

南海トラフ沿いに起きた歴史地震に伴う隆起を記録した 紀伊半島南部沿岸の生物遺骸群集

産業技術総合研究所 活断層研究センター* 宍倉 正展

地域 地盤 環境 研究所 地形地質環境グループ 越後 智雄

広島大学大学院 教育学研究科 前杢 英明

東北大学大学院 理学研究科 石山 達也

広島大学 教育学部 永井 亜沙香

Uplifted sessile assemblages on the southern coast of the Kii Peninsula,
related to historical earthquakes along the Nankai Trough

Masanobu SHISHIKURA,

Active Fault Research Center, AIST, Site C7 1-1-1 Higashi, Tsukuba
Ibaraki, 305-8567 Japan

Tomoo ECHIGO

Geo-Research Institute, Geology and Environment Geosciences Group,
4-3-2, Itachibori, Nishi-ku, Osaka 550-0012 Japan

Hideaki MAEMOKU

Hiroshima University, Graduate School of Education, 1-1-1, Kagamiyama,
Higashihiroshima 739-8524 Japan

Tatsuya ISHIYAMA

Tohoku University, Graduate School of Science, 6-3, Aramaki aza Aoba,
Aoba-ku, Sendai 980-8578 Japan

Asaka NAGAI

Hiroshima University, Graduate School of Education, 1-1-1, Kagamiyama,
Higashihiroshima 739-8524 Japan

To evaluate coseismic crustal movement associated with historical earthquakes generated along the Nankai Trough, we investigated the height distribution and ages of emerged sessile assemblages along the southern coast of the Kii Peninsula. Assemblages are divided into several levels below 4m in altitude. Based on radio-carbon dating result, the lowest two assemblages can be correlated to the 1361 Shohei earthquake and the 1707 Hoei earthquake (partly possible to the 1854 Ansei earthquake) respectively. The height distributions of these assemblages indicate that coseismic uplift of both earthquakes was similar in pattern but was larger than that by the 1946 Showa Nankai earthquake in amount.

Keywords: 1361 Shohei earthquake, 1707 Hoei earthquake, coseismic uplift, sessile assemblage, Kii peninsula

* 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央第 7
電子メール: m.shishikura@aist.go.jp

§1. はじめに

南海トラフ沿いで起きる海溝型地震は、上盤プレートの変形によって前弧海岸部の顕著な上下動が出現することが知られている。太平洋に突き出た御前崎、潮岬、室戸岬、足摺岬といった半島先端は地震時に隆起し、内陸へ向かって傾動して、半島の付け根は沈降する。例えば 1946 年昭和南海地震 (M7.9) では、地震前後の水準点の測量によってその変動量が明らかになっており、室戸半島では、室戸岬で 1.3m の隆起、高知で 1.2m の沈降を記録した [Geographical Survey Institute(1952)]. 紀伊半島では、潮岬(串本)で 0.7m の隆起が生じたが、隆起量は北北西に向かって減じていき、すさみ町口和深や新宮市鈴島で 0.1 m であった(図 1)[米倉(1968)].

歴史地震でも史料から同様の現象があったことが

知られている。1854 年安政南海地震 (M8.4) では、室戸半島は室戸岬で 1.2m 程度の隆起、高知で 1m 程度の沈降を生じた[河角(1956)]. 紀伊半島では潮岬が 1.5m 程度、雨島付近が 1m 程度それぞれ隆起、新宮付近がほぼ変動ゼロであったらしい(図 1)。

連動型と考えられている 1707 年宝永地震 (M8.6) では、通常より大きい津波を伴っていたことが知られている。地殻変動も室戸半島で安政や昭和の地震時よりも大きかったと推定されており、室戸岬で 2~2.5m の隆起、高知で 2m 程度の沈降を伴った[河角(1956)]. 一方、紀伊半島では具体的な隆起の記録は今のところ史料に見つかっていないので、宝永地震における地殻変動はよくわかっていない。さらに宝永地震より前の地震に関しても海岸の地変の記録は未発掘である。

