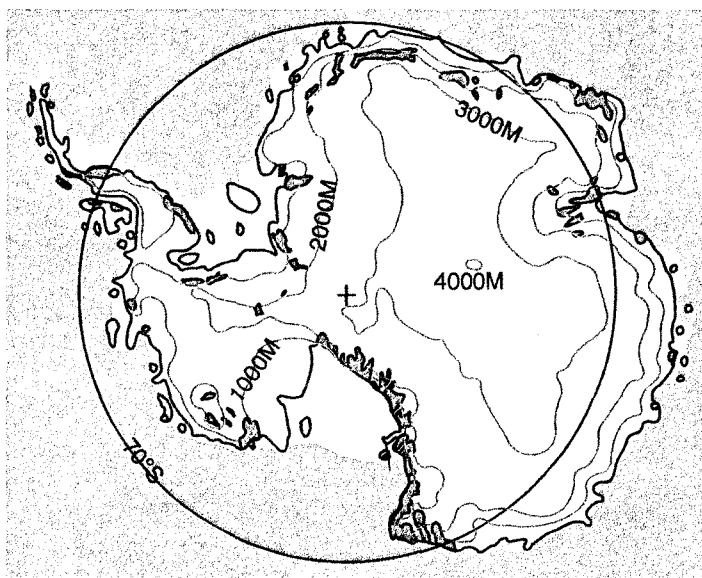


第18回南極地学シンポジウム
プログラム・講演要旨

THE 18TH SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOSCIENCES
PROGRAM AND ABSTRACTS

20 -21 OCTOBER 1998



国立極地研究所

NATIONAL INSTITUTE OF POLAR
RESEARCH
TOKYO, JAPAN

国立極地研究所図書室



000186775

第18回南極地学シンポジウム（1998年）日程表

10月20日（火）20 October (Tuesday)	10月21日（水）21 October (Wednesday)
<p>極地研究所所長挨拶 Opening Address by Director-General, NIPR 09:20-09:30</p> <p>I. 固体地球物理 Solid Geophysics [1] 4 論文 09:30-10:30 (60分) 座長：土井浩一郎（極地研）</p> <p>II. 固体地球物理 Solid Geophysics [2] 6 論文 10:30-12:00 (90分) 座長：神沼克伊（極地研）</p>	<p>VI. 1998年3月25日の南極地震と南極プレート The March 25, 1998, Antarctic Earthquake and Antarctic Plate 7 論文 9:30-11:15 (105分) 座長：坪井誠司（防衛大・地球科学） 金尾政紀（極地研）</p> <p>海底の地学 Marine Geology and Geophysics 3 論文 11:15-12:00 (45分) 座長：福田洋一（京大・理）</p>
<p>昼食 Lunch (12:00-13:00)</p>	<p>昼食 Lunch (12:00-13:00)</p>
<p>III. 高温変成作用の岩石学・鉱物学 Petrology and Mineralogy of High Temperature Metamorphism 4 論文 13:00-14:00 (60分) 座長：小山内康人（岡山大・教育）</p> <p>IV. ポスター説明 Introduction for Posters 15 論文 14:00-14:45 (45分) 座長：野木義史（極地研）</p>	<p>VII. 地形と第四紀環境変遷 Geomorphology and Quaternary Environmental Change [1] 7 論文 13:00-14:45 (105分) 座長：森脇喜一（極地研）</p>
<p>休憩 Coffee Break (14:45-15:15)</p>	<p>休憩 Coffee Break (14:45-15:15)</p>
<p>V. ナピア岩体の超高温変成作用 Ultra High Temperature Metamorphism of Napier Complex 7 論文 15:15-17:00 (105分) 座長：廣井美邦（千葉大・理） 石川正弘（横浜国立大・教育）</p>	<p>VIII. 地形と第四紀環境変遷 Geomorphology and Quaternary Environmental Change [2] 5 論文 15:15-16:30 (75分) 座長：平川一臣（北海道大・地球環境科学）</p>
<p>懇親会 Conference Party (17:30-19:00)</p>	<p>休憩 Coffee Break (16:30-16:40)</p> <p>X. 総合討論 Discussion 「地学・南極観測の将来計画について」 16:40-17:40 (60分) 司会：神沼克伊（極地研） 白石和行（極地研）</p>



551.1/4(*7)
NA

第18回南極地学シンポジウム プログラム (1998年度)
Programme for 18th NIPR Symposium on Antarctic Geoscience, 1998

10月20日(火) 20 October (Tuesday) 9:20~17:00

(09:20-09:30) 挨拶 Opening Address 国立極地研究所所長 平澤威男

I. 固体地球物理 Solid Geophysics [1]

座長：土井浩一郎 (極地研)

1. (09:30-09:45) 超伝導重力計の5年間のデータで見た長周期重力変化
On the long-period gravity changes obtained from the 5-year records of the
superconducting gravimeter SG016
青山雄一 (総研大・国立天文台)
佐藤忠弘 (国立天文台水沢)
名和一成 (地質調査所)
根岸弘明 (京都大・防災研)
東 敏博 (京都大・理)
渋谷和雄 (極地研)
2. (09:45-10:00) 常時自由振動の水平動成分
Horizontal Components of Earth's Background Free Oscillations
中西 崇 (京都大・防災研)
古本宗充 (金沢大・理)
3. (10:00-10:15) ERS-2衛星の追尾用小型アンテナの設置と送受信
Status Report on Installation of PRARE Ground Station at Syowa Station, East
Antarctica
金尾政紀 (極地研)
渋谷和雄 (極地研)
東 敏博 (京都大・理)
青木 茂 (極地研)
福崎順洋 (国土地理院)
4. (10:15-10:30) 南極観測支援衛星「はやて」の概念設計
Concept Design of HAYATE: Small Satellite for Supporting Antarctic Observation
Researches
吉原圭介 (東工大・工)
杉浦嘉紀 (東工大・工)
関口正人 (東工大・工)
宇井恭一 (東工大・工)
鶴見辰吾 (東工大・工)
中谷幸司 (東工大・工)
森 淳 (東工大・工)
松永三郎 (東工大・工)
狼 嘉彰 (東工大・工)

II. 固体地球物理 Solid Geophysics [2]

座長：神沼克伊（極地研）

5. (10:30-10:45) 干渉合成開口レーダーを用いた南極氷床変動の検出
Detection of Antarctic ice-sheet motion by In-SAR
小澤 拓 (総研大・極地研)
土井浩一郎 (極地研)
渋谷 和雄 (極地研)
6. (10:45-11:00) 露岩域および氷床上における GPS 連続観測
GPS continuous observation on ice-free area and ice sheet
岩田昭雄 (国土地理院)
大滝 修 (国土地理院)
藤原 智 (国土地理院)
松村正一 (国土地理院)
7. (11:00-11:15) ドームふじトラスバースルート上における重力測定および GPS 観測
Gravity Measurements and GPS Observations along the Traverse Routes from Syowa Station to Dome Fuji
東 敏博 (京大・理)
金尾政紀 (極地研)
本山秀明 (極地研)
8. (11:15-11:30) 広帯域地震波形による宗谷海岸周辺のモホ面の深さと地殻内不均質
Moho depth and crustal heterogeneity around the Soya Coast, East Antarctica, by broadband receiver functions
金尾政紀 (極地研)
根岸弘明 (京大・防災研)
東野陽子 (京大・理)
久保篤規 (東京大・地震研)
9. (11:30-11:45) リュットオ・ホルム湾周辺での SKS 波スプリティングによる地震波速度異方性
Seismic anisotropy revealed by SKS wave splitting around Lützow-Holm Bay region
久保篤規 (東京大・地震研)
根岸弘明 (京大・防災研)
平松 良浩 (金沢大・理)
金尾 政紀 (極地研)
10. (11:45-12:00) 東クイーンモードランド及び西エンダービーランドの岩石の磁気特性と磁気異常の研究
Rock magnetism and magnetic anomalies in East Queen Maud Land and West Enderby Land
白井幸太郎 (富山大・理)
野木義史 (極地研)
船木 實 (極地研)
酒井英男 (富山大・理)

..... 昼食 Lunch (12:00-13:00)

Ⅲ. 高温変成作用の岩石学・鉱物学 **Petrology and Mineralogy of High Temperature Metamorphism**

座長：小山内康人（岡山大・教育）

11. (13:00-13:15) 東南極リュツォホルム湾・スカーレン産カルクシリケート片麻岩中の鉱物 I-特にスカポライトについて-
Mineralogy of Calc-silicate gneisses from Skallen, Lützow-Holm Bay, East Antarctica I -Scapolite and related minerals-
- 草地 功 (岡山大・教育)
小山内康人 (岡山大・教育)
豊島剛志 (新潟大・自然)
大和田正明 (山口大・理)
角替敏昭 (島根大・教育)
外田智千 (総研大・極地研)
W. A. Crowe (西オーストラリア大学)
12. (13:15-13:30) 東南極セル・ロンダーネ山脈西部の酸性片麻岩中の hastingsite の安定領域について
The stability field of hastingsite in acidic gneisses from the western part of the Sør Rondane Mountains, East Antarctica
- 大場孝信 (上越教育大・自然)
白石和行 (極地研)
13. (13:30-13:45) リュツォホルム岩体ブレドボーグニツパにおける変成岩の部分熔融
Partial melting of metamorphic rocks of Breidvågnipa, Lützow-Holm Complex
- 志村俊昭 (新潟大・理)
G. Fraser (アデレード大学)
土屋範芳 (東北大・工)
加々美寛雄 (新潟大・自然)
14. (13:45-14:00) 高温変成岩の部分融解とグランディディエライトの形成
Partial melting of high-grade metamorphic rocks and formation of grandierite
- 廣井美邦 (千葉大・理)
本吉洋一 (極地研)
E. S. Grew (メイン州立大学)
古川 登 (千葉大・理)

IV. ポスター説明 Introduction for Posters

座長：野木義史 (極地研)

P1-P15. (14:00-14:45) (要旨：巻末)

..... 休憩 Coffee Break (14:45-15:15)

V. ナピア岩体の超高温変成作用 Ultra High Temperature Metamorphism of Napier Complex

座長：廣井美邦 (千葉大・理) ・石川正弘 (横浜国立大・教育)

15. (15:15-15:30) 東南極ナピア岩体トナー島における超高温変成岩類の地質と原岩構成
Geology and protolith of ultra-high temperature metamorphic rocks from Tonagh Island in the Napier Complex, East Antarctica
- 小山内康人 (岡山大・教育)

- 豊島剛志 (新潟大・自然)
大和田正明 (山口大・理)
角替敏昭 (島根大・教育)
外田智千 (総研大・極地研)
W.A. Crowe (西オーストラリア大学)
16. (15:30-15:45) 東南極ナビア岩体トナー島における超高温変成岩類の変形作用
Deformation of ultra-high-temperature metamorphic rocks from Tonagh Island, Napier Complex, East Antarctica
- 豊島剛志 (新潟大・自然)
小山内康人 (岡山大・教育)
大和田正明 (山口大・理)
角替敏昭 (島根大・教育)
外田智千 (総研大・極地研)
W.A. Crowe (西オーストラリア大学)
17. (15:45-16:00) ナビア岩体トナー島における苦鉄質グラニュライトの超高温変成作用
Ultra high temperature mafic granulite from Tonagh Island, Napier Complex
- 角替敏昭 (島根大・教育)
小山内康人 (岡山大・教育)
豊島剛志 (新潟大・自然)
大和田正明 (山口大・理)
外田智千 (総研大・極地研)
W.A. Crowe (西オーストラリア大学)
18. (16:00-16:15) UHT metamorphism of aluminous gneisses from Tonagh Island in the Napier Complex, Enderby Land
- 外田智千 (総研大・極地研)
小山内康人 (岡山大・教育)
豊島剛志 (新潟大・自然)
大和田正明 (山口大・理)
角替敏昭 (島根大・教育)
W.A. Crowe (西オーストラリア大学)
19. (16:15-16:30) 東南極ナビア岩体トナー島, 苦鉄質岩の原岩と年代
Protolith and age determination for mafic rocks from Tonagh Island, Napier Complex, East Antarctica
- 大和田正明 (山口大・理)
小山内康人 (岡山大・教育)
豊島剛志 (新潟大・自然)
角替敏昭 (島根大・教育)
外田智千 (総研大・極地研)
W.A. Crowe (西オーストラリア大学)
加々美寛雄 (新潟大・自然)
20. (16:30-16:45) 東南極ナビア岩体リーセル・ラルセン山地域におけるグラニュライト相片麻岩類の Sm-Nd 系同位体年代
Geochronology for Sm-Nd isotopic systematics of the granulite facies gneisses from Mt. Riiser-Larsen in the Napier Complex, East Antarctica
- 鈴木里子 (総研大・極地研)
濱本拓志 (新潟大・自然)
加々美寛雄 (新潟大・自然)

21. (16:45-17:00) Reaction textures after sapphirine + quartz: indicator of pressure condition of UTH metamorphism

外田智千 (総研大・極地研)
石川正弘 (横浜国立大・教育)
本吉洋一 (極地研)

..... 懇親会 Conference Party (17:30-19:00)

研究棟 2階講義室 Lecture Room (2F)

会費 1500円

10月21日(水) 21 October (Wednesday) 9:30~17:40

VI. 1998年3月25日の南極地震と南極プレート The March 25, 1998, Antarctic Earthquake and Antarctic Plate

座長：坪井誠司（防衛大・地球科学）・金尾政紀（極地研）

22. (9:30-9:45) 1998年3月25日南極の巨大地震の震源決定
Rupture Characteristics of the Great Balleny Is. Earthquake of March 25, 1998
菊池正幸（東京大・地震研）
久家慶子（京都大・理）
山中佳子（東京大・地震研）
23. (9:45-10:00) 1998年3月25日の南極プレート内の巨大地震(1)余震活動
A great earthquake in the Antarctic plate I. Aftershocks
神沼克伊（極地研）
小林勸司（極地研）
野木義史（極地研）
金尾政紀（極地研）
24. (10:00-10:15) 1998年3月25日南極地震の解釈
The March 25, 1998, Antarctic Earthquake (Mw=8.1)
坪井誠司（防衛大・地球科学）
金尾政紀（極地研）
25. (10:15-10:30) 1998年3月25日の南極プレート内地震震央付近の海底地形、地磁気および重力異常
Seafloor topography, magnetic and gravity anomalies around the epicenter of great earthquake in Antarctic plate on March 25, 1998
野木義史（極地研）
久保篤規（東京大・地震研）
神沼克伊（極地研）
小林勸司（極地研）
26. (10:30-10:45) マコリートリプルジャンクション近傍のブロック運動とプレート内部変形
Block motions and intraplate deformation around the Macquarie triple junction
久保篤規（東京大・地震研）
野木義史（極地研）
27. (10:45-11:00) 地震メカニズムからみた南極プレート内の応力場
Stress field in the Antarctic plate inferred from focal mechanisms of intraplate earthquakes
久保篤規（東京大・地震研）
28. (11:00-11:15) ホットスポット基準系に対する南極プレートの運動（その2）
The motion of the Antarctic Plate relative to the Hotspot Reference Frame Part 2
原田 靖（国土地理院）

VII. 海底の地学 Marine Geology and Geophysics

座長：福田洋一（京都大・理）

29. (11:15-11:30) 南極半島北方におけるTH97航海の地質地球物理調査結果

Geological and geophysical survey results of TH97 cruise in the north of Antarctic Peninsula

- 棚橋 学 (地質調査所)
西村 昭 (地質調査所)
小田啓邦 (地質調査所)
村上文敏 (石油公団)
30. (11:30-11:45) エンダビー海盆の磁気異常と Gondwana 分裂
Magnetic anomalies in Enderby Basin and Gondwana breakup
野木義史 (極地研究所)
島 伸和 (千葉大・自然)
福田洋一 (京都大・理)
伊勢崎修弘 (千葉大・理)
31. (11:45-12:00) インド洋南極海海底形成テクトニクスの残された謎
Unsolved problems of the tectonics in the Antarctic Indian Ocean
玉木賢策 (東京大・海洋研)
J. Dyment (プレスト大学)

..... 昼食 Lunch (12:00-13:00)

Ⅷ. 地形と第四紀環境変遷 Geomorphology and Quaternary Environmental Change [1]

座長：森脇喜一 (極地研)

32. (13:00-13:15) ルンドボークスヘッタ丸湾大池における海成堆積物
Holocene marine sediments in the Lake Maruwan on the Rundvagshetta, Lützow-Holm Bay, Antarctica
瀬戸浩二 (島根大・理工)
森脇喜一 (極地研)
三浦英樹 (極地研)
33. (13:15-13:30) 南極リュツォ・ホルム湾、スカルプスネス地域の完新世海成堆積物から産出したアザラシ化石
Seal fossil from Holocene marine sediments on the Skarvnes, Lützow-Holm Bay, Antarctica
瀬戸浩二 (島根大・理工)
椋田崇生 (島根大・理)
34. (13:30-13:45) 南極リュツォ・ホルム湾における海成堆積物中のナンキョクソトオリガイの定向性について
Uniformly oriented fossil shells of *Laternula elliptica* from the marine sediments on the Lützow-Holm Bay, Antarctica
瀬戸浩二 (島根大・理工)
高安克己 (島根大・汽水域研究センター)
35. (13:45-14:00) 東オングル島及びラングホブデ北部の隆起海浜堆積物に含まれる貝化石のアミノ酸ラセミ化年代
Amino-acid racemization dates of fossil molluscs from raised beach deposits on East Ongul Island and the northern part of Langhovde, Lützow-Holm Bay, East Antarctica
五十嵐厚夫 (極地研・学振特別研究員)
三浦英樹 (極地研)
Charles Hart (コロラド大学)

36. (14:00-14:15) Surface exposure ages and erosion rates of Bedrock from Sør Rondane and near Syowa station, Antarctica
 K. Nishiizumi (University of California)
 M. W. Caffee (Lawrence Livermore National Lab.)
 R. C. Finkel (Lawrence Livermore National Lab.)
37. (14:15-14:30) 南極リュツォ・ホルム湾, スカーレン地域に見られる海成堆積物と氷床拡大の証拠
 Evidence of ice sheet expanding and Holocene marine sediments on the Skallen, Lützow-Holm Bay, Antarctica
 瀬戸浩二 (島根大・理工)
38. (14:30-14:45) リュツォホルム湾沿岸地域における最終氷期の南極氷床の融解
 Melting of Antarctic Ice Sheet during the Last Glacial Period - Terrestrial evidence from the Lützow-Holm Bay-
 澤柿教伸 (北海道大・低温研)
 平川一臣 (北海道大・地球環境科学)

..... 休憩 Coffee Break (14:45-15:15)

IX. 地形と第四紀環境変遷 Geomorphology and Quaternary Environmental Change [2]

座長：平川一臣 (北海道大・地球環境科学)

39. (15:15-15:30) 南極周辺域の海面変動から推定される過去2万年間の南極氷床の融解歴史
 The melting history of the late Pleistocene Antarctic ice sheet derived from sea-level changes
 木村降介 (九州大・理)
 中田正夫 (九州大・理)
 奥野淳一 (九州大・理)
 三浦英樹 (極地研)
 森脇喜一 (極地研)
 前李英明 (山口大・教育)
40. (15:30-15:45) 南極の内陸の池・湖に生育する藻類の¹⁴C年代測定に関する研究
¹⁴C anomaly of algae in inland pond and lakes, Antarctica
 高橋 浩 (名古屋大・理)
 和田秀樹 (静岡大・理)
 中村俊夫 (名古屋大・年代測定センター)
 三浦英樹 (極地研)
41. (15:45-16:00) 東南極リーセルラルセン山地域における氷河関連堆積物の諸特徴
 Characteristics on the glacial and fluvio-glacial deposits in the Mt. Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica
 高田将志 (奈良女子大・文)
 三浦英樹 (極地研)
 D. Zwart (ユトレヒト大学)
42. (16:00-16:15) 南極半島, ジェームズ・ロス島ラフマン海岸の地形
 Coastal landforms in the east of Lachman Crag, James Ross Island, the Antarctic Peninsula
 曾根敏雄 (北海道大・低温研)
 J. A. Strelin (アルゼンチン南極研究所)

43. (16:15-16:30) 中村俊夫 (名古屋大・年代測定センター)
北部南極半島周辺海域の表層堆積物の特徴－岩相と年代
Lithologic characteristics of the marine sediment core sequences around the northern
Antarctic Peninsula

西村 昭 (地質調査所)
棚橋 学 (地質調査所)
仲宋根徹 (川崎地質(株))
久保尚大 (川崎地質(株))
村上文敏 (石油公団)

・・・・・・ 休憩 Coffee Break (16:30-16:40)・・・・・・

X. 総合討論 (16:40-17:40) Discussion

司会：神沼克伊 (極地研) ・白石和行 (極地研)

「地学・南極観測の将来計画について」

ポスターセッション (要旨: 巻末)

- P1. High pressure amphibolites from the Archean nellore schist belt, South East India
 B. Hari Prasad (大阪市立大・理)
 奥平敬元 (大阪市立大・理)
 吉田 勝 (大阪市立大・理)
 R.S. Divi (C.N.S Geomatics)
- P2. Structural analysis across the Archean- Proterozoic boundary in Kinnerasani area, South India
 R. Kumar (大阪市立大・理)
 奥平敬元 (大阪市立大・理)
 谷 保孝 (大阪市立大・理)
 吉田勝 (大阪市立大・理)
- P3. インド南部始生代花崗岩、クロスベット花崗岩の Rb-Sr 年代と Sm-Nd 同位体
 The Rb-Sr whole-rock age and initial Nd isotopes of granitic rocks from the Archean granite, Closepet granite in south India
 田結庄良昭 (神戸大・発達人間)
 加々美寛雄 (新潟大・自然)
 マハバレスワール (バンガロー大学)
- P4. スリランカ, ドレライト貫入岩の ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代
 ^{40}Ar - ^{39}Ar ages of dolerite dykes from SriLanka
 瀧上 豊 (関東学園大)
 吉田 勝 (大阪市立大・理)
 船木 實 (極地研)
- P5. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology along the northern margin of the Eastern Ghats Province : implications for Neoproterozoic tectonics between India and Antarctica
 W.A. Crowe (University of Western Australia)
 M.A. Cosca (Université de Lausanne)
 L.B. Harris (University of Western Australia)
- P6. オメガ岬, 奥岩に産する花崗岩類の Rb-Sr 鉱物アイソクロン年代
 Rb-Sr mineral isochron ages of granitic rocks from the Cape Omega and the Okuiwa Rock
 西奈保子 (佐賀大・文化教育)
 川野良信 (佐賀大・文化教育)
 加々美寛雄 (新潟大・自然)
- P7. Application of carbon isotope thermometry in ultra-high temperature metamorphic rocks
 M. Satish - Kumar (静岡大・理)
 和田秀樹 (静岡大・理)
 M. Nagayama (静岡大・理)
- P8. Isotopic thermometry on marbles in McMard Sound Area, Antarctica.
 和田秀樹 (静岡大・理)
 M. Satish - Kumar (静岡大・理)
- P9. Paleoclimatic and Peleocceanographic Evidences in Maxwell and Admiralty Bays in the South Shetland Islands, West Antarctica
 Ho IL Yoon (Korean Ocean Research and Development Institute)
- P10. Depth profile and geographical distribution pattern of trace metals concentrations in solis and lichens aorund King Sejong Station of King George Island, Antatrcia

Sung Min Hong (Korean Ocean Research and Development Institute)

Cheon-Yoon Kang (Korean Ocean Research and Development Institute)

Jae-Kyoon Kang (Korean Ocean Research and Development Institute)

P11. ロス海周辺の海底地形について

Submarine topography around the Ross Sea

加賀美英雄 (城西大・理)

中西正男 (東京大・海洋研)

P12. 1998年3月25日の南極プレート内の巨大地震(2)表面波解析

A great earthquake in the Antarctic plate II. surface wave analysis

小林勳司 (極地研)

神沼克伊 (極地研)

P13. 昭和基地・地震モニタリング観測の近況 - 地震計室とシステム更新 -

Recent seismic monitoring observations at Syowa Station - New seismographic room and acquisition system -

金尾政紀 (極地研)

根岸弘明 (京都大・防災研)

東野陽子 (京都大・理)

中西 崇 (京都大・防災研)

東 敏博 (京都大・理)

野木義史 (極地研)

神沼克伊 (極地研)

渋谷和雄 (極地研)

P14. 東南極リッツォ・ホルム湾沿岸地域の古地磁気(2)

Paleomagnetism of Lützow-Holm Bay area, East Antarctica (2) -Ongul Islands, Breidvagnipa, Skarvsnes-

石川尚人 (京都大・総合人間)

船木 實 (極地研)

P15. 南極昭和基地周辺の重力異常のマッピング

Mapping of gravity anomaly around Syowa Station, Antarctica

野木 義史 (極地研)

金尾 政紀 (極地研)

東 敏博 (京都大・理)

田中 俊行 (東濃地震科学研究所)

青山 雄一 (総研大・国立天文台)

福田 洋一 (京都大・理)

第18回南極地学シンポジウム
口頭発表要旨

**THE 18TH SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOSCIENCES
ABSTRACTS FOR ORAL PRESENTATION**

1 超伝導重力計の5年間のデータで見た長周期重力変化

佐藤忠弘¹・名和成一²・青山雄一³・根岸弘明⁴・東敏博⁵・渋谷和雄⁶

¹国立天文台, ²地質調査所, ³総研大, ⁴京大防災研, ⁵京大理学研究科, ⁶極地研

On the long-period gravity changes obtained from the 5-year records of the superconducting gravimeter SG016

Tadahiro Sato¹, Kazunari Nawa², Yuichi Aoyama³, Hiroaki Negish⁴, Toshihiro Higashi⁵ and Kazuo Shibuya⁶
¹NAO, ²Geological Survey of Japan, ³GUAS, ⁴DPRI Kyoto Univ., ⁵Graduate School of Sciences, Kyoto Univ., ⁶NIPR

●はじめに

第IV期5ヶ年計画の一環として、昭和基地重力計室に超伝導重力計(SG016)が設置され、1993年3月22日より重力変化の連続観測が開始された。昭和基地は近地地震が極めて少なく、また地盤も安定しているため、現在まで良質なデータが得られている。例えば、Nawa et al. (1998) は、昭和の超伝導重力計データを用いて、世界で初めて数nGal(10^{-11}m/s^2)程度の振幅しか持たない大気励起自由振動が観測されていることを報告しているが、これは高精度で安定したデータが得られている証拠であるともいえる。このような連続データが、現在のところ33次隊から38次隊までに観測された約5年分(1772日)集められている。そこで今回は、この5年間の観測のまとめとして半年周期までの長周期潮汐の解析、及び年周重力変化や極運動による重力変化を求める。昭和基地は、世界の超伝導重力計観測点の中で最も高緯度にあり、日本などの中緯度では振幅が小さく観測が困難である長周期潮汐を高いS/N比で観測できる。長周期潮汐の観測は地震の周期帯と地質学的タイムスケールの間の周期帯における地球の非弾性的性質を調査する上で貴重な情報を提供する。一方、半年周より長周期の重力変化に関しても、昭和基地の2年分のデータから極運動による重力変化を捉えていることが報告されている(Sato et al., 1997a)。極運動の年周とチャンドラー周期の分離には、通常6年間のデータが必要とされているので、今回5年分のデータを解析に使用することで、2年間のデータの解析よりも両者の分離が改良され、精度の良い結果が得られると期待される。2年間の解析では、IERSの極運動パラメータから予測される重力変化よりも、観測された極運動による重力変化の位相が約10日遅れるという結果が得られている。極運動に対する地球の応答を議論する上で位相差は重要な情報を与えるので、これについても検証を行う。この周期帯での重力変化を研究することで、未だ解明されていないチャンドラーウォブルの励起・減衰源について新たな見解が得られると期待される。

●データ及び解析法

ここで使用したデータは1993年3月22日から1998年1月26日までの1772日間に得られた2秒サンプリングデータである。解析は、

- ①潮汐解析用のデータ(1時間データ)への編集
- ②短周期潮汐解析(1/3日周から日周まで)
- ③長周期潮汐解析(4-5日周から半年周まで)
- ④年周と極運動の解析の作業・解析を行った。

①では、超伝導重力計国内グループで統一されているデジタル・フィルタを使用して、高サンプリングから低サンプリングのデータに変換している。さらに、全期間統一した方法で、データに含まれているステップ(跳び)、擾乱を補正を行った。

②では、潮汐解析プログラムBAYTAP-Gを使用して短周期潮汐成分、大気擾乱による重力変化及び短周期の不規則成分を分離した。観測システムを無停電電源装置に接続した時期(1996年5月25日から11月14日)に、感度低下(約2%)が発生していることが判明した。そこでこの期間については、次のような方法で感度の補正を行った。一ヶ月毎の潮汐解析を行い、振幅が大きく他の分潮との分離がよく且つ気象の影響が少ない O_1 分潮と M_2 分潮の潮汐ファクターを使い(図1)、感度の再決定を行った。

③では、BAYTAP-Gの長周期潮汐版を用いて解析を行った。長周期潮汐の潮汐ファクター、位相を求め、長周期潮汐成分の分離を行った(図2)。この長周期潮汐成分を分離した時系列を④の解析に使用した。

④極運動の解析は、Sato et al. (1997a) と同様の方法とチャンドラー周期・年周の振幅・位相を三角関数のフィッティングで求める方法の2通りで行った。昭和基地における極運動による重力変化の予測値はIERSのEOP(Earth Orientation Parameter)から剛体地球を仮定して計算した(以後、この予測値のことを極運動効果と呼ぶ)。

●結果とまとめ

短周期潮汐の解析結果は、昭和の超伝導重力計の3年分のデータから解析を行った Tamura et al. (1997) と M_2 で 0.03% 以内で一致している。Sato et al. (1997b) は、2年分のデータを使った長周期潮汐解析を行っている。今回得られた結果は、この結果より、潮汐ファクター・位相・振幅の決定精度が 1.5 倍程度向上している。長周期潮汐の中で最も振幅の大きい M_f 分潮に関して、弾性体地球の応答に、 M_f 海洋潮汐モデル(高根澤他, 1998) から求めた昭和基地での海洋潮汐の影響を加えたものと観測値を比べると、振幅は約 0.3% 小さいが、位相は誤差の範囲内で一致している。この海洋潮汐モデルを使用して海洋の影響を分離し、マンツルの非弾性の大きさを見積もった。

極運動の解析では、2年分の解析に比べ、年周とチャンドラー周期のフィッティング係数の相関が 20% 以下になり分離が格段に向上した。観測された年周・チャンドラー周期を図3に示す。観測された年周の重力変化については、地球潮汐・極運動効果の年周成分という固体地球による重力変化に、海洋の影響(海面高の季節変化。佐藤他(1998)を用いた)を考慮することでほぼ説明がつくことがわかった。チャンドラー周期に関しては、極運動効果を使う方法と三角関数のフィッティングによる方法の両方で、位相が遅れる結果が得られた。このことは、Sato et al. (1997a) で述べているような、極運動に対して、海洋を含む地球の応答が遅れるという因果関係を満たしている。講演では以上の結果の詳細と考察について述べる。

●今後の課題

昭和基地の SCG016 で観測された年周重力変化は、海洋の影響を考慮することによってかなり説明がつくことがわかったが、今後はチャンドラー周期についても同様な調査をする必要がある。

●参考文献

Nawa et al., 1998, Earth Planets Space, 50, 3-8.
 Sato et al., 1997a, Gravity, Geoid and Marine Geodesy, 99-106.
 Sato et al., 1997b, PEPI, 103, 39-53.
 佐藤他, 1998, 第90回測地学会講演予定
 高根澤他, 1998, 第7回SCGワークショップ予稿集
 Tamura et al., 1997, Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 10, 1-10.

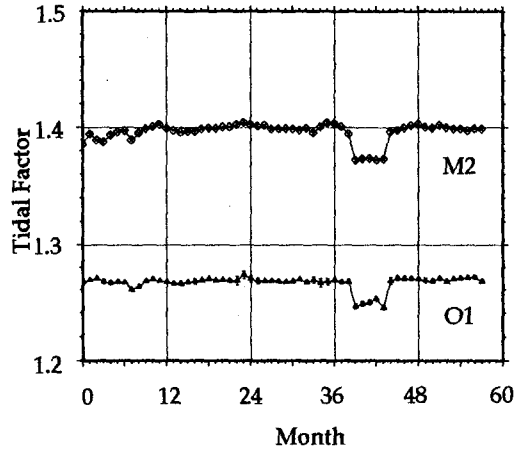


図1: 短周期潮汐ファクターの変化
 潮汐ファクターの変化から観測開始から42ヶ月付近で感度低下を起こしていることがわかる。

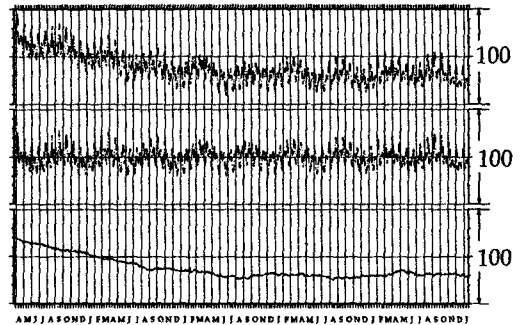


図2: 長周期潮汐解析の結果
 上から入力データ・潮汐成分・残差の順である。横軸は日付で1993年3月22日から1998年1月26日までである。縦軸のスケールの単位は μ Gal である。

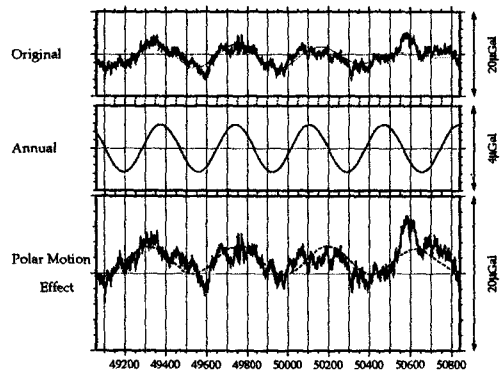


図3: 観測された年周と極運動
 上から入力データ・年周成分・残差である。3段目の点線は、EOPから求めた極運動効果(チャンドラー周期)であり、残差はよく一致している。横軸は修正ユリウス日。

2

常時自由振動の水平動成分

中西 崇 (京都大学大学院理学研究科) ・ 古木 宗充 (金沢大学理学部)

Horizontal Components of Earth's Background Free Oscillations.

Takashi Nakanishi (Graduate School of Science, Kyoto University)

Muneyoshi Furumoto (Faculty of Science, Kanazawa University)

1) はじめに

地球の自由振動は、これまで大きなイベントにともなって観測されると考えられてきた。しかし、Suda et al. (1998) や Nawa et al. (1998) は、それぞれ南極昭和基地の超伝導重力計とIDAのデータを解析し、地震以外の原因によって常に地球の自由振動が励起されていることを指摘した。また、小林 (1996) は大気の影響によって惑星の自由振動が励起されることを理論的に示している。

ただ、これまでに行われた常時自由振動の研究はすべて上下動に関するものであり、ねじれのモードについては論じられていない。そのためこれまでの常時励起源に関する議論は不完全であったと言わざるをえない。また、常時自由振動の存在そのものについても、スペクトルのピークと固有周波数との一致が明確でない、より静穏な観測点でも検出されない例がある、などの理由から否定的な声もある。

本研究では水平動のデータについて解析を行い、地球の常時自由振動を検出することを目的としている。

2) データ・解析

昭和基地のSTS (Streckelsen seismometer) による1994年2月1日から6月30日のデータのうち、南北方向の成分を用いた。このデータはBRB (Broad Band) の360秒のモード (0.1~360秒においてフラットな振幅特性を持つ速度出力が得られる) によるものである。

波形からスパイク状のノイズやゼロ点調整の影響などを丁寧に取り除いた後、10秒でリサンプリングする。そして3日分の波形を一組として始点を1日ずつずらしていき、148個の時系列データとした。

このような3日ごとのデータをスペクトル解析し、150日分をまとめて1枚のスペクトログラム (時間を縦軸に周波数を横軸に取り、スペクトルを色の変化で

表したものを) を描き、常時励起の存在の有無を調べる。

3) 結果

スペクトルのピークはほぼ全期間にわたって、いくつかの周波数帯に集まっている。しかし、それらは上下動のスペクトログラムに見られるような明瞭な筋にはなっておらず、理論固有周波数との厳密な対応はできなかった。ただ、0.0018Hz付近に見えるピークの集まりは、明らかに基本モードとは一致しない。

伸縮のモードとねじれのモードを組み合わせた理論固有周波数の分布は、全周波数領域で均一ではなく、ある偏りを示す。水平動のスペクトログラムの傾向を $0S_n, 0T_n, 1S_n$ の分布と比較したところ、ごくおおまかには一致していた。

以上のようなことから、常時自由振動は伸縮のモードばかりでなく、ねじれのモードにおいても励起されている可能性があり、今後も励起源を論じる上で、水平動の解析を避けて通ることはできない。もし、ねじれのモードが常時励起されているとするならば、地球の常時自由振動という現象は、今まで捉え得なかった地球内部の情報をもたらしているのかもしれない。

3

ERS-2衛星の追尾用小型アンテナの設置と送受信

°金尾政紀¹・渋谷和雄¹・東 敏博²・青木 茂¹・福崎 順洋³

¹国立極地研究所、²京大理学部、³国土地理院

Status Report on Installation of PRARE Ground Station at Syowa Station, East Antarctica

Masaki KANAOKI¹, Kazuo SHIBUYA¹, Toshihiro HIGASHI², Shigeru AOKI¹ and Yoshihiro FUKUZAKI³

¹National Institute of Polar Research, ²Faculty of Science, Kyoto Univ., ³Geographical Survey Institute

概要

E-ERS-2衛星精密軌道決定のための追尾用小型アンテナ地上局 (Precise Range and Range Rate Equipment; PRARE Ground Station) を、38次夏期間に地学棟付近に新たに設置し送受信を開始した。PN-codedされたパルスを送信するS-band (2248MHz)とX-band (8489MHz)の周波数帯でそれぞれ受信し、また別の周波数帯のX-band (7225MHz)でERS-2衛星に送信することで、昭和基地周辺における衛星軌道の地上局からの距離とその変化を常時モニターすることができる。ITRF座標系での昭和基地の位置を精度よく決めると共に、基地内の他の基準点と結合することで複数の座標系での位置変換が容易となる。また衛星軌道を精度よく求められるため、同時期に受信するERS/SAR解析等の基準点としても大変有効である。

地上局より一旦衛星追尾が開始されると、その後は自動的に送受信が継続される。衛星自動追尾の制御用パソコンは地学棟に据置き可能な限り常時監視した。観測データは、E-ERS-2衛星内のメモリーに格納されドイツ測地研究所において処理され、後日に極地研究所に配付される。当初はキャンペーン期間を選んで運用する予定であったが、立ち上げ時期が遅れたこと、データの質量共に目的に合うこと、特別に運用に支障のないことから連続追尾とした。4月から9月にかけて順調に衛星自動追尾を行ったが、越冬後半レドーム内の低温による高周波 (RF) ケーブルの劣化により受信率が低下した。39次夏にRFケーブルを交換したがRAMCARD不良により、電気回路本体を持ち帰り修理することになった。40次で再度持ち込み追尾を再開する。

経過

38次夏期間に、アンテナ地上局用のレドーム (250 x 200 x 200 mm, 750kg, 図) を、地学棟の南西約25mの岩盤上にコンクリート基礎を作り設置した。2月中旬に、地学棟に電圧UPTランス(200V→220V)を据え付け、また電源ケーブルを敷設した。さらにレドーム上部 (プラスチック半球) の取り外しを行った。これは、GPS干渉測位によりアンテナ中心位置と基地内SCAR GPS基準点との結合を行うためであり、WGS84系での座標は (X=+69.0048762944, Y=39.5784092278, Z=-0.8000)

と求められた。その後3月上旬にアンテナ組立、初期パラメータ設定、衛星の自動追尾、並びにX&Sバンドでの送受信を開始した。

その後3月14日に再度レドーム上部を被せたため、アンテナ方位角に狂いが生じ急激に受信率が低下したが、4月に入り方位角の微調整を適宜実施し受信率は回復した。レドームを被せた時の人的接触によりアンテナが僅かに動いたと推測されるため、アンテナピラーとアダプタープレート間の緩みをテープで固定して補強した。最高受信率の期間中は追尾可能な軌道のうち98%を受信した。今後の再立ち上げ時の基準座標として利用するために、5月中旬に方位角0度、仰角0度の位置をレドーム内にマーキングした。

さらに9月までは順調に連続して衛星軌道を自動追尾したが、その間レドームを被せたことにより電気回路の各モジュールの内部温度が上昇した。野外用ハードケースの蓋を解放したり、毛布を被せて温度調節を行うことで解決した。しかしながら、レドーム内が次第に低温になったため、高周波 (RF) ケーブルの外皮プラスチック管が一部破損したためテープで補強した。レドーム内の見回りは適宜実施したが、内部温度は極夜期を中心に最低-10度程度まで低下した。

9月20日以降、X-bandの送受信状態が悪化したため、10月初旬にレドーム内を調査した結果、RFケーブルとフロントエンドとの接続の緩み[RX(赤)端子, SX(黄)端子]、及びRFケーブルの被覆の一部破損を確認した。再度テープで補強したが送受信状態に変化はなかった。やはりヒーターを使用していないため、レドーム内が低温であること及び衛星追尾により常時稼働していたことにより、RFケーブルの劣化が進んだものと思われる。10月下旬に、SXケーブルとRXケーブルの接続を交換して送受信状態を確認したが状況に変化はなく、そのため39次隊により予備ケーブルを持ち込むことになった。

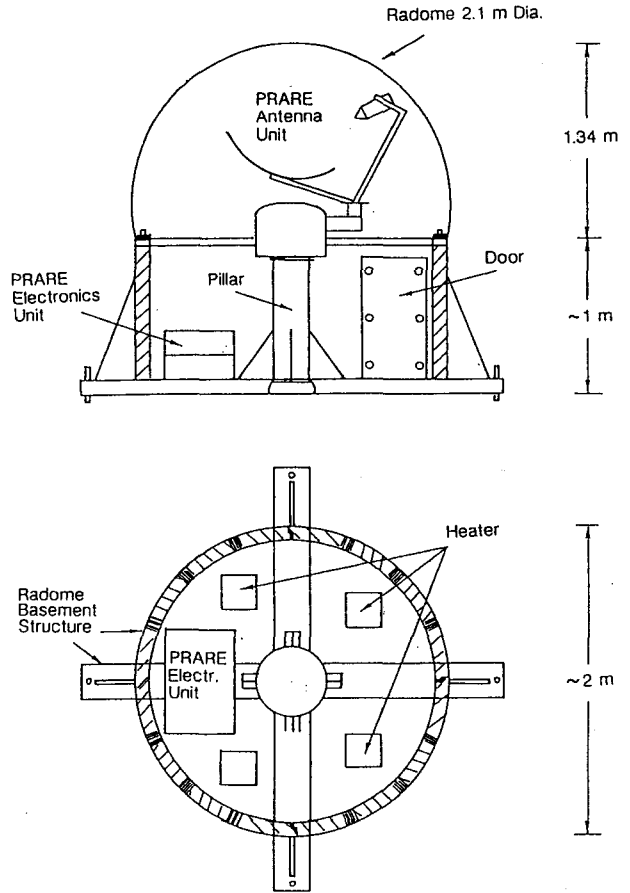
11月下旬より、今度はレドーム内の温度上昇のため、再度TEMPERATURE ERRORが発生するようになった。12月15日にはレドーム内の温度は+11.0度まで上昇し、それ以後1ヶ月間同程度の温度で継続した。RFケーブルは12月末に交換したが、1月3日に再起動を行って以降

PRARE地上局レドーム

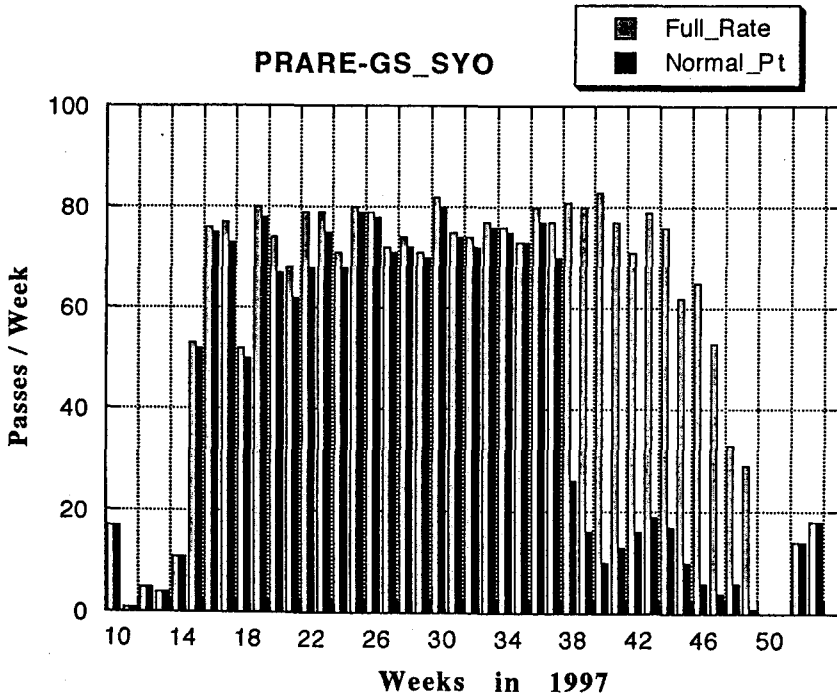
順調に送受信を再開した。しかし、1月6日に新しいセットアップ・パラメータ・ファイルを起動して以降受信状態が悪化したため、RAM CARDのバッテリー切れと判断し、1月13日に予備のCARDと交換した。しかし、その後も繰り返し試験を行ったが受信状態は回復しなかったため、使用済みのRAM CARDと電気回路を持ち帰り、帰国後にドイツ (Nortel DASA) に送付、修理/調査を行うことにした。

送受信状況

ドイツ (D-PAF) よりweekly reportが週に1回メールで届き、昭和基地を含め世界中の地上局の送受信状態が確認できた。また問題が発生した場合には、D-PAFからすぐにメールで連絡が届き、直接に解決方法についての情報交換を行うことができた。また、観測が順調に経過した9月に、D-PAFから昭和基地の気象データ送付の依頼があったため、3月以降の気象棟で観測した1時間サンプルデータをメールで送付した。その結果、衛星軌道誤差のvarianceが約20cm改善された。Range Full Rateで受信できたパス数は、年間計2,558パスであったが、その年変化を表に示した。表には、Normal Point passesで受信できたパス数も同時に示したが、9月20日以降に、X-bandの送受信状態が悪化したことが顕著に確認される。



PRARE-GS_SYO



4

南極観測支援衛星「はやて」の概念設計

吉原 圭介, 杉浦 嘉紀 (東工大・院), 関口 正人, 宇井 恭一, 鶴見 辰吾
中谷 幸司, 森 淳 (東工大・学), 松永 三郎, 狼 嘉彰 (東工大・工)

Concept Design of HAYATE: Small Satellite for Supporting Antarctic Observation Researches

Keisuke YOSHIHARA, Yoshiki SUGIURA, Masato SEKIGUCHI, Kyoichi UI, Singo TSURUMI, Koji NAKAYA, Makoto MORI, Saburo MATUNAGA and Yoshiaki OHKAMI

Department of Mechano-Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology

1. 諸 言

近年、地球環境問題が世界的に注目されている。地球環境の最重要モニタリングサイトの一つである両極域での各種観測は必要不可欠であるが、その過酷な地理、気象条件のため十分とは言えない。事実、日本の南極観測についての現状を見てみると、施設・研究用機材などについては年々、その規模・質ともに改善が進んでいるものの、それらによって得られた貴重なデータの多くが日本で解析されるのに少なくとも1年を待つ必要がある。これは、観測隊の主たる外部との接触が毎年1回訪れる、砕氷船「しらせ」に依存しているためであり、このような研究体制では地球環境問題にリアルタイムに対応したい多くの研究者の要望に応えることはできない。

このような背景から、実地の研究者から、衛星を用いた通信システムの確立が熱望されているが、現在、研究者が多額の課金無しで使用できる軌道上サービスは、インマルサットを用いた電話やFAX、e-mailなど少量のデータ通信に限られている。また、南極域ではその苛酷な気候上、有人で長期にわたって広い範囲の観測を繰り返す行なうことは困難であるので、多数の無人観測地点を設けることが望まれているが、広範な地域に配置した無人観測モジュール(以下、プローブと呼ぶ)からのデータ回収方法が問題となっており実現に至っていない。また、近年地球磁場強度の低下を示唆する現象としてオーロラ発生緯度の低下傾向が報告されており地球磁場の長期にわたる変動を観測すべきであるが、これを中低軌道高度で計測する衛星が不足しているという現状がある。

