

四国の下部更新統に認められる氷食礫とその地質学的意義

鹿島 愛彦

On the Glacial gravels from the Lower Pleistocene in Shikoku Island and their Geological Significance

Naruhiko KASHIMA

要旨

四国島に分布する段丘堆積物及び下部更新統の、愛媛県(八倉層・利山層・鳥ノ子層・内子層・大洲層・下畑野川層・一本松層)、香川県(焼尾層)、徳島県(土柱層)、高知県(六本松層)から氷食礫を発見した。氷食礫の判定基準はその形態のみを基準としているが、融氷流による氷食礫の運搬、堆積物の形成過程の解明が必要である。現在、氷食礫の供給源を示唆する、石鎚山系の「安山岩礫」、東赤石山周辺よりの「高度変成岩礫」、四国内帯を支持する「花崗岩礫」の存在が明らかになっているが、前期更新世当時の四国の地形・気候・雪線高度などの氷河環境については今後の検討が必要である。

キーワード：氷食礫、下部更新統、四国、氷河作用

[大阪経済法科大学地域総合研究所紀要 第2巻第1号][*Regional Research Institute(RRI) Osaka University of Economic and Law, Vol.2 (2010), 1-16pp*]

1. はじめに

日本の最終氷河期における氷河作用については、日本アルプスや日高山脈において議論されてきており、新期と古期の主として2回の氷河作用の跡が認められ、北アルプスの新期・古期の二つの氷河作用の時期は2万年前頃、6～4万年前頃の二つの亜氷期に対応し、さらに古期とされるものの中には約11～10万年前頃のもの、更に最終氷期より前の氷期に相当するものが含まれていると考えられている(遠藤、1993)¹⁾。

四国地方について見ると、最終氷期頃の瀬戸内海は海水面が現在よりも100m以上低くアジア大陸と陸続きとなっており、瀬戸内海はナウマン象などの生息する平野部を構成しており、

備讃諸島付近を分水界とする河川が東方及び西方に流出していたと考えられている。また四国山地においては、最終氷河期の氷河作用の跡は確認されていないが、周氷河現象は認められている。

岡本(1963)²⁾は、中国地方の広島県御調郡久井町・三原市高坂町付近に分布する山砂利層、廿日市市極楽寺山礫層、尾道市尾道礫層などを調査し、ここに氷期の明瞭な低位氷河遺跡が海拔260m以上に分布していた事実と、高山系寒帯系植物が日本の平地に繁茂していた事実を記載・発表した。

しかし、この論文については、「日本中部・西日本の0～260m(後者は中国地方で氷河の存在していたという下限の高度)に雪線を考えるばあい、今日との気温差はどうか。氷期の降水量をどうみつもるかが問題だが、予想される氷期の大気循環のパターンからみて、現在より小さい気温減率を仮定する必要はないので、平均をとって、20℃、無理をしても12℃の低下を考えないと、低地で氷河が維持される条件がでてこない。ところで、日本や中国で低位置氷河説が唱えられているのは、もちろんWürm氷期ではなく、それ以前のRiss氷期、Mindel氷期というものであろう。もしそうだとすると、日本の低地はほとんど氷河周辺気候下に存在したことになる、Riss、Mindel氷期頃の堆積物中から、cryoturbation(融凍攪拌作用：鹿島注)のおびただしい証拠をみいだしてよい。(中略)日本中部からそうした例はほとんど知られていない。こういう証拠は、おびただしく出現しないと、低位置氷河の存在とは折り合わない。(中略)自然界では、厳密におなじではないとしても、氷河地形、cryoturbationを示す断面形態のようなものは、他の原因でもできあがる。形態のみの議論は主観的になりやすい弱さがある。」とする意見がある(小林、1968)³⁾。

筆者は、2004年に愛媛県松山平野に分布する八倉層(標高約265m～50m付近)から氷食礫を発見することが出来た(鹿島、2004)⁴⁾。それ以後、松山平野周辺・大洲市周辺・宇和島市～愛南町付近の下部更新統にも氷食礫の存在を認め、引き続き四国島内の下部更新統についての調査を実行中であるが(図1)、今回現在までの四国島内の調査結果について報告し、先四国山地の氷河の存在について考察する。諸先輩のご講評をお願いする次第である。

ちなみに、筆者のこれまでに観察した現世の氷河・氷河堆積物には次のものがある。

①Canadian Rockies(Banff～Jasper間)のColumbia Icefieldなどの氷河地形(International Union for Quaternary Research : XII International Congress, 1987 ; Excursion Guide Book C-16 Quaternary of the south and central Rocky Mountains and foothills of Alberta and British Columbia(Dormaar, 1987)⁶⁾による)・Sunshine Trail(Rock Isle Lake Trail)・Sulphur Mountain.

②Ottawa 周辺の氷河地形と堆積物(International Union for Quaternary Research : XII International Congress, 1987 ; Day Excursion G(Glaciomarine Fans built within and Marginal to the Champlain Sea(Sharpe, 1987)⁷⁾).

③Australia, Tasumania 島に分布する現世のMorain及びTasumania島・Table CapeのFossil Bulff付近に分布する二畳系のWynyard Tillite.

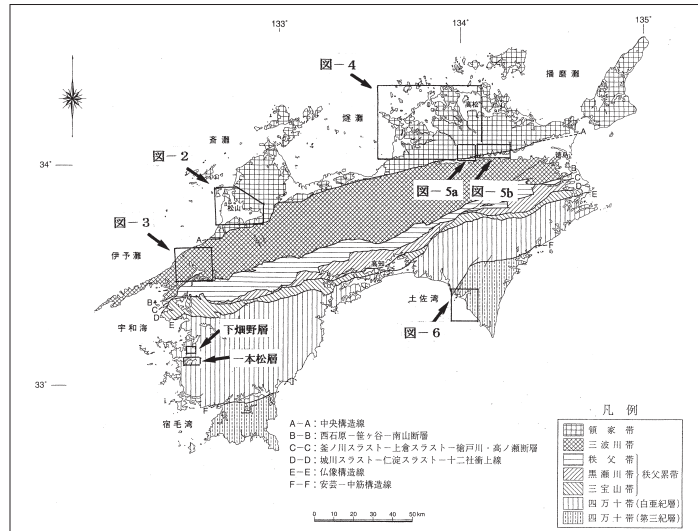


図1 四国島内の調査地域索引図(四国土木地質図編集委員会(1998)⁵から改作した)

Fig. 1 Geographical location of the study sites in Shikoku Island
(Adapted from Editorial Committee of Engineering geological map of Shikoku, 1998)⁵.