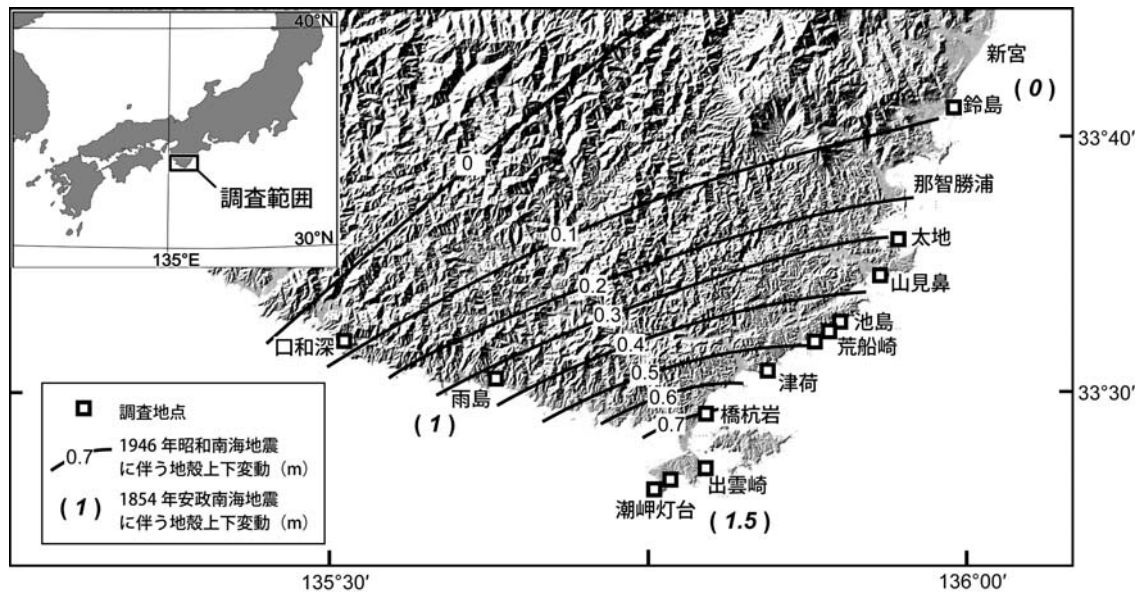


図 1 調査範囲、調査地点の位置と 1854 年安政南海地震時および 1946 年昭和南海地震時の地殻変動量。地形陰影は国土地理院発行 50m メッシュ数値地図を使用。1854 年安政南海地震時の地殻変動量は河角 (1956), 1946 年昭和南海地震時の地殻変動量は米倉 (1968) にそれぞれ基づく。

Figure 1 Index map and location of survey points, and amount of coseismic vertical displacement associated with the 1854 Ansei and the 1946 Showa Nankai earthquakes. Relief map is made by using 50 mesh digital elevation model published by Geographical Survey Institute. Amount of coseismic vertical displacements of the 1854 Ansei and the 1946 Showa Nankai earthquakes are from Kawasumi (1956) and Yonekura (1968) respectively.

このように南海トラフ沿いの歴史地震の地殻変動については、室戸半島では古文書等によっておおよそ知られているが、紀伊半島では未解明の部分も多く、地殻変動をより定量的、定性的に議論するためには、沿岸の地形や化石の情報が不可欠である。そこで本

研究では、紀伊半島南部沿岸に残された過去の地殻変動の痕跡を見つけ、その高度と年代を求め、歴史地震に伴う地殻変動の可能性について検討した。

§2. 研究手法

過去の海溝型地震に伴う地殻変動を知る手法とし

て一般的なのは、地震で隆起・沈降した海面の痕跡を見つけ、地震後の海面との高度差から推定する方法である。このとき用いられる海面の指標として、波食棚やノッチ、海食洞といった地形的指標や岩礁の固着生物や堆積物中の微化石といった生物指標などがある。紀伊半島南部沿岸には、岩石海岸が広く分布しているので、離水侵食地形や岩礁に固着した生物遺骸群集が指標として有効であり、本研究では特にヤッコカンザシ (*Pomatoleios Kraussii*) と呼ばれるゴカイ類に注目した (図 2)。

ヤッコカンザシは、中～低潮位付近の岩礁に石灰質の棲管を形成して固着する生物で、群集を構成し、その上限高度が平均海面にほぼ一致する[三浦・梶原(1983)]ことから、従来から、過去の海面の指標として用いられてきた[茅根・他(1987)など]。三浦半島では化石ヤッコカンザシと歴史地震との対応を検討し、1703 年元禄、1923 年大正関東地震の隆起の復元に成功している[宍倉・越後(2001)]。

