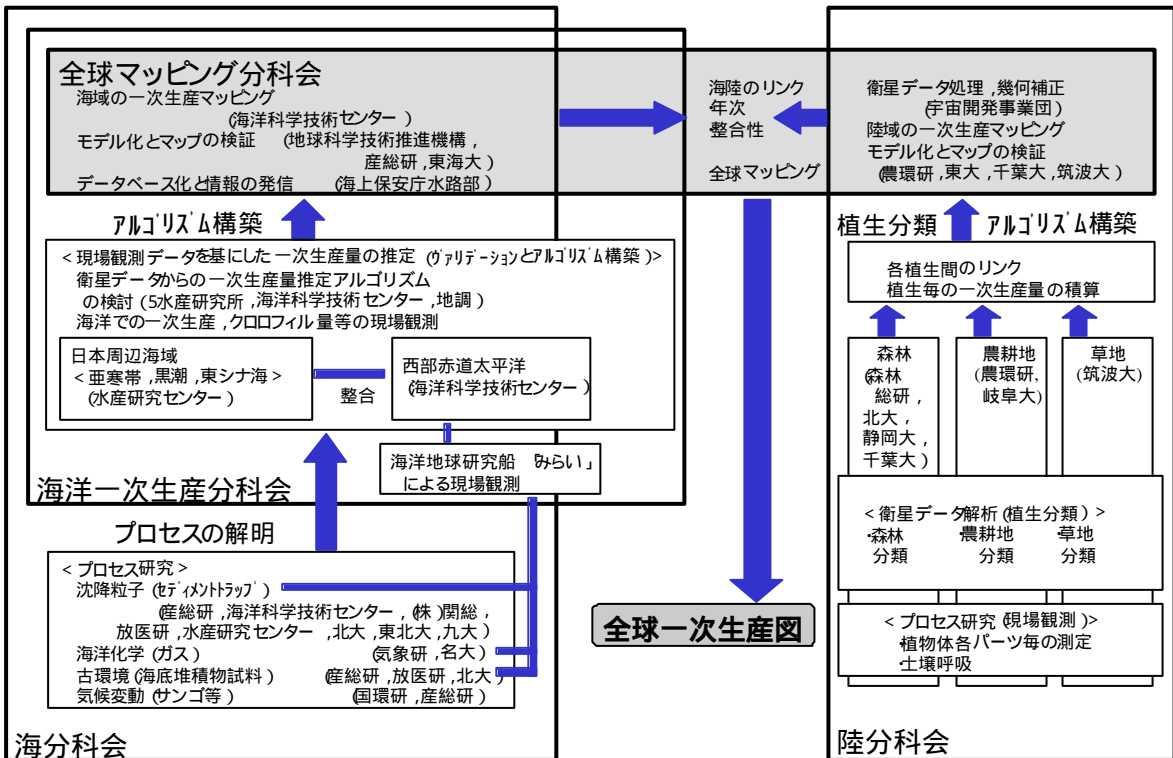


# 炭素循環に関するグローバルマッピングと その高度化に関する国際共同研究

研究の概要・目標	諸外国の現状等	研究進展 成果がもたらす利点
<p>1 何を指している 衛星データを用いて一次生産等についてグローバルマッピングを行うとともに、気候変動による炭素循環への影響を解明して、今後の気候変動予測(特に地球温暖化対策)へフィードバックする。</p> <p>(第I期の目標) 全球における一次生産等の測定手法の確立・高度化 一次生産全球マップの作成・モデル化</p> <p>(第II期の目標) 炭素フラックスマップ作成手法の確立と高度化 炭素循環と気候変動との関係の解明</p> <p>2 何を研究している 精査区域を設定し、海陸で現場観測を行い、衛星画像が意味するものを明らかにする。ここで確立された関係をモデル化してグローバルマッピングを行う。 このほか、一次生産と関連する栄養塩の循環をモデル化して全球一次生産図の検証を行う。 衛星データがもつ時系列という大きな特徴を活かして、海陸にモニタリング観測点を設置し、ENSO(エルニーニョ南方振動)に伴う炭素循環を明らかにし、この結果を気候変動予測にフィードバックする。</p>	<p>1 現状 海域では、北大西洋、東中部赤道太平洋、南大洋、アラビア海等で現場観測が行われているが、地球規模の気候変動に重要な役割を果たしていると考えられている西太平洋暖水海域を含む西部赤道太平洋域は、データ空白域となっている。 陸域では、アマゾン熱帯林、北方針葉樹林、ヨーロッパの針葉樹林、アラスカのツンドラ地域等で各種観測が行われているが、グローバルな展開にはいたっていない。</p> <p>2 我が国の水準 国際共同プログラムであるIGBP(地球圏・生物圏国際共同研究)の傘下で実施することにより、世界標準のデータを提供する事を目標としており、またその能力があると考えている。</p>	<p>1 世界の水準との関係 一次生産、風速などを探知する衛星センサーが搭載された人工衛星が初めて常時地球を周回したのは1997年度であった。海陸の現場観測と衛星データを併せて研究を実施するのは、世界的に見てもこの研究が初めてであり、本研究及びその成果である「海陸を統合した全球マッピング」は、我が国が世界に先駆けて行う独自の、野心的な研究である。</p> <p>2 波及効果 全球の春、夏、秋、冬の炭素循環に関連したマップが数千メッシュで作成される。これにより全球規模での収支を計算することにより、海域と陸域を一体化して炭素循環を扱うことができるようになる。 この成果は、将来の地球温暖化によって我が国が被る影響の予測の精度を高め、より具体的な温暖化対策の構築に貢献する。</p>



# 所要経費

(単位：千円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	H10年度	H11年度	H12年度	所用経費
<b>1. 衛星データを用いた海洋の炭素循環と一次生産及び関連諸量のマッピングに関する研究</b>						
(1) 衛星データを用いた高度化技術に関する研究						
日本周辺海域における一次生産及び関連諸量の推定手法に関する研究	(独)水産総合研究センター他	津田 敦他	17,568	20,965	12,816	51,349
太平洋赤道域における一次生産及び関連諸量の推定手法に関する研究	海洋科学技術センター	河野 健	28,453	24,499	16,000	68,952
