

## 南太平洋，東ポリネシアの完新世海面変化

— 温暖化に伴う海岸環境変化の自然史的背景 —

森脇 広

鹿児島大学法文学部自然地理学研究室

### Holocene Sea-level Change in Eastern Polynesia, the South Pacific in the Light of Change in Coastal Environment Associated with Global Warming

MORIWAKI Hiroshi

Physical Geography section, Faculty of Law, Economics and Humanities,  
Kagoshima University

#### Abstract

Holocene sea-level changes have been mainly discussed in the light of two points of view: whether eustatic highstand of sea level existed or not, and whether eustatic sea level has fluctuated or not. While extensive regional differences of sea-level heights, which have ever been elucidated, can be geophysically interpreted, various factors are responsible for local sea level heights. Hydro-isostasy, volcanic loading, tectonic movements and sea-temperature change etc. are considered to be responsible for the Holocene highstands and sea-level fall, which have been extensively recognized in the southern Cook islands. Studies on Holocene sea-level change provide fundamental data to discuss sea-level rise associated with global warming and its influence on coastal environments and people.

#### 1. はじめに

海岸環境の変化は海面の変化に大きな影響を受けている。ある海岸の海面は様々な要因で変化するので、海面の相対的な上昇・低下—相対的海面変化—は多様な要因の総和である(貝塚 1978)。要因の中には海面の上昇・低下のように地域的に一様なものもあれば、陸地の隆起・沈降など地域によって違うものもある。過去数万年の海面変化史の中でもっとも大きな影響を汎世界的に及ぼしたものは氷河の消長に関わる変化—氷河性海面変化—である。その変化規模は100m以上に及ぶ。その変化は、様々な自然環境の変化、生物や人類の移動・拡散に多大な影響を及ぼしてきた。さらに人類への影響という視点から見ると、これより小規模の海面変化も軽視することはできない。特に、大陸氷床が現在の規模にまで縮小した、つまり大局的には海面が現在付近に安定した過去数千年間の完新世中・後期は、こうした小規模な海面変化が海岸環境の変化や人々の生活に大きな影響を及ぼしてきたとみられる。温暖化に伴って予想されている海面上昇も海岸環境に多大な影響を及ぼすことが予想されている(海津・平井 2001)。

こうした小規模な海面変化は、周囲を海に囲まれた低平なサンゴ礁島からなる南太平洋の島々でも海岸環境の変化と人間活動に大きな影響を及ぼしてきた (ALLEN 1998, NUNN 2000a 2000b, DICKENSSON 2003)。この小論では、南太平洋のクック諸島でみられる海面変化・海岸変化のこれまでの研究を紹介し、温暖化に伴う海面上昇による海岸環境と人間活動への影響について自然史的な背景を考える。

## 2. 最終氷期最盛期以降の海面変化の研究小史

最終氷期最盛期以降におけるある地域の相対的海面変化を大きく支配した氷河性海面変化の軌跡は、大きく二つの問題を中心として論じられてきた (森脇 1978, 森脇 1995)。一つは海面が完新世において現在の海面より高い時期があったか否かという点であり、もう一つは海面変化曲線が上下変動したか平滑であったかという点である。

最初に高海面の存在を広く認めたのは DALY (1920) である。これ以後、サンゴ礁地域を中心として多くの離水した汀線が認められ、それらはデーリー汀線と呼ばれた。

1960年代になって海岸環境の変化の年代特定について、 $^{14}\text{C}$ 年代測定が多くなされるようになると、世界各地の海岸で旧海面の痕跡と年代が明らかになっていった。これを用いて、1960年代以降、多くの海面変化曲線が描かれてきた。高海面の存在の代表例が FAIRBRIDGE (1961) で、オーストラリアなど世界各地の旧海面資料を収集して、高海面の存在を認めた (図1)。一方、現在が完新世のもっとも高い時期とする報告の代表例が SHEPARD (1964) である (図1)。SHEPARD (1964) はオランダやアメリカ合衆国のテキサス、フロリダからの資料を基にしていた。どれが氷河性海面変化を反映しているかはこれ以後大きな論争の一つとなった (森脇 1978)。