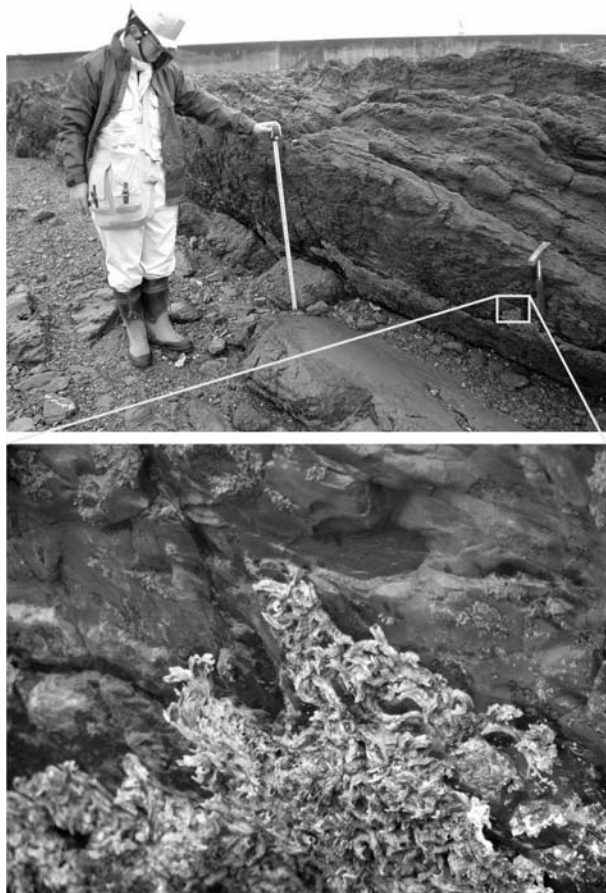


図 2 現成のヤッコカンザシ。鈴島にて干潮時に撮影
Figure 2 Present sessile assemblage of *Pomatoleios Kraussii*. Photo was taken at low tide in Suzushima.

紀伊半島では、これまで前杵・坪野(1990)が、化石ヤッコカンザシ群集の高度と年代に基づいて過去

約 6000 年間に 6 回の隆起イベントを推定している。しかし、AMS を用いた高精度の ^{14}C 年代による再評価はまだ行われておらず、歴史地震との対応も明確ではない。そこで現地調査から、前杵・坪野(1990)の報告した化石ヤッコカンザシ群集の年代の再検討と新たな群集の発見を行い、高度の測定と試料の採取を実施した。調査範囲は潮岬周辺を中心に、西はすさみ町口和深、東は新宮市鈴島までである。

高度測定は、トータルステーションおよびレーザー距離計を用いて海面からの高度を計測し、串本および浦神の驗潮記録を基に潮位補正を行った。本地域の潮位差は最大で 1.9m である。

採取した試料については AMS による ^{14}C 年代測定を株式会社パレオラボに依頼し、得られた測定値の暦年較正には、IntCal04[Reimer *et al.*(2004)]および Marine04[Hughen *et al.*(2004)]のデータセットを用いた。なお、海成試料の ^{14}C 年代には海洋リザーバー効果を考慮する必要があるが、その地域差を示す ΔR の値は、紀伊半島では Yoneda *et al.*(2000)に基づき-7とした(表 1)。

§3. 生物遺骸群集の高度と年代

化石ヤッコカンザシからなる生物遺骸群集は、潮岬付近から東側の海岸で保存が良く、多くの地点で観察された。一方、西側の海岸は雨島と口和深の 2 地点に限られた(図 1)。分布高度は標高 4m 以下で、複数のレベルに分帯出来る(図 3)。高位のものほど風化して古く、低位のものほど新鮮である。また中位から高位の群集では、場所により、古い化石に新しい化石が覆うように重なり、上下幅は最大 1.7m、厚さは最大約 20cm まで発達している。一方、低位の群集は、岩礁を薄く覆っていることが多く、上下幅は最大 0.6m 程度である。離水波食地形も各所で観察され、特に標高 2m 以下で離水波食棚が連続的に発達している。

各調査地点において、高位から低位まで群集ごとに採取した試料の ^{14}C 年代値は、高位のものほど古い。中～高位の群集は 1000～5000 年前頃の年代を示し、図 3 では白枠で中抜きのパバーで表した。これらは歴史地震との対応を検討することが難しいことから、本稿では詳しく述べない。中～高位の群集を含めた完新世の地震性地殻変動に関しては、今後年代測定値を充実させて別稿で論じる予定である。

