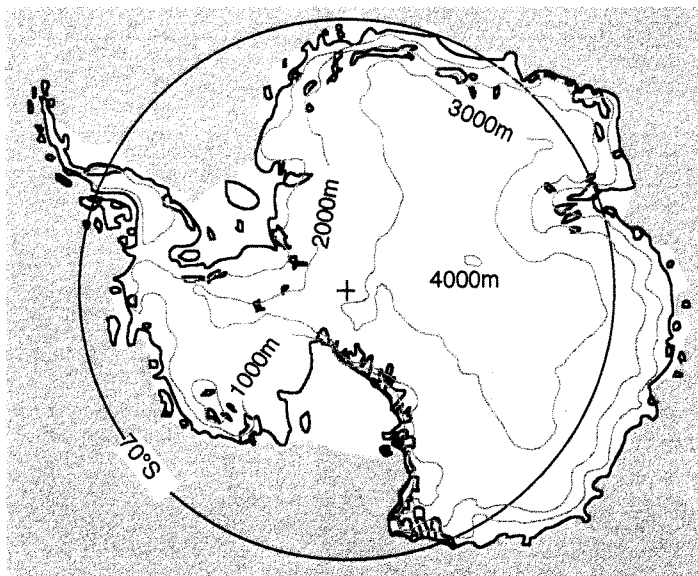


# 第19回南極地学シンポジウム プログラム・講演要旨

The 19th Symposium on Antarctic Geosciences  
Program and Abstracts

14 -15 October 1999



国立極地研究所

National Institute of Polar Research  
Tokyo, Japan

国立極地研究所図書室



000189225

第19回南極地学シンポジウム (1999年) 日程表

10月14日 (木) 14 Oct. (Thursday)	10月15日 (金) 15 Oct. (Friday)
<p>極地研究所所長挨拶 Opening Address by Director-General, NIPR 09:25-09:30</p> <p>I. 南極測地 Antarctic Geodesy 4 論文 09:30-10:30 (60分) 座長: 青木 茂 (極地研) 土井浩一郎 (極地研)</p> <p>II. 固体地球物理 Solid Geophysics 6 論文 10:30-12:00 (90分) 座長: 久保篤規 (東大・地震研) 渋谷和雄 (極地研)</p>	<p>VI. 太古代ナピア岩体 [1] Archean Napier Complex [1] 5 論文 09:45-11:00 (75分) 座長: 廣井美邦 (千葉大・理)</p> <p>IX. 太古代ナピア岩体 [2] Archean Napier Complex [2] 4 論文 11:00-12:00 (60分) 座長: 本吉洋一 (極地研)</p>
<p>昼食 Lunch (12:00-13:00)</p>	<p>昼食 Lunch (12:00-13:00)</p>
<p>III. 地形と第四紀環境変遷 [1] Geomorphology and Quaternary Environmental Change [1] 2 論文 13:00-13:30 (30分) 座長: 平川一臣 (北大・地球環境)</p> <p>IV. ポスター説明 Introduction for Posters 19 論文 13:30-14:00 (30分) 座長: 三浦英樹 (極地研)</p>	<p>X. 海底の地学と南極プレート [1] Marine Geophysics and Antarctic Plate [1] 4 論文 13:00-14:00 (60分) 座長: 船木 貴 (極地研) 野木義史 (極地研)</p> <p>XI. 海底の地学と南極プレート [2] Marine Geophysics and Antarctic Plate [2] 4 論文 14:00-15:00 (60分) 座長: 井口博夫 (姫路工業大・環境人間)</p>
<p>休憩 Coffee Break (14:00-14:20)</p>	<p>休憩 Coffee Break (15:00-15:30)</p>
<p>V. 地形と第四紀環境変遷 [2] Geomorphology and Quaternary Environmental Change [2] 5 論文 14:20-15:35 (75分) 座長: 三浦英樹 (極地研)</p> <p>VI. 地形と第四紀環境変遷 [3] Geomorphology and Quaternary Environmental Change [3] 5 論文 15:35-16:50 (75分) 座長: 森脇喜一 (極地研)</p> <p>VII. 特別講演: Dr. D.H. Green Special Lecture by Dr. D.H. Green 16:50-17:30 (40分) 座長: 新井田清信 (北大・理)</p>	<p>XII. 太古代ナピア岩体 [3] Archean Napier Complex [3] 2 論文 15:30-16:00 (30分) 座長: 角替敏昭 (島根大・教育)</p> <p>XIII. 原生代-古生代変動帯 Proterozoic-Paleozoic Mobile Belts 6 論文 16:30-17:30 (90分) 座長: 石塚英男 (高知大・理) 白石和行 (極地研)</p>
<p>懇親会 Conference Party (17:40-19:00)</p>	

第19回南極地学シンポジウム プログラム (1999年度)  
*Programme for 19th NIPR Symposium on Antarctic Geoscience, 1999*

10月14日 (木) 14 October (Thursday) 9:25~17:30

(09:25-09:30) 挨拶 Opening Address

国立極地研究所所長 平沢威男

Director-General, National Institute of Polar Research T. Hirasawa

I. 南極測地 Antarctic Geodesy

座長: 青木 茂 (極地研) ・ 土井浩一郎 (極地研)

Chairs: S. Aoki (NIPR) and K. Doi (NIPR)



1. (09:30-09:45) 南極VLBI実験SYW991の基礎解析結果について

福崎順洋 (国土地理院)  
寺家孝明 (総研大・国立天文台)

渋谷和雄 (極地研)

高島和宏 (国土地理院)

丸山一司 (国土地理院)

岩田昭雄 (国土地理院)

石原 操 (国土地理院)

土井浩一郎 (極地研)

On a geodetic solution of the SYW991 Antarctic VLBI experiment

Y. Fukuzaki (Geographical Survey Institute)

T. Jike (Grad. Univ. Advanced Studies, NAO)

K. Shibuya (NIPR)

K. Takashima (Geographical Survey Institute)

K. Maruyama (Geographical Survey Institute)

A. Iwata (Geographical Survey Institute)

M. Ishihara (Geographical Survey Institute)

K. Doi (NIPR)

2. (09:45-10:00) 速報: 昭和基地で観測されたGPSと超伝導重力計のコヒーレントな変動について

福崎順洋 (国土地理院)

青木 茂 (極地研)

山田晃子 (国土地理院)

田村良明 (国立天文台・水沢)

佐藤忠弘 (国立天文台・水沢)

渋谷和雄 (極地研)

A preliminary report on coherent variations between SG and GPS

Y. Fukuzaki (Geographical Survey Institute)

S. Aoki (NIPR)

A. Yamada (Geographical Survey Institute)

Y. Tamura (National Astronomical Observatory, Mizusawa)

T. Sato (National Astronomical Observatory, Mizusawa)

K. Shibuya (NIPR)

P19159

12. 1. 17

3. (10:00-10:15) 南極VLBI実験の測地解析結果

寺家孝明 (総研大・国立天文台)  
渋谷和雄 (極地研)  
真鍋盛二 (国立天文台)  
南極VLBI観測グループ

The geodetic analysis result of the Antarctica VLBI Experiment

T. Jike (Grad. Univ. Advanced Studies, NAO)  
K. Shibuya (NIPR)  
S. Manabe (National Astronomical Observatory)  
The Antarctica VLBI Observation Group

4. (10:15-10:30) 航空重力測定法の開発および極域への応用

瀬川爾朗 (東海大・海洋)  
楠本成寿 (東海大・海洋)  
長谷川 博 (朝日航洋株式会社)  
石原文実 (地質調査所)  
山本貢志 (株式会社トキメック)

Development of air-borne gravimeter and application to gravimetry in polar regions

J. Segawa (Tokai University)  
S. Kusumoto (Tokai University)  
H. Hasegawa (Aero Asahi Corporation)  
T. Ishihara (Geological Survey Institute)  
K. Yamamoto (Tokimec Inc.)

II. 固体地球物理 Solid Geophysics

座長: 久保篤規 (東大・地震研)・渋谷和雄 (極地研)

Chairs: A. Kubo (University of Tokyo, ERI) and K. Shibuya (NIPR)

5. (10:30-10:45) 新地震計室移設に伴う昭和基地の地震検知率の推移

金尾政紀 (極地研)  
神沼克伊 (極地研)

Time variation of detection capability for global earthquakes at Syowa Station associated with the installation in new seismographic room

M. Kanao (NIPR)  
K. Kaminuma (NIPR)

6. (10:45-11:00) 広帯域地震波形と重力データによる宗谷海岸周辺域のモホ面の深さの推定

金尾政紀 (極地研)  
根岸弘明 (京大・防災研)  
東野陽子 (京大・理)

Estimation of Moho depth around the Soya Coast Region, East Antarctica, by broadband receiver functions and the field gravity data

M. Kanao (NIPR)  
H. Negishi (Kyoto University, DPRI)  
Y. Tono (Kyoto University)



7. (11:00–11:15) 内核の異方性と差分回転の可能性

一瀬建日 (京大・理)

中西一郎 (京大・理)

山田 朗 (京大・理)

Inner core anisotropy and the possibility of the differential rotation

T. Isse (Kyoto University)

I. Nakanishi (Kyoto University)

A. Yamada (Kyoto University)

8. (11:15–11:30) 昭和基地における表面波のポーラリゼーション異常

小林励司 (極地研)

Polarization anomalies of surface waves at Syowa Station

R. Kobayashi (NIPR)

9. (11:30–11:45) 南極の地震活動・再評価 - 地震活動度からサイスモテクトニクスへ -

神沼克伊 (極地研)

A revaluation of the seismicity in the Antarctic - From seismicity to seismotectonics-

K. Kaminuma (NIPR)

10. (11:45–12:00) グローバルな非定常地殻上下変動の可能性：後氷期地殻変動モデリングとの関係

久保篤規 (東大・地震研)

田中俊行 (東濃地震科学研究所)

Possibility of global non-stationary geodetic vertical motions: Effect on the postglacial rebound modelling

A. Kubo (University of Tokyo, ERI)

T. Tanaka (Tono Research Institute of Earthquake Science)

..... 昼食 Lunch (12:00–13:00) .....

III. 地形と第四紀環境変遷 (1) Geomorphology and Quaternary Environmental Change (1)

座長：平川一臣 (北大・地球環境)

Chair: K. Hirakawa (Hokkaido University)

11. (13:00–13:15) Late-Quaternary climatic transitions in the circum-Antarctic coastal zone

P.A. Berkman (The Ohio States University, USA)

12. (13:15–13:30) Annual to seasonal scaled isotope variation of *Adamsium Colbecki*: proxies of environmental variability in Antarctic coastal waters

K.C. Lohmann (The University of Michigan, USA)

P.A. Berkman (The Ohio States University, USA)

#### IV. ポスター説明 Introduction for Posters

座長：三浦英樹（極地研）

Chair: H. Miura (NIPR)

P1-P19. (13:30-14:00) (要旨：巻末)

．．．．．休憩 Coffee Break (14:00-14:20) ．．．．．

#### V. 地形と第四紀環境変遷 (2) Geomorphology and Quaternary Environmental Change (2)

座長：三浦英樹（極地研）

Chair: H. Miura (NIPR)

13. (14:20-14:35) 周氷河斜面プロセスの速度と様式- 世界の寒冷地域における観測データの比較-

松岡憲知 (筑波大・地球科学)

Rates and processes of periglacial mass movements: A review of field data

N. Matsuoka (University of Tsukuba)

14. (14:35-14:50) リーセルラルセン山麓の”リチャードソン-ティル”の層相と東南極氷床変動への意義

平川一臣 (北大・地球環境科学)

澤柿敦伸 (北大・地球環境科学)

Richardson Till: its facies and the significance to the EAIS-fluctuation

K. Hirakawa (Hokkaido University)

T. Sawagaki (Hokkaido University)

15. (14:50-15:05) ラングホブデざくろ池湖畔から採取された貝化石 *Chlamys* の意義-後期新生代の南極氷床変動史に関連して-

森脇喜一 (極地研)

三浦英樹 (極地研)

*Chlamys*-like scallop sampled from Langhovde, East Antarctica: Implication for a deglaciation during Miocene/Pliocene

K. Moriwaki (NIPR)

H. Miura (NIPR)

16. (15:05-15:20) 珪藻種構成からみた西オングル大池の環境変遷

岩佐朋美 (京都教育大・教)

坂東忠司 (京都教育大・教)

中村俊夫 (名大・年代測定センター)

伊村 智 (極地研)

神田啓史 (極地研)

Transition of diatom-flora, observed in the sediment core from the Lake West Ongul O-ike, Antarctica

T. Iwasa (Kyoto University of Education)

T. Bando (Kyoto University of Education)

T. Nakamura (Nagoya University)  
S. Imura (NIPR)  
H. Kanda (NIPR)

17. (15:20–15:35) 舟底池周辺における海成堆積物の層序

瀬戸浩二 (島根大・理工)

Stratigraphical study of the marine deposits around the Lake Hunazoko, Skarvsnes, Antarctica

K. Seto (Shimane University)

18. (15:35–15:50) Origin of layered diatom ooze from frontal zone in Bransfield Strait, Antarctic Peninsula: Its paleoclimatic implications

H.I. Yoon (Polar Research Center, Korean Ocean Research and Development Institute)

Y.D. Kim (Polar Research Center, Korean Ocean Research and Development Institute)

VI. 地形と第四紀環境変遷 (3) Geomorphology and Quaternary Environmental Change (3)

座長：森脇喜一 (極地研)

Chair: K. Moriwaki (NIPR)

19. (15:50–16:05) 東南極リュツォ・ホルム湾の現生介形虫群集

加藤昌子 (静岡大・理工)

瀬戸浩二 (島根大・理工)

T. M. Cronin (US Geological Survey)

池谷仙之 (静岡大・理)

Recent marine Ostracoda from Lützow-Holm Bay, East Antarctica

M. Kato (Shizuoka University)

K. Seto (Shimane University)

T. M. Cronin (US Geological Survey)

N. Ikeya (Shizuoka University)

20. (16:05–16:20) 東南極リュツォ・ホルム湾における隆起海浜堆積物中の介形虫群集

加藤昌子 (静岡大・理工)

五十嵐厚夫 (極地研)

T. M. Cronin (US Geological Survey)

池谷仙之 (静岡大・理)

Ostracoda fauna from raised beach deposits along the east coast of Lützow-Holm Bay, East Antarctica

M. Kato (Shizuoka University)

A. Igarashi (NIPR)

T. M. Cronin (US Geological Survey)

N. Ikeya (Shizuoka University)

21. (16:20–16:35) リュツォ・ホルム湾白瀬海底谷から得た完新統堆積物コア中の石灰質有孔虫群集とその意義

五十嵐厚夫 (極地研)

Recovery of Holocene calcareous foraminiferal fauna from a core collected from the Shirase Submarine Valley, Lützow-Holm Bay, and its significance

A. Igarashi (NIPR)

22. (16:35–16:50) 南極産二枚貝 *Laternula elliptica* の殻に残された安定同位体の記録- 南極融水水の歴史

和田秀樹 (静岡大・理)

河合庸展 (静岡大・理)

三浦英樹 (極地研)

P.A. Berkman (The Ohio States Yniversity, USA)

K.C. Lohmann (The University of Michigan, USA)

Stable isotopic records from Antarctic *Latemula elliptica*'s shell-the history of meltwater in Antarctica-

H. Wada (Shizuoka University)

T. Kawai (Shizuoka University)

H. Miura (NIPR)

P.A. Berkman (The Ohio States University, USA)

K.C. Lohmann (The University of Michigan, USA)

## VII. 特別講演 Special Lecture by Dr. D.H. Green

座長: 新井田清信 (北大・理)

Chair: K. Niida (Hokkaido University)

- S. (16:50–17:30) Petrogenesis of the Ferrar-Tasmanian-Karoo continental tholeiite province-constraints and models from experimental petrology

David H. Green (Director, Research School of Earth Science, The Australian National University)

．．．．．懇親会 Conference Party (17:40–19:00) ．．．．．  
研究棟2階講義室 Lecture Room (2F)

**10月15日（金） 15 October (Friday) 09:45~17:30**

**VII. 太古代ナピア岩体 (1) Archean Napier Complex (1)**

**座長：廣井美邦（千葉大・理）**

Chair: Y. Hiroi (Chiba University)

- 23. (09:45 – 10:00) Geochemistry of the orthopyroxene felsic gneiss from Mt. Riiser-Larsen in the Napier Complex, East Antarctica**

鈴木里子 (総研大・極地研)

本吉洋一 (極地研)

白石和行 (極地研)

Geochemistry of the orthopyroxene felsic gneiss from Mt. Riiser-Larsen in the Napier Complex, East Antarctica

S. Suzuki (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)

Y. Motoyoshi (NIPR)

K. Shiraishi (NIPR)

- 24. (10:00 – 10:15) 石英－磁鉄鉱岩の全岩化学組成と輝石組成から推定されるナピア岩体の最高変成温度**

石塚英男 (高知大・理)

吉田知久 (高知大・理)

鈴木里子 (総研大・極地研)

Peak metamorphic temperature of the Napier Complex deduced from bulk rock and pyroxene compositions of quartz-magnetite rocks

H. Ishizuka (Kochi University)

T. Yoshida (Kochi University)

S. Suzuki (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)

- 25. (10:15 – 10:30) 変成超塩基性岩類の全岩化学組成と輝石組成から推定されるナピア岩体の最高変成温度**

石塚英男 (高知大・理)

中村亜樹 (高知大・理)

鈴木里子 (総研大・極地研)

Peak metamorphic temperature of the Napier Complex deduced from bulk rock and pyroxene compositions of meta-ultramafic rocks

H. Ishizuka (Kochi University)

A. Nakamura (Kochi University)

S. Suzuki (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)

- 26. (10:30 – 10:45) 東南極ナピア岩体ハワードヒルズにおける超高温変成作用**

吉村康隆 (高知大・理)

本吉洋一 (極地研)

宮本知治 (九大・理)

E.S. Grew (University of Maine, USA)

C.J. Carson (Yale University, USA)

D.J. Dunkley (蒲郡生命の海科学館)

Ultra-high temperature metamorphism of Howard Hills in the Napier Complex, East Antarctica

Y. Yoshimura (Kochi University)

Y. Motoyoshi (NIPR)

T. Miyamoto (Kyushu University)

E.S. Grew (University of Maine, USA)

C.J. Carson (Yale University, USA)

D.J. Dunkley (Gamagori Natural History Museum)

27. (10:45–11:00) Stability of F-phlogopite in UHT metamorphic rocks from the Napier Complex: revisited

Y. Motoyoshi (NIPR)

B.J. Hensen (University of New South Wales, Australia)

## IX. 太古代ナピア岩体 (2) Archean Napier Complex (2)

座長: 本吉 洋一 (極地研)

Chair: Y. Motoyoshi (NIPR)

28. (11:00–11:15) 東南極エンダビーランド, McIntyre島に産する高アルミニウム斜方輝石の高温高圧下での関係

川崎智佑 (愛媛大・理)

本吉洋一 (極地研)

High-pressure and high-temperature phase relations of aluminous orthopyroxene from McIntyre Island, Enderby Land, East Antarctica

T. Kawasaki (Ehime University)

Y. Motoyoshi (NIPR)

29. (11:15–11:30) 超高温変成作用の熱モデル計算: ナピア岩体を例に

外田智千 (総研大・極地研)

Thermal modelling of ultrahigh-temperature metamorphism: implications for the Napier Complex

T. Hokada (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)

30. (11:30–11:45) Rb-Sr geochronology of alkali mela-syenite at Tonagh Island, East Antarctica: a highly potassic rock intrusive into the Napier Complex

T. Miyamoto (Kyushu University)

E.S. Grew (University of Maine, USA)

J.W. Sheraton

D.J. Dunkley (Gamagori Natural History Museum)

C.J. Carson (Yale University, USA)

Y. Yoshimura (Kochi University)

Y. Motoyoshi (NIPR)

31. (11:45–12:00) The structural history of Skallevikhalsen, Lützow-Holm Complex, east Antarctica: a sketch of a new synthesis

D.J. Dunkley (Gamagori Natural History Museum)

C.J. Carson (Yale University, USA)

E.S. Grew (University of Maine, USA)

Y. Motoyoshi (NIPR)

T. Miyamoto (Kyushu University)

Y. Yoshimura (Kochi University)

..... 昼食 Lunch (12:00–13:00) .....

## **X. 海底の地学と南極プレート (1) Marine Geophysics and Antarctic Plate (1)**

**座長: 船木 實 (極地研) ・ 野木義史 (極地研)**

Chairs: M. Funaki (NIPR) and Y. Nogi (NIPR)

32. (13:00–13:15) Variation of crustal structure beneath the Shackleton fracture zone along its strike at the Antarctic-Scotia plate boundary near Elephant Island, Antarctic Peninsula

Y.D. Kim (Polar Research Center, Korean Ocean  
Research and Development Institute)

Y.K. Jin (Polar Research Center, Korean Ocean  
Research and Development Institute)

K.J. Kim (Polar Research Center, Korean Ocean  
Research and Development Institute)

33. (13:15–13:30) 東スコチア海嶺の背弧海盆拡大

**野木義史 (極地研)**

**R.A. Livermore (英国南極調査局)**

Back-arc spreading at the East Scotia Ridge

Y. Nogi (NIPR)

R.A. Livermore (British Antarctic Survey)

34. (13:30–13:45) Paleomagnetism of volcanic rocks (24-30 Ma) from Kerguelen archipelago (Southern Indian ocean)

H. Bernard (IPGP, Saint-Maur, France)

C. Pierre (ISTEEM, Montpellier, France)

P. Michel (ISTEEM, Montpellier, France)

35. (13:45–14:00) 南インド洋ケルゲレン海台での深海掘削 (ODP LEG183予報)

**井口博夫 (姫路工業大・環境人間)**

**ODP Leg183乗船研究者一同**

Preliminary results of ODP Leg183 at Kerguelen Plateau, South Indian Ocean

H. Inokuchi (Himeji Institute of Technology)

Scientific Party of ODP Leg183

## XI. 海底の地学と南極プレート (2) Marine Geophysics and Antarctic Plate (2)

座長：井口博夫（姫路工業大・環境人間）

Chair: H. Inokuchi (Himeji Institute of Technology)

### 36. (14:00-14:15) 南極B海山かんらん岩の岩石学的特徴と上昇履歴

新井田清信（北大・理）

湯浅真人（地質調査所・産学官センター）

池田保夫（北海道教育大・釧路校）

Petrologic signature and up-lifting history of the Antarctic Seamount B peridotites

K. Niida (Hokkaido University)

M. Yuasa (Geological Survey Institute)

Y. Ikeda (Hokkaido University of Education)

### 37. (14:15-14:30) 東南極デービス海周辺海域におけるTH98航海の地質地球物理調査結果

村上文敏（石油公団）

石原文実（地質調査所）

片山 肇（地質調査所）

小田啓邦（地質調査所）

杉山和弘（地質調査所）

藤本正道（石油公団）

小田 浩（石油公団）

Geological and geophysical survey results of TH98 cruise around the Davis Sea, East Antarctica

F. Murakami (Japan National Oil Corporation)

T. Ishihara (Geological Survey Institute)

H. Katayama (Geological Survey Institute)

H. Oda (Geological Survey Institute)

K. Sugiyama (Geological Survey Institute)

M. Fujimoto (Japan National Oil Corporation)

H. Oda (Japan National Oil Corporation)

### 38. (14:30-14:45) 南インド洋エンダビー海盆の地磁気3成分異常

野木義史（極地研）

Vector magnetic anomalies in the Enderby Basin, Southern Indian Ocean

Y. Nogi (NIPR)

### 39. (14:45-15:00) 南極海での船上観測と今後の展望

野木義史（極地研）

Shipboard observation in the Antarctic Ocean and the future plan

Y. Nogi (NIPR)

．．．．． 休憩 Coffee Break (15:00-15:30) ．．．．．



## **XI. 太古代ナピア岩体 (3) Archean Napier Complex (3)**

**座長：角替敏昭（島根大・教育）**

Chair: T. Tsunogae (Shimane University)

40. (15:30–15:45) Granulite-facies Beryllium Pegmatites in the Napier Complex in Khmara and Amundsen Bays, western Enderby Land, East Antarctica

E. S. Grew (University of Maine, USA)  
J. Barbier (McMaster University, Canada)  
C. K. Shearer (University of New Mexico, USA)  
J. W. Sheraton (The Australian National University)  
K. Shiraishi (NIPR)  
Y. Motoyoshi (NIPR)

41. (15:45–16:00) アムンゼン貫入岩類の多様性と起源、その 1：全岩主要及び微量化学組成と鉱物組成

石塚英男 (高知大・理)  
鈴木里子 (総研大・極地研)

Diversity and origins of the Amundsen Dikes, part 1: bulk rocks and mineral compositions

H. Ishizuka (Kochi University)  
S. Suzuki (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)

## **XII. 原生代- 古生代変動帯 Proterozoic-Paleozoic Mobile Belts**

**座長：石塚英男（高知大・理）・白石和行（極地研）**

Chairs: H. Ishizuka (Kochi University) and K. Shiraishi (NIPR)

42. (16:00–16:15) Preliminary study of the Mefjell granitic complex in the Sør-Rondane Mountain, East Antarctica

Li Zilong (Kobe University)  
Y. Tainosho (Kobe University)  
M. Owada (Yamaguchi University)

43. (16:15–16:30) 東南極、リュツォ・ホルム岩体ならびにセール・ロンダーネ山地の大理石層の炭素・酸素安定同位体組成

土屋範芳 (東北大・工)  
小山内 康人 (岡山大・教育)  
志村俊昭 (新潟大・理)  
日下部 実 (岡山大・固体地球研究センター)

Carbon and oxygen stable isotopic compositions of marble layers in the Lützow-Holm Complex and Sør-Rondane Mountain, East Antarctica

N. Tsuchiya (Tohoku University)  
Y. Osanao (Okayama University)  
T. Shimura (Niigata University)  
M. Kusakabe (Okayama University)

44. (16:30-16:45) 南極からみた Gondwana 形成- セールロンダーネ山地の年代学的研究から-  
白石和行 (極地研)  
C.M. Fanning (The Australian National University)  
R.A. Armstrong (The Australian National University)  
本吉洋一 (極地研)

Gondwana construction-Geochronology of the Sør Rondane Mts-

K. Shiraishi (NIPR)  
C.M. Fanning (The Australian National University)  
R.A. Armstrong (The Australian National University)  
Y. Motoyoshi (NIPR)

45. (16:45-17:00) 南アフリカ, 中期原生代ナタール帯, ツゲラ帯の地質とテクトニックセッティング

有馬 真 (横浜国大・教育人間科学)  
谷 圭司 (横浜国大・教育人間科学)  
川手新一 (武蔵高等学校)  
S.T. Johnston (University of Durban-Westville, South Africa)  
S. McCourt (University of Durban-Westville, South Africa)

Geology and tectonic setting of the Tugela Terrane, Natal Belt, South Africa

M. Arima (Yokohama National University)  
K. Tani (Yokohama National University)  
S. Kawate (Musashi High School)  
S.T. Johnston (University of Durban-Westville, South Africa)  
S. McCourt (University of Durban-Westville, South Africa)

46. (17:00-17:15) 南アフリカ, ナマクアランド地域の花崗岩類の Sr・Nd 同位体比組成

柚原雅樹 (新潟大・積雪地域災害研究センター)  
加々美寛雄 (新潟大・自然科学)  
廣井美邦 (千葉大・理)  
土屋範芳 (東北大・工)  
白石和行 (極地研)

Sr・Nd isotopic composition of granitic rocks in the Namaqualand, South Africa

M. Yuhara (Niigata University)  
H. Kagami (Niigata University)  
Y. Hiroi (Chiba University)  
N. Tsuchiya (Tohoku University)  
K. Shiraishi (NIPR)

47. (17:15-17:30) 南アフリカ高度変成岩に見いだされた 2・3 の岩石学的・鉱物学的新知見

廣井美邦 (千葉大・理)  
土屋範芳 (東北大・工)  
本吉洋一 (極地研)  
白石和行 (極地研)

Some mineralogical and petrological new aspects in the high-grade metamorphic rocks from South Africa

Y. Hiroi (Chiba University)

N. Tsuchiya (Tohoku University)  
Y. Motoyoshi (NIPR)  
K. Shiraishi (NIPR)

## ポスターセッション（要旨：巻末）

### P1. 東南極，セールロンダーネ山地の花崗岩類の地球化学的研究- 希土類元素-

田結庄良昭 (神戸大・発達科学)  
白石和行 (極地研)  
高橋裕平 (地質調査所・北海道支所)

Geochemical characteristics of granite rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica -Rare elements-

Y. Tainosho (Kobe University)  
K. Shiraishi (NIPR)  
Y. Takahashi (Geological Survey Institute)

### P2. 東南極ナピア岩体の超高温変成作用の時期：電子線マイクロプローブを用いたモナザイトとジルコンの年代測定

外田智千 (総研大・極地研)  
鈴木里子 (総研大・極地研)  
本吉洋一 (極地研)

Timing of ultrahigh-temperature metamorphism of the Napier Complex, East Antarctica: monazite and zircon dating using electron microprobe

T. Hokada (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)  
S. Suzuki (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)  
Y. Motoyoshi (NIPR)

### P3. 東南極ナピア岩体トナー島の超高温苦鉄質グラニュライトに含まれる角閃石の化学組成

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・自然科学)  
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)

Composition of amphiboles in ultra high-temperature mafic granulite from Tonagh Island in the Napier Complex, East Antarctica

T. Tsunogae (Shimane University)  
Y. Osanai (Okayama University)  
T. Toyoshima (Niigata University)  
M. Owada (Yamaguchi University)  
T. Hokada (Grad. Univ. Advanced Studies, NIPR)  
W.A. Crowe (West Australia University)

### P4. 北大西洋地塊における20億大陸衝突イベント：スコットランド北西，サウスハリス岩体の例

馬場壮太郎 (大阪市立大・理)

2.0Ga continent collisional event in North Atlantic craton: example from South Harris Complex, NW Scotland

S. Baba (Osaka City University)

### P5. Strain analysis of conglomerate bed using deformed pebbles at the boundary between the Nellore-Khammam Schist Belt and Pakhal

Rajneesh Kumar (Osaka City University)  
T. Okudaira (Osaka City University)  
M. Yoshida (Osaka City University)

**P6. Geochemistry of Amphibolites from Nellore-Khammam Schist Belt, Khammam, southern India**

B. Hari Prasad (Osaka City University)  
T. Okudaira (Osaka City University)  
Y. Hayasaka (Osaka City University)  
M. Yoshida (Osaka City University)

**P7. A partial petrogenetic grid for KFMASH system at high oxygen fugacity: new experimental data for high  $X_{Mg}$  metapelitic granulite**

K. Das (Hokkaido University)  
S. Dasgupta (Jadavpur University, India)  
H. Miura (Hokkaido University)

**P8. Carbon and oxygen isotope characteristics of marbles from the Lützow-Holm Bay, East Antarctica: Evidence for regional fluid infiltration**

M. Satish-Kumar (Shizuoka University)  
H. Wada (Shizuoka University)  
Y. Osanai (Okayama University)  
M. Yoshida (Osaka City University)

**P9. 広帯域地震波形でみた南極大陸縁辺部の地殻構造**

金尾政紀 (極地研)  
久保篤規 (東大・地震研)  
渋谷拓郎 (京大・防災研)

Crustal structure around the Antarctic margin by broadband receiver function analysis

M. Kanao (NIPR)  
A. Kubo (University of Tokyo, ERI)  
T. Shibutani (Kyoto University, DPRI)

**P10. 氷床での地震アレイデータによるセンブランス解析**

筒井智樹 (京大・理)  
金尾政紀 (極地研)

Senbrance analyses by seismic array observations on continental ice sheet, East Antarctica

T. Tsutsui (Kyoto University)  
M. Kanao (NIPR)

**P11. 東南極リーセルラルセン山地域産岩石の古地磁気測定結果**

石川尚人 (京大・総合人間)  
船木 實 (極地研)

Paleomagnetic result of rocks from the Mt. Riiser-Larsen area, East Antarctica

N. Ishikawa (Kyoto University)  
M. Funaki (NIPR)

**P12. 東南極大陸の表面波速度**

小林励司 (極地研)  
神沼克伊 (極地研)

Surface wave velocity in East Antarctica

R. Kobayashi (NIPR)

P13. 南極大陸下の地震波速度異方性とその形成過程

久保篤規 (東大・地震研)  
金尾政紀 (極地研)  
平松良浩 (金沢大・理)  
根岸弘明 (京大・防災研)  
東野陽子 (京大・理)

Shear wave splitting anisotropy beneath the Antarctic upper mantle and its possible formation processes

A. Kubo (University of Tokyo, ERI)  
M. Kanao (NIPR)  
Y. Hiramatsu (Kanazawa University)  
H. Negishi (Kyoto University, DPRI)  
Y. Tono (Kyoto University)

P14. 南極ペネトレーターの開発状況

渋谷和雄 (極地研)  
金尾政紀 (極地研)  
神沼克伊 (極地研)

Development of the Antarctic penetrator

K. Shibuya (NIPR)  
M. Kanao (NIPR)  
K. Kaminuma (NIPR)

P15. 衛星高度計データに基づく南インド洋の海底地形からの構造線抽出の試み

寺田久美子 (京大・理)  
福田洋一 (京大・理)  
野木義史 (極地研)

Detection of sea floor structure on the Southern Indian Ocean from satellite altimetry

K. Terada (Kyoto University)  
Y. Fukuda (Kyoto University)  
Y. Nogi (NIPR)

P16. 南極昭和基地及び周辺域における潮汐観測結果について

小田巻 実 (海上保安庁・水路部)  
及川幸四郎 (気象庁・気候・海洋気象部)  
増山昭博 (海上保安庁・水路部)  
並木正治 (海上保安庁・水路部)

Total observation results around Syowa Station, Antarctica

M. Odamaki (Marine Safety Agency)  
K. Oikawa (Japan Meteorological Agency)  
A. Masuyama (Marine Safety Agency)  
M. Namiki (Marine Safety Agency)

P17. 南極半島James Ross島における淘汰構造土の平面径と深さとの関係

森 淳子 (北大・低温研)  
曾根敏雄 (北大・低温研)

Relationship between width and depth of sorted patterned ground on James Ross Island, Antarctic Peninsula

J. Mori (Hokkaido University, LTI)  
T. Sone (Hokkaido University, LTI)

**P18. ロス海より得られた第四紀後期の堆積物：第14次イタリア南極観測隊予察結果**

岩井雅夫 (高知大・理)  
フォントラン, G. (トリエステ大学)  
クァイア, T. (トリエステ大学)  
コラディ, N. (ジェノバ大学)  
イヴァルディ, R. (ジェノバ大学)

**Late Quaternary sediments from the Ross Sea: Preliminary results of the 14th Italian Antarctic Expedition**

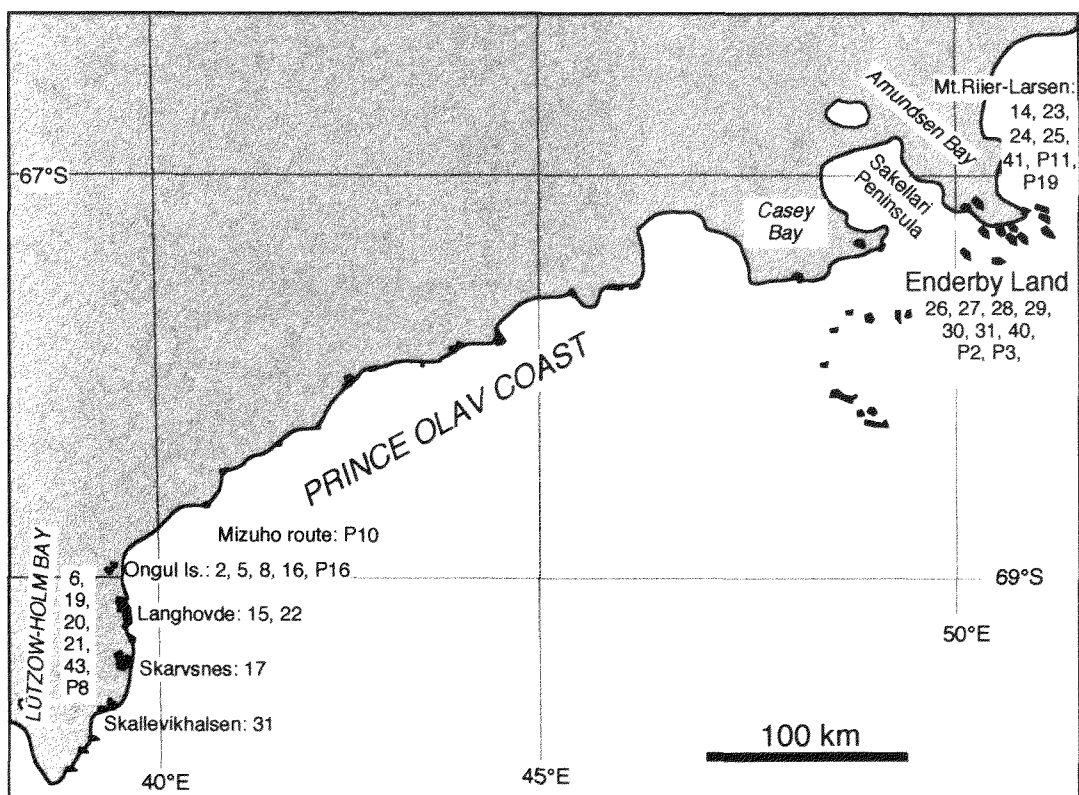
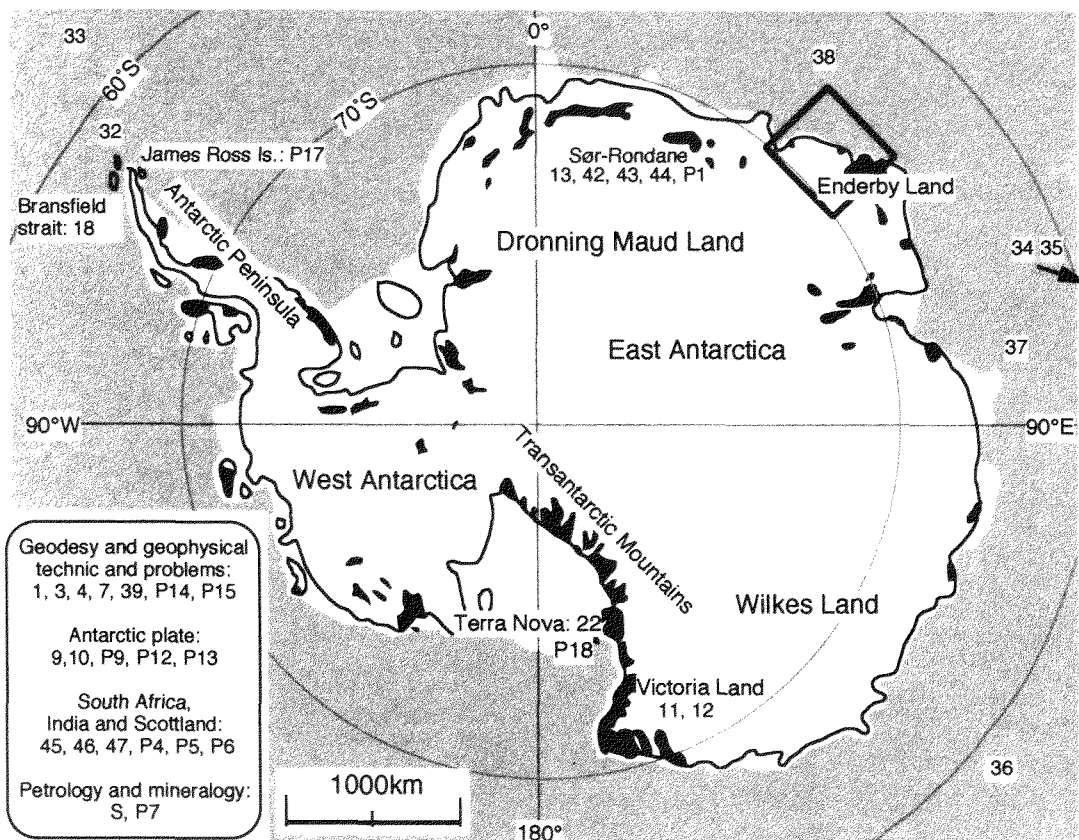
M. Iwai (Kochi University)  
G. Fontolan (University of Trieste, Italy)  
T. Quiaia (University of Trieste, Italy)  
N. Corradi (University of Genova, Italy)  
R. Ivaldi (University of Genova, Italy)

**P19. 南極, リチャードソン湖のコアをつかった環境変動の研究**

永山美也子 (静岡大・理)  
和田秀樹 (静岡大・理)  
三浦英樹 (極地研)

**Isotopic study on the core from the Lake Richardson, Enderby Land, Antarctica**

M. Nagayama (Shizuoka University)  
H. Wada (Shizuoka University)  
H. Miura (NIPR)



Regions presented in the Symposium



第19回南極地学シンポジウム  
口頭発表要旨

The 19th Symposium on Antarctic Geosciences  
Abstracts for Oral Presentation

# 南極 VLBI 実験 SYW991 の基線解析結果について

福崎順洋 1\*, 寺家孝明 2+, 渋谷和雄 3、高島和宏 1、丸山一司 1、

岩田昭雄 1、石原操 1、土井浩一郎 3

1 国土地理院、2 総合大学院大学天文科学専攻、3 国立極地研究所

\* 4 0 次越冬隊員、+ 3 9 次越冬隊員

On a geodetic solution of the SYW991 Antarctic VLBI experiment

Yoshihiro Fukuzaki 1\*, Takaaki Jike 2, Kazuo Shibuya 3,

Kazuhiro Takashima 1, Kazushi Maruyama 1, Masao Iwata 1,

Misao Ishihara 1, Kouichiro Doi 3

1 Geographical Survey Institute, 2 The Graduate University

for Advanced Studies, 3 National Institute of Polar Research

\* JARE-40, + JARE-39

## 1 はじめに

JARE-39 において 1998 年末 VLBI 観測装置が昭和基地に搬入・設置され、オーストラリア・Hobart、南アフリカ・HartRAO を相手局とする国際実験が開始された(Jike et al., 1999)。しかし、持ち帰りテープの相関処理では S 帯のフリンジ検出に成功したものの、X 帯のフリンジ検出がうまく行われず、設置システムに問題があるのか、異機種間の相関処理上の不具合が原因なのかについて切り分けができなかった。そのため、4 0 次隊が昭和基地に到着し、しらせが滞在中の 1999 年 2 月 17~18 日にかけて 24 時間の、昭和基地 11m アンテナー鹿島 26m アンテナ基線による K4 局どうしの実験を行った。

## 2 VLBI 解析

しらせによる記録テープ持ち帰り（1999 年 4 月、東京着）後、直ちに国土地理院において解析を行った。相関処理は KSP 関連器を用いて行ったが 18 電波源の 103 観測につき、S,X ともにフリンジ検出に

成功した。バンド幅合成を KOMB、基線解析ソフトとして CALC Ver8.2 及び SOLVE Ver.5.1018 を用い、基準位置として鹿島局の ITRF94(Epoch 1993.0)を与え、電波源位置は ICRF94、地球回転パラメーターは IERS EOP90C04 モデルに準拠、Sengoku モデルによる海洋潮汐補正を行い、基線解を求めた。使用した電波源の中には位置精度の悪いものも含まれていたため、基線解析を行うと同時に、これについては電波源位置の推定も行った。

## 3 Syowa アンテナの基準点座標

ほぼ地球直径に相当する基線長に対して 2 点間 1 基線のみの観測であり、昭和基地システムの評価が主目的であったが、3 名の解析者が独立に基線解を求め、結果を比較した。3 通りの基線長解について標準偏差はそれぞれ +9.6 cm, +13.7 cm, +10.4 cm であり、平均基線長 BL は  $BL = 11391622.411 \text{ m}$  (1)

であった。また、ITRF96 座標と速度ベクトルを用いた鹿島 26m アンテナの推定局位置ベクトルに基線解ベクトルを加算し

て得られた Syowa アンテナ基準点 R の座標(ITRF96, Epoch1999.2.17、上記3解析の平均)は、

$$XR(JARE40)=1766194.090\text{ m}$$

$$YR(JARE40)=1460410.926\text{ m} \quad (2)$$

$$ZR(JARE40)=-5932273.208\text{ m}$$

あるいは GRS80 楕円体上で

$$\psi = -69^{\circ} 00' 22.76795''$$

$$\lambda = 39^{\circ} 35' 10.63157'' \quad (3)$$

$$H = 50.879\text{ m}$$

であった。各成分の誤差は X, Y, Z について 103 mm(X)から 144 mm(Y)、NS, EW, UD について 32 mm(NS)から 170 mm(EW)の範囲でばらついている。

なお、観測システムや参加局の違い、採用している基準系が異なること、プレート運動補正を含めていないことなどにより、厳密な比較は現在の所できないが、1990 年実験 (Kurihara et al., 1995) による局座標が

$$XR(JARE30)=1766194.099\text{ m}$$

$$YR(JARE30)=1460410.899\text{ m} \quad (4)$$

$$ZR(JARE30)=-5932273.311\text{ m}$$

だった (例えば Kanao et al. 1995) ので、整合する解が得られている。

#### 4 地上基準点への取り付けについて

VLBI アンテナ主鏡に GPS アンテナを取り付け、方位角、仰角をパラメーターとして地上基準点 (SYOG) と同時観測を行うことにより、R から SYOG に至る偏差ベクトルを求めた。結果は、

$$DX = 13.797\text{ m}$$

$$DY = -120.493\text{ m} \quad (5)$$

$$DZ = -24.636\text{ m}$$

だった。観測ポイント数 (Az, El 設定数) が少なかったため、解析方法を変えると特に上下成分に大きな較差 (約 30cm) が生じる。(5)式は、さらに精度良く求める必要があるが、SYOG は GPS 連続観測点であるので、(5)式を援用することにより VLBI, GPS, DORIS, PRARE など、異なる宇宙測地技術に基づく成果の比較が可能になる。今回の成果を含め、南半球3局による定期的な VLBI 観測の成果が求められれば、地球基準座標系の確立に寄与するであろう。

#### 参考文献

Jike et al. (1999): Proc. International Workshop on GEMSTONE, 150-156.

Kurihara et al. (1995): Antarctic Science.

Kanao et al. (1995): J. Geod. Soc. Jpn, 41, 357-364.

## 2

速報：昭和基地で観測された GPS と超伝導重力計のコヒーレントな変動について

福崎順洋 1\*, 青木茂 2, 山田晃子 1, 田村良明 3, 佐藤忠弘 3, 渋谷和雄 2

1 国土地理院、2 国立極地研究所、3 国立天文台・水沢 \*40 次越冬隊員

A preliminary report on coherent variations between SG and GPS

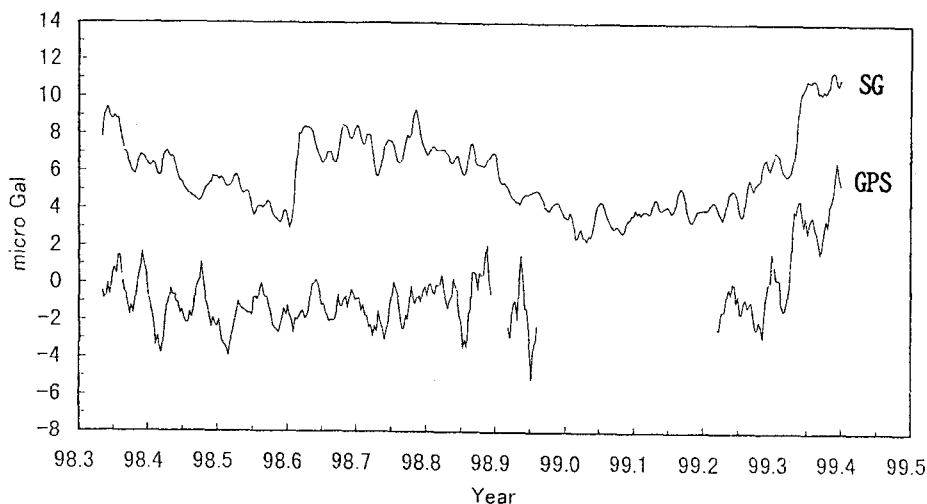
Yoshihiro Fukuzaki 1\*, Shigeru Aoki 2, Akiko Yamada 1,

Yoshiaki Tamura 3, Tadahiro Sato 3, Kazuo Shibuya 2

1 GSI, 2 NIPR, 3 NAO Mizusawa, \* JARE-40

南極・昭和基地では 1993 年 3 月から超伝導重力計 (SG) による連続観測が、また 1998 年 3 月からは定常的な GPS 連続観測が行われている。そして最近 (1999 年 2 月以降) の両者のデータを比較すると、大きな変動が同時に現れている。GPS 単独測位による楕円体高は、1999 年 2 月から 5 月にかけて系統的な沈下を示し、その沈下量を  $-2\mu\text{Gal}/\text{cm}$  の係数を使い重力値に換算した変化は、SG で観測さ

れた重力変化と振幅、符号ともに非常に良い一致を示している。従って、観測された変動は機器の不良や経年変化によるものではなく、実際の自然現象を捉えていることを強く示唆しているので速報として発表する。この変動の要因として、地球重心の変動、海洋変動、ローカルな地殻や氷床変動の影響などが考えられるが、グローバル観測局の同種のデータに見られる変動と比較し、それら個々の可能性について検討する。



SG: 潮汐、大気圧応答、極運動の影響を除去し、3 日間の移動平均をプロットした。

GPS: IGS 局受信機の収録した 1 日ファイルを PPP 単独測位プログラムで解析して楕円体高を求め、その高さ変化に  $-2\mu\text{Gal}/\text{cm}$  の係数をかけて重力換算した。

5 日間の移動平均をとり、見やすくするため  $-10\mu\text{Gal}$  シフトした。

# 3

## 南極 VLBI 実験の測地解析結果

寺家孝明 (総研大), 澁谷和雄 (極地研), 真鍋盛二 (国立天文台),  
南極VLBI観測グループ

### The geodetic analysis result of the Antarctica VLBI Experiment

Takaaki Jike(Graduate University of Advanced Studies), Kazuo Shibuya(National Institute of Polar Research, Japan),  
Seiji Manabe(National Astronomical Observatory, Japan), The Antarctica VLBI Observation Group

#### 1、はじめに

VLBI はキューサーからの電波を複数のパラボラアンテナで受信し、幾何学的遅延時間計測することから、直接的に慣性座標系を構築することが可能である。従って昭和基地で VLBI 観測を行い測地解を得ることは、昭和基地に存在する測地観測データ全体に関わる基準速度場の構築として重要な役割を担うと考えられる。

JARE39th では昭和基地の多目的衛星受信アンテナ及びその周辺の施設に VLBI 観測施設を設置し、越冬期間中に 4 回の VLBI 実験を行った。以下に JARE39th で行った VLBI 実験の解析の状況について説明する。

#### 2、南極 VLBI 実験の相関処理

今回の実験の大きな特徴としては、K4 システム対 S2 システムという異機種記録システムでの測地実験が挙げられる。このような測地実験は本実験が始めてのケースである。相関処理は S2-K4 ダビングを行える国立天文台三鷹の FX 相関器で実施した。尚、FX 相関器を測地目的に使用することも今回の実験が始めてである。

1999 年 6 月よりフリンジサーチを開始し、98 年 11 月の実験(98Nov)のデータについて昭和基地を含む基線の

複数の観測でフリンジが検出された。その後、測地解析に必要な相互相関データの形式を取り纏め、このデータ形式に従った相関処理を開始した。99 年 9 月現在、98Nov のデータについて相関処理がほぼ終了している。他の実験データについてもこれから相関処理を行う予定である

#### 3、測地解析

FX 相関器から出力される相互相関データは FITS データベースに変換される。この後の処理は、このデータベース化された相互相関データから遅延時間の精決定(バンド幅合成)と MarkIII 型データベース形式への変換を行い、様々な遅延量推定を経て測地解析を行う。

FX 相関器を測地観測目的に使用することが始めてであったため、その後の解析処理システムも新たに構築及び改修を行う必要があった。現在はバンド幅合成を、FX 相関器からの出力に合わせて新たに作成している。図に単周波遅延関数の出力図を表す。

発表では、バンド幅合成の結果及びその後の解析状況についても説明する予定である

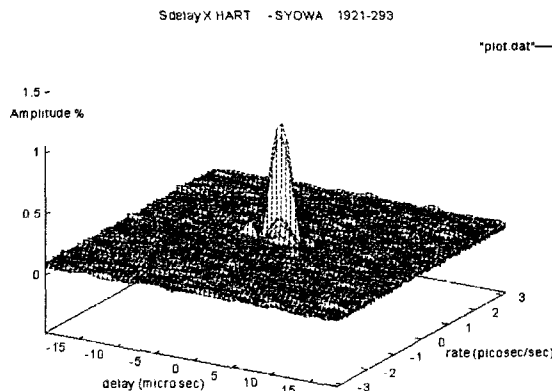


図 単周波遅延関数 天体=1921-293, 基線=HARTAO-SYOWA, 周波数帯=8GHz 帯

## 4

### 航空重力測定法の開発および極域への応用

瀬川爾朗・楠本成寿(東海大学海洋学部)・長谷川 博(朝日航洋株式会社)・  
石原丈実(工業技術院地質調査所)・山本貫志(株式会社 トキメック)

#### Development of air-borne gravimeter and application to gravimetry in polar regions

SEGAWA Jiro, KUSUMOTO Shigekazu (Sch. Marine Sci. & Tech., Tokai Univ.),  
HASEGAWA Hiroshi (Aero Asahi Corp.), ISHIHARA Takemi (Geol. Surv. Jpn.)  
and YAMAMOTO Kanshi (Tokimec Inc.)

