

## 東南極リュツォ・ホルム湾に分布する海成堆積物の 年代に関するこれまでの成果と問題点

五十嵐厚夫<sup>1</sup>・三浦英樹<sup>2</sup>

- 1 国立極地研究所生物部門 〒173-8515 東京都板橋区加賀 1-9-10  
Tel. 03-3962-4569; Fax. 03-3962-5743; Email: aigarasi@nipr.ac.jp
- 2 国立極地研究所地学部門 同上  
Tel. 03-3962-8095; Fax. 03-3962-5741; Email: miura@nipr.ac.jp

### 1. はじめに

南極大陸縁辺の陸上露岩・海底に分布する海成堆積物の層序の確立と年代決定は、過去の南極氷床縁の発達・衰退史の解明、南極海の古海洋環境変動の復元を目的とする上での基礎となる研究である。この研究成果に基づくことにより、南極氷床、南極海と他の地球サブシステムとの相互関係を議論し、グローバルな古気候変動における南極の役割を解明することが、初めて可能となる。

1957年に開始された日本南極地域観測事業では、昭和基地が存在する東南極リュツォ・ホルム湾東岸域（宗谷海岸）の露岩上に認められる隆起海浜堆積物（吉川・戸谷，1957など）や湾内の海底から採取された堆積物コア試料（安藤・吉田，1970など）を対象に、これらの層序と年代に関する多くの調査・研究が行われて来た。これら堆積物の年代決定には、含まれる海棲生物化石を対象にした放射性炭素（以下 C-14）年代測定法が主に適用され、Meguro et al. (1964)による最初の測定以降、これまでに数多くの年代値が報告されてきた。特に近年では、加速器質量分析法（以下 AMS 法）による C-14 年代測定が、その中心的な役割を果たしている（Igarashi et al., 1995a など）。本論では、リュツォ・ホルム湾地域での隆起海浜堆積物、海底堆積物コア試料を対象として、C-14 年代測定を中心に行われて来た年代決定に関して、まずこれまでに得られた成果を概括する。そして、同湾内の海成堆積物の年代論に関して、現時点における問題点を整理し、今後の焦点となる研究の方向性を提示したい。

### 2. 隆起海浜堆積物の年代測定の成果と問題点

リュツォ・ホルム湾東岸域に現存する隆起海浜堆積物は、これまでのところオングル諸島 [東西オングル島（吉川・戸谷，1957など）、テオイヤ（Yanai et al., 1975）]、ラングホブデ（吉川・戸谷，1957など）、ブライボーグニーパ、スカルブスネス、スカーレン、スカレビークハルセン（吉田，1970など）、ルンドボークスヘッタ（平川・澤柿，1998）の各露岩上に、その分布が確認されている（Fig. 1）。Meguro

et al. (1964) による最初の測定以降 1980 年代にかけて、東西オングル島、ラングホブデ、スカルプスネスの隆起海浜堆積物に含まれる海棲生物化石（主に貝化石）を用いて、ベータ線計数法による C-14 年代測定が行われた。その結果、年代値は 1.1 万年より若いグループと 2 万年よりも古いグループに分かれることが明らかとなった (Fig. 2A)。しかし、このうち最終氷期最盛期 (LGM) よりも古い年代値グループに関しては、測定誤差範囲が大きい場合や、年代の最小値しか特定できない場合が多かった。この原因としては、(1) 試料の年代がベータ線計数法の測定限界に近いこと、(2) ベータ線計数法では 100 g 程度の炭酸カルシウム試料が必要なため、複数個体の貝化石を合わせて 1 つの測定試料にしなければならず、層位的に近接する新旧年代の貝化石が非意図的に複数個体混合されて 1 測定試料とされた可能性があること、が指摘されていた (Hayashi and Yoshida, 1994; Igarashi et al., 1995a,b)。

その後、AMS 法による C-14 年代測定法が開発されたことにより、(1) ベータ線計数法に比べて、より古い年代までの測定、(2) 試料の必要量が 15 mg 程度なため貝化石の単一個体試料での測定、が可能となった。そのためリュツォ・ホルム湾でも、1990 年代に入ってベータ線計数法に代わって AMS 法による C-14 年代測定が数多く行われるようになった (Igarashi et al., 1995a など)。Fig. 2B に、東西オングル島、ラングホブデ、ブライボーグニーバ、スカルプスネス、スカーレンの隆起海浜堆積物か

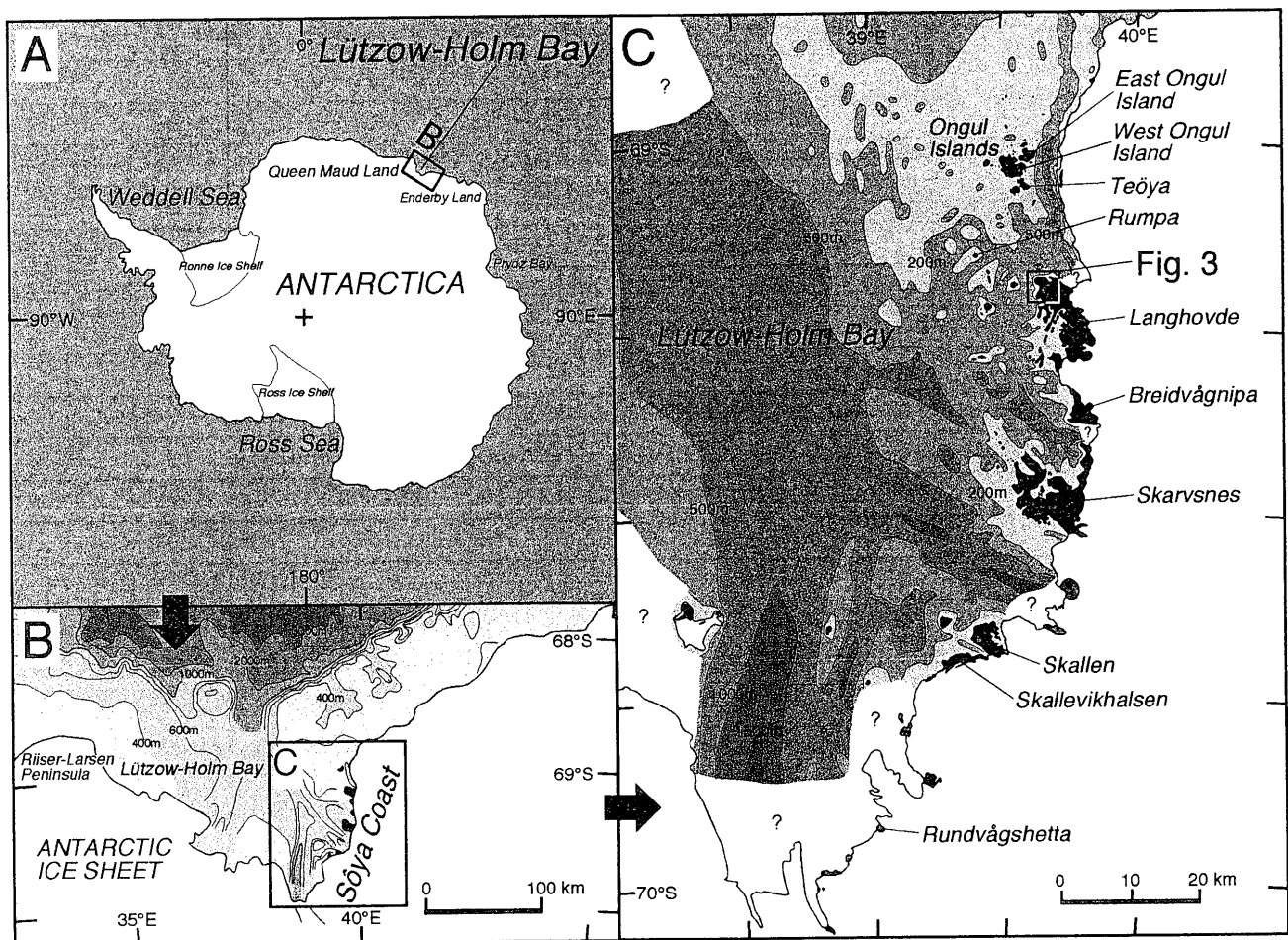


Figure 1. (A) Map of Antarctica showing location of Lützow-Holm Bay. (B) Map of the environs of Lützow-Holm Bay showing investigated area (square). (C) Map of the east coast of Lützow-Holm Bay showing several major ice-free areas (black) where elevated marine deposits are exposed. All these maps are adopted from Moriwaki and Yoshida (1990).