そこで、本稿では、年間を通して昭和基地からの観測データを日本に送信し、また同時に、南極各地に配置した無人観測モジュールや、氷床上の観測隊からのデータを吸い上げ、さらに磁場変動を計測し、日本に送信する南極観測全般支援を目的とした小型通信衛星を用いたミッションを提案する。また、ミッションを遂行するのに必要な機能を備えた50kg級小型衛星の概念設計⁽¹⁾の検討結果について述べる。

2. 本ミッションおよび衛星の特徴

本衛星は南極観測の拠点である昭和基地からデータを受信、衛星に搭載したレコーダーに記録、日本地上局との通信が可能になったときに、データを送信する、“Store and Forward”を主ミッションとする。主ミッションを行っていない間は南極上のプローブからのデータを吸い上げ、衛星上のレコーダーに記録、日本地上局へ送信する。さらに、ブームの先端に磁力計を配し、極域の磁場観測を行う。

これらのミッションを行なうことによって本衛星に期待される点として以下を挙げる事ができる。

(1)年間を通じて多量のデータを南極から日本に送信することにより、南極観測態勢が大きく強化され、極域研究環境の向上をもたらす。

(2)広範な地域に配置したプローブから、定期的に観測データを回収できることで、南極上における氷床流動などの非常に大規模なダイナミクスや広域環境変動などの実証的な手掛かりを捉えることが可能になる。

(3)超小型のピギーバック衛星の開発に際して、衛星機能の性質上、技術的には現在までの蓄積で十分な場合が多く、民生用技術を多用し、かつ、学生主導による設計、製作、試験、運用を目指すので、本衛星の開発・運用コストを大きく抑えることができ、それにより、研究者に対して課金なしのサービスを長期にわたって持続させることができる。

3. 主要ミッションの流れ

3.1 昭和基地-日本周回データ伝送ミッション

このミッションでは通信周波数 S バンド (UpLink:2.67[GHz]/DownLink:2.52[GHz])を用いる。データレートは4 Mbpsである。通信は衛星側アンテナビームパターンなどの制限により昭和基地から仰角27.3[deg]以上となる時に通信可能となる。3日間で約800[Mbyte]、1年間で最大100[Gbyte]程度のデータ伝送が可能である。

①昭和基地地上局で衛星との通信条件が良い時を選び、衛星に向けてデータを送信する。

- ②衛星はデータ受信後、昭和基地に受信データ量を送信する。受信データは機上のメモリに貯える。
- ③日本地上局からのコマンドを受け、貯えたデータを送信する。
- ④日本地上局はデータ受信後復調し、保存、ネットワークを通じて各研究機関に公開する。

3.2 プロープデータ回収ミッション

南極氷床上、昭和、みずほ、あすか、ドームふじの各基地近辺に 20 個配置されたプロープから GPS データ、地震波データを吸い上げ、日本局へ送信する。通信周波数は UHF(400MHz)、通信はアップリンクのみでデータレートは 9600bps である。また、プロープからのテレメトリデータ受信は時分割多元接続(TDMA)に近い形で行う。衛星側ではデータのプロープ識別ワードを用い、処理を行う。プロープの機能ブロック図を Fig.1 に示す。

- ①各プロープは送信時間割り当てにしたがってデータを送信する。
- ②衛星はプロープからの送信電波を捕捉したら、それを受信、保存することを繰り返す。
- ③日本地上局からのコマンドを受け、貯えたデータを送信する。
- ④日本地上局はデータ受信後復調し、整理し保存、ネットワークを通じて各研究機関に公開する。

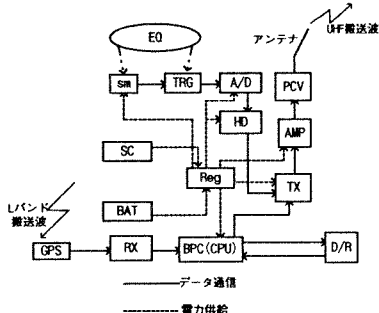


Fig.1 プロープ機能ブロック図

GPS: GPS 受信アンテナ, RX: レシーバー, BPC: ボードコンピュータ, D/R: データレコーダ, TX: トランスミッター, Reg: レギュレータ, BAT: バッテリー, SC: ソーラーセル(太陽電池), AMP: アンプ, A/D: AC/DC 変換ボード, HD: ハードディスク, TRG: トリガー, SM: 地震計

以上のミッションを図示したものを Fig.2 に示す

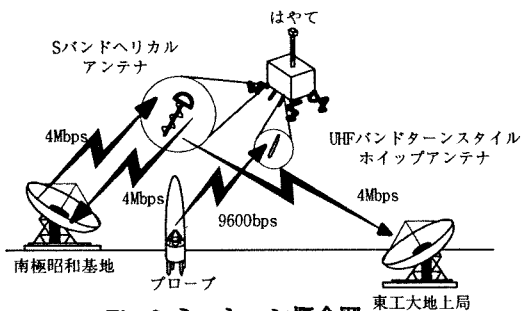


Fig.2 ミッション概念図

4. 衛星の構成、主要仕様

H-II もしくは H-IIA ロケットのピギーバック衛星として打ち上げられることを想定している。運用開始時には軌道投入後展開した 4 本の S バンドヘリカルアンテナと 4 本の UHF バンドターンスタイルホイップアンテナが地球指向面に、重力傾斜安定用ブームが地球指向面と反対の面に伸びている。Table 1 に本衛星の主要仕様を、Fig.3 に衛星の概観図を示す。

Table 1 衛星の主要仕様

衛星本体	重量約 48.3[kg]、一辺約 0.5[m]の箱型形状 (ブーム収納時)
衛星の軌道	高度約 770[km]、軌道傾斜角 98[deg] 準回帰極軌道 (回帰日数約 3 日)
衛星の姿勢制御	重力傾斜安定方式 重力傾斜ブーム、磁気トルカを使用
発生電力	23.7[W] (ミッション末期)
使用周波数	データ通信・テレメトリコマンド(Sバンド:2.67/2.52GHz)、無人観測モジュールからのテレメトリ受信 (UHF:400MHz)
寿命	運用開始後約 2 年

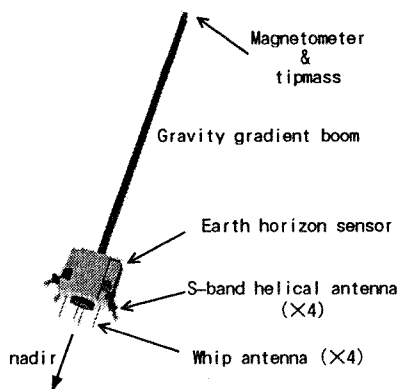


Fig.3 はやて概観図

5. 衛星の主要サブシステム

本衛星のサブシステム構成は以下に示すとおりである。

5.1 ミッション系(通信・磁気観測・GPS 測位系)

通信系
通信系は本衛星のミッションの主要部分であり 4 本の S バンドヘリカルアンテナと 4 本の UHF バンドターンスタイルホイップアンテナ、および回路部からなる。Table 2 に各ミッションにおける回線計算結果を示す。

Table 2 通信回線設計

	A	B	C	D
周波数[GHz]	2.52	2.7	2.7	0.4
送信機出力[W]	10	20	20	5
送信アンテナの半値幅[deg]	55	1.6	3.9	
送信アンテナのゲイン[dB]	4	35	32	0
送信機の実行放射電力[dBW]	13	47	44	5.98
受信アンテナの半値幅[deg]	4.17	55	55	
受信アンテナのゲイン[dB]	31.2	4	4	0
データレート[Mbps]	4	4	4	9.6×10^{-3}
Eb/NO[dB]	15.6	19	41	14.8
ビットエラー率	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}
要求Eb/NO[dB]	10.5	11	11	10.5
マージン[dB]	4.12	7.2	30	3.29

A: 衛星から日本地上局 (S バンド)、B: 昭和基地から衛星 (S バンド)、C: 日本地上局から (コマンド) (S バンド)、D: プローブから衛星 (UHF バンド)

・磁気観測系

衛星に搭載された三軸フラックスゲート磁気計によって地球磁場を計測する。オーロラの発生源である沿磁力線電流による磁場変動に着目し、計測は両極域上空においてのみ行う。

・GPS 測位系

GPS 受信機を搭載し DGPS 位置決定を行う。

5. 2 姿勢制御系⁽²⁾

姿勢制御系は、重力傾斜安定方式と地磁気安定方式を組合せた 3 軸安定方式 (2 軸: 能動制御、1 軸: 受動制御) とする。磁気トルカによってロール軸とピッチ軸の制御を行い、 $\pm 2\text{deg}$ の姿勢指向を実現する。さらに、ヨー軸に受動的なダンパーを加え、定常的なスピンを除去する。姿勢制御系のハードウェアとしては重力傾斜ブーム、磁気トルカ、ホイールダンパー、地球水平センサ、太陽センサ、磁気センサの 3 つとなる。

5. 3 熱制御系⁽³⁾

ネットワーク法を用いて衛星をモデル化し熱解析を行い、想定されるいずれの状況 (日食、季節変動など) においても、各機器の作動保証温度範囲以内に収まることを確認した。

5. 4 機体系

総質量は 48.3kg (乾燥質量)。機体質量中心は幾何学的機体中心軸上に存在するよう各機器を配置した。ブーム進展軸を z 軸、進行方向を x 軸とすると、慣性モーメントは $I_{xx}=35.077$, $I_{yy}=-0.017$, $I_{zz}=-0.005$, $I_{xy}=35.061$, $I_{yz}=0.028$, $I_{zz}=1.004$ (単位: $\text{N}\cdot\text{m}^2$) となる。振動解析の結果、固有振動数は最低時 89.95[Hz] となり、要求を満たしている。また、耐荷重解析結果も、高い安全率でパスした。

5. 5 C&DH 系

C&DH 系はコンピュータ、データレコーダ、コマンドデコーダ、データ処理装置等からなる。本ミッションでは南極基地から日本への大量のデータ輸送を行うため、データレコーダとして 0.5GB の磁気ハードデバイスを搭載する。

5. 6 電源系

本衛星では運用に要する電力を衛星本体に貼り付けた太陽電池によってまかなう。そのため、電源系を構成する機器として、太陽電池セル (総発電能力: 23.7W) の他、バッテリー (容量: 43.2Wh)、レギュレーター、シャントレジスタなどを搭載する。

6. 結 論

南極観測を支援することを目的とする超小型衛星ミッションを提案し、その予備的概念設計を行った。主要ミッションを再度述べれば、
1) 南極基地から日本地上局への大容量データ転送 (年間最大 100Gbyte)
2) 観測プローブデータの広範囲自動取得
3) 高緯度低高度地球磁場観測
などが挙げられる。ここでは、紙面の関係上、検討結果の概要のみをまとめたが、より詳しくは詳細解析書⁽⁴⁾を参照されたい。

本衛星は大学/学生主導ミッションであって、基本的には、教育目的 (学生が中心になって解析/設計)、低コスト衛星実現デモ (学生が中心になって製作/運用)、そしてかつ、意義のあるミッションであることを強調したい。開発費用等は、公募などから援助していただき、宇宙関連メーカーの多大な協力を強く期待しているわけである。このような衛星実現の機会は、学生たちに非常に有益な学習経験を与え、将来の宇宙開発/ビジネスに向けて計り知れない多大な効果を生むに違いない。衛星実現に向けて関係者の強力な支援を呼びかけたい。

文 献

- (1)Wiley J.Larson and James R.Wertz, *Space Mission Analysis and Design*, Second Edition, Microcosm, Inc., Torrance, 1992.
- (2)David G.Gilmore, ed., *Satellite Thermal Control Handbook*, Spacecraft thermal department the Aerospace corporation Press, ElSegundo, 1994.
- (3)James R. Wertz, *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1978.
- (4)南極観測支援衛星「はやて」(TISAT) 詳細解析書, 東京工業大学機械宇宙学科, 1998.

5

干渉合成開口レーダーを用いた南極氷床変動の検出

小澤 拓(総研大), 土井 浩一郎, 渋谷 和雄(極地研)

Detection of Antarctic ice-sheet motion by In-SAR

Taku Ozawa (Graduate University for Advanced Studies)

Koichiro Doi, Kazuo Shibuya (National Institute of Polar Research)

はじめに. 我々は南極氷床の変動の検出, 詳細な氷床の地形標高データ(Digital Elevation Model (DEM))の作成を目的に干渉合成開口レーダー(干渉 SAR)の解析を行っている。南極氷床は約98%が氷床に覆われており, この変動, 形状を測ることは単に氷床・氷河の研究だけでなく, 水収支の研究, 氷床の増減による地球回転への寄与を調べる上でも非常に重要である。これまで, 氷床の変動を測るためには三角・三辺測量, GPS 測量といった, 現地における測量がなされてきたが, 氷床・氷河上ではアクセスが困難で, 簡単に測量は行えない。一方, 人工衛星を用いた干渉 SAR では現地における測量の必要はなく, また衛星の周回ごとに観測が可能であるため, 氷床変動のモニタリングが可能である。本講演では南極域の干渉 SAR 画像の紹介と, 南極における干渉 SAR 処理の問題点について考察する。

干渉合成開口レーダー. 合成開口レーダー(SAR)はマイクロ波を用いたリモートセンシング技術で, 衛星や航空機からマイクロ波を照射し, その後方散乱波の強度(振幅)画像を作成することによって, 地上の植生や水分量などの地上の状態を知ることが出来る。また, この技術は合成開口技術を用いることによって, 空間的に高分解能で観測することが可能である。日本では地球資源衛星1号「ふよう1号(JERS-1)」が打ち上げられ, 現在でも運用されている(表1)。それに対し, 干渉 SAR は後方散乱波の位相を用い, 2つの SAR 画像の位相差を求める。空間的に系統的な位相差があると縞模様に見え, 干渉縞と呼ばれる。干渉縞は地形と地表面の変動によって生じることから, 干渉 SAR によって地形標高データの作成, 地表の変動の検出が可能である。これまでに JERS-1 などの SAR データから地震に伴う変動の検出がなされている[e.g. Tobita *et al.*, 1998]。氷床変動に対する干渉 SAR の応用はヨーロッパの European Space Agency によって打ち上げられた ERS-1 (表1)を用いて盛んに行われているが[e.g. Goldstein *et al.*, 1993], JERS-1 を用いた干渉 SAR の応用は数少ない。

解析. SAR データは SAR 衛星からダウンリンクされたデータを地上局で受信し, 計算機で処理可能な CEOS フォーマット RAW データに変換される。これらのデータを SAR 処理によって SAR 画像を作成する。SAR 画像は Single Look Complex (SLC)と呼ばれ, 各ピクセルごとの散乱強度と位相のデータが複素数で格納されている。次に同一地域の取得時期の異なる SAR データから2つの SLC を作成し, 2つの SLC の位置合わせを行った後, 各ピクセルごとの位相差を計算する(干渉処理)。以上の処理によって干渉画像は作成される。この干渉画像には地形によって生じる地形縞, 変動によって生じる変動縞, 衛星と地表面との視線距離の変化によって生じる軌道縞といった干渉縞が含まれる。一般的には, CEOS RAW データと一緒に格納されている軌道情報を用いて軌道縞を除去を行う, フラットニング処理が行われる。

今回用いたデータは東南極大陸に位置するリュツォ・ホルム湾周辺(S69.5°, E39°)で JERS-1 によって 1996 年 6 月 16 日(①), 1996 年 7 月 30 日(②), 1996 年 9 月 12 日(③)に取得された(図1)。データ解析は Vexcel 社によって開発されたソフトウェアを用い, SAR 画像の作成, 干渉処理, フラットニング処理を行った。

結果と考察. ①と②のペアと②と③のペアから得られた干渉画像を図2に示す。これらの干渉画像は地形縞の除去が行われておらず, 地形縞と氷床の変動による変動縞が重なって表れている。全体的な干渉画像の特徴は, 露岩域と氷床上ではよく干渉しており, 海上では海氷面において干渉している部分もある。露岩域では 44 日間の間に変動は無いと考えられるので, 地形縞のみが表れ, 露岩の等高線のような干渉縞が得られることを期待できるが, 今回得られた干渉画像では, 等高線に類似した干渉縞よりも, 上下に平行な干渉縞が卓越している。これは前に述べたように, 軌道縞を除去するためのフラットニング処理を, 軌道情報を用いて行っているが, JERS-1 の軌道情報の精度は軌道縞を除去するためには十分でなく, 完全に軌道縞を除去できていない

ためであると思われる。一般に、軌道情報の精度が十分でない場合、 2π の整数倍の不確定性を推定するアンラッピング処理を行った後に Ground Control Point (GCP) を用いて軌道の再推定を行う。しかし、極域においては GCP として用いることができる位置データは数多く存在しない。また、GCP には変動の無いところの位置データを用いるが、極域において変動の無いと考えられる場所は露岩域しかない。また、露岩域で GCP を見つけることが出来たとしても、その縁辺部では、変動が大きすぎるために干渉性が悪く、干渉縞の不連続も生じるため、広範囲のアンラッピング処理が困難になる。こうしたことから、極域における軌道縞の除去は極めて困難であり、現在のところ適当な処理方法は見つかっていない。

次に、南極では詳細な DEM が無く、DEM を用いた地形縞の除去は不可能である。このため、2つの干渉画像から地形縞と変動縞の分離を行う 3-Pass 法を適用する必要がある。詳細な DEM の無い地域で地震に伴う変動を検出するために用いられる 3-Pass 法では、3つの SLC から干渉画像を2つ作成し、地形と変動を含む干渉画像から変動を含まない干渉画像の差を計算することによって変動のみを検出することが可能である。しかし、氷床は常に変動しているため、同じ手法では変動と地形の分離を行えない。そこで、3つの SAR データを取得する間には変動の大きさが一定であると仮定することによって、2つの干渉画像から地形と変動を分離することが可能である。しかしながら、氷床の変動は大きく、観測間隔のあいた SAR 画像のペアでは干渉が得られない場合が多い。よって、南極において 3-Pass 法を適用するためには少なくとも 44 日周期で連続的な干渉画像を得る必要がある。図2に示す2つの干渉画像は 44 日周期で連続的に干渉画像が得られた。しかし、①と②のペアと②と③のペアの干渉画像を比較すると、後者の干渉画像の方は干渉が悪く、前者において干渉が得られているところにおいても、後者では干渉していない場所がある。この一要因は、干渉処理の前に2つの SAR 画像の位置合わせを行うが、正しく位置合わせが出来ていないためだと思われる。本来、位置合わせは変動のない部分に基づいて行われるべきであるが、一枚の画像の中に海水や氷床などの変動のある部分が大部分を占めている場合には、変動部分を基にして位置合わせを行ってしまうことがあり、正確な位置合わせが出来ないためと考えられる。したがって、位置合わせを行う際に、変動の大きい氷床、海水部分を用いないことにより、この問題を回避することができ、3-Pass 法による変動と地形の分離

が可能である。

まとめ. 詳細な DEM のない南極氷床において、氷床の変動を検出するためには、3-Pass 法による変動と地形の分離が不可欠であり、そのためには連続的に得られる干渉画像上で変動縞と地形縞が得られていることが必要である。しかし、そのためには軌道縞を取り除くことの困難さや、干渉処理時の2つの SAR 画像に対する位置合わせの困難さ、という問題を克服しなければならない。

表1. SAR が搭載されている衛星

衛星	周波数	分解能	回帰周期
JERS-1	1.3GHz	18×18m	44 日
ERS-1	5.3GHz	30×30m	3,35,176 日

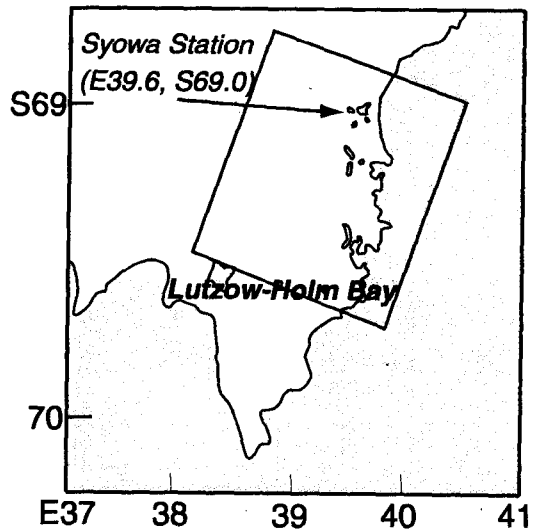


図1. リュツオ・ホルム湾と干渉画像の位置

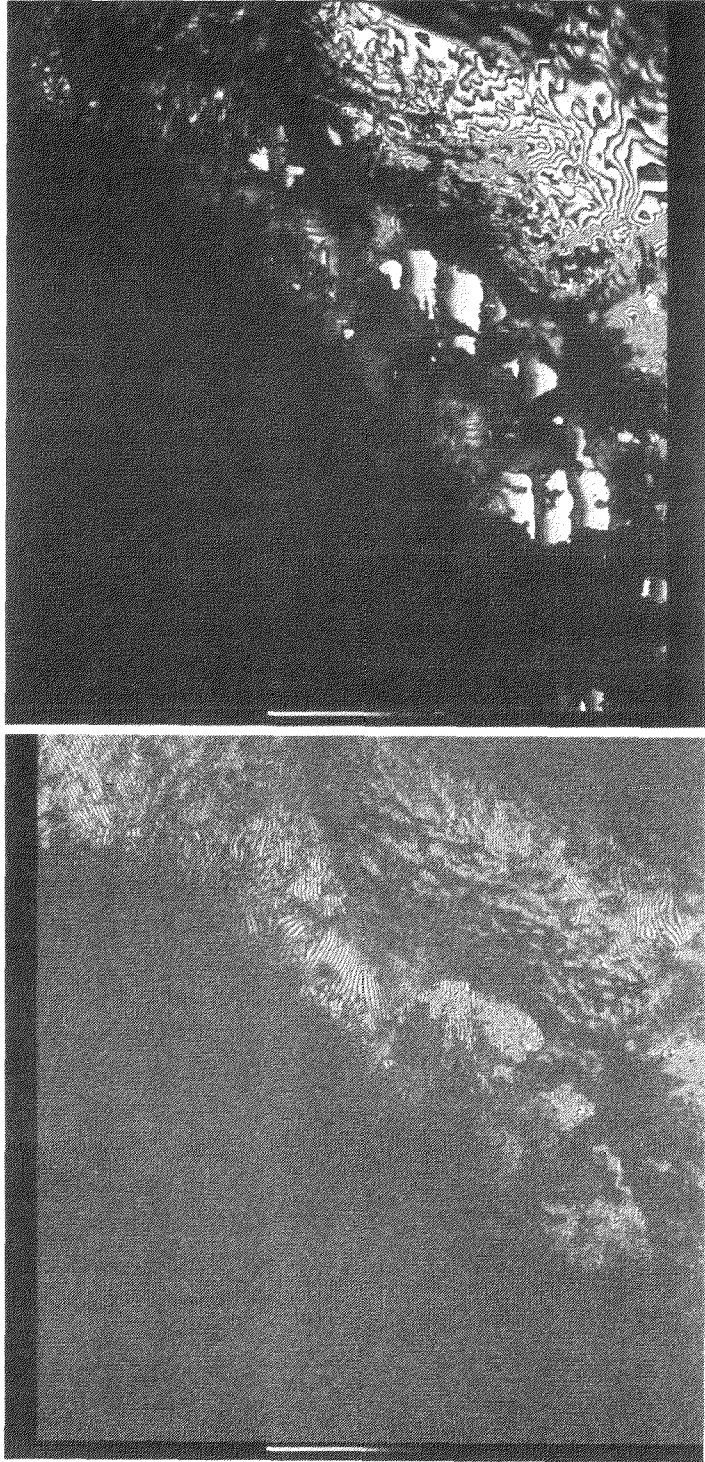


図2. (上) 1996年6月16日と1996年7月30日のデータから得られた干渉画像
(下) 1996年7月30日と1996年9月12日のデータから得られた干渉画像

6 露岩域および氷床上における GPS 連続観測

岩田昭雄 大滝修 藤原智 松村正一 (国土地理院)

GPS continuous observation on ice-free area and ice sheet

Masao IWATA Osamu OOTAKI Satoshi FUJIWARA Syouichi MATSUMURA
(Geographical Survey Institute)

概要

干渉合成開口レーダー (干渉 SAR) の精度検証を目的として、露岩域及び氷床上の S16 周辺において GPS を用いた変動測量を行った。これにより、昭和基地周辺の露岩域では年単位で有意な変動がないこと、及び S16 周辺の氷床では一日あたり約 13mm、年間では約 5m 西北西に移動していることが観測された。また、同氷床では年間 15cm 程度の鉛直成分の下降変動も併せて観測された。

1. はじめに

国土地理院では干渉 SAR 技術を南極地域においても利用する計画である。その精度検証を行うには、現地において変位量を高精度で実測することが必要である。第 39 次隊では露岩地域及びその周辺の変動を調査する「露岩域変動測量」を引き続き実施した。露岩域は昭和基地南方約 27km にあるラングホブデ雪鳥沢において、第 38 次隊で行った観測と同様な 24 時間の GPS 連続観測を実施した。また、南極の 95.5% を占める氷床域の観測として昭和基地の東方約 19km、昭和基地 GPS 連続観測点との楕円体比高 589m の内陸調査旅行等の拠点である「S16」周辺の 3 点において GPS の連続観測を実施した。

2. 観測概要

露岩域に位置するラングホブデ雪鳥沢 3702 測点では、JARE38 により、'97 年 1 月 26 日に 24 時間の GPS 連続観測が実施されている。JARE39 においても約 11 ヶ月経過した 12 月 24 日～25 日に、同点において同様な観測を行った。

氷床の S16 ポイントには'92 年から GPS 観測を行うポールが設置されており、JARE38 においてもそのポールを利用し、'96 年 12 月 20 日～24 日に GPS 連続観測が実施されている。JARE39 においてはそのポールに併せ、氷床の面的な変動とより多くのデータを取得するため、約 500m 離れた箇所に位置する気象ロボット近傍及び S ルートを内陸に約 1km 進んだポイントに新たにポールを設置して GPS 連続観測を実施した。観測は'97 年 12 月 20 日～21 日と、約 50 日間隔をあけた'98 年 2 月 7 日～9 日に実施した。

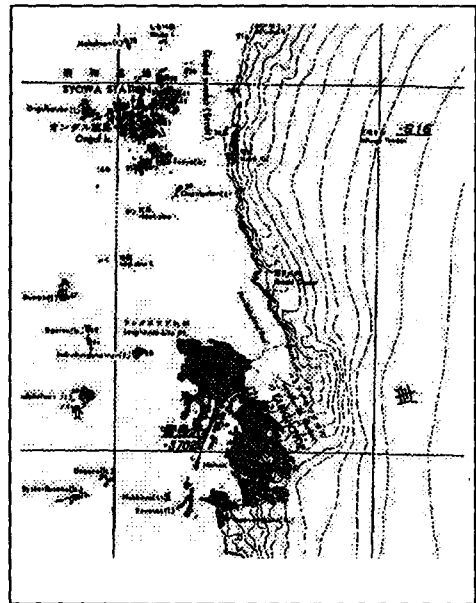


図-1 観測地域図

3. 解析結果

解析は精密暦を用いて精密基線解析ソフトにより、昭和基地 GPS 連続観測点を固定

として、3702 測点においては 24 時間のデータ解析、S16 周辺の 3 点については 6 時間(720Epoch)を標準としたセッション毎に分割して計 12 セッションの解析を行った。

1) ラングホブデ雪鳥沢 3702 解析結果

表-1 3702 測点の座標変化 ITRF94

測点時系列	X (m)	Y (m)	Z (m)
JARE38_3702	1744079.9392	1448412.8019	-5941683.2936
JARE39_3702	1744079.9312	1448412.7968	-5941683.2901
Sigma	0.0105	0.0085	0.0332
JARE39-38	-0.0080	-0.0051	0.0035

2) S16 周辺の解析結果

S16 周辺の各セッション毎の解析結果は、他と比べて大きい標準偏差を示したセッションが 2 つあるものの、それ以外は数 cm の標準偏差で各基線ベクトルが求められている。

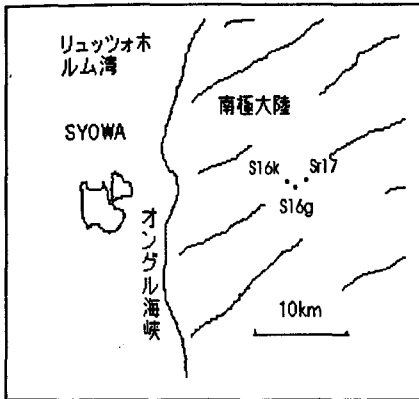


図-2 S16 周辺観測点の配置

3) 氷床の水平成分変動量

昭和基地 GPS 連続観測点の座標を基に、S16 周辺の各観測点の座標変化を計算した。その時系列変化は、概ね氷床の最大傾斜方向である北西から西北西に移動している。また、観測期間中(51.86 日)の各観測点の移動量は

- ・ S16g が測地線長 0.6853m
方位角 290° 3'
- ・ S16k が測地線長 0.6806m
方位角 287° 47'
- ・ Sr17 が測地線長 0.6768m
方位角 296° 1'

となり、これら観測開始時と終了時の解析値より計算される各観測点の移動速度は

S16g で 13.21mm/日 (4.82m/年)

S16k で 13.12mm/日 (4.79m/年)

Sr17 で 13.05mm/日 (4.76m/年)

となる。

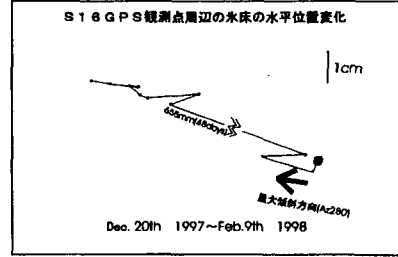


図-3 S16GPS 観測点の水平位置変化

4) 氷床の鉛直成分変動量

一般に GPS 観測で求められる鉛直成分の精度は、水平成分と比較して悪く数 cm のばらつきが現れるため、短期間で変動量を捉えることはむずかしい。

しかしながら、今回の結果から鉛直成分のばらつきは 5cm 程度と推測できるため、これ以上の鉛直成分の変動は有意と考えられる。JARE38 と JARE39 の解析結果の楕円体高 (H) は、

JARE38 (epoch 354.5) H= 589.8840m

JARE39(epoch 354.6) H= 589.7327m

であり、約 15cm の沈下が見られる。これは S16 付近の氷床の鉛直成分変動を実測値として捉えたと考えられる。

5. まとめ

今回の結果より、GPS の連続観測により露岩域の年間変動量の監視が十分行えることと、それに合わせ周辺の氷床の変動量も数時間のタイムスパンで監視が行えることが確認された。これは広範囲な面的変動を監視する干渉 SAR (干渉合成開口レーダー) の精度検証を、GPS の実測値により十分行えることにもつながる。また、今回観測を行った氷床上の S16 周辺 3 点の結果より、S16 ポイント周辺では、最大傾斜方向に向けほぼ同じ方向、同じ速度で氷床が移動していること、年間を通じてその移動速度などに大きな変化は生じていないこと及び年間の下降変動量は 15cm 程度であり面的になめらかな変動をしていることなどが確認された。今後露岩域でのピラー設置や太陽電池による長期間の GPS 連続観測などの質的精度向上と合わせ、氷床変化による露岩の変動監視調査につながっていくことを期待したい。

7 ドームふじトラバースルート上における 重力測定およびGPS観測

東 敏博(京都大学大学院理学研究科)、金尾 政紀・本山 秀明(国立極地研究所)

Gravity Measurements and GPS Observations along the Traverse Routes from Syowa Station to Dome Fuji

T. Higashi(Kyoto Univ.), M. Kanao and H. Motoyama(NIPR)

第38次南極地域観測隊(JARE-38)においては、ドームふじ観測拠点への燃料補給を主目的とした「ドーム補給旅行」が1997年10月7日から11月19日にかけて行われた。旅行期間中、ルート上において、重力測定およびGPS観測を適宜実施した(図)。

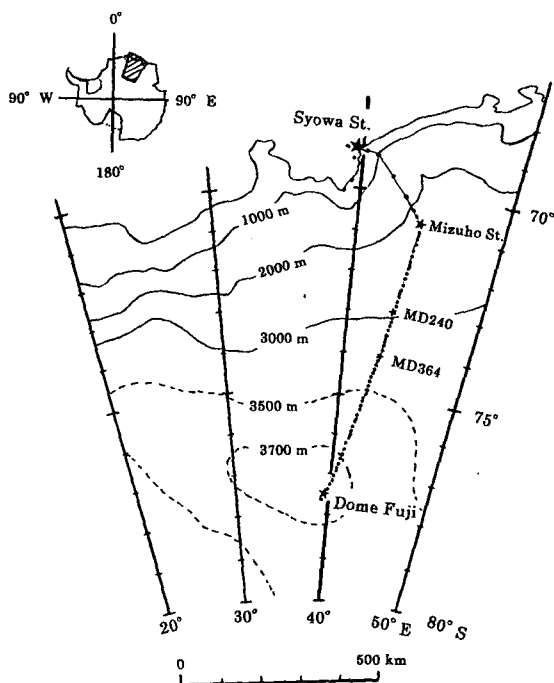
重力測定は、ラコスト重力計G-680を用いて、1日2~4点の測定を行ったが、旅行日程を考慮して、主に、昼食時および気象観測時に測定するように努めた。測定点は、これまで測定データの少ないみずほ基地からドームふじ間を重点的に、10~20km毎に総数67点で実施した。また、測定精度を高めるため、帰路においては、できるだけ、再測定を行うようにした。雪上車搭載のインバータにより、夜間、雪上車の運転を停止するとき以外は常に充電を行い、また、予備のバッテリー、充電器を用いること等により、旅行期間中、重力計の恒温槽の温度を低下させる事はなかった。測定点は、かつて実施されたアイスレーダーなどのデータを用いるため、2km間隔で設置されているルート標識の赤旗(雪尺用)またはドラム横で測定を行った。測定中は、振動を避けるため、10m以上雪上車を離すとともに、数100m以内での雪上車の移動は一時中断した。ドーム観測拠点南方のDF80が今回の重力測定で最も南の測定点であり、南緯77°22.4'に位置する。重力基準点としては、昭和基地重力計室に設置されている国際絶対重力基準点の重力値(982524.327 mgal)を用いた。

一方、トリプル4000SST受信機を用いたGPS観測は、測定間隔30秒、最小衛星数4個、受信衛星高度15度以上の設定で、12時間連続観測を実施した。観測点は、みずほ基地、MD240、MD364およびDF80であり、い

れも、これまでに観測が実施されている。今回の観測では、干渉測位を行うために昭和基地SCAR GPS基準点においても、同機種を用いて連続観測を実施した。

参考文献

神山孝吉・金尾政紀・前野英生・古川晶雄：1992年に実施した東南極ドームF周辺部の重力測定、南極資料、38、41-53、1994。
本山秀明・榎本浩之・古川晶雄・神山孝吉・庄子仁・白岩孝行・渡辺和夫・生奥国久・池田尚広：GPS相対測位による東南極の沿岸からドームふじ間の氷河流動の観測(序報)、南極資料、39、94-98、1995。



重力測定点(黒丸)およびGPS観測点(星印)

8

広帯域地震波形による宗谷海岸周辺の モホ面の深さと地殻内不均質

°金尾政紀¹・根岸弘明²・東野陽子³・久保篤規⁴

¹国立極地研究所、²京大防災研究所、³京大理学部、⁴東大地震研究所

Moho depth and crustal heterogeneity around the Soya Coast, East Antarctica, by broadband receiver functions

Masaki KANAOK¹, Hiroaki NEGISHI², Yoko TONO³ and Atsuki KUBO⁴

¹National Institute of Polar Research, ³D.P.R.I., Kyoto Univ., ³Faculty of Science, Kyoto Univ., ⁴E.R.I., Univ. of Tokyo

はじめに

リュツォ・ホルム湾周辺域の地殻構造を特徴付ける1つの物理パラメーターである地震波速度(S波)モデルとしては、これまで昭和基地のSTS-1のデータを中心に解析されている。それによると5億年前の火成活動に関連したと考えられる、表層地質のグラニュライト相~角閃岩相の漸移との関連で、地殻内速度の水平方向のS波速度の揺らぎが後者ほど大きいことが指摘されている。

しかしこれらの結果は1点のみの解析であるため、空間的な分布が求められなかった。そのため本研究では、昭和基地周辺のリュツォ・ホルム湾沿岸域の複数の露岩に設置した可搬型広帯域地震計(CMG-40T、STS-2; 3成分一体型)で記録した遠地地震波形を解析することで、宗谷海岸周辺のモホ面の深さと地殻内速度の不均質に焦点を当て、地殻・最上部マントルの地震学的構造を探る。

観測システムと経過

太陽電池(12V最大出力約50W/枚x5)と鉛電池(12V100Ah/個x5)とを並列につなぎ電源とし、データレコーダ(DRM3b)により、光磁気ディスク(MO)に10Hz または20Hzサンプルの連続収録とした。1日1ファイルを作成し、10Hzサンプルの場合230MBytesの光磁気ディスクで約40日間の連続収録が可能である。しかし、今年度より外付けハードディスク(1.2GB)に記録する広帯域地震計用ロガー(LS8000-WD)に全て入れ換える予定である。そのため、20Hzサンプルでも約半年間の収録が可能となる。

38次夏期間には、37次での点の撤収、ならびに新たな場所へへリで移設を行った。1式はパッダ島からしらせ氷河下流に近いストラニツパに移動を、またスカーレン大池北にも別の1式を設置した。38次越冬中は、主にラングホプデ袋浦北と、とつぎ岬を雪上車で保守した。10月上旬には後者をスカーレン大池へ移設した。39次夏期間にはスカーレンの保守の他、12月末にラングホプデ袋浦から雪鳥沢への移設を行った。さらに、39次隊で新たにスカルプスネスきざはし浜へ設置し、夏期間は計3箇所同時観測を行なった。その後、スカーレンからとつぎ岬へ再度設置し、現在はこれら計3箇所観測/保守を行なっている。

解析と結果

ストラニツパ(STR)周辺、パッダ島(PAD)周辺、及び昭和基地からとつぎ岬(TOT)方面とラングホプデ(LNG)方面へ至る領域における、遠地地震の地震波形を用いたレシーバ関数(地殻内部のS波レスポンス)を求めた。レシーバ関数により、モホ面や地殻内部の地震波インピーダンスの強い境界面からの反射波を直接みることができ、それらの深さ分布が推定できる。

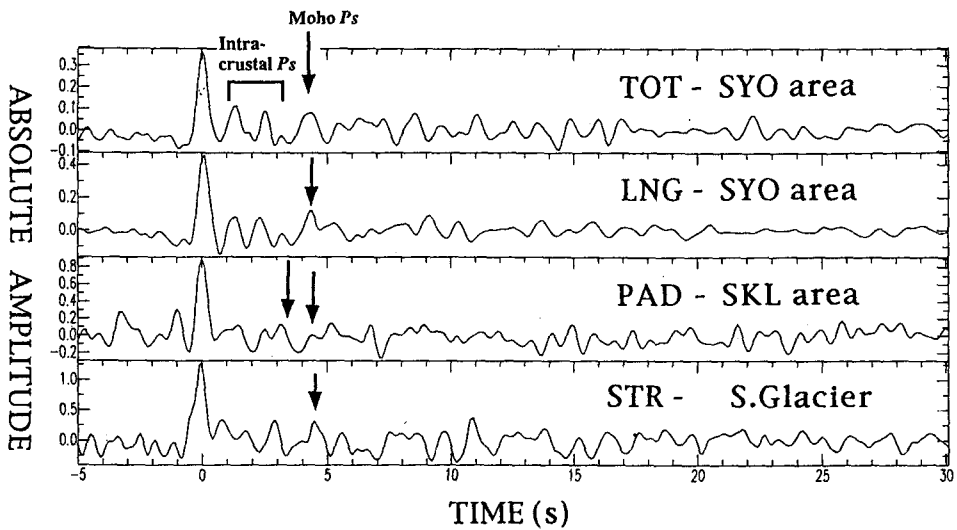
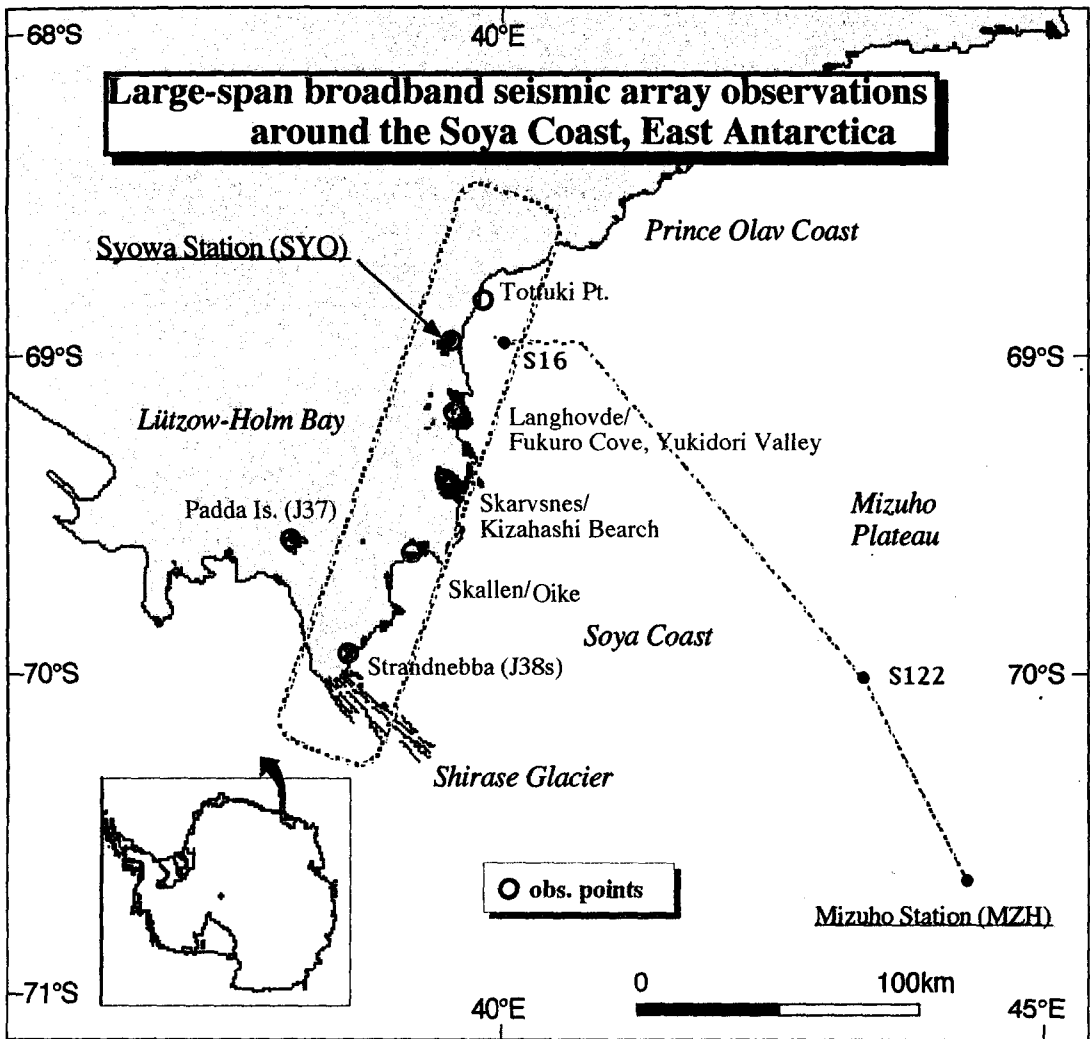
得られたレシーバ関数を、宗谷海岸に沿って北から南へ並べることで、モホ面の深さの変化を調べる。直達P波から4-5s後に、モホ面からのP->S直接変換波(Ps波)が4本の各トレースで確認されるが、PAD周辺ではモホ面反射波はあまり顕著ではない。地殻内からのPs波は、宗谷海岸南部のトレース2本では、やや複雑な波形として現れている。また各観測点で1データのみの解析であるため、今後データを追加してスタッキング等の処理を行う。これまでのデータからは、1)宗谷海岸の北から南に向けて、モホの深さは余り変化がない、2)PAD、STR等南部では、地殻内不均質がやや大きい、ことが推定される。これは、しらせ氷河に近づくにつれて、リュツォ・ホルム岩体の変成軸に近いほど複雑な地殻構造をしていると考えられる。

今後さらに、各観測点での解析データを追加すると共に、スカルプスネス等新たな観測点での結果を増やす予定である。また、観測されたレシーバ関数に1次元速度モデルから期待される合成波形とをインバージョン法より合わせることで、観測点直下、深さ60km程度までのS波の1次元速度モデルを求めることもできる。

データ利用と今後

沿岸露岩域の広帯域地震計データからは、レシーバ関数解析以外にも、昭和基地を含めた15km間隔程度となる大規模スパンとしてアレイ的に解析することで、地球中心核、及び下部マントル境界での不均質構造/異方性を探ることが期待される。

今後の観測点の予定は、来年度にスカーレンに再度1点を追加すると共に、宗谷海岸以外の地域、すなわちプリンス・オラフ海岸やアムンゼン湾/ケーシー湾地域においても、夏期間を中心にデータを取得する。エンダービーランドから東クィーンモードランドにまたがる、東南極橋状地における、より広範囲での構造解析を目指す。



久保篤規 (東大地震研究所)、根岸弘明 (京都大学防災研究所)

平松良浩 (金沢大学理学部)、金尾政紀 (国立極地研究所)

Seismic anisotropy revealed by SKS wave splitting around Lützow-Holm Bay region

Atsuki KUBO (Earthq. Res. Inst.), Hiroaki NEGISHI (DPRI, Kyoto univ.),

Yoshihiro HIRAMATSU (Kanazawa Univ.), Masaki KANAOKA (Nat'l. Inst. Pol. Res.)