1998 年より、我々はヘリコプターを用いた航空重力測定システムの開発を行っている。

一般に、航空機の機体運動は、加速度を大きく変化させ、重力計に悪影響を及ぼす。特に離陸と着陸の際にその影響が大きく、測定重力値に大きなとびを生じさせることもある。

今回の航空重力測定システム開発でヘリコプターを選んだ理由の一つとして、離着陸の加速度変化を極力抑えることが可能であることが挙げられる。またヘリコプターは、固定翼機のように広大な滑走路を必要とせず、その飛行についても空中に静止できる等、小回りが利く。さらに低空での低速飛行を安定して行えるため、重力の空間変化の情報を大きく損なうことなく測定を行うことが出来る。

このようなヘリコプターの機動性を生かした「ヘリコプター重力測定システム」で期待される成果として、陸域と海域間の重力データの結合や海岸域、山岳地域での重力測定等が挙げられる。これらの他、短期間に広範囲の重力測定を行うことが出来るため、限られた時間しか与えられない極域での重力測定にも大きな寄与が見込まれる。

今回開発したヘリコプター重力測定用重力計は、 $10^{-8}G$  の感度をもつサーボ加速度計を重力センサーとし、ジャイロ安定化プラットフォームの上で重力を測る。

この重力計は、実験室では地球潮汐を記

録することができ、 $2\sim 3$  mGal/月 程度の長周期ドリフトを示す。あらかじめ  $1G$  (約 980 Gal) が消去されているため、重力センサーは、静止時にはほぼ  $0$  Gal を示し、飛行中はヘリコプターの運動による加速度が大勢を占める。なお、このセンサーの温度制御には三重温度制御構造が採用されている。

鉛直を保持するジャイロスコープには動作範囲に制約のあるメカニカルジャイロを使用せず、Strapdown 方式の光ファイバージャイロを使用した。Strapdown 式ジャイロはプラットフォームの姿勢制御のため、ヘリコプターのリアルタイム 3 次元位置情報を必要とする。そのため、海上保安庁の DGPS 地上基地ネットワークを利用し、ヘリコプターの位置を毎秒  $\pm 1$  m の精度で測定、得られた位置情報をジャイロに与えている。ジャイロの鉛直精度は  $\pm 0.05^\circ$  ( $\pm 3'$ ) である。

このような計測システムで取得された測定データに機体鉛直加速度補正、エトベス補正、緯度差による正規重力の補正、フリーエア・リダクション、振動補正等を行い、フリーエア異常に相当する(擬似)重力異常値を得る。

これら各種の補正量を正確に求めるため、3 次元 GPS 干渉測位をリアルタイム DGPS とは独立に行った。これは、ヘリポート(基準点)とヘリコプターに GPS 点を設け、GPS の同時観測を行い、飛行後の後処理によって  $\pm 5$  cm の精度でヘリコプターの 3 次元位置(緯度経度、高さ)を測定するものである。

以上のような計測システムを用いた本格的な飛行テストが1999年5月、8月に行われた。

5月の飛行テストでは、重力測定の間解能を上げるため、飛行高度を2000フィート(約660m)、飛行速度を55ノットとした。ヘリコプターの床振動は機種や飛行速度に依存しており、今後も使用するBell-412型ヘリコプターの場合は55ノットが最低振動を与える速度であった。この飛行テストの結果明らかになった問題点は、

- 1) 機体の床振動は $\pm 10\text{mGal}$ 程度の重力値のアバレとして検出される
- 2) 長周期水平加速度の影響が観測値に大きな影響を与える
- 3) 重力計出力に対する機体鉛直加速度の補正値が大きいため、重力計と測位装置間の10分の数秒の時間軸のずれも補正量に深刻な影響を与える

などであった。8月の飛行ではこの経験を生かし、1)については機体と重力計の間に固めのスポンジを挟むという防振対策を施した。2)については出来るだけ直線飛行するようにパイロットにお願いした。3)についてはデータ処理の上で考慮した。

図1~4は8月に行った飛行テストの暫定結果である。

図1は重力計出力と機体加速度を並べたものである。重力計出力は上向きが正であり、機体加速度は下向きが正である。図2は重力計出力に機体加速度補正を行ったデータとエトベス効果量を並べたものである。図1、2とも対のデータは互いに高い負の相関をもっている。図3はエトベス効果を補正したデータと緯度差による正規重力差、高さの違いによる補正(厳密な意味でのフリーエア・リダクションではない)量を並べたものである。図4はこれらの補正により得られた擬似フリーエア異常である。図4をみると、離陸着陸、方向転換時に重力測定値は乱されるものの、陸域データと空での重力測定データに大きな差がないことがわかる。

今回の飛行テストでは、蛇行のない飛行を行っていただいたが、所々に大きな水平加速度の影響が出てしまっている。今後は、この水平加速度の影響を如何に補正するかという点の研究も必要であろう。この補正法が確立されれば、ヘリコプター重力測定システムは、陸域と海域間の重力データの結合、海岸域や山岳地域での重力測定等は勿論のこと、極域での重力測定にも大きく寄与出来るであろう。

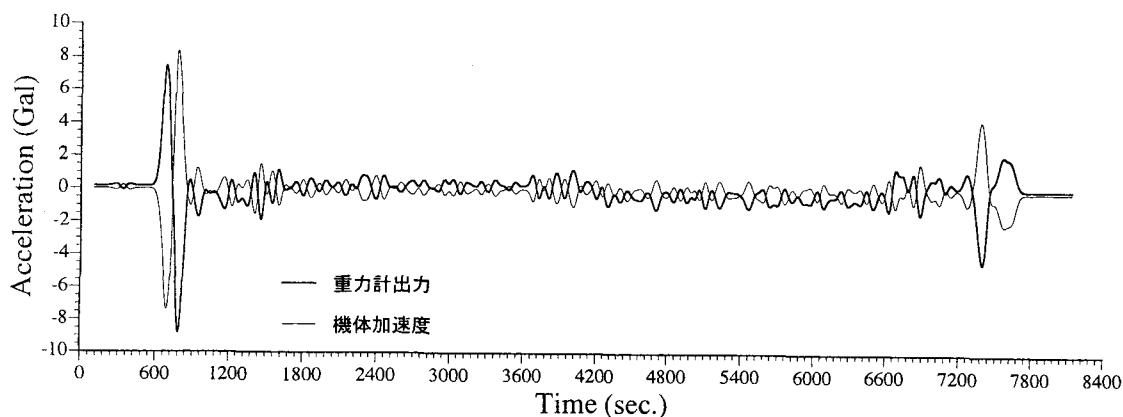


図1：重力計出力と機体の鉛直加速度

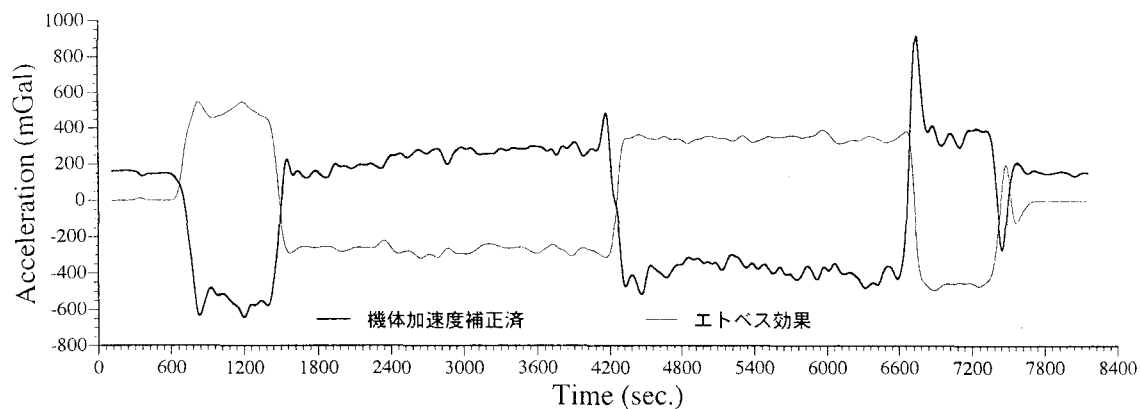


図 2：機体の鉛直加速度補正後の重力計出力とエトベス効果

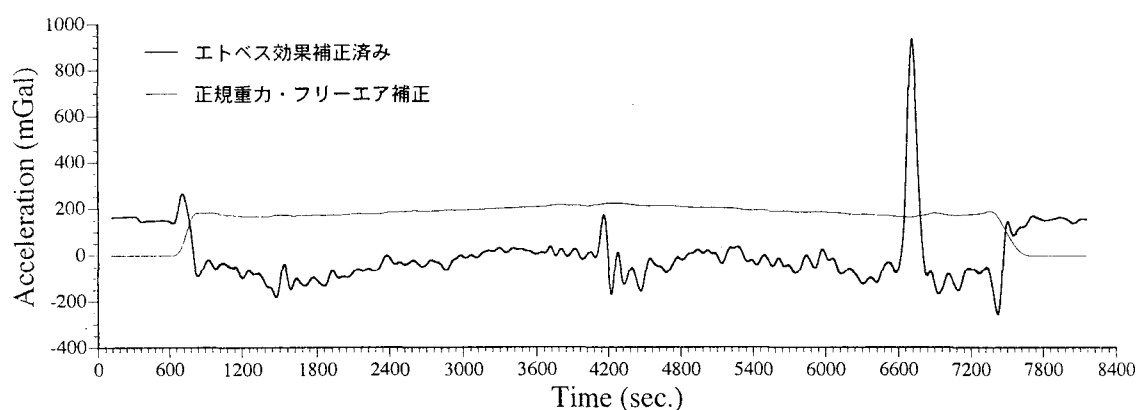


図 3：エトベス効果補正後の重力測定値と緯度差(正規重力の差)および高度差(擬似フリーエア・リダクション)に依存する補正量

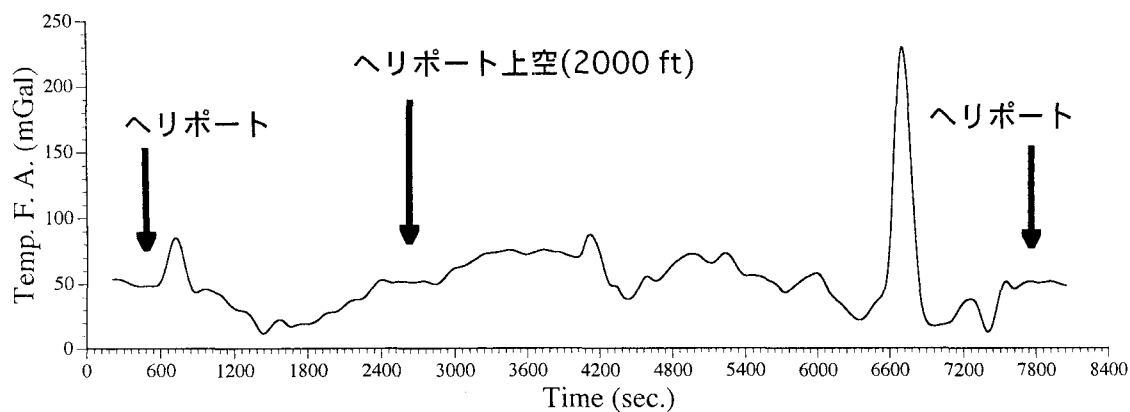


図 4：擬似フリーエア異常



°金尾政紀・神沼克伊

国立極地研究所

## Time variation of detection capability for global earthquakes at Syowa Station associated with the installation in new seismographic room

°Masaki KANAO and Kaminuma KATSUTADA

National Institute of Polar Research

## [ はじめに ]

昭和基地では、1967年より短周期3成分による地震定常観測が開始され、越冬隊員によるアナログ記録の読み取り作業が現在も継続している。観震走時データは、U.S.G.S.とI.S.C.に電子メールで定期的に送られ、極地研究所で再観震後、走時と震源リストを"JARE DATA REPORTS"として発刊している。

1997年度(JARE-38)を中心に観測システムをハード及びソフト共に大幅に更新した。特に、建造以来25年以上が経過し、施設の老朽化した旧地震計室を閉じ、JARE-37で建設した新地震計室へ、短周期(HES)及び広帯域(STS-1)地震計を移設した。新地震計室は、短周期室にVLBI用水素メーザーを常時設置していることもあり、JARE-39以降は地震計を設置している冷凍庫内の温度変化は安定しており(図1)、特にSTSの温度変化によるドリフトがかなり軽減されている。

本研究では、旧地震計室から新地震計室への移設前後に伴う遠地地震検知率の変化について考察した。1987年より1998年の12年間について、"JARE DATA REPORTS"に記載された震源データを用いて、昭和基地で記録された地震の分布とその時間的推移を調べる。

る。主に上下動成分の記録を用い、P波初動以外にもPKPやS波の到着時刻を読み取っている。U.S.G.S.の震源速報(P.D.E.)より抜粋した地震について走時計算を行ない、原記録より読み取った着震時との差が3秒以内のものを選別して震源リストとしている。観震された地震数は12年間で計7849個であり、旧地震計時代の10年間は平均658.9個/年、新地震計室の2年間は平均630.0個/年であり、観震数自体の変化はあまりないことがわかる。

図2には、旧地震計室時の1987-1993年について、1年間当たりの地震検知数の、マグニチュード別の分布を示す。Mb<5.0では急激に検知率が低下し、検知される地震のマグニチュードの下限が4.0程度であることが分かる。また浅発、やや深発、及び深発地震の違いによるマグニチュード分布の差は大きくは認められない。また、昭和基地からの方位角と震央距離の関係、並びにその深さ方向の断面は、震央距離で60°-90°に地震数のピークがあり、その中でMb<4.5の地震は主に100-200kmの深さに分布している。震央距離100°-140°はシャドウゾーンの影響で観震数が少なく、また、50°までは南極プレート周辺の地震が多く深さは150kmまでに限定される。

さらに、マグニチュード(Mb)、震央距離、方位角、及び震源の深さについて12年間の時間推移を求め、新地震計室移設に伴う変化を調べる予定である。

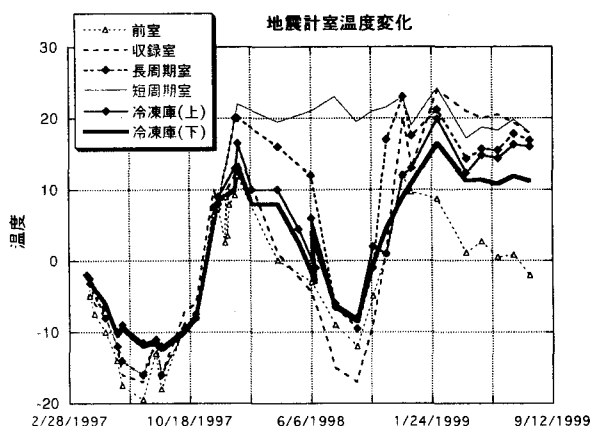


図1 新地震計室内の各部屋の温度変化  
(1997年2月~1999年7月)

## [ 震源データと考察 ]

地震読み取りは短周期地震計(HES,固有周期1秒)の感熱紙の連続アナログ記録(4mm/s)を中心に行なっている。

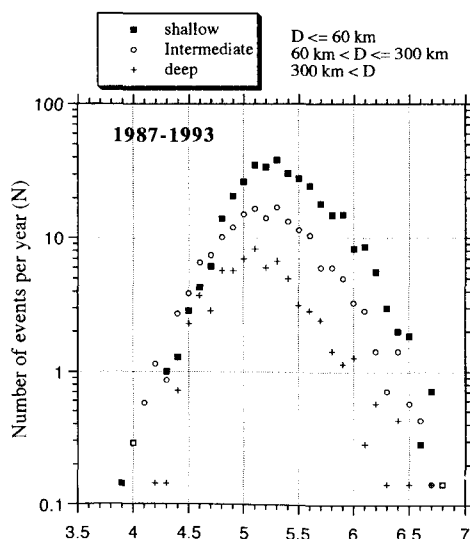


図2 1年間当たりの地震の検知数(N)のマグニチュード(Mb)に対する分布

# 広帯域地震波形と重力データによる 宗谷海岸周辺域のモホ面の深さの推定

°金尾政紀<sup>1</sup>・根岸弘明<sup>2</sup>・東野陽子<sup>3</sup>

<sup>1</sup>国立極地研究所、<sup>2</sup>京大防災研究所、<sup>3</sup>京大理学部

## Estimation of Moho depth around the Soya Coast Region, East Antarctica, by broadband receiver functions and the field gravity data

Masaki KANAOK<sup>1</sup>, Hiroaki NEGISHI<sup>2</sup> and Yoko TONO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>D.P.R.I., Kyoto Univ., <sup>3</sup>Faculty of Science, Kyoto Univ.

### はじめに

38次越冬を中心に、ラコスト重力計を用いた重力測定を宗谷海岸の露岩域で行った。これまでにルンドボークスヘッタ等をはじめ露岩で重力測定が行われているが、重力異常図の作成と地下構造を推定するために地上測定データの蓄積は重要である。本発表では、沿岸露岩域に複数設置した可搬型広帯域地震計によるレシーバ関数解析と、重力値の地上測量結果とを比較して、宗谷海岸周辺部の地殻構造、特にモホ面の深さに焦点を当てる。

### 沿岸露岩域における重力測定

国土地理院の設置した三角点や水準点を中心に、沿岸調査旅行中に適宜重力測定を実施した。ラコスト重力計は主にG-515型を用い、とつつき岬〜スカーレンまで計89回、51地点において行なった。

重力異常値の計算は、福田(1986)の方法を採用し、重力計の常数換算と地球潮汐、機械高の補正を行った。重力基準点は昭和基地内のIAGBN基準点( $g=982524.327$  mgal; Yamamoto, 1996)を用い、重力計のドリフトとテアーの補正も合わせて行った。単純ブーゲ異常および地殻密度を $2.67\text{g/cm}^3$ と仮定した場合のモホ面の深さを、緯度の関数として図に示した。

### レシーバ関数解析

ストランニッパ (STR)、パッダ島 (PAD)、及び昭和基地からとつつき岬 (TOT) 方面とラングホブデ (LNG) 方面へ至る領域における、遠地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、地震波インピーダンス比の強い、モホ面や地殻内部の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。

直達P波から4-5s後に、モホ面からのP→S変換波 (Ps波) が全てのレシーバ関数で確認される。単純に地殻速度を $V_p=6.4\text{ km/s}$ ,  $V_s=3.7\text{ km/s}$ で均一と仮定して、P-Ps時間等からモホ面を含む地殻内部でのP→S変換面の深さを各観測点毎に求めた (Ps\_Conversion\_Depth; 下線部はモホ面と推定)。

TOT-SYO area; 11.6, 21.2, 35.7 [km]

SYO-LNG area; 10.8, 19.1, 36.1 [km]

PAD-SKL area; 12.5, 20.8, 26.1, 42.8 [km]

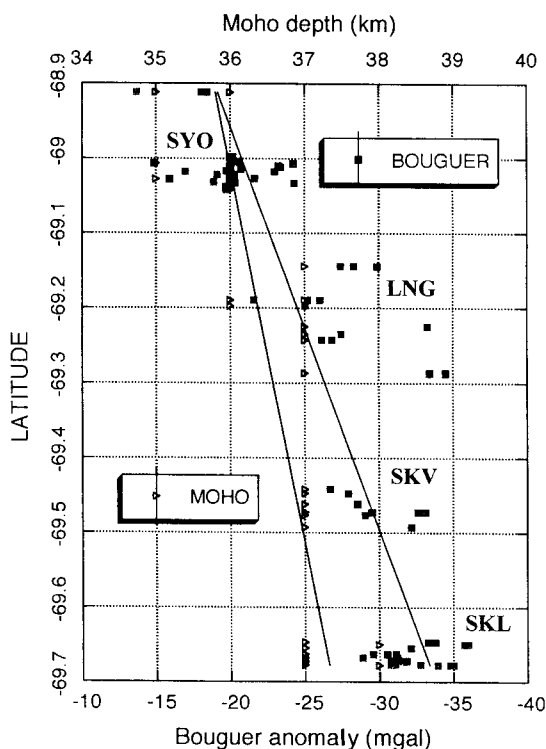
STR-Shirase Gl. area; 6.6, 14.1, 24.1, 37.4 [km]

### 結果

これまでの宗谷海岸における重力測定の一般的な傾向として、ブーゲ異常がしらせ氷河に向かって小さくなることが知られており、今回の結果もその傾向と矛盾せず、宗谷海岸南部へいくに従って、モホ面がより深い (SYO→SKLで約1.5km) ことが示唆される。

レシーバ関数による地殻内のPs変換波解析からは、1) 宗谷海岸の北(TOT)から南(STR)に向けて、モホ面は約1.6km程度深くなる傾向があり、重力異常値の結果とほぼ一致している。また、2) PAD, STR等南部では地殻内不均質がやや大きく、さらにPAD周辺ではモホ面が42km以上に深いと推定される。これはリュツォ・ホルム岩体の変成作用時に地殻が圧縮された結果、変成軸に近いほど地殻が厚く、かつ複雑な構造をしていると考えられる。

### Gravity anomaly along Soya Coast



一瀬 建日（京大・理）・中西 一郎（京大・理）・山田 朗（京大・理）

## Inner Core Anisotropy and the Possibility of the Differential Rotation

Takehi Isse, Ichiro Nakanishi, and Akira Yamada (Kyoto Univ.)

速度異方性とは、波の伝播速度が、その伝播方向によって異なるという性質のことである。この速度異方性が内核に存在することが分かってきた。内核の場合、自転軸と平行な方向に伝わる地震波の速度の方が自転軸と直交する方向に伝わる地震波の速度より約3%速く、この異方性の形状は対称軸が自転軸方向の円筒形状の異方性で近似できるとされている。最近の研究結果により、内核の上部は異方性が小さい、異方性の大きさが水平方向に不均質である、異方性の軸が自転軸に対して傾いている、といったことが示されている。異方性の軸の傾いていることを用いて内核の自転が地球の他の部分より速いという結果を得た研究もある。これが内核の差分回転といわれるものであるが、軸の傾きは不均質の影響を受けやすい。

今回我々は、異方性の大きさの水平方向不均質の影響を避けるため、解析対象地域をしぼり、内核の特定地域の異方性の状態を解析した。解析対象地域はオーストラリア大陸の下方にあたる。

### 解析

内核を通過する地震波であるPKP<sub>df</sub>と呼ばれる波と外核下部を通過する地震波であるPKP<sub>bc</sub>と呼ばれる地震波の走時を用いる。PKP<sub>df</sub>とPKP<sub>bc</sub>は地殻、マントル内では通過する場所がほぼ一緒のため、この2つの波の相対走時を用いることにより、震源近傍、観測点周辺、マン

トルの3次元不均質の影響を除くことができる。よって、この2つの波の相対走時の観測値と理論値の走時残差は、内核の構造に起因する。得られた走時残差から速度異常の量を計算し、波線ごとの速度異常の分布から内核の異方性をもとめる。異方性の構造は円筒形状で近似できると仮定する。

昭和基地で観測された地震波形記録は、異方性の影響を強く受けるため走時残差が大きく、また同一の地震計により長期間連続観測されており、この解析にとって重要である。この研究では1969～1996年の28年間のデータを使用した。

### 結果

内核上部約200kmの速度異常は小さい。その原因の1つとして内核の異方性の深さ変化を考えることが可能である。速度異常の分布から異方性の大きさを求めた結果、大きさは約1.7%、異方性の軸と地球表面との交点は80°N、105°Eであった。この地域の異方性は小さいが存在することが確認された。

内核の差分回転の可能性の検討をおこない、差分回転していないという結果を得たが、1°/year以下のゆっくりとした回転の可能性は否定できない。

### 謝辞

データを提供くださった国立極地研究所の関係各位に記して厚く御礼申し上げます。

## Polarization anomalies of surface waves at Syowa station

Reiji Kobayashi

(National Institute of Polar Research)

## 1. はじめに

水平方向に不均質な、あるいは、方位異方性を持つ媒質では、レイリー波とラブ波はカップリングを起こす。このときそれぞれにポーラリゼーションの異常が見られる。このうち、ラブ波には、擬ラブ波と呼ばれ、ラブ波と同時にあるいはやや遅れて到着する、レイリー波に似た波が観測される (Park and Yu, 1992; Yu and Park, 1993; Kobayashi et al., 1997)。ここでは、昭和基地で観測された、擬ラブ波について報告する。

## 2. データ

擬ラブ波は、横ずれ断層の地震でレイリー波のノードに近い方向に放射された表面波によく見られる。昭和基地の広帯域地震計 (STS-1) の 1990 年から 1996 年の記録のうち、このような条件に合う地震の記録を用いた。また、複雑な地震波速度構造の変化の影響を避けるために、伝播経路が主に海 (大西洋とインド洋) を通るようなものを選んだ。

## 3. 擬ラブ波の同定

擬ラブ波は、見かけ上、高次モードのレイリー波に似ている。ここでは、球対称な地球モデル PREM での合成波形と比較して、高次モードであるか否かを判断した。

伝播経路が大西洋を通る表面波に関しては、周期 100 秒以上では擬ラブ波は観測されなかったが、周期 30 秒以上ではいずれも擬ラブ波が観測された。これは、擬ラブ波を発生する原因が比較的浅いところ (地殻～上部マントル最上部) にあることを示唆している。

伝播経路がインド洋を通る表面波に関しては、アフリカ大陸のすぐ東を通る表面波には擬ラブ波は全く観測されなかった。その一方で、より東のインド洋中央海嶺を通る表面波では、周期 100 秒以上、30 秒以上ともに擬ラブ波が観測された。

## 4. 擬ラブ波の発生場所の推定

擬ラブ波の発生場所は、表面波 (ラブ波・レイリー波・擬ラブ波) の群速度と震央距離から求めることができる。ここでは、正確に群速度の測定ができるケースについてのみ、擬ラブ波の発生場所を求めた。

大西洋を通る表面波では、擬ラブ波の発生場所は昭和基地の周辺に求められた。一方、インド洋を通る表面波では南西インド洋海嶺の南、クロゼ海盆付近に求められた。

## 5. 考察

大西洋を通る表面波の場合では、擬ラブ波が昭和基地付近で発生していること、そして、伝播経路が海岸に対して浅い角度であることから、大陸地殻と海洋地殻の地震波速度構造のコントラスト (水平方向の不均質) が原因である可能性が高いと思われる。しかし、これまでの数値実験では、水平方向の不均質によっては顕著な擬ラブ波が発生しないと報告されている (Park and Yu, 1992; Kobayashi, 1998)。今回のケースは、より擬ラブ波が発生しやすい条件であると思われるため、再度、数値実験による検証が必要である。

昭和基地では S 波のスプリッティングから、方位異方性の存在が示されている (Kubog et al.,

1995)。したがって、擬ラブ波の原因として異方性の可能性も考えられる。しかし、その存在だけで擬ラブ波が発生するのならば、インド洋を通る経路でも、昭和基地で擬ラブ波が発生するはずであり、矛盾する。しかし、擬ラブ波は異方性の性質が水平方向に変化しているときに効率的に発生するという報告がある。したがって、異方性は北西－南東方向あるいは西北西－東南東方向に変化していると考えられる。

インド洋を通る表面波の場合では、擬ラブ波の発生場所である南西インド洋海嶺の南の周辺地域で、水平方向の不均質が認められる (Debayle and Leveque, 1997) が、擬ラブ波が発生するほど大きなものではないと思われる。

この地域はトリプルジャンクションに近く、海嶺の向きが急に変わることから、地殻～上部マントルの異方性の軸の向きも変化している可能性がある。Montagner and Tanimoto (1990) の周期 91 秒のレイリー波のトモグラフィの結果では、南西インド洋海嶺をはさんで異方性の軸の向きが急激に変化していることが示されている。今回観測された擬ラブ波は、この異方性の軸の向きの変化によって発生したと推測できる。

## A revaluation of the seismicity in the Antarctic

## － From seismicity to seismotectonics －

K. Kaminuma (National Institute of Polar Research)

## 1. はじめに

国際地球観測年（1957-58年）の頃まで、地震学の教科書には南極大陸には火山性地震を除き、地震活動はないと記述されていた。南極大陸に観測基地が設けられ、地震観測が始まるとともに、南極大陸内の地震活動が報告されるようになった。1960-70年代、地球上の地震観測網の充実が図られるとともに、南極大陸以外の地震観測点のデータを使って、南極大陸にも地震の震源決定がなされるようになった。1980年までに「南極に地震は起こらない」という概念はなくなった。そして「南極大陸内にも数年に一度の割合でM（マグニチュード）4クラスの地震は起こっている」しかし「M5以上の地震は過去30年間一度も起こっていない」というような概念が形成されるとともに、「なぜ、南極にM5以上の地震が起きないのか」という課題が明確になった。

1980年代、地球上の地震観測網は一層充実し、1990年代には広帯域高感度のデジタル地震観測網が整備されていった。南極大陸内に震源決定される地震の数も増えていった。1980年代で、南極の地震活動のおおよその概念は形成された。そして、南極で起こった地震データの蓄積に伴い、南極の地震活動の研究はその度合いを調べることから、テクトニクスとの関連が議論されるようになった。現在のseismicityからseismotectonicsを考える。

## 2. 南極の地震活動

1980年代、南極プレート内の地震活動については、筆者による次のような区分により、その概念は形成された。

1) 南大洋の地震：南極プレートの海洋域で活動度は高くはないがM6クラスのプレート内地震も起こる。

2) 南極大陸の低活動域：M4クラスの地震が1～2年に一度程度起こるが、活動度は極めて

低い。

3) 南極半島先端付近の高活動域：サウスシェトランド諸島付近には火山性の地震もあり、南極では最も高い地震活動を示す。M6（Ms7）の地震も起こった。

4) 沿岸域の微小地震域：研究が進んでいる昭和基地に代表されるが、低いながら大陸沿岸で $M \leq 3$ の地震活動がみられる。

5) 火山性地震：デセプション島、エレバス山、メルボルン山周辺では火山性地震の観測が継続され、それぞれ特徴のある地震活動が報告されている。

## 3. seismotectonics

データが蓄積するにしたがい、それまでの地震活動を調べる目的から一歩進んで、その活動の意義を考える研究がなされるようになった。南極でもseismotectonicsが議論できる時代になったのである。

現在のseismicityに基づきseismotectonicsの見地からは、次の四点を指摘することができる。

1) 氷床変動との関連（1）：1998年3月25日に起こったM8地震（南極に興味のなかった研究者は「南極地震」と呼んでいる）の原因として、南極氷床による荷重が注目されている。グローバルスケールの氷床変動→地殻変動さらに地震発生という図式が考えられるようになった。

2) 氷床変動との関連（2）：（1）が南極氷床全体の変動であるのに対し、（2）は局地的変動（当然、グローバルな変動の一部ではあるが）に対応する地殻変動により起こる地震。「変動」とは言っても「氷床の後退」と「地殻の隆起」で大陸の沿岸域では明瞭に見られる。海洋潮汐や測地学的手法による地殻隆起の検出と地震活動の対比がされ易い。

3) ウィルクスランドの地震活動：南極大陸の中ではウィルクスランドに、Mの決まらない

地震を含め震源が集まっている。ウィルクスランドは氷床の厚さ4000m、基盤岩の表面は海面下1000mで、南極大陸の中でも特異な場所（氷床がなくなっても大きな窪地となる）である。この地震群に対し、二つの解釈が成り立つ。第1は地震の中に氷震が混在している。第2は氷床の荷重による歪が地震を起こしている。あるいは両方が相乗効果をもたらして相対的に地震数が増えているのかもしれない。結論を出すにはもっと時間が必要である。

4) 火山地帯：エレバス山、メルボルン山、デセプション島では地震観測をはじめ、重力や地磁気の観測や調査が進み、その地震活動の形態も解明されつつある。火山噴火と地震活動の関連、地殻変動と地震活動との関連なども報告されている。

#### 4. 議論と結論

年月の経過とともに南極プレート内に震源決定される地震の数が増え、その地震活動は明ら

かになってきた。そして、地震活動の違いの原因究明がなされるようになり、地殻の構造や進化・変遷と地震発生に関連も議論されるようになった。南極プレートもようやく seismotectonics を考えられるようになったのである。ここで指摘した seismotectonics は四地域である。四地域のうち、三地域で、地震活動と氷床変動の関係が示唆されている。

さらに seismotectonics の見地では、南極横断山地で相対的に地震活動が高いとの報告もある (A.M. Reading, 8th ISAES in Wellington, 1999)。しかし、これは地震数が少ないので、筆者はまだ賛意を表せない。データの蓄積が必要である。

いずれにしても南極の seismicity は seismotectonics あるいは neotectonics という見地で議論できるようになった。そして、そこに氷床との関係の重要性が潜在している。氷床と地殻の相互作用、雪氷圏と地球圏のカップリングという課題も含まれている。

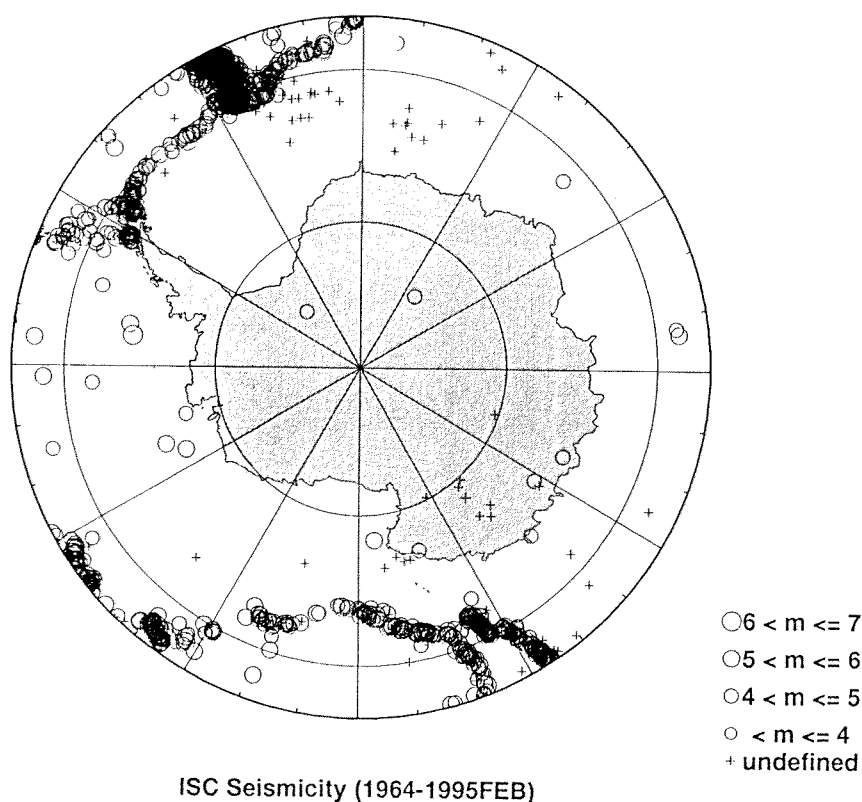


図 国際地震センターによって決められた南極プレート周辺の地震

**Possibility of global non-stationary geodetic vertical motions:****Effect on the postglacial rebound modeling.**Atsuki KUBO<sup>1</sup>, Toshiyuki TANAKA<sup>2</sup><sup>1</sup>Earthq. Res. Inst. University of Tokyo., <sup>2</sup>Tono Res. Inst. Earthq. Sci.**1. はじめに**

南極における測地学的上下速度、海水準変動、後氷期地殻変動モデリング等の結果がほぼ出揃ってきており、それらの間の整合性が議論すべき段階に入りつつある。ここでは DORIS システムによるグローバルな地殻の上下速度と衛星測地学を用いた後氷期地殻変動から、統一的なモデリング化のための問題点を考える。

**2. DORIS システムによる地殻上下変動**

DORIS システムはドップラーシフトを用いており比較的高い精度で鉛直方向運動を求めることができる。またその観測点は世界中にほぼ一様に分布し、大規模な変動を含めた議論に適している。

DORIS システムによる世界中のプレート内観測点の上下速度は後氷期地殻変動による予測値とは相関がなく観測を説明できないことが示された[Soudarin et al., 1999]。よって後氷期地殻変動が安定プレート内での卓越した地殻上下変動要因であるとは言えず、認識されていない変動の可能性が指摘されている。Soudarin et al. (1999) では具体的な変動要因は挙げられていないが、世界中の上下速度(プレート内)は低次のジオイド高との間に比較的きれいな関係がみられる(図1)。低次のジオイド高は深部マントルの荷重分布を反映していると考えられるため、測定としての問題がなければ、この変動は深部マントルダイナミクスを反映している可能性がある。

**3. 後氷期地殻変動との関係**

後氷期地殻変動に対して無視できない変動が測地学的上下速度に含まれていれば、後氷期地殻変動を定量的に議論するためにはこれを補正して考える必要があるだろう。Soudarin et al. (1999) でほとんどの変動量が後氷期地殻変動で説明できていないので単純な比較はうまく行かないことが予想できる。特に南極のように

Fennoscandia や Laurentide に比べて変動量が小さいと予想される場合は問題が大きい。

ジオイド高と上下速度の関係が現実的であれば、これと後氷期地殻変動を重ね合わせた変動が観測されるだろう。VLBI でみた北米、北欧の上下速度と ICE-3G による予測値との残差は北米で正、北欧で負である(数 mm/y 程度: Heki, 1996)。北米での低次のジオイド高は-25m 程度、北欧では+20m 程度であるのであり、図1のような変動成分が重なり合っていると考えれば残差分を説明できるセンスである。このように測地学的な上下速度には後氷期地殻変動とは独立な変動が重なっている可能性がある。もし図1のような関係が測実際の固体地球の変形を反映していない場合でも、その原因を突きとめる必要がある。その上で北半球でのと予測値の相関をもっと高め、変動が小さいかもしれない南極の後氷期地殻変動モデリングに応用するべきではないだろうか。

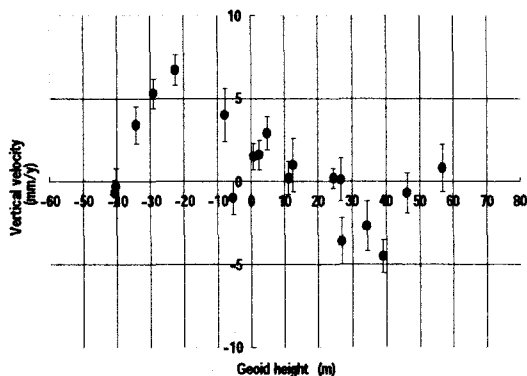


図1

DORIS による上下速度とジオイド高(7次以下) プレート境界近傍を除く



# LATE-QUATERNARY CLIMATIC TRANSITIONS IN THE CIRCUM-ANTARCTIC COASTAL ZONE

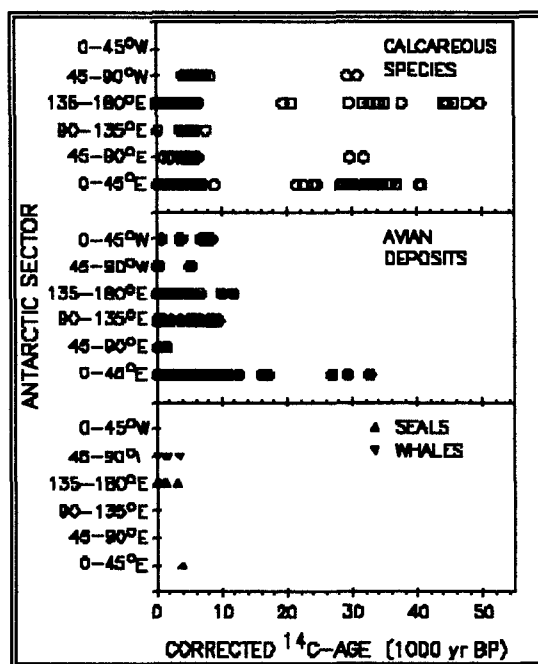
Paul Arthur Berkman, Byrd Polar Research Center  
The Ohio State University, Columbus, OH 43210 U.S.A.  
TEL: 614-292-3670 FAX: 614-292-4697 E-MAIL: PAUL+@osu.edu

Circumpolar deposits of Late-Quaternary emerged marine macrofossils in Antarctic coastal areas were assessed in relation to dynamics of the continental ice-sheets and the global climate. Radiocarbon ages of the macrofossils (which were interpreted in view of the complexities of the Antarctic marine radiocarbon reservoir and resolution of this dating technique) show a bimodal distribution. These data indicate that marine species were inhabiting coastal environments from at least 35,000 to 20,000 yr BP (Fig. 1), when extensive iceberg calving created a 'meltwater lid' over the Southern Ocean. Climatic warming also influenced the disappearance of isolated ice caps in tropical and temperate regions in both hemispheres during Marine Isotope Stage 3.

Around Antarctica, the uniform absence of emerged calcareous marine fossils from 20,000 to approximately 8500 yr BP reflects the subsequent environmental shift associated with the Last Glacial Maximum. Between 8500 and 7000 yr BP, calcareous marine fossils re-appeared in emerged Antarctic beaches with maximum Holocene marine-limit elevations an order of magnitude lower than in the Arctic. Together, the circumpolar marine macrofossil data suggest that deglacial dynamics of the Antarctic ice-sheet margins were underway prior to the Last Glacial Maximum.

In addition to their radiocarbon ages, mollusc fossils from emerged beaches also contain high-resolution records of environmental variability in the circum-Antarctic coastal zone. Along the southern Victoria Land coast, stable isotope ratios in emerged scallop shells and sediment stratigraphies indicate greater sea-ice coverage after the mid-Holocene. During the last century, geochemical transects across scallop shells reveal decadal warming and cooling periods in the McMurdo Sound region that are comparable to instrumental meteorological records. Over various time and space scales, emerged macrofossils are integral to interpreting the environmental dynamics of the glacial-terrestrial-marine transition zone around Antarctica during the Late Quaternary.

**FIGURE 1:** Emerged marine fossil deposits around Antarctica during the Late Quaternary. From Berkman et al. (1998).



# 12 ANNUAL TO SEASONAL SCALED ISOTOPE VARIATION OF *ADAMUSSIUM COLBECKI*: PROXIES OF ENVIRONMENTAL VARIABILITY IN ANTARCTIC COASTAL WATERS

**Kyger C Lohmann**, Dept. Geological Sciences  
The University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1063  
TEL: 734-763-2298, E-MAIL: kacey@umich.edu

**Paul Arthur Berkman**, Byrd Polar Research Center  
The Ohio State University, Columbus, OH 43210 U.S.A.  
TEL: 614-292-3670 FAX: 614-292-4697 E-MAIL: PAUL+@osu.edu

A high resolution study of carbon and oxygen isotope variation in shell of the marine scallop, *Adamussium colbecki*, was undertaken to evaluate the potential of this species as a recorder of environmental conditions that have existed in the coastal environments of Antarctica. Based on growth band analysis and tag and release studies, it has been determined that individual shells preserve decade to century long records. This, in combination with its high abundance, circum-Antarctic distribution, and occurrence in Holocene-aged deposits provides a unique opportunity for the reconstruction of such records with seasonal to annual resolution for both historical and geological time periods.

This preliminary study is based on high resolution sampling analysis of the sequence of growth bands preserved in juvenile and adult specimens collected from Explorer's Cove-region. Shell carbonate from three juveniles was analyzed for specimens collected in 1994. These have oxygen isotope values ranging from +3.7 to +4.5 ‰, a range that is compatible with *in situ* observations in areas where bysally-attached juveniles live exclusively below the seasonal meltwater lens (>25m). This contrasts with adult specimens that detach and commonly migrate to shallower waters (<15m) where they more variable conditions and the seasonal influx of meltwaters.

One adult specimen was examined in detail. This specimen was tagged, measured and released in 1986 and then recaptured in 1994. Based on growth band analysis of the additional

2.2mm of shell growth that developed during this 8 year period, the shell of this specimen is interpreted to preserve a geochemical record spanning at least the last 50 years of this century. The juvenile growth stage, prior to the onset of reproductive maturity, is marked by enriched oxygen isotope values (+3.8 to +4.5 ‰) similar to values observed for the live-collected juveniles. In contrast, the shell representing the adult growth is comparatively more negative (+4.2 to +3.2 ‰) and exhibits a high degree of variation across annual and seasonal scales. The time series of oxygen isotope values suggests that the coastal marine environment at Explorer's Cove experienced a cooling period from circa 1950 to 1970, followed by a period of warmer seawater temperatures with more glacial meltwater input through the late 1980's. Such interpretations are supported by inferred lake levels and air temperature profiles in the Dry Valleys.

The results of this study demonstrate that examination of long-lived specimens collected from circum-Antarctic sites can provide records for the reconstruction of the environmental variability, on seasonal, decadal and century scales, that have existed in the Antarctic coast region during the 20th century.

# 13 周氷河斜面プロセスの速度と様式

## —世界の寒冷地域における観測データの比較—

松岡憲知（筑波大学地球科学系）

### Rates and processes of periglacial mass movements: A review of field data

Norikazu Matsuoka (Institute of Geoscience, University of Tsukuba)

#### 1. はじめに

凍結・融解に伴う土砂移動は、斜面全体にわたって作用するために、高山・極地域の非氷河性山地の景観を特色づける重要なプロセスである。また、土砂移動の結果として発達する特徴的な微地形（の種類・規模）や堆積構造は、過去の気候や周氷河作用を復元するための指標となりうる。このような観点から、地球上の45の寒冷地域における斜面プロセスの観測データを総括し、気候環境が土砂移動の速度・様式ならびに地形発達に及ぼす影響についての評価を行った。

文献から、以下の情報を抽出した。

気候情報：年平均気温（MAAT）、凍土タイプ、最大凍結・融解深度（ $D_f$ または $D_l$ ）。

地形情報：表面移動速度（ $V_s$ ）、移動限界深度（ $D_m$ ）、体積移動速度（ $V_{vol}$ ）、主要な土砂移動様式、微地形の種類と規模。土砂移動様式は、霜柱クリープ（NIC）、日周期性フロストクリープ（DFC）、年周期性フロストクリープ（AFC）、ジェリフラクション（GF）、プラグ流（PL）に分類した（Fig. 1）。

#### 2. 気候条件と移動速度・様式（Fig. 2）

観測データは北半球の高山・高緯度地域に偏り、南半球では少ない。季節凍土地域では表層移動型が多く、とくにDFCやNICなど日周期性凍結融解作用が卓越する斜面では $V_s$ が $10^1 \text{ cm yr}^{-1}$ のオーダーに達する。一方、永久凍土地域では年周期性凍結融解作用の関与の度合いが増加し、 $V_s$ は $10^0 \text{ cm yr}^{-1}$ と小さいが $D_m$

の大きい深層移動型が卓越する。削剥速度の指標となる $V_{vol}$ も永久凍土地域で大きい。ただし、融解深度が極端に小さい南極内陸山地では、 $V_s$ 、 $V_{vol}$ ともに小さい。

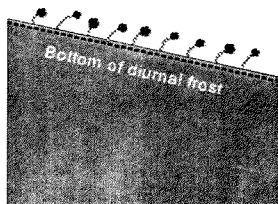
移動限界深度は、温暖永久凍土地域（一般に、 $-5^\circ\text{C} < \text{MAAT} < -3^\circ\text{C}$ ）から季節凍土地域（ $\text{MAAT} > -3^\circ\text{C}$ ）にかけては、 $D_f$ が1 mを超える場所でも約50 cmで頭打ちとなる。これは、季節凍結進行時に凍上に伴って下層が乾燥し、アイスレンズが浅部に集中するためである。一方、スバルバル諸島の山地など寒冷永久凍土地域（ $\text{MAAT} < -5^\circ\text{C}$ ）では、 $D_m$ は活動層厚（ $D_l$ ）に近い。これは、二方向凍結により活動層底部にもアイスレンズが発達し、PLタイプの移動が起こりやすいためと考えられる。

したがって、土砂移動速度と移動様式は、主として永久凍土の状態、凍結融解のタイプ、細粒物質層の厚さに依存するといえる。

#### 3. 土砂移動の結果として発達する微地形

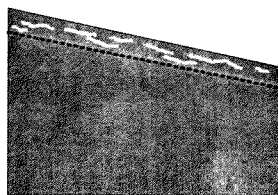
凍結融解に関連する典型的な微地形はソリフラクション・ロウブである。これは、傾斜変換部や表層物質の変化部において土砂移動速度が急減するために生じる「地表物質のたるみ」として定義される。移動速度が大きくても、一様な傾斜・物質からなる斜面ではロウブは発達しにくい。ロウブの先端高（ $H_l$ ）は $D_m$ に依存し、一般に $D_m$ が $H_l$ の最小値に対応する（Fig. 3）。すなわち、ロウブの高さは卓越する土砂移動様式の指標となりうる。

1. Diurnal freezing: Needle ice



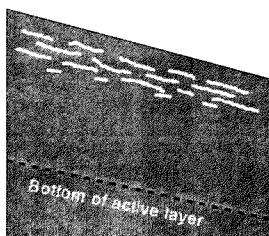
Needle ice creep (NIC)

2. Diurnal freezing: Ice lenses



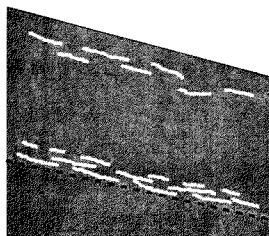
Diurnal frost creep (DFC)

3. Seasonal freezing: One-sided freezing



Annual frost creep (AFC) or Gelifluction (GF)

4. Seasonal freezing: Two-sided freezing



Plug flow (PL)

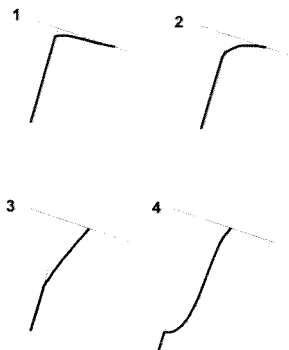


Fig. 1 Types of frost heaving and resulting soil movement.

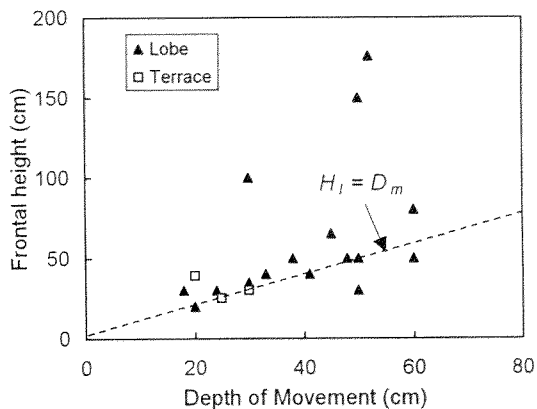
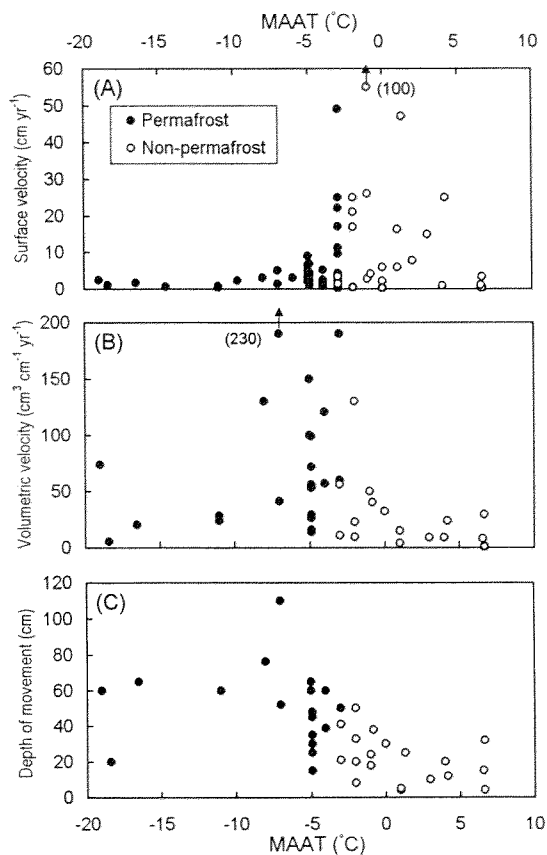


Fig. 3 Soil movement and resulting landforms.

Fig. 2 Periglacial soil movement as a function of the mean annual air temperature (MAAT).

平川一臣・澤柿教伸（北海道大学大学院地球環境科学研究科）

## Richardson Till : its facies and significance to the EAIS-fluctuation

Kazuomi HIRAKAWA & Takanobu SAWAGAKI  
(Environmental Earth Sci., Hokkaido Univ.)