西太平洋及び東インド洋の低緯度域における一次生産及び関連諸量の推定手法に関する研究	(独)産業技術総合研究所他	川幡穂高他	66,747	85,272	70,944	222,963
(2) 炭素循環と一次生産及び関連諸量の研究						
エクスポート生産と炭素輸送に関する研究	(独)産業技術総合研究所他	田中裕一郎他	24,990	26,287	19,725	71,002
海洋表層における炭素フラックスと一次生産の研究	気象庁気象研究所	吉川久幸	18,188	16,849	11,500	46,537
一次生産に影響を与える微量化学成分の研究	(独)放射線医学総合研究所他	山田正俊他	24,335	25,849	18,997	69,181
気候変動の一次生産及び関連諸量への影響評価の研究	国立環境研究所他	柴田康行他	20,736	35,653	25,009	81,398
<b>2. 衛星データを用いた陸域の炭素循環と一次生産及び関連諸量のマッピングに関する研究</b>						
(1) 森林における生産力のマッピングと一次生産及び関連諸量の推定に関する研究						
森林生態系における二酸化炭素フラックス動態評価と森林群落炭素循環モデルの開発の研究	(独)森林総合研究所東北支所	千葉幸弘	3,272	8,993	4,585	16,850
大気・森林間の炭素フラックス観測の高度化の研究	(独)森林総合研究所東北支所他	岡野通明他	21,726	19,868	14,598	56,192
森林分類の高度化と一次生産力のマッピングの研究	(独)森林総合研究所東北支所他	粟屋善雄他	19,293	25,153	18,342	62,788
(2) 農耕地における生産力のマッピングと一次生産及び関連諸量の推定に関する研究						
農耕地生態系における二酸化炭素フラックスの動態評価と衛星データ等に基づく植被パラメータの精密マッピング手法の開発の研究	(独)農業環境技術研究所他	井上吉雄他	19,354	20,916	15,484	55,754
農耕地生態系における衛星データと環境情報を用いた広域的炭素収支モデリングの研究	(独)農業環境技術研究所	鳥谷 均	8,524	10,345	8,985	27,854
(3) 草地・湿地における生産力のマッピングと一次生産及び関連諸量の推定に関する研究						
草地生態系の炭素フラックスと蓄積に対する植生と環境の影響に関する研究	筑波大学生物科学系	鞠子 茂	5,218	5,300	4,000	14,518
湿地域における二酸化炭素吸収量推定手法の研究	国立環境研究所	山形与志樹	8,983	10,898	9,000	28,881
<b>3. 全球マッピングとモデル化に関する研究</b>						
(1) 衛星データの幾何補正手法の高度化と衛星データセットの作成に関する研究						
	宇宙開発事業団	五十嵐保	19,343	18,958	12,266	50,567
(2) 全球海洋炭素フラックスのモデル化の研究						
海洋環境モデルの研究	(財)地球科学技術総合推進機構	中本正一朗	42,401	56,360	53,302	152,063
海洋生態系モデルの研究	海上保安庁他	豊島茂 他	15,722	13,102	9,746	38,570
(3) 全球陸域炭素フラックスのモデル化の研究						
	(独)農業環境技術研究所他	岡本勝男他	14,365	20,290	17,411	52,066
<b>4. 研究推進</b>						
	文部科学省研究開発局		782	943	1,316	3,041
合計			380,000	446,500	344,026	1,170,526