はじめに:

リュツォ・ホルム湾周辺の地震波速度異方性はこれまで昭和基地の広帯域地震計の波形を用いて調べられてきた。しかしリュツォ・ホルム湾周辺は衝突型の変成作用の中軸部に位置するため複雑な異方性形成も考えられる。よってより広がりをもった領域で地震波速度の異方性を求める必要性があった。今回、37次隊によって得られた野外広帯域地震観測のデータについてSKS波のスプリティングの解析を行った。

データ:

37次隊の野外観測はパッダ島とストランニッパにおいて行われた。この間に得られた波形の内、SKS波が解析可能であったものはわずかに1イベント(1996年9月14日、Santa-Cruz島、mb=6.0, depth=73km, $\Delta=92^\circ$, $\text{baz}=129^\circ$)であった。しかしその波形は明瞭であり、かつこの地域は変成作用の最高温度を示す地域に近く、解析の価値は大きい。

解析:

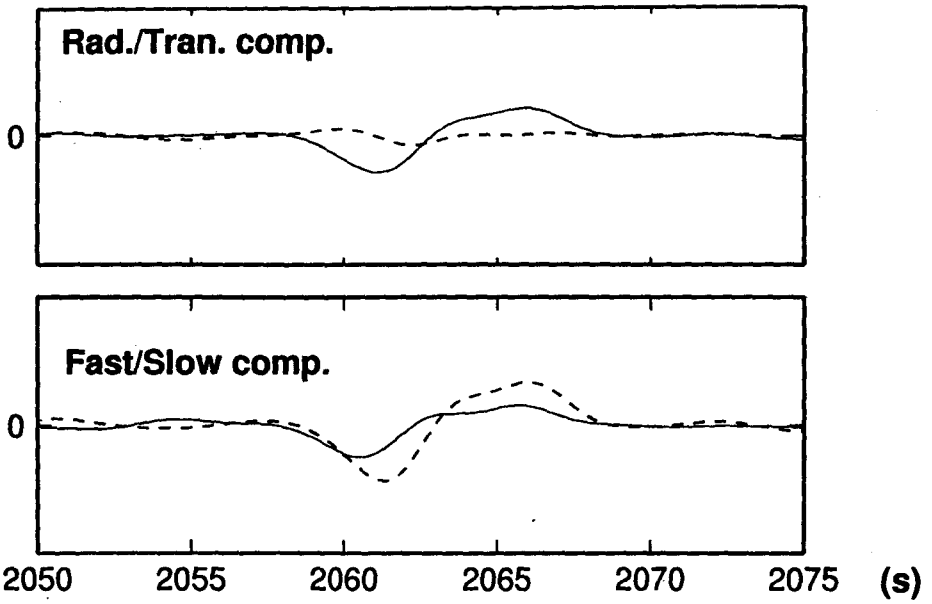
標準走時から判断されるSKS波の到着時刻を中心に25秒間の波形データ(図a上)に対して解析を行った。解析には Transverse energy minimization の基準を用い、1層の異方性層を仮定してそのスプリティングパラメータを求めた。原波形のパーティクルモーションを図bに示す。求められた異方性パラメータは δt (2つに分裂したS波の時間差) が0.7秒、 ϕ (速く

到達するS波の振動方向)は $N66^\circ E$ であった。図cに示すように異方性の効果を補正して復元したSKS波のパーティクルモーションはレディアル方向にきれいに戻っている。図dにはグリッドサーチに用いた評価関数のコンター図を示した。

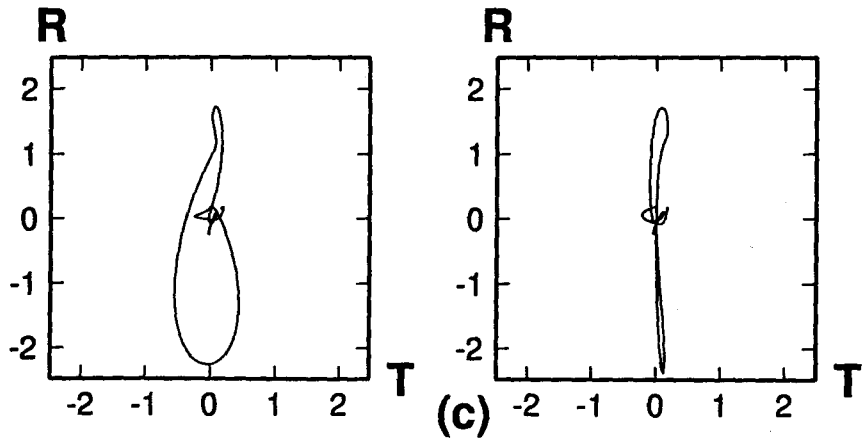
解釈:

リュツォ・ホルム湾周辺の地震波速度異方性の形成については、Kubo et al.(1995)で議論されている。現在のプレート運動、 Gondwana大陸の分裂、 Gondwana大陸集合の衝突など、ありうる変形作用と昭和基地で観測される異方性の比較から、一番古い500Maの衝突作用によって観測される異方性が形成されたと考えられている。

パッダ島で得られた異方性は、異方性主軸の方向、異方性の強さともに昭和基地と大差ないということがわかった。パッダ島は昭和基地よりも変成作用の中心により近いので、地殻とマントルの両者が短縮変形している可能性がある。もしそうだとすれば昭和基地とは直交するマントルの異方性も予想された。しかし実際には、昭和基地とパッダ島で異方性の性質はほとんど変わらない。よってグラニュライト相が地表に出現している地域では、全体として北東-南西に速い地震波速度を持つ異方性が存在するという暫定的な仮説が立てられるであろう。もしすべて500Maの衝突によって形成されたのであれば地殻とマントルは比較的速いタイミングで剥離する必要がある。文献: Kubo et al. Proc. NIPR Sympo. Geo., 8, 25-34, 1995

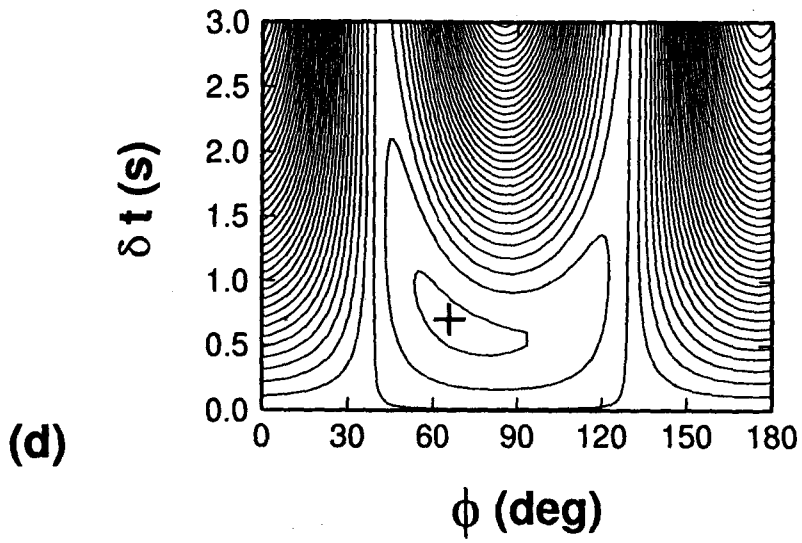


(a)



(b)

(c)



(d)

白井幸太郎*, 野木義史**, 船木實**, 酒井英男*

* 富山大・理, ** 国立極地研究所

Rock magnetism and magnetic anomalies in East Queen Maud Land
and West enderby Land

Koutarou Shirai*, Yoshifumi Nogi**, Minoru Funaki**, Hideo Sakai*

* Toyama Univ., ** NIPR

<はじめに>

東クィーンモードランドから西エンダービーランドに至る地域は始生代から原生代の変成岩体が分布する地域である。特にエンダービーランドのナピア岩体からは37~38億年という非常に古い年代が報告されており、この地域は地殻構造・地殻形成過程を研究する上で、重要な地域である。

本研究ではこれらの地域の露岩地域から採集された岩石を用いて磁気特性について研究を行った。また、MAGSAT衛星、および、航空機により観測された磁気異常と岩石の磁気特性との関係についても報告する。

<岩石試料の測定>

セールロンダーネ山脈、オングル諸島、ナピア岩体において採集された試料について、自然残留磁化測定、帯磁率測定を行った。また、熱磁化測定を行い、岩石中に含まれる磁性鉱物の特定も行った。

<結果>

東オングル島では7サイトで得られた試料について測定を行った。この地域は主に原生代のグラニュライトと古生代の貫入岩によって構成されており、東部では輝石片麻岩、ザクロ石片麻岩が主に分布し、西部では角閃石片麻岩が分布している(Yanai et al, 1974)。ザクロ石片麻岩、角閃石片麻岩で磁化強度、帯磁率ともに強い値を示し、その他の岩石では1オーダーから2オーダー程低い値を示した。Q比(Königsberger-ratio)についてもこの2岩石で20以上の値を示すが、他の岩石については1以下の値を示している。磁化方位は角閃石片麻岩で伏角 50.4° 、偏角 -21.9° 、 $\alpha/95=9.8$ のよいまとまりを示すが、他の岩石ではまとまりが見られなかった。

セールロンダーネ山脈に分布する変成岩の一般走行は東西方向で、北部のTeltet-Vengenグループと南~西部のNils Larsen fjelletグループに区分

される(Van Autenboer, 1969)。この両グループから採集された試料について測定を行った。その結果、Teltet-Vengenグループの岩石は磁化強度、帯磁率ともにNils Larsen fjelletグループよりも強い値を示した。Q比は両グループともほとんどの岩石で1以下であった。磁化方位についてもほとんどまとまりがみられなかった。

ナピア岩体試料はアムゼン湾の北東部に位置するリーセルラルセン山の11サイトで得られたものを用いて測定を行った。磁化強度、帯磁率はマフィック片麻岩、単斜輝石岩、斜方輝石片麻岩などで強く、サフィリン-ザクロ石珪質片麻岩、ザクロ石片麻岩、ザクロ石片麻岩で、弱い値を示している。Q比はほとんどの岩石で1以下である。

熱磁化測定の結果は、3地域ともに1部のフェルシックな岩石をのぞいてほとんどが 580°C 付近のキュリー点を持ち、磁性鉱物はマグネタイトであると推定される。

<磁気異常>

東オングル島の磁気異常の分布は、東部、西部でパターンが変化しており、西部で南北方向の走向をもつ磁気異常が観測されている。この磁気異常は地表の地質分布と岩石磁気の結果から角閃石片麻岩が大きく関係していると考えられる。

セールロンダーネ山脈の磁気異常の分布は、東西方向の帯状のパターンが観測されている。Q比がほとんどの岩石で1以下の値をとり、磁化方向にまとまりが見られないことから残留磁化の磁気異常に対する関与は少なく、Teltet-VengenグループとNils Larsenグループの帯磁率の違いが磁気異常の原因と考えられる。

ナピア岩体は試料採集地域であるリーセルラルセン山付近で 60nT 程の磁気異常がみられる。セールロンダーネ山脈と同様に、岩石の帯磁率の違いによって引き起こされていると推測される。

11 東南極リュッツォホルム湾・スカーレン産カルクシリケート片麻岩中の鉱物―特にスカポライトについて―

草地 功 (岡山大)・小山内康人 (岡山大)・豊島剛志 (新潟大)・大和田正明 (山口大)・角替敏昭 (島根大)・外田智千 (総研大・極地研)・W.A. Crowe (Univ. Western Australia)

Mineralogy of Calc-silicate gneisses from Skallen, Lützow-Holm Bay, East Antarctica I -Scapolite and related minerals-

Kusachi, I. (Okayama Univ.), Osanai, Y. (Okayama Univ.), Toyoshima, T. (Niigata Univ.),
Owada, M. (Yamaguchi Univ.), Tsunogae, T. (Shimane Univ.),

Hokada, T. (Grad. Univ. Advanced Studies-NIPR) and Crowe, W.A. (UWA)

Scapolite は scapolite 系鉱物の総称であり、一般式 $M_4T_12O_{24}A$; $M=Na+Ca$, $T=Si+Al$, $A=Cl+CO_3+S$ -bearing anions で示されるアルミノ珪酸塩鉱物である。広い範囲の温度、圧力条件下で安定であり、比較的高変成度の広域変成岩、スカルン中などに普通に産する鉱物として知られている。正方晶系に属し、理想化された端成分は Meionite(Me): $Ca_4Al_6Si_6O_{24}CO_3$, Marialite(Ma): $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ である。Teertstra and Sherriff (1996)によると、Me-Ma 二成分系である Scapolite 系鉱物は Me 成分 20 モル%、57 モル%を境にしてそれぞれ構造を異にしており、不連続な固溶体として与えられる。

南極、Lützow-Holm Complex 中の Scapolite の組成については、すでにいくつかのデータが出されている。これらのうちで、Matsueda and Motoyoshi (1983)は Me 成分で 46 から 84 モル%までのものがあること、Hiroi et al. (1987)は Me 成分 90 モル%のもの、Shiraishi et al. (1994)は Me 端成分に近い Me 成分 99 モル%のもの、及び rim から core にかけて Me 成分 83 から 81 モル%のわずかな組成変化を示すもの、rim, core ともに Me 成分 77 モル%で全く組成変化を示さないものなどが報告されている。今回、第 39 次調査隊によって採取された試料中の scapolite が極めて著しい zoning を示すことを見いだしたのでそれらの結果について報告する。さらに、同様な産状を示す Sri Lanka 産の scapolite についての結果との比較も行う。

OS97122403A は、スカーレン大池北部の大規模な剪断帯に沿って分布し、ザクロ石片麻岩に挟まれた縞状累帯配列を示すスカルン状片麻岩である。主要な構成鉱物は、Scapolite, Diopside であり、K-feldspar, Phlogopite, Apatite, Calcite, Dolomite, Quartz を少量伴う。OS122705E はスカーレン大池南東で背斜軸部に小規模に分布するスカルンの一部であり、コンダライト (Garnet-Spinel-Sillimanite-Graphite 片麻岩) に挟まれて分布する。Scapolite, Mg-Spinel, Phlogopite, Plagioclase, Pargasite,

Calcite, Dolomite を主成分とし、Apatite, Crundum, Rutile, Zircon を少量含む。

今回解析した Scapolite の組成は、全体では Me 成分 35 モル%から Me 成分 83 モル%までの幅広い変化を示し、Ma 成分の増加に伴って Cl の連続的な増加が認められた。図 1 には、測定した全試料を $(Na+K)-Ca-Cl$ の三角図にプロットしたものを示した。図 2 には、各試料の主な共生鉱物、Scapolite 結晶における Me-Ma 成分の組成変化を示した。

OS97122705E の試料においては、core から rim にかけて Me 成分 80 モル%から Me 成分 35 モル%までの著しい組成変化が認められた (写真 1)。Spinel と直接接する Scapolite では、core の Me 成分 80 モル%から rim の Me 成分 38 モル%までの組成変化が認められたが、Phlogopite, Spinel, Calcite と直接接するものでは、core の Me 成分 79 モル%から rim の Me 成分 53 モル%までの組成変化を示す結晶と、core の Me 成分 64 モル%から rim の Me 成分 35 モル%までの組成変化を示す結晶の二種類が認められた。一方、Plagioclase (An86-81) と symplectite をなすものは core の Me 成分 79 モル%から rim の 76 モル%の組成変化であり、その変化は極めて小さい。Plagioclase と直接接するものでも同様であるが、rim でやや Ma 成分に富んでいる。

OS97122403A の試料では、OS97122705E の試料とは逆の組成変化が認められ、core が Ma 成分に富み rim に向かって Me 成分に富むような組成変化を示す (写真 2)。Phlogopite, Clino-pyroxene と直接接するものでは、core では Me38 モル%、rim では Me55 モル%までの組成変化を示す。なお、結晶粒の小さいものほど Me 成分に富み、その組成変化は小さい傾向にある。さらに、Scapolite の結晶粒間には K-feldspar, Quartz, Calcite が見られ、これらとの周辺部でも Ma 成分 37 モル%から Me 成分 57 モル%と Me 成分の増加が著しい。また、OS97122403A の試料中の Scapolite は他のものに比べて特徴的に K に富む傾向を示す (図 3)。同様な

産状を示す Sri Lanka の試料(M88112603A: Cpx-Scp-Pl-Pl rock)では, Scapolite は OS97122403A に類似した鉱物共生を示すが, その組成は Pyroxene と接するものでは core から rim にかけて Me 成分 83 モル%から 72 モル%までのわずかな組成変化を示すのみである. さらに, Plagioclase と接するものでは core から rim にかけて Me 成分 83 モル%から 77 モル%までのより狭い組成変化を示す.

Skallenn 産 OS97122403A 試料中の Me 成分平均 47 モル%を示す Scapolite を用いて測定した X 線回折値から求めた格子定数は, $a=12.121(1) \text{ \AA}$, $c=7.585(2) \text{ \AA}$ であり, Sri Lanka 産の Me 成分平均 82 モル%を示すものでは $a=12.164(1) \text{ \AA}$, $c=7.568(1) \text{ \AA}$ である. Meionite 成分に富む Sri Lanka 産のものは Skallen 産のものに比べて格子定数 a が大きく, c は小さい値を示している. $Si+Al=12$ として求めた Skallen 産 OS97122403A 試料中の Scapolite の Si のイオン数(Si apfu)は 7.70, Sri Lanka 産のものは 6.82 であり, Teertstra and Sherriff(1996)による Scapolite の分類では, それぞれ中間組成のもの, Meionite 組成に富むものに属する. また, OS97122403A 中の Scapolite は熱的には非常に安定で, 900℃までの加熱では 0.85%の減量を示すのみで発熱及び吸熱反応は見られなかった. このことは, EPMA による定性分析で S が検出されないことと合わせて, 主要な流体相は CO_2 であると考えられる.

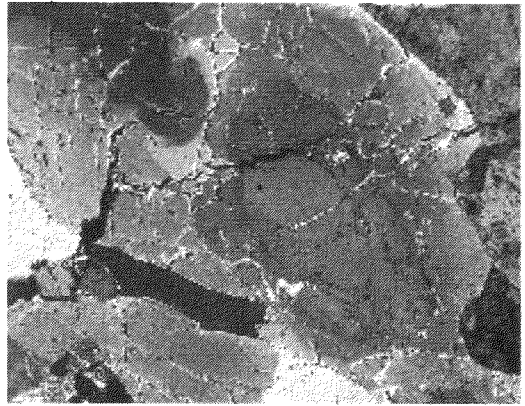


写真 1

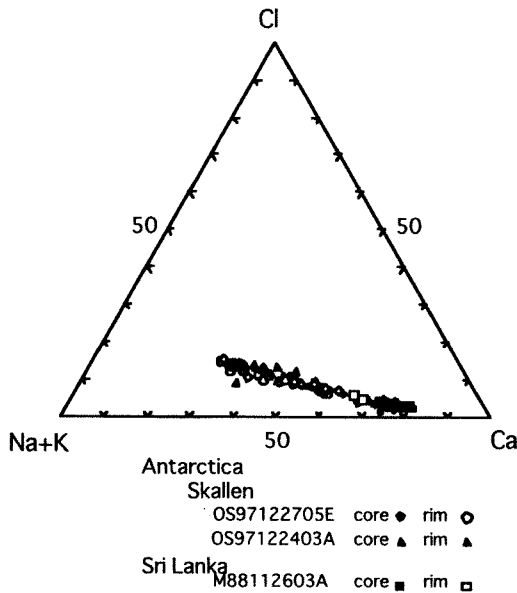
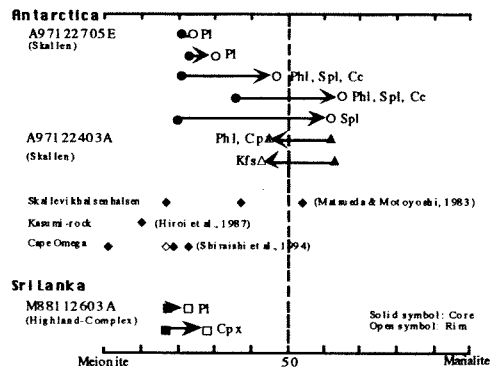


図 1

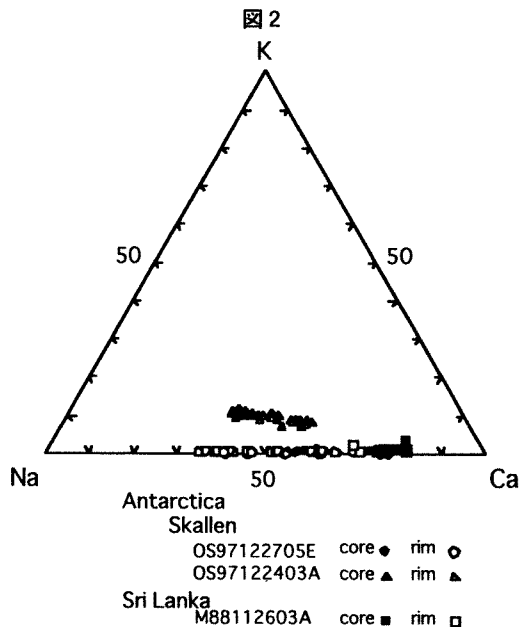


図 3

12 東南極セル・ロンダーネ山脈西部の酸性片麻岩中のhastingsiteの安定領域について

大場孝信 (上越教育大・自然系) 白石和行 (国立極地研究所)

The stability field of hastingsite in acidic gneisses from the western part of the Sør Rondane Mountains, East Antarctica.

Takanobu Oba (Joetsu Univ.Educ.) and Kazuyuki Shiraishi (NIPR)

セルロンダーネ山脈の西部には原生代後期(約10億年前)の変成岩や古生代初期(約5億年前)の深成岩類のほかに、さらに後期の小規模な花こう岩質岩脈がしばしばみられる。この小岩脈に沿う数cm~数mのゾーンは見掛け上白く変色し、局所的な変成作用をこうむったことがわかる。この地域の広域変成作用にともなう生成温度や深度について、Shiraishi and Kojima (1987)は原生代後期の変成岩の変成度の最高値を地質温度計、圧力計から800℃で0.7-0.85 GPaとした。またOba and Shiraishi (1995)は古生代初期の閃長岩中の角閃石の安定領域から閃長岩進入深度を0.3 GPaより浅いとした。しかし、さらに後期の小規模な花こう岩質岩脈の進入深度や温度についてはまだ明らかになっていない。岩脈に沿った局所的な変成帯には単斜輝石や斜方輝石と石英、斜長石の反応生成物としてのCa-角閃石やカミングトン閃石がみられる。この岩脈に沿う局所的な変成帯が母岩(チャーノックait質片麻岩)と等化学的であれば、これらの角閃石の反応や安定領域から岩脈の進入深度を求めることができるため、合成実験により鉱物組み合わせと鉱物の組成変化について検討をおこなった。

今回の合成実験の出発物質として使った薄茶色の母岩と白色の局所変成部の2つのペア(91020406Aと91020406B、91020502Aと91020502B)の全岩化学組成は主成分と微量成分ともほぼ同じ値を示す(SiO_2 は66~75%)。母岩の構成鉱物は単斜輝石、斜方輝石、及びそれらを取り囲む茶緑色や緑色のCa-角閃石、黒雲母、斜長石、石英、磁鉄鉱(稀に白雲母)である。局所変成部では単斜輝石、斜方輝石は茶緑色や緑色のCa-角閃石(Feに富んだHastingsite)に完全に置き換えられおり、黒雲母、斜長石、石英、磁鉄鉱からなる。

Hastingsiteの安定領域は酸素分圧に支配されることが知られている。Thomas (1982)は0.1 GPaにおいてHastingsiteの安定限界はMagnetite-Wustite (MW) bufferで820℃Fayalite-Magnetite-Quartz

(FMQ) bufferで620℃で200℃もあることを報告している。Hastingsiteと共生する不透明鉱物は磁鉄鉱であることから正確な酸素分圧はわかっていないが、今回は、NNO bufferとQFM bufferで合成実験をおこなった。

91020406Aを出発物質とした時、NNO bufferで0.1GPaでは750℃で角閃石は安定であり、790℃以上で角閃石が分解する。同じ全岩化学組成で鉱物組み合わせとして角閃石が始めから存在する91020406Bは820℃で角閃石が分解する。91020502Aと91020502Bでも同じ傾向を示す。酸素分圧の低いQFM buffer条件で91020406Aの出発物質を使った時、775℃で角閃石は安定であるが、800℃で角閃石は生成されない。91020406Bの出発物質では840℃で角閃石の量は減少するがまだ安定である。NNO bufferと比べ、角閃石の温度安定限界はいくぶん高めであるが大きな違いはない。しかし黒雲母は角閃石より先に分解する。また775℃ではmeltが観察される。91020502Bの出発物質では0.2GPa、800℃で黒雲母は分解し、角閃石の量も減少する。このことから、これらの角閃石がQFMの酸素分圧下では高压まで安定ではないと考えられる。

13 リュッツォーホルム岩体ブレードボーグニッパにおける 変成岩の部分溶融

志村俊昭 (新潟大) ・ G. Fraser (Univ. of Adelaide) ・ 土屋範芳 (東北大) ・ 加々美寛雄 (新潟大)

Partial melting of metamorphic rocks of Breidvågnipa, Lutzow-Horm Complex

Toshiaki Shimura (Niigata Univ.), Geoffrey L. Fraser (Univ. of Adelaide), Noriyoshi Tsuchiya (Tohoku Univ.) and Hiroo Kagami (Niigata Univ.)

ブレードボーグニッパ (Breidvågnipa) は、東南極のリュッツォホルム湾の海岸にある露岩地帯である。この地域が属するリュッツォホルム岩体は、南西に向かってその変成度が上昇しグラニュライト相に達する (Shiraishi et al., 1987; Hiroi et al., 1991)。その最高変成条件は、 Rundvågshetta (Rundvågshetta) で 1GPa, 1000°C に達するとされ、時計回りの P-T 経路が明らかにされている

(Motoyoshi and Ishikawa, 1998)。

ブレードボーグニッパは、この Rundvågshetta よりも北東側に位置し、比較的やや低変成度ではあるが、グラニュライト相の岩石が分布している。また、Grt や Opx を伴う様々な産状のミグマタイトが広く分布している。このようなミグマタイトに注目して、その成因や変成条件の解析、同位体年代の算出を試みた。

ミグマタイトは、その産状から、melanosome, paleosome, leucosome に分けられる。これに花崗岩質岩が脈状あるいは不規則な形態のプール状を成して貫入しており、全体としてかなり不均質な産状となっている。Melanosome, paleosome, leucosome の 3 者は互層状にみられることが多いが、melanosome は paleosome と leucosome の間にある

傾向があり、また leucosome は花崗岩脈に連続することがしばしばある。

Paleosome には、Bt がかなり含まれており、また明瞭な片理がみられる。一方、melanosome には Grt や Opx が濃集しており片理は弱い。Leucosome は石英長石質で全く片理が無く、自形のザクロ石や斜方輝石の斑晶を伴うことがある。

これらを各部に分離し、化学組成を比較検討した。その結果、paleosome は原岩の残り、melanosome はレスタイト、leucosome はメルトに相当することが明らかになった。また、花崗岩と leucosome の組成は極めてよく似ている。このような分離片の Rb-Sr 同位体比を測定したところ、これらは一つのアイソクロンを形成し、約 570Ma の年代が得られた。

また、地質温度圧力計を用いると、このミグマタイトの変成条件は 0.8Gpa, 870°C 程度であった。この条件は Rundvågshetta の条件よりは低いが、黒雲母の分解により砂泥質変成岩が部分溶融する条件に十分達している。

ブレードボーグニッパのミグマタイトは、リュッツホルム岩体の変成作用によって部分溶融を起こし形成されたものと思われる。

14 高温変成岩の部分融解とグランディディエライトの形成

廣井美邦 (千葉大・理) ・本吉洋一 (極地研) ・

E. S. Grew (メイン州立大) ・古川登 (千葉大・理)

Partial melting of high-grade metamorphic rocks and formation of grandidierite

Y. Hiroi (Chiba Univ.), Y. Motoyoshi (NIPR), E. S. Grew (Univ. of Maine)
and N. Furukawa (Chiba Univ.)

変成分帯が可能な多くの変成岩地域において、低温部 (角閃岩相低温部まで) では電気石や斧石が普通に出現するにもかかわらず、高温部 (角閃岩相高温部～グラニュライト相) ではそれらが見いだされなかりでなく、それに代わるホウ素珪酸塩鉱物も見いだされることが知られている。それは何故であろうか、電気石などを構成していたホウ素はどこに行ったのであろうか、これらは未解決の重要な問題である。

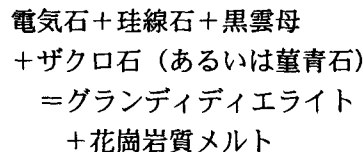
角閃岩相高温部以上の変成条件は岩石の部分融解が起こりうる条件である。ホウ素は珪酸塩鉱物の融解を促進する効果をもつ可能性が高い。したがって、電気石などのホウ素珪酸塩鉱物を構成していたホウ素は、母岩の部分融解時に主としてメルトに取り込まれ、抜けていったのかも知れない。しかしこれは推定にすぎない。天然の岩石から実証できないであろうか？これがわれわれの今回の研究の出発点である。そして、紀伊半島の大峰山地に産出する中新世の大峰酸性火成岩類 (S-タイプとI-タイプとに区分される。S-タイプの岩石は堇青石を特徴的に含み、川迫岩体や白川八丁岩体などの深成～半深成岩体を構成しているが、そのうちの特に白川八丁岩体を構成するもの) からグランディディエライトを見いだした。この鉱物は $(Mg, Fe)Al_3BSiO_9$ の化学組成をもつ無水のホウ素珪酸塩鉱物であり、無色～緑青色の独特の多色性を示す。また従来、この鉱物はグラニュライト相あるいは輝石ホルンフェルス相の高度変成岩かそれともなうペグマタイトだけに見いださ

れており、一般に Mg 成分に富んでいる。したがってグランディディエライトは電気石のような含水ホウ素珪酸塩鉱物 (と他の鉱物と) の脱水分解反応あるいは部分融解反応の生成物であり、融け残り岩を構成するものと見なされてきた。

この度われわれが見いだしたグランディディエライトは、次の点でこれまで世界各地から報告されてきたものと異なっている。

- 1) 明確な火成岩中に産出し、少なくとも一部はマグマと共存していたと考えられる。
- 2) 著しく Fe 成分に富んでいる ($X_{Fe} \sim 0.94$)。 (新鉱物「大峰石」を提案中)

このグランディディエライトの産状とその母岩の地質学的な生成環境から、大峰山地直下の下部地殻における次のようなグランディディエライト形成反応が推定される。



この反応は、ホウ素が部分融解反応によってメルトとともに形成された鉱物としてメルトにもなって母岩から抜けていくことを示唆しており、ホウ素の地球化学的な挙動に対して新しい可能性を供給するものである。一方、大峰山地で初めて見いだされたような Fe に富んだグランディディエライトが今まで報告されていないのは、その形成 (および残存) に特殊な条件が必要であることを示唆している。そこで、われわれの行ってきたグランディディエライト合成実験の結果についても報告する。

15 東南極ナピア岩体トナー島における超高温変成岩類の地質と原岩構成

小山内康人(岡山大)・豊島剛志(新潟大)・大和田正明(山口大)・

角替敏昭(島根大)・外田智千(総研大・極地研)・W.A. Crowe (Univ. Western Australia)

Geology and protolith of ultra-high temperature metamorphic rocks from Tonagh Island in the Napier Complex, East Antarctica

Osanai, Y. (Okayama Univ.), Toyoshima, T. (Niigata Univ.),

Owada, M. (Yamaguchi Univ.), Tsunogae, T. (Shimane Univ.),

Hokada, T. (Grad. Univ. Advanced Studies-NIPR) and Crowe, W.A. (UWA)

東南極エンダービーランドのナピア岩体には、太古代-原生代の放射年代を示す超高温変成岩類が広範に分布することが知られており、地球創生期の大陸地殻形成過程や地殻深部プロセスを検討する上で、極めて重要な情報提供の場と考えられている。日本南極地域観測隊(JARE)では、「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画(SEAL計画)」の一環として、第38次隊(JARE-38)のリーセルラルセン山における精密調査(石塚ほか, 1997など)に続き、JARE-39ではナピア岩体中央部に位置するトナー島本島の精密地質調査が実施され、以下のような地質状況が把握された。なお、同地域からはJARE-31による地質概査(小山内ほか, 1990)で得られた試料をもとにSm-Nd同位体年代測定が行われ、ナピア岩体で得られている最古の年代(3.93Ga: Black et al., 1986)に匹敵する3.81Gaが得られている(Owada et al., 1994)。

トナー島はトナー島本島および東・西トナー島の3島から構成される。トナー島本島の地質は超高温のグラニュライト相変成岩類を主体とし、変成岩類に貫入した少量の非変成ドレライト(アムンゼン岩脈)およびカコウ岩質ペグマタイトから構成される。変成岩類は、ENE-WSWあるいはE-W系のスラスト-剪断帯によって、北西から南東へ5つの岩層ユニット(I-V)に区分され、各ユニットで原岩構成、地質構造が大きく異なる(Fig. 1)。ユニット境界の剪断帯に沿って高温マイロナイトの出現がみられ、後の運動によるカタクラサイト~シュードタキライトが伴われる場合も多い。これらの剪断帯は、アムンゼン岩脈に切られる。北西部地域(ユニットI~III)と南東部地域(ユニットIV~V)では特に原岩構成の顕著な差異が認められる。北西部地域は様々な厚さの複輝石グラニュライトおよびザクロ石-斜方輝石グラニュライトの出現で特徴づけられる。また、石英長石質片麻岩・ザクロ石片麻岩・複輝石片麻岩が整然とした層状構造をなして分布し、磁鉄鉱-石英片麻岩・超苦鉄質岩・ザクロ石-珪線石片麻岩などの

薄層を頻繁に挟む。これらの層状(縞状)構造はユニットIで特に顕著であり、数センチから数10メートルの厚さで互層する(Fig. 2)。JARE-39では、このユニットIにおける全岩相の連続サンプル採取に成功した。最も多量に出現する石英長石質片麻岩は、超苦鉄質岩・サフィリン-ザクロ石片麻岩・サフィリン-ザクロ石-金雲母片麻岩・サフィリン-金雲母片麻岩・サフィリン-ザクロ石-斜方輝石-大隅石片麻岩・サフィリン-石英片麻岩・ザクロ石-スピネル片麻岩・スピネル-石英-斜方輝石-ザクロ石片麻岩・スピネル-石英片麻岩・エンスタタイト-パイロプ-サフィリン片麻岩・斜方輝石-珪線石片麻岩などのレンズや薄層を含む場合がある。これらレンズや薄層のうち、サフィリンを含む片麻岩類は、超苦鉄質岩レンズとその母岩の石英長石質片麻岩との境界部に産することが多く、超高温変成条件下での交代作用による多くの反応過程の追跡が可能である。ユニットII~III境界では、岩脈状の分布を示す細粒マイロナイト化した複輝石-ザクロ石片麻岩が局所的に産出する。一方南東部地域では、含斜方輝石石英長石質片麻岩および含ザクロ石石英長石質片麻岩が卓越し、苦鉄質片麻岩を挟在する。また石英長石質片麻岩には、稀に超苦鉄質岩や含サフィリングラニュライトのブロックが包有される場合がある。南東部地域の岩相は、Harley(1987)による東トナー島の岩相・構造と調和的である。

これらの変成岩類の原岩は、石英岩、磁鉄鉱-石英岩、泥質岩、チャルノック岩、珪長質火成岩、苦鉄質火成岩および超塩基性岩の7種類に大別される。泥質岩を除くと、各々はそれぞれほぼ限られた化学組成を示すのに対し、泥質岩はレスタイト様の組成を含め多様な化学組成をもつ。苦鉄質火成岩および超苦鉄質岩は、コマチアイト的である。また、珪長質火成岩は、いわゆるTTG様のものから部分熔融に伴うメルト相と考えられるものも含まれる。発表では、各岩相について、REEを含む化学組成の特徴についても言及する予定である。

Geological Map of Tonagh Island in the Napier Complex, East Antarctica

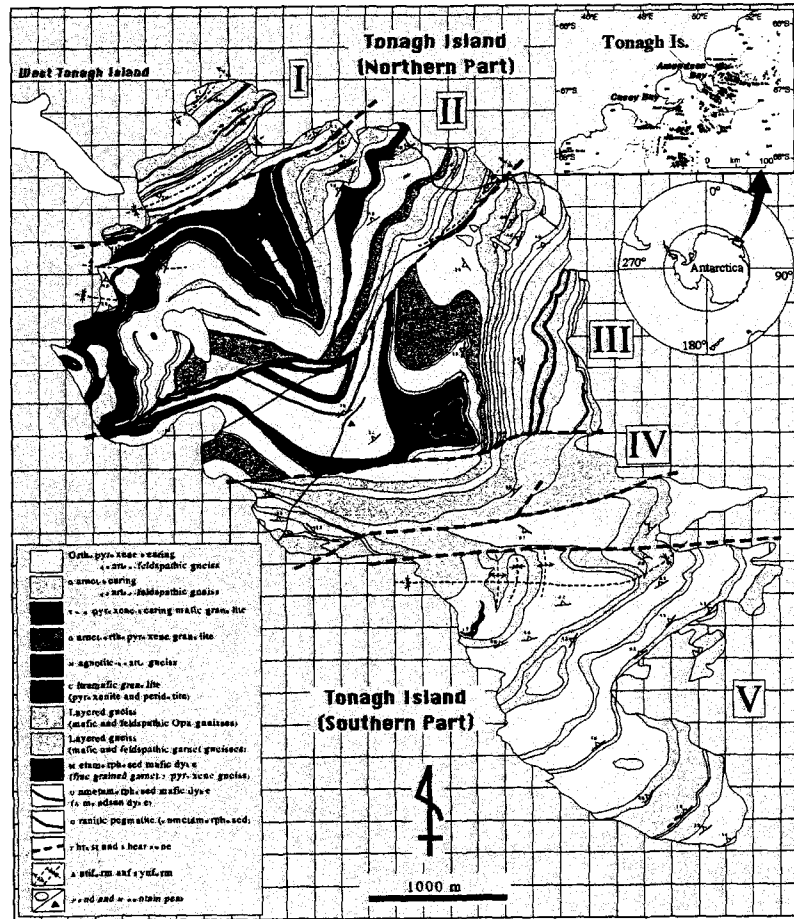


Fig. 1

Continuous column of rock association at NW-peninsula, Tonagh Island

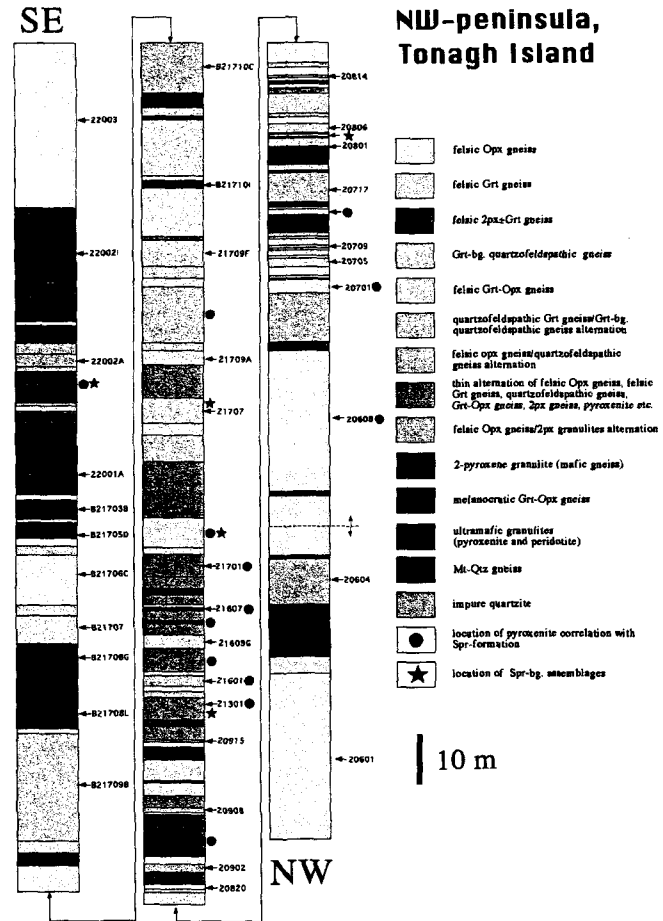


Fig. 2

16 東南極ナピア岩体トナー島における 超高温変成岩類の変形作用

豊島剛志 (新潟大・大学院自然科学研究科)・小山内康人 (岡山大・教育)・大和田正明 (山口大・理)・角替敏昭 (島根大・教育)・外田智千 (総研大/極地研)・W.A. Crowe (西オーストラリア大)

Deformation of ultra-high-temperature metamorphic rocks from Tonagh Island, Napier Complex., East Antarctica

Tsuyoshi TOYOSHIMA (Niigata Univ.), Yasuhito OSANAI (Okayama Univ.), Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.), Toshiaki TSUNOGAE (Shimane Univ.), Tomokazu HOKADA (Grad. Univ. Advanced Studies/NIPR) and Warwick A. Crowe (Univ. Western Australia)

東南極エンダービーランドのナピア岩体が, prograde 変成作用ピーク期に 1000℃に達するような超高温変成作用を被ったことはよく知られている。本岩体は Archean の大陸地殻深部であり, 大陸地殻の進化過程を検討する上で極めて重要な地域である。しかし, 本岩体における超高温~高温条件での変形作用の特性, 運動像などについての報告はそれほど多くはない。本報告では, ナピア岩体の中心部に位置するトナー島の超高温変成岩の変形史・各時相の運動像について, 主に野外踏査の結果を基に予察的に述べる。

本地域片麻岩類の地質構造は, 傾斜の緩急はあるものの, 基本的には北東-南西走向で北西傾斜の面構造と, 西北西-東南東方向の褶曲構造, 東北東-西南西走向の剪断帯群によって特徴づけられている。このような地質構造は, 以下のような D₁ 時相から D₉ 時相の変形史を通じて形成された。

D₁ 時相: トナー島の超高温変成岩に現れた最初の片麻状構造 (S₁) は, 各種片麻岩類の重なりで示される層状構

造・岩相境界面 (S₀) に平行で, 変成鉱物の配列・ファブリックが極めて弱い。片理面上には線構造が認められない。このような岩石は本地域北東部の半島地域をはじめ各所で観察される。そこでは, S₁ を切って石英長石質脈がネットワーク状に発達することがある。本時相は prograde 変成作用ピーク期にあたりと考えられる。

D₂ 時相: 岩相境界面や S₁ に平行な剪断性の片理面 (S₂) の形成期である。非対称なイントラフォリアル褶曲を伴う。S₂ は北東-南東~東西走向で北西傾斜である。その面上には, 線構造は西北西-東南東方向で, 斜方輝石や斜長石などの配列による鉱物線構造が認められる。S₁ を切る上記の脈は S₂ に平行になるべく変形している。

D₃ 時相: S₂ にほぼ平行な剪断帯の形成期である。D₃ 剪断帯は数~数 10cm (最大 60cm) の幅を持ち, 主にマイロナイトよりなり, foliated シュードタキライト・シュードタキライトを伴うことが多い。D₃ 変形作用は, マイロナイトの鉱物線構造・非対称構造からみて, 上

盤側が南方へ移動する剪断センスを示す逆断層型剪断運動である。D₃時相はD₂時相の後期に位置づけられる変形時相であるかもしれない。

D₄時相：岩相境界面やS₁やS₂を曲げ、南-北方向に軸を持つ緩やかな褶曲の形成期である。現在、トナー島南部の北側にだけ認められている。東-西方向に軸を持つ向斜状構造により曲げられている。

D₅時相：D₅時相前の構造を曲げる西北西-東南東～東-西方向の軸を持つ背斜状構造・向斜状構造により特徴づけられる。褶曲軸面(S₅)はほとんどの場合、S₁やS₂などと違い高角である。gentle～tightな褶曲で、翼間角が小さい場合、翼部に剪断帯を伴うことがある。褶曲軸は緩く西にプランジする。トナー島の東部・西部に発達している。

D₆時相：東北東-西南西(北東-南西～東-西)走向で高角北傾斜の剪断帯の形成により特徴づけられる。5つの主要なD₆剪断帯が上記構造を切り、北端部・中央部北部・中央部南部においてトナー島を横断している。各剪断帯は、foliated シュードタキライト・シュードタキライトを伴うマイロナイトからなり、数～数10mの幅を持つ。剪断帯周辺の片麻岩類にはgentle～tightな引きずり褶曲が発達する。並走する5つの剪断帯の内、中央部北部を横断する剪断帯が最も幅広く、変成岩類を大きく2つの区域に分けている。その剪断帯には、剪断帯に平行な分布を示す細粒複輝石-ザクロ石片麻岩が特徴的に認められる。この細粒片麻岩は貫入岩起源のマイロナイトであり、周辺の片麻岩やマイロナイトの片理面を切った後にマイロナイト化作用を被っている。したがって、その貫入時期はD₆

時相の間であろう。マイロナイト面構造上の鉱物線構造は多くが西～北西方向であるが、一部は剪断帯の走向方向に配列する。前者が後者によって曲げられている。前者形成時の変形作用は、上盤側が南東～東方へ移動する右逆移動断層型で、グラニュライト相条件下で起こったと考えられる。

D₇時相：上記の構造・剪断帯を切って、南北～北北東-南南西走向ではほぼ鉛直の節理が発達する。多くの場合、節理に沿ってザクロ石-ホルンブレンドが形成されている。局所的ではあるが、そのザクロ石-ホルンブレンド岩が節理沿いにマイロナイト化している場合もある。D₇構造の非対称性は、右横ずれの剪断センスを示す。

D₈時相：北東-南西走向、南-北走向、北西-南東走向で高角なシュードタキライトの形成で特徴づけられる。これらは、北東-南西走向のシュードタキライトを主剪断面、後二者を二次剪断面として、左横ずれ断層運動によって形成されたと考えられる。

D₉時相：ペグマタイト・ドレライト脈が上記の構造すべてを切っている。これら岩脈には貫入後の変形構造が認められない。

D₃ マイロナイト・D₆ マイロナイトがシュードタキライトによって切られた後、マイロナイトとシュードタキライトが同一のマイロナイト面構造を持つことがある(foliated シュードタキライトの形成)。これは高温条件下で脆性変形作用と延性変形作用が交互に起こったことを想定させる。

ナピア岩体トナー島における 苦鉄質グラニュライトの超高温変成作用

角替敏昭 (島根大・教育学部)、小山内康人 (岡山大・教育学部)、
豊島剛志 (新潟大・自然科学研究科)、大和田正明 (山口大・理学部)、
外田智干 (総研大・極地研究所)、W.A. Crowe (西オーストラリア大)

Ultra high temperature mafic granulite from Tonagh Island, Napier Complex
Toshiaki Tsunogae (Shimane Univ.), Yasuhito Osanai (Okayama Univ.), Tsuyoshi Toyoshima
(Niigata Univ.), Masaaki Owada (Yamaguchi Univ.), Tomokazu Hokada (NIPR), and W.A. Crowe
(Univ. WA)

東南極ナピア岩体には、1000°C以上の変成作用を受けた岩石が広く分布している。ナピア岩体西部のアムンゼン湾に位置するトナー島もまたSpr-Qtzが安定に存在するような超高温変成作用をArchean末期に受けており、それら岩石とともに産する石英長石質および苦鉄質グラニュライトもまた同様の変成作用を受けていることが考えられる。ここでは、トナー島の苦鉄質グラニュライト中の鉱物共生に記録された超高温変成作用およびその後の後退変成作用の履歴について議論する。なお、トナー島は剪断帯によっていくつかのブロックに分けられるが、本研究では、島の北西部に位置するブロックから得られた岩石を中心に述べる。

調査地域の苦鉄質グラニュライトは、野外での産状および鉱物組み合わせから5種類に区分できる。以下にそれら岩相の特徴と、変成履歴を解明する手がかりとなる組織について記述する。

(1) Two-Px グラニュライト

この岩相はトナー島に広く分布し、石英長石質グラニュライトなどの他の岩相とともに互層状の構造を示す。これらはPl-Opx-Cpx-Qtz (±Grt, Bt, Ilm, Mt, Hbl) の鉱物組み合わせをもち、グラノブラスティック組織で含水鉱物の量は少ない。Opx, Cpxの化学組成は、それぞれhypersthene, diopside~augiteである。コアからリムに向かってOpxはAlが、CpxはAl, Ti, Naが減少することから、コアの成長期がより高压ステージであったことが考えられる。これらPxはコア部にラメラ状の細粒板状Ilmを多量に含むため、ピーク変成作用時のTi成分をもつHblからの生成が考えられる。

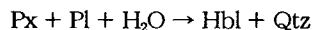
Opx, Cpxのサイズは通常数百ミクロンであるが、

時に2 mm以上の大きさのOpxを含む。このOpxは、Cpxのラメラ組織を示すため、もとは均質なPx (組成的にはpigeonite) であったと考えられる。こうした変成作用起源のpigeoniteはトナー東島からHarley (1987)によって報告されており、超高温変成作用の証拠といえる。Two-Px グラニュライトのGrt-Cpx-Pl-Qtzから得られた900°C, >9 kbarという最大P-T条件もまた、超高温変成条件を支持している。

(2) Two-Px-Hbl グラニュライト

(1)の岩石と同様の産状を示し、調査地域で最も出現頻度の高い岩相である。

Pl-Hbl-Opx-Cpx-Qtz (±Bt, Ilm, Mt) の鉱物組み合わせをもち、Pxが後退変成作用における著しい加水分解を受けている。この組織は、



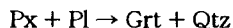
の反応による生成物であり、Pxの周囲にHbl-Qtzシンプレクタイトを形成している。

(3) Two-Px-Hbl-Grt グラニュライト

この岩石は(2)で示したような加水反応を示すが、Hbl-Qtzシンプレクタイトの周囲をさらにGrt (almandine-rich) の集合体を取り囲んでいる。これは、



という脱水反応で形成される反応であり、後退変成作用後の温度上昇 (あるいはaH₂Oの低下) によって形成された可能性が高い。GrtはさらにPx周囲にも反応縁として見られ、



という反応の進行が考えられる。これら鉱物組み合

わせに記録されたP-Tは、600~700°C、5~6 kbarと、ピーク変成作用に比べて著しく低温・低圧である。

また、Btを含む岩石では、Opxの周囲にBt-Qtz シンプレクタイトがみられるため、メルトを伴う変成作用が起こった可能性が示唆される。

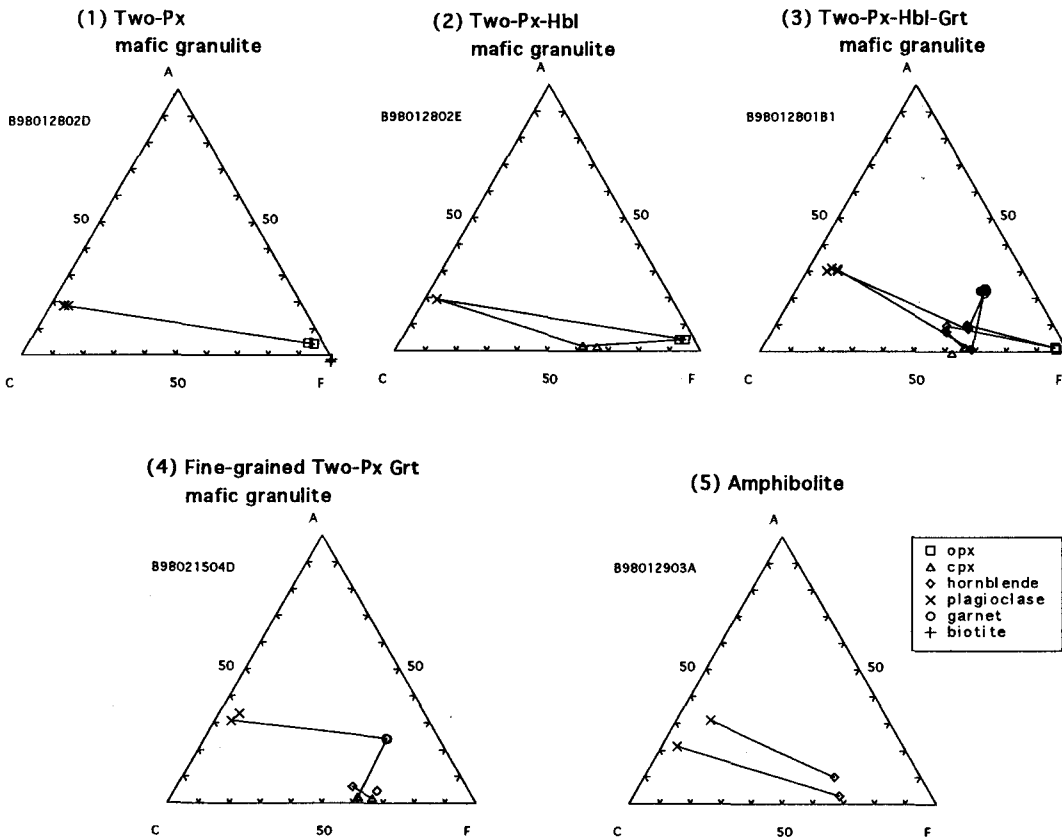
(4) Fine-grained Two-Px-Grt グラニュライト

この岩石は特徴的に剪断帯周辺にのみ産し、周囲のグラニュライトの構造と一部斜交する岩脈状に分布する。ただしこの岩石も高度変成作用を被っており、鉱物組み合わせは Cpx-Pl-Grt-Opx-Hbl-Qtz-Ilmで、細粒なグラノプラスチック組織をもつ。Grt-Px-Pl-Qtzに記録されたP-T条件は上記(3)の岩相とほぼ同じである。

(5) Amphibolite (局所的なamphibolitization)

この岩相の出現は、グラニュライトの片麻状構造を切って産するペグマタイトとの接触部に限られており、幅約80 cmの加水反応帯においてのみ観察できる。アムンゼン湾のペグマタイトは約500 Maの年代を示すため、後退変成作用における局所的なamphibolitizationの形成が考えられる。

トナー島に産するグラニュライトの超高温変成作用は、含水鉱物に乏しいマフィックグラニュライト(1)に記録されたP-T条件からも明らかである。ところが、その後の変成履歴は単純なP, T減少ではなく、Hblを形成する加水反応と、その後のGrtを形成するような脱水反応という、少なくとも2つのイベントがマフィックグラニュライト中に記録されている。



苦鉄質グラニュライトの鉱物組み合わせを示すACF図

18 UHT metamorphism of aluminous gneisses from Tonagh Island in the Napier Complex, Enderby Land

Tomokazu HOKADA (Grad.Univ.Advanced Studies / NIPR), Yasuhito OSANAI (Okayama Univ.), Tsuyoshi TOYOSHIMA (Niigata Univ.), Masaaki OWADA (Yamaguchi Univ.), Toshiaki TSUNOGAE (Shimane Univ.), Warwick A. CROWE (Univ. Western Australia)

Introduction

Aluminous gneisses, which contain Mg- and Al-rich minerals such as sapphirine and osumilite, occur as lens, block or thin layer in felsic gneiss, mafic granulite or ultramafic rock of the Napier Complex. Sapphirine + quartz, orthopyroxene + sillimanite + quartz and osumilite-bearing parageneses are observed in the aluminous gneisses which suggest ultra-high temperature (UHT) metamorphism. We report the occurrence, petrography and mineral chemistry of the aluminous gneisses in Tonagh Island and discuss the metamorphic conditions.

