아해령일 가능성이 높다. 실제적으로 전세계적 지진목록에 나타난 진앙분포는 주로 남스코시아 해령, 세클톤파쇄대와 브랜스필드해협이 교차하는 지역에 집중되어 있는 반면, 남세틀랜드해구와 중부 브랜스필드해협에서는 거의 지진활동이 없는 것을 보여준다 (Fig. 1-2).

새종기지에서 1995년과 1996년에 획득한 디지털 자료에 의해 결정된 진앙 분포를 Fig. 1-15에 나타내었다. 중부 브랜스필드해협에서는 지진이 관측되지 않아 현재해협의 확장작용에 의한 지진활동의 증거를 찾을 수 없다. 하지만 동부 브랜스필드해협에서는 19개의 지진이 발생하여 이 지역에서 상대적으로 활발한 지체구조운동이 진행중임을 시사한다. 이 지진들은 Fig. 1-15에서 점선으로 표시된 동부 브랜스필드해협의 축과 평행하게 발달한 NE-SW 주향을 갖는 단층군의 남서쪽 끝에서 주로 발생하였다. 한편 브랜스필드해협의 브리지면섬을 지나 드레이크해협쪽으로 NW-SE 방향의 선구조 (Fig. 1-15의 seismic lineament 'A')를 따라 여러 진앙들이 분포하고 있는 것처럼 보인다. 이 선구조는 중부 브랜스필드분지와 동부 브랜스필드해협의 경계를 지나고 있으며, Klepeis and Lawver (1996)이 설정한 중력이상대와 거의 일치하고 있다. 이 이상대의 성격에 대해서는 정확히 밝혀지지 않고 있으나, 두가지의 해석이 가능하다. Fig. 1-1에서 보는 것처럼 드레이크해협에 남아있는 피닉스판 내부에 나타나는 세그먼트(segment) 경계의 대륙쪽 연장선과 거의 일치 내지는 평행하다. 이는 세그먼트 경계가 작은 파쇄대 또는 주향이동단층으로 형성되어 있으며, 대륙쪽으로 연장되어 영향을 줄 가능성을 시사한다. 또 다른 해석으로는 브랜스필드해협을 가로지르는 많은 트랜스퍼 단층들 (transfer faults) 중의 하나일 가능성이 있다. 해협의 확장정도가 구간별로 다름에 따라 불

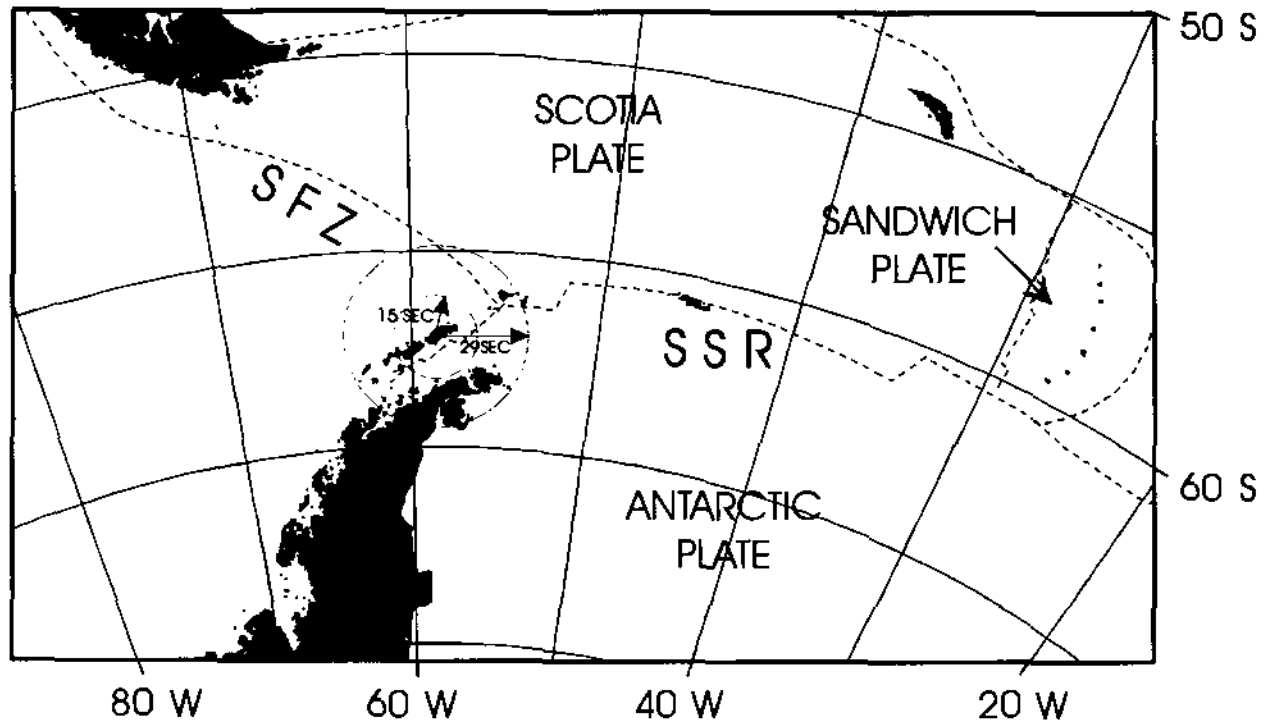


Figure 1-14. Epicentral distances of the P-S time 15 and 29 seconds. The inner circle is for 15 seconds and the outer is for 29 seconds. The dashed lines delineate the plate boundary

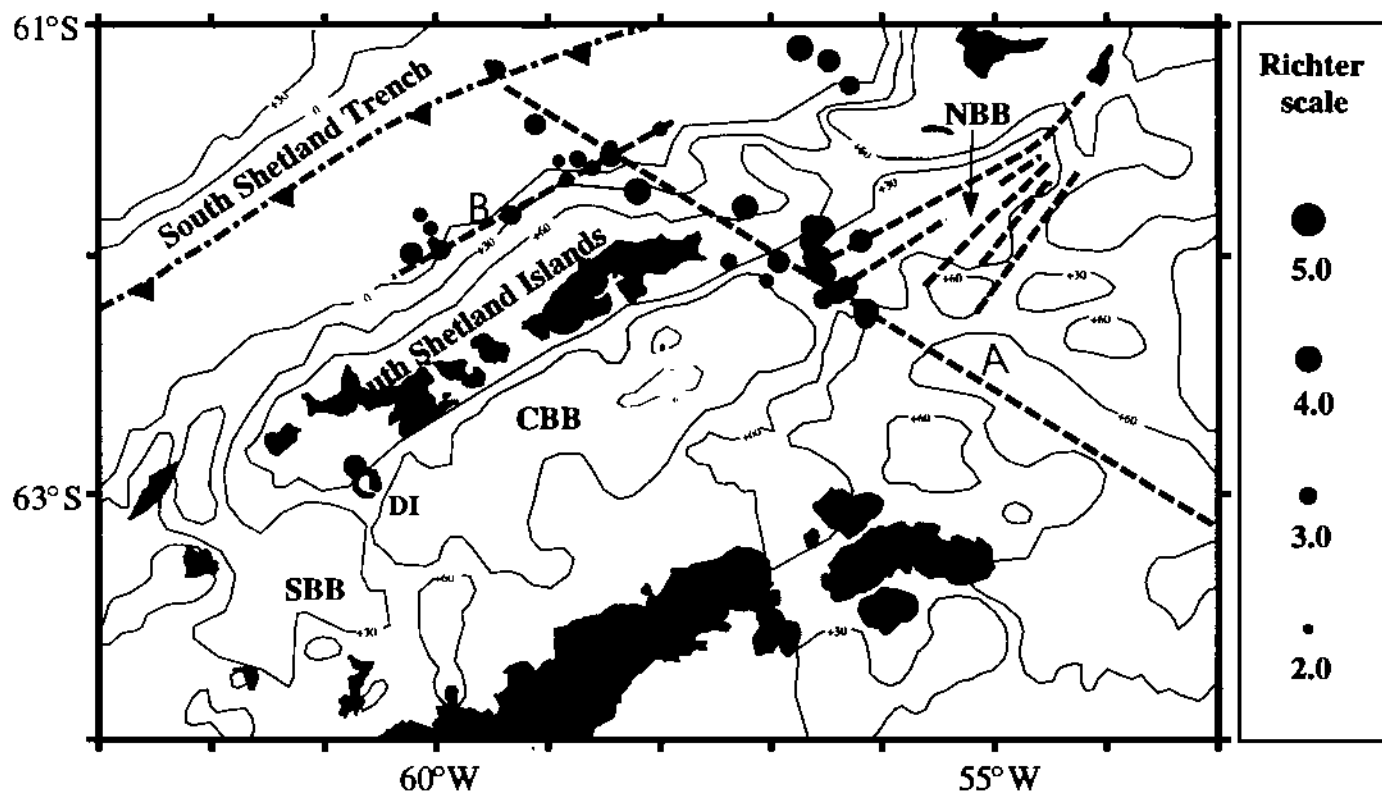


Figure 1-15. Estimated hypocenters around King Sejong Station from January of 1995 to September of 1996. CBB-the central Bransfield Basin, DI-Deception Island, EBB-the eastern Bransfield Basin, WBB-the western Bransfield Basin. Bold dashed lines in EBB represent extensional or transtensional faults proposed by Klepeis and Lawver (1996). See text for discussion on seismic linements A and B

록단층운동 (block faulting)이 일어나서 각 구간의 깊이가 달라지고 (González-Ferrán, 1991), 그 경계에 해협 확장방향을 따라 트랜스퍼 단층들이 형성된 것으로 추정된다. 중부와 동부분지의 경계에는 대규모 트랜스퍼 단층이 존재하고, 이 단층을 따라 중력이상대와 지진들이 분포한 것으로 해석된다.

이번 연구에서는 브랜스필드해협내에서 최근까지 가장 활발한 화산활동을 보이는 디셉션섬에서는 단 하나의 지진만이 관찰되었지만, 기존연구에 의하면 계속적인 화산과 지진활동이 진행되고 있고, 이 지진들은 NE-SW 방향의 해협확장작용에 의해 발생한 것으로 해석되었다.

현재까지 발표된 남극반도 북부지역에서의 지진연구에 의하면 남세틀랜드해구에서의 섭입작용에 의한 지진활동이 거의 관측되지 않는다. 이는 현재 섭입작용의 진행여부에 대해 가장 핵심적인 논쟁의 대사이며, 브랜스필드해협 확장작용의 성인과 직접적으로 관련된 문제이다. 만일 해구에서 섭입작용이 계속 진행되고 있다면, 이는 남세틀랜드해구와 브랜스필드해협의 확장축 사이에 셰틀랜드 소판 (Shetland microplate)이 존재한다는 의미이며, 브랜스필드해협의 확장이 섭입작용에 의한 배호분지확장임을 뒷받침한다. 하지만 아직 섭입작용의 진행여부에 대해서는 많은 논란이 진행중이다 (Barker, 1982; Barker and Dalziel, 1983; Barker and Austin, 1994; Lawver *et al.*, 1995; Jin and Kim, 1996).

진앙분포도 (Fig. 1-15)에는 지금까지는 보고된 적이 없는 남세틀랜드 플랫폼에서의 지진활동이 특징적으로 나타난다. 이 지역에서 발생한 지진들은 평균 리히터 규모 3.2를 보여, 평균규모 4.0을 나타낸 동부 브랜스필드해협의 지진들에 비해 상대적으로 작은 규모이다. 이 지진들은 남세틀랜드해구와 평행하게 배열하여, 일견 해구에서의 섭입작용과 관련된 것처럼 보인다 (Fig. 1-15의 seismic lineament 'B'). 하지만 이 지진들에 대한 일차적인 단층면해 (fault plane solution)에 의하면 진원의 깊이가 15 km이하의 천부지진이며, 확장력 (extension)에 의해 발생한 것으로 추정된다 (Lee, in preparation). 이는 이 지역에서의 해양판의 섭입각이 25° 로 대륙지각의 두께가 30 km 이상되고, 활

동적인 섭입대에서는 압축력 (compression)에 의해 지진들이 주로 발생하는 양상과는 차이가 있어, 섭입활동에 의한 지진활동으로 보기에는 어려운 점이 있다. 최근 Jin and Kim (1996)이 제시한 이 지역의 탄성과 단면도에는 남세틀랜드 플랫폼에 형성된 전호분지 (forearc basin)의 해양쪽 경계를 이루는 대규모 정단층이 관찰된다. 이 정단층은 해구와 평행하게 수십 km이상 연장되며, 지진들의 선상배열과 거의 일치하고 있어 어떤 관련성을 시사하지만 아직 확실하지 않다.

세종기지에서 기록된 국지지진의 65%가 리히터 규모 3~4범위에 속하며 평균 규모는 3.47이다. 이런 소규모 지진들이 이 지역에서 빈번히 발생되고 있는 현상은 매우 의미 있는 사실이다. 기존 남극반도 북부지역의 지진연구는 주로 큰 규모를 갖는 원거리 지진자료나 특정한 지점에서 관측한 미소지진자료를 이용하였다. 따라서 이 연구에 나타난 소규모의 국지지진들은 대부분 기존의 자료들에서는 포함되어 있지 않는 것들이다. 세종기지에서 관측되는 소규모지진들은 현재 제기되는 남세틀랜드해구에서의 섭입작용 여부와 브렌스필드해협 형성의 성인, 그리고 남극판과 스코시아판의 상대적 이동과 같은 남극반도 북부지역의 지체구조발달 및 운동에 관한 문제들을 해결하는데 보다 상세하고 정확한 자료를 제시할 것으로 기대된다.

6. 결 론

1990년부터 1996년까지 남극 세종기지의 설치된 3성분 단주기형 지진계에 의해 획득된 지진자료를 이용하여 일차적인 가지주변의 지진활동성에 대한 분석을 실시하였다. 획득된 지진자료 중에서 남극지역의 빙하와 빙산등에 움직임에 의해 발생하는 빙하지진을 구별하였다. 빙하지진은 미약한 초동, S파의 부재, 고주파 성분 (>10 Hz), 급격한 진폭감쇠 그리고 짧은 지속시간 등의 특징을 보인다. 대부분의 국지지진은 뚜렷한 P파와 S파의 파형을 보이며, 10 Hz 미만의 주파수 대역을 나타낸다. 세종기지에서 관측된 원거리 지진은 대부분 나즈카판과 남아메리카판의 경계, 남샌드위치아크, 통가지역에서 발생한 규모

5.0 이상의 지진들이다.

총 604개의 지진자료가 식별되었으며, 센서의 위치를 옮긴 92년부터 기록된 지진의 개수가 급증하여 연평균 100개에 달하며 1994년에 179회로 가장 많았다. 월별 발생수를 살펴보면 94년 1월, 2월과 96년 7월에 50~80개의 지진이 집중되었는데, 세종기지 북동쪽 130 km 지역, 브리지면섬 부근에서 발생한 군발지진들로 추정된다. 기지주변에서 발생한 국지지진들은 P-S시 15초와 29초를 보이는 지진들이 가장 많았는데, 15초대의 지진들은 디셉션섬이나 동부 브랜스필드해협에서 발생한 지진들일 가능성이 높고, 29초대의 지진들은 세클 통과쇄대 및 남스코시아해령 부근에서 발생한 것들로 추정된다. 1995년과 1996년에 획득한 3성분 디지털 지진자료의 진앙분포는 동부 브랜스필드해협, 브리지면섬을 지나 남세틀랜드 플랫폼에 이르는 북서-남동 주향의 지진대, 남세틀랜드 플랫폼에 나타나는 지진대 등 기존 연구에서는 언급되지 않은 새로운 지진활성구역들을 보여준다.

세종기지에서 관측된 지진들은 대부분 규모 4이하의 소규모 지진들로 기존의 지진 목록에는 등재되지 않는 새로운 지진들이다. 이는 세종기지에서 관측된 국지지진 자료가 남극반도 북부지역의 지체구조운동을 새롭게 해석할 수 있는 중요한 자료임을 시사한다.

참고문헌

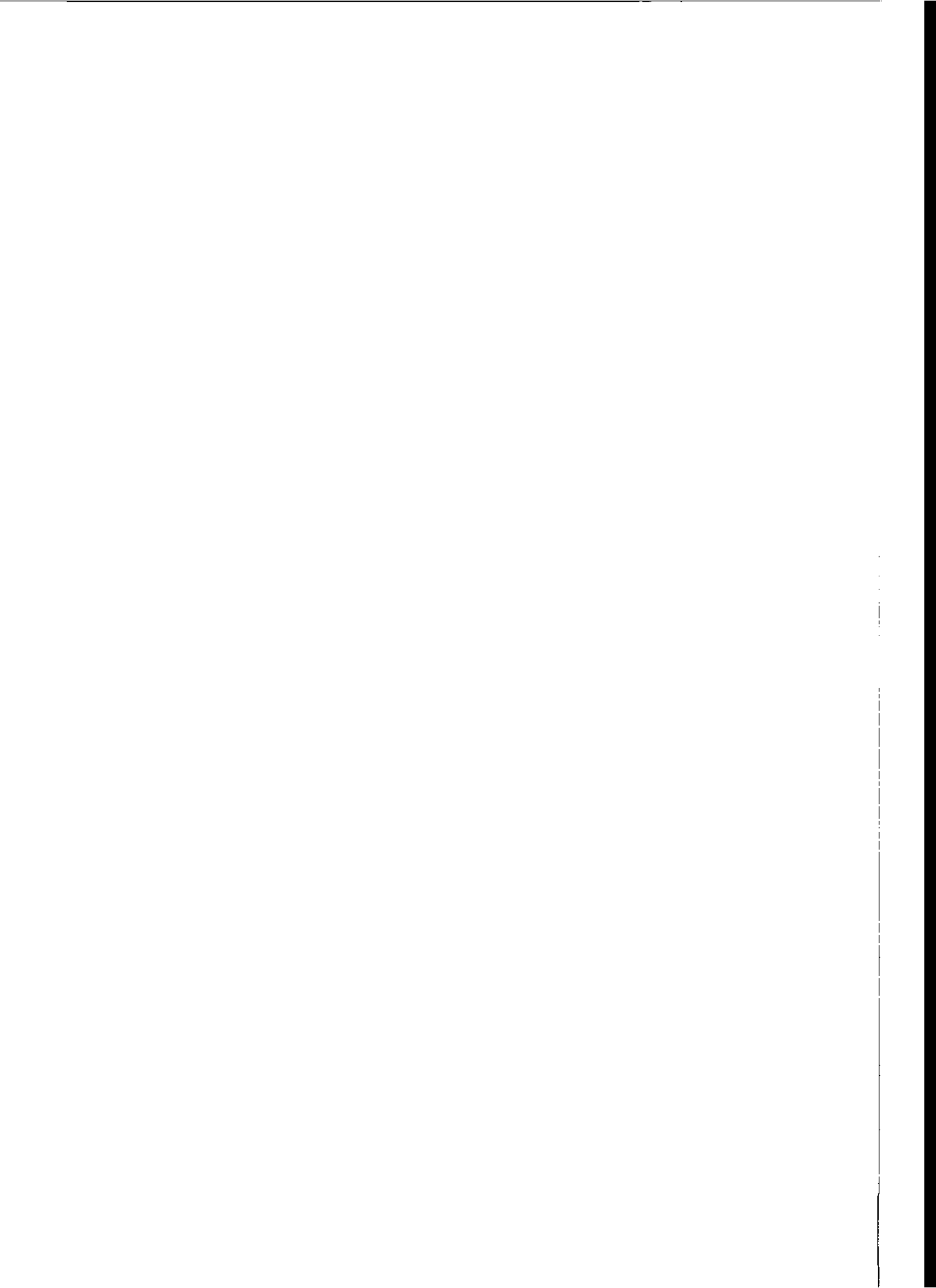
- 김형수, 남상현, 김예동, 강천운, 1995. 남극 세종기지에서의 천부 영구동토층 조사를 위한 지구물리 탐사: 천부 반사법 탄성과 및 전기 비저항 탐사, 남극환경 특성 및 보존에 관한 연구, 한국해양연구소, p. 167-207.
- Barker, D.H.N., and Austin, Jr., J.A., 1994, Crustal diapirism in Bransfield Strait, West Antarctica: Evidence for distributed extension in marginal-basin formation, *Geology*, 22, 657-660.
- Barker, P.F., 1982, The Cenozoic subduction history of the Pacific margin of the Antarctic Peninsula: Ridge crest-trench interactions, *Journal of*

- Geological Society of London, 139, 787-801.
- Barker, P.F., and Dalziel, I.W.D., 1983, Progress in geodynamics in the Scotia Arc origin., In: Cabre R. (Ed) Geodynamics of the eastern Pacific region, Caribbean and Scotia Arcs, AGU, p. 137-170.
- Bullen, K.E. and Bolt, B. A., 1985, An introduction to the theory of seismology. Cambridge University Press, Cambridge, 499p.
- Christofferson, A., Husebye, E.S., and Ingate, S.F., 1988, Wavefield decomposition using ML-probabilities in modelling single-site 3-component records, *Geophysical Journal*, 93, 197-213.
- Forsyth, D.W., 1975, Fault plane solutions and tectonics of the South Atlantic and Scotia Sea, *Journal of Geophysical Research*, 80, 1429-1443.
- Gambino, S. and Privitera E., 1994, Characterization of earthquakes recorded by Mt. Melbourne volcano seismic network (Northern Victoria Land, Antarctica), *Terra Antarctica*, 1, 167-172.
- González-Ferrán, O., 1991, The Bransfield rift and active volcanism. In: Thomson, M.R.A. and Crame, J.A. and Thomson, J.W. (eds.), *Geological Evolution of Antarctica*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 505-509.
- Jin, Y.K. and Kim, Y., 1996, Tectonic implication of the crustal in the South Shetland Trench, Antarctic Peninsula. *Journal of Geological Society of Korea*, 32, 146-161.
- Kaminuma, K. and Haneda, T., 1979, Icequakes around Syowa Station. *Antarctic Record*, 65, 135-148 (in Japanese).
- Klepeis K. A. and Lawver L. A., 1996, Tectonics of the Antarctic-Scotia plate boundary near Elephant and Clarence Islands, West Antarctica, *Journal of Geophysical Research*, Vol 101, No. B9, 20211-20231.
- Larter, R.D., and Barker, F., 1991, Effects of ridge crest-trench interaction

- on Antarctic-Phoenix spreading: Forces on a young subduction plate, *Journal of Geophysical Research*, 96, 19587-19607.
- Lawver A.L., Keller R. A., Fisk M. R. and Strelin J. A., 1995, Bransfield Strait, Antarctic Peninsula active extension behind a Dead Arc. Taylor, B. (ed.), *Back-arc Basins, Tectonics and Magmatism*, Plenum Press, New York, p. 315-342.
- Lee, D.K., Kim Y., Nam S.H and Jin, Y.K., 1998, Local seismic activities monitored at King Sejong Station, Antarctica, *Proceedings of '98 NIPR Symposium on Antarctic Geosciences* (in press).
- Lee, W.H.K. and Stewart, S.W., 1982, *Principles and applications of microearthquake networks*, Academic Press, New York, 293p.
- Magotra, N., Ahmed, N., and Chael, E., 1987, Seismic event detection and source location using single-station (three-component) data, *Bulletin of Seismological Society of America*, 77, 958-971.
- Pelayo A. M. and Wiens D. A., 1989, Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region, *Journal of Geophysical Research*, 94, 7293-7320.
- Privitera E., Villari L. and Gambino S., 1992, An approach to the seismicity of MT. Melbourne volcano(Northern Victoria Land - Antarctica), *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 499-505.
- Roach, P.J., 1978, The nature of back-arc extension in Bransfield Strait, (abstract), *Geophysical Journal of Royal Astronomy Society*, 53, 165.
- Roberts, R.G., Christoffersson, A., and Cassidy, F., 1989, Real time event detection, phase identification and source location estimation using single station three component seismic data, *Geophysical Journal*, 97, 471-480.
- Rudd, B.O., Husebye, E.S., Ingate, S.F., and Christoffersson, A., 1988, Event

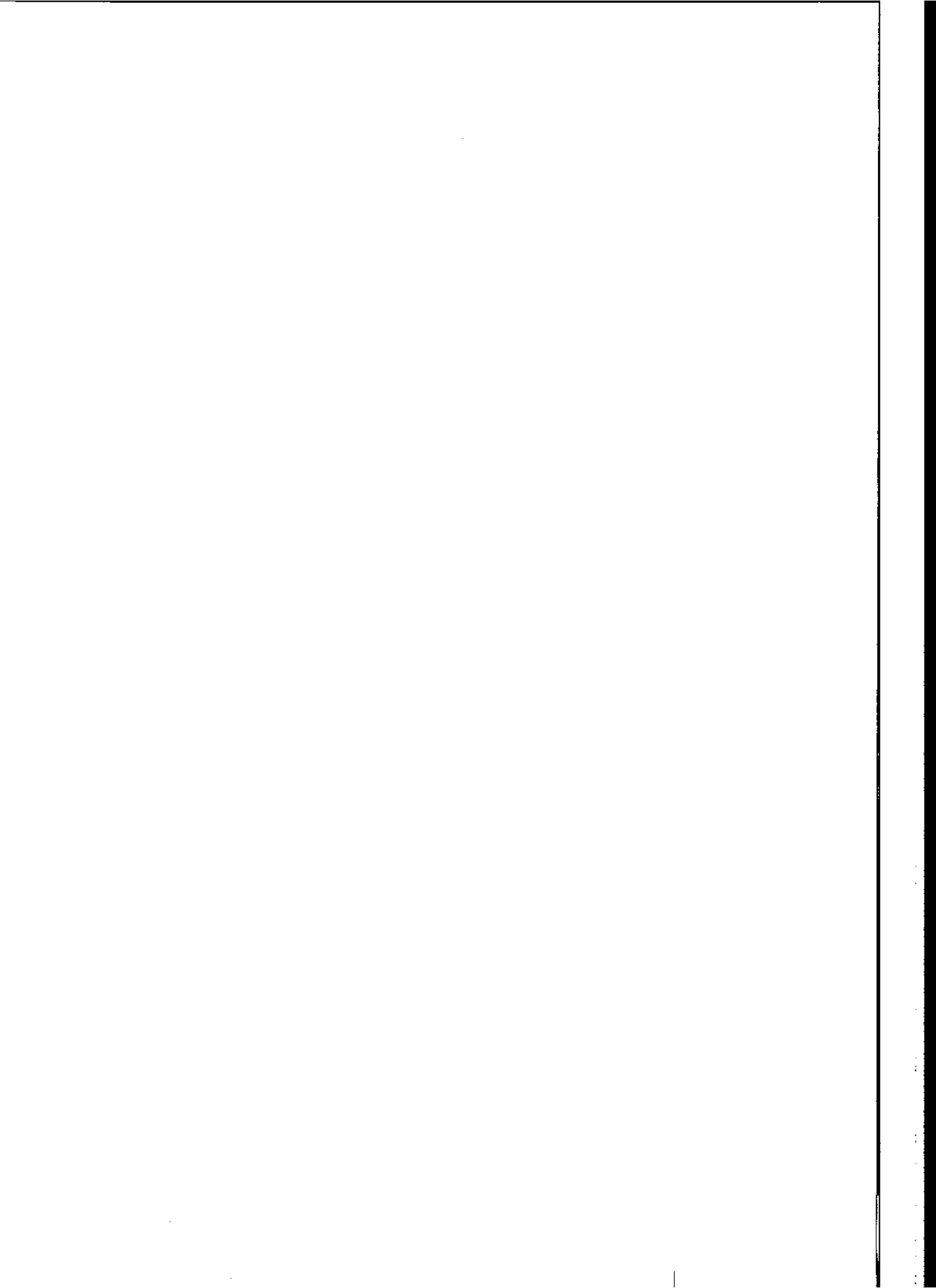
location at any distance using seismic data from a single, three-component station, Bulletin of Seismological Society of America, 78, 308-325.

Vila J., Ortiz R., Correig A. M. and Garcia A., 1992, Seismic Activity on Deception Island. In: Yoshida, Y., Kaminuma, K., Shiraishi, K. (eds.), Recent Progress in Antarctic Earth Science, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, p. 449-456.



제 2 장

남극권 지역에서 발생한 지진의 통계적 분석



제 2 장 남극권 지역에서 발생한 지진의 통계적 분석

1. 서론

남극 주변지역의 각 판구조그룹들에 대한 통계적 분석은 각 그룹에 대한 판구조운동의 상호 작용을 규명하는 연구이다. 대부분의 지진은 판의 경계, 즉 발산, 수렴, 변환 경계에서 발생한다. 남위 90도에서 50도 사이의 남극지역내에 나타나는 발산 경계는 스코시아 확장해령, 남미-남극 확장해령, 대서양-인도양 확장해령, Macquarie 확장해령과 태평양-남극 확장해령 등이 있다 (Fig. 2-1). 주요한 수렴경계로는 남샌드위치 해구와 남쉐틀랜드 해구를 들수 있다. 이런 판구조 그룹들은 복잡한 상호작용을 보이며, 이런 그룹에서 발생하는 지진은 판의 고유한 특성을 잘 나타낼 것으로 예상된다. 실제로 남극 본대륙은 이런 판구조그룹들과 떨어져 있어서 그 영향을 크게 받지 않지만, 남극반도 북부지역은 스코시아 확장해령, 세클턴 과쇄대, 브랜스필드 확장해협 등이 만나는 남극판과 스코시아판의 경계부에 위치하기 때문에 복잡한 지진활동성을 보이는 지역이다 (Fig. 2-2). 따라서 이런 판구조 그룹들에 대한 일차적인 지진분석은 각 판구조그룹의 특성을 구별해내는데 중요한 단서를 제공한다.

남극반도지역에 대한 지진과 연구는 Kaminuma (1995)가 남극반도 주변의 지진활동성을 연구하였지만, 주로 스코시아해와 브랜스필드분지 지역을 포함하는 남극반도 북부지역에 국한되었다 (Vila et al., 1992; Lee et al., 1998; Jin et al., 1998). Vila et al. (1998)은 디셉션섬의 지진활동을 화산활동에 의한 것으로 보고하였다. Pelayo and Wiens (1989)은 지진과분석을 통해 남·북스 코시아해령과 브랜스필드 분지 및 세클턴 과쇄대 등 판의 경계부를 포함한 스코시아판의 상대적 이동을 연구하였다. Lee et al. (1998)은 아직 지진활동을 일으키는 응력이 정확히 규명되지 않은 북부 브랜스필드분지와 남쉐틀랜드 대지에 대한 지진연구를 수행하였다.

이 연구에서는 각각의 판구조그룹에 대해 연중지진발생수, 누적빈도수를 규모에 따라 계산하였다. 또한 발생빈도 변수 'b' 값을 구하여 각 그룹의 전반

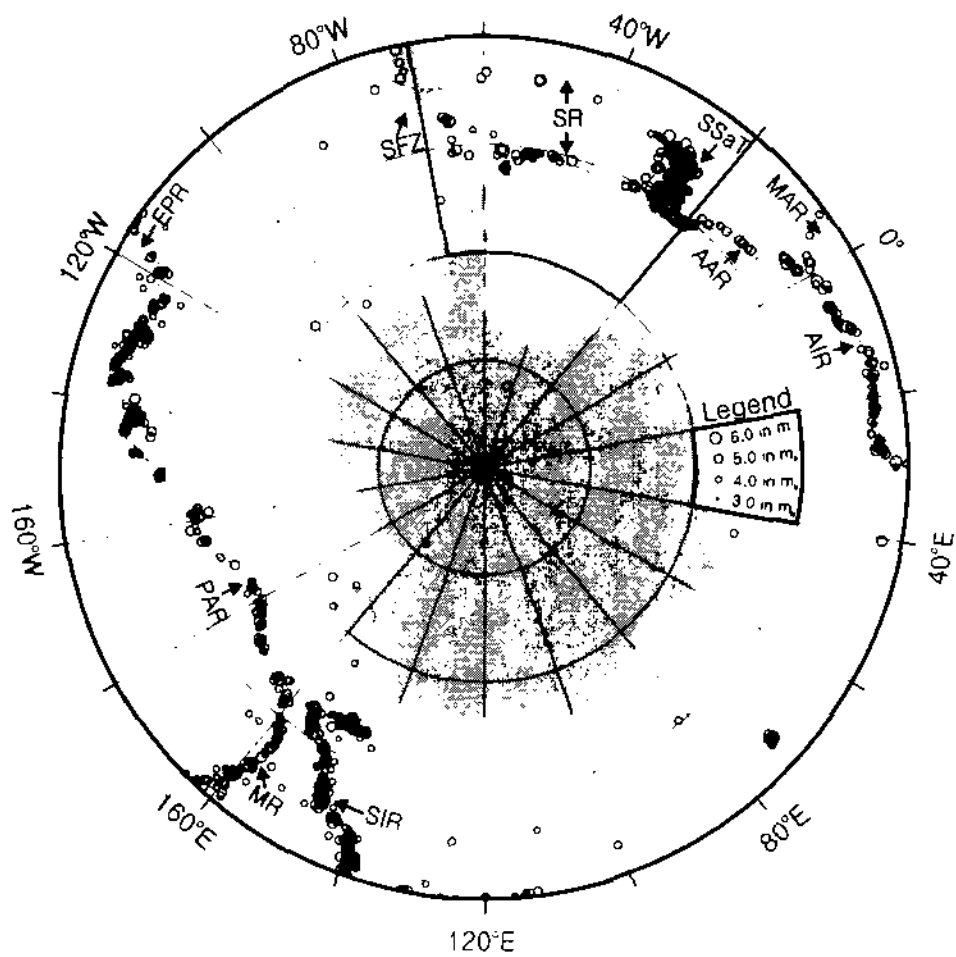


Figure 2-1. Earthquake distribution around the Antarctica reported to NEIC catalog during the period from 1990 to 1998. Solid box in the northern Antarctic Peninsula is magnified and plotted in Figure 2-2

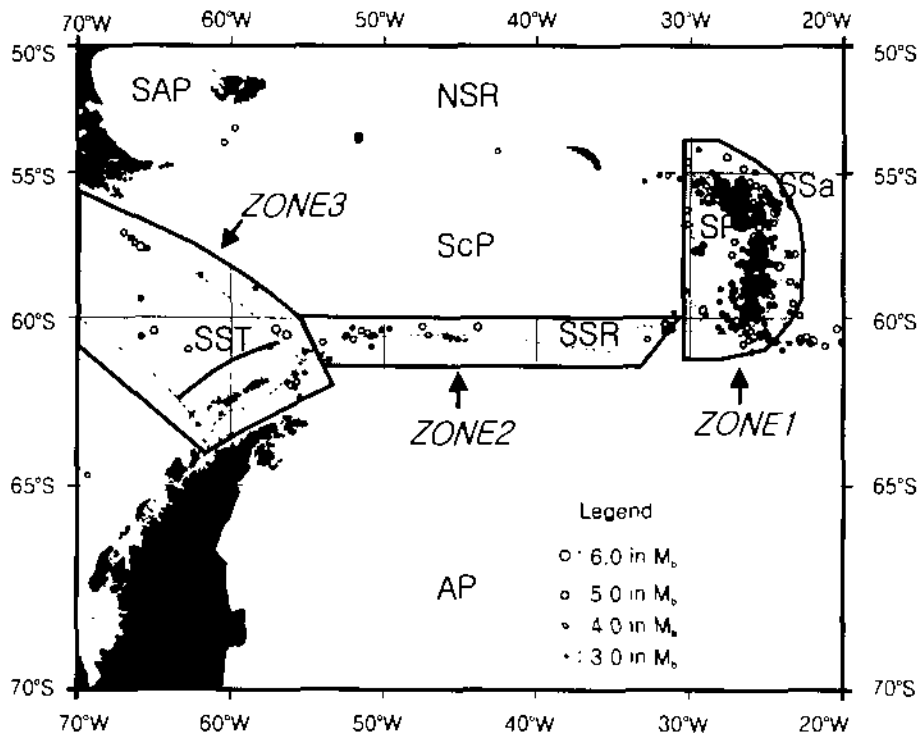


Figure 2-2. Zoning of the major tectonic groups in the northern Antarctic peninsula. Major tectonic units such as the South America Plate (SAP), Antarctic Plate (AP), Scotia Plate (ScP), Sandwich Plate (SP) are included in this plot. SSR represents the South Scotia Ridge, while NSR the North Scotia Ridge. Earthquake location are plotted as empty circle, whose diameter is proportional to the magnitude scale as shown in the legend

여기서 N 은 각 그룹에서 발생한 규모 M 이상의 지진발생수이며, a 와 b 는 상수이다. 위에서 b 는 각 그룹에서의 큰 지진과 작은 지진의 비를 나타내는 최소제곱법 의미상의 통계적 변수임을 알 수 있다. 즉 b 값이 크면 작은 지진이 상대적으로 많다는 의미이며, b 값이 작으면 작은 지진이 적다는 것을 의미한다. 응력 또는 응력의 방출과 b 값의 관계는 여러 학자에 의해 제기되었다 (Scholz, 1968; Wyss, 1973; Hanks, 1979; Frohlich and Davis, 1993). 일반적으로 높은 응력밀도는 작은 b 값에 대응한다. 하지만, b 값의 측정용 위해 사용되는 규모의 구간은 Gutenberg-Richter 모델과는 다르다. 한편 서로 다른 지진 규모를 사용했을 경우에는 그 결과로 도출된 b 값의 비교

$$\log_{10} N = a - bM$$

지진을 NEIC 카탈로그에서 확인할 수 있었다.