2. 氷食礫の判定基準

先に述べたように「自然界では、厳密におなじではないとしても、氷河地形、cryoturbationを示す断面形態のようなものは、他の原因でもできあがる。形態のみの議論は主観的になりやすい弱さがある。」とされるが、筆者の用いた氷食礫の判定基準は、現状ではその形態のみを基準としているが、Wentworth, C.K.(1936 a, b)^{8)・9)}・Pettijohn, E.J.(1975)¹⁰⁾・李(1982)¹¹⁾・王ほか(1988)¹²⁾及びAtkins(2004)¹³⁾の記載を参照して、次の諸点に注目した。

- ①Grain outline 多角形平板状礫・計測値(礫の長径/幅 ≤ 1.4 ・礫の長径/厚さ ≤ 2.25)
- ②Smooth rounded margin 稜角円磨礫
- ③Snub-scars 礫縁が内側に摩耗され外縁が獅子鼻状を呈する礫(写真1)
- ④Hump form(Flatiron) 丸い丘状をなす礫(火熨斗状礫)
- ⑤Soled face 窪み(足裏状)を持つ礫
- ⑥Faceting 光沢のある小面(磨面)・光滑の磨光面を持つ礫
- ⑦Striation 擦痕を持つ礫(写真2)
- ⑧Grooves 擦溝を持つ礫
- ⑨Press-pit 圧孔・圧縮凹面を持つ礫



写真1 利山層より産出した氷食礫(Snub-scars)

Poto.1 Photographs showing the Glacial gravels(Snub-scars) of the Riyama Formation.

⑩Press-fissure 圧裂を受けた礫

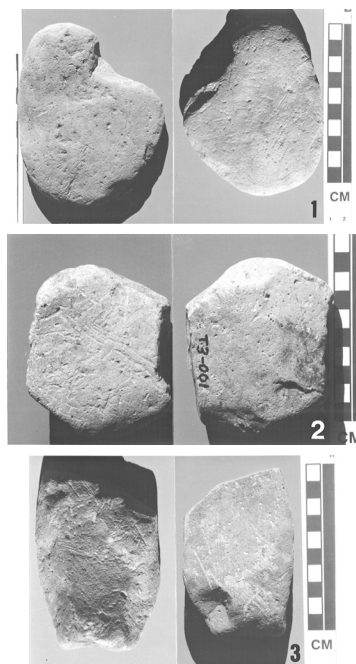


写真2 八倉層より産出した氷食礫(Striation)

Poto.2 Photographs showing the Glacial gravels(Striation) of the Yakura Formation.

3. 四国島、下部更新統の氷食礫

A. 愛媛県

A-1. 松山平野周辺

1. 八倉(やくら)層(建設省四国建設局松山工事事務所、1975)¹⁴⁾(図2)

松山平野の南部、重信川と砥部川合流地点南西部の伊予市・砥部町にまたがる八倉・田ノ浦山地部の標高約50m～265m付近に分布する。淘汰の悪い礫層よりなるが、その構成礫は良く円磨されており、砂・シルト・粘土・テフラの各薄層を挟在する。礫種はほとんどが安山岩・凝灰岩であり、砂岩・頁岩・花崗岩類、稀に結晶片岩が混在する。碎屑物は主として南～南東から供給されており全層厚は100m以上と推定され、扇状地堆積物と判断される。堆積時代は第四紀前期と考えられる(高橋ほか、1984)¹⁵⁾。Saito(1962)¹⁶⁾は郡中層の最上位層として焼尾峠層に対比している。また、満塩ほか(2000)¹⁷⁾は前期更新世の先段丘堆積物であると述べている。

本層より採取した氷食礫の長径は29cm～5 cm、岩種は安山岩が圧倒的に多く、砂岩・緑色片岩が認められる。光滑磨光面礫・三～五角形平板状礫・Snub-scars礫・圧裂礫・圧孔礫・擦痕礫・Soled face礫が認められる(鹿島、2004)⁴⁾。

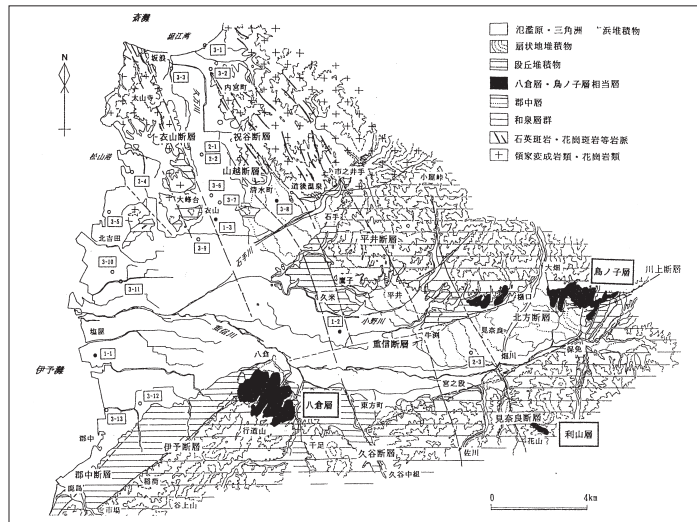


図2 松山平野に分布する八倉層・利山層・鳥ノ子層位置図

Fig. 2 Location map of the Yakura Formation, the Riyama Formation and the Torinoko Formation in the Matsuyama Plain.

