

## B-5. 海洋における炭素の循環と固定に関する研究

### (3) 海洋堆積粒子形成過程とそれに伴う炭素の挙動に関する研究

研究代表者 工業技術院地質調査所 川幡穂高

通商産業省 工業技術院

地質調査所

海洋地質部

盛谷智之・中尾征三

海洋地質部海洋鉱物資源課 川幡穂高・山室真澄

海洋地質部海洋底質課 茅根創・田中裕一郎・鈴木淳

地殻化学部地球化学課

三田直樹

平成2—4年度合計予算額 27,083千円

[要旨] アミノ酸は生体物質として最も重要なものの一つで、特に窒素化合物として極めて重要な位置を占めている。そして、沈降粒子から堆積粒子への過程である続成作用中に、間隙水中に溶出したさまざまな炭素化合物は表層堆積物層を移動して、再び海洋に戻っていく。アミノ酸は炭素循環にとってリザーバー内の主要な成分であるとともに、物質輸送のトレーサーの役目もしている。しかしながら、現在のところ、間隙水中のアミノ酸の濃度や組成を調べた研究はほとんどなく、そのリザーバー内の量が評価されたこともなかったため、今回研究の第1歩として、生物生産量が高い南極海、赤道湧昇帯、半遠洋性の地点を選び、間隙水中のアミノ酸を分析した。その結果、溶存結合性アミノ酸は堆積粒子の生物起源の主要成分によって大いに影響を受けること、溶存結合性アミノ酸と溶存遊離性アミノ酸との比較により、溶存性アミノ酸の反応性は溶存結合性アミノ酸と堆積粒子に含まれる結合性アミノ酸との相互作用よりずっと速い微生物反応や生物化学反応によって支配されていること、特に酸性アミノ酸で顕著なように、無機炭素化合物の代表している方解石（炭酸カルシウム）と反応していることが示唆された。しかしながら、当初予想された、硫酸還元、メタン発酵等の微生物活動のタイプとアミノ酸の組成および濃度との関連は明らかな証拠を見いだすことはできなかった。太平洋、大西洋、インド洋における4地域の堆積物の間隙水中のアミノ酸の平均値は、DFAA総量で4.95  $\mu\text{mol/L}$ 、DCAAで6.16  $\mu\text{mol/L}$ であった。これらの結果は、海水中的のアミノ酸濃度より2～3桁位高く、間隙水中の主要な窒素を含む溶存有機物であるアミノ酸に関して、海洋の間隙水は非常に大きなリザーバーであることが初めて明らかとなった。

[キーワード] 間隙水、アミノ酸、堆積粒子、有機物、珊瑚礁、

#### 1. 序

現在、地球環境問題に関連した大気中の二酸化炭素濃度に関する問題が活発に議論されている。二酸化炭素の排出規制を論ずるには、まず、自然のサイクルの中で炭素がどのように循環し

ているのかを解明することが重要である。本研究は、外洋深海・浅海域を研究対象としており、日独科学技術協力協定海洋パネルにおいて、ハンブルク大学教授、イテコット教授と「インド洋における海洋炭素循環 —モンスーン気候帯に存在する河川の沿岸海洋環境への影響—」というテーマの下で共同研究を行っているとともに、国際プログラムであるJGOFSとも密接に関連している。

本研究の目的は、地球表層における炭素循環に関連した海洋地域の水塊と海底堆積物（沈積物）との相互作用を研究し、海底表面における堆積粒子形成過程を解明すること及びその流量を評価することである。そのために外洋深海域の研究として、海洋における炭素循環の中で生態物質として最も大切なアミノ酸についてその挙動の解析、そして、外洋浅海域での炭素沈積過程に関連して珊瑚礁の研究を行った。

## 2. 研究の内容

3年間の研究では、外洋深海域では、南極海、パナマ海盆、インド洋、伊豆一小笠原海域でのODPの掘削によって得られた間隙水のアミノ酸の濃度および組成を分析・解析した。また、珊瑚礁の研究では、有機物生産・石灰質物質生産と水の流れに伴う物質の流動について現場での観測を行い、検討した。