지진 크기에 대한 여러 종류의 규모의 사용이지만, 일반적으로 통계적인 목적의 지진연구에 있어서는 리히터 규모를 사용한다. 그룹의 판구조적인 특성을 비교하기 위해서 Gutenberg-Richter 모델 (1954)이 일반적으로 사용되고 있다. 즉 임계구간의 지진의 규모는 다음과 같은 식을 만족한다.

이 연구에서는 1990년에서 1998년 사이에 NEIC 지진목록에 등재된 단위 90도에서 50도까지의 남극지역에서 발생한 지진기록을 사용하였다. 일반적으로 규모 4.0 이하의 소규모 지진은 국지적인 지진계에서만 포착되기 때문에 NEIC 카탈로그에는 거의 등재되지 않았다. 이 자료는 발생시간, 진앙, 진원심도와 규모 등을 포함한다. 이 기간동안에 남극지역에서 발생한 1400개가 넘는

2. 연구방법

다.

적은 지진발생 양상을 비교하였다. 이 연구의 결과는 남극반도 북부지역에 분포하는 각 판구조물들간의 상호작용을 상세하게 연구하는데 도움을 줄 것이

는 무의미하다. 이 연구에서는 각 판구조그룹에 대해 동일한 카달로그상에 등재된 지진규모를 사용했기 때문에, 비록 Gutenver-Richter 모델의 규모와는 다르지만 각 그룹의 b 값을 비교하는데는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

b 값을 결정하는 가장 쉬운 방법은 측정하려는 규모 구간을 택하여 로그-빈도 대 규모의 기울기를 측정하는 것이다. 이 구간에서는 기울기가 충분히 직선이어야 하며, 규모가 지진의 크기를 잘 나타내는 구간을 설정해야 한다. Aki (1965)는 어떤 최소 규모이상의 지진 자료에서 b 값을 결정하는 방법으로 최대우도 결정법 (maximum likelihood method)를 제안하였다. 이 결정법은 이후 여러 학자들에 의해 개선되었다 (Ustu, 1966; Page, 1968; Bender, 1983). 이번 연구에서는 로그-빈도 대 규모의 기울기를 측정하기 위해 간단한 선형 회귀법 (linear fitting)을 사용하였다. 이를 위해 Fig. 2-3과 2-4에서 보는 것과 같은 충분히 직선으로 나타나는 규모 구간을 설정하였다. 이와 함께 이번 연구의 일차적인 목적이 각 그룹에서 나타나는 지진발생 특성들을 규명하는 것이기 때문에, 여러 그룹에서 발생한 4.5 이상의 규모를 가진 지진만을 대상으로 b 값을 측정하였다.

이 연구에서는 남극반도 부근 지역의 판구조를 고려하며 Fig. 2-1에서 보이는 것처럼 스코시아 확장해령, 남미-남극 확장해령, 대서양-인도양 확장해령, Macquarie 확장해령과 태평양-남극 확장해령, 남쉐틀랜드 해구, 세클턴 파쇄대 등의 판구조그룹으로 나누었다. 킹조지섬 부근에서는 Fig. 2-2와 같이 세 개의 작은 판구조그룹으로 나누었다. zone 1은 남샌드위치 해구, zone 2는 남스코시아 해령, 그리고 zone 3은 세클턴 파쇄대, 히어로 파쇄대, 그리고 브랜스필드 분지이다.

3. 해석

가. 대규모 판구조그룹

남위 90도에서 50도사이의 남극 지역에서는 Fig. 2-5처럼 1990년 이후로

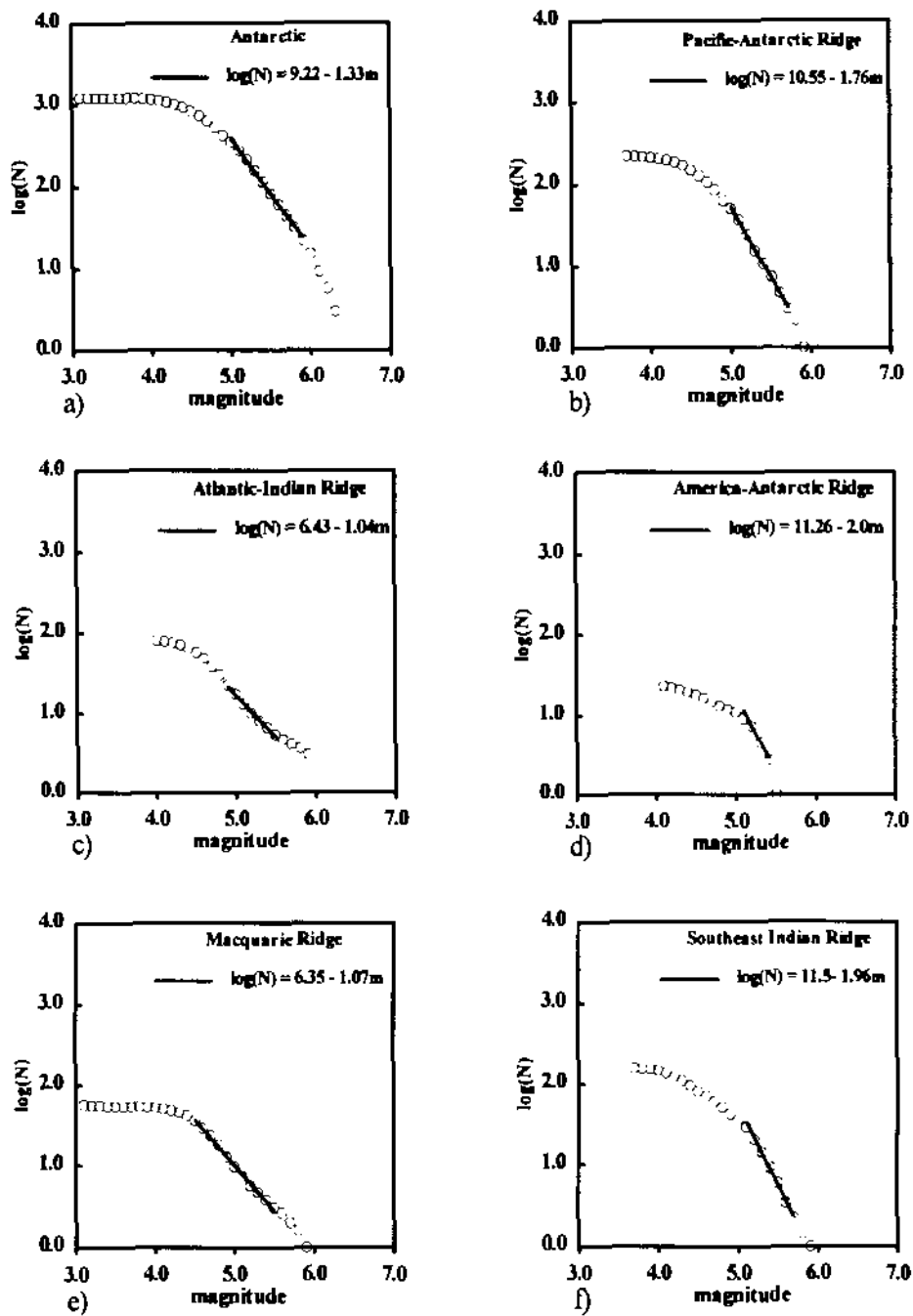


Figure 2-3. Zoning of the major tectonic groups in the northern Antarctic peninsula. Major tectonic units such as the South America Plate (SAP), Antarctic Plate (AP), Scotia Plate (ScP), Sandwich Plate (SP) are included in this plot. SSR represents the South Scotia Ridge, while NSR the North Scotia Ridge. Earthquake location are plotted as empty circle, whose diameter is proportional to the magnitude scale as shown in the legend

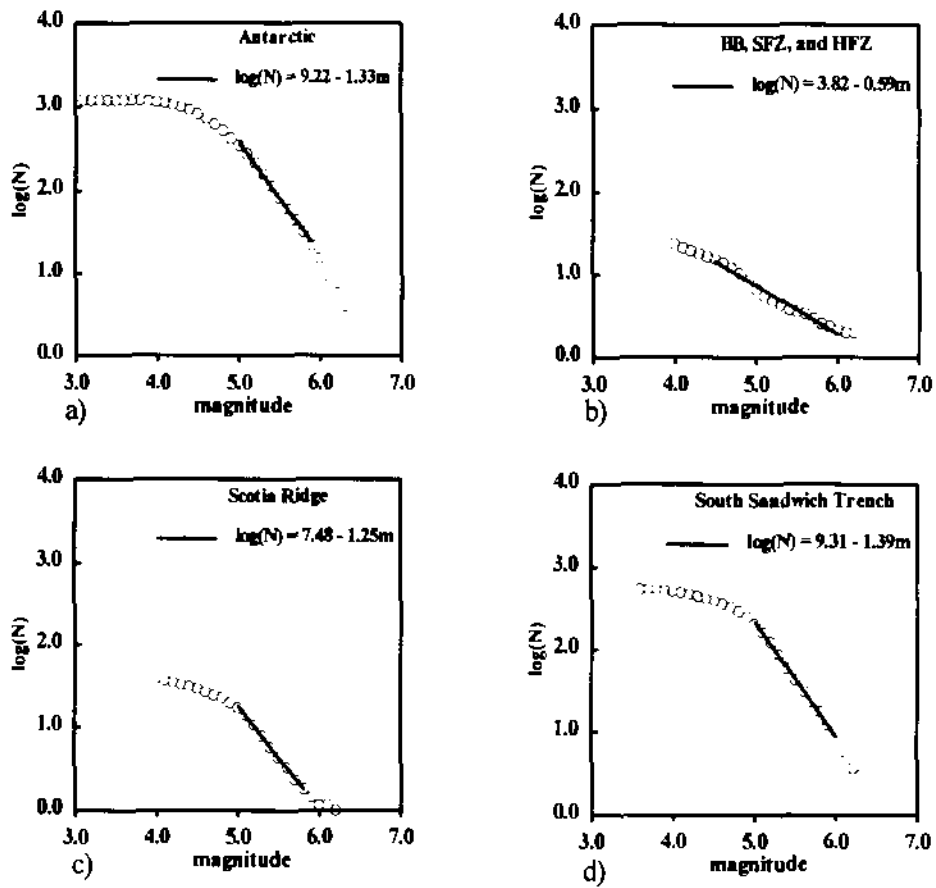


Figure 2-4. Measured b values corresponding to a) Antarctic peripheral, b) PAR, c) AIR, d) AAR, e) MR, and f) SIR. Magnitude bands with straight line have been selected and used to estimate b values

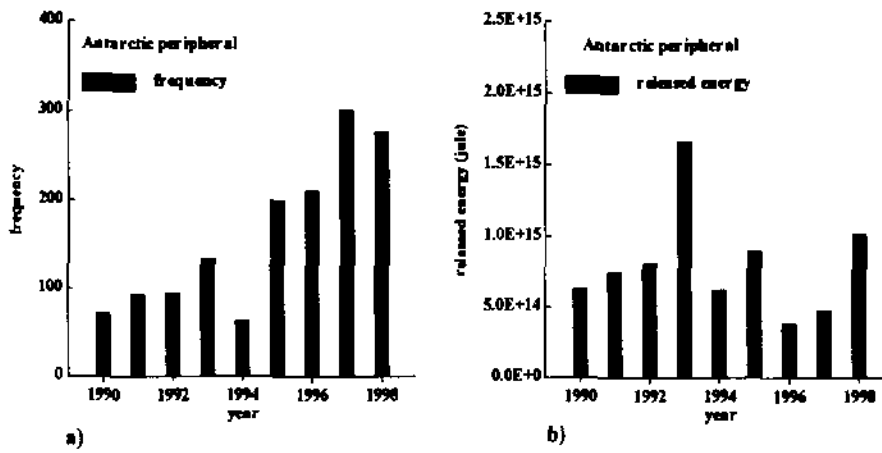


Figure 2-5. a) Annual occurrence of earthquakes, and b) annual energy release of earthquakes in the northern Antarctic Peninsula

남극반도 북부에 인접한 세 개의 지체구조 zone에 대해 지진발생 양상을 분석하였다 (Fig. 2 2). zone 1은 남센드위치 해구와 센드위치 해구를 포함하

나. 남극반도 북부지역 주변의 판구조 소그물

다.

는데, 이는 상대적으로 큰 지진들에 의해 응력 에너지가 방출되었음을 시사한다. 한편, 남극-인도양 확장해령과 마케리에 확장해령에서는 작은 b값을 보이는 규모 5.0 이하의 작은 지진들에 의해서만 이루어지고 있는 것으로 추정된다. 이로써 b값을 보인다 (Figs. 2-3b와 2-3f). 이들 지역에서의 수평 응력 하강 지로 가정한다면, 태평양-남극 확장해령과 남동인도양 확장해령 등은 상대적으로 이의 지진용 이용하여 구한 극지역의 전체적인 b값은 1.33이다. 이 값을 평균 없다. 따라서 단지 b값의 상대적인 비교를 위해서 5.9에서 5.0에서 5.9사 카탈로그에 기재된 규모를 사용하여 b값을 도출해 낼 수 구간 설정하였을 경우에는 b값이 다소 큰 값을 보인다. 이 연구에서는 NEIC Fig. 2-4d의 예에서 보듯이 곡선이 직선으로 나타나는 최소 규모 5.1 이상의 사용하여 연역된 관호 밖의 b값과 큰 차이를 보이기도 한다 (Table 2-1). 최소 규모를 동일하게 하여 측정된 관호안의 b값은 전구간의 규모를 모두

가공 장래에 발생 가능한 값이다.

극지역에 계속해서 축적되고 있음을 시사한다. 따라서 대규모 응력 하강이 가 한 규모 범위내에서만 균일하게 일어났다. 이는 변형에너지가 1993년 이후 남 의 응력 하강이 소수의 대규모 지진에 의하여 일어난 반면, 1998년에는 일정한 증가하였지만 연중 에너지 방출량은 줄어드는 추세이다. 1993년 경우 대부분 1993년 이후로, 상대적으로 작은 규모의 지진이 주로 발생하여 연중 발생수는 지 방출이 일어난 1993년에는 대규모 응력 하강 (stress drop)이 관찰되었다. 발생수와 비례하지 않음을 알 수 있다. 비록 지진발생수는 적지만 최대 에너지 연중지진발생수가 증가하는 추세를 보인다. 하지만 에너지 방출 양상은 연중

Table 2-1. Estimated *b* values for tectonic groups around Antarctica

Area	Number of data	Magnitude band	<i>b</i> value
Antarctic peripheral	1447	5.0~5.9 (4.5~6.1)	1.33 (1.22)
Pacific-Antarctic Ridge	222	5.0~5.7 (4.5~5.7)	1.76 (1.45)
Atlantic-Indian Ridge	81	4.9~5.5 (4.5~5.7)	1.04 (1.01)
America-Antarctic Ridge	23	5.1~5.4 (4.5~5.3)	2.00 (0.53)
Macquarie Ridge	57	4.5~5.5 (4.5~5.7)	1.11 (1.07)
Southeast Indian Ridge	157	5.1~5.7 (4.5~5.7)	1.96 (1.29)
BB, SFZ, and HFZ	28	4.0~6.0 (4.5~6.2)	0.54 (0.59)
Scotia Ridge	40	5.0~5.8 (4.5~6.0)	1.25 (1.10)
South Sandwich Trench	555	5.0~6.0 (4.5~6.1)	1.39 (1.30)

어로 파쇄대를 포함한다. 남극지역에서 발생하는 총 지진의 30 %가 넘는 많은 지진이 zone 1의 남샌드위치 해구에 집중되어 있다. 이 지역의 연중 지진 발생 양상은 남극지역 전체 양상과 매우 유사하다 (Fig. 2-6a). 1990년 이후로 점차 발생수가 증가하는 추세이다. 주요한 응력하강은 1993년에 발생하였고, 이후 감소함에 따라 현재까지 변형에너지가 축적되고 있다 (Fig. 2-6b). 비슷한 양상이 zone 2와 zone 3에서 관찰된다. 하지만 zone 3에서는 두 개의 큰 응력 하강이 1993년과 1995년에 관찰되었다. 이 응력하강은 세클턴 파쇄대에서 일어난 것으로, 이 구조가 남극 지역의 다른 판구조 그룹과는 지진활동을 보임을 시사한다. zone 3에 포함된 브랜스필드 분지의 경우, 분지의 확장과 관련된 어떠한 지진도 중부 분지에서는 일어나지 않은 반면, 화산활동과 관련된 지진들이 동부 브랜스필드에서 보고되었다 (Lee et al., 1998). 또한 더셉션섬의 화산활동과 관련된 지진이 카탈로그에 보고되어 있다. 남쉐틀랜드 해구 부근에서는 전혀 지진이 발생하지 않았다.

zone 3에서 발생한 지진의 수가 비록 적지만, 이 지역의 b 값은 현재 남극 반도 북부지역의 지체구조운동을 이해하는데 매우 중요하다. zone 2와 zone 3의 b 값은 남극지역 전체 값과 비슷하지만, zone 1은 평균값보다 상당히 작은 값을 가진다. 이는 zone 3의 변형에너지가 몇 개의 큰 규모의 지진에 의해 대부분 방출되었기 때문에 확장해령과 해구 등을 가진 남극지역의 다른 그룹과는 차이를 보이는 것으로 해석된다. 세클턴 파쇄대 경우 작은 지진들이 적은 반면, 큰 지진들이 많이 발생하였다.

세종기지부근에 서로 인접한 판구조그룹들에서 나타나는 지진 특성과 상호작용은 세종기지에서 얻어진 많은 아날로그 자료를 재분석하여 자세히 연구할 예정이다. 특히 P-S 시간이 20초 이하인 자료를 이용하여 브랜스필드 분지 시스템, 남쉐틀랜드 대지, 그리고 세클턴과 히어로 파쇄대의 일부에 대해 집중적으로 연구할 계획이다. 그 목적은 세종기지 부근의 지진활동성을 판구조그룹과 연결하고 분석하기 위함이다.

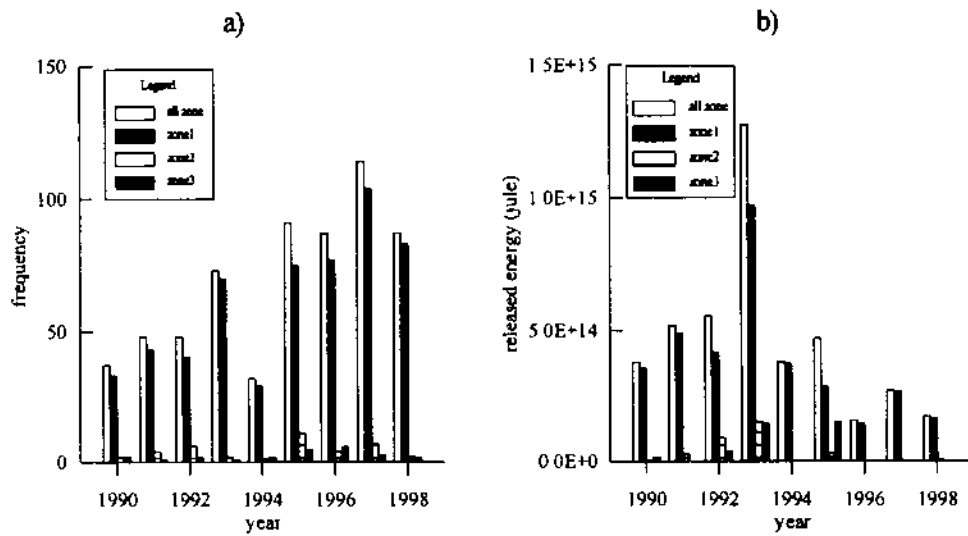


Figure 2-6. Measured *b* values corresponding to a) Antarctic peripheral, b) BB,SFZ, and HFZ, c) SR, and d) SSaT

4. 결 론

남위 90도에서 50도 까지의 남극지역 중 태평양-남극 확장해령과 남동인도양 확장해령은, 남극지역 전체 평균에 비해 상대적으로 작은 규모의 지진이 많이 발생하였다. 반면에 대서양-인도양 확장해령과 메퀘어르 해령은 상대적으로 큰 규모의 지진이 발생하였다. 지진의 연중발생수는 1990년 이후로 증가 추세이지만 1993년에 큰 규모의 응력하강을 경험하였다. 변형 에너지은 1994년 이후 계속 축적되고 있다. 남극반도 북부지역에서는 스코시아 해령과 남샌드위치 해구의 경우는 지진발생양상이 남극의 평균적인 경향과 유사하지만, 세클턴 파쇄대, 히어로 파쇄대, 브랜스필드 분지에서는 다른 특성을 보인다. 세클턴 파쇄대에서는 대부분의 변형에너지가 몇 개의 대규모 지진에 의해 방출되었다. 세종기지에서 획득한 많은 아날로그 극지지진 자료를 이용한 앞으로의 연구는 브랜스필드 분지와 남쉐틀랜드 대지의 지진발생 양상대해 좀더 자세한 정보를 제공할 것으로 기대된다.

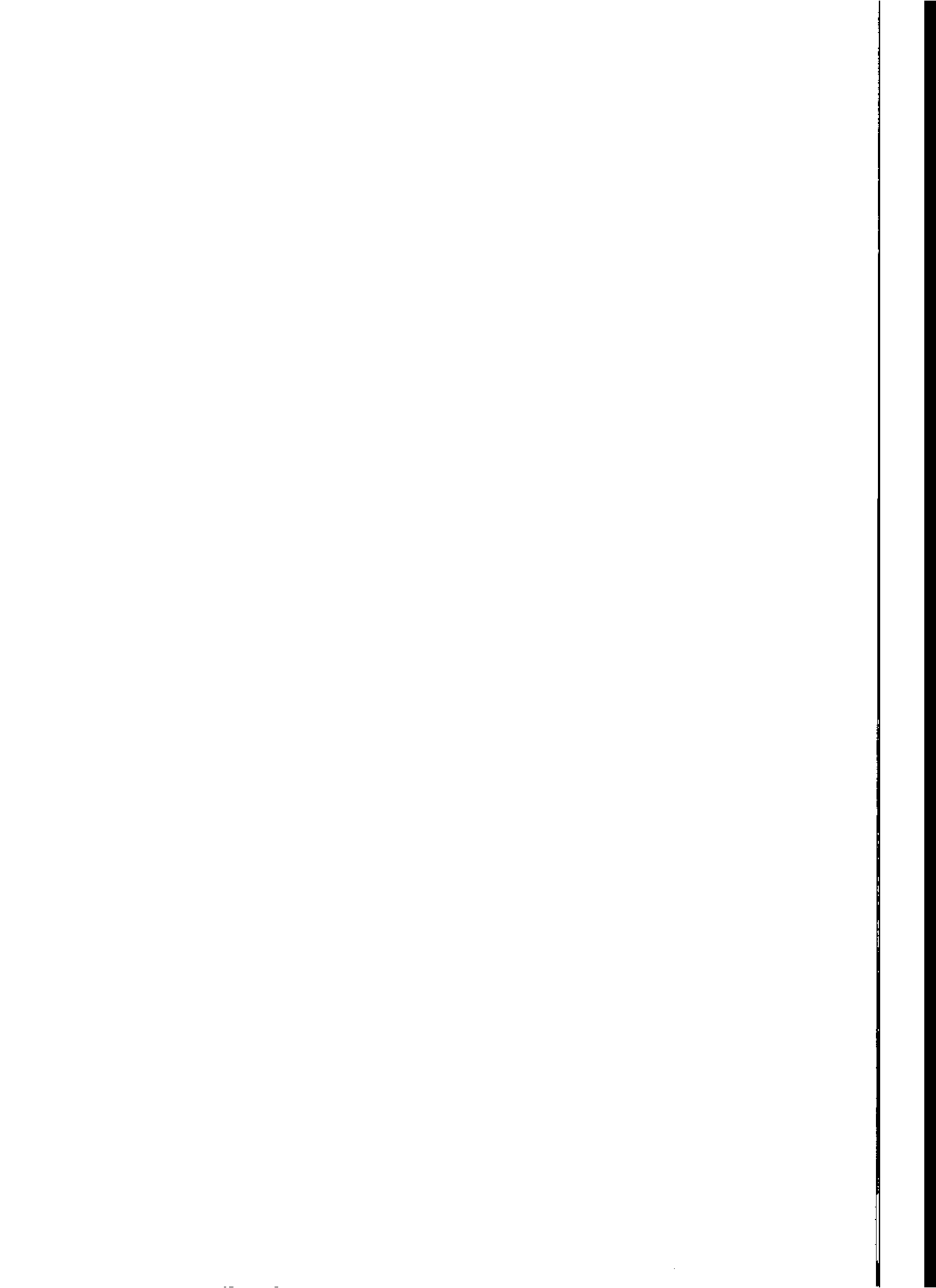
참고문헌

- Bender, B., 1983, Maximum likelihood estimation of b values for magnitude grouped data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73, 831-851.
- Frohlich, C., and S.D. Davis, 1993, Teleseismic b values; Or, Much Ado about 1.0, *J. Geophys. Res.*, 98, 631-644.
- Gutenberg, B., and C.F. Richter, 1954, *Seismicity of the earth and associated phenomena*, Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Hank, T.C., 1979, b values and w-g seismic source models: Implication for tectonic stress variations along active crustal fault zones and the estimation of high-frequency strong ground motion, *J. Geophys. Res.*, 84, 2235-2242.
- Jin, Y.K., D.K. Lee, Y.D. Kim, S.H. Nam, and K.J. Kim, 1998, Seismic

- observation at King Sejong Station, Antarctic Peninsula, *Terra Antarctica*, 5, in press.
- Lee, D.K., Y.D. Kim, S.H. Nam, Y.K. Jin, 1998, Local seismic activity monitored at King Sejong Station, Antarctica, *Polar Geoscience*, 11, 76-89.
- Kaminuma, K., 1995, Seismicity around the Antarctic Peninsula, *Proc. NIPR Symp. Antarc. Geosci.* 8, 35-42.
- NEIC, 1999, HYPOS, National Earthquake Information Center.
- Page, R., 1968, Aftershocks and microaftershocks of the great Alaska earthquake of 1964, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 1131-1168.
- Pelayo, A.M. and D.A. Wien., 1989, Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region, *Journal of Geophysical Research*, 94, 7293-7320.
- Privitera, E., L. Villari, and S. Gambino, 1992, An approach to the seismicity of MT. Melbourne volcano(Northern Victoria Land Antarctica), *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 499-505.
- Scholz, C.H., 1968, The frequency magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 58, 399-415.
- Utsu, T., 1966, A statistical significance test for the difference in b-value between two earthquake groups, *J. Phys. Earth*, 14, 37-40.
- Vila, J., R.Ortiz., A.M. Correig, and A. Garcia, 1992, Seismic activity on Deception Island, in Toshida, Y. et al. (ed), *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, Terra Scientific Publishing Company, Tokyo.
- Wyss, M., 1973, Towards a physical understanding of the earthquake frequency distribution, *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 31, 341-359.

제 3 장

광역주기 지진계 설치 및 운영방법



제 3 장 광역주기 지진계 설치 및 운영방법

1. 개요

남극은 혹독한 자연환경 때문에 인간에 의한 조사활동이 시간 및 장소에 있어 매우 제한적으로 이루어지기 때문에 대부분의 남극 상설 기지에서는 관측계기를 이용한 정상관측 연구활동에 크게 주안점을 두고 있다. 남극지역에서의 본격적인 연구활동은 1960년대에 본격적으로 시작되었기 때문에 남극 대륙 및 주변부 자체에 대한 연구 성과가 일천하고 또한 전 지구적 규모의 연구에 있어서 이 지역의 중요성이 최근 급속히 부각되고 있다. 사람이 거주하지 않는 유일한 대륙으로 지구상의 오분의 일을 차지하는 남극권은 전지구적인 지진 관측망에 있어서 커다란 사각지대로 남아 있다. 정확한 지진의 진원을 결정하고 지구 내부 구조를 결정하기 위해서는 반드시 남극지역의 관측망이 요구되고 있다.

현재 남극 세종기지에서는 지구물리학 분야의 몇 가지 분야의 정상관측이 이루어지고 있는데, 그중 지진 관측은 1989년부터 현재까지 계속해서 수행되고 있으며 남세틀랜드군도에서는 유일하게 디지털 지진 자료를 기록하고 있다. 세종기지는 광역적으로는 지진활동이 왕성한 태평양쪽 남미대륙 및 남샌드위치해구 등에서 발생하는 지진을 효과적으로 관측할 수 있는 장소이며, 국지적으로는 남극관과 스코시아관이 만나는 경계부가 인접하고 있으며, 해구와 파쇄대 및 대륙주변부 분지와 같은 대규모 활동성 지체구조가 분포하고 있어 심도 있는 지진 연구가 필요한 지역이다.

남극 지역에서는 순수한 지진 현상 외에도 빙하나 빙산운동에 관련된 지진 (icequake)이 자주 관측되고 있다. 정확한 판별을 위해서 진원이나 파형등의 정확한 식별방법이 필요하며 이는 최근 이 지역의 빙하운동 등에 관련될 것으로 예상되며 이 방면에 대한 연구가 요구된다.

세종기지에 가동중인 지진계는 단주기 3 성분 지진계로 주로 기지주변에서 일어나는 지진에 대해 민감하게 작용하는 계기이다. 따라서 세종기지 주변

의 복잡한 지체구조운동에 의해 발생되고 있는 근거리 지진들이 기록되고 있다. 하지만 현재의 단주기 지진계로는 근거리 지진에 한정되며, 정확한 지진의 진원과 파형연구를 위해서는 자료의 질이 떨어지고 있는 실정이다.

현재 지진 관측계기로는 단주기에서 장주기까지 모든 지진을 기록할 수 있는 광역주기 지진계가 가격의 하락으로 일반화되고 있다. 이런 광역주기 지진계는 인근 지역에서 발생하는 지진은 물론 전세계 지역에서 일어나는 광역적 지진까지 고해상도로 기록할 수 있어 심도 있는 지진 연구에 필수적이다. 일본의 소와기지나 아르헨티나 에스페란자기지 등에도 90년대에 들어와 광역주기 지진계가 설치되었다. 지진 연구는 수십 년의 자료 축적을 필요로 하는 연구로 최근 수행되기 시작한 각국의 광역주기 지진계에 의한 지진관측연구 수행에 발맞추어 연구를 진행시키려는 시도가 계속되어 왔다.

이런 요구에 맞춰 극지연구센터에서는 세종기지에서의 지진관측 시스템을 업그레이드 하는 시점에 이른 지금 가장 효과적인 대안은 광역주기 지진계의 추가 설치를 위한 장비 구입 및 시험 설치를 진행하고 있다. 보다 완벽한 시험 가동을 마친 이후에 세종기지로 투입하게 될 것이며, 보다 양질의 지진자료를 획득할 것이다. 이는 우리의 남극지진연구에서 있어서 연구방법과 결과를 획기적으로 개선 및 증진시킬 것으로 예상되며, 전세계 지진 관측망의 일원으로서의 역할을 담당함으로써 대한 민국의 남극 연구의 위상을 높이는 계기가 될 것이다.

2. 각국의 연구 동향

1999년 10월 25일과 26일 이탈리아의 Trieste에서 남극 스코시아해 지역의 광역주기 지진관측과 지체구조운동 (Broad-band Seismic Observation and Geodynamics of the Scotia Sea region, Antarctica)에 대한 국제 학술회의가 개최될 예정이다. 이 회의는 최근 이 지역에서 활발하게 전개되고 있는 광역주기 지진관측의 현황과 그 결과를 국제적으로 종합하는 자리이다. 여기에 발표될 각국의 주제를 살펴보면 현재 진행중이거나 앞으로 진행될 지진연구의

방향을 잘 알 수 있다. 학술회의의 주요한 목적으로는 다음과 같다.

- 스코시아해 지역의 육상 및 해상 지진 관측소의 설치 기술 및 방법 분석
- 지진 관측소에서 획득한 정보를 통한 연구활동의 중요성 강조
- 스코시아해 지역에 대한 국제연구의 필요성을 충족할 광역주기 지진계 관측망 개발을 위한 국제 공동 추진 전략 설정
- 기존 “스코시아해와 남극반도의 육상 지진자료” 이해를 위한 국제 공동 협력 각서에 의해 결정된 자료 획득 방법 및 공급 방안의 설정 및 토의
- 이 연구에 동조하는 연구그룹 및 연구원 참여

이 학술회의에서 발표될 내용은 IRIS 콘소시움 현황, 이탈리아의 남극 지진연구 프로그램, 스코시아해의 형성 기원 및 발달사, 남극과 남미의 균속도 토모그래피와 모멘텀 텐서 역산, 남극반도 북부 태평양 주변부의 발달사, 남쉐틀랜드군도의 심부구조와 지진활동성, 현재 진행중인 관측망 구성의 경향 등 여러 분야의 지진 연구를 총망라하였다. 이런 발표내용은 최근 활발한 연구가 이 지역을 대상으로 추진되고 있으며, 현재 국제 공동협력이 긴밀히 진행되고 있음을 시사한다. 따라서 우리의 경우에도 독자적인 연구보다도 국제 공동연구의 장으로 참여하는 노력이 필요하다.

3. 설치 경과

현재 남극 세종기지에 설치된 3성분 단주기 지진계는 세종기지에서 반경 500 km 이내의 인접지역에서 발생한 지진만을 포착할 수 있고, 디지털 자료의 저장이 원활하지 못하고 저장메모리의 확장이 불가능하여 그동안 계속적으로 다른 기종으로의 업그레이드가 추진되어 왔으나, 예산상으로 문제로 실행되지 못하였다. 1998년 남극 세종기지 지진 및 지자기 모니터링 사업에서 약간의 예산을 확보하여, 예산 범위에 맞춰 일본 Akashi사의 광역주기 지진계

의 센서 부분만 일차적으로 구입하였다. 나머지 기록계 부분은 Akashi사로부터 1999년 1년간 무상 임대하여 지진계 시스템을 한국해양연구소내에서 시험 설치 및 운영을 수행한 후 모든 과정이 순조로운 경우 남극 세종기지에 이동하여 설치할 계획이다.

- 1998년 10월 광역지진계 구입 신청
- 1998년 12월 구입 신청한 광역지진계 연구소 도착
- 1999년 3월 지진계 설치할 vault 조성
- 1999년 4월 지진계 시스템 실내 설치 운영
- 1999년 5월 통신 및 자료처리 프로그램 테스트
- 1999년 6월 지진계 시스템을 실외 vault에 설치

4. 광역주기 지진계 시스템 구성

가. 지진계 센서 (JCP-1)

(1) 개요

JCP-1은 고감도의 광역주기 지진계로, 세 개의 독립된 성분 (한 개의 수직성분과 두 개의 수평성분)으로 구성되어 있으며, 이들 성분의 센서들은 하나의 평평한 용기안에 모여져 있다 (Fig. 3 1). 지진계의 주기 범위는 50 Hz~120 sec이며 출력은 속도이다. 이 계기는 low self-noise를 갖는다. 다이내믹 범위는 140 Db이다. 이 지진계의 변환함수 (transfer function)은 매우 안정적이다. 세 개의 센서는 압력을 지탱할 수 있는 용기에 밀폐되어 있어 효과적으로 기압과 기온의 영향을 줄일 수 있다. 따라서 이 지진계는 장시간 안정되게 운영할 수 있으며, 재중심설정 (recentering)이 없이 넓은 기온 범위에서도 작동이 가능하다. 용이한 설치와 운영방법을 통해 JCP-1은 원격 조정 기능을 수행할 수 있다. 또한 JCP-1 센서는 하나의 작은 용기에 담겨져 있기 때문에

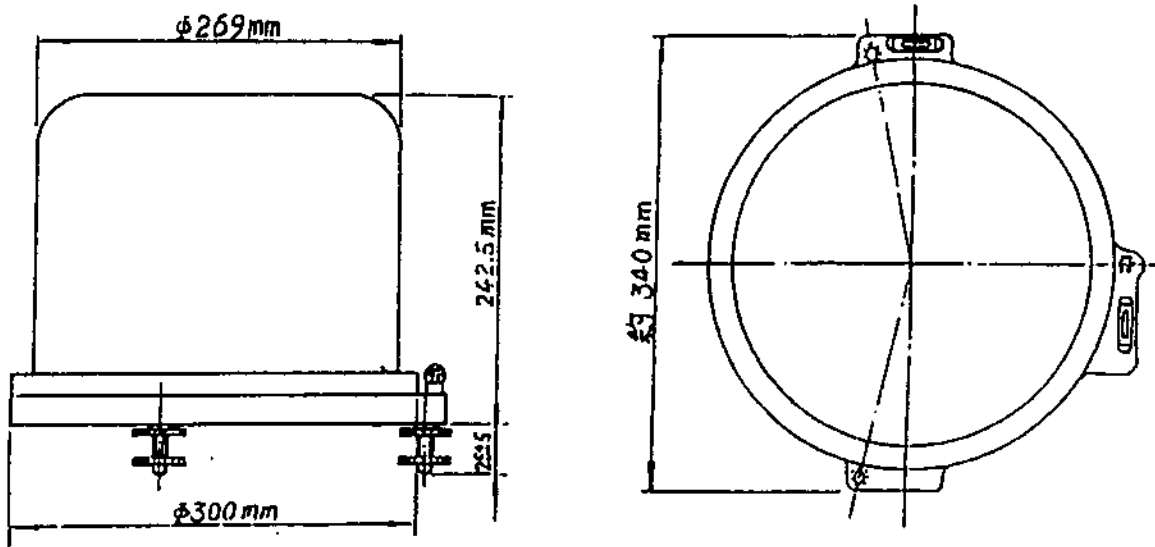


Figure 3-1. JCP-1 triaxial sensor

이동이 매우 용이하다. 이 지진계는 가격에 비해 그 효율성이 매우 높다. JCP-1의 크기는 Fig. 3-1에 나타내었다.

