

鹿児島県喜界島陸産貝類の ^{14}C 濃度異常について

高橋秀一（静岡大学大学院理工学研究科）

和田秀樹（静岡大学理学部）

青木 浩（名古屋大学大学院理学研究科）

中村俊夫（名古屋大学年代測定資料研究センター）

1. はじめに

^{14}C 年代値を利用する場合には、測定試料が ^{14}C 年代法の原理に即した適した試料であるか否かの吟味が必要となる。というのも、 ^{14}C 年代は以下の仮定が成り立つとして、得られる年代であるからである。（1）大気中 ^{14}C 濃度が過去も現在も一定であったこと。（2）生きている生物体を構成している炭素の ^{14}C 濃度が大気中炭酸ガスの炭素の ^{14}C 濃度と等しいこと。（3）生物遺体に死後外部から炭素の付加がないことである。

しかし様々な試料において、これらの仮定を厳密には満たさない例は多い。それ故、もし測定試料が上記の ^{14}C 年代法の仮定を満たさないと考えられる場合、その効果が年代にどの程度影響するのかを定量的に見積もることは重要である。

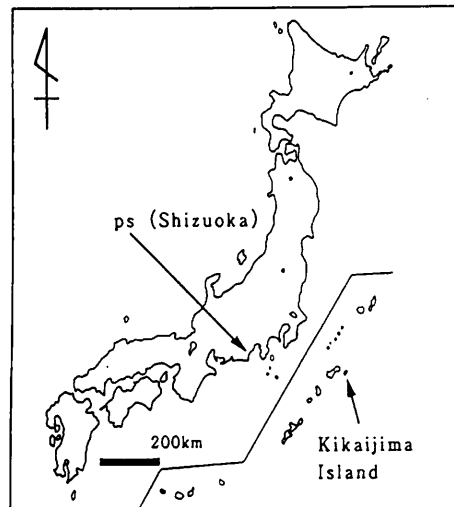
陸産貝類化石の ^{14}C 年代はよく古めに出ると言われており、このことを ^{14}C 年代異常と呼んでいる。例えば、

(Evin *et al.*, 1980) では同一層準から採取した殻化石と木炭、泥炭、骨などの ^{14}C 年代を比較して殻化石で約300年から1,200年古くなっていることを示している。他にも、Burleigh and Kerney (1982)、Goodfriend and Stipp (1983)、Goodfriend (1987) で ^{14}C 年代異常が報告されている。 ^{14}C 年代異常の原因は、陸産貝類が生きている時点の殻の ^{14}C 濃度が、当時の大気中炭酸ガスの ^{14}C 濃度より低いことが原因であると考えられる。つまり（2）の仮定が成立しない問題に相当する。

Goodfriend and Stipp (1983) はジャマイカ島の現生陸産貝類殻の ^{14}C 濃度分析から、石灰岩地域に生息するすべての種について ^{14}C 年代異常を報告している。殻の ^{14}C 濃度が低い原因は年代の古い石灰岩の炭素が殻の形成に利用されるためであると考えられる。石灰岩を摂取する陸産貝類がいることは野外での観察や飼育観察で知られている。またRubin *et al.*, (1963)では、 ^{14}C で標識した炭酸カルシウムを陸産貝類に摂取させるトレーサー実験から、石灰岩の炭素が殻の炭素の約10%程度を構成することが示されている。

鹿児島県大島郡喜界島はサンゴや有孔虫殻を多量に含む年代の古い石灰岩が陸上に豊富に存在している。喜界島では陸産貝類殻化石が風成砂丘堆積物中の古土壌層によく保存されており、この化石の ^{14}C 年代を使った研究が行われている。しかし、日本では陸産貝類の ^{14}C 年代異常についての研究は行われていない。

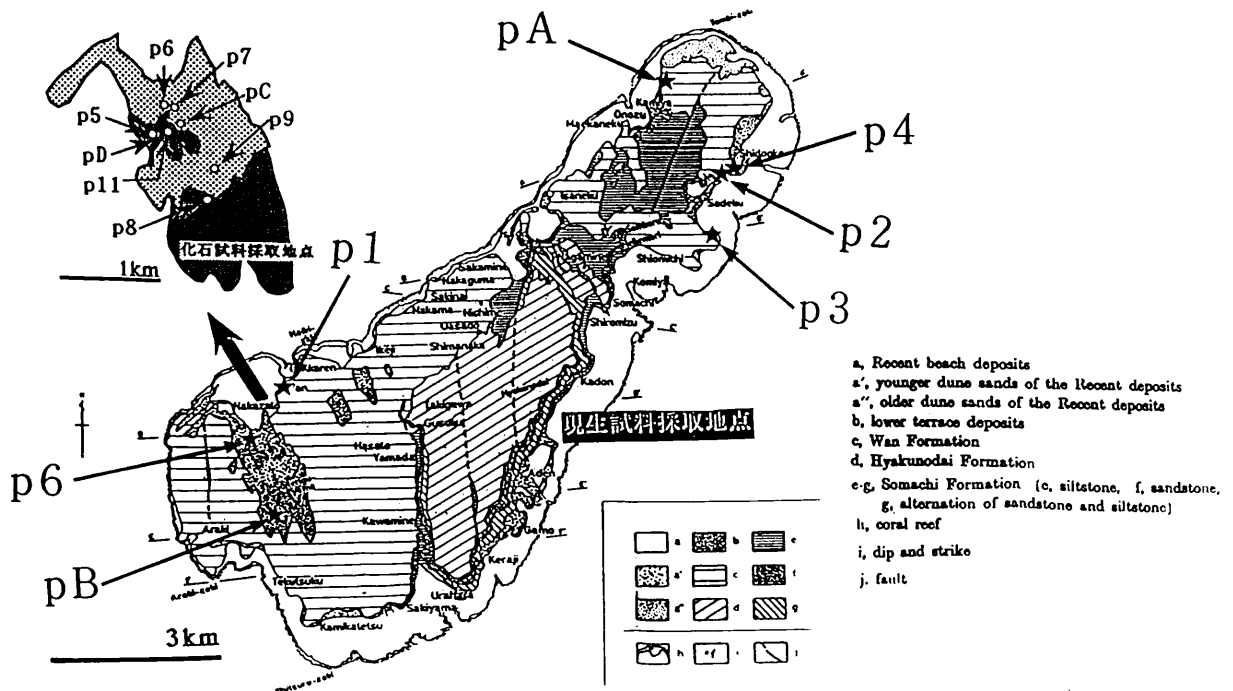
そこで本研究では、喜界島に生息する陸産貝類の ^{14}C 年代異常を種別に定量化することを目的とした。また、 ^{14}C 年代異常と石灰岩の寄与との関係、陸産貝類の軟体部と殻の炭素起源の違いについて報告する。最後に現生試料から見積もった ^{14}C 年代異常値を使って、風成砂丘堆積物から採取、測定した化石陸産貝類の ^{14}C 年代と補正後の ^{14}C 年代を報告する。