ら産出した貝化石を主対象に、これまで AMS 法によって得られた C-14 年代値を示す。その結果、ベータ線計数法によって 2 万年よりも古い年代値が得られていた化石は、3–4.6 万年の範囲に、同じく 1.1 万年よりも若い年代値が得られていた化石は、2–8 千年の範囲に年代値がそれぞれ集約され、測定誤差範囲も格段に小さくなった。このように AMS 法による年代測定により、リュツォ・ホルム湾東岸域から採取された海棲生物化石の C-14 年代値は、LGM をはさんで完新世と更新世の最終亜間氷期（酸素同位体ステージ 3）の 2 グループに区分されることが明確となった。

完新世の化石を含む隆起海浜堆積物は、リュツォ・ホルム湾東岸域のほぼ全範囲にあたる北の東オングル島から南のルンドボークスヘッタまで認められる (Meguro et al., 1964; 平川・澤柿, 1998 など)。これに対して 3–4.6 万年の化石を含むそれは、スカルブスネス (舟底池湖畔) から 1 件だけ約 3.2 万年のベータ線計数法による年代値の報告 (吉田, 1970) があるが (Fig. 2A), AMS 法による測定結果では全て東西オングル島とラングホブデ北部のみに限られる (Fig. 2B)。つまり東西オングル島とラングホブデ北部では、完新世と 3–4.6 万年の隆起海浜堆積物が共存する。これについて Maemoku et al. (1997), Miura et al. (1998a,b) は、ラングホブデ小湊地域 (Fig. 3: Site 1) においてトレンチ掘削により堆積相の累重関係を把握すると共に、産する原地性の貝化石について AMS 法による C-14 年代測定を行い、完新世と 3–4.6 万年の堆積物の層位関係を初めて明確にした。その結果、3.9–4.3 万年の堆積物を完新世の堆積物が不整合に覆うことが確認された (Fig. 4)。この他にも、東オングル島 (貝の

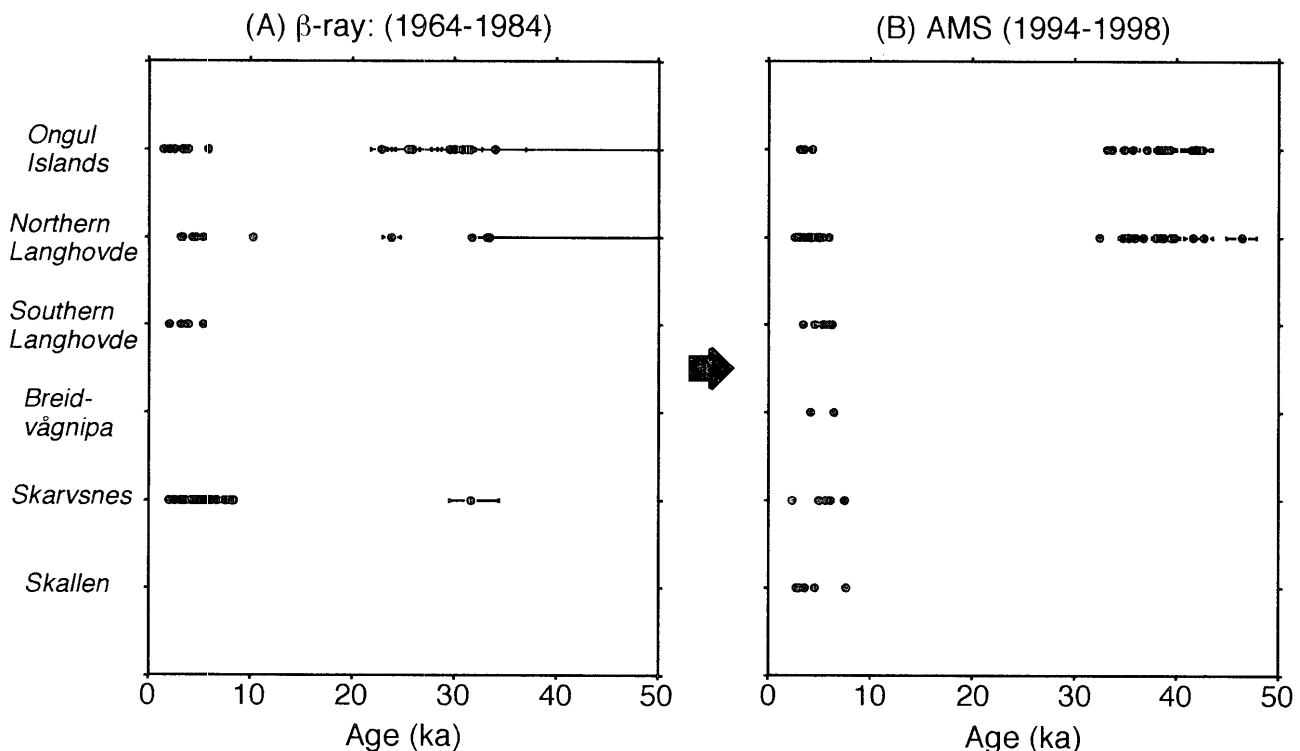


Figure 2. Diagrams showing summary of carbon-14 dates of marine fossils recovered from elevated marine deposits exposed on ice-free areas in the Lützw-Holm Bay region. (A): dates produced by  $\beta$ -ray counting method (Meguro et al., 1964; Yoshida, 1970, 1973, 1983; Ishikawa, 1974; Moriwaki, 1974, 1976; Omoto et al., 1974; Hayashi, 1976, in Hayashi and Yoshida, 1994; Omoto, 1976, 1978; Nogami, 1977, in Omoto, 1977; and Hirakawa et al., 1984). (B): dates furnished by Accelerator Mass Spectrometry (AMS) method (Hayashi and Yoshida, 1994; Igarashi et al., 1995a,b; Maemoku et al., 1997; Hirakawa and Sawagaki, 1998; Miura et al., 1998a,b; and Igarashi, unpublished).

浜), ラングホブデ (ざくろ池, ぬるめ池, やつで沢), スカルプスネス (きざはし浜) においても, トレンチ掘削による同様の研究が行われた (Miura et al., 1998a,b). リュツォ・ホルム湾地域での隆起海浜堆積物の野外踏査により, 1998 年までに得られた C-14 年代に関する研究成果は, Miura et al. (1998a) を参照されたい.

最近になって, 露岩に存在する湖沼の底から採取された海成-湖成堆積物コア試料について, 含まれる有機炭素を対象に, AMS 法による C-14 年代値がいくつか報告され始めた (瀬戸ほか, 1998, 2002; 岩佐ほか, 1999). 瀬戸ほか (1998, 2002) は, ルンドボークスヘッタ丸湾大池でのコア試料 (全長 187 cm) の 4 層準から 1.9-6.1 千年の年代値を報告した. このうち 0-68 cm は湖成の, 68-187 cm は海成のそれぞれ堆積物であって, 丸湾大池の海からの離水年代を約 3.5 千年前と見積った. 岩佐ほか (1999) は, 西オングル大池でのコア試料 (全長 36 cm) の 9 層準から 1.5-8.9 千年の年代値を報告した. このうち 0-31 cm は湖成の, 31-36 cm は海成のそれぞれ堆積物であって, 3.7-4.9 千年の間に西オングル大池は海から離水したと考えられた. 瀬戸ほか (2002) は, ラングホブデぬるめ池でのコア試料 (全長 113 cm) から約 2.5 千年 (表層より 50 cm の海成堆積物) の年代値を報告した. また, C-14 年代測定とは別に, ラングホブデ, スカルプスネスの隆起海浜堆積物中の貝化石, 石英粒子を用いた, 電子スピン共鳴法および熱ルミネッセンス法による年代測定も行われた (Takada et al., 1995). その結果, この地域での貝化石の C-14 年代測定の結果とよく一致する, 2.1-7.9 千年の年代値が報告された.