(2) 구성

JCP-1 시스템은 세 개의 센서, FCU box, AFU & RCU box and PSU box를 포함한다 (Fig. 3-2). FCU는 feedback unit로, 센서와 밀착되어 있으며 vault, post hole, 또는 다른 기둥에 설치하게 되어 있다. AFU & RCU는 증폭기 (amplifier), 필터와 원격조절 box이다. PSU는 전원 공급장치이다. AFU & RCU 와 PSU box는 함께 설치되며, 이들 box와 FCU box는 너무 멀지 않도록 한다. AFU & RCU에서 나오는 신호는 JCP-1의 출력으로 자료획득장치와 연결시킬 수 있으며 자료획득장치로부터 나오는 calibration 신호를 받아들일 수도 있다.

JCP-1 센서에 있는 세 개의 축인 수직 (V)과 수평 (H1과 H2)은 서로 수직이다. 각 sensitive 축은 Fig. 3-3와 같다 (수직축은 용지에 수직이다). 이들을 내장하는 케이스와 전원 연결부는 외부 기압과 기류의 영향으로부터 센서를 보호하도록 설계되었다. 이는 내은 능력을 향상시켜준다. Fig. 3-3은 물방울 레벨 (X,Y)와 조절 나사, 방향지시선, 수직회전축 등의 위치를 보여준다.

(가) 수직 센서

수직센서의 기계적 형태는 Fig. 3-4에 보는 것과 같다. 이 센서의 탄성 시스템은 leaf spring과 0.5 kg의 무게를 갖는 mass로 구성되어 있다. leaf spring은 열처리를 결신 특수한 합금으로 제작되었다. 진자 붐 (boom)은 cross 스프링의 축 둘레를 회전하도록 만들어 졌다. 이 것의 parasitic resonance는 150 Hz이다.

센서는 전동기에 의해 잠금-열림 기능과 mass position centering,

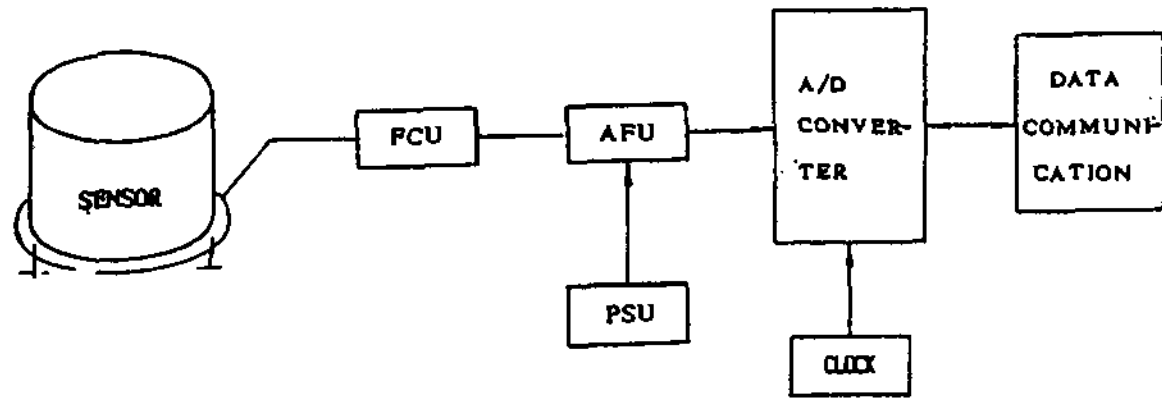


Figure 3-2. JCP-1 system

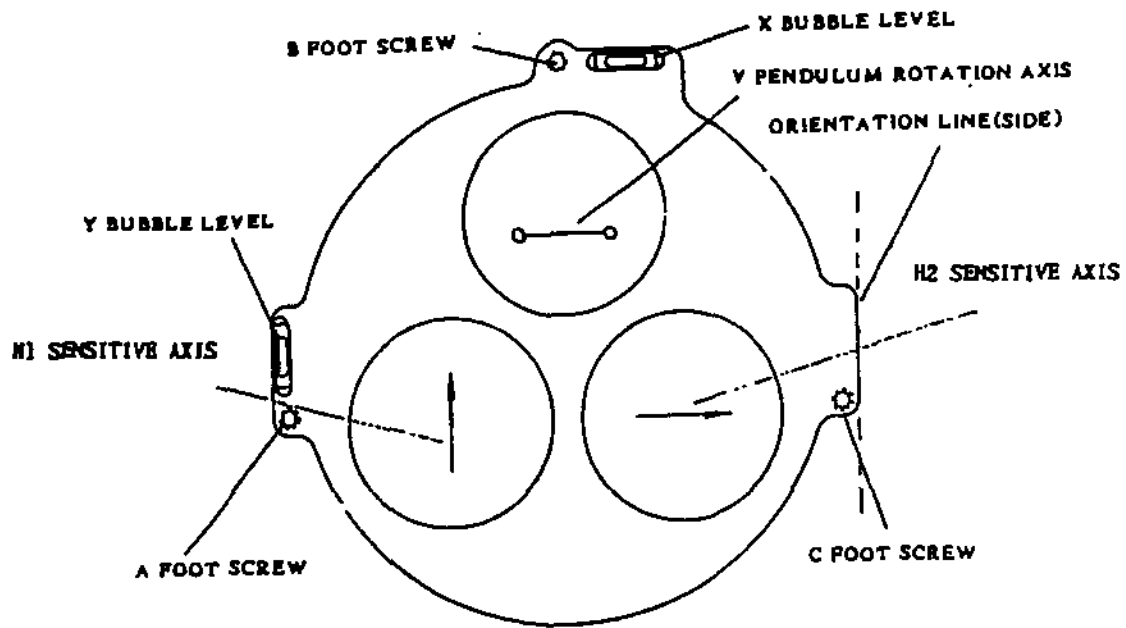


Figure 3-3. Sensitive axis, level and orientation line of the sensor

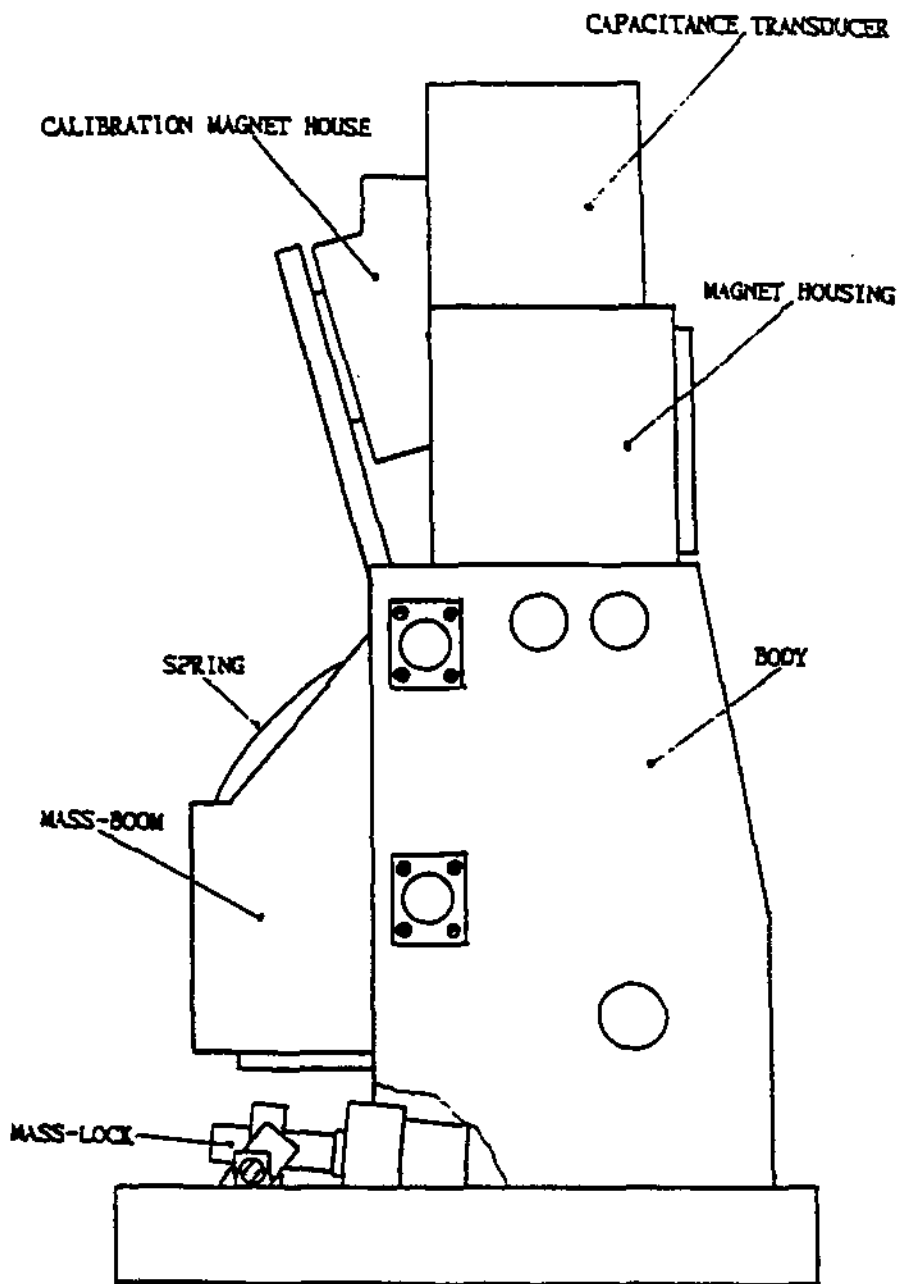


Figure 3-4. Mechanical construction of the vertical sensor

current-force exchange와 displacement detector coil-magnet, 고정밀도의 capacitance transducer를 가진다. 센서의 calibration coil-magnet는 독립되어 있다.

(나) 수평센서

JCP-1은 수평성분의 지면 움직임을 감지하기 위해 두 개의 수평 센서를 가진다. 이 센서들은 서로 수직으로 설치된다. 수평센서의 기계적 구조를 Fig. 3-5에 도시하였다. mass와 boom은 cross 스프링 주위를 회전할 수 있다. mass의 무게는 0.5 kg이며, parasitic resonance는 150 Hz이다. 수직센서와 마찬가지로, 센서는 전동기에 의해 잠금-열림 기능과 mass position centering, current-force exchange와 displacement detector coil-magnet, 고정밀도의 capacitance transducer를 가진다. 센서의 calibration coil-magnet는 독립되어 있다.

(3) Feedback System

JCP-1 지진계는 force balance feedback 구조를 가진다. 지면 운동이 지진계 frame에 도달하면 feedback current를 발생시키기 위해 capacitance transducer가 지진계 frame에 상대적인 mass의 변위를 탐지한다. feedback current는 지표 가속도에 비례한다. mass inertia force에 해당하는 힘이 feedback coil을 통해서 흐른다. 따라서 mass는 frame에 상대적인 운동이 없는 상태를 유지한다.

feedback loop는 coil-magnet, displacement detector 와 signal process circuit로 구성되어 있으며, Fig. 3-6에 도시하였다. JCP-1의 각 성분의 BB 채널 출력은 지면운동 속도에 비례한다. 50 Hz~120 sec의 대역에서는 평탄한 반응을 유지한다. 각 성분은 mass position에 비례하는 mass position 출력 (LO1)을 가진다. 만일 출력이 mass position의 선형 범위에 해당되는 경우에

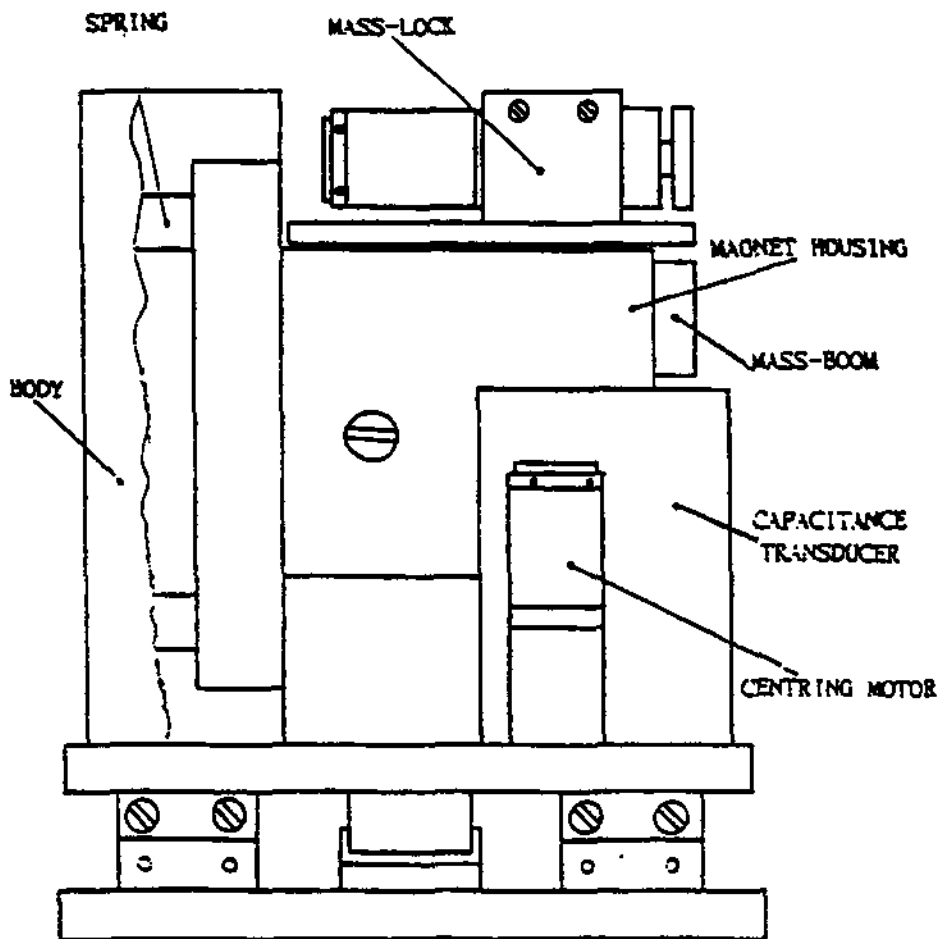


Figure 3-5. Mechanical construction of the horizontal sensor

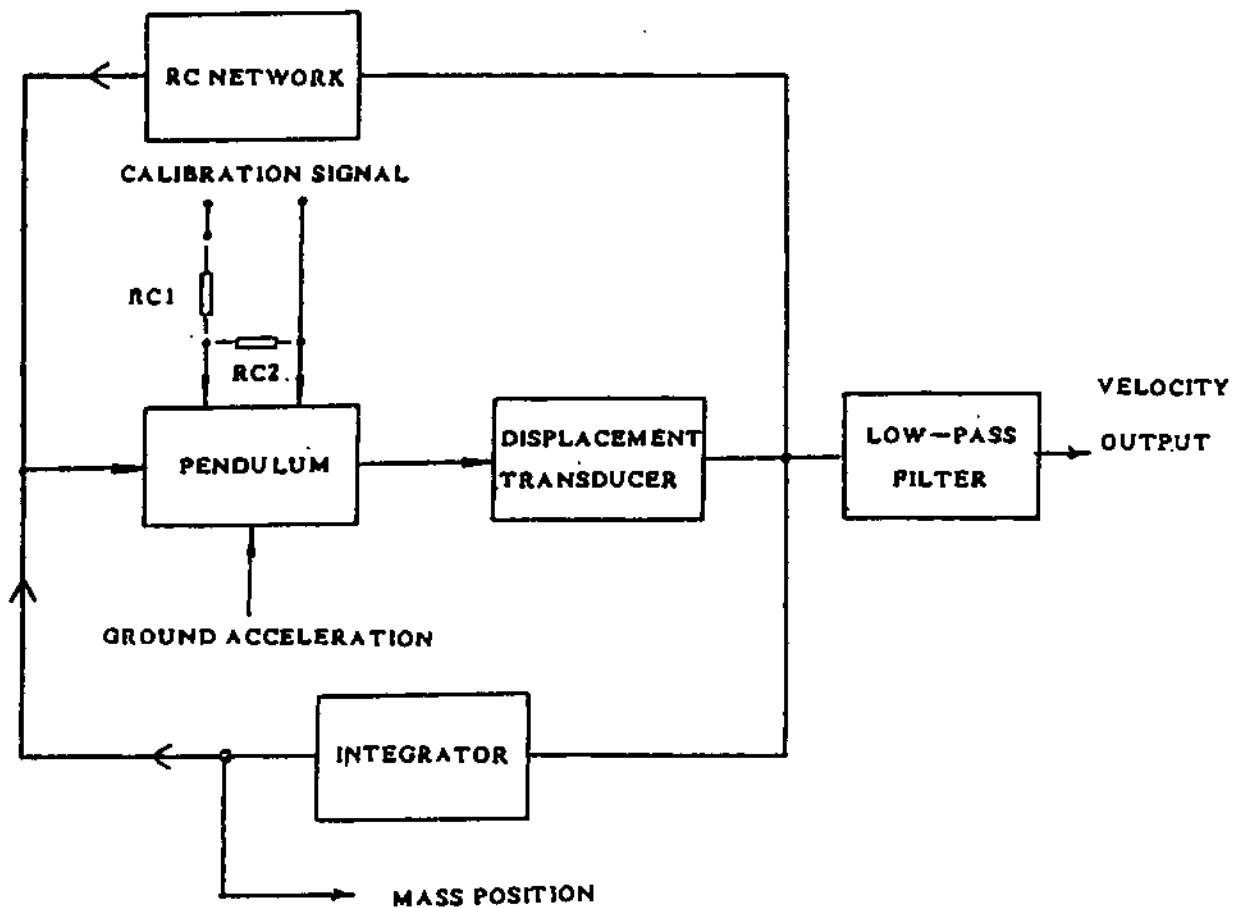


Figure 3-6. Feedback loop block diagram

는 센서가 효과적으로 작동하지만, mass position의 조정이 필요하다. LO1의 출력은 mass의 가속도에 해당하기 때문에 LO1은 진자의 경사와 힘을 나타낸다.

FCU의 출력은 AFU (증폭과 필터)에 의해 조절된다. 따라서 A/D converter와 연결되어 있다. 지면 운동을 출력으로 변환시켜주는 함수 (transfer function)는 다음과 같다.

$$T(w) = \frac{KmS^2}{(S^2 + K_{11}S + K_{12})(S^2 + K_{21}S + K_{22})(S^2 + K_{31}S + K_{32})(S^2 + K_{41}S + K_{42})(S^2 + K_{51}S + K_{52})}$$

$K = 1000 \text{ V/m/s}$, 그 정확도는 지진계가 포장되기 전에 검사보고서에 의해 주어진다. 다른 변수값은 다음과 같다.

$$m = 2.4206 \times 10^{20}$$

$$K_{11} = 0.074049$$

$$K_{12} = 0.0027416$$

$$K_{21} = 533.15$$

$$K_{22} = 142123$$

$$K_{31} = 667.62$$

$$K_{41} = 488.71$$

$$K_{51} = 178.88$$

$$K_{32} = K_{42} = K_{52} = 119423$$

JCP-1의 변환함수는 자연 주기가 120 초, damping coefficient가 0.707인 전통적인 속도출력을 갖는 지진계의 변환함수와 비슷하다. 고주파 쪽의 cutoff 주기는 50 Hz이다. 주파수의 증가에 따르는 급격한 gain의 감소는 여러 요인

에 의해 발생하는 고주파 잡음을 감소시키는 효과를 지닌다. 이는 A/D 변환기의 한 부분으로 사용될 수도 있다. JCP-1의 속도 크기와 위상 반응은 Fig. 3-7과 같다.

(4) Calibration

JCP-1의 각 성분은 독립된 coil-magnet을 가진다. calibration 신호 발생기는 일반적으로 A/D 변환기에 위치하여, 마이크로 컴퓨터의 중앙처리장치(CPU)에 의해 조절된다. calibration 신호는 상수 전류(constant current)를 사용하는데, 이는 calibration 코일 저항의 변화에 의해 야기되는 부하의 변동이 있을 때 calibration 전류가 변하지 않는다는 것을 의미한다.

(가) 정규 calibration

정규 calibration은 계기를 작동시킬 때 수행된다. 지진계의 반응(A/D 획득 시스템을 포함)을 점검한다. 지진이 한번 발생하면, calibration 신호가 자동적으로 준비된다.

calibration 신호를 위해 두 가지의 선택이 있다.

i. 계단형 신호(step signal, 실제로는 넓은 충격파 신호)

이 것은 고주파 에너지가 부족하기 때문에 변환 함수를 얻을 수 없다. 따라서 단지 시스템의 sensitivity와 다른 변수를 점검하기 위해서만 사용된다.

주의: calibration time은 한 달에 한번이다.

ii. 여러 주파수의 사인파 신호(sinuous signal)

이 신호는 calibration 코일로 입력된다. 여러 주파수에서의 신호는 속도 크기와 같다. 안정된 반응을 얻을 때까지 얼마간 대기한다. 이런 정해진 주파

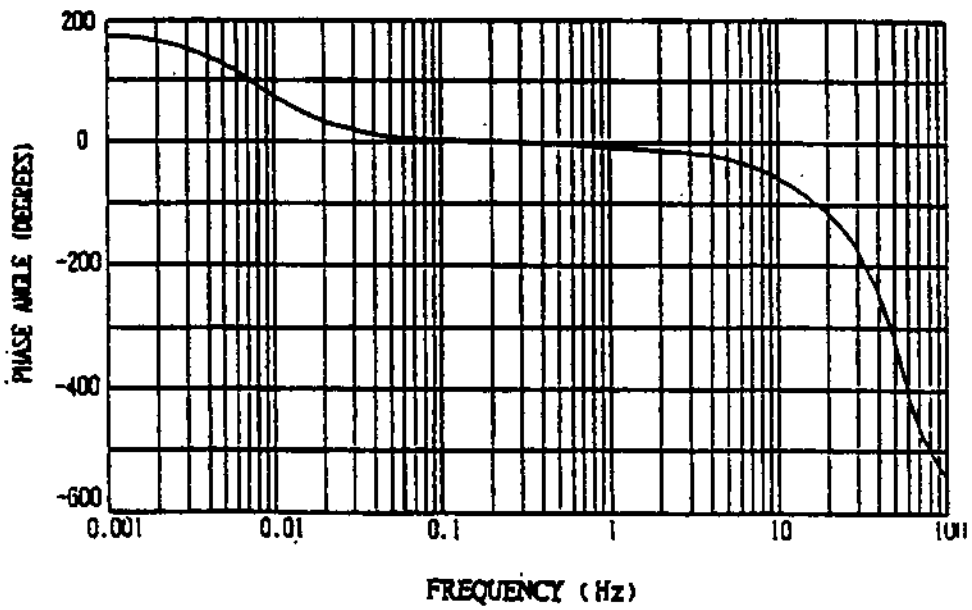
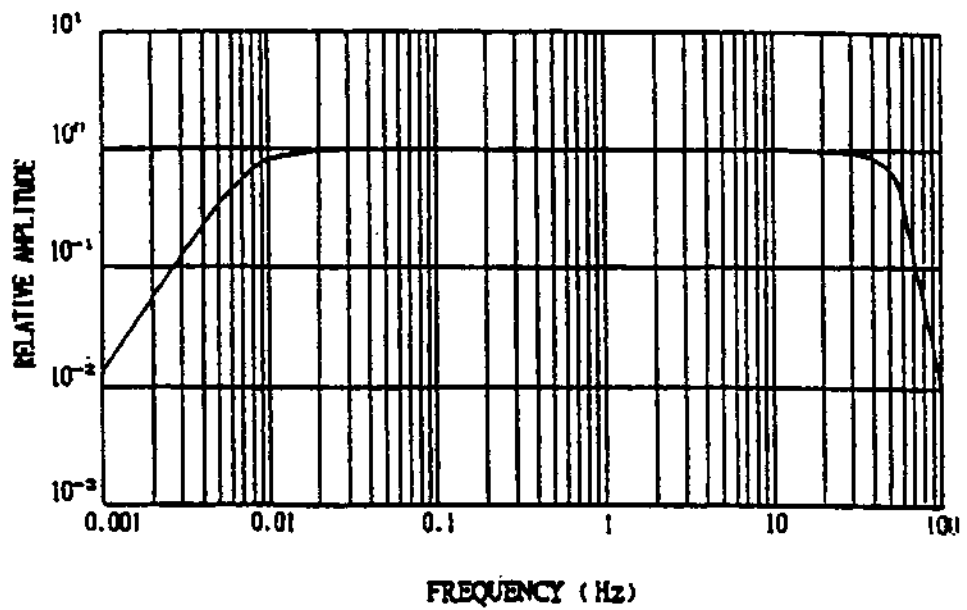


Figure 3-7. Velocity amplitude and phase response of JCP-1

수는 재기의 주파수 대역 안에서 설정되는데, 예를 들면 10 Hz, 1 Hz, 10 sec, 100 sec 등이다.

주의: calibration time은 한 달에 한번이다.

(나) 테스트 반응

그림 사인과 전류 신호는 calibration 코일을 통해 전달된다. 신호의 크기는 주파수에 비례하는데, 1 Hz인 경우 0.01 mA, 10 Hz인 경우 0.1 mA 등이다. 동일 한 크기의 속도 입력을 만들기 위해 이런 주파수 설정은 크기와 파형 반응의 테스트가 가능한 JCP-1의 주파수 대역을 포함할 수 있어야 한다. 이런 작업은 사용자에게 전달하기 전에 이루어진다.

JCP-1은 매우 넓은 대역을 가지기 때문에 주파수 변동 범위가 50 Hz/1/120 Hz=6000 이상이다. 이는 calibration 발생기의 출력 변동 범위가 6000을 넘는다는 의미이다. 이 때문에 calibration 발생기를 만들기 어려운 점이 있다. 만일 calibration을 하기 위해 몇 개의 대역을 선택하여 사용한다면 발생기의 변동 범위가 축소된다.

(다) 출력 민감도 (output sensitivity) 테스트

JCP-1은 output (LO1) 가속도에 변화가 없도록 하는 channel을 가진다. 따라서 tilt platform은 가속도 출력 민감도를 테스트하는데 사용될 수 있다.

수직 센서: cross spring에 각도 ϕ 만큼 경사지면, 진자의 입력 가속도는 다음 공식에 의해 구할 수 있다.

$$\Delta a = g(1 - \cos \phi) \quad m/s^2$$

g : gravity acceleration

(6) 설치 (installation)

각 센서는 각각의 독립된 조정기를 가진다. AFU&RCU 박스의 오른쪽에
 조절 기판(operation board)가 있으며, 기판 위에는 계기를 원격 조정할 수 있
 는 조절 단추가 설치되어 있다. 원격 조정기에는 다음과 같은 사항이 포함한다.

i. 각 센서에 대해 각각의 mass의 잠금과 풀림

ii. mass의 원격 조절 기능. mass를 중앙에 위치시킬 때 JCP-1 시스템은
 스위치에 의해 단추기 반응 시스템으로 변환하며, 시간 상수는 1초 이하가 된
 다. 따라서 원격 위치 조정은 매우 빠르고, 정확하며 편리하게 수행된다.

(5) 조정 (control)

S_a : 가속도 출력 민감도

S_v : 속도 출력 민감도

K_a : 계기 상수, 보고서에 기재됨

$S_s = S_a K_a$

JCP-1 속도 출력 민감도는 다음과 같은 식에 의해 얻을 수 있다.

S_a : 가속도 출력 민감도 (sensitivity)

$$S_a = \frac{\Delta V}{\Delta a}$$

LOI 출력 변화 ΔV 는 센서가 경사각 ϕ 를 가질 때,

$$\Delta a = g \sin \phi \quad m/s^2$$

수평 센서: sensitive 축에 대해 각도 ϕ 만큼 경사지면, 전자의 입력 가속
 도는 다음 공식에 의해 구할 수 있다.

(가) 작업 환경

JCP-1의 대역은 단주기부터 장주기 지진파까지 모두 탐지할 수 있다. 따라서 작업환경은 단주기, 중간주기, 장주기를 모두 포함할 수 있어야 한다.

i. 계기는 손상되지 않은 기반암 위에 설치한다. 기반암의 표면은 아주 매끈하여야 한다.

ii. 장주기 관측을 위해서는 공기의 흐름과 환경 온도의 심한 변화, 인공 진동과 강한 방출파 등의 효과를 방지하여야 한다. 따라서 vault, post hole, 또는 기반암 위에 설치되는 것이 가장 좋은 방법이다. 몇 개의 문 또는 차단막이 필요하다. 항온 상태를 유지하는 것이 계기에 매우 중요하다.

계기는 설치할 때는 온도와 기류의 변화 효과를 줄일 수 있는 polystyrens로 만들어진 외장 케이스가 필요하다.

습기는 90 %이하이어야 한다.

(나) 각 계기의 연결

각 계기들 사이의 연결 모습은 Fig. 3-8과 같다.

표시된 숫자는 다음을 의미한다.

1. 수직센서 V 출력, 25-core 연결
2. 수평센서 H1 출력, 25-core 연결
3. 수평센서 H2 출력, 25-core 연결
4. 수직센서 V와 FCU 박스 연결, 19 core 연결
5. 수평센서 H1과 FCU 박스 연결, 19 core 연결
6. 수평센서 H2과 FCU 박스 연결, 19 core 연결
7. FCU 수직 V 출력, 26-core 연결

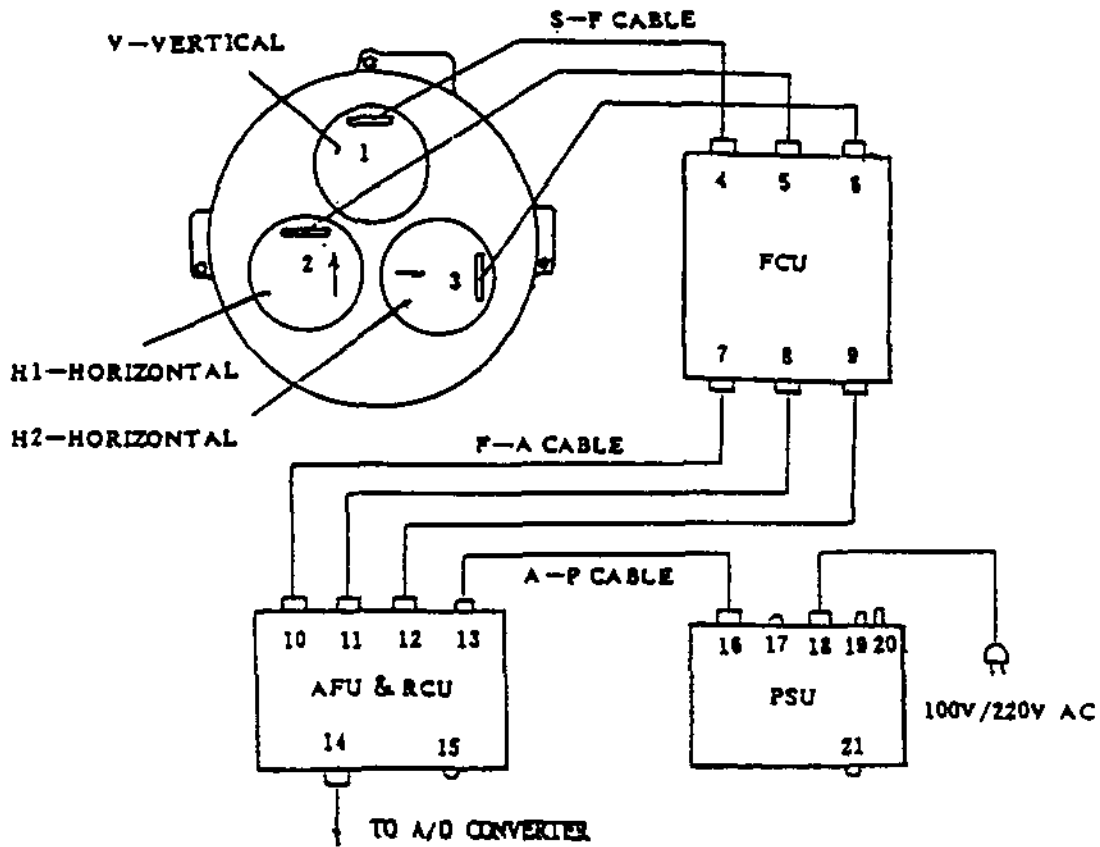


Figure 3-8. Connections of the instrument units

8. FCU 수평 H1 출력, 26-core 연결
9. FCU 수평 H2 출력, 26-core 연결
10. AFU & RCU 수직 V 입력, 26-core 연결
11. AFU & RCU 수평 H1 입력, 26-core 연결
12. AFU & RCU 수평 H2 입력, 26-core 연결
13. AFU & RCU 전원 입력, 5-core 연결
14. AFU & RCU 신호 출력, calibration 신호 입력, 24-core 연결
15. AFU & RCU 전원 표시
16. PSU 전원 출력, 5 core 연결
17. PSU 퓨즈 박스
18. PSU AC 입력
19. PSU 시스템 접지
20. PSU 전원 스위치
21. PSU 전원 표시

1) 센서와 FCU 박스 연결

S-F 케이블을 사용하여 센서와 FCU 박스를 연결한다. 세 개의 S-F 케이블은 모두 동일하다. 케이블의 길이는 약 0.6 m이다. 케이블은 25-core 와 19-core 방수 플러그를 가지고 있다. 센서의 출력 소켓은 계기의 외장 차단케이스의 바닥에 위치한다.

주의: 수직 V는 FCU No. 1, 수평 H1은 FCU No. 2, 수평 H2는 FCU No. 3에 각각 연결된다.

2) FCU 박스

FCU는 방수 박스로 되어 있으며, 박스안의 세 개의 플러그와 소켓도 역

시 방수처리 되어 있다.

만일 FCU의 회로 기관이 운반 중 느슨해지면 FCU 박스를 열어 회로 기관을 단단히 고정시키고 박스를 닫는다.

3) FCU 박스와 AFU & RCU 박스 연결

F-A 케이블을 사용하여 두 박스를 연결한다. 세 개의 F-A cable은 모두 동일하다. 케이블의 길이는 지진 관측점의 조건에 따라 달라진다. F-A 케이블은 26-core 방수 플러그를 가진다. 연결 단자의 모습은 Fig. 3-9와 같다. AFU & RCU와 자료획득 시스템을 연결하는 26-core 금도금 플러그 케이블은 약 3 m~10 m이다.

4) AFU & RCU 박스

AFU & RCU는 증폭기와 조정 기능을 갖는다. 뚜껑을 열면, RCU 조절 기관을 박스 오른쪽에서 볼 수 있다. 전압계 (volt meter)는 센서의 출력에 대응하는 mass의 위치 (LOI)를 보여준다. 만일 지침이 오른쪽으로 움직이면 mass 위치가 양(positive)이고, 왼쪽이면 음(negative)이다. 각 센서들은 따로 조절된다. 조절 기관은 V, H1, H2 성분에 해당하는 세 개의 영역으로 나누어져 있다.

각 스위치 조절 기능은 다음과 같다.

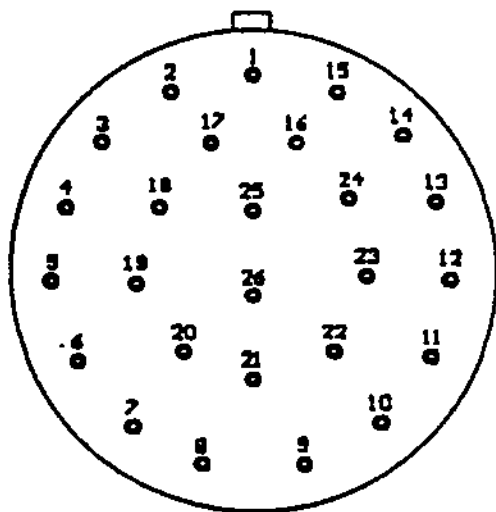
SW2: 조절 기관 전원 스위치

왼쪽: OFF, 오른쪽: ON

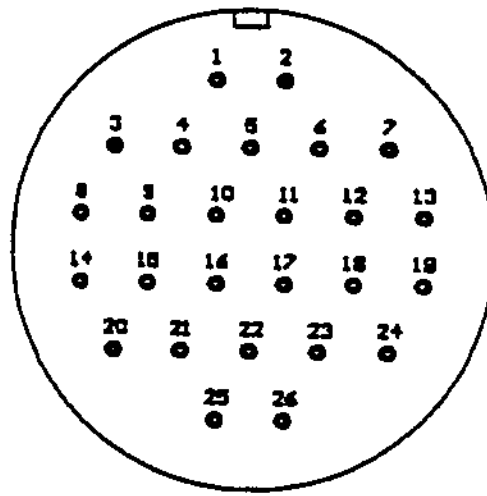
스위치는 센서를 조절한 후 끌 수 있다.