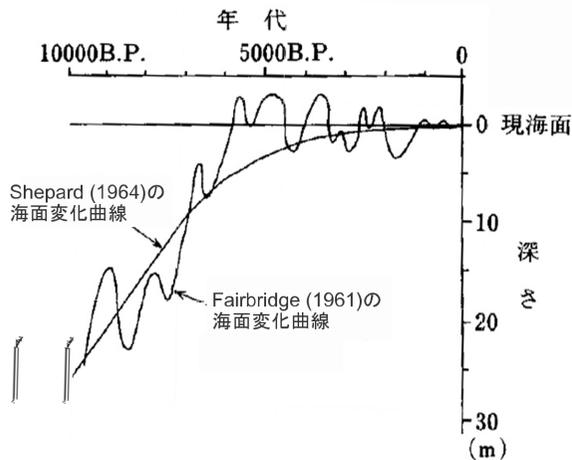


図1 1960年代の代表的な完新世海面変化曲線  
森脇 (1995) を改変

例えば、1960年代後半アメリカ合衆国の研究者たちは、南太平洋のカロリン・マーシャル諸島で大がかりなプロジェクトを組織して、こうした高海面を検証するための調査を行った結果、完新世において高海面の証拠は認められないとした (BLOOM 1970

CURRAY *et al.* 1970など)。このように汎世界的に高海面があったか否かの論争は1970年代初期までつづいた。

世界各地からの旧海面高度と年代資料が蓄積されてくると、完新世の旧海面には広範囲な地域性が認められるようになり、これに広域の変動が関わっているという新しい考えが提出された (WALCOTT 1972)。すなわち、WALCOTT (1972) は、氷床と海水の交換が地殻やマントルに与えるアイソスタティックな影響—氷河性アイソスタシーとハイドロアイソスタシー—を基に、3つの地域、すなわち①氷床によって覆われた区域、②その周辺区域、③それ以外の区域に区分した。①の旧氷床地域は氷河性アイソスタティック回復によって隆起し、②の区域は旧氷床地域の周辺地域で沈降し、そして③の区域は海水付加に伴って海岸がハイドロアイソスタティックな傾動隆起を生じるとした。FAIRBRIDGE (1961) が主として求めた高海面の資料は③の地域であったのに対し、SHEPARD (1964) は②の地域からの資料であったことが明らかとなった。WALCOTT (1972) 以後、海面変化に関するハイドロアイソスタシー、氷河性アイソスタシーの研究は進み、海面変化曲線の問題も検討された。CLARK *et al.* (1978), CLARK and LINGLE (1979) は氷河性アイソスタティック・ハイドロアイソスタティックな視点から地域区分し、予想される海面変化曲線を各地帯で復元した。この中で南太平洋はV帯に区分され、完新世中期の高海面を生じるような曲線が算出されている。それは、これまで南太平洋の野外調査で得られてきた高海面とも合う。

もう一つの論争点である海面の小変動が汎世界的に生じたか否かも、FAIRBRIDGE (1961), SHEPARD (1964) 以後、長く論争され、いまだ十分に解明されているとはいえない。FAIRBRIDGE (1961) は、完新世に振幅が数メートル以内の小変動が数回生じたことを認めた (図1)。しかし、世界各地からの資料から描かれた曲線であったため、低海水準の記録は沈降域—メキシコ湾沿岸など氷河性アイソスタティックな沈降域—、高海水準は隆起域の証拠を使っているなどの問題があった。一方、平滑な曲線を示すSHEPARD (1964) の曲線の証拠は旧氷床周辺にあたる合衆国南部の沈降域でとられたものである。その曲線は旧海面の高度・年代精度の問題から、それらの資料の平均的なものとして平滑とされた (図1)。