### 2.(1) 外洋深海域

アミノ酸は海底堆積物及び間隙水に含まれる最も重要な有機化合物の一つである<sup>1,2,3,11,12</sup>。それらは、初期続成過程に分解や他の化合物に変化する。間隙水は、もとは海水であるが、間隙水中に溶存しているアミノ酸の濃度は、海水のその約3桁位大きな数字を示している。間隙水に溶存しているアミノ酸は堆積物中で進行する化学的そして微生物学的プロセスにとって大変鋭敏な指標となっている。しかしながら、海底から30m以深の堆積物中の間隙水に関する溶存性遊離アミノ酸(DFAA)と溶存加水分解性アミノ酸(THAA)の詳細な研究は、非常に限られている。

サンプルはJOIDES Resolution号によって採取された。すべての間隙水試料は、0.22 $\mu$ mのミリポアフィルターで堆積物を濾過したのものである。これは、船上で行われた。次に、5ccのサンプルは、冷蔵庫内で保存された。保存遊離性アミノ酸の分析は、0.7ccの間隙水試料に、17%の塩酸を7 $\mu$ L加えた後、日立835型自動液体クロマトグラフシステムで行われた。一方、溶存性加水分解アミノ酸は1ccの間隙水試料に超純水塩酸約1cc加え、溶液を6Nとしたうえで、あらかじめ焼きだしを行ったガラスアンプルにアルゴンガスとともに封入し、110 $^{\circ}$ Cで22時間かけて加水分解を行った。その後、試料は、真空蒸留を用いて、42 $^{\circ}$ C以下で蒸発乾固を行い、0.01M塩酸1ccに残留物を溶かして原液とした。これを遊離性アミノ酸の分析の場合と同様に液体クロマトグラフシステムで分析した。この方法で分析を行った場合、約1 $\mu$ Lのアミノ酸に対して、誤差は10%以下であった。

### 2.(1) ① 南極海

ODP695は、ウェッデル海の北縁に存在しており、有機物の研究に際しては以下のような利

点を有している。(1)珪藻の生物生産により、高い堆積速度が海底から200mの深さまで達している。(2)硫酸還元や発酵等の微生物による活動が間隙水中の無機成分から証拠として提出されている。生物活動に関連したアンモニアやリン酸等のかなり高い濃度が検出されている。

このようにして分析を行った結果、高い生物活動にもかかわらず、アミノ酸の組成および濃度と微生物活動のタイプ(例:硫酸還元,メタン発酵)との明らかな関係を見出すことはできなかった。

溶存性分解性アミノ酸(THAA; Total Hydrolyzable amino acids)の総濃度は、2.45から17.31  $\mu$  mol/Lで、平均は7.14  $\mu$  mol/Lである。この中で、酸性、塩基性、中性、アロマトニック、硫黄含むアミノ酸の平均濃度とその相対的な存在率は、それぞれ1.34(18%), 1.09(15%), 3.93(54%), 0.50(8%), 0.02(0%)  $\mu$  mol/Lである。グリシンはこの中でセリン、グルタミン酸、オルニチンとともに、最も多く含まれているアミノ酸である。溶存性アミノ酸(DFAA; Dissolved Free Amino Acids)の総濃度は、0.10から12.73  $\mu$  mol/Lで平均は4.07  $\mu$  mol/Lである。この中で、酸性、塩基性、中性、アロマトニック、硫黄含有アミノ酸の平均濃度は、それぞれ0.21, 0.79, 2.56, 0.41, 0.01  $\mu$  mol/Lである。それぞれの相対量は、平均4%, 18%, 58%, 15%である。

岩層ユニット1(第四紀の時代の珪藻に富む軟泥(90%まで珪藻を含む)とシルト、粘土質の泥)と岩層ユニット2(鮮新世の時代の珪藻を含むシルトや粘土質泥(生物起源の珪質物を10—25%含む))からの間隙水では、溶存性の結合タイプのアミノ酸より遊離型のアミノ酸が多いが、これは、今迄報告されてきた間隙水や海水nそれと反対の性質をもっている。

間隙水とプランクトン、陸源物質等の組成を比較したところ、間隙水中の溶存結合アミノ酸は、珪質殻をもつプランクトンから由来したことが示唆された。しかしながら、グルタミン酸に富んだ物質の寄与も示唆された<sup>8)</sup>。