SW6: 센서의 선택

이 스위치를 이용하여 조절을 하려고 하는 센서를 선택한다. 스위치를 위, 아래로 눌러 V, H1, H2 성분을 선택한다 (4번째 위치는 아무 것



Y50K-1626TK



X24K26PJ

Figure 3-9. Output connections and AFU input connection

도 선택하지 않는 것이기 때문에 스위치를 이 위치에 놓지 말 것). 성분이 선택되면 빨간 표시등 (LED2)이 켜지고, 센서를 조절할 수 있게 된다. 전압계가 해당 성분의 mass 위치 (LO1)를 가리킨다.

SW5: mass의 잠김과 풀림 상태 선택

왼쪽으로 누르면: mass가 자동으로 잠김

오른쪽으로 누르면: mass가 자동으로 풀림

SW1: 중앙 위치 맞추기/정상상태 선택 스위치

왼쪽: 중앙위치 맞추기 상태; 오른쪽: 정상 상태. mass를 중앙에 위치시킬 때 이 스위치를 왼쪽으로 누른다. 세 개의 센서가 중앙 위치에 오면 중앙 위치 표시등인 빨간LED3이 켜진다. 조정후 스위치를 오른쪽으로 누르면 LED3이 꺼진다. 계기는 정상상태로 돌아간다.

SW3: 중앙 위치 누름 스위치

SW4: 중앙 위치 방향 스위치

SW4, SW2, SW1 스위치를 이용하여 중앙 위치 맞추기를 실시한다.

SW1은 왼쪽, LED3 켜짐, 시스템 반응의 시간 상수는 1초 이하이다.

수직 센서 (V): SW4: 오른쪽, SW3을 누르고, LED1이 녹색이 되면, mass 위치가 음에서 양으로 바뀐다. SW4: 왼쪽, mass 위치가 양에서 음으로 바뀐다 주의: 수직 센서는 한 단계씩 중앙으로 움직인다. 한 단계 당 6 초가 소요된다. LED1 녹색등이 한번 켜지고 다시 꺼진다.(만일 SW3을 계속 누르지 않는다면).

수평 센서 (H1, H2): SW4: 오른쪽, SW3을 누르고, LED1이 녹색이 되면, mass 위치가 음에서 양으로 바뀐다. SW4: 왼쪽, mass 위치가 양에서 음으로 바뀐다 주의: 수직 센서는 한 단계씩 중앙으로 움직인다.

5) PSU 박스

PSU는 DC 정류 전원 공급박스이다. 퓨즈의 용량은 3A이다. AC 입력라인은 100 V와 220 V를 사용할 수 있다. 전원 출력 연결단자는 Fig. 3 10와 같다.

다) 방향 맞추기 (orienting)

처음 포장을 해제하면, 계기를 깨끗이 청소한 다음 설치한 장소에 위치시킨다. Fig. 3-3에서 보듯이 센서의 바닥 플레이트 오른쪽에는 edge line이 있는데 방향 지시 라인이다. 센서들의 sensitive 축도 볼 수 있다. 방향 지시 축을 따라 표시된 눈금자를 이용하여 확장 방향지시 라인을 획득할 수 있다. JCP-1의 방향지시 라인을 기반암 위의 방향 라인을 일치시킨다.

라) Mass 풀기

계기를 운반하기 전에 센서의 mass는 움직이지 않도록 잠금을 해둔다. 계기를 관측점에 설치할 때는 PSU를 켜면, PSU와 AFU & RCU 지시등이 켜진다. SW2를 오른쪽으로 눌러 "ON"을 하는데, SW6으로 센서를 선택한다. SW1을 누르면 계기가 중앙위치 설정상태로 된다. SW5를 오른쪽으로 누르고 약 1분을 기다리면 mass가 느슨해진다. 전압계가 mass 위치를 가리킨다. mass가 느슨해진면 (풀리면), 지시바늘이 영점에 근접한다. 만일 지시바늘이 양 또는 음에서 흔들리면, 손가락으로 약한 충격을 주어 영점에 가까워지도록 한다. 각각의 센서에 대해서도 동일한 방법으로 풀림을 실시한다.

마) 높이 맞추기 (Leveling)

1) 대략 맞추기

JCP-1 feet 나사의 nut를 푼다. X, Y 물방울을 보면서 feet 나사를 돌려서

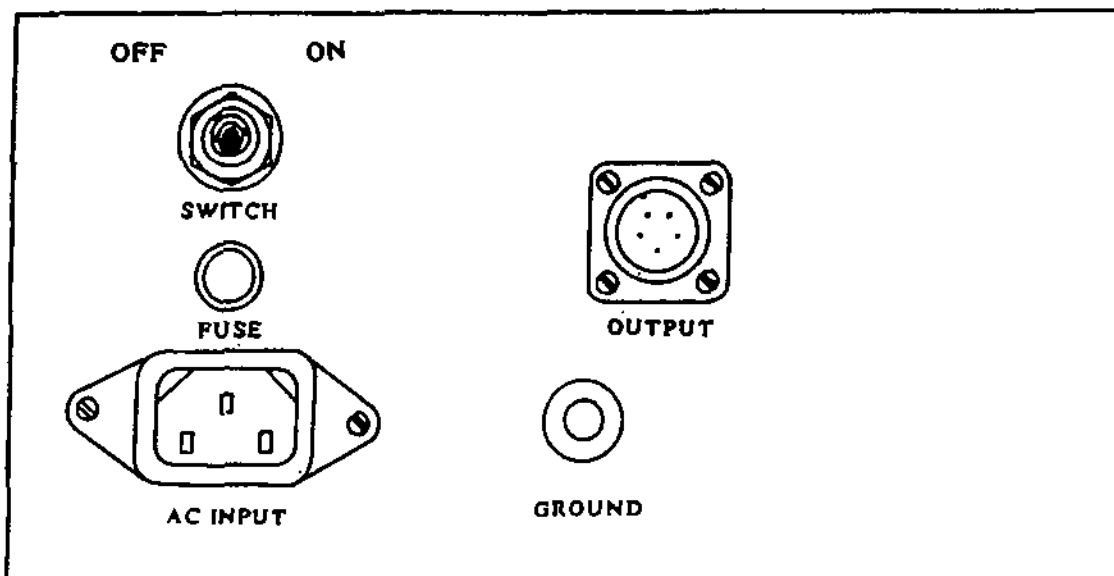


Figure 3-10. PSU operation panel

계기의 높이를 조정한다. 물방울을 중앙에 위치시켜 X 방향을 먼저 맞춘 다음, Y방향을 조정한다. 이때 물방울은 두 개의 적색선 사이에 위치하여야 한다.

2) 정밀하게 맞추기

SW6을 눌러 H1을 선택한다. SW4 방향을 선택한다 (만일 mass 위치가 양이면, SW4를 왼쪽으로 누른다). SW3을 눌러 mass 위치를 영점으로 만든다. 만일 LO1 (mass 위치)이 대략 맞추기 이후에 너무 차이가 많이 나면, C-feet 나사를 돌려 빠르게 LO1을 영점으로 이동시킨다.

SW6을 눌러 H2를 선택한다. SW4 방향을 선택한다. SW3을 눌러 mass 위치를 영점으로 만든다. 만일 LO1 (mass 위치)이 대략 맞추기 이후에 너무 차이가 많이 나면, B-feet 나사를 돌려 빠르게 LO1을 영점으로 이동시킨다. 맞춘 다음에는 feet nut를 잠근다.

바) 중앙 위치 맞추기

정밀하게 맞추기가 끝나면, 수평 중앙 위치 맞추기는 완료된 것이다. 수직 성분의 mass 위치는 일반적으로 $\pm 3V$ 사이이다. 만일 차이가 심하면, SW4 방향을 선택하고, SW3을 누르면 LO1이 영점으로 움직인다. LO1이 $\pm 8V$ 내에 들기만 하면 계기는 어느 정도 효과적으로 작동할 것이다.

사) 접지

PSU 조절판에 접지를 위한 post가 있다. 만일 사용자가 관측점 대지에 두꺼운 전선을 이용하면 계기가 잘 작동할 것이다. PSU에서 대지로 접지 저항은 0.1 Ω 이하이다.

(7) 운영 및 점검 방법

설치후 모든 박스에 대해 다음 사항을 점검한다. 스위치는 제자리에 있는가? AC 전원이 100 V (또는 220 V) 인가? mass 위치와 데이터 획득정보는 어떤가?

작동 중에는 다음과 같은 사항을 유의한다.

- a. 단전이 발생한 후에는 AFU & RCU, PSU 박스와 mass 위치를 점검한다.
- b. 만일 장기간 운영하거나 또 다른 원인에 의해 mass 위치가 변동할 수 있다. mass 위치를 다시 맞추기 위해서는 앞장을 참조할 것. 주의: 중앙 위치를 맞춘 이후에는 SW1를 눌러 잠금을 한다.
- c. 계기를 먼 거리 이동하거나 움직일 경우 mass를 반드시 잠금한다.
- d. 계기가 작동할 때, 주변에 사람의 왕래를 가급적 줄일 것.
- e. 운영자가 해결할 수 없는 문제가 발생하면, 제작사에 연락할 것.
- f. 운영자는 참고 자료를 작성하여 전문가에게 제공해야한다. 참고자료는 환경조건 (기온, 기압, 기후)이 포함되어야한다.

(8) 장비 특성과 사양

가) 특성

- 광역주기: 50 Hz-120 sec
- 고민감도, 저잡음
- 하나의 용기 안에 세 개의 센서 내장
- 고정밀도 capacitance transducer
- 심도 깊은 feedback system에 의한 높은 선형도 (linearity)와 넓은

dynamic range

- 원격 조정에 의한 mass 잠금-풀림 기능
- 원격 조정에 의한 빠른 중앙 맞추기 기능
- mass 위치 신호 제공
- 독립된 calibration 코일-자석
- 방수 연결
- 넓은 기온 적용 범위

나) 사양

대역:	50 Hz-120 sec, 속도에 평평한 반응 곡선
민감도 (sensitivity):	1000V/ms/s
최대 입력:	15 Hz-120 sec: 1.0×10^2 m/s
Dynamic range:	140 dB
Linearity:	better than -70 dB
출력 independence:	Less than 50 Ω
전원:	
전압:	100V/220VAC or ± 18 to ± 20 VDC
소모전력:	Less than 30W
출력: Single:	± 10 V
	Differential: ± 20 V
환경 온도 범위:	$> \pm 12^\circ$ C
	-20° C to 60° C
중량:	18 kg

나. 지진계 기록계

(1) 개요

현재 광역주기 지진계의 기록계는 Akashi사에서 무료로 대여하여 사용하고 있다. 광역주기의 자료를 기록하기 위해 2 개의 기록계를 사용하여 단주기와 장주기를 따로 기록하는 방식이다. 이는 일반적으로 생각되는 한 개의 광역주기 기록계와는 차이가 있다.

단주기 지진 자료를 기록하는 SMAC-K와 장주기 기록계인 JTS-R로 구성되어 있다. 단주기 지진계 SMAC-K는 강진 운동을 기록하는 가속도 기록계로 가속도 센서로 (XYZ 3성분, 최대 가속도 200 gal)로 구성되어 있다. 반면에 장주기 기록계 JTS-R은 지면의 속도를 측정하는 속도 기록계로 2성분 (XY)의 경사 (tilt) 센서와 3성분 (XYZ) 속도 센서로 구성되어 있다. 두 지진계는 주파수 영역이 다른 지진을 탐지하는 센서 외의 다른 장치는 거의 동일한 규격을 가진다. 즉 A/D convert (24 bit), PCMCIA ATA flash memory card (10MB), 디지털 프로세서 DSP, 마이크로프로세서 유닛 MPU, 위치 결정 시스템 GPS, 통신 포트1과 포트2 (표준 RS-232, 최대 전송속도 38400 bps), 백업 전지 (단전시 3시간이상 전원 공급), 버퍼 출력, GPS의 시작 출력, 정보 출력 등이다.

통신 포트1은 각 지진계의 설정값을 변환할 때 사용하며, 포트2는 저장장치에 기록된 자료를 전송 받을 때 사용한다.

(2) 구성 (configuration)

SMAC-K와 JTS-R는 형태가 비슷하기 때문에 공통되지 않은 것만 따로 괄호안에 해당 기록계를 표시함

가) 본체

- PCMCIA flash card (10MB)
- Mother board (전원 조절과 출력 회로 포함)

- CPU board (통신 포트 포함)
- I/O board (PCMCIA 인터페이스 & 정밀 시계 포함)
- DSP board (floating decimal point 처리 기능)
- A/D converter board (calibration 기능 포함)
- GPS 수신기

나) GPS 안테나와 케이블 (lightning arrester 포함)

(3) 사양 (specification)

가) PCMCIA ATA flash memory card

- 저장 매체: ATA flash memory card SDP3B (SanDisk 제작),
100000번 읽고 쓸 수 있음
작동 온도: 0~60 °C
- 기록 지속시간:
SMAK-C : 70분 이상 (100 Hz, 6 채널)
JTS-R : 300시간 이상 (1 Hz, 3 채널)

나) Mother 보드

- 입력 전원 조절회로
입력: +15 Vac, +15 Vdc와 +12 Vdc (내장 전지 또는 외부전원)
출력: +15 Vac (또는 내장전지 이용시 10.5에서 13.7 V)
- 전원공급장치
입력: +5 V (내부 디지털회로)
±15 V (내부 아날로그 회로)
±12 V (pulse moter)

출력: 15/18 V (driving pulse moter; 변환용)

다) CPU 보드

- Quartz 에러: 1 ppm 이하 (모든 온도 범위에서)
- 통신 포트: 2 개 (FIFOx2를 포함하는 UART 16C550)
 - 표준 : RS-232C 일치
 - 전송속도 : 384000, 192000, 9600, 4800, & 2400 bps
 - 문자 길이 : 8 bit
 - 패리티 : 1 bit
 - 전송자료 형식 : ASCII code data
 - 지진 자료 : Binary code
 - 모뎀 명령어 : Hayes AT command
 - 통신 프로토콜 : X modem

라) I/O 보드

- 시간 에러 : 5 ms 이하
- 백업 전지 : 리튬 전지

마) DSP 보드

- 운영 유니트 : TMS320C31
- 운영 기능 : 디지털 필터

바) A/D converter 보드

- 신호 입력 : ± 10 V

· 측정 범위

SMAC-K : 2000 gal

JTS-R : 1 kine (Sensor sensitivity: 2 V/kine)

· 주파수 대역 : DC to 30 Hz

· A/D converter

SMAC-K : 24-bit $\Delta \Sigma$ type converter

JTS-R : 12-bit sequential converter

· Dynamic range

SMAC-K : 114 dB (18-bit 정밀도)

JTS-R : 66 dB (10-bit 정밀도)

· 샘플링 주파수

SMAC-K : 200 Hz, 100 Hz & 50 Hz

JTS-R : 100 Hz

사) GPS 유니트

· GPS 수신기: GN 74NNNC-N-A made by Furuno Electric Co.

수신 주파수 : 1575.42 MHz

추적 코드 : C/A code

수신 채널 : 8개 채널, 병렬 수신

최대 추적 인공위성 : 8 개

위치 측정 : All-in-view

UTC 동조 출력 : 1 ppm

(4) 설치

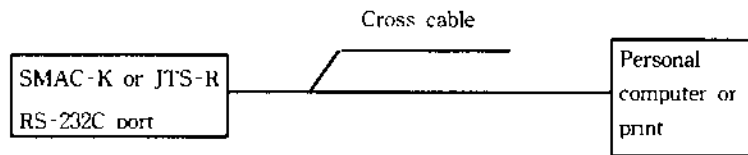
다음과 같은 장소는 피한다.

- 장시간 직사광선을 받는 장소

- 열기구 근처
 - 매연이나 연기가 발생하는 장소
 - 먼지나 습기가 많은 곳
- 가능한 환기가 잘 되는 장소에 설치할 것.

(5) 통신 방법

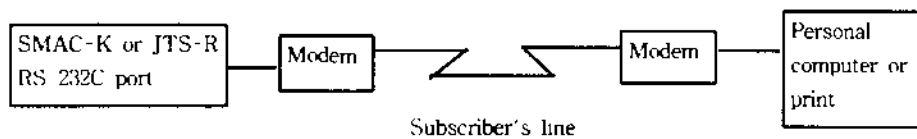
가) 모뎀을 이용한 연결



프린터를 사용할 경우에는 프린터를 연결할 실행 RS-232 cable이 필요하다. 프린터의 규격을 점검하여 모뎀을 가진 프린터와 적절하게 연결한다.

가능하면 같은 종류의 모뎀 (또는 AT-호환 모뎀)을 사용할 것. 모뎀의 설정은 모뎀 종류와 응용방법에 따라 달라지기 때문에 사용설명서를 참조하여 적절히 설정하여야한다. 모뎀이 설정되며 통신 방법을 수행한다.

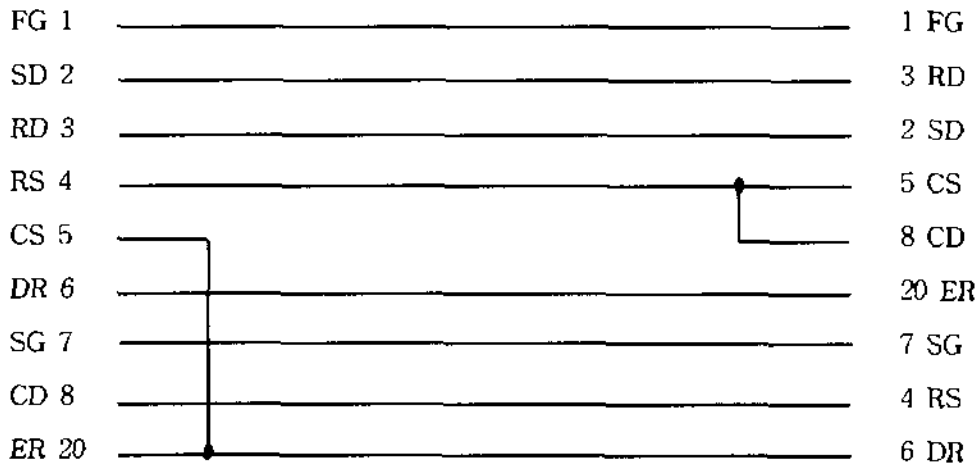
나) PC와의 연결



연결이 완료되면 PC의 전원을 켜고 통신 소프트웨어를 설정한다. cross cable의 핀 배역은 다음과 같다.

D-sub female pins (25-P)

D-sub male pins (25-P)



다) 명령어 목록 (Table 3-1)

라) 통신 방법

모뎀을 이용할 때는 관측점의 번호에 전화를 할 수 있는 소프트웨어를 사용한다 (AT 명령어를 이용). 세 번 신호가 가면 기록계와 전화로 연결된다. 기록계가 cross cable을 통해 PC에 직접 연결되면 전화는 필요없다.

통신 소프트웨어로부터 ">" (SHIFT+ *)를 보낸다.

*** Connect

Akashi Seismograph JTS-R (or SMAC K)

>

기록계는 위와 같은 메시지를 보내고 명령어가 입력되기를 기다린다. 명령어를 입력한 후 반드시 Return Key를 누른다. 각 명령어에 화면 출력내용과 의미에 대해서는 부록으로 첨부한다.

Table 3-1. Commands of communication

HLP	Command list	MCL *	IC memory card clear
END	End of communication	RUN (S) *	Forced recording
CAL *	Calibration	TCA	Terminal call
DIR	Directory	DAT	Transfer recorded data
PSW	Password	RST *	Reset system
STA	Status (with directory)	SEC *	Time adjustment
SET *	Start level	STP *	Stop level
ECT *	Recording time	TID	Send time
TRE *	Earthquake/model priority	BCS	Data transfer check sum
DAL	Dial number	MAX	Maximum value transfer
ATD	Dial line	BAU	RS-232C transfer rate
ECH *	Echo	VER *	Software version
CAM *	CAL mode	DEL *	Delete last file
DLY *	Delay time	SAMP *	Sampling frequency
TAV *	Average trigger	TCO *	Trigger channel (ON/OFF)
TRG *	Trigger mode	RSCS *	rts/cts on/off
CAT *	Calibration time	CAC *	Automatic calibration time
IDN *	ID number (Site number)	ATC	modem initial setting
DSS	A/D converter status	ADOF *	Execute A/D offset
DRST *	Reset A/D	FULS *	Full scale
MDMC	modem initialization time	POWD *	Power failure time
STD	Status (with no directory)	RCD *	Forced recording stop
SWEP *	Sweep check	STRG *	Super trigger
ZERO *	Start second	INIT	Initialize all settings
BOOT	Boot ROM/application start key	FLTD *	Set filter
RELL	Set relay signal	SHDN *	Shutdown time
RMOD	Switch recording mode		

현제 지진계 설치에 있어서 가장 문제가 되는 몇 가지 사항이 있다. 첫째는 기록계이다. Akashi에서 무상으로 대여해준 기록계는 하나의 광역주기 전용 기록계가 아닌, 단주기와 장주기용 기록계 2 대로 구성되어 있다. 때때로 제한된 두 대의 기록계로 광역주기 때역을 모두 충족시킬 수 있는 지에 강한 의문이 있어 제작사에 대한 해명과 개선을 요구한 바 있다. 두 번째는 소프트웨어

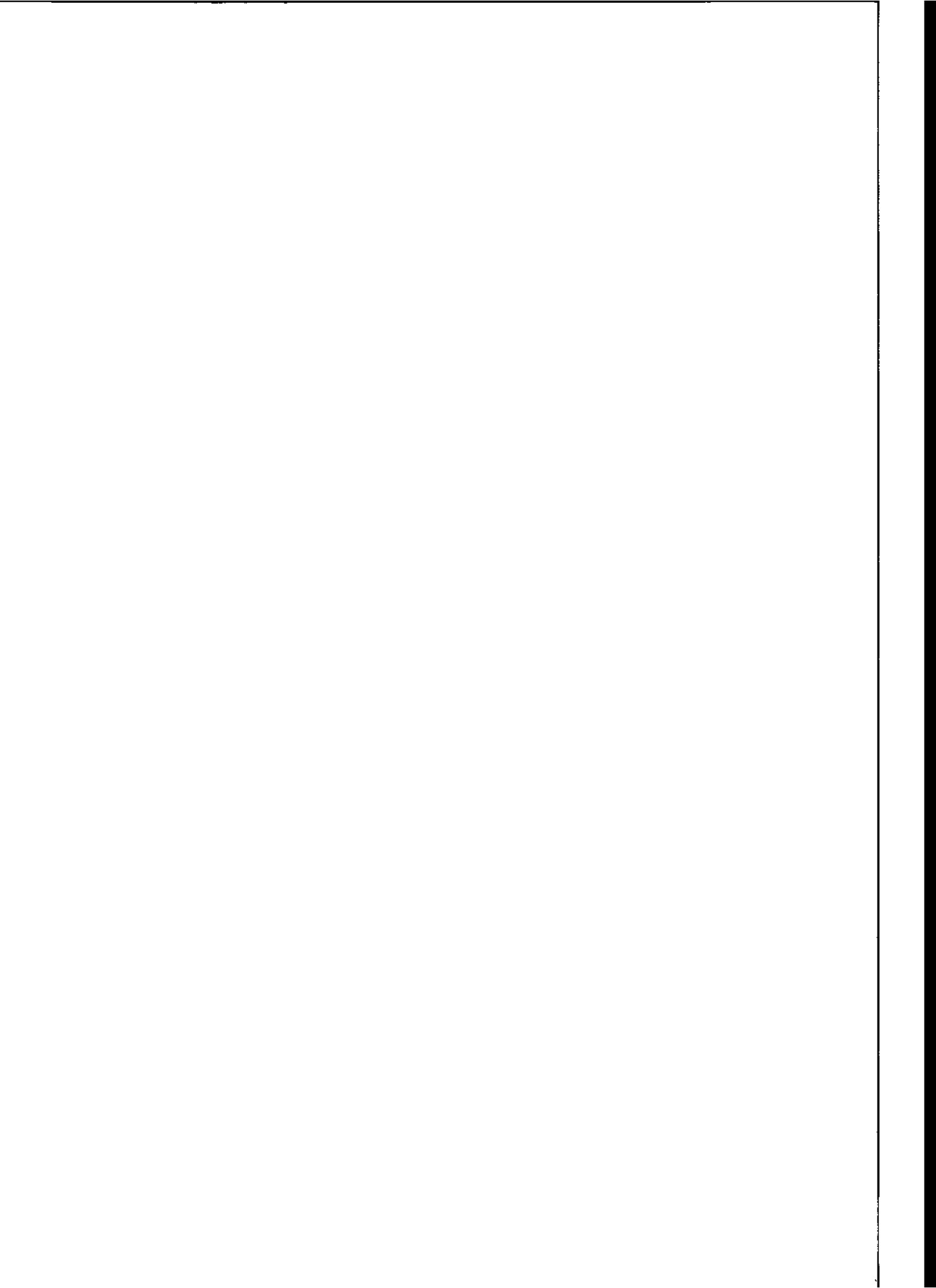
문가를 둘러싸고 광역주기와 단주기용 기록계와 기록 데이터를 처리하는 소프트웨어를 구입하지 않았다. 제작사와의 계속된 접촉을 통해서 1999년 6월 다시 한번 전 지진계는 케이블과 통신 및 자료처리 소프트웨어의 미비로 완벽한 설치는 이 1999년 4월 제작사의 기술자를 초빙하여 지진계의 설치를 실시하였다. 하

았어서는 아직 미비한 점이 있다는 언급하였다. 좋은 성능을 가진 것으로 평가되었지만, 기록계와 자료처리 소프트웨어를 요망하였다. Kamiuma 박사는 답변을 통해 지진계 센서 부분은 자체의 검증하고자 일본 극지연구소의 Kamiuma 박사에게 이 지진계에 대해 개척하기 위해 파격적인 가격과 편의를 제공한 것이다. 계기의 성능을 좀더 Akashi는 지진계 제작 역사가 짧은 회사로 인정 국가인 한국으로의 판로를 여한다는 조건으로 광역주기 지진계 센서부분을 최종적으로 구입하였다. 부분은 가능하다는 회신을 받았다. 이에 Akashi에 기록계를 1년동안 무상대 단 중 일본의 지진계 제작사인 Akashi로부터 현재의 예산으로 지진계 센서 구입할 경우를 거의 내지 못한 형편이었다. 여러 제작사에 자료를 문의하 하기에 는 턱없이 모자라기 때문이다. 유수한 세계적인 지진계 제작사의 제품 예산의 부족이었다. 이 사업에 배정된 예산은 광역주기 지진계 시스템을 구입 지진계 전 시스템을 구입해야만 되었다. 이를 실현시키는데 가장 큰 문제는 제작사와 협의했지만, 불가능한 것으로 최종통보를 받았다. 따라서 광역주기 다. 일차적으로 현재의 단주기 시스템의 기록장치를 이용할 수 있는 방법을 전시스템으로 교체하기 위한 구체적인 작업을 1998년 가을부터 시작하게 되었 이 사업을 수행하게 됨으로써 세종기지의 지진관측 시스템을 광역주기 지

웨어의 문제이다. Akashi사에서 제공한 소프트웨어는 일본 PC환경에서 작동 되도록 되어있기 때문에 사용이 불가능하고, 일본어로 제작되어 매우 불편하다. 이에 대한 개선된 영문판 소프트웨어를 또한 요구하였다. 세 번째는 당국 현지에서 설치시 관측점에서 연구동까지 장거리 구간에 대한 연결문제이다. 양의 두가지 문제가 우선적으로 해결된 이후에 최근한 문제이기 때문에 아직은 이에 대한 해결을 미뤄놓고 있다. 이런 몇 가지 문제는 전문가를 불러 해결할 것이다.

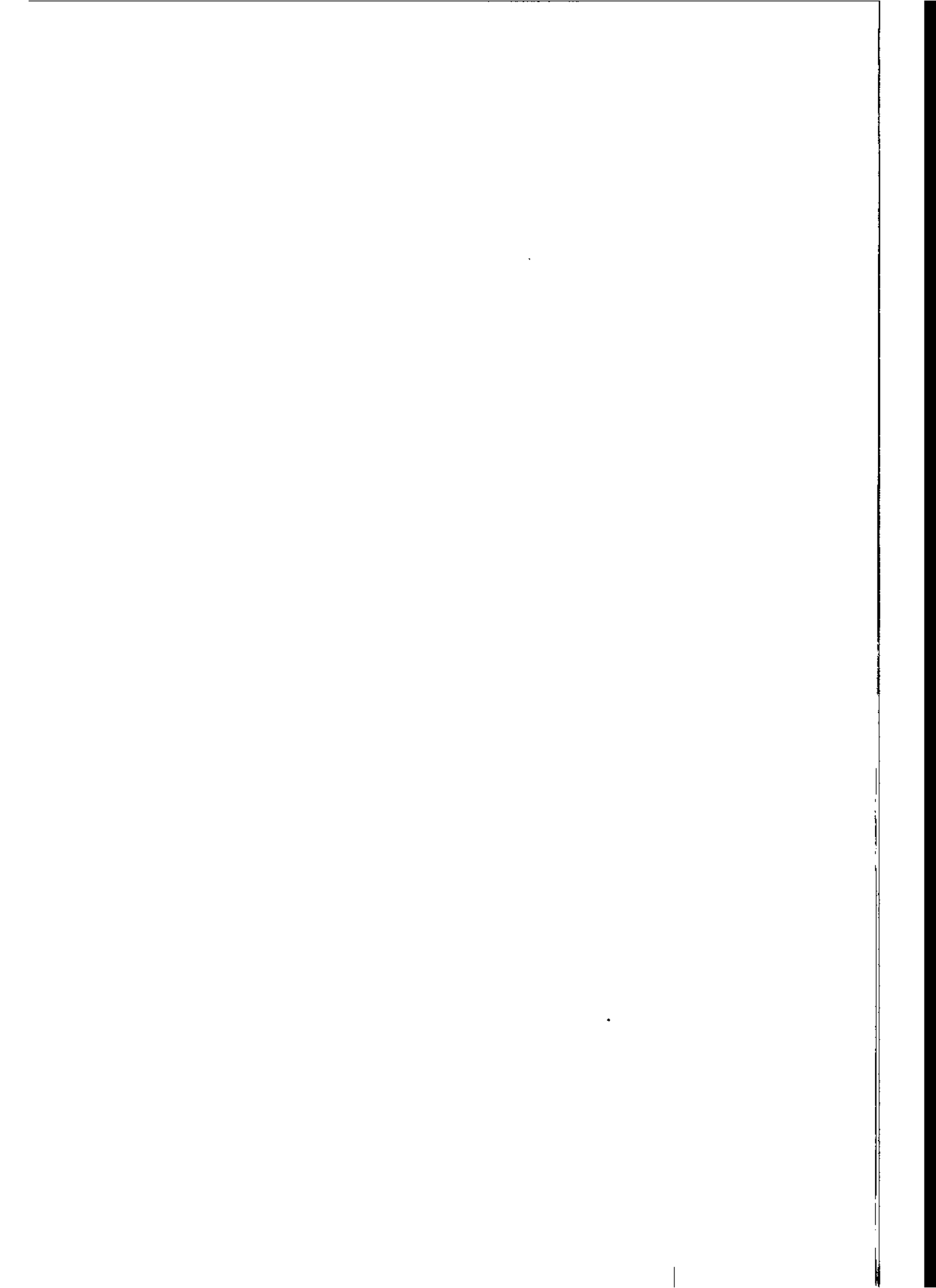
당국 세종기지에 설치 전에 충분한 시험 가동을 통해 장비의 운영, 유지, 문제 발생시 대처에 대한 능력을 충분히 향상시키기 위해 연구소 내에서 운영년의 시험기간을 예정하였으나, 6월 현재까지 정상 가동을 하지 못한 상태이다. 물상적으로 당국 학계연구를 위해 물품을 발송하는 시기가 9월만에서 10월초이기 때문에 앞으로의 지진계 설치 및 운영 일정이 순조롭다고 하더라도 3개월이 채 되지 못할 것으로 추정된다. 따라서 아직 확보하지 못한 기록을 구입한 후 충분한 시험 운영을 한 후 세종기지에 투입할 예정이다.

현재 당국 스프리아해 지역의 광역주기 지진관측망 국제공동협력 사업이 진행중이기 때문에 이에 반박할 수 있도록 광역주기 지진계 설치작업을 진행할 계획이다. 이와 관련된 국제 학술회의가 1999년 10월에 이탈리아에서 개최될 예정이다.



제 4 장

지자기 모니터링



후 획득한 지자기 자료의 분석을 자세히 기술하고자 한다. 이러한 연구를 토대로 이제 본격적인 남극 지자기 자료의 획득과, 동 자료의 분석을 통하여 남극에서의 지자기 일변화·년변화 연구는 본격적으로 수행될 수 있을 것이며, 극지에서의 지자기 관측자료가 국내의 동 자료와 비교·

가와 함께 세운기 지 현상에서 수행했던 작업내용, 절대 자력 측정, 1994년 이 새로운 공업방법에 대해 정리하고, 1998년 12월에 USGS로부터 파견된 전문 이번 보고서에선 최근에 이루어진 지자기 관측 시스템의 점검 및 보수와

에 안정적이고 견실한 관측 시스템을 구축하는 노력이 필요하다. 간동안 자료의 획득이 이루어지지 않아 지속적인 연구에 큰 차질을 주기 때문 비가 유지되기 때문에 문제발생시 전문가가 파견되는 다음 하계기간까지 장기는 남극의 특성상 관련장비의 전문요원이 아닌 활동 연구원에 의해서 관측장치는 문제가 발생하였으며, 시스템의 전체적인 점검과 보수가 요구되었다. 이었다. 하지만 현재 10년이 되면서 장비의 노후화로 인한 부품교체 등과 같은 동적인 사유로 정상 작동이 지연되었지만, 이후 정상적인 자료획득이 이루어 이 지자기 계는 설치 초기인 1990년부터 1992년에는 설치상의 여러 가지 기

이용된다. 값을 설정하는데 사용되며, 지자기 탐사시 지구자장의 변화를 보정하는데도 부분구 및 고출대기 연구의 기준자료로 활용됨은 물론, 국제 표준값인 IGRF 지자기 관측망의 일원으로서의 역할을 수행하고 있다. 지자기 자료는 지구 내 하고 있으며, 인공위성을 통해 실시간으로 USGS로 자료를 보내주어 국제적 시간 기록계로 구성되어 있다. 총자력값, 성분별 자력값, 복각, 편각 등을 측정 계인 전자력 측정장치, 절대 자력값 유지를 위한 Theodolite D/I Meter 및 Core Fluxgate 자력계인 H-D-Z의 세 성분별 지자기 측정장치와 Proton 자력 1990년 미국 USGS를 통해 설치된 세운기지의 지자기 관측 시스템은 Ring

1. 서론

제 4 장 지자기 모니터링

연구됨으로써 지역에 따른 지자기 변화연구가 활성화될 것이다. 또한 지자기 자료는 세종기지에서의 무선통신 이용과 관련하여, 자기권 및 전리층의 변화 상태 파악등 지자기 연구의 활성화에 기여할 수 있을 것이다. 세종기지에서 절대 자력측정이 이루어지면 남극반도 북부지역에 존재하는 유일한 전세계 지자기 관측망인 INTERMAGNET의 정식 관측소로서의 위상을 높일 수 있고, 획득자료를 당당히 제공할 수 있을 것이다.

2. 지자기 관측 시스템 구성

남극 세종기지에 설치되어 있는 지자기 관측 시스템은 크게 세 부분으로 구성되어 있다. 첫 번째 부분은 지자기 성분을 감지하는 센서 부분으로 성분별 및 전자력 센서와 보정용 D-I Helmholtz 코일장치이다. 또 한 부분은 주 획득장치로 관측동 실내에 설치된 MCM (Synergetics, 1986), Transmitter (Synergetics, 1982), GIM(Synergetics, 1991a), DIDD, Terminal Junction, 전자력 지자기계(EG&G, 1984) 및 Power Relay Box, Fluxgate Interface Box(NAROD, 1988) 등으로 구성되어 있다. 마지막으로 이를 제어하며 조정 및 자료저장을 위한 PC와 Monitor 및 기록계, 그리고 획득되는 자료를 실시간으로 INTERMAGNET에 전송하는 안테나로 구성되는 주변장치가 있다. 이상과 같이 각 장치들을 중심으로 상호 연결되어, 정상 관측장비(24시간 지속관측)로서의 지자기계 시스템이 구성되며, 각 장비의 구성체계는 Fig. 4 1과 같다.