2. 利山(りやま)層(鹿島、2004)⁴⁾。

東温市重信町上林付近に分布する従来久万層群明神層とされてきたものの一部に相当する。標高約480m付近の林道沿いに分布する礫層を[利山層]として分離した。礫種はほとんどが砂岩であるが一部に泥岩・安山岩を伴っている。地質時代についての資料はないが、久万層群礫岩とは明らかに固結度に相異が認められる。

採取した氷食礫の長径は、15cm～7 cm、岩種は砂岩が多く安山岩・泥岩も認められる。四～六角形平板状礫・Snub-scars礫・擦痕礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。

3. 鳥の子(とりのこ)層(長谷川、1992)¹⁸⁾。

松山平野の東端部北側の、東温市鳥の子を模式地とする。鳥の子～樋口付近の標高400m～200mに分布する。本層は北側山地から供給された和泉砂岩層の砂岩を主体とする碎屑物で層厚は300mに達するが、堆積物の供給源は北側からと考えられる。長谷川(1992)¹⁸⁾は川上断層(活断層)を挟んで岩質が異なり、北側では亜円礫及び円礫からなる扇状地堆積物を主体にし、南側は亜角礫及び亜円礫がシルト質の基質に保持された土石流堆積物を主体としたもの、として区分している。堆積物に含まれる鳥の子火山灰層(ジルコン)のFT年代として 0.53 ± 0.15 Maが得られている。Saito(1962)¹⁶⁾は本層を焼尾峠層に対比している。

採取した氷食礫の長径は、18cm～9 cm、岩種は砂岩が多く安山岩も認められる。三～五角形平板状礫・Snub-Scars礫・擦痕礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。

A-2. 大洲市・内子町周辺

大洲市・内子町の小田川・肱川流域には、大洲礫層・内子礫層(永井ほか、1971)¹⁹⁾、喜多層(鹿島、1996)²⁰⁾、H1段丘堆積物(熊原、1998)²¹⁾、すすきが原層(満塩ほか、2000)¹⁷⁾などの先段丘堆積物が分布するが、山下ほか(2006)²²⁾は富士山層～内子層(1.4～0.8Ma)・大洲層(0.8～0.5Ma)に区分している(図3)。

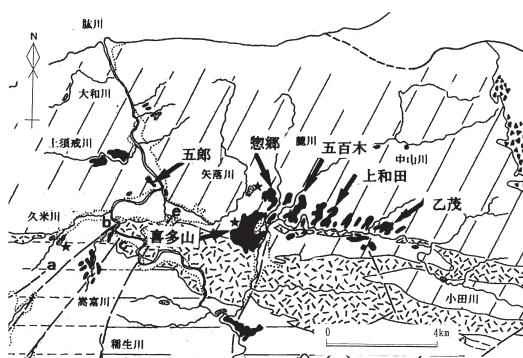


図3 大洲市・内子町地域における調査地点

Fig. 3 Showing investigation sites of Oozu City, and Uchiko Town districts.

1. 内子(うちこ)層(山下ほか、2006)²²⁾

①内子町乙茂 標高250m～240mに分布する。採取した氷食礫は長径11.5cm～6cm、石英片岩・砂岩・安山岩・チャートが認められる。三～四角形平板状礫・Hump form礫・Snub-scars礫・Soled face礫が認められる。

②内子町上和田 標高180m～150mに分布する。採取した氷食礫は長径16cm～6cm、石英片岩・緑色片岩・砂岩・安山岩・チャートが認められる。三～六角形平板状礫・擦痕礫・Snub-scars礫・Soled face礫が認められる。

③内子町五百木 標高150m～100mに分布する。採取した氷食礫は長径12.5cm～9cm、緑色片岩・砂岩・安山岩・チャートが認められる。四～五角形平板状礫・Snub-scars礫・Soled face礫・Hump form礫が認められる。

2. 大洲(おおず)層(山下ほか、2006)²²⁾

①内子町惣郷 標高210m～140mに分布する。採取した氷食礫は長径22cm～16cm、安山岩(黒雲母安山岩を含む)が多く石英片岩・緑色片岩・砂岩も認められる。三～四角形平板状礫・Snub-scars礫・擦痕礫が認められる。

②大洲市喜多山 標高140m～90mに分布する。採取した氷食礫は長径18cm～7cm、石英片岩・緑色片岩が認められる。三角形平板状礫・Snub-scars礫・擦痕礫・Hump form礫が認められる。

③大洲市五郎(肱川左岸部) 標高150m～50mに分布する。採取した氷食礫は長径18cm～6cm、石英片岩・緑色片岩・紅簾片岩・砂岩・安山岩が認められる。四～六角形平板状礫・Snub-

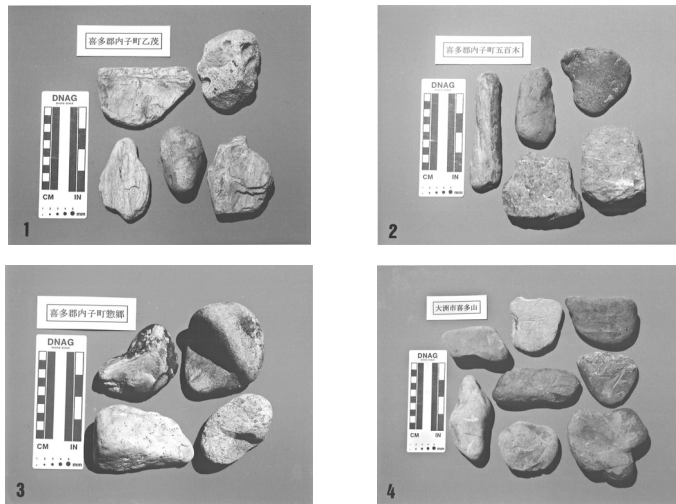


写真3 大洲市・内子町地域より産出した氷食礫

(1：内子町乙茂、2：内子町五百木、3：内子町惣郷、4：大洲市喜多山)

Poto.3 Photographs showing the Glacial gravels produced in Oozu City and Uchiko Town district.