第1図：研究地域

2. 試料採取

^{14}C 年代異常の見積もりは、現生植物と現生陸産貝類殻の ^{14}C 濃度を比較することで行うため、試料は同じ年(1996年)に生きていた植物の葉と陸産貝類を採取した。試料採取は鹿児島県喜界島と静岡で行った(第1図)。静岡では、石灰岩の寄与の小さい環境に生息する陸産貝類を得るために行った。また喜界島の風成砂丘から陸産貝類化石を採取し測定を行った。第1表~第4表に試料の一覧を、また第2図に喜界島の試料採取地点を示した。測定に用いた陸産貝類は喜界島産の*Bradybaena phaeogramma*, *Cyclophorus kikaiensis*, *Acusta despecta kikaiensis*, *Coniglobus lewisii*, *Luchuena reticulata*と静岡産の*Acusta despecta sieboldiana*である。第7図に風成砂丘堆積物の柱状図と測定した ^{14}C 年代を示した。LSC no.はベンゼン法のcode no.(静岡大学)を、NUTA no.は加速器法のcode no.(名古屋大学)を示している。



第2図：喜界島地質図と試料採取地点(中川, 1969)に加筆

3. 方法

^{14}C 濃度の分析は、ベンゼン液体シンチレーション法(静岡大学)と加速器質量分析法(名古屋大学)を用いて行った。植物葉と陸産貝類化石はベンゼン法のみ、現生陸産貝類(殻、軟体部)はベンゼン法と加速器法の両方を用いた。加速器法では1個体以下、ベンゼン法では数十個体程度を測定に用いている(第1表~第4表)。現生の殻と軟体部の前処理は次のように行った。冷凍保存しておいた陸産貝類を洗浄し、110℃で乾燥させる。ピンセットで軟体部を抜き取った後、約0.1規定のNaOH溶液で煮沸処理を行い有機物を除去した。蒸留水で洗浄して110℃で乾燥させ乳鉢で粉末状にした。

軟体部は殻から抜き取ったものを、粉末状にし1規定のHCl溶液に浸した。反応が無いことを確かめ、蒸留水で洗浄して110℃で乾燥させた。

4. 結果

A. 現生陸産貝類殻の ^{14}C 濃度

第5表に現生陸産貝類殻の ^{14}C 濃度と $\delta^{13}\text{C}$ の測定結果を示した。methodのBNZ., AMSはそれぞれベンゼン法、加速器法を意味する。 ^{14}C 濃度は%modernで示した。%modernは標準試料の ^{14}C 放射能に対する試料の ^{14}C 放射能の比を百分率(%)で示したものである。また ^{14}C 年代値をyr.B.P.で示した。

第1表：現生陸産貝類の殻と軟体部の試料一覧（ベンゼン法）

land-snail	sample	species	採取地点	試料の種類	dead year	個体数	成長度	LSC no.
<i>B.p.</i>	p1-B.p.shell	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p1	殻	1996	21	mature	SURBS-45
<i>B.p.</i>	p3-B.p.shell	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p3	殻	1996	16	mature	SURBS-43
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-mat.	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p6	殻	1996	25	mature	SURBS-41
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-imm.	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p6	殻	1996	72	immature	SURBS-30
<i>B.p.</i>	pB-B.p.shell-d	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	pB	殻	≤1995	—	mature	SURBS-12
<i>C.k.</i>	p1-C.k.shell	<i>Cyclophorus kikaiensis</i>	p1	殻	1996	41	mature+	immature SURBS-44
<i>C.k.</i>	p3-C.k.shell	<i>Cyclophorus kikaiensis</i>	p3	殻	1996	30	mature	SURBS-46
<i>C.k.</i>	p4-C.k.shell	<i>Cyclophorus kikaiensis</i>	p4	殻	1996	30	mature	SURBS-40
<i>C.k.</i>	p1,3,4-C.k.body	<i>Cyclophorus kikaiensis</i>	p1,3,4	軟体部	1996	100	mature	SURBS-52
<i>A.d.k.</i>	p1-A.d.k.shell	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p1	殻	1996	78	mature+	immature SURBS-47
<i>C.l.</i>	pA-C.l.shell-d	<i>Coniglobus lewisii</i>	pA	殻	≤1995	—	mature	SURBS-15