가. Fluxgate 지자기계

- 3 성분 센서 (수평 2, 수직)

variometer resolution limit 0.01 nT in each axis offset field step size

327.66 nT nominal, range limits +/-2 X 327.66 nT

operation from nominal +/- 12 Volt batteries

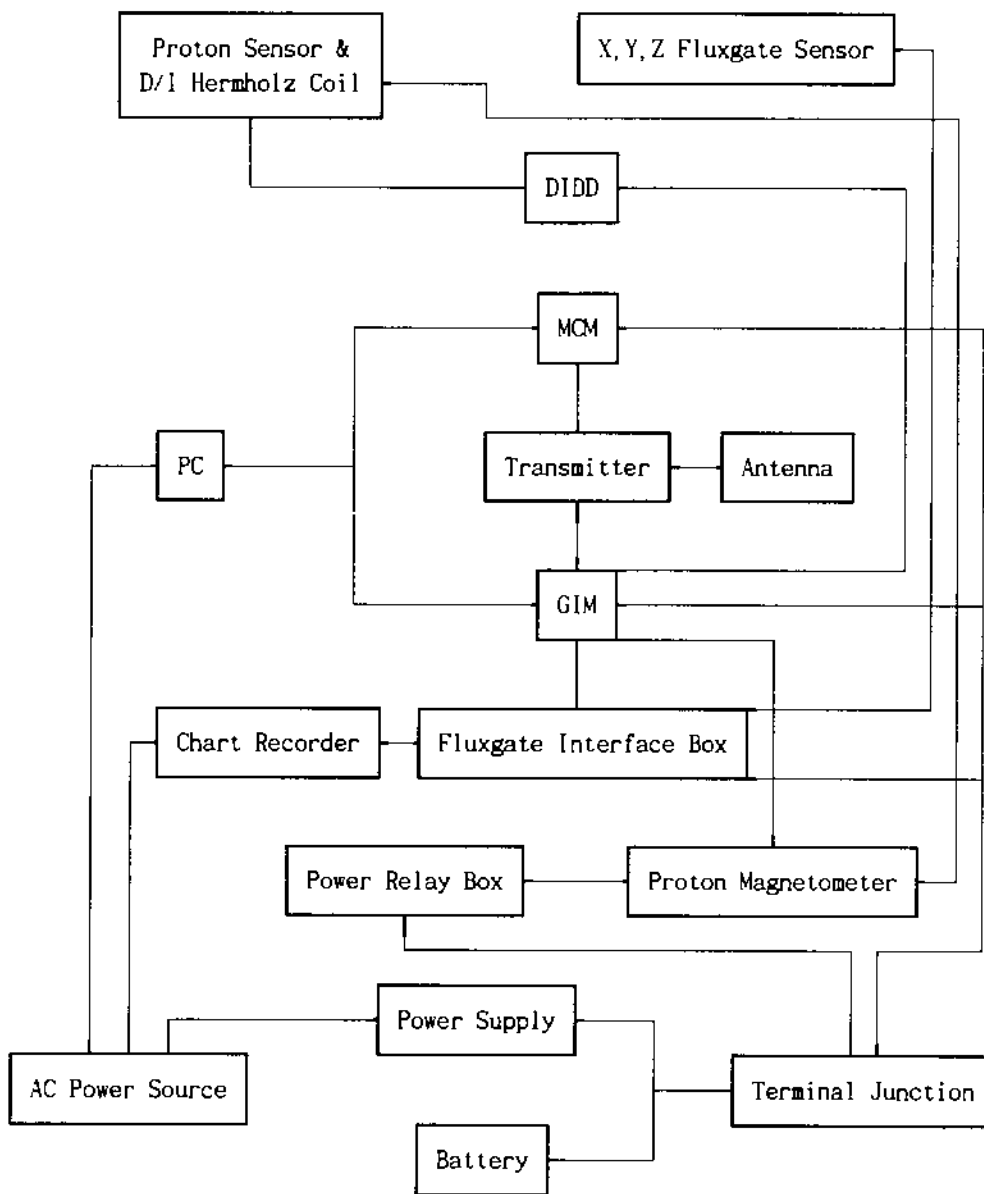


Figure 4-1. Schematic diagram of geomagnetometer system

- OBM subsystem
- stand-alone version
- bandwidth : -3 dB at 50 Hz, second order rolloff
- sensitivity : 100 nT
- output range : +/- 10 Volts
- offset range : +/- 70,000 nT
- offset stability(sensor and electronics) : less than 0.010 nT/day
: +/- 10 ppm/deg
- offset stability(sensor only) : +/- 1 ppm/deg
- offset accuracy : +/- 5 % (estimated)
- noise (equivalent input) : less than 5×10^{-5} nTnT/Hz at 1 Hz
- zero level drift (electronics only) : less than 0.07 nT/deg
- offset data : S-100/IEEE-696 output ports seven in sequence
- Maximum sensor cable length : 10 m or greater than 150 m

나. Proton 지자기계

- 표시 : size digit display, additional tree digit display
- 정밀도 : 0.1 gamma in average conditions
- 절대 정확도 : onc gamma
- 시계 : julian clock with stability of 5 seconds per month
- 튜닝 (tuning) : 20 to 90 kilogammas
- gradient tolerance : to 5000 gammas/meter
- cycle time : complete field measurement in tree seconds
- 메모리 : more than 1000 readings, allowing storage of over 2500
reading
- 출력 : data out in standard RS-232C format at selectable baud rate
and in real time byte parrallel
- 입력 : an external sample command

- 특수기능 : adjustment of polarization time and count time to improve performance three count average, choice of lighting display
- 전원 : operates from 8 D-cell flashlight batteries or 18 Volts external power

다. Master Control Module(MCM)

- 중앙연산처리장치 (CPU) : 8-bit 6802 with transparent high speed
- 메모리 : up to 61568 bytes, RAM/PROM/EEPROM/EEPROM as required

- 외부 입출력 (external I/O)

power available : VBB : 4 Aamps, maximum

: +5 C : 100 mA, maximum

analog input channels : input voltage range : -2.0 to +7.0 VDC

input conversion range (differential) : 0 to +5.0 VDC

resolution : 8 bits

absolute accuracy : +/- 1 LSB, typical

input impedance : 10 MΩ, nominal

digital I/O : fully S-34 compatible

: device addressing : 0 - 7 read

: register addressing (each device) : 0 - 7 write

- 프래그램 입출력 (programmer I/O)

electrical interface : RS-232C

handshake support : DTR,CTS,RTS

wake control : positive transition on DTR

baud rate (software selectable) : 110 - 9600 baud, nominal

mode : full duplex

terminal power available : +5.0 VDC, 500 mAmp, maximum

- Front panel I/O
 - wake control : activate button
 - display : active LED
- calendar clock : 128 years with leap year settable YR, MO, DAY,
HR, MIN, SEC
- alarm clock : automatically wakes MCM if in sleep mode
- auxilliary hardware timer : interrupts CPU controlled frequency
- external clock reference requirement
 - frequency : 3.0 MHz, nominal
 - input level : 0 - 5.0 V
 - duty cycle (square wave) : 50 % - 10 %
 - input impedance : 74C244 CMOS gate
- power requirement
 - input voltage : 10.5 - 15.0 VDC
 - input current :
 - sleep mode : +5.0 mA, typical
 - wake mode (memory dependent): 200 - 300 mA, typical
- interface connectors
 - reference input : con-hex jack
 - power in : Weidmuller SL-2
 - S 34 bus : 3M-3494-1002
 - RS 232C port : AMP 206486-1

라. 송출기 (Transmitter)

- output characteristics
 - frequency range : 401.7010 - 402.0985 MHz
 - channel spacing : 1.5 KHz
 - domestic GOES DSC channels : 1 - 199

international GOES DSC channels : 200 - 266

combined frequency stability : +/- 400 Hz

phase noise (2 B = 20 Hz) : 3° rms, maximum

power output (ALC, adjustable) : 2 - 13 watts

power output stability (11 - 15 VDC) : +/- 0.5 dB

VSWR : 1.50

modulation : type : PSK

index : +/- 60 °

stability : +/- 5 °

- power requirements

input voltage range : +10.5 - 15.0 VDC

input current, main power input : quiescent mode : 20 μ A

standby mode : 600 mA

transmit mode : 1.5 - 3.1 Amps

S-34 power consumption : 0 - 100 μ A

- fail safe protection : maximum transmitter on time : 240 sec

: minimum transmitter off time : 70 sec

- internal reference oscillator output

frequency : 3.000 MHz

waveform : square wave +/- 5 %

amplitude : 0 - 5 V, +/- 2.5 V

output impedance : CMOS gate

- control interface : S-34 slave

device codes : 10-1F hex

device type : 01 hex (specifies to MCM)

- auxiliary outputs : external PA power (fail safe protected)

- interface connectors : RF out : type N jack

: reference out : con-hex jack

: power in/auxiliary out : SL-4

: S-34 bus : 3M-3494-1002

마. Geomagnetic Interface Module(GIM)

- CPU : 8/16 bit V25 CMOS microprocessor
- memory : RAM : 256 KB static low power RAM
 : ROM : 64 KB low power EPROM
- analog inputs : 16 differential channels
input voltage range : +/- 4.75 VDC
resolution : 16 bits
absolute accuracy : +/- 0.6 mV
input impedance : > 5 G Ω
common mode rejection ratio : 114 dB
- digital input : 3.9 bit inputs
1 volt level : +3.25 V to +5.2 V
0 volt level : -0.2 V to +1.2 V
- power control : 3 solid state switches
maximum voltage : 24 VDC
maximum current : 400 mA continuous, 1200 mA pulsed
on resistance : < 3.3 Ω
off resistance : >600 k Ω
- serial I/O : 2 RS-232C DTE ports
bit rate : 300 to 9600 bps
- internal time base : frequency : 4.194 MHz
 long term accuracy : -15 to +10 ppm
- power requirement : supply voltage : 11 to 15 VDC
 supply current : 90 mA typical, 120 mA maximum

바. 기타

이상과 같은 주요 관측장비 이외에도 주전원을 공급하는 변압기(SOLA class 086, 110 VAC->12.5 VDC, 150 watts), 실시간으로 측정값을 기록하는 기록계(DASH-IV, analog strip recorder), 획득된 자료를 Transmitter로부터 GOES 위성으로 송신하는 안테나(18B Yagi antenna)등 다수의 주변장치가 있으나, 이러한 장비에 대한 특성의 기술은 생략한다. 한편 INTERMAGNET상의 하나의 관측소로서 남극 세종기지는 앞절에서 설명된 바와 같이 관측자료가 GOES W 위성으로 자동 송신토록 작동되며, 이때 INTERMAGNET로의 송신을 담당하는 안테나는 위성의 위치에 따른 올바른 방향의 설정이 필요하다 (Synergetics, 1991b).

3. 지자기계 시스템 운영 방법

가. 정상 관측

(1) 관측소 점검

관측 운영자가 관측소에 도착하면 반드시 다음 사항을 점검한다.

관측소가 안전한가?

- 외부의 침입자 (동물, 사람 등)가 있었는가?
- 전기 계통의 장비 부근에서 어떤 냄새 (타는 냄새, 동물 냄새등)가 나지 않는가?
- 실내 온도가 정상보다 높거나 낮지 않는가?

이전 방문시 기억하고 있는 모든 것이 있는가?

일상적인 것과 다른 것이 있다면, 세밀히 조사하고 조치하라.

(2) 관측 일지 작성

모든 사항이 정상이면, 관측일지를 작성한다. 관측일지는 Fig. 4-2에 보는 것과 같은 형식으로 되어 있고, 운영자는 반드시 관측일지에 나타난 기록사항을 작성하여야 한다. 이 관측일지 작성은 장비의 이상 발생을 점검할 수 있으며, 차후에 자료의 상태를 확인할 수 있는 중요한 작업이다.

만일 지자기 시스템의 초기화가 필요하면 남극세종기지의 지자기 연구 (남상헌, 1994)를 참조하여 실행한다. 단 1998년 12월에 지자기 시스템의 전체적인 점검과 교체가 이루어져서 일부 내용이 첨가되거나 변경되었다.

관측일지의 각 기입 값을 점검하는 방법은 다음과 같다.

가) 지자기계 전용 소프트웨어인 PCPLUS를 실행한다.

나) 먼저 성분별 자력계의 S/N에 맞는 점검표를 준비하여, sheet의 일련번호를 ①에 확인·기록한다.

다) "STA"를 수행하여 GIM에 저장되어 있는 자료의 양을 파악하고 그 결과를 점검표에 기록한다.

(> STA☐, ②부터 ④까지 기록)

라) "BLO"를 수행하여, 현재 상태에서의 최종 자료에 대한 block 정보를 화면으로 출력하고, Block Time, 각 성분의 offsets, scale factor, Min 00 data, 온도를 기록한다.

(> BLO☐, ⑤부터 ⑯까지 기록)

KORDI

**KING SEJONG STATION
KING GEORGE ISLAND, ANTARCTICA**

Status of GIM Memory				Sheet No. . . (1)
First Block	(2)			
Last block	(3)			
Total No.				
Block Information		(4)		
Block Time		(5)		
Offset	C1	(6)		
	C2	(7)		
	C3	(8)		
	C4	(9)		
Scale Fac.	C1	(10)		
	C2	(11)		
	C3	(12)		
	C4	(13)		
Min. 00 Data	C1	(14)		
	C2	(15)		
	C3	(16)		
	C4	(17)		
Temp. 1, Temp. 2		(18)		
Temp. 3		(19)		
Monitoring Magnetometer				
Fluxgate	C1	(20)		
	C2	(21)		
	C3	(22)		
Proton	Batt. Volt.	(23)		
	C4	(24)		
Clock Information				
Date		(25)		
GIM	GPS Receiv Clock	(26)		
	GIM Clock	(27)		
MCM	GPS Receiv Clock	(28)		
	MCM Clock	(29)		
MCM Information				
All Test.A	Time	(30)		
	For. Pwr	(31)		
	Ref. Pwr.	(32)		
	Batt. Volt.	(33)		
	Temp.	(34)		
Recorder Information				
Test ADC	Ch 1 (C1)	(35)		
	Ch 2 (C2)	(36)		
	Ch 3 (C3)	(37)		
	Ch 4 (C4)	(38)		
	GIM Clock	(39)		
Lab. Condition				
Dry Temp.		(40)		
Wet Temp.		(41)		

Figure 4-2. Observing sheet used at King Sejong Station

마) "MON FLU"를 수행하고 값들이 2 ~ 3 회 표시되면, 곧바로 space 키를 통하여 정지시킨 후, 화면에 나타난 각 성분의 값을 기입한다.

{ > MON FLU, spacebar, ㉑부터 ㉒까지 기록 }

바) "MON PRO"를 수행한 후, 철제박스 상단의 우측에 있는 proton 자력계에 표시되는 전압과 화면에 나타나는 C4 값과 함께 기록하고 space 키로 정지시킨다.

{ > MON PRO, ㉓과 ㉔ 기록, spacebar }

* BLO에 나타난 각 offset 값으로부터 MON FLU에 나타난 field value를 계산하는 법

$$\text{Field value} = (8192 \times 0.1 \text{ nT/bin}) \times (\text{offset} - 128) + (\text{scale factor}) \times \text{min data} \quad 0.1 \text{ nt}$$

예) offset=153, scale factor=1, H1의 min data=6497인 경우

$$\begin{aligned} H1 &= \{(153-128) \times 8192 + 1 \times 6497\} / 10 \\ &= 211297 \times 0.1 \text{ nT} = 21129.7 \text{ nT} \end{aligned}$$

사) "CLO"를 통하여 날짜와 시간을 확인한다. 이는 GIM의 시계를 확인·보정하기 위한 과정으로, 사전에 연구동의 지질 및 지구물리 연구실의 GPS receiver로부터 맞추어진 시계를 이용하여, 시계를 보면서 동시에 enter를 쳐, 동시성을 유지한다. 먼저 날짜를 기록하고 시계의 시간 및 GIM 시간을 차례로 기록한다. 이때 만약 2 ~ 3 초 이상의 시간 차이를 갖는다면 점검표에서

의 기록을 종료한 후, 초기화 과정에서 설명된 "SETUP CLO"를 통하여 GIM의 시계를 수정한다.

{ > CLO□, ㉕부터 ㉗까지 기록 }

아) "MCM"을 수행하면, 우측 지자기계 철재박스 내부의 최상부에 있는 MCM의 active에 적색등이 켜지고, 화면에서는 MCM 명령어를 수행하도록 준비된다.

{ > MCM□ }

자) GIM에서와 같이 MCM에서도 시계를 보면서 "CLOCK"을 수행하여, 두 가지의 시간을 차례로 기록한다. 역시 2 ~ 3 초 이상의 시간 차이를 갖는다면, 마찬가지로 점검표에 기록이 끝난 후, MCM상태에서 "STOP", "CLOCK", "START"의 명령으로 시계를 수정한다.

{ > CLOCK□, ㉘과 ㉙ 기록 }

차) 계속해서 "A11 TEST.A"를 수행하여 자료의 전송시간 및 상태를 기록한다.

{ > A11 TEST.A□, ㉚부터 ㉜까지 기록 }

카) "BYE"를 수행하면 MCM의 적색등이 꺼지면서 GIM 상태로 돌아온다. 만약 (8)과정부터 (11)과정에 이르는 동안에 MCM과 transmitter의 active에 모두 적색등이 켜지면, 이는 자료가 전송중임을 의미하며, 이때에는 앞절에서 설명된 바와 같이 keyboard의 조작이 중지된다. 이때에는 transmitter의 적색등들이 모두 꺼질 때까지 잠시 기다린다.

{ > BYE□ }

타) GIM 환경으로 돌아온 뒤, 이어서 "TEST ADC"를 수행하여 채널별 출력전압을 차례로 확인(Ch1, Ch2, Ch3까지)한다. 곧바로 다시한번 "CLO"를 입력한 후, enter를 치고 동시에 recorder(Astro-Med사, DASH IV)에 표현되는 시간을 확인한다. 먼저 recorder에서 확인된 시간을 점검표에 기록하고, PC에서 확인된 사항들을 차례로 기록한다. 또한 GIM을 통하여 확인된 출력전압값들을 recorder에서 출력되는 기록지에도 시간과 더불어 표기한다.

- { > TEST ADC☐, 1☐,
- > TEST ADC☐, 2☐,
- > TEST ADC☐, 3☐,
- > TEST ADC☐, 4☐,
- > CLO☐, ④ 기록, ⑤부터 ⑨까지 기록 }

파) recorder의 내장시계의 오차(통상 하루에 2초 내외)를 수정하기 위하여, recorder manual 4-56쪽에 기술된 내용을 숙지한 후, 순서대로 수정해 준다.

하) 마지막으로 관측동 내부의 온도 및 습도를 기록한다.

- { ④과 ⑨ 기록 }

나. 자료 획득

남극 세종기지의 지자기계 시스템의 관측자료는 자동적으로 GIM의 ROM에 저장된다. 그러나 이러한 ROM의 저장용량 한계(256 KB)로, 지속적으로 관측되는 자료를 유지·보관하기 위해서는 일정한 시간간격 이내에서 획득 자료를 backup 받아 두어야 한다. 만약 획득되는 자료가 1분자료(매 1분간격으로 각 성분별 지자기 자료 측정)이라면 최대 저장기간은 약 13 일 정도이고, 5초자료(매 5초마다 지자기 자료 측정)이라면 저장기간이 47 시간을 넘가지 못한다. 물론 장비가 지속적으로 작동하기 때문에 측정자료는 계속적으로 ROM에 저장되지만, 이때에는 최초의 저장자료는 상실되면서 새로운 자료가

저장되는 것이다. 따라서 이러한 ROM의 저장한계 때문에 획득되어진 자료의 backup이 요구된다. 남극기지에서의 지자기 자료의 측정은 5초자료를 기본으로 하고, 이에 따라 매일 자료를 backup 받는 것을 원칙으로 한다. 만일 1분 자료를 필요로 할 경우에는 SET FLU모드에서 (13)항 변수를 변경하면 된다. 전체적인 backup 과정은 다음과 같다.

가) 점검표에 기록이 끝난 후, GIM이 on-line 상태에서,

나) backup에 앞서서 PC에서 "STA" 명령을 통하여 먼저 GIM에 저장되어 있는 상태를 파악하고, 획득·저장하고자 하는 날짜의 자료 유·무를 확인한다.

{ > STA☐ }

다) backup에 앞서 현시점까지의 backup된 자료를 확인한다. 이미 backup된 자료는 관측동 내에 3.5 inch 2DD diskette에 기록·보관되어 있다(통상 diskette 한 장에 5 일분의 획득자료 저장). 먼저 backup 받는 자료가 담길 diskette을 선택하여 끼운 후, 이미 기록된 화일을 확인한다(만약 과거의 Sanyo PC이면 B driver에는 program running을 위한 diskette(#2)가 끼워져 있다).

라) "GET" 명령을 통하여 backup 될 자료의 시작과 끝을 지정한다. 즉 해당 날짜와 분을 ":"으로 구분하고, 시작과 끝을 빈칸으로 구분한다. 통상 자료의 획득은 5초 자료가 얻어지기 때문에 최대 저장기간은 2760 분간으로 46 시간에 해당한다. 따라서 자료는 하루에 한번씩 backup 받는 것을 원칙으로 하며, 통상적으로 날짜 뒤의 분은 시작을 0000으로, 끝을 1428로 하여 날짜 별로 화일이 형성되도록 한다. 부득이한 경우에만 1분 자료로 전환하여 10 일 이내에 backup받고, 곧바로 5초 자료 획득으로 전환한다.

{ > GET 001:0000 002:1428☐ }

마) 시작과 끝을 지정한 후 enter키를 누르면 입력값에 대한 확인이 실시되고 이어서 XMODEM이 수행한다. 실질적인 GIM과 PC간의 XMODEM 수행을 위하여 "shift pgdn"키를 누른다.

(YES , shift pgdn)

마) "Download Protocols"가 가동되며 "1"의 항목(XMODEM)을 선택한다.

(1)

사) "Receive XMODEM" 상태에서 수신되어 기록되어질 파일이름을 묻게 되는데, "A:KG94010.RAW" 형태로 입력한다. 이때 "A:"은 구동될 driver 이며, "KG"는 station명으로 불변값이며, "94"는 해당년도이고, "010"은 획득자료의 julian day를 나타내며, ".RAW"는 backup 자료를 지칭하는 불변값이다.

(A:KG94010.RAW)

아) 하루 동안의 자료에 대한 backup은 수 분 이내에 완료표시와 함께 경고음이 울린 후, 곧이어 초기의 GIM on-line 상태로 되돌아간다. 만약 timeout 등의 message와 함께 전송오류가 발생하면, ESC로 탈출하여 abort message 이후, 다시 (18)과정인 "GET" 명령부터 수행한다.

자) backup이 완료되면 A driver에서 diskette을 빼내어, backup된 날짜를 diskette 표면에 기록하는 것으로 backup 절차는 종료된다.

관측일지 작성과 자료저장 과정의 한 예를 Fig. 4-3에 나타내었다.

다. 후자료처리

남극 세종기지에서 획득되는 지자기 자료는 특수한 포맷으로 구성된 디지털 자료이다. 따라서 동 자료를 이용한 본격적인 지자기 연구를 위해서는, 무엇보다도 먼저, 파일 자료를 해석 가능한 ASCII code 또는 binary code로 전

```

sta
First: 344:0732
Last: 351:1140
Count: 875
>blo
Long: 3012 Lat: 1522 Block ID=351:1140 Block Time= 351:19:00

Orientation=0 ADC Error=0 Battery=0 SSC=0 SIP=0
Offsets: C1=153 C2=128 C3=092 C4=173
Scale Factors: C1=1 C2=1 C3=1 C4=1
Indices: I1H=3 I1D=12 I3H=32 I3D=20

Minute data:
#00: C1=06747 C2=01251 C3=03715 C4=01065
#01: C1=06747 C2=01249 C3=03717 C4=01063
#02: C1=06745 C2=01247 C3=03714 C4=01063
#03: C1=06746 C2=01245 C3=03716 C4=01063
#04: C1=06744 C2=01243 C3=03714 C4=01063
#05: C1=06743 C2=01241 C3=03713 C4=01065
#06: C1=06744 C2=01241 C3=03714 C4=01063
#07: C1=06743 C2=01238 C3=03712 C4=01064
#08: C1=06742 C2=01236 C3=03713 C4=01065
#09: C1=06744 C2=01235 C3=03715 C4=01064
#10: C1=06743 C2=01232 C3=03713 C4=01063
#11: C1=06744 C2=01231 C3=03712 C4=01065

Temp1=209 Temp2=63 Temp3=84 Tilt X=32767 Tilt Y=32767
>mon flu
Units are 0.1nT --- Press any key to stop.
C1=211531 C2=1210 C3=-291220
C1=211538 C2=1216 C3=-291211
>mon pro
Units are 0.1nT --- Press any key to stop.
C4=369712
C4=369716
C4=369716
>clock
12/17/98 351:19:21:14
>clock
12/17/98 351:19:21:24
>mcm
Connect.

COMMAND? CLOCK

MON DAY YR
12 17 98
HR MIN SEC
19 22 26

COMMAND? CLOCK

MON DAY YR
12 17 98
HR MIN SEC
19 22 35

COMMAND? A11 TEST.A
DAY:17 TIME:19.17:18 FWD=40.1 REFL=0.0 BTRY=13.00 TEMP=25.52 ERROR:
1

COMMAND? BYE

BYE

Communications terminated
>test adc
Input the channel number: 1
Channel 1 reads -3473.6 mV
>test adc

```

Figure 4-3. A example of works for filling up of observing sheet and data back up

```
Input the channel number: 2
Channel 2 reads 1207.3 mV
>test adc
Input the channel number: 3
Channel 3 reads -1208.0 mV
>test adc
Input the channel number: 4
Channel 4 reads 2793.5 mV
>clock
12/17/98 351:19:24:57
>get **
Ready to receive blocks 344:0732 thru 351:1152? [Yes]:
Start XMODEM now.
XMODEM completed.
>set clock
Current date: 12/17/98
Enter new date:
Current time: 19:31:46
Enter new time: 19:32:00

>clock
12/17/98 351:19:32:10
>
```

Figure 4-3 (Continued)

환시키고, 관측자료를 손쉽게 알아볼 수 있으며 재생 가능토록 그림화할 필요가 있다. 이를 위한 과정으로서, 남극기지 현지에서 수행할 수 있도록 마련된 과정이 바로 후자료처리(post_processing)이다. 이러한 후자료처리 과정은 다음과 같다.

(1) 자료 변환

가) 자료처리 프로그램인 DCPG.exe를 실행시킨다. (이전 DCP.exe의 업그레이드 버전)

나) 처리될 파일이름을 입력한다 (예, KG98345.dat 또는 990101.raw). 출력 파일은 입력한 파일의 이름만 기입한다 (예, KG98345 또는 990101).

다) 시작 block number는 시작시점과 같은 120의 배수로 하며 끝 block number는 끝시점의 범위 내에서 시작값보다 119가 큰 값으로 한다.

라) 출력 파일이름과 시작 및 끝의 block number를 지정하면 option을 묻게 되는데, 제시되는 수행 option은 다음과 같으며, 통상적으로 남극 세종기지의 지자기계 시스템에서 획득되는 자료의 저장을 위해서는 "/wm/wl/ws" (1분 저장) 또는 "/wh/w5" (5초 저장)만 수행한다.

/c - type fluxgate
/lm - list minute data
/l5 list 5 seconds sample data
/lr - list range indices
/lb - list baseline data
/ls - list test data
/la - list additional sensor data
/wm - write minute data to disk in binary optional
/w5 write 5 seconds sample data to disk in binary ".FIV"

/wl - write minute data to disk in ASCII	“.ASC”
/wh - write 5 seconds sample data to disk in ASCII	“.AS5”
/wr - write range indices	“.IND”
/wb - write baseline data	“.CBX”
/ws - write test data	“.STW”
/wa - write additional sensor data	

마) 실행이 완료되면 “.DAT”, “.ASC”, “.LOG” 및 “.STW” 파일들의 형성을 확인한 후, 이 4 개의 파일들을 모두 각각의 subdirectory (\GEOMAG\PROCESS\DAT, \··\··\ASC, \··\··\LOG, \··\··\STW)에 복사한다. 이로써 기본적인 자료의 변환이 완료된다.

(2) 그림파일 출력

가) 이전 버전에서는 그림 파일을 출력하기 위해서는 여러 단계를 거쳐야 하는 번거로움이 있었지만, 자료 변환을 위해 DGPG.exe 파일을 사용하게 됨에 따라 “PLMINC.exe”를 이용하여 간단하게 그림파일을 만들 수 있게 되었다.

나) PLMINC.exe을 실행하면 입력 파일의 이름은 KG98465 (예), 이후 나오는 값은 begin과 end bjd로 입력한다. 이때 나타나는 값은 28465인데 이것은 98465와 같은 의미이다 (날짜의 원년이 70년 1월 1일이므로, 70000을 빼 것과 같음).

다) DCP(=0)을 설정하고 trace 수는 4로 입력한다 (c1~c4).

라) 화면에 각 성분에 대한 그래프가 나타난다. 한 화면은 24시간 (하루)의 양만을 보여준다. <Enter> key를 누르면 날짜별로 화면이 이동한다. 그래프를 통해 자료의 변동폭, 잠음 및 획득의 지속 여부를 점검할 수 있다.

마) <Shift-Z> key를 누르면 화면을 레이저 프린터로 출력할 수 있다. 자료 back up시 그래프를 작성하여 작업 일지와 함께 보관한다.

한국 세종기지에 설치된 자가 관측시스템은 미국 지질조사소(USGS)에서 제작되어 공급된 것이다. 설치와 유지에 한국해양연구소 극지연구소 극지연구센터 연구팀과 한국세종기지 활동 연구단에 의해 수행되었다. 설치 초기에 경험 및 장비 피해 부족으로 자료 획득이 제대로 수행하지 못한 적도 있지만, 이후에는 비교적 원활한 시스템 운영을 해왔다. 하지만 최근 장비의 노후화에 인력 부족 및 소프트웨어의 업그레이드가 필요한 시점에 도달하였다. 극지연구센터에서는 제작사인 미지질조사소에서 시스템에 대한 전문가를 세종기지로 초빙하여, 1998년 12월 한달동안 기지의 자가 시스템을 전 체계적으로 점검하고 부품과 소프트웨어를 업그레이드하는 작업을 수행하였다.

라. 시스템 변경사항

한국 세종기지에 설치된 자가 관측시스템은 미국 지질조사소(USGS)에서 제작되어 공급된 것이다. 설치와 유지에 한국해양연구소 극지연구소 극지연구센터 연구팀과 한국세종기지 활동 연구단에 의해 수행되었다. 설치 초기에 경험 및 장비 피해 부족으로 자료 획득이 제대로 수행하지 못한 적도 있지만, 이후에는 비교적 원활한 시스템 운영을 해왔다. 하지만 최근 장비의 노후화에 인력 부족 및 소프트웨어의 업그레이드가 필요한 시점에 도달하였다. 극지연구센터에서는 제작사인 미지질조사소에서 시스템에 대한 전문가를 세종기지로 초빙하여, 1998년 12월 한달동안 기지의 자가 시스템을 전 체계적으로 점검하고 부품과 소프트웨어를 업그레이드하는 작업을 수행하였다.

작업의 내용은 다음과 같다.

- 현재 자료 획득이 중단된 자가 시스템의 고장 원인 판명과 보수
- 현재 관측시스템의 전반적인 점검을 통해 앞으로의 고장 원인 사전 점검 및 보완.

- 업그레이드된 부품과 소프트웨어의 설치 및 테스트, 교육

- 원래 지자기 측정 시스템 구축에 필요한 제반 사항 점검 및 교육

(1) 전원 시스템

한국 세종기지에 자가 시스템용 설치한 이후 가장 큰 고장의 원인은 센서부가 위치 한 사이트의 누수와 전원 공급 시스템의 불안정이었다. 누수 문제는 센서부의 외장 케이스를 우레탄으로 제작하여 사용함으로써 해결하였다.

세종기지에서 전원 문제의 다시 두가지로 나눌 수 있다. 첫째는 매일 반복되는 발

전기 교체시 반복되는 정전 문제이다. 이는 지자기계를 포함한 연구장비, PC 및 제반 전자장비에 심각한 충격을 줌으로써 수년 동안 가장 큰 고장의 원인이 되고 있다. 따라서 고가의 연구장비에는 무정전 전원공급장치 (UPS)를 이용하여 이 문제에 대응하고 있다. 두 번째 문제로는 전원이 균질하지 못한 점이다. 실제로 98년 12월 지자기 관측동에서 측정된 AC 전원의 전압은 200 V이하의 낮은 상태를 보였다.

이런 전원 공급의 두 가지 문제를 동시에 해결하기위해 자동차 배터리를 연결하였다. 이 배터리는 전원의 공급이 차단되어도 약 2주일을 시스템에 공급할 수 있으며, 약 정된 DC 12 V를 공급해 줄 수 있다. 하지만 한달에 한번씩은 배터리의 용역상태를 점검하여 항상 일정한 성능을 유지할 수 있도록 점검해야한다. 또한 매년 새 배터리로 교체하여야 한다.

(2) Ring Core 지자기계

98년 12월 이전에 발생한 지자기계의 고장은 Ring Core Magnetometer에 내장된 card들에 고장에 기인한다. 미지질조사소의 전문가에 의해 새로운 부품으로 모두 교체되었다. 1998년 12월 현재 교체, 예비, 수리필요한 부품의 자세한 현황은 다음과 같다.

Ring Core Magnetometer의 Card 현황

1. 현재 설치되어 있는 card
 - a. #16 Filter Card
 - b. #16 Magnetometer Card
 - c. #16 Controller Card
 - d. #3 Sensor mounted in plastic box with old matching network

2. 예비 card

- a. #3 Filter Card
- b. # 3 Controller Card
- c. #15 Magnetometer Card
- d. #16 Sensor with new matching network mounted in plastic box

3. 수리가 필요한 card

- a. #15 Filter Card(OK)
- b. #15 Controller Card
- c. #3 Magnetometer Card
- d. #15 Sensor with old matching network (broken wires on sensor)

(3) 기지보유 예비품 목록

- a. Lambda Fuses- Power Supply wired for 220VAC.
- b. Maxim Serial IC for 3455
- c. DCP Fuses for modules
- d. 3455 Optoisolator and inserts for easy removal
- e. Relay and optoisolator drivers for serial link to 3455
- f. 3455 Interface Board
- g. Fluxgate 10 pin board to board cable
- h. Temperature sensor for fluxgate or DIDD
- i. Analog magnetometer cable with 4 pin input plug
- j. 2 spare fiber optic cables for FO serial link

4. 지자기 관측자료 획득 예 및 현장 사진

지자기계의 보수가 완료된 1998년 12월 10일부터 16일까지 일주일 동안 시험 가동을 통해 관측시스템의 정상 여부를 점검하였다. 이 자료는 미지질조사소로 송신 되어 분석을 통해 양호한 것으로 판정되었다. 다음 그림 (Fig. 4-4a~4-4h)들은 이 기간동안 얻어진 자료로 새로 추가된 그림 출력 프로그램에 의해 만들어진 것으로 그림 한 쪽당 1분 자료를 3 성분에 대해 하루치씩 보여준다. 가운데 표기된 5자리의 숫자는 날짜를 표시한 것으로 YYDDD (YY: 연도, DDD: Julian 날짜) 형식이다. 단 여기서 YY는 70년이 기준이기 때문에 98년인 경우 28로 표시된다. 예를 들면, 28344는 98년 344번째 날 (98년 12월 10일)을 뜻한다.

1998년 12월에 남극현장에서 실시한 지자기계 보수와 장비 사진을 Fig. 4-5에서 Fig. 4-10에 게재한다.