(1: Otomo, Uchiko Town, 2: Ioki, Uchiko Town, 3: Sogo, Uchiko Town, 4: Kitayama, Oozu City).

scars礫・擦痕礫・Hump form礫が認められる(写真3)。

いずれの地点に於ける安山岩礫も、表面が白色に風化し穿孔跡の発達したガラス質安山岩である。

A-3. 宇和島市・愛南町周辺

1. 下畑野(しもはたの)層(鹿島、2007)²³⁾

宇和島市津島町芳原川右岸の鴨田・保場川・駄馬付近の標高180m～140mの山頂部の狭い範囲に分布する。全体として赤紫色の強風化作用を受け軟弱となった礫層である。一部に層厚2m～0.8mの赤紫色～白色粘土層を伴っているが、ガラスを含有せずテフラである可能性は低い。礫の多くは、砂岩・泥岩(約5:1比)であるが、泥質ホルンフェルスを伴っており、層厚は8m～3m程度(下位より砂礫層1.5m±・粘土層1.5m・砂礫層0.7m・粘土層0.5m・砂礫層2m+)である。従来、坂上ほか(1972)²⁴⁾により段丘礫層とされてきたが、地質時代を決定する証拠は得られておらず、地形的に高位置に分布すること、強風化作用を受けていることから、先段丘堆積物であると判断した。

採取した氷食礫は長径30cm～10cm、砂岩・泥岩・泥質ホルンフェルスであり、四～五角形平滑板状礫・Hump form礫・Snub-scars礫・Soled face礫・擦痕礫が認められる。

2. 一本松(いっぽんまつ)層(満塩ほか、2001)²⁵⁾

愛南町僧都川とその支流沿いの標高100m～0m付近に分布する先段丘堆積物である。下底面は標高50m～0m・上面は100m～40mを示し、層厚は約40m～20mである。礫層は分級の悪

い、かなり締まった亜角礫より構成されており粒径は最大約40cmで卓越礫は15cm～10cmである。礫種は砂岩が多いが、泥岩・安山岩・花崗斑岩・肉眼鑑定不能のものが伴われる(鹿島、2006)²⁶⁾。礫層に挟在される鼻テフラのFT年代は $0.82 \pm 0.18 \text{ Ma}$ である(鹿島ほか、1996)²⁷⁾。本層は熊原(2002)²⁸⁾のH1面堆積物に相当する。また堆積物中より、銭坪テフラ($580 \pm 110 \text{ Ka}$: FT年代)、光専寺IIテフラ($660 \pm 150 \text{ Ka}$: FT年代)が得られている。

①愛南町菊川 標高100m～0mに分布する。採取した氷食礫は長径22cm～16cm、岩種は安山岩・砂岩・泥岩・花崗斑岩が認められる。三～五角形平板状礫・Snub-scars礫・擦痕礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。

②愛南町長崎 標高40m～0mに分布する。採取した氷食礫は長径12cm～5cm、岩種は砂岩・安山岩が認められる。三～五角形平板状礫・Snub-scars礫・擦痕礫・Hump form礫・Soled face礫・圧裂礫が認められる。

③愛南町鼻 標高60m～10mに分布する。採取した氷食礫は長径12cm～8cm、岩種は砂岩・火成岩(?)礫が認められる。四角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる(写真3)。

上記三地点における氷食礫の岩種の割合は、砂岩(60%)・安山岩(8%)・泥岩(5%)・花崗斑岩(3%)ほかとなっている。

B. 香川県

1. 焼尾(やけお)層(植木ほか、1998)²⁹⁾

焼尾峠礫層(Saito, 1962)¹⁶⁾は段丘礫層とされてきたが、植木ほか(1998)²⁹⁾は本層を鮮新～更新統三豊層群最上位層として、財田層を不整合に覆い砂岩礫・泥岩礫を含む堆積面を残さない礫層を「焼尾層」と再定義し、前期更新世に讃岐山地から供給された扇状地堆積物であるとしている(図4)。

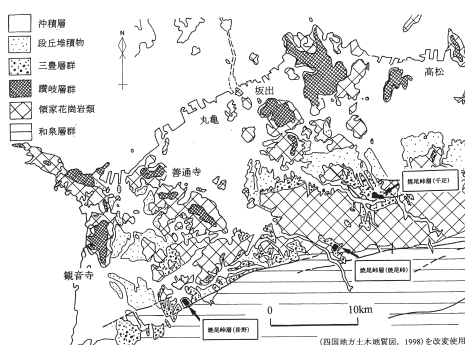


図4 讃岐平野に分布する焼尾(焼尾峠)層の調査地点
(四国土木地質図編集委員会(1998)⁵⁾から改作した)

Fig.4 Showing investigation sites of the Yakeo(Yakeotoge) Formation in the Sanuki Plain
(Adapted from Editorial Committee of Engineering geological map of Shikoku, 1998)⁵⁾).

①財多町長野 標高180m～120m付近に分布する。香川用水記念公園付近に分析する。採取した氷食礫は砂岩礫が圧倒的に多く石英斑岩・凝灰岩・石英片岩礫も認められる。長径は10cm～4cm、三～六角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫が認められる。

②琴南町焼尾峠 標高360m～350m付近に分布する。採取した氷食礫は砂岩礫が多いが安山岩礫も認められる。長径は8cm～5cm、三～五角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫が認められる。

③綾南町千疋～香南町下倉 標高205m～150m付近に分布する。高松空港周辺に分布する。採取した氷食礫の長径は9cm～6cm、全て砂岩礫よりなり四～五角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫が認められる(写真4)。

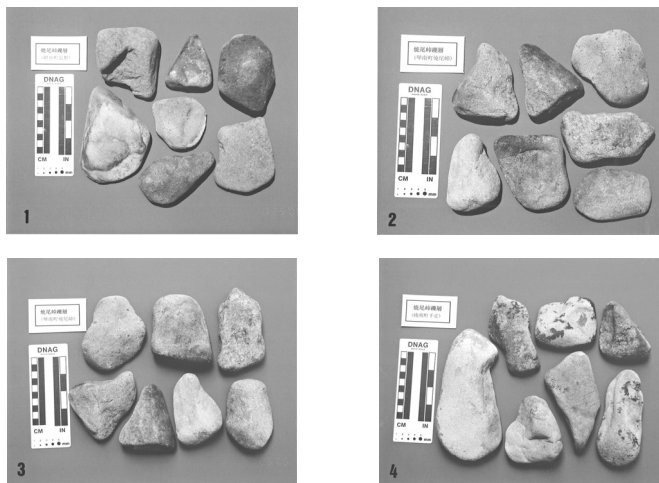


写真4 讃岐平野、焼尾(焼尾峠)層より産出した氷食礫
(1：財多町長野、2－3：琴南町焼尾峠、4：綾南町千疋)

Photo. 4 Photographs showing the Glacial gravels produced in the Yakeo(Yakeotoge) Formation, the Sanuki Plain.

