

# 重鉍物分析と放射年代測定の組み合わせによる 住吉海岸の堆積環境の推定

三浦一浩\*・川元壊二\*\*・鳥居謙一\*\*\*・山本幸次\*\*\*\*

宮崎県の住吉海岸では侵食が進み、海岸線（汀線）が後退している。これに対して効果的な侵食対策を行うためには、住吉海岸周辺の土砂動態を把握しておく必要がある。住吉海岸の南には大淀川が、また北には一ツ瀬川が流入し、大淀川河口左岸には宮崎港が建設されている。本調査では、住吉海岸と流入河川の流域を対象に堆積物を採取し、鉍物学的手法（重鉍物分析）により土砂供給域と堆積域の関連性を把握するとともに、堆積域（海域）で採取した不攪乱試料を対象にして半減期の短い Pb 210 および Cs 137 を用いて放射年代測定を行った。その結果、住吉海岸の最近 50 年間の堆積環境を推定することができた。

## 1. はじめに

住吉海岸は、宮崎市東部に位置し、ほぼ南北の直線状の汀線を持つ砂浜海岸である。宮崎海岸の一部をなし大淀川河口右岸より南側が住吉海岸である。沿岸一体は絶滅危惧種アカウミガメの産卵地で、一部は国定公園の特別保護区にも指定されている。近年、海岸侵食が進み、環境への影響が懸念され、効果的な対策が望まれており、住吉海岸周辺の土砂動態を把握することが重要である。

宮崎海岸では李ほか（1999）が重鉍物分析と統計学的手法によって一ツ瀬川・大淀川・清武川などを含めた広範囲の漂砂特性調査を行っている。これによれば、大淀川流域の岩質は住吉海岸南部の底質と関係が深く、一ツ瀬川流域の岩質は河口より南 5 km 範囲の沖合いにかけての底質と関係が深いことが指摘されている。

ここで用いられている重鉍物分析は砂岩や河川・海底堆積物などに含まれる砂粒子の重鉍物（比重が 2.9 以上）を調べ、堆積物の起源、堆積環境、地層対比などを研究する手法である（遠藤, 2000）。重鉍物分析を適用した研究事例としては、岡田ほか（1996）が鹿児島湾の海底堆積物の重鉍物分布特性を調べ、梶村（2000）が福島県いわき市の勿来海岸とこれに流入する鮫川の堆積物の関係を論じている。

また、堆積速度を測定する方法として Pb 210 や Cs 137 放射能を用いる方法がある。この方法を用いて、松本（1975）が琵琶湖、金井ほか（1995 a）が長野県諏訪湖、金井ほか（1997）が島根県宍道湖を対象にしてそれぞれ行っている。これらの内陸に位置し静穏な堆積環境を示す地域以外に、金井ほか（1995 b）は新潟沖大陸棚、真田ほか（1999）は東京湾、佐藤（2001）は鹿島灘などの外洋性地域を対象とした研究例もある。

本研究は、李ほか（1999）と同様な重鉍物分析を用いて住吉海岸の砂の供給源の推定を行なうとともに、半減期の短い放射能を用いて過去 50 年程度の堆積過程を推定し、土砂環境の変化を明らかにすることを目的とした。

## 2. 地形・地質概要

住吉海岸の海底勾配は 6/1000 程度で緩い（海上保安庁, 1997）。海岸より内陸側約 5 km は平坦な宮崎平野が海岸線に沿って広く分布している。住吉海岸の南部には大淀川が、北部には一ツ瀬川がそれぞれ注ぎ込んでいる。

大淀川と一ツ瀬川流域の地質図を図-1 に示す。図-1 は村田（1997）の 20 万分の 1 宮崎県地質図を簡略化したものである。大淀川は宮崎県南部を源流とし、都城盆地や県南の広い地域を流域面積としてもっている。村田（1997）によれば、大淀川上流域は新生代第四紀更新世の霧島火山溶岩や始良火砕流堆積物が広く分布している。霧島火山溶岩は主に輝石安山岩からなり、始良火砕流堆積物は軽石凝灰岩（しらす）や流紋岩溶結凝灰岩（灰石）からなる。大淀川の支流（Od-3）では、新生代古第三紀の四万十帯日向層群が分布する。日向層群は主に砂岩・頁岩の互層からなる。大淀川下流には新生代新第三紀の宮崎層群が分布する。一方、一ツ瀬川は熊本県境に源を発し、宮崎県中央部をほぼ東に流れる河川である。流域面積は大淀川に比べ小さい。上流には中生代白亜紀の四万十帯槇峰層群が、中流域には大淀川流域と同様の日向層群が、また下流には宮崎層群が分布している。四万十帯槇峰層群は主に泥岩（千枚岩質）からなる。このように大淀川と一ツ瀬川は異なる時代と構成岩石からなる地質帯を流下・侵食することから、河川堆積物の構成物質が異なることが予想される。