低位の群集は年代値から 2 つに区分される。一つは潮岬周辺や荒船崎に分布する 13～15 世紀の群集である(図 3、黒枠で中抜きのパバー)。この群集はあまり保存が良くなく、ごく局所的に観察される。潮岬灯台近くの地点では、標高 1.4～1.5m に AD 1335-1439 を示す群集、橋杭岩でも標高 1.4m 付近に AD 1238-1321 を示す群集が見つかった。同じ年代の可能性のある群集が出雲崎では標高 1.6m 付近、荒船

表 1 ^{14}C 年代測定結果
Table 1 ^{14}C dating result

sample no.	location	altitude (m)	material	$\delta^{13}\text{C}$	conventional ^{14}C age (yr BP)	calendar age 1 σ ($\Delta R = -7$) (cal yr BP)	calendar age 2 σ ($\Delta R = -7$) (cal yr BP)	lab. Code
1	Shionomisaki	1.49	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	2.88 ± 0.11	955 ± 20	AD 1355-1370 (16.9%) AD 1382-1429 (83.1%)	AD 1335-1439	PLD-6823
2	Izumozaki	1.31	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	1.17 ± 0.29	570 ± 20	AD 1682-1729 (65.4%) AD 1736-1759 (20.2%) AD 1787-1803 (14.4%)	AD 1673-1813	PLD-8315
3	Izumozaki	1.05	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	1.57 ± 0.13	560 ± 20	AD 1689-1730 (56.9%) AD 1735-1760 (26.1%) AD 1787-1803 (17.0%)	AD 1679-1816	PLD-6100
4	Hashikuiwa	1.42	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	-0.59 ± 0.29	1105 ± 20	AD 1268-1306	AD 1238-1321	PLD-8316
5	Arafunezaki	0.61	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	2.00 ± 0.17	570 ± 20	AD 1684-1729 (64.1%) AD 1736-1759 (20.9%) AD 1787-1803 (15.0%)	AD 1676-1812	PLD-6101
6	Ikeshima	0.49	shell <i>Pomatoleios Kraussii</i>	3.10 ± 0.12	510 ± 20	AD 1721-1831	AD 1701-1891	PLD-6821