このように AMS 法の適用とトレンチ掘削, また湖底堆積物コア試料の解析により, リュツォ・ホルム湾地域における隆起海浜堆積物の層序と年代はかなりのところ明確になった. しかし, AMS 法による年代測定においても, 3-4.6 万年の年代値, 特に 4 万年を越えるいくつかの年代値に関しては, 測定時のバックグラウンド年代値に近接するため, その真の年代はさらにそれよりも古い可能性 [例えば, 最終間氷期 (酸素同位体ステージ 5)] が指摘されていた (Igarashi et al., 1995b). この問題に関して, 最近, 最終間氷期よりもはるかに古い年代を持つと考えられる化石の存在が明らかにされてきた. 五十嵐ほか (1998) は, ラングホブデ北部小湊地域 (Fig. 3: Site 1) (Maemoku et al., 1997; Miura et al., 1998a,b) のトレンチ (Fig. 4) と水くぐり浦沿岸 (Fig. 3: Site 2) の隆起海浜堆積物 (Fig. 5) から産する貝化石 (同一層準からの別個体試料については AMS 法による C-14 年代が既知) を用いて, アミノ酸ラセミ化年代測定を行った. その結果, AMS 法による C-14 年代では 3-4.6 万年で一括されていた貝化石の年代が, アミノ酸 D-alloisoleucine/L-isoleucine (D/L) 比の相対的な差によって更に異なる 2 つの年代グループに分割され, うち古い年代グループは最も大きく見積もると第四紀以前にまで遡るかなり古い年代である可能性を示した (Fig. 6). 森脇・三浦 (1999) は, ラングホブデ北部ざくろ池湖畔 (Fig. 3: Site 3) から, 鮮新世に絶滅した *Zygochlamys* 属の貝化石を, 地表面に散在していたものとして報告した. また, 加藤ほか (1999), 加藤 (2000) は, アミノ酸ラセミ化年代測定により極めて古い年代とされた貝化石が産出した堆積物試料 (Fig. 5) から, 南極半島の第三系鮮新統上部の礫岩 (*Pecten conglomerate*) から報告された貝形虫絶滅種 (Szczechura and Blaszyk, 1996) を見出した. これらの報告は, ラングホブデ北部に第四紀以前, おそらく鮮新世の化石が存在することを示し, 上記の古いアミノ酸ラセミ化年代値のグループが第三紀の年代に対応する可能性を強く示唆する. しかし, この水

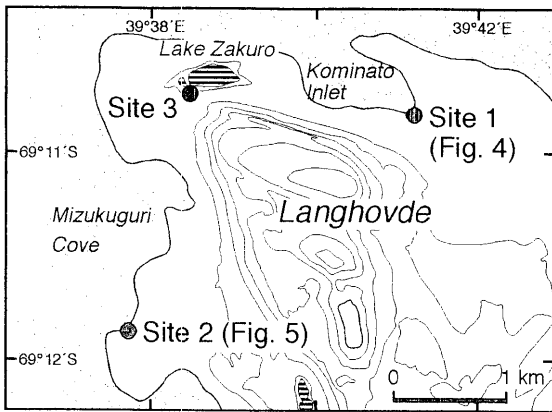


Figure 3. Map of the northern Langhovde showing three investigated sites of elevated marine deposits. Contour interval 50 m.

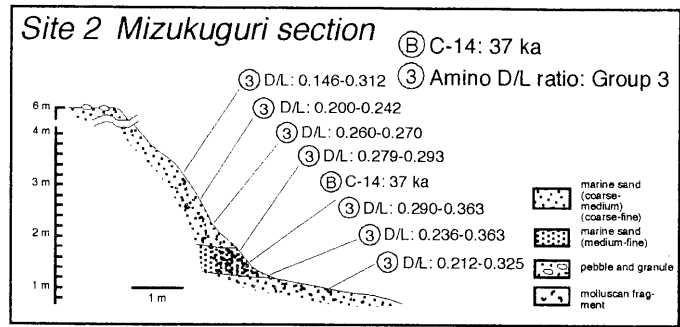


Figure 5. Profile of lithologic section of elevated marine deposits, Mizukuguri Cove, showing the results of AMS carbon-14 dating (Igarashi et al., 1995b) and of amino acid geochronological analysis (Igarashi et al., submitted) for fossil bivalvia fragmentarily embedded in the deposits.

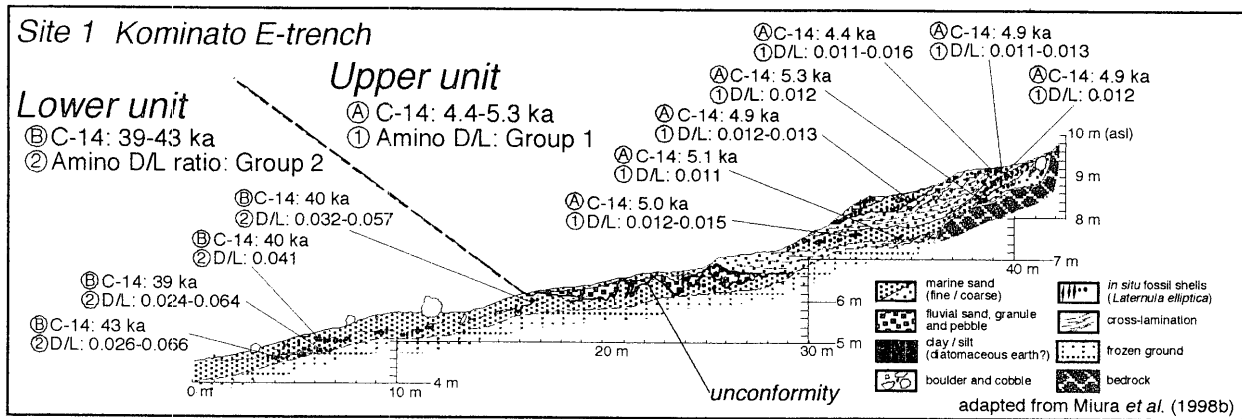


Figure 4. Profile of lithologic section of elevated marine deposits at the Kominato E-trench, showing the results of AMS carbon-14 dating (Maemoku et al., 1997; Miura et al., 1998a,b) and the amino acid geochronological analysis (Igarashi et al., submitted) for *in situ* fossils bivalvia *Laternula elliptica*.