## 3. 試料

### 3.1 コアの記載と地質学的堆積環境の推定

図-2 の MY 1, MY 2 地点でパイプレーションコアサンプリング（VCS）による砂の不攪乱試料を採取し、年代測定を行った。MY 1 は大淀川河口左岸の宮崎港堆砂

\* 国土交通省宮崎河川国道事務所 調査第一課長  
\*\* 国土交通省宮崎河川国道事務所 調査第一課調査係長  
\*\*\* 正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室長  
\*\*\*\* 正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 主任研究官

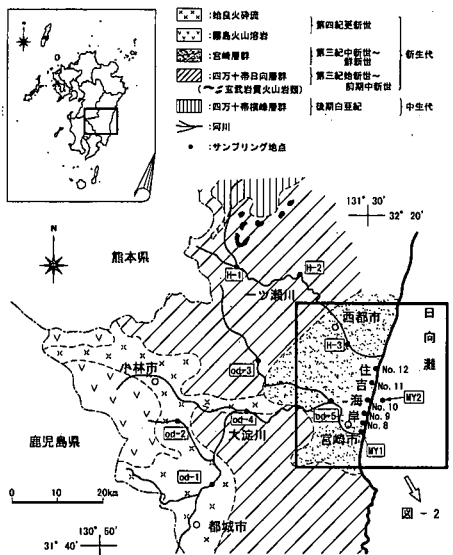


図-1 宮崎県南部の地質図。村田 (1997) を簡略化

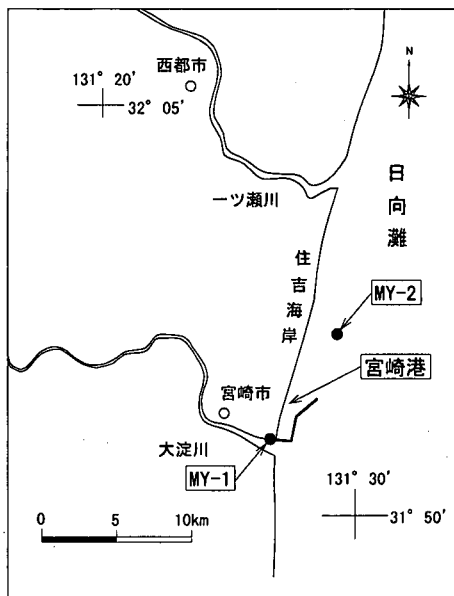


図-2 住吉海岸

域の海浜地である。また MY 2 は住吉海岸前面域 (沖合い 3 km, 水深 16 m) である。

MY 1 は深度 1.90 m まで掘削した。MY 2 は深度 1 m までである。直径 100 mm の円柱状試料を釣り糸 (てぐす) で縦長に半割し、半割り断面を地質観察した。コア地質観察スケッチを図-3 と図-4 にそれぞれ示す。

(1) MY1

深度 0.00~1.25 m は無層理質で粒径のよく揃った中粒砂を主体とする。深度 0.00~0.15 m に細粒砂, 0.85~0.86 m に灰色火山灰, 0.92~0.93 m に葉理(ラミナ), 1.00~1.01 m に細粒砂をそれぞれ挟むことから、この部分で堆積環境の変化 (洪水の発生など) が推定される。深度 1.25~1.90 m は細粒砂を主体とするが、軽石密集層や火山礫密集層などを挟むことから、この部分は火山活動直後の堆積を反映したことを示している。

(2) MY2

MY2 は深度 0.00~1.00 m まで無層理質で粒径のよく揃った細粒砂からなる。0.12~0.19 m は弱いラミナが認められる。また 0.45 m にも弱いラミナがあることから、この部分で堆積環境の変化 (水流の変化など) が考えられる。そのほか、ところどころ φ 1 mm の貝殻片を含む。深度 0.60~1.00 m はわずかながら上方に細粒化している。