(単位：千円)

研究項目	担当機関等	研究担当者	H13 年度	H14 年度	所用 経費
<b>1. 海陸の炭素循環と一次生産マッピングの高度化に関する研究</b>					
(1) 日本周辺海域における一次生産及び関連諸量の推定に関する研究	(独)水産総合研究センター他	津田 敦 他	23,636	16,198	39,834
(2) 衛星データを用いた海洋における一次生産及び関連諸量のマッピングの高度化に関する研究	海洋科学技術センター	松本 和彦	21,988	10,544	32,532
(3) 衛星データを用いた自然植生における一次生産及び関連諸量の推定の高度化に関する研究	(独)森林総合研究所東北支所	栗屋 善雄	16,937	17,045	33,982
(4) 衛星データを用いた農耕地における一次生産及び関連諸量のマッピングの高度化に関する研究	(独)農業環境技術研究所	岡本 勝男	9,878	5,072	15,580
(5) 衛星データの幾何補正手法の高度化と衛星データセットの作成に関する研究	宇宙開発事業団	五十嵐 保	16,979	11,248	28,227
<b>2. 海陸の炭素循環と炭素フラックスに関する研究</b>					
(1) 海洋表層における炭素フラックスと一次生産に関する研究	気象庁気象研究所	石井 雅男	19,977	13,568	33,545
(2) 森林群落の炭素フラックスパラメータの定量化と炭素循環モデルの高度化に関する研究	(独)森林総合研究所他	千葉 幸弘 他	18,955	10,706	29,661
(3) 大気-森林間の炭素フラックスの評価とリモートセンシングデータ等に基づく精密マッピング手法の高度化に関する研究	(独)森林総合研究所	岡野 通明	13,892	7,708	21,600
(4) 農耕地生態系における炭素フラックスの評価とリモートセンシングデータ等に基づくマッピング手法の高度化に関する研究	岐阜大学流域環境研究センター他	小泉 博 他	24,921	17,503	42,424
(5) 草地生態系の炭素フラックスの評価と植生環境による影響に関する研究	筑波大学生物科学系	鞠子 茂	5,969	4,381	10,350
<b>3. 気候変動と炭素循環のモデル化に関する研究</b>					
(1) 気候変動とエクスポート生産の変動に関する研究	(独)産業技術総合研究所他	川幡 穂高 他	26,425	21,188	47,613
(2) 気候変動と放牧生態系の挙動に関する研究	(独)放射線医学総合研究所	山田 正俊	18,484	11,332	29,816
(3) 全球海洋炭素フラックスのモデル化に関する研究	(財)地球科学技術総合推進機構他	中本正一郎 他	149,255	120,443	249,908
(4) 全球陸域炭素フラックスのモデル化に関する研究	(独)農業環境技術研究所他	横沢 正幸 他	30,579	19,395	49,974
(5) 気候変動の炭素フラックス及び関連諸量への影響評価に関する研究	(独)産業技術総合研究所他	田中裕一郎 他	31,995	25,182	57,177
(6) 海洋データ及びそれに関連した衛星データのデータベース化に関する研究	海上保安庁海洋情報部	馬場 典夫	2,906	2,501	5,407
<b>4. 研究推進</b>	文部科学省研究開発局		659	986	1,645
合計			433,435	315,000	748,435