第2表：喜界島現生植物葉の試料一覧（ベンゼン法）

leaf	sample	species	採取地点	試料の種類	採集年	LSC no.
<i>H.r.</i>	p1-H.r.leaves	<i>Hibiscus Rosasinensis</i>	p1	植物葉	1996	SURBS-49
<i>P.k.</i>	p3-P.k.leaves	<i>Piper kadzura</i>	p3	植物葉	1996	SURBS-28
<i>P.k.</i>	p4-P.k.leaves	<i>Piper kadzura</i>	p4	植物葉	1996	SURBS-29

第3表：現生陸産貝類の殻と軟体部の試料一覧（加速器質量分析法）

land-snail	sample	species	採取地点	試料の種類	dead year	個体数	成長度	NUTA no.
喜界島								
<i>A.d.k.</i>	p3-A.d.k.shell(ams-B)	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p3	殻	1996	1	immature	5635
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.shell(ams-G)	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p6	殻	1996	1	immature	5464
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.body(ams-G)	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p6	軟体部	1996	1	immature	5465
<i>L.r.</i>	p3-L.r.shell(ams-D)	<i>Luchuena reticulata</i>	p3	軟体部	1996	1	immature	5634
静岡								
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.shell(ams-l)	<i>Acusta despecta sieboldiana</i>	ps	殻	1996	1	immature	5613
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.body(ams-l)	<i>Acusta despecta sieboldiana</i>	ps	軟体部	1996	1	immature	5614

第4表：陸産貝類化石の試料一覧（ベンゼン法）

land-snail	sample	species	採取地点	試料の種類	個体数	成長度	LSC no.
<i>B.p.</i>	p6-B.p.fossil	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p6	殻化石	ca50	mature	SURBS-55
<i>B.p.</i>	KD-FLS-P	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	pD	殻化石	—	mature	SURBS-01
<i>C.h.</i>	KD-FLS-C	<i>Cyclophorus herklotsi</i>	pD	殻化石	—	mature	SURBS-02
<i>A.d.k.</i>	KC-L1-FLS-A	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	pC	殻化石	—	mature	SURBS-10
<i>A.d.k.</i>	KC-L2-FLS-A	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	pC	殻化石	—	mature	SURBS-11
<i>A.d.k.</i>	p7-A.d.k.fossil	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p7	殻化石	88	mature	SURBS-54

第5表：現生陸産貝類殻の ^{14}C 濃度

land-snail	sample	$^{14}\text{C} \pm 1\sigma$ (%modern)	method	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)/PDB
喜界島				
<i>B.p.</i>	p1-B.p.shell	101.9 \pm 1.2	BNZ.	-10.8
<i>B.p.</i>	p3-B.p.shell	109.2 \pm 1.4	BNZ.	-11.8
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-mat.	104.0 \pm 1.3	BNZ.	-10.9
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-imm.	98.8 \pm 1.2	BNZ.	-10.9
<i>B.p.</i>	pB-B.p.shell-d	106.9 \pm 0.8	BNZ.	-9.1
<i>C.k.</i>	p1-C.k.shell	111.8 \pm 1.3	BNZ.	-11.4
<i>C.k.</i>	p3-C.k.shell	115.9 \pm 1.5	BNZ.	-12.3
<i>C.k.</i>	p4-C.k.shell	115.0 \pm 1.5	BNZ.	-11.9
<i>A.d.k.</i>	p1-A.d.k.shell	103.2 \pm 1.4	BNZ.	-11.4
<i>A.d.k.</i>	p3-A.d.k.shell(ams-B)	108.4 \pm 0.8	AMS	-11.1
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.shell(ams-G)	108.0 \pm 1.0	AMS	-12.3
<i>C.l.</i>	pA-C.l.shell-d	121.3 \pm 1.2	BNZ.	-10(n.d.)
<i>L.r.</i>	p3-L.r.shell(ams-D)	96.3 \pm 0.8	AMS	-11.2
静岡				
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.shell(ams-l)	110.3 \pm 0.8	AMS	-13.5

第6表：喜界島の現生植物葉の ^{14}C 濃度

leaf	sample	$^{14}\text{C} \pm 1\sigma$ (%modern)	method	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)/PDB
<i>H.r.</i>	p1-H.r.leaves	114.3 \pm 1.3	BNZ.	-29.1
<i>P.k.</i>	p3-P.k.leaves	112.3 \pm 1.3	BNZ.	-30.6
<i>P.k.</i>	p4-P.k.leaves	111.4 \pm 1.2	BNZ.	-32.0
mean		112.7 \pm 1.5		