## 1. まえがき

西エンダービーランド，リーセルラルセン山周辺の北麓には広範囲にモレーン原がひろがっている．このモレーン原を下刻するガリー壁で氷成堆積物の層序，層相を観察することができる．Yoshida & Moriwaki (1983)，Hayashi (1990) および Aniya (1990) はモレーン原とリーセルラルセン山北面の氷河地形を，大陸氷床とローカルな山岳氷河のよるものとに分類して図示した．Hayashi (1990) はここで氷縞粘土の層相をしめす湖成堆積物を認め，Richardson Clay と呼んで，詳しい記載を行った．

1996年以降，「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画—SEAL計画—」が実行され，すでにJARE38次・39次・40次においてこの地域の本格的な地形学的・第四紀学的調査，研究が実行されている．筆者らは，JARE35の帰途に1泊の調査の機会を与えられ，わずか2～3時間ではあったが，本露頭を観察することができた．その結果，リチャードソン粘土層の層序・層相について，Hayashi (1990) の記載に加えて，新たな事実を観察した．SEAL計画の実施により，筆者らの観察結果を示す意義はもはや失われたと考えていたが，Takada et al. (1998) の記載を見ると，かなり概念的であり，野外での事実を正確に記載しているとは言えない．筆者らの観察に関しても，当時の知識や意識の不足から，現在では不満足ではあるが，今後の議論に供するために観察事実とコメントを残しておくことにする．

## 2. 露頭の記載

調査結果を横断面図にまとめると図のようになる．ガリー右岸谷壁では，ガリー底から約5～6 m上の層準にリチャードソン粘土層 (a2層) が露出し，上下を特徴的な層相の堆積物 (a1層，a3層) に挟まれている．

下位のa3層は厚さ1～1.2 mで，径10～30 cmの角礫を多く含む，砂質粘土層ないしシルト層である．シルト～粘土質部にはラミナが発達する．また，密で

はないが，剪断面が認められる．角礫には，観察した限り，磨かれた痕跡あるいは氷河擦痕はまったくついていない．a2層 (Richardson Clay) は，Hayashi (1990) の記載のとおり，厚さは1～1.3 mで，氷縞粘土様の層相を呈し，上部 (40～50 cm) が明るい青灰色であるのに対し，下部 (70 cm) は暗褐色と色調を異にする同じ露頭のやや上流方向では，このa2層は単独の巨礫を含むとともに，褶曲状に変形している．

a1層は厚さ1.5 m程度であり，大小の角礫を含む細砂～シルト層で，a2層の氷縞粘土を偽礫化して大量にとりこんでいる．また，全体として，褶曲状ないし不定形に著しく変形している．a1層とa2層の間には，不整合を示唆するような痕跡はない．

以上のa1～a3層は細粒物質を含まないように見える乱雑な角礫層 (テイル) に挟まれている．上部の角礫層の厚さは，ここでは，5 m程度にすぎないが，それは，ガリーが発達する際に侵食されたためであって，本来は次の左岸側のように15 m以上はあったにちがいない．

## 3. 考察および関連する問題

## 1. 氷河堆積物の形成プロセスに関する解釈

a1～a3層は厚いテイル (礫層) のなかの部層である．a2層，すなわちいわゆるリチャードソン粘土層は，氷床前面の湖において形成されたと思われる．

もしa1層の剪断面を伴う変形が氷床の荷重によるならば，直下のa2層にほとんど影響が及んでいないのはなぜだろうか？ a1層はa2層から顕著な不整合をもたずにほぼ連続的に形成されたとみられるにもかかわらず，a2層起源の泥偽礫を多量に取り込んでいる．a1層に見られるa2層起源の泥偽礫の取り込みや褶曲は，a1層上を流動する氷床の底面下において生じたこと，すなわちa1層は氷底下におけるdeformation layerとして形成されたことを示す．離氷直後のa2層 (粘土層) が多少とも変形しているとはいえ，堆積時の層序・層相をよく保っているの

は、a2層が永久凍土となっていたためと考える。リチャードソン粘土層に覆われるa3層は、a1層とよく似た層相を呈するが、変形や剪断の程度が弱い。また、連続的に湖成のa2層に覆われることから、氷床底のdebris ice rich layer起源である可能性を検討する必要がある。あるいは、a1層とその下位のテイルの関係を詳しく観察すれば、deformation layer 起源の層相を伴うか否かについても検討できると考えられる。

## 2. 大陸氷床変動との関係

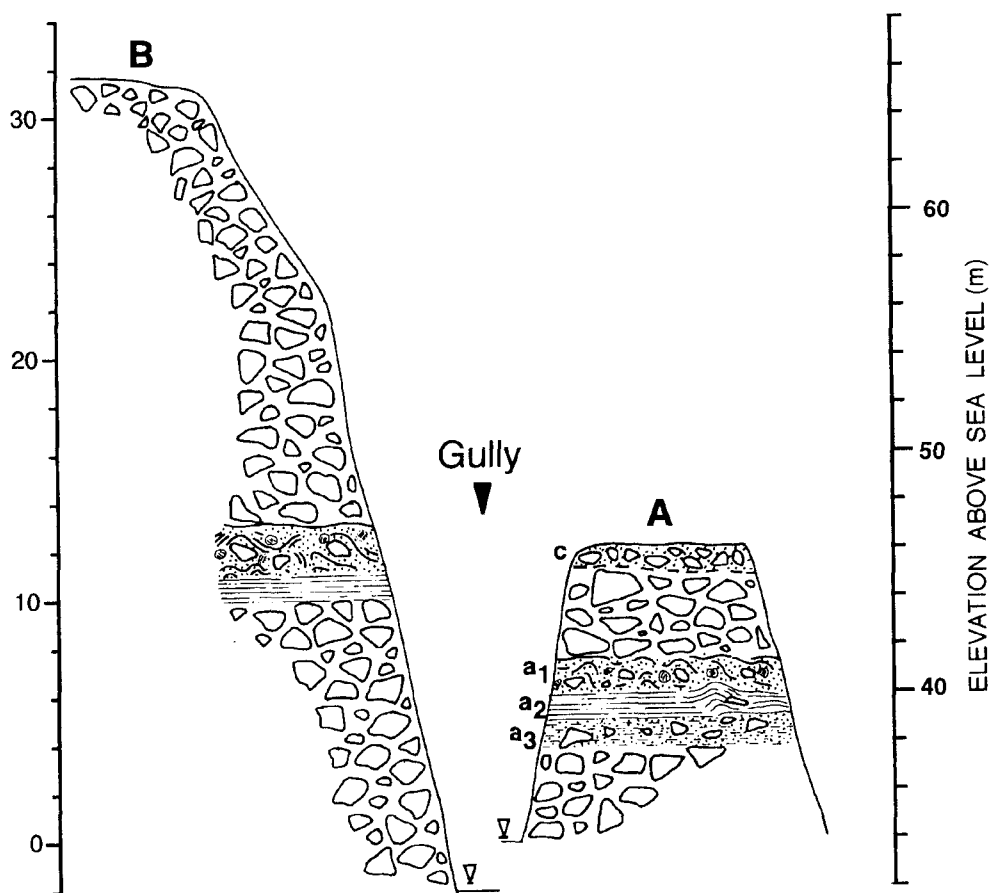
Zwartz et al. (1998) はリーセルラルセン山において、標高500 m付近を境に、以高では氷河外来巨礫が分布しないこと、山地斜面が氷河に磨かれた痕跡がなく風化が著しいことから、リーセルラルセン山は標高500 m 付近まで大陸氷床に覆われたことを示した。その時代については、限定していないが、最終氷期極相期を強く示唆している。この考えに従えば、リチャードソン粘土層上にはおよそ500 mの厚

さの氷床が流動したことになる。しかし、リチャードソン粘土層の変形や剪断はとくに著しいわけではなく、厚さ500 mの氷床による荷重がかかったとは考えがたい。

## 3. 層序

本露頭の位置するガリーの周辺では、モレーン原に3~4 mの高度差が見られる。

Aniya (1990) と Hayashi (1990) はこの高度差に基づいて、山岳氷河のターミナルモレーンを認定し、大陸氷床起源のモレーンを覆って山岳氷河が発達したとした。しかし、上に記載したリチャードソン粘土層およびそれを挟む上下の砂礫層中には不整合、ないしはそれに類する現象はまったくない。すなわち、上記の堆積物の起源に関して、山岳氷河のTillを考慮する必要はない。これらはすべて一連であり、すべて氷河表面テイルないし氷河中テイル起源と考えるべきであろう。



*Chlamys*-like scallop sampled from Langhovde, East Antarctica:  
Implication for a deglaciation during Miocene/Pliocene

Kiichi MORIWAKI and Hideki MIURA (NIPR)

南極横断山地高所の厚い氷河堆積物シリウス層の存在が知られ (Marcer, 1972)、ドライバレー谷底堆積物中のPlioceneの有孔虫から当時のフィヨルド環境が報告されて (Webb, 1972) 以後、後期新生代の南極氷床変動史について、相反する2つの見解が対立してきた (Denton *et al.*, 1984; Webb *et al.*, 1984; Clapperton & Sugden, 1990; Webb & Harwood, 1991)。現在では、東南極氷床はMiocene 半ば以降、安定して存在してきたとする見解と、Pliocene まではダイナミックに拡大縮小を繰り返していたとする見解が対立している (Wilson, 1995)。

Denton, Marchant, Sugden のグループは、南極横断山地のドライバレー周辺地域の地形面に堆積する火山灰が *in situ* で比較的広範囲に保存されているとして、その<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年代からこの地域は Miocene 半ばの15 Ma 以降、寒冷乾燥の極地環境下にあつて地形変化は殆どなく、従つて東南極氷床は現在とほぼ同じ規模で安定して存在してきたと前者の立場に立ち (例: Sugden *et al.*, 1995; Marchant *et al.*, 1996)、ロス海の大大陸棚で掘削を実施している Barrett を中心とするグループは、内陸部から運ばれた海棲化石を含む堆積物やナンキョクブナの化石の存在から後者の立場に立っている (例: Barrett *et al.*, 1992, 1997)。

リュツォ・ホルム湾地域からは、これまでこの論争に参加できる材料は得られていなかったが、JARE-37の夏期調査で、ラングホブデさくろ池の南西岸の海拔0.7 m から、*Adamussium* とは異なるホタテ貝の厚い貝殻片が採取され、文献その他で調べたところ、*Chlamys* (*Zygochlamys*) であることがほぼ明らかとなつて (図1)、断片的ではあるが、Pliocene 以前の試料が得られたので報告する。

厚い貝殻をもつ *Chlamys* の生息環境は、現在の南極大陸近辺の海水温より高温 (0°C to <3°C: Prentice *et al.*, 1993) であったと考えられている。

*Chlamys* を包含する地層は、これまで南極域では3地域 (図2: 南極半島先端地域、ロス海マクマード入江周辺地域、ブリッツ湾東岸) から報告されており、それぞれの層準に含まれる微化石組成による

生層位学的年代や上下の火山岩のK-Ar 年代・<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年代、貝殻中のSr 同位体年代などが得られている (Leckie & Webb, 1979; Pickard *et al.*, 1988; Birkenmajer *et al.*, 1991; Prentice *et al.*, 1993; Gazdzicki & Webb, 1996 など)。Jonkers (1998) はそれらを次のようにまとめた:

- a) Scallop Hill Formation (マクマード入江地域): Late Pliocene, 2.6-2.4 Ma
- b) Cockburn Island Formation (Cockburn 島): Late Pliocene, c. 3 Ma
- c) Marine Plain strata (Vestfold Hills) and Prospect Mesa Gravel (Wright Valley): Early Pliocene, 4.2-3.5 Ma
- d) Hobbs Glacier Formation and Fiordo Belén deposits (James Ross 島): Late Miocene, 9.9-6.8 Ma
- e) Polonez Cove Formation (King George 島): Late Oligocene-Early Miocene, 29-22.6 Ma

ラングホブデで採取した *Chlamys* は地表面に散在していたもので、これを含む地層は発見されていない。しかし、よそから運ばれてきて再堆積した貝殻であっても、供給源はより内陸であると考えるのが妥当で、Pliocene 以前にラングホブデより奥地まで海が広がっていたことを意味する。

五十嵐ほか (1998) は、同じくラングホブデから、現在の南極沿岸には生息しない *Hiatella* 属の貝殻片を含む地層を報告した。この貝殻片も再堆積したものと考えられ供給源はより内陸である。再堆積の時代は不明であるが、この地層が堆積する場 (現在見られる氷食地形) はすでに用意されていたことを示している。南極の *Hiatella* 属の生息年代については、ブリッツ湾湾奥のアメリーオアシスから、*Hiatella* 属を最初に報告した Bardin & Chepaljiga (1989) は Miocene と推定し、当時の海水温は現在より5~7°C 高かったとしている。ロス海のDSDP: site 270 or 272 のコア中のMiocene 相当層からも *Hiatella* 属が報告されているらしい。

リュツォ・ホルム湾地域から得られた試料は、まだ断片的である。今後は隆起海浜や海底のボーリングによって、更なる試料の獲得が期待される。

# 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 Mts.) , *Antarctica Commission Reports*, **28**, 35-38.
- Barrett, P.J. *et al.* (1992): Geochronological evidence supporting Antarctic deglaciation three million years ago. *Nature*, **359**, 816-818.
- Barrett, P.J., *et al.* (1997): Distribution of siliceous microfossils on Mount Feather, Antarctica, and the age of the Sirius Group. *The Antarctic Region Geological Evolution and Processes*, ed. by C.A. Ricci, Terra Antarctica Pub., Siena, 763-770.
- Birkenmajer, K. *et al.* (1991): Origin and age of pectenid-bearing conglomerate (Tertiary) on King George Island, West Antarctica. *Geological Evolution of Antarctica*, eds. M.R.A. Thomson *et al.*, 663-665.
- Clapperton, C.M. and Sugden, D.E. (1990): Late Cenozoic glacial history of the Ross Embayment, Antarctica. *Quaternary Science Reviews*, **9**, 253-272.
- Denton, G.H., Prentice, M.L., Kellog, D.E. and Kellog, T.B. (1984): Late Tertiary history of the Antarctic ice sheet: Evidence from the Dry Valleys. *Geology*, **12**, 263-267.
- Gazdzicki, A. and Webb, P.N. (1996): Foraminifera from the pecten Conglomerate (Pliocene) of Cockburn Island, Antarctic Peninsula. *Palaeontological Results of the Polish Antarctic Expeditions. Part II. - Palaeontologia Polonica*, ed. Gazdzicki, A., **55**, 147-174.
- Jonkers, H.A. (1998): Stratigraphy of Antarctic late Cenozoic pectenid-bearing deposits. *Antarctic Science*, **10**, 161-170.
- Leckie, R.M. and Webb, P.N. (1979): Scallop Hill Formation and associated Pliocene marine deposits of southern McMurdo Sound. *Antarctic Journal of US*, **14**, 54-56.
- Marchant, D.R. *et al.* (1996): Late Cenozoic Antarctic paleoclimate reconstructed from volcanic ashes in the Dry Valley region of southern Victoria Land. *Geological Society of American Bulletin*, **108**, 181-194.
- Mercer, J.H. (1972): Some observations on the glacial geology of the Beardmore Glacier area. *Antarctic Geology and Geophysics*, ed. R.J. Adie, Oslo, Universitetsforlaget, 427-433.
- Pickard, J. *et al.* (1988): Early Pliocene marine sediments, coastline, and climate of East Antarctica. *Geology*, **16**, 158-161.
- Prentice, M.L. *et al.* (1993): Late Neogene Antarctic glacial history: Evidence from central Wright Valley. *The Antarctic Paleoenvironment: A perspective on global change*, *Antarctic Research Series*, ed. J.P. Kennett & D.A. Warnke, 60, 207-250.
- Sugden, D.E. *et al.* (1995): Landscape evolution of the Dry Valleys, Transantarctic Mountains: Tectonic implications. *Journal of Geophysical Research*, **100** (B7), 9949-9967.
- Webb, P.N. (1972): Wright Fjord, Pliocene marine invasion of an antarctic dry valley. *Antarctic Journal of US*, **7**, 227-234.
- Webb, P.N. and Harwood, D.M. (1991): Late Cenozoic

- glacial history of the Ross Embayment, Antarctica. *Quaternary Science Reviews*, **10**, 215-223.
- Webb, P.N., Harwood, D.M., McKelvey, B.C., Mercer, J.H. and Stodd, L.D. (1984): Cenozoic marine sedimentation and ice volume variation on the east antarctic craton. *Geology*, **12**, 287-291.
- Wilson, G.S. (1995): The Neogene East Antarctic ice sheet: A dynamic or stable feature? *Quaternary Science Reviews*, **14**, 101-123.
- 五十嵐厚夫・三浦英樹・Hart, C. (1998): 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. 第18回南極地学シンポジウム講演要旨, 59-61.

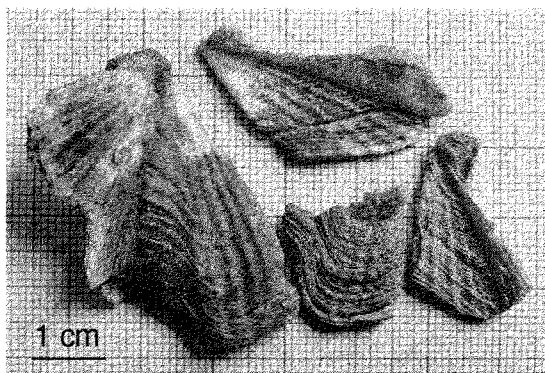


図1 Langhove から採取された *Zygochlamys andersoni* (Dr. A.G. Beu, ISNS, NZ による)。

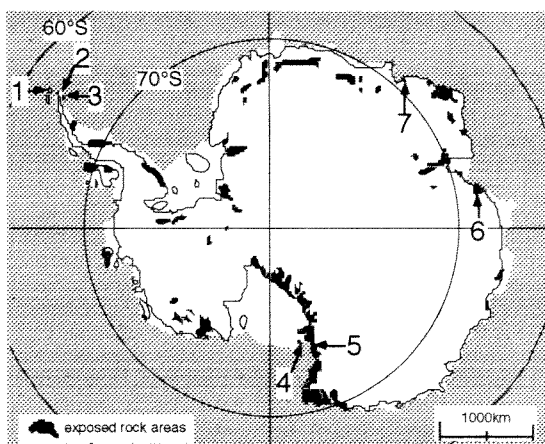


図2 *Chlamys*-like scallop の報告がある地点

- 1: King George Island 2: James Ross Island  
3: Cockburn Island 4: McMurdo Sound area  
5: Wright Valley 6: Vestfold Hills 7: Langhovde



## 珪藻種構成からみた西オングル大池の環境変遷

○岩佐朋美・坂東忠司（京都教育大生物）・中村俊夫（名古屋大年代測定センター）・  
伊村 智・神田啓史（国立極地研）

Transition of diatom-flora, observed in the sediment core  
from the Lake West Ongul O-ike, Antarctica.

○Tomomi IWASA, Tadashi BANDO (Kyoto Univ. of Education), Toshio NAKAMURA  
(Nagoya Univ. ), Satoshi IMURA & Hiroshi KANDA (NIPR)

## I. はじめに

リュッツォ・ホルム湾東岸にはオングル諸島をはじめ、ラングホブデ、スカルブスネス、スカーレンなどの露岩域がある。露岩域には多数の湖沼が散在しているが、それらは、立地条件、大きさ、水深、水質などの点で、実に多様な環境を提供している（村山, 1977）。さらに、それらの微妙な環境の相違は、湖沼中や周辺に生育する藻類相を特徴づける要因の一つとなっている。また、このあたりの冬季湖沼の氷厚が最大2 m 前後ということから判断すると、湖沼の水深が3 m もあれば、湖面が凍結する厳冬期でさえも湖底付近は概ね0°C以上に保たれることになる。極地に生育する藻類にとって、厳寒の地上に比べて湖底はまさに絶好の生育環境となる。湖底や湖中で旺盛に生育した藻類はやがて湖底に堆積していく。比較的規模の小さなこのような陸水湖沼では、周期的な干満や大きな潮流といった現象がみられないため、湖底の生物堆積物は主にその湖沼及び集水域に生育していたものに由来することになる。したがって、このような南極湖沼の堆積物は、局所的な立地環境をそのまま反映したものとなるはずである。

本研究では、堆積物を構成するもののうち、特に珪藻類に注目することにした。珪藻類は古い堆積物中においても細胞骨格が分解されずに残るため、環境指標生物としてしばしば利用されている。南極の湖底堆積物中の珪藻相の変遷は、その湖沼の歴史を如実に反映したものとなっているはずである。我々は、JARE-37 によって1995年12月から1997年1月にかけて採取された湖底堆積物コアのうち、特に西オングル大池（図1）のサンプルをもとに、西オングル大池の海からの影響、氷河後退の時期や大陸隆起などの環境変遷の一部を明らかにすることを試みた。

## II. 調査地および調査方法

## 1. 西オングル大池（図1）

昭和基地より約2 km南に位置する、最深部約11 m、大きさ約400 m×200 mの東西に長いオングル諸島最大の湖である。西オングル大池は湖面の海拔が13 mで、周囲を海拔15~30 m程の岩盤からなる丘に囲まれており、現在、海水の影響を直接受けることはない。水の供給は降雪の他、ドリフトや周囲からの融雪水に限られている。サンプルは池のほぼ中央において、湖沼型簡易コアサンプラー（離合社）で採取された。

## 2. 調査方法

得られた湖底堆積物コアは、樹木用年輪解析装置を用いて各ラミナの厚さが計測され、そのパターンが調査された。また、珪藻解析や<sup>14</sup>C法による年代測定も実施された。コアの全長は360 mmであったが、320 mm以深は砂泥となるため、ラミナ解析および珪藻解析は320 mm以浅についてのみ行われた。10 mm毎に切り出されたコアの一部は、KMnO<sub>4</sub> 飽和水溶液および濃HClで処理後、珪藻解析用永久プレパラートとしてPleurax 樹脂で封入された。各層の珪藻種構成は、200細胞の調査結果に基づいている。さらに、コアの9点については<sup>14</sup>C法による年代測定（AMS 加速器質量分析法）を行った。

## III. 結果および考察

## 1. ラミナ解析および年代測定（図2）

コアの縦断面では、基本的には淡緑色と暗緑色のラミナが交互に配列している。さらに、0.1 mm以下の緻密な層が密集する部分と0.2 mm以上の比較的粗い層が密集する部分とが交互に配列するパターンを確認することもできる。このような配列パターンは、他の湖沼（雪鳥池・東雪鳥池・スカーレン大池）の湖底堆積物コアの

安定した部分でも確認できる。西オングル大池で得られたコア中に確認されたラミナ数は総数 2,122 で、1 mmあたりの平均ラミナ数は 6.7 となるが、緻密な部分では 1 mmあたり 15~18 に達した。また、100 mm、170 mm、240 mmおよび 300 mm付近に明瞭な不連続面（ギャップ）が存在していることがわかった。

$^{14}\text{C}$  による年代測定から、最上層（0~10 mm）で  $1,580 \pm 60$  yrBP、300~310 mmの層で  $3,680 \pm 70$  yrBP、藻類堆積部の最下層（310~320 mm）では  $4,940 \pm 90$  yrBP という結果が得られた。明暗の層が交互に堆積していることから年縞（川上, 1995）的な様相を呈している。しかし、ラミナ数と  $^{14}\text{C}$  年代値が対応していない部分が各所に見られること、明暗の層一組を 1 年と考える年縞ではラミナ数（2,122）と深淺の年代の隔たり（2,360 年）が説明できないことなどから、年縞と断定することは難しい。湖底堆積物のラミナ形成は、時間軸そのものよりむしろ時間軸と一致しない藻類の不連続な生育を反映したものとなっている。時間（季節）を越えた藻類の生育が、実際にはどのようなものであったのかは、今のところ不明である。

## 2. 珪藻解析（図 3）

最上層（0 mm）から 20 mmごとに珪藻種構成を調べた結果、西オングル大池は深さ 310 mmより上の層が堆積した時代は、主に *Amphora veneta* が優占する淡水性珪藻類が成育する場であることがわかった。一方、310~320 mmの層中に確認される珪藻類は、南極海特産種として知られる *Nitzschia curta* や *N. obliquecostata* などの海産種で構成されていた。これらのことから、西オングル大池は 310 mmの層が形成された時代（ $4,940 \pm 90$  yrBP）までは海とつながっていたが、300~310 mmの層が形成された時代（ $3,680 \pm 70$  yrBP）には海から完全に独立していたと考えられる。すなわち約 1,300 年の間に西オングル大池の淡水化が起こったと推測できる。今回得られた結果は、西オングル島の海岸沿い海拔約 10m 以下の部分に完新世海成層の存在が明らかであるとする報告（平川・澤柿, 1998）とも一致する。

また、ラミナ解析によりギャップの存在が確認された 100 mm、170~180 mm付近では、珪藻種構成にも比較的明瞭な変化が生じていることが

明らかになった。100 mm付近の層では *Navicula* sp. 1 が、180 mm付近では *Achnanthes kryophira* が急増し、ともに優占種となる。珪藻種構成が変化するような環境の変化はラミナパターンにも反映されていると考えられる。

*Navicula* sp. 1 は、西オングル大池周辺の砂や石の間隙、池水中からしばしば報告されている（福島ら, 1974 ; Oguni & Takahashi, 1989）ことや雪鳥池やスカーレン大池でも多数確認される（岩佐・坂東, 未発表）ことから判断すると、本種はこの地域に広く生育しているものと思われる。また、詳細はまだ調査中ではあるが、 $^{14}\text{C}$  年代値と珪藻種構成等から判断すると、約 2,000 年前に *Navicula* sp. 1 の生育に好適な環境が生じ、その状態が現在まで持続しているものと考えられる。

雪鳥池の湖底堆積物コア中には、西オングル大池のコア中で優占種であった *Amphora veneta* がほとんど出現せず、代わって *Navicula* sp. 1、*Hantzschia amphioxys*、*Stauroneis anceps* が優占している。一方、スカーレン大池の堆積物コアは、西オングル大池のものと似かよった珪藻種構成となっている。これらの結果は、村山（1977）による水質調査データのうち、pH はスカーレン大池が高い値を示すが、電気伝導度等は概ね一致している。今後、珪藻の構成種の決定にはどのような環境要因が効いているのかを、氷河の後退や海拔の影響などと関連させながら考えていきたい。

## IV. 引用文献

- 福島 博・綿貫和彦・小林艶子 1974. 西オングル大池より得たケイ藻. 南極資料 50 : 35-39.
- 平川和臣・澤柿教伸 1998. 宗谷海岸の隆起海成堆積物から得られた貝化石の  $^{14}\text{C}$  年代—JARE-35 (1993-94) の資料—. 南極資料 42 : 151-167.
- 川上紳一 1996. 縞々学. 253 pp. 東京大学出版会, 東京.
- 村山治太 1977. 昭和基地付近の露岩地帯に存在する湖沼の一般的性状について. 南極資料 58 : 43-62.

Oguni, A & Takahashi, E 1989. Floristic studies on algae from inland waters of Antarctica: II. Lake O-ike, West Ongul island. Proceeding of the NIPR Symposium on Polar Biology 1: 233-254.

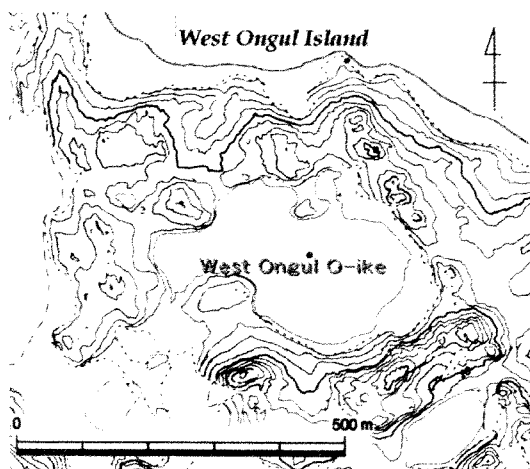


図 1. 調査地

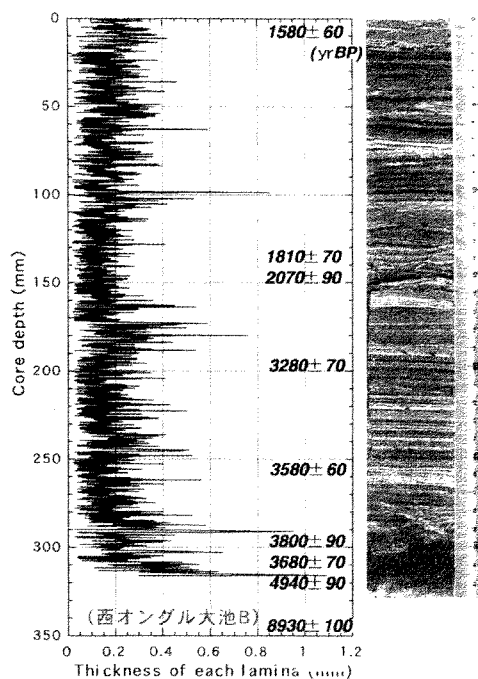


図 2. ラミナパターンと  $^{14}\text{C}$  年代

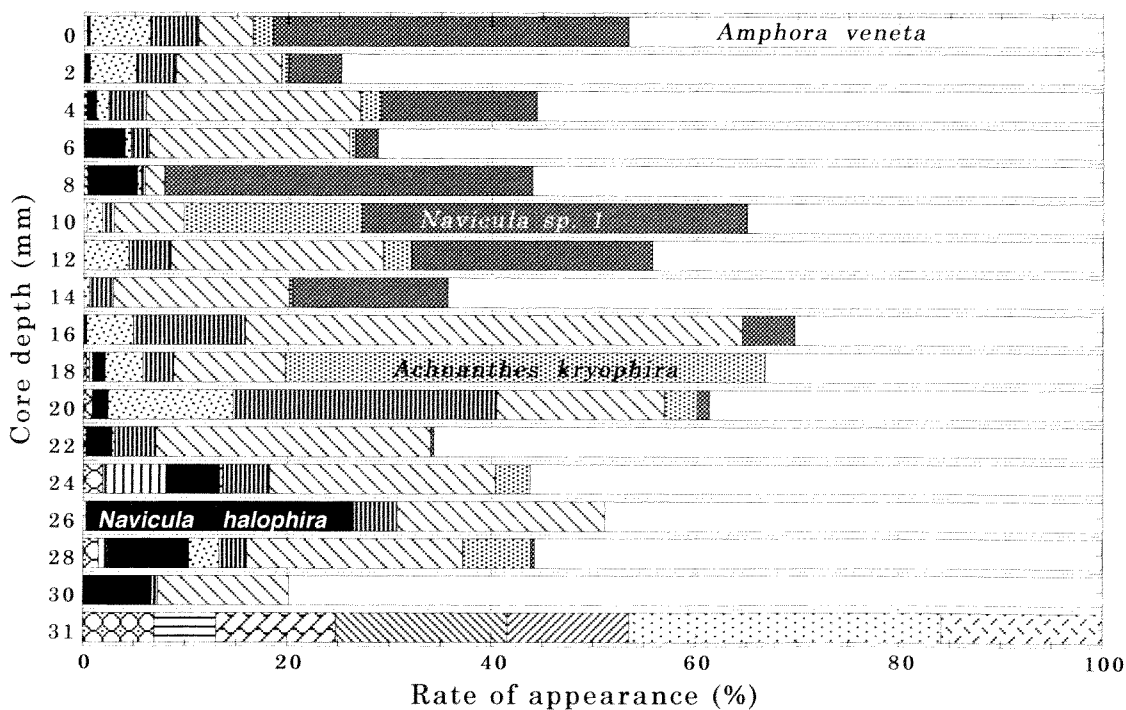


図 3. 珪藻種構成

瀬戸浩二（島根大学地球資源環境学）

## Stratigraphical study of the marine deposits around the Lake Hunazoko, Skarvsnes, Antarctica

K. Seto (Shimane Univ.)

スカルプスネスの舟底池周辺には海成堆積物が見られ、いくつかの地点で年代測定が行われている（吉田, 1970; Omoto, 1977; 平川・澤柿, 1998 など）。その結果、1 つ測定値（吉田, 1970）を除き、完新世を示す年代値が得られている。平川・澤柿（1998）では、舟底池周辺の海成堆積物から得られている年代値が 5000 年以降に偏っていることから、すりばち池周辺より海水の進入が遅れたことを指摘している。その点を踏まえ、JARE38 では舟底池周辺の海成堆積物を詳細に調査し記載を行った。本研究では、その調査によって得られた堆積物の記載と産出した貝化石の  $^{14}\text{C}$  年代測定（AMS 法）結果を用い、層序及び堆積環境について検討した。

舟底池は、塩分が海水の約 6 倍を示す塩湖で、その湖水面は海面下 23m である。したがって舟底池周辺で観察できる堆積物は、通常であれば海底にあり、本来見ることでできない堆積物である。舟底池の北東斜面には、海側から流水している塩水によって地層が侵食され、比較的容易に堆積物を観察することができる。海成堆積物は、斜面に沿ってほぼ平行に堆積しているようであるが、標高によって堆積相に違いが見られる。

## ①低位標高（海面下 23~15m）の地点

ラミナを伴う珪藻質泥が主体で、少なくとも 5 枚の淘汰の良いルーズな砂層を挟む（S1~S5 層）。珪藻質泥では化石がほとんど見られず、稀に *Adamussium colbecki* が産出する。下位層準に見られる S1 と S2 層は、異相的な産状を示す *Laternula elliptica* やウニ刺の化石が見られる。それらの層準の *L. elliptica* の年代測定結果によれば、それぞれおよそ 5000 年前と 4500 年前を示した。中位層準では 15cm 程度の生痕を伴う砂質泥（SM1 層）が見られ

る。砂質泥付近からはアザラシの化石が産出し、その化石から測定された年代はおよそ 2500 年前であった。上位層準では、リップルマークを伴いながら泥質から砂質へ上方に変化する。

## ②中位標高（標高-15~-10m）の地点

下位層準は砂礫を主体とした非海成と思われる粗粒堆積物が見られる。その上位にはラミナを伴う珪藻質泥が見られ、少なくとも 2 枚の淘汰の良いルーズな砂層を挟む（Sa, Sb 層）。Sa と Sb 層は、S1 と S2 層と類似し、それらの層準の *L. elliptica* の年代測定結果もほぼ同様な年代値を示している。珪藻質泥より上位の層準では生没の産状を示す *L. elliptica* をはじめ、多くの化石が産出する砂質泥（Sma 層）が見られる。その層準の *L. elliptica* から測定された年代はおよそ 2600 年前であった。その上位では砂の卓越した堆積層であり、ときおり生没の産状を示す *L. elliptica* の化石が産出する。

## ③高位標高（標高-5~0m）の地点

砂礫を主体とする堆積物で構成され、生没の産状を示す *L. elliptica* の密集層が 7 層準以上見られる。下位層準では細粒~中粒砂が主体で、ときおり粗粒砂層を挟む。この層準の細粒~中粒砂に含まれる *L. elliptica* はおよそ 5500 年前を示した。その上位には、下位に侵食面を伴い、上位に向かって細粒化する一連の堆積ユニットが見られる。そのユニットを繰り返しながら上方に粗粒化する傾向がある。下位の堆積ユニットの *L. elliptica* はおよそ 3200 年前を示し、最上位の堆積ユニットの *L. elliptica* はおよそ 2900 年前を示した。

これらに基づいて舟底池周辺の堆積環境を推定した。およそ 6000 年前から 3500 年前までは、高位標

高の地点の堆積環境は下部外浜で、泥線は高位標高の地点と中位標高の地点の間にあり、それ以深では珪藻質泥が堆積した。珪藻質泥に挟まれる砂層は、ストームにより浅海部から運搬されてきたと思われる。そのため、S1 と Sa 層、S2 と Sb 層は同時間面と考えてもよいだろう。3500 年前から 2500 年前までは、高位標高の地点では上部外浜である。堆積ユニットがいくつも見られることやそれらが上方粗粒化することから、小さな海進海退を繰り返しながら全体として海退していることが推定される。泥線は高位標高の地点と中位標高の地点の間にあると思われるが、それ以深でも珪藻がほとんど堆積していない。細粒堆積物が減少したため、堆積速度は非常に遅く、砂質泥が堆積したと思われる。また、中位標高の地点では貝化石が見られるが低位標高の地点では貝化石は見られない。両標高の地点ともそれほど粒度組成が変わらないことを考慮すると中位標高の地点と低位標高の地点の間に貧酸素化が起こり、貝類が生息できない環境であったことを示唆している。高位標高の地点ではそれ以降の堆積物は確認されていない。2500 年前ごろに泥線は中位標高の地点と低位標高の地点の間に移り、中位標高の地点では外浜の堆積環境を示す。低位標高の地点では再び珪藻質泥が堆積する。これ以降の年代は特定できないが、低位標高の地点で沖浜から外浜へ堆積環境が変化している。リップルマークが保存されていることや貝化石が産出しないことから、この変化の見られる年代にはすでに海から隔離されていたと考えられる。

舟底池周辺における完新世海成堆積物の開始年代であるが、今回の調査で高位標高の地点からこの付近での完新世としては最古にあたる年代値が得られた。この年代値が得られた *L. elliptica* の層準よりさらに下位に海成堆積物が見られることから、少なくとも 6000 年以降に堆積し始めたことになり、平川・澤柿 (1998) が指摘しているすりばち池周辺の海成堆積物との堆積開始年代の差は縮まってきた。今後、さらに海成堆積物の基底まで掘削し、貝化石が得られれば、その差はさらに縮まる可能性がある。

# ORIGIN OF LAYERED DIATOM OOZE FROM FRONTAL ZONE IN BRANSFIELD STRAIT, ANTARCTIC PENINSULA : ITS PALEOCLIMATIC IMPLICATIONS

Ho Il Yoon and Yeadong Kim (KORDI)

As a major zone of primary production around Antarctic Peninsula, Bransfield Strait continues to be the focus of modern and geological oceanic and climatic processes. Bransfield Strait, a deep (up to 2500 m depth), back-arc basin, not only lacks fluvial discharge systems where sediments are washed as they enter the marine environment but receives only minor amounts of terrigenous sediments except for ice-rafting and ice marginal dumping. It is a region of strong climatic variations, extensive winter sea ice and mean summer temperatures of less than 0 °C. Modern sedimentation under such regime is therefore dominantly biogenic. Sediment trap and biological oceanographic studies reveal that the flux of biogenic sediment components into the deep-sea is highly episodic and is tightly coupled to surface ocean processes of primary production.

Recent results of two sediment cores from the western and central basins in Bransfield Strait have shown remarkably laminated diatom ooze intervals at a level of 230-250 cm and 310-315 cm, respectively, containing relatively high concentrations of organic matter (more than 1.5% organic carbon). Reexamination of a core from the eastern basin confirms the occurrence of similar laminated diatom ooze through the whole core. These units are often loosely described as 'laminated diatom ooze (LDO)' although they usually consist of interbedded massive muds with varying contents of biogenic silica and/or organic carbon and differ mainly in color.

Many studies for the formation of LDO ascribed to the results of inhibition of benthos by low concentrations of dissolved oxygen either in anoxic silted basins or beneath zones of strong upwelling,

where an oxygen minimum layer intersects the shelf or slope have been reported in many places, i.e. Only a few examples of laminated diatomaceous sediments from open marine environments (such as eastern equatorial Pacific Ocean and equatorial Atlantic) have been investigated in detail. In this study, we provide an outline of the main modes of preserving diatom ooze laminae at a frontal zone in Bransfield Strait of Antarctic Peninsula and to suggest a model for the deposition of the ooze at this condition.

Palaeontological inspection of the two sediment cores from western and central basins of Bransfield Strait reveals intervals of a pure, near-monospecific diatom laminae alternating with a lithogenic laminae composed of a mixed diatom assemblage at the base of the cores. This laminated biosiliceous interval is characterized by abundance of organic carbon, biogenic silica as well as considerable preservation of sulfide sulfur. Conventional sedimentological interpretation equates such kind of organic-rich laminated sediment with bottom water anoxia, creating anoxic conditions for the preservation of organic components as well as exclusion of bioturbating. Low sulfate concentration in this interval supports development of anoxia during deposition of LDO. However, the negative relationship of the organic carbon and sulfate contents seems to be in contradiction to the result of normal sulfate reduction, in which sulfate reduction usually corresponds to decrease in organic content. Consequently, it is inferred that sulfate reduction during deposition of LDO was partly taking place but could not control organic carbon preservation in this interval. How then can this increased organic

component be explained? It may be suggested that increased diatom flux, as opposed to anoxia during deposition, would lead to the observed high organic content in the LDO interval.

## 東南極リュツォ・ホルム湾の現生介形虫群集

加藤昌子（静岡大学）・瀬戸浩二（島根大学）・

Thomas M. Cronin（アメリカ地質調査所）・池谷仙之（静岡大学）

## Recent marine ostracoda from Lützow-Holm Bay, East Antarctica

Masako Kato (Shizuoka Univ.), Koji Seto (Shimane Univ.),

Thomas M. Cronin (USGS), Noriyuki Ikeya (Shizuoka Univ.)

## 1. はじめに

南氷洋における介形虫（甲殻類）の研究は H.M.S. チャレンジャー号の航海に始まる。Brady (1880) は同航海で採取されたケルゲレン諸島およびチリ、アルゼンチン沖の底質試料から 56 種（含 35 新種）の介形虫を記載した。南極大陸沿岸については南極半島・マクマードサウンドほか、現生介形虫類に関する研究はこれまでに 20 編以上が報告されている。また、本研究地域であるリュツォ・ホルム湾からは、JARE-2 で採取された 1 底質試料から得られた介形虫 2 種について、Hanai (1961) の分類学的な研究がある。

本研究はリュツォ・ホルム湾沿岸部で採取された

55 点の底質試料に基づいている。全試料に含まれる介形虫種を明らかにするとともに群集解析を試み、水深による介形虫相の相違を認めた。また介形虫類から見た本地域の海洋特性を他地域と比較して考察した。

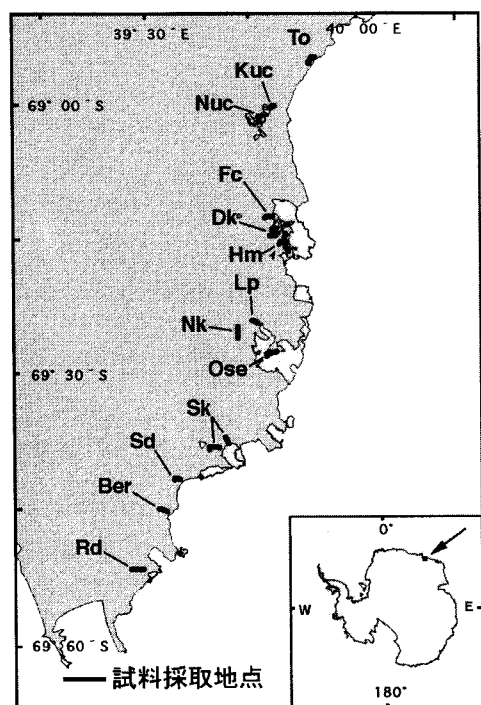
## 2. 試料

本研究で扱った底質試料は、1) 庄司大太郎氏により JARE-2 (1957-58) で採取されたリュツォ・ホルム湾湾口部（水深 350-830m）6 地点の試料（Uchio, 1960）と、2) 瀬戸浩二により JARE-38 (1997-98) で採取された宗谷海岸沿岸部（水深 10-300m）49 地点の試料（瀬戸, 1999MS）である。これらの試料中に含まれる介形虫類は現生することを示す付属肢を伴う個体も含まれているが、多くの個体は背甲（石灰質殻）のみの遺骸からなる。各試料の産出個体数は幼体を含めて 1g あたり 172 個体から 100g あたり 1 個体まで試料によってかなりのばらつきがある。これらの介形虫は 35 属 76 種（生体 27 属 46 種）に分類・同定された。

## 3. 介形虫種の生息水深

産出種（生体）ごとの生息水深分布を見ると、この海域における介形虫群集には 3 つの生息水深区が識別される。

1) 水深約 100m 以浅：多くの試料はこの水深域に含まれ、また産出種の大半は 100m 以浅に生息分布域を持つ。特徴的な種は *Antarctiloxoconcha frigida*, *Australicythere polylyca*, *Austrotrachyleberis antarctica*, *Cativella bensoni*, *Patagonacythere*





*longiducta antarctica*, *Semicytherura notalis*,

*Cytheropteron (Loxoreticulatum) fallax* などである。

2) 水深 100-300m : 生息分布が 300m 付近を下限とする種は 16 種あり, 産出量も多く, 特徴的な種として *Antarctilochoconcha frigida*,

*Austrotrachyleberis antarctica*, *Australicythere polylyca*, *Krihe* sp. 1, *Microcythere* sp. 1 があげられる。

3) 水深 300m 以深 : この水深域まで浅海から連続的に生息分布を持つ種はほとんどない。特徴種としては *Palmoconcha* sp. 1 があげられる。

介形虫の群集組成は水深約 100m と 300m 付近を境として大きく異なる。特に 300m 以深とそれ以浅での群集組成の違いは最も顕著である。これらの群集組成の相違はこの地域の水塊に規制されていると考えられる。即ち, 水深 300m 以浅には水温  $-1.8^{\circ}\text{C}$ , 塩濃度 33.8-34.2% の南極表層水 (ASW) (Ushio et al., 1993) が存在し, 水深 700~1500m には水温  $0.5-1.4^{\circ}\text{C}$ , 塩濃度 34.6-34.72% の周極深層水 (CDW) (Takizawa et al., 1992) が存在する。また両水塊を挟む 300~700m の水深は水温・塩濃度ともに両水塊の中間的な性質を示すことが確認されている (Ushio, 1993)。特に群集組成に大きな変化が認められる水深 300m の境界は ASW の最深部に対応している。

#### 4. 介形虫の産出量

乾重量 1g あたりの産出個体数 (含遺骸) には地域差が認められる。北部 (とつっき岬~ラングボレン) の堆積物は水深 100m 以浅の試料が多く, 比較的粒度の粗い堆積物からなるにもかかわらず, 介形虫の産出量は比較的多い。また南部 (スカーレン~ルンドボークスヘッタ) の試料は水深 100m 以深の試料が多く, 粒度は細かいにもかかわらず, 介形虫の産出個体数は少ない。また, これらの地域の間地域 (オーセン地域) の試料は介形虫の産出量が著しく少ない。この地域の堆積物は試料採集時に  $\text{H}_2\text{S}$  臭が確認され, 堆積物の黒色化が顕著であるなど, 明らかに還元的な環境下で堆積したことが類推される。

#### 5. 介形虫の群集解析

種数も多く産出個体数も多い 100m 以浅の試料について群集組成とその地理的な相違を調べた。生体の産出個体数の多い (1 試料あたり 30 個体以上) 11 試料を用いて群集解析を行った。棄却水準 5% を満たす 28 種を用いた Q-mode クラスター分析により, 3 つの群集が区別された。

I 群集 (中の浦の 2 試料) : 10-13m の浅海域で生物量が著しく少なく, 非常に淘汰の良い細粒砂試料からなり, *Semicytherura notalis* 1 種がほぼ独占的に産出する。

II 群集 (とつっき岬の 1 試料) : 水深 77.5m, 生物量が多く, レキ・砂を含む泥質試料からなり, *Echinocythereis* sp. (Briggs Jr., 1978) 1 種がほぼ独占的に産出する。

III 群集 (中の浦を除いたとつっき岬からスカーレンにかけての 8 試料) : 水深 20.7-75.5m の水域で, 含有生物量は比較的少なく, 泥質細粒砂からなり, *Antarctilochoconcha frigida*, *Cativella bensoni*, *Patagonacythere longiducta antarctica*, *Australicythere polylyca*, *Austrotrachyleberis antarctica* が優占する。

#### 引用文献

- Brady, G. S., 1880: *Rep. Sci. Res. Voy. H.M.S. Challenger, 1873-76, Zool.*, 28, 417-433, pl. 37.
- Briggs Jr., W. M., 1978: *Antarct. Jour. U.S.*, 13 (4), 27-29.
- Hanai, T., 1961: *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, sec. 2*, 13 (2), 345-377, 14 text-fig.
- Takizawa, T., Ushio, S., Kawamura, T., Ohshima, K. I., Ono, N. & Kawaguchi, S., 1992: *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, 6, 106-125.
- Uchio, T., 1960: *Spec. Pub. Seto Mar. Biol. Lab., Biol. Res. JARE*, 12, 1-20.
- Ushio, S. & Takizawa, T., 1993: *JARE Data Rep.*, 184, 34 p.

## 20 東南極リュツォ・ホルム湾における隆起海浜堆積物中の介形虫群集

加藤昌子（静岡大学）・五十嵐厚夫（極地研）・

Thomas M. Cronin（アメリカ地質調査所）・池谷仙之（静岡大学）

Ostracode fauna from raised beach deposits along the east coast of

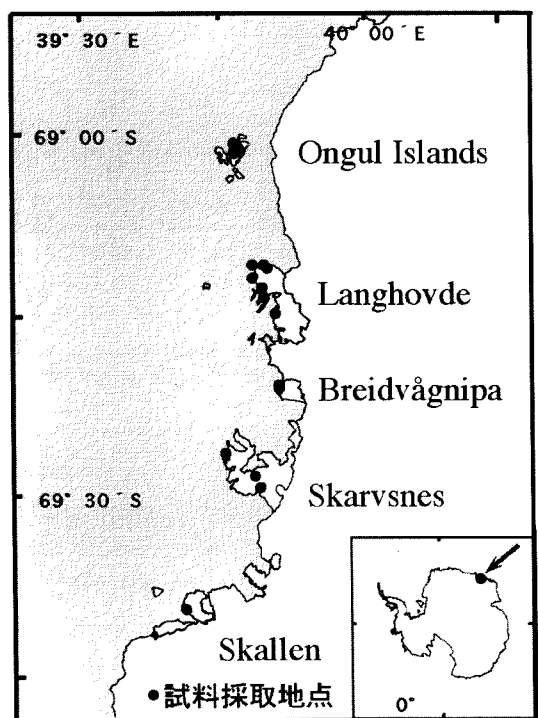
Lützow-Holm Bay, East Antarctica

Masako Kato (Shizuoka Univ.), Atsuo Igarashi (NIPR),

Thomas M. Cronin (USGS), Noriyuki Ikeya (Shizuoka Univ.)

### 1. はじめに

南極大陸沿岸部の介形虫類（甲殻類）に関する研究は Müller(1908)以来約 30 編の報告がある。この中で、大陸縁辺部の隆起海浜堆積物とその化石介形虫類を扱った研究は 7 編あるが、リュツォ・ホルム湾域における研究はない。本研究では、リュツォ・ホルム湾岸の隆起海浜堆積物に含まれる介形虫類について、産出種の分類学的研究を行うとともに群集解析を行った。その結果、堆積物の  $C^{14}$  およびアミノ酸ラセミ化年代測定結果と介形虫群集から推定される堆積年代を比較した。さらに、環境変化に敏感に反応する介形虫種の特性を用いて本地域の隆起海浜堆積物の堆積環境について考察した。



### 2. 試料および堆積物の年代

本研究で扱った隆起海浜堆積物は、東西オングル島からラングホブデ・ブライボーグニーパ・スカルプスネス・スカーレンに至る各地より、JARE-33 (1991-93) において五十嵐厚夫が採取した 39 試料 (Igarashi, 1997MS) からなる。これらの堆積物の年代は含有貝化石による  $C^{14}$  年代値から大きく 2 つに分けられる。即ち、1) 東西オングル島～ラングホブデ北部の堆積物は 33-42ka (Pleistocene) を、また 2) ラングホブデ南部～スカーレンの堆積物は 3.0-7.7ka (Holocene) を示す (Igarashi et al., 1995; Miura et al., 1998)。しかし、 $C^{14}$  年代測定で 33-42ka を示した試料のうち、ラングホブデ北部の一部の試料は同じく貝化石によるアミノ酸ラセミ化年代測定によると、33-42ka よりもさらに古い年代 (Pliocene?) を示唆することが指摘されている (五十嵐ほか, 1998)。

### 3. 結果

39 試料より 18 属 35 種の介形虫類が検出された。このうち、20 以上の産出個体数を持つ 16 試料について群集解析 (Q-mode cluster analysis) を行い検討した結果、以下の 4 つの介形虫群集 (Ia, Ib, II, III) が認められた。

#### Ia 群集 (ラングホブデ北部の 2 試料) :

*Hemicythere* sp. (新種) が優占し、従属種として *Leptocythere* sp. (新種), *Meridionalicythere megalodiscus* を産出する。

Ib 群集 (東西オングル島およびラングホブデ北部の 7 試料) : *Hemicythere* sp. (新種) が優占し、従属種として *Patagonacythere longiducta antarctica*, *Semicytherura notalis* を産出する。

II 群集 (スカルプスネスの 6 試料) : *Xestoleberis* sp. 1 が優占し、従属種として *Xestoleberis* sp. 2,

*Xestoleberis* sp. 3, *Xestoleberis* sp. 4 および

*Patagonacythere longiducta antarctica*, *Semicytherura* cf. *costellata* を産出する。

III 群集 (スカーレンの 1 試料) : *Patagonacythere longiducta antarctica* が優占し, *Cativella bensoni* が従属種として産出する。

#### 4. 考察

C<sup>14</sup> 年代値では、湾北東部沿岸の Ia, Ib 群集は 33-42ka (後期 Pleistocene) を示すのに対して、湾南東部沿岸の II, III 群集は 3.0-7.7ka (Holocene) を示す。よって C<sup>14</sup> 年代値に従えば、4 つの群集は時代的にもまた地域的にも異なる 2 つのグループに区分される。

このうち Ia 群集に関しては、アミノ酸年代測定の結果から 33-42ka よりもかなり古い年代

(Pliocene?) の群集ではないかと推定される。Ia 群集から産出し、Ib 群集には産出しない *Leptocythere* sp. (新種) は, Szczechura et al. (1996) により ?*Leptocythere* sp. として南極半島沿岸コックバーン島の Pliocene の含 *Pecten* 礫岩層から報告されたものであり、これまでのところ、この産出記録が唯一の報告である。また、詳しい分類学的検討は行っていないが、本種 (*Leptocythere* sp.) と形態的に酷似する種が南米南端フエゴ岬 (52-55° S) の Carmen Silva 層 (Miocene) から産出している (Echevarría, 1987)。以上のことから、Ia 群集は Pliocene の群集である可能性が高いと言える。これは、アミノ酸年代測定結果に基づく推定と調和的である。

Ia, Ib 群集で共に優占し、II, III 群集には全く産出しない *Hemicythere* sp. (新種) は, Briggs (1978) により *Hemicythere taeniata taeniata* (not *H. t. t.*) として南極 McMurdo Sound の Taylor 層 (Pleistocene) から産出が報告されている。*Hemicythere taeniata taeniata* (*Hemicythere* sp. (新種) と近縁ではあるが別種である) は、南極沿岸域には現生しないが、フォークランド諸島沿岸、チリ南部沿岸、南米南端フエゴ岬に現生している (Skogsberg, 1928; Hartmann, 1962; Whatley et al., 1987, 1995, 1997)。

II, III 両群集に優占する 7 種はリュツォ・ホルム湾沿岸の現世堆積物中にも多産することが確認されている。特に、II 群集に卓越する *Xestoleberis* 属は、潮間帯から潮下帯上部の岩礫性海藻付着種である。本属の生態的特性から II 群集の堆積場は岩礫性の環境

であったことが類推される。

#### 5. 今後の課題

1) 特定種の詳細な分類学的検討が必要である。

2) 本海域の現生堆積物中から多数の介形虫が検出されているので (加藤ほか, 1999), これらと化石群集とのより詳細な比較・検討が必要である。

3) 本化石群集を広範な南半球高緯度地域の中で生物地理的・進化学的に位置づける必要がある。

#### 引用文献

- Briggs Jr., W. M., 1978. *Antarct. Jour. U. S.*, 13 (4), 27-29.
- Echevarría, A. E., 1987: *Ameghiniana Revista de la Asociación Paleontológica Argentina*, 24 (3-4), 309-318.
- Hartmann, G., 1962: *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.*, 60 (suppl.), 147-221.
- Igarashi, A., 1997MS, 東北大学理学部博士論文。
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y., Harada, N., Fukuchi, M. and Saito, T., 1995a: *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, 8, 154-162.
- 五十嵐厚夫, 三浦英樹, Charles Hart, 1998: 第 18 回南極地学シンポジウム講演要旨, 59-61.
- 加藤昌子, 瀬戸浩二, Thomas M. Cronin, 池谷仙之, 1999: 第 19 回南極地学シンポジウム講演要旨。
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K., 1998: *Spec. Map Ser. NIPR*, 6.
- Müller, G. W., 1908: *Deutsche Südpolar-Exped. 1901-1903*, 10, 51-181.
- Skogsberg, T., 1928: *Occ. Pap. Calif. Acad. Sci.*, 15, 1-55.
- Szczechura, J. and Blaszyk, J., 1996: *Palaeontologia Polonica*, 55, 175-186.
- Whatley, R., Chadwick, J., Coxill, D. & Toy, N., 1987: *Jour. Micropalaeontol.*, 6 (2), 1-12.
- Whatley, R., Toy, N., Mognilevsky, A. & Coxill, D., 1995: *Rev. Esp. Micropal.*, 27 (1), 17-38.
- Whatley, R., Mognilevsky, A., Chadwick, J. & Ramos, M. I. F., 1997: *Rev. Esp. Micropal.*, 29 (2), 5-83.

# リュツォ・ホルム湾白瀬海底谷から得た 完新統堆積物コア中の石灰質有孔虫群集とその意義 五十嵐厚夫 (極地研)

## Recovery of Holocene calcareous foraminiferal fauna from a core collected from the Shirase Submarine Valley, Lützow-Holm Bay, and its significance

Atsuo Igarashi (Natl Inst. Polar Res.)