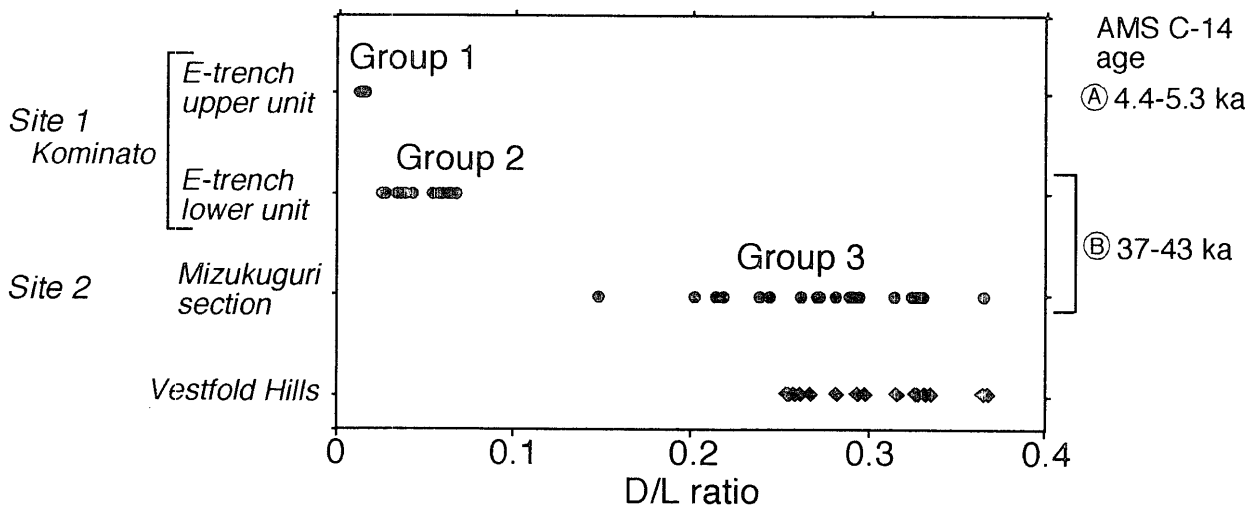


Figure 6. Plots of amino acid D/L ratios produced from elevated marine deposits of Sites 1 and 2 (Figs. 4 and 5) and those reported from marine deposits of the Vestfold Hills, Prydz Bay region (Hirvas et al., 1993). The fossil group producing 37- 43 ka carbon-14 ages can be further divided into two amino acid age categories (Groups 2 and 3). Some of the high D/L ratios of Group 3 are similar to those furnished from late Pleistocene or early Pliocene marine deposits of Vestfold Hills (Hirvas et al., 1993).

くぐり浦沿岸の隆起海浜堆積物では、同一層準からの別個体の貝化石試料について、AMS 法による C-14 年代で約 3.7 万年という値が得られており (Igarashi et al., 1995b) (Fig. 5), アミノ酸ラセミ化年代と矛盾する。この事実は、Igarashi et al. (1995b) が指摘したように、AMS 法による C-14 年代測定によって得られた 3-4.6 万年の年代値のうち、その一部は必ずしも真の年代を示していない可能性があることを示している。

リュツォ・ホルム湾地域での隆起海浜堆積物の海棲生物化石について、これまでに得られた C-14 年代の成果に対する問題点と今後の課題をまとめると以下の通りになる。

- (1) 水くぐり浦沿岸の隆起海浜堆積物から産した貝化石について測定された、アミノ酸ラセミ化年代と AMS 法による C-14 年代がなぜ矛盾するのか？
- (2) 第四紀より古い年代の化石を含む堆積物は、なぜ水くぐり浦沿岸の隆起海浜堆積物から産出したのか？この地点以外の露岩上にも存在するのか？
- (3) AMS 法による C-14 年代測定で 3-4.6 万年を示す化石を産出する隆起海浜堆積物は、ラングホブデ南部以南にも存在するのか？

このうち (1) の原因については、

- (a) 再堆積の際に、第四紀以前と思われる古い年代の貝化石中に、3-4.6 万年の年代の貝化石が混合し、たまたまアミノ酸ラセミ化年代測定には前者が、C-14 年代測定には後者が用いられた
- (b) 第四紀以前と思われる古い年代の貝化石が、続成作用によって炭酸カルシウムの二次結晶化を受け、その結果 3.7 万年という値が生み出された
- (c) AMS 法による C-14 年代測定自体の限界であって、3 万年より古い年代を持つ試料は全てその測定値が 3-4.6 万年間に集約してしまう

といった 3 つの可能性が考えられる。今後、この問題を解決するためには、3-4.6 万年の C-14 年代値が既に得られている貝化石試料を再度用いて、(ア) 表面から中心部へかけての CO<sub>2</sub> の分離抽出 (例えば Burr, 1992) による AMS 法による C-14 年代測定、(イ) 同一個体試料について AMS 法による C-14, アミノ酸ラセミ化, ESR の各年代測定を行い、その整合性を検証する必要がある。また、含まれていた炭素 14 が完全に崩壊してしまったと断定できる炭酸カルシウム試料についても、上記 (ア), (イ) の年代測定を行い、年代値を相互に比較する必要がある。

(2) については、森脇・三浦 (1999) が報告した *Zygochlamys* 属の貝化石がラングホブデ北部から既に報告されていることから、この地域周辺に第四紀より古い年代の化石を含む堆積物が更に存在する可能性が高い。また、これまでも調査が何度も行われ、3-4.6 万年の C-14 年代値を示す化石の存在が確認されている東西オングル島や、隆起海浜堆積物に関する調査の手がまだほとんど及んでいないテオイヤ、ルンパ (Fig. 1) などの小島についても、踏査やトレンチ掘削などによる層序と年代の見直しを行う必要がある。それによって、最終間氷期よりも古い、延いては第四紀以前の年代を示す化石を含む隆起海浜堆積物が、今後も更に発見される可能性があると考えられる。

(3) については、これまでラングホブデ南部以南で唯一完新世より古い C-14 年代値 [ベータ線計数法による約 3.2 万年の値：吉田 (1970) (Fig. 2A)] を示した、スカルブスネス舟底池湖畔の隆起海

浜堆積物表層から採取された貝化石試料の真偽に焦点が当てられる。この試料はすでに失われている？  
 ので、今後は、舟底池周辺に分布する隆起海浜堆積物と舟底池の湖底堆積物について、基盤岩まで達するトレンチ掘削やコアリングや簡易ボーリングを新たに行うことが必要である。それにより岩相層序を完全に把握すると共に、含まれる貝化石、有機炭素について AMS 法による C-14 年代測定を行うことで、完新世より古い化石、堆積物が存在するかどうか確認できるであろう。

### 3. 海底堆積物コア試料の年代測定の成果と問題点

リュツォ・ホルム湾内における海底堆積物コア試料の採取は、これまでのところ日本南極地域観測隊の第 10 次 (安藤・吉田, 1970), 15 次 (森脇, 1975), 22 次 (森脇ほか, 1982), および 33 次 (沼波ほか, 1993) の各隊によって行われている。これら採取されたコア試料の年代決定には、C-14 年代測定法の適用が考えられた。しかし、大量の化石炭酸塩試料ないし含有機炭素堆積物試料が必要であるベータ線計数法を、コア試料へ適用することは不可能である。そのため 1980 年代までは、リュツォ・ホルム湾内における海底堆積物の年代に関する知見は皆無であった。その後、AMS 法の開発により海底堆積物コア試料での C-14 年代測定が可能となったため、1990 年代以降、以下の成果があげられてきた。Harada et al. (1995a,b) は、第 33 次隊によってラングホブデ西方沖の水深 557m から得られたコア試料 (全長 129 cm) について [Station Lh-2 (Harada et al., 1995a,b) = Station L-9 (Igarashi et al., 2001) :

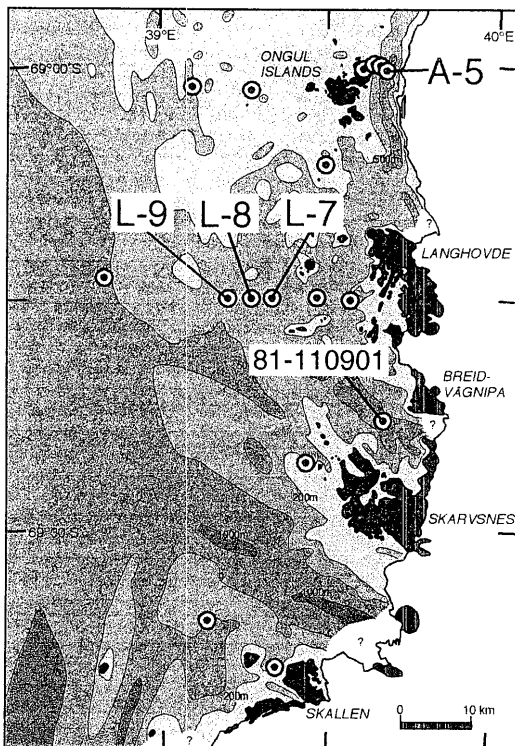


Figure 7. Seventeen sampling stations of sediment cores, occupied by JARE-22 (1980-82) and JARE-33 (1991-93) (water depth: 31-778 m) (Igarashi et al., 2001).