第7表：現生陸産貝類（殻と軟体部）の ^{14}C 濃度

land-snail	sample	$^{14}\text{C} \pm 1\sigma$ (%modern)	method	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)/PDB
喜界島				
<i>C.k.</i>	p1,3,4-C.k.body	113.1 \pm 1.8	BNZ.	-25.1
<i>C.k.</i>	p4-C.k.shell	115.0 \pm 1.5	BNZ.	-11.9
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.shell(ams-G)	108.0 \pm 1.0	AMS	-12.3
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.body(ams-G)	113.5 \pm 1.1	AMS	-26.4
静岡				
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.shell(ams-l)	110.3 \pm 0.8	AMS	-13.5
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.body(ams-l)	105.6 \pm 1.0	AMS	-26.3

B. 現生植物葉の¹⁴C濃度

第6表に1996年6月、7月に喜界島で採取した植物葉の¹⁴C濃度とδ¹³Cの測定結果を示した。3試料は測定誤差2σで一致し、平均は112.7±1.5% (1σ)である。

C. 殻と軟体部の¹⁴C濃度

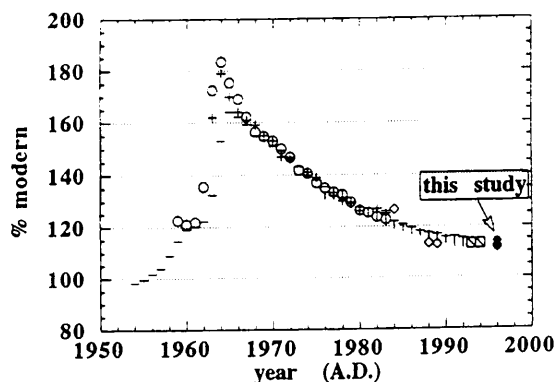
第7表に殻と軟体部の¹⁴C濃度とδ¹³Cの分析結果を示した。

5. 考察

A. 現生陸産貝類殻と現生植物葉の¹⁴C濃度

殻の¹⁴C濃度は2試料を除いてすべて100%以上の高い濃度を持っていた。殻(CaCO₃)は、主に代謝活動で生成する炭酸ガス起源の炭素を利用して形成されると考えられる(Campbell and Speeg, 1969)。従って殻の¹⁴C濃度は、陸産貝類が摂取した植物の¹⁴C濃度を強く反映すると考えられる。植物葉の¹⁴C濃度は平均112.7±1.5%であり、殻が100%以上の¹⁴C濃度を持っているのは、植物の高い¹⁴C濃度が原因であると考えられる。また植物の¹⁴C濃度が100%以上である原因は、ソースとなった大気中炭酸ガスの¹⁴C濃度が核実験の影響を受けて高いためであると考えられる。第3図は大気中炭酸ガスの¹⁴C濃度と植物の¹⁴C濃度を1950年代-1996年にかけて年々測定した結果である。

縦軸は%modern、横軸は西暦である。1950年代-1964に行われた大気圏核実験の影響で、¹⁴C濃度が最大200%程度まで増加し実験停止後は減少傾向にあることを示している。ここ数年間の減少率は小さく、依然1950年以前の¹⁴C濃度よりも十数%ほど高い値である。喜界島の植物も同様に1996年の時点で十数%ほど高い濃度を示している。¹⁴C年代法は、生きている生物体の¹⁴C濃度が大気中炭酸ガスの¹⁴C濃度と等しいとき得られる年代である。植物の¹⁴C濃度は大気中炭酸ガスの¹⁴C濃度と等しいと考えられるため、殻の¹⁴C濃度が同時期に生きていた植物の¹⁴C濃度と等しければ年代法の原理に合致しているといえる。もし殻の¹⁴C濃度が植物の¹⁴C濃度よりも低い場合は、殻の¹⁴C濃度初生値が低いことになるから¹⁴C年代異常があるということになる。そこで現生試料(1996年)の植物葉と陸産貝類殻の¹⁴C濃度を比較し¹⁴C年代異常の見積もりを行った。



- Vermont(大気) (Levin, I et al., 1994)
- Schauinsland(大気) (Levin, I et al., 1994)
- Wellington(大気) (Manning, M.R., and W.H. Melhuish, 1994)
- + 岐阜県(木曽松) (Nakamura et al., 1990)
- ◇ 名古屋市(松葉) (Nakamura et al., 1990)
- Iceland, Scotland (moss) (Shore, J.S. et al., 1995)
- ◆ 喜界島(leaves)
 - Hibiscus Rosasiensis* フッコウグ
 - Piper kadsura* フウトウカズラ

第3図：大気、植物の¹⁴C濃度経年変化

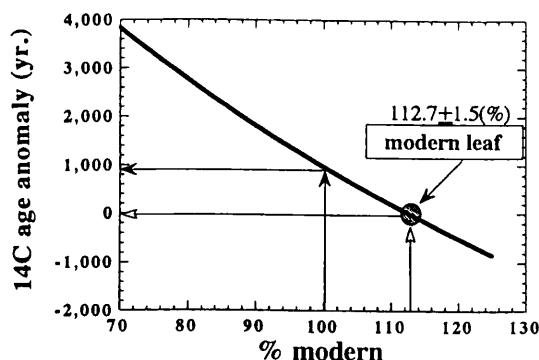
B. 陸産貝類殻の¹⁴C年代異常

第8表に計算した陸産貝類殻の¹⁴C年代異常値を示した。¹⁴C年代異常は現生陸産貝類殻の¹⁴C濃度と現生植物の¹⁴C濃度の割合から求めた。¹⁴C年代異常は次の計算式から見積もった。

$$\begin{aligned}
 {}^{14}\text{C年代異常} \quad t &= (-1/\lambda) \cdot \ln(N/N_0) \\
 + \text{err}(1\sigma) &= (-1/\lambda) \cdot \ln((N/N_0) \cdot (1-x)) - t \\
 - \text{err}(1\sigma) &= ((1/\lambda) \cdot \ln((N/N_0) \cdot (x-1)) + t) \cdot (-1)
 \end{aligned}$$