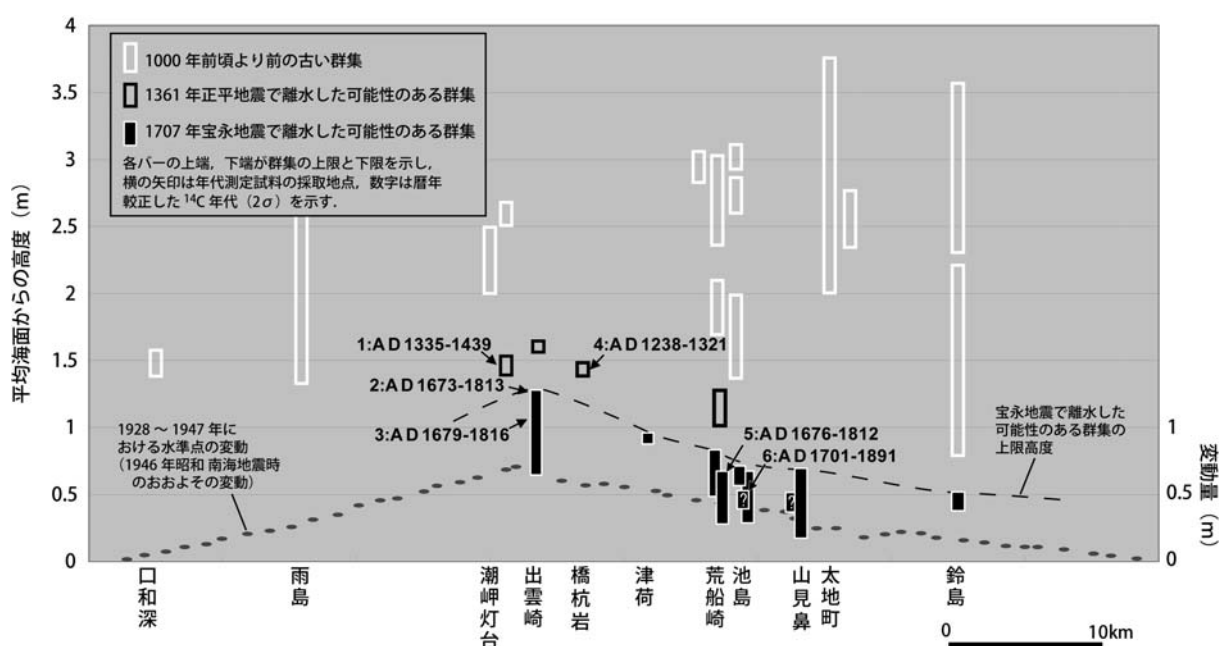


図 3 海岸沿いに投影した生物遺骸群集の高度分布と 1946 年昭和南海地震時の地殻上下変動。
Figure 3 Height distribution of uplifted sessile assemblage along the southern coast of the Kii Peninsula, and coseismic vertical displacement during the 1946 Showa Nankai earthquake.

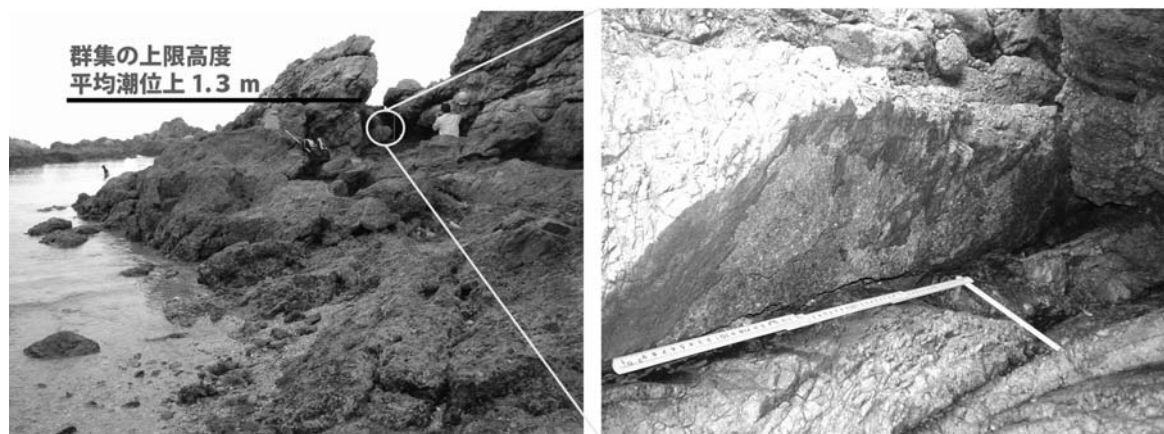


図 4 出雲崎における 17 世紀後半～19 世紀初め頃に隆起した生物遺骸群集。
Figure 4 Fossil of sessile assemblage uplifted during late 17th – early 19th century in Izumozaki.

崎では標高 1~1.2m にあり、北へ低くなっている。

もう一つは出雲崎から鈴島まで多くの地点で観察される 17 世紀後半~19 世紀初めの群集である(図 3, 黒いバー)。この群集はいずれの地点とも保存が良く、現生の群集とほぼ同様の状態で化石化したものが観察されることが多い。高度は出雲崎で最も高く、標高 0.7~1.3m に分布し(図 4)、群集の上限付近で AD 1673-1813 という年代を示し、群集の中部付近でもほぼ同じ AD 1676-1812 という年代が得られた。津荷では上限の標高が 0.9m と低くなるが年代は得られていない。荒船崎や池島では標高 0.3~0.8m の間に集中して群集が分布している。荒船崎では標高 0.7m 付近で AD 1679-1816、池島では標高 0.5m 付近の群集上限で AD 1701-1891 という年代を示す。最も北の鈴島では、群集上限の標高が 0.5m であり、出雲崎と比べて 0.8m も低く、半島南端で高く北で低いという傾向が読み取れる。

このような観察事実に従うと、経験的には低位群集よりさらに下位には、最近の地震で隆起した群集の付着保存が期待される。例えば昭和の地震に関連した群集は、離水後 60 年余りしか経過していないので、他の高度の群集に比べて最も保存が良いはずである。図 3 に昭和南海地震時の変動を示したが、当時生息していたヤッコカンザシは、いったんこの高度まで持ち上げられたはずで、その後の地震間の沈降により、現在はこの変動分布よりやや低い位置に化石が分布していると考えられる。しかし実際には、そのような群集はいずれの地点においても見つかっていない。