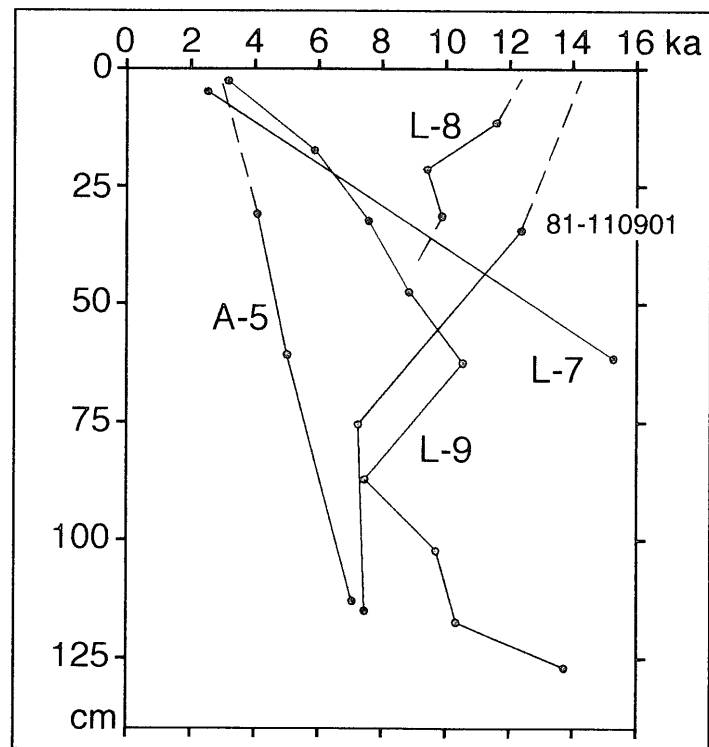


Figure 8. Plots of AMS carbon-14 ages of sedimentary organic carbon (non-corrected) versus core depth for representative five cores. References: Harada et al. (1995a,b) (Station L-9); Igarashi et al. (2001) (Stations A-5, L-7, L-8, and 81-110901).

Fig. 7], 含まれる有機炭素を対象に計 9 層準から 0.3–1.4 万年の年代値を初めて報告した (Fig. 8). Igarashi et al. (2001) は, 第 22, 33 次隊によりリュツォ・ホルム湾東部域の水深 31–778 m から採取された 16 本のコア試料 (全長 129 cm) を用いて (Fig. 7), 同じく含まれる有機炭素を対象に都合 33 層準から 0.25–1.5 万年の年代値を得た. つまり, これまでに得られた計 17 本の海底堆積物コア試料の C-14 年代の多くは完新世であり, 最も古い年代値でも約 1.5 万年であった.

このように AMS 法の適用により海底堆積物の年代が得られるようになったが, 以下に示す 2 つの問題点が指摘できる. 1 つ目の問題点は, Fig. 8 に示した 17 本の海底堆積物コアのうち代表的な 5 本 (Stations A-5, L-7, L-8, L-9, 81-110901) の年代値と試料深度との関係からわかるように, いくつかのコアにおいて下位よりも上位の年代値が古くなるといった, 年代の逆転現象が認められる点である (Igarashi et al., 2001; 五十嵐, 2002). この異常をもたらす原因としては, (1) 試料採取の際のコンタミネーション, (2) 海底下での再堆積, (3) ある層準における局所的な海水中の炭素 14 濃度の異常な希釈効果, などが考えられる. しかし, 原因がいずれにせよ, この異常値を正常値に補正することは現時点では不可能である. 2 つ目の問題点は, いわゆるリザーバー効果 (低い炭素 14 濃度を持つ

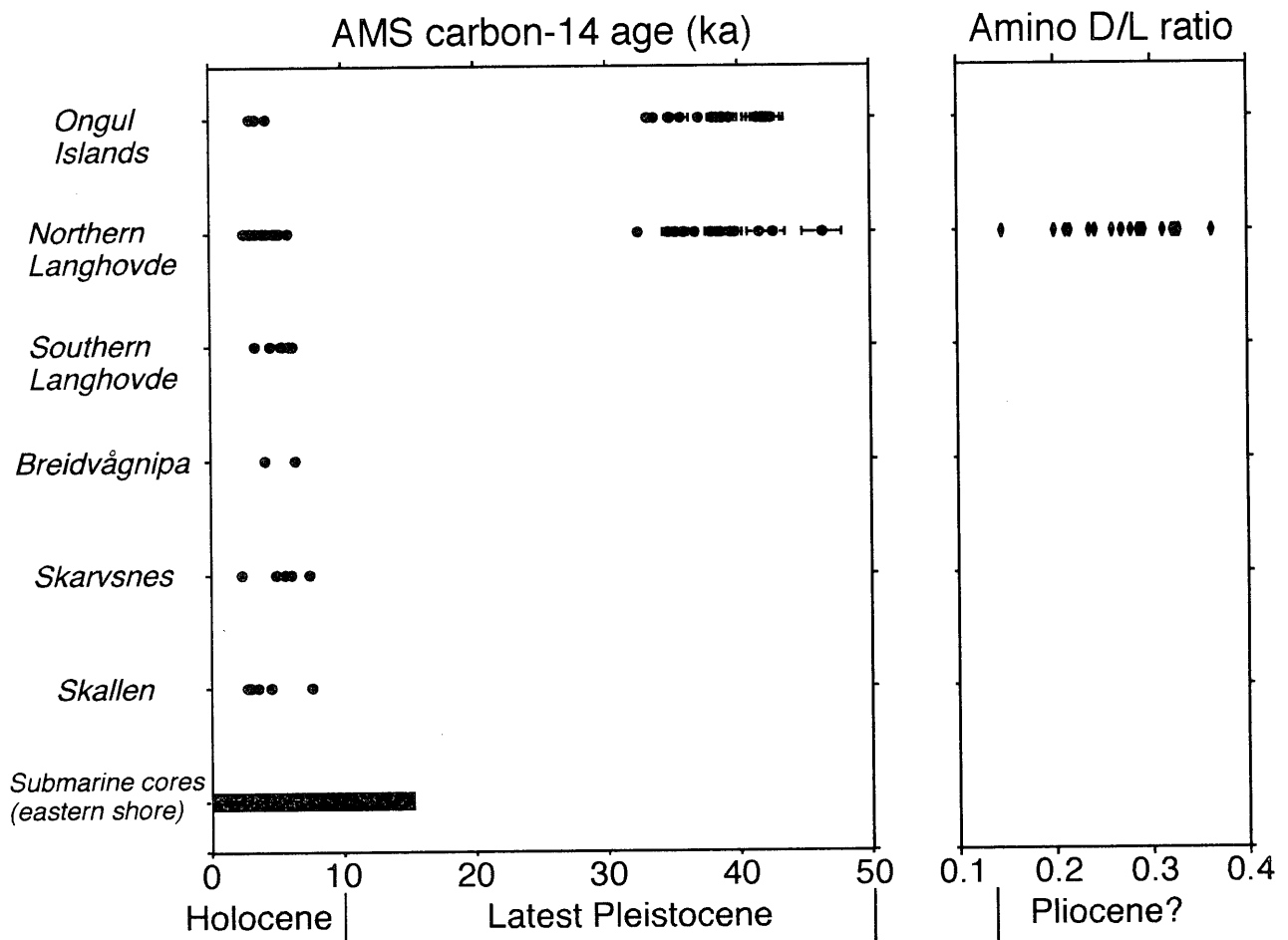


Figure 9. Summary of chronology of elevated marine deposits and submarine sediment cores in the Lützw-Holm Bay region. References: Hayashi and Yoshida (1994), Igarashi et al. (1995a,b), Maemoku et al. (1997), Hirakawa and Sawagaki (1998), Miura et al. (1998a,b), and Igarashi (unpublished) (AMS carbon-14 dates of elevated marine deposits); Harada et al. (1995a,b) and Igarashi et al. (2001) (AMS carbon-14 dates of submarine sediment cores); Igarashi et al. (1998) (amino acid D/L ratios).