ここで

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \ln 2/T : T=5568\text{yr} \\
 x &= (N/N_0) \cdot \sqrt{((\pm N/N)^2 + (\pm N_0/N_0)^2)} \\
 N &= \% \text{modern}(\text{shell})
 \end{aligned}$$



第4図：¹⁴C濃度(%modern)と¹⁴C年代異常の関係曲線
-植物の¹⁴C濃度を112.7%としたときの曲線-

$$\pm N = \pm \% \text{modern}(\text{shell})$$

$$N_0 = \% \text{modern}(\text{modern leaf} : 112.7\%)$$

$$\pm N_0 = \% \text{modern}(\text{modern leaf} : 1.5\%)$$

Nに測定した殻の%modern, N₀に植物葉の%modernの値を代入する。式 $t = (-1/\lambda) \cdot \ln(N/N_0)$ をグラフ化したもの

のを第4図に示した。横軸は%modern, 縦軸は見積もった¹⁴C年代異常値である。例えば殻の¹⁴C濃度が、現生植物葉と同じ112.7%であれば¹⁴C年代異常値t=0と計算される。また殻の¹⁴C濃度が100%であれば¹⁴C年代異常値は960年と計算される。

第5図は喜界島の現生植物葉の¹⁴C濃度と陸産貝類の¹⁴C年代異常値を種ごとにまとめて示した図である。右側の縦軸は%modern (logスケール), 左側の縦軸は計算した¹⁴C年代異常値を示している。各測定値のエラーバーは%modernの測定誤差1σを示している。¹⁴C年代異常値の誤差1σは160年以下である。現生植物葉の¹⁴C濃度については3試料の平均(112.7%)と標準偏差1σ(±1.5%)の範囲を示している。*Bradybaena phaeogramma* ではすべての個体群において¹⁴C年代異常がみられ、平均は640±320 (yr.±1σ)であった。*Acusta despecta kikaiensis* においても¹⁴C年代異常がみられ、平均は450±220 (yr.±1σ)であった。*Luchuena reticulata* では最大値1260±130 (yr.±1σ)を示していた。*Cyclophorus kikaiensis* 平均は114.2±2.2%であり、植物葉の平均112.7±1.5%と標準偏差1σで一致し¹⁴C年代異常がない種であると考えられる。*Coniglibus lewisii* に関しては死殻試料であるため¹⁴C年代異常があるかどうかは確かめられなかった。

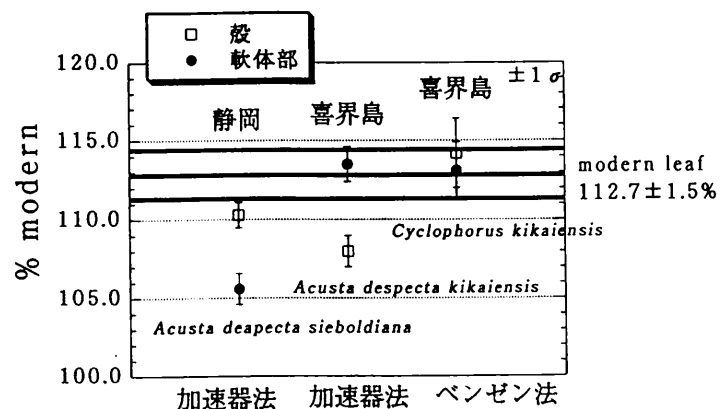
C. ¹⁴C年代異常と石灰岩の寄与の関係について

¹⁴C年代異常のばらつきを比較すると、¹⁴C年代異常のある*Bradybaena phaeogramma*と*Acusta despecta kikaiensis*ではばらつきが大きく、¹⁴C年代異常のない*Cyclophorus kikaiensis*ではばらつきが小さいという特徴があった。¹⁴C年代異常のない*Cyclophorus kikaiensis*で比較的ばらつきが小さい理由は、植物のみを摂取し石灰岩を取り込まないからだと考えられる。また¹⁴C年代異常のある種でのばらつきの主な原因は、石灰岩を取り込む割合が個体群によって異なること、また地点により石灰岩の¹⁴C濃度が異なっている可能性の2つが考えられる。

次に静岡産の*Acusta despecta sieboldiana*と喜界島産の*Acusta despecta kikaiensis*の¹⁴C年代異常を比較した。静岡産の*Acusta despecta sieboldiana*の¹⁴C年代異常は170±130、喜界島産の*Acusta despecta kikaiensis*の¹⁴C年代異常の平均は450±220 (yr.B.P.)であった。*Acusta despecta sieboldiana*と*Acusta despecta kikaiensis*が同種に分類されることから、この¹⁴C年代異常の違いは石灰岩の有無という生息環境が原因しているのかもしれない。