§4. 考察

4.1 歴史地震との対比

低位の群集の 2 つのレベルについて、それぞれ得られた年代を基に、南海トラフ沿いで記録のある歴史地震との対応について検討してみる。

まず標高 1~1.6m に分布する 13~15 世紀の群集についてみると、AD 1238~1439 という年代の範囲に 1361 年正平地震が発生している。前空・坪野(1990)においても、標高 1~2m に分布する群集について正平地震に対応する可能性を述べている。正平地震は、正平十六年六月二十四日(1361 年 8 月 3 日)に、いわゆる南海地震の震源域で発生したと推定されている[宇佐美(2003)など]が、近年、遺跡の液状化痕の調査から、東海・東南海地震の震源域も活動した可能性が指摘されている[寒川(2007)]。また、正平地震が 1707 年宝永地震と同様に連動型の巨大地震であった可能性も、大坂での津波の遡上範囲から論じられている[都司・行谷(2007)]。

次に、標高 0.3~1.3m に分布する 17~19 世紀の群集については、1707 年宝永地震と 1854 年安政地震の可能性がある。細かくみると出雲崎の AD 1673-

1813 や荒船崎の AD 1679-1816 という年代から見て、1707 年宝永地震に対比されると考えられる。一方、池島の標高 0.4~0.5m にある群集は、周辺の群集よりやや低く、年代は AD 1701-1891 で、宝永地震を含むが、むしろ 1854 年安政地震で離水した可能性がある。しかし、このほかに安政地震に対比されそうな群集は、高度分布からみて、山見鼻の標高 0.4~0.5m の群集のみである。

4.2 歴史地震に伴う紀伊半島の地殻変動

前節で低位群集の 2 つのレベルが、それぞれ正平地震と宝永地震に対比できる可能性を指摘した。また一部で安政地震時に離水した可能性のある群集も見つかっている。そこでこれらの地震時の地殻変動について考察する。

正平地震時では、土佐や阿波における津波被害や奈良や熊野での地震動被害、湯の峰温泉の湧出停止など、南海トラフ沿いの地震の特徴を示す現象が記録されているが、地盤の隆起、沈降に関する記述は今のところ史料に見つかっていない。今回、この地震で離水したと考えられる生物遺骸群集が発見されたことで、他の南海地震と同様に、紀伊半島南部が隆起した可能性が高い。発見した地点が少ないため、詳しい隆起パターンはわからないが、半島南端ほど大きく隆起し、昭和南海地震時と似たパターンであったと推定される。

宝永地震時においても、紀伊半島での顕著な地殻変動を記録した史料はまだみつからない。しかし、室戸半島など他の地域の地殻変動や、津波や地震動被害などから震源モデルが提唱されており[Ando(1975); 相田(1981)など]、そのモデルによれば紀伊半島南部が隆起していたことは想定されていた。今回、宝永地震の隆起の痕跡を検出したことで、それが実証された。宝永地震時の平均海面を示す生物遺骸群集の上限高度の分布は、半島南端の潮岬で高く、東海岸沿いに北へ低くなっている。このパターンは昭和南海地震時の隆起パターンに非常によく似ており、宝永地震が同様の変動パターンを伴っていたと考えられる。池島や山見鼻では、一部で安政地震の可能性のある群集が見つかったが、わずか 2 点のため、隆起パターンについては言及できない。

それぞれの地震について、正味の隆起量を推定することは難しい。例えば宝永地震以降、現在までのネットでの隆起量は、生物遺骸群集の上限高度から、潮岬で 1.3m になるが、地震間における沈降と安政・昭和の地震時の隆起の要素を考慮しなければ、宝永地震時の隆起量は推定できない。

しかしながら安政や昭和の地震による隆起の痕跡がほとんどなく、正平や宝永の地震に関連した群集のみがよく保存されているという事実は、両地震の隆起量が、そのほかの地震より大きかった可能性を示

唆する。すなわち隆起量が比較的小さい地震の場合、離水後も波食の影響を受ける高度にあるため、削剥されやすいが、隆起量が十分大きければ、波食の影響を受けにくい高度まで群集が離水するため、保存されやすいと解釈される。特に宝永地震は規模が大きかったことが知られており[宇佐美(2003)など]、紀伊半島の隆起量も安政や昭和の地震時に比べて大きかった可能性が高い。生物群集の保存状態からみて、同様に正平地震も他の地震に比べて隆起量が大きかった可能性がある。