### 1. はじめに

演者は、リュツォ・ホルム湾において JARE により採取された隆起海浜堆積物試料および海底堆積物コア試料を用いて、含まれる有孔虫化石に基づいた後期更新世—完新世における湾内海洋環境の復元に関する研究を行っている。

これまでの成果により、湾南東部露岩（ラングホブデ中—南部、ブライボーグニーパ、スカルプスネス、スカーレン）の完新統隆起海浜堆積物から、石灰質底生有孔虫群集が認められた。そして、完新世における湾南東部沿岸での氷床後退と上記有孔虫群集の繁栄には、湾沖合に存在する周極深層水（CDW）の白瀬海底谷に沿った湾南東部沿岸への流入が、大きく寄与していたのではないかと仮説を立てた（五十嵐, 1997）。

今回演者は、上記仮説を検証する目的で、白瀬海底谷から採取された堆積物コアについて、加速器質量分析法（AMS法）による放射性炭素年代測定と、有孔虫化石群集の分析を行った。その結果を報告する。

### 2. 分析試料と方法

放射性炭素年代測定および有孔虫分析に用いた堆積物コア試料は、JARE-22 (1980-82) によって、ラングホブデ西方約 40 km 沖合の白瀬海底谷（Station code: 81-110402；水深 778 m）から、ピストンコアラーのパイロットコアラーにより採取された。採取後今回の分析に用いるまでの間、コアは冷凍保存されていた。コア径は 3.5 cm、コア長は 46 cm であった。

コア試料は、岩相を記載後、表層から下方へ向かって 1 cm 厚毎に細分割した。放射性炭素年代測定には、表層から 22-23, 44-45 cm の堆積物を用いた。堆積物中に含まれる有機物から測定炭素が精製された。精製・測定は、Beta Analytic Inc. に依頼した。有孔虫分析には、表層から 0-1, 4-5, 10-11, 15-16, 20-21, 25-26, 30-31, 35-36, 41-42, 45-46 cm の計 10 層準の堆積物を

用いた。堆積物は、乾燥重量測定後、熱湯を注ぎ軟化させ、250-mesh (61- $\mu$ m opening) の篩で洗浄した。残渣を乾燥後、顕微鏡下で 300 個体を目安に個体を拾い出し、種を同定した。

### 3. 結果

#### 岩相

0-42 cm : Olive gray sandy silt—silt

43-46 cm : Dark gray sandy silt—silt

である。全般的に無層理。固結度は極めて低い。15 cm 以深で、数 mm~1 cm 程度の岩片をまれに含む。

#### 放射性炭素年代

22-23 cm : 6160 $\pm$ 50 yr BP

44-45 cm : 7650 $\pm$ 50 yr BP

である。両年代値とも、バックグラウンド補正、 $\delta^{13}\text{C}$  補正を行っている。

#### 有孔虫群集

コア全体を通じて、14 属 15 種の膠着質有孔虫化石、32 属 48 種の石灰質有孔虫化石が産出した。

各層準において石灰質有孔虫の占める割合は、いずれも 99 % 前後であった。コア全体を通じて、種数および堆積物の単位乾重量あたりの産出個体数に、大きな変化はみられなかった。堆積物 1 グラムあたりの産出個体数は、約 3000~4000 であった。

石灰質有孔虫において最も優勢な種は、浮遊性の *Neoglobobulimina pachyderma* (Ehrenberg) で、コア全体を通じてかなりの高率を占める。続いて優勢な順に、底生の *Epistominella exigua* (Brady), *Alabaminella weddellensis* (Earland), *Nonionella* sp. A., *Cibicides refulgens* Montfort, *Bulimina aculeata* d'Orbigny, *Nonionella iridea* Heron-Allen and Earland, *Globocassidulina bionia* (Crespin), *Ehrenbergina glabra* Heron-Allen and Earland が、コア全体を通じて連続して産出する。

#### 4. 考察

##### 放射性炭素年代

堆積物コアの $^{14}\text{C}$ 年代値に関して reservoir effect の補正值を見積もるには、表層堆積物の年代を測定、あるいは外挿的に推定することが有効と思われる。しかし、有機物で測定された表層年代値は、炭酸カルシウム殻でのそれに比べて、試料間でのばらつきが大きいことが知られ（例えば Domack, 1992; Licht et al., 1996）、その原因として再堆積の影響が挙げられている（Domack, 1992）。また、外挿法による推定には、1つのコアで多層準での測定値が必要である。

今回得られた2つの年代値から推定されるコア表層の年代値は、約4640年である。しかし上記理由から、この表層年代値を reservoir effect の補正值としてそのまま適用するのには問題がある。よって現時点では、コアの真の年代幅を規定することは困難である。しかし、少なくともコア基底部の年代が8000年前を越えないことは確かである。

##### 有孔虫群集

五十嵐（1997）は、湾内で得たコアの表層堆積物中の膠着質・石灰質有孔虫の深度分布から、湾内の水深400m前後に局所的な炭酸カルシウムの溶解深度を推定した。そして、膠着質・石灰質有孔虫の深度分布傾向は、コア全体を通じても大局的に同様であったことから、この溶解深度は完新世の間はさほど変化しなかったとした。

今回の分析コアは、この溶解深度よりもはるかに深い水深から得られた。にもかかわらず、石灰質有孔虫がコア全体を通じて豊富に産出したことは、過去において白瀬海底谷内には、炭酸カルシウムに飽和した水塊が、表層水と切離して存在していたことを裏付ける。そして、中でも特に注目すべきことは、*B. aculeata* がコア全体を通じて連続して産出したことである。この種は、南極海ではCDWとの強い関連が示されている（例えば Mackensen et al., 1990; Ishman and Domack, 1994）。この種は、湾沖合の表層堆積物（水深350-1900m）から産出し（Uchio, 1960）、また五十嵐（1997）で分析されたホノール海底谷（水深683m）のコアからもほぼ連続して産出している。

以上から、最大に見積もって8000年以降、炭酸カルシウムに飽和した沖合のCDWが、白瀬海底谷を経て湾南東部沿岸に流入していたことが裏付けられる。これは、完新世に入りCDWの流入によって湾南東部沿岸が暖められ、そこに有孔虫の繁栄をもたらしたという五十嵐（1997）の仮説を、より確からしくする。

##### 完新世における貝の移動—適応年代

湾東岸の隆起海浜堆積物中の貝化石でこれまでに測定された完新世の放射性炭素年代値（Miura et al., 1998）について、各露岩間で認められる最も古い年代値の差は、貝の各地域への移動—適応年代の差を示すと考えられる。具体的には古い順に、スカルプスネス（8-9 ka）、スカーレン・スカレピークハルセン（7-8 ka）、ラングホブデ中—南部・ブライボーグニーバ（6-7 ka）、ラングホブデ北部・東西オングル島（5-6 ka）の年代差が認められる。この差は、貝がまず湾南東部沿岸域に適応し、その後徐々に北上し湾北東部沿岸へ適応範囲を広げていったことを示すと推定される。以上は、完新世に入りCDWによって湾南東部沿岸が暖められたという仮説に調和する。

#### 5. 今後の課題

湾内へのCDW流入は、過去の湾内環境変動を左右するものとして、重要なものとして位置づけられる。しかし、湾北東部沿岸の隆起海浜堆積物で認められたLGM以前の有孔虫群集（五十嵐, 1997）の繁栄は、このCDW流入機構では説明しにくい。上記群集の繁栄をもたらした異なる海洋機構を、具体的に推定することが挙げられる。そのためには、海底から少なくとも最終間氷期までをカバーする堆積物コアを採取することが必要となる。

##### 謝辞

今回の分析を行うにあたり、国立極地研究所森脇喜一教授から、堆積物コア試料を快く提供していただいた。ここに深い謝意を表したい。

##### 引用文献

- Domack, E.W., 1992: *Antarct. Jour. U.S.*, 27, 63-64.  
五十嵐厚夫, 1997: 第17回南極地学シンポジウム講演要旨, 58-59.  
Ishman, S.E., Domack, E.W., 1994: *Mar. Micropaleontol.*, 24, 119-155.  
Licht, K.J., Jennings, A.E., Andrews, J.T., Williams, K.M., 1996: *Geology*, 24, 223-226.  
Mackensen, A., Grobe, H., Kuhn, G., Fütterer, D.K., 1990: *Mar. Micropaleontol.*, 16, 241-283.  
Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A., Moriwaki, K., 1998: *Spec. Map Ser. NIPR*, 6.  
Uchio, T., 1960: *Spec. Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, 12, 1-20.

# 22 南極産二枚貝 *Laternula elliptica* の殻に残された安定同位体の記録-南極の融氷水の歴史-

和田 秀樹<sup>1</sup>・河合 庸展<sup>1</sup>・三浦英樹<sup>2</sup> Paul Berkman<sup>3</sup>, and  
Kyger C Lohmann<sup>4</sup>

## Stable isotopic records from Antarctic *Laternula elliptica*'s shell -the history of meltwater in Antarctica-

1) Department of Biology and Geosciences, Shizuoka University, Shizuoka 422-8529

2) National Institute of Polar Research, Itabashi, Tokyo,

3) Institute Byrd Polar Research Centre, Ohio State University, Columbus, Ohio

4) Department of Geological Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan

海生生物の硬組織の酸素同位体比は、生息海域の水温と海水の同位体組成によって決まる。南極域では氷床の融氷水 (meltwater) の影響が加わる。融氷水の酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$  値) は -30 ~ -60‰ である。水温 0℃ 付近の海水と平衡なアラゴナイトの酸素同位体比は  $\delta^{18}\text{O}$  値は約 5‰ (PDB) となる。

南極の海に生息している生物体硬組織の現生と化石の酸素同位体比を測定して得られる海水の酸素同位体組成の時間変化は、融氷水の海水への混入の時間的変化と見ることができ

### *Laternula elliptica*

南極の浅海に多く生息している多数採取可能なオキナガイ科に属する二枚貝である。

AHN (1994) によると、この貝は、水深 6 ~ 7 m から 30 m 以深にかけて生息している。通常海底砂に潜没して、サイフォンを長く出して、海水を吸い込みエサを採取する。多くの場合海底面から 50 cm 以上の深さで生活していると言われている (HARDY, 1972) が、キングジョージ島では比較的浅所にも発見され、成長するにしたがって次第に深く潜っていく。

### 採取地点

本研究に使った *Laternula elliptica* は、現生 2 個体、化石の破片 6 個体である。現生の *L. elliptica* は、南極ロス海テラノバ湾において、採取した個体である。一方、化石試料の *L. elliptica* に関しては、昭和基地近くの宗谷海

岸、ラングホブデで採取したサンプルである。*L. elliptica* の  $^{14}\text{C}$  年代

最終氷期以降の 3,500 ~ 4,000 年前 (3.5 ~ 4 ka) と 46,000 年前後 (46 ka) を示す 2 つの年代が得られている。

現生の *L. elliptica* の貝殻の記録  
同時期に成長したと考えられる最も外側にある成長線に沿って、貝殻の中央部にかけて  $\delta^{18}\text{O}$  の値がほぼ一定の値を示している。貝殻表面の成長方向に沿って周期 1 cm 弱の肋と溝によって 7 つのサイクルに分けられた。さらに肋と溝の 1 サイクルあたり、7 ~ 8 本の成長線が見られる。同位体比の測定の結果、貝殻形成初期から貝殻形成晩期にかけて、 $\delta^{13}\text{C}$  の値が次第に軽くなっていく傾向がある (図 1)。

貝殻表面の肋と肋の間の部分を 1 ブロックとし、各ブロック中に見られる数本の成長線 (6 ~ 8 本) からカッターの刃を使い線状に掻き取り、同位体比を測定した。 $\delta^{18}\text{O}$  値に関して 1 ブロックごとに、明瞭な周期性 (多分季節変化) のあることが認められた (図 2)。

3.5 ka ~ 4 ka の年代を示す *L. elliptica* の貝殻化石

この貝殻の成長方向を追って貝殻の表面の肋と溝によって 9 ブロックにわけた。貝殻表面の  $\delta^{13}\text{C}$  値は現生の *L. elliptica* と同じように +3.5‰ ~ +1‰ の値を取り、成長方向に沿って軽くなっている。 $\delta^{18}\text{O}$  値については、貝殻表面は現生のもの (+4 ~ 5‰) よりも、かな

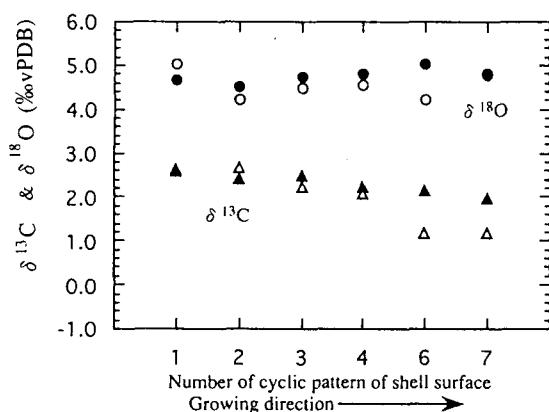


図1 南極テラノバ湾で採取された現生の *Laternula elliptica* (SUM-HM-W0001) 貝殻表面の成長方向に沿っての炭素・酸素同位体比の変化。

り軽い値である0～+2.5‰の範囲の値を取りながら重くなっていく傾向がある。

46kaを示す *L. elliptica* の貝殻化石

46kaを示す *L. elliptica* の貝殻化石 (SUM-MB-W0006~8) は、地層から採集する時すでに細かい破片になっていたので、幾つかの破片を任意に選び同位体比を測定した。

### 結果の議論と考察

同時間に成長した アラゴナイト の酸素・炭素同位体比について

前述のように貝殻中央部の成長線の明瞭な部位を測定すれば、成長時期の酸素同位体比を代表させることができる。炭素同位体比については、酸素同位体比に比べてやや変動が大きいことが分かった。

貝殻の成長に伴う炭素同位体変動

現生および化石どちらも成長するに従って、2～3‰の範囲で  $\delta^{13}\text{C}$  値が減少している。減少してゆく理由は、*L. elliptica* が成長するにしたがって砂の中に深く潜って生息していることに関連しているためと思われる。

成長に伴う *L. elliptica* への氷床の融氷水の影響

肋の酸素同位体比の周期性は年周期の貝殻成長時期の変化を示している可能性が高い。酸素同位体比の成長に伴う変化はSUM-MB-W0003 の *L. elliptica* の場合、 $\delta^{18}\text{O}$  値の結

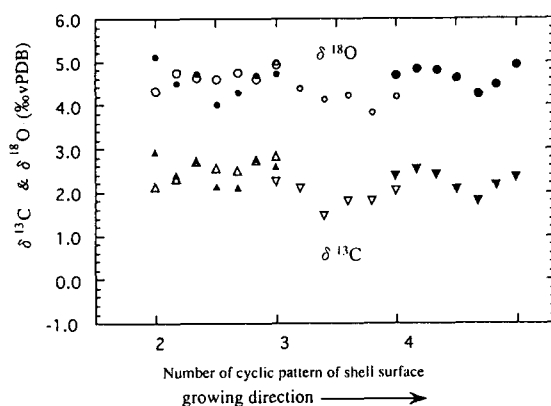


図2 南極ロス海テラノバ湾で採取された現生の *Laternula elliptica* (SUM-HM-W0001) 貝殻表面の季節変化を示す試料の炭素・酸素同位体比の変化。

果は肋で数えると4～5年目あたりで、0‰から3‰という範囲で増加している。現生の試料に見られなくて、SUM-MB-W0003 のみにこの結果がでていうことから、この化石貝殻が形成された3.5ka～4kaの間の9年間のうち4～5年目にかけて、酸素同位体比が劇的に重くなったことを示している。

水と炭酸カルシウム (アラゴナイト) との間の酸素同位体分別係数の温度依存性からは、約3‰の増加に相当として12℃の水温の変動があったことになる。しかし、このような大幅な温度上昇は、現在の南極海岸地域においてはあり得ない。3.5ka～4ka においてもそうであったと考えられる。

一方、極端に軽い値の氷床の融氷水が海水に混入したと考えると、その量によっては3‰の酸素同位体値の変動は十分である。氷床の融氷水の  $\delta^{18}\text{O}$  値を -30‰ と仮定して、融氷水の影響が全くない海水の  $\delta^{18}\text{O}$  値 (0‰ SMOW) と 0℃ 付近で同位体平衡のもとで生成される アラゴナイト の  $\delta^{18}\text{O}$  値を約5‰ となることから、Xを海水に対する融氷水の混入の割合とする。全体の海水の量を1とすると次のようになる。 $(1-X) \times 5(\text{‰}) + X \times (-30(\text{‰})) = \text{海水の } \delta^{18}\text{O} \text{ 値}$

化石貝殻 3.5kaLE -1 の酸素同位体比は0～+3‰という値なので、この式に当てはめて計算すると、この貝殻の形成初期に海水に融氷水

が15パーセント程混入していて、成長するとともにその量は減少してゆき、貝殻形成晩期には5パーセント程になったということになる。

#### 季節による同位体変動の記録

現生の肋と溝1サイクルの同位体比の結果は、各ブロックごとにはっきりとした周期性がある。貝殻の酸素同位体比の変化は温度変化ではなく、*L. elliptica*の生息域の周辺海水の酸素同位体組成が変化をしていると仮定すれば、*L. elliptica*の貝殻表面の肋と溝の数はその貝殻が生息していた年数を示す。化石であるSUM-MB-W0003の個体は9年間生息していたことになる。SUM-MB-W0003の成長していた9年間の酸素同位体変動は大きく、この経年変化を示しながらも明瞭に1%程度の季節変化による酸素同位体比の違いが現れていることを示した。

図3は、2つのブロック間を、50ミクロンごとの詳細なサンプリングを行い同位体を測定したものである。この酸素同位体比の変化は、海岸近くでの海水と融氷水の詳細な歴史を示していると考えられ、さらに生息深度の違う現生の殻からこの様な変化を見積もることが必要であろう。

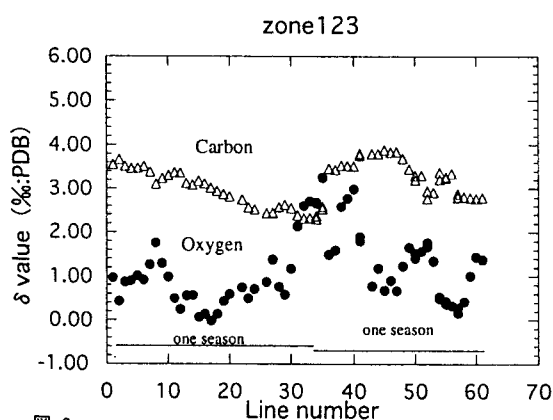


図 3

現生と3.5ka-4kaと46kaの氷床の融解について

最後に、この3.5ka~4kaの融氷水の影響を考慮して、本研究で測定した三つの異なった年代の*L. elliptica*の酸素同位体比の結果から推定される、氷床融解の歴史について述べる。貝殻の年代ごとの酸素同位体比の変化を表したものである。現生の試料については2個体の貝殻について、3.5~4kaを示す化石貝殻については2個体、46kaを示す破片の結果を用いた。現生の結果はほとんど+4~+5%を示していて、46kaの化石試料はそれから1%ほど低い結果を示し、3.5ka~4kaの化石試料は0~+3%という最も広い範囲でかつ最も低い値を示す。

46kaの化石試料の結果は、この時期でも氷床の融氷水があったことを示している。そして3.5ka~4kaの化石が生息していた時期についてはその2~4倍の融氷水の混入があったことを示している。化石の*L. elliptica*が採取された地域は、現在氷床から5km程離れた地域である(MIURA, 1998)。同位体の結果から推定される、融氷水により海水の酸素同位体組成が大きく変化したという仮定が正しいとすれば、氷期中の46kaはもちろん、3.5ka~4kaも氷床は現在よりもさらに発達しており、3.5ka~4kaの時期にこの地域に最も大きな融氷の影響が表れる氷河がすぐ近くに存在していたことを示すのではないだろうか。つまり、より気温が高かった3.5~4kaの時期の方が46kaの時期よりも融氷水も多かったのであろう。



# Geochemistry of the orthopyroxene felsic gneiss from Mt. Riiser-Larsen in the Napier Complex, East Antarctica

Satoko SUZUKI (Grad.Univ. Advanced Studies)

· Yoichi MOTOYOSHI · Kazuyuki SHIRAISHI (NIPR)

## \* Introduction

The Mt. Riiser-Larsen area of the Napier Complex is located in the northeastern Enderby Land, East Antarctica. The Mt. Riiser-Larsen area consists of various kinds of metamorphic rocks, which are classified into the layered gneiss series (LGS) in the central to western part and the massive gneiss series (MGS) in the southern to southeastern part. The MGS is dominated by orthopyroxene (Opx) felsic gneiss. This study discusses the genesis of the Opx felsic gneiss based on geochemical and Sm-Nd isotopic investigations.

## \* Geochemistry

The Opx felsic gneiss is demonstrated the following geochemical features: 1) a non-alkaline groups on the (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) - SiO<sub>2</sub> diagram, 2) a calc-alkaline affinity on the AFM diagram, 3) tonalitic to granodioritic compositions on the normative An-Ab-Or

diagram, 4) negative anomalies in Ta, Nb, P and Ti on the spiderdiagram normalized to primitive mantle, and 5) low YbN on the chondrite normalized (La/Yb)<sub>N</sub> - YbN relations. These chemical data of the Opx felsic gneiss suggest that they are similar to *Archaean TTG* or *Gray gneiss* of the Archaean terrane over the world.

## \* Sm-Nd isotopes and REE patterns

The Sm-Nd whole-rock isotopic data, implying character of the protoliths, classifies the Opx felsic gneiss into two groups; one defines 2.75 Ga Sm-Nd whole-rock isochron with the other igneous rocks in the MGS, and another does not (Fig.1). The former type (type1) has the gradually depleted HREE and positive Eu anomaly with increasing SiO<sub>2</sub> content, while the latter type (type2) is not strongly depleted HREE. These results suggest that there are two types of the Opx felsic gneiss in the Mt. Riiser-Larsen area.

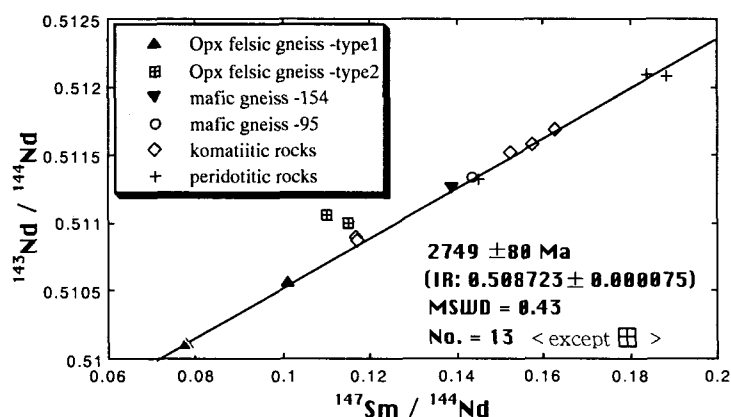


Fig. 1  
147Sm/144Nd - 143Nd/144Nd diagram  
for the whole-rock samples of the MGS  
in Mt. Riiser-Larsen.

# Peak metamorphic temperature of the Napier Complex deduced from bulk rock and pyroxene compositions of quartz-magnetite rocks

H. ISHIZUKA, T. YOSHIDA (Kochi Univ.), and S. SUZUKI (Drad. Univ. Advanced Studies)

## 24 石英－磁鉄鉱岩の全岩化学組成と輝石組成から推定される ナピア岩体の最高変成温度

石塚英男・吉田知久（高知大・理）・鈴木里子（総研大・極域科学）

Although the Napier Complex in Enderby Land, East Antarctica, has undergone ultra-high temperature metamorphism, the estimate of its peak metamorphic temperature by mineral compositions has been not successful due to the chemical reequilibration during the retrograde stage of metamorphism. In the present study, we analyzed bulk rock and pyroxene compositions of quartz-magnetite rocks in the Mt. Riiser-Larsen area of the northern Napier Complex in order to estimate the peak metamorphic temperature of the Napier Complex. The results are presented here.

In the studied area, the quartz-magnetite rocks are widespread, occurring as layers and sometimes blocks within garnet felsic gneiss and rarely orthopyroxene felsic gneiss. The thickness of the quartz-magnetite rock layers ranges from several centimeters to several tens of centimeters, but it is rarely more than a few meters. Also, the thin layers of the quartz-magnetite rocks occur as interlayered with the pelitic gneiss layers, indicating that the quartz-magnetite rocks may have been sedimentary in origin.

Medium- to sometimes coarse-grained quartz (Qtz) and magnetite (Mt) are the main constituent minerals with or without clinopyroxene (Cpx), orthopyroxene (Opx) and garnet (Grt). Of these, pyroxenes, if they are free of secondary alteration or shearing effect, show two types of mode of occurrence, which depends on the difference in bulk rock composition.

Bulk rock XRF analyses as listed below were performed for two kinds of powders from the same sample; one is a whole rock powder, and the other is a silicate part powder that is prepared by eliminating magnetite from a whole rock powder. The latter, silicate part, is prepared for the examining its effect, especially the FeO\*/MgO ratio, for pyroxene occurrence and composition.

In Fe-rich rocks, Cpx and Opx exhibit intimate exsolution intergrowth, which consists of blebby and/or lamellar exsolution of Cpx in Opx host. Of these, Cpx lamellae are generally broad up to 0.3 mm across on a plane close to (001) in Opx, but fine lamellae (< 0.02 mm) also occur. These

exsolution textures strongly suggest the existence of pigeonite, now inverted, during the peak metamorphic stage. In the magnesian rocks, both Opx and Cpx occur only as discrete grains with no intergrowth texture.

EPMA analyses were done for these pyroxene intergrowths (inverted pigeonite), and especially the fine lamellae were analyzed by using a broad beam of about 0.03 mm diameter. Application of Lindsley's (1983, *AM*, 68,477-493) phase diagram at the relevant pressure (10 kbar) implies the temperature of about 1130 °C for the most Mg-rich rock (for the silicate part analyses) with pyroxene intergrowth; a rock slightly Mg-richer than this sample show no sign of pyroxene intergrowth. This may represent the peak metamorphic temperature of the Napier Complex.

No. Type	HI 97011306		HI 97011601	
	WR	SP	WR	SP
(wt.%)				
SiO <sub>2</sub>	49.14	70.91	52.15	77.70
TiO <sub>2</sub>	0.73	0.56	0.07	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.07	3.97	0.33	0.07
FeO*	33.92	13.47	40.39	15.34
MnO	0.17	0.19	0.05	0.06
MgO	6.46	8.17	2.84	3.92
CaO	2.47	2.51	1.08	1.36
Na <sub>2</sub> O	0.49	0.86	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.08	0.09	0.00	0.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.17	0.09	0.25
(ppm)				
Ba	10.5	13.5	0.0	0.0
Co	44.4	31.0	37.0	21.6
Cr	403.2	49.7	15.8	21.1
Cu	15.9	17.6	2.9	2.5
Nb	6.9	12.4	8.7	3.1
Ni	170.7	85.9	27.5	12.6
Rb	2.5	1.7	1.2	1.7
Sr	24.5	23.1	8.0	12.3
V	91.2	7.2	3.3	7.5
Y	13.6	15.6	7.1	12.4
Zn	118.8	87.2	45.5	47.6
Zr	11.2	12.2	14.8	93.3

WR: whole rock, SP: silicate part

# Peak metamorphic temperature of the Napier Complex deduced from bulk rock and pyroxene compositions of meta-ultramafic rocks

H. ISHIZUKA, A. NAKAMURA (Kochi Univ.) and S. SUZUKI (Grad. Univ. Advanced Studies)

## 25 変成超塩基性岩類の全岩化学組成と輝石組成から推定される ナピア岩体の最高変成温度

石塚英男・中村亜樹（高知大・理）・鈴木里子（総研大・極域科学）

The Napier Complex in Enderby Land, East Antarctica, has many lines of evidence indicating ultra-high temperature metamorphism. However, the chemical reequilibration during the retrograde stage of metamorphism makes it difficult to estimate its peak metamorphic temperature by mineral chemistry. In the course of petrographical study of meta-ultramafic rocks in the Mt. Riiser-Larsen area of the northern Napier Complex, we have found pyroxene compositions retaining peak metamorphic conditions, namely, temperature, which is presented here.

In the studied area, the meta-ultramafic rocks occur sporadically as lenticular or rounded blacks with a diameter of a few centimeters to several meters in the host orthopyroxene felsic gneiss or garnet felsic gneiss. Locally, they occur as layers of several tens of centimeters thickness within the orthopyroxene felsic gneiss.

The constituent minerals are medium- to coarse-grained with granular texture, and include spinel (Spl), olivine (Ol), orthopyroxene (Opx) and clinopyroxene (Cpx) with or without phlogopite (Phl). Modal proportions of Spl and Phl are less than 3.2 % and 1.5 %, respectively. On the basis of the modal proportion of Ol, Opx and Cpx, the Phl-free type is classified into dunite, harzburgite and orthopyroxenite, and the Phl-bearing type into dunite, lherzolite, olivine orthopyroxenite and websterite.

Bulk rock XRF analyses as listed below show that there are also two types. One is enriched in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO, and depleted in MgO at a given SiO<sub>2</sub> content as compared with the other. Further, the former delineates the komatiatic differentiation trend, while the latter possess the depleted mantle peridotitic compositions. The Phl-bearing type corresponds to the former.

Of particular interest in petrography is the occurrence of medium- to coarse-grained porphyroclastic Opx and Cpx in two samples; the phlogopite-free and -bearing samples, of which some show fine exsolution lamellae. Neoblastic Opx and/or Cpx also occur in the same samples. Other samples contain only granular pyroxenes.

EPMA analyses show all analyzed pyroxenes are rich in MgO, consisting with the ultramafic compositions. Particularly, there is the apparent difference in pyroxene composition between porphyroclast and neoblast. Porphyroclastic Opx and Cpx are enriched and depleted in CaO, respectively, as compared with neoblastic varieties. The Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content is also higher in porphyroclastic Opx and Cpx than in neoblastic varieties. The compositions of neoblastic Opx and Cpx are comparable to those of the granular Opx and Cpx in the same samples as well as other samples without porphyroclastic texture.

Using the Lindsley's (1983, *AM*, 68, 477-493) phase diagram at the relevant pressure (10 kbar), the equilibrium temperatures are calculated to be about 1150 °C for the porphyroblastic Opx and Cpx pairs, and about 600-700 °C for the neoblastic and granular Opx and Cpx pairs. The higher values are interpreted to represent the peak metamorphic temperature of the Napier Complex, while the lower values may reflect the reequilibration during the retrograde stage.

Type	phlogopite-free		phlogopite-bearing	
(wt.%)				
SiO <sub>2</sub>	45.75	47.97	49.08	50.64
TiO <sub>2</sub>	0.07	0.08	0.25	0.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.48	2.54	6.38	3.39
FeO*	6.70	6.67	7.97	6.67
MnO	0.12	0.13	0.13	0.09
MgO	40.79	40.78	25.79	31.23
CaO	0.93	0.69	7.78	4.25
Na <sub>2</sub> O	0.06	0.33	0.15	0.20
K <sub>2</sub> O	-	-	0.03	0.02
(ppm)				
Co	84.6	80.9	63.4	57.0
Cr	2118	1888	2446	2043
Nb	1.1	0.3	2.9	1.6
Ni	2266	2180	983.1	1472
Rb	-	0.2	2.1	-
Sr	4.5	3.5	6.4	11.7
V	30.2	35.7	120.6	68.1
Y	3.7	3.0	12.5	18.9
Zr	13.0	9.3	34.5	39.6

吉村康隆(高知大学・理学部), 本吉洋一(国立極地研究所), 宮本知治(九州大学・理学部), E. S. Grew(メイン大), C. J. Carson(エール大), D. J. Dunkley(蒲郡生命の海科学館)

# Ultra-high temperature metamorphism of Howard Hills in the Napier Complex, East Antarctica

Yasutaka YOSHIMURA (Kochi Univ.), Yoichi MOTOYOSHI (NIPR), Tomoharu MIYAMOTO (Kyushu Univ.), E. S. GREW (Univ. Maine), C. J. CARSON (Yale Univ.), D. J. DUNKLEY (Gamagori Natural History Museum)

## 1. はじめに

東南極エンダービーランド・ナピア岩体は、サフィリン+石英、斜方輝石+珪線石+石英、大隅石の出現等で特徴づけられる超高温変成作用を被った岩体として知られている。ハワードヒルズはアムンゼン湾奥部の大陸氷床中にある露岩で、トナー島の東約 30km に位置する。本地域はザクロ石珪長質片麻岩類および斜方輝石珪長質片麻岩類が卓越し、ザクロ石やサフィリンに富むアルミナスな片麻岩や、まれに超塩基性岩類のブロックが存在する。今回はザクロ石珪長質片麻岩およびアルミナス片麻岩に特に注目する。

## 2. 岩石記載

### ・ザクロ石珪長質片麻岩

粗粒なザクロ石(粒径最大3cm)、アルカリ長石、斜長石、石英に富み、少量のスピネル、ルチルを含む。サフィリンはまれに含まれ比較的細粒である。斜方輝石はほとんどみられない。サフィリンは包有物として珪線石、斜長石、石英を含むことがある。

### ・アルミナス片麻岩

ザクロ石、サフィリン、珪線石に富み、ザクロ石珪長質片麻岩中に厚さ数 mm~30cm 程度の薄層として産する。このアルミナス片麻岩の岩相は変化に富む。代表的な岩相は以下の通りである。

- (a) 粗粒なザクロ石(粒径約 1.5cm~2cm)、サフィリン、珪線石に富み、スピネル、斜長石、アルカリ長石を含み、石英を欠くもの
- (b) 比較的細粒なザクロ石(粒径約 1~7mm)、サフィリン、珪線石に富み、キン青石、斜長石、アルカリ長石を含み、石英を欠くアルミ

ナスなレイヤーと、石英、斜長石、アルカリ長石に富み、細粒なザクロ石(粒径 1mm 以下)、サフィリンを含む珪長質なレイヤーとが互層をなすもの

- (c) 細粒ザクロ石(粒径 0.3~5mm)、サフィリン、スピネル、斜長石、アルカリ長石±石英を含む部分(a や b の岩相に比べやや珪長質)と石英長石質な部分とが互層をなすもの

斜方輝石は、いずれの岩相もほとんど認められず、まれに岩相(b)中のザクロ石やキン青石中の包有物として、あるいはザクロ石の周縁部やキン青石の粒間にみられることがある。岩相(a)や(b)のアルミナスなレイヤーは石英を欠いているにもかかわらず、ザクロ石のコアに石英の包有物がみられることがある。また岩相(b)の珪長質な部分にはサフィリン+石英の共生が認められる。サフィリンは岩相(b)のアルミナスなレイヤーでは、しばしば長柱状の粗粒な結晶がみられ、岩相(c)では針状結晶がみられる場合がある。

## 3. 鉱物の化学組成

ザクロ石は、岩相(a)(b)のものはコアで Pyp50~60、岩相(c)やザクロ石珪長質片麻岩のものは Pyp40~45 の値を有し、Sps 成分は Sps0.5~0.8 というずれの岩相においてもほとんど含まれない。そして、各岩相中での粒径の違いによるコア部の組成差はほとんどみられず、すべてコアで Mg 含有量が高く、リム部で Mg が減少する組成累帯のパターンを有している。主要元素の組成累帯構造については、基本的には高温による拡散の影響を受け、ほとんどが冷却過程で形成されたものと思われる。ただし Grs 成

分については岩相(a)(b)のザクロ石の方がやや高い値を示すなど、岩相ごとによる組成差が若干認められる。微量元素については、岩相(a)や(b)で石英を包有しているものは Y や Yb がコアで含有量が高く、リムに向かって減少する組成累帯を有している。Y については、岩相(a)の粗粒ザクロ石で包有物として石英を有するものについては、0.15wt%とやや高い値を示し、その他のアルミナス片麻岩やザクロ石珪長質片麻岩のものは、ともに Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> で最大 0.1wt%含む。

サフィリンは岩相(b)のアルミナスなレイヤーに産するものは、しばしば長柱状の粗粒な結晶がみられ、岩相(c)では針状結晶がみられる場合がある。X<sub>Mg</sub>値は岩相(a)や(b)では 0.77~0.86、岩相(c)やザクロ石珪長質片麻岩では 0.73~0.82 の値をとり、ほとんど同程度であるが、岩相(a)や(b)の方が高X<sub>Mg</sub>値をとる傾向にある。いずれの岩相のサフィリンも Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をいくらか含んでおり、特に岩相(b)では、アルミナスなレイヤーで最大 2wt%程度、石英と共存するものは 2.3~2.5wt%程度含む。ザクロ石珪長質片麻岩中のものは約 1~1.5wt%程度、岩相(c)の針状結晶のものは約 0.6~1wt%程度含んでいる。

斜長石はアルミナス片麻岩の岩相(a)が最も An 成分に富み (An<sub>50</sub>~70)、岩相(b)では An<sub>30</sub>~45、岩相(c)やザクロ石珪長質片麻岩では An<sub>25</sub>~35 程度である。

#### 4. 考察

変成条件については、アルミナス片麻岩の岩相(b)よりサフィリン+石英の共生が認められること、およびザクロ石珪長質片麻岩とアルミナス片麻岩中の各岩相中にみられるアルカリ長石

(メソパーサイト)の組成を復元して、An-Ab-Or ternary feldspar ソルバスの適用により約 1000~1100℃の温度条件が見積もられることから、ザクロ石珪長質片麻岩、アルミナス片麻岩ともに少なくとも 1000℃以上の超高温変成作用を被っている。岩相(b)中にみられるザクロ石-斜方輝石ペアより見積もられる温度-圧力条件は Hensen and Harley (1990)を用いると、850~950℃、8~9.5 kbar である。これは、後退変成作用の条件を示していると思われるが、この条件から、おそらく大局的には isobaric cooling path ではないかと思われる。しかし、今回用いた試料は系の自由度が高く詳細な相解析が出来ないため、P-T path については今後検討を要する。

また、アルミナス片麻岩の岩相(a)や(b)の石英を欠く SiO<sub>2</sub> に不飽和な岩相中に含まれるザクロ石中に石英が包有されていることがある。これはザクロ石が成長を開始した時期には、SiO<sub>2</sub> に飽和な環境であったものが、最終的には SiO<sub>2</sub> に不飽和な環境に変化したことを示しており、明らかに物質移動が起こっている。岩相(a)については、ザクロ石中の Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量や斜長石の高 An 値等を考慮すると、この物質移動には部分熔融の関与が示唆される。岩相(b)については、ザクロ石中の Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量や斜長石の An 値は、岩相(a)と岩相(c)およびザクロ石珪長質片麻岩との中間的な値を示しており、これは部分熔融の程度が異なっていたのかも知れない。いずれにしても、アルミナス片麻岩の岩相(a)や(b)の石英を欠くアルミナスなレイヤーは、変成作用の昇温期に部分熔融が起こり、メルトが分離した後、レスタイトがさらに引き続き超高温変成作用を受けた可能性がある。

# 27 Stability of F-phlogopite in UHT metamorphic rocks from the Napier Complex: revisited

Y. Motoyoshi (NIPR) and B.J. Hensen (Univ. New South Wales)

## Introduction

Fluorine-rich phlogopite and biotite (with F content more than 5-6 wt%; up to 8 wt%) has been found in metapelitic granulites from the Napier Complex, East Antarctica. In view of the fact that the dark micas are associated with such minerals as aluminous orthopyroxene, sapphirine and osumilite, it is postulated that they have been stable under the ultra-high temperature (UHT) metamorphic conditions. This paper tries to discuss the stability of F-phlogopite and biotite by means of mode of occurrence, mineral chemistry and recent experimental results.

## Mode of Occurrence

Modes of occurrence of phlogopite and biotite are observed as follows:

- 1) being as inclusions in aluminous orthopyroxene (with  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content up to 11 wt%) and osumilite.
- 2) being associated with sapphirine and cordierite in the matrix.
- 3) being associated with aluminous orthopyroxene, osumilite, sapphirine and quartz in the matrix.
- 4) being associated with sapphirine which replaces orthopyroxene partly.

The petrographical features imply that the micas were not formed through a single stage of crystallization, but yet under the very high temperature conditions in all cases.

## Mineral Chemistry

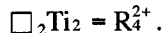
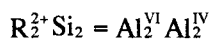
Chemical compositions of F-phlogopite and biotite are summarized as follows:

- 1)  $\text{F}/(\text{F}+\text{OH})$  values calculated from

stoichiometry are invariably higher than 0.6, being up to 0.9.

2) Ti contents are up to 4.6 wt%  $\text{TiO}_2$ , which are not extremely high compared to those from other granulite-facies terranes.

3) There is a marked negative relationship between  $(\text{Al}+\text{Ti})\text{-Si}$ ,  $(\text{Fe}+\text{Mg})\text{-Ti}$  and  $\text{F-Ti}$ , suggesting internal substitutions:



## Experimental Results

Recent experimental studies have revealed that F has a marked effect to stabilize biotite even under the granulite-facies conditions (Peterson et al., 1991; Hensen and Osanai, 1994; Dooley and Patino Douce, 1996). For example, biotite with  $\text{F}/(\text{F}+\text{OH})$  higher than 0.6 did not decompose to cause dehydration melting at 1000°C, 10 kbar, and survived even under the higher temperatures. It is expected that F-rich phlogopite and biotite reported in this study can be stable under the UHT conditions of the peak metamorphism of the Napier Complex.

## Petrological Implications

It has been generally considered that biotite in the UHT mineral assemblages are of secondary origin; formed through hydration during the retrograde stage. However, if they are stable, we need to reconstruct the petrogenetic grid for the metapelitic granulites by adding F component to the system. Moreover, the source of F has to be investigated, as this is significantly related to nature and role of fluids on the formation of UHT granulites.

# 28 東南極エンダビーランド, McIntyre 島に産する高アルミニウム 斜方輝石の高温高压下での相関係.

川崎智佑 (愛媛大学理学部地球科学教室)・本吉洋一 (国立極地研究所)

High-pressure and high-temperature phase relations of aluminous orthopyroxene from McIntyre Island, Enderby Land, East Antarctica.

Toshisuke Kawasaki

Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Ehime University

Yoichi Motoyoshi

National Institute of Polar Research

## 1. はじめに

Casey 湾東部に位置する McIntyre 島には Napier 岩体に属する高温のグラニュライトが露出しており, 斜方輝石+珪線石, サフィリン+石英などの鉱物組み合わせや斜方輝石中にザクロ石の離溶組織が見られる事が報告されている (Motoyoshi, 1995). 今回は, ザクロ石の離溶ラメラを持つ斜方輝石 (試料番号: SP93022004A) について, 高温高压実験による相関係の研究を開始したので報告する.

## 2. 高温高压実験

高温高压実験には, メノウ乳鉢で  $10\mu\text{m}$  ~  $20\mu\text{m}$  までに粉碎した岩石粉末試料をグラファイトの試料容器中で 10 kbar,  $1500^\circ\text{C}$  の条件で 5 分間熔融させた後, 急冷回収したガラスを出発物質として用いた (Table 1).

実験は愛媛大学設置のピストン・シリンダーを用いて行った. PR 熱電対を用いて温度を制御した. 実験に使用した試料容器 (長さ 7mm) 部分の温度分布は 10 kbar,  $1400^\circ\text{C}$  で試料中心部と端で  $5\sim 15^\circ\text{C}$  程度の温度差であり, 温度勾配は  $1\sim 2^\circ\text{C}/\text{mm}$  であった.  $1000^\circ\text{C}$  での石英=コーサイト転移 (Bohlen and Boettcher 1982) を利用して圧力較正を行った. また, 室温での圧力較正は圧力定点

Table 1. Bulk composition and CIPW norm of McIntyre orthopyroxene (SP93022004A).

Bulk <sup>a</sup>			
SiO <sub>2</sub>	55.23	Q	10.11
TiO <sub>2</sub>	0.23	C	8.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.98	F	1.08
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	or	0.18
FeO <sup>b</sup>	12.13	ab	0.51
MnO	0.04	an	0.40
MgO	23.12	Hy	79.59
NiO	0.03	en	57.59
CaO	0.08	fs	22.00
Na <sub>2</sub> O	0.06	il	0.44
K <sub>2</sub> O	0.03	cm	0.03
ZnO	0.05	X <sub>Mg</sub>	0.773
Total	100.00 <sup>c</sup>		

<sup>a</sup>Mean values of 29 glasses by the electron microprobe analysis.

<sup>b</sup>Total Fe as FeO.

<sup>c</sup>Recalculated to 100.00

(Hall 1971: NH<sub>4</sub>F I-II, 3.63 kbar; II-III, 10.8 kbar; Bi I-II, 25.5 kbar) を利用して行った.

試料はグラファイト容器に封入し, 所定の温度圧力のもとで約 10 日間保持した後で電源を切ることにより試料を急冷した. 実験中の電力の変動は 1% 以下であった. 実験生成物 (Figure 1) は粉末 X 線回折および X 線マイクロアナライザー分析 (Table 2) により相の同定を行った.

Table 2. Mean compositions of initial and final orthopyroxenes and garnets.

	SP93022004A		15 kbar/1100°C	
	Opx	Grt	Opx	Grt
SiO <sub>2</sub>	51.49	40.66	50.67	40.26
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.05	0.13	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.16	22.96	7.61	22.59
FeO	13.63	21.25	13.83	18.86
MnO	—	0.21	—	0.14
MgO	27.50	15.01	26.66	16.67
CaO	—	0.44	—	0.38
Total	99.94	100.58	98.96	98.99
Number of Cations for N Oxygens				
N=	6	12	6	12
Si	1.836	2.996	1.826	2.985
Ti	0.003	0.003	0.004	0.005
Al	0.301	1.994	0.323	1.973
Fe	0.406	1.310	0.417	1.169
Mn	—	0.013	—	0.009
Mg	1.462	1.649	1.432	1.842
Ca	—	0.035	—	0.030
Total	4.008	8.000	3.999	8.014
X <sub>Mg</sub>	0.782	0.557	0.775	0.611
K <sub>D</sub>	2.86		2.18	

### 3. 実験結果および結論

15 kbar, 1100°C の実験では、斜方輝石 + ザクロ石 + 石英が得られた (Figure 1) が、10 kbar, 1100°C の実験では、ザクロ石は出現せず、斜方輝石 + 石英が得られた。このことから、斜方輝石とザクロ石が平衡に共存する圧力は1100°C では、10 kbar と15 kbar の間であることが分かる。

また、斜方輝石とザクロ石の Fe-Mg 分配係数：

$$K_D = \frac{X_{\text{Mg}}^{\text{Opx}} X_{\text{Fe}}^{\text{Grt}}}{X_{\text{Fe}}^{\text{Opx}} X_{\text{Mg}}^{\text{Grt}}} \quad (1)$$

をみると (Table 2), もとのザクロ石ラメラと斜方輝石とでは2.86であり、15 kbar, 1100°C の実験生成物では2.18 となっていることから、ザクロ石の離溶ラメラを析出した条件

は1100°C よりも、少し低温であったと推測できる。また、斜方輝石中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量をみると、もとの斜方輝石では7.16 wt% であるのに対して、15 kbar, 1100°C では7.61 wt% になっている。この事もザクロ石の離溶ラメラを析出した条件が1100°C よりも低温であった事を示唆している。

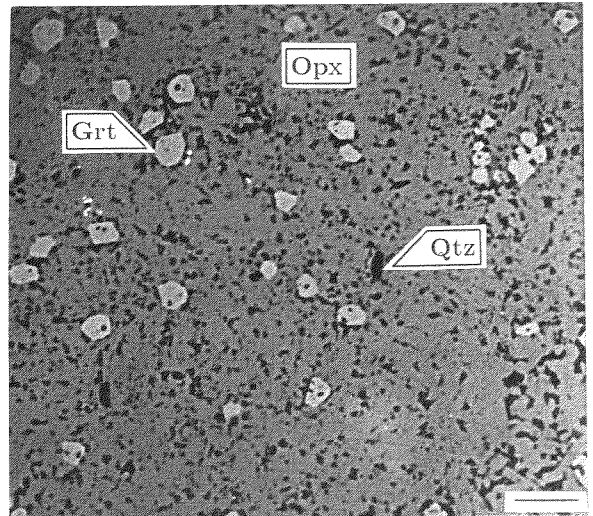


Figure 1. Back scattered electron image (BSEI) of the run products synthesized in a graphite capsule from glass at 15 kbar and 1100°C for 270 hours. Bar, 10 μm. Opx, orthopyroxene. Grt, garnet. Qtz, quartz.

### References

- Bohlen SR and Boettcher AL (1982) JGR **87** 7073  
Hall HT (1971) NBS Spec Pub **326** 313  
Motoyoshi Y (1995) Abst NIPR symp **15** 78



## Thermal modeling of ultrahigh-temperature metamorphism: implications for the Napier Complex

Tomokazu HOKADA (Grad. Univ. Advanced Studies / NIPR)

**Introduction:** Ultrahigh-temperature (UHT) metamorphism is one of the extreme conditions achieved in the crust, and its effective field involves temperatures of 900-1100°C and pressures in the range 0.7-1.3 GPa (Harley, 1998). In some of the UHT terranes, the heat source of UHT metamorphism is interpreted as intrusion of high temperature anorthositic and/or gabbroic pluton inferred from the geological relationship (Labrador, Canada - Arima and Gower, 1991; Sveconorwegian, Norway - Bingen and Breemen, 1998). However, no direct evidence of the tectonic process and the heat source is obtained for the most of the other UHT terranes. In this study, the tectonic process to cause UHT metamorphism proposed for the Napier Complex in East Antarctica is examined based on the thermal modeling calculations.

**Tectonics of the Napier Complex:** Two contrasting processes, magma intrusion model (Sheraton *et al.*, 1980; Grew, 1980, Hensen and Motoyoshi, 1992) and collision-extension model (Ellis, 1987; Harley, 1989, 1991) are proposed for the heat source of UHT metamorphism in the Napier Complex. In addition, detachment of the lithospheric thermal boundary layer is recently proposed to play a major role in the formation of UHT metamorphic terrane (Harley, 1998). This study assesses these three models based on a simple one-dimensional thermal modeling, and on the recent estimations of the thermal peak conditions of the Napier Complex exceeding

1100°C at 0.6 ~ 0.9 GPa (Harley and Motoyoshi, 1999; Hokada *et al.*, 1999).

### Calculation of steady state geotherm:

Steady state geotherm at 2.5 Ga is calculated based on the relative abundance of radioactive elements at that time (1.7 times greater amounts at 2.5 Ga than those at present; Turcotte and Schubert, 1982). The result is shown in Fig. 1 and indicate that the steady state temperatures of mid to lower crustal level at 2.5 Ga are about 150°C higher than those at present.

**Models and results:** One-dimensional finite-difference method (Peacock, 1989) is applied for the thermal modeling of the UHT metamorphism. (Increased radioactive heat production rate at 2.5 Ga estimated above is used for the calculations.) Calculated models are as follows. (a) *Collision-extension model:* Two 35 km thick continental crusts are instantaneously doubly thickened along a single thrust and are subsequently exhumed with an uplift rate of 1mm/year, starting 20 m.y. after thickening (Fig. 2a). Calculated results suggest that normal collision-extension process solely could not heat the continental crust >1100°C. (b) *Magma intrusion model:* High temperature magma instantaneously intrudes into mid crust as sills (Fig. 2b). Magma temperature of >1500°C and sills thickness of over >6 km are required to achieve crustal rocks >1100°C. (c) *Asthenospheric mantle heating model:* Lithospheric thermal boundary layer is

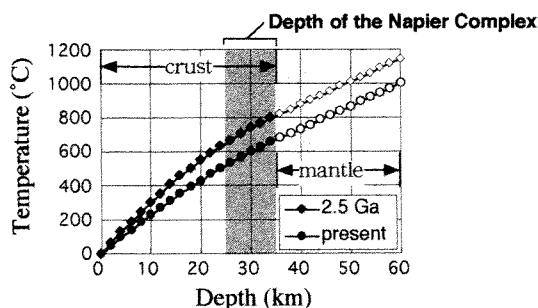
instantaneously removed and is replaced by asthenospheric mantle (1500°C), which is in direct contact with bottom of the crust (Fig. 2c). The results indicate that this process could introduce enough heat into continental crust to achieve >1100°C.

**Conclusion:** 1. UHT metamorphism of the Napier Complex could not be caused solely by

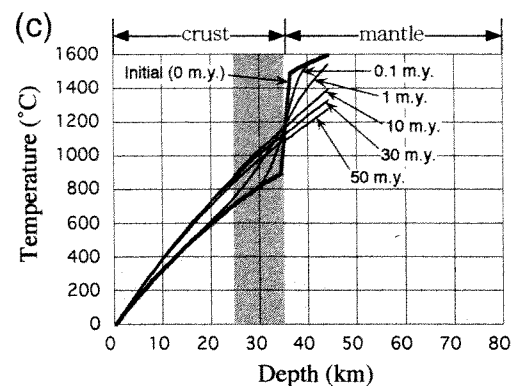
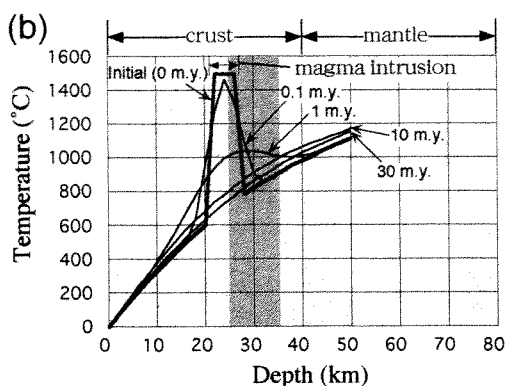
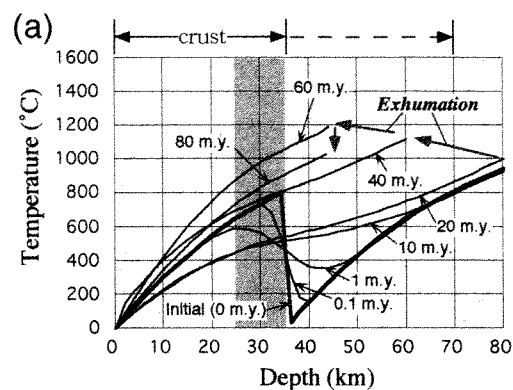
collision-extension process.

2. UHT conditions could be achieved by magma intrusion, but are restricted to narrow area near the intrusion.

3. Asthenospheric mantle is a plausible heat source of the UHT metamorphism of the Napier Complex.



**Fig. 1** Steady state geotherms calculated for present and 2.5 Ga.



**Fig. 2** Evolution of geotherms with time for each calculated model. (a) Collision-extension model. (b) Magma intrusion model. (c) Asthenospheric mantle heating model.

# 30 Rb-Sr geochronology of alkali mela-syenite at Tonagh Island, East Antarctica: a highly potassic rock intrusive into the Napier Complex

T. Miyamoto (Kyushu Univ.), E.S. Grew (Univ. of Maine), J.W. Sheraton, D.J. Dunkley (Gamagori Natural History Museum), C. Carson (Yale Univ.), Y. Yoshimura (Kochi Univ.) and Y. Motoyoshi (NIPR)

An alkali mela-syenite dyke set was found on the southeastern part of Tonagh Island, within the Archean Napier Complex, East Antarctica during JARE 40. The dykes occur as a NS-trending, subvertical sheets. Scattered outcrops and float can be followed in a northerly direction for 0.4 km; more float was found 1.4 km further north. Individual bodies range from a few centimeters to one meter in thickness and up to several meters in length. The sheets cut the NW-trending gneissosity in the granulite-facies host rock at high angles and are finer grained at their contacts. At one locality, a 1.5-cm thick vein of the mela-syenite has caused retrogression of orthopyroxene to cummingtonite in the host granulite and has introduced Na into the granulite to form aegirine-augite. The dyke rock ranges in color from medium to dark green. Texturally, it is highly variable; some specimens contain spangles of biotite, others have a centimeter scale layering defined by variations in grain size and proportion of minerals. Biotite grains up to 2 cm, feldspar xenocrysts and xenoliths up to 1.5 x 3 cm are present sporadically.

The bulk composition of the mela-syenite is noteworthy for its high content of  $K_2O$  (9.3-10.5 wt.%) and  $P_2O_5$  (2.6-4.2 wt.%), and relatively low contents of  $Al_2O_3$  (7.6-9.3 wt.%) and  $Na_2O$  (1.0-2.0 wt.%). Certain trace elements are also very high, e.g., Be (7-19 ppm), Rb (250-480 ppm), Sr (2300-3300 ppm), Zr (1100-2400 ppm), Nb (90-210 ppm), Ba (930-13000 ppm), light REE, Th (10-150 ppm) and U (8-16 ppm). All analyzed samples are hyperthene-, acmite-, potassium metasilicate-, and sodium metasilicate-normative.

The mela-syenite consists dominantly of alkali feldspar, potassic richterite and fluorapatite; biotite is a major constituent in some specimens, and trace amounts of quartz are present in most samples. Titanite and rutile are

relatively abundant; carbonate, zircon and monazite also occur as accessory minerals. The peralkaline composition of the rock is reflected in the low  $Al_2O_3$  contents of potassic richterite (0.2-0.9 wt.%) and biotite (5.8-9.8 wt.%: corresponding to 1.0 to 1.7 Al atoms per 22 oxygens). Alkali feldspar shows anomalous interference colors and zoning in polarized light. These optical properties probably result from the relatively high amounts of  $Fe^{3+}$  (0.5-3.9 wt.%  $Fe_2O_3$ ), which replaces Al. Fluorapatite contains little Cl (<0.1 wt.%) and S (<0.2 wt.%).

Mineral fractions were concentrated from samples of mela-syenite for Rb-Sr dating. Conventional isotope dilution methods were used to determine rubidium and strontium contents. Analytical data from whole rock and mineral fractions define a Rb-Sr isochron with an initial ratio of  $0.7097 \pm 0.0001$  and an age of  $455 \pm 1$  Ma. This is interpreted to date the emplacement of the alkali mela-syenite. This age is similar but somewhat younger than the  $482 \pm 3$  Ma (initial ratio  $0.70852 \pm 0.00007$ ) obtained on the mineralogically and compositionally similar alkali mela-syenite intruding Amundsen dolerite dykes at Priestley Peak, 5 km south of Tonagh Island (Black and James, 1983; Sheraton and England, 1980; Sheraton et al., 1987).

Similar highly potassic intrusive rocks with contents and containing richterite or potassic richterite-arfvedsonite have been described from Hydrographer Islands, 70 km southwest of Tonagh Island (Sandiford and Wilson, 1983, 1986), as well as from Mount Bayliss in the southern Prince Charles Mountains (Sheraton and England, 1980). The compositional features of these intrusives are characteristic of continental potassium-rich rocks believed to have formed by partial melting of K-enriched upper mantle. In Enderby Land, these

alkali rocks have been emplaced at 485-455 Ma in areas affected by events of pegmatite activity, superimposed amphibolite-facies metamorphism and magmatism.