# 研究成果の概要

## 総括

地球温暖化に影響を及ぼす炭素の循環機構を解明するため、海域と陸域においてプロセス研究を行い、リモートセンシングデータの有用性を検証した。具体的に、海域では200点以上の測点で一次生産および関連諸量を測定し、衛星データを用いた一次生産アルゴリズムを開発した。また、陸域では生産効率に基づくアルゴリズムを検証し、植生タイプ毎に生産効率を与えることによってモデルを改良した。このようにして確立したアルゴリズムを用いて、年平均・毎月の全球一次生産図を作成し、全球的規模での一次生産の変化を明らかにした。そしてこれらのデータを基にして、海・陸の全域にわたる一次生産の解析を行った結果、一次生産は地域及び時間により大きく変化することが定量的にわかった。

また、周期的気候変動として全球的な気候にも大きな影響を及ぼすエルニーニョ南方振動と環境との呼応について、赤道域を対象に調査・解析した結果、水塊の構造・海洋からの二酸化炭素放出量・プランクトンの群集そして沈降粒子の組成および量は、エルニーニョ南方振動に鋭敏に呼応していることが明らかとなった。

## サブテーマ毎、個別課題毎の概要

### 【海域での一次生産マッピング】

安定同位体である炭素<sup>13</sup>を使用して、日本海沿岸域・西太平洋及び東インド洋の低緯度海域において、一次生産及び関係諸量の実海域調査を実施した。そしてこの観測結果を用いて海面下への光合成有効照度の光学モデルを改良し、一次生産推定モデルの精度向上を図った。また、フラックスを求めるための関連パラメータの推定手法として、炭酸ガス分圧との関係について検討し、マッピングの可能性を検討した。

### 【陸域での一次生産マッピング】

一次生産マッピングの基礎となる衛星データの雲なし合成画像を高い地理精度で作成するため、GCPを利用して衛星の位置姿勢を高精度の求めることにより高精度の幾何補正を行い、更に雲なし合成画像を作成する自動処理システムを構築した。その結果、第一期に開発したOCTS用のシステムをTerra/MODIS用に改修し、大陸レベルでの雲なし合成画像作成が可能になった。また、時系列の衛星データの輝度値の補正方法を改良したことにより時系列的な変化マッピングが可能になった。

### 【陸域における炭素循環諸量の解析】

衛星データから解析可能なパラメータ(窒素とクロロフィル)について、光合成機能との関係を解明した。クロロフィル量と同様に非破壊で継続して同一葉による窒素含量の経時変化を追跡し、光飽和光合成速度との関係を解析した結果、光合成ポテンシャルの評価には窒素含量が適していることが明らかになり、樹冠の生産機能を推定できる見通しができた。そして炭素フラックスモデル構築に用いられる光合成有効放射の吸収割合、葉面積指数やクロロフィル量などのパラメータとRSデータとの関係を解析し、各パラメータの推定に有効な波長帯を明らかにした。

### 【陸域における炭素循環のモデル化】

落葉広葉樹林を対象に、葉面積の垂直分布、林冠光環境、木部表面積・直径サイズ分布のモデル化等を行った。木部呼吸は測定データに基づいて、気温および日射量はメッシュデータを利用して、群落構造モデルによってスケールリングを図りながら、生化学プロセスモデルによって光合成および呼吸量を計算した。その結果、群落レベルでの炭素フラックスが渦相関法の計算値に翌一致することを検証できた。さらに、生態プロセスモデルをリモートセンシングによって最適化する手法によって、生長と二酸化炭素フラックスを高精度かつ連続的に評価し、地域内の光合成容量、炭素固定能の分布を高精度マップとして定量化できることを明らかにした。

