

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—

川 幡 穂 高¹⁾

1. はじめに

地質調査所はドイツ国ハンブルク大学と「太平洋・インド洋における炭素循環の比較」というタイトルで日独科学技術協力協定を結んでいる。これは、主に二つのフィールドから構成されている。第1は、現代の炭素循環に関連して、沈降粒子による炭素除去がどの位行われているのか、またその仕組みを解明するための研究で、第2は、自然のサイクルで海洋環境がどのように変遷してきたのかを研究するもので、地質調査所が太平洋域で、ハンブルク大学がインド洋(ベンガル湾およびアラビア海)で行っている研究を比較・検討するものである。本年、科学技術振興調整費個別重要国際共同研究で、万国地質学会にハンブルク大学イテコット教授(Prof. Ittekkot)を招待し、地質調査所は彼とともにコンビナーとして「地球表層の炭素循環」というタイトルのセッションを持った。また、この科学研究費を使用して、ハンブルク大学で主にセジメント・トラップ実験について共同研究を行う機会に恵まれたので、ドイツにおける外洋の環境研究と研究体制について、少し紹介しようと思う。なお、取り上げる分野は全部を網羅していないことをあらかじめお断りしておく。

2. 活発に海洋研究を行っている大学・研究所

ドイツは日本と比べるとかなり北に位置する国である。もしも日本列島が緯度線にそって、そっくりヨーロッパに平行移動したとしたら、どの位の国と並ぶだろうか? 東京は北緯35度41分、日本最北端の稚内でも北緯45度25分であるから、アフリカ北端から地中海やイタリア位になってしまう。ドイ

ツは日本のどこにもふれあうことがない位に、北に位置している。

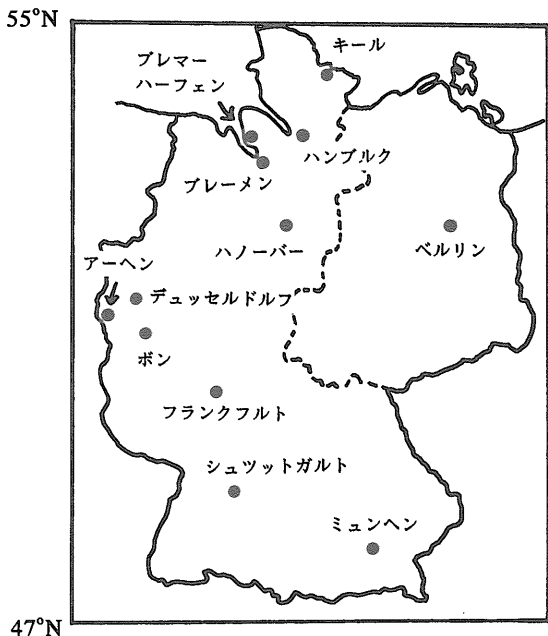
ドイツは、北から南へ順に北ドイツ低地、中部山地、高山地帯の三つの帯に分けられ、北の北海とバルト海のゼロメートル地帯から、南のオーストリアとの国境沿いに連なる山々に及んでいる。海に面するのは北部の地域であり、海洋研究を活発に行っている大学・研究所もこの地域に集まっている。その中でもハンブルク市のハンブルク大学、キール市にあるキール大学および GEOMAR、ブレーメン市にあるブレーメン大学、ブレーマーハーフェン市にあるアルフレッド・ウェーゲナー研究所はそれらの拠点となっている。内陸部では、アーヘン市のアーヘン大学、ハノーバーの BGR、ベルリン市のベルリン大学等では、海底熱水鉱床やマンガンノジュール等の研究が行われている(第1図)。

2.1 ハンブルク大学

ハンブルク市は1189年の開港以来、ヨーロッパでも有数の商業の中心となり、ドイツの北玄関と呼ばれている。一般に北ドイツは世界に向けて門戸を開放している姿勢と古くからの国際感覚を身に付けている事が特徴であるが、ハンブルクはその中でも最たるものである。ハンブルク市は12世紀にドイツ皇帝バルバロッサより通商の自由権を与えられ、独立した国家機能を持つ「自由都市」となった。14世紀にハンザ同盟に加盟して現在の正式名称「自由ハンザ都市ハンブルク」になる。現在はドイツ10州の1州で、州都市としての自治権を持っている。市はエルベ河の河川港として発展し、人口は周辺の市町村を含めて約200万人である。ハンブルク大学の経費は国家と州から支給されているが、ドイ

キーワード: ドイツ, 科学技術協力協定, セジメント・トラップ実験, 古環境, 海洋, 二酸化炭素, 有機炭素, 炭酸カルシウム, 北極

1) 地質調査所 海洋地質部



第1図 ドイツ国と主要都市の位置図。破線は旧東ドイツの国境。

ツでは州の権限が日本の県より大きいために、州の財政規模は大学の財政にも大きな影響を与えている。例えば、後に述べるキールの GEOMAR は、州政府の強い後押しもあり、たぶん21世紀にはフランスの IFREMER(国立海洋開発研究所)に匹敵するようなドイツの海洋地球科学の調査研究センターになることが予想される。

ハンブルク大学では地球生物化学・海洋化学教室で外洋の環境研究が行われている(写真1)。研究対象地域は、インド洋と南シナ海で、セジメント・トラップ実験が主なものである。

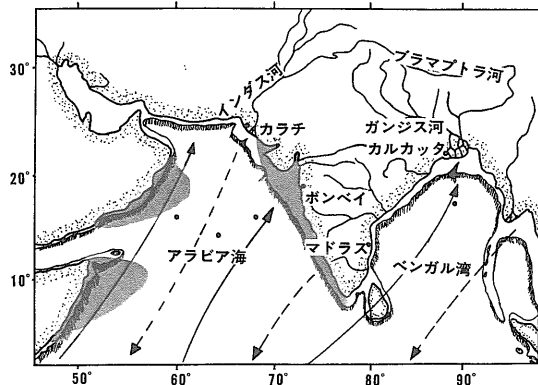
2.1.1 アラビア湾

モンスーンはインド洋北部の表層循環に顕著な影響を与えている(第2図)。これによって、アラビア海では沿岸に沿って栄養塩に富んだ水が湧昇してきて、この地域は世界でも有数の基礎生物生産の高い地域となっている。モンスーンで引きおこされた粒子状物質の影響がアラビア海の深層にどのように影響しているのかを調べるために、アラビア海の西部、中央部、東部の3点でセジメント・トラップ実験が行われた。約1年にわたる全粒子束は、アラビア海西部で $33.92 \text{ g/m}^2\text{yr}$ 、アラビア海中央部で $26.45 \text{ g/m}^2\text{yr}$ であった。また、粒子束の季節変動