以後、広域な資料によって曲線を描くことから、テクトニックな環境などできるだけ同質な地域—狭い地域—での資料によって海面変化曲線が得られるようになってきた (太田ほか 1982, PIRAZZOLI 1991)。

晩氷期の海面上昇期の上下変動については、約1.1万年前 (Younger Dryas 期) の海面低下の存否が注目されている。Younger Dryas (YD) 期は晩氷期の温暖化の過程で急激な寒冷化が生じた時期で、来るべき温暖化に伴って参考にすべき現象の一つとして注目される。1970年代の研究では、この時期には海面は安定したか、または低下した曲線がよく描かれてきた (森脇 1978, 太田ほか 1982, PIAZZOLI 1991)。しかし、近年のサンゴ礁地域でえられた精度のよい海面変化曲線では、YD ころは上昇の速さは緩慢となったが、海面低下はしていないという (FAIRBANKS 1989)。しかし、この時期の海面の小変動についてはまだ未解決で、今後に残された研究課題である。

完新世中・後期—約7000 cal 年前以降—の海面安定期は現在付近に海面があったために、その痕跡を直接の野外観察で検出しやすいが、小変動が存在した場合、その振幅が微細なので見逃しやすいという問題もある。そのため、上下変動していない安定した海面変化を描くものもある一方、上下変動させるものもあり、やはり広域にまたはグロー

バルに海面が上下変動したか否かは異なる意見がある。日本の臨海沖積低地の研究では2000年ほど前の海面低下が広く認められてきた（太田ほか 1982）。更新世と最近の観測時代の長短二つの年代幅でみると、要因・規模は別として、海面は明らかに上下変動している。こうした点は、この二つの年代幅の間にある完新世においても海面の上下変動の存在を示唆している。

ある地域の旧海面の高さや相対的海面変化は、必ずしも海面変化やハイドロアイソスタティックな変動によってだけで説明されるものではない。プレート境界地域など変動帯でのローカルなテクトニック変動やクック諸島で議論されているような第四紀火山の形成の効果、さらに水温変化に伴う海面変動など他の要因も旧海面の高さや相対的海面変化に関わっている場合もある。海面変化がある地域の海岸環境の変化に与える影響を考えると、こうした相対的海面変化の諸要因を各地域で分析・総合する必要がある。

海岸環境の変化・人類の居住基盤の変化という点からみると、高海面や微細な上下変動のほかに、完新世前期の急激な海面上昇がいつどのように現在付近の高さに安定したかという点を考えることも重要である（森脇 1995, 森脇 2004a）。それは、この変化期に一般に臨海の低地が海の方へ進出を開始し、これが人類の低地への進出に影響を与えたからである（森脇 2004b）。一般的にはその時代はおよそ6000-7000 cal 年前である。しかし、地域の地殻変動や堆積・侵食条件などによりその形成開始の時期は微妙に異なる。

### 3. 南部クック諸島の海面変化

南部クック諸島の島々（図2）は、YONEKURA *et al.* (1988), WOODROFFE *et al.* (1990) などによって詳しい調査がなされた。それらによると、南部クック諸島の島々では一般に完新世において高海面が記録されている。WOODROFFE *et al.* (1990) によれば、クック諸島での完新世高海面の年代は5100~3400 <sup>14</sup>C 年前に入り、これより新しい時期には離水した証拠はないという。また、南部クックの Mangaia 島の海岸は、3400~2900

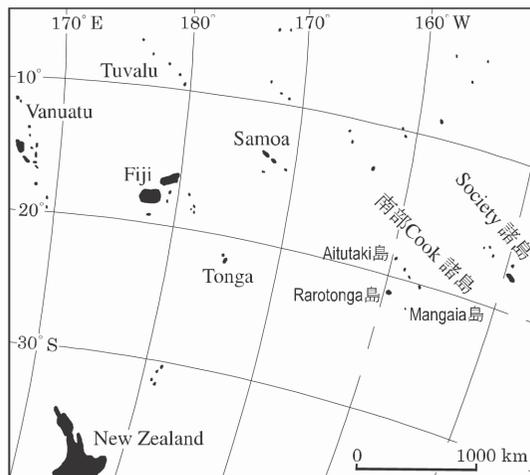


図2 南部 Cook 諸島の位置  
MORIWAKI *et al.* (2006) を改変

$^{14}\text{C}$ 年前に現海面または現海面下まで急激に離水し、これ以後はほぼ現在の海面に安定しているという (YONEKURA *et al.* 1988)。