3.2 放射年代測定試料

MY1 と MY2 では、地質観察用コアとは別途に年代測定用試料を採取し、コアを輪切りにして測定に用いた。

① 深度 0.00~0.50 m は 0.02 m ピッチで、深度 0.50 m 以深は 0.05 m ピッチでそれぞれ輪切りにして採取した。これは、過去 40 年の堆積は概ね 50 cm と推定さ

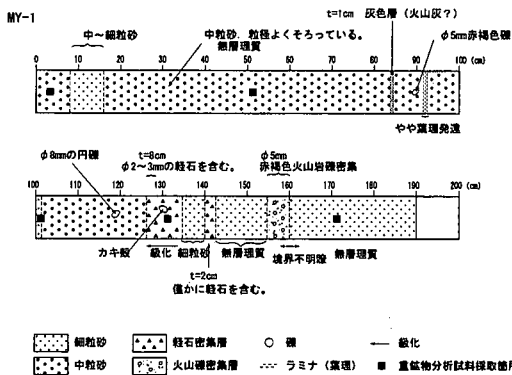


図-3 MY 1 のコア地質観察

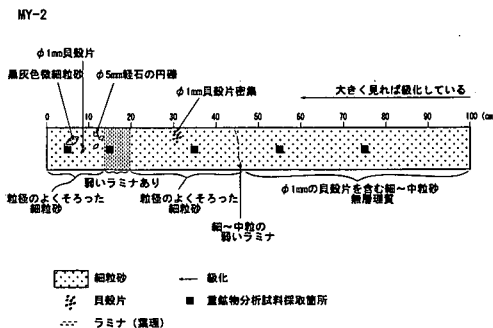


図-4 MY 2 のコア地質観察

れ、この部分を詳細に測定する必要があるからである。  
② 柱状コアにあらかじめ 2 cm ピッチ (0.5 m 以深は 5 cm ピッチ) に刻みをいれ、カッターナイフでコア

( $\phi$  100 mm)を輪切りにした。試料の混同を防ぐため、カッターナイフやコア受けの塩ビ管はウエスでその都度きれいに拭いた。

- ③試料はビニール袋に入れ、試料番号を明記した。  
 ④試料は室内試験で生重量と乾燥重量を測定した。ビニール袋に切れ目をいれ、ビニール袋ごと乾燥炉にいれ摂氏 60 度で 1~2 昼夜乾燥させた。乾燥重量は生重量からビニール袋の重量を差し引いたものである。

### 3.3 重鉍物分析試料

試料は、広域地質図を参照し、四万十帯・宮崎層群・火山岩類が分布する位置を選定し、大淀川 5 試料、一ツ瀬川 3 試料、住吉海岸 5 試料、MY1 (大淀川河口) 5 試料と MY2 (住吉海岸前面海域) 5 試料の計 23 試料とした(図-1, 2 参照)。試料名は Od が大淀川を、H が一ツ瀬川を示す。MY1 および MY2 の添え字 A,B,C,D,E は表層からの深度を示している(MY1 は 0.05, 0.50, 1.00, 1.30, 1.70 m である。また MY2 は 0.05, 0.15, 0.35, 0.55, 0.75 m である、図-3, 4 参照)。

## 4. 年代測定 (Pb-210, Cs-137)

### 4.1 測定原理

Pb-210 (鉛-210) は大気中の Rn-222 の壊変により生じ、大気から一定速度で地表面に降下している。従って、堆積環境が定常的である湖底や海底には一定量の Pb-210 が表層に蓄積されていくことになる。また、蓄積後に土壌攪乱がなければ、Pb-210 は 22.3 年の半減期で減少するので、深部ほど放射能は低くなる。放射能減衰の傾きから堆積速度が求まる。

Cs-137 (セシウム-137) は、大気圏内核実験により環境中にばらまかれた人工放射性核種であり、1963 年に地表へ最も多く降下した。従って、Cs-137 が検出されない堆積層は、核実験が開始される以前 (1950 年以前) であり、極大を示す層は 1963 年に相当することになる。

K-40 は堆積物に含まれているもので、堆積層の鉍物組成に依存する。Bi-214 は Ra-226 (半減期 1600 年) の娘核種で、その存在は親核種 Ra-226 の存在を意味している。Ra-226 濃度は鉍物組成に依存する。堆積物を構成している鉍物中の Ra-226 から生じている Pb-210 は supported Pb-210 と呼び、Ra-226 に支えられない大気由来の Pb-210 は unsupported あるいは excess Pb-210 と呼ぶ。堆積速度の計算には unsupported Pb-210 を用いる。