D. 殻と軟体部の¹⁴C濃度の比較

第6図は種ごとに殻と軟体部の¹⁴C濃度を比較したものである。¹⁴C年代異常のない*Cyclophorus kikaiensis*では殻と軟体部の¹⁴C濃度は誤差1σで一致したが、¹⁴C年代異常がみられた*Acusta despecta kikaiensis*では殻の¹⁴C濃度が約6%軟体部よりも低かった。この2種の軟体部の¹⁴C濃度は植物の¹⁴C濃度と誤差1σ内で一致し、軟体部の炭素起源は現生植物であると考えられる。また*Acusta despecta kikaiensis*で殻の¹⁴C濃度が約6%軟体部よりも低いことを考えると、石灰岩起源の炭素は殻だけに利用されている可能性が考えられる。しかし静岡の*Acusta despecta sieboldiana*では逆に、殻の¹⁴C濃度が軟体部よりも¹⁴C濃度が約

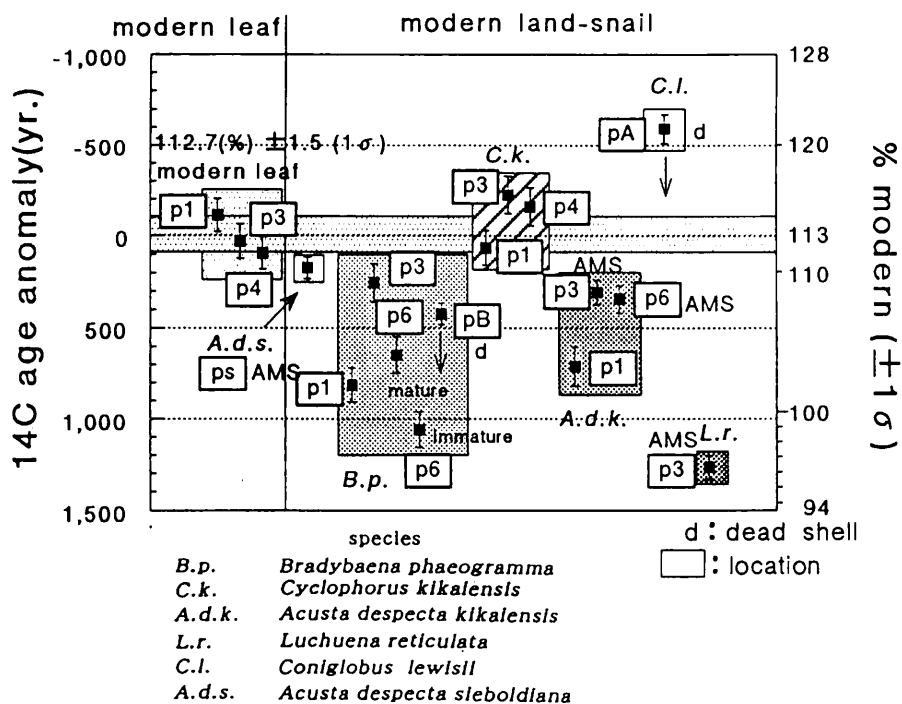


第6図：殻と軟体部、植物葉の¹⁴C濃度の比較

第27図：殻と軟体部、植物葉の¹⁴C濃度の比較

第8表：現生陸産貝類殻の計算される¹⁴C年代異常値

land-snail	sample	$^{14}\text{C} \pm 1\sigma$ (%modern)	estimated age anomaly (yr.)	method
喜界島				
<i>B.p.</i>	p1-B.p.shell	101.9 ± 1.2	810 ± 150	BNZ.
<i>B.p.</i>	p3-B.p.shell	109.2 ± 1.4	250 ± 150	BNZ.
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-mat.	104.0 ± 1.3	650 ± 150	BNZ.
<i>B.p.</i>	p6-B.p.shell-imm.	98.8 ± 1.2	1060 ± 150	BNZ.
<i>B.p.</i>	pB-B.p.shell-d	106.9 ± 0.8	420 ± 130	BNZ.
<i>C.k.</i>	p1-C.k.shell	111.8 ± 1.3	60 ± 150	BNZ.
<i>C.k.</i>	p3-C.k.shell	115.9 ± 1.5	-230 ± 160	BNZ.
<i>C.k.</i>	p4-C.k.shell	115.0 ± 1.5	-160 ± 160	BNZ.
<i>A.d.k.</i>	p1-A.d.k.shell	103.2 ± 1.4	710 ± 160	BNZ.
<i>A.d.k.</i>	p3-A.d.k.shell(ams-B)	108.4 ± 0.8	310 ± 130	AMS
<i>A.d.k.</i>	p6-A.d.k.shell(ams-G)	108.0 ± 1.0	340 ± 140	AMS
<i>C.l.</i>	pA-C.l.shell-d	121.3 ± 1.2	-590 ± 140	BNZ.
<i>L.r.</i>	p3-L.r.shell(ams-D)	96.3 ± 0.8	1260 ± 130	AMS
静岡				
<i>A.d.s.</i>	ps-A.d.s.shell(ams-I)	110.3 ± 0.8	170 ± 130	AMS