加えて、こうした隆起には新しい火山島である Rarotonga 島と Aitutaki 島の負荷によって引き起こされるリソスフェアの flexure が周辺海域の島々への隆起に影響を与えているという見解がある (McNUTT and MENARD 1978, JARRARD and TURNER 1979, LAMBECK 1981, SPENCER *et al.* 1987)。WOODROFFE *et al.* (1990) によれば、この flexure が南部クック諸島の高海面高度の微妙な違いに影響している可能性があるという。しかし、これについて、YONEKURA *et al.* (1988) はまだ検討すべき問題があるという。

南部クック諸島ではおよそ3000年前以降の高海面の記録は得られていない。この時期に関する確実な証拠は Aitutaki 島で得られ、およそ+0.5mの高海面を示す離水サンゴが1500年前頃の年代を示す (YONEKURA *et al.* 1988)。最近、MORIWAKI *et al.* (2006) は南部クック諸島の Rarotonga 島の海岸低地とサンゴ礁の調査から次のような海面変化を得た。すなわち、約6500 cal 年前頃に現在の海面付近に上昇した海面はさらに徐々に上昇し、約4500 cal 年前頃にピークに達した。堤間湿地での調査から知られるその高さはおよそ海拔+1.5mほどで、ほぼこの高さを保って、約600 cal 年前頃までつづいた。600 cal 年前頃の高海面の痕跡は、更新世離水サンゴ礁に付着しているキクメイシサンゴで、それは明瞭な高海面の存在を示す。それ以後、海面は現在の海面にまで低下する。このように、約3000年前以降においてあまり見いだされてこなかった高海面が検出されている。Rarotonga 島で見いだされた約600 cal 年前の高海面を示すサンゴは貧弱で、このことがこれまで Rarotonga 島で高海面が見いだせなかった理由であろう。約3000年前以降の高海面については、上記したように Aitutaki 島でも認められており、今後、他の島でも精査することによってこの時期の高海面が検出できる可能性が高い。

上記のように南部クック諸島の完新世高海面は、Rarotonga 島と Aitutaki 島の負荷が周辺域のサンゴ礁からなる島々の隆起に関与したとする議論がなされてきた。Rarotonga 島で得られた高海面の存在は、こうした説明に再検討を加えることになろう。またここで得られた海面変化は一般に東ポリネシアで得られたもの (PIRAZZOLI 1991)