## 2.(1).②赤道湧昇帯(東太平洋パナマ海盆)

赤道湧昇帯の高生物生産域に位置しているパナマ海盆の試料を対象に行った。堆積物の採取地点は、677が北緯1°12.14'、西経83°44.22'Wで、水深は3461m、一方、678では北緯1°13.01'、西経83°42.39'Wで、水深は3435mであった。そして、前者が低熱流量(166mW/m<sup>2</sup>)、後者が高熱流量(250mW/m<sup>2</sup>)地帯に位置しているというのが特徴である。堆積層は大きく4つに分けられている。ユニット1は、粘土鉱物に富む、生物起源の炭酸塩や珪質軟泥で、時代は鮮新世初期から更新世後期に相当している(0-153.8m)。ユニット2は、珪質に富んだ石灰質ナノ化石の軟泥とチョークで、時代は中新世後期から鮮新世初期である(15.8-303.3m)。ユニット3はチャートがかった石灰石と石灰質ナノ化石からなるチョークで、中新世後期である(303.8-308.5m)。ユニット4は鉄の酸化物やスメクタイトに富んだ堆積物から構成されており、中新世後期に形成された基盤岩のガラスに富んだ玄部岩と互層していた。堆積速度は、化石から求められた年代を基にして計算すると平均48m/m.y.であった。堆積物の温度は表層でほぼ4度で、約300mの深度で約60-70°Cであった。

海嶺拡大軸付近の熱水地帯では堆積粒子等が高温に熱せられるため、有機物の顕著な変質が報告されている。海嶺フラック地域に現在位置する掘削点677,678の堆積物は(1)中軸谷近くでは海水によって冷やされ、その後200mに及ぶ堆積物の被覆により再加熱されているため、また、

(2) それぞれが流入帯と流出帯に位置するためコアの熱史も異なっていた可能性が高いため、フランクの熱水系による有機物への影響は興味深いテーマであった。しかし、ロックイーヴァル法やGC-MASSによる脂質の分析結果によると、熱による変質は広範囲に及んでいない事が解った。また、堆積物中のアミノ酸の組成もコアの上部と下部でかなり類似しており、現在の堆積物—海洋地殻の境界での約60-70°Cという温度では有機物の顕著な分解は起こらない事が示された。一方、アミノ酸の場合には、間隙水中のカルシウムやマグネシウムと異なり、間隙水と堆積粒子が活発に反応している事(続成作用)も解った。

私達は、間隙水中の溶存性結合アミノ酸(DCAA) and 溶存性遊離アミノ酸(DFAA) と堆積物中の加水分解性全アミノ酸(THAA)の分析を行い、三者の関係を推定した。間隙水中の全加水分解性アミノ酸と遊離性アミノ酸の平均濃度はそれぞれ8.34  $\mu\text{mol/L}$ 、3.19  $\mu\text{mol/L}$ であった。堆積物中の加水分解性全アミノ酸(THAA)とパナマ海盆で実施されたセジメント・トラップに捕えられた沈降粒子との比較によると、非タンパク性アミノ酸(例;  $\alpha$ -アラニン,  $\gamma$ -アミノブチル酸, オルニチン)は間隙水より堆積物の方にずっと富んでいること、そして、中性アミノ酸は堆積物に乏しいことを示していた。有機炭素の結果とともに、これらの結果は、非タンパク性アミノ酸の生成は海底の堆積物表層で起こるばかりでなく、速度はおそいものかなりの深度でも起こっていることを物語っている。また、中性アミノ酸は、酸性アミノ酸や塩基性アミノ酸よりもずっと分解しやすいことも示された。

全DCAA と全DFAA との間には正の相関が見られるものの、間隙水と堆積物との間の相関は弱い。このことは、堆積物中のTHAAの分解速度よりもDCAA とDFAA との間の生物学的そして/または化学反応速度の方がずっと速いことを示唆している。DCAA よりもDFAAの方が中性アミノ酸/酸性アミノ酸比が高い原因は、主に堆積物に含まれる炭酸カルシウムとの反応もしくは吸着で、一部は堆積物中の THAAの中性アミノ酸生物の分解生成物の寄与もあるものと解釈された<sup>10)</sup>。