#### References:

- Black, L.P. and James, P.R. (1983): Geological history of the Archean Napier Complex of Enderby Land. *Antarctic Earth Science*, ed. by R.L. Oliver, P.R. James and J.B. Jago. Aust. Acad. Science, Canberra, 11-15.
- Sandiford, M. and Wilson, C.J.L. (1983): The geology of the Fyfe Hills-Khmara Bay region, Enderby Land. *Antarctic Earth Science*, ed. by R.L. Oliver, P.R. James and J.B. Jago. Aust. Acad. Science, Canberra, 16-19.
- Sandiford, M. and Wilson, C.J.L. (1986) The origin of Archean gneisses of the Fyfe Hills region, Enderby Land; field occurrence, petrography and geochemistry. *Precambrian Res.*, **31**, 37-68.
- Sheraton, J.W. and England, R.N. (1980) Highly potassic mafic dykes from Antarctica. *Geol.Soc.Aust.J.* **27**, 129-135.
- Sheraton, J.W., Tingey, R.J., Black, L.P., Offe, L.A. and Ellis, D.J. (1987): *Geology of an unusual Precambrian high-grade metamorphic terrane Enderby Land and western Kemp Land, Antarctica*. Dept. of Resources and Energy, Bur. Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bull., 223, Australian Government Publishing Service, 51 p.

# 31 The structural history of Skallevikhalsen, Lutzhow-Holm Complex, east Antarctica: a sketch of a new synthesis

Dunkley D.J. (Sydney Univ., Australia), Carson C.J. (Yale Univ., USA), Grew E.S. (Maine Univ., USA), Motoyoshi Y. (NIPR), Miyamoto T. (Kyushu Univ.) & Yoshimura, Y.

Granulite-facies gneisses form the elongate coastal bluff of Skallevikhalsen, at 69°40'S on the south-trending Sôya Coast, Queen Maud Land, east Antarctica. Precursors to the gneisses consist mostly of metasedimentary gneisses, including orthopyroxene felsic paragneiss, calc-silicate, marble and minor metapelitic gneiss. Narrow, discrete layers of mafic orthogneiss, and intrusive bodies of granitoid and felsic pegmatite are also present. Lithologies are distributed along compositional layers that trend WSW to ENE.

The granulites possess an intense S1 gneissosity and mineral foliation that predominantly dips at a moderate angle towards the SSE. Rods of quartz and feldspar define a strong L1 mineral lineation. Felsic gneisses also contain layers of mafic orthogneiss and pyroxenite, which have been attenuated into boudins with a high degree of separation parallel to L1.

The orientation of S1 gneissosity is controlled by a series of asymmetrical F2 with sub-horizontal ENE-trending axes and axial planes that dip moderately SSE. Intense chevronic F2 in the middle of Skallevikhalsen and gently warped S1 along the SSE-side of the ridge represent respectively the hinge and upper limb of a macroscopic reclined antiform. An intense mineral L2 parallel to F2 axes is present in the felsic gneisses. Kinematic indicators of D2 shearing, including asymmetrical boudins, discrete high-strain zones and delta/sigma porphyroblasts indicate a sinistral (top E block towards the N) sense of shear.

Pre- to late-D1 anatexis produced leucocratic material that occurs as S1-parallel laminations in felsic and pelitic gneisses. Elsewhere, mobilized felsic melts have invaded competent layers and boudins of tonalitic and mafic orthogneiss, producing fabrics with a diatexite-like appearance.

Grey felsic hbl-bt orthogneiss cuts across S1 gneissosity, and is associated with intense but localized rehydration of orthopyroxene felsic orthogneiss. The grey orthogneiss contains a faint S2 and an intense mineral L2 defined by rodded quartz, feldspar and biotite trains. The grey orthogneiss is patchily developed, and may represent the pooling of locally derived anatectic melts.

Sets of discrete shear zones intersect all other fabrics. The most significant is a set of discrete ductile shear zones (D3), with N to NW trends and moderate to sub-vertical E dips, and a dominantly extensional sense of movement. These shears may be from 10cm to 5m in thickness, and show only m-scale displacement. D3 shears zones commonly contain sheets of felsic pegmatite, associated with biotite growth and recrystallization in adjacent lithologies. A second, sparsely developed set of semi-brittle shears (D4) has a sub-vertical E-W trend. The relationship between S3 and S4 fabrics is not known.

The co-linear nature of L1, L2 and F2 axes provide evidence that deformation was continuous and co-axial, from high-strain D1 under peak metamorphic conditions to lower strain D2 during post-peak retrograde metamorphism.

The preservation of retrograde crd+spl in metapelites and opx+pl symplectites in garnet-bearing mafic gneisses provide evidence for the post-peak decompression event that has been observed across the Lutzhow-Holm Complex. Decompression textures were deformed in places by D2 and therefore predate this event. The coaxial nature of D1 and D2 suggest that decompression occurred during a single tectonic episode.

## Variation of Crustal Structure beneath the Shackleton Fracture Zone along its Strike at the Antarctic-Scotia plate boundary near Elephant Island, Antarctic Peninsula

Yeadong Kim, Young Keun Jin, and Kyu Jung Kim (KORDI)

In the vicinity of the Antarctic-Scotia plate boundary in Scotia Sea geophysical data (multichannel seismic, multibeam bathymetry and gravity) show a variation of crustal structure beneath the Shackleton Fracture Zone (SFZ) along its strike. The SFZ is a major bathymetric structure in the Southern Ocean extending about 800 km from the southernmost tip of South America to the northern tip of Antarctic Peninsula. Focal mechanism analysis suggests that the SFZ, a part of the Antarctic-Scotia plate boundary, shows left-lateral strike-slip movement with compression. The fracture zone comprises a pronounced transverse ridge 2000m high and a trough filled with sediments up to 1000 m thick in Drake Passage. The width of the SFZ reaches 35 km in southern Drake Passage. According to bathymetric chart, the Shackleton Fracture Zone ridge (SFZR) terminates at the north of the South Shetland continental margin near Elephant Island (EI). However multichannel seismic profiles show a half-graben structure with large-scale fault system and the highly deformed crustal block continues to the southeast along the landward projection of the SFZR. Gravity lows also support the presence of a half-graben and the deformed crust. The width of the SFZ broadens southeastward to the EI margin. Both seismic and gravity profiles suggest that the SFZ transform continues

southeastward into the South Shetland continental margin beyond the termination of the SFZR. The crustal structure beneath the SFZ transform varies to the southeast: (1) the graben structure along the SFZR in Drake Passage, (2) the half-graben structure beyond the SFZR termination near EI, and (3) splay faults deforming the crustal block of the South Shetland continental margin.

野木 義史（国立極地研究所）・Roy A. Livermore（英国南極調査局）

**Back-arc spreading at the East Scotia Ridge**

Yoshifumi Nogi (National Institute of Polar Research)

Roy A. Livermore (British Antarctic Survey)

背弧海盆の海底拡大は、沈み込みに関連した特徴的な現象である。しかしながら、背弧海盆拡大の開始・発展の過程や中央海嶺系との類似点・相違点はほとんどわかっていない。東スコチア海は少なくとも過去10Maから形成されたと推定されており、背弧海盆の中でも比較的地磁気異常がよく同定されている数少ない背弧海盆のひとつである。

1994年12月から1995年2月に行われたJR09航海において、千葉大学所有の船上地磁気3成分測定装置をイギリス南極局の観測船ジェームス・クラーク・ロス号に設置し、初めて、東スコチア海背弧海盆海底拡大軸上で地磁気3成分異常が得られた。また、この航海では、ハワイ大学のMR1によるサイド・スキャン・ソナーの調査も行われた。

JR09航海で得られた東スコチア海背弧海盆海底拡大軸上の地磁気異常データの解析を行った。この解析結果およびMR1によるマッピングから、東スコチア海の背弧海盆の拡大系は、トランスフォーム断層を伴っていない事がわかった。東スコチア海の背弧海盆の拡大系の北部では、それぞれのセグメントの境界で、プロパゲーションとオーバーラッピングが同時に起こっており、このセグメントのプロパゲーションとオーバーラッピングは、基本的に北側の海嶺軸が南にプロバゲートする形で進行している。海嶺軸は、高い磁化強度で特徴づけら

れ、特にそれぞれのセグメント境界で高い磁化強度が得られた。東スコチア海の背弧海盆海嶺系は、北にいくほど海嶺軸が東側にシフトしており、北部のトレンチに近い海域では、複雑な構造を示している。重力のデータ等から、このような南方向のセグメントのプロパゲーションは、東スコチア海では過去にも断続的に起こっていたことが推定される。また、過去に非対称の拡大を起こしていた形跡も認められたが、この原因は不明である。

東スコチア海の反射法地震探査の結果から南緯56度10分付近の海嶺軸にマグマ・チェンバーの存在が推定される事、この付近の地震のデータからスラブの傾きが北にいくほど急になっており南緯55度20分から56度20分の間に限られた激しい地震活動が存在する事等から、東スコチア背弧海盆の海嶺系の発展と現在の状態が現在のスラブの状態と大きく関わっている事が示唆される。

HENRY Bernard (Géomagnétisme et Paléomagnétisme, IPGP, Saint-Maur, France),  
CAMPS Pierre and PREVOT Michel (ISTEEM, Montpellier, France)

A paleomagnetic study has been carried on the flood basalts from the Kerguelen Archipelago (Southern Indian Ocean). The main aim of this analysis was extending records of paleomagnetic fluctuation from an area in the southern hemisphere. Another prospect was to obtain data for stratigraphical correlation between different areas in the archipelago. A hundred of lava flows (667 oriented cores) have been sampled from five stratigraphical sections from diverse regions of the Archipelago. Two of these sections were previously studied for radiometric dating (Nicolaysen et al., 1999) and the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  estimated age of the sampled flows ranges from 24 to 30 Ma.

The paleomagnetic analysis of pilot specimen, carried out by stepwise thermal or alternating field treatment, points out that alternating field demagnetization yields better isolation of the Characteristic Remanent Magnetization (ChRM). Paleomagnetic results revealed the presence of normal and reversed directions, as locally found in the previous paleomagnetic studies carried out in the Kerguelen archipelago (Nougier and Plessard, 1968, Watkins et al., 1974; Derder et al., 1990; Henry and Plessard, 1997). Our preliminary results, obtained on the basis of Natural Remanent Magnetization (NRM) measurement for each core plus more than three samples demagnetized per flow, yields the successions R-N-R-N, N-R-N, R-N-R, R-N and N-R stratigraphic sequences respectively in the five sections. Possibility of stratigraphic correlation, using together paleomagnetic and radiometric data,

between the different parts of the archipelago are discussed.

No clearly transitional directions between two polarities have been observed. The Kerguelen lavas seem not suitable for paleointensity determination because in most of the case, contamination of the NRM by a large viscous component has been observed. These results will also be presented by means of a paleomagnetic secular variation model describing the temporal changes in the geomagnetic field.

#### References

- Derder M., Plessard C. and Daly L., 1990. Mise en évidence d'une transition de polarité du champ magnétique terrestre dans les basaltes miocènes des îles Kerguelen. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, 310, II, 1401-1407.
- Henry B. and Plessard C., 1997. New paleomagnetic results from the Kerguelen Islands. *Geophys. J. Int.*, 128, 73-83.
- Nougier J. and Plessard C., 1968. Sur une inversion du champ magnétique terrestre aux îles Kerguelen au cours du Miocène. *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, 267, B, 1249-1252.
- Nicolaysen K., Frey F.A., Hodges K.V., Weis D and Giret A., 1999.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of flood basalts from the Kerguelen archipelago, southern Indian ocean: implications for Cenozoic eruption rates of the Kerguelen plume. *Earth Planet. Sci. Lett.*, submitted.
- Watkins N.D., Gunn B.M., Nougier J. and Baksi A.K., 1974. Kerguelen: continental fragment or oceanic island ? *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, 201-212.



井口 博夫 (姫路工業大学環境人間学部) ・ ODP Leg 183 乗船研究者一同

### Preliminary results of ODP Leg183 at Kerguelen Plateau, South Indian Ocean

Hiroo INOKUCHI (School of Humanities for Environmental Policy and Technology, Himeji Institute of Technology) and Scientific Party of ODP Leg 183

LIP (Large Igneous Province)は、地球、月、金星、火星などに見られる大規模な火成活動である。LEG 183はLIPの火成活動の歴史とメカニズムをインド洋で探るというものであった。白亜紀の初期、インド洋においてケルゲレンプルームの初期の活動の結果、ケルゲレン海台・ブローケン海嶺LIPは形成された。引き続くプルームの活動は、約 82Ma から 38Ma にかけて、インドプレートの北上に伴うホットスポットの軌跡として Ninetyeast 海嶺を形成した。約 40Ma に形成された南東インド洋海嶺が、プルームを横切り、ケルゲレンプルームは南極プレート内で活動した。40Ma から現在までにケルゲレン島海域に、ケルゲレン島、ハード島及び海山列を形成した。従って、約 1.15 億年にわたる火成活動の歴史がケルゲレンプルームとして記録されていることになる。ケルゲレンプルームの活動史を明らかにすること、また、ケルゲレンやオントンジャワに代表される白亜紀の活発な火成活動と地球環境の関連を明らかにすることを目標にして、LEG 183 の航海では、(1) ケルゲレンLIPの主要部の基盤火山岩の年代 (マグマ活動の時間的变化)、(2) 火成活動に寄与したマントルと地殻の組成、(3) 火山活動と大気圏-水圏-生物圏の間の物質移動の関連、(4) ケルゲレンLIPのテクトニクス、を解明することを航海の研究目的とした。

すべてロータリーコアリングにより掘削し、8 地点の掘削で、7 地点より基盤岩を得た。基盤岩が掘削できなかったサイト 1135 の近くでサイト 1136 を掘削し基盤岩を得たことと、サイト 1141/1142 は近距離であることから、実質 6 地点の掘削を行い、すべての地点から基盤岩を得たことになる。掘削し

た地点は南ケルゲレン海台東端 (1135/1136)、エランバンク (1137)、中央ケルゲレン海台 (1138)、スキップバンク (1139)、北ケルゲレン海台北端 (1140) 及びブローケン海嶺 (1141/1142) であった。

白亜紀に単一の巨大な海台として形成されたケルゲレン海台とブローケン海嶺の掘削で得られた玄武岩類及びそれを覆うまたは挟まれた堆積物の船上での研究結果は、以下の様にまとめられる。(1) ケルゲレン海台-ブローケン海嶺LIPの基盤最上部の年代は南から北に向かって若くなる。すなわち南ケルゲレン海台は約 110Ma、中央ケルゲレン海台、ブローケン海嶺、エランバンクは 85-95Ma、また、北ケルゲレン海台は 35Ma より若い。また、エランバンクと北ケルゲレン海台からの基盤岩は本航海で初めて掘削した。(2) 7 地点より掘削した基盤岩の内 5 地点からは、地上噴火の火山岩を掘削した。さらに、中央ケルゲレン海台の地点 1138 からは地上噴火の熔岩流を覆う直上の暗褐色堆積物中に木片が含まれていた。この結果は南ケルゲレン海台の地点 750 (LEG 120)の基盤直上堆積物中の木炭、木片の存在と矛盾しない。(3) LIP 形成の火成活動の最終段階には揮発性マグマの爆発的な活動 (火山灰層や火砕流堆積物を掘削した) があった。(4) 本航海以前の地球化学的研究により、南ケルゲレン海台、東ブローケン海嶺の玄武岩が大陸地殻からの成分を示すことが示されていたが、メカニズムについては不明であった。マントルプルーム下部でのミキシング (大陸の物質の下部マントルへのリサイクリング) から地殻内での混入 (玄武岩マグマが地殻内で、 Gondwana 大陸地殻の一部を取り込む) まで、様々

な説が提唱されていた。エランバンク (1137) では、熔岩流と熔岩流の間に大陸物質 (ざくろ石黒雲母片麻岩) の礫を含む礫岩層 (厚さ約 2.6 m) を掘削し、大陸地殻のフラグメントが海洋地殻内に存在することを確認した。

各地点の掘削結果は、以下の様であった。すべての掘削地点の概要を表に示す。

**1135/1136 (南ケルゲレン海台)** (1) 中新世中期から晩新世最末期 (1135), 始新世前期後半から始新世中期前半 (1136) の遠洋性石灰質堆積物を南ケルゲレン海台より初めて掘削した。高緯度生層序及び古第三紀の寒冷化に関する古海洋学的知見を得ることが期待できる。(2) アルビアン及び後期白亜紀のナンノプランクトン, 有孔虫, 花粉を掘削した。高海水面・高温期の掘削地点での古海洋学的研究の進展が期待できる。(3) 陸上 (玄武岩), 浅海 (粘土, 砂), 深海 (チョーク, 軟泥) と変化する白亜紀前期以降の古環境 (沈降の歴史) が推定できた。(4) 直上の堆積物年代より 105Ma より古いと推定できる玄武岩溶岩は, 10 から 20 m の厚さを示し, また, コロンビア川玄武岩のような大陸洪水玄武岩と同じパホイホイ溶岩であった。

**1137 (エランバンク)** (1) 火山岩及び堆積物が示す古環境は, 陸上または河川 (玄武岩及び挟まれる堆積物), 浅海 (バックストーン), 深海 (軟泥) である。(2) 火山性礫岩の礫は, 粗面岩, 流紋岩, 花崗岩類, ざくろ石黒雲母片麻岩を含み, 特にざくろ石黒雲母片麻岩は南インド洋における大陸地殻の存在を示唆し, 注目できる。(3) サニディンを含むガラス質結晶凝灰岩や礫岩に含まれる粗面岩, 流紋岩の存在から, 進化したマグマの (時には爆発的な) 噴火, がエランバンク形成末期に示唆される。(4) 7 枚の玄武岩溶岩が確認でき, それらは陸上噴火であった。また, パホイホイ及びブレッチエイトした特徴から, コロンビア川玄武岩のような典型的な大陸洪水玄武岩であると推定できる。(5) 他のケルゲレン海台の白亜紀の玄武岩と同じくソレアイト質玄武岩である。

**1138 (中央ケルゲレン海台)** (1) セノマニ

アン・チューロニアン境界の酸化環境下の浅海堆積物から黒色粘土岩 (頁岩) への変化は, 無酸素事件を検証する材料となりうる。(2) 基盤岩を覆う堆積物は後期白亜紀の浅海-陸生の堆積物を含む。チューロニアン (あるいはより古い) シルト質粘土岩からは保存の良い木片, 種子, 胞子, 花粉を発見した。これらは, 中央ケルゲレン海台の火山活動後もしばらくは陸が存在したことを示す。(3) 基盤岩直上の堆積物よりチューロニアン (89-93Ma) の年代を得た。この年代は, 地点 747 (中央ケルゲレン海台で 150km 離れている) の基盤岩で示された 85-88Ma より古い。(4) デイサイト溶岩や粗面岩質火砕流堆積物を掘削し, 火成活動末期には非常に進化したマグマの活動があったことを発見した。(5) さらに下位では, 20 枚のハワイ型の陸上噴火の薄い熔岩流を掘削した。これらはソレアイト質で, 下位に向かうほど, 鉄チタンに富む。

**1139 (スキップバンク)** (1) 堆積物, 基盤岩に, 始新世以降の北ケルゲレン海台の沈降の歴史が記録されている。すなわち, 陸上 (火山岩, 火山性堆積物), 海岸, 浅海 (礫岩, 砂岩, バックストーン), 深海 (軟泥) と変化する。(2) 基盤直上の堆物の年代は, 漸新世前期である。(3) 粗面岩から流紋岩の火山岩及び火山碎屑岩の存在から, エランバンク同様に非常に進化したマグマの活動が, スキップバンク形成の末期にあったことを発見した。(4) 基盤岩の年代は直上の堆積物年代から漸新世前期より古い。また, 粗面玄武岩から粗面岩のアルカリ溶岩は 350km 離れたケルゲレン群島の中新世から鮮新世, 更新世の溶岩と類似している。おそらく, スキップバンクの 500 m より浅い頂上は, ケルゲレン群島より古く, ケルゲレン群島の一連の火山活動と推測できる。

**1140 (北ケルゲレン海台)** (1) 中新世の微化石, 浮遊性有孔虫は暖かい海水の環境を示してる。ケルゲレン海台では初めての発見である。(2) 堆積物を挟む 5 枚の海底溶岩を掘削した。1 m あるいは 1 m より薄いチョークが, 海底噴火の玄武岩に挟まれて存在することから, 深海平原での噴出と推定

できる。この堆積物中の微化石、有孔虫は始新世最末期を示していて、ケルゲレン海台最北部の最上位の玄武岩が 40Ma より若いことを示唆している。この熔岩流の間に地磁気逆転が記録されていて、被覆する堆積物と基盤岩の地磁気層序は時間間隙がないことを示唆している。(3) ケルゲレン海台では初めて、枕状溶岩を掘削した。(4) 枕状溶岩はソレアイト玄武岩である。

**1141/1142 (ブローケン海嶺)** (1) 地点 1141 から掘削した基盤岩は、5 枚のマフィックな陸上噴火の溶岩を含む。(2) 熔岩流の厚さは 8-20m である。(3) 地点 1142 の熔岩流は風化が激しく、今後の研究を待たなければならないが、おそらくフェルシッくな陸上溶岩を含んでいて、さらに最下位からは枕状溶岩が陸上で風化したらしい溶岩を掘削した。

ブローケン海嶺が中央ケルゲレン海台から分離したことに伴い、約 40Ma に上昇したことを示しているであろう。(4) 地点 1141 と 1142 の基盤岩が大きく異なるのは、異なる層準を掘削したか、あるいは水平方向に (1141 と 1142 は約 800m しか離れていない) 岩相が大きく変化することによると考えている。

船上では、堆積物及び基盤岩類の半裁コアについて、自然残留磁化および交流消磁後の残留磁化を測定した。また、基盤岩類の段階熱消磁実験を行った。船上で得た岩石学的、火山学的、堆積学的、古生物学的、研究結果に加えて、船上で測定した堆積物の磁化方位から推定される磁気層序および基盤岩類の磁化方位から求めることができる古緯度の変化について報告する。

表 LEG 183 における掘削の概要

Site	位置	緯度, 経度	水深 (m)	堆積物の 掘削深度 (m)	堆積物の コア回収 長(m)	基盤岩の 掘削深度 (m)	基盤岩の コア回収 長(m)	総掘削深 度(m)	年代* (Ma)
1135	Southern Kerguelen Plateau	59°42.0' S 84°16.4' E	1566.6	526.0	208.7	0.0	0.0	526.0	-
1136	Southern Kerguelen Plateau	59°39.1' S 84°50.1' E	1930.6	128.1	54.2	33.3	18.4	161.4	105
1137	Elan Bank	56°50.0' S 68°05.6' E	1004.5	219.5	113.9	151.7	105.5	371.2	74
1138	Central Kerguelen Plateau	53°33.1' S 75°58.5' E	1141.4	698.2	343.0	144.5	69.0	842.7	94
1139	Skiff Bank	50°11.1' S 63°56.2' E	1415.3	461.7	269.6	232.5	87.3	694.2	33
1140	Northern Kerguelen Plateau	46°15.6' S 68°29.5' E	2394.1	234.0	95.8	87.9	49.1	321.9	35
1141	Broken Ridge	32°13.6' S 97°07.7' E	1196.9	113.5	57.7	72.1	39.1	185.6	-
1142	Broken Ridge	32°13.9' S 97°07.5' E	1200.8	91.0	-	50.9	17.3	141.9	-

\* 基盤岩直上の堆積物の微化石年代

新井田清信 (北大・理)・湯浅真人 (地質調査所)・池田保夫 (北教大・釧路)

## Petrologic signature and up-lifting history of the Antarctic Seamount B peridotites.

Kiyoaki NIIDA (Hokkaido Univ.), Makoto YUASA (GSJ), and Yasuo IKEDA (Hokkaido Univ. of Education)

□

東南極ウィルクスランド, デュモン・デュルビル沖の南東インド洋深海平原の南東端に3つの海山が分布し, このうち海山B (141°10'-30'E, 62°02'-12'S) から上部マントル由来のかんらん岩が報告されている (Niida and Yuasa, 1995; Yuasa et al., 1997). このかんらん岩試料の多くは様々な程度に蛇紋岩化を受けているが, 新鮮なかんらん岩も採取されている.

これまでに検討したかんらん岩は, spinel lherzolite および spinel-plagioclase lherzolite で, 粒間に Ti-pargasite を含む. これらは, 中央海嶺周辺で一般的に知られている suboceanic peridotite とは著しく異なり, subcontinental peridotite の特徴を示す (Niida and Yuasa, 1995). また, かんらん岩海山の起源については, 南極大陸とオーストラリア大陸の分離初期にあった大陸間の海洋リソスフェア深部に由来すると考えられている (Yuasa et al., 1997). 以上のように, 南極B海山かんらん岩は, 大陸分離の初期につくられる海洋域深部リソスフェアの岩石学的性質を知るために, 極めて重要な情報源である. ここでは, 最近の追加された全岩化学組成や構成鉱物化学組成を加えて, 再び岩石学的特徴を検討する. また, かんらん岩の上昇履歴の解明を試みる.

## 1. かんらん岩の全岩主成分化学組成

かんらん岩5試料について全岩主成分化学分析を行った. Mg# (=100Mg/(Mg+Fe)) は88.5~90.2と低く, 高いTiO<sub>2</sub> (0.08-0.19 wt%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2.58-4.40 wt%), CaO

(2.14-3.30 wt%), および Na<sub>2</sub>O (0.31-0.33 wt%) 含有量を示す. このような特徴は, 図1 (Mg#-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 図) のように, 南極B海山かんらん岩が玄武岩質マグマのメルト成分を多量に含み, 極めて潤渇度の低いかんらん岩であることを意味する.

これは, かんらん岩中の微量成分 (Ti, Al, Ca, Na) に関して batch melting model に基づく融解度の見積もり計算 (Evans and Girardeau, 1988) の結果とも良く合い, 下表のように, 平均値で 0.4% および 0.9% という 1% 以下の融解度の低い数値が得られた.

Sample No.	Ti	Na	Al	Ca	average
D1302-1	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4
D1403-6M	1.1	1.1	0.5	0.7	0.9

## 2. かんらん岩の全岩 REE 組成

かんらん岩5試料の全岩 REE の LREE/HREE は, コンドライトよりも低く, 部分溶融の融け残りマントルないし集積岩的性格を示している. これらの REE パターンは, N-MORB と同じようなパターンを示し, またその濃度は, 多くの Alpine-type peridotite と同様に, コンドライトに比較して LREE に潤渇し, HREE がコンドライトの 1-2 倍の範囲に入る. 一般に, このような (ほぼ一定した HREE 量に対して LREE 量が幅広く変化する) peridotite の REE パターンは, REE が均一に2倍ほど濃縮された普通コンドライトのような peridotite の部分溶融によって形成された融け残りマントルであることが期待されている. そこで, 本地域の peridotite

について、LREE/HREE 分別の程度をみるために、コンドライトで規格化した Yb-Ce 図 (batch melting model) で検討した。試料 D1302-6 が最も部分融解の進んだ (融解度 15%程度の) 融け残りマンツルの組成を示し、D1302-1 の融解度が最も小さい (5%程度)。

また、REE 組成で注目されるのは、最も部分融解の進んだ試料 D1302-6 に負の Eu 異常がみられることである。このことは、この試料が、かんらん岩の部分融解の進行に伴って斜長石が選択的に融解していった plagioclase peridotite の融け残りマンツルであることを示唆している。

### 3. 構成鉱物の化学組成

かんらん岩に含まれる初生的 なかんらん石・斜方輝石・単斜輝石・スピネル porphyroclast のコアの化学組成を検討した。これらの Mg# (ol: 89.7-90.7, opx: 90.0-91.1, cpx: 90.7-92.3, sp: 77.2-78.1) およびかんらん石コアの NiO 含有量 (0.36-0.40wt%) から、南極B海山かんらん岩が上部マンツルに由来することは明らかである。

スピネル：初生的なスピネルコアは著しく Al に富み、Cr# (=100Cr/(Cr+Al)) が著しく低い (8.5-15.7)。この組成範囲を Al に富む abyssal peridotite のスピネルの組成領域 (Dick and Bullen, 1984) と比較すると、そのもっとも Al に富む領域からさらに Al に富む側の組成に相当する。ここで、これまでに報告されている suboceanic peridotite のスピネルと比較してみた。図 2 (Cr#-Mg#図) のように、どの海洋域のスピネルよりも著しく Cr#が低い。

単斜輝石：Na<sub>2</sub>O (1.50-2.33wt%) および TiO<sub>2</sub> (0.27-0.77wt%) に富む。このことは、南極B海山かんらん岩がかなり fertileであることを示唆する。一般に Mid-Atlantic Ridge peridotite の単斜輝石は Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> とともに過飽和しており (Dick, 1989; Seyler and Bonatti, 1994), Hess Deep の cpx-harzburgerite の単斜輝石は

Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> とともに過飽和している (Girardeau and Francheteau, 1993; Arai and Mtsukage, 1996)。南極B海山の単斜輝石の Na (atomic number) は 0.095-0.164 で、Kornprobst et al. (1981) の suboceanic cpx の組成領域 (Na<0.05 以下) から著しく離れて Na に富み、subcontinental cpx の組成をもつ。また、Seyler and Bonatti (1994) の subcontinental cpx の Na-Ti 組成領域に含まれる。このような特徴から、南極B海山かんらん岩は大陸域で知られている上部マンツルかんらん岩と類似の性質をもっているとみなしうる。

### 4. かんらん岩の組織と組成改変 — 上昇履歴の考察 —

Ti-pargasite 質角閃石を含むレルゾライトは、著しく変形した圧砕岩組織を示し、多数の初生的 なかんらん石・斜方輝石・スピネル porphyroclast と細粒で多角形状の neoblast 基質からなる。圧砕された初生的スピネル porphyroclast の一部は分解し、細粒な斜長石リムを生じている。このことは、このかんらん岩が、まずスピネルレルゾライト相の安定領域で平衡にたっし、その後上部マンツル浅所で圧砕岩化し、少なくとも斜長石レルゾライト相の安定領域内で再び平衡を獲得したことを意味する。

また、基質細粒部の neoblast 中に少なからぬ Ti-pargasite 質角閃石が含まれ、基質のかんらん石・斜方輝石・単斜輝石の粒間結晶として晶出している。このことから、南極B海山かんらん岩は、上部マンツル浅所のかなりの高温領域で、加水変質 (hydration) を伴う組織改編を受けているとみなされる。それは、LREE に過飽和した全岩組成をもっていることから、組成改変はあったとしても極めて軽微で、あるいはもともと加水かんらん岩であった可能性がある。この組織改編は、圧砕岩化と同時に、あるいはその直後に生じた。その時、一部のかんらん岩が部分融解した可能性もある。

## 引用文献

- Arai, S., and Matsukage, K., 1996, Proc. ODP, Sci. Result., 147: 135-155.  
 Dick, H.J.B. and Bullen, T., 1984, Contrb. Mineral. Petrol., 86, 54-76.  
 Evans, C. A. and Girardeau, J., 1988, Proc. ODP, Sci. Result., 103: 195-207.  
 Girardeau, J. and Francheteau, J., 1993, EPSL, 115: 137-149.  
 Kornprobst, J., Ohnenstetter, D. and Ohnenstetter, M., 1981, EPSL, 53: 241-254.  
 Seyler, M. and Bonatti, E., 1994, EPSL, 122: 281-289.  
 Niida, K. and Yuasa, M., 1995, Proc. NIPR Symp. Antarc. Geosci., 8: 3-15.  
 Yuasa, M., Niida, K., Ishihara, T., Kisimoto, K., and Murakami, F., 1997, In: Ricci, C. A., ed., The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes. Terra Antarctica Publication, 725-730.

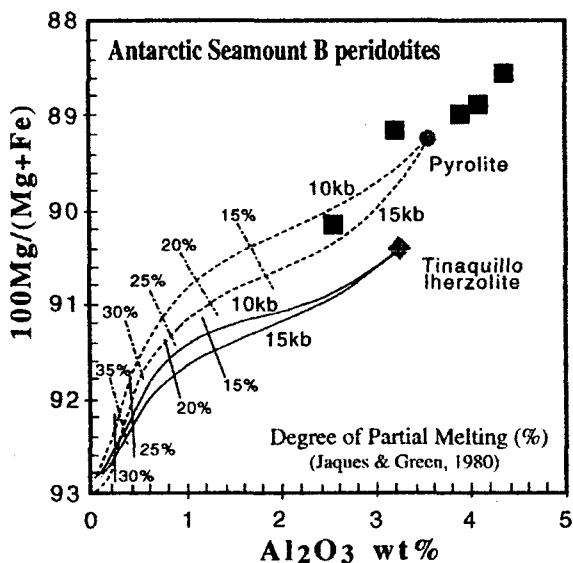


図1 南極B海山かんらん岩のMg#- $\text{Al}_2\text{O}_3$ 組成。かんらん岩の部分融解が著しく低いことを示す。

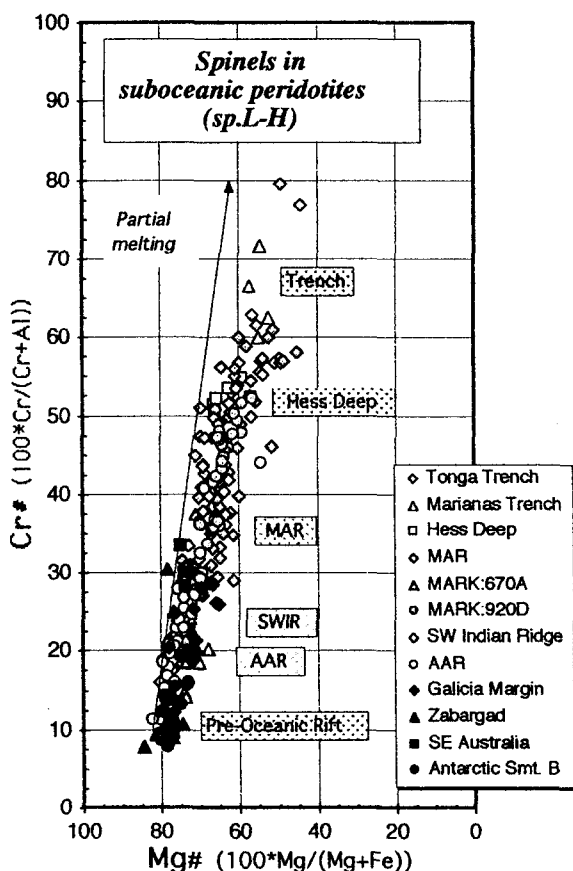


図2 海洋性かんらん岩中に含まれるスピネルのCr#-Mg#組成。南極B海山かんらん岩のスピネルは著しくCr#が低い。

## 東南極デービス海周辺海域における TH98 航海の地質地球物理調査結果

村上文敏<sup>1</sup>・石原丈実<sup>2</sup>・片山肇<sup>2</sup>・小田啓邦<sup>2</sup>・杉山和弘<sup>2</sup>・藤本正道<sup>1</sup>・小田浩<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>石油公団, <sup>2</sup>地質調査所)

### Geological and geophysical survey results of TH98 cruise around the Davis Sea, East Antarctica

F. Murakami<sup>1</sup>, T. Ishihara<sup>2</sup>, H. Katayama<sup>2</sup>, H. Oda<sup>2</sup>, K. Sugiyama<sup>2</sup>, M. Fujimoto<sup>1</sup>, H. Oda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan National Oil Corporation, <sup>2</sup>Geological Survey of Japan

#### 1. はじめに

ケルゲレン海台南東方のデービス海付近の東経 80°～100°において地質および地球物理調査 (TH98 航海) を行った。調査海域は、南極—オーストラリア大陸の分離に伴い形成されたスコット海盆と南極—インド大陸の分離に伴い形成されたエンダービー海盆との間に位置し、ケルゲレン海台の南端域がその北東部に含まれる (図 1)。この海域の地質構造を明らかにすることは、かつてのゴンドワナランドにおける南極—オーストラリア—インド大陸の 3 重会合点域の復元において重要な役割を果たすと考えられる。しかし、これまでこの海域では十分な地球物理・地質学的データがなかった。

TH98 航海の結果をもとに、調査海域の地質構造の概略について述べる。

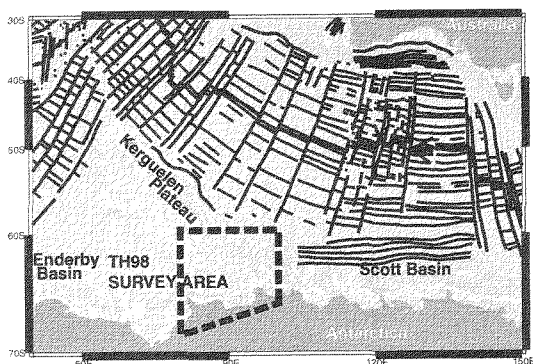


図1 調査海域位置図

#### 2. 調査

TH98 航海は、調査船「白嶺丸」を使用して 1998 年 11 月 20 日から 1999 年 3 月 9 日の期間行われ、その中で南極地域における調査日数は 35 日であった。その間、反射法 (2491km) および屈折法 (2 点) 地震探査、重磁力探査、海底地形調査、堆積

物等の海底試料採取 (8 点)、地殻熱流量測定 (6 点) を行った (図 2)。表 1 に主な調査項目と使用した観測装置の概要を示す。

調査項目	観測装置の概要
反射法地震探査	受信ケーブル: 240ch, 3000m, 12.5m 間隔, 30 重合 発振源: G-GUN, 250 cu in. x16 発振間隔: 50m
屈折法地震探査	海底地震計
地磁気探査	プロトン磁力計
重力探査	Lacoste&Romberg 船上重力計
柱状堆積物採取	重力式柱状採泥器 コアバレル長 5m
岩石採取	ドレッジ
地殻熱流量測定	サーミスターセンサー 6 個 (全長 3m), 柱状採泥と同時に実施

表 1 調査項目と観測装置の概要

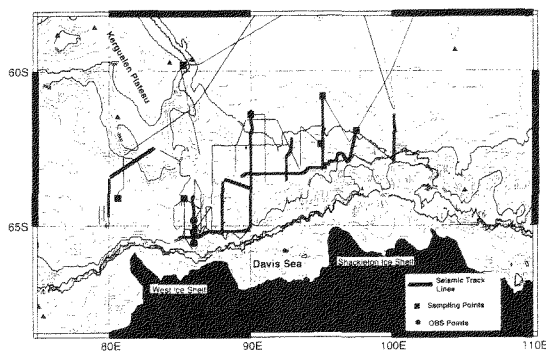


図2 調査測線・測点図

#### 3. 結果の概要

ケルゲレン海台南東方の深海盆～コンチネンタルライズ域に数百 nT の振幅の磁気異常が観測され、これらは、E-W ないし ENE-SWS の方向を持つ縞状磁気異常であることが確認された (図 3)。

予備的同定では、地磁気年代の M12～M6 (135～128Ma) に対応する (Ishihara et. al, 1998)。南極とオーストラリア大陸の海洋底拡大による分離開始は 84Ma 頃とされ、ここでの地磁気年代はそれより古い。おそらく、インドと南極大陸の分離時期に形成されたものと推定される。

調査海域東部に位置するブルースライズを構成する基盤は北落ちの正断層によって切られ、ライズ北側斜面からコンチネンタルライズ域にハーフグラベンが形成されている (図 4)。この構造は、南極とオーストラリア大陸のリフティングによる分裂時期に形成されたものと思われる。

今後、音響層序区分とその地質年代との対比、堆積物に含まれる微化石の分析などを行い、より詳細な地質構造と年代について明らかにする。

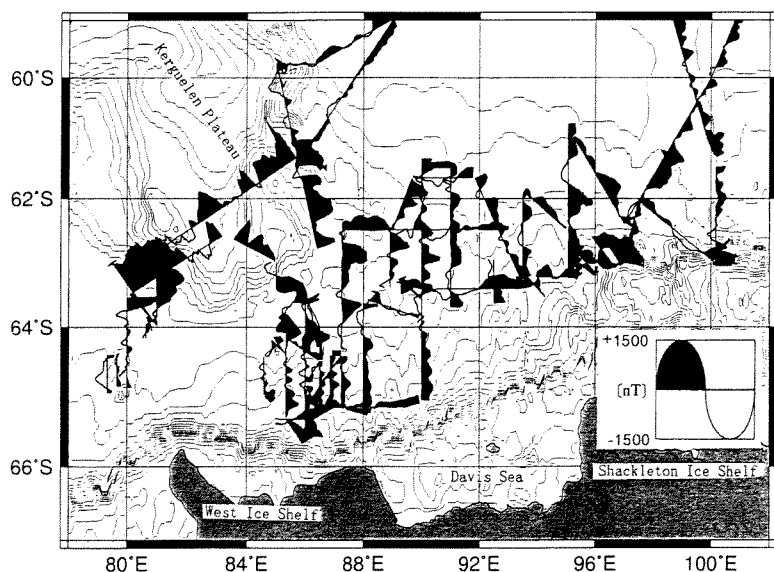
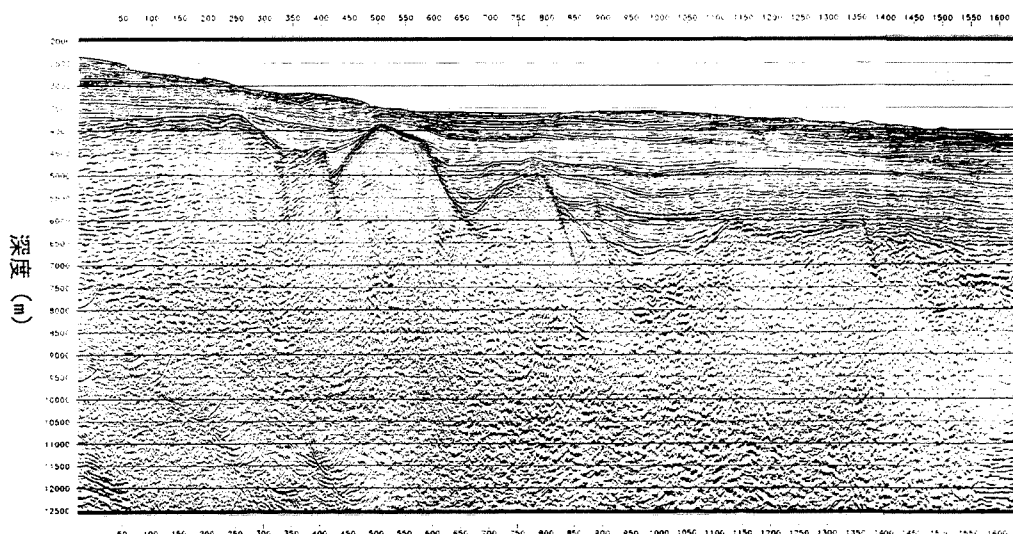


図 3 調査海域の磁気異常図



発振点番号

図 4 反射法地震探査記録例 (測線 27SMG) 測線位置は調査海域東部



野木 義史 (国立極地研究所)

**Vector magnetic anomalies in the Enderby Basin,  
Southern Indian Ocean**

Yoshifumi Nogi (National Institute of Polar Research)

南インド洋の地磁気異常は、 Gondwana の分裂過程を理解する上できわめて重要である。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。南インド洋は、初期の Gondwana 分裂の形態の履歴が残っていると考えられる海域であり、大陸分裂による大陸のフラグメンテーションのメカニズムとそれに伴う海洋底の発展史を検証できる格好のフィールドである。しかしながら、南インド洋は観測データは少なく、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。

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、南インド洋のデータが蓄積されつつある。第 30 次から現在までに得られた地磁気 3 成分異常データおよび衛星による重力異常を使用し、エンダビー海盆の地磁気異常縞模様とフラクチャーゾーンの同定を試みた。

砕氷艦しらせで得られた地磁気 3 成分異常データから、エンダビー海盆の 2 次元の磁化構造の走向を決定した。これにより得られた 2 次元の磁化構造の走向を、構造だけの起源によるものと、磁化の極性の変化

に起因するものに分類した。分類した 2 次元の磁化構造の走向と衛星の重力異常から、エンダビー海盆のフラクチャーゾーン等の構造および地磁気異常縞模様の走向の同定を行った。

グンネラス・リッジより東の南極大陸に近い海域では、南北から北西-南東走向の構造が卓越する。一方、グンネラス・リッジより西の海域では、北北東-南南西走向の構造が卓越している。この構造はフラクチャーゾーンの走向と考えられる。グンネラス・リッジを境にした構造の走向の違いは、グンネラス・リッジを境に Gondwana 初期分裂の方向が違っていた事を示唆し、グンネラス・リッジの成因に大きく関わっていることも示唆している。また、南ケルゲレン海台の西方の海域では、ほぼ東西に近い大きな構造が検出された。これらの構造は、海嶺とホットスポットの相互作用によるものである可能性が高い。

エンダビー海盆の地磁気異常縞模様の走向は、上記のフラクチャーゾーンと推定される構造にほぼ直交している。この海域で得られた地磁気異常縞模様走向およびその位置から、この海域で白亜紀地磁気静穏期に大きな、海嶺の再編成が起こった事が示唆される。

本講演では、これらの結果をもとに、Gondwana 分裂の初期の形態およびその時期に関する議論を行う。

野木 義史 (国立極地研究所)

**Shipboard observation in the Antarctic Ocean and the future plan**

Yoshifumi Nogi (National Institute of Polar Research)

大陸の分裂機構とその原動力の解明は、地球科学の大きな問題のひとつである。南極大陸縁辺部は、南極半島の一部を除き大陸の分裂境界から成り立っており、南極大陸の周辺海域には大陸分裂とそれに伴う海洋底拡大の履歴が刻み込まれている。特にインド洋に面した境界部分では、ホットスポットの活動と大陸分裂が相前後して起こっており、大陸分裂による大陸のフラグメンテーションのメカニズムとそれに伴う海洋底の発展史を検証できる格好のフィールドである。

最近では高精度の衛星による海上のフリーエア重力異常図が作成され、波長 15 km 程度の構造まで読みとることが可能となった。これにより、これまでほとんどマッピングされていなかった南大洋の構造が、細かいところまでわかるようになり、南極海のテクトニクスを理解する上で多くの情報をもたらした。しかし、南極大陸近傍の海域では、氷の影響や厚い堆積物によって構造が不明瞭な点が多い、また、その構造物の形成年代や地下構造を明らかにするためには、船上の観測が必要であるが、他海域に比べ、船上観測が非常に少ないのが現状である。

また、大陸のフラグメンテーションのメカニズムを解明する上で基本的な情報である南極大陸縁辺海域の海底の年代は、ほとんど同定されていない。特にゴンドワナを形成していた主要な大陸が分裂することに

より形成された海洋である南インド洋は、地磁気異常番号 3 4 以降に関しては比較的よくわかっているが、それ以前、すなわち大陸分裂初期の段階は、ほとんどわかっていない。最近になり、衛星の高精度重力異常としらせによる船上地磁気 3 成分観測の結果から、南インド洋の地磁気異常縞模様やフラクチャーゾーンが同定され始め、大陸分裂初期段階の海底拡大の方向やその年代が推定できるようになってきたが、集中的な観測が行われておらず、未だ不明点が多い。

それに加えて、南極海、特に南インド洋には、多くの海山や海台が存在する。ケルゲレン海台は、ODP (国際深海掘削計画) などにより比較的その素性 (年代、海洋性地殻か大陸性地殻など) はわかってきているが、コンラッドやクロゼットをはじめとするその他の多くの海山や海台の素性は未だ不明である。これらの海山や海台の素性を明らかにすることも、大陸分裂とプレート進化を考える上で不可欠である。

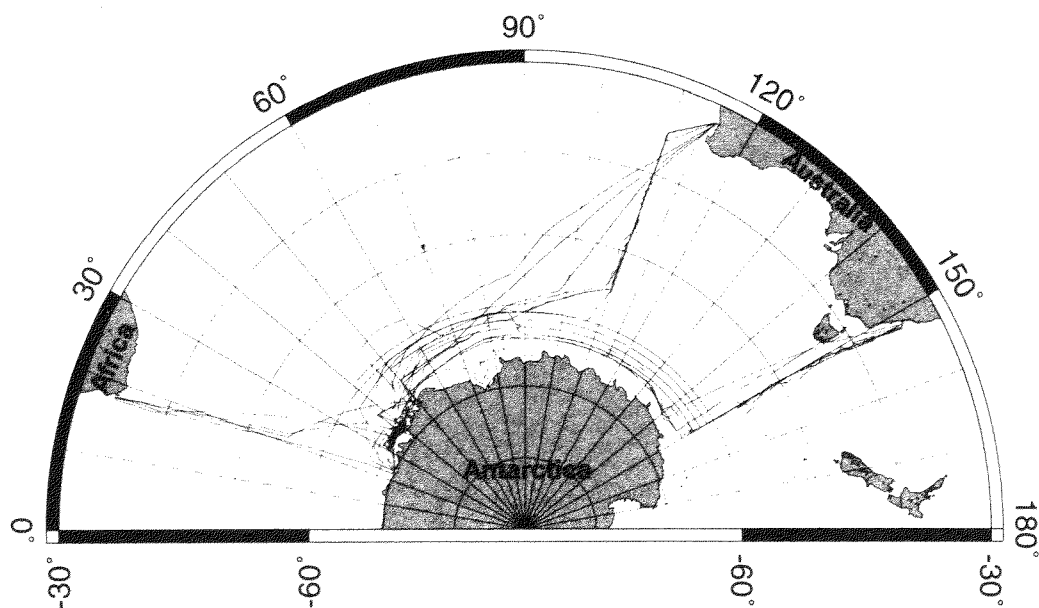
また、南極海は、深層水循環が氷期／間氷期サイクルの地球環境の変動に果たした役割を解明するために必要不可欠な海域である。これらを解明し、古環境・古気候を論ずるには、南極海での観測船による堆積物のサンプリングが必要である。現在までに南極海では、白嶺丸、白鳳丸や ODP による堆積物の採取も行われているが、未だシステムティックな堆積物のサンプリング

もほとんど行われていない海域である。  
上にもあげたように、南極海のテクトニクスを理解する上で大きな問題点は、大陸分裂初期に関して不明点が多いことである。南極海は大陸分裂とプレートの進化を考える上で最適のフィールドにかかわらず、圧倒的に船上の観測データが少ないことから、不明点がほかの海域よりも多い。また、南極海は、深層水循環が氷期／間氷期サイクルの地球環境の変動に果たした役割を解明するために必要不可欠な海域であるが、システムティックな堆積物のサンプリングが

おこなわれていない。今後、南極海が、観測船による集中観測が必要な海域であることは間違いない。

観測船による集中観測を行うためには、現在のしらせの運用形態では集中観測は難しく、傭船や外国共同等による観測が期待される。第 V 期五ヶ年計画でも、傭船等による観測が計画されていたが、現在のところ現実的ではなくなっている。本講演では、これまでの南極海、特にインド洋を中心にこれまでの観測と結果をレビューし、今後の船上観測に関する展望について議論する。

### Observation Lines



第 30 次南極地域観測から第 39 次までのしらせの測線。

## Granulite-facies Beryllium Pegmatites in the Napier Complex in Khmara and Amundsen Bays, western Enderby Land, East Antarctica

Edward S. Grew\* (University of Maine, USA), Jacques Barbier (McMaster University, Canada), Charles K. Shearer (University of New Mexico, USA), John W. Sheraton (Australian National University, Australia), Kazuyuki Shiraishi (NIPR, Japan) and Yoichi Motoyoshi (NIPR, Japan)

High-temperature beryllium pegmatites were discovered in 1979 at "Christmas Point" (Field Islands) and "Zircon Point" in Khmara Bay (Grew, 1981). During JARE-40, four en echelon pegmatites at the "Christmas Point" locality were studied, including the discovery pegmatite. Two of the four pegmatites are beryllian. Characteristic of the beryllian pegmatites are prisms of brown sillimanite up to 10 cm long and 4 cm across, masses of orange wagnerite and yellow-brown apatite, red microcline, gray quartz, biotite in flakes several centimeters across or medium-grained aggregates, localized masses of ilmenite-hematite intergrowths with magnetite and surinamite-bearing aggregates up to several centimeters across. The last, in part foliated, consist mostly of medium-grained quartz, surinamite, garnet, sillimanite, and secondary cordierite. Sparse orthopyroxene typically forms selvages between cordierite and quartz; secondary orthoamphibole occurs in biotite in one section. Accessories in the pegmatite include monazite, xenotime(?) and zircon. Högbonite occurs as lamellae in spinel in one oxide mass in the discovery pegmatite. Kyanite is a widespread if sparse constituent of the pegmatites, whereas andalusite is rarer; it overgrows sillimanite.

Sapphirine and khmaralite form masses up to 5 cm across in quartz of the second beryllian pegmatite at "Christmas Point". The masses are separated from quartz by an inner corona of sillimanite and an outer one of garnet. Surinamite typically occurs along the boundary between the two coronas or in the garnet one; some is also found with corundum and musgravite on the inside of the sillimanite corona. Cell parameters of "Christmas Point" sapphirine are smaller than those reported for sapphirine in general (e.g., Sahama et al., 1974). We interpret this difference to be due to Be incorporated in the sapphirine, which is also evident in the presence of the Be minerals surinamite and musgravite among the breakdown products of sapphirine. Electron diffraction patterns of the sapphirine with the smallest cell parameters show superstructure reflections characteristic of khmaralite. We suggest that beryllium is incorporated in the "Christmas Point" sapphirine and khmaralite by the substitution  $\text{BeSiAl}_2$ , which explains compositional variations in beryllian sapphirine and khmaralite from the Musgrave Ranges, Gage Ridge and "Zircon Point".

Surinamite occurs sparingly in a pegmatite intrusive into orthopyroxene-sillimanite-quartz-mesoperthite gneiss on

Mount Pardoe in Amundsen Bay. Surinamite is enclosed in secondary cordierite with sillimanite and biotite. Other accessory minerals present are rutile, wagnerite, apatite, garnet, orthopyroxene, kyanite and andalusite. In contrast to the "Christmas Point" pegmatite, sillimanite prisms do not exceed 1 mm in width and orthopyroxene appears to be mostly an early formed mineral that is partly replaced by garnet.

Textures involving sapphirine and khmaralite at "Christmas Point" suggest that these minerals were stable with quartz when the pegmatite was emplaced and subsequently reacted during a high-temperature metamorphic event (Table 1) as follows:

Khmaralite or beryllian sapphirine + quartz  $\rightarrow$  surinamite + garnet + sillimanite.....(1)

Khmaralite or beryllian sapphirine  $\rightarrow$  surinamite + musgravite  $\pm$  corundum  $\pm$  sillimanite.....(2)

It now appears that surinamite, musgravite and chrysoberyl at "Christmas Point" and "Zircon Point" formed from pre-existing sapphirine and khmaralite. There is no need to assume the presence of a beryllian cordierite precursor (cf. Grew, 1998). Development of the coronas could have been coeval with formation of coronas of sillimanite, garnet and orthopyroxene

between sapphirine and quartz in the host rocks of the pegmatites at "Christmas Point". The precursor to surinamite at Mount Pardoe could also have been sapphirine or khmaralite.

Quartz-rich granulites containing sapphirine, sillimanite and/or orthopyroxene that host the pegmatites at the "Christmas Point" locality resemble Sheraton's (1980) Napier complex Cr-poor metapelites, but compared to these are depleted in Na, K, Ca, Rb and Sr and enriched in Y, Zr, Nb, La, Ce, Th, and U. F contents range from <50 to 1150 ppm. Beryllium contents range from 0.8 to 7.1 ppm and average  $3.8 \pm 2.4$  ppm Be (8 samples), comparable to the 0 to 8 ppm Be and average  $3.0 \pm 2.4$  ppm Be in 8 Cr-poor granulites from the Napier, Tula and Scott Mountains (Sheraton, 1980, 1985, unpublished data). These Be contents lie within the range reported for pelitic rocks in general (1-10 ppm). Other reports of Be in the Napier Complex include Be-bearing sapphirine from Mount Riiser-Larsen (Christy, 1989) and Gage Ridge. Whether the beryllium in the Mount Pardoe, "Christmas Point" and "Zircon Point" pegmatites originates from remobilization of Be in the host metapelites, or comes from a more distant or deeper source, is an unresolved question at the present time.