(1: Nagano, Zaita Town, 2-3: Yakeotouge, Kotonan Town, 4: Senbiki, Ayanan Town).

C. 徳島県

1. 土柱(どちゅう)層(水野、1987)³⁰⁾

徳島県吉野川北岸に分布する鮮新・更新統を総称する土柱層の模式地は、阿波の土柱(天然記念物)付近である(水野、1987)³⁰⁾。本層からは、中上火山灰($1.0 \pm 0.3\text{Ma}$)(須鎗ほか、1990)³¹⁾、土柱火山灰($1.3 \pm 0.2\text{Ma}$)(阿子島ほか、1989)³²⁾、井出口火山灰($1.0 \pm 0.2\text{Ma}$)(水野、1987)³⁰⁾；阿子島ほか、1989)³²⁾のFT年代が得られている(図5a、図5b)。

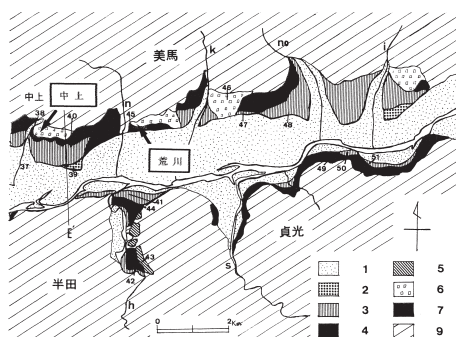


図 5 a 徳島県土柱層の調査地点(西部地域)(満塩ほか(1993)³³⁾から改作した)
Fig. 5a Showing investigation sites of the Dochu Formation(Western area),
Tokushima Prefecture(Adapted from Mitsushio et al., 1993)³³⁾.

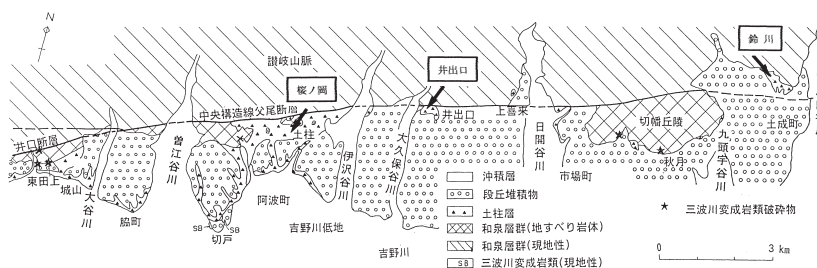


図 5 b 徳島県土柱層の調査地点(東部地域)(長谷川(1992)¹⁸⁾から改作した)
Fig. 5 b Showing investigation sites of the Dochu Formation(Eastern area),
Tokushima Prefecture(Adapted from Hasegawa, (1992)¹⁸⁾.

- ①三好市中上 標高160m~140mに分布する。採取した水食礫の長径は10cm~5 cm、砂岩礫が多いが、ザクロ石・灰簾石角閃岩、榴閃岩を伴う。平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫・擦痕礫が認められる。
- ②美馬市荒川 標高110m~90mに分布する。採取した水食礫の長径は20cm~5 cm、砂岩礫が多いが安山岩(?)・紅簾片岩を伴う。平板状礫・擦痕礫・Hump form礫が認められる。
- ③阿波市桜ノ岡(土柱)・十善地 標高170m~110mに分布する。採取した水食礫の長径は20cm~10cm、砂岩礫が多いが火砕岩礫も認められた。三~五角形平板状礫・Snub-scars礫・Soled face礫が認められる。

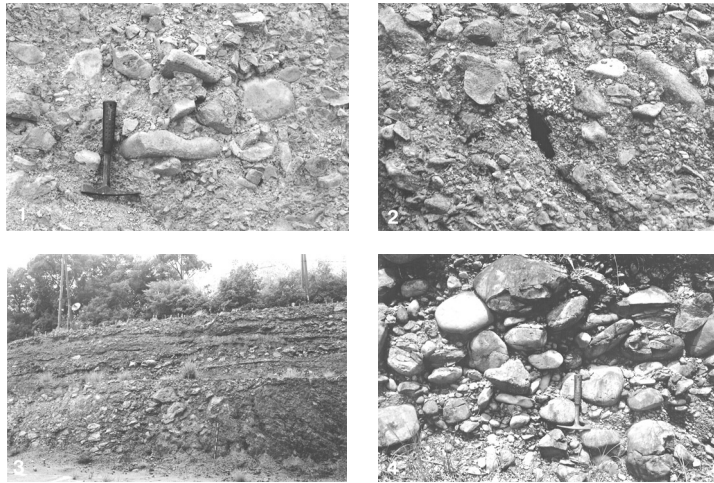


写真5 徳島県土柱層・高知県六本松層の露頭

(1：阿波市桜ノ岡、2：阿波市井出口、3：安田町遠山、4：北川村野友)

Photo. 5 Outcrops of the Dochu Formation, Tokushima Prefecture and the Ropponmatsu Formation, Kochi Prefecture.

(1:Sakura-no-oka, Aawa City, 2: Ideguchi, Awa City, 3: Toyama, Yasuda Town, 4: Notomo Kitagawa Village).