Petrography

Tonagh Island in Amundsen Bay belongs to the highest grade area in the Napier Complex (Harley and Hensen, 1990). We report various sapphirine-, spinel- and corundum-bearing aluminous gneisses from Tonagh Island. Osumilite is not found in the area. Aluminous gneisses are sometimes accompanied or surrounded by leucocratic vein, or are formed around ultramafic rock. These observations suggest that some of them are restite of partial melting or are results of metasomatism between quartzo-feldspathic rock and ultramafic rock.

Lithology and mineral assemblage of aluminous gneisses in Tonagh Island are as follows:

• Sapphirine - garnet - orthopyroxene gneiss (A98021003, 1102, 1105, 1106) : It occurs as 50 cm ~ a few meter thick layer and is intercalated between ultramafic rock and garnet gneiss. These layers crop out almost continuously over 400 m along the strike. Mineral assemblage and modal proportion of constituent minerals vary vertically and

horizontally within the layer. Quartz is absent. Constituting feldspar is mainly plagioclase (sometimes shows antiperthitic texture), whereas alkali feldspar (perthite ~ mesoperthite) is locally present. Garnet and orthopyroxene are the main constituents of the rock. Garnet is rounded or overgrows surrounding sapphirine and orthopyroxene. Sapphirine occurs as idiomorphic porphyroblast or intergrows with orthopyroxene. Sillimanite, spinel, corundum and phlogopite are locally present. Rutile is common in the rock.

• Spinel - corundum - sapphirine - garnet - orthopyroxene gneiss (A98012805B) : Lens in felsic gneiss. Garnet and orthopyroxene distribute separately each other and form monomineralic aggregate. Alkali feldspar vein is present between garnet and orthopyroxene aggregates. Sapphirine, spinel and corundum are generally accompanied by or sometimes included in garnet and plagioclase. Quartz is rarely present and is restricted in the alkali feldspar vein. Rutile is common in the rock.

• Spinel-sapphirine-garnet-orthopyroxene gneiss (A98012902) : Block (ca. 2 m in diameter) in felsic gneiss. Orthopyroxene-bearing leucocratic gneiss surrounds the lens. Garnet and orthopyroxene distribute separately each other and form monomineralic aggregate. Plagioclase vein distributes between garnet and orthopyroxene aggregates. Spinel, sapphirine and sillimanite are generally included in garnet. Corundum is sometimes accompanied by spinel. Rutile is common in the rock.

• Corundum-spinel-sapphirine-phlogopite gneiss (A98013107) : Block (ca. 2 m in diameter) in mafic granulite. Spinel, which sometimes includes corundum, is surrounded by

sapphirine. A large amount of phlogopite with up to 5.5 wt% fluorine content constitutes the rock. Plagioclase and cordierite are subordinate.

Metamorphism

Quartz does not coexist with sapphirine or spinel in the aluminous gneisses from Tonagh Island. Metamorphic conditions cannot be constrained by the phase relation because of high degree of freedom in the system. Original chemical compositions (before exsolution occurred) of perthitic to mesoperthitic feldspars are estimated from modal proportions and chemical compositions of host and exsolution lamellae, and indicate equilibrium temperatures of at least 900–1100°C in the an-ab-or ternary system and activity model of Lindsley and Nekvasil (1989) and Elkins and Grove (1990). The maximum temperature of 1100°C is equivalent to those from Mt. Riiser-Larsen (Harley and Motoyoshi, 1997; Hokada *et al.*, 1997), where about 40 km away from Tonagh Island, in the Napier Complex. On the other

hand, element partitioning between garnet and orthopyroxene indicate equilibrium temperatures of 750–950°C, from garnet core of the highest pyrope content and orthopyroxene core of the highest Al content and using geothermobarometers of Harley (1984a, b). This indicates that retrograde chemical diffusion continued until these temperatures or that recrystallization occurred. Alkali feldspar (perthite or mesoperthite and its original composition indicates over 1100 °C) and coexisting plagioclase do not have equilibrium compositions suggested by ternary feldspar solvus. In addition, alkali feldspar sometimes shows compositional zoning. These may reflect that perthitic to mesoperthitic composition of alkali feldspar is not achieved by solid-solid chemical diffusion between two feldspars at prograde metamorphism but by crystallization from dry melt which was produced near peak metamorphism.

sample	Grt				Opx				Spr			Spl		Phl		Sil	Crn	Crd	Pl	Akfs	Qtz		
	mg#	alm	prp	grs	sps	mg#	Al2O3	mg#	Al2O3	Cr2O3	mg#	ZnO	mg#	F									
	max				*	max	min	min	max	max	max	min	max										
A98021003E	0.63	0.36	0.59	0.04	0.01	0.78	8.5	0.80	61.2	0.7													
A98021102H	0.52	0.46	0.50	0.03	0.01	0.75	8.6	0.80	60.2	0.8	0.56	0.2					○				○	○	
A98021105A	0.62	0.37	0.60	0.03	0.01	0.79	10.4	0.84	61.6	0.1							○				○	○	
A98021106A	0.57	0.42	0.55	0.02	0.00	0.76	7.7	0.79	60.1	2.2							○				○	○	
A98012805B	0.51	0.48	0.49	0.02	0.01	0.70	9.5	0.80	62.4	0.1	0.62	16.1					○	○			○	(Δ)	(Δ)
A98012902D	0.53	0.46	0.52	0.01	0.00	0.74	10.6	0.77	59.6	0.1												○	
A98012902I	0.53	0.46	0.52	0.01	0.01	0.69	9.3	0.76	61.4	0.1	0.56	1.0					○	○				○	
A98012902J	0.56	0.43	0.55	0.01	0.01	0.71	10.3	0.81	62.3	0.1												○	
A98012902P	0.52	0.47	0.51	0.01	0.01	0.69	9.2			0.65	1.1						○	○				○	(Δ)
A98013107A							0.82	64.5	0.1	0.49	1.1	0.90	5.5				○					○	
A98013107C							0.93	64.1	0.0	0.81	0.3	0.96	5.3				○	○				○	

mg# = Mg/(Mg+Fe) Al2O3, Cr2O3, ZnO, F : wt% * : value at max Al2O3 ○ : present (Δ) : local

Table 1 Constituent minerals and their chemical features in the aluminous gneisses

Grt: garnet, Opx: orthopyroxene, Spr: sapphirine, Spl: spinel, Phl: phlogopite, Sil: sillimanite, Crn: corundum, Pl: plagioclase, Akfs: alkali feldspar, Qtz: quartz

大和田正明 (山口大), 小山内康人 (岡山大), 豊島剛志 (新潟大), 角替敏昭 (島根大), 外田智千 (極地研), W.A. Crowe (Uni. WA), 加々美寛雄 (新潟大)

Protolith and age determination for mafic rocks from Tonagh Island, Napier Complex, East Antarctica

Owada, M. (Yamaguchi Univ.), Osanai, Y. (Okayama Univ.), Toyoshima, T. (Niigata Univ.), Tsunogae, T. (Shimane Univ.), Hokada, T. (NIPR), Crowe, W.A. (Uni. WA) and Kagami, H. (Niigata Univ.)

東南極エンダービーランドに産するナビア岩体のピーク時の変成温度は 1000℃に達したと考えられ, 超高温変成作用 (UHT) と呼ばれている (Harley and Hensen, 1990). トーナル岩起源の正片麻岩から得られたジルコンの SHRIMP 年代は, 3900-3800 Ma, 2900-2800 Ma として 2500 Ma を示し, ナビア岩体の原岩の形成は 39 億年前にさかのぼる (Black et al., 1986, Black and Harley, 1995).

ナビア岩体を構成する岩石について, 上記のように変成作用や年代については多数報告されているが, 原岩構成や岩相間の相互関係については不明な点が多い. ここでは, ナビア岩体の西部に位置するトナー島の構成岩石, 特に苦鉄質岩の産状を記載し, 筆者らによってこれまで報告された Sm-Nd 系の同位体平衡年代とあわせて報告する.

トナー島の地質は, 原岩組成の異なる変成岩類が明瞭な層状構造を示すことで特徴づけられる. これらは, 上記の超高温を特徴づける鉱物組み合わせをもつ岩石がしばしば狭在する. したがって, これらの変成岩類もかつて 900℃ を越える変成作用を被っていたと考えられる. 苦鉄質グラニュライトは石英長石質グラニュライトと 10 数 cm ~ 数 m の互層状に産することが多いが, 島の中央部では数 10 m に達する厚い層として産する. これらの層状構造を切って, 苦鉄質岩脈が貫く. 岩脈の形成時期は少なくとも 2 回以上あったと考えられる. すなわち, 母岩の層状構造と斜交あるいは一部平行に貫入し変成・変形作用を被っているもの, および母岩の構造とは無関係に分布し, 変成・変成作用は被ってないか極弱いものである. 前者の岩脈の鉱物組み合わせは単斜輝石-斜長石-ザクロ石-斜方輝石-角閃石-石英-イルメナイトで, 600~700℃, 5~6 kbar の変成条件が見積もられている (角替ほか,

1998). 後者は, 一般にアムンゼン岩脈として知られている. また, 貫入時期は不明であるがこれら以外にも弱い変成・変形作用を被っているハンレイ岩質岩脈が少量産する.

苦鉄質グラニュライトの産状および量比から見て, トナー島の原岩構成は島のほぼ中央部を NEN-WSW 方向に伸びる断層を境に大きく 2 つのグループに区分される. すなわち, 断層の北側では, 厚い苦鉄質岩層が分布するのに対し, 南側では珪長質岩中の薄い層としてのみ産する. 両グループとも, 一般的な層状構造は NE-SW ~ NS 走向で, 30~50° の北傾斜を示す.

JARE31 によってトナー島の北部から採集された苦鉄質グラニュライトについて, 筆者らは Sm-Nd 系の全岩アイソクロン年代を報告している (Owada et al., 1994; Owada et al., 1995). その概要は以下の通りである. グラノプラスチック組織を示す苦鉄質グラニュライトの Sm-Nd 全岩アイソクロン年代は 3807 ± 367 Ma で, Nd 同位体初生値 (以下, NdI 値) は 0.50787 ± 0.00032 ($\epsilon_{NdI} = +3.7$) である. また, 個々の試料について Nd 同位体比を 3800 Ma で補正すると ϵ_{NdI} は $+2.2 \sim +5.2$ となる. これらの ϵ_{NdI} 値は始生代のコマチアイトおよび玄武岩の値の範囲内にあり, 3807 ± 367 Ma は苦鉄質変成岩の原岩形成年代と考えられる. また, 約 3800 Ma の年代値は, トーナル岩質正片麻岩の原岩形成年代と一致する.

以上から, トナー島の原岩形成は約 3800 Ma にさかのぼり, その後 UHT 変成作用を被った. その変成作用の年代は約 2500 Ma と考えられている (Osanai et al., 1995). 変成した岩脈の貫入年代は明らかでないが, 変成条件は母岩のピーク変成条件より低いことから, ナビア岩体の上昇過程で貫入した可能性が高い.

東南極ナピア岩体リーセル・ラルセン山地域における グラニュライト相片麻岩類の Sm-Nd 年代

鈴木里子 (総研大 極域科学専攻)

・濱本拓志・加々美寛雄 (新潟大学大学院 自然科学研究科)

Geochronology for Sm-Nd isotopic systematics of the granulite facies
gneisses from Mt. Riiser-Larsen in the Napier Complex, East Antarctica

Satoko SUZUKI (Grad.Univ. Advanced Studies)

・Takuji HAMAMOTO · Hiroo KAGAMI (Niigata Univ.)

東南極エンダビーランド地域に分布するナピア岩体は、太古代中～後期に1000℃を越える超高温変成作用を受けたとされるグラニュライト相変成岩体である。年代学的には、これまで、原岩の形成年代として orthogneiss 中に含まれるジルコンの中心部のU-Pb測定による年代 (37-39億年: e.g. Ravich et al. 1975, Black et al. 1986)、変成年代としては Sm-Nd、Rb-Sr 全岩アイソクロン年代や orthogneiss 中のジルコンの周縁部のU-Pb年代 (28-31億年: e.g. McCulloch & Black 1984, Black et al. 1986、および23-25億年: e.g. James & Black 1981, Black & James 1983, Grew et al. 1982, Black et al. 1983, Sandiford & Wilson 1984, Tainosho et al. 1994, Owada et al. 1994, Shiraishi et al. 1997) などの報告がある。岩石に記録された変成作用の時期は、28-31億年前と23-25億年前とに大きく2つに分かれるが、超高温変成作用がいつ生じたのかについては明らかではない。今回、同岩体の年代学的特徴を更に明らかにするために、第38次南極観測隊で調査・採取した試料を用いて新たに同位体年代測定を行なったので、その結果について述べる。

リーセル・ラルセン山地域はナピア岩体の北西部に位置しており、mafic gneiss, orthopyroxene felsic gneiss, garnet felsic gneiss, aluminous gneiss, ultramafic gneiss, meta-BIFなどの様々な岩相を呈するグラニュライト相変成岩類が分布する。特に、調査地域には、シル状貫入岩起源と思われる mafic gneiss が全域に産出する。mafic gneiss は野外での産状、鉱物組合せに際だった違いは認められず、全岩の主要元素組成でも分析試料はいずれもソレアイト質玄武岩の特徴を示す。しかし、REE パターンをみると LREE に枯渇するフラットなパターンと LREE に富んだ左上りのパターンが識別される (Fig. 1)。つまり mafic

gneiss の原岩が少なくとも2種類あることを意味しており、今回の年代測定、特に原岩 (あるいはマグマ) の形成貫入年代を示していると考えられる全岩アイソクロン年代の測定はこのことを考慮して行なった。なお、mafic gneiss は広範囲に、かつ量的にも多く産出することから、変成作用の熱源となった可能性も考えられている (石川 他 1997)。

年代測定の結果として、まず、mafic gneiss について、LREE に富んだ特徴を示す3試料で **Sm-Nd 全岩アイソクロン年代** を求めたところ、 $2921 \pm 186 \text{Ma}$ ($IR=0.508631 \pm 0.000180$) という原岩形成年代を示すと思われる値を得た。しかし、LREE に枯渇した2試料の mafic gneiss は同位体の組成幅が狭く有意な値は得られなかった。ちなみに、上記の2種類の mafic gneiss 5試料をあわせて Sm-Nd 全岩アイソクロン年代を求めると $3103 \pm 70 \text{Ma}$ ($IR=0.508459 \pm 0.000081$) になる。一方、garnet felsic gneiss 4試料 ならびに garnet gneiss 4試料の Sm-Nd 全岩アイソクロン年代は、それぞれ $2255 \pm 93 \text{Ma}$ ($IR=0.509123 \pm 0.000068$)、 $2262 \pm 35 \text{Ma}$ ($IR=0.509265 \pm 0.000045$) であったが、これらの値が変成年代を示すのかどうかについては今後検討が必要である。

Sm-Nd 鉱物アイソクロン年代 の測定は、LREE パターンの異なる mafic gneiss 2試料と、garnet felsic gneiss 1試料、garnet gneiss 1試料の計4試料について行い、これらの4試料の値が2.30～2.38Gaの間に収まるという結果を得た (Fig. 2)。それぞれの年代値と初生値(IR)ならびに測定鉱物(群)は、 $2380 \pm 18 \text{Ma}$ ($IR=0.509448 \pm 0.000022$: pyroxene · felsic fraction · whole-rock)、 $2295 \pm 129 \text{Ma}$ ($IR=0.509269 \pm 0.000133$: pyroxene · felsic fraction · whole-rock)、 $2382 \pm 35 \text{Ma}$ ($IR=0.509065 \pm 0.000223$: garnet · felsic fraction · phosphate

minerals · whole-rock) 、 2364 ± 22 Ma (IR=0.509199 ± 0.000071 : garnet · felsic fraction · whole-rock)である。これらの年代値は、過去の研究で見積もられている23-25億年前の変成年代にほぼ一致する。

以上ことから、1) ナビア岩体のリーセル・ラルセン山地域の分布するmafic gneissのうち少なくともLREEに富んだ種類は2.92Gaに形成され、2) 地域全体の最終変成イベントは2.30-2.38Gaであった、ことが結論として言える。これらのうち、mafic gneissの形成時期は従来の研究で推測されている2.8-3.1Gaの古い方の変成作用の年代の範囲に入ることから、mafic gneissの原岩の活動(貫入)が、古い方の変成作用の熱源であるのかもしれない。一方、最終変成イベントの時期が超高温変成作用に相当するのか、また求められた年代値が高温変成作用のピーク時を示すのか変成作用後の後退変成作用時に相当するのかは現時点では明らかではない。

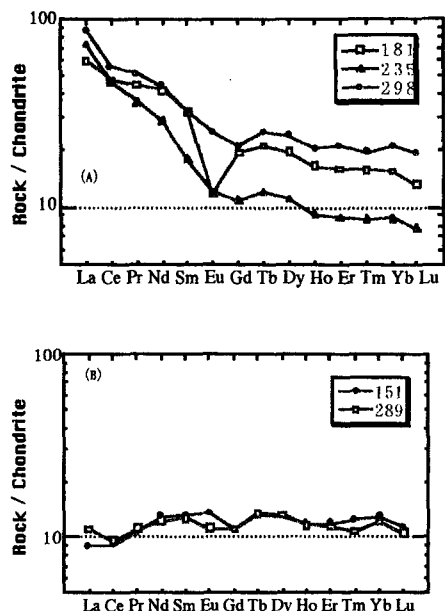


Fig.1 REE patterns for two type mafic gneisses from Mt. Riiser-Larsen.

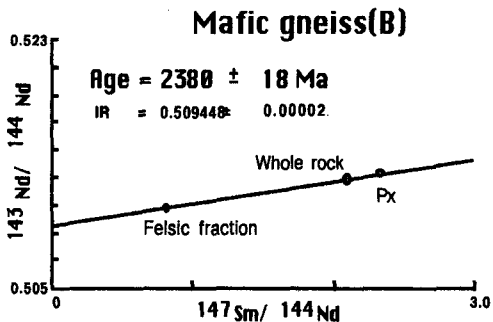
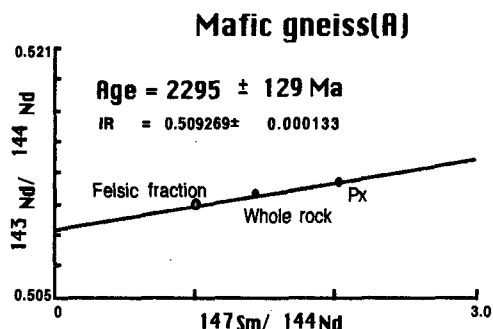
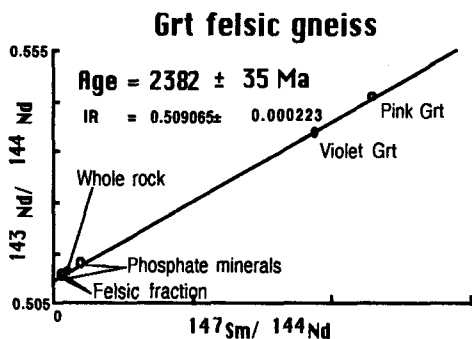
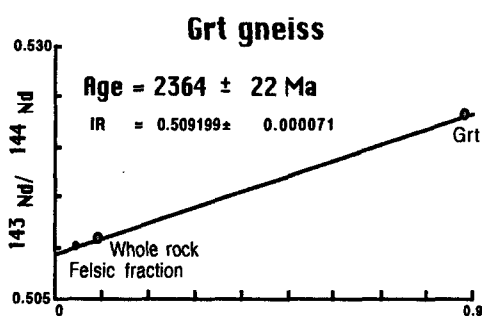


Fig.2 Mineral isochrons for Sm-Nd systematics of granulite facies rocks from Mt. Riiser-Larsen.

21 Reaction textures after sapphirine + quartz: indicator of pressure condition of UHT metamorphism

Tomokazu HOKADA (Grad. Univ. Advanced Studies / NIPR),
Masahiro ISHIKAWA (Yokohama National Univ.), Yoichi MOTOYOSHI (NIPR)

Introduction

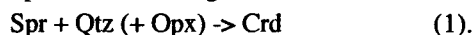
A variety of reaction textures are present in the metamorphic rocks of the Napier Complex, which represent isobaric cooling (Harley, 1985; Harley and Hensen, 1990), and some of them can be indicators of pressure conditions at cooling stage after the UHT metamorphism. Reaction textures after sapphirine + quartz in the gneisses from the Mt. Riiser-Larsen area are classified into two, and are considered to reflect the difference of pressure conditions.

Geology and reaction textures

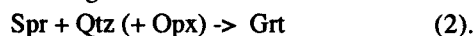
Mt. Riiser-Larsen area is divided into the central and the western parts, and they are bounded by mylonite- and pseudotachylite-bearing shear zone (ca. 200 m width). Dip and strike of the metamorphic rocks are not continuous both sides of the shear zone.

< Central part of the Mt. Riiser-Larsen area >

Sapphirine + quartz paragenesis is contained in sapphirine-orthopyroxene gneiss, sapphirine-orthopyroxene-osumilite gneiss, sapphirine-garnet gneiss and sapphirine-garnet-orthopyroxene gneiss, and their mineral assemblages and mineral textures are various. Sapphirine is surrounded by garnet, orthopyroxene, cordierite, sillimanite, alkali feldspar, cordierite-K-feldspar-quartz-orthopyroxene symplectite (= pseudomorph after osumilite) or quartz. Thin cordierite crystal fills the grain boundary between sapphirine and quartz in orthopyroxene-bearing rock, and it implies the following reaction:



Garnet is locally formed as a substitute for cordierite in the same sample, and suggests the following reaction:



< Western part of the Mt. Riiser-Larsen area >

Unique sapphirine-orthopyroxene gneiss is the only sapphirine + quartz-bearing gneiss in the area. Main constituents are sapphirine, orthopyroxene, quartz and plagioclase. Sillimanite and osumilite are locally present in the gneiss. No reaction texture is observed between sapphirine and quartz, except secondary orthopyroxene + sillimanite film (sometimes accompanies trace of phlogopite) is present between sapphirine and quartz from one locality in the area and represents the following reaction:



Discussion

KFMAS univariant equilibria in UHT condition are summarized in Fig. 1. Temperatures of the reactions are well constrained by the synthetic experiments of Hensen and Green (1973) and Bertrand *et al.* (1991), but pressures are different from each experiment due to the difficulties of friction correction in the experiments (Carrington and Harley, 1995). Schematic divariant phase equilibria of the reactions (1), (2) and (3) are inferred from the univariant reactions, and are represented in Fig. 2. The reaction textures of (1) and (2), observed in the central part of the Mt. Riiser-Larsen area, occur at lower-pressures than that of the reaction (3) in the western part of the area. This indicates that the cooling path and possibly the peak condition of the central part of the Mt. Riiser-Larsen area is lower-pressures than those of the western part of the area. The difference of pressure cannot be estimated quantitatively, but must not be so large. The shear zone dividing the area is north-south strike and almost vertical dip. Moreover, vertical lineation is observed in some portion. This is

consistent with the above interpretation that the western part represents a deeper structural level than the central part and they have juxtaposed due to the shear zone activity after isobaric cooling.

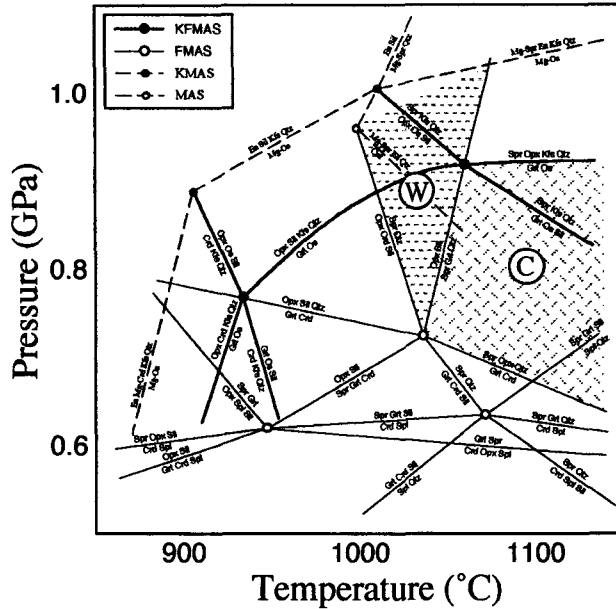


Fig. 1 Univariant phase equilibria in UHT condition, compiled after Hensen and Green (1973), Grew (1982) and Bertrand *et al.* (1991). 'C' and 'W' are the peak P-T conditions of the central and the western parts of the Mt. Riiser-Larsen area, respectively.

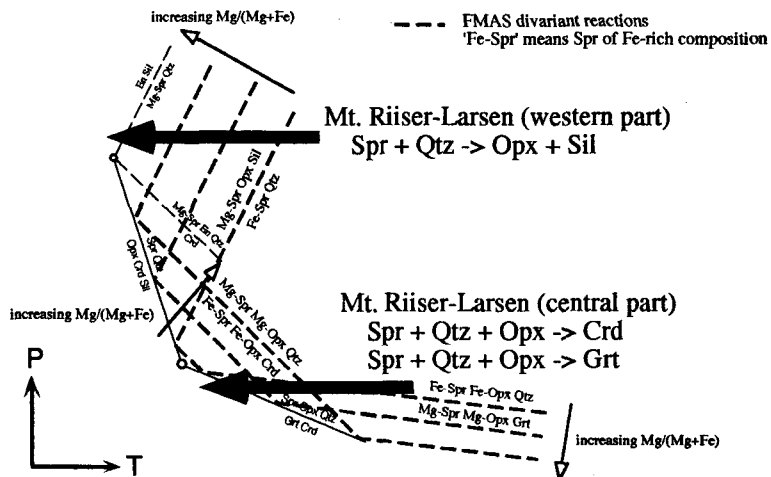


Fig. 2 Schematic divariant equilibria superimposed upon the univariant curves in Fig. 1. Arrows indicate schematic P-T trajectories of two different reaction textures.

菊地正幸・山中佳子(東大地震研)・久家慶子(京大理)

Rupture Characteristics of the Great Balleny Is. Earthquake of March 25, 1998
M. Kikuchi, Y. Yamanaka (ERI, Univ. Tokyo), K. Kuge (Dept. Geophys., Kyoto Univ.)

1. はじめに

極めて珍しい巨大地震 (Ms8.0) が南極大陸の近くで起こった。新聞報道によると、震源から約7百kmも離れたフランス基地で棚から物が落ちるほどの揺れがあったとのことである。

ここでは、この巨大地震の破壊過程を遠地実体波と長周期表面波の解析によって調べる。

2. 実体波解析

IRIS-DMCのデータを地震研究所の準リアルタイムサービス (gopher)により収集した。解析には16地点の広帯域地震計記録 (P波上下動16, SH成分12)を用いた。破壊開始点の情報として、次のUSGSの速報 (QED)による震源諸元を用いた。

発生時刻	震 央	深さ
03:12:25UT	62.88° S, 149.71° E	10 km

Jeffreys-Bullen (1958)の標準走時表により各観測記録の立ち上がり時刻を定め、そこから120秒間の記録に対してKikuchi & Kanamori (1991)の波形インバージョン法 (はぎとり法)を適用した。

得られた結果を図1に示す。ほぼ純粋な横ずれ型のサブイベントから成る多重震源が得られた。大きく2つのクラスターに分かれる。1つは初めの40秒間で、初期破壊点から西へ約50kmの範囲、もう1つは70~90秒間で、初期破壊点から120kmほど西方に位置する。全体の震源パラメタは以下の通りである。

(走向, 傾斜, すべり角) = (287, 87, -1)

(北西-南東引張の横ずれ断層)

地震モーメント $M_0 = 2.0 \times 10^{21}$ [Nm]
($M_w = 8.1$)

破壊継続時間 $T = 90$ [s]

深さ $H = 25-40$ [km]

断層面積 $L \times W \approx 140$ [km] \times 40 [km]

平均くいちがい $D = M_0 / \mu (L \times W) = 5.6$ [m]

(剛性率 $\mu = 64$ GPa)

応力降下 $\Delta \sigma = 2.5 M_0 / S^{*1.5} = 12$ [MPa]

3. 表面波解析

西方への破壊伝播は長周期表面波の方向性からも窺える。破壊伝播速度を2km/sと仮定すると、断層長は西北西(N70°W)方向に約160kmと推定される。一方、モーメントテンソル解は、遠地実体波による解と同様の、北西-南東引張の横ずれ型であるが、かなり大きな非ダブルカップル成分を含む。

4. 考察

1) 実体波から得られた2つのサブイベント群と表面波の方向性は、断層破壊が全体として西方に進んだことを示している。ただし2番目のサブイベント群自体は必ずしも東西方向の破壊伝播をしたかどうか明確ではない。USGSのQEDによる余震分布(図2)を見ても、初期破壊点から百数十kmのところに南北方向の余震の並びが見える。このことは共役な断層が動いた可能性を示唆している。

2) 長周期表面波の解析結果は概ね実体波の解析結果と調和的であるが、非ダブルカップル成分については、実体波解析で得られたサブイベントの時空間分布の広がりだけでは説明できない。何らかの特殊な地下構造が表面波あるいは実体波に影響を及ぼしている可能性があり、今後の検討する必要がある。

3) 得られた応力降下(12MPa)はプレート内部の典型的な値を示す。また震源の位置もプレート境界から離れており、この地震は南極大陸プレート内部の巨大地震と考えられる。

4) 最も大きな謎は断層メカニズムである。これま

で知られているテクトニクスによると、震央近傍にそれらしきツメ跡（トランスフォーム断層など）が全くない。また、数百 km 遠くのトランスフォーム断層と関係付けようとしても押し引き分布はほぼ正反対である。可能性として、退氷リバウンドに起

因する応力 (Tsuboi et al., 1998) や、3重会合点近傍のプレートの相対運動に起因する力 (Kubo et al., 1998) などが提案されている。

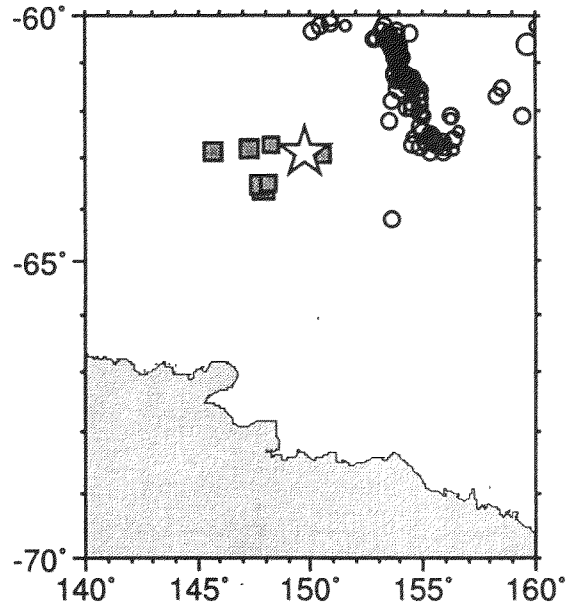
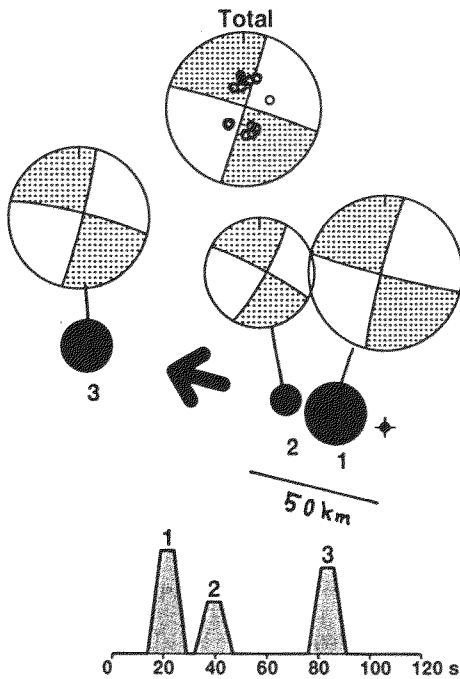


図2 本震(☆)と余震(□)の分布。

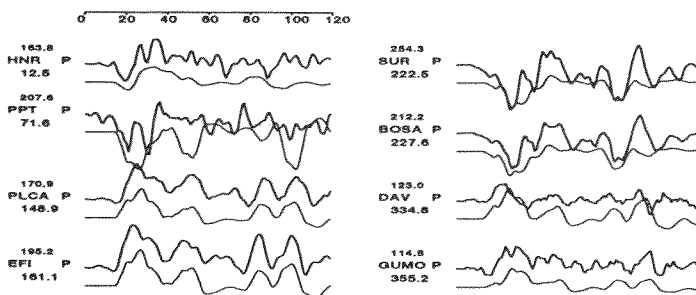


図1 上段：サブイベントのメカニズム解と震源分布。
中段：震源時間関数。
下段：観測波形（上）と理論波形（下）の比較例。

23 1998年3月25日の南極プレート内の巨大地震(1) 余震活動

神沼克伊・小林励司・野木義史・金尾政紀(国立極地研究所)

A great earthquake in the Antarctic plate I. Aftershocks

Katsutada Kaminuma, Reiji Kobayashi, Yoshifumi Nogi, and Masaki Kanao
(National Institute of Polar Research)

1. はじめに

1998年3月25日、南極大陸の約300km沖(62.877°S, 149.527°E)で表面波マグニチュード(Ms)8.0の地震が起きた。南極プレート内としては観測史上最大の規模である。普段の南極プレート内の地震活動は非常に静穏であるので、特異な地震といえる。また、プレート内地震としても濃尾地震などと並ぶ、最大級の規模である。

アメリカ地質調査所(USGS)およびハーバード大学のグループによって求められた震源メカニズム解はどちらも横ずれの地震であることを示しており、節面の走向は東西・南北である。近くを走る断列帯の方向(北北西-南南東)と南北の節面の方向は比較的近いが、このことだけから断層面を南北とするのは難しい。断層面を推定するには他の情報が必要である。その有力な情報のひとつが余震分布である。

本研究では、余震の分布から、断層面が東西・南北のどちらであるかを推定する。また、余震活動の減衰の指標である p 値や、地震活動の指標である b 値を求めることによって、この地震の特徴も探る。

2. 余震分布

USGSによるWeekly PDE(Preliminary Determination of Epicenter)から、余震と思われる地震を検索し、解析に用いた。地震発生後25日間で50個の余震があった。

図1に余震の震央分布を示す。この分布から本震は東西の断層によるものであることが分かる。初期破壊の位置を示す震央(USGS)

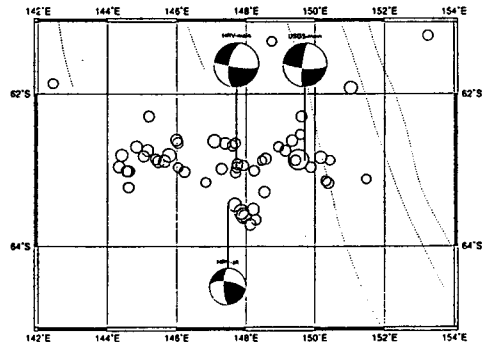


図1: 余震の震央分布。点線は断列帯を示す。上2つの震源メカニズム解は本震のもので、左がハーバード解、右がUSGS解。下の震源メカニズム解は最大余震のハーバード解。

と、破壊域の中心部を示すCMT解(ハーバード大学)の位置との関係も断層面は東西であることを示唆し、さらに、菊地(1998)の遠地実体波波形による震源過程の解析でも、東西の断層面を支持している。これらは余震の震央分布と調和的である。

本震の南西約120kmのところ、もう一つの小さな余震域が認められる。本震発生後7分後にここでの余震が確認されている。また9時間後の最大余震(Ms 6.1)もこの余震域で起きている。ハーバード大学のグループによって求められた最大余震の震源メカニズム解は、本震と同様、節面の走向が東西・南北である横ずれの地震であったことを示している。しかし、現段階では、この余震域での震央分布が明瞭ではないため、どちらの節面が断層面であるかは判断できない。

3. p 値

余震の時間減衰を示す改良大森公式、

$$n(t) = \frac{K}{(t+c)^p} + B,$$

(t は本震からの経過時間、 $n(t)$ は単位時間あたりの余震数、 K, c は定数、 B はバックグラウンドの地震活動を示す定数) の減衰の度合いを示す p 値を求めた。Ogata(1983) の最尤法による手法を用いた。

その結果、 $p = 0.997$ という値が得られた。一般に p は 1 よりも大きい値を取ることが多い。日本で起きたプレート内の巨大地震では 1.0-1.5 という値が得られている (Utsu 1961, 1969)。今回得られた値は小さいといえる。これは余震活動が比較的長引いていることを示している。

4. b 値

次に、Gutenberg-Richter の式、

$$\log N(M) = A - bM,$$

($N(M)$ はマグニチュード M 以上の地震の総数、 A は定数) における b 値を求めた。宇津 (1984) の最尤法による手法を用いた。

その結果、 $b = 1.042$ という値が得られた。日本付近では $b = 0.936$ (宇津、1984) という値が得られている。また、日本で起きたプレート内の巨大地震では 0.7-1.1 という値が得られている (Utsu 1961, 1969)。このことから考えると、今回の b 値は大きめである。これは小さな地震が比較的多いことを示している。

5. 考察

余震活動によって得られた、大きめの b 値、小さめの p 値は、小さい地震が比較的多く、余震が長引いていることを示している。ハーバード大学のグループによる CMT 解の CLVD が大きいことから、本震の震源過程が複雑であると考えられている (Wiens *et al.*, 1998)。このことから、複雑な震源過程によって、小さ

な余震が起きやすくなっていると考えることができる。

6. 結論

1998年3月25日の南極プレート内の巨大地震の余震活動について調べ、次のような結論が得られた。

- 余震の震央分布は、本震が東西の横ずれ断層であることを示している。本震の震央から南西 120km のところにもう 1 つの小さな余震域があり、最大余震はそこで起きている。
- 余震の解析から $p = 0.997, b = 1.042$ という値が得られた。平均的な値と比べると p 値は小さく、 b 値は大きい。これは複雑な震源過程によって、小さな余震が起きやすくなったためと思われる。

References

- 菊地正幸, 3月25日南極大陸近くの巨大地震 (Ms 8.0), EIC 地震学ノート No.41 (改訂版), 1998.
- Ogata, Y., Estimation of the parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure, *J. Phys. Earth*, 31, 115-124, 1983.
- Utsu, T., A statistical study on the occurrence of aftershocks, *Geophys. Mag.*, 30, 521-605, 1961.
- Utsu, T., Aftershocks and earthquake statistics (I), *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, Ser VII, 3, 129-195, 1969.
- 宇津徳治, 地震学 (第2版), 共立出版, 134-135, 1984.
- Wiens, D. A., Wyssession, M. E., and Lawver, L., Recent oceanic intraplate earthquake in Balleny Sea was largest ever detected, *EOS, Trans., Am. Geophys. Union*, 79, 353-354, 1998.

坪井誠司（防衛大地球科学）、金尾政紀（極地研）

The March 25, 1998, Antarctic Earthquake (Mw=8.1)

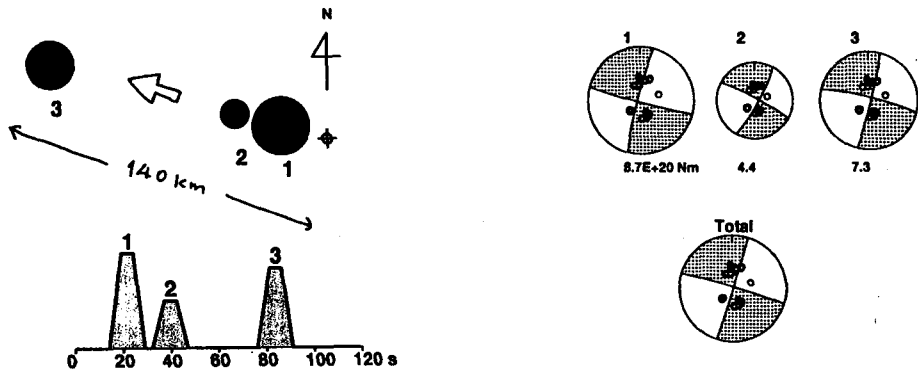
Seiji Tsuboi (National Defense Academy), Masaki Kanao (NIPR)

序 1998年3月25日に南極大陸近傍で起きた巨大地震は、海洋プレート内で起きた地震としては最大であり、また断層メカニズムは震央近辺のプレートテクトニクスとは全く正反対のメカニズムを示している。本研究では、過去の南極大陸における氷床の厚さの変化から期待される地殻変動の方向と大きさが求めた断層メカニズムと一致することを示す。

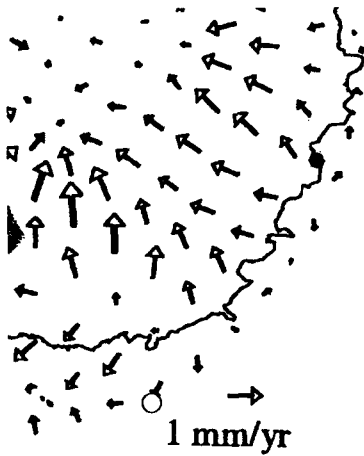
断層解 菊地・他(1998)は実体波の多重震源解析により、この地震のメカニズムを求めた。断層メカニズムは全体として東西走向の左横ずれとなる。Wiens and Wyssession (1998)によれば、この地震はこれまで観測された最大の海洋プレート内地震である。また、震央は近くの断列帯の延長上にあるが、断層メカニズムはそれから期待されるメカニズムとは全く合わない。

解釈 ここでは、この地震のメカニズムが、南極大陸の氷床によるリバウンドで説明できる可能性があることを示す。James and Ivins (1998)は最終氷期極相期から南極大陸の氷床が退氷する期間を1万2千年前から5千年前として、氷床の厚さの変化に伴う南極大陸の地殻変動を粘性変形も考慮に入れて見積もった。結果を図に示す。それによると、この地震の震央近くでは氷床が薄くなり大陸地殻は隆起している。それに伴い北東方向に約1mm/yrの水平方向の地殻変動が予想される。この地殻変動の方向は断層メカニズムのP軸の方向と一致しており、変形量も5千年間で約5mとなり平均くいちがい量と一致する。変形が5千年にわたって起きたことから、震央付近の地震活動が低いこととも調和的である。James and Ivins (1998)の別のモデルでは水平方向の地殻変動が逆向きとなること

も予想されており、この地震のメカニズムから南極氷床の厚さの変化に対する制約条件を与えることも可能かもしれない。



James and Ivins (1998)
 の Fig 13 (b) より南東部を拡大。丸印がこの地震の震央。



25 1998年3月25日の南極プレート内地震震央付近の海底地形、地磁気および重力異常

野木義史¹・久保篤規²・神沼克伊¹・小林励司¹

¹国立極地研究所 ²東京大学地震研究所

Seafloor topography, magnetic and gravity anomalies around the epicenter of great earthquake in Antarctic plate on March 25, 1998

Yoshifumi Nogi¹, Atsuki Kubo², Katsutada Kaminuma¹, Reiji Kobayashi¹

¹National Institute of Polar Research. ²Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

1998年3月25日に南極プレート内で表面波マグニチュード(Ms)8.0という大規模な地震が発生した。震源は、南極大陸から約300km沖の南緯62.877度、東経149.527度である。この震源は、南極プレートの海洋プレート部分に位置しており、海洋プレート内での最大の地震である。この地震の震源メカニズムの解は、横ずれ断層を示し、節面の走向は東西・南北であることを示している。この付近のフラクチャーゾーンの走向はほぼNNW-SSEであり、震源メカニズムの節面の走向と一致しない。また、南極プレートではプレート内地震の発生頻度は少なく、南極プレートは比較的安定なプレートであると考えられている。このように、今回の海洋プレート内の最大の地震の原因に関しては未だ謎が多い。

砕氷艦しらせでは、しらせの航路上で水深、海上重力および船上地磁気3成分測定を行っている。今回地震の発生した地域は、ほぼしらせが毎年オーストラリアに北上する地点の近傍であり、震源を中心にこれまでに多くのデータが蓄積している。そこで、今回発生した海洋プレート内の地震の原因を解明するために、これまでにしらせで得

られた水深、海上重力および船上地磁気3成分測定データを元に、衛星による重力異常やこれから予想される海底地形を併用し、今回の地震の震央付近の海域の海底地形、地磁気および重力異常のデータの編集を行った。

本講演では、この結果得られた今回発生した南極プレート内地震震央近傍の海底地形、地磁気および重力異常について報告する。また、これらを元に今回の地震の原因等に関する議論を行う。

Block motions and intraplate deformation
around Macquarie triple junction

Atsuki Kubo (Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo),

Yoshifumi Nogi (Natl. Inst. Pol. Res.)