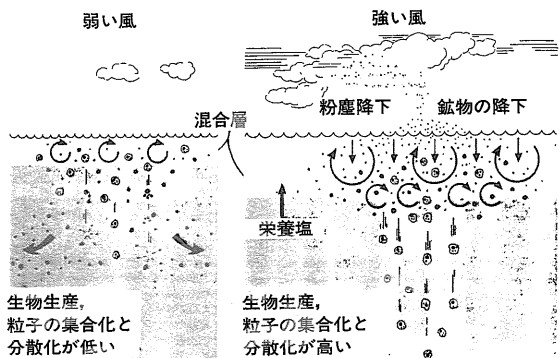


写真1 中央に見えるハンブルク大学で最も高いビルに、地球生物化学教室、地質学教室、気象学教室等、地球科学分野の教室が集まっている。

が記録され、ピークは南西の季節風(6~9月)と北東の季節風(12~2月)の活発な期間であった。例えば、西部地点ではモンスーンの南西風の時期に $23.56 \text{ g/m}^2\text{yr}$ 、北東風の時期に $5.29 \text{ g/m}^2\text{yr}$ と、両期間で全体の85%が占められていた。また、試料の約56.0%が炭酸カルシウム、21.5%がオパール、7.8%が石灰質物質(非生産物質)、5.3%が有機炭素、



第2図 アラビア海とベンガル湾のセジメント・トラップ実験測点。灰色の部分にはモンスーンの影響で湧昇の顕著な海域で、矢印は、夏の南西モンスーン(実線)と冬季の東北モンスーン(破線)・シーズン中の風の方向(Ittekkot et al., 1992)。



第3図 アラビア海における有機物生産と深海への炭素除去の模式図。海の表面への粉塵の増加は、有機物の集合体と相まって粒子の密度が高くなり、粒子は急速に沈降する (Ittekkot, 1991)。

0.6%が窒素であった。これらの粒子束のパターンを支配する主要な要因は(1)風によって混合層の深度が深くなり、(2)それに伴い、栄養塩に富んだ深層水が湧昇して、有光層に栄養塩がもたらされ、その結果高生物生産になると考えられた(第3図) (Nair et al., 1989, Ittekkot, 1991)。

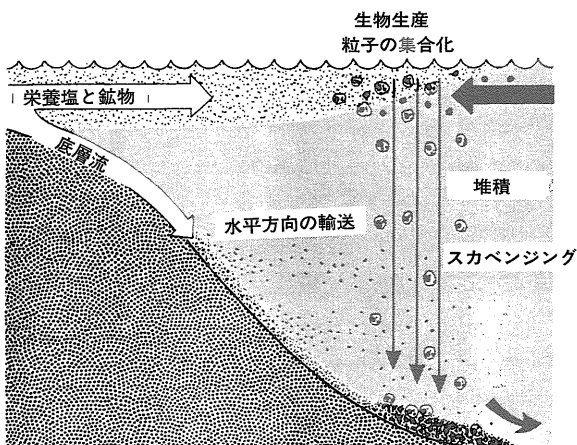
2.1.2 ベンガル湾

ベンガル湾はインド洋をはさんでアラビア海と逆の東側に位置している。両海域ともモンスーンの影響を強く受けているという共通点がある(第2図)。しかし、その因子は異なっている。というのは、ベンガル湾の場合、ガンジス河とブラマプトラ河という世界でも有数の河川を有しているの、ヒマラヤの水河の融水に起源をもつ淡水や雨水と陸源性の粒子状物質が多量に海洋へもたらされている事である。これらの影響がベンガル湾の南部までどのように及んでいるのかを調べるためにセジメント・トラップ実験が行われた。セジメント・トラップは各測点に二つ設置され、約1年にわたる全粒子束は、北部(水深2,263 mの809 mと1,727 mの深度に設置)でそれぞれ49.77 g/m²yr, 51.59 g/m²yr, 中央部(水深3,259 mの906 mと2,282 mの深度に設置)でそれぞれ35.15 g/m²yr, 44.79 g/m²yr, 南部(水深4,017 mの1,040 mと3,006 mの深度に設置)でそれぞれ32.83 g/m²yr, 38.08 g/m²yrであった。粒子束のピークは南西の季節風の時期に観察された。これは河川から海への流入が最大になった時期と一致している。また、北部の深層の試料では、約20.8%が炭酸カルシウム, 15.6%がオパール, 54.2%が石

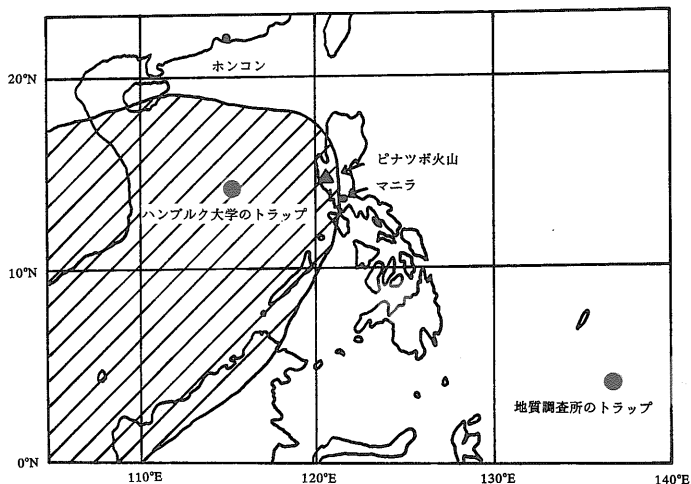
質性物質, 5.1%が有機炭素であった。北から南の設置点に向かって、炭酸カルシウムは増加し、オパール, 有機炭素, 珪質性物質(非生物物質)は減少する (Ittekkot et al., 1991)。これらの粒子束のパターンを支配する主要な要因は(1)モンスーンによる淡水と陸源碎屑物の流入, (2)それに影響された海洋生物生産であると考えられる(第4図) (Ittekkot, 1991; Ittekkot et al., 1991)。