### 【全球モデル化と一次生産】

植物生産に必要な光合成に効果的な波長領域(PAR)の光エネルギー総量を気象衛星のデータから推定するアルゴリズムを開発した。気象衛星ひまわり5号から得られる毎時データを処理して、1996年から99年について、東アジアの日単位のエネルギー総量を求め、合わせてPARの比率を推定した。PARを推定する過程で、晴天時の地

表輝度温度と雲量分布等を求めることが可能になった。また、地域的なスケールで地上において観測される陸域生態系に関するパラメータを、衛星データを利用して数千 km 四方といふ域での分布情報にスケールアップする手法を開発した。

#### 【気候変動と二酸化炭素フラックス】

海洋炭酸系パラメータの二酸化炭素分圧・溶存無機炭素・pH の高精度測定装置をそれぞれ開発して、データの品質管理を含む観測手法を確立し、海洋地球観測船「未来」でこれらの観測を太平洋中部・西部赤道域などで実施した。その結果、これらの海況に応じた海洋炭酸系分布の変動を明らかにするとともに、太平洋赤道域から大気への二酸化炭素放出量が時間・空間的に大きく変動することを定量的に明らかにした。また、大気に放出された量の約 2 倍に相当する二酸化炭素が植物プランクトンによる一次生産と生態系による高次生産によって消費され、海洋表層から除去されていることも新たに明らかとなった。

#### 【気候変動と沈降粒子】

赤道太平洋の西部から中部にかけてセジメントトラップ観測を実施した結果、赤道域の生物生産はエルニーニョ南方振動に密接に呼应し、エルニーニョ期に西部暖水塊では生物生産が増加し、オパール寄与率が高まるとともに炭酸塩寄与率が小さくなり、東部の湧昇域では逆になることが明らかになった。なお、ラニーニャ期にはその逆になることも検証された。また、沈降粒子の窒素同位体比は、表層の硝酸塩の同位体比に対応した顕著な時空間的変動を示し、当海域の炭素循環の基盤となる栄養塩の供給パターンの変動が沈降粒子や堆積物の窒素同位体比から復元できることが明らかになった。

#### 【気候の 100 年間変動】

長尺サンゴ資料を用いて、現在から過去数百年間にわたる西太平洋低緯度域の環境情報を復元するため、ミクロネシア～東南アジア～オーストラリアにかけての西太平洋低緯度域にて、ハマサンゴ属の塊状軍団の骨格を採取した。チュック環礁から得られた資料について解析した結果、およそ 100 年間の酸素同位体比変動を明らかにし、過去のエルニーニョイベントの発生を確認することができた。

#### 【長期間の気候変動の解析】

国際全海洋変動研究の航海中、鹿島沖で採取した海底コアを解析した結果、過去 2 回の氷期・間氷期を含む 15 万年前から現在までの海洋環境変遷が詳しく復元された。この他に各研究項目の成果を総合的に判断することによって、より真実に近い古環境復元が可能になった。

#### 【データ管理】

海洋データの管理提供のためのデータベースを構築するとともに、プロジェクト研究成果の普及啓蒙のためのプロジェクトデータセットの作成を行った。さらにこれらデータの可視化システムの開発も行った。

#### 波及効果、発展方向、改善点等

さらなる改良が可能な一次生産推定のアルゴリズムの骨格を確立したことにより、長期モニタリングの目途が立ったことが波及効果としてあげられる。そして本研究で確立した手法で観測を続けることが、新たな波及効果を生み、望まれる発展方向でもある。また、本研究では特定の海域についてマップを作成したが、今後は全球にわたって二酸化炭素フラクスマップが描けるように、理論と観測データを取り込む必要がある。さらに、本研究では周期的な気候・海洋変動であるエルニーニョ・南方振動に焦点を絞ったが、これ以外の周期的気候変動などについても、炭素循環との関係を解明する必要がある。また今後については、月日の経過にしたがってデータ等の情報収集が難しくなることから、いかにしてプロジェクト参加研究者間の協力関係を維持していくかが、大きな課題である。

# 研究成果公表等の状況

## (1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	第 期 51件 第 期 63件	第 期 71件 第 期 26	第 期 175件 第 期 170	第 期 297件 第 期 259件
国際	第 期 146件 第 期 92	第 期 27件 第 期 3	第 期 130件 第 期 18件	第 期 303件 第 期 101件
合計	第 期 197件 第 期 155件	第 期 98件 第 期 29	第 期 305件 第 期 188	第 期 600件 第 期 372件