はじめに:

地震のスリップベクトルからみたマコリートリプルジャンクションの速度3角形は、NUVEL1から予想されるものよりも鋭角3角形となり、このタイプのトリプルジャンクションの安定条件に近い(98地惑合同大会Ae-011)。よってこのトリプルジャンクション近傍では、剛体プレート運動という条件とトリプルジャンクションの安定条件とが互いに影響しあっている状態であると言える。

マイクロプレート運動かプレート境界再編成か?

このような観測結果を説明できる変形の原因として、トリプルジャンクション近傍での1)マイクロプレートの運動や2)プレート境界の再編成の速さが不均一であること、などが考えられる。海底拡大系は受動的と考えられることが多い。よってもし拡大速度が場所によって自由に変化することが可能であれば、2)のような変形はプレート内に大きなひずみを伴わないで実現可能かもしれない。我々の議論は、スリップベクトルのずれによる速度3角形の形状のみに基づいている。よって2)に関係したトリプルジャンクション付近での拡大速度の不均質は海洋底の精査なしにはこれ以上議論できない。マイクロプレートの可能性は、すでに DeMets et al. (1988), Kubo et al. (1998)によって南タスマン海、南極プレート側でそれぞれ簡単な議論がなされている。観測されるプレート境界でのスリップベクトルの偏りは、1)南タスマン海がオーストラリアに対して西進、また2)南極プレ

ート内のありうるマイクロプレートが南極プレートに対して北東-東北東に、それぞれ数mm/yで運動すれば、ほぼ満足される。しかし1)南タスマン海で起きた1つのプレート内地震のスリップベクトルが説明できない、2)南極側では本年3月に起きた巨大地震の応力場がプレート境界にかかる力では説明できない、というそれぞれの理由でマイクロプレート説はうまくいかないと考えられた。

マイクロプレート説再考:

南タスマン海は海洋底の中でもプレート内地震の活動帯である。また南極側では今年になって海洋プレート内最大の地震が起こった(Wiens and Wyssession, 1998)。スリップベクトルのずれが明確であるマコリートリプルジャンクションに隣接するブロックが第一級のプレート内地震の活動域であるといえる。よってマイクロプレート説は簡単には棄却すべきではない。南タスマン海で上記の議論に用いられたのは、この付近の最大級の地震ではなかった。また南極側のプレート内の起震応力場に関しては、同じセンスの横ずれ断層が続くことにより、流体圧や熱弾性に関係した応力は3次元的になり得る。よって実際の応力場は複雑であってもよい。マイクロプレートの運動の原動力なども考えながら妥当性を議論する必要がある。

文献:

- DeMets et al. (1988), JGR, v. 93, p. 11877-11897.
Kubo et al. (1998), Proc.NIPR Sympos., in press.
Wiens and Wyssession (1998), EOS, v. 79, p. 353-354.

久保篤規

東京大学地震研究所

Stress field in the Antarctic plate inferred
from focal mechanisms of intraplate earthquakes
Atsuki KUBO
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

はじめに

南極プレートは比較的安定でプレート内地震の発生頻度は少ない (Okal, E., 1981)。しかしプレートにかかる力を調べるためにはプレート内地震のメカニズムによる応力場は欠かせない情報となるであろう。周南極プレート境界には沈み込み帯は存在しないので、スラブプルはほぼ無視しても良いと思われ、その他の応力源について細かい影響を見ることのできる可能性がある。

これまでの研究

World Stress Map Project (Zoback, 1992)のマップによると、プレートの境界に近く近いものを除けば、南極プレート内の応力主軸方位のデータは6個程度で、大陸内には1個しかない。それらはすべて地震のメカニズムによるものである。世界中の応力場を扱う最近の研究では、再現性に関する統計的なテストを行っているため、南極プレートのようなデータ数の少ないところは議論の対象外となることが多い (Coblentz, and Richardson, 1995)。しかし南極プレートそのものに興味がある場合には、もう少し積極的にこれらの少ないデータを眺めて行く必要がある。1998年3月25日に観測史上最大規模の海洋プレート内地震が Balleny 島近傍で起こり、その応力場が簡単には説明できないことから、今まで南極プレートの応力場の問題がいかに議論されていなかったかを痛感させられることになった。

HCMTによるプレート内地震の応力軸

データとしては深さが50 km以浅の地震の Harvard Centroid Moment Tensor カタログ (Dziewonski et al., 1981)の best double couple 解を用いた。メカニズムとP軸、T軸の水平方位分布をそれぞれ図1、2、3に示す。

主なプレート内応力場の特徴

各地域で得られる応力場の方位に関する特徴を以下にまとめる。

- a) 大陸、大陸棚地域：2つの地震のみ解が求まっている。1つは Wilks Land の海岸付近である。この地震は大陸縁の引っ張り応力を受けているということで説明可能である。もう一つはロス海沖の大陸棚であり、南極横断山脈や大局的な海洋—大陸の境界を考へても観測される引っ張り軸の方向が説明できない。
- b) 南極半島沖 Bellinghausen 海：この地域の海洋底では、ほぼ東西にそろったP軸が得られている。地震のメカニズムは逆断層型である。年代に依存したプレートの形状では応力場は説明できそうにない。大陸縁からかなり離れているが、無理やり大陸縁だと想定しても、観測されるT軸は立っており、予想と合わない。
- c) イースタートリプルジャンクション南方：ここでは、バラツキはあるものの北西—南東のP軸、北東—南西のT軸が卓越していると考えられる。単純な拡大方向からずれた応力軸

方向を示しており、リッジ押しでは説明できない。

- d) Balleny 島地域：NE-SW 方向の P 軸を示す。おもな地震のメカニズムは横ずれ型であり、1998年3月25日の大地震とその余震に
- e) ついて共通な特徴である。しかしこの大地震の前、1981年にこの地震の震源域の東方において応力軸方位の異なる正断層の地震が起こっている。
- f) Kerguelen 地域：この地域では東西の T 軸が卓越している。データベースでは水平最大圧縮軸方位のみ示されているので、南北の P 軸という記述されるが、原データからは T 軸がむしろより水平方位にそろっており、P 軸は傾斜して多少ばらついている。
- g) このほか Negishi et al. (1998) による東南極プリンスオラフ海岸沖の大陸棚の海側で起こった地震のメカニズム解析から、ほぼ東西の引っ張り応力場が得られている。

特定の起源の応力場で説明できない例が多くみられる。その原因としては、南極プレートにはスラブプルのような卓越した力がかかっていないから、Second order の応力源が重なりあっていることが考えられる。

リッジトランスフォーム断層系のごく近くではこの他にもプレート内地震が起こっているが、ここではプレート内の応力場を見るためにこれらの記述を割愛した。

考えられる応力源

差応力の起源としては次のようなものがあると考えられる。

- 1) 大陸縁や南極横断山脈など、地殻-マンツルの密度境界の形状に関係した応力。
- 2) 海洋プレートの成長による傾斜構造とプレート-アセノスフェア間の密度差から生じるリッジ押し力。
- 3) 若い海洋底での速くて非均質な冷却による熱弾性応力。
- 4) 2)、3) は今まで2次元的なモデルで考えら

れてきたが、横ずれ断層が連なる場合にこれらの効果は3次元的に取り扱う必要がある。

- 5) プレート底面に働くマンツルドラッグ。
- 6) 大陸内の氷床荷重やその消失による影響。

総合的な判断によってこれらの中からありうる応力源を特定していく必要がある。

文献：

- Okal, E., 1981, Earth Planet. Sci. Lett., v. 52, p. 397-409.
- Zoback, M. L., 1992, J. Geophys. Res., v. 97, p. 11703-11728.
- Coblentz, D. D., and Richardson, R. M., 1995, J. Geophys. Res., v. 100, p. 20245-20255.
- Dziewonski, et al., 1981, J. Geophys. Res., v. 86, p. 2825-2852..
- Negishi et al., 1998, Polar Geoscience in press.

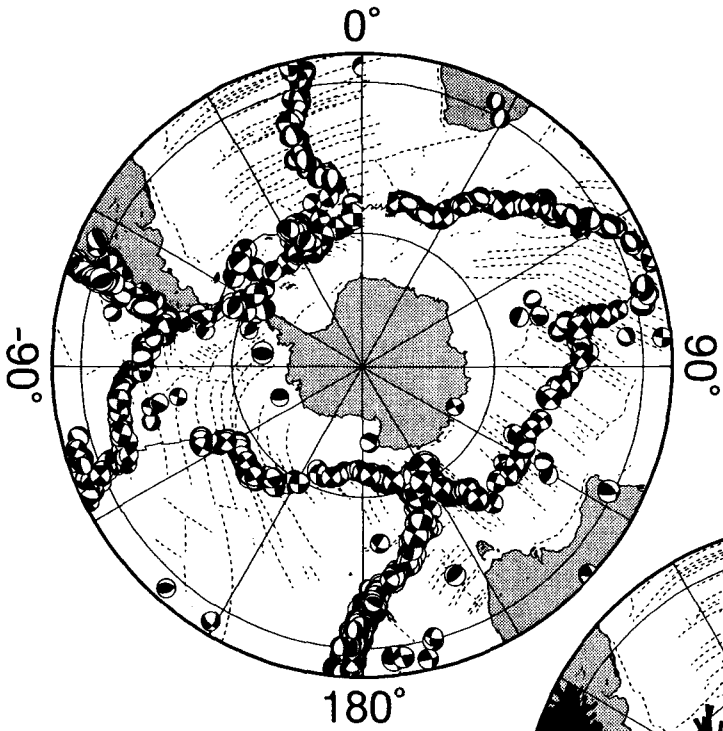


Fig. 1 Focal mechanisms

Fig. 2 P-axes

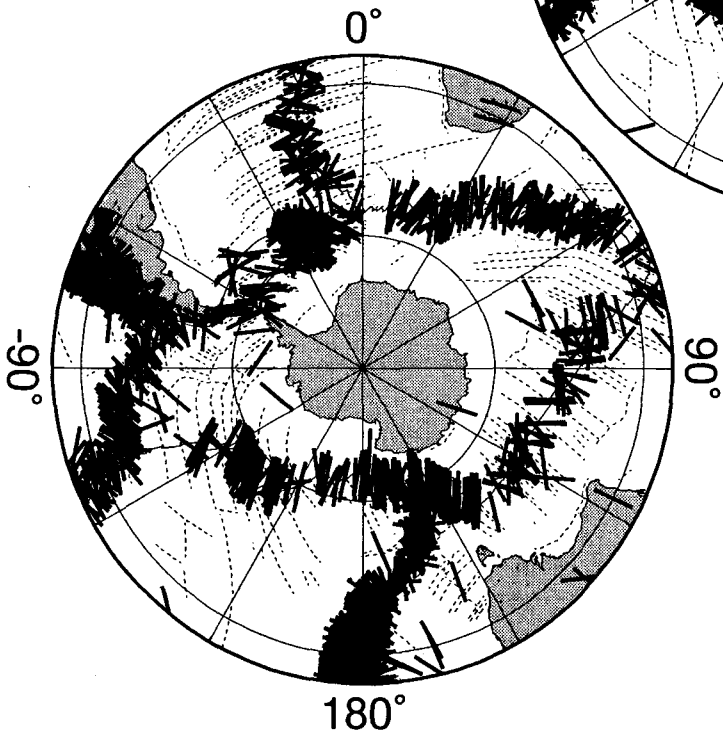
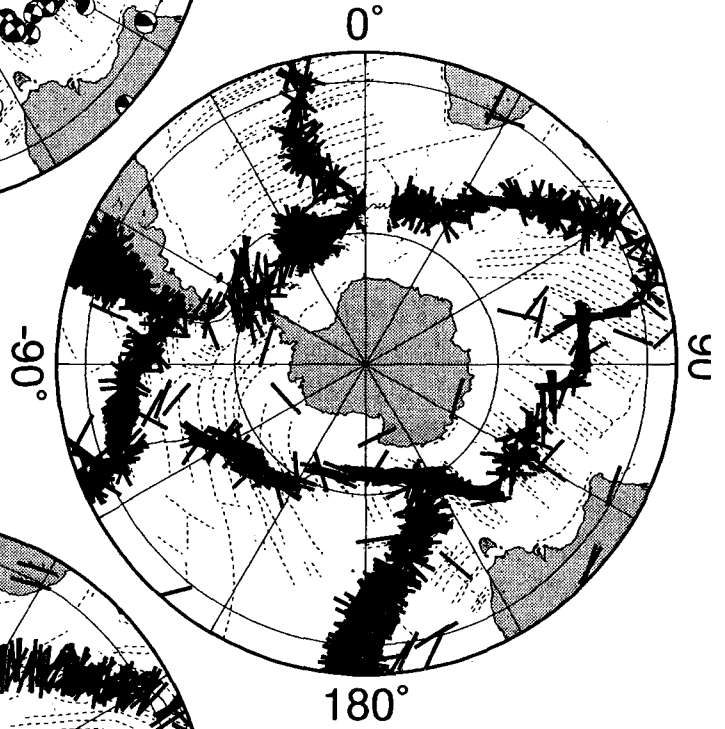


Fig. 3 T-axes

28 ホットスポット基準系に対する南極プレートの運動 (その2)

原田 靖
(国土地理院)

The Motion of the Antarctic Plate relative to the Hotspot Reference Frame (Part 2)

Yasushi Harada
(Geographical Survey Institute Japan)

1. 背景

南極プレートは遅い

南極プレートの絶対運動(ホットスポット系に対する運動)は、太平洋プレートやインドプレート等に比べて不明な点が多い。これは、両プレートは片側に海嶺、もう片側に海溝を有し、プレートの運動速度が大きくなる条件を満たしているのに対し、南極プレートは四方を海嶺で囲まれ、全体として移動しにくい条件下にあることに起因する。プレートの運動速度が小さいと、たとえ長く活動しているホットスポットが複数存在しても、太平洋プレート上にあるような細長いホットスポットトラック(プレートがホットスポットに対して相対運動しているためにできる海山列)は造られず、ケルゲレン海台に見られるような長い期間に渡り同じような場所で活動し続ける海台となってしまふ。

そこで、大洋底の地磁気逆転の縞模様から決められるプレートの相対運動を用いて、周辺のプレートの絶対運動から南極プレートの絶対運動を推定するアプローチが重要になって来るが、これには以下に挙げるようないろいろな問題が絡んでいる。

南極プレートはプレートサーキットの鍵

プレート運動のグローバルなサーキット(プレートの相対運動を全地球的に繋いだもの)にはつじつまの合わないシステムティックな不一致がある(Acton and Gordon, 1994)。この不一致の原因には、

1. プレートの相対運動の誤差の過小評価
2. 未知のプレート境界の存在
3. プレートの内部変形
4. ホットスポットの相対運動

が考えられるが、どれが原因かについては多くの議論がある。南極プレートはプレートサーキットの中心に位置しているので、南極プレートの運動

を正確に決めることができれば、一連の議論の決着が着く。つまり南極プレートの運動が、プレートサーキットの問題解決の鍵になっている。

2. 本研究の内容

上に挙げたプレートサーキットの問題の原因を特定して行くためには、ホットスポットトラックからプレートの絶対運動を決め、さらにプレートの相対運動を通して他のプレートの絶対運動を求めて、どのプレートまたはプレート間で整合性が取れないか調べて行くという作業が常套手段となる。従来までの研究では、プレートの絶対運動のオイラー極を決める際に試行錯誤的方法によっていたが、この方法では複雑な曲線を描くホットスポットトラックを再現できないばかりか、誤差を適切に見積もることもできなかった。本研究では、球面上で多角形の有限回転の極は正確に決まることを利用して、プレートの絶対運動を正確に計算する方法を考案した。この方法では統計的な誤差の推定も可能になった。この方法によって得られた太平洋プレートとアフリカプレートの絶対運動は、従来の方法による絶対運動に比べると格段にプレートサーキットの不一致の程度は小さくなった。このことから上に挙げた不一致の原因以外に、プレートの絶対運動の誤差を十分考慮していなかったことが大きな原因であったと言える。

しかしながら南極プレートの絶対運動に関しては、太平洋プレートから推定されたものと、アフリカプレートから推定されたものでは必ずしも一致しているとは言えない(特に65Maから40Maの部分)。現在までの解析結果では、アフリカ-南極プレート間の相対運動により大きな誤差を含んでいると考えられるが、南極プレート内で東側と西側で別々に運動していた可能性も残されている。今後はこの不一致の原因を突き詰めて行くことが主な目標になる。

棚橋 学¹・西村 昭¹・小田啓邦¹・村上文敏² (¹地質調査所、²石油公団石油開発技術センター)

Geological and geophysical survey results of TH97 cruise in the north of Antarctic Peninsula

¹Manabu Tanahashi, ¹Akira Nishimura, ¹Hirokuni Oda and ²Fumitoshi Murakami

¹ Geological Survey of Japan, ² Japan National Oil Corporation, Technology Research Center

石油公団の TH97 航海は、1997 年 11 月 24 日から 1998 年 3 月 13 日にわたり、調査船「白嶺丸」を使用して南極半島北方沖海域で実施された。12 月 29 日南アフリカ、ケープタウン港を出港し、2 月 7 日チリ、バルパライソ港に入港する日程で実施され、調査海域では 1 月 10 日から 1 月 30 日まで調査が行われた。

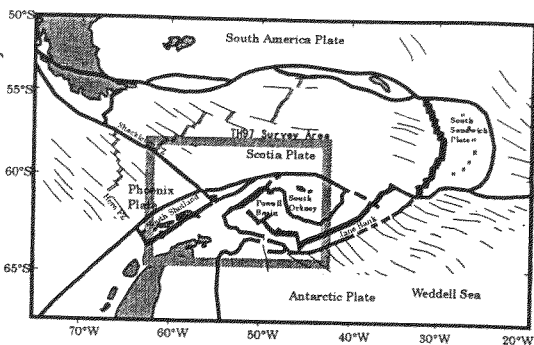
南オークニー諸島が乗る南オークニー小大陸とその周辺のパウエル海盆、スコチア海盆、ウェッデル海盆の調査を行う計画だったが、予定海域には密集した海水が分布していたため調査海域を予定海域の西端部である南極半島北方大陸棚を中心とした海域に変更して調査を行った。

本海域の広域テクトニクスを第 1 図に示す。調査海域の地形と地震探査測線を第 2 図に、地震探査の記録例を第 3 図に示す。調査期間中はバックアイス、冰山群のために予定測線を変更を余儀なくされることがあったが、ほぼ順調に調査が実施できた。また、新たに使用した振源システムに不具合があり、地震探査測線を数回中断した。

本航海から導入したデジタルストリーマーケーブル (240 チャンネル、3000m) を用いて反射法地震探査を実施した。振源は G ガンクラスターシステム (250 立方インチ x 4 台のガンで構成されるクラスターを 4 式使用、合計 4,000 立方インチ) を用いた。調査期間が短くなったために、海底地震計を用いた精密速度構造探査は実施できなかった。

重力探査、地磁気探査はほぼすべての測線で行った。海底試料採取は重力式柱状採泥では海盆部の新期堆積物を採取し、ドレッジでは先第四系の露頭と思われる地点で現地性と思われる堆積岩および火山岩試料を採取した。

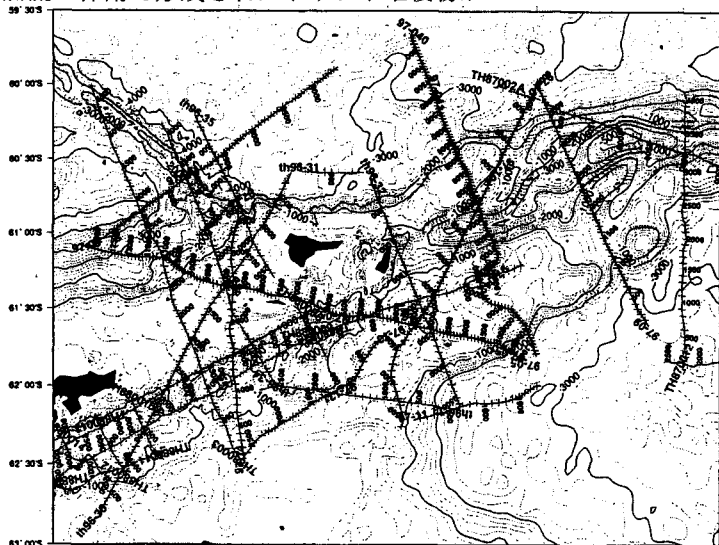
調査海域は南極半島北方の大陸棚を中心とした海域であり、スコチア、旧フェニックス、南極の 3 プレーートの境界部として形成された複雑な構造を示すところである。スコチア海盆からパウエル海盆に至る測線では傾動地塊や多数のグラーベン構造が見られ、南スコチア海嶺に沿ったトランスフォーム断層に伴う trans-tensional な構造であると考えられる。本地域の大陸棚には、1) 基盤である中古生代の前弧堆積盆の岩石類、2) その上位の第三紀のスコチア海盆、パウエル



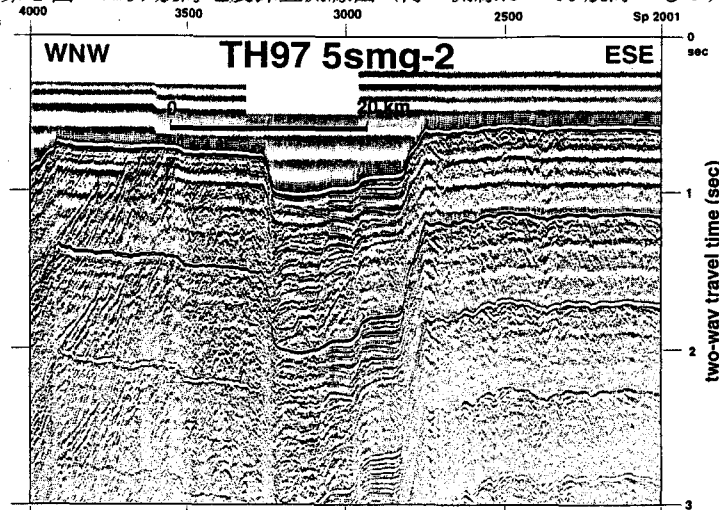
第 1 図 南極半島北部周辺の広域テクトニクスと TH97 航海調査海域の位置

海盆を形成したリフト活動に関わる岩石類、3)第三紀末に旧フェニックスプレートの拡大系の停止に伴って始まった現在のプランスフィールド海盆のリフト活動に関わる岩石類、が分布していると考えられる。2)の堆積層はエレファント島の南西などで強く変形しており、3)の間には顕著な不整合が発達している。パウエル海盆の上部には、底層流の作用で形成されたドリフト堆積物が

顕著に発達している。スコチア海盆には、細かく成層した堆積層が発達しており、シリカ鉱物の続成作用境界と考えられる海底疑似反射面 (BSR: Bottom Simulating Reflector) の発達で特徴づけられる。南スコチア海嶺付近では深い基盤と、圧縮性的変形が見られ、かつて収束境界であったことが推定される。



第2図 TH97航海地震探査測線図(薄い測線はTH96航海のもの)



第3図 反射法地震探査記録例(5SMGの一部、エレファント島南東方の南スコチア海嶺南海嶺の頂部に見られるグラベン)

野木義史 (国立極地研究所)・島伸和 (千葉大学大学院自然科学研究科)

福田洋一 (京都大学大学院理学研究科)・伊勢崎修弘 (千葉大学理学部)

Magnetic anomalies in Enderby Basin and Gondwana breakup

Yoshifumi Nogi (National Institute of Polar Research)

Nobukazu Seama (Graduate School of Science and Technology, Chiba University),

Yoichi Fukuda (Graduate School of Science, Kyoto University), Nobuhiro Isezaki (Faculty of Science, Chiba University)

インド洋は、オーストラリア、インド、マダガスカル、アフリカという Gondwana を形成していた主要な大陸の南極からの分裂によって形成された海洋である。この観点から、南極大陸沖の南インド洋は、初期の Gondwana 分裂の形態およびその時期を考える上で非常に重要な海域である。しかしながら、南インド洋は観測データが少なく、地磁気異常縞模様を使用した年代同定はほとんど行われていない。また、衛星による重力異常図からも、南インド洋エンダビー海盆付近のフラクチャーゾーンの走向も明白ではない。このように、南インド洋のテクトニクスに関しては未だ不明点が多い。

現在、国際的なプロジェクトとして ADMAP (Antarctic Digital Magnetic Anomaly Map) が進行している。これは、南緯60度以南の南極大陸およびその周辺海域の様々な国で得られた、航空機や観測船によって得られた全磁力異常データを編集し、この地域のより精度の高い地磁気異常図を作成しようとするものである。

砕氷艦しらせでは、第30次南極地域観測より現在まで毎年しらせ航路上で船上地磁気3成分観測が行われており、南インド洋を毎年横切っている。これにより得られた地磁気異常データは、観測の少ない南インド洋のデータとして、ADMAPプロジェクトに大きな貢献となることが期待される。しかしながら、船上地磁気3成分観測は、従来行われているプロトン磁力計によ

る全磁力観測とな全く形態が異なるため、船上地磁気3成分観測で得られたデータをプロトン磁力計による全磁力観測と同等に扱うには注意が必要である。

船上地磁気3成分観測で得られたデータは相対変化に関しては精度よく求めることができ、なおかつ、地磁気異常本来の姿であるベクトルとしてデータが得ることができる。したがって、船上地磁気3成分観測から得られる全磁力異常の相対変化を使用する事に対しては問題はない。しかしながら、現時点では船上地磁気3成分観測から得られるデータの絶対値に関しては信頼がおけない。そこで、船上地磁気3成分観測から得られる全磁力異常データとプロトン磁力計による全磁力データとを同等に扱うには、船上地磁気3成分観測によるデータの相対変化は信頼できるので、衛星による地磁気異常や近傍で得られているプロトン磁力計による全磁力観測の絶対値データにより制約を加える必要がある。

本講演では、南インド洋エンダビー海盆で得られた船上地磁気3成分データを使用したこの海域の全磁力異常図の作成およびその問題点に関して報告する。また、この結果得られた全磁力異常図と地磁気3成分異常の結果と合わせ、Gondwana 分裂の初期の形態、分裂時期および南インド洋のテクトニクスに関する議論を行う。

玉木賢策 (東京大学海洋研究所)、Jerome Dymont (フランス、ブレスト大学)

Unsolved problems of the tectonics in the Antarctic Indian Ocean

Kensaku Tamaki (Ocean Research Institute, University of Tokyo),

Jerome Dymont (University of Brest, France)

南極大陸を中心とした Gondwana 大陸の古地理的復元とその分裂、移動史は、一般にすでに十分に解明されたように受け取られている。しかし、インド洋南極海には、まだ未解決の多くの問題が残されている。衛星重力異常データは南極海海底構造の全貌を明らかにしたが、そこに見られる構造には不可解なものも多く見られる。また、海底形成テクトニクスを明らかにするにあたって最も重要な役割を果たす海洋磁気異常のデータは量も少ない上に、極域のため日変化の変動も大きく、正確な解析を妨げ、南極海海域のテクトニクスの解析を困難にしている。

南極大陸のインド洋に面した大陸縁は、すべて大陸分裂によって形成されており、その分裂は、西から東へプロパゲートする形で進行し、3つの段階に分けられる。約180 Maの南極海モウド海台—アフリカ大陸モザンビーク海盆間の分裂、約120 Maの南極大陸インド・マダガスカル—南極大陸・オーストラリア大陸間の分裂、約100 Maのオーストラリア大陸—南極大陸間の分裂の3段階である。このうち、分裂過程の解明が最も遅れているのが、約120 Ma前の南極大陸インド・マダガスカル—南極大陸・オーストラリア大陸間の分裂である。これは、この部分の海底を占める、エンダビー海盆の海底観測データの量が不十分であることおよび分裂直後の時期が白亜紀磁気静穏帯にあたり磁気縞模様が見られないことに大きく起因しているが、それだけではなく、この分裂が、Gondwana大陸の3つの分裂イベントの中で最大のもので、大規模なマントルプルームの噴出をともない複雑な様相を呈していることにも起因して

いる。

120 Ma期の Gondwana大陸の分裂は、マントルプルームの地表への出現が、分裂より遅れて起こったことに顕著な特徴を有する。通常、大陸分裂にともなうマントルプルームの地表への出現は、分裂前に大陸上に玄武岩台地となって噴出するか(例:180 Maのアフリカ—南極・マダガスカル分裂にともなうカルー玄武岩台地)、あるいは分裂と同時期に大陸斜面部に巨大火成岩体を出現させることが多いが(例:60 Maのグリーンランド—北欧分裂にともなうグリーンランド、北欧大陸斜面部の第三紀巨大火成岩体)、120 Ma期の Gondwana大陸の分裂では、玄武岩台地に相当するケルゲレン海台が、インド亜大陸と南極大陸の分裂後に両大陸の間の海底上に形成されるという特異な状況になっている。Samson et al. (1998) は、恐竜化石の解析から、80 Maに時期においてもまだ、ケルゲレン海台を陸橋として、インド亜大陸と南極大陸が陸つづきであったことを明らかにしており、この地域の古地理も複雑である。

ケルゲレン海台の南西方に南極大陸との間に広がるエンダビー海盆は、中央をNE-SWに走るケルゲレン断裂帯によって大きく、西部と東部に2分される。衛星重力異常図で見ると、東部エンダビー海盆は、比較的単調な異常を示している。しかし、ケルゲレン海台の一部である、エラン堆の南方には、数100 km規模の長周期の異常が顕著にみられ、この地域の地殻構造が単純でないことを物語っている。特に、エラン堆は、南側に急傾斜を持つ傾動地塊をなしていることから、エラン堆と南極大陸マ

ツッケンジー湾の間には、大規模な地殻伸長、断裂テクトニクスが Gondwana 大陸分裂期に発生したことが推察される。

西部エンダビー海盆の衛星重力異常は、北部と南部で顕著な相違を有する。西部エンダビー海盆南半には、NNE-SSW方向の顕著な複数の平行なリニアメントが見られ、その間隔からして、低速拡大系のトランスフォーム断層の軌跡であると考えられる。この軌跡から、インド亜大陸の北上の記録を読み取ることができる。西部エンダビー海盆北半は、南側のコンラッド海台と北側のクロゼット海台によって占められている。この2つの海台は、ともにEW方向に伸び、その間には、東西方向の古海嶺と推定される重力異常が観察される。Patriat (私信)によれば、この古海嶺の活動停止時期は、75-80 Maである。

ケルゲレン海台、エンダビー海盆周辺にはこの他にも多くの顕著な衛星重力異常の特徴が見られる。現在のところ、ここに述べた本海域の海底構造の諸特徴を Gondwana 大陸分裂テクトニクスと関連づけて明快に説明できるまでには至ってはいないが、本講演では、本海域におけるテクトニクスの問題点を整理して、将来の観測研究の方向性に関する議論を試みる。

32 ルンドボークスヘッタ丸湾大池における海成堆積物

瀬戸浩二（島根大学）・森脇喜一・三浦英樹（極地研）

Holocene marine sediments in the Lake Maruwan on the Rundvagshetta, Lützow-Holm Bay, Antarctica.

K.Seto (Shimane Univ.), K.Moriwaki and H.Miura (NIPR)

南極の宗谷海岸の露岩域には、標高およそ 20 m まで海成堆積物が露出していることが知られている。それらの海成堆積物は、その中に含まれている貝化石の AMS 法による ^{14}C 年代測定から、完新世のもの（3~8ka）とそれ以前のもの（33~42ka）があるとされている（Igarashi *et al.*, 1995）。宗谷海岸の南端に近いルンドボークスヘッタにも完新世の海成堆積物が認められており（平川・澤柿, 1998）、丸湾大池の湖岸に貝化石を含む海成堆積物が見られる。それゆえ、丸湾大池の経歴に海洋期があったことは容易に推定できる。第 38 次南極地域観測隊では、そのような丸湾大池の古環境変遷史を解明するため、丸湾大池で 2 m のコアリングを行、コア長 187cm の比較的良好的なコア（Mw-4 コア）を得た。本研究ではこのコアを解析し、海成から淡水成に変化するタイミングを含め、丸湾大池の環境の変遷を解明することを目的としている。

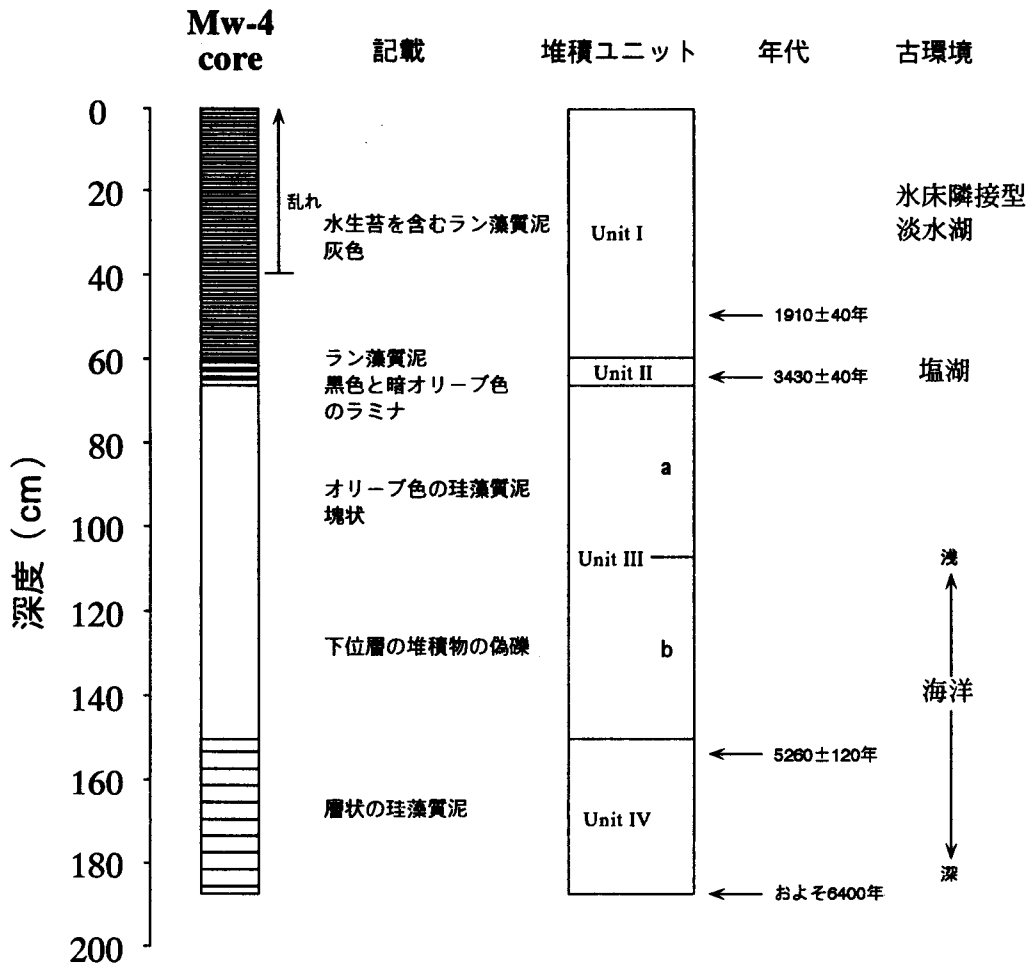
丸湾大池は、長径 770 m、総面積 0.22km² の中規模の湖沼で、水深は 26.9 m 以上である。西岸は氷床と接し、そのため湖水の塩分は非常に低い（Murayama *et al.*, 1988）。湖水面の標高は 8 m で、湖水はオーバーフローして海に流出している。コアリングは、1997 年 10 月 21 日に丸湾大池北部の水深 9.8 m の地点で行った。コアリングには押し込み式ピストンコアラーを用い、コアを冷凍しないようにして昭和基地に持ち帰り分割処理を行った。

Mw-4 コアの上位 60cm（Unit I）は、水生コケを含む灰色のラン藻質泥で 1mm 以下のラミナが見られる。60~68cm の層準（Unit II）は、黒色~暗オリーブ色のラン藻質泥で 1mm 以下のラミナが見られる。68~108cm の層準（Unit IIIa）はオリーブ色を呈した塊状の珪藻質泥で、108~150cm の層準（Unit IIIb）はそれに下位層の偽礫を伴う。150~187cm の層準（Unit IV）は、1mm 以下のラミナを伴う珪藻質泥である。

Unit I は水生コケやラン藻が繁茂していたことや灰色の泥が見られることから、氷床と隣接した淡水湖、すなわち現在とほぼ同様な環境であったことを示す。Unit II は、黒色を呈することから還元的な環境を示す。

南極の淡水湖は一般に水の循環が良く溶存酸素が高いことが知られており（綿抜, 1992）、宗谷海岸の湖沼にも底質が黒色を呈する淡水湖は見られない。黒色の底質が見られるのは塩湖か海洋であるが、海洋には見られない層状ラン藻が繁茂していたこと、また海洋の証拠がないことから塩湖であったと考えられる。Unit III は、珪藻質泥で *Trochammina antarctica*（砂質有孔虫）などの海産種が産出することから、海洋であったことが推定される。塊状であることは、生物による攪拌が活発であったことを示し、酸化的な環境であったと思われる。一方、Unit IV も同様に海洋であったことが推定されるが、ラミナを伴うことから生物による攪拌のない還元的な環境であったと思われる。おそらく、相対的海水準が高かった時期の堆積物であろう。Unit III と Unit IV の境界は、Unit III に Unit IV の偽礫が見られることから、ハイエイタスが存在すると思われる。

これらの結果から丸湾大池では、海洋から塩湖を経て淡水化しており、相対的海水準の低下が記録されていた。Unit II の有機物の年代測定結果は 3430 ± 40 年であった。塩湖が海洋から離水した直後に形成されたと考えると当時の湖水面は現在よりおよそ 8 m 高かったと思われる。



丸湾大池のコア解析結果

Seal fossil from Holocene marine sediments on the Skarvsnes, Lützow-Holm Bay, Antarctica.

K.Seto and T. Mukuda (Shimane University)

南極海には、ウェッデルアザラシをはじめ5種のアザラシが分布していることが知られている。アザラシの生態については調査研究が行なわれているが、その起源に関する報告はほとんどない。その理由の一つに南極地域では氷河による剝削を絶えず受けることによって地層そのものが残りにくいことが挙げられる。東南極のリュツオ・ホルム湾の露岩域には、3.0~7.7 ka と 33~42 ka を示す海成堆積物が分布している (Igarashi et al., 1995)。第38次南極地域観測隊による海成堆積物の調査中、スカルプスネスの舟底池周辺の海成堆積物中からアザラシの頭蓋や肢などの化石を多数発見した。今回はそれらの産状および層準について報告し、その産出意義について考察する。

スカルプスネスの舟底池は海水の約7倍の塩分を示す塩湖で、その湖水面は海面下23mにある(村山, 1977)。アザラシ化石は、海面下約18mの海成堆積物から発見された。舟底池周辺の海成堆積物は、主としてラミナを伴う暗緑色泥によって構成され、時折、淘汰の良い砂(S1~S5)層を挟む。また、暗緑色泥層の中位層準に厚さ10cm程度のマッシュな砂質泥(SM)層が挟まれる。暗緑色泥の上位には、波状層理を伴う砂泥互層が見られる。この互層は上位方向に砂が卓越する傾向にあり、最上位では化石片を含む礫質砂層になる。これら海成堆積物は、地形的上位方向に粗粒化の傾向が見られる。

今回発見されたアザラシ化石は、頭蓋、環椎、左右の後肢(足根骨などを含む中足骨及び指骨)、脊椎骨、肋骨などである。頭蓋及び環椎は、SM層の上位にあるS4層の直上から産出した。頭蓋は背側面を上に出しているが、これらの骨は頭蓋のみで下顎骨がないことやS4層をへこませていることから、S4層が堆積した後、白骨化した頭蓋が移動してきたと思われる。しかし、頭蓋の保存の良いことや環椎を伴うことからそれほど遠くから移動してきたとは考えにくい。後肢は、頭蓋から約3m離れた場所のS4層の直下から産出した。後肢は中足骨及び指骨がつながっているがそれら以外の骨はあまり見つかっていない。これらのことは左右の後肢の部分が完全に白骨化しばらばらに

なる前に移動してきたと考えられる。肋骨などは、頭蓋から地形的に5m上のSM層から散在的に産出した。それらの化石は摩耗しており保存も悪く、異相的なものと思われる。

これらのアザラシ化石は、形態学的特徴からウェッデルアザラシ(*Leptonychotes weddelli*)と同定される。頭蓋、後肢、および脊椎骨について年齢査定を行うと、頭蓋は、縫合線のほとんどが開いていることから幼獣と見られ、後肢は骨端線が閉鎖していることから成獣と見られる。後肢と共産した脊椎骨は、椎体の骨端が癒合をきたしておらず、遊離した状態にあることから幼獣と見られる。肋骨などはまったく異なる所から散在的に産出したことなどを考慮すると、わずか十数cmの間の層準から5個体以上のアザラシ化石が産出したことになる。ウェッデルアザラシが密集して化石となりえる場所は、海岸付近の陸上か、繁殖地である。化石が産出した時は明らかに海であったことから、堆積当時、舟底池の入口付近がアザラシの繁殖地であり、アザラシが海と行き来できるクラックがあったことが推定される。

アザラシ化石が産出した層準はこれまでの舟底池周辺から産出した貝化石の年代測定データ(Hayashi and Yoshida, 1994; 平川・澤柿, 1998)と層位からおよそ3000年前と考えられる。この年代における集中的な産出は、ウェッデルアザラシの生態と当時の環境に関係あると思われる、当時の環境解析を行うにあたり重要な資料となるだろう。

Uniformly oriented fossil shells of *Laternula elliptica* from the marine sediments on the Lützow-Holm Bay, Antarctica.