2.1.3 南シナ海

ハンブルク大学と中国の国家海洋局第二海洋研究所(ハンチョウ=杭州)との間で南シナ海を対象に、海洋地質学的研究と海洋環境研究が行われている。1987年9月から1988年10月にかけて、南シナ海に1係留のセジメント・トラップが設置された(18°28'N, 116°01'E)。その結果、浅い方のセジメント・トラップは河川からの物質の影響は小さく、モンスーン期間中の風速の速い時期に粒子束のピークが現われた。深い方のセジメント・トラップからは、中深層の水平方向の粒子の寄与のあることが示された (Jennerhahn et al., 1992)。天安門事件で共同研究が中断された後、実験は1990年11月から以前の測点の近く(14°36'N, 115°06'E)で、再開された。この期間の最大のトピックスはピナツボ火山の噴火である。1991年6月12日に最初の大きな爆発が起こり、14日から15日にかけて大規模の噴火



第4図 ベンガル湾での河川からの物質の流入と粒子の形成に関する模式図。陸水の流入は栄養塩を海洋にもたらし、生物生産を活性化させる。陸源の鉱物粒子は生物によって作り出される粒子に取り込まれ、高密度の粒子を作り、沈降速度を加速させる効果をもつ (Ittekkot, 1991)。



第5図 ピナツボ火山の火山灰の分布とセジメント・トラップ実験測点。火山灰は主に西南方向に流れたため、南シナ海では多量の火山灰が降下した。図中斜線の部分は、最も大きな爆発の21時間後に相当する1991年6月16日10時30分の衛星から観測されたピナツボ起源の灰雲である。この期間も含めて、フィリピンの南東のカロリン海盆では、地質調査所でもセジメント・トラップを係留していたが、夏期には火山活動にともなった沈降粒子の増加が観測された。

が起こった。その頃ピナツボ火山のたった50 km 北を通過した台風の強い風によって、火山灰は主に南西の方向に飛ばされた(第5図)。そのため、南シナ海に設置したセジメント・トラップには、試料カップの容量を越えて火山灰が捕捉されたため、試料カップを回転させるためのモーターが故障し、試料の採取が不可能になった(Wiesner personal communication, 1992)。

2.2 ブレーメン大学およびアルフレッド・ウェーゲナー研究所

ブレーメンは、ハンブルクに次ぐドイツ第二の港町である。北海に注ぐウェーザー川を64 km 遡った地点にある河川港で、10世紀に開けたドイツ最古の貿易港である。

1358年ハンザ同盟に加盟して、1646年には帝国自由都市となった。その伝統を今日までよく保ち、ハンブルク同様、都市でありながらドイツの1州を形成している。また、19世紀に入って55 km ほど下流の河口付近に、大型船舶向きの港、ブレーマーハーフェン(Bremerhaven 漁港としても有名)ができたので、これと一体となって現在では合理的な港湾業務の運営を行っている。

ブレーメン大学は地学教室でセジメント・トラップ実験をはじめ古環境の研究が行われている。大学

の歴史は古いが、近年新しい建物を建築して、地学教室も最新の設備を備えている。ドイツは1991年10月に東西統合を成し遂げたため、ドイツの財政は現在厳しい。研究予算も増分は優先的に東側に振り分けられるようになったために、西ドイツ側の研究予算は当分増えそうにない状況で、大学・研究所の建物の建設も統合時に建築中か着工寸前であったもの以外はほとんど凍結されているのが現状である。そのような中においてブレーメン大学は新築のビルの隣にもう一つビルを建てる予定で研究環境は非常に恵まれている(写真2)。

アルフレッド・ウェーゲナー研究所(AFI= Alfred-Wegener-Institute)はブレーマーハーフェン市

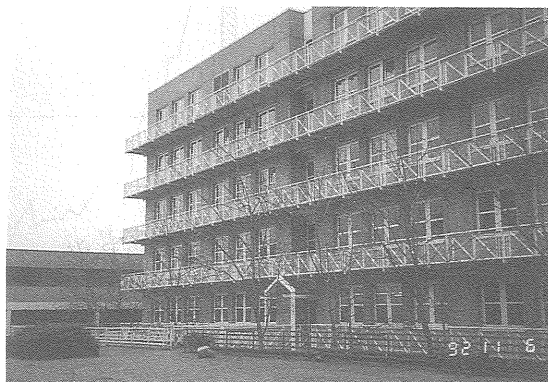


写真2 ブレーメン大学の地質学教室の新築ビル。

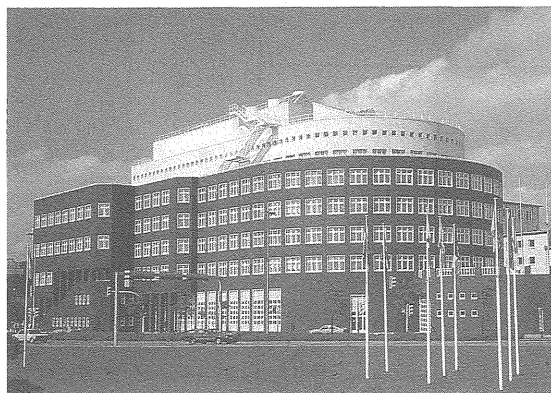


写真3 プレーマーハーフェン市にあるアルフレッド・ウェーゲナー研究所。

にあり、1980年に西ドイツ政府によって極域の研究を促進するために設立された(写真3)。研究所の建物は1986年に新築され、1987年の時点で、約300人が働いており、その中の3分の1が科学者である。研究所はドイツ科学技術庁(BMFT=Federal Minister for Research and Technology)から90%、プレーメン州から10%の運営費でまかなわれている。研究所の主な仕事は、極域の海洋生物学、海洋地質学、地球物理学、気象学、海洋物理・化学の基礎的研究を行うことである。極域の調査研究を行うために、砕氷船「POLARSTERN」等を有している。