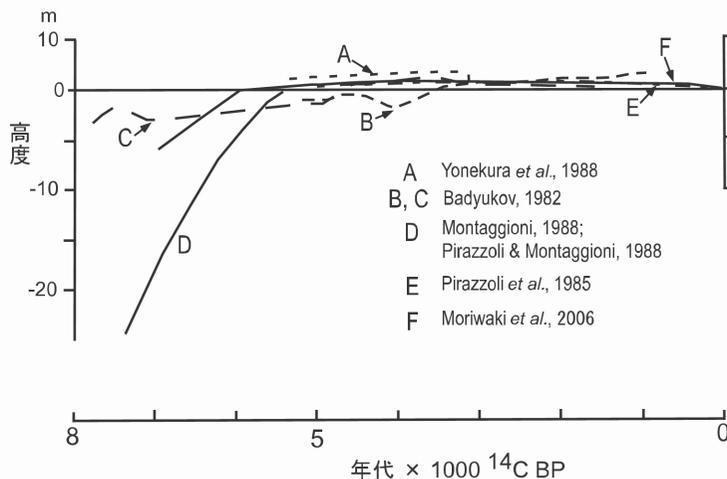


図3 東ポリネシアの完新世海面変化

簡略化した PIRAZZOLI (1991) の曲線に Rarotonga 島の曲線 (MORIWAKI *et al.*, 2006) を追加

と基本的には類似する(図3)。YONEKURA *et al.* (1988) は太平洋の完新世の高海面はハイδροアイソスタティック変動から算出したV帯(CLARK and LINGLE 1979)と調和しているとしている。このことは、Rarotonga島で得られた完新世の高海面にこうしたハイδροアイソスタティックな要因が関与していることを示唆する。

一方、600 cal 年前頃からの海面低下は、NUNN (2000a, 2000b) が南太平洋の島々で認めた海面低下の現象と類似する。NUNN (2000a) はこの時期の海面低下とこれによって引き起こされた海岸環境の変化が人類活動の変化—例えば、居住地の移動など—を引き起こしたことを認め、そうした現象はエルニーニョの発生頻度変化と調和しているという。Rarotonga島でこの時期以降の海面低下に伴うとみられる現象の一つは、低地の段丘化である。流域の大きい、比較的流量の多い河川は明瞭に低地を下刻している。今後、さらにこうした海面変化が海岸の環境変化にどのような影響を及ぼし、さらに当時の人々にどのように影響を与えたかの検討を行う必要がある。

#### 4. おわりに

東ポリネシア、南部クック諸島では完新世において一般に高海面が認められる。しかし、そうした高海面の期間や、現海面までの低下の過程には島によって違いが見られ、まだ十分に解明されているとはいえない。これまでの研究からはそれはハイδροアイソスタティックな変動や第四紀火山の負荷、島によってはテクトニックな変動、さらに海水温変化などが関与しているとみられる。さらに、南極・グリーンランドの氷河の微細な消長の影響など他の要因も考慮に入れておく必要がある。温暖化に伴う海面上昇が引き起こす海岸環境の変化とこれが人々の生活に与える影響を考える上で、こうした諸要因による微細な海面変化がこれまでの海岸環境にどのような影響を及ぼしてきたか、そして現在どのような海岸環境にあるかをという各島の海岸の特性を把握しておくことは重要であろう。

南部クック諸島の海面変化研究が示すように、過去1000年間の歴史時代の海面変化は、観測時代(過去およそ100年間)と地学的な時代(過去1000-10000年間)の海面変化と比べて、海面変化の振幅の微細さと年代精度などの問題があり、もっとも検出しにくい時期といえる。これは日本列島に関しても同様で、海面変化研究の中ではもっとも未解明の時代であるといえる。しかし、過去1000年間の相対的海面変化の軌跡を各地で解明し、これが及ぼした自然環境・人類への影響を明らかにしておくことは、温暖化による海面変化とその影響を考えるのに大きな判断材料を提供するだろう。

#### 引用文献

- ALLEN, M. S. 1998. Holocene sea-level change on Aitutaki, Cook Islands: Landscape change and human response. *Journal of Coastal Research*, 14, 10-22.
- BLOOM, A. L. 1970. Paludal stratigraphy of Truk, Ponape and Kusaie, Eastern Caroline Islands. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81, 1895-1904.
- CLARK, J. A., FARRELL, W. E. and PELTIER, W. R. 1978. Global changes in postglacial sea level : a numerical calculation. *Quaternary Research*, 9, 265-278.
- CLARK, J. A. and LINGLE, C. S. 1979. Predicted relative sea-level changes (18,000 years to present) caused by late-glacial retreat of the Antarctic ice sheet. *Quaternary Research*, 11,