なお、Pb 210 堆積年代測定法の原理や算出法および質問点などは金井 (2000) によって総括的にまとめられている。

### 4.2 測定手順

- ①乾燥堆積物は各 100 g プラスチック容器 (馬野化学容

器製、容量 100 ml、内径 48 mm、内高 58 mm) に入れた。ただし MY1 の 0.00~0.02 m は試料量が少なかったため 95.9 g である。

- ②放射能測定は、厚さ 15 cm の鉛遮蔽を施したゲルマニウム半導体検出器で行った。  
 ③測定器は EG&G ORTEC 社製 GAMMA-X 低バックグラウンド仕様で相対計数効率 55% である。  
 ④測定時間は試料当たり 24 時間で、スペクトルの解析は EG&G ORTEC 社製 Gamma Studio で行った。

## 4.3 結果と考察

- ①今回の測定で検出された放射能の核は、表-1 に示すように Pb-210, Cs-137, K-40, Bi-214 である。  
 ②MY1 は深さ 150 cm まで Pb-210 と Cs-137 放射能は変化が認められない。試料採取箇所は大淀川河口左岸部の宮崎港堆砂域の護岸前面の海浜地に位置するため、護岸工事による人為的な上下混合または堆積速度が極めて大きい可能性がある (図-5)。  
 ③MY2 の Pb-210 は深くなるにつれ減少し、90 cm より下は土壌由来の Pb-210 と考えられる。求めた堆積速度は 2.1 g/cm<sup>2</sup>/y (1.3 cm/y) となる (図-6)。  
 ④MY2 には Cs-137 放射能は二つのピークがあり、ひとつは 1963 年の核実験、もうひとつは 1986 年のチェルノブイリ原子力発電所事故の時期に相当する。  
 ⑤1963 年の核実験によると考えられる Cs-137 放射能ピークを示す深度 48 cm は、Pb-210 から推定した堆積速度からも 37 年 BP と推定される。また、1986 年のチェルノブイリ原子力発電所事故による推定される Cs-137 放射能ピークを示す深度 16 cm は、Pb-210 から推定した堆積速度からも約 12 年 BP と推定される。Cs-137, Pb-210 の結果は調和している。

## 5. 重鉍物分析

### 5.1 手順

今回の分析では比重が 2.78 (ポリタングステン酸ナトリウム溶液の比重と同じ) 以上のものを重鉍物として扱った。重鉍物分析に用いた試料は、以下の手順で処理した。

- ①試料は開口径 0.064 mm (250 メッシュ) の篩上で水洗し、その残渣を約 40°C で乾燥させた。  
 ②その後、篩い分けをして、粒径を 0.064~0.25 mm (250~60 メッシュ) に揃えた。

表-1 検出された放射能の核データ

核種	Pb-210	Cs-137	K-40	Bi-214
ガンマ線エネルギー (keV)	46.5	661.6	1460.8	609.3
放出率 (%)	4.05	89.98	10.67	46.3
半減期 (年)	22.3	30.2	1.277 × 10 <sup>9</sup>	(20分)