K. SETO and K. TAKAYASU (Shimane Univ.)

南極リュツオ・ホルム湾の露岩域には、ナンキョクソトオリガイ (*Laternula elliptica*) などの貝化石を含む海成堆積物が露出していることが知られている。近年、ナンキョクソトオリガイが生没的産状を示すことが報告され、より確実な生息地の情報を示すそれらを用いて年代測定などの再検討が行なわれている (Maemoku *et al.*, 1997)。しかしながら、南極地域において化石の産状を詳細に研究した例はあまりなく、今後の化石を用いた研究の基礎資料として化石の産状を調査・整理する必要がある。第38次南極地域観測隊では、そのような目的に沿って、いくつかの地点で詳細な化石の産状を記載した。その調査によって生没的産状を示すナンキョクソトオリガイの背縁から腹縁に向かう方向（腹縁方向）が一定の方向を示していることが明かとなった。今回は、そのようなナンキョクソトオリガイの産状を記載し、まだ十分に理解されていないナンキョクソトオリガイの生態について検討を行う。

ナンキョクソトオリガイが生没的産状を示す地点は宗谷海岸の露岩域に多数見られるが、詳細に調査した地点はラングホブデの親指池付近と小湊付近である。親指池付近の地表には生没的産状を示すナンキョクソトオリガイの線状に密集した群集が2本見られ、ほぼ平行に伸びている。それらに直交する方向に2mのトレンチを行った。2本の線状の群集は2層準の貝化石層が地表面に露出したものであり、トレンチの下位にはさらに2層準の化石層が見られた。また、化石層の間には散在的にナンキョクソトオリガイの化石が産出する。これらのナンキョクソトオリガイは、腹縁方向がほぼ一定の方向を示していた。同様に小湊付近でも生没的産状を示すナンキョクソトオリガイの線状に密集した群集が見られ、それらも腹縁方向がほぼ一定の方向を示していた。

腹縁方向の計測は、化石層の地表面に40cmの方形区を設置し、方位が分かるように真上から写真撮影し、その写真から行った。親指池周辺では写真撮影後、方形区内のナンキョクソトオリガイをすべて掘りだし、腹縁方向のおおまかな方向を記載している。計測

した結果は、方位が10°間隔のローズダイアグラムにプロットした。

計測の結果、親指池周辺の2層準の腹縁方向はともに東～南東(90～130°)の方向に卓越している。一方、小湊周辺の2層準は北西～北(310～360°)の方向に卓越している。この2地域の腹縁方向は、40～50°のばらつきはあるものの、このような卓越は一定の方向を示していると見てよい。親指池付近(約2ka, Hayashi and Yoshida, 1994)と小湊付近(約40ka, Maemoku *et al.*, 1997)の両地域の結果からナンキョクソトオリガイの腹縁方向が定方位を示す現象は、年代がある程度異なっても認められる。また、同地域では層準が異っても同じ方向を示し、地域によって卓越する方向が異なることが認められた。これらのことは生息域の環境にコントロールされて一定の方向を向くことを示している。

親指池付近の結果では、腹縁方向は走行方向に直交し、傾斜の下る方向を向いている。約2kaの間に地殻変動によって地層が傾斜したとは考えにくいことから地層に見られる傾斜は、堆積当時の地形に関係しているものと思われる。そうであれば、ナンキョクソトオリガイの生息姿勢は、腹縁が地形的傾斜に対して下を向いていることになる。そのような生息戦略を示す理由は、傾斜によってもたらされる水流に規制されていること、あるいは傾斜から生息姿勢を保持するためなどが考えられるが、現世の生態的研究に委ねるしかない。

35 東オングル島及びラングホブデ北部の隆起海浜堆積物に含まれる貝化石のアミノ酸ラセミ化年代

五十嵐厚夫(極地研・学振特別研究員)・三浦英樹(極地研)・Charles Hart(コロラド大学)

Amino-acid racemization dates of fossil molluscs from raised beach deposits on East Ongul Island and the northern part of Langhove, Lützow-Holm Bay region, East Antarctica

Atsuo Igarashi (JSPS Res. Fellow, NIPR), Hideki Miura (NIPR), and Charles Hart (Univ. Colorado)

1. はじめに

南極大陸縁の露岩上に存在する隆起海浜堆積物(Raised beach deposits)の年代論を明確にすることは、現在から過去へ徐々に遡りながら、氷床縁の変動史(いつ、どの程度縮小、また拡大していたか)を明らかにする上で大きな寄与となる。リュツォ・ホルム湾における隆起海浜堆積物の年代決定に関しては、Meguro *et al.* (1964) 以来、堆積物から産する石灰質の化石を用いた放射性炭素年代測定が、これまで数多く行われてきた。近年、加速器質量分析法(AMS法)による測定がいくつか行われ(Hayashi and Yoshida, 1994; Igarashi *et al.*, 1995a, b; 平川, 未公表, 1995; Maemoku *et al.*, 1997), 2-8千年という完新世の年代値が東西オングル島〜スカレンから得られたのに加えて、東西オングル島、ラングホブデ北部から3.2-4.6万年という最終氷期の亜間氷期(Oxygen Isotope stage 3)に含められる年代値が得られた。この3-4万年台の値について、演者らは、測定限界(バックグラウンド年代)が5万年と推定される状況で、3万年台の値が得られたことを根拠に、高い信頼性を持つと考えた。しかし一方では、これら3-4万年台の値は真の値ではなく、実際はそれより古い時代の高海水準期[例えば、最終間氷期の Oxygen Isotope substage 5e (12.2-13万年前)]に相当するのではないかという意見があり、その真偽については完全に決着していない。この問題を解決するための1手段として、放射性炭素年代測定法とは別の年代測定法によるクロスチェックがあげられる。今回演者らは、東オングル島、ラングホブデ北部から採取し、AMS放射性炭素年代測定に適用した堆積物試料と同層準に産する貝化石について、新たにアミノ酸ラセミ化年代測定(Amino-acid racemization dating)を試みた。ここにその結果を報告し、堆積物からの有孔虫化石群集、貝化石種の特徴とも併せながら考察を加えたい。

2. 測定試料と方法

今回測定に用いた貝化石を含む堆積物試料は、以下の計26試料である。

(1) 五十嵐が JARE33で採取した、1) 東オングル島北西部1地点からの1試料(Nu-1: *Adamussium colbecki*), 2) ラングホブデ北部ざくろ池周辺の2地点からの2試料(Ko-14: *Laternula elliptica*; Ko-21: *A. colbecki*), 3) ラングホブデ水くぐり浦の2地点からの12試料(Mk-1~5: *A. colbecki*, *L. elliptica*; Mk-10~16: *L. elliptica*, ?*L. elliptica*, *Hiatella* sp., *Hiatella* ? sp., Gen. et sp. indeterminate)の計15試料。ざくろ池の2試料(Ko-14, 21)の貝化石は、生没のないほぼ原型をとどめた産状であったが、その他は fragmental な産状(一部層準では密集)であった。これら貝化石の14C年代は、Igarashi *et al.* (1995b), 五十嵐(未公表, 1997)に基づき3.3-3.8万年であった。(2) 三浦らが JARE37で採取した、ラングホブデ北部小湊の1地点(Maemoku *et al.*, 1997)のE-trench)からの計11試料。内訳は、Maemoku *et al.* (1997), 三浦ら(未公表, 1997)に基づき、その14C年代が4.3-5.3千年であった7試料(951227-1a~g)と、同じく3.6-4.3千年であった4試料(951227-1i, k, l, m)。貝化石は、全て *L. elliptica* であり、生没的な産状であった。

上記堆積物試料の大部分について、1つの試料から異なる複数の貝殻を選び出し、その各々について測定を行ったので、測定数は延べ76であった。測定方法は、Miller and Brigham-Grette (1989) に従い、High Precision Liquid Chromatography (HPLC) により、D-alloisoleucine/L-isoleucine (以下D/L比)を測定した。実際の測定は、コロラド大学 Center for Geochronological Research において C. Hart が行った。

上記(1)の堆積物試料に関しては、当時の堆積環境を推定するために、それらに含まれる有孔虫化石群集組成も併せて調べた。

3. 結果と考察

3. 1. アミノ酸分析

今回得られたアミノ酸のD/L比は、グループ1: 0.010~0.016, 平均0.012 (測定数25: Nu-1, Ko-14, 951227-1a~g)

グループ2 : 0.024~0.066, 平均0.047 (測定数30:
Ko-21, Mk-1~5, 951227-11, k, l, m)
グループ3 : 0.140~0.368, 平均0.279 (測定数21:
Mk-10~16)
に区分された。

一般に, D/L比によって複数試料間の新旧を比較する場合, まずそれらの試料が堆積物中で同一の温度環境下, 続生作用下に存在していたということが前提になる。今回の測定試料は, 東オングル島, ラングホブデ北部という近接地域から得られた試料であることから, これらが受けていた温度はほぼ同一と推定される。また, 全ての測定試料は, 高レベルのアミノ酸を保持しているので, 埋没後の続成作用(化石化)による影響も受けていない。よって, 上記前提はクリアされる。一方, 同一の埋没環境下にあったとしても, 化石種によってD/L比が異なる場合がある。しかし, 同一堆積物試料から取り出した *A. colbecki* と *L. elliptica* 間, また *L. elliptica* と *Hiatella* sp. 間で, D/L比の大きな違いは認められなかった。これにより, 種の違いによるD/L比への影響も排除される。以上から, これら3グループ間のD/L比の違いは, 貝化石の年代の差を反映していると考えられる。

上記のように, D/L比は時間, 温度, 化石種の関数であり (Miller and Brigham-Grette, 1989), 得られたD/L比を絶対年代へ変換する方程式は1つに限定されない。また, 今回の測定値に適用できる方程式は確立されていない。よって, 今回は相対的なD/L比の違いのみに着目して議論を進める。

まず, グループ1, 2間のD/L比の違いについては, Maemoku *et al.* (1997) の小湊E-trenchにおいて, 不整合面をはさんで層位的にまた14C年代的にも明確に区分される, 新旧2つの地層ユニット間での値の違いに相当することから, グループ1については4.3~5.3千年前を, グループ2については3.5~4.3千年前か, それ以前の年代を示す値であると判断される。

一方, 水くぐり浦の1シーケンス (Mk-10~16: 以下MkシーケンスA) から得られたグループ3のD/L比は, 極めて高い値を示し, グループ1, 2とはかなり隔絶した年代差があることを示唆する。このMkシーケンスAにおける貝化石の産状は fragmental (一部層準では密集) であることから, これら貝化石は, かつての生息位置から移動している(再堆積している)ことは確かである。そして, グループ3内でのD/L比のばらつきは, グループ1, 2内でのそれに比べて大きい。以上は, MkシーケンスAには, 比較的長い年代範囲にわたる貝化石が混在している可能性を示している。しかし, 今回測定されたMkシーケンスAからの貝化石が, 3~4万年より古いものであることは間違いなく, 最終間氷期以前のものである可能性が高い。グループ3

と同様の高いD/L比の値は, Pridz 湾のVestfold Hills から報告されており (Hirvas *et al.*, 1993), これらの値は2~3 Maにあたと解釈されている (Hart, unpublished data)。従って, MkシーケンスAからの貝化石の年代は, 最大に見積ると Pliocene である可能性もある。

しかし, MkシーケンスA (Mk-14) からの貝化石の14C年代は, 約3.7万年を示すことから (Igarashi *et al.*, 1995b), MkシーケンスAにおけるD/L比と14C年代との関係は, Maemoku *et al.* (1997) の小湊E-trenchにおけるこれらの関係と調和しない。このことは, 3~4万年台の14C年代値は全て誤りと考えるよりはむしろ, 3~4万年台の14C年代値を示した化石の中に, 実際はより古い年代のものが存在することを示していると考ええる。

3. 2. 有孔虫化石群集と貝化石種の特徴

MkシーケンスAのMk-14からの有孔虫化石群集は, 水くぐり浦での近接するもう1地点でのシーケンス (Mk-1~5: D/L比はグループ2に含まれる。以下MkシーケンスB) のMk-4からのそれとかなり異なる。産出個体数, 種数共にMk-14の方がかなり多い。そして群集組成は, Mk-4では *Globocassidulina bitora* (Crespin) が優勢であるのに対し, Mk-14では *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg), *Globocassidulina* sp., *Epistominella exigua* (Brady) が卓越するのが特徴である (Igarashi *et al.*, in prep.)。以上の相違は, それぞれの堆積当時の沿岸海洋環境の違いを示唆するものと考えられる。そして, MkシーケンスAとBの地点が近接しているにもかかわらず, このような違いが認められたことは, 両者間のD/L比から推定される堆積物年代の違いを示唆する結果とも思われる。

また, 注目すべき点として, グループ3のD/L比を示した貝化石の中に, *Hiatella* 属という他試料からは産出していない属が認められたことがあげられる。この属の化石は, Amery Oasis (Bardin and Chepalliga, 1989), Vestfold Hills, Larsemann Hills (Hart, unpublished data) の隆起海浜堆積物からも産しており, そのアミノ酸D/L比は, 今回と同様に高い値を示した (Hart, unpublished data)。この属の現生種については, 亜南極海に *Hiatella antarctica* (Philippi), *H. arctica* (Linnaeus), *H. bisulcata* (Smith), *H. subantarctica* (Preston) の4種の分布が知られるものの, このうち, 南極収束線以南に分布する種は, *H. antarctica*, *H. bisulcata* の2種であり, それも South Georgia もしくは Kerguelen Island 周辺海域までに限られる。そして, リュツォ・ホルム湾はもちろん, 南極半島を含む南極大陸沿岸には, これら種の分布は今のところ知られていない (東京家政学院大・沼波氏私信)。以上は,

湾内における *Hiatella* 属の生息当時の沿岸海洋環境が、Holocene, あるいは3-4万年前に比べて、相対的に温暖な環境であったことを示唆するものとして注目に値する。

4. 今後の課題

今回の測定によって、当初の目的であった3-4万年台の14C年代値の真偽を決着させることはできなかった。しかし、3-4万年前よりも古い貝化石が、ラングホブデ北部の隆起海浜堆積物から認められたことは、リュツォ・ホルム湾北域における第四紀の水床変動、沿岸の古環境変動を考える上で重要な意義を持つ。ラングホブデ北部地域には、今回の地点以外にも3-4万年前よりも古い年代の化石ないし海成堆積物が残されている可能性がある。今後は、小湊〜ざくろ池周辺、水くぐり浦沿岸における隆起海浜堆積物の更なる精査〔基盤岩までのトレンチ掘削ないし柱状試料の採取による、年代の異なる3グループ（もしくはそれ以上）の堆積物の存在確認と層位関係、化石群集の把握〕を行う必要がある。そして一方では、リュツォ・ホルム湾からの現生の貝を用いて、当地域で得られたD/L比から絶対年代を算出するのに適当な方程式を確立することが必要であろう。

引用文献

- Bardin, V.I. and Chepaljiga, A.L., 1989, Early glacial deposits fauna on the bank of the Beaver Lake (East Antarctica, Prince Charles Mountains). *Antarctica Commission Reports* #28, p. 35-38.
- Hayashi, M. and Yoshida, Y., 1994, Holocene raised beaches in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica. *Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue*, no. 50, p. 49-84.
- Hirvas, H., Nenonen, K. and Quilty, P., 1993, Till stratigraphy and glacial history of the Vestfold Hills area, East Antarctica. *Quaternary International*, vol. 18, p. 81-95.
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y., Harada, N., Fukuchi, M. and Saito, T., 1995a, Radiocarbon ages of molluscan shell fossils in raised beach deposits along the east coast of Lützow-Holm Bay, Antarctica, determined by Accelerator Mass-Spectrometry. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, no. 8, p. 154-162.
- Igarashi, A., Harada, N. and Moriwaki, K., 1995b, Marine fossils of 30-40ka in raised beach deposits, and late Pleistocene glacial history around Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences*, no. 8, p. 219-229.
- Maemoku, H., Miura, H., Saigusa, S. and Moriwaki, K., 1997, Stratigraphy of the late Quaternary raised beach deposits in the northern part of Langhovde, Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences*, no. 10, p. 178-186.
- Meguro, H., Yoshida, Y., Uchio, T., Kigoshi, K. and Sugawara, K., 1964, Quaternary marine sediments and their geological dates with reference to the geomorphology of Kronprins Olav Kyst. *In: Adie, R. J. (ed.), Antarctic Geology, North-Holland, Amsterdam*, p. 73-80.
- Miller, G.H. and Brigham-Grette, J., 1989, Amino acid geochronology: resolution and precision in carbonate fossils. *Quaternary International*, vol. 1, p. 111-128.

SURFACE EXPOSURE AGES AND EROSION RATES OF BEDROCK FROM SØR RONDANE AND NEAR SYOWA STATION, ANTARCTICA.

Kunihiko Nishiizumi (Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley CA 94270-7450, USA, kuni@ssl.berkeley.edu), Marc W. Caffee, and Robert C. Finkel (Geoscience and Environmental Technology, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, USA.)

Surface exposure ages of Antarctic rocks can contribute a great deal to understanding the dynamics of the Antarctic ice sheet, in particular to determination of past elevation changes of the ice. When bedrock is exposed above the ice, cosmic ray bombardment produces a variety of radio- and stable nuclides. In-situ produced ^{10}Be (half-life = 1.5 My) and ^{26}Al (0.705 My) in terrestrial quartz are especially useful in tracing continental weathering/erosion processes and in determining surface exposure ages [1]. This paper uses in situ produced cosmogenic nuclides to elucidate the exposure history of rocks from near Syowa Station and from the Sør Rondane in Antarctica.

The nuclide concentration in most terrestrial samples is controlled by the exposure time, t (y), and the erosion rate, ϵ (cm/y). For the simple case of a constant erosion rate, the cosmogenic radionuclide concentration, N (atom/g), is given by the following equation.

$$N = \frac{P}{\lambda + \rho\epsilon/\Lambda} [1 - e^{-(\lambda + \rho\epsilon/\Lambda)t}]$$

where P (atom/g) is the cosmogenic nuclide production rate at the surface, λ (1/y) is the decay constant of the nuclide, ρ (g/cm³) is the density of rock, and Λ (g/cm²) is the 1/e attenuation depth for nuclear interaction.

A series of rock samples was collected by JARE 27, 28, 31, 32, and 34 teams for this study. The sampling locations are near Syowa Station and in the Sør Rondane Mountains. Be and Al were separated from

chemically isolated clean quartz (3-40 g) and purified for AMS measurements [2]. ^{10}Be and ^{26}Al were measured at the Lawrence Livermore National Laboratory AMS facility [3]. The exposure ages and erosion rates were calculated based on measured production rates [4] and corrected for elevation [5].

The six samples from near Syowa Station are from well-exposed surface bedrock. The sample locations are along Soya Coast (69°S, 40°E) and elevations range from 40 to 400 m. The ^{10}Be - ^{26}Al surface exposure ages range from 7 ky to 31 ky. Although currently extant glaciers separate the sample locations from each other, the exposure ages increase uniformly with elevation. This simple relation suggests that the ice was thinning at a rate of 13-18 m/ky for last 40 ky or underwent two periods of thinning at 25-31 ky and 7-13 ky ago. Measurement of other samples from near sea level and from 200-300 m elevation will be required to constrain the history.

One sample was collected from the peak of Botnnuten (70.4°S, 38.0°E, 1450 m), about 150 km northeast from the Yamato Mountains. Preliminary results indicate a minimum age of 84±42 ky and show complex exposure, even though the present ice level is about 200 m below the peak. Another sample (Y-60120104) was collected from Taka-iwa rock at the Yamato Mountains (71.75°S, 35.88°E, 2170 m). This sample exhibits glacial polish. The exposure age is 21±2 ky. The sample location is about 15 m above the local blue ice. Al-

though the rock surface was possibly covered by ice for a short period (much shorter than the half-life of ^{26}Al) after the large, polish-producing glacier retreated, the short exposure age is quite interesting, because the terrestrial ages of the majority of Yamato meteorites are also shorter than 100 ky [6]. A more complete understanding of the ice movement and accumulation mechanism of Yamato meteorites will require the measurement of additional surface exposure ages at various locations in the Yamato Mountains.

Based on ^{10}Be and ^{26}Al measurements [7], previous studies have shown that at higher elevations the Sör Rondane Mountains (72°S , $24\text{-}27^{\circ}\text{E}$) were not covered by ice for significant periods of time within the last 3 My. Samples from the crests of the highest ridges on Mefjell Mountain are nearly saturated in ^{10}Be , implying a long exposure age with little erosion rate (<10 cm/My). In this study, we follow up with measurements of additional samples from the Sör Rondane Mountains.

We have measured 32 sample covering elevations from 970 m to 2660 m. The surface exposure ages range from 2 ky to over 5 My. The exposure ages are not simply correlated to the sample elevation but are influenced by the proximity of adjacent ice. All samples collected more than 60 m above the adjacent ice level have more than 500 ky exposure ages. On the other hand, most samples collected closer to the adjacent ice level (<60 m) have less than 200 ky exposure ages or complex exposure histories. This suggests short-term fluctuations in ice levels in the Sör Rondane Mountains. All samples collected from Mefjell Mountain (>400 m above near ice level) and Deromfjellet Mountain (>200 m above near ice level) have >3 My exposure ages or < 6 cm/My erosion rates. These measurements indicate that the surfaces located in this region are among the oldest found on the surface of the Earth. In general, there is a good correlation between

the surface exposure ages and geological observation of glacier tills (Moriwaki, pers. comm.). The surface exposure ages of bedrock will constrain the past changes of Antarctic ice sheet thickness for last several My.

Since exposure ages were calculated under the assumption of zero erosion, the ages are minimum ages. In general, short exposure ages are close to the true age because erosion is not a significant effect over short time periods. However, long exposure ages are underestimates due to the undersaturation resulting from erosion. The calculated minimum exposure ages of samples which were exposed at high elevation of Sör Rondane are longer than the half-lives of ^{10}Be and ^{26}Al and are especially affected. For these samples, measurements of cosmogenic stable nuclides are required to obtain true ages. The measurement of *in-situ* produced ^{21}Ne in aliquots of quartz samples is in progress at LLNL.

Acknowledgments: We wish to thank NIPR JARE teams for providing well-documented samples. This work was partially supported by NASA grant NAG5-4992, NSF grant OPP-9316272, DOE grant DE-FG03-96ER14676, and under the auspices of the DOE by LLNL under contract W-7405-ENG-48.

References:

- [1] Nishiizumi K. *et al.* (1993) *Earth Surface Processes and Landforms* 18, 407-425.
- [2] Kohl C.P. and Nishiizumi K. (1992) *Geochim. Cosmochim. Acta* 56, 3583-3587.
- [3] Davis J.C. *et al.* (1990) *Nucl. Inst. Meth. B52*, 269-272.
- [4] Nishiizumi K. *et al.* (1989) *J. Geophys. Res.* 94, 17907-17915.
- [5] Lal D. (1991) *Earth Planet. Sci. Lett.* 104, 421-439.
- [6] Nishiizumi K. *et al.* (1989) *Earth Planet. Sci. Lett.* 93, 299-313.
- [7] Nishiizumi K. *et al.* (1991) *Earth Planet. Sci. Lett.* 104, 440-454.

37 南極リュツォ・ホルム湾, スカーレン地域に見られる 海成堆積物と氷床拡大の証拠

瀬戸浩二 (島根大・地球資源環境)

Evidence of ice sheet expanding and Holocene marine sediments on the Skallen, Lützow-Holm Bay, Antarctica.

K.Seto (Geosci., Shimane Univ.)

第四紀では氷床の拡大と衰退が繰り返し行なわれていることはよく知られている。しかしながら、それらは海洋底の堆積物に記録された酸素同位体比の変化などの間接的な証拠や北半球の氷成堆積物による証拠がほとんどで、極域におけるそのような証拠は皆無に等しい。その理由として極域にはそれを記録する場がほとんどなく、氷床が拡大するときにそれまでの記録のほとんどを削剥してしまうからである。東南極のリュツォ・ホルム湾の露岩地域には、3~8kaを示す完新世の海成堆積層と33~42kaを示すより古い海成堆積層が知られている (Igarashi *et al.*, 1995a)。前者の海成堆積層は少なくともルンドボークスヘッタまで分布し (平川・澤柿, 1998)、後者はラングホプデ北部を南限としている。これまでの海成堆積層の主な研究はスカルプスネスまでに限られており、スカーレン以南では概略的にしか行なわれていない。第38次南極地域観測隊では、スカーレン以南の海成堆積物も精力的に調査を行った。その結果、いくつかの氷床の拡大・衰退の直接的あるいは間接的な証拠が得られたので報告する。

スカーレンは、リュツォ・ホルム湾の宗谷海岸に半島状に突き出した露岩地域で、南側は氷床、西側は狭い海域をへてスカーレン氷河に接している。今回調査を行ったのは、スカーレン北西側のおしあげ浜付近と南西側のもごけ岬付近である。おしあげ浜に見られる海成堆積層は層厚およそ4mで、片麻岩の基盤と不整合で接する。岩相は主にドロップストーンと思われる円礫を含む砂泥で貝殻片もしばしば見られる。また、円礫には固着性の生物が付着したものも見られた。岩相は礫を除くと上方細粒化-粗粒化のサイクルが2回認められる。最上位付近には波浪の影響によって形成されたと思われる礫のコンデンス層が見られた。まごけ岬に見られる海成堆積層は、層厚が少なくとも4mあり、氷河擦痕の見られる片麻岩の基盤と不整合で接する。岩相は主として貝殻片 (*Laternula elliptica*) を含むマッシュな泥で、時折亜円~亜角の中礫を含む。泥は他地域の泥と比較して硬質で圧密を受けている

と思われる痕跡も認められた。また、さらに南側の氷床縁の水崖下部には、貝化石を含む泥質の海成堆積層が見られた。

スカーレンの海成堆積物は、貝殻片を用いた AMS 年代測定法によって3~8kaの年代値が得られている (Igarashi *et al.*, 1995b)。今回調査を行ったまごけ岬付近では、3~4kaの年代値が得られているが、おしあげ浜付近では年代測定は行われていない。今後年代測定を行う必要はあるが、今回は8ka以降の堆積物として議論を行う。

おしあげ浜の海成堆積層には、上方細粒化-粗粒化のサイクルが見られ、細粒化は相対的海水準の上昇、粗粒化は低下を示唆するものと思われる。上方細粒化-粗粒化のサイクルはそれが堆積する間に少なくとも2回見られ、相対的海水準の上昇-低下が2回起こったことを示す。最初の相対的海水準の上昇は、氷期から間氷期に見られる氷床後退によるユースタティックな海水準の上昇と考えられる。また、海水準の低下は、これまでの研究で知られているような氷床の後退による地殻の隆起に起因するものと思われる。2回目の相対的海水準上昇は、氷床の後退に伴うユースタティックな海水準上昇、あるいは氷床拡大に起因する地殻の沈降が考えられる。その相対的海水準上昇がどの程度のものかを具体的には示せないが、岩相が砂質堆積物から泥質堆積物に変化していることを考慮すると、数mオーダーの変動とは考えにくい。完新世のユースタティックな海水準変動曲線によると数mオーダーを越える変動は見られない。一方、後者の場合、氷床拡大と地殻の沈降の反応の程度が明らかにされていない点に問題がある。

まごけ岬の海成堆積物上に氷床がのることは、少なくとも3ka以降に氷床が拡大し、さらにその後後退したことを示している。一般に氷床が拡大した後の堆積物は残りにくい。氷床が拡大した後の堆積物が残っているということは、氷床の拡大の規模が小さかったことを示している。

38 リュツォホルム湾沿岸地域における最終氷期の南極氷床の融解

平川 一臣 (北大・地球環境)

澤柿 教伸 (北大・低温研)

Melting of Antarctic Ice Sheet during the Last Glacial Period

- Terrestrial evidence from the Lützow-Holm Bay-

Takanobu SAWAGAKI (Hokkaido Univ.)

Kazuomi HIRAKAWA (Hokkaido Univ.)

1. はじめに

南極氷床が過去に広範にわたって急激に融解したことがあるか否かに関して、注目すべき研究が1986年に発表された。Labeyrie et al.(1986)である。この研究は、南大洋（インド洋セクター）の新海底堆積物の酸素同位体比に基づいている。それによれば、35-17kaにかけて膨大な量の融氷水が南極前線付近まで南大洋を広く覆ったこと、そしてそれは南極氷床の急激な融解、サージの発生によるだろうことが指摘された。南極氷床の急激な融解やサージは、そのイベント自体の重要性にとどまらず、ハインリッヒ・イベントやダンスガード・オシュガー・イベントにかかわる北半球の氷床崩壊モデルや第四紀環境変動に関連して、南半球の変動を明らかにする上でも無視できない指摘である。しかし現在のところ、南極大陸の陸域において、Labeyrieたちが指摘した南極氷床の急激な融解に関わる直接的な証拠は見つかっていない。一方、Sawagaki & Hirakawa (1997a)は東南極宗谷海岸沿岸露岩域において、氷底水流によって形成されたと解釈できる様々な規模、種類の基盤岩侵食地形を記載した。さらに、モデルによって、氷底水流の妥当性を検討した (Sawagaki & Hirakawa, 1997b)。このような地形、堆積物の発達は、最終氷期の35kaからLGMにかけて生じたインド洋への大量の融氷水の供給と関連している可能性がある。

2. 東南極宗谷海岸沿岸露岩域の地形の解釈

南極氷床縁における急激かつ広範な融解を想定することによって、たとえば次のような地形の説明あるいは解釈が可能である。

Langhovdeの雪鳥沢、やつで沢、四つ池谷の地形と堆積物

やつで沢の横断形は、U字谷底がさらに峡谷～函谷状にほりこまれたことを示す。函谷 谷底には、網状流跡など河床の微地形が認められ、巨大な円礫から成ることから顕著な流水の作用によることは明らかである。四つ池谷の一連の凹地とそれらをつなぐ谷は深さ80mに達する著しい峡谷をなす。このような線状の侵食地形は、流水による下刻作用によると考えられる。

Skalen, Skalevikhalsen, および Rundvågshetta の Glacial bed form.

氷底水流によって形成されたと解釈できる基盤岩侵食地形は、露岩域に面的に分布しており、規模や伸長方向が異なる形態が認められる。これらのことから判断して、このような地形は、規模の異なる複数回の広範囲な氷底水流によって形成されたものと考えられる。

3. 時代論

最初に指摘したように、宗谷海岸沿岸露岩域の地形、堆積物の発達は、35kaからLGMにかけて生じた大量の融氷水の供給と関連している可能性がある。この推定は、やつで沢河口部の隆起礫質三角州によって可能である。すなわち、やつで沢河口の海拔高度18m付近に発達する隆起デルタは、三浦ほか(1997)によれば、完新世の海成堆積物に不整合に覆われており、完新世の発達ではありえないらしい。この礫質デルタの上流に続くと思われる函谷谷底部の河床微地形や円礫に風化の程度から、これらの地形と堆積物が極端に古い時代に形成されたとは考え難い。また、Skalen以南の氷底水流侵食地形は、比較的保存状態が良好であり、ローカルなアイスストリーム底などで想定されるぬれ底氷河底での氷の直接的侵食による修飾は少なく、ある程度の氷厚を持った氷床が現在の海岸付近にまで前進していた時期の氷床底地形を残しているものと考えられる。したがって、これらの地形や堆積物の形成時期として、最終氷期の35kaからLGMにいたる時期を作業仮説としておきたい。もちろん、宗谷海岸沿岸露岩域の上記のような流水地形は、このような広範な融解が繰り返し起こったことによって発達してきたと考えられる。

さらに、この現象には、LGMに先立つ時期における最終氷期の相対的海水準の問題も関わることを指摘しておきたい。すなわち、やつで沢河口の礫質デルタは当時の相対的海水準高度をほぼ示すと考えてよい。その高度は、完新世の最高海水準とほとんど同じである。その前後ならびに完新世におけるアイソスタティックな沈降-隆起過程が不明であるため、定量的な議論は困難であるが、LGMに先立って、相当の高海水準の時期があったと考えられるのではなからうか。

4. 今後の課題

つい最近、南北半球の氷床コアの記録を対応させて、終氷期のD-O EVENTS (Greenland)のような急激な温暖化は南極で先行し、北半球では平均1ka-2.5ka遅れて発現する旨の結果が発表された(Blunier et al., 1998; White and Steig., 1998)。もし、急激な温暖化が南極で先行していたことが本当であれば、南極氷床こそが地球の環境変動を支配していることになる。その意味でも、北半球でなされているような「氷床コア-海底コア-更新世大陸氷床」の三すくみの議論を南極に関しても活発にしていかなければならない。そのためには、今回指摘したような陸上や海底からの情報を蓄積していくことが重要である。

文献

- Blunier, T. ほか(1998): Asynchrony of Antarctic and Greenland climate change during the last glacial period. *Nature*, 394, 739-743.
- White & Steig (1998): Timing is everything in a game of two hemispheres. *Nature*, 394, 717-718.
- Labeyrie, D. L. ほか(1986): Melting history of Antarctica during the past 60,000 years. *Nature*, 322, 701-706
- Sawagaki & Hirakawa (1997a): Erosion of bedrock by subglacial meltwater, Soya Coast, East Antarctica. *Geografiska Annaler*, 79A, 223-238.
- Sawagaki & Hirakawa (1997b): Streamlined glacial erosional bedforms along the Soya Coast, East Antarctica. Abstracts, Frouth International Conference on Geomorphology, Bologna, p342.

39 南極周辺域の海面変動から推定される過去2万年間の南極氷床の融解歴史

木村隆介, 中田正夫, 奥野淳一 (九州大, 理), 三浦英樹, 森脇喜一 (国立極地研), 前杵英明 (山口大)

The melting history of the late Pleistocene Antarctic ice sheet derived from sea-level changes

R.Kimura, M.Nakada, J.Okuno(Kyushu Univ.), H.Miura, K.Moriwaki(NIPR), H.Maemoku (Yamaguchi Univ.)

南極大陸海岸のいくつかの地点において、約1万年前から5千年前の間の高海面期が報告されている (例えば Hayashi and Yoshida, 1994)。その主な原因は、氷床の融解による海面上昇とそれに関係した固体地球の変形に伴うジオイド (海面高) の変化 (glacial-hydro isostasy) と考えられる。

北半球の氷床の過去2万年間の融解歴史は、かなりわかってきている。しかし南極大陸氷床の過去の融解歴史はデータが乏しく、ほとんどわかっていない。本研究では、現在までに報告された南極周辺の海面変動の観測値をもとに、glacio-hydro isostasy のモデリングを行い南極氷床の融解モデルを作成した。

現在までに公表されている最終氷期極相期 (LGM) 以後の南極氷床モデルは、ICE3G (Tushingham and Peltier, 1991), ANT-model (Nakada and Lambeck, 1988, 1989), Huybrecht-model (Huybrechts, 1990) などがある。ICE3G, ANT モデルは、LGM の気候を復元した CLIMAP (1976) をもとに作成されたモデルである。ICE3G は南極氷床を約9千年前から融解させ、南極周辺の氷床荷重を4点の海面変動の観測データより作成したモデルである。ANT3, ANT4 は、それぞれ1万8千年前、1万2千年前から氷床融解が始まるモデルである。Huybrechts-model

は、氷床学をもとに理論的に求められたモデルである。ICE3G の南極氷床部分, ANT4, Huybrechts-model (以降 HB) それぞれの過去2万年間のユースタティック海面上昇 (ESL) は、それぞれ27.5m, 23m, 11m である。我々の解析によると、これらの南極氷床モデルに対する相対海面変動 (RSL) の計算値は、地球の粘性モデルにかかわらず観測データを統一的に説明できない。Fig. 1 に、McMurdo におけるこれらのモデルの計算値と観測値を示す。本研究では、氷床モデル ANT4 を改良し、観測された海面変動を説明するモデルを作成する。

Fig. 2 に、南極周辺での海面変化の観測地点を示す。これらのほとんどの観測地点において、1万年前から6千年前の間で高海面期 (9~30m) が存在する。また、2万年前から1万年前の間に高海面を示す証拠はなく、現在よりも海面が高くなったのは1万年前以降と考えられる。しかし、観測データには年代的な問題がある。つまり、古い炭酸ガスを含む北大西洋深層水 (NADW) が、南極周辺では周南極深層水となり湧昇し、南極周辺の海棲生物はそれを取り込むため、 ^{14}C 年代は実際よりも古くなり、完新世のもので1000年から1500年の貯留効果補正 (reservoir correction) が必要とされている。本研究において、観測値は文献中の

^{14}C 年代をそのまま用いた。

我々は、北半球の氷床モデルはARC3(Nakada and Lanbeck,1988,1989)を用い、南極氷床の初期モデルとしてANT4を用いた。地球の粘性モデルは、オーストラリアの海面変動から推定されたモデル(リソスフェアの厚さ 100km, 上部マントルの粘性率 5×10^{20} Pa s, 下部マントルの粘性率 10^{22} Pa s) (Nakada and Lambeck,1989)を用いた。Tushingham and Peltier(1991)が主張している地球の粘弾性モデル(下部マントルの粘性率 2×10^{21} Pa s)を用いても、ほぼ同じ結果がえられ、以下の結果は粘弾性モデルにあまり依存しない。

観測データを説明するモデルANT4(1)のESL曲線を Fig.3, ARC3+ANT4(1)による海面変動の計算値を Fig.4 に示す。ANT4(1)に伴うESLは、約18mである(ただし、本講演の際に述べるが、ESLを最低8mまで小さくしても観測データは説明できる)。ANT4(1)モデルのLGM以降の氷床の厚さの減少は、昭和基地周辺で250m(ICE3G:200m,ANT4: 200m,HB: -250m),

ロス海では100~200m(ICE3G: 2000~3000m, ANT4:1200m, HB:1400~1600 m), ウェッデル海では、800~1200m(ICE3G:2000m, ANT4: 1200m, HB:2000m)である。つまり、ウェッデル氷床の方がロス氷床より有意に融解していることが示唆される。ウェッデル氷床の融解は、南極半島突端の島(King George)の観測データに強く依存する。本研究で推定された南極氷床の融解に占めるウェッデル氷床の割合は大きく(ESL: 6.5~8m), この地域のより多くの観測データの収集が不可欠である。

ARC3+ANT4(1)の計算値と観測値を比較すると、最も高い海水準に達している時代は、計算値の方が観測値よりも古い。すなわち、計算されたRSLは、1万年以前にすでに現海面に達している(Fig.4)。この点は、南極氷床の急激な融解(パルスメルティング)(Fig.3のANT4(2))を考えると改善される。このパルスメルティングは、バルバドスで観測されている1万4千年前から1万3千年前の間の急激な海面上昇を説明できる可能性がある。

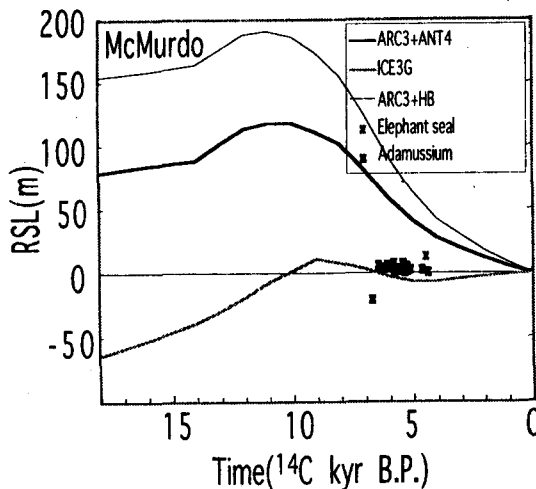


Fig.1 公表されている南極氷床モデルによるMcMurdoのRSL(m)

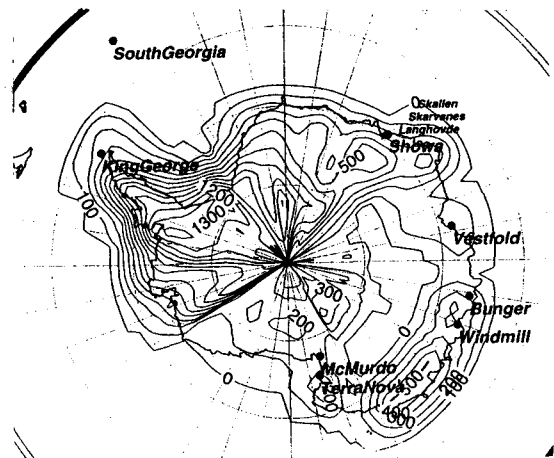


Fig2. ANT4(1),ANT4(2)におけるLGMから現在までの間に融けた氷床の厚さ(単位:m)と、本研究で用いた海面変動の観測値が得られている地点

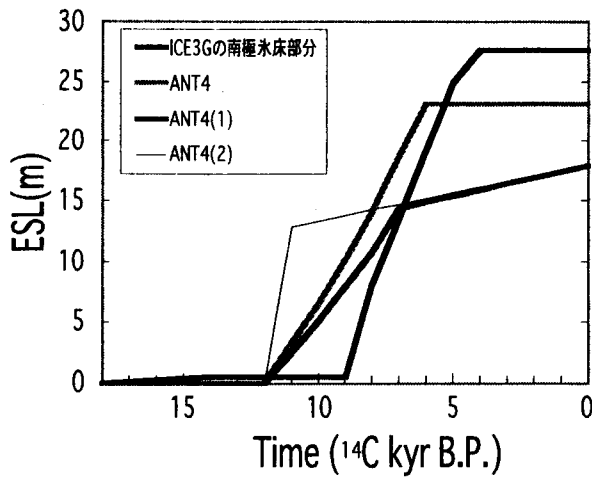


Fig.3. ICE3G の南極氷床部分, ANT4,ANT4(1),ANT4(2)の ESL(m)。

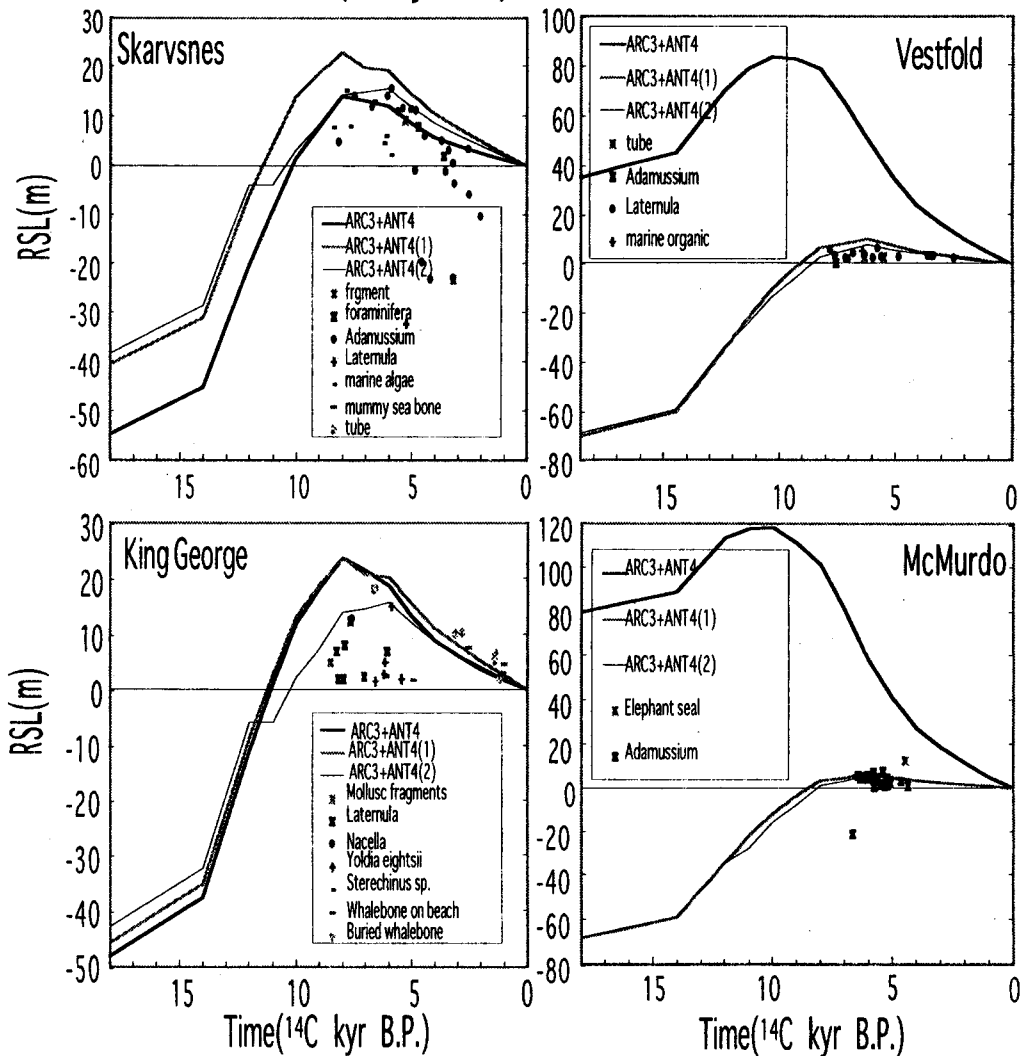


Fig.4: 南極周辺の観測データと、本研究で求められた氷床モデルによるRSL。

40 南極の内陸の池・湖に生育する藻類の¹⁴C年代測定に関する研究

高橋 浩 (名大院理), 和田秀樹 (静大理),
中村俊夫 (名大年代測定センター), 三浦英樹 (極地研)

¹⁴C anomaly of algae in inland pond and lakes, Antarctica.

Hiroshi A. Takahashi (Graduate School of Sci., Nagoya Univ.), Hideki Wada (Faculty of Sci., Shizuoka Uni.), Toshio Nakamura (DMRC, Nagoya Univ.) and Hideki Miura (NIPR)

In order to clarify the possibility of ¹⁴C dating using Antarctic samples, ¹⁴C activities of fresh water algae collected from some coastal lakes in Antarctica are analyzed by Tandemron Accelerator Mass Spectrometry. Samples used were collected from Lake Richadson, Riiser-Larsen near the Napir Peninsula in Enderby Land, the First Crater, McMurdo Station in Ross Island, and Lake Canopus at Wright Valley in Victoria Land, Antarctica. The glacier was not lied near the L. Canopus in the Dry Valley and the McMurdo pond in the Ross Island.

The modern algae of the Dry Valley area and McMurdo station represent similar ¹⁴C activities to the modern level. On the other hand, the result of modern algae from the L. Richardson which is inflowed by the terminal Glacier, shows less activity rather than the modern one. The carbon in algae from the L. Richardson was used old carbon derived from the melt water of the Glacier.

【はじめに】 地球の変動を過去にさかのぼって知るために年代測定が必要となるが、最終氷期以降の年代を知る方法として、放射性炭素法が最も適している。¹⁴C年代測定には以下の仮定が成り立つ必要がある。①大気中の二酸化炭素の¹⁴C濃度が過去も現在も一定であったこと。②試料の閉鎖系が成立したとき、試料を構成している炭素の¹⁴C濃度が、当時の大気中の二酸化炭素の¹⁴C濃度と等しいこと。③試料の閉鎖系の成立後に、外部から炭素の付加がないことである。①については、近年、樹木年輪のような年代既知の試料や他の放射性核種を

利用して、¹⁴C年代と暦年代の補正ができるようになった (e.g. Stuiver and Pearson, 1993; Bard *et al.*, 1990)。②と③の仮定を厳密に満たさない試料は多く存在し、その場合の効果は、年代にどの程度影響するのかを見積もることが重要である。

南極海の海水は、現代大気と同じ濃度の¹⁴Cを含む炭素と、海洋大循環により大洋の低層を流れてきて南極周辺で湧昇流として表層海水面にもたらされる古い炭素が混合するところである。さらに、南極大陸の周辺海域では、大陸から押し出される氷河の融水に含まれる古い炭素が加わる。そのため、南極海周辺の海生生物やその殻は現代炭素より¹⁴C濃度が低い。

南極Victoria LandにあるDry Valley地域は、約4,000 km²という南極最大の広さをもつオアシスで、百万年以上前から氷河に被われない乾燥地として特異な気候変化の起きたところと考えられている。この地域は現在でも、山岳氷河が一部発達しているが、谷には氷河は全くなく大陸氷河も谷の入口で消えている。この地域のVanda湖の湖岸には、旧汀線と考えられる湖面に平行な線が湖面から50メートルほどの高さで数多く存在し、湖の大きさがかなり大きく変化したことを示している。この汀線は近づくと礫が湖岸に平行に並んでおり、対岸で見るほどにはっきりとはしていないが、礫の表面に蒸発して付着した塩類が白っぽく見える。これらは年代測定のための試料として重要であるが、このような湖や池の多くは、大気と平衡の炭酸ガスのほか、周囲の大陸氷河に由来する炭素の混入も考えられ、それらによる¹⁴C異常を考慮しなければならない。

本研究では、南極地域で成長している藻類が、大気中の二酸化炭素の ^{14}C 濃度と同じ濃度であるかを明らかにし、これらの藻類が ^{14}C 年代測定の試料として適当であるかを検討する。

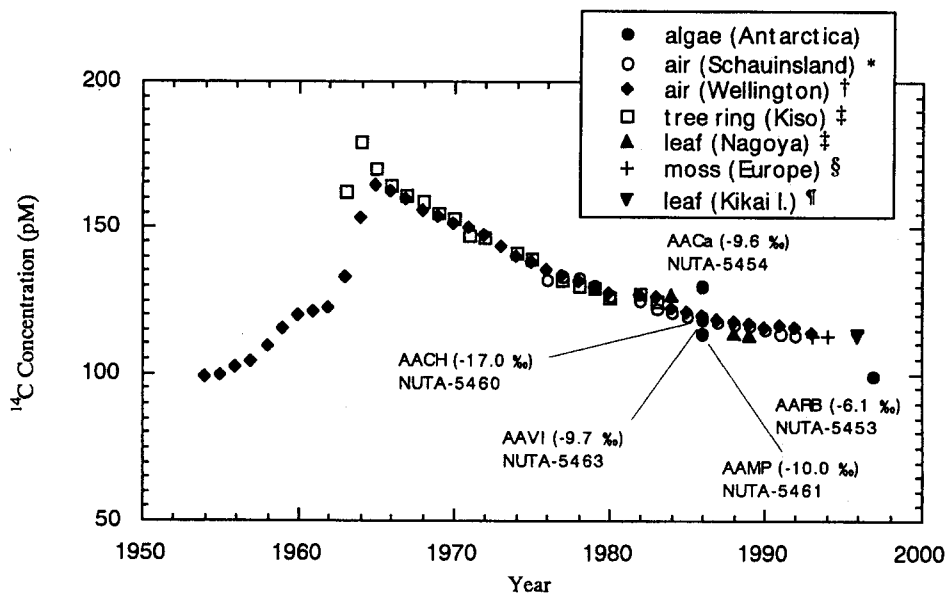
【試料・実験方法】 試料の採集に関する情報を以下に示す(下表参照)。それぞれの試料は、1997年にRiiser-Larsen山地域にあるRichardson湖(AARB)と、1986年から87年にかけて南極Victoria LandのDry Valley地域(AACa)と、Ross島のMcMurdo基地周辺(AAVI, AACH, AAMP)において採られた5個体の藻類である。

試料は、超音波洗浄器で攪拌した後、酸-アルカリ-酸による洗浄処理を行った。

Sample	Sampling Point	Sampling date
AARG	66°42' S 50°40' E	1997/01/01
AACa	77°34' S 166°00' E	1987/01/07
AAVI	77°50' S 166°39' E	1986/12/12
AACH	77°50' S 166°43' E	1986/12/19
AAMP	77°50' S 166°39' E	1986/12/12

乾燥後、バイコール管に助燃剤(酸化銅)とともに真空封入した。これを850°Cで2時間加熱してガス化した後、真空ラインに導入し、冷媒を用いて CO_2 に精製した。精製した CO_2 の1部を $\delta^{13}\text{C}$ 測定用に分取し、残りを水素還元法により、グラファイトターゲットに調製した(Kitagawa *et al.*, 1993)。 ^{14}C 濃度は、名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデム加速器質量分析計にて測定した(Nakamura *et al.*, 1985; 中村・中井, 1988)。 ^{14}C 濃度の標準体にはNBSシュウ酸を用いた。トリプルコレクター式気体用質量分析計(MAT-252)により、分取した試料ガスの $\delta^{13}\text{C}$ の測定を行い、同位体分別効果の補正を行った。

【結果】 測定した藻類の ^{14}C 濃度を南極以外の地域の大气中の二酸化炭素、樹木年輪、葉、コケと比較した図を下に示す。図中の括弧内は試料の $\delta^{13}\text{C}$ である。 ^{14}C 濃度の表記法として、pM(percent Modern)を用いている。pMは、試料の ^{14}C 濃度を、1950年の大气中の二酸化炭素の ^{14}C 濃度を100としたときの百分率で表したものである。



南極の藻類と他の地域の大气中の二酸化炭素、樹木年輪、葉、コケの ^{14}C 濃度の比較

(*: Levin *et al.*, 1993 †: Manning *et al.*, 1994 ‡: Nakamura, 1990 §: Shore & Cook, 1995 ¶: 高橋他 1998)

AARBとその他の試料との間に ^{14}C 濃度に差が見られる。今回測定した試料の採集地点のなかで、Richardson湖では湖岸のすぐ近くまで氷河が迫ってきているのに対して、他の地点では近傍に氷河が存在しない。つまり、Dry ValleyやRoss島の湖水は氷河から溶け出た後に、大気との炭酸ガスの交換を行うだけの時間を与えられていたため、氷河からの古い炭素の寄与の割合が低下し、この様な ^{14}C 濃度の違いが生じたのだと考えられる。

1971~76年、日本・ニュージーランド・アメリカの3国によるDry Valley掘削計画が行われたおり、名古屋大学の中井信之名誉教授によって、旧汀線の礫に付着していた藻類を試料として ^{14}C 測定が行われ（合計12試料）、Torii (1994) 収録の地球化学データ集に紹介されている。それによると、当時の水面から41メートルの地点まで1280 yr BPから2920 yr BPまでの様々な年代が求められている。この測定結果からは、Vanda湖の水位の変化とその年代を特定し、氷期以後の湖の変化を知ることはできないとされた。しかし、当時の測定には多量の試料が必要であり、測定された値は多くの層を平均した値を示していると考えられる。その点、加速器質量分析法では、微量試料の測定が可能である。よって、Vanda湖岸の旧汀線を利用した湖水面変動復元の可能性の再評価が必要である。

【引用文献】

- Bard, E., Hamelin, B., Fairbanks, R. G., & Zindler, A. (1990) *Nature*, **345**, 405-410.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- Levin, I., Kromer, B., Schoch, H., Munnich, M., Berdau, D., Vogel, J. & Munnish, K. (1993) In Boden, T. A. *et al.* (eds.) *Trends '93*, Oak Ridge, pp.203-222.
- Manning, M. R. & Melhuish, W. H. (1994) In Boden, T. A. *et al.* (eds.) *Trends '93*, Oak Ridge, pp.193-202.
- 中村俊夫・中井信之 (1988) 地質学論集, **29**, 83-106.
- Nakamura, T., Nakai, N. & Furukawa, M. (1990) 2nd international symposium on advanced nuclear energy research, 596-601.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. & Yoshioka, S. (1985) *Jpn. J. Appl. Phys.*, **24**, 1716-1723.
- Shore, J. S. & Cook, G. T. (1995) *Radiocarbon*, **37**, 596-601.
- Stuiver, M. & Pearson, W. (1993) *Radiocarbon*, **35**, 1-23.
- 高橋秀一・和田秀樹・青木 浩・中村俊夫 (1998) 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **9**, 201-211.
- Torii, T. *ed.* (1994) JARE data reports. National Institute of Polar Research.