土柱付近の本層は、最大粒径590cm～550cmの亜円礫を含む礫層からなり長径100cm～50cmの亜角礫を伴う。礫層基質は淘汰不良の砂質シルト～シルト質砂を挟む(武智ほか、2009)³⁴⁾。

④阿波市井出口 標高140m～130mに分布する。採取した氷食礫の長径は30cm～10cmの砂岩礫である。四角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。本地点の礫層は特徴的に花崗岩礫を伴っている。

⑤阿波市鈴川 標高250m～240mに分布する。採取した氷食礫の長径は10cm～5cm、砂岩礫のみで、四角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫が認められる。

D. 高知県

1. 六本松(ろっぽんまつ)層(甲藤、1960)³⁵⁾

六本松層は、唐ノ浜層群(甲藤ほか、1953)³⁶⁾の登層・穴内層に上下位を挟まれており、礫岩-砂岩主体で亜炭の薄層を挟んでいる。Matsubara(2004)³⁷⁾は登層を前期鮮新世後期から後期鮮新世初期(4.2～3.21Ma or 3.12Ma)、穴内層を後期鮮新世(2.78 or 2.73～1.97Ma)に形成された堆積物とみなし、両者の間(約40万年間)に六本松層が形成されたと考えている。

全国で山砂利と呼ばれている扇状地礫岩である(満塩、2001)²⁵⁾、海成段丘堆積物である(岩井ほか、2006)³⁸⁾との見解が示されている(図6)。

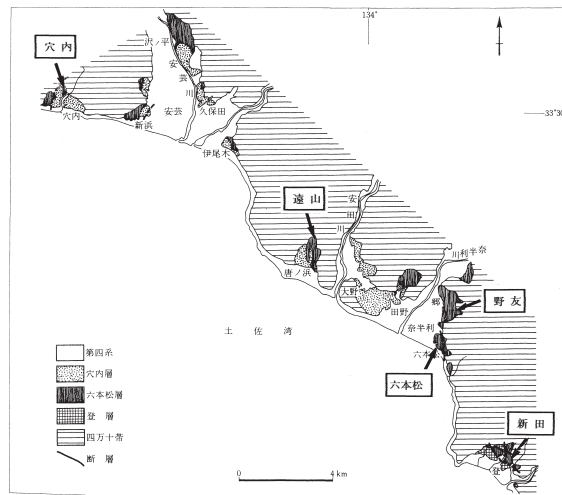


図6 高知県六本松層の調査地点(須鎗ほか(1991)³⁹⁾から改作した)

Fig. 6 Showing investigation sites of the Ropponmatsu Formation, Kochi Prefecture (Adapted from Suyari et al. (1991)³⁹⁾).

①安芸市穴内 標高80m～50mに分布する。採取した水食礫は長径12cm～10cm、岩種は砂岩・チャートが認められる。平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫が認められる。

②安芸郡安田町遠山 標高160m～140mに分布する。唐浜から神峯寺への林道沿いに分布する六本松層は、層厚約9mで巨礫を主とする礫層であるが、連続するシルト～砂層によって下・中・上部層に識別される。炭質砂岩～亜炭層を伴っている。下部層は赤褐色を呈し円磨度の高い巨礫層で最大礫は1.8m×1.6mのものが認められる。水食礫を伴っている(武智ほか、2008)⁴⁰⁾。

採取した水食礫は長径15cm～13cm、岩種は砂岩である。四角形平板状礫・Hump form 礫・Soled face礫が認められる。

③安芸郡北川村野友 標高190m～100mに分布する。採取した水食礫は長径25cm～14cm、岩種は砂岩である。四角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。

④安芸郡奈半利町六本松 標高40m～10mに分布する。水食礫は長径15cm～10cm、岩種は砂岩である。四角形平板状礫・Snub-scars礫・Hump form礫・Soled face礫が認められる。

⑤室戸市羽根町新田 標高100m～80mに分布する。採取した水食礫は長径13cm～11cm、岩種は砂岩である。平滑平板状礫・Snub-scars礫・Hump form状礫が認められる。

4. まとめ

四国地域に分布する先段丘堆積物・下部更新統礫層について水食礫の調査を行った。その層序的対比の結果を表1に示した。

表 1 四国地域における更新統対比表

Table 1 Relationship between Stratigraphical correlation of Pleistocene in Shikoku district.

地質時代		愛媛		香川		徳島	高知
		松山平野周辺	大洲市・内子町周辺	宇和島市・愛南町周辺	讃岐平野周辺	吉野川北岸地域	安芸市・安芸郡・室戸市
第四紀	完新世						
	0.01Ma						
	後期						
	0.13Ma						
	中期	利山層	大洲層 0.5~0.8Ma 葛藤テフラ 0.06 ± 0.13Ma	H1 段丘地積物 鏡坪テフラ 0.58 ± 0.11Ma 光専寺テフラ 0.66 ± 0.15Ma			
	0.78Ma						
更新世	前期	郡中層 1.9 ± 0.7Ma	内子層 0.8~1.4Ma 富士山層	下畑地層 一本松層 鼻テフラ 0.82 ± 0.18Ma	三 豊 層	土柱層 井出口火山灰 1.0 ± 0.2Ma 中上火山灰 1.0 ± 0.3Ma 土柱火山灰	唐 の 層
	2.588Ma				財田層		穴内層 278 or 2.73-1.97Ma
							六本松層
新第三紀	鮮新世						登層 4.20-3.21 or 3.12Ma
文獻	5.2Ma	Saito (1962) 建設省 (1975) 高橋他 (1984) 長谷川 (1992) 鹿島他 (1996) 瀧堀他 (2000)	鹿島他 (1996) 山下他 (2006)	飛原 (1998) 瀧堀他 (2000) 瀧堀 (2001) 鹿島 (2006)	Saito (1962) 榎木他 (1998)	水野 (1987) 阿子島他 (1989) 須藤他 (1990) 武智他 (2009)	甲藤他 (1953) 甲藤 (1960) 瀧堀 (2001) Matsubara (2004) 岩井他 (2006) 武智他 (2008)