## 2.(1).③インド洋赤道域(ベンガル湾)

測点 717, 718, 718は中部インド洋のベンガル湾の1°S, 81°24'Eに位置している。3つの測点での堆積は、中新世の初期以来ファンの堆積過程によって優勢となってきて、異なったタイプのタービダイトから成っていた。これらはほとんどシルトと泥からなりたっているばかりでなく、木片やサンドサイズの粒子を含んでいる。赤道の高い生物生産地帯であると予想されるのにも関わらず、珪質プランクトンはほとんど出現しない。

堆積物中の加水分解性全アミノ酸(THAA)は、測点717では、3.7から38.6  $\mu\text{mol/L}$ であり、平均値は16.1  $\mu\text{mol/L}$ であった。測点 718のTHAAは3.18から 29.72  $\mu\text{mol/L}$ 、その平均は13.66  $\mu\text{mol/L}$ であった。測点719のTHAAは2.57から46.44  $\mu\text{mol/L}$ 、その平均は14.60  $\mu\text{mol/L}$ であった。

測点 717のDFAAは 2.24 から37.7  $\mu\text{mol/L}$ 、その平均は 9.45  $\mu\text{mol/L}$ であった。測点 718のDFAAは 0.43 から21.64  $\mu\text{mol/L}$ 、その平均は10.1  $\mu\text{mol/L}$ であった。測点 719のDFAAは 0.91 から12.92  $\mu\text{mol/L}$ 、その平均は 6.6  $\mu\text{mol/L}$ であった。ベンガル湾におけるDFAAはほとんどの場合、表層堆積物で THAAの50%以下であり、それは深度とともに増加していった。細菌の活動を示す硫酸還元とメタン発酵はベンガル湾の深い堆積物試料でのみ観察された。細菌は堆

積性有機物中でプロテインや炭化水素化合物を分解させるが、それらの分解物であるDFAAを最終産物である無機成分に変化させるのにどれ位積極的に活動しているのかを評価することはできなかった<sup>4)</sup>。

## 2.(1).④半遠洋性海域（伊豆一小笠原海域）

外洋と沿岸の中間に位置する伊豆一小笠原海域の試料を対象に行った。堆積物の採取地点は、790が北緯30° 54.96'、東経139° 50.66'Wで、水深は2223m、一方、791では北緯30° 54.97'、東経139° 52.20'Wで、水深は2268mであった。両地点は伊豆一小笠原島弧火山であるスミス島と鳥島の西側の背弧海盆であるスミスリフトの東部グラベンに位置している。

790の堆積層は大きく3つに分けられている。ユニット1は、火山性の物質、粘土鉱物、石灰質ナノ化石を含む堆積物で、時代は第四紀に相当している(0-165m)。ユニット2は、石灰質ナノ化石や粘土鉱物に富んでいて、時代は第四紀(165-266.6m)。ユニット3はスコリア性の玄武岩が主な構成物質で、第四紀の堆積物であった(266.6-387m)。堆積速度は100万年以前では平均90m/m.y.で、100万年前から現在までで平均1000m/m.y.であった。

791の堆積層は大きく3つに分けられている。ユニット1は、火山性の物質、粘土鉱物、石灰質ナノ化石を含む堆積物で、時代は第四紀に相当している(0-428.4m)。ユニット2は、石灰質ナノ化石や粘土鉱物に富んでいて、時代は第四紀(428.4-834m)。ユニット3は玄武岩と火山灰が主な構成物質で、第四紀の堆積物であった(834-1145m)。堆積速度はユニット2で平均344m/m.y.で、ユニット1の上部では平均2200m/m.y.まで増加した。

平均の有機炭素含有量と炭酸カルシウム炭素含有量は、それぞれ、790で0.40wt.%, 1.85wt.%, 791で0.45wt.%, 2.24wt.%であった。両地点の間隙水中の硫酸イオンの減少は小さいので、硫酸還元バクテリアの活動は小さいものと推定された。