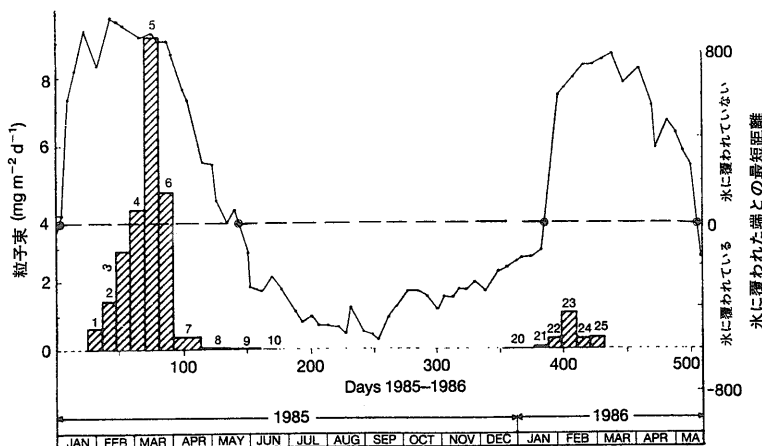
2.2.1 海氷の形成と沈降粒子の形成(南極海)

南極海は太平洋やインド洋の深層水を作り出す地域であるため、気候変動および海洋大循環に伴う炭

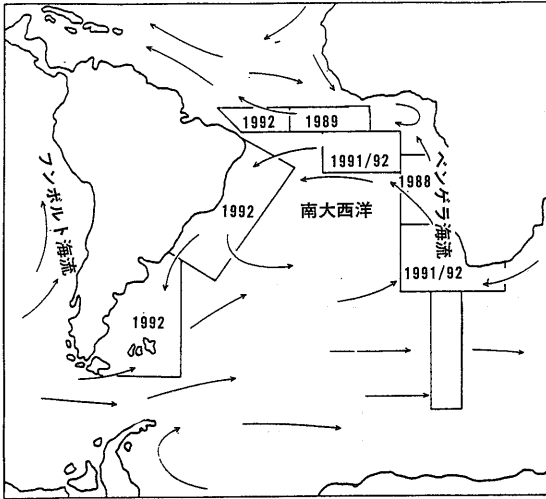
素循環の研究にとって重要な地域とされている。ウェッデル海は大西洋の南方の南極海に位置している。この地域では、以前から、氷の分布や基礎生物生産に大きな季節変動があることが知られている。ここで行われたセジメント・トラップ実験は、非常に興味深い結果をもたらした。全粒子束と海水の端と係留地点の距離を表したのが第6図である(Fischer et al., 1988)。第一の重要な特徴は、年間の全粒子束は今まで観測されたものの中で最も低い値を示していることである。全粒子束は371 mg/m²yrで、有機物と生物殻を併せたものが367 mg/m²yr、石質はわずか4 mg/m²yrであった。

第二の重要な特徴は、1年間の全粒子束は、1月の末から3月の初めにかけてみられるだけで、残りの期間の全粒子束はほぼゼロであったことである。この時期は、海水が係留地点の南方に退却していく時で、氷が割れて、海が出現してから10週間位の間のみ全粒子束が見られた。海の表面が氷で覆われている時には、植物プランクトンの活動はほとんど停止していたことがわかる。これは、珪藻や放散虫の形成にも表れている(Abelmann and Gersonde, 1991)。

ウェッデル海付近で行われたセジメント・トラップ実験の結果によると基礎生物生産は沿岸地域で最大で170 gC/m²year、永久に海水に覆われている地域で0 gC/m²yearと大きく計算値が変動していた(Wefer and Fischer, 1991)。また、プランクトン、沈降粒子、表層堆積物の炭素同位体($\delta^{13}C$)の測定も



第6図 各々の期間の全粒子束(mg/m²day 棒グラフ)。折れ線グラフはセジメント・トラップ設置地点と氷に覆われた端との最短距離を表す。



第7図 大西洋中央部のセジメント・トラップ実験地域。

行われ、水温が低く、しかも一定であるにも拘わらず、プランクトンの $\delta^{13}\text{C}$ は珪藻群集や基礎生物生産の変動によって10%も変化していた (Fischer, 1991)。

南極海の過去の海洋環境と気候変動も研究されていた。260~240万年前には更新世後期の氷期に匹敵する位の環境が確立し、更新世の初期である160~70万年には、鮮新世期と更新世後期の間の比較的安定して温かい状態が出現したと推定された。約70万年前頃には、冷たい南極周極流に関連して現代の化石群集へ最終的に移行したらしい。生物起源のシリカ含有量と種組成の変動は60万年位の氷期-間氷期の循環が確立したことを示している (Abelmann et al., 1990)。また、浮遊性と底棲有孔虫の安定同位体の分析によると、最終氷期には、ウェッデル海では深層水の形成が続いていたこと、基礎生物生産は海表面が氷で覆われていたのでこの時期非常に低くなっていたことが示された (Grobe et al., 1990)。

2.2.2 沿岸・赤道湧昇帯と沈降粒子の形成(大西洋)

基礎生物生産の50%は海洋全体の30%の地域で行われており、有光層から下へ落ちていく沈降粒子の流量の50%は海洋全体の12%の地域で行われていると推定されている (Berger et al., 1989)。湧昇帯は高い基礎生物生産 (>100 gC/m²yr) で特徴づけられ、沿岸湧昇帯や赤道湧昇帯が有名である。この