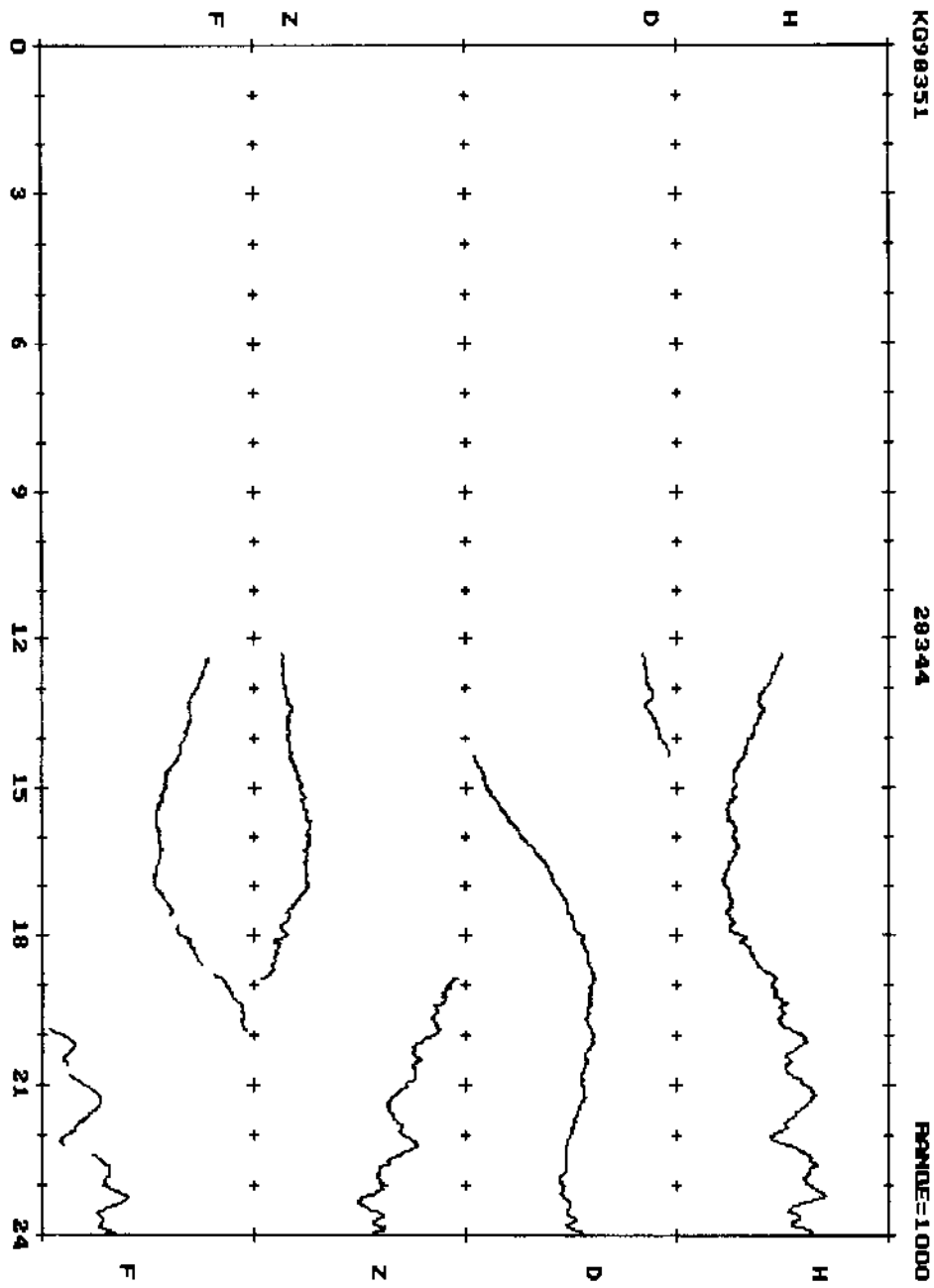


Figure 4-4a. A graph of geomagnetic data observed on Dec. 10, 1999

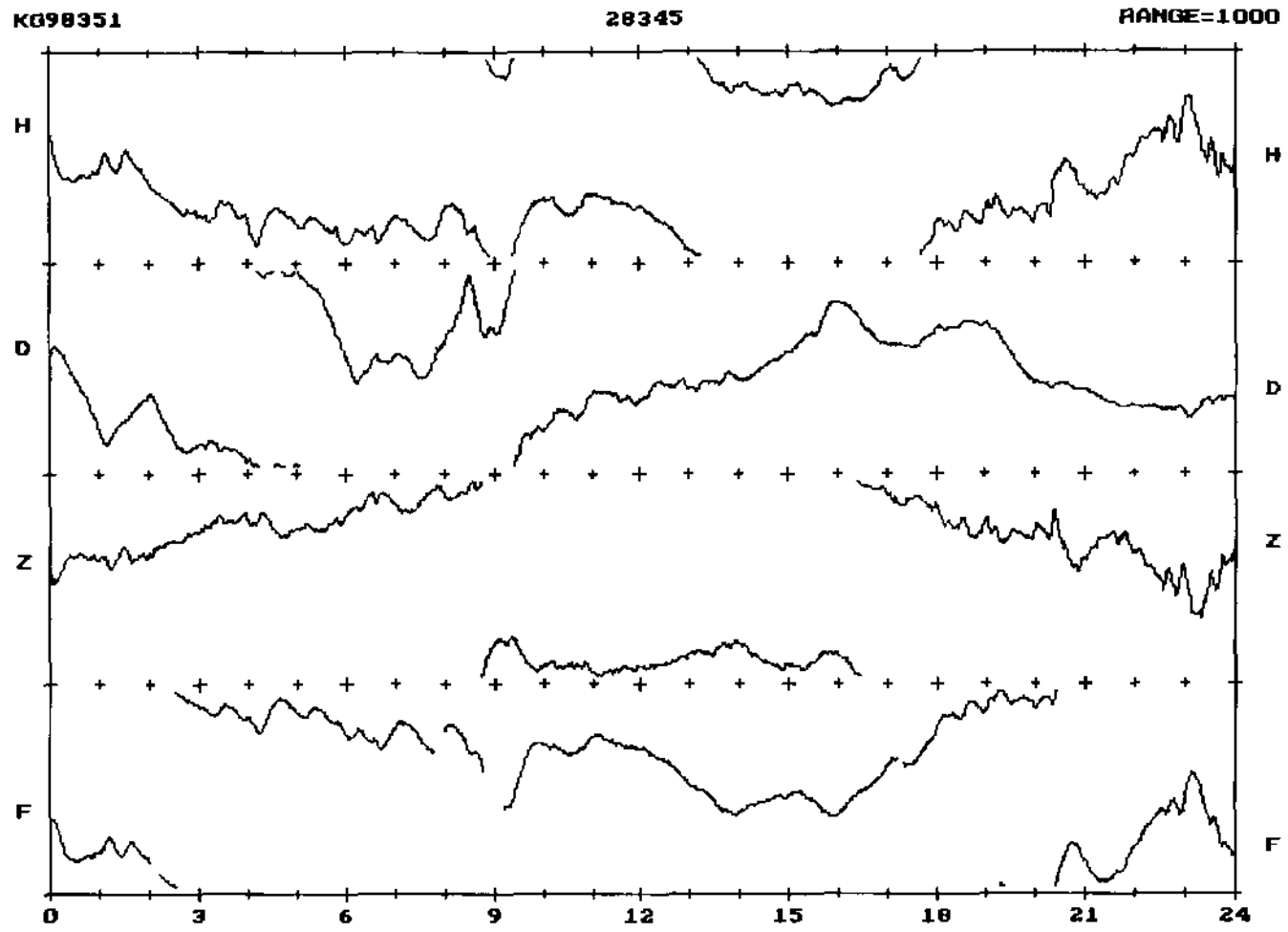


Figure 4-4b. A graph of geomagnetic data observed on Dec. 10, 1999

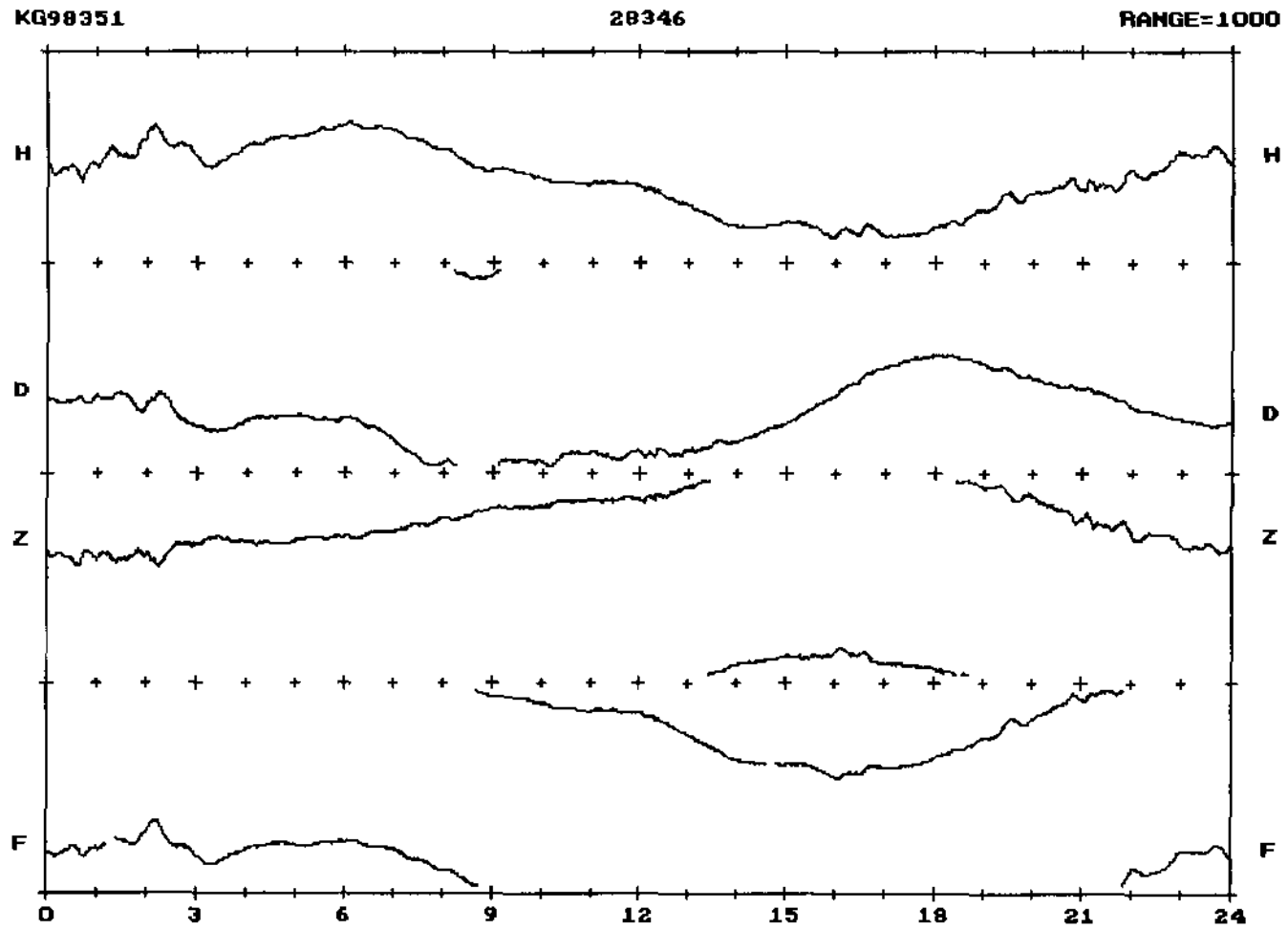


Figure 4-4c. A graph of geomagnetic data observed on Dec. 12, 1999

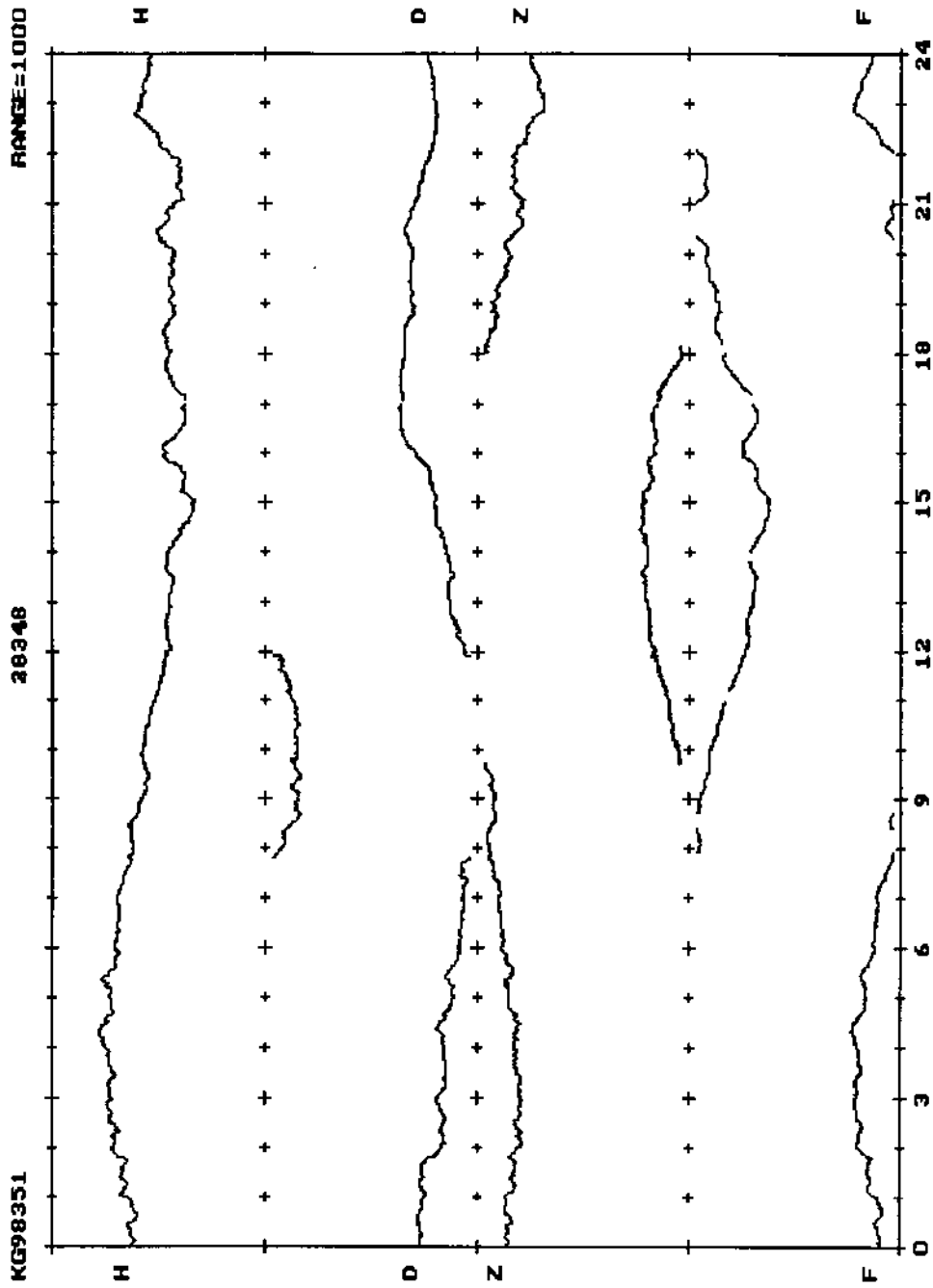


Figure 4-4e. A graph of geomagnetic data observed on Dec. 14, 1999

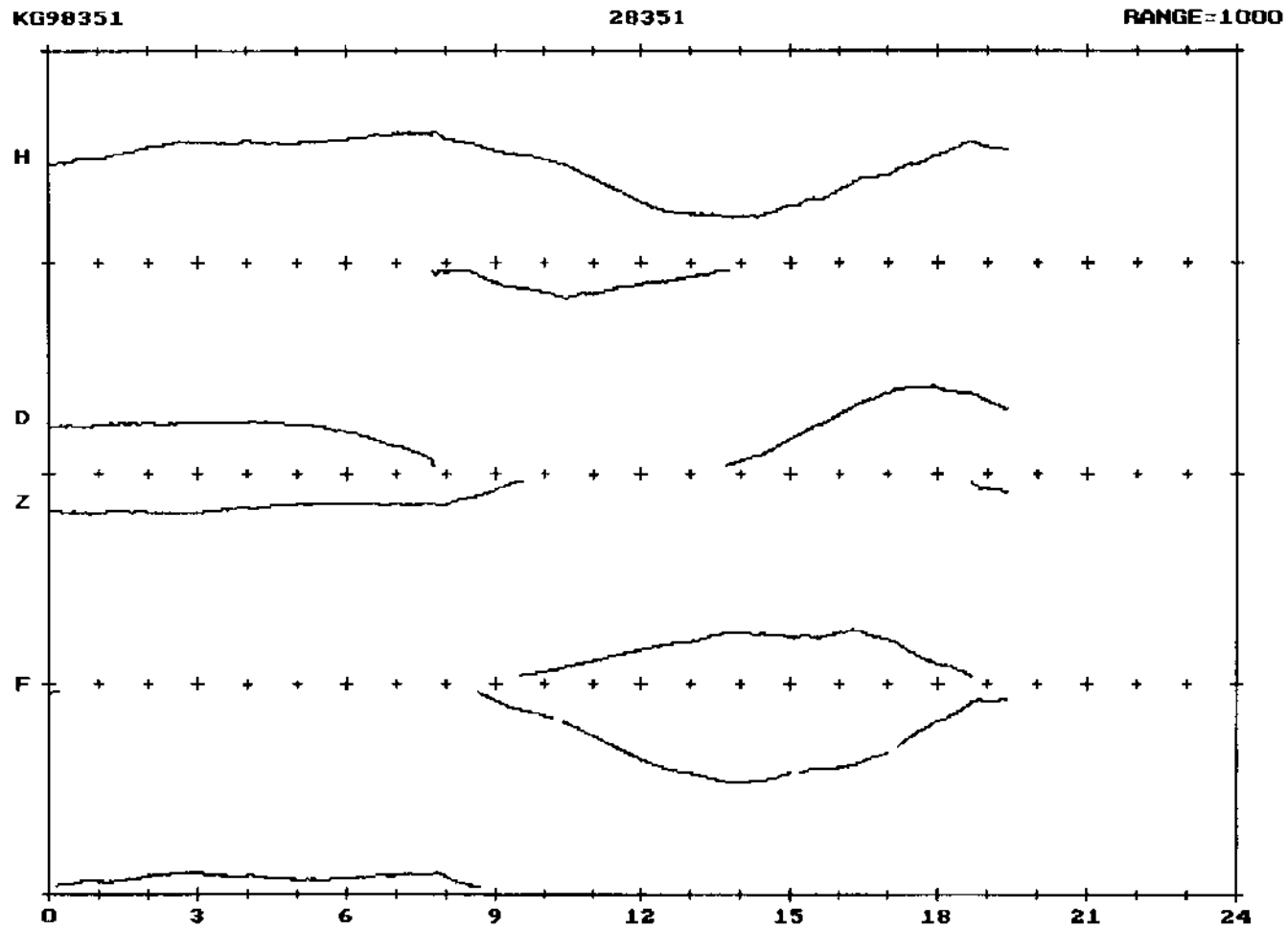


Figure 4-4h. A graph of geomagnetic data observed on Dec. 17, 1999

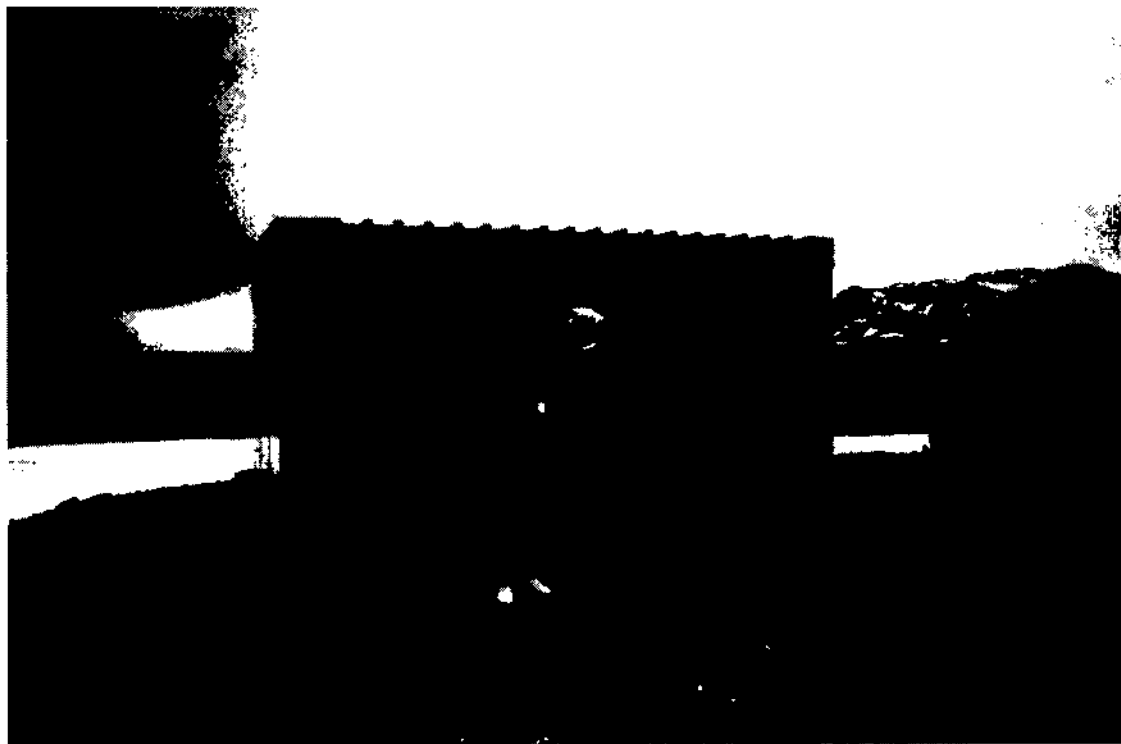


Figure 4.5. Geomagnetic observatory in King Sejong Station (Persons: Mr. Pankratz and me)

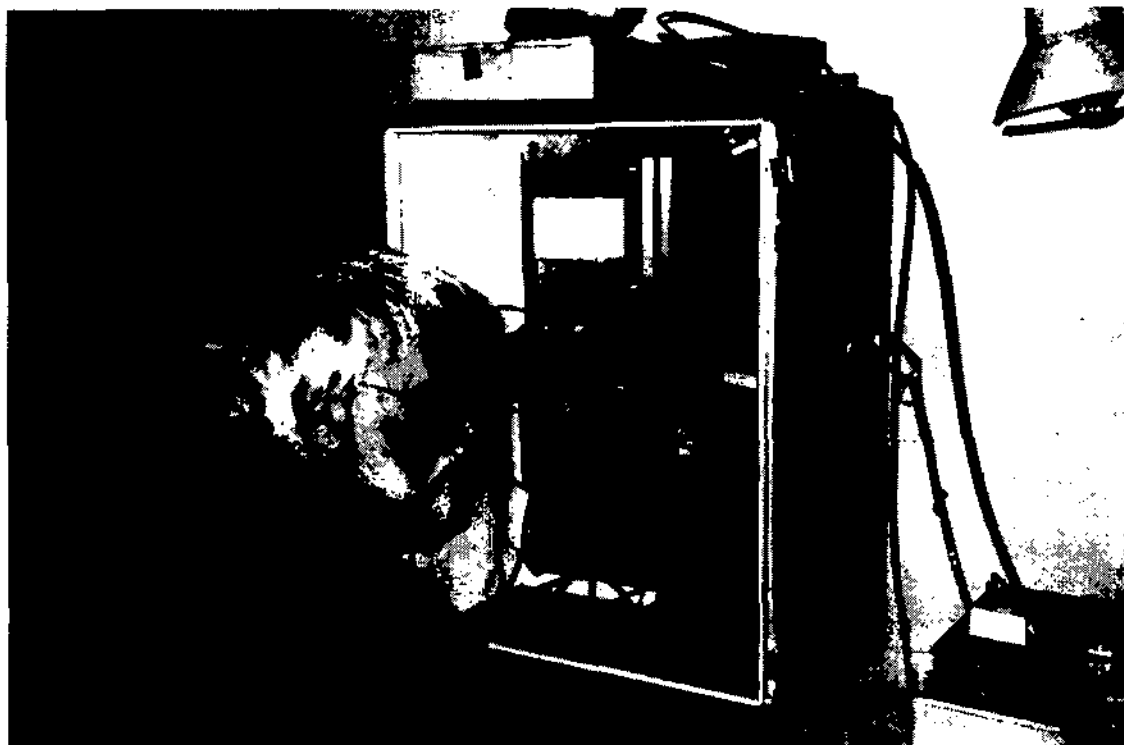


Figure 4-6. Repairing and replacement of main system in observatory

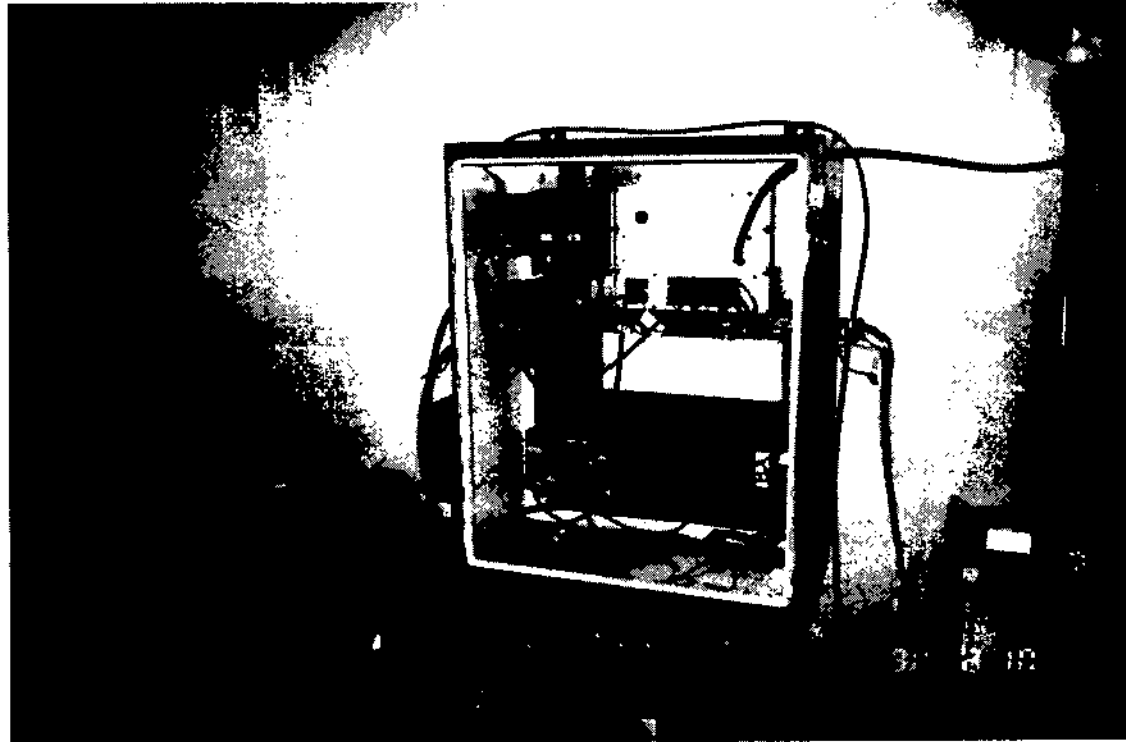


Figure 4-7. Feature of main system, including MCM, GIM, Transmitter DIDD, Terminal junction, Proton magnetometer, Power box, Fluxgate Interface box, after complete repairing

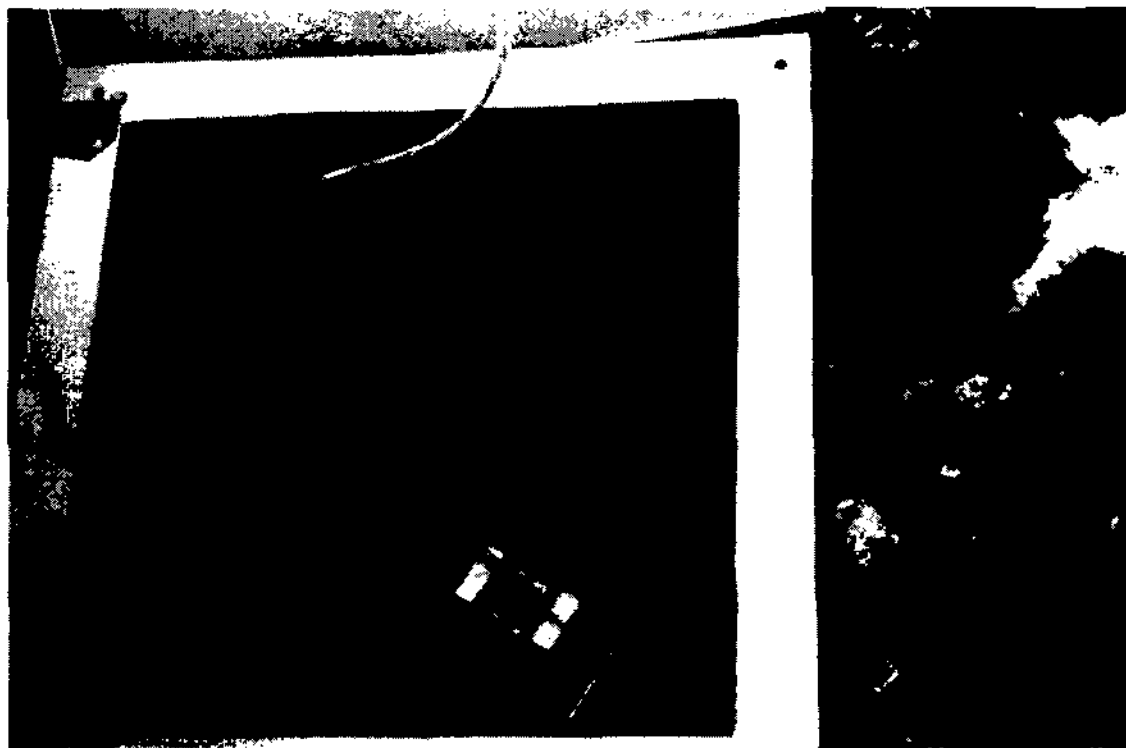


Figure 4-8. Fluxgate magnetometer sensor

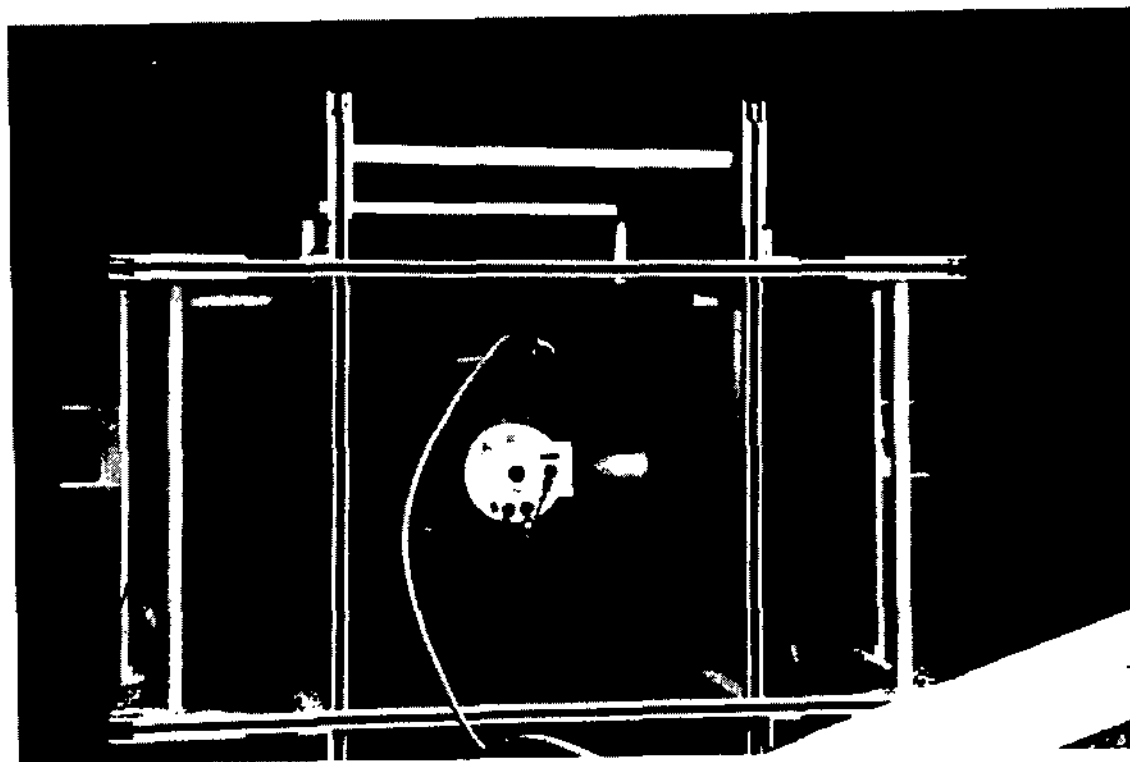
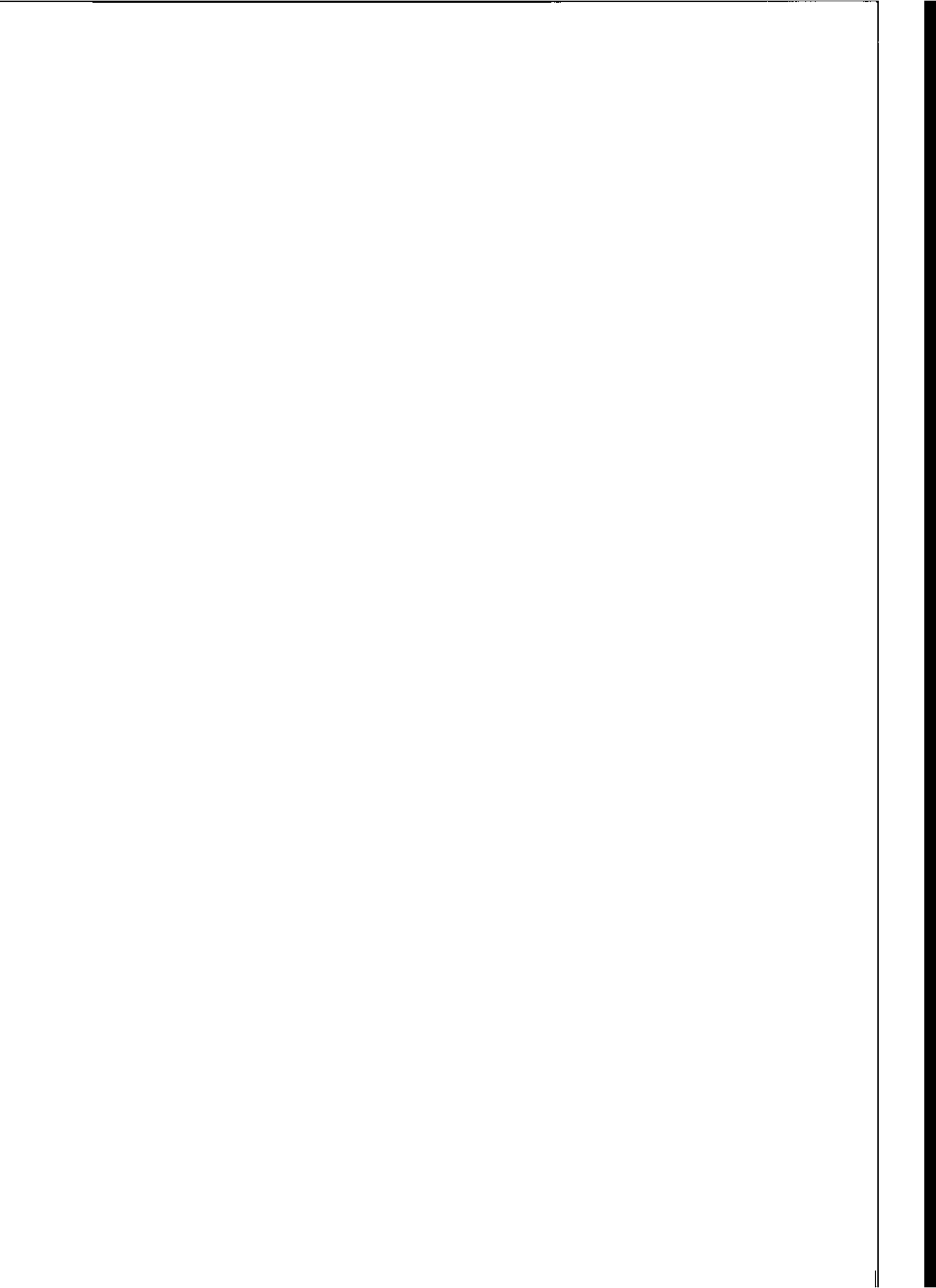


Figure 4-9. Proton magnetic sensor and D/I Hermholz coil

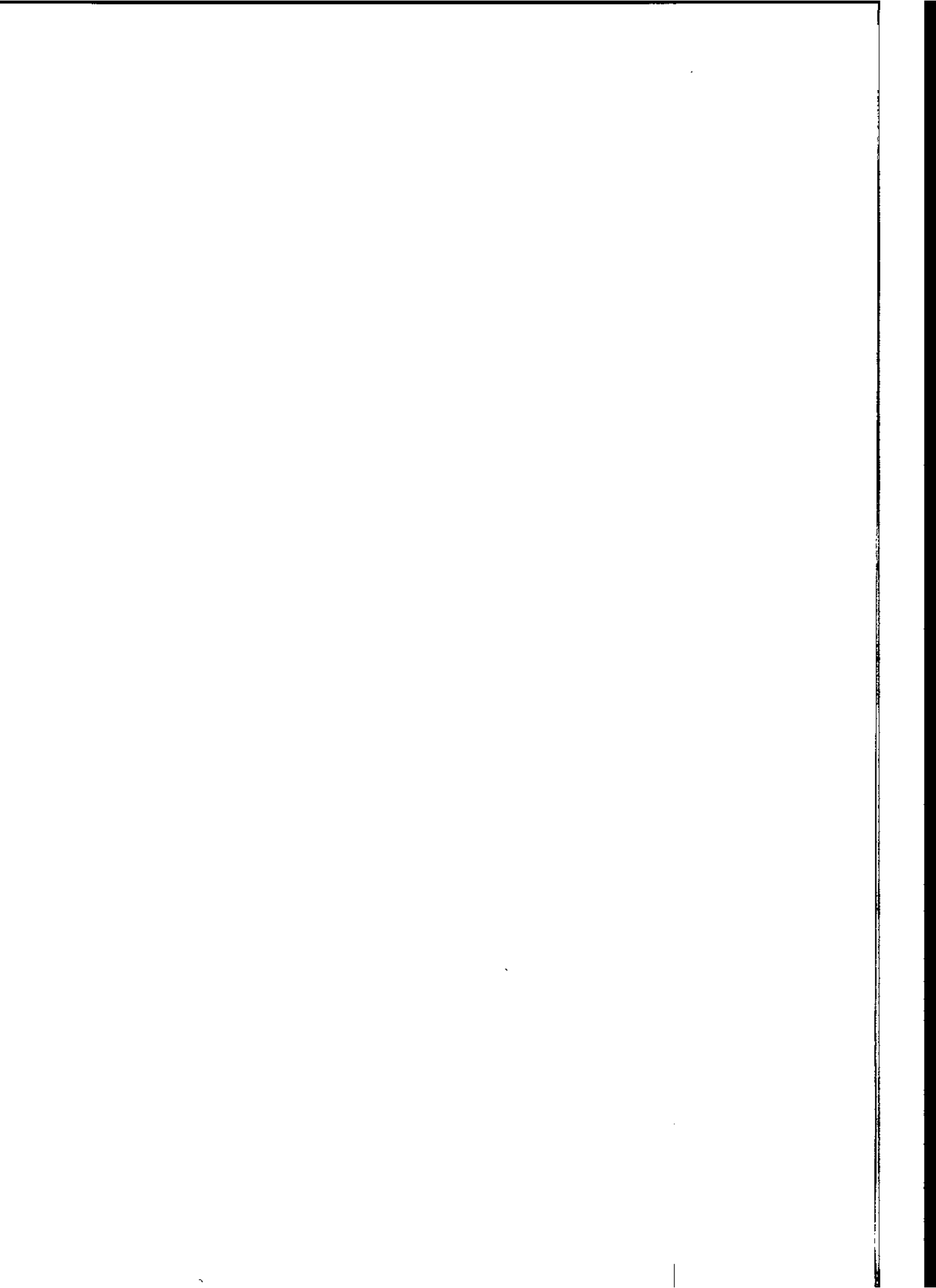


Figure 4 10. Correction for direction of transmission antenna



제 5 장

절대 지구자기 측정



제 5 장 절대자력 측정

1. 서론

남극 세종기지에서 현재 측정되고 있는 지자기 값은 기지에 종속된 상대적인 값으로 다른 관측점에서의 관측치와 직접적으로 비교할 수 없다. 따라서 세계적인 지자기 관측망인 INTERMAGNET에서는 보정을 통한 절대자력을 측정하도록 요구하고 있으며, 절대자력 측정을 수행하고 있는 관측소의 자료만을 인정하여 획득된 절대자력 자료 (Definitive Processed Data)들을 모아 CD로 만들어 배포하고 있다 (Fig. 5-1). 세종기지의 지자기 관측소가 실제적인 국제 관측망의 일원이 되기 위해서는 절대자력의 측정이 반드시 이루어져야 한다.