私達は、間隙水中の溶存性結合アミノ酸(DCAA) and 溶存性遊離アミノ酸(DFAA)と堆積物中の加水分解性全アミノ酸(THAA)の分析を行い、三者の関係を評価した。溶存性結合性アミノ酸(DCAA; Dissolved combined amino acids)の総濃度は、1.25から44.35  $\mu\text{mol/L}$ で、平均は10.36  $\mu\text{mol/L}$ である。この中で、酸性、塩基性、中性、アロマトリック、硫黄含むアミノ酸の平均濃度とその相対的な存在率は、それぞれ2.29 (22%), 0.60 (6%), 6.70 (65%), 0.09 (1%), 0.00 (0%)  $\mu\text{mol/L}$ である。グリシンはこの中で、最も多く含まれているアミノ酸で、グルタミン酸、セリン、アラニンがこれにつづく。

溶存性アミノ酸(DFAA; Dissolved Free Amino Acids)の総濃度は、1.26から6.82  $\mu\text{mol/L}$ で平均は3.81  $\mu\text{mol/L}$ である。この中で、酸性、塩基性、中性、アロマトリック、硫黄含有アミノ酸の平均濃度は、それぞれ0.32, 0.50, 2.71, 0.15, 0.09  $\mu\text{mol/L}$ である。それぞれの相対量は、平均8%, 13%, 72%, 4%, 1%である。測点790と791の間隙水中ではDFAAよりもDCAAの方が優勢であることは他地域の間隙水や海水と比較すると調和的である。

DCAAの起源として最も可能性が高いのは、炭酸カルシウム生物殻をもつ生物を起源とした遺骸である。アスパラギンとオルニチンを除く塩基性アミノ酸は他の成分と比較して乏しかった。これは塩基性アミノ酸の分解、または、塩基性アミノ酸の粘土鉱物への吸着が原因で塩基性アミノ酸濃度が減少したものと考えられた。一方、オルニチンは初期続成過程において生成されたも

のと解釈された。間隙水中のアミノ酸の特徴は、(1)DCAAと比較してDFAAでは酸性アミノ酸濃度が非常に減少していること、(2)DCAAとDFAAではグリシンとセリンの濃度が高かった。DFAAの酸性アミノ酸の濃度は相対的に小さなものとなった原因として、間隙水中のアミノ酸と炭酸カルシウムとの反応あるいは吸着が考えられる。初期続成作用でグリシンの生産とその溶液相での安定性のため、間隙水中でのグリシンの濃度が増加する<sup>9)</sup>。

## 2.(2). 珊瑚礁

珊瑚礁は外洋低緯度域でのほぼ唯一の浅海域を提供している。サンゴ礁内に堆積し、あるいは外洋に放出される正味の物質量を求めるには、有機炭素に関して生物群集による有機炭素の総生産量から生物の呼吸による消費分とさらに分解者による分解分を、無機炭素についても総石灰化量からサンゴ礁内で溶解してしまう量を、差し引く必要がある。生物群集の有機炭素・無機炭素生産量は光量に強く規定されているので、サンゴ礁で形成される堆積粒子の総量とその有機炭素・無機炭素量比を評価するには、サンゴ群集の有機炭素・無機炭素生産量と光量との関係について明かにし、光条件についての基礎データとあわせて検討する必要がある。

この3年間の研究では、石垣島東海岸の白保集落沖の裾礁タイプのサンゴ礁において調査を実施した。代謝量の測定は、岸より550m地点に位置する枝サンゴ群集を対象に行なった。この群集は枝状のサンゴ *Montipora digitata* を中心とし、その他、*Acropora* 属のサンゴが卓越している。海水の温度、塩分、水位およびpH、DOは調査地点に設置した連続海水測定計により測定した。光量の測定は光量子計を水上部と海中に設置し、ともに30分間の平均光量子流束密度をデータロガーに記録させることにより行なった。調査地点の海水は干潮時に沖側の礁嶺が離水するとほぼ停留する。このときの海水のpHと全アルカリ度の30分毎の経時変化から、炭酸系の平衡計算によってこの群集の有機炭素・無機炭素生産量を求めた (pH-Alkalinity method)。

調査の結果と考察は以下のとおりである。調査を行った冬～春期はほぼ最低海水温期に相当していて、観測期間中の海底のサンゴが受ける最大光量は  $1010 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$  であった。この量は、夏季の最大光量  $1800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$  のほぼ2/3であった。