第5図：現生陸産貝類殻の¹⁴C年代異常

5%現生植物よりも高い結果であり、この原因についてはわからなかった

E. 陸産貝類化石の¹⁴C年代と¹⁴C年代異常の補正について

第9表に測定した化石陸産貝類の¹⁴C年代値の一覧を示した。また第7図に砂丘堆積物の柱状図と測定した陸産貝類化石の¹⁴C年代を示した。第9表は現生試料から見積もった¹⁴C年代異常値を種ごとにまとめたものである。この平均値を用いて陸産貝類化石の¹⁴C年代を補正した。補正後の¹⁴C年代値の一覧を第9表に示している。また第7図にも補正後の¹⁴C年代（下線）で示した。

a. 完新世の砂丘堆積物（p6, p7, pC）

補正前のSURBS-10とSURBS-54の¹⁴C年代はそれぞれ510±65, 830±105。補正後のSURBS-10とSURBS-54の¹⁴C年代はそれぞれ60±220, 380±220となった。補正後の¹⁴C年代は誤差1σ内で一致している。これは¹⁴C年代異常の平均の誤差が220年と大きいためである。つまり¹⁴C年代異常のばらつきを考慮するとSURBS-10とSURBS-54の年代は一致しているといえる。SURBS-11とSURBS-55では年代の一致は見られなかった。

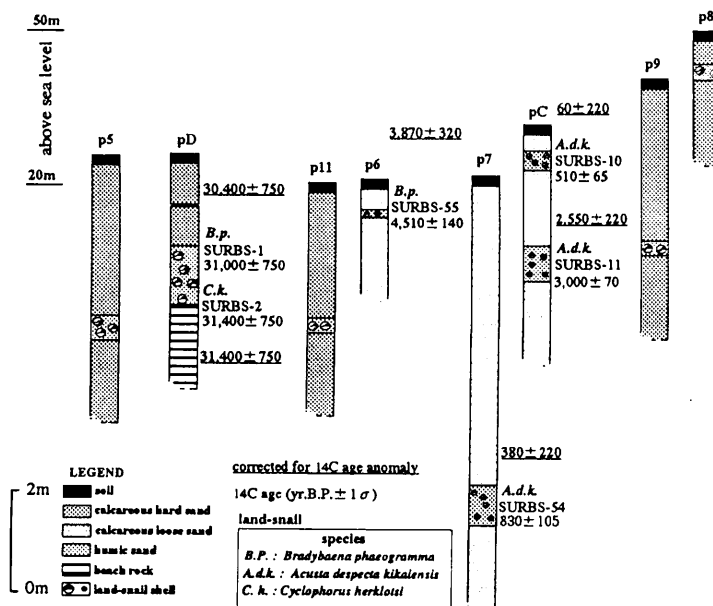
P7とPCの上位の層は同時代であり、P6とPCの下位の層は異なる時代の可能性が高い。風成砂丘において、化石層の保存は地形の影響などで砂丘全域で同時期におきなかった可能性が考えられる。

b. 更新世の砂丘堆積物（pD）

同一層で採取した2種の¹⁴C年代を測定した。*Bradybaena phaeogramma* (SURBS-1) で31,000±750, *Cyclophorus kikaiensis*で31,400±750 (SURBS-2) であった。この2つの年代差は約400年で誤差1σ内で一致している。補正後の¹⁴C年代はそれぞれ30,400±750 (SURBS-1), 31,400±750 (SURBS-2) であり、補正後の方が年代差が約1,000年と大きくなったが誤差1σ内で一致していた。更新世の陸産貝類化石では測定誤差が¹⁴C年代異常に比べて大きいので今後、¹⁴C年代異常の補正を考えなくても測定誤差内で妥当な年代を得られると考えられる。

第9表：陸産貝類化石の¹⁴C年代値（¹⁴C年代異常補正前と補正後）

LSC no.	species	採取地点	¹⁴ C age ± 1σ (yr.B.P.)	corrected for age anomaly ¹⁴ C age ± 1σ (yr.B.P.)
SURBS-55	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	p6	4,510 ± 140	3,870 ± 320
SURBS-01	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	pD	31,000 ± 750	30,400 ± 750
SURBS-02	<i>Cyclophorus herklotsi</i>	pD	31,400 ± 750	31,400 ± 750
SURBS-10	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	pC	510 ± 65	60 ± 220
SURBS-11	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	pC	3,000 ± 70	2,550 ± 220
SURBS-54	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	p7	830 ± 105	380 ± 220



第7図：喜界島風成砂丘の柱状図と化石陸産貝類の¹⁴C年代

6. まとめ

A. *Bradybaena phaeogramma*, *Acusta despecta kikaiensis*, *Luchuena reticulata*で¹⁴C年代異常が見られた(第10表)。¹⁴C年代異常は同一種内でもばらつきがあるため、化石陸産貝類の¹⁴C年代異常を補正する時には、この¹⁴C年代異常のばらつきも考慮する必要があると考えられる。

B. *Cyclophorus kikaiensis*では¹⁴C濃度異常が見られず、石灰岩地域でも¹⁴C年代異常のない種がいることがわかった。また¹⁴C年代異常がない*Cyclophorus kikaiensis*は前鰓亜綱、他の年代異常が見られた種は有肺亜綱に分類されている(第10表)。このことは生物学的(特に殻形成のメカニズムにおいて)に興味深いといえる。

第10表：喜界島陸産貝類の¹⁴C年代異常値のまとめ

land-snail	species	¹⁴ C年代異常 (yr.)	平均値±1σ (yr.)	¹⁴ C年代異常の有無	分類
B.p.	<i>Bradybaena phaeogramma</i>	250~1060	640±320	有り	有肺亜綱
C.k.	<i>Cyclophorus kikaiensis</i>	-230~60	-110±150	無し	前鰓亜綱
A.d.k.	<i>Acusta despecta kikaiensis</i>	310~710	450±220	有り	有肺亜綱
C.l.	<i>Coniglobus lewisii</i>	>-590	-	-	有肺亜綱
L.r.	<i>Luchuena reticulata</i>	1260	-	有り	有肺亜綱