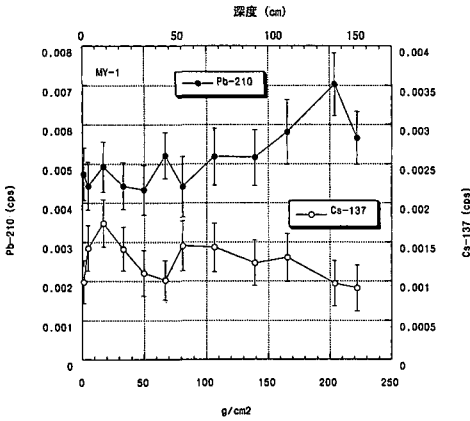


図-5 MY-1 試料における Pb-210 と Cs-137 放射能の深度分布

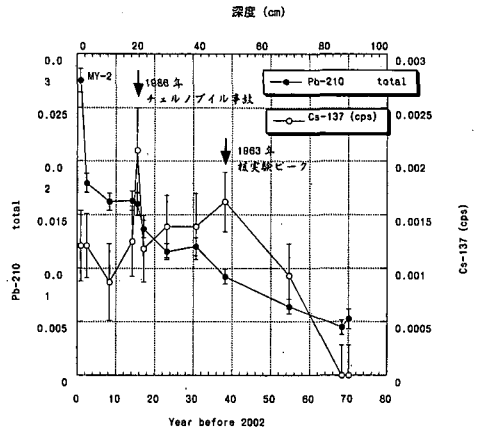


図-6 MY-2 試料における堆積年代

- ③試料は分割機で分割された後に、各々の測定に用いた。
- ④その際、鉱物組成の分析には分割試料をそのまま用いた。
- ⑤また、重鉱物組成分析では分割試料をさらにポリタングステン酸ナトリウム溶液（比重 2.78 に調整）で分離した後、ベトロポキシで封入しプレパラートを作成し、実体顕微鏡および偏光顕微鏡下で 200 粒以上鑑定し、個数百分率を求めた。

5.2 結果と考察

- ①河川によって特徴的な鉱物が特定できる。大淀川は火山起源の「単斜輝石」や「斜方輝石」を、一ツ瀬川は四万十帯起源の「泥質片岩」や「緑泥石」を、それぞれ含むことが特徴である(図-7)。大淀川 Od-3 試料は四万十帯日向層群で採取したので、同じ地質帯である一ツ瀬川 H-1 や H-2 と同様な鉱物組成を示す。ただ

- し、一ツ瀬川だけに認められる特徴的な鉱物は「緑泥石」である。これは一ツ瀬川上流に分布する四万十帯榎峰層群の千枚岩あるいは日向層群の綠色岩（玄武岩質火山岩類）起源と思われる。
- ②MY1（大淀川河口）は大淀川と同じく、「単斜輝石」や「斜方輝石」を多く含むことから、堆積供給源は大淀川である。
- ③MY2（住吉海岸前面海域）は大淀川と一ツ瀬川の両方の起源物質を含むことから、両方の河川の影響を受けている。
- ④MY2 地点では、放射年代測定結果と総合してみると、過去 60 年前（深度 75 cm；MY 2-E）から 4 年前（深度 5 cm；MY 2-A）にかけて一ツ瀬川起源の堆積物が徐々に減少し、大淀川起源の物質の占める割合が増加している。

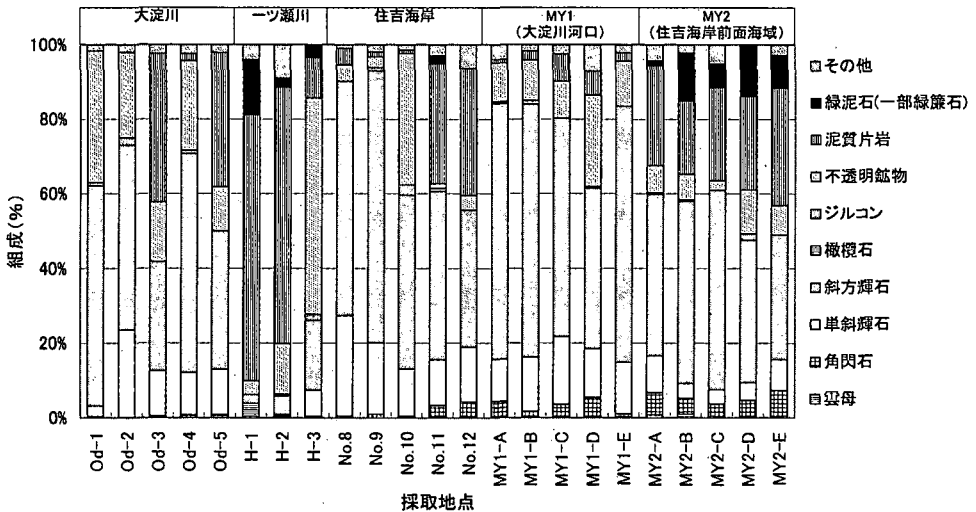


図-7 重鉱物分析結果

- ⑤住吉海岸を地理的に見ると、南部(No. 8, 9)は大淀川起源の斜方輝石や単斜輝石が多く、北部(No. 11, 12)では逆にこれらの鉱物が少なく、一ツ瀬川起源の緑泥石や泥質岩片が認められる。このことから、住吉海岸は地理的に近い河川の影響を受けていると判断できる。
- ⑥「角閃石」が大淀川と一ツ瀬川では特に認められないのに、海岸のMY1やMY2で認められ、その由来が不明である。宮崎層群上部の高鍋層中に挟在する凝灰岩に角閃石が入っているが(鳥井ほか, 2000)、量は少ないので可能性としては低い。李ほか(1999)の日向灘の広域底質特性調査を行った重鉱物分析の研究例では、「褐色角閃石」(火山岩由来)は一ツ瀬川北方(小丸川または耳川)あるいは大淀川南方海域に多く認められる。また「緑色角閃石」(変成岩由来)は大淀川南方海域に認められる。これらのことから、住吉海岸前面海域(MY-2)の砂の供給は、大淀川と一ツ瀬川以外に海(海流)も考える必要がある。