Characteristics on the glacial and fluvio-glacial deposits in the Mt.
Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica.

Masashi TAKADA (Nara Women's Univ.)・Hideki MIURA (NIPR)・

D. Zwartz (Universiteit Utrecht)

1. はじめに 東南極リーセルラルセン山地域は、東南極エンダービーランドのアムンゼン湾沿岸に位置し、付近では最大規模の露岩域を現出させている。この地域では以前から、厚い氷河堆積物 (Yoshida and Moriwaki, 1983) や氷河堆積物に挟まれる湖成とみられた堆積物 (Richardson clay; Hayashi, 1990) の存在が報告されており、このような堆積物の堆積年代や堆積環境を明らかにすることは、当該地域の氷床変動史の解明のみならず、南極氷床全体の変動史を考える上で、貴重な情報を提供してくれるものと期待されている。今回われわれは、リーセルラルセン山地域において、氷床の拡大・縮小に対応して堆積したとみられるこのような各種堆積物の性状について、いくつかの観点から検討を加えたので紹介したい。

2. モレーン表面礫の粒径分布と円磨度 リーセルラルセン地域に分布する様々なモレーン表面礫の粒径分析と円磨度の測定を8地点で行った (WT 1～8の各地点)。粒径の計測は、10×10 mの方形枠内において、最大礫から100番目までの礫の長・中・短径を計測した。

表面礫の粒径分布は多くの地点で類似した傾向を示すが、現存する小規模な山岳氷河の末端に形成されているターミナルモレーンの表面礫だけが、相対的に、突出して大きな礫から構成されているのがわかる (Fig. 1)。WT 7地点の表面礫については、円磨度も悪く、他地点のそれと比べ、角礫の比率が極めて高くなっている。

このような違いは、モレーンを構成する礫の供給源からの距離に応じた、運搬過程の違いを反映したものと考えられる。とくにWT 7とWT 6のように近接した位置にありながら、その粒径分布や円磨度に大きな違いが認められるのは、WT 6のモレーンが、単なる小規模な山岳氷河によって

形成されたというより、稜線を乗越した氷床によって形成されたことに由来する可能性がある。

3. ティルの堆積構造、放射性物質含有量 従来からこの地域で Tula Till と呼ばれてきた厚い氷河堆積物中には、細粒物質に富み、不連続なラミナの見られる部分がある。そのような層準では時としてウラン含有量に富むカルサイト結晶が認められる (Takada et al., 1998)。また、TLD法による γ 線の現場測定も、他のモレーン構成層などと比べて著しく高い値を示した。これらは、氷河底付近における水の関与を示唆しているものと思われる。発表では、細粒物質の粒度組成などとともに、これらの点についてもその概略を紹介したい。

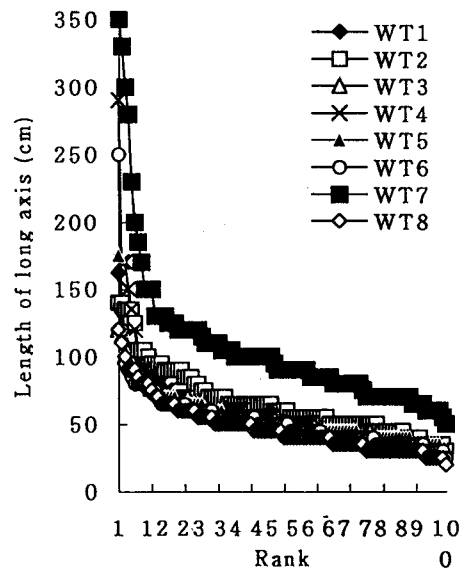


Fig.1 Grain size distribution of various deposits in Mt. Riiser-Larsen area

曾根敏雄 (北海道大学低温科学研究所) ・ホルヘ ステレリン (アルゼンチン南極研究所) ・中村俊夫 (名古屋大学年代測定センター)

Coastal Landforms in the east of Lachman Crag, James Ross Island, the Antarctic Peninsula
Toshio Sone (Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University) ・ Jorge A. Strelin (Instituto Antártico Argentino) ・ Toshio Nakamura (Dating and Materials Research Center, Nagoya University)

I はじめに

James Ross 島は、南米の方向に向かって伸びる南極半島の東側、南緯 64 度に位置する。演者ら (曾根とステレリン) は 1992 年からアルゼンチン南極観測調査隊に参加し、永久凍土や周氷河地形を中心に調査を行ってきた。今回は、Lachman Crag の東方の海岸付近の地形を中心に紹介する。

II Lachman 海岸の海成段丘

Lachman Crag の東側地域の海岸には、高位、中位、低位の大きく 3 つの海成段丘が分布する。高位の面は、標高 21~16m に分布する。背後の崖からの周氷河性堆積物の影響を受けており明瞭ではないが、地表の海浜礫の存在から確認される。中位の面は標高 14~7m に分布し、比較的連続性が良く、面の保存状態も良い。低位の面は、5m、2m、1m に分布する。Lachman 岩石氷河から流れる川の河口部では、砂州、砂嘴が形成されている。

中位段丘の比高 10m の露頭は、地表から層厚 4m の砂礫層と 6m+ の砂層から構成され、この砂層 (3.5m) から、貝化石 (*Laternula elliptica*) が得られた。この ^{14}C 年代値は、名古屋大学年代測定資料研究センターで、 $5800 \pm 60\text{yB.P.}$ (NUTA-3908) と測定された。また現生の貝の ^{14}C 年代値は、

$850 \pm 50\text{yB.P.}$ (NUTA-3924) と得られた。したがって本研究地域では、中位面は約 5000yB.P. 以降に形成されたと考えられる。

III 考察

James Ross 島の周辺海、湾は氷期には氷河で覆われていたと考えられている (Ingolfsson ほか, 1992)。本研究地域の約 15km 東の The Naze では、解氷は 7400yB.P. 前に始まり、15-20m の海成段丘の形成は 6400yB.P. 頃とされている (Hjort ほか, 1997)。約 7km 北西の Brandy 湾では、氷河の再前進期が約 4700yB.P. 頃にあり、この頃の海水準は 16m と推定されている (Hjort ほか, 1997)。また約 5km 南の St. Marta 岬では、6m 以下の低位面、10-15m の中位面、19-35m の高位面があり、低位面、中位面を構成する海成堆積物の年代は約 3000yB.P.、25000yB.P. と推定されている (福田ほか, 1992)。

本研究地域の中位面の形成年代は、Brandy 湾の海成面の形成年代にほぼ同じである。また本研究地域でもローカルな氷河の前進があり、Brandy 湾で得られた結果から考えると Brandy 湾での氷河前進期と同時代と考えても良いだろう。St. Marta 岬の中位面の年代は、再検討する必要がある。

43 北部南極半島周辺海域の表層堆積物の特徴 - 岩相と年代

西村 昭 (地質調査所海洋地質部) ・ 棚橋 学 (地質調査所資源エネルギー地質部) ・ 仲宗根 徹 ・ 久保尚大 (川崎地質(株)) ・ 村上文敏 (石油公団石油開発技術センター)

Lithologic characteristics of the marine sediment core sequences around the northern Antarctic Peninsula ; Akira NISHIMURA, Manabu TANAHASHI (Geological Survey of Japan), Toru NAKASONE, Takahiro KUBO (Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd.), and Fumitoshi MURAKAMI (Japan National Oil Corporation)

南極半島北部周辺海域において石油公団TH96およびTH97調査航海が実施された。大口径重力式柱状採泥器 (コアバレル長5.4 m) により採取された表層堆積物の予察的解析結果について報告する。

アンバース島周辺の大陸棚 (図1) と南シエトランド諸島 (キングジョージア島) ~南スコチア海嶺の周辺の大陸棚・海盆地 (図2) において、TH96調査航海で10点、TH97調査航海で6点で試料採取が試みられた。採取した試料について、肉眼記載・軟X線写真撮影・砂粒含有率・乾燥密度 (含水比) ・帯磁率・砂粒構成検討・スミアスライド鏡下観察を行った。炭素量測定・全岩有機炭素のAMS 放射性炭素年代測定はTH96試料については終了しているが、TH97試料は現在分析中である。

アンバース島周辺の大陸棚では、水深の浅いGC1701とGC1706において試料がまったく得られな

かった。また、GC1703、GC1704、GC1705は70~160 cmの短いコアで、最表層の数~十数cmの珪質泥を除くと砂質シルトや礫混じりの泥質堆積物からなり、それらは1.2~3.1万年の年代で年代が層序の上下で逆転したりしている (図3)。最表層の珪質泥は現在と同じ堆積環境での堆積物でその下位の砂質シルトの間に時間間隙がある。アンバース島周辺の大陸棚では、水深522 mにおいて採取されたGC1702は最も長い試料で、上部が珪質の粘土~シルト、下部が砂質シルトである (図4)。堆積物の物性も岩相とともに変化する。また、有機炭素の含有量も上部で0.7%以上、下部で0.1~0.3%である。年代データは岩相の変化が1.5万年頃で、それより以前は5.4 cm/1000y、以降は15.5 cm/1000yの堆積速度で連続的な堆積を示す。大陸棚では最終氷期から完新世にかけての堆積環境の変化があり、それにとまう岩相変化や不整合の形成があったことを示す。

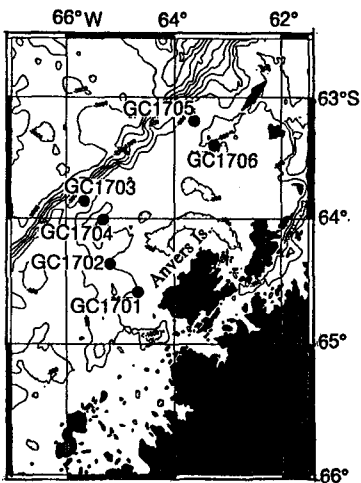


図1. 試料採取位置 (アンバース島周辺)

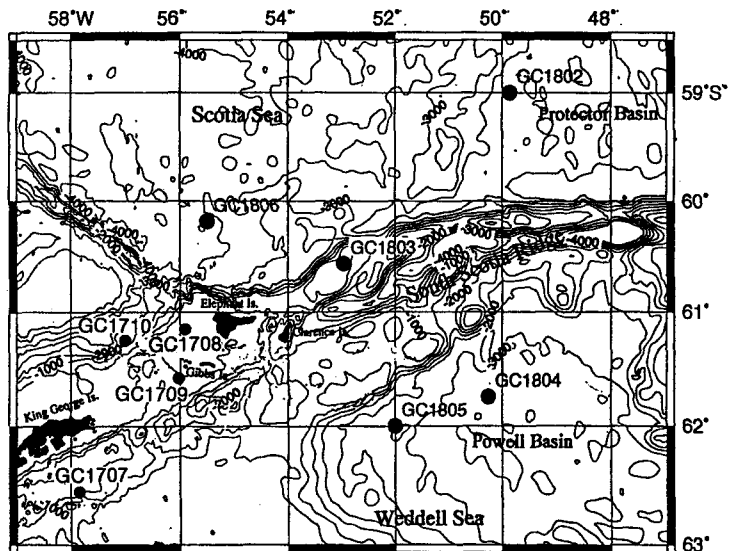


図2. 試料採取位置 (南シエトランド諸島~南スコチア海嶺周辺)

南シェトランド諸島～南スコチア海嶺周辺域では、大陸棚のGC1708を除き試料が採取された。年代データが少ないが、海盆から採取された柱状試料にも珪質な部分砂質な部分という岩相変化があり、ここ数万年の水床や海水の発達や生物生産などの堆積環境

変化を反映していると考えられる。

本研究は、石油公団の実施した白嶺丸航海TH96およびTH97航海での調査結果の一部である。

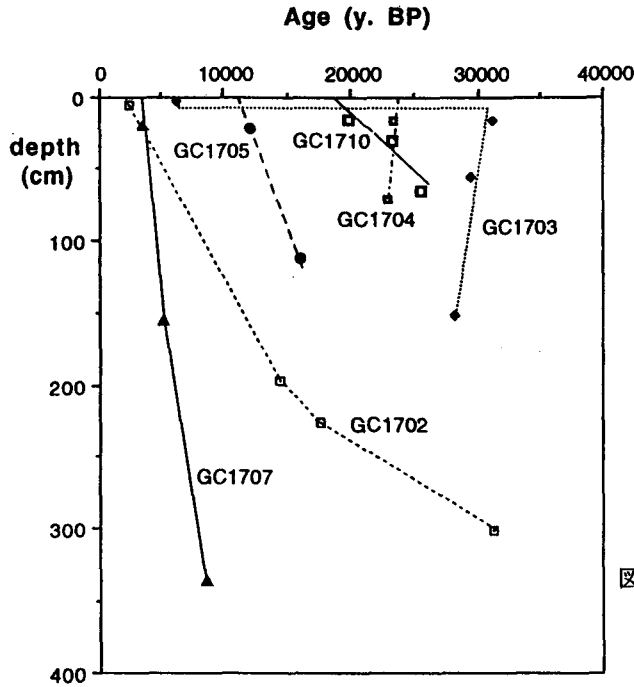


図3. TH96航海試料の放射性炭素年代一試料深度関係図

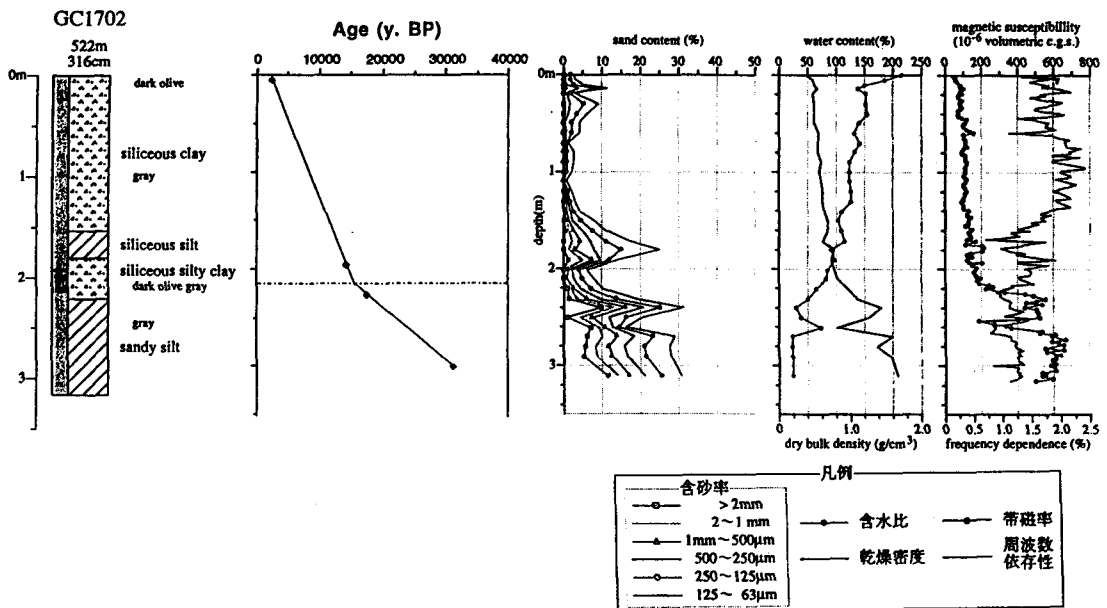


図4. コア試料GC1702分析結果

第18回南極地学シンポジウム
ポスター発表要旨

**THE 18TH SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOSCIENCES
ABSTRACTS FOR POSTER PRESENTATION**

P1

HIGH PRESSURE AMPHIBOLITES FROM THE ARCHEAN NELLORE SCHIST BELT, SOUTH-EAST INDIA.

B. Hari Prasad[†], T. Okudaira[‡], M. Yoshida[‡], R.S. Divi[§]

[†] Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University, Osaka 558-8585.

[§] CNS Geomatics, Ottawa Canada.

The Nellore schist belt (NSB), a narrow curvilinear Archean green stone belt, lies in the eastern fringe of the east Dharwar craton with approximately N-S trend direction extending from Nellore in the southwest to Kothagudem in the northeast of Khammam. It is bordered by Eastern Ghats Granulite Belt (EGGB) on the east and unclassified crystalline rocks and Proterozoic sediments of the Cuddapah basin on the west. The Nellore schist belt is considered to be equivalent to the Sargur schist belt (3.3 Ga, Peucat et al., 1995) which is the oldest supracrustal belt in India. A back-arc associated with subduction zone system paleotectonic setting is proposed for NSB based on geochemistry of the amphibolites (Satyanarayana et al., 1994). The present study area forms northern fringe of the NSB and is locally known as Khammam greenstone belt (Fig.1). The amphibolites belt is engulfed in the garnetiferous granite terrain. A major fault is separating it from the granodiorite-adamellite suite rocks on the west.

In the studied area, the amphibolites

can be divided into three type based on their field appearance, such as garnetiferous, banded and foliated types. Mineral assemblages of the three types of amphibolite are also different. That is, garnetiferous, banded and foliated amphibolites are comprised of Amp + Pl + Cpx + Grt + Qtz, Amp + Pl + Grt + Qtz and Amp + Pl + Cpx + Spn + Qtz, respectively. Mineral chemistry of the constituent minerals of the different amphibolites are quite different. There is no significant changes in the mineral chemistry from rim to core of all the dominant minerals. Plagioclase from the sphene-bearing foliated amphibolite shows high An contents (55-77 mol%), whereas plagioclase without sphene is of An₂₂₋₃₈. Amphibole with and without sphene are edenitic (Si = 6.4-7.3) and pargasitic (Si = 6.0-6.8), respectively. Compositions of the amphiboles on Al^{iv}+Fe³⁺+Ti vs. A^{iv} diagram (after Laird and Albee, 1981) are plotted in the field of high-pressure metamorphic belt, such as Franciscan and Sambagawa.

P-T estimate for the amphibolites are calculated based on amphibole-

plagioclase thermobarometry of Graham and Powell (1984) and Grt-Amp-Pl-Qtz (Khon and Spear, 1982; Blundy and Holland, 1990) and Grt-Cpx-Pl-Qtz (Ellis and Green, 1979; Newton and Perkins, 1982) thermobarometry for garnet-bearing and clinopyroxene-bearing assemblages, respectively. The calculated P-T conditions for different types of amphibolites are nearly consistent and are of 700 ± 50 °C and 1.1 ± 0.1 GPa (Fig. 2). This P-T condition is located near the transition boundary of amphibolite-eclogite facies. In the southern portion of the NSB, some metamorphic P-T conditions have been estimated (Babu, 1970; Moen, 1990). Their estimates are of 540-700 °C at 525-790 MPa for amphibolite in the Vinjamur area, and of 600-700 °C at 750 MPa for hornblende-garnet schists in the Nellore area. Therefore P-T condition estimated in this study is higher than those of the southern portion, and then there may be pressure gradient in the NSB at the time of its formation.

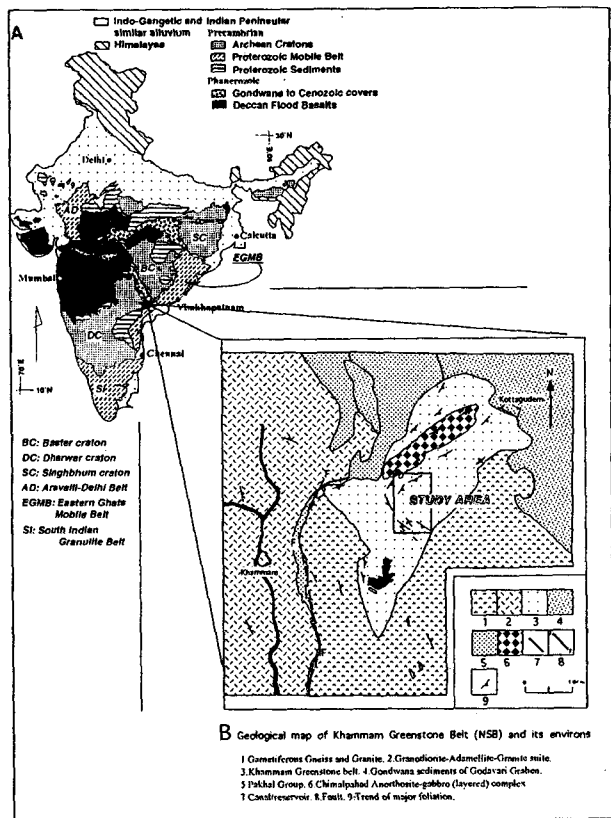


Fig.2 Map showing (A) the geological subdivisions of India and (B) location of the study area. Geological map of India is modified after G.S.I (1993), T. Yamamoto (1996), Yasutaka Tani (1998). Geological map of Khammam Greenstone belt (NSB) is modified after Sarvottaman (1995).

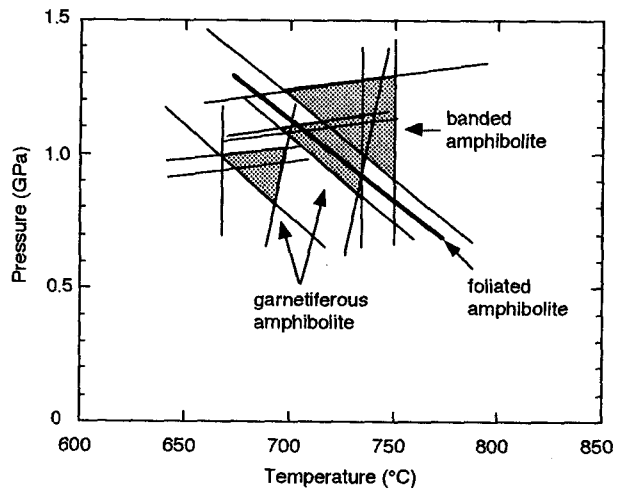


Fig.2 P-T estimate for amphibolites in NSB

Structural analysis across the Archean-Proterozoic boundary in Kinnerasani area, South India.

Rajneesh Kumar, T.Okudaira, Y. Tani, M.Yoshida
(Department of Geosciences, Faculty of Sciences, Osaka City University)

ABSTRACT

Peninsular India is characterized by dominantly granite greenstone belts and Proterozoic sediments. Out of which Dharwar, Bastar and Shingbhum cratons have attained prominence, apart from the granite greenstone belts, granulite terrains in southern part of India and also in the Eastern Ghats Mobile Belts (EGMB). The Precambrian rocks of the Peninsular India are traversed by three major lineaments whose most apparent features are topographic valleys (grabens) that contains Proterozoic and/or Phanerozoic sediments. The lineaments are (1) Godavari graben (Paranahita-Godavari), (2) Mahanadi valleys and (3) the Narmada and Son valleys (Naqvi and Rogers, 1987). The Godavari graben form a major rift zone between the Dharwar and Bhandara cratons, it extends upto the southeastern part of Andhra Pradesh merging with the EGMB (fig. 1a). The present study area is sandwiched between western Proterozoic sediments (Pakhal Group) and eastern granulite belt (EGMB). The study area is divided into two terrains, Archean group and Pakhal group. Archean terrain is mainly composed of the quartz-biotite-chlorite-schist, quartzo-feldspathic gneiss, feldspathised gneiss, augen gneiss and hornblende gneiss. Proterozoic terrain (Pakhal Group) is composed of metaconglomerate, phyllites, quartzite and marbles (fig.1b). Pakhal Group are largely unmetamorphosed and undeformed except in the southeastern part of the Godavari rift zone adjacent to the EGMB (Sreenivasa, 1987).

On the basis of field observations at least four phases of deformation have been deciphered in the Archean terrain and two deformations in the Proterozoic terrain. The contact between the two terrains are displays the imprint of high strain (i.e. constrict type) as evidenced by the vertical elongation of 'cigar-shaped' pebbles. In Archean terrain macroscopic and mesoscopic structural elements pointed out the following deformation sequence, D_{A1} is identified by major foliation NE-SW trending and intrafolial tight to isoclinal type (F_{A1}) folds. Subsequent to D_{A1} , the Archean terrain were subjected to D_{A2} deformation. D_{A2} is characterized by open to close type F_{A2} folds trending NNW-SSE and plunging to SE, these folds were formed by ENE-WSW compression. During third phase asymmetric structures such as asymmetric folds trending EW were formed by simple shear deformation. Almost, these folds are northward vergence. Subsequent to D_{A3} phase, faulting followed by tight to isoclinal type NE-SW trending meso to macroscopic folds (F_{A4}), were formed by the NW-SW compression during this D_{A4} phase. Pakhal Group have been folded (tight to isoclinal, NE-SW trending), and their structural elements are nearly consistent with those of D_{A4} deformation of Archeans rocks. Then, Pakhals sediments were contact to the Archean rocks during the late D_{A3} or early D_{A4} phase, and subsequently the basement rocks along with the overlying Pakhal Group have been folded during D_{A4} of Archean terrain. Therefore D_{A4} of Archean rocks is result from Proterozoic deformation.

The outcrops of the Pakhal Group and the major boundary faults of the graben both extend parallel to the general NW-SE strike of foliation in the surrounding crystalline terrains (Naqvi and Rogers, 1987). Whereas, in the present study area both the Archean terrain and Pakhal terrain are trending NE-SW, which is the general trend of the EGMB. Thus, the contrast in general trend has been developed during the orogenic event in the EGMB.

223, Oxford University Press, Oxford.
 Subbaraju, M. (1975) Some Aspects of the Schistose Rocks of Khammam District, Andhra Pradesh. The Indian Mineralogist, Vol. 16, pp. 35-42.

Sreenivasa Rao, T. (1987) The Pakhal Basin - A Perspective. Purana Basins of Peninsular India, Geological Society of India, Memoir 6, pp-518.

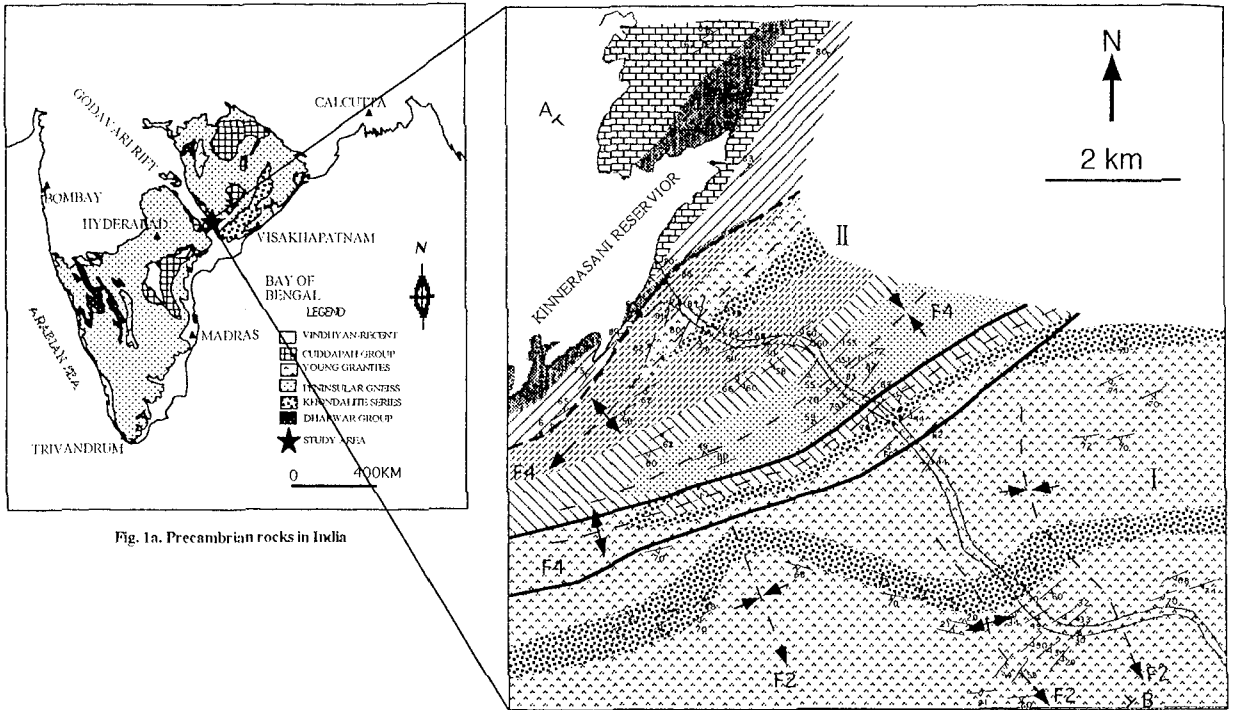


Fig. 1a. Precambrian rocks in India

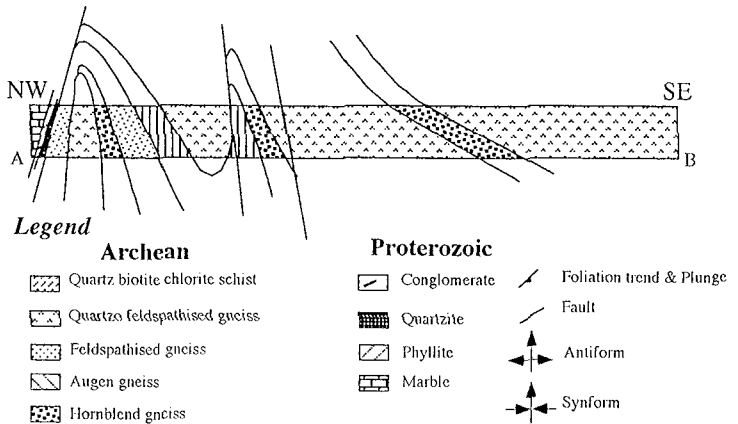


Fig. 1b. The Geological Map of Kinnerasani Area

P3 インド南部始生代花崗岩, クロスベツト花崗岩の Rb-Sr 年代と Sm-Nd 同位体

田結庄良昭 (神戸大)・加々美寛雄 (新潟大)・Mahabaleswar, B
(バンガロール大)

The Rb-Sr whole-rock age and initial Nd isotopes of the granitic rocks from
the Archaean granite, Closepet granite in South India

Tainosho, Y. (Kobe University), Kagami, H. (Niigata University) and
Mahabaleswar, B. (Bagalore University)

インド南部の始生代クラトンは巨大な TTG 片麻岩からなるが, 少量のカリウムに富む
カルクアルカリ花崗岩, クロスベツト花崗岩が産する. この花崗岩は 3.3Ga から 3.0Ga の
ペニンシュラ片麻岩を貫いて, 南北に約 400km 伸びて分布する (Fig. 1). クロスベツト花
崗岩はモンゾニ岩類と等粒状のピンクおよび灰色花崗岩に区分される (Jayananda *et al.*,
1995). モンゾニ岩類は石英モンゾニ岩と斑状モンゾ花崗岩からなり, 斑状モンゾ花崗岩
がクロスベツト花崗岩の多くをなし, 岩体の中央部を占める. 石英モンゾニ岩は斑状モン
ゾ花崗岩中に点在して少量分布する. 等粒状のピンク花崗岩と灰色花崗岩はクロスベツト
花崗岩体の周縁部に分布する. 今回これら花崗岩の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代と Sm-Nd
同位体比が測定された (Table 1). その結果, Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は 2669 ± 125 Ma,
Sr 初生値は 0.70193 である (Fig. 2). Sm-Nd 全岩アイソクロン年代はバラツキのため得る
ことはできなかったが, Rb-Sr 年代から計算した ϵ Nd 初生値は -4.4 ~ -7.2 である (Table 3).
Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は Single-zircon 年代 (2518Ma, Jayananda *et al.*, 1995) や SHRIMP 年
代 (2513Ma, Friend and Nutman, 1991) と調和的である. 化学組成をみると, 斑状モンゾ花
崗岩は SiO_2 が 55%-61% と乏しく, ピンクおよび灰色花崗岩は SiO_2 が 71-75% と高い (Table
3). しかし, 両者ともアルカリ含量が 7.6%-8.7% と著しく高い, 特に K_2O 含有量が 5% 前後
と高い値をもつ. 主成分元素からはクロスベツト花崗岩は花崗閃緑岩-花崗岩系列の特徴
をもち, TTG 系列の花崗岩と異なっている. 同位体の特徴をみると, Sr 初生値は低く, mantle
array に沿ってプロットされるのに対し, ϵ Nd 初生値はマイナスと低く, 複雑な成因を反
映している. ピンクおよび灰色花崗岩は野外でペニンシュラ片麻岩と漸移することや化学
組成からアナテクシス花崗岩と判断される (Friend, 1983). ϵ Sr と ϵ Nd の関係はクロス
ベツト花崗岩がミキシングトレンドにあることを示している. 化学組成や同位体組成から
みて, クロスベツト花崗岩のマグマは Sr 初生値の低い起源物質から形成され, このマグ
マはペニンシュラ片麻岩を部分熔融させ, この両者が複雑に反応したことを示している.
このことは斜長石のパッチや一部逆累帯構造の存在や黒雲母の化学組成, さらに SiO_2 55%
の岩石でのカリ長石斑晶にも反映されている.

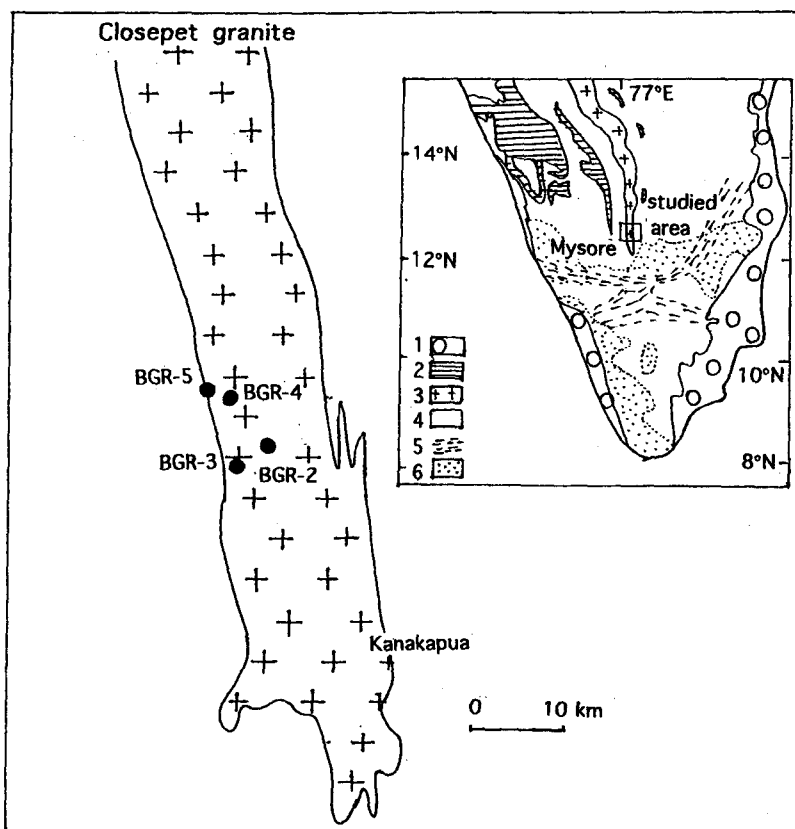


Fig. 1 Sketch map of southern India (Friend and Nutman, 1992) and Closepet granite showing the location of the samples used for the whole-rock samples.

1. recent cover, 2. greenstone belts, 3. Closepet granite, 4. Peninsular gneiss, 5. major shearzones, 6. granulite facies massifs. BGR-2 - BGR-5: sample locality.

Table 1. Rb-Sr and Sm-Nd analytical data for the Closepet granite. BGR-2; equigranular gray granite, BGR-3; Porphyritic monzogranite, BGR-4; clinopyroxene quartz-monzonite, BGR-5; equigranular pink granite, BGR-5X; mafic xenolith in equigranular pink granite.

Name of samples	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Sm(ppm)	Nd(ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$
BGR-2	112	1139	0.2845	0.71276	17.5	97.0	0.1089	0.510872
BGR-3	19.3	125	0.4480	0.71899	22.7	144	0.0952	0.510609
BGR-4	16.7	127	0.3806	0.71656	23.0	124	0.1118	0.510879
BGR-5	19.3	26.8	2.092	0.78180	5.92	33.6	0.1064	0.510675
BGR-5X	21.6	117	0.5339	0.72335	19.2	107	0.1081	0.510847

Table 2. Sm-Nd analytical data for the Closepet granite. initial Nd ratio and ϵNd values are normalized to 2669 Ma.

Name of samples	BGR-2	BGR-3	BGR-4	BGR-5	BGR-5X
Nd IR (2669Ma)	0.50895	0.50893	0.50891	0.50881	0.50895
ϵNd (2669Ma)	-4.4	-4.7	-5.2	-7.2	-4.5

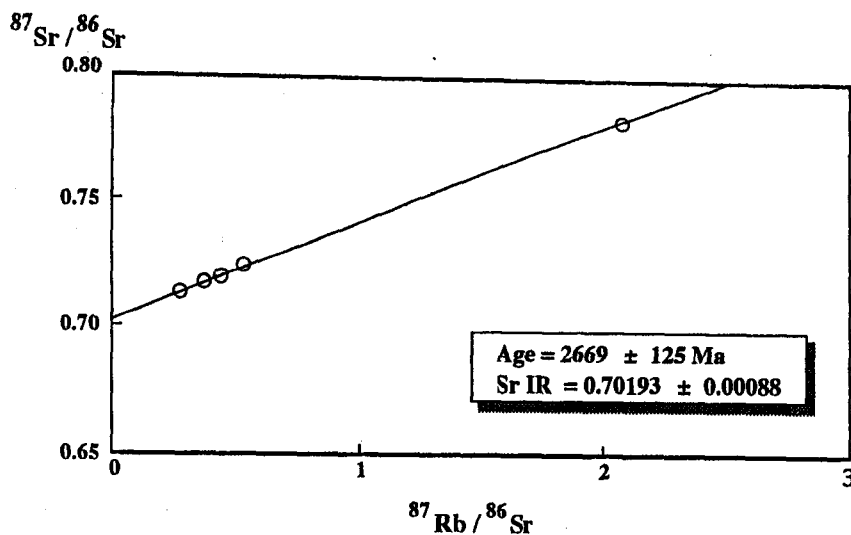


Fig. 2 Rb-Sr whole-rock isochron diagram for the Closepet granite from South India.

Table 3. Chemical composition of the dated samples.

BGR-2; equigranular gray granite, BGR-3; Porphyritic monzogranite, BGR-4; clinopyroxene quartz-monzonite, BGR-5; equigranular pink granite, BGR-5x; mafic xenolith in equigranular pink granite.

Name of samples	BGR-2	BGR-3	BGR-4	BGR-5	BGR-5X
SiO ₂	71.91	61.27	55.41	75.59	61.35
TiO ₂	0.23	0.83	0.93	0.08	0.87
Al ₂ O ₃	13.69	16.14	18.07	13.25	15.60
FeO*	2.01	5.65	7.48	1.08	6.31
MnO	0.03	0.09	0.11	0.02	0.13
MgO	0.37	1.78	2.28	0.07	1.69
CaO	1.25	3.50	4.51	0.71	3.28
Na ₂ O	3.51	4.25	5.07	3.21	4.41
K ₂ O	5.21	4.15	3.45	5.98	3.15
P ₂ O ₅	0.01	0.44	0.65	0.02	0.59
Total	98.22	98.10	97.96	100.01	97.38

P4

スリランカ、ドレライト貫入岩の $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代

瀧上 豊 (関東学園大学)、吉田 勝 (大阪市立大学)、
船木 實 (国立極地研究所)

$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ ages of dolerite dykes from Sri Lanka

Yutaka TAKIGAMI (Kanto Gakuen Univ), Masaru YOSHIDA (Osaka City Univ),

Minoru FUNAKI (National Institute of Polar Research)

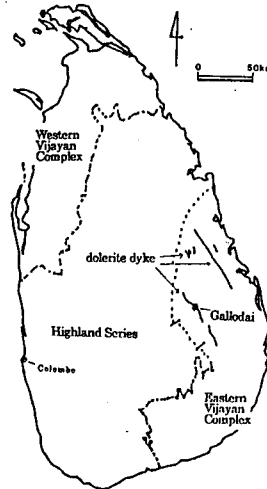
スリランカ南東部の Eastern Vijayan Complex 中にドレライトの dyke があることはよく知られている(図1)。そのうち Gallodai 地区の dyke について、吉田らは K-Ar 年代や古地磁気研究の報告をしている。(Yoshida, et.al, 1989) これらの岩石の K-Ar 年代は $143.3 \pm 7.2\text{Ma}$ (sample-F), $152.6 \pm 7.6\text{Ma}$ (sample-C)であったが、この年代はスリランカが Gondwana 大陸から分裂する時期を決める重要な年代であると思われたので、今回、同じ試料について $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代測定を試みた。Sample-E および Sample-F の2試料についておこなった結果、図2のような Age Spectrum になった。完全な Plateau Age とはいえないが、Sample-E の $800-1100^\circ\text{C}$ から $167.6 \pm 0.7\text{Ma}$, Sample-F の $800-1500^\circ\text{C}$ から $158.6 \pm 0.6\text{Ma}$ の年代が得られた。過剰アルゴンの様子もないので、これらのドレライトの貫入年代は $160-170\text{Ma}$ 頃と考えられる。

この年代は Gondwana 大陸における東南極とアフリカーインド南端の部分の分裂時の rifting (Behrendt, et. al, 1992) や南極の Trans-Antarctic Mountains の Jurassic Ferrar dolerite と関係があると思われる。

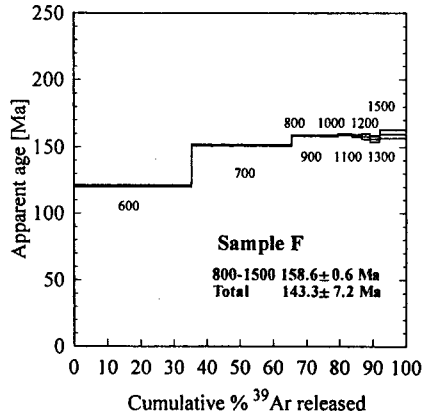
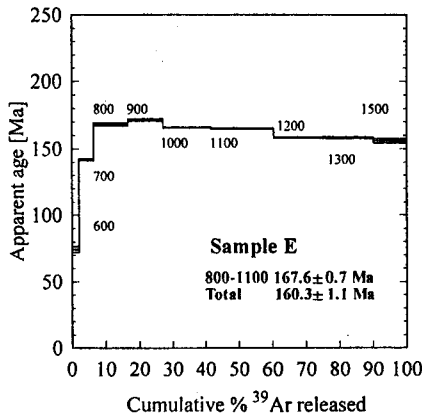
References

- Yoshida et al(1989). J. Geol. Soc. India, 33, 71-75.
Hiroi et al.(1990). Internal Rep. Japan-Sri Lanka Joint Res. 1-18.
Behrendt et al.(1992). Recent Progress in Antarctic Earth Science. 315-322..

(図1) スリランカにおける dolerite dyke (Yoshida, et.al, 1989; Hiroi et.al, 1990 より作成)



(図2) $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ Age Spectrum
600, 700, 800... は実験上のガス抽出温度 ($^\circ\text{C}$)



P5 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology along the northern margin of the Eastern Ghats Province: implications for Neoproterozoic tectonics between India and Antarctica

Warwick A. Crowe¹, Michael A. Cosca² and Lyl B. Harris¹

1- *Depart. Geology and Geophysics, University of Western Australia, Nedlands, W. A. 9607, Australia*
2- *Université de Lausanne, Institut de Minéralogie, BFSH-2, CH-1015 Lausanne, Switzerland*

Only recently have Neoproterozoic and early Paleozoic thermal events been shown to have widely affected the high grade Eastern Ghats belt on the eastern Indian margin (Takigami *et al.* 1995, Kovach *et al.* 1997, Shaw *et al.* 1997). Despite an increasing volume of geochronological information for the Eastern Ghats Province, the tectonic significance of this data is poorly understood. It is apparent that there has been a widespread high-grade Grenvillian metamorphic event which was followed by younger Pan African events. Here we present $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data for schist and gneiss samples from the northern margin of the Eastern Ghats belt to elucidate the post-Grenvillian cooling history.

The Eastern Ghats Province (EGP) is a granulite facies metamorphic belt which comprise metasediments, quartzo-feldspathic gneiss, charnockite, subordinate mafic granulite, and anorthosite and alkaline intrusive lithologies (Naqvi and Rogers 1987, Mahalik 1996). The western and northern contacts of the EGP are sheared margins against the Archaean granite-gneiss association of the Bhandara Province in the west and northwest and the Rengali Province in the north. Widespread amphibolite facies retrogression in the north of the Province is associated with large intra-province shear zones.

The Rengali Province (RP) is a fault-bound WNW trending amphibolite facies belt between the granite volcanosedimentary association of the Singhbhum Province and the Eastern Ghats and Bhandara Provinces comprising intercalated meta-volcanosediments and orthogneiss, banded gneiss and migmatite. The southern fault contact of the WNW trending belt truncates unconformable Gondwana coal sequences within the EGP.

The Ar data show a common cooling history for the EGP and RP and indicate that the EGP and RP were juxtaposed at similar crustal levels by ca. 700 Ma. Two data groups define distinct cooling trends common in both the EGP and RP. An older group (group-A) data show a slow cooling path while a younger group (group-B) define a relatively higher

cooling rate. Spatially group-B data is from the margin of the RP and EGP and within the EGP along the NW margin of the Bhandara Province. Group-B data is interpreted to represent a transient thermal event at ca. 500 Ma associated with reactivation of major shear zones within the EGP and RP and possibly associated with extensive graphitisation in the west of the EGP.

Dextral activation at amphibolite facies conditions along the WNW bounding fault zones of the RP occurred between ca. 950 and 700 Ma and is correlated with a major displacement of the Singhbhum Province. A N-S to NW-SE shortening at ca. 500 Ma was associated with reactivation of major shear zones and localised ingress of high temperature fluids up to ~500-600°C in the northern EGP and RP, resetting and or disturbing Ar/Ar systems.

Reconstructions of the Rodinian Supercontinent and the subsequent dispersal and amalgamation of Gondwanaland from the late Mesoproterozoic to Cambrian have an East Gondwana nucleus comprising India, Antarctica and Australia as an intact continental block throughout this period (Powell *et al.* 1993, Powell *et al.* 1994, Unrug 1994). Correlation of the new post-Grenvillian tectonic picture of the northern EGP with the defined ca. 500 Ma events in East Antarctica provide a new perspective for intracontinental tectonism during the Pan-African.

Kovach, V. P. *et al.* (1997). "Pan-African zircon age from apatite-magnetite veins of Eastern Ghats granulite belt, India." *Journal Geological Society of India* 50: 421-424.

Mahalik, N. K. (1996). "Lithology and tectonothermal history of the Precambrian rocks of Orissa along the eastern coast of India." *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 14(3/4): 209-219.

Naqvi, S. M. and Rogers, J. J. W. (1987). *Precambrian Geology of India*. Oxford, Oxford University Press.