ところで、地震間の沈降については、串本の驗潮記録から、昭和南海地震以降、現在まで平均 2.74mm/年の速度で沈んでいることが明らかになっている(国土地理院 HP を参考)。しかし、宝永地震で安政地震より大きく隆起していた場合、潮岬周辺では昭和と安政の隆起量がそれぞれ 0.7m, 1.5m と推定されていることから、宝永地震直前の海面の痕跡は、地震間の沈降を無視すれば標高 3.7m 以上の高度にあるはずである。しかし実際には標高 1.3m にあり、過去 300 年間で少なくとも 2.4m 以上は地震間に沈降したと考えられる。この場合、沈降速度は平均 8mm/年以上と見積もられ、最近の実測値と大きな違いがある。過去の非地震時の変動を検討する上で注目される現象である。

§5. まとめと今後の課題

本研究では、紀伊半島南部沿岸における生物遺骸群集の高度と年代を調査した。その結果、低位にある標高 1~1.4 m と 0.3~1.3 m の群集が歴史地震に伴う隆起で離水した可能性が指摘された。¹⁴C 年代からみて前者が 1361 年正平地震に対比され、後者は 1707 年宝永地震に対比できる。また一部で 1854 年安政地震の可能性のある群集も見つかった。いずれの群集とも上限高度の分布パターンは半島南端ほど高く、1946 年昭和南海地震時の変動パターンと似ている。宝永地震時の隆起量は昭和や安政の地震時より大きかった可能性があるが、地震間の沈降速度の評価に関して課題を残している。

今後、年代データの充実と、群集の成長過程の解明などから、高位の群集の調査結果と併せて慎重に検討し、紀伊半島における地震性地殻変動を復元していかなければならない。

謝辞 本稿は宮内崇裕氏の査読により改善されました。記して謝意を表します。

文献

相田勇, 1981, 東海道沖におこった歴史津波の数値実験, 地震研究所彙報, 56, 367-390.
Ando, M., 1975, Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the

Nankaki trough, *Tectonophysics*, 27, 119-140.
Geographical Survey Institute, 1952, Re-survey of the south-western part of Japan after the great Nankaido earthquake of 1946, *Bulletin of the Geographical Survey Institute*, 3, 31-118.
Hughen, K. A., Baillie, M. G. L., Bard, E., Beck, J. W., Bertrand, C. J. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C. B., Reimer, P. J., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C. E., 2004. Marine04 marine radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, *Radiocarbon*, 46, 1059-1086.
茅根創・山室真澄・松本英二, 1987, 房総半島南東岸における旧汀線の指標としてのヤッコカンザシ, 第四紀研究, 26, 47-57.
河角廣, 1956, 昭和二十一年十二月二十一日南海大地震当時及びその後に関した四国地方地盤変動の実態, 四国地方総合開発審議会, 3-16.
前杵英明・坪野賢一郎, 1990, 紀伊半島南部の完新世地殻変動, 地学雑誌, 99, 349-369.
三浦知之・梶原 武, 1983, カンザシゴカイ類の生態学的研究, 日本ベントス研究会誌, 25, 40-45.
Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C. J. H., Blackwell, P. G., Buck, C. E., Burr, G. S., Cutler, K. B., Damon, P. E., Edwards, R. L., Fairbanks, R. G., Friedrich, M., Guilderson, T. P., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C. B., Reimer, R. W., Remmele, S., Southon, J. R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F. W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C. E., 2004. IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP, *Radiocarbon*, 46, 1029-1058.
寒川旭, 2007, 地震の日本史, 中公新書, 268p.
宍倉正展・越後智雄, 2001, 1703 年元禄関東地震に伴う三浦半島南部の地殻上下変動—離水波食棚・生物遺骸の高度分布からみた検討—, 歴史地震, 17, 32-38.
都司嘉宣・行谷佑一, 2007, 連動型巨大地震としての宝永地震(1707), 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, T235, 010.
宇佐美龍夫, 2003, 最新版日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 605p.
Yoneda, M., Kitagawa, H., van der Plicht, J., Uchida, M., Tanaka, A., Uehiro, T., Shibata, Y., Morita, M., Ohno, T., 2000, Pre-bomb marine reservoir ages in the western north Pacific: preliminary result on Kyoto University collection, *Nucl. Instr. and Meth.*, B 172, 377-381.
米倉伸之, 1968, 紀伊半島南部の海岸段丘と地殻変動, 地学雑誌, 77, 1-23.