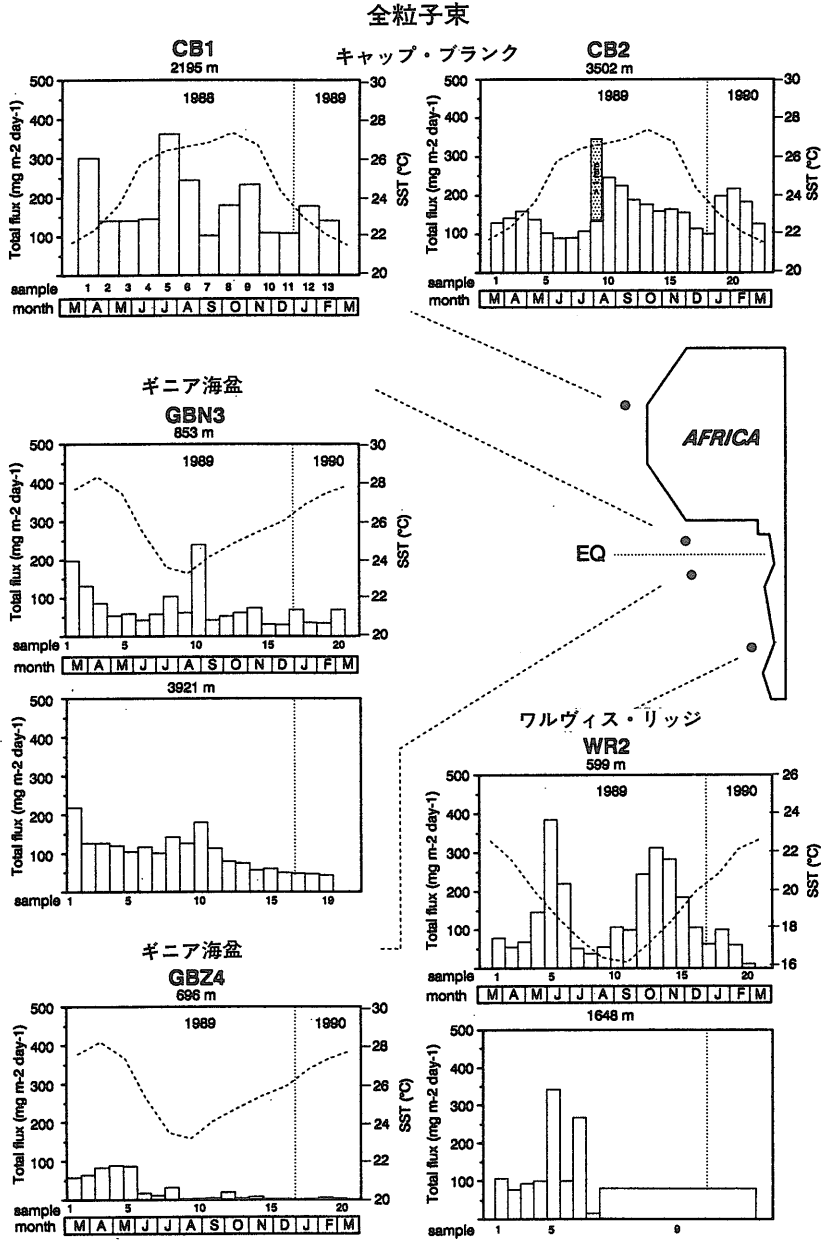
ような観点から、大西洋の中央部でセジメント・トラップ実験が行われている (第7図)。

モーリタニア (Mauretania) 沖 (CB=Cap Blanc) とナミビア (Namibia) 沖 (WR=Walvis Ridge) の地点は、沿岸湧昇帯に属しており、高い全粒子束 (66.8 g/m²yr, 59.1 mg/m²yr) が観察された (第8図): これは生物生産が高いことに起因しており、炭酸塩の粒子束は28.7 g/m²yr, 32.9 mg/m²yr, オパールの粒子束は5.4 g/m²yr, 8.2 mg/m²yrであった。ギニア海盆 (GB=Guinea Basin) の北の測点 (GBN) と南の測点 (GBZ) での全粒子束は28~37 g/m²yr, 9.4 mg/m²yrであった。これら4測点の粒子束の構成成分の特徴は、炭酸塩生物殻が卓越しており、生物性珪質殻の寄与はあまりなかった。CBとGBN地点での粒子束では、8~9月にかけて顕著なピークが見られたが、この時期には炭酸塩のピークも同時に現われた。逆に、生物起源のオパールのピークは冬の終わりから初春に見られた。CBでは、石質の粒子束は生物の粒子束と強い相関を持っている。赤道域の2つの測点GBN, GBZでは、粒子束のピークはITCZ (Intertropical Convergence Zone) の南へのシフトに呼応して観察された。これは石質の粒子束の寄与を伴っている。GBZでは、5月以降、ITCZが北の方へシフトしていくと粒子束はほとんどゼロにまで落ち込んだ (Wefer and Fischer, in press)。このことから気候帯の変動は海洋での粒子状物質の形成に影響を与え、ひいては表層からの炭素の除去に大きな影響を与えていることがわかる。

2.2.3 北極海の研究

1991年には、スウェーデンの砕氷船「ODEN」とともに「POLARSTERN」(写真4)の調査研究は北極海の中心地域にも及び、北極点に1991年9月7日に到着した。その時の航跡図を第9図に示す。海洋地質学の分野では、表層堆積物やコアの採取が行われ、炭素循環にも関係する有機物の変質および輸送の研究が活発に行われている。

北極海の研究には、GEOMAR 等他の研究所・大学研究者も参加している。研究は、海洋物理学、海洋化学、海洋生物学、海洋地質学、気象学等ほぼ海洋関係のすべての分野にわたっており、ドイツは、極域の研究で南極に力を入れてきたが、今後は北極海をより重視していく方針である。



第8図 大西洋東部の1988年から1990年にかけてのセジメント・トラップ結果. グラフは<1 mm サイズの粒径の全粒子束を表している (Wefer and Fischer, in press).

2.3 キール大学

GEOMAR は1987年に海洋地球科学の新しい研究センターとしてキール大学の中に設立された. 現在のところ四つの部門がある ; (1)海洋環境地質, (2)古環境, (3)海洋ジオダイナミクス, (4)火山および岩石学である. 統括部門の他に, 図書室, インフォメーションセンター, 堆積物の配付部門等が附属され

ている. 現在研究センターとそのパートナーである GTG (GEOMAR Technologie GmbH)はキールの魚市場に位置しており, その面積は1992年現在7,000 m² となっている. GEOMAR 全体の研究対象海域を第10図に示す. この図には, ODP への参加航海等も含まれている.