有機炭素生産速度は光量と強い相関を示した。この群集の光合成量と呼吸量が釣り合う補償光量はおおよそ  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$  であった。  $600 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$  以上の光条件では光合成速度に飽和傾向が認められた。この群集の夜間の呼吸速度および昼の飽和純有機炭素生産速度はそれぞれ  $15$ 、 $30 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hour}^{-1}$  であった。一方、無機炭素生産速度と光量との相関関係は、有機炭素の場合ほど強くはなく、夜間にはわずかながら溶解を示す場合もあった。昼の無機炭素生産速度は  $5\sim 15 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hour}^{-1}$  で、光量の増加とともに極くわずかな増加傾向が認められた。以上の結果から、サンゴ礁群集による有機・無機炭素生産は、光量が小さい条件下では有機/無機炭素生産速度比が小さく、光量が大きくなるにしたがって、速度比が増加し有機炭素生産量が増大することが明かとなった。

サンゴ礁群集による1日あたりの有機炭素・無機炭素生産量を算出するためには、上述した光量と生産速度の関係を決定することに加え、光量の日周変化を観測が必要である。この観測結果を基にすると、1日あたりの純有機炭素生産量は  $80 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}$  と計算された。同様の方法で求めた無機炭素生産速度は1日あたりの純無機炭素生産  $130 \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}$  であった。この結果は、冬季の快晴日のサンゴ礁群集による有機炭素/無機炭素生産量比は0.6で、この比率は光量の低下とともに減

少することが示唆された。

### 引用文献

- 1) Bada J.L., E. Hoopes and M.-S. Ho (1982). Combined amino acids in Pacific Ocean waters. *Earth Planet Sci. Lett.*, 58, 276-284.
- 2) Degens E.T. (1970). Molecular nature of nitrogenous compounds in seawater and recent marine sediments. In Hood, D.W. (Ed.), *Symposium on Organic Matter in natural waters*, Inst. Mar. Science (Alaska), Occas. Publ. 1, 77-106.
- 3) Henrichs S.M. and J.W. Farrington (1979). Amino acids in interstitial waters of marine sediments. *Nature*. 279, 319-322.
- 4) Ishizuka T., V. Ittekkot, and H. Kawahata H. (1990). Geochemistry of amino acids in interstitial waters, Leg 116. In Cochran, J.R., Stow, D.A.V. et al., *Proc. ODP Sci. Results*, 116, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 141-144.
- 5) Ishizuka T., Y. Nozaki and K. Shimooka (1988). Amino acids in the interstitial waters of ESOPE long cores from two North Atlantic abyssal plains. *Geochemical J.* 22, 1-8.
- 6) Ittekkot V., E.T. Degens and S. Honjo (1984b). Seasonality in the fluxes of sugars, amino acids, and amino sugars to the deep ocean: Panama Basin. *Deep-Sea Res.* 31, 1071-1083.
- 7) Kawahata H. and T. Ishizuka (1989). Organic property of sediments and amino acids in interstitial waters from the flank of Costa Rica Rift, Galapagos Spreading Center (ODP Site 677 and 678). In Becker, K., Sakai, H. et al., *Proc. ODP Sci. Results*, 111, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 215-225.
- 8) Kawahata H., T. Ishizuka and T. Nagao (1990). Amino acids in interstitial waters from the ODP Site 695 in the Weddell Sea, Antarctic Ocean. In Barker, P.F., Kennett, J.P. et al., *Proc. ODP Sci. Results*, 113, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 179-187.
- 9) Kawahata H. and T. Ishizuka (1992). Amino acids in interstitial waters from Sites 790 and 791 in the Izu-Bonin Island Arc. In Taylor, B., Fujioka, K. et al., *Proc. ODP Sci. Results*, 126, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 531-540.
- 10) Kawahata H. and T. Ishizuka (1993). Amino acids in sediments and interstitial waters from ODP Holes 677B and 678B in the Panama Basin. *Oceanol. Acta*, 16, 373-379.
- 11) Lee C. and J.L. Bada (1975) Amino acids in equatorial Pacific Ocean water. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 26, 61-68.
- 12) Michaelis W., B. Mycke, J. Vogt, G. Schuetze and E.T. Degens (1982). Organic geochemistry of interstitial waters, Sites 474 and 479, Leg64. In Curry, J.R., Moore, D.G. et al., *Init. Repts. DSDP*, 64, Washington (U.S. Govt. Printing Office), 933-937.