세종기지에는 이미 절대자력치 산출에 필요한 보정을 위한 DI Flux (DIM) 자력계를 보유하고 있다 (Fig. 5 2). 그러나 현시점까지 방위 기준점에 대한 정확한 좌표의 결정이 이루어지지 못하여 동 장비에 대한 실제적인 사용이 미루어지고 있다. 이 절에서는 절대자력 측정을 위해 필요한 과정, 천문관측을 통한 관측점의 방위각 측정방법, DI 자력계를 이용하여 절대자력 측정 방법 등에 대해 을 상세히 기술하고자 한다.

2. 절대자력

현재 기지에서 Fluxgate와 Proton 지자기계에 의해 관측·획득하는 지자기 자료는 절대 자력 산출을 위한 보정이 되지 않은 야외 관측자료이다. 따라서 DIM 관측을 통해 Baseline value를 결정한 다음 야외 자료와 결합하여 절대자력 자료 (definitive data)를 산출해야 한다.

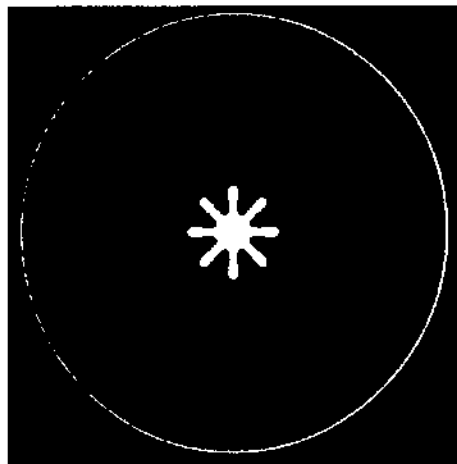


Figure 5-1. Cover sheet of INTERMAGNET 1999 CD-ROM



Figure 5-2. DI FLUX geomagnet tometer in King Sejong station

3. INTERMAGNET

전 세계적으로 산재하는 지자기 관측소를 연결하여, 실시간의 지구 자기장 관측망 구성을 도모하는 INTERMAGNET(International Real-Time Global Geomagnetic Observatory Network)는, 각 관측소 별로 실시간 지자기 변화를 관측하며, 획득되는 지자기 자료의 송·수신을 통하여 전 자료를 이용한 지구적인 지자기의 변화양상을 연구할 목적으로 구성된 것이다.

1986년 오타와에서의 워크샵에서 필요성이 제기되었고, 다음해에 BGS(British Geological Survey)와 USGS(United States Geological Survey)간의 협의를 통하여 기초안이 마련되었으며, 동년의 제 19차 IUGG의 회의기간에 IAGA의 분과회의를 통하여, 그 형태가 가시화되었다. 이어서 1988년 INTERMAGNET의 집행 실무기구인 실행위원회(Executive Council)가 미국, 영국, 캐나다, 프랑스 등을 중심으로 조직되기에 이르른, 비교적 짧은 역사적 배경을 가지고 있다(Coles, 1988; Green and Herzog, 1987; Green and Stuart, 1987; INTERMAGNET, 1988).

INTERMAGNET는 지자기 관측 및 모니터링을 위한 표준 포맷을 마련하고, 인공위성을 이용한 효율적인 자료의 송·수신을 도모하며, 지자기 관측소간의 계수화된 자료의 전송을 통하여, 지구적인 관측망을 완성하고자 한다. 이러한 관측망은 참여국들의 지자기 관측소를 중심으로 한, 지자기를 관측하는 지구상의 가능한 모든 관측소를 그 구성원으로 하며, 실시간의 지구 자기장의 변화를 매분 간격으로 측정하고, 동 자료를 매 12분 간격으로 교환하고 있다. 따라서 INTERMAGNET를 구성하는 각 관측소에서는 동일한 획득자료의 포맷의 유지는 물론, 실시간의 지자기의 변화양상을 모니터링하는 것이 필수적이며, 이렇게 획득되어지는 자료는 개개의 관측소로부터 기상패도위성들(GEOS-E, GEOS-W, GMS, INSAT, METEOSAT)을 경유하도록 송신되며, 동 위성으로부터의 수신 장치를 갖춘 주 관측소로 모아지게 된다. 표 1은 1992년 12월 현재로 INTERMAGNET를 구성하는 각 관측소를 보여준다.

가해에 관하여, 획득자료의 가치 및 그 이용이 현충 증대되었다고 하겠다.
축량이 형성되고, 실시간으로 관측되는 자료가 역시 실시간으로 물 자료의 교환이
지자기 자료가 그리 급하게 요구되지 않았다. 그러나 최근에 이르러 전세계적인 관
과격의 전동적인 지자기 자료에 대한 이해 및 이용·응용을 위해서는, 획득되는

지구물리 탐사 및 자기관련 분야에 매우 유용한 정보를 제공하게 된다.
이상과 같은 실시간 지자기 자료의 종합·분석은, 나아가서 무선통신, 항법설비,

관련 응용 등

8) 지구 내부의 연구, 즉 코어의 운동이나 코어와 맨틀의 접촉면 또는 상호 관

적인 환경현상의 하나로써 지구 자기장의 연구

7) 태양과 지구와의 상호작용과 관계되는 물리적인 과정을 이해하기 위한 기본

6) 이온층 및 자기권의 현재 상태에 대한 지구적인 모델링

5) 인공위성을 통한 자기탐사시 지상에서의 기준값 유지

상적인 자기장의 분포 제공

4) 화산활동, 조산운동 및 지진운동과 관계된 비정상적인 변화를 선별하기위한 정

근원정보 제공

3) 지각 및 상부 맨틀에서의 전기전도도 분포와 관련된 3차원적인 모델로서의

2) 현재와 최근의 자기적인 변화양상에 근거한 장래의 지자기적인 상태 예보

1) 현재 상태의 지구 자기적인 상황의 모니터링

이다.

양질의 실시간 지자기 자료는 다음과 같이 여러 분야에서 매우 유용하게 사용될 것
이렇게 실시간으로, 그리고 운동의 포맷으로 산재된 관측소들로부터 획득되는

Table 5-1. Station ID of each observatory in INTERMAGNET

TIME	NAME	ID3	COOR-G	COOA-M	ADDRESS	EL	AZ	STAT
0000	ASCENSION ISLAND	ASIL	S08W015	S15E055	75C1A4A6	31	276	N
0020	LEIRVOGUA, ICELAND	RVS	N64W022	N65W069	75C187D0	09	226	N
0100	SAN JUAN, PR	JG	N18W066	N30E008	75C131C4	69	177	OE
0120	USGS-E		N40W105	N49E042	75C0C3BA	28	127	E
0140	HARTLAND, ENGLAND	HAD	N51W004	N48E076	75COB52A	09	246	ON
0200	MOULD BAY, CANADA		N81E092	N81W092	75C29632	-1	125	N
0220	RESOLUTE BAY, CANADA	RES	N75W095	N84W049	75C1D236	04	149	OE
0240	St. JOHNS, CANADA	STJ	N48W053	N55E031	75C1E7AC	33	196	N
0300	POSTE-D-L-BAL, CANADA	PBO	N55W078	N67W004	75C1F401	25	165	N
0320	OTTAWA, CANADA	OTT	N45W076	N57W002	75C20350	36	165	ON
0340	VICTORIA, CANADA	VIC	N49W123	N55W066	75C2A3A8	11	115	N
0400	ESKDALEMUIR, SCOTLAND	ESK	N55W003	N53E079	75C15422	06	246	ON
0420	Ft. SIMPOSON, CANADA	FSP	N61W121	N67W070	75COF620	07	121	E
0440	BOULDER, TEST-USA		N40W105	N49W042	75C0A65C			OE
0500	KING GEORGE, IS.	KGI	S62W058	S46E012	75C394CB	20	008	N
0520	FREDERICKSBURG, VA-USA	FRD	N38W076	N50W002	75C21026	43	160	ON
0540	TATUOCA, BRAZIL	TTB	S01W090	N09W020	75C225BC	70	274	N
0600	NORDA, MI-USA	BSL	N30W090	N41W042	75C236CA	45	138	N
0620	TELOYUCAN, MEXICO	TEO	N20W099	N29W032	75C2450A	44	116	N
0640	DAKAR, SENEGAL	DAS	N14W017	N04E058	75C3A152	33	257	N
0700	TUCSON, AZ-USA	TUC	N32W110	N39W046	75C14754	28	117	OE
0720	LYNN LAKE, CANADA	LYN	N56W101	N64W053	75C1045E	15	130	E
0740	NARSSARSSUAG, GREENLAND	NAQ	N61W045	N67E045	75C080B0	19	203	OE
0800	YELLOWKNIFE, CANADA	YKC	N62W114	N69W062	75C312D6	08	127	N
0820	CAMBRIDGEBAY, CANADA	CBB	N69W105	N78W056	75C351D6	07	138	N
0840	BAKER LAKE, CANADA	BLC	N64W096	N74W036	75C3644C	13	146	N
0900	FORT CHUACHILL, CANADA	FCC	N59W094	N70W030	75C3773A	18	147	N
0920	GLENLEA, CANADA	GLL	N50W097	N61W033	75C387BE	25	141	N
0940	MEANOOK, CANADA	MEA	N55W113	N63W056	75C32746	14	126	N
1000	LERWICK, SCOTLAND	LER	N60W001	N58E083	75C122B2	04	247	ON
1020	FORTSMITH, CANADA	FSM	N60W112	N68W058	75C11728	11	129	E
1040	GOLDEN, TEST-USA		N40W105	N49W042	75C093C6			

Table 1. (continued)

TIME	NAME	ID3	COOR-G	COOA-M	ADDRESS	EL	AZ	STAT
1200	COLLEGE, AK-USA	CMO	N65W148	N65W099	75C06342	16	166	OE
1220	ANCHORAGE, AK-USA	AMU	N61W150	N61W098	75C006A4	20	163	OE
1240	TALKEETNA, AK-USA	TLK	N63W150	N62W099	75C07034	17	163	OE
1320	PAMATAI, POLYNESIA	PPI	S18W150	S17W076	75C2532C	63	041	N
1340	PORTMORESBY, NEWGUINEA	PMG	S09E147	S18W141	75C26686	03	088	N
1400	SAMOA		S14W135	S11W068	75C275C0	45	071	N
1420	SITKA, AK-USA	SIT	N57W135	N60W082	75C28544	24	180	N
1500	CAPEPARRY, CANADA	CPY	N70W125	N74W084	75C0248	11	191	E
1520	SACHS HARBOR, CANADA	SAH	N72W125	N76W087	75C015D2	09	190	OE
1540	ARCTIC VILLAGE, AK-USA	AVI	N68W146	N68W100	75C045AE	13	169	E
1700	ADAK, AK-USA	ADA	N52W177	N47W115	75C2B0DE	19	131	N
1720	EASTER ISLAND	EIC	S27W109	S20W034	75C2C64E	47	314	N
1800	INUVIK, CANADA	INK	N68W133	N71W089	75C0333E	13	182	OE
1820	BARROW, AK-USA	BRW	N71W157	N69W112	75C172CE	09	157	OE
1840	FORT YUKON, AK-USA	FYU	N66W147	N66W099	75C056D8	15	169	OE
1920	BOULDER, CO-USA	BOU	N40W105	N49W042	75C2D538	34	222	E
1940	NEWPORT, WA-USA	NEW	N48W117	N55W058	75C2E0A2	31	203	N
2000	FRE5NO, CA-USA	FAN	N37W120	N43W058	75C2F3D4	44	204	N
2020	DEL RIO, TX-USA	DLR	N29W101	N38W035	75C301AA	39	234	N
2100	HONOLULU, HI-USA	HON	N21W158	N22W091	75C161B8	54	131	OE
2120	NORMAN WELLS, CANADA	NOW	N65W126	N70W079	75C08556	16	190	E
2140	FAIRBANKS, AK-USA (test)		N65W148	N65W099	75C0D0CC			N

* Time : transmitting time

4. 절대자력 측정 프로그램

a. DIM 관측점에는 관측을 위한 설치대를 대략 120 cm의 높이에 맞춰 콘크리트 구조물로 제작한다. 단 자성이 없는 재료를 써야한다. 이 구조물의 기초는 지하 약 1 m 정도까지 묻어야 하며 밑으로 가면서 넓어지도록 만든다. 설치대의 상부 표면은 1 인치 두께의 비자성 대리석이나 인조속인 "Corian"등으로 판을 덮는다. 현재 기지에서 설치 유망한 지역은 지자기 관측 동에서 DIDD 설치점 쪽으로 35 m 위치이다.

b. 방위각 측정을 위한 기준점 (mark)을 설치하여야한다. 이런 기준점은 잘 보이는 장소에 별도로 독립된 기준점을 만들든지, 아니면 움직이지 않는 건물 의 모서리를 이용하면 된다. 이 기준점은 야간 또는 동계기간에도 관측이 가능하도록 전등시설을 반드시 가설한다. DIM 관측점에서 적어도 150 m는 떨어져야 한다. 너무 가까우면 측정오차가 크기 때문이다.

c. 방위각은 태양이나 별을 관측하여 결정한다. 이 것은 설치대가 만들어지기전에 같은 위치에서 이루어져야 한다. 방위각의 정확도가 1~2 초안에 들어올려면 적어도 20번 이상의 관측이 이루어져야 할 것이다. 천문관측방법은 2절을 참조한다.

d. 주 관측점이 파손하거나 이동한 경우를 대비하여 반드시 몇 개의 부 관측점을 설정하여야 한다. 만일 주 관측점에서 천문관측이 설치대 제작이전에 수행되지 못한 경우에도 부 관측점을 설치하여 천문관측을 한 후 주 관측점의 방위각을 설정할 수 있다 (3절 참조).

e. DIM 관측을 위해 주 기준점에 건축물을 건립한다. 강한 바람과 낮은 기온 등 기후조건이 나쁜 남극지역에서는 관측을 원활히 수행하기 위해서는 반드시 필요하다. 이 건축물에는 주 기준점을 선명히 볼 수 있도록 왜곡율이 ± 15 도 이내인 광학 유리 (optical quality glass)를 사용한 참문이 설치되어야한다. 관측을 위해 온방장치과 전등을 설치하도록 한다. 온도를 항상 일정하게 유지시키는 것이 중요하다. 전등은 적어도 DIM위로 18 인치 거리이상에서 직접적으로 조명을 할 수 있도록 가설한다.

f. 절대 자력 측정은 매주 한번씩 실시해야 한다. 이대는 적어도 4 번 이상의 동일한 관측을 실시하여 각 관측일지를 작성한다. 관측을 마치면 바로 절대중력을 산출하여 Fluxgate의 가동이 제대로 되는지를 확인하고, 계속해서 적절한 관측 수행을 유지하도록 한다.

5. 관측점의 방위각 측정을 위한 천문 관측법

관측점의 방위각 측정은 기지에서의 복각과 편각을 측정하는데 필수적이다. GPS와 같은 최신 전자장비에 의한 방위각 측정방법도 있지만 아직은 천문관측에 의한 방법이 가장 정확도가 높은 것으로 알려져 있다. 천문관측에 의해 방위각을 측정하는 방법은 다음과 같다.

a. 천체를 관측하는데 방해물이 없는 곳에 지면에 잘 고정된 마크를 만들고, 그 위에 DI 관측대 또는 삼각측량대를 세운 다음, Theodolite 측량기를 올려 놓는다.

b. 관측을 위해 정확한 시계를 마련한다. 방위각의 정확도에 영향을 미치기 때문에 가능한 1초 이하의 높은 정밀도를 가진 시간이 필요하다. 만일 라디오 시보나 다른 정확한 시간을 알 수 있는 방법이 있으면 측정에 도움을 줄 것이다. 일분단위가 시작할 때 (예를 들면 01:00), 천체 별자리에 망원경을 조절해 놓는 것이 좋다.

c. Theodolite의 높이가 어떤 방향으로 돌리더라도 중앙눈금의 1/4 범위에 들어오도록 수평을 유지한다.

d. 만일 태양을 관측한다면, 태양 광학 망원경의 집안렌즈를 90도 움직인다. 이는 태양이나 마크를 보기 위해 회전이 가능한 태양 필터 (sun filter)로 만든다.

e. 만일 별을 관측한다면, 직접적으로 볼 수 있다.

f. 천문관측일지 (Fig. 5-3)의 해당되는 난에 위도와 경도를 기입한다. 위도와 경도는 GPS 관측 또는 지형도에서 정확하게 결정되어야 한다.

US GEOLOGICAL SURVEY
 GEOMAGNETISM GROUP
 1711 ILLINOIS STREET
 GOLDEN, COLORADO 80401
 Phone 303.273.8483 Fax 303.273.8506

**ASTRONOMICAL
 OBSERVATIONS**

OBSERVER: _____ INSTRUMENT: _____ LOCATION: _____

DATE: _____ Celestial Body: _____ LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____

Time	#	Obj	V	Horizontal Reading	Vertical Reading	Comments
*	-	-	C			
*****	-	M	R			
	1	S	R			
	2	S	R			
	3	S	R			
	4	S	R			
	5	S	L			
	6	S	L			
	7	S	L			
	8	S	L			
*****	-	M	L			

DATE: _____ Celestial Body: _____ LATITUDE: _____ LONGITUDE: _____

Time	#	Obj	V	Horizontal Reading	Vertical Reading	Comments
*	-	-	C			
*****	-	M	R			
	1	S	R			
	2	S	R			
	3	S	R			
	4	S	R			
	5	S	L			
	6	S	L			
	7	S	L			
	8	S	L			
*****	-	M	L			

Approval Signature: _____ Title: _____ Date: _____

Figure 5-3. A sheet for astronomical observation

가. 주 기준점을 관측할 수 없거나, 또는 원문관측시 태양이나 별을 볼 수 없는 경우에, 주 기준점의 위치가 필요하다. 주 기준점의 위치는 DIM 관측점과 주 기준점이 모두 잘 보이는 곳을 선정한다. 주 기준점에는 지하에 콘크리트

6. 주 기준점 설정 방법

것이다.

망위각을 산출해낸다. 이렇게 결정된 망위각은 별 조이내의 정확한 값이 될 m. Astro34 프로그램 이용하여 계산할 수 있다. 각 작업으로부터 평균 번째로 망위각을 설정할 때에는 적어도 8번의 완전한 작업이 실시되어야 한다. 1. 이상으로 4번의 전방/후방 관측을 통한 한번의 작업이 완료된 것이다. 첫

를의 값을 읽어 관측일지에 기록한다 (10번 단).
k. 마지막 관측으로 수직사를 원쪽상태로 마크를 관측하고 그 대의 수평사

단).
원쪽한 간격으로 측정하고 관측시간과 사람의 각도를 기입한다 (6번에서 9번 돌려 수직사를 왼쪽이 되게 한다. 이후 위와 같은 요령으로 전체를 4번 연속 ! 망위각을 수직사를 따라 반대쪽으로 회전시킨 다음 수평사를 180도

복하여 관측한다.
다 (2번에서 5번 단). 계속해서 일정한 시간 간격 (예를 들면 1분간격)으로 반 한다. 이때 수평 크기를 읽고 관측 시간과 사람의 각도를 관측일지에 기록한 먼저 마크에서 망위각을 돌려 시간의 끝이 시작할 때 전체를 잘 맞추어 주시 ! 다음으로 수직사를 오른쪽에 두고 계속해서 네 번의 관측을 실시한다. 불한다.

사하고 이 대의 수평 사를 (Horizontal circle)를 읽어 관측일지의 1번항에 기 사경의 위치를 기준으로 한, 관측일지에는 V란에 R로 표시됨)에서 마크를 주 h. 첫 번째 관측으로, 수직 사를 오른쪽 (주의: 오른쪽과 왼쪽의 의미는 반 circle)를 읽지 않아도 된다.

g. 주의: 위도가 정확하게 알려져 있는 경우에는 수직 사를 (Vertical

이트 기반에 연결된 비자성 물질로 제작된 삼각점 또는 못 등으로 만들어져 한다. 그 위에 삼각대를 설치하여 DIM 관측을 실시한다.

나. 삼각대와 Theodolite 측량기를 부 기준점 위에 설치하고 수직추를 사용하여 정확히 중심을 일치시킨다.

다. 준비가 완료되면, 앞 절에 기술한 천문관측방법을 수행하여 방위각을 결정한다.

라. 부 기준점과 주 기준점 사이의 실제 방위각을 계산한다.

마. 부 기준점에서 DIM 관측점의 실제 방위각을 산출하기 위해 주 기준점과 DIM 관측점 사이의 회전각도 (turning angle)를 측정한다. 이어 DIM 관측점으로 옮겨서 주 기준점과 부 기준점의 회전 각도를 측정한다.

바. 간단한 삼각함수를 이용하여, 실제 절대 자력 산출에 필요한 DIM 관측점과 주 기준점 사이의 방위각을 계산한다.

7. DIFLUX (DIM) 관측 방법

자세한 장비의 사용방법과 설명은 남극 세종기지에서의 지자기 연구 II (남상현, 1995)에 기술되어 있다. 여기서는 실제 작성을 해야하는 DIM 관측일지 (Fig. 5-4)를 위에서 아래로 기입하는 순서에 따라 관측 과정을 기술한다. 기술의 편리성을 위해 다음과 같이 용어를 정의한다.

Fluxgate sensor up : Theodolite 망원경에 부착된 Fluxgate sensor가 망원경 위에 놓여 있는 위치 (Fig. 5-2 참조).

Fluxgate sensor down : Theodolite 망원경에 부착된 Fluxgate sensor가 망원경 아래에 놓여 있는 위치.

a. 먼저 관측점위에 관측기 (Theodolite와 DI Fluxgate sensor)를 설치한다. 1/4 눈금안에 들도록 수평을 맞춘다.

b. DIFLUX의 관측값이 나타나는 Batington Electronics (이하 측정기) 장

DI - FLUX BASELINE COMPUTATIONS						version
Korean Antarctic Research Program (KARP)						97-2
Station	Ing Georg	Date	26 Aug 98	Year/Day	98/238	
Inst. No.	152013	Mark	Azimuth			
Set No.	1	Observer	LWP			
Pier	1	Temperature	28.0			
DECLINATION						
Mark Up	170	33.0	17.0	Magnetic S. Mer	163.1598	163 9.59
Mark Down	359	33.0	17.0	Mean Mark	359.5549	
Time				Mag. Az. of Mark	16.3951	
North Down	1729	73	12.0	True Az. of Mark	29.2499	
South Down		283	7.0	Magnetic Declination	12.8648	12 51.29
South Up		283	8.0			
North Up	1732	73	9.0	S	1.32	
				N	-3.57	
Mark Up	179	33.0	18.0	F mean (nT)	54113.4	
Mark Down	359	33.0	18.0	Pier Correction (nT)	-7.0	
				Corrected F (nT)	54106.4	
INCLINATION						
Time						
West Down	1737	247	8.0	W	-0.97	
West Up		87	9.0	E	-0.68	
East Up		112	30.0			
East Down	1740	252	49.0	Inclination (deg)	67.1838	67 9.23
				Horizontal Comp.	21007.27	nT
				Vertical Component	49881.78	nT
DCP MAGNETOMETER ORDINATES						
Minute Data	SF	Offset	SV	Computed Value	Obs Decl (min)	
H (C1) 4830.00	1	183		20963.00 nT		
D (C2) 1500.00	1	128	0.1837	766.62 min	740.6	
Z (C3) 5287.00	1	189		50529.90 nT		
F (C4) 231.00	2	194		54113.40 nT		
Abs. D	771.29	min		D Baseline (min)	4.86	0 4.86
Abs. H	21007.27	nT		H Baseline (nT)	44.27	
Abs. Z	49881.78	nT		Z Baseline (nT)	-68.12	
Corr. F	54106.48	nT				

DETERMINE WITH EXTRA PROTON MAG

Compiled by: ab Date: 09-Dec-98

Figure 5-4. A sheet for DI FLUX baseline computations

m. 네 번의 편각 측정 결과값에 대한 평균값을 산출하여 'Magnetic S. Meridian' 항에 100분율과 60분율로 각각 기입한다.

n. Magnetic S. Meridian 값으로 수평서클을 회전시켜 수직서클 서쪽과 Fluxgate sensor **Down** 상태를 만든다. 망원경을 수직서클을 따라 위 아래로 움직여서 측정기의 값이 zero가 되게한다. 이때의 시각과 수직각도를 Inclination의 **West Down** 항에 기입한다.

o. 수평서클을 고정시킨 상태에서 망원경을 180도 회전시켜 Fluxgate sensor **Up**을 만든 다음 측정기의 값이 zero가 되게 상하로 움직이며 조정한다. 이때의 시각과 수직각도를 **West Up** 항에 기입한다.

p. Magnetic S. Meridian값에서 180도를 더한 각도로 수평서클을 회전시켜 수직서클 동쪽을 맞추고, Fluxgate sensor는 **UP** 상태를 유지한다. 망원경을 수직서클을 따라 위 아래로 움직여서 측정기의 값이 zero가 되게한다. 이때의 시각과 수직각도를 **East Up** 항에 기입한다.

q. 수평서클을 고정시킨 상태에서 망원경을 180도 회전시켜 Fluxgate sensor **Down**을 만든 다음 측정기의 값이 zero가 되게 상하로 움직이며 조정한다. 이때의 시각과 수직각도를 **East Down** 항에 기입한다.

r. 이로써 한 번의 DIM 관측이 종료된 것이다. 표준 관측 세트를 위해서는 이런 관측이 세 번 더 이루어져야한다 (Fig. 5-5)

s. DCP MAGNETOMETER ORDINATES 기입란에는 해당시간에 얻어진 야외 관측자료 (raw data)의 Block data값을 찾아서 기입한다.

t. 위에서 기술한 DIM 관측에 의한 값들을 spread sheet로 작성된 작업일지에 기입하면 나머지 기입란의 값들은 자동으로 계산되어 나타난다 (미지질조사소 제공 형식).

u. 이렇게 설정된 각 성분에 대한 Baseline 값을 보정하여 절대 자력을 산출한다.

8. 총 자력값의 관측점 보정 (Pier correction)

DCP BASELINE SUMMARY

26-Aug-88

King George Observatory

YearDay 98238

Instrument 152013

Pier 1

Declination

Start Time	End Time	Absolute Declination Ordinate			Baseline Values			Observer
		Deg.	Min.	min	Deg.	Min.	min	
1729	1732	12	51.29	766.62	0	4.66	4.66	LWP
1744	1748	12	49.78	765.18	0	4.61	4.61	LWP
1800	1803	12	49.88	765.42	0	4.46	4.46	LWP
1813	1815	12	49.53	764.88	0	4.66	4.66	LWP

Mean 4.60
Std D. 0.08

Horizontal Intensity

Start Time	End Time	Absolute Value		Baseline Values		Observer
		nT	Ordinate nT	nT		
1737	1740	21007.27	20963.00	44.27		LWP
1752	1755	20998.35	20953.90	44.45		LWP
1807	1810	21001.13	20956.90	44.23		LWP
1819	1822	21002.30	20957.80	44.50		LWP

Mean 44.36
Std D. 0.12

Vertical Intensity

Start Time	End Time	Absolute Value		Baseline Values		Observer
		nT	Ordinate nT	nT		
1737	1740	49861.78	50529.90	-668.12		LWP
1752	1755	49863.58	50531.70	-668.12		LWP
1807	1810	49866.97	50535.40	-668.43		LWP
1819	1822	49870.60	50539.00	-668.40		LWP

Mean -668.27
Std D. 0.15

Computations Checked by:	
Name of Datafile :	
Remarks:	

Figure 5-5. Example of DCP baseline summary

앞 절의 관측일지에 기입하는 편각 측정난의 Pier correction 값은 지자기 센서와 DIM 관측점사이의 총 자력값 (Total Field) 차이값이다. 절대 자력을 측정하기 위해서는 DIM 관측점에서의 총 자력값이 필요하지만 실제 지자기 관측에서 얻는 값은 센서가 있는 곳에서의 값이기 때문에 이를 보정하는 것이다. 이는 관측점 초기 설정때 측정되는데 다음과 같은 과정으로 수행된다.

a. DIM 절대 자력 관측점이 만들어지면 DIDD proton 지자기계에서 관측되는 총 지자기 값을 일치시키기 위해 관측점 차이 (pier difference)를 보정해야 한다 (Fig. 5-6). 이를 위해서는 DIM 관측점에서 총 지자기를 측정할 수 있는 또 하나의 proton 지자기계를 준비하여야 한다.

b. DIM 관측점위에 proton 센서를 DIM theodolite 망원경 축과 같은 높이에 올려놓는다. 센서를 비자성인 나무나 비철로 만들어진 받침대 위에 올려놓는다.

c. 이동용 proton 센서의 값은 1분에 세 번씩 10분동안 관측한다. 1분에 세 번 읽을 때에는 1분 정각의 20 초 전에, 정각에, 20 초 후에 각각 읽는다. 이 세 번의 값을 평균하여 DCP에서 출력되는 Block 자료와 비교한다.

d. 전체 10분동안의 차이를 평균하여 관측점 차이를 산출한다. 절대 자력 측정시에 DCP proton 지자기계 값에 이 값을 보정하여 DIM 에서의 총 자력 값을 얻는다.

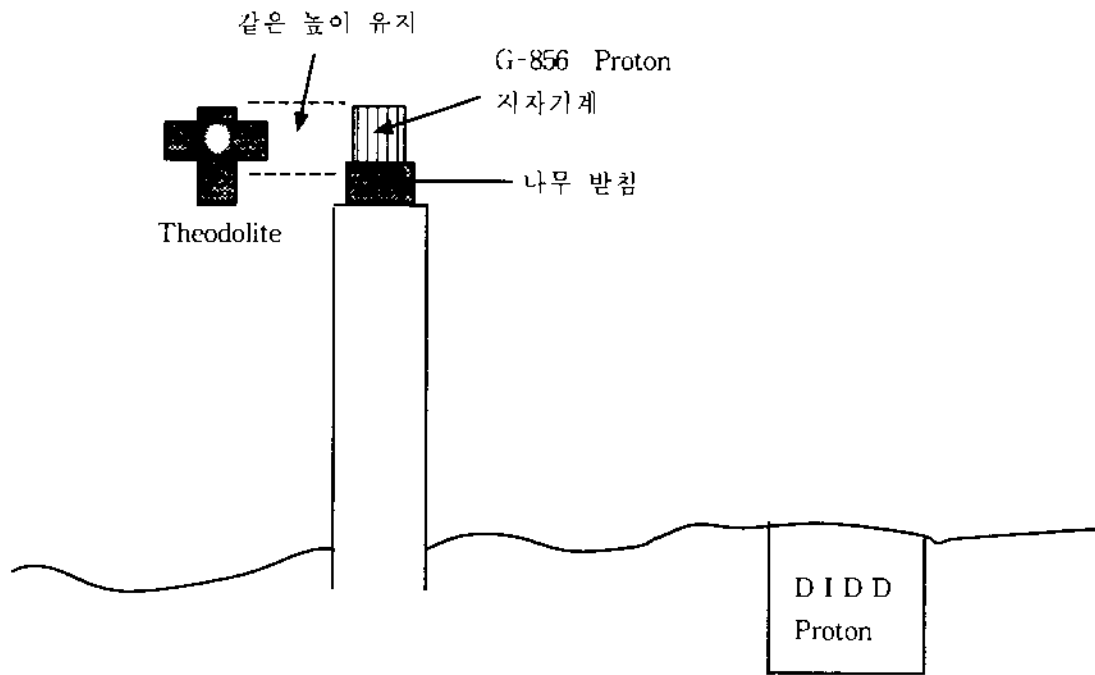


Figure 5-6. Pier correction of total field for absolute geomagnetic between pier of theodolite and site of DIDD proton

부록 지진 기록계 통신 명령어

I. Communication with SMAC-K

When you use a modem, use the communication software to dial the number of the observation point (using the AT command). The SMAC-K is connected with the telephone line after calling three times. Dialing is not needed when the SMAC-K is directly connected with a personal computer with a cross cable.

The communication software sends ">" (SHIFT + #).

```
*** Connect
Akashi Seismograph SMAC-K ***
>
```

The SMAC-K sends the above message and then waits for a command to be input. Be sure to press the Return key last when sending a command (in order to send the CR/LF code).

1. HLP: Command list

```
>HLP
1) HLP - monitor command
2) MCL - IC memory card all clear
3) END - restart acquisition program
4) RUNn - n sec recording
5) CALn - n sec calibration (15~99)
6) TCAn - terminal call n=0 not call n=1 memory full
           n=2 eq/cal n=3 all event
7) DIR - directory display
8) DATn - data file no.
9) PSW - password[enter password]
10) RST - system reset
11) STA - status display
12) SECyy-mm-dd hh:mm:ss - set clock
13) SETn - start trigger n=0.1 ~ 99.9(Gal)
```

- 14) STPn – stop trigger n=0.1 ~ 99.9(Gal)
 - 15) ECTn – set eq event timer (n=15 ~ 999)
 - 16) TID – display real time clock
 - 17) TRE – priority n=0 eq n=1 modem
 - 18) BCS – Xmodem n=0 sum(128)
 n=1 crc(128) n=2 crc(1024)
 - 19) DAL – dial number set
 - 20) IDN(SNA) – site name set
- more (y/n) ? (Type Y or y to send the following help screen. Or, type N or n if no other screen is needed.)

more (y/n) ?Y

- 21) MAX – max data display
- 22) ATDn – dial mode n=p, n=t, n=0
- 23) BAU – transfer baud
- 24) ECH – echo on/off
- 25) VER – soft version
- 26) CAMn – cal mode n=0~3
- 27) DEL – last file delete
- 28) DLYn – delay times (n=0~60)
- 29) SAMPn – sampling(n=50, 100, 200)
- 30) TAVn – average trigger on/off
- 31) TCON – n=1~9 (on/off)
- 32) TRG – or/and
- 33) RSCS – rts/cts on/off
- 34) CATn – set calibration time(n=15~99)
- 35) CACHh:mm:ss n – set calibration clock (n=0~7, 7=daily)

>

Among the above, thirteen commands (HLP, END, TCA, DIR, DAT, PSW, STA, TID, BCS, DAL, MAX, ATD and BAU) does not require the password to be input. In addition to these commands, the ATC, DSS, STD, POWD, MDMC, INIT, BOOT, RELL and RMOD commands are available. Other commands require the password to be input.

The default password is AKASHI. Refer to the description about the PSW command if this password need be changed. The SMAC-K has no password check command. Thus, record a new password if the default password is changed.