2.3.1 海洋環境の研究

海洋環境に関連した研究は、(1)地質学的時代における炭素と栄養塩の堆積、(2)海洋、堆積物、大気間の炭素循環、(3)プレート境界における物質流量、(4)原油流出等の災害の環境への評価、(5)堆積物-海水の境界層の研究等が行われている。

2.3.2 古環境の研究

海洋は地球表層のシステムに重要な役割を果たしてきたとされている。特に、世界の環境は、かなりの部分、海洋-大気-生物圏によって支配されてきたことがわかってきた。これらの相互作用は、熱輸

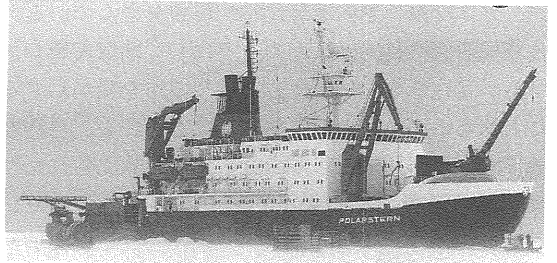
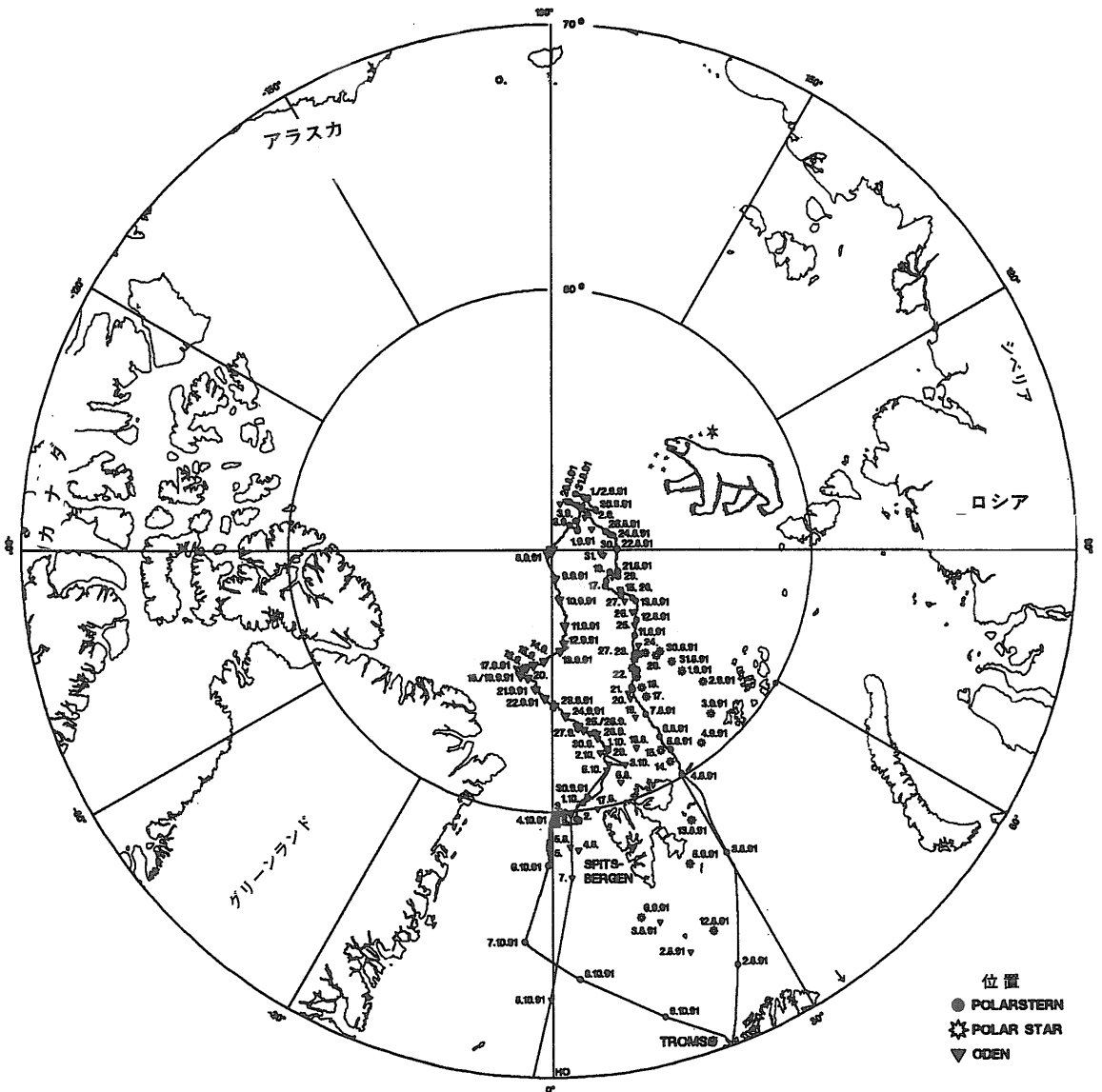


写真4 砕氷船「POLARSTERN」.