謝辞

静岡大学理学部の千葉聡博士には喜界島における陸産貝類の試料採集に関してご指導をいただき、本研究に関する有益なご助言をいただいた。静岡大学理学部の加藤一浩、小田光記、水谷一義、佐藤岳、鈴木将之、宮平こずえ、大阪市立大学のM. Satish-Kumarの各氏には、炭素同位体比を測定していただいた。静岡大学理学部の福原達雄氏にはベンゼン合成に関してご指導いただいた。

以上の方々に謹んで感謝いたします。

引用文献

Burleigh,R.,Kerney,M.P.,1982 :Some Chronological implications of a fossil molluscan assemblage from a neolithic site at Brook,Kent,England. journal of Archaeological Science,9,29-38.

Campbell,J.W.,Jun,K.V.,1969 :Ammonia and biological deposition of calcium carbonate.Nature,224,725-726.

Evin,J.,Marechal.,Pachiaudi,C.and PuisseGur,J.J.,1980 :Condition involved in dating terrestrial shells.Radiocarbon,22,545-555.

Goodfriend,G.A.,Stipp,J.J.,1983 :Limestone and the problem of radiocarbon dating of

- land-snail shell carbonate. *Geology*, 11, 575-577.
- Goodfriend, G.A., 1987 : Radiocarbon age anomalies in shell carbonate of land-snails from semi-arid areas. *Radiocarbon*, 29, 159-167.
- Levin, I., Kromer, B., Schoch, H., Bruns, M., Munnich, M., Berdau, D., Vogel, J. and Munnich K., 1994 : Atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ record from sites in Central Europe. A compendium of data on global change, 203-222.
- 中川久夫, 1969 : 奄美群島, 徳之島, 沖之永良部島, 与論島, 喜界島の地質 (2) . 東北大学地質古生物学教室研究報告, 68, 1-17.
- Nakamura, T., Nakai, N. and Furukawa, M., 1990 : Techniques of Tandem Accelerator Mass Spectrometry and their applications to ^{14}C measurements. The 2nd international symposium on advanced nuclear energy research. 596-601.
- Shore, J.S., Cook, G.T., 1995 : The ^{14}C content of modern vegetation samples from the flanks of the Katla Volcano, Southern Iceland, *Radiocarbon*. 37, 525-529.
- Manning, M.R., Melhuish, W.H., 1994 : Atmospheric $\Delta^{14}\text{C}$ record from Wellington. A compendium of data on global change, 193-202.
- Rubin, M., Likins, R.C., and Berry, E.G., 1963 : On the Validity of Radiocarbon dates from snail shells. *Journal of Geology*, 71, 84-89.

**¹⁴C concentration anomaly of land-snail
for ¹⁴C age determination in Kikai Island, Kagoshima Prefecture,
south west Japan**

Syuichi Takahashi¹, Hideki Wada², Hiroshi Aoki³ and Toshio Nakamura⁴

¹ Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

² Faculty of Science, Shizuoka University

³ Graduate School of Science, Nagoya University

⁴ Dating and Materials Research Center, Nagoya University

Abstract

In order to estimate the ¹⁴C age anomaly of land-snail shells in Kikai Island, ¹⁴C concentration of modern shells and plant leaves were analyzed.

The ¹⁴C analyses were carried out by on Benzene-Liquid Scintillation method for ordinary amount of samples and Accelerator Mass Spectrometry (AMS) method for small scale of samples.

Modern leaves of two species were analyzed to estimate the ¹⁴C concentration of the atmosphere. The percentage of modern ¹⁴C concentration of leaves in the range of were from 114.3% to 112.3%, with an average of 112.7% with respect to the pre-bomb level. This value is consistent with the decreasing activity of the ¹⁴C concentration of the atmosphere. The percentage of modern ¹⁴C concentration of modern land-snail shells were variable in a range from 98.8% to 109.2% , from 111.8% to 115.9% ,from 103.2% to 108.4% and 96.3% .

¹⁴C age anomaly for two land-snail shells were estimated from the difference of the percentage of modern ¹⁴C concentration between modern leaves and modern shells. ¹⁴C age anomaly for *Bradybaena phaeogramma* were in a wide range of 250-1060yr. with average of $640 \pm 320(\text{yr.} \pm 1 \sigma)$, -230-60 yr. with average of $-110 \pm 150(\text{yr.} \pm 1 \sigma)$ for *Cyclophorus kikaiensis* , 310-710yr. with average of $450 \pm 220(\text{yr.} \pm \sigma)$ for *Acusta despecta kikaiensis* , 1260 yr. for *Luchuena reticulata* .

The variation in ¹⁴C age anomaly of *Bradybaena phaeogramma* and *Acusta despecta kikaiensis* shells may be due to their ingestion of dead carbon derived from the substrate of limestone.

I could not detect the ¹⁴C age anomaly of *Cyclophorus kikaiensis* shells. It is interesting for biology that *Prosobramchia*, *Cyclophorus kikaiensis* shows no ¹⁴C age anomaly, but other species belong to Pulmonata show ¹⁴C age anomaly.