氷食礫を構成する岩種を見ると、礫層堆積場付近の岩石が主体となっているが、愛媛県内の八倉層・利山層・鳥の子層・内子層・大洲層、香川県内の焼尾層に認められる「安山岩礫」は、四国山地西部に分布する石鎚層群分布地域より供給されたものであると判断される。更に、愛媛県内の八倉層・内子層・大洲層、香川県内の焼尾層、徳島県内の土柱層に認められる「結晶片岩類礫」は三波川帯由来のものである。特に土柱層の高度結晶片岩「ザクロ石角閃岩・点紋角閃岩・蛇紋岩など」礫については、中尾ほか(2009)⁴¹⁾により美馬市中上よりの報告がなされており、これらの高度結晶片岩礫の供給地が愛媛県東部の東赤石山周辺に限られていることを指摘している。そしてこれらの高度結晶片岩の河床礫が、東赤石山周辺から一時的に大量に供給される何らかのイベント(大規模な山体の崩壊、堰止め湖の二次決壊)に伴い、吉野川水系に供給された可能性などについて言及している。

一方、土柱層の阿波市井出口においては礫層中に「花崗岩礫」の伴われていることが長谷川(1992)¹⁸⁾により指摘されている。この花崗岩は、淡紅色のカリ長石で特徴付けられており、広島型花崗岩(濡木、1995)⁴²⁾である可能性があり、内帯にその供給源が求められる。

愛媛県内、宇和島市・愛南町地域一本松層においては、氷食礫が北方より供給されたことが指摘されている(鹿島、2006)²⁶⁾。高知県地域六本松層においては、氷食礫の供給源が基盤岩である室戸半島層群に由来するものであると考えられているのみで、その供給過程などについては未検討である。いずれも含氷食礫層であること、巨大な礫を伴い粘土層・シルト～細粒砂層

を挟在することから、融氷流水堆積物(fluvio-glacial deposit)であると判断した(写真5)。

段丘堆積物中に存在する氷食礫については、関東地方多摩丘陵西部の御殿峠礫層がある。「古桂川(相模川系)の段丘礫層とされる。ただし、河岸段丘礫層としては厚いこと、偽層を示す砂礫層をレンズ状に挟むことが多いこと、巨礫を多く含み、礫の分級が悪く、部分的であるがところどころにマトリックスが粘土状で礫を粘結している所があること、三浦層群中の礫層に比べ礫の風化が著しいこと、氷食礫の特徴を示す平滑面(plane facet)で囲まれた礫や擦痕(striae)を持つ礫のあることなど、通常の河成堆積物とは異なり、融氷河流堆積物の疑いのあることが注目される(高橋裕編、1996)⁴³⁾。」

前期更新世における四国山地の環境は不明であるが、中新世後期または鮮新世最初に外帯北隆起帯(石鎚山地・剣山山地など)が生まれ、第二瀬戸内層群の淡水堆積区(三豊盆地・郡中盆地)が形成された(木村ほか、1993)⁴⁴⁾と考えられており、当時の地形・気象環境については今後の検討課題である。

しかしながら下部更新世を主体とする含水食礫層の形成には、隆起する四国山地に山岳氷河の存在、モレインの形成、氷河の融解により流出した融氷流による氷食礫の運搬、堆積物の形成という過程が考えられる。現状においては、下部更新統の供給源を示唆する「安山岩」「高度変成岩」「花崗岩」礫の存在が明らかになった段階であり、当時の地形・気候・雪線高度などについては今後の検討が必要である。

最近、Zhao et al.(2005)⁴⁵⁾によって報告された、Lushan Areaにおける氷食礫の検討に、Acoustic emission(AE法)を用いた氷食礫の応力履歴の推定がなされているが、このような物理学的検討も今後の課題として残されている。

謝辞

大阪経済法科大学 故大橋 健教授、愛媛大学教育学部高橋治郎教授・山崎哲司教授には氷食礫等に関する論文の貸与・検索にお世話いただいた。芙蓉コンサルタント武智賢樹氏には現地調査においてご協力いただいた。厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 遠藤邦彦：「第四紀の地球環境変遷」、『日本の地質学100年』(1993)、290-306。
- 2) 岡本慶文：「氷期日本の確かな低位氷河遺跡の新発見と山砂利層及び寒帯系・高山系動植物の南下」、広島大学教育学部紀要、II、11(1963)、39-127。
- 3) 小林邦夫：「日本における第四紀研究」、『日本の地質学』(1968)、77-97。
- 4) 鹿島愛彦：「松山平野に分布する下部更新統の「氷食礫」について」、愛媛の地学研究、8(2004)、7-15。
- 5) 四国地方土木地質図編集委員会、『四国地方土木地質図解説書』、建設省四国地方建設局、(1998)、1-859。
- 6) Dormaar, J., Hills, L.Y., Luckman, B., Osborn, G., Reeves, B.O.K., Rutter, N.W., Wilson,