た海洋深層水の湧昇あるいは氷床融水の流入により、南極沿岸の海水中の炭素 14 濃度が希釈される効果 (Omoto, 1983) によって、測定値が真の年代値よりも古くあらわれる点である。しかしこれについても、現時点ではコア試料に適用すべき適当な補正值は得られていない (Igarashi et al., 2001; 五十嵐, 2002)。以上 2 つの問題点は、現時点ではコア試料の正確な年代幅を確定することは不可能であることを示しており、コア試料から得られた C-14 年代値に基づいて、(1) コア試料間 (2) 隆起海浜堆積物とコア試料間で、層序の細かな対比を行うことは、未だ困難な状況であることを意味する。こらら問題の解決には、前者についてはコンタミネーションや再堆積、局所的な融水の流入、深層水の湧昇がない地点での良質なコアの採取、後者についてはコア中から年代測定可能なリザーバー効果の影響を受けない物質を見い出す必要がある。

海底コア試料からこれまでに得られた C-14 年代値は、全て LGM よりも若いものであった (Fig. 9)。対して陸上露岩では、前章で述べたように東西オングル島、ラングホブデの隆起海浜堆積物からは、C-14 年代によって LGM を越える 3-4.6 万年を示す化石や第四紀よりも古い化石を含有する隆起海浜堆積物が確認されている (Fig. 9)。このことは、リュツォ・ホルム湾の海底下においても、LGM を越えるかなり長い年代幅をカバーする堆積物が存在する可能性を示している。つまり、湾内の海底には LGM 以前の年代の堆積物が存在しないのではなく、これまでたまたま回収できていない可能性が高い。その理由の一つとしては、LGM 以降での氷床縁・棚氷の融解に伴って海底に供給されたドロップストーンが妨げとなって、これまでのコア採取に用いられてきた重力落下式の柱状採泥器の柱状部が、LGM 以前の堆積物にまで及んでいないことが考えられる。

このように、リュツォ・ホルム湾の海底に分布する堆積物の層序と年代に関しては、その全容がまだほとんど明らかにされていないと言える。今後の研究の発展のためには、C-14 年代に関する問題の解決に加えて、LGM を越える長い年代レンジかつ連続シーケンスの堆積物コア試料を、湾内から採取することが不可欠である。そのためには、従来の重力落下式の柱状採泥器による堆積物採取以外にも、かつてロス海沿岸で行われた海水上からのボーリング (例えば Barrett, ed., 1986) や砕氷能力を備えた海底掘削船によるドリリングを、湾内で行うことが必要となる。その実現性に関してはまだ未知数であるが、その前に行うべきこととして、音波探査によって湾内の海底に分布する堆積物の音響層序を把握することが挙げられる (池原, 2002)。その結果を踏まえた上で、層序を幅広くカバーするために最適な掘削地点を選定することが重要であろう。

#### 4. おわりに

AMS 法による C-14 年代測定によって、リュツォ・ホルム湾周辺の陸上露岩・海底に分布する海成堆積物の年代決定は近年著しい進展を見せた。しかし本稿で述べたように、3 万年を越える C-14 年代値の一部については、その測定限界のために真の年代が示されていない可能性が指摘されている。また、南極沿岸の海水のリザーバー効果による C-14 年代の高精度編年の限界の問題も重要である。隆起海

浜堆積物の地理分布は散在的であり、岩相層序の対比に有用な鍵層の存在が期待できないことから、C-14 年代測定は同堆積物の地域間での対比にも依然として必要不可欠である。これらの問題が解決されることによって、より精度の高い議論が可能になることから、今後もリュツォ・ホルム湾での海成堆積物の年代決定において、AMS 法による C-14 年代測定はますます重要になると考えられる。また、試料によっては、C-14 年代測定とは異なる手法による年代測定を行うことで、C-14 年代測定の結果を補強してゆくことも必要であろう。

## 謝辞

筆者が本論に関連する研究をこれまで進めてきた中で、放射性炭素年代測定に関しては、名古屋大学年代測定総合研究センターの中村俊夫教授はじめスタッフの方々のご協力に負うところが大きい。また、筆者が現地で行った試料採取に際しては、第 33 次日本南極地域観測隊の福地光男隊長（国立極地研究所教授）、佐野雅史副隊長（国立極地研究所）、沼波秀樹博士（東京家政学院大学）、土屋泰孝氏（筑波大学下田臨海実験センター）、原田尚美博士（海洋科学技術センター）、その他の隊員諸氏、第 37 次日本南極地域観測隊の藤井理行隊長（国立極地研究所教授）、神田啓史副隊長兼夏隊長（国立極地研究所教授）、前杵英明助教授（広島大学）、三枝茂氏（日本工営株式会社）、その他の隊員諸氏、以上の方々の多大なご支援、ご協力があった。以上の方々に深く感謝申し上げる。

## 引用文献

- 安藤久男, 吉田勝 (1970): III 観測部門報告, 13 地質 (研究観測). 日本南極地域観測隊第 10 次越冬隊報告 (1968-1970). 南極地域観測統合推進本部, 東京, pp. 94-101.
- Barrett, P.J., ed. (1986): Antarctic Cenozoic History from the MSSTS-1 Drillhole, McMurdo Sound. DSIR Bulletin 237. Science Information Publishing Centre, Wellington, 174 pp.
- Burr, G.S., Edwards, R.L., Donahue, D.J., Druffel, E.R.M. and Taylor, F.W. (1992): Mass spectrometric  $^{14}\text{C}$  and U-Th measurements in coral. *Radiocarbon*, **34** (3), 611-618.
- Harada, N., Handa, N., Fukuchi, M. and Ishiwatari, R. (1995a): Hydrocarbon record of a marine sediment core from Lützow-Holm Bay, Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, **8**, 163-176.
- Harada, N., Handa, N., Fukuchi, M. and Ishiwatari, R. (1995b): Source of hydrocarbons in marine sediments in Lützow-Holm Bay, Antarctica. *Organic Geochemistry*, **23** (3), 229-237.
- Hayashi, M. and Yoshida, Y. (1994): Holocene raised beaches in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica. In: Berkman, P.A., Yoshida, Y. (Eds.), *Holocene environmental changes in Antarctic coastal areas*. *Memoirs of National Institute of Polar Research, Special Issue*, 50, National Institute of Polar Research, Tokyo, pp. 49-

84.