## (2) 特許等出願件数

第 期 0 件 (うち国内 0 件、国外 0 件)

第 期 1 件 (うち国内 1 件、国外 0 件)

合計 1 件 (うち国内 1 件、国外 0 件)

## (3) 受賞等

第 期 4 件 (うち国内 3 件、国外 1 件)

1. 水産海洋学会論文賞、葛西広海、1999. 9. 12
2. 日本リモートセンシング学会優秀論文発表賞、井上吉雄・Josep Penuelas・Yann Nouvellon・M.Susan Moran、1999. 5. 12
3. Taylor & Francis and The Remote Sensing Society's Best Letter Award  
Okamoto K.・Yamakawa S.・Kawashima H.、1998. 9. 9
4. システム農学会論文賞、岡本勝男、2000. 5. 17

第 期 4 件 (うち国内 4 件、国外 0 件)

1. 地球化学研究協会 2002年度学術賞(三宅賞)、川幡穂高、2002. 12. 7
2. 平成 14 年度日本生態学会論文賞、李 美善・中根周歩・中坪孝之・小泉 博、2002. 3. 2
3. 平成 14 年度日本写真測量学会優秀論文賞、竹内 涉 越智士郎 安岡善文
4. 平成 13 年度日本生態学会論文賞、鞠子茂

## (4) 主な原著論文による発表の内訳

国内誌 (国内英文誌を含む)

- (1) 及川武久: エルニーニョが二酸化炭素増加を遅らせる? パリティ編集委員会編『地球大循環とエルニーニョ』13-16. (2003) 丸善
- (2) 栗屋善雄, 小谷英司: 「ブナ樹冠の反射スペクトルの季節変化とその要因」, 生研フォーラム 宇宙からの地球環境モニタリング 第 11 回論文集, 東京大学生産技術研究所, 49-50, (2002).

国外誌

1. Inoue, H. Y., M. Ishii, H. Matsueda, T. Kawano, A. Murata, and Y. Takasugi: 「Distribution of the partial pressure of CO<sub>2</sub> in surface water (pCO<sub>2w</sub>) between Japan and the Hawaiian Islands: pCO<sub>2w</sub>-SST relationship in the winter and summer」, Tellus, Vol.55B, 456-465,