- M.C., Catto, N.R.: "Quaternary of the south and central Rocky Mountains and foothills of Alberta and British Columbia". XIIth INQUA Congress Field Excursion C-16, 1-54, 1987.
- 7) Sharpe, D. R.: "Excursion G • Glaciomarine Fans built within and Marginal to the Champlain Sea.", Quaternary of the Ottawa Region and guides for day excursions, INQUA 87, 63-80, 1987.
- 8) Wentworth, C. K.: "An analysis of the shapes of glacial cobbles", Jour. Sediment. Petrol., 6, 85-96, 1936a.
- 9) Wentworth, C. K.: "The shapes of glacial and ice jam cobbles", Jour. Sediment. Petrol., 6, 97-108, 1936b.
- 10) Pettijohn, E. J.: Sedimentary rocks, Third edition, 1-628, Harper & Row, Publishers, Inc., 1975.
- 11) 李尚寛:『素描地質学』、(地質出版社, 1982), 222pp.
- 12) 王克鈞・龍少延・全順興:『桂林第四紀冰川地質』、(重慶出版社、1988.), 107pp.+XIV図版、
- 13) Atkins, C. B.: "Photographic atlas of striations from selected glacial and non-glacial environments." Antarctic Data Series No.28, Antarctic Research Centre, 1- 45, 2004.
- 14) 建設省四国建設局松山工事事務所:『重信川低水流量調査報告書』(1975), 1-97.
- 15) 高橋治郎・大龍昭智・鹿島愛彦:「愛媛県松山市南方に分布する八倉層について」、愛媛大学教育学部紀要、III(4)(1984)、31-38。
- 16) Saito, M.: "The Geology of Kagawa and Northern Ehime Prefectures, Shikoku, Japan", Mem. Fac. Agri. Kagawa Univ., 10(1962), 1-74.
- 17) 満塩大洗・鹿島愛彦:「西部四国、愛媛県の第四系総括－四国西部の環境地質学的研究、その15－」、鹿島愛彦教授退官記念論文集(2000)、93-113。
- 18) 長谷川修一:「中央構造線沿いの大規模岩盤すべりと第四紀断層運動」、東京大学博士論文(1992)、1-219。
- 19) 永井浩三・宮久三千年:「土地分類基本調査 5 万分の 1 「大洲」表層地質図幅及び同説明書」(1971)、21-25。
- 20) 鹿島愛彦:『肱川の形成史と河岸段丘の利用開発に関する研究報告書』、河川整備基金助成事業(1996)、1-20。
- 21) 熊原康博:「四国北西部肱川流域の段丘地形と地殻変動」、第四紀研究、37(1998)、397-409。
- 22) 山下大輔・市川周作・塚腰 実・長岡信治・熊原康博:「愛媛県大洲・内子盆地に分布する下部－中部更新統の層序と編年」、第四紀研究、45(2006)、463～477。
- 23) 鹿島愛彦:「愛媛県宇和島市津島町の「含氷食礫」下畑地層について」、愛媛の地学研究、11(2007)、17～22。
- 24) 坂上澄夫・宮久三千年・鹿島愛彦・永井浩三:「土地分類基本調査 5 万分の 1 『宇和島』表層地質図幅及び同説明書」(1972)、21-26。
- 25) 満塩大洗:「四国の第四系総括－西南日本での調査地域の対比に関連して－」、高知大学学術研究報告、自然科学編、50(2001)、25-65。
- 26) 鹿島愛彦:「四国南西部に分布する先段丘堆積物の堆積環境について」、日本地質学会第113年学術大会講演要旨(2006)、168。
- 27) 鹿島愛彦・満塩大洗:「愛媛県南部城辺町での0.82Maテフラの発見とその意義」、日本地質学会関西支部報No.121・西日本支部会報No.108(合併号)(1996)、10。
- 28) 熊原康博:「四国南西部、僧都川及び松田川流域における中期更新世以降の地形発達と地殻変動」、地理学評論、75-9(2002)、553-570。
- 29) 植木岳雪・満塩大洗:「阿讃山地の隆起過程:鮮新～更新統三豊層群を指標として」、地質雑、104(1998)、247～267。
- 30) 水野清秀:「四国及び淡路島の中央構造線沿いに分布する鮮新・更新統について(予報)」、地質調査所月報、38(4)(1987)、171-190。

- 31) 須鎗和巳・阿子島 功：「阿讃山地南麓・北麓の鮮新～更新統」、徳島大学教養部紀要(自然科学)、23 (1990)、21-31。
- 32) 阿子島 功・須鎗和巳：「中央構造線吉野川地溝の形成過程」、地球科学、43(1989)、428-442。
- 33) 満塩大洗・嶋 将志、「四国吉野川上・中流域の第四系」、高知大学学術研究報告、42(1993)、87-104。
- 34) 武智賢樹・鹿島愛彦：「徳島県土柱層の堆積環境について」、日本地質学会第116年学術大会講演要旨 (2009)、178。
- 35) 甲藤次郎：『第三章地質、田野町史』、高知県田野町(1960)、21-76。
- 36) 甲藤次郎・中村 純・高柳洋吉：「唐ノ浜層群の層序と微古生物の考察」、高知大学学術研究報告、2, no.23 (1953)、1-15。
- 37) Matsubara, T.: "Catalogue of the Pliocene Mollusca from the Tonohama Group in Kochi Prefecture, Shikoku, Japan", Nature and Human Activities, no. 8, 49~95, 2004.
- 38) 岩井雅夫・近藤康生・菊池直樹・尾田太良：「鮮新統唐の浜層群の層序と化石」、地質雑、112補遺 (2006)、27~40。
- 39) 須鎗和巳・岩崎正夫・鈴木堯士編、『日本の地質 8 四国地方』、共立出版株式会社(1991)、1-266。
- 40) 武智賢樹・鹿島愛彦：「唐の浜層群六本松層の新露頭について」、日本地質学会第115 年学術大会講演要旨(2008)、165。
- 41) 中尾賢一・石田啓祐・西山賢一・森江孝志：「吉野川谷美馬町中上の土柱層から見出された高度変成岩礫」、自然科学研究、徳島大学総合科学部、2 (1)(2009)、7-11。
- 42) 濡木輝一：「瀬戸内海地域領家帯の黒雲母片岩の起源に関する1つの提案：玖珂層群とは別の地質单元から由来した黒雲母片岩がある」、Okayama Univ., Earth Sci., Rep., 2 (1995)、23-54。
- 43) 高橋 裕編：『多摩川誌』、建設省関東地方建設局高浜工事事務所・(財)河川環境管理財団(1996)。
<http://www.tamariver.net/jouhou/tamagawashi/parts/text/02231D.htm>
- 44) 木村敏雄・速水 格・吉田鎮男：『日本の地質』、東京大学出版会(1993)、1-362。
- 45) Zhao Zhizhong , He Peiyuan, Qian Fang, Qiao Yansong, Liu Ke, Wu Xihao : "Study on Quaternary Glacier in Lushan Area", 1- 83, Geological Publishing House, Beijing, 2005(In Chinese with English Abstract).