Table 1. Stages of mineral formation in the beryllium pegmatites in Khmara Bay

Pegmatitic	Metamorphic (1)	Metamorphic (2)
← Quartz and Alkali feldspar →		
Sillimanite (1) – very coarse	Sillimanite (2) – prismatic	Sillimanite (3) – fibrolitic Kyanite Andalusite
Khmaralite and beryllian sapphire	Surinamite Musgravite Chrysoberyl (“Zircon Pt.”)	Beryllian cordierite
Biotite (1) – very coarse		Biotite (2) rare Muscovite
← ? Orthopyroxene ? →		
	Garnet	Orthoamphibole
	Dumortierite (“Zircon Pt.”)	
← Apatite & Wagnerite →		
← Ilmeno-hematite & Hemo-ilmenite →		

## References

- Christy, A.G. (1989): The effect of composition, temperature and pressure on the stability of the 1Tc and 2M polytypes of sapphire. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 103, 203-215.
- Grew, E.S. (1981) Surinamite, taaffeite, and beryllian sapphire from pegmatites in granulite-facies rocks of Casey Bay, Enderby Land, Antarctica. *Am. Mineral.*, 66, 1022-1033.
- Grew, E.S. (1998) Boron and beryllium minerals in granulite-facies pegmatites and implications of beryllium pegmatites for the origin and evolution of the Archean Napier Complex of East Antarctica. In Y. Motoyoshi, and K. Shiraishi, Eds., *Origin and Evolution of Continents*, Memoirs NIPR, Special Issue, 53, 74-92.
- Sahama, T.G., Lehtinen, M., Rehtijärvi, P., and von Knorring, O. (1974) Properties of sapphire. *Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A. III*, 114, 1-24.
- Sheraton, J.W. (1980) Geochemistry of Precambrian metapelites from East Antarctica: secular and metamorphic variations. *BMR J. Aust. Geol. Geophys.*, 5, 279-288.
- Sheraton, J.W. (1985) Chemical analyses of rocks from East Antarctica : Part 2 Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Record 1985/12, 124 p.

アムンゼン貫入岩類の多様性と起源、その 1 : 全岩化学組成と鉱物組成  
石塚英男 (高知大・理) ・鈴木里子 (総研大・極域科学)

In the Napier Complex, Enderby Land, East Antarctica, occur abundant dikes of doleritic rocks intruding the ultra-high temperature metamorphic rocks, which is generally referred to the Amundsen Dikes. Its intrusion age has been determined by the Rb-Sr whole rock data to be  $1190 \pm 200$  Ma (Sheraton & Black, 1981, *CMP*, 78, 305-317). The present study has dealt with field occurrence, petrography, bulk rock and mineral compositions of the Amundsen Dikes in the Mt. Riiser-Larsen area of the northern Napier Complex, and discussed their diversity in lithology and origin.

The Amundsen Dikes in the studied area strike N-S and NE-SW, of which the width varies from several tens of centimeters to a few meters, but rarely reaches 20 m. A chilled margin (several centimeters in thickness) is well developed at the contact with host metamorphic rocks, but thin dikes lack a distinct chilled margin. No thermal effect is observed in the host metamorphic rocks. Mineral texture and mineral assemblage indicate these dikes to be free of the ultra-high temperature metamorphism of the Napier Complex. This implies that the emplacement of dikes apparently postdated the Napier metamorphic episode.

Most dike rocks display intergranular to subophitic texture, but relatively thick dike rocks, being more than a few tens of meters thick, have coarse-grained and equigranular (gabbroic) texture in the central portion of dike. Constituent minerals of igneous origin include clinopyroxene (Cpx), plagioclase (Pl), magnetite (Mag) and ilmenite (Ilm) with or without biotite (Bt) and apatite (Ap). Of these, two types of mineral associations can be recognized, namely, Cpx + Pl + Bt and Cpx + Pl. Cpx in the Bt-bearing rocks exhibits pale-red to pale-green pleochroism.

Although the dike rocks are free of the Napier ultra-high temperature metamorphic episode, some of dike rocks are more or less sheared to be mylonitic or sometimes pseudotachyrite-like rocks, and partially recrystallized to the following secondary mineral assemblages;  
blue-green hornblende (BG-Hbl) + meta-Pl,  
BG-Hbl + meta-Bt + meta-Pl,  
BG-Hbl + garnet (Grt) + meta-Pl,  
BG-Hbl + meta-Bt + Grt + meta-Cpx + meta-Pl,  
BG-Hbl + meta-Bt + Grt + epidote + meta-Pl.

Accessory secondary minerals include quartz, pyrite and chalcopyrite. These observations indicate the epidote-amphibolite to amphibolite facies conditions for the shearing episode in the Riiser-Larsen area.

Representative bulk rock XRF analyses are listed below. All the analyzed samples are basaltic in the SiO<sub>2</sub> content. The alkali-silica diagram shows that there are at least two types; alkaline and non-alkaline types. The Bt-bearing rocks belong to the alkaline type. The non-alkaline type shows the systematic increase in TiO<sub>2</sub> with increasing the FeO\*/MgO ratio, suggesting the tholeiitic differentiation. The Nb-Zr relationships further subdivide the alkaline type into Type-A and -B, and the non-alkaline type into Type-C and -D. The Nb/Zr ratio is different between the Type-A and -B, while the Type-C and -D have the similar Nb/Zr ratio but different abundance in Nb and Zr.

These data indicate the Amundsen Dikes in the Mt. Riiser-Larsen area to be diverse in lithology, and also diverse in origin; a further study of radiometric age determination is in progress.

Type	A	B	C	D
(wt.%)				
SiO <sub>2</sub>	45.24	48.39	51.78	49.46
TiO <sub>2</sub>	3.33	3.22	1.89	1.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.70	12.24	12.61	13.16
FeO*	14.46	15.85	15.27	13.03
MnO	0.21	0.24	0.21	0.20
MgO	5.12	2.99	4.39	6.86
CaO	8.51	7.32	8.49	10.88
Na <sub>2</sub> O	2.84	2.79	2.39	2.06
K <sub>2</sub> O	1.91	2.82	1.22	0.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.96	1.12	0.25	0.08
(ppm)				
Ba	1264	1036	430.3	37.1
Cr	218.3	152.5	335.7	415.8
Cu	48.7	26.8	84.4	236.0
Nb	41.0	28.6	8.6	5.1
Ni	129.5	77.4	180.7	203.8
Rb	48.7	95.3	30.4	3.3
Sr	418.3	247.0	223.3	124.4
V	240.4	65.6	399.7	356.2
Y	32.0	68.9	38.4	26.4
Zr	163.7	291.0	160.3	81.4

## 42 Preliminary study of petrology of the Mefjell granitic complex in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica

**LI Zilong**

(Graduate School of Science and Technology, Kobe University)

**TAINOSHO Yoshiaki**

(Faculty of Human Development, Kobe University)

**OWADA Masaaki**

(Faculty of Science, Yamaguchi University)

The 0.51Ga Mefjell Granitic Complex (MGC) is as a large stock of the Paleozoic age and located in the central part of the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. The MGC consists mainly of biotite granite, granodiorite, quartz monzonite and olivine monzonite. The MGC intrudes the Late Proterozoic metamorphic rocks of amphibolite facies parallel to its gneissosity with a clear boundary (Tainosho, et al., 1991, 1992), and is sometimes intruded by fine-grained biotite granite stocks and locally by diorite dykes.

Granodiorites are composed of plagioclase ( $An_{25-5}$ ), k-feldspar, quartz, biotite, hornblende, clinopyroxene with accessory minerals of apatite, sphene, zircon, opaque minerals of ilmenite and/or magnetite, and carbonate minerals and muscovite as altered minerals. Biotite granite is constitute of plagioclase, k-feldspar, quartz and biotite. Accessory mineral is sphene, zircon, oxides. Olivine monzonite is coarse-grained, and consists mainly of plagioclase, K-feldspar, quartz, olivine, clinopyroxene, orthopyroxene with accessory zircon, apatite, and iron oxides.

Granodiorite has a low silica ( $SiO_2$  content ranges from 65 to 60 wt%) and high alkiline (10-11 wt%) in comparison with the other granitoid of the Sør Rondane Mountains.

Majority of granodiorites fall in the field of metaluminous except two samples located in the field of peraluminous and show high  $FeO_T/(FeO_T+MgO)$  and  $K_2O/Na_2O$ . Based on the REE data, the Mefjell granodiorites show some significant low  $\Sigma REE$ , Y, slight LREE/HREE fraction and weak negative Eu anomaly. Biotite granites have also high  $FeO_T/(FeO_T+MgO)$  and  $K_2O/Na_2O > 1$ . In the Y+Nb vs. Rb and Y vs. Nb plots, all of the granodiorite and biotite granites fall in the Volcanic-Arc granite field as defined by Pearce et al., 1984 for Phanerozoic granites.

Detailed studies of mineral texture demonstrated those (1) exsolution lamellae of two kinds of pyroxene (pigeonite and clinopyroxene) from granodiorite. (2) hornblende and quartz from granodiorite shows reaction rims surrounding grains of relic clinopyroxene, which crystallized in earlier stagy. Some relic crystals of clinopyroxene are disappeared and instead by hornblende. (3) Symplectite aggregate of biotite and quartz from granodiorite also is developed well, and may have two possibilities to form it. One possibility is as breaking down products of orthopyroxene, k-feldspar and melting components; the other one is regarded as reaction products evolved from aggregate of hornblende and quartz. (4) Clinopyroxene is progressively replaced with



possibilities to form it. One possibility is as breaking down products of orthopyroxene, k-feldspar and melting components; the other one is regarded as reaction products evolved from aggregate of hornblende and quartz. (4) Clinopyroxene is progressively replaced with increasing fractionation by the pale-green actinolitic to edenitic hornblende in hornblende biotite granite. (5) Perthitic and myrmekitic textures within granodiorite were observed. (6) Corona texture of pyroxene core and hornblende rim developed in olivine monzonite.

In the Di-Hd-En-Fs diagram of pyroxene classification, composition of relic pyroxene from granodiorite is fall in fields of hedenbergite and augite, which has remarkably high Fe/(Fe+Mg) ratio. Based on nomenclature of amphibole (Leake et al., 1997), chemical composition of hornblende falls in fields of ferrohornblende and hastingsite and ferroedenite of calcic amphibole. However, some composition of hornblende altered from clinopyroxene were plotted in fields of actinolite and edenite. Composition of biotite has high mean value of Fe/(Fe+Mg) of 0.85 (annite), and fall in iron-rich area in diagram of Si-Mg/(Mg+Fe) that may indicate the reducing state of the source and granites crystallized at a lower oxygen fugacity. Alkali-feldspar is usually composed of  $Or_{95-90}Ab_{5-10}An_0$ . The plagioclase composition in the MGC shows a continuous and normal change from  $An_{25-30}$  within the cores to  $An_{10-5}$  at the rims. Fe-Ti oxides are composed mainly of ilmenite, with minor amount of magnetite limited in one sample of biotite hornblende granite. Ilmenite is nearly pure  $FeTiO_3$ , very low or not containing hematite molecule and low  $MnTiO_3$

component, and may indicate crystallized during relatively reducing condition.

Physical condition of formation of granite was estimated by some geothermometer. Temperature ranging from 580-630°C was obtained using two feldspar method, and it may be regarded as of subsolidus condition, and 850-900°C was got by crystal of k-feldspar and plagioclase pair thermomter and may indicates of magmatic condition. Pressure of 2.5-3.8 kbar was estimated based on the barometer of total Al of hornblende increasing with pressure (Hollister et al., 1987), and it may be imply that 9.3-14.1 km is as the level of emplacement of the MGC. The MGC apparently have crystallized under the more reducing condition ( $f_{O_2}$  is less than  $10^{-18.3}$  bar dependant on composition of biotite).

In general, the MGC in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica incorporates many rock types varying olivine monzonite to granodiorite. The association of K-feldspar, pyroxene, olivine, quartz and pyroxene in the MGC suggests that generated from a relatively dry, high-temperature magma. An iron enrichment trend is defined by the mafic silicates which have the high Fe/(Fe+Mg) ratio in iron-rich lamellae of pyroxene to aggregate of hornblende with quartz, then to symplectite of biotite and quartz in the MGC. Such mineral chemical relationships as well as chemical characteristics indicate the MGC suffered a relatively fast isobaric cooling history of magmatic crystallization process.

It is suggested that the MGC formed from a distinctly different magma type comparing with the other Sør Rondane granites.

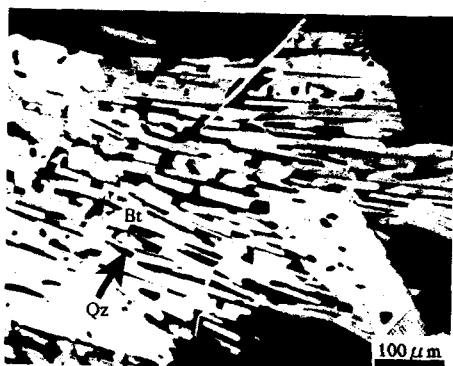
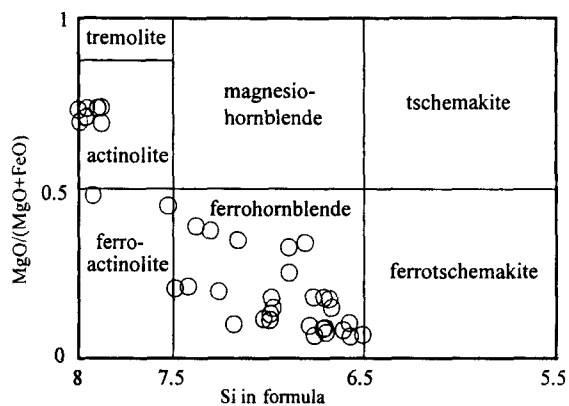


Fig.1. Symplectite of biotite and quartz from the Mefjell granodiorite in the central Sør Rondane



Calcic Amp ( $\text{CaB} \geq 1.5$ , and  $(\text{Na}+\text{K})\text{A} < 0.5$ )

Fig.2a. Classification of amphibole of the Mefjell granitic complex (From Leake et al., 1997)

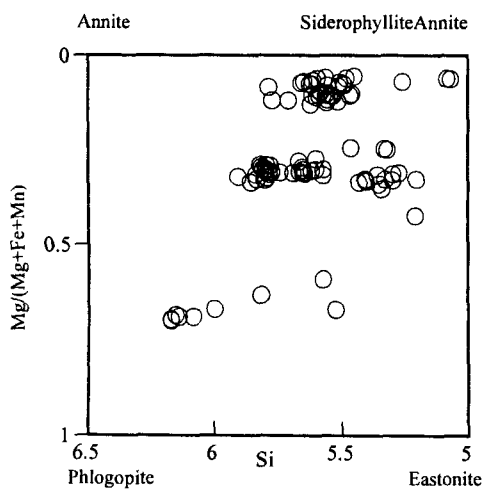
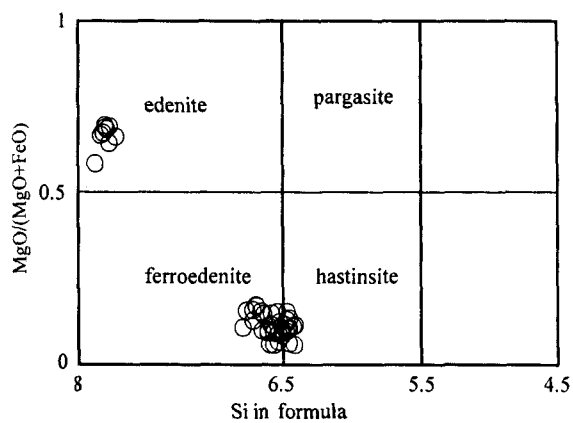


Fig.3. Chemical composition of biotite in the Mefjell granitic complex, Sør Rondane



Calcic Amp ( $\text{CaB} \geq 1.5$ , and  $(\text{Na}+\text{K})\text{A} \geq 0.5$ )

Fig.2b. Classification of amphibole of the Mefjell granitic complex (From Leake et al., 1997)

# 43 東南極, リュツォ・ホルム岩体ならびにセール・ロンダーネ山地の大理石層の炭素・酸素安定同位体組成

土屋範芳 (東北大・工), 小山内康人 (岡山大・教育),  
志村俊昭 (新潟大・理), 日下部実 (岡山大・固体地球研究センター)

Carbon and Oxygen Stable Isotopic Compositions of Marble Layers in the  
Lützow-Holm Complex and Sør-Rodane Mountains, East Antarctica.

N. Tsuchiya (Tohoku Univ.), Y. Osanai (Okayama Univ.),  
T. Shimura (Niigata Univ.) and M. Kusakabe (Okayama Univ.)

はじめに

リュツォ・ホルム岩体ならびにセール・ロンダーネ山地には, 大理石層とこれと随伴するカルクシリケート岩が分布している。これらは, 角閃岩相からグラニュライト相の變成作用を被っている。これらの地域の大理石層の鉱物組み合わせのバリエーションは乏しいが, 一方で, 炭素と酸素の安定同位体組成は, 極めて鋭敏に變成流体の組成や移動現象を反映した変化を示す。両地域の大理石層について, 炭素・酸素の安定同位体組成の特徴とその原因について考察を加える。

## 2. 採取地点および実験方法

本研究に用いた試料は, JARE-31 (セール・ロンダーネ山地), JARE-35 (リュツォ・ホルム岩体) により採取した。両地域を通じて, 広域地質図に記載可能な大理石層の分布は限られているが, おおむねセール・ロンダーネ山地では山地北西部, 中央部と東部の一部, リュツォ・ホルム岩体では, リュツォ・ホルム湾東海岸, ならびにプリンスオラフ海岸の一部地域に分布する。

### Sør-Rondane Mts.

Menipa (granulite facies)

### Lützow-Holm Complex

Cape Ryugu (amphibolite facies)

West Ongul IIs. (granulite facies)

Breidvågnipa (granulite facies)

Skallevikhalsen (granulite facies)

安定同位体分析は, 静岡大理学部, 岡山大固体地球研究センターならびに東北大理学部において行った。いずれの大理石層もほとんどがcalciteから構成されているが, まれに graphite の産出が認めら

れる。分析はcalciteについて行ったが, 少なくとも分析試料近傍 (約10cm以内) には, dolomite ならびに graphite は含まれていない。

## 3. 測定結果

### Sør-Rondane Mts. Menipa

セール・ロンダーネ山地の中央部に位置し, 山地中で最も高い變成度を示す地域のひとつである。Fig.1に測定例の一部を示す。上・下盤 (見かけ) は泥質片麻岩からなり, 片麻岩中には graphite ( $-23.358 - 23.050\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ ) が含まれている。大理石層の炭素安定同位体組成は, 片麻岩との境界部で低い値を示し, 層の中央部で最も高い値となる。同位体組成の変化プロファイルは層中央部で最も高い値を示す対称変化を示す。一方, 酸素の

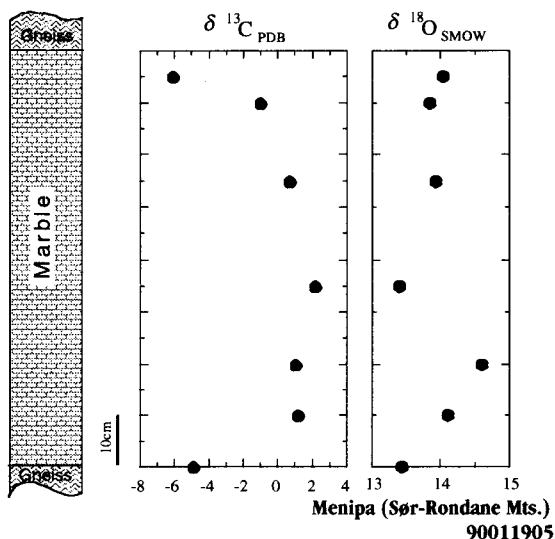


Fig.1 Carbon and Oxygen stable isotopic compositions of marble layer in Menipa, Sør-Rodane Mts. (Tsuchiya *et al.*, 1992)



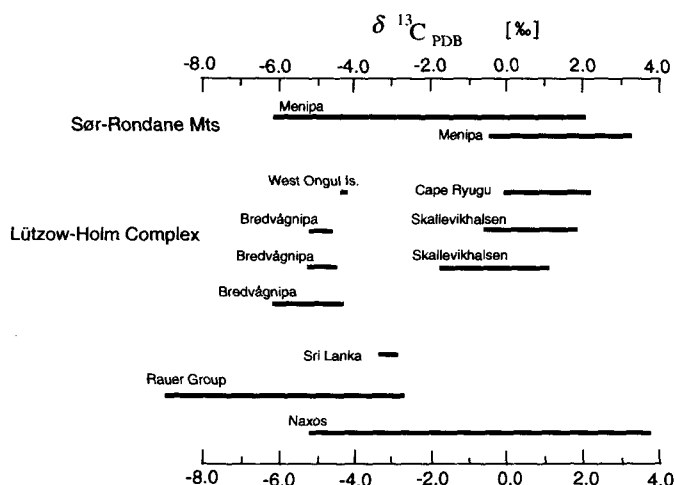


Fig.4 Variation of carbon stable isotopic composition. Sri Lanka: Hoernes *et al.*, 1991., Rauer Group: Buick *et al.*, 1991, Naxos: Baker *et al.*, 1989.

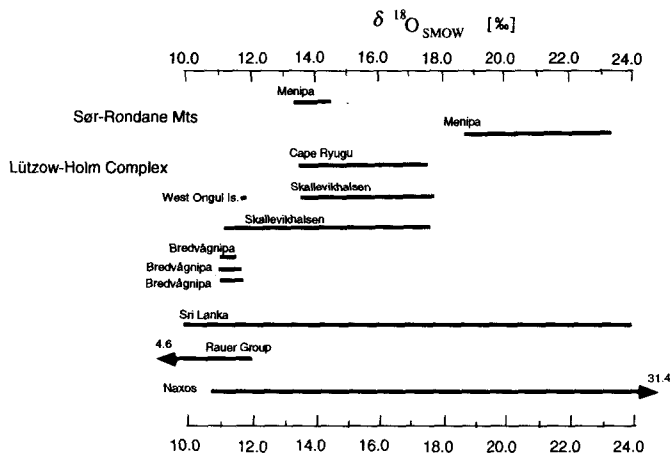


Fig.5 Variation of oxygen stable isotopic composition. Sri Lanka: Hoernes *et al.*, 1991., Rauer Group: Buick *et al.*, 1991, Naxos: Baker *et al.*, 1989.

方、酸素の同位体組成は、マージン部分で減少傾向を示すものの、必ずしも炭素と連動する変化を示さず、複雑なプロファイルとなる。

同位体組成変化は、(1)と(2)のプロセスのオーバーラップした結果として与えられるため、両者を明確に区分することは困難であるが、炭素の変化が酸素に比べてシステムティックなことから以下のような作業仮説を考えることができる。Decarbonizationにより、酸素に比べて炭素の同位体組成は大きく変化し、その後のfluid infiltrationによって、酸素組成も擾乱する。すなわち、現在観測される大理石層内の炭素の同位体組成の不均質

性は、主として decarbonization によって形成されたものである。また、Infiltration によって同位体組成の変動は、流体組成により大きく変わることから、炭素と酸素の同位体組成プロファイルのミスマッチは、この過程で生じたと推定できる。

Skallevikhalsen のカルクシリケート岩の酸素同位体地質温度計による変成温度の見積もり (680-710°C, Tsuchiya *et al.*, 1995) では、珪酸塩鉱物の組成と鉱物組み合わせから推定される最高温度条件よりも50°C程度低い温度を記録している。このことから、大理石層近傍での珪酸塩鉱物の酸素同位体組成は retrograde path の反応条件を反映していると推定できるが、一方で、この時の流体は、大理石層内部を完全な平衡状態に導かず、同位体組成のさらなる不均質性の形成に寄与したと考えられる。

## 5. おわりに

セール・ロンダーネ山地とリュツォ・ホルム岩体に分布する大理石層について、炭素と酸素の安定同位体組成の系統的分析を行った。分析した大理石層いずれにおいても、同位体組成は不均質で、

変成流体の移動現象過程を記録している。両地域とも、層内の同位体組成は、decarbonization の過程を大きく反映していると推定される。すなわち prograde path により層内の同位体プロファイルの大枠がきまり、その後の fluid infiltration によってさらに不均質性が助長された可能性が高い。今後、随伴するカルクシリケート岩の検討と比較することにより、変成流体の組成、量、および履歴についてさらなる情報が得られると期待される。

## Gondwana Construction and Geochronology of the Sor Rondane Mts

K. Shiraishi (NIPR), C.M. Fanning(RSES,ANU), R. Armstrong (RSES,ANU) and Y. Motoyoshi (NIPR)

The Sor Rondane Mountains (71.5° - 72.5° S; 22° - 28° E) are underlain by a medium- to high-grade metamorphic rocks together with various plutonic rocks and minor mafic dykes. The basement rocks are divided into two terranes; Northeast (NE) terrane which consists mainly of granulite facies rocks of intermediate and pelitic compositions and Southwest (SW) terrane which consists of amphibolite facies rocks of intermediate to basic compositions. SHRIMP geochronologic study for zircon and sphene on eleven rocks (four orthogneisses, five paragneisses, one migmatite and one granite) from the pervasive area of the Sor Rondane Mountains revealed the thermal history of these rocks.

It is significant that inherited ages older than 1100Ma are very rare even among the paragneisses. Only one zircon grain in 20 zircons from a pelitic gneiss from NE terrane shows inherited ca.3000Ma. The core parts of other grains of this gneiss yield uniformly ca.1100Ma.

In summary most of protolith of the metasediments may derived from Grenvillian basement (ca.1100-1300 Ma) with minor amount of Archean component from the hinterland of the Sor Rondane regions. It is good agreement with the Nd model ages of the orthogneiss. Shortly after the formation of the protoliths, the granulite facies regional metamorphism occurred during ca.

900-1000 Ma, resulting to form NE terrane. However, the most extensive metamorphism in the region occurred during 630-590Ma under the granulite to upper amphibolite facies condition. Furthermore, post-tectonic granites activities took place 560-515 Ma

This history is very similar to that of the central Dronning Maud Land to the west (Jacobs *et al.*, 1998), while it is in contrast to that of the Lutzow-Holm Complex to the east (Shiraishi *et al.*, 1994). The Pan-African Mozambique belt which is situated along the eastern margin of Africa has been considered to be the result of the collision between the continental blocks of East and West Gondwana. However the southward extension of the belt to Antarctica is not clear. The authors suggest that the contrast thermal histories between the Lutzow-Holm Complex and the Sor Rondane Mts. reflect the boundary between the East and West Gondwana.

## 45 南アフリカ、中期原生代ナタル帯、ツゲラ帯の地質とテクトニックセッティング

有馬眞・谷圭司（横浜国立大学）、川手新一（武蔵高等学校）・

S.T. Johnston, S. McCourt (Department of Geology University of Durban-Westville, South Africa)

### Geology and Tectonic Setting of the Tugela Terrane, Natal Belt, South Africa

M. Arima, and K. Tani (Yokohama National University, Japan), S. Kawate (Musashi High School), S.T. Johnston, and S. McCourt (Department of Geology, University of Durban-Westville, South Africa)

南アフリカ東部に分布する原生代 Natal 帯は、西は Namaqualand 帯、東方は Folkland microplate を経て、南極 Dronning Maud Land に分布する Maud Heime 帯に連なり、Kaaopvaal クラトンの南側を縁取る幅約 400km の変動帯で、超大陸 Rodinia が誕生した 11 億年前の周東南極変動 (Grenville 変動) によって形成された juvenile continental crust と考えられている (図 1)。

Natal 帯は、北方から Thrust で Kaaopvaal クラトンと接する Tugela 帯、Mzumbe 帯、Margate 帯の 3 帯で構成されている。Tugela 帯は従来から中期原生代の海洋地殻起源オフィオライトと考えられ、Mzumbe 帯と Margate 帯は共に島弧起源酸性・塩基性火成岩類からなると考えられてきた。

Tugela 帯は、非常に浅い角度で北東方向に衝上した 4 枚のナップによって構成されている (図 2)。各ナップの間には、thrust に沿って talc schist や蛇紋岩が分布する。Nkomo ナップは主に花崗岩質片麻岩、閃長岩室片麻岩と角閃岩からなり、Madidima ナップは堆積岩起源の片麻岩類が卓越する。一方、Mandeleni ナップは角閃岩花崗岩質片麻岩からなる。最も構造上位に位置する Tugela ナップは、角閃岩など塩基性～超塩基性の火成岩起源の変成岩が卓越する Tuma thrust sheet と、amphibolite とそれに貫

入したトーナル岩、閃緑岩からなる Manyane thrust sheet とから構成される。

本研究では、Tugela と Mandeleni ナップに分布する珪長質一苦鉄質変成岩の火成岩源岩の推定とその形成テクトニクスを明らかにするため、Tugela 川流域周辺の地表地質調査と変成岩類の全岩化学分析を行い、次のような結果を得た。

Manyane thrust sheet には、Kotongweni トーナル岩体 (Zircons U-Pb SHRIMP age of 1205Ma) と Mkodene 閃緑岩 (Preliminary results on zircons age of 1180Ma) の貫入岩体が分布する。Kotongweni トーナル岩体は、幅 15 km におよぶ粗粒な含ザクロ石角閃石トーナル岩質片麻岩からなり、激しい変形を蒙っている。Manyane 角閃岩との貫入境界が Tugela 川流域でよく観察されるが、貫入後の激しい変形・変成作用により、火成岩鉱物と岩石組織は保存されていない。Kotongweni トーナル岩体には、貫入母岩である Manyane 角閃岩起源と、トーナル岩と同一マグマ起源と思われるハンレイ岩およびホルンブレンダイト質捕獲岩が含まれる。全岩化学組成の特徴から、トーナル岩は海洋性島弧で活動した中性マグマ起源と考えられる (図 3)。また、貫入母岩である manyane 角閃岩は伊豆弧に分布する低 K-ソレライトに類似する化学的特徴を示す

(図4)。

Tuma thrust sheet には泥質及び砂質堆積物起源の片麻岩類が、アレナイト質砂岩とソレナイト質玄武岩質枕状熔岩を挟在して分布する。一方、Mandleni ナップには、化学的特徴から海洋島玄武岩 (図4) と島弧起

源と考えられる2種類の角閃岩と、花崗岩質片麻岩が広く分布している。

本研究から、Tugela 帯は従来考えられてきた中期原生代海洋地殻起源オフィオライトではなく、海洋性島弧、海洋島など起源の異なる海洋性テレーンが次々と衝上してできた付加体であると結論された。

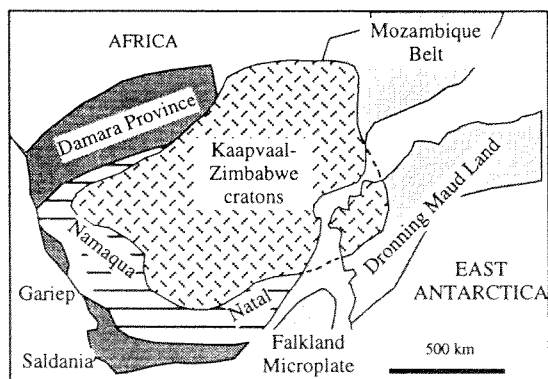


図1. ギンドワナ大陸におけるナタール帯とその周辺地域

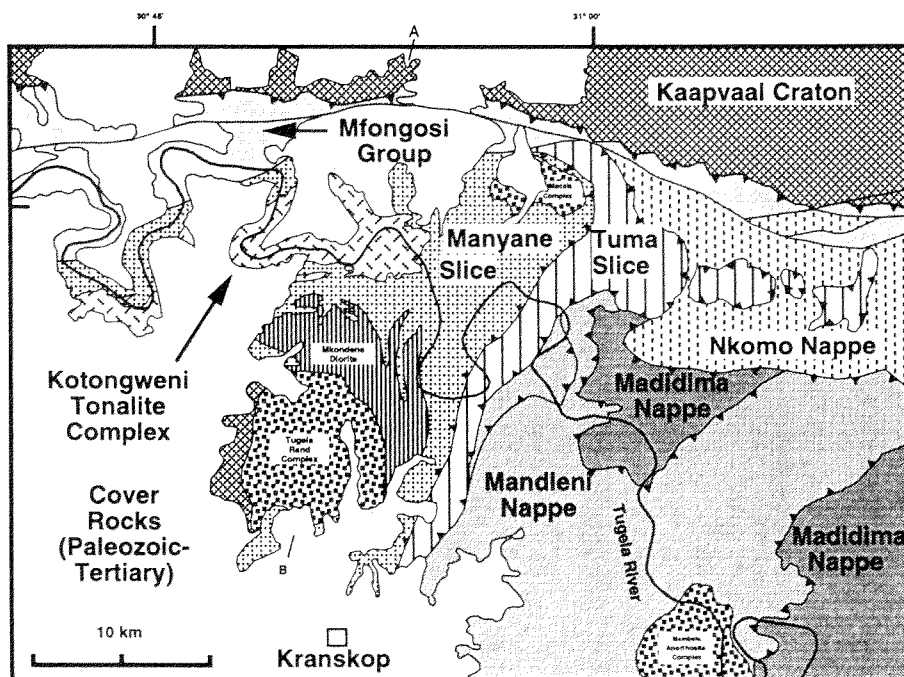


図2. Tugela帯の地質概略図



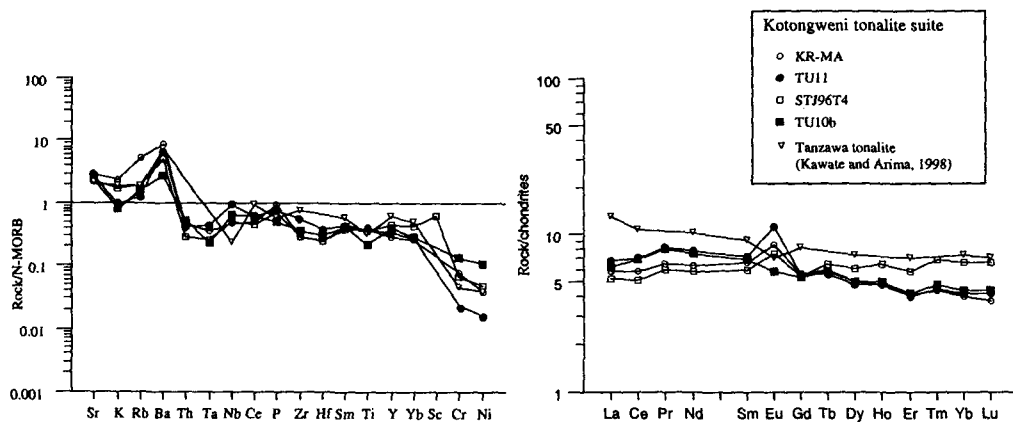


図3. Kotongweniトータル岩質片麻岩の微量元素濃集度。海洋性島弧トータル岩（丹沢トータル岩）と類似した濃集度を示す。

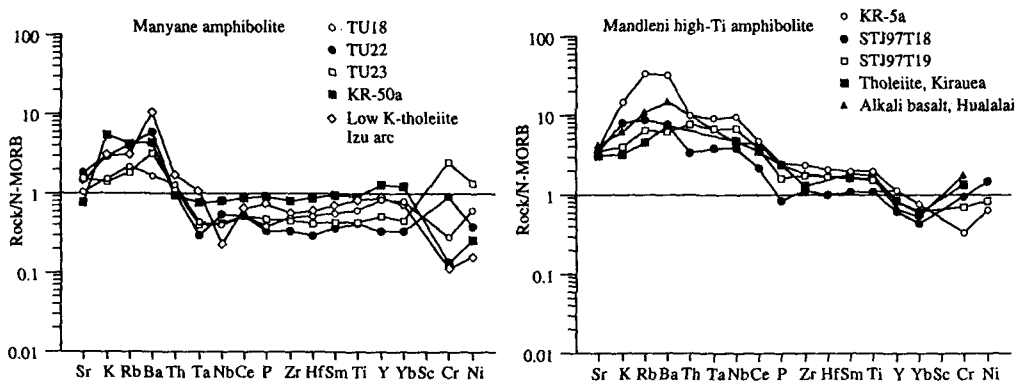


図4. Manyane角閃岩と Mandleni角閃岩微量元素濃集度。前者は海洋性島弧玄武岩と、後者は海洋島玄武岩と類似した濃集度を示す。

# 南アフリカ、ナマクアランド地域の花崗岩類の Sr・Nd 同位体比組成

柚原雅樹・加々美寛雄（新潟大）・廣井美邦（千葉大）

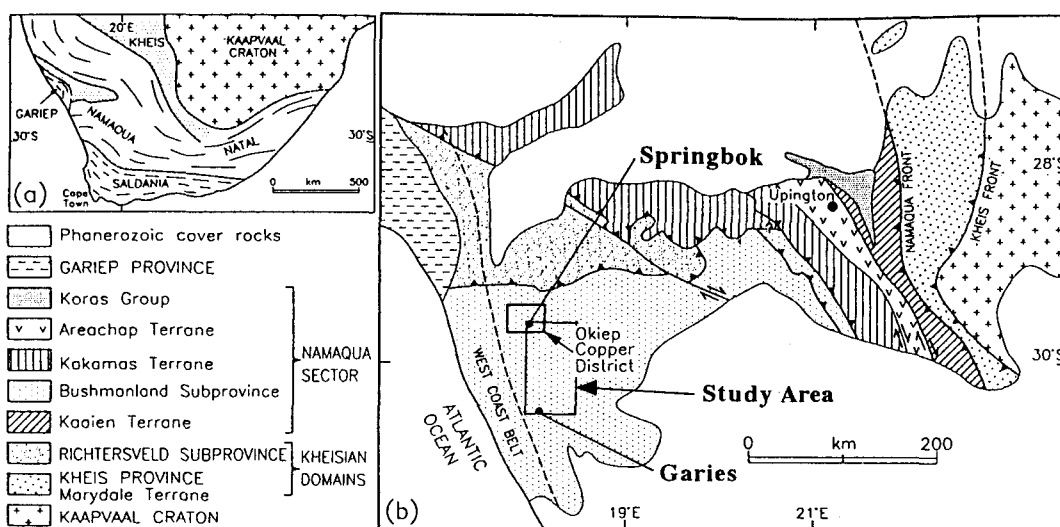
・土屋範芳（東北大）・白石和行（極地研）

## Sr・Nd isotopic compositions of granitic rocks in the Namaqualand area, South Africa.

M. Yuhara, H. Kagami (Niigata Univ.), Y. Hiroi (Chiba Univ.),

N. Tsuchiya (Tohoku Univ.) and K. Shiraishi (NIPR)

南アフリカ、ナマクアランド変成岩体（あるいはナマクア帯）は、グレンビル期に主要な変成作用を被ったナマクア-ナタール帯の西部に位置する（Fig. 1）。ナマクア-ナタール帯は、始生代 Kaapvaal クラトンの南および南西に位置し、南極の西ドローニングモードランド地域や北米のグレンビル帯に接続すると考えられている。ナマクア-ナタール帯の南部と西部は、パンアフリカン期の Saldanian および Gariep event に再び変成作用を受けている。さらに中央部は、顕生代の Supracrustal 岩に広く覆われている。そのため、変成岩類が広く露出するのは、東部のナタール帯と西部のナマクア帯に限られる。したがって、ナマクアランドにおける変成作用・火成活動を解析し、これらの地質帯と比較することは、グレンビル期、パンアフリカン期の広域テクトニクスの解明に有効であると考えられる。また、ナマクアランド地域では、変成岩類を上回る量の花崗岩類が露出しており、本地質帯の形成過程を理解する上で、花崗岩類の形成プロセスの解明は極めて重要である。また、本地域のうち Springbok 周辺以



**Fig. 1** (a) Regional tectonic setting of the Namaqua-Natal Province and its relationship to older (Archaean and Kheisian) and younger (Pan-African) provinces. (b) Regional geology of the Namaqua Sector, showing the tectonostratigraphic subdivisions of Thomas *et al.* (1996) (modified after Hartnady *et al.*, 1985; Thomas *et al.*, 1994).

(from Gibson *et al.*, 1996)

北 (OkiepCopper 地域) は、これまで多くの研究者により地質学的、岩石学的、鉱床学的、構造地質学および年代学的研究が行われてきている。しかし、それよりも南の地域では、それらの研究は少ない。特に年代学的研究は、ほとんどない。

本報告では、昨年予察的に行った Springbok から Garies にかけての地域の調査において採取した花崗岩類について、主成分および微量元素組成、Sr・Nd 同位体比組成、同位体年代を報告する。

ナマクアランド地域は、1.2~1.0Ga の高度変成作用 (グラニュライト相に達する) とパンアフリカン期の低度変成作用を被った中期原生代の Supracrustal 岩と貫入岩からなる。さらにこれらを後期原生代~初期古生代の堆積岩類である Nama Group が覆う。貫入岩は、変成作用以前に貫入した Gladkop Suite と早期-変動時花崗岩類である Little Namaqualand Suite、晩期-後変動時花崗岩類の Spektakel, Koperberg Suite に分けられる。今回分析を行ったのは、Little Namaqualand Suite の Nababeep Gneiss : 9 試料と Spektakel Suite の Concordia Granite : 2 試料である。

Nababeep Gneiss は、主に石英、長石、黒雲母からなる眼球片麻岩であり、強いペネトラチブな変形と同構造時再結晶作用を被っている。Concordia Granite は、Nababeep Gneiss に貫入し、カリ長石の斑晶をもつ foliation の発達した優白質花崗岩および閃長花崗岩である。細粒のカリ長石、斜長石からなる石基中に、カリ長石、ざくろ石が斑晶鉱物として存在する。黒雲母、磁鉄鉱、ジルコンの量は少ない。

Okiep Copper 地域の Nababeep Gneiss からは  $1223 \pm 48$  Ma (Clifford *et al.*, 1995) と  $1179 \pm 28$  Ma (Barton, 1983) の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代、 $1254 \sim 1222$  Ma の Zircon SHRIMP 年代 (Robb *et al.*, 1997)、 $2062 \pm 70$  Ma の Sm-Nd モデル年代 ( $T_{DM}$  年代) (Clifford *et al.*, 1995) が報告されており、約 1.2Ga に定置し変成作用を被ったと考えられている (Raith and Harley, 1998)。Concordia Granite については、 $1105 \pm 24$  Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代と  $2058 \pm 121$  Ma の  $T_{DM}$  年代 (Clifford *et al.*, 1995)、 $1064 \pm 31$  Ma の Zircon SHRIMP 年代 (Robb *et al.*, 1997) が報告されている。

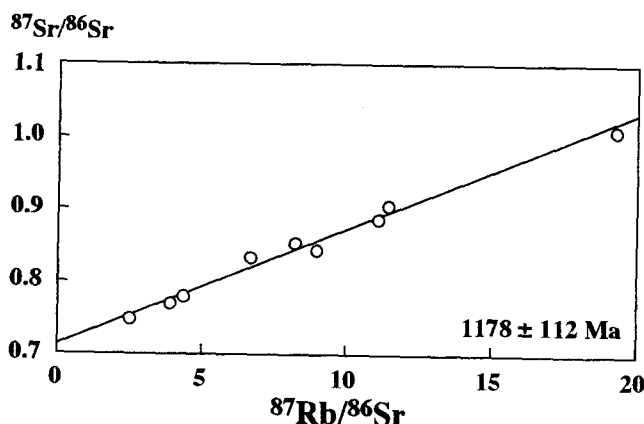


Fig. 2 Rb-Sr whole-rock isochron diagram of the Nababeep Gneiss.

分析を行った試料の  $\text{SiO}_2$  量は、Nababeep Gneiss が 68~75wt% であり、Concordia Granite は 70.5 および 75.9wt% である。これらはハーカー図では、多くの元素でトレンドを示す。

Nababeep Gneiss について、誤差が大きい、 $1178 \pm 112 \text{ Ma}$  の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代を得た (Fig. 2)。この年代は、これまでに報告されている年代値にほぼ一致する。分散が大きいのは、試料採取範囲が南北約 130km、東西約 70km におよぶためかもしれない。Sm-Nd 系では明瞭なアイソクロンは得られないが、Nd 同位体比の高いグループ (Nd 同位体比初生値が 0.5111 程度) と低いグループ (0.5108 程度) に分かれ、それぞれ 1200~1300Ma の配列を示す。さらに、Nababeep Gneiss は 2.4~1.7Ga の  $T_{\text{DM}}$  年代を示す。この値もこれまでに報告された年代値に重複する。また、Concordia Granite では、分析試料が 2 試料のみのためアイソクロン年代の計算はしていない。しかし、2.0~1.7Ga の  $T_{\text{DM}}$  年代は、これまでに報告された年代値に重複する。今後、昨年採取した他試料の分析と、今年再調査の際に系統的に採取した試料の分析を進め、さらに細かな検討を行う予定である。

## 47 南アフリカの高度変成岩に見出された2・3の岩石学的・鉱物学的新知見

廣井美邦（千葉大・理），土屋範芳（東北大・工），本吉洋一・白石和行（極地研）

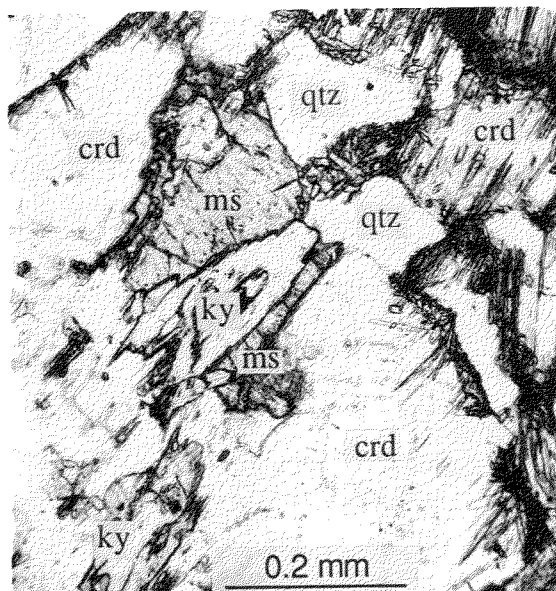
### Some mineralogical and petrological new aspects in the high-grade metamorphic rocks from South Africa

Hiroi, Y. (Chiba Univ.), Tsuchiya, N. (Tohoku Univ.), Motoyoshi, Y. (NIPR)  
and Shiraishi, K (NIPR)

東南極に分布する太古代クラトン，原生代後期（グレンビル期）と古生代初頭（パンアフリカン期）の造山帯の延長部がアフリカ大陸に分布する．特に南アフリカは太古代クラトン（カープファール）と原生代後期の造山帯（ナマクアーナタール帯）の研究には最適であり，多くの人たちによって繰り返し研究されてきた．それは単に地域的あるいは時代的な問題にとどまらず，広く地球における大陸地殻形成・発達の経過を解明するためである．この講演では，ここ3年間の学術調査（白石和行代表）によって得られつつある成果のなかの岩石学的・鉱物学的新知見について予察的に報告する．

- 1) リンボポ帯：リンボポ帯はカープファールクラトンと北のジンバブエクラトンとの間に太古代末ないし原生代初頭に発達した造山帯で，世界最古の「衝突型造山帯」であろう．ここには各種の高度変成岩が産出するが，特に泥質岩において次の点が確認され，また新たに見出された．
  - 1-1. ザクロ石を部分的に置換する堇青石を部分的に置換する藍晶石＋マグネサイトの集合体（写真参照）：これらの鉱物組織は，母岩の経た温度－圧力－時間径路のみならず，流体相の組成の時間的な変化を解明するうえでも貴重な情報源である．演者らはかつて，堇青石を部分的に置換する紅柱石＋マグネサイトの組合せをスリランカやカナダの高度変成岩から報告してきたが，ここでは紅柱石の代わ

りに藍晶石が出現する．



- 1-2. ザクロ石斑状変晶中の自形でカルシックな斜長石包有物：演者らが世界各地の高度変成岩に共通して見られる重要な鉱物組織として注目してきたもので，母岩が高温変成作用時に部分融解していたことを示唆している．
- 2) ナマクワランド帯：ナマクワランド帯は東方のナタール帯につながる原生代後期の造山帯であるが，一部の地域を除いて，まだまだよく調査・研究されていない．ここで見出されてきた注目すべき鉱物としては次のようなものがある．
  - 2-1. 単斜輝石のラメラをもつ珪灰石
  - 2-2. 各種のホウ素珪酸塩鉱物：コーネルピン，グランディディエライト，ワーディンジャイト，デュモティエライトなど
  - 2-3. 大隈石，サフィリン

第19回南極地学シンポジウム  
Dr. D.H. Green 特別講演発表要旨

The 19th Symposium on Antarctic Geosciences  
Abstracts for Special Lecture by Dr. D.H. Green

# S PETROGENESIS OF THE FERRAR-TASMANIA-KAROO CONTINENTAL THOLEIITE PROVINCE — CONSTRAINTS AND MODELS FROM EXPERIMENTAL PETROLOGY

David H. Green, Director, Research School of Earth Sciences,  
The Australian National University

The Mesozoic tholeiitic Ferrar intrusives and associated extrusives in the Trans-Antarctic Mountains were continuous into the Tasmanian and South-eastern Australian province and the Karoo Province of South Africa. The dominant magma types are low MgO (<8% MgO), quartz-normative tholeiites with low TiO<sub>2</sub> contents (<1% TiO<sub>2</sub>). A search for aphyric quenched liquids and vitrophres establishes orthopyroxene to Mg<sub>86</sub><sup>#</sup> and olivine also to Mg<sub>86</sub><sup>#</sup> as phenocryst phases in the most primitive samples obtained, usually as chilled magmas to dykes. In addition, plagioclase phenocrysts and microphenocrysts of An<sub>88</sub> composition occur in both the rare olivine-phyric, and in enstatite phyric quench compositions and in evolved magmas with pigeonite and augite microphenocrysts.

From petrography and geochemistry, it is inferred that, prior to emplacement, the tholeiitic magmas ponded at mid-crustal depths providing opportunity to reach (olivine) + orthopyroxene + clinopyroxene + plagioclase (An<sub>88</sub>) saturation and evolve, through crystal fractionation and (probably) wall reaction to strongly quartz-normative liquids.

An inferred parental magma for the Ferrar tholeiites is a picrite with Mg<sup>#</sup>=77.1, 15.5% MgO, 0.43% TiO<sub>2</sub>, 1.28% Na<sub>2</sub>O and 0.43% K<sub>2</sub>O. It has olivine (Fo<sub>91.5</sub>) and orthopyroxene as liquidus phases at 1.5 GPa. The inference from the experimental studies is that primitive magma segregated from harzburgite rather than lherzolite residue and furthermore that the harzburgite was relatively refractory in Mg<sup>#</sup>. The preferred model for Ferrar picrite petrogenesis is one of partial melting of refractory lithosphere, in which prior fertilization has established distinctive minor and trace-element patterns.

Refertilization processes may include migration and reactive absorption of silicic melt from coesite-eclogite; migration and decarbonation of carbonatitic melt, and migration and crystallization of potassic, alkali-rich and water rich, silica-undersaturated olivine nephelinite to olivine leucitite.

An hypothesis that continental flood basalt provinces originate by abnormally high melt production within an upwelling 'plume-head', comprised of mixed eclogitic and peridotitic lithologies, has been tested experimentally. A thermal divide between minimum melts (rhyodacitic melts) in the coesite-eclogite and minimum melts (olivine nephelinite) in lherzolite means that initial melts migrate from the eclogite to freeze within orthopyroxene-rich peridotite. Increasing temperature or adiabatic upwelling leads towards homogenization of phase composition but not of phase proportions in the 're-fertilized' upwelling 'plume'. Melts are ephemeral and cannot persist until the solidus of the lherzolite is exceeded — at this stage minimum melts are strongly silica-undersaturated olivine nephelinites and olivine-rich basanites and high melt fractions are picrites to olivine tholeiites, depending on depth of melt separation from residue.

第19回南極地学シンポジウム  
ポスター発表要旨

The 19th Symposium on Antarctic Geosciences  
Abstracts for Poster Presentation



# P1 東南極，セールロンダーネ山地の花崗岩類の 地球化学的研究 一希土類元素一

田結庄良昭（神戸大学・発達科学部）・白石和行（極地研究所）・  
高橋裕平（地質調査所・北海道支所）

Geochemical characteristics of the granitic rocks from Sør Rondane Mountains,  
East Antarctica -rare earth elements-

Yoshiaki TAINOSHO (Kobe University), Kazuyuki SHIRAISHI (National  
Institute of Polar Research) and Yuhei TAKAHASHI (Geological Survey of  
Japan)

## はじめに

東南極，セールロンダーネ山地には変成岩類とともに花崗岩類が広く分布している。東南極のの構造発達史を検討する上で，花崗岩類の形成様式を検討することは大きな意味があり，そのためには微量元素，特に希土類元素の挙動から花崗岩類の系列や構造場を検討する必要がある。本報告ではセールロンダーネ山地の花崗岩類の希土類元素を含む化学的特徴から，花崗岩類の形成機構について議論し，この地域の発達史を検討するものである。

## セールロンダーネ山地の花崗岩類の産状

セールロンダーネ山地には主に，角閃岩相からグラニュライト相の変成岩類を貫いて，中～小規模な花崗岩体が分布している。これら花崗岩類は古生代前期の Rb-Sr 年代を有し，パンアフリカンの後変動時花崗岩に属する。花崗岩類は母岩の変成岩に調和的に貫入する花崗岩体（調和花崗岩）と，非調和的に貫入する花崗岩体（非調和花崗岩）に2区分され，前者には Austkampane Granite, Vikinghogda Granite, Vengen Granite, Pingvinane Granite, Rogerstoppane Granite, Mefjell Granite が属し，後者には Dufek Granite, Lunckeryggen Granite が属する (Takahashi *et al.*, 1990; Tainosho *et al.*, 1992)。調和花崗岩は

Mefjell Granite を除くと，小規模で，変成岩と密接に伴うものが多いのに対し，非調和花崗岩は中規模である。

## 花崗岩類の化学的特徴

調和花崗岩である Austkampane Granite, Vengen Granite, Pingvinane Granite は高い  $K_2O/Na_2O$  と低い  $MgO$ ,  $CaO$  値を有するのに対し，非調和花崗岩の Dufek Granite, Lunckeryggen Granite は高いアルカリと Ba, Rb を有する。このように，この地域の花崗岩類は共通して  $K_2O$  に富み， $K/Na$  比が 1.0 より大きく，パンアフリカンの花崗岩類の特徴を有する。この地域の花崗岩類は  $SiO_2$  vs.  $\log_{10} K_2O/MgO$  図 (Fig. 1) からアルカリ花崗岩でなく，カルクアルカリ花崗岩に属する。また， $K/Rb$  比は K 含有量とともに，やや減少する (Fig. 2)。また，多くの花崗岩類は K に対して，強い Rb の depletion を示す。ただし，Mefjell Granite は Ba に富み，低い  $Rb/Sr$  で，他の花崗岩類と化学的性質を異にする。また，海洋性花崗岩で規格化したスパイダーズ図では (Pearce *et al.*, 1984)，典型的な Volcanic-Arc, Within-plate および Collision Granite に比べ，Ba や Sr に富み，Th が少なく，Nb, Zr, Y はほぼ同じような値を有する (Fig. 3)。また，Pearce *et al.* (1984) の Nb-Y と Rb-(Y-Nb) による discriminate 図から (Fig. 4)，Austkampane Granite, Vengen Granite,

Pingvinane Granite は Within-plate granite に、ほかの花崗岩は volcanic-arc granite に属する。

希土類元素の特徴をみると、花崗岩体ごとにかかなり異なる。LREE 濃度は Mefjell Granite, Vikinghogda Granite でやや低いが、ほかの花崗岩体では富む、特に、Pingvinane Granite や Lunckeryggen Granite でこの傾向は著しい。HREE は一般的に低い値を有するが、Lunckenryggen Granite や Vikinghogda Granite で低い。Chondrite で規格化したパターンをみると (Fig. 5), 花崗岩体でかなり異なり、単純な一つのパターンを示さない。特に、Mefjell Granite はフラットなパターンで、ほかの花崗岩とは明瞭に異なり、東南極の Petermann Ranges の intrusive charnockite suite (Joshi and Pant, 1994) に似る。Eu の負の anomalies は Austkampane Granite, Pingvinane Granite にみられ、Dufek Granite では弱い異常が存在し (Fig. 5), 斜長石の分別結晶作用を暗示している。一方、Mefjell Granite, Vikinghogda Granite では Eu の異常はなく、Lunckeryggen Granite でもこの傾向に近く、残液での斜長石と普通輝石の cotectic crystallisation や最後のステージでのリン灰石の除去を示しているのかもしれない。Chondrite のパターンは Dufek Granite と Lunckeryggen Granite で類似しており、Austkampane Granite と Pingvinane Granite で似たパターンを示し、Mefjell Granite が全く異なったパターンを示す。

なお、Sr 同位体比初生値は Dufek Granite と Lunckeryggen Granite で 0.703 前後と低く (Arakawa *et al.*, 1994; Tainosho *et al.*, 1992), 一方 Mefjell Granite は 0.705 前後と高く、Pingvinane Granite は低いものと、高いものが存在する。

#### まとめと考察

A-タイプ花崗岩は高い La, Nb, Y, Zn, Zr, Ga と低い Ca, Sr, Ba などの特徴づけられる。この地域の花崗岩の中で、Mefjell Granite や Pingvinane Granite はこれら特徴を有し、A-タイプ花崗岩に属するといえる。但し、やや Ba が高い。この地域の花崗岩はおそらく anhydrous な下部地殻の部分熔融で形

成された可能性がある。LIL 元素は花崗岩メルトの分別トレンドを暗示する。この地域の花崗岩のやや高い Ba や Sr は、カリ長石とパーアルミナス液の間の Ba と Sr 分配がパーアルカライン組成の液より大きかったことを示しているのかもしれない。一方、低い Ba, Rb, Sr をもつ花崗岩は部分熔融残液の中でのカリ長石の役割を示している。分別作用において、減少する K/Rb と増加する Ba/Sr は斜長石の分別結晶作用を示しており、このことは REE パターンの Eu の異常からも支持される。花崗岩中で、REE や Nb, Zr, Y のような HFS 元素はジルコンやスフェーン、リン灰石やモナズ石のような副成分鉱物での元素分配で決定され、LREE は  $P_2O_5$  や  $TiO_2$  と正の関係にある。この地域の花崗岩の HFS 元素含有量がやや高いことは初生マグマがもともと高い HFS 元素を有するものから由来したか、HFS 元素に乏しい石英や長石の分別作用により花崗岩中の HFS 元素を上昇させたのかもしれない。また、花崗岩の高い Ce/Y 比は起源物質中のざくろ石の寄与を暗示している。実際、変成岩類は多くがざくろ石を含む。また、セールロンダーネ山地の変成岩類は Ba に富む。花崗岩の石英量と Ce/Y 比は residue の溶け残りざくろ石の量を示しているのかもしれない。これら化学組成の特徴から、花崗岩類は地殻物質の部分熔融で形成された可能性が高い。

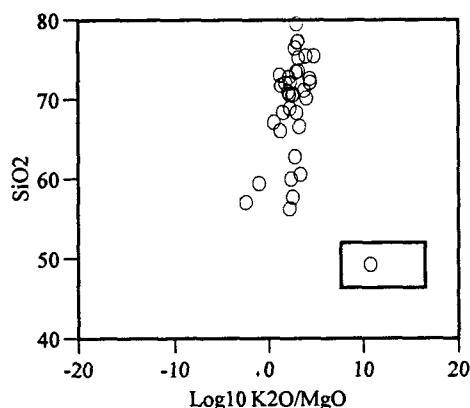


Fig. 1  $\log(K_2O/MgO)$  vs.  $SiO_2$  plots of the Spr Rondane granites.