- Powell, C. M. *et al.* (1993). "Paleomagnetic constraints on timing of the Neoproterozoic breakup of Rodinia and the Cambrian formation of Gondwana." *Geology* 21: 889-892.
- Powell, C. M. *et al.* (1994). "South Australian record of a Rodinian epicontinental basin and its mid-Neoproterozoic breakup (~700 Ma) to form the Palaeo-Pacific Ocean." *Tectonophysics* 237: 113-140.
- Shaw, R. K. *et al.* (1997). "Proterozoic events in the Eastern Ghats granulite belt, India: evidence from Rb-Sr, Sm-Nd systematics, and SHRIMP dating." *Journal of Geology* 105: 645-656.
- Takigami, Y. *et al.* (1995). ^{40}Ar - ^{39}Ar ages and paleomagnetic data for metamorphic and igneous rocks from Mahanadi and Godavari grabens, East India. *NIPR Symposium on Antarctic Geoscience*. 8: 277.
- Unrug, R. (1994). The assembly of Gondwana Supercontinent: contrasting histories of East and West Gondwana. *Gondwana Nine, Ninth International Gondwana Symposium*. Geological Survey of India. New Delhi, Oxford and IBH Publishing Co. PVT. LTD. 2: 989-998.

P6

オメガ岬，奥岩に産する花崗岩類の Rb-Sr 鉱物アイソクロン年代

西 奈保子 (佐賀大・教育学研究科) ・川野良信 (佐賀大・文教) ・
加々美寛雄 (新潟大・自然科学研究科)

Rb-Sr mineral isochron ages of granitic rocks from
the Cape Omega and the Okuiwa Rock
Naoko NISHI(Saga Univ.), Yoshinobu KAWANO(Saga Univ.)
and Hiroo KAGAMI(Niigata Univ.)

オメガ岬は、東南極昭和基地の北東約80kmに位置し、角閃石片麻岩、単斜輝石片麻岩、黒雲母片麻岩、ザクロ石黒雲母片麻岩、片麻状花崗岩、桃色花崗岩から構成される(Suzuki and Moriwaki, 1979)。奥岩は、昭和基地の北東約58kmに位置し、黒雲母片麻岩、ミグマタイト質黒雲母角閃石片麻岩、優白質黒雲母片麻岩、桃色花崗岩、アプライト、ペグマタイトからなる(仲井ら, 1979)。

リュツォ・ホルム湾沿岸からプリンスオラフ海岸地域は「リュツォ・ホルム岩体」と呼ばれ、Hiroi et al.(1983)や広井・白石(1984)はリュツォ・ホルム岩体を変成度によって東から角閃岩相、グラニュライト相、その中間の漸移帯の3区域に区分し、変成度が東から西へ、角閃岩相からグラニュライト相へ次第に上昇していることを明らかにした。オメガ岬、奥岩は角閃岩相からグラニュライト相へ漸移する漸移帯に属する。

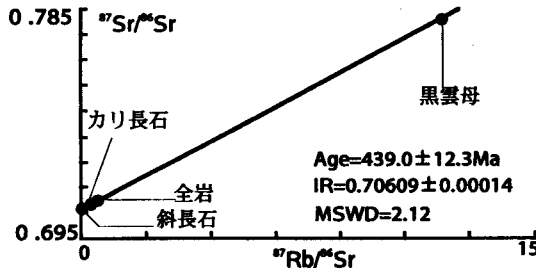
オメガ岬の花崗岩類はオメガ西岩、オメガ中岩、ペンギン谷、三脚山の4つの地域に分布する。この地域での花崗岩類の主な鉱物組み合わせは石英、斜長石、カリ長石、黒雲母である。また副成分鉱物としてアバタイト、白雲母、角閃石、不透明鉱物(黄鉄鉱、磁鉄鉱、チタン鉄鉱)が認められる。

奥岩は花崗岩類は、海岸沿いの2カ所と山腹の計3つの地域に分布する。主な花崗岩類の鉱物組み合わせは石英、カリ長石、斜長石である。また副成分鉱物として白雲母、角閃石、くさび石、不透明鉱物(磁鉄鉱、チタン鉄鉱)が認められる。

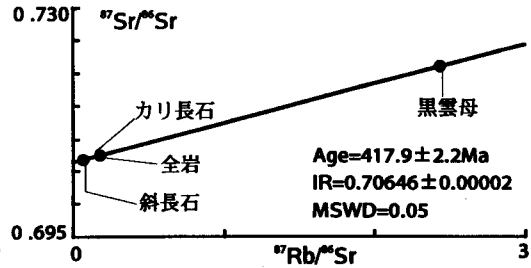
現在わかっている同位体年代値は奥岩地域の1100±100Ma(カリウム長石:片麻岩, Rb-Sr 鉱物年代)、458±10Ma(黒雲母:片麻岩, Rb-Sr 鉱物年代)である(Maegoya et al., 1968)。両地域での花崗岩類の同位体年代値はまだ測定されておらず、今回オメガ岬、奥岩より1試料ずつ、Rb-Sr 鉱物アイソクロン年代の測定をおこなった。

測定の結果、オメガ岬では439.0±12.3Ma、Sr初生値:0.70609、奥岩では417.9±2.2Ma、Sr初生値:0.70646 が得られた。その結果を図1、図2に示す。

リュツォ・ホルム岩体の変成年代は520~550Maとされ(白石, 1996)、花崗岩の活動はその末期と考えられており今回得られたオメガ岬439.0±12.3Ma、奥岩417.9±2.2Maはやや若い年代を示すものの従来の年代データと調和的である。



第1図 オメガ岬の黒雲母花崗岩のRb-Sr 鉱物アイソクロン年代



第2図 奥岩の黒雲母花崗岩のRb-Sr 鉱物アイソクロン年代

P7 APPLICATION OF CARBON ISOTOPE THERMOMETRY IN ULTRA-HIGH TEMPERATURE METAMORPHIC ROCKS

M. Satish-Kumar, H. Wada and M. Nagayama

Department of Biology and Geosciences, Shizuoka University,
Ohya-836, Shizuoka 422-8529, Japan

Determination of precise temperature conditions of metamorphism is a prerequisite in formulating models on the tectonic evolution of continental crust. Metacarbonate rocks lacks cation exchange thermometers, and hence the carbon isotope exchange thermometer between calcite and graphite have been recently widely applied to amphibolite and granulite facies marbles (e.g. Kitchen and Valley, 1995). It has been proved that the temperature dependant fractionation is reliable up to temperatures of the order of 800°C. The fractionation between calcite and graphite nears unity at higher temperatures and hence is difficult to calibrate the thermometer at temperatures higher than 800°C. Here we try to evaluate the fractionation between calcite and graphite using marble samples from high temperature granulite facies terrains of southern India and East Antarctica.

Marbles from the Trivandrum and the Madurai Block, from the southern granulite terrain were examined in this study. The Trivandrum Block comprises of granulite facies supracrustal rocks, while in the Madurai block massive charnockitic rocks predominate. Marble bands occur in these two terrains as conformable units intercalated with quartzites. Texturally these are very coarse (up to several centimeters) and highly crystalline graphite crystals can be seen embedded within calcite.

Calcite constitutes more than 80 modal % in most of the samples. The silicate mineral phases include phlogopite, forsterite, clinopyroxene and spinel; with occasional clinohumite, pargasite, and other calc-silicate mineral phases. Eastern Ghats terrain has been recently identified to have an ultra high temperature metamorphic history. We investigated marbles from Borra area in the terrain. Marbles from Lutzow-Holm complex, which is a granulite to amphibolite facies terrain with a regional peak granulite facies metamorphism at temperatures in the range 760-830°C and pressures of 7±1 kbar were also examined.

Textural characteristics of graphite is often used as a sensitive indicator for isotopic equilibrium between calcite and graphite. Studies have shown that highly crystalline graphite in marbles normally preserve isotopic signatures of peak metamorphic equilibration, while isotopic disequilibrium has been reported in lower grade marbles which comprises of less crystalline graphite (Wada et al., 1994). The textures and surface features of graphite from marbles were observed in detail. Two major types were identified; 1. Those which have crystalline hexagonal to semi-hexagonal shape with smooth high reflecting surface and 2. Those with irregular shapes and having dull surfaces.

Results

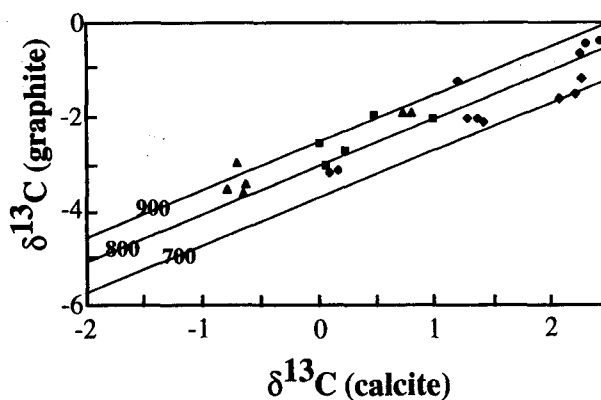
Peak metamorphic temperatures were determined from fractionation of C-isotopes between calcite-graphite pairs using the recent calibration of Kitchen and Valley (1995). For example the marbles from the Madurai Block in Southern India gave fractionation range from 2.30‰ to 3.00‰, corresponding to a temperature range of 815 to 970°C. These results are significant that the carbon isotope thermometer can be used to determine accurate peak metamorphic temperatures in high temperature granulite facies rocks. The marbles from the Trivandrum Block, Eastern Ghats and the Lützow-Holm Bay gave temperatures between 700 and 900°C.

The textural features of graphite can be clearly identified under a reflecting microscope and more precisely in SEM. Arita and Wada (1990) has documented and discussed in detail about the origin of dull surfaced graphite, which they ascribed to the overgrowth of graphite on earlier coarse flakes. The present finding of dull surfaced graphite in crystalline granulite facies marbles corresponds well with their observations and is considered to be similar overgrowth features.

A positive correlation between the depletion of carbon isotopes and the dullness of graphite texture was observed. The smaller the size of the graphite crystal the greater the depletion, indicating the overgrowth is confined to the surface layers of the crystal. These results along with those of Arita and Wada (1990) concludes that the graphite with rough surfaces are products of late stage overgrowth probably from fluids. In the present study a depletion averaging 1‰ was found which suggest the temperatures might be underestimated in the order of about 200°C.

Cation exchange thermometers for orthopyroxene-bearing assemblages, proximal to the marble horizon from Trivandrum Block, southern India, gave temperature estimates of about $800 \pm 50^\circ\text{C}$ (Fig. 1). The results of carbon isotope thermometry using calcite-graphite fractionation ($762 \pm 65^\circ\text{C}$) is concordant with the cation exchange thermometry. In the Madurai Block, the carbon isotope thermometry points to high temperature metamorphic conditions. This is consistent with the recent findings of saphirine bearing assemblages from this terrain and the ultra high temperature metamorphism in Madurai Block (Raith et al., 1997). The phase equilibria constraints suggest to a peak metamorphic temperatures of about 900 to 1000°C , which is comparable to the carbon isotope thermometry results of the present study ($872^\circ\text{C} \pm 48$). In the Skallen area of East Antarctica, Motoyoshi et al. (1989) estimated the peak metamorphic conditions during the regional granulite facies metamorphism in the Lützow Holm Bay to be between $760\text{--}830^\circ\text{C}$ based on garnet-orthopyroxene thermometry. Here also the carbon isotope thermometry gave consistent results ($848^\circ\text{C} \pm 55^\circ\text{C}$).

In summary the carbon isotope exchange thermometry in granulite grade marbles yield reliable peak metamorphic temperatures. Precise measurement of isotopes and careful observation of textural features of graphite are critical in the application of the carbon isotope thermometry for high temperature metamorphic rocks.



- ♦ Trivandrum Block Marbles, S. India (after Satish-Kumar et al., 1997)
- Madurai Block Marbles, S. India
- Eastern Ghat Marbles, S. India
- ▲ Skallen Marbles, East Antarctica (after Satish-Kumar and Wada, 1998)

Fig. 1. Relation between carbon isotopes of calcite and graphite evidencing equilibrium fractionation. Isothermal lines are after Kitchen and Valley (1995) calibration.

References

- Arita, Y. and Wada, H. 1990. *Geochemical Journal*, 24, 173-186.
- Kitchen, N. and Valley, J.W. 1995. *Journal of Metamorphic Geology*, 13, 577-594.
- Motoyoshi, Y., Matsubara, S. and Matsueda, H. 1989. In: *Evolution of Metamorphic Belts* J.S. Daly, R.A. Cliff, and B.W.D. Yardley, (eds.) Geological Society Special Publication, 43, 325-329.
- Raith, M., Karmakar, S. and Brown, M. 1997. *Journal of Metamorphic Geology*, 15, 379-399.
- Satish-Kumar, M. Wada, H. and Santosh, M. 1997. *Journal of Geological Society of India*, 49, 523-532.
- Satish-Kumar, M. and Wada H. 1998 Submitted to *Precambrian Research*.
- Wada, H., Tomita, T., Matsuura, K., Iuchi, K., Ito, M. and Morikiyo, T. 1994. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 118, 217-228.

P8 ISOTOPIC THERMOMETRY ON MARBLES IN MCMURDO SOUND AREA, ANTARCTICA

H. Wada and M. Satish-Kumar

Department of Biology and Geosciences, Shizuoka University,
Ohya-836, Shizuoka 422-8529, Japan

During the survey at McMurdo Sound area in 1986, two localities of crystalline marbles from the Marble point and the north side of the Lake Bonney in Taylor Valley were collected. Marbles from these area are one of the components of the basement of the South Victoria Land. The metamorphic conditions of these rocks were described by Murphy (1971) for cordierite-sillimanite-orthoclase-biotite schist of the Wright Valley to be about 4kb and 675-700 C, and by Allibone (1988) for the Taylor Valley-Ferrar Glacier area to be from 4 to 6 kb and temperatures from 620 to 720°C, based on assemblages, garnet zonation characteristics, inferred reactions, geothermometry and geobarometry. According to the previous studies, a large part of the metamorphic basements in south Victoria Land is of relatively constant metamorphic grade. Smillie(1989) suggest the peak metamorphic conditions comparable with the amphibolite-granulite facies transitions at low pressure. Cox(1992) reported the garnet-biotite geothermometry applied for metasediments from the Wright Valley, South Victoria Land and the temperature of 700-730°C.

The carbon isotope exchange thermometer between calcite and graphite have been recently widely applied to amphibolite and granulite facies marbles (e.g. Kitchen and Valley, 1995). It has been proved that the temperature dependent fractionation is reliable

up to temperatures of the order of 800°C .As shown in Satish-Kumar et al., (in this volume), calibration on the high temperature region of metamorphism was suitable to evaluate the peak metamorphic temperature from the fractionation between calcite and graphite using marble samples from high temperature granulite facies terrains of southern India and East Antarctica.

We firstly measured carbon isotopic ratios of calcite and coexisting graphite of two marbles and the results were shown in Table. Marble from the Taylor Valley contains silicate minerals of forsterite, diopside, phlogopite and scapolite. Marble from the Marble Point contains wollastonite, anorthite, scapolite and diopside. The fractionation between calcite and graphite of Marble Point is larger than that of Taylor Valley. Carbon isotopic thermometer give the metamorphic temperature of the Taylor Valley to be about 850°C. The present data suggest to a peak metamorphic temperature gradient of about 100°C between the Bonney Lake area at Taylor Valley and Marble Point in the McMurdo Sound. Also the temperatures recorded in the calcite-graphite system are higher by about 100 to 150°C when compared with earlier estimations using cation exchange thermometry, possibly due to the retrograde cation exchange effects. Thus carbon isotope exchange thermometry is an useful tool in deducing peak metamorphic temperatures.

Table. 1 Carbon and oxygen isotopic ratios of calcite and graphite, and temperature estimates using calcite graphite thermometer.						
Sample No.	CO ₂ gas volume (μl)	δ ¹³ C (PDB) Calcite	δ ¹⁸ O (SMOW)	δ ¹³ C (PDB) Graphite	Δ ¹³ C Cc-Gr (‰)	Calcite - Graphite Temperature (°C)
Marble point						
MPCC-1	10.9	0.70	21.15	-2.33		
MPCC-2	68.5	0.82	20.43	-3.00	3.42	747
Lake Bonney						
TVCG-1	6.1	1.82	23.21	-0.79		
TVCG-2	16.7	1.88	21.80	-0.97	2.73	870

References

- Allibone, A.H. (1988) Unpublished MSc. thesis, University of Otago.
- Cox, S.C (1992) New Zealand Jour. Geology Geophys. 35, 29-40.
- Kitchen, N. and Valley, J.W. (1995). Journal of Metamorphic Geology, 13, 577-594.
- Murphy, D.J (1971) Unpublished Ph.D. Thesis. University of Wyoming.
- Smillie, R.W. (1989) Unpublished M.Sc. Thesis, University of Otago.
- Satish-Kumar, S. Wada, H., and Nagayama, M, (this volume)

P9 Paleoclimatic and Paleoceanographic Evidences in Maxwell and Admiralty Bays in the South Shetland Islands, West Antarctica

Ho Il Yoon

Polar Research Center, Korea Ocean Research & Development
Institute, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Two 3 m-long cores were collected from Maxwell Bay and Admiralty Bay in King George Island, one of the South Shetland Islands, West Antarctica. These cores were examined for their benthic foraminifera (*Globocassidulina bitor*), $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ records, diatom abundance counts and biogenic constituents (silica and carbon). These high-resolution data were used to interpret the paleoceanography of the bays and to link the marine record with deglaciation of the South Shetland Islands Ice Cap. Extremely low diatom abundance, the depletion of total organic carbon (TOC) and biogenic silica (BSi), and enriched $\delta^{18}\text{O}$ between 6200 and 4000 BP indicate that this period was characterized by cold conditions with basal till deposition (unit 1) beneath grounding glacier, low sedimentation rate, the limitation of primary production on surface water and the lack of meltwater supply in Maxwell Bay. The initial deglaciation recognized along the Maxwell Bay margin was dated from about 4000 BP until at least 2700 BP, with evidences of upcore-increasing TOC, BSi and diatom abundance, and decreasing C/N ratio. At this time, subglacial meltwater streams began to occur at the ice front. Sediment-laden meltwater plumes from these streams

deposited interlaminated sand and mud (unit 2) at ice-proximal area, by capping the underlying basal till. This deglaciation was followed by the marked warming at around 2700 BP, with evidences of TOC and BSi maxima, depleted- $\delta^{18}\text{O}$, and markedly increased diatom abundance. With ice retreat accompanied by marked warming, energy conditions became lower in response to increasing distance from the ice front, accumulating pebbly mud (unit 3) at the core top. Large influx of organic materials by enhanced production during this period not only caused rapid depletion of CaCO_3 in sediment, but also resulted in markedly increased sedimentation rate since 2700 BP along the water depth of 200 m along Maxwell Bay margin (Core S-19). However, the shallower platform along the Admiralty Bay margin (Core S-2) was deglaciated about 1900 BP, i.e. 2000 yrs after Maxwell Bay margin is supposed to have become deglaciated. This is not unlikely, since Core S-19 is situated (more than 200 m in water depth) farther away from the grounding glacier and very close to the deglaciation sea level, while Core S-2 in Admiralty Bay lies on the shallower platform (less than 45 m in water depth) with a possibly later deglaciation.

P10

Depth profile and geographical distribution pattern of trace metals concentrations in soils and lichens around King Sejong Station of King George Island, Antarctica

Sungmin Hong, Cheon-Yoon Kang and Jae-Kyoon Kang

Polar Research Center, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea

Soil and epilithic macrolichen (*Usnea antarctica*) samples were collected at various sites around the Korean Antarctic King Sejong station during the 1996/97 and 1997/98 summer expedition. This was aimed to make a collection of the baseline data and to evaluate an impact of local emission on the natural biogeochemical cycles of trace metals in the terrestrial environment. To avoid an artificial contamination, sample collection in the field, preparation and analysis in the laboratory were carefully performed by clean procedures.

Our results show that surface soils present in the vicinity of King Sejong Station are found to be to some extent contaminated for several trace metals such as Cr, Mo and Pb. This is especially the case for soils collected just beneath the exhaust of the electric power generators. At this site, the concentrations in the surface soils

are enhanced by a factor of about 3 for Cr, 5 for Mo and 16 for Pb, respectively, compared to deeper soils in the depth profile. The elevated contents of carbon and sulphur at the surface soils implies that the fly ashes emitted from the oil combustion have been accumulated to the soils and thus the observed elevated trace metals concentrations at the same layer would be due to the atmospheric influx of their pollutants released from the high-temperature oil combustion for the electric power. Here we could not eliminate an influence of fine paint spray particles derived from painting the buildings. The Cd, which is one of the trace metals present in the paint as an additive, however, does not show an elevated level, indicating that the paint spray particles are likely to be a minor source of an enhancement of trace metals in the surface soil layer.

The geographic distribution of trace metals in lichens shows a remarkable bioaccumulation of Pb near the station. In a word, while the concentrations of Pb in lichens collected at the sites remote from the station remain low level (less than 5 ppm), the Pb contents at the sites close to the station are found to be more than 100 ppm. They show also a systematical decrease in concentration with distance from the station. The other trace metals analysed, on the other hand, do not represent any prominent distribution pattern.

Considering the geographical bioaccumulation pattern of trace metals in lichens, raised Pb levels near the station are to be caused by local emissions from the station. However, the deposition of Pb pollutants is found to be quite limited to the vicinity of the station and the influence of local emissions could not be detected beyond about 500 m. This may result from the direct particulate deposition of rather large particles of a carbonaceous nature of soot and dust released from the oil combustion and waste incineration.

The present study supports the findings that the activities of the Antarctic scientific stations could be disturb on a local scale the biogeochemical cycles of trace metals. Although the effect of local emissions is limited to the areas near the station, the influence of these local pollution could be considerable on the King George Island where eight manned scientific stations are present.

Submarine Topography around the Ross Sea

Hideo KAGAMI (Jyosai Univ.) and Masao NAKANISHI (Tokyo Univ.)

はじめに

近年、人工衛星高度計のデータを使って重力図を作ることが可能となり、南太平洋域にロス海中の高性能の構造図が描けるようになった (Sandwell and Smith, 1997; McAdoo and Laxon, 1997)。更に、同域を航海を通じた研究からニュージーランドのキャンベル海台と西南極のマリーナードランド間の分裂・拡大問題や (Cande et al, 1995; Cande et al, 1998) や Antostrat Project of the Ross Sea (AGU, ARS, V 68, 1995) などのデータが利用できるようになった。

ロス海中の海底地形図

そこで、利用できる各種の資料 (GEODAS; Sandwell and Smith; AGU, ARS V68) をコンパイルして、ロス海沖の海底地形図や構造図を作成した。

ロス海のイゼリン堆より東側中には4000mを越す深海底が発達するが、ここにはクロン31? (67.7Ma) - 29が認められるので、この付近では最も古い海底である。キャンベル海台とマリーナードランド間のリフティングは105Maに遡ると考えられるが、海洋底拡大は83Ma頃から始まった。ロス海のイースト盆地はこの深海底に大陸斜面を介して接している。

ロス海西部のビクトリアランド盆地は Paleocene の地層がボーリングによって確認されているので、その沖の Adare Trough の海底もクロン27 (61Ma) 程度の古い海底であると推定される。

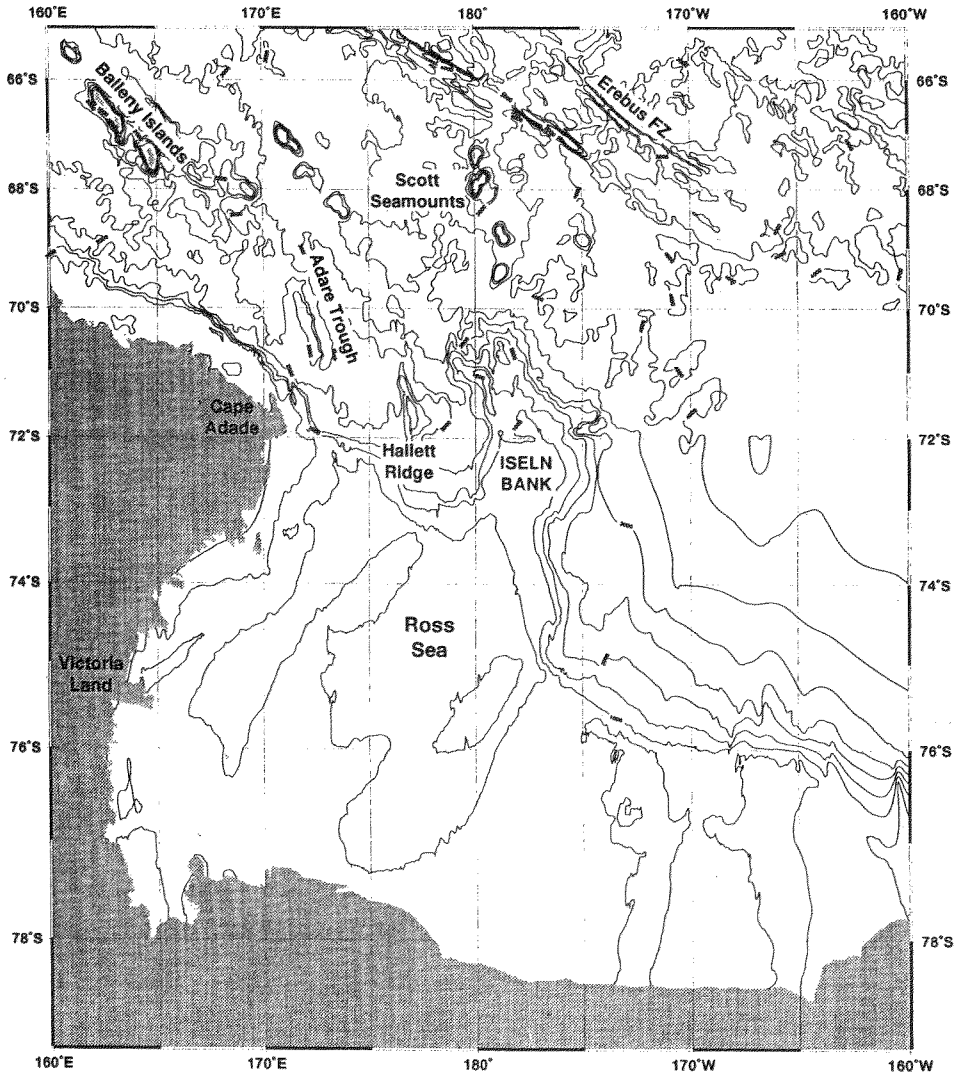
Davey and Brancolini (1995) によれば、ロス海の Crystalline Crust の厚さはイゼリン堆を挟んだ西側で20-22kmと厚いが、東側では10-16kmと薄く認められたことから、イゼリン堆付近にかけてプレート境界が存在したという議論がされている。また、イースト盆地の中央に掘られた ODP Sites 272, 273 の結果によると中新世初-中期 (30-25Ma) に激しい沈降運動が認められたことから、この時期に火山活動に伴う地殻の伸長が生じたことが考えられている。しかし、いずれの伸長軸も後述するように現在の東西軸を分けるような neotectonic な境界ではないと考えられる。

大陸斜面の地形断面

ロス海の大陸斜面は、西側よりビクトリアランド盆地の北に連なるノース盆地中の Adare Trough に接する所 (断面1)、Hallett Ridge の東で中央トラフの続きの「ロス海底谷」が発達する斜面 (断面2)、イゼリン堆を越えて東側に発達するイースト盆地は3つに区別され、最も西にあるのが規模が小さい「イゼリン海底谷」が見られる斜面 (断面3)、イースト盆地中央に発達するのが海底扇状地の斜面である (断面4)、およびマリーナードランドに近いところに見られるやや急斜面の部分 (断面5) よりなる。

以上の断面から大陸斜面の区分は、大陸斜面 (深度500-2000m)、上部コンチネンタルライズ (深度2000-3000m)、下部コンチネンタルライズ (深度

ロス海中の海底地形図 (コンター間隔500m)



3000-4000m) と認められた。なお、2つの海底谷の谷筋の断面は、大陸斜面の下限に関しては1750mとやや浅い値を示した。上部コンチネンタルライスの下限に関しては3000-3500mと同じやや深い値を示した。

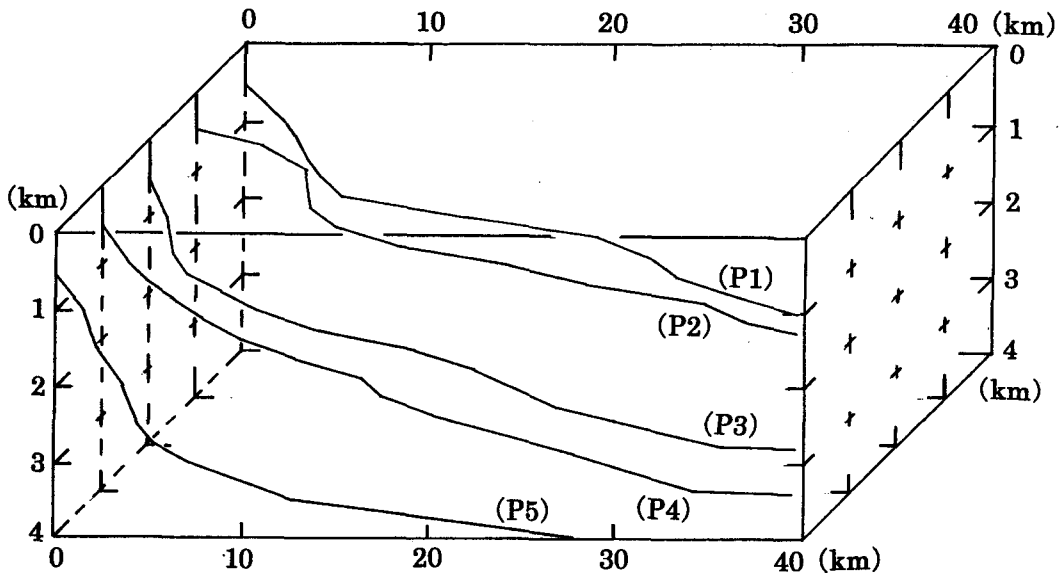
まとめ

最新のデータを利用した海底地形図や構造図は、従来見ることが出来なかった海底の詳細な情報を提供し始めている。筆者らは従来から西南極と東南極の大陸斜面の地形断面が異なる事実を、乏しい資料から指

摘してきたのであるが、今回上記のような手法を新たに使ってロス海中について検討した。

その結果、ロス海中の大陸斜面のプロファイルは西南極の特徴を示しており、しかも最も西側の断面から既にその傾向を示していることが明らかとなった。このことから、西南極と東南極の地形的あるいは neotectonic な境界は、ロス海の下に見られた幾つかの伸長軸に対応するのではなく、南極横断山脈の麓に引けるのではないかと考えた。

ロス海中大陸斜面の地形断面 (北東方向からの俯瞰)



P12 1998年3月25日の南極プレート内の巨大地震(2) 表面波解析

小林 励司・神沼 克伊 (国立極地研究所)

A great earthquake in the Antarctic plate II. Surface wave analysis

Reiji Kobayashi and Katsutada Kaminuma
(National Institute of Polar Research)

1. はじめに

現在、第V期南極観測5か年計画として「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画」(SEAL計画)が進んでいる。その課題のひとつが東南極大陸地殻下部の構造を探ることである。

1998年3月25日、南極大陸の約300km沖(62.877°S, 149.527°E)で表面波マグニチュード(Ms)8.0の地震が起きた。ちょうどフランスのデュモン・デュルビル基地(DRV)と日本の昭和基地(SYO)、そしてこの地震の震源がほぼ大円上にあり、東南極での表面波位相速度を測定するのに適している。しかし、残念ながらDRVの地震波形データが得られるのはしばらく先のことになるため、現在この2点から位相速度を求めることはできない。

ここではその予備調査として、SYOで捉えられた表面波の特徴を調べ、震源からSYOまでの群速度を求めてみた。

2. 波形データの概要と波形の特徴

当時SYOの広帯域地震計(STS-1)は調整中であったため、長周期側が20秒までのモードにセットされていた。しかしながら、それ以上の長周期の波も完全にカットされているわけではないので、表面波の解析に使用することができる。

図1に transverse 成分に表れたラブ波の波形を示す。ちょうどG2~G5が到達している時間帯である。この図で興味深いのはG2よりもG3の方が、G4よりもG5の方が、振幅が2.3~2.5倍も大きいことである。これはSYOの周囲で表面波の focusing, defocusing があ

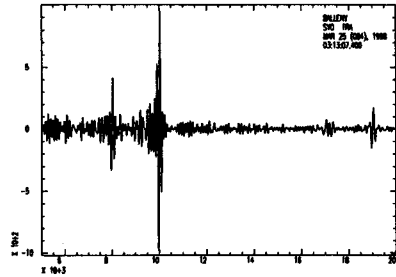


図1: SYOでの transverse 成分の波形(周期100-500秒)。時間帯は5000-20000秒。左からG2(8000秒付近), G3(10000秒付近), G4(17000秒付近), G5(19000秒付近)の波群が見られる。

たことを示している。

3. 群速度の測定

震源からSYOまでの群速度を multiple filter technique (Dziewonski et al., 1969) で求めた。その結果、ラブ波・レイリー波ともに、標準的な球対称地球モデルPREMでの群速度に比べて、周期約70秒よりも長周期では速く、約50秒よりも短周期では遅いことが分かった。

謝辞

SYOの地震波形データは第39次越冬隊の東野氏に送っていただいた。

References

- Dziewonski, A., Bloch, S., and Landisman, M., A technique for the analysis of transient seismic signals, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 59, 427-444, 1969.

°金尾政紀¹・根岸弘明²・東野陽子³・中西 崇²東 敏博³・野木義史¹・神沼克伊¹・渋谷和雄¹¹国立極地研究所、²京大防災研究所、³京大理学部**Recent seismic monitoring observations at Syowa Station****- New seismographic room and aquisition system -**Masaki KANAOKI¹, Hiroaki NEGISHI², Yoko TONO³, Takashi NAKANISHI²,Toshihiro HIGASHI³, Yoshifumi NOGI¹, Katsutada KAMINUMA¹ and Kazuo SHIBUYA¹**概要**

38次隊を中心に、これまでで定常観測されてきた地震データ収録システムが、ハード/ソフト面共に大幅に更新された。特に建造以来25年以上が経過し、以前より施設の老朽化が指摘されていた旧地震感震器室での観測を終了し、機材を全て撤収した。短周期及び広帯域地震計を37次夏に建設した新地震計室へ移設/新設すると共に、地学棟に新たにワークステーションによる波形データ収録装置を導入して、パソコンによる旧システムから越冬中の平行観測を経て切り替えた。この新システムの導入により、地震計室見回りの労力の半減、基地LANを利用してデータ収集が合理化され、これまでの保守作業がかなりの部分で軽減された。今後インマルサット回線を利用し、基地外へのデータ公開を迅速化させたい。さらに国内でのデータ処理が可能になれば、現地での完全自動化が期待される。

新システム導入**1) 新地震計室**

新地震計室は、大型アンテナの南側、32次で建設された重力計室の西隣に位置し(69°00'24"S, 39°35'06"E, 20m above sea level)、短・長周期室、収録室、および前室で構成され、床面積が計6x7m²の外壁がチタン貼りの平屋建てである。広帯域地震計と短周期地震計は、長周期室の簡易型冷凍庫内(床面積; 3m x 2m)に設置され、これらのセンサーを2重に覆い、温度の年変化を軽減する工夫がなされている。極寒期には、前室と冷凍庫内で約6、7℃の開きがあった。

37次隊により内装工事と電気配線の大部分は終えていたが、38次夏期間には配電盤の設置/各部屋のモール配線、及び内装として内壁ねじカバー部のコーキング剤による充填作業、地震計基台の塗装仕上げ等を行なった。また、重力計室のイエローケーブルに末端処理をして延長し、地震計室内までLANケーブルを導入し、ネットワークパソコン端末を設置した。

3月下旬に、短周期地震計(HES)3成分を旧地震感

震器室から新地震計室に移設した。また、新規持ち込みのSTS3成分を設置し、4月初旬より20秒モードで連続観測を開始した。STSの温度変化に伴うドリフト補正については、地学棟からの遠隔操作で調整が可能である。12月中旬に、旧地震感震器室の電源を落とし、完全に新室のみの観測状態へ移行した。また39次夏期間には、VLB用水素メーザーを短周期室へ搬入した。

2) ケーブル敷設

38次夏期間に、新地震計室と地学棟間に600mアナログケーブル5本を敷設した。近年越冬後半の除雪時に重機により誤って切断されることが多いため、全て基地内の各棟を結ぶ電源ラック上を利用している。5本の内訳は、広帯域地震計(STS)用専用ケーブル4本(内1本は予備)、およびHES用24芯アナログケーブル(黒色)1本である。

3) 地学棟収録システム

地学棟内の地震観測室に収録用AD変換器(Q680)と、それに付随する電源部、端子板、およびAD変換器の内部モニター用パソコンを設置した。また、加湿器、静電気防止装置を追加すると共に、無停電電源装置に完全に接続した。2月中に地学棟に新規収録装置一式を搬入し、AD変換器やワークステーション等の配置を行い、基地LANへの接続まで完了した。3月以降に地学棟内で新収録システムの組立/調整、試験収録を行い、4月上旬より本格的な連続収録を開始した。時刻用GPSアンテナは地学棟屋上へ取り付け付けた。越冬期間中は旧システムとの平行観測を継続した。

内部モニター用パソコンは、シリアルケーブルによりAD変換器と接続され、Q680の収録状態の確認と制御の他、地震計のマスポジションの電気的な遠隔補正を行なった(Kermit)。また、パソコン上でのデータの読み出しソフト(PCSEED)、波形探査ソフト(PCDSR)も用意されている。AD変換器は、その内部にUNIXに似たOS(OS-9)を搭載したLAN対応機種で、TCP/IPにより地学棟内のワークステーション(geoturbo)に接続され、AD変換された地震データがネットワーク経由で

常時転送される。

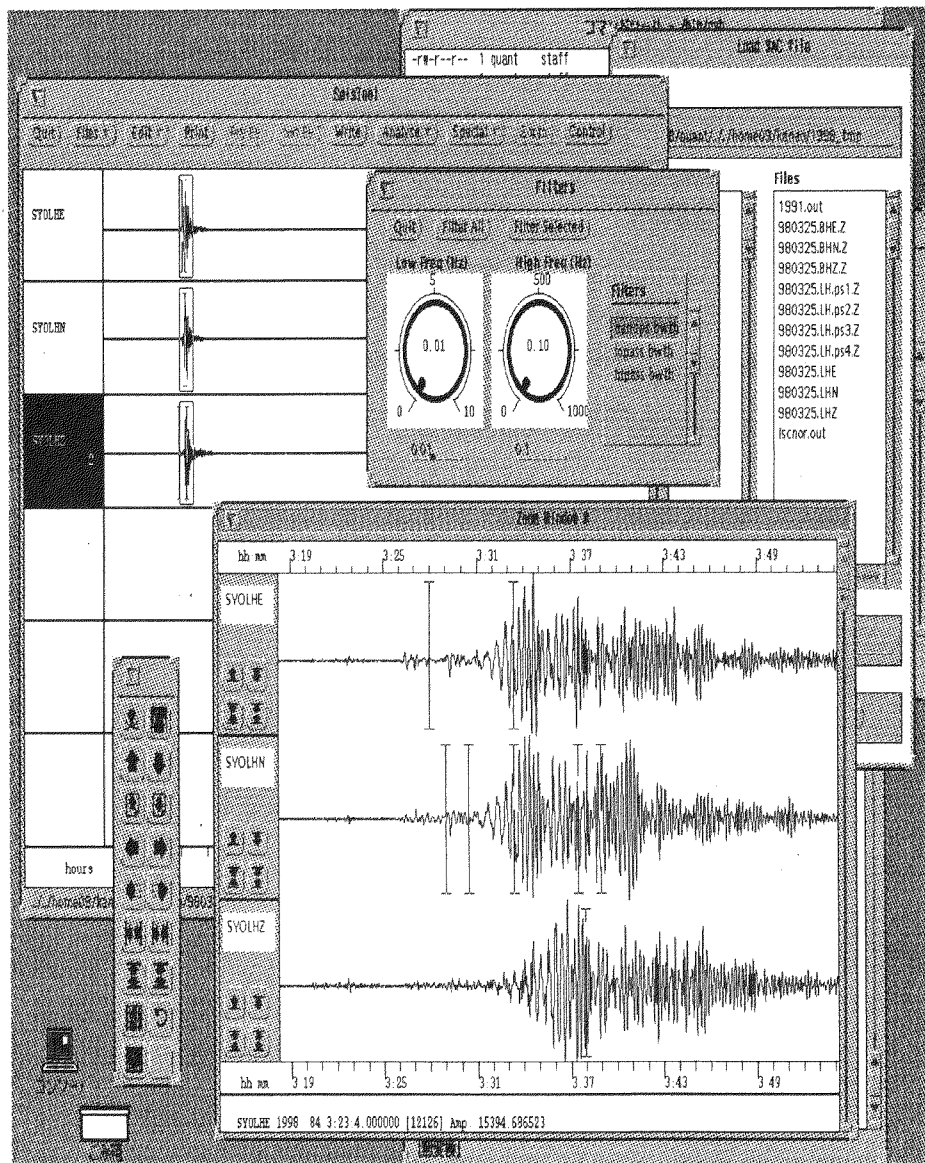
データは、ワークステーション上で動く収録プログラム (Comserv) により4GBytes容量のハードディスクに記録されると共に、全てのログデータがAD変換器内のDATテープ (2GBytes) に書き込まれる。データフォーマットはMini_SEED形式であり、IRIS等で記録されている世界標準である。Mini_SEED形式よりアスキー形式やSAC形式に変換するソフトも用意されており、迅速に共同利用者に提供/解析することが可能である。

データの種類の、STS3成分以外に、新たにHES3成分も同時に収録し、トリガー条件、サンプリング周期の異なる計9種類を持つ。データ量は約20MBytes/日になるが、ワークステーションのハードディスクに約半年連

続記録可能である。越冬中は5ヶ月に1回の割合で、DATテープ (2GBytes) に保存した。

図には、ワークステーション上での地震波形収録ソフト (Seistool) による読み取り/波形編集の例を示す。1998年3月25日の南極プレート内で起きた巨大地震 (Mw=8.1) を始め、着実に新地震計室でのデータが蓄積されつつある。また、これまで通りUUCPによるデータ伝送により基地外利用者への対応も可能である。

なお、旧収録装置は、パソコンによるデジタル収録は終了したものの、アナログペンレコーダーによる連続記録は依然継続しており、基地からのUSGS/NEICへの観震作業に使用している。



P14 東南極、リッツォ・ホルム湾沿岸地域の古地磁気(2)

石川 尚人 (京都大学総合人間学部) ・船木 實 (国立極地研究所)

Paleomagnetism on Lützow-Holm Bay area, East Antarctica (2) - Ongul Islands, Breidvagnipa, Skarvsnes -

Naoto ISHIKAWA (IHS, Kyoto Univ.)・Minoru FUNAKI (NIPR)

Gondwana大陸の形成・分離の過程は地質学からのデータや古地磁気極などから明らかにされてきているが、古地磁気データはオーストラリア以外についてはまだまだ信頼性に乏しい状況にある。そこで、東南極から信頼性のある古地磁気極を得て、東南極と他の Gondwanaメンバーとの関係を明らかにするために、JARE35ではリッツォ・ホルム湾沿岸域の広範囲で古地磁気試料採取を実施した。今回は、オングル諸島、プライボークニーバ、スカルプスネスから採取した試料の古地磁気測定結果を報告する。

試料は主に花崗岩質片麻岩、輝石片麻岩の変成岩類と花崗岩類で、東西オングル島では7地点60試料、プライボークニーバでは10地点89試料、スカルプスネスでは、10地点100試料を採取した。パイロット試料に対する段階消磁実験（熱消磁・交流消磁）の結果、現段階では西オングル島の3地点、プライボークニーバの3地点の試料からマグネタイト保持していると考えられる安定な残留磁化成分が得られた（右図）。この安定な磁化成分は、熱消磁では約350-500℃以上、交流消磁では約15mT以上の消磁段階で見いだされ、それ以下の消磁段階では現在の地球磁場の影響下で獲得されたと考えられる負の伏角をもつ磁化成分が見られた。

高消磁段階で分離された安定な磁化成分が示す見かけの地磁気極は、東南極から報告されて

いる約5億年前の古地磁気極とほぼ同様の方向を示す。

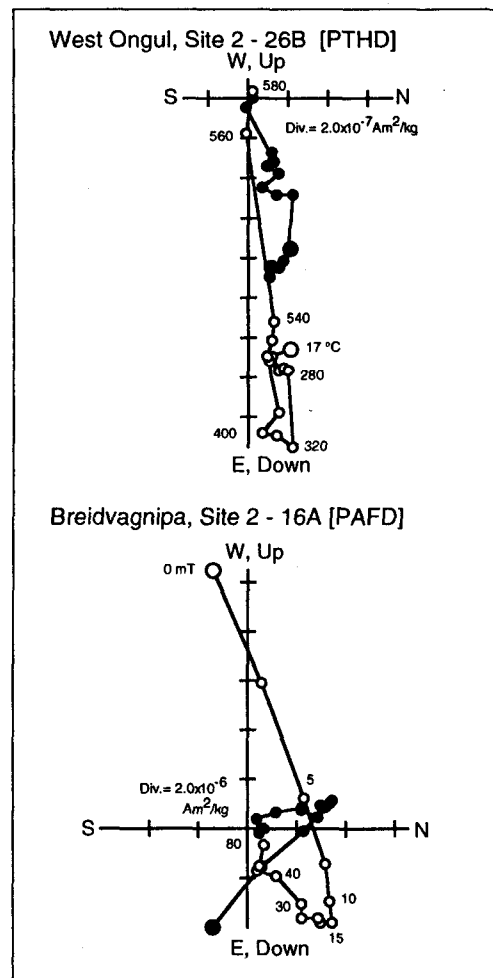


図. 典型的な段階消磁実験の結果
PTHD : 熱消磁, PAFD : 交流消磁

P15

南極昭和基地周辺の重力異常のマッピング

野木義史¹・金尾政紀¹・東敏博²・田中俊行³・青山雄一⁴・福田洋一²

¹国立極地研究所 ²京都大学大学院理学研究科 ³東濃地震科学研究所

⁴総合研究大学院大学

Mapping of gravity anomaly around Syowa Station, Antarctica

Yoshifumi Nogi¹, Masaki Kanao¹, Toshihiro Higashi², Toshiyuki Tanaka³, Yuichi Aoyama⁴, Yoichi Fukuda²

¹National Institute of Polar Research. ²Graduate School of Science, Kyoto University.

³Tono Research Institute of Earthquake Science. ⁴Graduate School for Advanced Studies.

南極大陸とその周辺海域は、 Gondwana やロディニアといった超大陸の分裂や形成を考える上で非常に重要な地域である。重力異常や地磁気異常図は、大陸や海洋底の構造や進化を考える上で、基礎となる情報を与える。特に南極大陸のように大陸のほとんどが氷で覆われ、表層の地質の情報がほとんどわからぬような地域では、重力異常や地磁気異常のマッピングは不可欠である。南極大陸とその周辺海域の重力異常や地磁気異常のマッピングから得られる構造や推定される地質により、Gondwana やロディニアといった超大陸の分裂や形成に関するテクトニクスの議論が可能となる。

海上の重力異常に関しては、最近では、衛星高度データから、北緯72度から南緯72度までの海上での詳細な重力異常図が求められており、波長20km程度までの構造物が検出可能である。また、陸上に関しては、衛星と陸上の観測を元にEMG96というモデル (degree 2, order 0からdegree and order 360) が出されており、これを使用して陸上の重力異常が計算可能である。これらにより、陸上および海上の重力異常がかなり明らかになっている。しかしながら、より詳しい重力異常分布を得るためには、航空機、観測船、地表面での陸上および海上での観測が必要である。

最近、ADGRAV(Antarctica Digital Gravity Synthesis)という国際プロジェクトが開始された。ADGRAVは、現在までに

様々な国により南極大陸およびその周辺海域で得られている地表面、航空機、観測船および衛星のデータを集積し、これにより、南緯60度以南の南極大陸とその周辺海域のより精度の高い新たな重力異常図を作成しようというものである。日本南極地域観測では、これまでに昭和基地周辺で数多くの重力測定が行われており、また、砕氷艦しらせにおいても海上重力観測を行っている。これらのデータが、ADGRAVプロジェクトに大きな貢献となることが期待される。このためにも、現在までに得られている昭和基地周辺の重力測定およびしらせによる海上重力測線の整理を行う必要がある。

本講演では、現在までに得られている昭和基地周辺の重力測定およびしらせによる海上重力測線の整理を行い、これらのデータと衛星による海上重力異常およびEGM96を併用し、昭和基地周辺の重力異常図を作成した結果について報告する。また、今回得られた結果のテクトニクスの解釈および今後の問題に関して議論を行う。