第9図 1991年の北極海の航海

送, ガス交換, 生物地球化学的現象を含んでいる。古環境研究の目的は, どのようにして地球表層システムが変化あるいは進化してきたのかを明らかにすることである。現在の温暖化研究にとっても, 自然のサイクルの解明は, 人類活動によって放出された二酸化炭素の行方と相まって緊急の課題となっている。

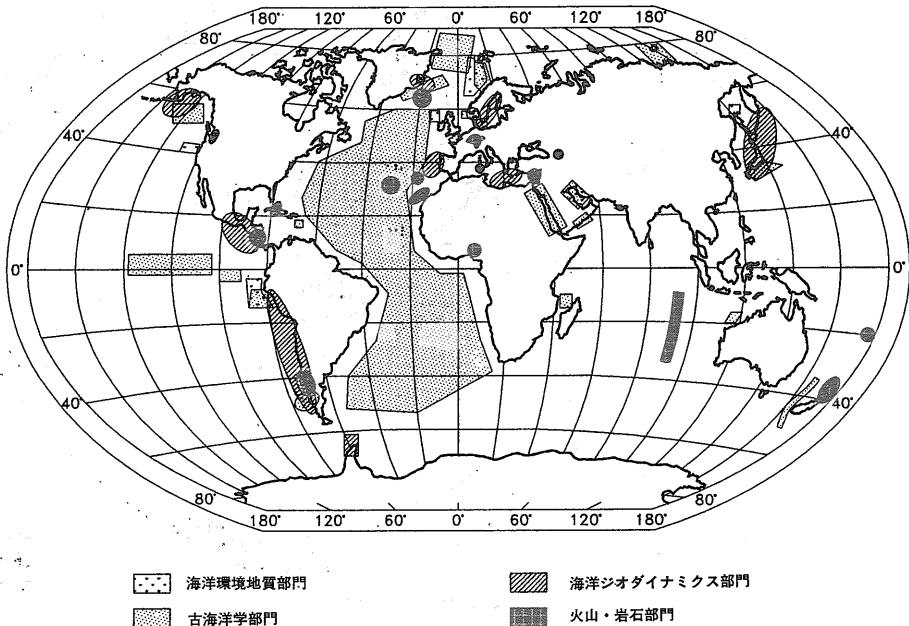
さらに, 研究対象は沿岸堆積物, 外洋堆積物, 珊瑚礁と幅広く, しかも, 時代は中生代から現代にまで及んでいる。特に, 過去40万年の北極海の氷の被覆に関する研究やグリーンランド沖の地域古環境の研究は, 深層水の形成史や気候変動の解明に役立つものと期待されている。

ここで行われた研究の中から一例を紹介しよう。現在古環境の研究では, 有孔虫の酸素同位体のデータが不可欠である。同位体は主に氷床の形成とリンクしており, そのカーブからかなり精度の高い時代の推定が可能である。年代の入らない堆積物コアは, 古環境の研究にとっては, 極端な言い方をすると, ただの砂泥である。有孔虫の酸素同位体の値とマグネシウム含有量との間に非常に高い相関が最近指摘されている(Nurnberg, in press)。それは, マグネシウムとカルシウムの炭酸塩内への分配が温度によって支配されるためであると考えられている



写真5 キール大学のエマイス博士とキール市の漁市場を改装したGEOMAR。新しいビルも近くに建設予定である。

が, まだ確定はしていない。このマグネシウム含有量の情報の利点は, EPMA(電子線微小領域分析装置)での分析が可能なこと, 酸素同位体の場合氷の



第10図 1991年のGEOMARの活動地域

融水の影響を大きく受けるとに対しマグネシウム含有量は受けないことをである。

3. ドイツの研究体制

3.1 ドイツの大学における研究システム

ドイツの大学では日本と似ていて、権威を尊ぶ風潮が見受けられる。例えば、北米大陸では、教授といえどもファーストネームで呼んでさしつかえないが、ドイツは日本と同様、ファーストネームよりは名字に官職をつけて呼称することがしばしば行われる。現在の日本では、東京地区が人口、政治、経済において他の都市を圧倒している。あえて言えば、第二次世界大戦前に欧州最大の都市であったベルリン、金融の中心であるフランクフルト等を挙げることできるが、現在のドイツには日本の東京、フランスのパリ、イギリスのロンドンに相当する都市は見当たらない。地方はそれぞれ独自の文化をもっており、地方ごとに、ある分野で秀でた大学が存在している。

大学の教室は、教授、研究員、技官、学生から構成されている。日本の大学では、教授、助教授、助手といった序列があり、教授同志は一応形の上では同等の権限を有するものとされている。教室主任を持ち回りで勤めることがあるのもそのせいであろう。

一方、ドイツの大学では、教授と研究員の二つのポストが重要であるが、各々ランクがある。教授のコースには、下から上への序列で、C1, C2, C3, C4 というランクがあり、伝統的なドイツの大学システムでは、一つの教室、例えば地質教室には、C4 クラスの教授は一人しかいない。最近では、大きな教室の場合、分野が異なった C4 教授が二人いる場合もある(例えば、資源学と構造地質学等)。C1, C2, C3, C4 の権限は各々異なっている。C1, C2 教授は授業をもっており、日本でいうと助手・助教授・教授に相当する。C1, C2 教授は専門分野が C4 教授と異なっている場合には、多少の独自性は確保されるものの、普通は、科学研究費の獲得、研究内容ともに、C4 教授の意向にかなり依存する。C3 教授は C1, C2 教授とは異なり、研究内容についてはかなり独立しており、かなり大きな科学研究費の獲得も可能である。しかし、強力な人事権は有していない。

C4 教授は、科学研究費の獲得はもちろんのこと、強力な人事権を有し、教室の将来を決定できる権限を有している。そればかりか、C4 教授は、他大学も含めた、ある科学分野についての科学研究費の配分にも関与することができる。換言すると、ドイツの科学は C4 教授によって大きく影響を受けていると言える。

このように多大な権限を有するポストはどのようにして決定されるのであろうか？ この種の教授の決定は公募をもってなされる。審査員として教室外部の人も入り、まず書類審査が行われる。場合によっては、一次、二次審査を行い、候補者を数人に絞って、面接が行われる。面接では、本人の過去の科学的業績、将来の自分の研究に対する考え方、学生指導に関する考え方及び今迄の実績、教室の将来に関する方向付け等について、数時間の質疑応答が行われる。このようにして C4 教授は決定される。C4 教授は自宅での勤務が認められ、給料についても大学と交渉の上決定される。ドイツにおける C4 教授の存在は、有能な人物に、機会、予算、研究者を集中させることで、科学を発展させようとするものである。