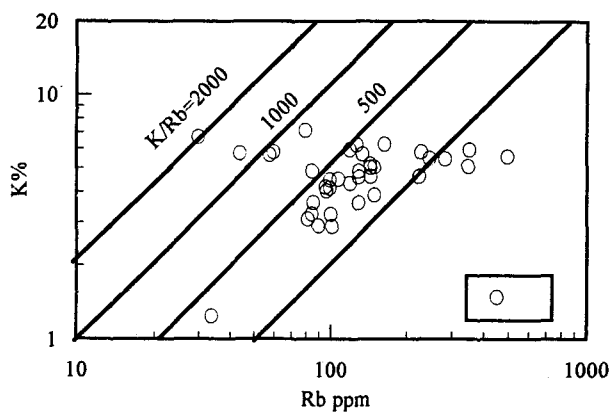


Fig. 2 K vs. Rb plots of the Sør Rondane granites.

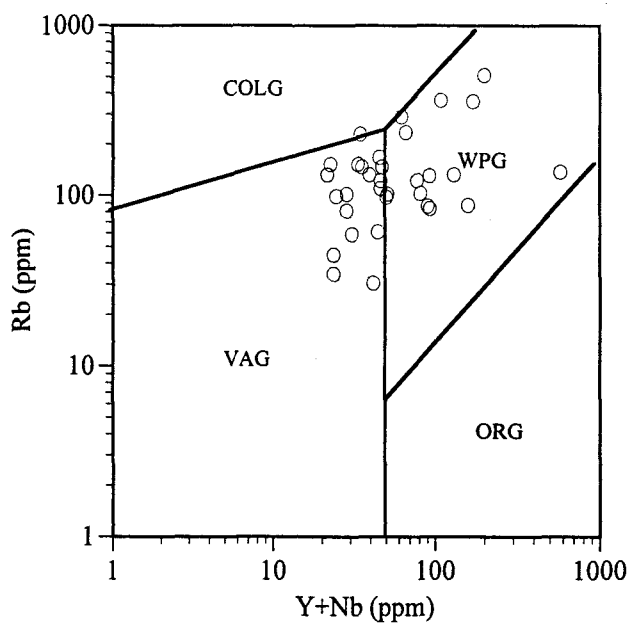


Fig. 3 Rb vs. Y+Nb plots of the Sør Rondane granites.

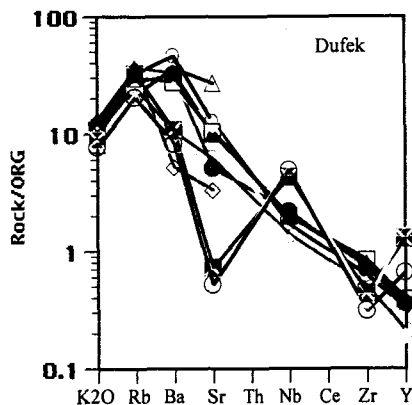


Fig. 4 Ocean ridge granite (ORG) normalised geochemical patterns of the Sør Rondane granites.

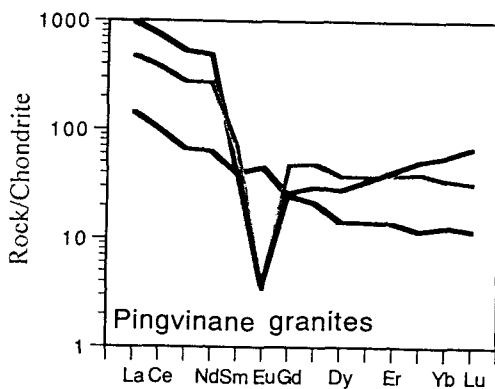
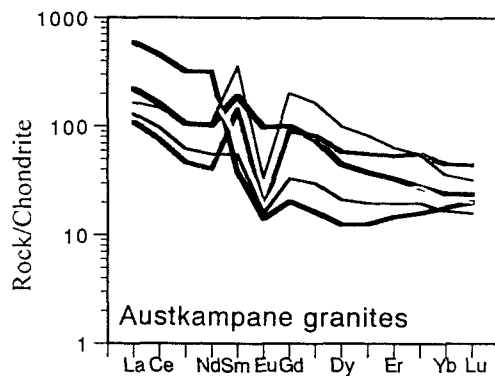
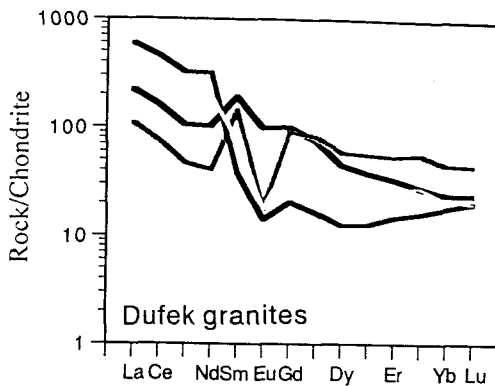
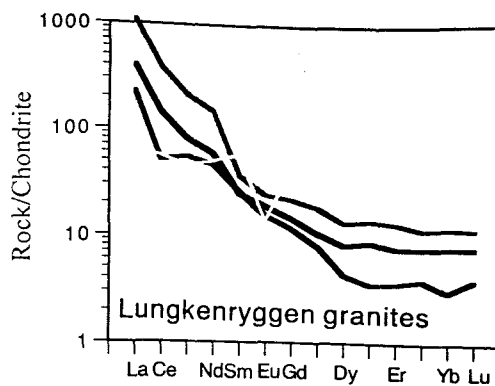


Fig. 5 Representative chondrite normalised REE patterns of the Sør Rondane granites.

**Timing of the ultrahigh-temperature metamorphism of the Napier Complex, East Antarctica: monazite and zircon dating using electron microprobe**

Tomokazu HOKADA, Satoko SUZUKI (Grad. Univ. Advanced Studies / NIPR), Yoichi MOTOYOSHI (NIPR)

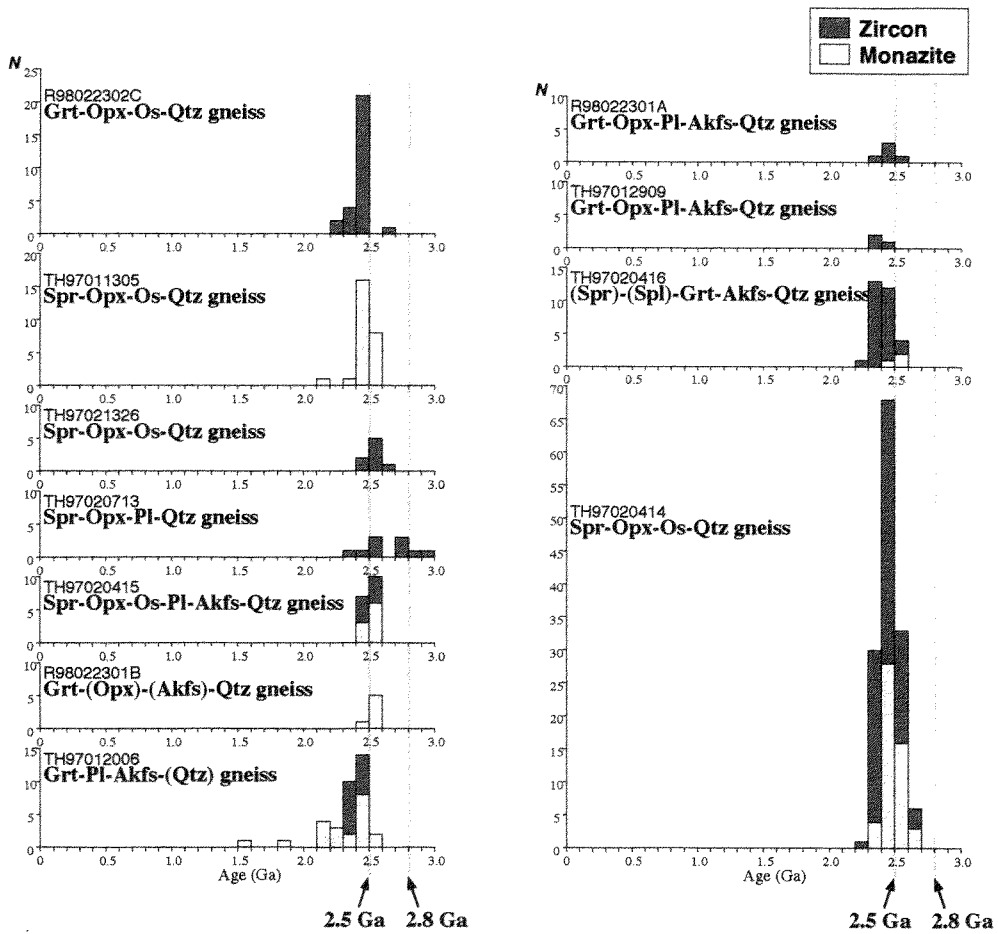
**Introduction:** The Archaean Napier Complex in East Antarctica is known as one of the best examples for the ultrahigh-temperature (UHT) metamorphic complex. A numerous radiometric dating have been carried out for rocks of the Napier Complex, and initiation of felsic igneous activity to form the protolith of the complex at 3.8 Ga and major tectonothermal events including the UHT metamorphism during 2.5-2.9 Ga were evaluated (e.g., Harley and Black, 1997). However, timing of the UHT metamorphism is in dispute, i.e., 2.8-2.9 Ga (Harley and Black, 1997) or 2.5 Ga (Grew and Manton, 1979; De Paolo *et al.*, 1982; Asami *et al.*, 1998). This study reports monazite and zircon U-Th-Pb ages based on the same method of Asami *et al.* (1998), and discusses the timing of the UHT metamorphism combined with the textural observation of analyzed monazite and zircon grains under microscopy.

**Analytical method:** Analytical method essentially follows Suzuki *et al.* (1991) and Yokoyama and Saito (1996). Chemical analyses of monazite and zircon were performed using an electron microprobe with 5ch WDS (JXA-8800M) at National Institute of Polar Research. Analytical conditions are as follows; Accelerate voltage: 15 kV, Probe current: 200 nA (monazite) and 400-500 nA (zircon), beam diameter: 2-3  $\mu\text{m}$ , measurement time: 200-300 seconds (UM  $\alpha$ , ThM  $\alpha$ , PbM  $\alpha$ ), standards: synthesized  $\text{UO}_3$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ ,  $\text{ThO}_2$  and natural

$\text{PbCrO}_4$ , correction method: ZAF and prz. Internally standards of 3.02 Ga monazite from Australia and 994 Ma zircon from Antarctica (both dated by SHRIMP) were used for checking and correction of the age determinations.

**Analyzed sample:** Analyzed samples are UHT gneisses containing sapphirine+quartz, osumilite or mesoperthite from the Mt. Riiser-Larsen area, the high-grade region of the Napier Complex. Sapphirine-orthopyroxene-(osumilite)-quartz gneiss (TH97011305, TH97021326, TH97020414, TH97020415, R98022302C). Sapphirine-orthopyroxene-bearing quartzo-feldspathic gneiss (TH97020713). Sapphirine-garnet (quartzo-feldspathic) gneiss (TH97020416). Garnet felsic gneiss (TH97012006). Garnet-orthopyroxene-bearing quartzo-feldspathic ~ siliceous gneiss (TH97012909, R98022301A, R98022301B).

**Results and discussion:** 1. Most of analyzed monazite and zircon grains (except 3 grains) show 2.3-2.5 Ga (Fig. 1). 2. Microscopic observation yields that monazite and zircon grains enclosed within osumilite also indicate 2.3-2.5 Ga. 3. 2.7-2.9 Ga were obtained from only 3 zircon grains (5 spots) in sapphirine-orthopyroxene-bearing quartzo-feldspathic gneiss (20713). These results suggest that the UHT metamorphism of the Napier Complex occurred at 2.5 Ga and that previous thermal event was also recorded at 2.8-2.9 Ga.



**Fig. 1** Histograms of apparent ages for analyzed monazite and zircon grains in ultrahigh-temperature gneisses from the Mt. Riiser-Larsen area in the Napier Complex.

## 東南極ナピア岩体トナー島の超高温苦鉄質 グラニュライトに含まれる角閃石の化学組成

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）、  
外田智千（極地研究所）、W.A. Crowe（西オーストラリア大）

### Composition of amphiboles in ultra high-temperature mafic granulite from Tonagh Island in the Napier Complex, East Antarctica

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)

東南極ナピア岩体西部のアムンゼン湾に位置するトナー島には、顕著な縞状構造をもつ高度変成岩類が分布している。これら岩石は1100°Cを越える超高温変成作用を被ったことが明らかになっており（例えばOsanai *et al.*, 1999; Hokada *et al.*, 1999），その変成年代は太古代末期の約25億年前と考えられている。

本研究で議論する苦鉄質グラニュライトは、トナー島全域から確認されている岩相であり、周囲の岩石と調和的に厚さ数cm～100 mのレイヤー状に分布する。これら苦鉄質グラニュライトは、鉱物組み合わせをもとに以下の4つの岩相に区分される（Tsunogae *et al.*, 1999）。なお下線で示した鉱物は、後退変成作用による生成物である。

- (1) 斜長石-斜方輝石-単斜輝石+Ca角閃石
- (2) 斜長石-Ca角閃石-斜方輝石-単斜輝石
- (3) 斜長石-斜方輝石-単斜輝石-ざくろ石-Ca角閃石
- (4) 斜長石-斜方輝石-単斜輝石-ざくろ石

上記以外に、石英、イルメナイト、磁鉄鉱、燐灰石を少量含む。

トナー島の苦鉄質グラニュライトにみられるCa角閃石は、2つのタイプに区分される。1つは褐色角閃石であり、岩相(1)にのみみられる。これらは粗粒で半自形の鉱物であり、輝石、斜長石との反応・包有関係はみられない。またイルメナイトのラメラを含むことが多い。以上の組織から、褐色角閃石はピーク変成作用時、あるいはその直後に形成されたと考えられる。類似した褐色角閃石は、超苦鉄質グラニュライト中にもみられる。もう1つのタイプは緑色角閃石であり、岩相(2), (3)にみられる。その

出現が斜方輝石および単斜輝石の周囲に限られていることから、後退変成作用による生成物と考えられる。

褐色角閃石は組成的にパーガス閃石に区分される（図1）。緑色角閃石に比べて褐色角閃石は $(\text{Na}+\text{K})_{\text{A}}$ とTiに富む傾向があるが、その違いは顕著ではない。ただし褐色角閃石中のイルメナイトのラメラの存在から、ピーク変成時のTi含有量は更に多く、900°Cを越える高温の変成条件で形成されたことが考えられる。

F含有量は、褐色角閃石で0.2～2.1 wt.%（ $\text{F}/(\text{F}+\text{OH})$ は最大0.5）とサンプルごとに異なるのに対し、緑色角閃石では0.1 wt.%以下と極めて低い。なおF含有量の違いと、角閃石中の $\text{Mg}/(\text{Fe}+\text{Mg})$ 比、Ti, Al含有量などとの相関は顕著でない。一方、岩石中の燐灰石のモードとF含有量の間には相関がみられ、燐灰石のモードが大きいサンプルの褐色角閃石ほどF含有量が高い。これら燐灰石は褐色角閃石よりも多くのFを結晶構造内に含むことから（最大7wt.%）、褐色角閃石のF含有量は全岩化学組成による影響が大きいことが分かる。その原因として、ピーク変成時におけるFを含む流体の活動により、超高温変成作用で安定な褐色角閃石が形成されたと考えられる。

同一サンプル中に含まれるCa角閃石と黒雲母のF含有量もまた、相関がみられる（図2）。この事実は、変成作用時におけるFを含む流体の浸透を支持する。両者の $\text{F}/(\text{F}+\text{OH})$ 比が、 $(\text{Ca角閃石}) : (\text{黒雲母}) = 1 : 2$ に近似できるが、これはCa角閃石に比べて黒雲母が結晶学的によりFを取り込みやすいためと考えられる。

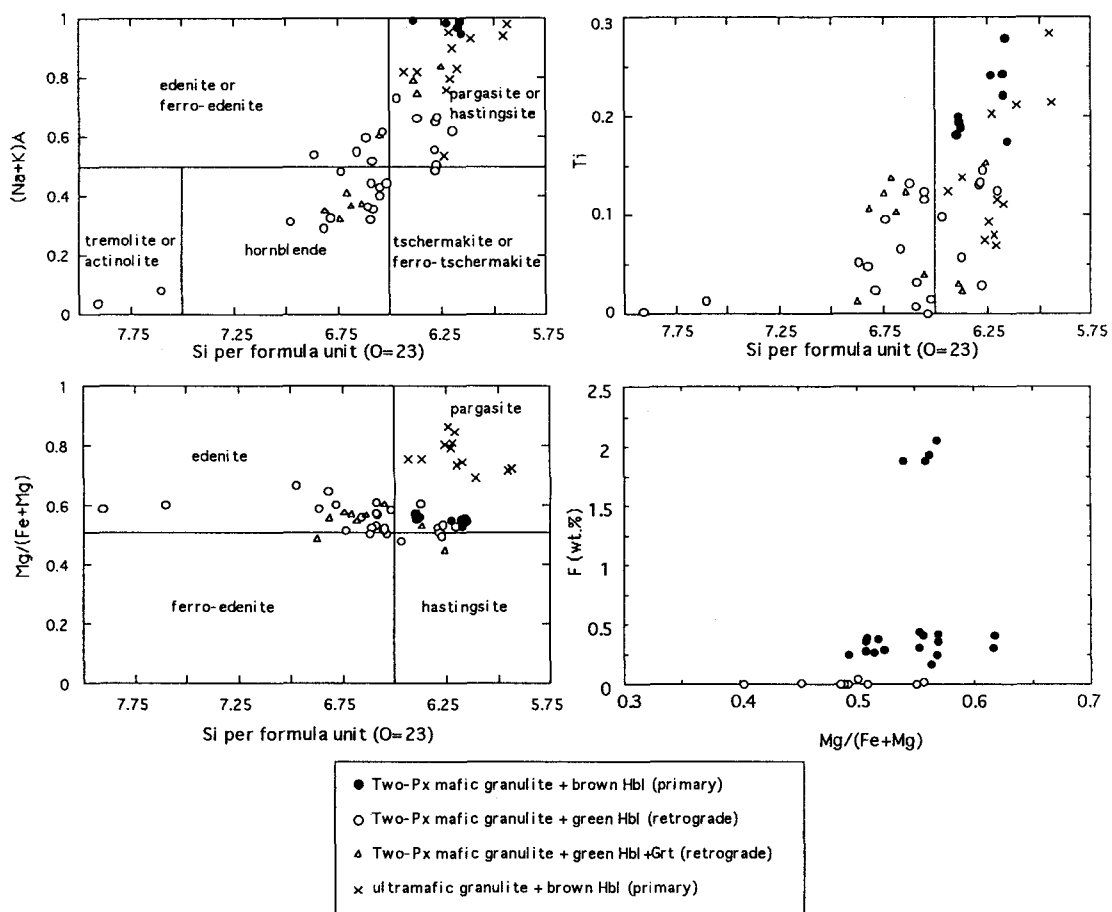


図1 苦鉄質グラニュライトに含まれるCa角閃石の化学組成

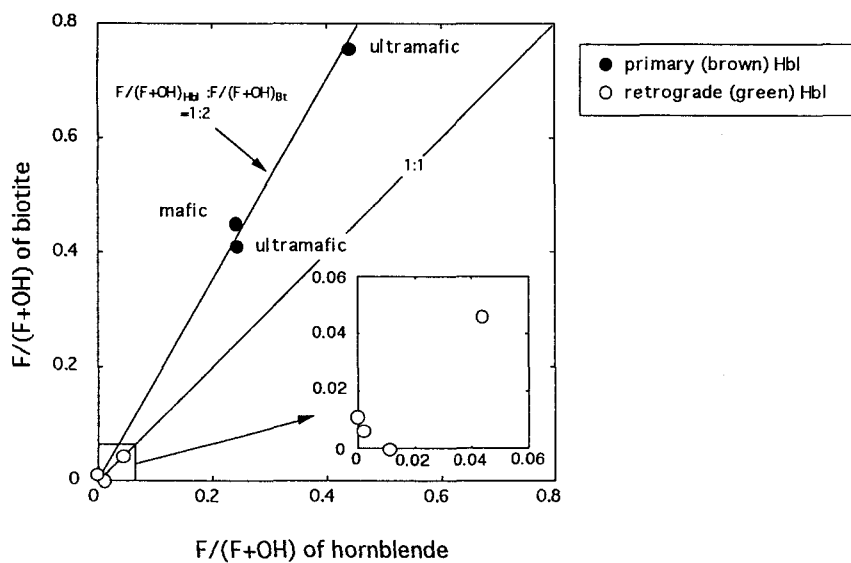


図2 同一岩石中に含まれる黒雲母とCa角閃石中のF含有量の比較

## P4

### 北大西洋地塊における20億大陸衝突イベント： スコットランド北西，サウスハリス岩体の例 馬場 壮太郎（大阪市大・院理）

2.0Ga Continental collisional event in North Atlantic Craton:  
example from South Harris Complex, NW Scotland  
Sotaro Baba (Osaka City Univ.)

北大西洋地塊は北西スコットランド，グリーンランド，ラブラドル海岸に産する高度変成岩類から構成される始生代に存在した地塊である。グリーンランドのGodthaabsfiord地域において，始生代に微小大陸衝突というモデルが示されて以来，北大西洋地塊は異なる始生代のテレーンの集合であると解釈されている(Friend and Nutman, 1991, 1994).

スコットランド北西に分布するルーイシアン岩体は，トロニエマイトーナル岩一花崗閃緑岩を原岩とする正片麻岩，塩基性～超塩基性片麻岩，少量の堆積岩起源の片麻岩より構成される高度変成岩体である。これらは従来，スコットランド本土での変形作用の解析結果に基づきグリーンランドのNagssugtoquidian帯に連続することが知られている(Coward and Park, 1987; Myers, 1987). 近年，スコットランド本土のルーイシアン岩体のSHRIMP年代測定が進み，25億年に変成年代が集中すること，2つの原岩年代の異なるテレーンに区別可能であることなどが明らかになり(Kinny and Friend, 1997)，異なるテレーンの集合（衝突）であると解釈することも可能であろう。

サウスハリス地域に分布するルーイシアン岩体（サウスハリス岩体）は，本土に分布するルーイシアン岩体とは異なり，堆積岩起源の準片麻岩，それらと同条件の高温高压変成作用を被ったアノーソサイト，はんれい岩，閃緑岩，ノーライトからなる深成岩プルトンから構成される。演者はここ数年来，サウスハリス岩体において，岩石

学的研究を行い以下のような新知見を得ている。

1) サウスハリス地域に分布するリーババラ帯は4つのユニットに区分され，各ユニットに産する片麻岩類の岩相および塩基性岩の全岩化学組成比の特徴は，それら片麻岩類の原岩が海洋プレート上，沈み込み帯で形成したことを示している。このことから，リーババラ帯の原岩は，海洋プレートの沈み込みにともない大陸縁・島弧に付加した付加体であると考えられる(Baba, 1997).

2) リーババラ帯に産する含サフィリン斜方輝石-藍晶石・珪線石グラニュライトの鉱物組み合わせならびに斜方輝石のAl-isoplethsから，950℃以上の超高温条件が見積もられた。その誘因はサウスハリス深成岩類の貫入であると考えられる(Baba, 1998a, 1999). また，同岩石中のスリナム石は含ベリリウムサフィリンの分解により生成され，その反応は圧力条件の上昇に起因する(Baba and Grew, in prep).

3) 変成作用の解析の結果，温度上昇(M1)，非変形場での圧力上昇(M2)，非変形場での温度・圧力下降(M3)，剪断変形を伴う温度・圧力下降(M4)という変成変形作用を経験したことが明らかになった。サウスハリス地域において，深成岩類の貫入による高温変成作用の後に小大陸の衝突により造山運動が起き，厚化した地質体の削剥による上昇，引き続く変形作用を伴うテクトニックな上昇という一連の地



殻形成過程が考えられる(Baba, 1998b).

以上の結果を既存の年代値に基づき解釈すると、プレートの沈み込みにともなう原岩の形成は25~20億年前(Cliff et al., 1998), 深成岩の貫入による超高温変成作用は22~18億年前, 小大陸の衝突による造山運動は>18.7億と推定され(Cliff et al., 1983), サウスハリスでの大陸の衝突はおおよそ20億年前の地質事件と考えることができる.

Hoffman (1991)は, 20億年前のローレンシアの集合という地質事件を想起している. サウスハリス地域における20億衝突イベントをPark(1995)のとりまとめたローレンシア, パルチカでの原生代早期イベントに対比すると, サウスハリスにおける一連の地質過程を支持するテクトニクスは, 部分的ではあるが, 各地から報告されている. ルーイシアン岩体の地質過程を構築するうえで, 広域的な視野からその発達史を再検討する必要がある. また, 近年注目されている20億イベントが南極大陸を含めた全地球テクトニクスのなかでどのような位置を占めるのかについて明らかにすることが今後の課題である.

#### 参考文献

- Baba, S. (1997) *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, 40, 119-143.  
Baba, S. (1998a) *Memoir NIPR* 53, 93-108.  
Baba, S. (1998b) *Jour. Metamor. Geol.*, 16, 821-643.  
Baba, S. (1999) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 136, 33-47.  
Cliff, R. A., Gray, C.M. and Huhma, H. (1983) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 82, 91-98.  
Cliff, R. A., Rex, D.C., and Guise, P.G. (1998) *Precamb. Res.*, 91, 401-418.  
Coward, M.P. and Park, R.G. (1987) *Geol. Soc., Lond. Spec. Publ.*, 27, 127-138.  
Friend, C.R. L. and Nutman, A.P. (1991) *Jour. Geol. Soc. Lond.*, 148, 507-519.  
Friend, C.R. L. and Nutman, A.P. (1994) *Jour. Geol. Soc. Lond.*, 151, 421-424.  
Hoffman, P.F. (1990) *Geosci. Canada*, 17, 222-226.  
Kinny, P.D. and Friend, C.R.L. (1997) *Contrib. Mineral. Petrol.*, 129, 326-340.  
Myers, J.S. (1987) *Geol. Soc., Lond. Spec. Publ.*, 27., 235-246.  
Park, R.G. (1995) *Geol. Soc., London Spec., Publ.*, 95, 211-224.

# **P5      Strain analysis of conglomerate bed using deformed pebbles at the boundary between the Nellore-Khammam Schist Belt and Pakhal Group, SE India**

**Rajneesh Kumar, T. Okudaira and M. Yoshida**

Department of Geosciences, Osaka City University, Faculty of science, Sugimoto,  
Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585.

The Nellore-Khammam Schist Belt now juxtaposes to the Pakhal Group in Kothagudem region (SE India). The contact between these two terrains is demarcated by conglomerate bed containing highly deformed pebbles. In the NKSB, four deformation phases have been recognized, whereas in the Pakhal Group two deformation events are identified (Rajneesh Kumar et al., 1999). Rajneesh Kumar et al. (1999) suggested that the last phase of deformation event in the NKSB can be comparable to the deformations in the Pakhal Group, and then the rocks of the NKSB were superimposed by Pakhal deformation. Therefore strain picture of the conglomerate bed is a key to understand the deformation at the terrain boundary, and the juxtaposition of the NKSB and Pakhal Group. In this study we try to evaluate the amount and symmetry of the strain on the conglomerate bed by

using the deformed pebbles, and compare with the strain nature of the rocks of the NKSB.

The deformed pebbles show cigar-like forms and orientation of long axis of the pebbles generally exhibit vertical (azimuth EW plunge 75-80°E). Maximum elongation axis (X), intermediate axis (Y) and minimum axis (Z) of each pebble were measured at outcrops along the Kinnerasani river. On the Flinn diagram  $[(X/Y-1) \text{ vs. } (Y/Z-1)]$ , data mainly are plotted in the field of apparent constriction ( $K$  value = Av. 3.09). Using the method of Nadai (1963) and Hossack (1968), amount of logarithmic strain of the pebbles were calculated. The calculated value of the amount of strain are 0.33-0.82, which are equivalent to the strain magnitude of 39-127%.

The rocks of the NKSB located near the terrain boundary are folded in

upright fashion. At hinge portion of the upright folds, maximum orientation of elongated quartz grains parallel to orientation of axial plane and vertical to fold axis. Maximum elongation direction of the quartz is with azimuth of N42°W and plunge of 75°. This direction can be comparable to the maximum elongation direction of pebbles.

C-axis fabric pattern of quartz grains of pebbles are characterized by cleft girdle around maximum elongation axis *X*. This fabric pattern has been assigned to deformation under constrictional strain. C-axis fabrics from the matrix grains in the conglomerate and from the grains in the hinge imply of the upright folds are also characterized by cleft girdle pattern. These observation

implies that the strain picture of the conglomerate bed and the upright folds can be comparable.

Consequently this strain analysis presented here strongly suggests that the deformation observed in the Pakhal Group can be trace into the rocks of the NKSB, and strain picture of the deformation is maximum elongation direction *X* located to vertical.

#### Reference

Rajneesh Kumar, Okudaira, T., Tani, Y., Hari Prasad, B. Divi, R.S and Yoshida, M (1999) Structural Features around the Archean-Proterozoic Terrain Boundary in Khammam District, South India. *Jour. Geosciences, Osaka City University*, 42, pp. 237-245.

## **P6 Geochemistry of Amphibolites from Nellore-Khammam Schist Belt, Khammam, southeast India.**

B.Hari Prasad<sup>1</sup>, T.Okudaira<sup>1</sup>, Y.Hayasaka<sup>2</sup> and M.Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geosciences, Osaka City University, Faculty of Science, Sugimoto-Cho, Osaka-558-8585, Japan.

<sup>2</sup>Department of Earth and Planetary Science, Hiroshima University, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan.

The Nellore-Khammam Schist Belt (NKSB) forming in the southeastern part of India is well known as greenstone belt in India. It is bounded by Proterozoic Eastern Ghats mobile belt on the east and Dharwar Craton on the west (Fig.1). The NKSB is dominated by metamorphic rocks derived from sediments such as, pelites, psamites, conglomerates, cherts, limestones and acidic volcanics in the southwestern part and metabasalts in the east. Metamorphic grade changes from greenschist facies to upper amphibolite to lower granulite facies from west to east. The present study area (Khammam district), which is the northern extremity of the NKSB, mainly consists of several kinds of amphibolites, such as garnetiferous amphibolite, banded amphibolite and foliated amphibolite. The amphibolites were formed by high-pressure amphibolite facies metamorphism ( $700\pm 50^{\circ}\text{C}$ ,  $1.1\pm 0.1$

GPa). All the three rock types have undergone intense deformation and at least three deformational stages have been identified. Foliation trends and topographic features in the area illustrates a large-scale fold. The first deformation is represented by the formation of  $S_1$  foliation, intrafolial folds ( $F_1$ ) and mineral lineation  $L_1$ .  $S_1$  foliations are parallel to original banding structure. Large-scale reclined folds accompanied by shearing is identified to the second phase deformation. Third deformation is represented by gentle upright folds.

Bulk-rock chemistry for amphibolite samples was measured in order to understand nature of their protolith. They display a relatively wide range of  $\text{SiO}_2$  (49.62-58.70 wt%) and a slight to moderate  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (11.24-19.31 Wt%),  $\text{CaO}$  (7.66-17.21 wt%).  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  enrichment trend in similar to that shown by basalts erupted within island arc or

incipient back-arc basins. The garnetiferous samples show more enrichment in  $\text{Fe}_2\text{O}_3^*$  and MgO when compared with foliated and banded amphibolites. In general all rock types show a decrease in CaO and increase in  $\text{TiO}_2$  with increasing  $\text{SiO}_2$ . MgO is increasing linearly with the increase in Ni concentration. Although all samples vary in minor element composition, the garnetiferous samples are systematically different from others: rich in Cu and Ni and poor in Zr and Sr. On the  $\text{TiO}_2$ -Zr diagram, all samples fall in the arc field,

plotting to the right or near the primitive-evolved boundary (Pharaoh and Pearce, 1984). In the diagram of  $\text{Ti/Zr}$  vs.  $\text{Zr/Y}$ , the samples widely plot from the island arc basalt field to the range of calc-alkaline basalt from continental margin-arc. The garnetiferous amphibolites are plotted in the island-arc basalt field and foliated amphibolite and banded amphibolites are plotted in the calc-alkaline basalts from continental margin-arc. This implies that in the NKSB different two types of their origin can be identified.

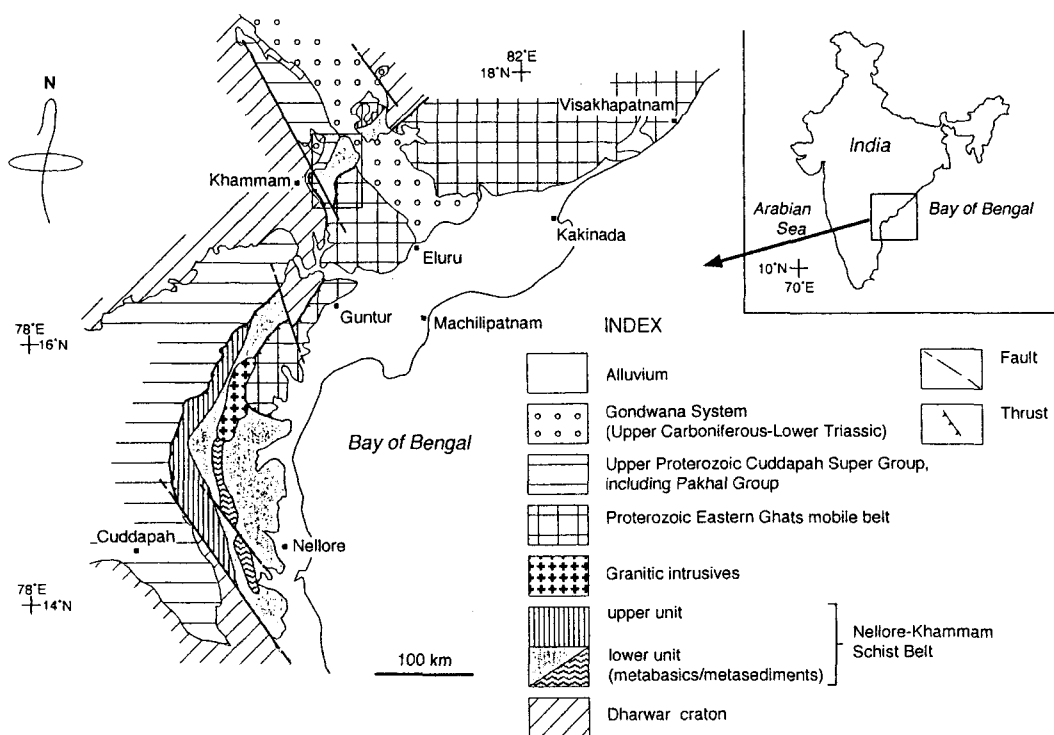


Fig.1 Showing generalized geological map around Nellore-Khammam Schist Belt. Frame indicates location of the present study.

## A partial petrogenetic grid for KFMASH system at high oxygen fugacity: new experimental data for high $X_{\text{Mg}}$ metapelitic granulite

Kaushik Das<sup>1</sup>, Somnath Dasgupta<sup>2</sup> and Hiroyuki Miura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido University, Japan, <sup>2</sup>Jadavpur University, India

Metapelites with high magnesian and aluminous composition are the most useful members of the lower continental crustal material to unravel the pressure-temperature-time evolution of the continental growth process. Assemblages including phase like osumilite are important indicators of very high temperature metamorphism at low to moderate pressures and low  $a_{\text{H}_2\text{O}}$  (Olesch & Seifert, 1981; Motoyoshi et al., 1993; Audibert et al., 1995; Carrington and Harley, 1995a, b). It is well established that osumilite is restricted to highly magnesian bulk composition (high Mg-Al granulites) in metapelite rocks. In the different parts of the presently exposed granulite terrains of the world, mineral parageneses show high oxygen fugacity environment at the time of the mineral equilibrium (Arima & Gower, 1991; Lal et al., 1987; Nowicki et al., 1995; Dasgupta et al., 1997; Sandiford et al., 1987). From the theoretical considerations it is known that with increasing oxygen fugacity the topology of the P-T grid changes (Hensen, 1986; Hensen and Harley, 1990). So far many theoretical grids and tightly constrained experimental grids have been suggested for the metapelitic assemblage through the fluid absent biotite melting reactions (Carrington and Harley, 1995a, Audibert et al., 1995). But they represent the reactions that are equilibrated at low oxygen fugacity. Hence it has been difficult to use these experimental data to explain the reactions that are equilibrated at the high  $f\text{O}_2$ . So this present work has been aimed to have direct experimental evidence through the biotite dehydration melting reactions in the KFMASH system.

The reaction relations for the phases osumilite, spinel, cordierite, sapphirine, orthopyroxene, sillimanite, garnet, biotite, K-feldspar, quartz and water-undersaturated melt have been constrained experimentally in the system KFMASH under low water activity but at high oxygen fugacity. Two bulks of quartz-saturated pelitic compositions with  $X_{\text{Mg}}$  of 0.72 and 0.81 have been studied. The starting materials are mixtures of synthetic biotite, K-feldspar, quartz, sillimanite<sub>80</sub>-qtz<sub>20</sub> gel. Natural garnet and sillimanite have been used as seed. The pressure-temperature range that has been aimed in this present study extends from 7kb to 12kb and from 800°C to 1100°C. The experimental runs are buffered by hematite and magnetite mixture with a double capsule technique in piston-cylinder apparatus. 13% friction loss of pressure is considered. The runs in which buffer assemblages show stability, are considered for the assemblage data and phase compositions. All these runs were examined by optical microscope, powder XRD, microfocus XRD, BSE imaging and were analyzed by EPMA. A petrogenetic grid through the fluid absent biotite melting reactions that has implication towards the process of granulite formation in the "oxidized" lower crust is derived on the basis of these data.

From the present data the main findings that have been compiled in the partial petrogenetic grid are as follows.

Osumilite appears directly through melting of biotite-sillimanite-quartz at  $T \geq 850^\circ\text{C}$  and  $P < 8.5\text{Kbar}$  and coexists with a melt of granitic composition. Osumilite shows minor variations in  $X_{\text{Mg}}$  as functions of P

and T and is typically the most magnesian phase ( $X_{Mg} \geq 0.95$ ). Osumilite coexists with cordierite ( $X_{Mg} \sim 0.90$ ) at low pressures ( $< 7.5$  Kbar) and with spinel ( $X_{Mg} = 0.70-0.75$ ) between 7.5 Kbar and 8.5 Kbar. In accordance with other experiments at low  $fO_2$  (Audibert et al., 1995; Carrington and Harley, 1995) there is no overlapping in the stability fields of osumilite and sapphirine. Stability of garnet + osumilite, commonly encountered at low  $fO_2$ , is not permitted at high  $fO_2$ . Instead, cordierite + osumilite and spinel + osumilite become stable.

The biotite-melting reactions have steep positive slopes in P-T space and there is slight increase in the stability of biotite with increasing pressure. Hence, there is no back bending of biotite-melting reactions at high pressures.

A well-defined field of osumilite + spinel exists, which gives way to orthopyroxene + sillimanite with increasing pressure. Like the garnet-osumilite field at low  $fO_2$ , the spinel-osumilite field at high  $fO_2$  is restricted to  $P < 8.5$  Kbar. Hence, this pair is expected to form only during low pressure-high temperature at high  $fO_2$ .

Garnet is stable with opx + sill only above 9 Kbar at temperature  $\geq 900^\circ\text{C}$ .

Sapphirine + orthopyroxene + spinel, coexisting with quartz and melt, are stable at temperature greater than  $1000^\circ\text{C}$  over a wide pressure range of 7-10 Kbar. At  $P > 10$  kbar, sapphirine + garnet become stable at this temperature.

The above-mentioned data indicate that unlike the low  $fO_2$  grid, at high  $fO_2$  there exist a conspicuous stability field of osumilite + spinel and moreover, sapphirine has no overlapping field with osumilite in the investigated P-T range.

#### Reference:

- Arima, M. and Gower, C.F., 1991. Osumilite bearing granulites in the Eastern Grenville Province, Eastern Labrador, Canada: mineral paragenese and metamorphic conditions. *Journal of Petrology*, 32, 29-61.
- Audibert, N., Hensen, B.J. and Bertrand, P., 1995. Experimental study of phase relations involving osumilite in the system  $K_2O\text{-}FeO\text{-}MgO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2\text{-}H_2O$  at high pressure and temperature. *Journal of Metamorphic Geology*, 13, 331-344.
- Carrington, D. and Harley, S.L., 1995a. Partial melting and phase relations in high-grade metapelites: an experimental petrogenetic grid in the KFMASH system. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 120, 270-291.
- Carrington, D. and Harley, S.L., 1995b. The stability of osumilite in metapelitic granulites. *Journal of Metamorphic Geology*, 13, 613-625.
- Dasgupta, S., Ehl, J., Raith, M., Sengupta, P. and Sengupta, Pr., 1997. Mid-crustal contact metamorphism around the Chirmakurthy mafic-ultramafic complex, Eastern Ghats belt, India. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 129, 182-197.
- Hensen, B.J., 1986. Theoretical phase relations involving cordierite and garnet revisited: the influence of oxygen fugacity on the stability of sapphirine and spinel in the system  $Mg\text{-}Fe\text{-}Al\text{-}Si\text{-}O$ . *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 92, 362-367.
- Hensen, B.J. and Harley, S.L., 1990. Graphical analysis of P-T-X relations in granulite facies metapelites. In: Ashworth JR, Brown M. (eds) *High temperature metamorphism and crustal anatexis*. Unwin Hyman, London, 19-56.
- Lal, R.K., Ackermann, D. and Upadhyay, H., 1987. P-T-X relationships deduced from corona textures in sapphirine-spinel-quartz assemblages from Paderu, Southern India. *Journal of Petrology*, 28, 1139-1168.
- Motoyoshi, Y., Hensen, B.J. and Arima, M., 1993. Experimental study of the high pressure stability limit of osumilite in the system  $K_2O\text{-}MgO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2$ : implications for high-temperature granulites. *European Journal of Mineralogy*, 5, 439-445.
- Nowicki, T.E., Frimmel, H.E. and Waters, D.J., 1995. The occurrence of osumilite in pelitic granulite of the Namaqualand Metamorphic Complex, South Africa. *South African Journal of Geology*, 98(2), 191-201.
- Olesch, M. and Seifert, F., 1981. The restricted stability of osumilite under hydrous conditions in the system  $K_2O\text{-}MgO\text{-}Al_2O_3\text{-}SiO_2\text{-}H_2O$ . *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 76, 362-367.
- Sandiford, M., Neall, F.B. and Powell, R., 1987. Metamorphic evolution of aluminous granulites from Labwor Hills, Uganda. *Contributions to Mineralogy and*

# **P8 Carbon and Oxygen isotope characteristics of marbles from the Lützow Holm Bay, East Antarctica: Evidence for regional fluid infiltration.**

M. Satish-Kumar, H. Wada (Shizuoka Univ.), Y. Osanai (Okayama Univ.)  
and M. Yoshida (Osaka City Univ.)

Metacarbonate rocks typically preserve evidence of fluid-rock interactions. During metamorphism, processes such as decarbonation, dehydration and infiltration can modify mineral parageneses and stable isotope abundance of metacarbonate rocks. Many studies modeled the advective-diffusive fluid infiltration in granulite-facies conditions using metacarbonate rocks, which provide a useful window in quantitative studies on fluid-rock interactions during prograde regional metamorphism, as well as during post-metamorphic retrogression. Here, in this contribution, we try to evaluate the carbon and oxygen isotopic characteristics of metacarbonate rocks from the Lützow Holm bay, East Antarctica.

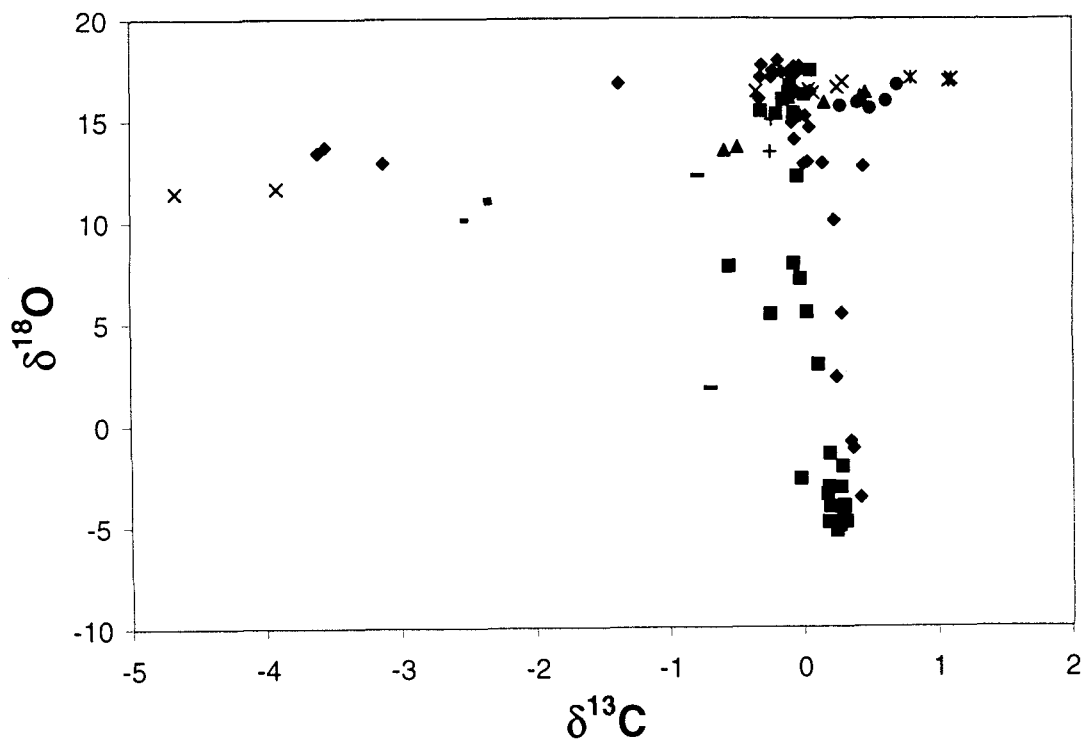
The Lützow-Holm complex is a granulite facies to amphibolite facies terrain and the geology of this complex has been reviewed by several workers (Hiroi et al., 1987; Motoyoshi et al., 1989; Yoshida, 1978). The major lithologic types include pelitic to psammitic gneisses, basic to intermediate gneisses with subordinate calcareous and ultramafic rocks. In the Skallen region, which represents the highest metamorphic conditions, the dominant lithologies include orthopyroxene-granulites (charnockites), garnet-biotite gneisses, aluminous metapelites, metacarbonates and quartzites. Based on comprehensive field and microstructural evidences a polymetamorphic history for the terrain. Progressive metamorphism has been attributed to the Lützow-Holm complex with an increase in metamorphic grade from amphibolite facies in the N-E to granulite facies in the S-W.

A regional granulite facies metamorphism at temperatures in the range 760-830°C and pressures of 7-8 kbar have been reported. Carbon isotopic thermometric results show a temperature estimates around 840°C for the marbles in the Skallen region (Satish-Kumar and Wada, 1999). The presence of mineral inclusions of kyanite, staurolite as well as sapphirine within garnet porphyroblasts indicated a clockwise P-T evolutionary history for the terrain (Motoyoshi et al., 1989)

In the Skallen region metacarbonate rocks occur interlayered with pelitic and psammitic gneisses. Skarn zones of calc-silicate minerals usually occur in the contact zones between the pelitic and the carbonate lithologies. Calcite from these metacarbonates and skarns were analysed for carbon and oxygen isotopes. The results are compiled in Fig.1. Satish-kumar et al (1998), suggested millimeter to micrometer scale gigantic oxygen isotopic heterogeneity in a single hand specimen from Skallen region. New data from other localities in the Skallen region also attest to more than 10 permil oxygen isotope heterogeneity in hand specimens.

Two distinct trends can be noticed in the depletion of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  in Skallen samples. Firstly, large scale depletion in  $\delta^{18}\text{O}$  with minor shifts in  $\delta^{13}\text{C}$ , resulting from the meteoric fluid infiltration. The other trend which is accompanied by a coupled depletion of carbon and oxygen isotopes result from a combination of fluid infiltration and decarbonation reactions during skarn formation. Thus the present data suggest that Skallen region has undergone multiple localised fluid infiltration events during metamorphic evolution.





*Fig. 1. Carbon versus oxygen isotope diagram of Skallen metacarbonates depicting the depletion in two trends, one corresponding to meteoric fluid infiltration and the other relating to the skarn formation*

#### **References**

- Hiroi, Y et al., (1987) Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 1, 73-97.  
 Motoyoshi, Y et al., (1989): In: Evolution of Metamorphic Belts, ed. by J.S. Daly et al. Oxford, Blackwell, 325-329 (Geol. Soc. Spec. Pub., No. 43)  
 Satish-kumar and Wada (1999) submitted Chemical Geology  
 Satish-Kumar et al. (1998) Geology v. 26, 251-254.  
 Yoshida, M. (1978) J. Geosci., Osaka City Univ., 21, 65-152.

## Crustal structure around the Antarctic margin by broadband receiver function analysis

Masaki KANAOK<sup>1</sup>, Atsuki KUBO<sup>2</sup> and Takuo SHIBUTANI<sup>3</sup><sup>1</sup>National Institute of Polar Research, <sup>2</sup>E.R.I., Univ. of Tokyo, <sup>3</sup>D.P.R.I., Kyoto Univ.