- 279-298.
- CURRAY, J. R., SHEPARD, F. P. and VEEH, H. H. 1970. Late Quaternary sea-level studies in Micronesia: CARMARSEL Expedition, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81, 1865-1880.
- DALY, R.A. 1920. A recent world wide sinking of ocean-level. *Geological Magazine*, 57, 246-261.
- DICKINSON, W.R. 2003. Impact of mid-Holocene hydro-isostatic highstand in regional sea level on habitability of islands in Pacific Oceania. *Journal of Coastal Research*, 19, 489-502.
- FAIRBANKS, R. G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342, 637-642.
- JARRARD, R. D. and TURNER, D. L. 1979. Comments on, 'lithospheric flexure and uplifted atolls' by M. McNutt and H. W. MENARD. *Jour. Geophys. Res.* 84, 5691-5694.
- FAIRBRIDGE, R.W. 1961. Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 4, 99-185.
- 貝塚爽平 1978. 変動する第四紀の地球表面, 笠原・杉村編「変動する地球 I - 現在および第四紀」, 岩波講座地球科学10, 183-233.
- LAMBECK, K. 1981. Lithospheric response to volcanic loading in the southern Cook Islands. *Earth and Planetary Science letters*, 55, 482-496.
- McNUTT, M. and MENARD, H. W. 1978. Lithospheric flexure and uplifted atolls. *Jour. Geophys. Res.*, 83, 1206-1212.
- 森脇 広 1978. 完新世における海水準変動の諸問題 - 諸外国の例 - . 地理学評論, 51, 176-187.
- 森脇 広 1995. 人類の大移動を起こした海面の大変動, 講座「文明と環境」第7巻 町田 洋・速水 融 編, 人口・疫病・災害, 288p, 朝倉書店, 84-97.
- 森脇 広 2004a. 海面変化と考古学. 安田喜憲編「環境考古学ハンドブック」706p. 朝倉書店, 135-143.
- 森脇 広 2004b. 鹿児島湾奥における縄文海進最盛期以降の沖積低地の地形変化と人間活動. 日下雅義編「地形環境と歴史景観」, 246p, 古今書院, 59-66.
- MORIWAKI, H., CHIKAMORI, M., OKUNO, M. and NAKAMURA, T. 2006. Holocene changes in sea level and coastal environments on Rarotonga, Cook islands, South Pacific Ocean. *The Holocene*, 16, 839-848.
- NUNN, P.D. 2000a. Environmental catastrophe in the Pacific islands around A.D. 1300. *Geoarchaeology: An International Journal*, 15, 715-740.
- NUNN, P.D. 2000b. Illuminating sea-level fall around AD 1220-1510 (730-440 cal yr BP) in the Pacific islands: implications for environmental change and cultural transformation. *New Zealand Geographer*, 56, 46-54.
- 太田陽子・松島義章・森脇 広 1982. 日本における完新世海面変化に関する研究の現状と問題. 第四紀研究, 21, 133-143.
- PIRAZZOLI, P. A. 1991. *World atlas of Holocene sea-level changes*. Elsevier, 300pp.
- SHEPARD, F.P. 1964. Sea level changes in the past 6,000 years: possible archeological significance. *Science*, 163, 574-576.
- SPENCER, T., STODDART, D. R. and WOODROFFE, C. D. 1987. Island uplift and lithospheric

- flexure: observations and cautions from the South Pacific. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 63, 87-102.
- 海津正倫・平井幸弘編 2001. 海面上昇とアジアの海岸。古今書院, 190p.
- WALCOTT, R. I. 1972. Past sea levels, eustasy and deformation of the earth. *Quaternary Research*, 2, 1-14.
- WOODROFFE, C. D., STODDARD, D. R., SPENCER, T., SCOFFIN, T. P. and TUDHOPE, A. W. 1990. Holocene emergence in the Cook islands, South Pacific. *Coral Reefs*, 9, 31-39.
- YONEKURA, N., ISHII, T., SAITO, Y., MAEDA, Y., MATSUSHIMA, Y., MATSUMOTO, E. and KAYANNE, H. 1988. Holocene fringing reefs and sea-level changes in Mangaia island, southern Cook islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 68, 177-188.