3.2 GEOMAR における試み

日本ではサポートシステムが貧弱であるために、研究者自らルーチンの化学分析を行う場合が多い。欧米では、科学者はデータの取得に関しては分析専門家に依頼する場合が多い。もっとも、アルフレッドウェーゲナー研究所とブレーメン大学のように、研究所と大学が相互乗り入れをして、大学院の教育と研究を共同で行っている場合も多い。

GEOMAR は研究センターとそのパートナーである GTG (GEOMAR Technologie GmbH) から構成されている。科学者は研究センターに属しており、GTG はそのサポート部門である。GTG の主な仕事は、ルーチンの化学分析を行ったり、海洋機器の技術開発を科学者と行ったり、海洋観測機器のメンテナンスをしたり、航海の準備をしたりすることである。

幾つか例を挙げよう。科学研究費で科学者が新しい分析機械を購入すると、それを GTG に貸し付ける。分析法は科学者と技官が協力して確立する。そして、分析がルーチン化した後は、技官が分析を行

う。次に、航海の場合には、航海内容について科学者と技官が打ち合わせをする。すると技官は必要な機器のリストを作り、陸上で機器のチェックを行い、コンテナに詰め、積み込みを行い、船の研究室に機器のセットを行う。航海には、技官も参加し、基本的なデータの取得を行う。

このように、GEOMAR は科学者が研究に専念できるようにになっている。このようなシステムを作りあげる上で問題となったのは、科学者が購入した機器をその科学者以外の人を使用するために精度が落ちるのではないかといった点と技官の働く費用をどのように算出して経費を払うかという事であった。漠然としていた技官に対する報酬の支払は、これを機会に見直すきっかけを与えたようである。

日本では、研究費には給料が含まれていないが、例えば、地質調査所の場合、人件費の額は備品・消耗品購入、旅費等の研究費にほぼ匹敵している。研究全体に占める人件費が大きいということは、科学者が多く参加するプログラムではそれだけで多額の投資を国家が行っているといえる。日本では、科学プログラムの提案、予算取り、試料採取およびフィールド作業、分析データ取得、論文書きを多かれ少なかれ一人の人が行わなければならないので、どこかで力つきてしまうこともしばしば起こる。日本の場合、欧米と習慣の違いもあり、別組織としてGTGのような組織を作り、研究の効率化をはかるのも一案であろうと思われる。

謝辞：ハンブルク大学との共同研究を始めるにあたっては、東京大学海洋研究所の石塚明男博士には大変お世話になった。また、同課題で日独科学技術協力協定を結ぶにあたり、地質調査所海洋地質部部長盛谷智之博士および科学技術庁研究開発局海洋開発課元課長小路信次氏のご協力を得た。また、当プログラムでイテコット教授の招聘および川幡のドイツ滞在について地質調査所国際室の方々にお世話になった。皆様に感謝します。

文 献

- Abelmann, A. and Gersonde, R. (1991) : Biosiliceous particle flux in the southern ocean. *Marine Chemistry*, **35**, 503-536.
- Abelmann, A., Gersonde, R., and Spiess, V. (1990) : Pliocene-Pleistocene paleoceanography in the Weddell Sea - siliceous microfossil evidence—. In: *Geological History of the Polar Oceans-Arctic versus Antarctic*, U. Bleil and J. Thiede, editors, Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Boston, London, pp729-759.
- Berger, W. H., Smetacek, V. S., and Wefer, G. (1989) : Ocean productivity and paleoproductivity—an overview. In: W. H. Berger, V. S. Smetacek and G. Wefer (Editors), *Productivity of the ocean: Present and Past*. Wiley, Chichester, pp. 1-34.
- Fischer, G., Futterer, D., Gersonde, R., Honjo, S., Ostermann, D., and Wefer, G. (1988) : Seasonal variability of particle flux in the Weddell Sea and its relation to ice cover. *Nature*, **335**, 426-428.
- Fischer, G. (1991) : Stable carbon isotope ratios of plankton carbon and sinking organic matter from the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Marine Chemistry*, **35**, 581-596.
- Grobe, H., Mackensen, A., Hubberten, H.-W., Spiess, V., and Futterer, D. K. (1990) : Stable isotope record and late Quaternary sedimentation rates at the Antarctic continental margin. In: *Geological History of the Polar Oceans-Arctic versus Antarctic*, U. Bleil and J. Thiede, editors, Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Boston, London, pp539-572.
- Ittekkot, V. (1991) : Particle flux studies in the Indian Ocean. *EOS*, **72**, 527-530.
- Ittekkot, V., Haake, B., Bartsch, M., Nair, R. R., and Ramaswamy, V. (1992) : Organic carbon removal in the sea: the continental connection. In: *Upwelling Systems: Evolution Since the Early Miocene*. Summerhayes, C. P., Prell, W. L. and Emeis, K. C. (eds.) Geological Society Special Publication No. 64, 167-176.
- Ittekkot, V., Nair, R. R., Honjo, V., Ramaswamy, V., Bartsch, M., Manganini, S., and Desai, B. N. (1991) : Enhanced particle fluxes in Bay of Bengal induced by injection of fresh water. *Nature*, **351**, 385-387.
- Jennerhahn, T., Kempe, S., Liebezeit, G. and Wong, H. K. (in press) : Particle flux in the northern South China Sea.
- Nair, R. R., Ittekkot, V., Manganini, S., Ramaswamy, V., Haake, B., Degens, E. T., Desai, B. N., and Honjo, S. (1988) : Increased particle flux to the deep ocean related to monsoons. *Nature*, **338**, 749-751.
- Nurnberg, D. (in press) : A 180,000 years magnesium record in *Neoglobobulimina* *Pachyderma sinistral*-A tool for the thermal reconstruction of Norwegian Sea surface waters. *J. Foram. Res.*
- Wefer, G. and Fischer, G. (1991) : Annual primary production and export flux in the southern ocean from sediment trap data. *Marine Chemistry*, **35**, 597-613.
- Wefer, G. and Fischer, G. (in press) : Seasonal patterns of vertical particle flux in equatorial and coastal upwelling areas of the Eastern Atlantic. *Deep Sea Res.*

KAWAHATA Hodaka (1993) : Research of sediment trap experiments and paleoceanography in Germany

<受付：1993年1月6日>