### はじめに

南極大陸の縁辺に位置する定常観測点計5箇所について、遠地地震の広帯域地震記録を用いたレシーバ関数の波形インバージョン (Linearized Time Domain Inversion) により、観測点直下60km深さまでのS波速度の1次元構造を求めた。昭和基地 (SYO) 以外のデータは、インターネット等を用いて各国のネットワーク・サーバーよりftpしたものを主に用いている。これまでSYO付近を中心に地殻内のS波速度不均質が調べられているが、解析する観測点数をさらに増やし、それらの地殻構造の特徴を、特に地殻-マントル境界(Moho)の深さ、ならびに地殻内速度勾配に重点を置いて考察する。

### 東南極盾状地 (1)

[東クイーン・モードランド～西エンダービーランド]

SYO付近では5億年前の火成活動に伴う表層地質のグラニュライト相～角閃岩相の漸移と関連して、地殻内速度の水平方向の揺らぎが大きいと思われる。表層がグラニュライト相に対応する方位 (baz120°-160°) では、上部地殻に高速度領域が見られる。また35km以深の下部地殻に相当する部分では塩基性岩組成の増加にともなう高速度が見られる。グラニュライト相～角閃岩相漸移帯に対応する方位 (baz50°-100°) では、5～15kmの深さに低速度領域が見られる。また33km以深で急激に速度が増加しており塩基性岩の割合がbaz120°-160°の場合より多いと考えられる。モホ面は両者とも38km付近の深さにやや明瞭に現われている。

### 東南極盾状地 (2)

[東エンダービーランド～ウィルクスランド]

MAWはマック・ロバートソンランドに位置し、エンダービーランド・ナビア岩体を取り囲む、レイナー岩体に属している。ここでは9～11億年前の変動が知られており、S波モデルに見られる上部地殻の安定した高速度領域が対応すると思われる。また23km深付近に速度の不連続が認められ、モホ面が42km付近にあり地殻がやや厚いことが伺える。

ウィルクスランドのアデリー海岸に位置するDRVは、15～17億年前に広域変成作用を受けている。モホ面の深さ38km付近に見られ、その深さはSYOの値に近い境界

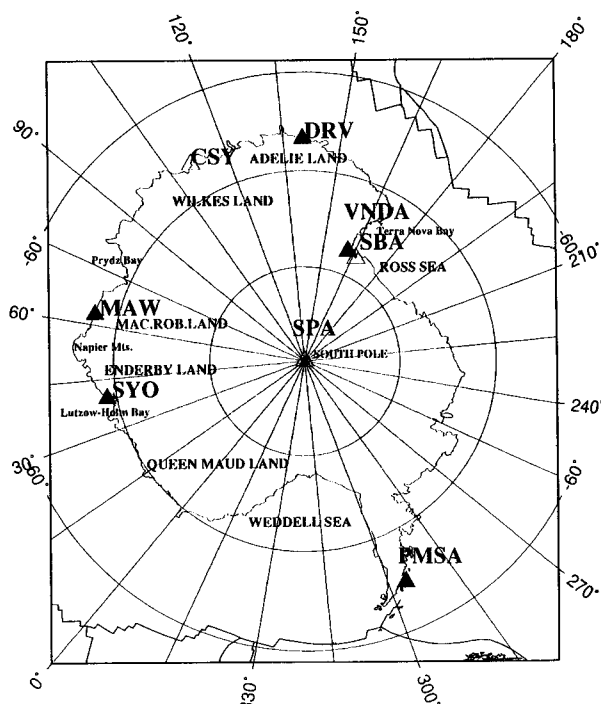
はより明瞭である。やはり上部地殻に高速度領域が見られ、18 km深さにも速度不連続が認められる。

### 南極横断山脈～南極半島

南極横断山脈 (TAM) や西南極・南極半島に位置するVNDAとPMSAの結果からは、34km程度の浅いモホ面の存在(PMSA)と、TAM付近の地溝帯拡大時に伴うと考えられる下部地殻に低速度を伴う幅広い地殻マントル境界(VNDA)がわかる。

特にVNDAについては、独立のデータセットを用いてbaz300°-360°付近の1次元構造が求められ、本研究の結果とほとんど同様に30km深さにおいて低速度層が確認されている (S. Banister, 1999)。

今後、インバージョンの速度のstarting modelを地域毎に分けて解析するなど、さらに詳細に検討することが重要である。また、starting modelに依存しない、さらに改良されたインバージョン方法により解析を試みることも検討している。なお、今後SPA, SBA, CSY等の観測点 (図△印) のデータも解析する予定である。



## Senbrance analyses by seismic array observations on continental ice sheet, East Antarctica

Tsutsui TOMOKI<sup>1</sup> and Masaki KANAOK<sup>2</sup>

### はじめに

JARE-38より実施中の「東南極リソスフェアの構造と進化の研究計画 (SEAL計画)」の一環として、JARE-41以降に計画されている人工地震実験による地殻構造探査のために、氷床上の内陸ルートにおいて構造探査用地震波形収録装置を用いた短周期地震アレイ観測を行った。これは短周期地震波を用いて氷床上での波動伝播特性を研究し波形の相関を調べて氷床の影響を評価すると共に、過去の屈折法探査データの反射法的処理から得られている下部地殻における反射層 (Ito and Kanao, 1996) を検出し、みずほ高原の地殻構造を探るためである。

### 収録機器と観測概要

収録装置 (LS8000SH) は、地震・火山探査用として小型軽量に開発されたもので (森田・浜口, 1996)、これまで極域での観測実績もある (田中・金尾, 1996)。GPS衛星の信号を捕獲して内部時計の校正を行う。1997年度は5台を持ち込みそれらを並べてアレイ観測網として使用した。基地内地学棟付近での試験観測と、S16~みずほルートにかけての本観測とを合計7回行うことができた。

地震計は固有周期4.5Hzの3成分一体型 (L28B) と、固有周期2Hzの上下動地震計 (L22D) とを、LS8000SHの4チャンネルに並行に入力した。氷雪上や土砂中にセンサーのスバイク部分を挿入して設置した。バッテリーは、長寿命かつ低温特性が良いとされる2種類のサイクロン電池 (6V25AH, 6V5AH) を観測期間に応じて使い分けた。サンプリング周波数は、全て50Hzで収録した。

以下に、アレイ観測を行った場所と期間を設置した順番に示す。図には、内陸ルートにおけるアレイ観測の実施範囲を示した。

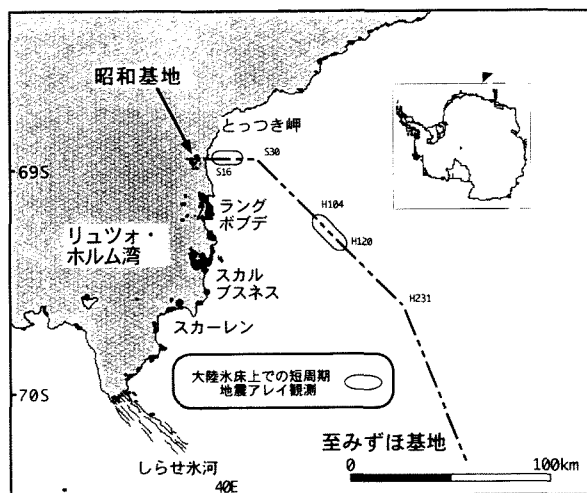
[設置場所]	[アレイ間隔]	[設置期間]
地学棟周辺	6 m	1997.04.27 - 1997.05.02
S16周辺	300 m	1997.05.10 - 1997.05.21
地学棟周辺	12 m	1997.07.08 - 1997.07.13
S16周辺	300 m	1997.08.20 - 1997.08.23

Hルート	2000 m	1997.09.20 - 1997.09.23
地学棟周辺	18 m	1997.10.24 - 1997.10.28
地学棟周辺	18 m	1997.11.28 - 1997.12.02

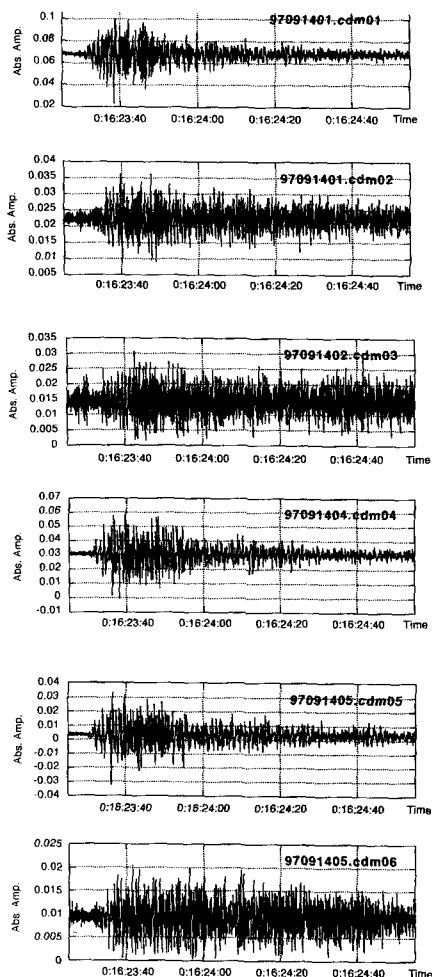
4月よりケーブル結線等の諸準備を行い、4月末から5月初めにかけて地学棟周辺で約6m間隔で試験観測を行った。地学棟周辺での設置は全て、等間隔に配置している気象棟から電離層棟にかけての基地電源ラックを利用し、ラック支柱の真横の雪氷に地震計スパイクを差し込んだ。その後、7月上旬、10月下旬、11月末~12月初めにかけて地学棟周辺でそれぞれ約12m, 18m, 18m間隔での観測を行い、順調に5~10日分のデータを取得した。

5月上旬のS16への調査旅行時に、とつつき岬~S16周辺の内陸ルート (No.42~No.45) にて約300m間隔で地震計を設置し、約10日間のデータを取得した。また8月下旬の調査旅行の際に、5月とは別の場所 (No.46~No.50) で同様に設置した。その後、9月のみずほルートでの調査旅行中には、H104~H120において約2 km間隔で往路に設置、復路に回収するオペレーションを組み、50Hzサンプルで収録し約4日間分のデータを取得した。この期間中に9月20日の Kermadec Islands の地震 (Mb=6.1) が記録されたが、その波形を図に示す。

(図 短周期地震計アレイ観測点位置)



(図 みずほルート・アレイで取得した  
Kermadec Islands の地震)



## データと解析

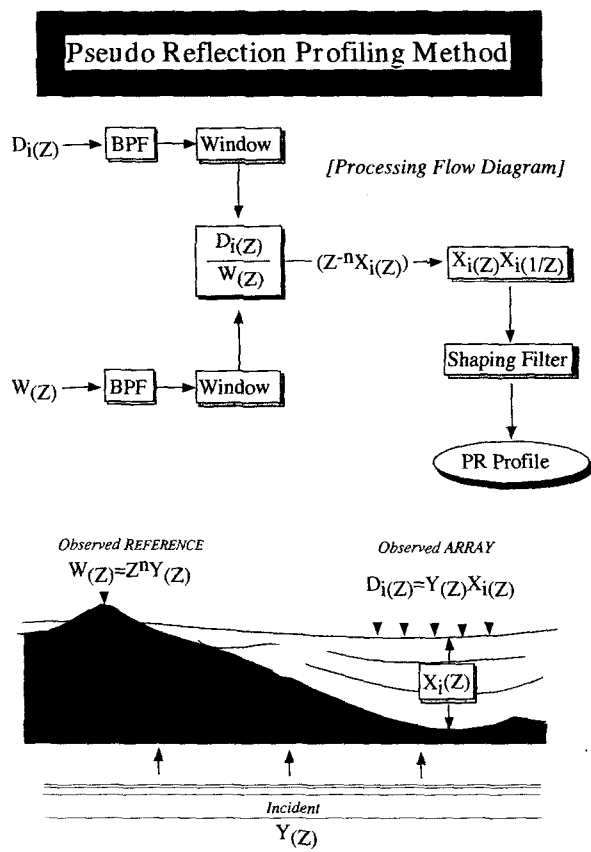
これらの観測データは全て、専用パソコンにシリアル・ケーブルにより吸い上げを行い、その後地学棟のワークステーションのハードディスクへ転送を行った。

現地での収録用パラメータの設定、吸い上げたデータの波形表示、その他の前処理も全て、専用パソコン上で行なった。ワークステーション内のデータは、DATテープ (2GBytes) へ保存して持ち帰った。

今後は以下の解析を試みる。

1) 観測点間隔の異なる各々のアレイについてセンブランス解析等を行い、自然地震や脈動の入力信号についてコーダ波部分の到来方向の特徴や波形相関を調べ、入力信号に一番適切な観測点間隔の推定と氷床の影響を評価する。

2) みずほ高原で取得された地震データの反射法的処理 (Pseudo Refraction Profiling Method; 概念図) により、下部地殻反射層、および氷床内部層の検知を試みる (最終的には  $X_i(Z)$  を求める。そして JARE-41 以降の人工地震実験の予備的データとする。なお、アレイ観測点に対する基盤岩の reference point  $W(Z)$  としては昭和基地・地震計室のデータを使用する。



# P11 東南極リーセルラルセン山地域産岩石の古地磁気測定結果

石川 尚人（京都大学総合人間学部）・船木 實（国立極地研究所）

Paleomagnetic result of rocks from the Mt. Riiser-Larsen area,  
East Antarctica

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

東南極、リーセルラルセン山地域には、太古代ナビア岩体とそれに貫入する約12億年前の火成岩類（マゼンダイト）が分布している。これらの岩石を対象にして、ゴンドワナ大陸の形成過程の解明のための情報を得るために古地磁気学的研究を行ってきた（Ishikawa and Funaki, 1997, 1998）。今回は、JARE38においてリーセルラルセン山地域地質調査の際に採取された試料に対する古地磁気測定結果を報告する。

JARE38ではリーセルラルセン山東方の4地点でドレイト（地点A, B）と珧長質片麻岩類（地点C, D）を各地点2岩塊ずつ定方位で採取した（図1）。各岩塊から約10個の古地磁気測定用試料片を切り出した。試料片に対する段階的消磁実験の結果、ドレイト試料からは2つの安定な残留磁化成分が熱消磁実験によって見いだされた。約200–500℃の消磁段階で得られた低温成分はほぼ北向きの偏角と負の伏角をもつ（図2）。この成分の方向はIshikawa and Funaki (1998)で得られた低消磁段階成分のそれと同様の傾向を示し、現在の磁極期に獲得された粘性残留磁化成分と考えられる。約500–570℃の消磁段階で認

められた高温成分のうち、地点Aから得られた成分の方向は地点内でよく集中するので、この地点での特徴的な安定残留磁化成分とみなした。この方向は、地点7で得られている初生磁化成分の可能性が高い高消磁段階成分の方向とほぼ反平行の関係を示す。

地点7の高消磁段階成分を正磁極期の残留磁化、地点Aのそれを逆磁極期のものとして見かけの地磁気極（VGP）を求め、ゴンドワナの相対位置関係でのオーストラリアの見かけの極移動曲線（APWP）と比較すると、これらのVGPは約10億年前のAPWPの近くに位置する（図3）。この地域のドレイト試料からは800–1000Maの<sup>40</sup>Ar–<sup>39</sup>Ar年代（Takigami et al., 1998）が得られていることを考慮すると、このVGPの位置は、約10億年前の東ゴンドワナの存在を指示する可能性があると考えられる。

リーセルラルセン山地域で得られた試料の古地磁気測定の結果、ドレイト試料からは意味ある古地磁気データが得られる可能性が示された。今後、この地域でのドレイト類に対する系統的な試料採取と古地磁気測定が望まれる。

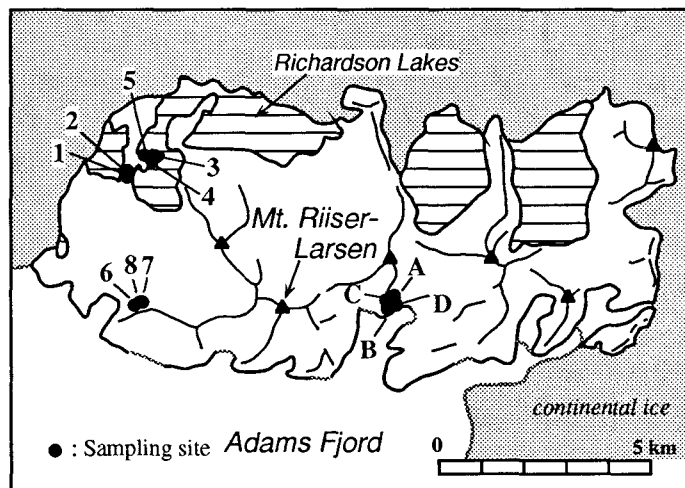


図1. 古地磁気試料の採取地点  
珧長質片麻岩類：  
地点1, 2, 3, 4, 6, 8, C, D  
ドレイト：  
地点5, 7, A, B

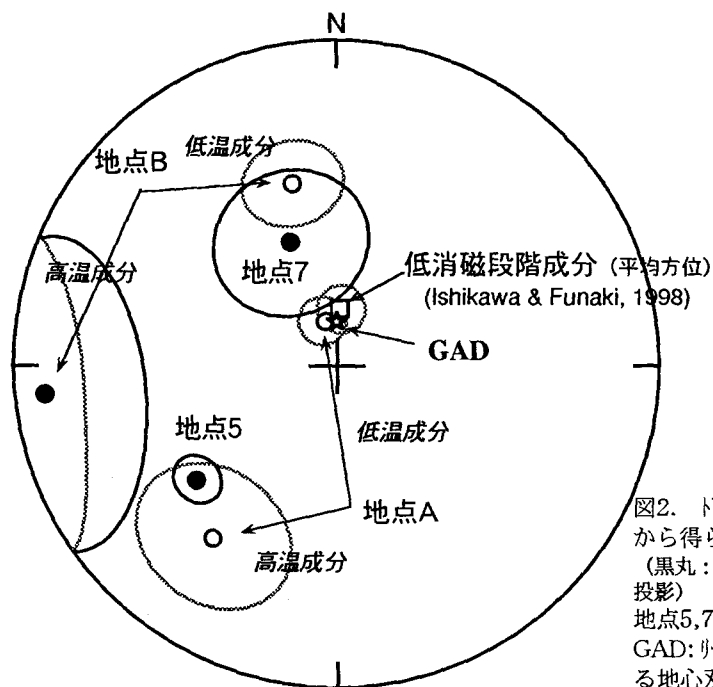


図2. ドレイト試料（地点5,7,A,B）から得られた残留磁化成分の方向（黒丸：下半球投影、白抜き：上半球投影）  
地点5,7：高消磁段階成分の方向  
GAD: リーセルトン山地域で期待される地心双極子磁場の方向

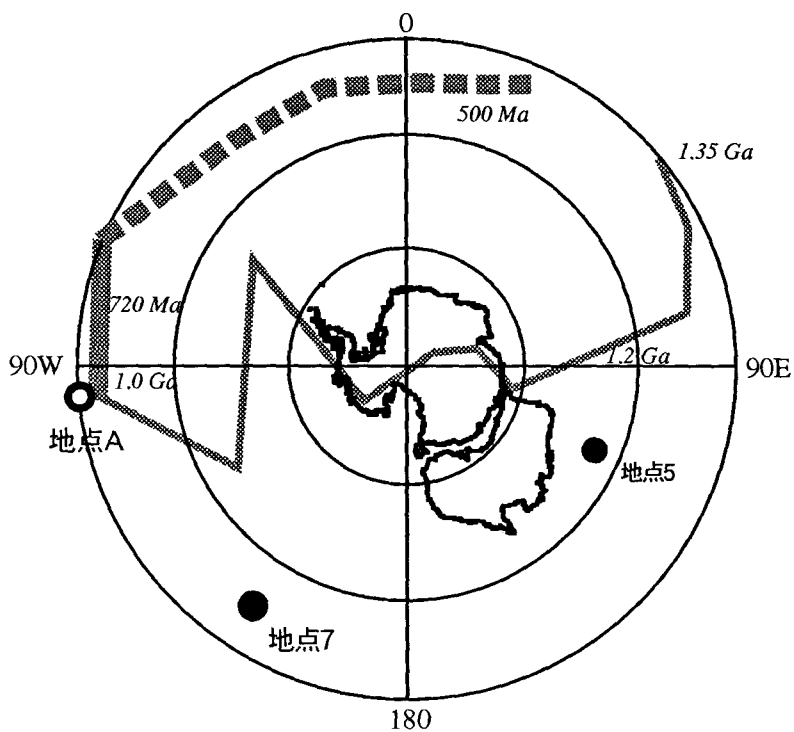


図3. 地点5,7,A（ドレイト）から得られた高消磁段階成分の見かけの地磁気極（south poleを投影。黒丸：北半球投影、白丸：南半球投影）

見かけの極移動曲線

太線：東 Gondwana 500-1000Ma [Powell et al. (1993), Grunow (1995)]

細線：オーストラリア 1.0-1.35Ga [Idnurm et al. (1995) 他]

（図上の大陸位置関係で投影。実線は北半球、点線は南半球にあることを示す）

## Surface wave velocity in East Antarctica

Reiji Kobayashi and Katsutada Kaminuma

(National Institute of Polar Research)

## 1. はじめに

前回のシンポジウムでは、1998 年南極地震の昭和基地のデータから、表面波の群速度を求めた。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。

今回は東南極大陸の表面波の位相速度を、より正確に求められる 2 点法によって求めた。

## 2. データ

東南極大陸の地震波速度構造を調べるのには、フランスの Dumont d'Urville 基地 (DRV) と日本の昭和基地 (SYO) の 2 点を用いるのが都合が良い。その理由として、東南極大陸を通る経路が長いこと、そして、解析に用いることができる地震が多いこと、が挙げられる。また、DRV のデータは GEOSCOPE のデータセンターで公開されているので、データ入手が容易であることも利点の一つに挙げられる。

今回は 1995 年 5 月 16 日に起きた Loyalty 諸島付近の地震 (Ms 7.7) のデータからレイリー波の位相速度を求めてみた。

## 3. 位相速度の測定

位相速度は、観測点 1、2 の間の位相差から求められる (e.g., Lay and Wallace, 1995)。

$$c(\omega) = \frac{x_1 - x_2}{(t_1 - t_2) + T(M - (1/2\pi)(\psi_1(\omega) - \psi_2(\omega)))}$$

$c$  は位相速度、 $\omega$  は角周波数、 $x$  は震央距離、 $t$  は切り取ったウィンドウの時間差、 $T$  は周期、 $\psi$  は位相を示す。 $M$  は  $2\pi$  の周期によって生じ

る任意の整数で、長周期の表面波では、標準的な地球モデルでの位相速度と比較することによって推定することができる。短周期の表面波では、求められた長周期の位相速度から滑らかな分散曲線を描くことを仮定して、推定する。

なお、今回は氷床による影響は取り除いていない。

## 4. 結果と考察

標準的な球対称地球モデルである PREM と比較すると、周期 32 秒以上では速く、周期 25 秒以下では遅い。典型的な大陸の地震波速度構造であることが示唆される。短周期で遅いのは地殻の影響はもちろん、氷床の影響も大きいと思われる。

今回の経路よりもより子午線に近い経路で測定した、Knopoff and Vane (1978) の結果と比較すると、周期 30 秒～60 秒ではよく一致するが、それよりも短周期では、彼らの結果よりも明らかに速いという結果が得られた。これは、大陸地殻上部の地震波速度構造が、子午線に近いところよりも速いことを示唆している。Ritzwaller et al. (1999) の群速度から求めた南極大陸のトモグラフィーの予備的な結果によると、周期 20 秒では大陸中央部の方が遅くなっており、今回得られた結果と傾向が一致する。

久保篤規<sup>1</sup>, 金尾政紀<sup>2</sup>, 平松良浩<sup>3</sup>, 根岸弘明<sup>4</sup>, 東野陽子<sup>5</sup><sup>1</sup>東大地震研, <sup>2</sup>国立極地研究所, <sup>3</sup>金沢大学理学部, <sup>4</sup>京都大学防災研究所, <sup>5</sup>京都大学理学部**Shear wave splitting anisotropy beneath the Antarctic upper mantle  
and its possible formation processes**Atsuki KUBO<sup>1</sup>, Masaki KANAO<sup>2</sup>, Yoshihiro HIARAMATSU<sup>3</sup>,Hiroaki NEGISHI<sup>4</sup> and Yoko TONO<sup>5</sup><sup>1</sup>ERI, Univ. Tokyo, <sup>2</sup>NIPR, <sup>3</sup>Kanazawa Univ., <sup>4</sup>DPRI, Kyoto Univ., <sup>5</sup>Kyoto Univ.はじめに

南極プレート下の地震波速度異方性を明らかにし、考える変形と比較することによって異方性形成過程がどのような変形であるかをレオロジーと関連付けながら考察した。

南極大陸における地震波速度異方性解析

地下の地震波速度の異方性を求める方法として SKS 波のスプリティング解析がある。この方法による昭和基地下の異方性解析[a]に引き続き、南極大陸内の定常地震観測点計 5 点において SKS 波 スプリティング による地震波速度異方性を求めた[b]。加えてリュツォホルム湾の野外観測結果(JARE)に対して 2 点[c], イタリアのグループによるビクトリアランド観測に対して 8 点で異方性解析[d]が行われ、南極大陸では計 16 点で SKS スプリティングが報告された。その他南極半島と南米パタゴニアの両方で地震の野外観測が行われ地震波速度異方性解析も進んでいるところである[e]。リュツォホルム湾の野外観測についても野外観測点数、解析数を増やしているところである。これまでに得られた結果を図 1 にまとめた。棒の方向は地震波速度が速い振動方位 ( $\phi$ )、棒の長さは直交方向に分裂した二つの並みの時間差 ( $dt$ ) を示す。

アセノスフェアの変形で異方性が形成される可能性

観測される異方性が現在のプレート運動

によって形成されていてアセノスフェアに存在するのか、それともプレート内部変形によるものでリソスフェア内部にあるのかは現状では観測からは区別できないので解釈の問題となる。転位クリープによるせん断流動に際して、上部マントルの主要な造岩鉱物であるオリピンの a 軸が流動方向に揃い、流動方向に振動する S 波が速いような異方性が形成されうる[f]。アセノスフェアにおける異方性形成の可能性を調べるためにはプレート絶対運動方位と  $\phi$  が一致するかどうかを調べてやればよい。

図 1 にホットスポット系に対するプレートの絶対運動と  $\phi$  の比較を示す。プレート絶対運動方位と  $\phi$  とは、全体のパターン

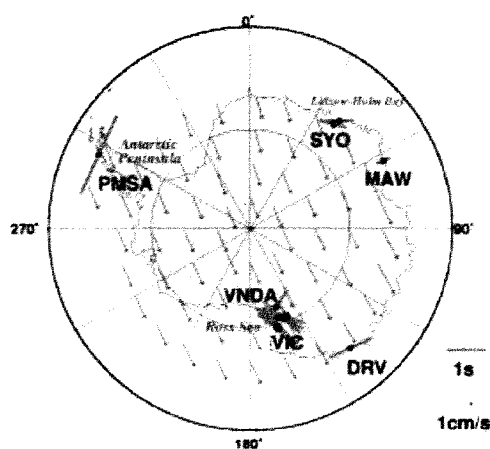


図 1 矢印：プレート運動（ホットスポット系）  
棒：異方性；方向 ( $\phi$ )、長さ ( $dt$ )



としては一致しない。方向に関するパターンが合わないことは no net rotation 系の絶対運動を用いた場合も同じである。絶対運動の方向と異方性主軸の方向の比較から、観測される異方性の主要な起源はアセノスフェアではなくリソスフェアにあると考えられる。

しかし南極プレートのような運動速度の遅いプレートでは絶対運動を記述する Reference Frame の選択が問題である。この選択によって絶対運動の方向、速度は大きく変わってくる。異方性の形成にひずみ速度が関係しているなら、プレート運動速度もアセノスフェアの異方性形成に関係している可能性がある。もし no net rotation 系が大陸下の深部に固定した座標系に近い場合は、世界中の異方性形成とプレート運動の間には関係がみられる[g]。一定の速度よりも小さいプレート絶対運動速度では現在のプレート絶対運動方位と $\phi$ が一致する異方性はみられない。この場合、低速で運動する南極大陸下ではプレート運動によってアセノスフェアに地震波速度異方性は形成されるとは考えにくい。よって主要な異方性の起源はやはりリソスフェアにあると考えられる。

南極大陸下の異方性がアセノスフェアではなくリソスフェアに限定できるという解釈は、アセノスフェアの変形則が転位クリープではなく拡散クリープ（線形レオロジー）であると考えることによって可能である。この結論は i)一定のプレート運動のひずみ速度を仮定して、転位-拡散クリープ間の変形機構の深さによる変化を考える場合[h]でも、ii)各プレートの運動速度に応じてアセノスフェアの変形機構が移り変わると考える場合[g,h]、でもかわらない。南極大陸ではどちらでもアセノスフェアの変形は拡散クリープによって起こっていることを支持する。

#### リソスフェア中の異方性形成の変形要因

次の問題はリソスフェアでの異方性形成の時期である。①すでに終わっている以前の

地質現象によって異方性が形成されたと考える場合と②それより新しく現在も進行中の変形過程が異方性を作っているという2つの可能性がある。①の場合には形成時の変形が転位クリープでありかつその後現在まで何億年以上も異方性を壊すほどの変形がなかったということが求められる。②のためには現在の有効なプレートの変形則が転位クリープでありかつ、異方性形成に十分な程度のひずみが蓄積されることが必要である。

南極大陸は安定大陸の一つでありこれまで①のケースが主に議論された。例えば昭和基地では5億年前衝突型の変成作用が異方性形成過程であると解釈された[a, i]。②のケースについてはこれまで現実的な議論はされていなかったが、衛星測地学の進歩によってこの議論が可能になってきた。地震波速度異方性と南極プレート内部の運動の比較を図2に示した。プレート内部の運動とはGPS[j]とDORIS[k]の各観測点の運動から剛体プレート運動成分を差し引いたものである。異方性とプレート内部運動が共通に求まっている昭和基地、アデリー海岸、南極半島では、運動方向と $\phi$ は一致する。故に現在進行中の変形過程もリソスフェアの地震波速度異方性を形成過程として無視できない

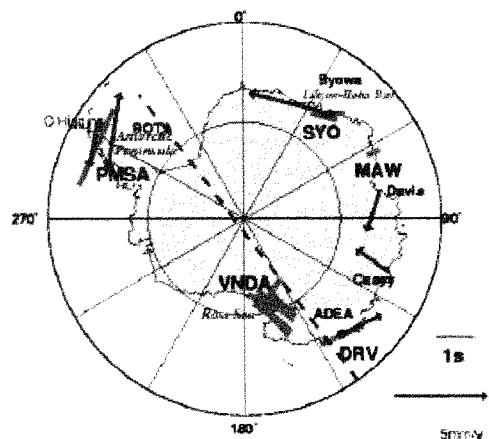


図 2 矢印：プレート内部運動

棒：異方性；方向( $\phi$ )、長さ( $dt$ )

ことが分かる。レオロジーの観点からすればリソスフェアの異方性形成がアセノスフェアのひずみ速度より小さくても起こるのはリソスフェアの粒径がアセノスフェアより大きいと考えれば可能である。その粒径の違いが変形機構の違いとなって現れると、ひずみの蓄積は遅いながらも異方性を作りながら変形することができる。

SYO, DRV などでは $\phi$ のパターンは海岸に平行と見ることができる。この観察から、①の別のケースとして大陸分裂の際の拡大軸に平行な流れがそのまま残って現在観測される異方性となっているという考えもできる。現在のバイカルやリオグランデではリフト軸近傍の限られた領域で平行な方向に $\phi$ が向いている。これらの観測事実は、活動期のメルト中の揮発成分がランダムな既存のクラックのうち特定方向のものを押し広げると考えれば解釈可能である。これが応力支配の低ひずみの異方性形成であれば、応力を取り去ったときに異方性も残らない。過去の大陸分裂の爪跡を残していると考えするためには大ひずみでなければならない。揮発成分が活潑しかつ大ひずみの変形である場合には、揮発成分が抜けていく過程が選択配向を規定するであろう。ここで主に採用した流動方向にオリビンの a 軸が揃うという選択配向は当てはまらないかもしれない。

SYO 近傍についてはこのような可能性が議論可能かもしれない。大陸分裂がリュツォホルム湾の外側で起こっていると考えられるなら上記のような異方性はリュツォホルム湾の沖合いで形成されるであろう。湾内のバッド島や昭和基地とほぼ同じ方向、大きさの異方性が観測されたことから、これらは大陸内部の地震波速度異方性を見ていると考えほうが合理的であろう。

## まとめ

南極プレートにおける地震波速度異

方性は、プレート運動によりアセノスフェアの変形で生じているのではなく、リソスフェア内にある。異方性が形成される時期はこれまで何億年も前のテクトニックなイベントを考えてきたが、測地学的な現在のプレート内部変形と観測される地震波速度異方性とは対応がみられ、異方性が現在作られつつある可能性も出てきた。大陸縁で集中的に観測することは大陸分裂に関係した変形域での異方性を見る可能性もあるが現状ではまだこの説には問題がある。異方性形成過程が特定されれば、過去や現在の現実的なレオロジーの制約に役立つ。

## 文献

- [a] Kubo et al. 1995, Proc. NIPR symp. Geosci. No. 8, 25-34.
- [b] Kubo et al., 1996, 90 th IGC abstract volume
- [c] 久保篤規ら, 1998, 南極地学シンポジウム
- [d] Pondrelli and Azzara, 1998, PAGEOPH, 151, 433-442.
- [e] Helffrich et al., AGU Fall meeting, 1997
- [f] Zhang and Karato, 1995, Nature, 375, 774-777.
- [g] Kubo and Hiramatsu, 1998, PAGEOPH, 151, 281-303.
- [h] Karato, 1992, Geophys. Res. Lett. 19, 2255-2258.
- [i] 久保篤規, 1998, 南極資料, 42, 1, 91-100.
- [j] 久保篤規, 金尾政紀, 1997, 南極資料, 41, 2, 497-512.
- [k] Yamada et al., 1998, Polar Geosci., 11, 1-8.
- [l] Cretaux et al., 1998, J. Geophys. Res., 103, 30167-30182.

Development of the Antarctic Penetrator  
Kazuo Shibuya, Masaki Kanao, Katsutada Kaminuma  
National Institute of Polar Research

## 1 はじめに

南極ペネトレーターの開発は、1989 年の文部省科学研究費・試験研究により、「到達困難域においてテレメーターを用いてセンサーを起動させ、データを回収・記録できる地震観測システムの開発に着手した」ことに始まる。月ペネトレーターの開発に触発され、宇宙科学研究所・水谷仁教授らの月ペネトレーター開発グループに教えを請いながら、南極・氷床上クレバス帯への投下・設置に最適なモデルを模索してきた。途中、中休みの時期もあったが、43 次隊（2002 年 1-2 月）でのみずほ高原人工地震実験に照準を合わせた実機の製造は基本的に終了し、細部の調整の段階に来ているので、その概要を報告する。

## 2 センサー

可動コイル型地震計（V241FV：株アカシ、耐衝撃性能 5000G）を用いている。このセンサーは 30m 高度からコンクリート板への投下衝撃（約 10000G）にも耐えている。固有周波数が 3.1-3.2 Hz なので、地上設置型地震計（Mark Products L22D の 2 Hz とは若干異なるが、国内爆破実験などでの比較観測から、ほぼ同じ波形が得られることがわかっている。31 次隊のあすか基地近傍での投下実験から、1000ft 上空からの雪面投下で約 500-1000G の衝

撃と予測されているので、実際の実験条件には十分対応できるだろう。

## 3 無線テレメーター機能

投下機器(GSS)内蔵メモリーに記録されたデジタル地震波形のヘリコプターによる無線テレメーター回収が、この装置の核といえる。ホイストによる GSS ボディの安全な投下、垂直性を保つフェアリング構造、衝撃による故障を避けるための簡便なアンテナ構造等から、送信周波数帯域として 1.2GHz 帯の 1 波を採用した。1995 年 3 月、北海道・青山牧場での雪面投下実験において、10 mW 送信出力のプロトタイプが、50 m 上空側方 300 m 地点からのデータ回収に成功している。本実験では、アンテナが雪面下 1 m にもぐること想定し、100 mW 出力タイプで対応する予定である。

## 4 電池と消費電力

DC12V, 216Ah の電池を用いた昭和基地屋外での放置実験（1997 年 11 月）によると 4.85 日しか保たなかったため、必要時以外はスリープして消費電力を節約するための改修が必要になった。1998 年 10 月低消費電力型（従来の 1/6）が完成し、41 次隊でのみずほ測線実験において実機テストを行う予定。ボディ構造は電池の並列増加に対応できるようにはな

っているが、重量増加を抑えるためにも、電源1ユニットで収まるのが望ましい。

#### 5 ヘリコプター実機訓練

南極でのヘリコプター運用プランからすると1フライト(2時間)に対して5本を搭載して行き、2 km 間隔で連続投下できる事が望ましい。ホイストによる安全投下を保証するフェアリング形状の調整、投下後上空での UTC 時刻合わせ、19.2 kbits/s での円滑なデータ回収を実現するヘリコプター訓練は今後の課題である。

#### 6 最後に

ポスターでは、これまで行われた開発実験の様子、機器の概要を写真で紹介する。10 年がかりの開発も最後の調整の段階。4 の課題をクリアし、43 次隊での成功を期したい。

Detection of sea floor structure on the Southern Indian Ocean  
from satellite altimetry

TERADA Kumiko, FUKUDA Yoichi (Graduate school of Science, Kyoto University) and

NOGI Yoshihumi (National Institute of Polar Research)

南極大陸の縁辺は南極半島の一部を除いて大陸分裂境界から成り立ち、大陸分裂のメカニズムを知る上で重要なフィールドである。しかし、分裂時の鍵となる海域の情報乏しく、アフリカと南米の間の大西洋中央海嶺のテクトニクスが比較的良好に分かっているのに比して、ブーベ三重会合点より南の南極プレートについてはアフリカと南極の分裂史に制約を与えるデータがほとんどなく、南インド洋でも大陸分裂初期のテクトニクスはほとんど分かっていないといった状態である。

こうした状況のもとで、衛星高度計データに基づく海洋重力図の精度の向上には複数のグループが取り組んでおり、中でも Sandwell らの海洋重力異常図のシリーズはほぼ標準と見なされている。彼らは全球的な海洋重力場をターゲットとする衛星高度計データの処理については、データ量と処理コストの間のトレード・オフ点を確立したと考えてよい。しかし、目的に応じた処理を施せば、衛星高度計のプロファイルからより詳細な構造を読みとることは可能であるし、また、衛星高度計データに基づく海洋重力異常図は、処理法によって得られる結果の間に差異のあることが分かっている。特に、南極大陸近辺の海洋底に関しては Sandwell らの重力図でも不明瞭な点が多くテクトニックな解釈も分かれる領域である。そのため、極域のように固有の性

質を有する海域において、より詳細な構造を検討したい場合には、クロス・チェックおよび目的に特化した処理が依然重要である。

これまでのテストから、衛星高度計から得た海面高プロファイルは短波長の側で擾乱と共に重力起源のシグナルも拾っていると考えており、特にプロファイルを横切る構造線に対する感度があると考えている。南極海のテクトニクスを調べる上で、衛星高度計データから作成した重力異常図に期待しているものは正確な重力場の数値というよりは、むしろこのような構造線の有無と走向である。そこで、従来の重力異常図の作成に加え、衛星高度計のプロファイルから、直接、海洋底の構造線の抽出を試みることにした。採用する手法の条件は、大量のデータを扱う点からも、処理原理が明快であることと、特徴抽出すなわち情報の圧縮ができることであり、ひとつのプランとして、遺伝的アルゴリズムによる線抽出を試みている。画像上の一点各を個体とし、個体集団が線構造の上に形成されるようにし、適応度として各個体近傍のある角度の矩形内の他の個体の数を選んだ。

ポスターでは、主に南インド洋の海洋底について、衛星高度計データまで遡って調べた結果および衛星高度計データに基づく海洋重力図に他の地球物理学的データを合わせて作成したマップについて報告する。

# P16 南極昭和基地及び周辺域における潮汐観測結果について

小田巻実・及川幸四郎・増山昭博・並木正治（海上保安庁水路部）

## Tidal Observation Results around Syowa Station, Antarctica

Minoru ODAMAKI・Koushiro OIKAWA・Akihiro MASUYAMA・Syuji NAMIKI

(Hydrographic Department, Maritime Safety Agency)

### 1. はじめに

昭和基地(SYB)では、1966 年以来、常設験潮所が設置され、海面水位の観測が続けられている。初期の頃は、機械式圧力験潮器で毎年故障が発生したが、近年ではストレーンゲージ(SG)になり、最近ではクォーツ圧力センサー式(QO)となって安定した観測が続けられている。また、数年前からは、周辺各地で臨時験潮が行われている。ここでは、最近の潮汐観測について、験潮器更新の影響、平均水面変動の最近の傾向、周辺地域の潮汐などを報告する。

### 2. 験潮器更新の影響

以前の潮汐観測方法と結果については、すでに Odamaki et al.(1991)で報告されている。SG 験潮器が水圧と大気圧の両方を加えた全圧を測定しているのに対し、QO 験潮器では気圧補正用チューブで外気圧を導圧し、水圧のみを測定している。そして、

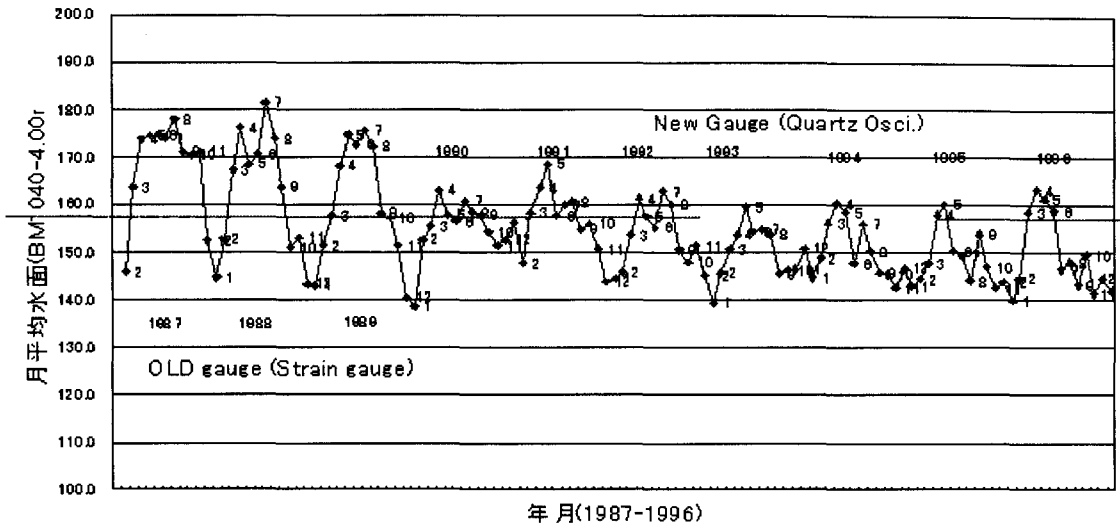
海水密度を考慮して、それぞれの圧力を海面高に換算する。SG 験潮器は 1989 年まで稼働したが 1990 年に停止した。1990 年からは QO 験潮器となっている。それぞれの特性を比較するため、表 1 に各年の調和分解結果を示した。SG 験潮器は 15 年近く稼働したにもかかわらず、1989 年の結果は、初期の頃(1975,78,79 の平均)と振幅も遅角も大きな違いが見られない。一方、QO 験潮器も 1990 年から 1996 年まで稼働しているが、初期の 1990 年と以降でそんなに大きな違いは見られない。しかるに、1989 年以前の SG 験潮器と 1990 年以降の QO 験潮器では明らかに違いがある。SG 験潮器は、QO 験潮器に比べ、振幅は約 7%小さく、遅角も 16 分程度遅れている。この原因は、SG 験潮器の詳細がよくわからないが、全圧を測定する際の基準圧保持の問題などが考えられる。

表 1 Comparison of harmonic constants by old and new gauges.

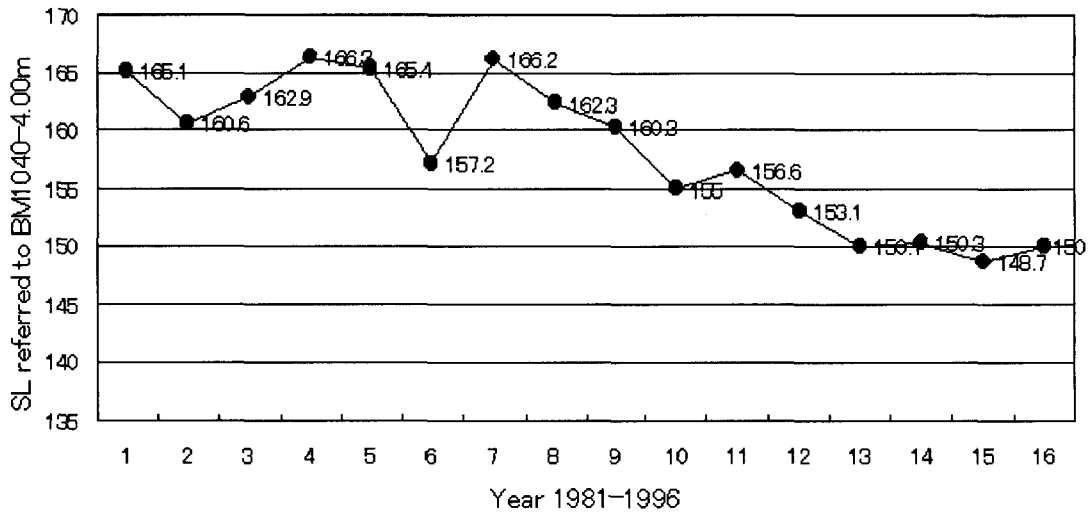
	Old				New				Amp. Ratio 89/90	Time Lag min.
	1975,78,79		1989		1990		1990-96			
	cm	d.	cm	d.	cm		d.			
Q1	5.5	343.9	5.5	347.6	5.6	345.6	5.9	341.3	0.99	9.6
O1	23.3	352.4	2.5	353.0	24.7	350.8	24.5	350.2	0.91	9.6
P1	8.4	4.8	9.0	3.1	7.3	355.6	7.4	356.2	1.24	30.0
K1	21.6	3.5	21.6	5.3	22.1	357.7	22.2	357.2	0.98	31.6
N2	3.9	161.7	3.3	163.4	3.6	153.5	4.2	152.6	0.91	27.6
M2	22.8	165.0	22.2	165.1	24.8	160.6	24.9	160.4	0.90	11.4
S2	18.8	180.9	18.6	182.1	20.3	176.8	20.2	176.5	0.92	10.8
K2	5.6	343.9	5.5	179.1	5.8	174.7	5.7	175.0	0.94	8.4

Average of major 4 components Amp.Ratio :0.93, Time lag:15.9 min.

### 月平均水面



### SYOWA 1981-1996



### 3. 昭和基地平均水面の最近の傾向

図 1 は、1987 年から 1996 年までの月平均水面 MMSL (BM1040 下 4.00m 基準) を示したものである。1989 年までは SG 験潮器、1990 年以降は QO 験潮器であり、MMSL の季節変化は約 2/3 に小さくなっている。さらに、図 2 に、Odamaki et al.1991

以降の年平均水面 AMSL の変化を示した。この 15 年間で約 15cm 低下しており、前報と同様、低下傾向が継続していることを示している。

### 4. 周辺地域の潮汐特性

1996 年以降、リュッツホルム湾(LH)の

ラングホブデ (LG)、スカルブスネス (SKB)、スカーレン (SKL)、アムンゼン (AM) 湾のリーサーラルセン (RL)、トナー島 (TN) などで臨時験潮を実施した。一週間から数ヶ月程度の観測なので、小田巻 (1996) の短期調和分解によって調和定数を求めた (表 2)。このうち、SKB では、潮汐の上に原因不明の水位変動が重畳していて、信頼できる調和定数は得られなかった。

LH 湾の 1 日周潮では、昭和基地から LG、SKL に行くに従って、振幅は少し (7-8%) 増大する。O1 潮が K1 潮よりも大きい傾向は昭和基地と同じである。LH 湾の半日周潮でも、振幅の変化は小さい。

AM 湾では、O1・K1 の一日周潮は、振幅・遅角ともに昭和基地とほぼ同じであるが、半日周潮は縮小し、M2 潮は昭和基地の 2/3、S2 潮は 4/5 に縮小する。すなわち、M2 潮は S2 よりも縮小の度合いが大きく、昭和基地では S2/M2 が 4/5 なのに、RL では 1/1 になっている。この原因は、Odamaki & Oka (1990) で指摘されているように 60E 付近に M2 及び S2 の節 Node があり、M2 の節は S2 の節より近いいため縮小が著しく

なっているためと思われる。

## 5. 今後の課題

昭和基地の QO 験潮器は、ほぼ安定しているが、圧力式なので定期的に副標観測を行って測定基準の維持に努める必要があり、今後は、氷上に 3D-GPS を設置して海面絶対高の昇降を測定するなど精度向上を図りたい。また、豪の Mawson 基地などで行っているように、海岸の岩上から海氷下まで穴を開けて音響式験潮器で測定することなども検討したい。

昭和基地周辺の潮汐観測については、使用する圧力式験潮器が絶対圧型のため基準のドリフトが著しく、副標観測による陸上固定点に対する平均水面高等の確定には問題があり、現在、検討を進めているところである。今後は、ドリフトが小さい臨時験潮システムの開発を進めるとともに、さらにいろいろな場所で潮汐・潮流観測を行い、昭和基地さらには南極海域での潮汐・平均水面の特性を明らかにして行きたい。

最後に、昭和基地験潮所の維持・保守、各地の臨時験潮に支援を頂いた観測隊の各隊員に感謝する。

表 2 Tidal Harmonic Constants Table Around Syowa Station

\*Harmonic Constants in \*SKRBSNES (SKARBUSINESS) is unreliable.

	Lutz-Horn Bay			Ongul	AMUNDSEN	
	SKALLEN	*SKRBSNES	LANGHOVDE	SYOWA	TONAGH Is.	RIISER-LARSEN
	69 40 S	69 30 S	69 50 S	69 0 S	67 4 S	66 47 S
	39 24 E	39 40 E	39 40 E	39 34 E	50 15 E	50 35 E
St	1997/1/2	1996/12/28	1996/12/22	1990/ - / -	1998/12/22	1996/12/30
Ed	1997/1/8	1997/ 1/29	1997/ 1/26	1997/ 1/31	1999/ 1/15	1997/ 6/13
Q1		4.3* 356.8	6.5 349.9	5.9 341.3	Q1 6.6 332.8	6.0 341.9
O1	26.2 328.9	11.6* 203.8	24.9 349.0	24.5 350.2	O1 24.9 349.6	24.1 352.9
P1	8.0 359.1	6.2* 327.4	7.5 360.0	7.4 356.2	P1 7.7 359.1	7.3 1.5
K1	24.1 359.1	18.7* 57.5	22.7 360.0	22.2 357.2	K1 23.1 359.1	22.1 1.5
N2		4.0* 23.6	1.2 4.0	4.2 152.6	N2 1.2 192.8	2.4 186.1
M2	25.8 148.2	18.0* 327.7	24.8 161.5	24.9 160.4	M2 16.0 169.3	16.1 172.8
S2	22.8 175.8	8.0* 21.6	19.7 178.7	20.2 176.5	S2 15.3 176.3	16.1 179.3
K2	6.2 175.8	2.2* 21.6	5.4 178.7	5.7 175.0	K2 4.2 176.3	4.4 179.3
O-P	3.6	23.0*	3.3		7.9	9.3



# P17 南極半島 James Ross 島における淘汰構造土の平面径と深さとの関係

森 淳子 (北大低温研) Cesar A.Trielli (Univ. de Córdoba) ・  
曾根 敏雄 (北大低温研) ・ Jorge Strelin (Institute Antártico Argentino)

## Relationship between width and depth of sorted patterned ground on James Ross Island, Antarctic Peninsula

MORI Junko ・ Cesar A.TORIELLI ・ SONE Toshio ・ Jorge A.STRELIN

南極半島 James Ross 島の海岸部には多くの淘汰構造土が分布している。筆者らは本島北部で1999年2月、3月に、淘汰構造土の大きさと深さに関する調査と凍結進行過程の観察を行なった。調査地は永久凍土地帯で、今回調査を行なった島北部での年平均気温は1998/2～1999/1の期間で-4.6℃である。

### I) 大きさと深さの比

淘汰構造土の断面形(深さ)と平面径(大きさ)とに一定の関係があるとこれまでにいくつかの報告がある。例えば、Ray et al, (1983)は構造土の深さに対する大きさの比を、粗粒部の深さと大きさとの比で求め、その値を根拠に、構造土の形成モデルとしてレイリー対流モデルを提唱している。しかし、粗粒部の深さと、構造土の形成に関わっている深さ(凍結融解により土が動く深さ)とは異なっていると考えられる。そこで、構造土の断面について、垂直方向の淘汰の生じている深さ及び粗粒部の深さ、平面径を測定した。

測定結果とRay et al のデータを図に示す。測定結果の多くがレイリー対流の理論値に近い値であったが、粗粒部の深さと大きさの比が理論値より大きく外れている例も見られた。

### II) 凍結の進行過程の観察

径15cm程度の小型の淘汰構造土の発達する場所で、凍結の進行時の地表面の高さの変化及び、10 c

mの地温を測定し、同時に断面を切ってその凍結の進行状況を観察した。

構造土の凍結過程において、凍結線は、初期には凍結面が細粒部中心で浅かったのに対し、粗粒部の下の土が凍りはじめると凍結面の深さの違ひは小さくなり、淘汰面より深くまで凍結が起こったときには凍結面は平らになっていた。凍上量は凍結の初期に細粒部で大きかった。

粗粒部と細粒部の熱伝導率の違いから凍結面には深部まで凹凸があると考えられたが、淘汰面付近という、比較的浅いところで凍結面がすでに平坦化していることが観察された。

#### 引用文献

R. J. Ray et al (1983) A Model for sorted patterned-ground regularity, Journal of Glaciology, Vol. 29, No. 102, 317-337

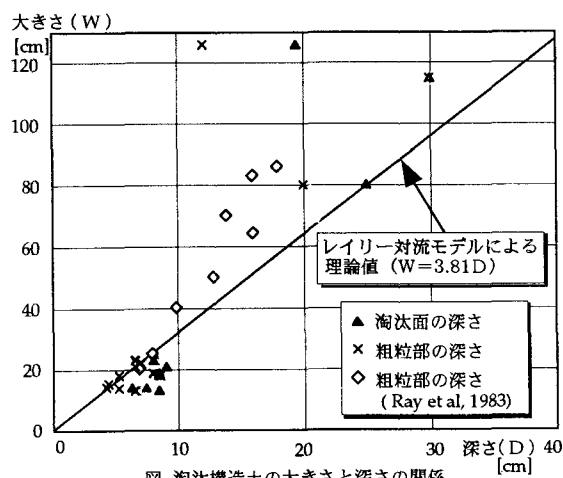


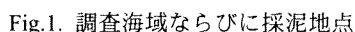
図. 淘汰構造土の大きさと深さの関係

岩井雅夫 (高知大学理学部自然環境科学科)・フントラン, G.・クアイア, T. (トリエステ大学)・コラディ, N.・イヴァルディ, R. (ジェノバ大学)

Masao IWAI (Kochi University), Fontolan, G., Quaia, T. (University of Trieste), Corradi, N, and Ivaldi, R. (University of Genova)

する。

**結果**：合計 39 地点（グラビティーコアラ-37、ボックスコアラ/グラブサンプラー各 1）で採泥が試行され総計 134m の柱状堆積物が、音響探査記録とともに採取された。着底水床に起因する固結した堆積物 (diamicton) が北西海盆 (NW basin) ならびに Nordenskjöld Basin で発見され、今後の分析が期待されている。



# P19 南極，リチャードソン湖のコアをつかった環境変動の研究

永山 美也子（静大・理），和田 秀樹（静大・理），三浦 英樹（極地研）

Isotopic study on the core from the Lake Richardson, Enderby Land, Antarctica.

Nagayama, M., Wada, H. (Shizuoka Univ.) and Miura, H. (NIPR)

東南極リーセルラルセン山麓にあるリチャードソン湖で採取されたコアには，部分的にはっきりとした縞模様が見られる．そこで，本研究では，このコアの解析を行うことにより，リチャードソン湖の季節的変動や年代的に連続した環境変化を明らかにすることを目的としている．

コアは第38次南極観測隊によって採取され，現在解析を行っているのはリチャードソン南西湖の中央から得られたコアである．南西湖は大陸氷河に直接面していない湖であり，夏には湖面を覆う氷が完全に開くことが知られている．コアの全長は140cmであり，最下部と最上部について，名古屋大学のAMS14C年代は各々 $8280 \pm 110$ 年前、 $1400 \pm 90$ 年前と測定されたので，14C年代の差は有効と考ええると単純計算で堆積速度は約0.2mm/年ということになる．

コアに見られる縞模様は白色部分と緑色部分にわけることができ，色別にSEMによる観察と炭素同位体比を測定した．SEM観察結果より，白色部は珪藻と粗粒物質，緑色部は細粒物質により構成されていることがわかった．また，炭素同位体比の測定については，縞模様に沿って，サンプリング後，炭酸塩鉱物を除去して有機物の炭素の測定を行った．結果

はFig.1に示し，緑色部が白色部よりも同位体的に軽くなっている．しかし，同じ色の層(Fig.1の5A&5Bの2点)でも同位体比に大きな差が見られることがあるので，測定に用いた有機物の化学組成に違いがある可能性もあると考えられる．

また，X線回折を用いて，鉱物の同定を行ったが，含まれていたのはquartz, feldspar, calciteであった．北半球で大陸氷河に覆われた地域の湖の場合，縞状粘土と呼ばれる中にはイライトやカオリナイト等の粘土鉱物を含むことがあり，特にイライトの結晶度の堆積物に占める割合の変化は気候変動の手がかりとなるが，今回のリチャードソン南西湖のコアから，これらの粘土鉱物の検出はできなかった．

今後の研究の方向として，堆積物に含まれている有機物の化学分析や縞模様の白色部に見られる珪藻の同定，また，コアの年代測定をさらに細かい範囲で行い堆積速度や生層序の判定を行いつつ研究を進める予定である．

Fig.1 縞模様別の同位体比測定

● 緑色部分

○ 白色部分