### 国際共同研究等の状況

本研究は、外洋深海・浅海域を研究対象としており、日独科学技術協力協定海洋パネルにおいて、ハンブルク大学教授、イテコット教授と「インド洋における海洋炭素循環 — モンスーン気

候帯に存在する河川の沿岸海洋環境への影響—」というテーマの下で共同研究が行なわれている。

#### 成果発表の状況

##### 誌上发表

Kawahata, H., Aoki, S., Scott, D.S., and Ishizuka, T. (1991) Geochemistry of sediments from Sites 677 and 678. *Bull. Geol. Surv. Japan*, v.42, 199-220.

川幡穂高 (1991) 外洋域における物質循環のメカニズム —特に海洋における炭素循環について— *地質ニュース*, 445, 30-42.

川幡穂高 (1991) 海洋と地圏の相互作用と物質循環 —外洋域の炭酸塩に伴う物質循環における問題点— *海洋科学*, 23, 822-830.

川幡穂高 (1991) 海洋大循環と物質循環の変遷. *地学雑誌*, 100, 1007-1018.

川幡穂高 (1992) 外洋域における粒子状物質の挙動. *地質ニュース*, 452, 19-29.

Kawahata, H. and Ishizuka, T. (1992) Amino acids in the interstitial waters from ODP Sites 790 and 791 in the Izu-Bonin Island Arc. In Taylor, B., Fujioka, K. et al., *Init. Repts. ODP*, 126, Washington (U.S.Govt. Printing Office), 531-540.

川幡穂高・浦辺徹郎 (1993) 海底熱水系と地球環境. *資源地質特別号*, 13, 37-44.

川幡穂高 (1992) ドイツの海洋環境研究—とくにセジメント・トラップ実験と古環境の研究について— *地質ニュース*, 465, 58-68.

##### 口頭発表

川幡穂高、日下部実、S.D. Scott (1990) 海洋地殻の硫黄の分布と同位体—トルドースオフィオライト— *日本地球化学会年会講演要旨集*, p34.

川幡穂高、石塚明男 (1991) 半遠洋性堆積物中の間隙水とアミノ酸組成. *日本地球化学会年会講演要旨集*, p225.

Kawahata, H. (1992) Fluctuation of the deposition of total carbon in the west Pacific Ocean. *ICG Abstract*, v.1, 69.

Ohkouchi, N., Kawahata, H., Okada, M., Matsuoka, H., Murayama, M., and Taira, A. (1992) Deep water nutrient change revealed from Cd/Ca during the last 350,000 years in the western equatorial Pacific. *ICG Abstract*, v.2, 373.

Ohkouchi, N., Kawahata, H., Okada, M., Murayama, M., and Taira, A. (1992) Late Quaternary benthic foraminifera cadmium records: Western equatorial Pacific and north-western Pacific. *Fourth International conference on Paleooceanography*, p.219.

Ohkouchi, N., Kawahata, H., Okada, M., and Taira, A. (1992) The deep water nutrient history in the western equatorial Pacific during the last 320 kyr revealed from Cd/Ca record. *Second International conference on Asian Marine Geology*, p.3-12.

大河内直彦, 川幡穂高, 岡田誠, 村山雅史, 平朝彦 (1992) カドミウム—カルシウム比から明かにされる西太平洋域第四紀の深層水栄養塩量の変化. *1992年度日本地球化学会年会講演要旨集*, p118.

田中宏明, 益田晴恵, 川幡穂高, 蒲生俊敬 (1992) 海底堆積物中の火山灰の続成作用に伴うSrとH



の同位体変動—ODP Site 808—, 1992年度日本地球化学会年会講演要旨集, p120.

Kawahata, H. (1992) Fluctuation of the accumulation rates of organic and inorganic carbons in the West Caroline Basin for 330-kyr -The relation between the carbon accumulation rate and the concentration of the atmospheric CO<sub>2</sub>- EOS, 73, 308.