- Hirakawa, K., Ono, Y., Hayashi, M., Aniya, M., Iwata, S., Fujiwara, K., Moriwaki, K. and Yoshida, Y. (1984): Antarctic Geomorphological Map of Langhovde. Special Map Series of National Institute of Polar Research, 1, National Institute of Polar Research, Tokyo (with explanatory text, pp. 1-63).
- 平川一臣, 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--JARE-35 (1993-94) の資料--。南極資料, **42** (2), 151-167.
- Hirvas, H., Nenonen, K. and Quilty, P.G. (1993): Till stratigraphy and glacial history of the Vestfold Hills area, East Antarctica. *Quaternary International*, **18**, 81-95.
- 五十嵐厚夫 (2002): 昭和基地周辺での微化石研究—これまでの成果と古海洋環境復元に関する今後の課題—。月刊地球, **24** (1), 44-50.
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y., Harada, N., Fukuchi, M. and Saito, T. (1995a): Radiocarbon ages of molluscan shell fossils in raised beach deposits along the east coast of Lützow-Holm Bay, Antarctica, determined by Accelerator Mass-Spectrometry. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, **8**, 154-162.
- Igarashi, A., Harada, N. and Moriwaki, K. (1995b): Marine fossils of 30-40 ka in raised beach deposits, and late Pleistocene glacial history around Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences*, **8**, 219-229.
- 五十嵐厚夫, 三浦英樹, Chaeles Hart (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プログラム・講演要旨。国立極地研究所, 東京, pp. 59-61.
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y. and Fukuchi, M. (2001): Bathymetric distribution of fossil foraminifera within marine sediment cores from the eastern part of Lützow-Holm Bay, East Antarctica, and its paleoceanographic implications. *Marine Micropaleontology*, **42** (3/4), 125-162.
- 池原実 (2002): 大陸棚堆積物の掘削によって進展する南大洋における古海洋変動解析。月刊地球, **24** (1), 76-82.
- 石川輝海 (1974): 南極リュツォ・ホルム湾ラングホブデ地域の地質。南極資料, **51**, 1-17.
- 岩佐朋美, 坂東忠司, 中村俊夫, 伊村智, 神田啓史 (1999): 珪藻種構成からみた西オングル大池の環境変遷。第 19 回南極地学シンポジウムプログラム・講演要旨。国立極地研究所, 東京, pp. 24-26.
- Kato, M. (2000): Faunal analysis of Pliocene to Recent ostracoda from Lützow-Holm Bay, East Antarctica. Master Thesis, Shizuoka Univ., Japan.
- 加藤昌子, 五十嵐厚夫, Thomas M. Cronin, 池谷仙之 (1999): 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。第 19 回南極地学シンポジウムプログラム・講演要旨。国立極地研究所, 東京, pp. 33-34.
- Maemoku, H., Miura, H., Saigusa, S. and Moriwaki, K. (1997): Stratigraphy of the late Quaternary raised beach deposits in the northern part of Langhovde, Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR*

- Symposium on Antarctic Geosciences, **10**, 178-186.
- Meguro, H., Yoshida, Y., Uchio, T., Kigoshi, K. and Sugawara, K. (1964): Quaternary marine sediments and their geological dates with reference to the geomorphology of Kronprins Olav Kyst. In: Adie, R.J. (Ed.), Antarctic Geology. North-Holland, Amsterdam, pp. 73-80.
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K. (1998a): Late Quaternary raised beach deposits and radiocarbon dates of marine fossils around Lützow-Holm Bay. Special Map Series of National Institute of Polar Research, 6, National Institute of Polar Research, Tokyo (with explanatory text, pp. 1-46).
- Miura, H., Maemoku, H., Seto, K. and Moriwaki, K. (1998b): Late Quaternary East Antarctic melting event in the Sôya Coast region based on stratigraphy and oxygen isotopic ratio of fossil molluscs. Polar Geoscience, **11**, 260-274.
- 森脇喜一 (1974) : リュツォ・ホルム湾東岸の隆起汀線と貝化石の  $^{14}\text{C}$  年代. 南極資料, **48**, 82-90.
- 森脇喜一 (1975) : IV 越冬観測部門報告, 研究観測, 地理. 日本南極地域観測隊第 15 次隊報告 (1973-1975). 国立極地研究所, 東京, pp. 69-72.
- 森脇喜一 (1976) : 昭和基地付近の露岩地域の地形と大陸氷床縁部の地学的観察. 南極資料, **57**, 24-55.
- Moriwaki, K. and Yoshida, Y. (1990): Bathymetric chart of Lützow-Holmbukta. Special Map Series of National Institute of Polar Research, 4, National Institute of Polar Research, Tokyo.
- 森脇喜一, 三浦英樹 (1999) : 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. 第 19 回南極地学シンポジウムプログラム・講演要旨. 国立極地研究所, 東京, pp. 22-23.
- 森脇喜一, 佐々木清隆, 長尾年恭, 吉田栄夫 (1982) : VI 越冬観測部門報告, B. 研究観測, 2. 地学系, 2.2. 地形・地質. 日本南極地域観測隊第 22 次隊報告 (1980-1982). 国立極地研究所, 東京, pp. 156-169.
- 沼波秀樹, 五十嵐厚夫, 土屋泰孝, 福地光男 (1993) : VIII 研究観測, 4. 生物・医学系. 日本南極地域観測隊第 33 次隊報告 (1991-1993). 国立極地研究所, 東京, pp. 229-255.
- Omoto, K. (1976): Tohoku University Radiocarbon Measurements III. Science Reports of the Tohoku University, 7th Series (Geography), **26**, 135-157.
- Omoto, K. (1977): Geomorphic development of the Sôya Coast, East Antarctica--Chronographical interpretation of raised beaches based on levellings and radiocarbon datings--. Science Reports of the Tohoku University, 7th Series (Geography), **27**, 95-148.
- Omoto, K. (1978): Tohoku University Radiocarbon Measurements VI. Science Reports of the Tohoku University, 7th Series (Geography), **28**, 113-116.
- Omoto, K. (1983): The problem and significance of radiocarbon geochronology in Antarctica. In: Oliver, R.L., James, P.R., Jago, J.B. (Eds.), Antarctic Earth Science. Australian Academy of Science, Canberra, pp. 450-452.

- Omoto, K., Makita, H. and Koseki, Y. (1974): Tohoku University Radiocarbon Measurements II. Science Reports of the Tohoku University, 7th Series (Geography), **24**, 205-209.
- 瀬戸浩二, 森脇喜一, 三浦英樹 (1998): ルンドボークスヘッタ丸湾大池における海成堆積物. 第 18 回南極地学シンポジウムプログラム・講演要旨. 国立極地研究所, 東京, pp. 55-56.
- 瀬戸浩二, 伊村智, 坂東忠司, 神田啓史 (2002): 南極湖沼に記録された完新世の古環境. 月刊地球, **24** (1), 31-36.
- Szczuchura, J. and Blaszyk, J. (1996): Ostracods from the *Pecten* Conglomerate (Pliocene) of Cockburn Island, Antarctic Peninsula. *Paleontologia Polonica*, **55**, 175-186.
- Takada, M., Hayashi, M., Sawagaki, T., Hirakawa, K. and Moriwaki, K. (1995): ESR and TL dating of Quaternary sediments in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences*, **8**, 230-238.
- Yanai, K., Tatsumi, T., Kikuchi, T. and Ishikawa, T. (1975): Geological Map of Teöya. Antarctic Geological Map Series, Sheet 3, Teöya. National Institute of Polar Research, Tokyo (with explanatory text, pp. 1-3).
- 吉田栄夫 (1970): 東南極プリンスオラフ海岸の隆起汀線と塩湖. 現代の地理学. 古今書院, 東京, 93-118.
- 吉田栄夫 (1973): 露岩の地形と氷床の変動. 南極. 共立出版, 東京, 237-281.
- Yoshida, Y. (1983): Physiography of the Prince Olav and Prince Harald Coasts, East Antarctica. *Memoirs of National Institute of Polar Research, Series C (Earth Science)*, **13**, 1-83 .
- 吉川虎雄, 戸谷洋 (1957): 第 1 次南極地域観測隊地理部門報告. 南極資料, **1**, 1-13 .

## Summary of chronological research on marine deposits distributed in Lützow-Holm Bay, East Antarctica, and the remained problems

Atsuo Igarashi<sup>1</sup> and Hideki Miura<sup>2</sup>

National Institute of Polar Research, 1-9-10, Kaga, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515

<sup>1</sup> Tel. +81-3-3962-4569; Fax. +81-3-3962-5743; Email: aigarasi@nipr.ac.jp

<sup>2</sup> Tel. +81-3-3962-8095; Fax. +81-3-3962-5741; Email: miura@nipr.ac.jp

### Abstract

Age determination of marine deposits (elevated marine deposits on land and marine sediment cores from sea and lake floors) distributed in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica, has been numerously performed through the Japanese Antarctic Research Expeditions since 1957, by using geochronology of carbon-14, electron spin resonance, thermoluminescence, and amino acid epimerization and biochronology of fossil mollusca and ostracoda. The purpose of the datings is to provide better chronological knowledge essential for revealing ice sheet fluctuation history and coastal paleoenvironments in this region.