- (2003).
2. Ishii, M., H.Y. Inoue, H. Matsueda, S. Saito, K. Fushimi, K. Nemoto, T. Yano, H. Nagai, T. Midorikawa: 「Seasonal variation in total inorganic carbon and its controlling processes in surface waters of the western North Pacific subtropical gyre」, *Marine Chemistry*, Vol.75, 17-32, (2001).
  3. Gupta, L. P. and Kawahata, H.: 「Vertical and latitudinal variations in amino acid fluxes and compositions of settling particles along 175 °E in North Pacific Ocean」, *Tellus*, Vol.55B, 445-455, (2003).
  4. K. Abe: 「Preformed Cd and PO<sub>4</sub> and the relationship between the two elements in the northwestern Pacific and the Okhotsk Sea」, *Marine Chemistry*, 79, 27-36, (2002).
  5. Kawahata, H. and Ohshima, H. (2002) Small latitudinal shift in the Kuroshio Extension during the glacial times evidenced by pollen transportation」, *Quaternary Science and Reviews*, vol. 21, 1705-1717, (2002).
  6. Suzuki, A., Gagan, M.K., De Deckker, P., Omura, A., Yukino, I. and Kawahata, H.: 「Last interglacial coral record of enhanced insolation seasonality seawater 18O enrichment in the sub-tropical northwestern Pacific」, *Geophysical Research Letters*, vol. 28, 3685-3688, (2001).
  7. Okai, T., Suzuki, A., Kawahata, H., Terashima, S., Imai, N.: 「Preparation of New GSJ Geochemical Reference Material: Coral JCp-1」, *Geostandards Newsletters*, vol. 26, 95-99 (2002).
  8. Ishii, H., Ooishi, M., Maruyama, Y. and Koike, T.: 「Acclimation of shoot and needle morphology and photosynthesis of two Picea species to different soil nutrient availability.」 *Tree Physiol.*, 23, 453-462, (2003).
  9. Koike, T., Kitao, M., Maruyama, Y., Mori, S., and Lei, T.T.: 「Leaf morphology and photosynthetic adjustments among deciduous broad-leaved trees within the vertical canopy profile.」 *Tree Physiol.*, 21, 951-958, (2001).
  10. Tanaka, Y. and Kawahata, H.: 「Seasonal occurrence of coccoliths in sediment traps from West Caroline Basin, equatorial West Pacific Ocean. *Marine Micropaleontology*」, Vol.43, 273-284, (2001).
  11. Turk, D., M. Lewis, G. Harrison, T. Kawano and I. Asanuma: 「Geographical distribution of new production in the western / central equatorial Pacific during El Nino and non-El Nino conditions」, *Journal of Geophysical Research*, Vol.106, C3, 4501-4516, (2001).
  12. Midorikawa, T., K. Ogawa, K. Nemoto, H. Kamiya, T. Umeda, N. Hiraishi, A. Wada, M. Ishii: 「Interannual variations of net community production and air-sea CO<sub>2</sub> flux from winter to spring in the western subarctic North Pacific」, *Tellus*, Vol.55B, 466-477, (2003).
  13. Kawahata, H., Nishimura, A. and Gagan, M.: 「Seasonal change in foraminiferal production in the western equatorial Pacific warm pool: evidence from sediment trap experiments」, *Deep-Sea Research*, Vol. 49, 2783-2801, (2002).
  14. Awaya, Y., Kodani, E., Tanaka, K., Liu, J., Zhuang, D., and Meng, Y.: 「Estimation of the global net primary productivity using NOAA images and meteorological Data: Changes between 1988 and 1993」, *Int. J. Remote Sensing*, (2003)(in press)
  15. Inoue, Y., Kurosu, T., Maeno, H., Uratsuka, S., Kozu, T., Dabrowska-Zielinska, K. and Qi, J.: 「Season-long daily measurements of multi-frequency (Ka, Ku, X, C, and L) and full-polarization backscatter signatures over paddy-rice field and their relationship with biological variables」, *Remote Sensing of Environment* 81: 194-204, (2002)

6) 主要雑誌への研究成果発表

Journal	Impact Factor	サブテーマ1	サブテーマ2	サブテーマ3	合計
Tellus	3.196	2	0	3	15.980
Deep-Sea Research	2.954	4	4	8	47.264
New Phytologist	2.945	0	1	0	2.945
Quaternary Science and Reviews	2.842	0	0	1	2.842
Progress in Oceanography	2.810	0	0	1	2.810
Geology	2.649	0	0	1	2.649
Journal of Geophysical Research	2.609	0	0	2	5.218
Geophysical Research Letters	2.516	0	0	2	5.032
Functional ecology	2.417	0	1	0	2.417
Geostandards Newsletters	2.309	0	0	1	2.309
Quaternary Research	2.287	0	0	2	4.574
Marine Micropaleontology	2.188	0	0	4	8.752
Marine Chemistry	2.179	0	0	1	2.179
Tree Physiol.	2.152	0	0	2	4.304
Remote Sensing of Environment	1.992	0	0	1	1.992
Marine Geology	1.986	0	0	1	1.986
Environ. Pollut.	1.942	0	0	1	1.942
Coral Reefs	1.552	0	0	1	1.552
Palaeo. Palaeo. Palaeo.	1.497	0	0	1	1.497
Ecological Modeling	1.308	0	0	2	2.616
Global and Planetary Change	1.262	0	0	1	1.262
Int. Journal of Remote Sensing	1.154	1	3	1	4.616
Forest Ecology and Management	1.128	0	1	0	1.128
Quaternary International	1.087	0	0	1	1.087
Climate Research	1.016	0	0	1	1.016
Applied Soil ecology	1.000	0	1	0	1.000
J. Photosynthetica	0.773	0	0	1	0.773
Agriculture Water Management	0.672	0	1	0	0.672
Ecological Research	0.596	0	1	0	0.596
Mar. Freshwater Research	0.588	0	0	1	0.588
合計					134.752