## 6. まとめ

侵食が進んでいる住吉海岸の砂の供給源と堆積年代を推定するために重鉱物分析と放射年代測定を行った。これらの分析・測定から以下のことが判明した。

- ①住吉海岸前面海域(沖合い3 km, 水深16 m, MY2地点)の表層1 mの堆積物を対象にしてPb-210およびCs-137放射年代測定を行った結果、求めた堆積速度は $2.1 \text{ g/cm}^2/\text{y}$  ( $1.3 \text{ cm/y}$ )となり、過去40年にわたって堆積速度の大きな変化はない。このことは、コアが粒径のよく揃った細粒砂からなり、地質学的には堆積環境の大きな変化がなかったことと調和的である。
- ②重鉱物分析の結果、河川の砂は供給地の地質を反映し、河川独自の鉱物を有することが分かった。すなわち大淀川は火山岩起源の単斜輝石や斜方輝石が多く、一ツ瀬川は堆積岩(四万十帯)起源の泥質岩片や緑泥石が多いことが分かり、漂砂解析には重鉱物分析が十分に役立つことが今回の研究で確認された。
- ③今後の課題としては、過去の出水記録と放射年代測定

結果を照らし合わせてコアに残されたイベントを解説することが必要である。

謝辞：重鉱物分析は熊本大学大学院自然科学研究科鳥井真之博士に、放射年代測定は熊本大学理学部環境理学科 百島則幸教授にそれぞれご協力を頂いた。また本論文執筆にあたり、西日本技術開発株式会社施設開発部の渡辺正幸課長には地形・地質概要についてご教示を頂いた。以上の関係各位に対して感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 遠藤祐二(2001): 重鉱物分析, 地質学ハンドブック, 1. 基礎編, 1. 地質学的研究手法, 朝倉書店, pp. 117-121.
- 海上保安庁(1997): 5万分の1海底地形図, 第6355号2, 海上保安庁.
- 梶村 徹(2000): 河川とポケットビーチで構成される流砂系の長期土砂実態, 東京大学工学部土木教室 2000年修士論文.
- 金井 豊・井上美朗・片山 肇・斉藤文紀(1995a): Pb-210, Cs-137法による長野県諏訪湖底質の堆積速度の見積り, 地質調査所月報, 第46巻第53, pp. 225-238.
- 金井 豊・池原研(1995b): 新潟沖大陸棚のPb-210およびCs-137法による堆積速度, 地質調査所月報, 第46巻, 第6号, pp. 269-282.
- 金井 豊・井上美朗・山室真澄・徳岡隆夫(1997): 島根県宍道湖の底質における堆積速度と堆積環境, 地球化学 32, pp. 71-85.
- 金井 豊(2000): 鉛-210堆積年代測定法とその問題点, 地球化学 34, pp. 23-39.
- 村田明広(1997): 宮崎県の四万十帯の地質, 宮崎県地質図第5版説明書, 宮崎県商工労働部工業振興課, 44 pp.
- 岡田博有・郭 曉利・大木公彦・早坂祥三(1996): 鹿児島湾海底堆積物中の重鉱物分布特性, 九大理研報(地球惑星), 19巻2号, pp. 141-152.
- 李 在炯・入江 功・小野信幸・村上啓介(1999): 底質分析による広域の漂砂特性調査法について, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 656-660.
- 真田幸尚・佐藤 太・熊田英峰・高田秀重・山本 愛・加藤義久・上野隆(1999): 放射性核種およびmolecular markerによる東京湾の堆積過程の解明, 地球化学 33, pp. 123-138.
- 佐藤慎司(2001): 海岸堆積物の分析に基づく流砂系における土砂移動実態の推定, 2001年度(第37回)水工学に関する夏期研修会講義集, Bコース, 22 pp, 土木学会 海岸工学委員会・水理委員会.
- 鳥井真之・尾田太良・板屋徹丸(2000): 宮崎層群に挟在する凝灰岩層とそのK-Ar年代, 火山, 第45巻, 第3号, pp. 131-148