Input necessary commands. (See 3) SMAC-K Command List above.) The commands marked with asterisks, *, require the password to be input.

*2. MCL: Clear IC memory card

Be sure to issue this command when you use a new IC memory card.

>MCL

IC Memory Card All Clear (y/n) ? N

Type N if clearing the IC memory card is not needed.

>MCL

IC Memory Card All Clear (y/n) ? Y

Type Y to clear the IC memory card.

***** Now IC Memory Card Clear ***** (It takes several seconds.)

>

3. END: End of communication

>END

+++ATH0

This message is displayed when the modem is disconnected by the AT command. It is also displayed when the SMAC-K is directly connected with a personal computer.

*4. RUN: Forced recording

>RUN

Now Recording ... (Data is recorded for a period specified with the ECT command.)

>

>RUNnn

Now Recording ... (Data is recorded for "nn" seconds. nn = 15 to 999. If the value of "nn" is over 300, data recording stops when 300 seconds have passed.)

>

5. CAL: Calibration

All components are calibrated at a gravitational acceleration of 100 gal using 1 Hz sinusoidal waves. Data recording on the memory card depends on the setting of the CAM command. Recording starts and stops in the same conditions as when recording earthquake data.)

>CAL

Now Calibration ... (Calibration is executed for a period specified with the CAT command.)

Max Data	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
	0097.5	0092.1	0095.0	0104.6	0100.4	0105.8

Min Data	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
	-0094.2	-0090.4	-0093.8	-0093.4	-0103.7	-0097.9

>CALnn

Now Calibration ... (Calibration is executed for "nn" seconds. nn = 15 to 99)

Max Data	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
	0097.5	0092.1	0095.0	0104.6	0100.4	0105.8

Min Data	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
	-0094.2	-0090.4	-0093.8	-0093.4	-0103.7	-0097.9

>

6. TCA: Terminal call (When TCA1, TCA2 or TCA3 is set, also specify a dial number.)

TCA0: Not call

The SMAC-K sends no information.

TCA1: Memory full

The SMAC-K sends a message as shown below when the remaining capacity of the memory IC card is reduced below 10%.

97-06-15 21:56:12 Sun

ID : AKA001

***** IC Memory Card Capacity(9.7%) *****

TCA2: EQ/CAL

The SMAC-K sends the maximum values of earthquake data and calibration data.

ID : AKA001

[Now Rec. event 16]

08]97-06-15 22:16:02 Earthquake (Gal) (In the case of earthquake data)

CH1:0001.2 CH2:0001.1 CH3:0001.0

CH4:0001.6 CH5:0001.3 CH6:0002.0

CH7:0002.3 CH8:0001.6 CH9:0001.4

ID : AKA001

[Now Rec. event 17]

09]97-06-15 22:42:39 Calibration (Gal) (In the case of calibration data)

CH1:0101.2 CH2:0101.1 CH3:0101.0

CH4:0101.6 CH5:0101.3 CH6:0102.0

CH7:0102.3 CH8:0101.6 CH9:0101.4

TCA3: All event (?? All events ??)

The SMAC-K sends the following error message including ② and ③ shown above.

97-06-15 21:56:56 Sun

ID : AKA001

***** SMAC-K Error *****

10000000 (Sends 0 or 1 bit data. 0: Normal, 1: abnormal)

The SMAC-K sends bit 7 to bit 0 from the left. (Bit 7 in the above example shows an A/D converter error.)

Bit 7: A/D converter error (DSP error)

Bit 6: SMAC-K internal over-temperature (over 60°C)

Bit 5: Input DC voltage monitoring (Below 14.25 or over 15.75 V)

Bit 4: Battery recharging over-current (Over 800 mA)

Bit 3: +5 V voltage monitoring (Below 4.75 or over 5.25 V)

Bit 2: Reserved

Bit 1: +15 V voltage monitoring (Below 14.2 or over 15.8 V)

Bit 0: Battery voltage monitoring (Below 10.8 or over 15.0 V)

In addition to the above, the SMAC-K sends the following message when power is supplied to it or it starts up after being reset.

*****[SMAC-K]*****

***** Akashi Recording System *****

***** Model SMAC-K *****

***** IC Memory card Max. 10Mbytes *****

***** Delay Times Max. 60Sec *****

***** Communication System *****

97-06-16 13:55:55 Mon (Time of power recovery)

ID: AKA001

97-06-15 00:00:00 Sun (Time of power failure)

** AC100V Down **

① Checking the setting

>TCA

Now: Not call

>

② Changing the setting

>TCA1

Now: Not call

Rev: Memory full

>

7. DIR: Directory

>DIR

ID : AKA001

No.	Start Time	Duration	Last Correct Time	Max ch1	ch2	ch3(Gal)
001:Eq	97-11-15 23:43:18	61	97-11-15 23:00:00	0037	0016	0019
002:Eq	97-11-15 23:46:40	84	97-11-15 23:00:00	0022	0013	0058
003:Eq	97-11-15 23:56:08	73	97-11-15 23:00:00	0013	0015	0051
004:Eq	97-11-15 23:57:40	60	97-11-15 23:00:00	0008	0020	0008
005:Eq	97-11-16 00:04:37	61	97-11-16 00:00:00	0014	0011	0031
006:Eq	97-11-16 00:06:10	61	97-11-16 00:00:00	0014	0021	0014
007:Eq	97-11-16 00:07:30	300	97-11-16 00:00:00	0018	0011	0022
008:Cal	97-11-16 00:18:10	31	97-11-16 00:00:00	0105	0105	0104
009:Eq	97-11-16 00:19:12	60	97-11-16 00:00:00	0016	0009	0006
010:Eq	97-11-16 00:24:37	61	97-11-16 00:00:00	0014	0011	0031
more(y/n) ? Y						
011:Eq	97-11-16 23:43:18	61	97-11-16 23:00:00	0037	0016	0019
012:Eq	97-11-16 23:46:40	84	97-11-16 23:00:00	0022	0013	0058
013:Eq	97-11-16 23:56:08	73	97-11-16 23:00:00	0013	0015	0051
014:Eq	97-11-16 23:57:40	60	97-11-16 23:00:00	0008	0020	0008
015:Eq	97-11-17 00:04:37	61	97-11-17 00:00:00	0014	0011	0031
016:Eq	97-11-17 00:06:10	61	97-11-17 00:00:00	0014	0021	0014

No.: File number

Eq/Cal: Earthquake/calibration

Start Time: Start time

Duration: Recording duration (in seconds)

Last Correct Time: Last correction time

MaxCH1 CH2 CH3 (Gal): Maximum values of CH1 to CH3 (Rounded off)

memory (y/n) ?: If there are following files, they are sent by ten files.

8. DAT: Transfer recorded data

>DATn

Communication (Ctrl+X to quit)

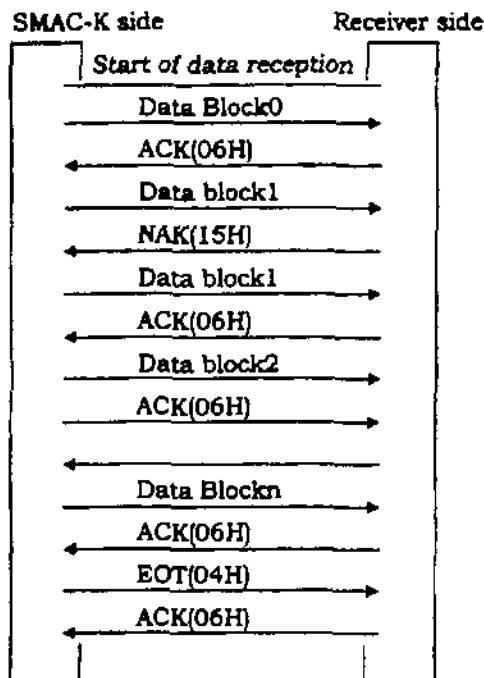
Xmodem.. CRC(1024)

"n" is a file number in the directory. If "n" is not specified, the SMAC-K sends the data recorded last. Set receiver's check sum to the same value of SMAC-K's check sum [Xmodem CRC (1024) in this example] and establish the data reception condition. After completion of setting, the SMAC-K sends data to the receiver. (Start of down-loading)

For the procedure of changing the set check sum of the SMAC-K, see the description about the BCS command. To halt data transmission, press the X key while holding the Ctrl key.

For the details of earthquake data, see Appendix 4 "Earthquake Data Transmission Format".

The communication procedures are shown below.



If the SMAC-K detects NAK (15H) while it is sending data to the receiver, it resends the same data.

It retries data transmission ten times. After then, it sends EOT (04H) and stops data transmission.

After sending data, the SMAC-K sends >, which some communication software may be unable to receive.

9. PSW: Password

① nputting the password (Default password: AKASHI)

```
>PSW AKASHI
  |
  | Space
  |
  >
```

② Changing the password (Record the password if the default password is changed.)

```
>PSW AKASHI & SAGAMI (Specify a new password within 24 characters.)
  |         |
  | Space   | Space
```

*10. RST: Reset system

The RST command resets the SMAC-K. It takes about four minutes until the SMAC-K becomes ready for operation after the RST command is issued. The RST command causes no changes in the setting.

```
>RST
```

```
System Reset (y/n) ? N (SMAC-K is not reset.)
```

```
>RST
```

```
System Reset (y/n) ? Y (SMAC-K is reset.)
```

```
Communication End...
```


11. STA: Status (with directory)

>STA

ID : AKA001

Time: 97-06-16 18:12:10. Memory Capacity: 19.5%

Sampling Frq.: 200Hz, Delay Times: 15, Trigger Condition: 1 2 3 L/Or

Start Level: 08.0 Gal, Stop Level: 08.0 Gal, Record Times: 060

Last Correct Time: 97-11-20 18:00:00, Transfer Rate: 9600 Bit/Sec

Xmodem: CRC(1024), Auto Dial No. : 0123-45-6789

Power Voltage Batt.1:14.0(10.2~18.0), Batt. 2:13.56(10.2~18.0)

Input: 15.04(14.25~15.75), +5V: 4.90(4.75~5.25), +15V: 14.82(14.2~15.8)

Temp.(degree c): 32(0~60), Charge1(mA): 028(0~800), Charge2(Ma): 013(0~800)

GPS latitude: N35.30 Degrees North, longitude: E139.25 Degrees East

altitude: 00209 Meters relative sea level

Program version A/D: 1.07, MPU: 2.00

Full scale(Gal): 2000, 2000, 2000, 2000, 2000, 2000, 2000, 2000, 2000

Noise Level(Gal avr) CH1: 0003.5 CH2: 0000.0 CH3: 0000.0

CH4: 0001.1 CH5: 0000.0 CH6: 0000.0

CH7: 0000.2 CH8: 0000.0 CH9: 0000.0

No.	Start Time	Duration	Last Correct Time	Max ch1	CH2	CH3(Gal)
001:Eq	97-06-15 23:43:18	61	97-06-15 23:00:00	0037	0016	0019
002:Eq	97-06-15 23:46:40	84	97-06-15 23:00:00	0022	0013	0058
003:Eq	97-06-15 23:56:08	73	97-06-15 23:00:00	0013	0015	0051
004:Eq	97-06-15 23:57:40	60	97-06-15 23:00:00	0008	0020	0008
005:Eq	97-06-16 00:04:37	61	97-06-16 00:00:00	0014	0011	0031
006:Eq	97-06-16 00:06:10	61	97-06-16 00:00:00	0014	0021	0014
007:Eq	97-06-16 00:07:30	300	97-06-16 00:00:00	0018	0011	0022
008:Cal	97-06-16 00:18:10	31	97-06-16 00:00:00	0105	0105	0104
009:Eq	97-06-16 00:19:12	60	97-06-16 00:00:00	0016	0009	0006
010:Eq	97-06-16 00:24:37	61	97-06-16 00:00:00	0014	0011	0031

more(y/n) ?

If no GPS receiver is used, the following GPS information is sent.

GPS latitude: Degrees North, longitude: Degrees East

altitude: Meters relative sea level

Details of Status

① ID: ID number (Site number)

② Time: Send time of SMAC-K

③ Memory Capacity: Remaining capacity of IC memory card (%)

④ Sampling Freq.: Sampling frequency (Hz)

⑤ Delay Times: Delay time (sec.)

⑥ Trigger Condition: 1 2 3 L/Or — L: Level trigger, A: Average trigger, Or/And: Trigger mode

└─ Start channel (Only displayed channels are valid.)

***13. SET: Start level (i.e., acceleration level at which recording starts)**

① Checking the start level

>SET

Now: 08.0 Gal

>

② Changing the start level

>SETn (n=0.1~99.9 Gal)

>Set10.0

Now: 08.0 Gal

Rev: 10.0 Gal

***14. STP: Stop level (i.e., acceleration level at which recording stops)**

① Checking the stop level

>STP

Now: 04.0 Gal

>

② Changing the stop level

>STPn (n=0.1~99.9 Gal)

>STP5.0

Now: 04.0 Gal

Rev: 05.0 Gal

>

***15. ECT: Recording time**

① Checking the recording time

>ECT

Now: 060 Sec

>

② Changing the recording time

When the preset recording time is changed, it is also necessary to change the maximum recording time. If recording time over 300 seconds is specified, it is automatically reset to 300 seconds, since the maximum recording time is 300 seconds.

>ECTn (n=15~999)

>ECT90

Now: 060 Sec

Rev: 090 Sec

16. TID: Send time

The internal time of the SMAC-K is sent every second.

>TID

Real Time Clock Display (push any key to quit)

97-11-24 21:01:29 Mon

>

*17. TRE: Earthquake/model priority (Terminal call)

TRE0: Priority is given to the earthquake. (Earthquake data is recorded even in communication.)

TRE1: Priority is given to the modem. (Earthquake data is not recorded even in communication.)

① Checking terminal call setting

>TRE

Now: Eq

② Changing terminal call setting

>TRE1

Now: Eq

Rev: Modem

>

18. BCS: Data transfer check sum

The BCS command checks and/or changes the check sum for transferring earthquake data (binary data). The SMAC-K has the following three types of check sums. BCS0: SUM (128), BCS1: CRC (128), and BCS2: CRC (1024)

① Checking the check sum

>BCS

Now: CRC(1024)

>

② Changing the preset check sum

>BCS0

Now: CRC(1024)

Rev: SUM(128)

>

19. DAL: Dial number

The DAL command checks and/or changes the dial number of data receiver.

① Checking the dial number

>DAL

Now: xxxxxx (xxxxxx represents a preset dial number.)

>DAL

Now: Not Found Dial No. !! (This message is sent when no dial number is set.)

>

② Changing the preset dial number

>DAL +++++ (+++++ represents a new dial number.)

Now: Not Found Dial No. !! (Or a dial number if it is preset.)

+++++ (y/n) ? Y

Rev: +++++

>

③ Deleting the dial number

>DAL CLR

Now: xxxxxx

Dial Number Clear (y/n) ? Y

>

20. MAX: Maximum value transfer

① Sending the latest maximum values

>MAX

ID: AKA001 _____ ID number

[Now Rec. event 132] _____ Current number of recorded data (000 to 999)

01]97-06-17 14:20:29 Earthquake (Gal) _____ Recording start time, and earthquake/calibration

CH1: 0012.3 CH2: 0024.4 CH3: 0009.1 — Maximum values of components

CH4: 0000.2 CH5: 0000.3 CH6: 0021.4

CH7: 0000.2 CH8: 0000.3 CH9: 0021.4

② Sending the last ten maximum values

>MAX ALL

ID: AKA001

[Now Rec. event 132]

01]97-06-17 14:20:29 Earthquake (Gal)

CH1: 0012.3 CH2: 0024.4 CH3: 0009.1

CH4: 0000.2 CH5: 0000.3 CH6: 0021.4

CH7: 0000.2 CH8: 0000.3 CH9: 0021.4

02]97-06-17 14:13:08 Earthquake (Gal)

CH1: 0010.6 CH2: 0012.4 CH3: 0005.9

CH4: 0025.3 CH5: 0008.6 CH6: 0001.9

CH7: 0006.3 CH8: 0024.1 CH9: 0031.4

10]97-06-17 14:17:59 Earthquake (Gal)

CH1: 0007.5 CH2: 0008.9 CH3: 0012.5

CH4: 0006.3 CH5: 0024.1 CH6: 0031.4

CH7: 0002.6 CH8: 0009.4 CH9: 0002.6

④ Deleting the maximum values

>MAX CLR

ID : AKA001

[Now Rec. event 132]

Maximum Data Clear(y/n) ? Y

Now Maximum Data Clear ...

>

21. ATD: Dial line

The ATD command checks and/or changes the dial line on the SMAC-K side.

ATDP: Pulse dial

ATDT: Tone dial

ATDO: ISDN(ATD)

① Checking the dial line

>ATD

Now: ATDT

>

② Changing the preset dial line

>ATDP

Now: ATDT

Rev: ATDP

>

22. BAU: RS-232C transfer rate

The BAU command checks and/or changes the transfer rate of the RS-232C (RS-1) communication port of the SMAC-K. (Do not specify any other baud rate than shown below.)

BAU1: 38400 bps BAU2: 19200 bps BAU3: 9600 bps
BAU4: 4800 bps BAU5: 2400 bps BAU6: 1200 bps

① Checking the transfer rate

>BAU

Transfer Rate

Now: 9600 Bit/Sec

>

② Changing the preset transfer rate

>BAU1

Transfer Rate

Now: 9600 Bit/Sec

Rev: 38400 Bit/Sec

Communication End ...

e

+++ATH0 (Modem communication disconnection command)

When the transfer rate is changed, communication ends. To communicate with the SMAC-K again, make the transfer rate of the receiver equal to that of the SMAC-K and execute communication according to the use environments. If an RS switch or the like is connected between the SMAC-K and modem, it is also necessary to make its transfer rate equal to the transfer rate of the SMAC-K.

*23. ECH: Echo

The ECH command checks and/or changes command echo.

① Checking command echo

>ECH

Now: Echo on

② Changing preset command echo

>ECH OFF

Now: Echo on

Rev: Echo off

>

If command echo is deactivated, it is impossible to confirm an input command. Thus, input a correct command with care.

>ECH ON — (An input command is not displayed when ECHO is set to OFF.)

Now: Echo off

Rev: Echo on

>

*24. VER: Software version

The VER command sends the version of the software running currently.

>VER

Program versions A/D: 1.07, MPU: 2.00

*25. CAM: CAL mode

The CAM command checks and/or changes the calibration mode. Four calibration modes are available as shown below.

CAM0: Rec/Auto off ... Data recording on the IC memory card is deactivated and automatic calibration is deactivated in calibration.

CAM1: Rec on Data recording on the IC memory card is activated and automatic calibration is deactivated in calibration.

CAM2: Auto on Data recording on the IC memory card is deactivated and automatic calibration is activated in calibration.

CAM3: Rec/Auto on Data recording on the IC memory card is activated and automatic calibration is activated in calibration.

① Checking the CAL mode

>CAM

cam0: Rec/Auto off 1: Rec on 2: Auto on 3: Rec/Auto on

Now: Rec/Auto off

>

② Changing the preset CAL mode

>CAM3

cam0: Rec/Auto off 1: Rec on 2: Auto on 3: Rec/Auto on

Now: Rec/Auto off

Rev: Rec/Auto on

>

*26. DEL: Delete last file

The DEL command deletes the last file recorded on the IC memory card. However, it is canceled if the remaining capacity of the IC memory card is reduced below 10%. (Use the MCL command.)

>DEL

Not Found Delete File !! (Remaining capacity of IC memory card is 100% or below 10%.)

>DEL

Delete File No. 1 (y/n) ? Y

Please Wait ... (Wait time depends on the length of the recording time.)

>

*27. DLY: Delay time

The DLY command checks and/or changes the data delay time. (00 to 60 seconds)

① Checking the data delay time

>DLY

Now: 15 Sec

>

② Changing the preset data delay time

>DLY10

Now: 15 Sec

Rev: 10 Sec

>

*28. SAMP: Sampling frequency

The SAMP command checks and/or changes the sampling frequency.

SAMP50: 50 Hz, SAMP100: 100 Hz, SAMP200: 200 Hz

① Checking the sampling frequency

>SAMP

Now: 200Hz

>

② Changing the preset sampling frequency

>SAMP50

Now: 200Hz

Rev: 50Hz

>

*29. TAV: Average trigger

The average trigger is the moving average of 16-point data sampled at 200 Hz used for trigger level judgment. The TAV command checks and/or changes the level or average trigger. (TAV ON: Average, TAV OFF: Level)

① Checking the level or average trigger

>TAV

Now: Level1

>

② Changing the level or average trigger

>TAV ON

Now: Level1

Rev: Average

>TAV OFF

Now: Average

Rev: Level

>

***30. TCO: Trigger channel (ON/OFF)**

The TCO command checks and/or changes activation and deactivation of the trigger channels. A maximum of three channels can be activated. If the trigger mode is set to AND, select two or more trigger channels.

① Checking ON/OFF setting of the trigger channels

>TCO

Now: Trigger ch1 on

Trigger ch2 on

Trigger ch3 on

Trigger ch4 off

Trigger ch5 off

Trigger ch6 off

Trigger ch7 off

Trigger ch8 off

Trigger ch9 off

>

② Changing ON/OFF setting of the trigger channels

>TCO1 OFF

Now: Trigger ch1 on

Rev: Trigger ch1 off

>

***31. TRG: Trigger mode**

The TRG command checks and/or changes the OR or AND trigger mode.

OR : Data recording starts when the level of one component of any one selected start channel exceeds the start level.

AND: Data recording starts when the levels of two components of any two selected start channels exceed the start level.

If the AND trigger mode is specified, select two or more trigger channels. Data recording is not triggered if only one channel is selected.

① Checking the trigger mode

>TRG

Now: Or

>

② Changing the trigger mode

>TRG AND

Now: Or

Rev: And

>

***32. RSCS: rts/cts on/off**

The RSCS command checks and/or changes the RS/CS flow control of the RS-232C port.
(If the flow control is changed by this command, it is also necessary to change the modem.
The RS/CS flow control is activated by default.)

① Checking activation or deactivation of rts/cts

>RSCS

Now: Rs/cs on

>

② Changing activation or deactivation of rts/cts

>RSCS OFF

Now: Rs/cs on

Rev: Rs/cs off

>RSCS on

Now: Rs/cs off

Rev: Rs/cs on

>

***33. CAT: Calibration time**

The CAT command checks and/or changes the calibration time. (15 to 99 seconds)

① Checking the calibration time

>CAT

Now: 15 Sec

>

② Changing the calibration time

>CAT30

Now: 15 Sec

Rev: 30 Sec

>

*34. CAC: Automatic calibration time

The CAC command checks and/or changes the automatic calibration time.

① Checking the automatic calibration time

>CAC

Now: 00:00:00 *** (00 hour, 00 minute, 00 second, ***: Everyday)

>

② Changing the automatic calibration time

CAChh mm:ss week (week=0:Sun 1:Mon 2:Tue 3:Wed 4:Thu 5:Fri 6:Sat 7: Everyday)

└─Space

>CAC08:00:00 0

Now: 00:00:00 ***

Rev: 08:00:00 Sun

>

*35. IDN: ID number (Site number)

The IDN command checks and/or changes the ID (site) number.

① Checking the ID (site) number

>IDN

Now: AKA001

>

② Changing the ID (site) number

IDN AKA001 ... (Specify a new ID number within 24 characters.)

└─Space

>IDN AKA002

Now: AKA001

AKA002 (y/n) ? Y

Rev:AKA002

>

38. POWD: Power failure time

The POWD command displays the time when 100 VAC is cut off as shown below.

```
>POWD
*****[ SMAC-K ]*****
**** Akashi Recording System ****
**** Model SMAC-K ****
**** IC Memory card Max. 10Mbytes ****
**** Delay Times Max. 60Sec ****
**** Communication System ****
*****
97-06-18 13:34:17 Wed (Send time)
ID : AKA002 (ID number)
97-06-15 00:00:00 Sun (Power failure time)
** AC100V Down **
>
```

39. STD: Status (with no directory)

The STD command sends the status of the SMAC-K. It does not send any directory.

```
>STD
For the status to be sent, see 11 "STA", 4).
>
```

*40. ADOF: Execute A/D offset

The ADOF command adjusts the offset values on the A/D converter side (including the sensors and amplifiers). Note that the SMAC-K may be activated after executing the ADOF command if the offset values have shifted remarkably.

```
>ADOF
A/D Offset Adjust(y/n) ? Y
Please Wait ... (Wait for about three minutes.)
>
```

*41. DRST: Reset A/D

The DRST command resets the A/D converter and terminates communication.

```
>DRST
DSP Soft Abort(y/n) ? Y
Communication End(y/n) ? N
>DRST
DSP Soft Abort(y/n) ? Y
Communication End(y/n) ? Y
+++ATH0 (Modem communication disconnection command)
```

***42. FULS: Full scale**

The FULS command checks and/or changes the full scale of the SMAC-K. (This is a maintenance command. Do not change the full scale unless necessary.)

① Checking the full scale

>FULS

Now: CH1 2000
CH2 2000
CH3 2000
CH4 2000
CH5 2000
CH6 2000
CH7 2000
CH8 2000
CH9 2000

② Changing the full scale

>FULS1 1000

Now: CH1 2000
Rev: CH1 1000
>

***43. MDMC: Modem initialization time**

The MDMC command checks and/or changes the modem initialization time.

① Checking the modem initialization time

>MDMC

Now: 11:10:00 *** (11 o'clock, 10 minutes, 00 second ***: Everyday)
>

② Changing the preset modem initialization time

MDMChh:mm:ss week(week=0:Sun 1:Mon 2:Tue 3:Wed 4:Thu 5:Fri 6:Sat 7: Everyday)
└─Space

>MDMC08:00:00 0
Now: 11:10:00 ***
Rev: 08:00:00 Sun
>

*44. RCD: Forced recording (activation) stop

The RCD command stops recording on the IC memory card and activation forcedly. When the RCD OFF command is executed, operation will not start until the RCD ON command is input. Be sure to issue the RCD OFF command before connecting or disconnecting a memory card. Once the RCD OFF command, be sure to issue the RCD ON command.

① Checking the forced recording (activation) stop status

>RCD

Now: Recording Enable

>

② Stopping recording (activation) forcedly

>RCD OFF

Now: Recording Enable

Rev: Recording Disable

>

③ Canceling forced recording stoppage

>RCD ON

Now: Recording Disable

Rev: Recording Enable

>

*45. SWEP: Sweep check

The SWEP command calibrates all components at a gravitational acceleration of 100 gal using 0.020 to 51.5 Hz sweep sinusoidal waves. It takes about three minutes. However, calibration is not executed at low frequencies, in particular, for the reason of the start filter characteristics, and parts of data are not recorded on a memory card. (Writing on a memory card depends on the setting of the CAM command.)

>SWEP

Now Sweep Calibration ...

>

48. INIT: Initialize all settings

The INIT command resets all set values to the initial values. (Be sure to execute this command after some changes are made in the application software.)

```
>INIT
Parameter Initial(y/n) ? Y
>
```

49. BOOT: Boot ROM/application start key

[AP]: Application

[MON]: Monitor

① Checking setting

```
>BOOT
```

Now: [AP] (Application is selected.)

```
>
```

② Changing setting

```
>BOOT MON
```

BOOT set to [MON] (Changes the application into the monitor.)

```
>
```

If the SMAC-K is reset under the condition where [MON] is selected with the BOOT command, the boot ROM is activated but the application software will not start. In such a case, type as shown below to start the application.

```
>J APL
```

*50. FLTD: Set filter

The FLTD command selects a digital filter for data recording.

FLTD0: Digital Filter Pass (The frequency response is between DC and 30 Hz.)

FLTD1: Digital Filter 0.02 Hz (The frequency response is between 0.02 and 30 Hz.)

① Checking setting

```
>FLTD
```

Now: Digital Filter Pass

```
>
```

② Changing setting

```
>FLTD1
```

Now: Digital Filter Pass

Rev: Digital Filter 0.02Hz

```
>
```

51. RELL: Set relay signal

The RELL command sets alarm signals to be output from the ALARM terminal.

① Checking setting

>RELL

Now: 0

>

② Changing setting

>RELL1

Now: 0

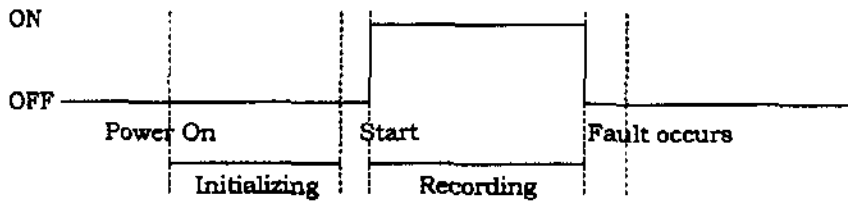
Rev: 1

>

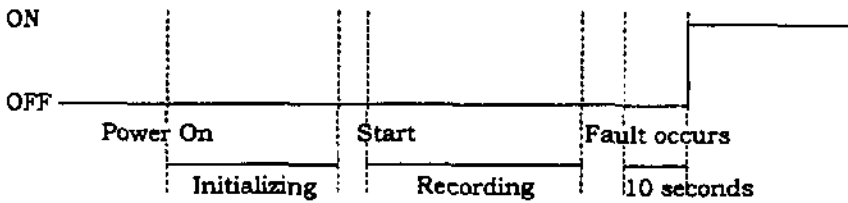
The relays function as shown below:

RELL0

• Start relays (ALARM 1 & 2)

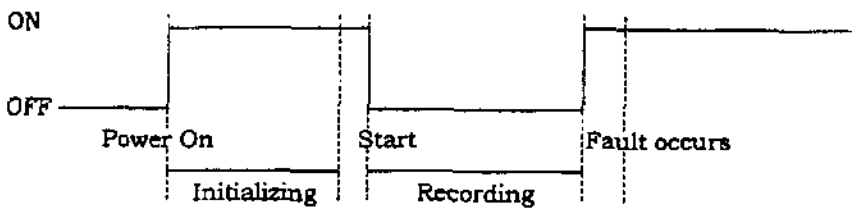


• Alarm relays (ALARM 3 & 4)

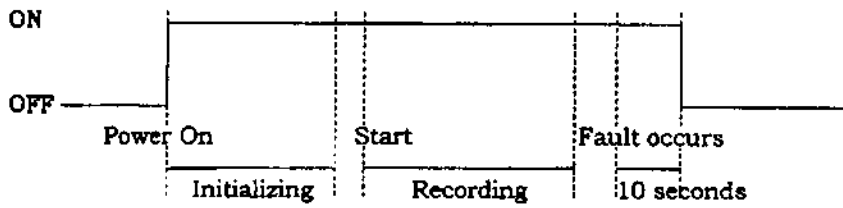


RELL1

• Start relays (ALARM 1 & 2)



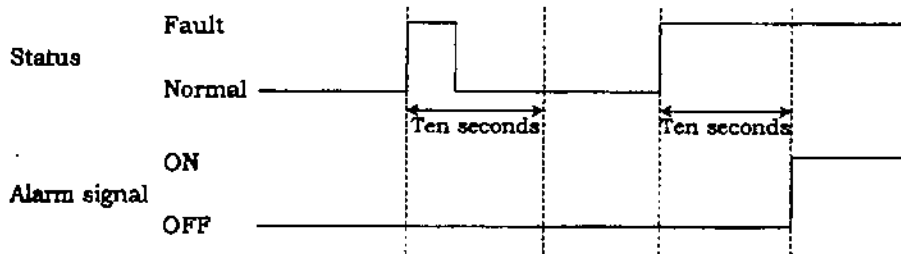
Alarm relays (ALARM 3 & 4)



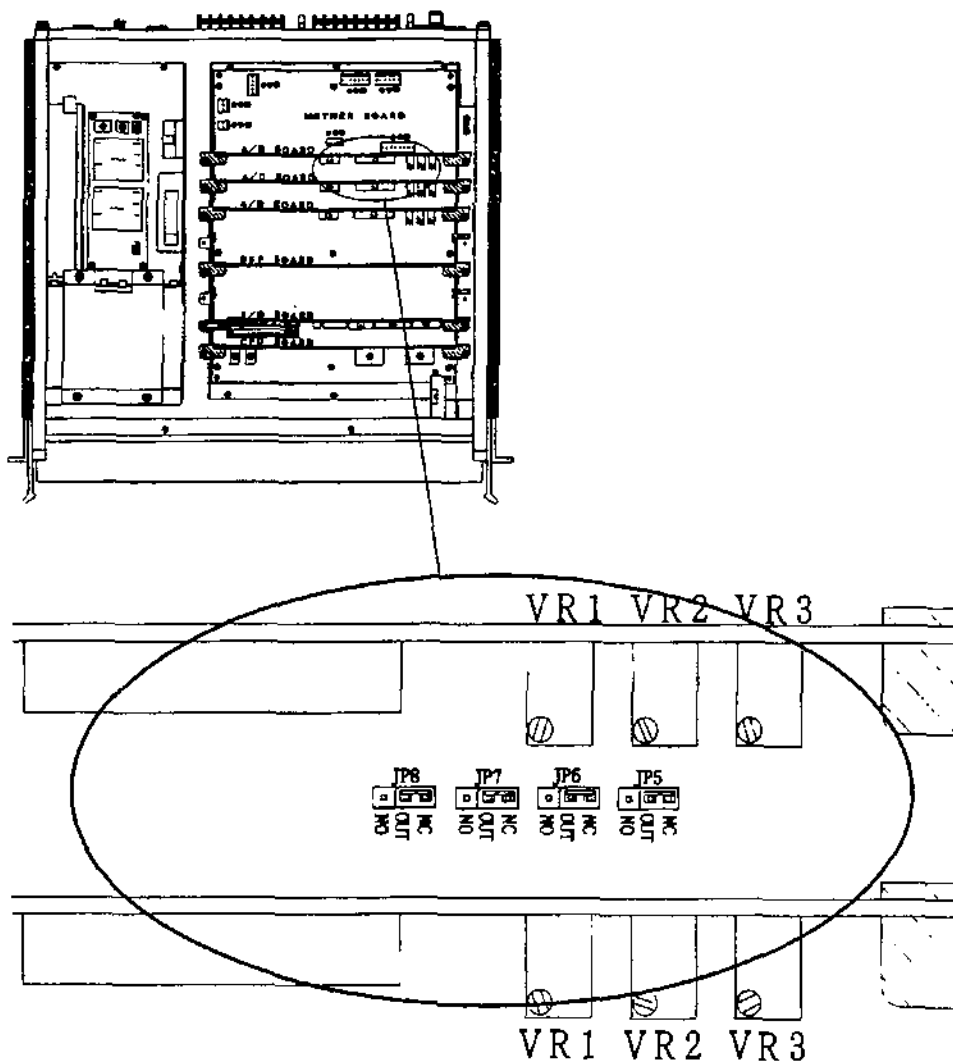
NOTE: When RELL1 is selected, the relays are turned off instantaneously when the SMAC-K starts up after initialization.

An alarm signal is output only when fault status continues for ten seconds or more.

It is not output in the case of power failures or other instantaneous faults.



The relay operations shown above assume that the jumpers JP5 to JP8 are set to NC (normally close). When the jumpers are set to NO (normally open), each relay functions reversely.



***52. SHDN: Shutdown time**

The SHDN command disconnects the line automatically if no-connection status lasts for a preset period. (The no-communication status means a condition where no data is sent or received.)

① Checking setting

>SHDN

Now: 20 Min

>

② Changing setting

>SHDN5

Now: 20 Min

Rev: 5 Min

>

53. RMOD: Switch recording mode

The RMOD command switches the recording mode. Three recording modes are available as shown below.

RMOD0: Not Overwrite (Non-overwrite mode)

No data is overwritten in this mode. Data recording stops when the remaining capacity is reduced to zero.

RMOD1: Overwrite to Old Data (Oldest file overwrite mode)

When the remaining capacity becomes insufficient, files are overwritten in sequence from the older ones.

RMOD2: Overwrite to Minimum Data (Minimum value file overwrite mode)

When the remaining capacity becomes insufficient, files are overwritten from those with smaller values, which are judged from the composite values of CH1 to CH3 $\{(CH1^2 + CH2^2 + CH3^2)^{1/2}\}$.

① Checking setting

>RMOD

Now: Not Overwrite

>

② Changing setting

>RMOD1

Now: Not Overwrite

Rev: Overwrite to Old Data

>

5) Default Value List

6	TCA	Not call	9	PSW	AKASHI
13	SET	8.0Gal	14	STP	4.0Gal
15	ECT	60Sec	17	TRE	Eq
18	BCS	CRC(1024)	19	DAL	*****
21	ATD	ATDT	22	BAU	38400BR/Sec
23	ECH	on	25	CAM	Rec/Auto off
27	DLY	15Sec	28	SAMP	200Hz
29	TAV	Level	30	TCO	Trigger1~3 on
31	TRG	or	32	RSCS	on
33	CAT	15Sec	34	CAC	00:00:00 ***
35	IDN	AKA001	36	ATC	ATZ98,....ATE0, ATQ1, AT\$S
42	FULS	2000Gal	43	MDMC	11:10:00 ***
44	RCD	Recording Enable	46	STRG	× 1.0
47	ZERO	Sync. Trigger	50	FLTD	Digital Filter Pass
51	RELL	RELL0	52	SHDN	20min
53	RMOD	Not Overwrite			