Chronological control of elevated marine deposits exposed in several ice-free areas along the eastern shore of Lützow-Holm Bay has largely relied upon Accelerator Mass Spectrometry (AMS) carbon-14 dates obtained from calcareous fossil marine organisms; the dates cluster into two categories of 2-8 ka (Holocene) and 30-46 ka (latest Pleistocene). Amino acid epimerization geochronology of fossil mollusca and biochronology of fossil ostracoda, however, suggest potential existence of pre-Quaternary marine fossils in the deposits and further subdivision of carbon-14 dates of 30-46 ka into two separated age categories. These findings of considerably old marine fossils require re-examination of chronology of elevated marine deposits producing fossils of 30-46 ka in carbon-14 age.

Chronostratigraphy of marine gravity and piston cores collected from sea floor in Lützow-Holm Bay has solely assembled by AMS carbon-14 dates produced from sedimentary organic carbon. The obtained dates were less than 16 ka; submarine sediments correlative to elevated marine deposits whose ages exceed the Last Glacial Maximum (LGM) have not yet been recovered from the sea floor. Detailed stratigraphic correlation among submarine cores and Holocene elevated marine deposits is difficult due to the indefinite reservoir correction value for marine organic matter and to upward-increasing abnormal ages for some cores. Recovery of continuous and long time-ranged submarine sediment cores far exceeding the LGM is a priority for future stratigraphic and chronological research of marine deposits in this region.

## 学会などにおける口頭・ポスター発表（1994-2000）

五十嵐厚夫，沼波秀樹，土屋泰孝，原田尚美，福地光男，斎藤常正：南極リュツォ・ホルム湾東部に分布する海成堆積物中の底生有孔虫化石群集．第17回極域生物シンポジウム，国立極地研究所，1994年12月8日．

五十嵐厚夫，沼波秀樹，土屋泰孝，原田尚美，福地光男，斎藤常正：南極リュツォ・ホルム湾東部に分布する更新統一完新統海成堆積物中の有孔虫化石群集．日本古生物学会1995年年会，名古屋大学，1995年2月4日．

森脇喜一，五十嵐厚夫：3万年前の14C年代を示す南極・宗谷海岸の隆起海成堆積物—後期更新世の変化に基づく海面変化曲線と14C年代はどこまで信用できるか？日本地理学会1995年度総会・春季学術大会，筑波大学，1995年3月31日．

五十嵐厚夫，森脇喜一：南極リュツォ・ホルム湾岸の隆起海成堆積物の14C年代とその意義．日本地質学会第102年学術大会，広島大学，1995年4月3日．

Moriwaki, K. and Igarashi, A.: Raised beach deposits of 30-40 ka dated by TAMS, and late Pleistocene glacial history in the Lützow-Holm Bay region, East Antarctica. VII International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Università degli Studi di Siena (Italy), September 10-15, 1995.

五十嵐厚夫，沼波秀樹，土屋泰孝，中村俊夫，福地光男，森脇喜一：リュツォ・ホルム湾東部から得られた海底堆積物コアのAMSによる14C年代．第15回南極地学シンポジウム，国立極地研究所，1995年10月27日．

五十嵐厚夫，沼波秀樹，土屋泰孝，福地光男，斎藤常正：南極リュツォ・ホルム湾東部の更新統一完新統海成堆積物中の有孔虫化石と古環境変動．第18回極域生物シンポジウム，国立極地研究所，1995年12月7日．

五十嵐厚夫，沼波秀樹，土屋泰孝，福地光男，森脇喜一：南極リュツォ・ホルム湾東部の更新統一完新統海成堆積物中の有孔虫化石と古環境変動．日本古生物学会1996年年会，大阪市立大学，1996年1月28日．

五十嵐厚夫：有孔虫化石に基づく南極リュツォ・ホルム湾東部の最終氷期以降における海洋環境変動と氷床後退への寄与．日本古生物学会第146回例会，豊橋自然史博物館，1997年6月29日．

五十嵐厚夫：有孔虫化石に基づく南極リュツォ・ホルム湾東部の最終氷期以降における海洋環境変動と氷床後退への寄与．第17回南極地学シンポジウム，国立極地研究所，1997年10月16日．

五十嵐厚夫：有孔虫化石に基づく南極リュツォ・ホルム湾東部の最終氷期以降における海洋環境変動と氷床後退への寄与．第20回極域生物シンポジウム，国立極地研究所，1997年12月4日．

Igarashi, A.: Paleoceanographic contrasts between Marine Isotope stage 3 and Holocene coastal environments in Lützow-Holm Bay, East Antarctica based on fossil foraminifera. Antarctic Ice Margin Evolution (ANTIME) Workshop "Circum-Antarctic sea level and coastal environmental variability during the late Quaternary", Lake Kawaguchi-ko (Japan), September 18, 1998.

- Igarashi, A.: A review on the Japanese radiocarbon research in Lützow-Holm Bay and future strategies. A SCAR-ANTIME/PAGES/NSF-NOSAMS Workshop "Applications of Radiocarbon in Antarctic Research", Woods Hole Oceanographic Institution (USA), May 7, 1999.
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K.: Map of raised beaches and radiocarbon ages of marine fossils in the Sôya Coast region, East Antarctica. 8th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Victoria University of Wellington (New Zealand), July 5, 1999.
- Igarashi, A.: Coastal paleoenvironments during bimodal AMS carbon-14 age periods in Lützow-Holm Bay, East Antarctica: estimation based on fossil foraminifera. 8th International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Victoria University of Wellington (New Zealand), July 9, 1999.
- Igarashi, A.: Recent progress of chronological and micropaleontological studies for late Cenozoic marine deposits in Lützow-Holm Bay and their relevance to those from West Antarctica. Joint International Seminar--Recent Interests on Antarctic Earth Sciences of Korea and Japan--, Cheju Island (Korea), September 29, 2000.

#### 公表論文 (1995-2001)

- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y., Harada, N., Fukuchi, M. and Saito, T. (1995): Radiocarbon ages of molluscan shell fossils in raised beach deposits along the east coast of Lützow-Holm Bay, Antarctica, determined by Accelerator Mass-Spectrometry. *Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology*, **8**, 154-162.
- 五十嵐厚夫, 原田尚美, 沼波秀樹, 土屋泰孝, 福地光男, 斎藤常正 (1995): 南極リュツォ・ホルム湾東岸に分布する隆起海成堆積物の  $^{14}\text{C}$  年代の再検討. 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **IV**, 167-177.
- Igarashi, A., Harada, N. and Moriwaki, K. (1995): Marine fossils of 30-40ka in raised beach deposits, and late Pleistocene glacial history around Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Proceedings of the NIPR Symposium on Antarctic Geosciences*, **8**, 219-229.
- Miura, H., Maemoku, H., Igarashi, A. and Moriwaki, K. (1998): Late Quaternary raised beach deposits and radiocarbon dates of marine fossils around Lützow-Holm Bay. *Special Map Series of National Institute of Polar Research*, No. 6 (with explanatory text, 46p.).
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y. and Fukuchi, M. (2001): Bathymetric distribution of fossil foraminifera within marine sediment cores from the eastern part of Lützow-Holm Bay, East Antarctica, and its paleoceanographic implications. *Marine Micropaleontology*, **42** (3/4), 125-162.
- Igarashi, A., Numanami, H., Tsuchiya, Y. and Fukuchi, M. (2001): Faunal characteristic of fossil foraminifera from the latest Quaternary elevated marine deposits along the east coast of Lützow-Holm Bay, East Antarctica. *Journal of Foraminiferal Research* (submitted).