

ISSN: 0389-0082
CODEN: HIHODB

i341

広島県環境センター研究報告

第 11 号

BULLETIN
OF
HIROSHIMA PREFECTURAL RESEARCH CENTER
FOR
ENVIRONMENTAL SCIENCE

No. 11

1991

広島県環境センター

HIROSHIMA PREFECTURAL RESEARCH CENTER
FOR
ENVIRONMENTAL SCIENCE
HIROSHIMA, JAPAN

広島県環境センター研究報告

第 11 号

BULLETIN
OF
HIROSHIMA PREFECTURAL RESEARCH CENTER
FOR
ENVIRONMENTAL SCIENCE

No. 11

1991

広島県環境センター

HIROSHIMA PREFECTURAL RESEARCH CENTER
FOR
ENVIRONMENTAL SCIENCE
HIROSHIMA, JAPAN

目 次

資 料

環境情報データベースの整備について

..... 三滝尊幸, 重光之和, 調枝勝幸, 瀬戸信也, 細川一登,
岡本 拓, 堂官満男, 門田達尚 1

人工衛星(ランドサット)データを用いた「広島県環境情報マップ」の作成について

..... 大谷義孝, 三滝尊幸 14

太田川河口域の水質変動特性に関する研究(第1報)

— 水質の特徴について —

..... 中富文雄 21

太田川河口域の水質変動特性に関する研究(第2報)

— 栄養塩類の挙動と負荷量について —

..... 中富文雄 30

CONTENTS

Reports

Preparation of Environmental Information Database System

.....Takayuki MITAKI, Kazuyuki SHIGEMITSU, Katsuyuki CHOSHI, Sinya SETO,
Kazuto HOSOKAWA, Taku OKAMOTO, Mitsuo DOHKAN and Tatsuhisa MONDEN..... 1

Drawing of "HIROSHIMA PREFECTURE ENVIRONMENTAL INFORMATION
MAP" by Landsat data

.....Yoshitaka OHTANI and Takayuki MITAKI.....14

Studies on the Fluctuation Characteristics of Water Quality in the Estuary of Ohta
River. I

— Characteristics of Water Quality —

.....Fumio NAKATOMI.....21

Studies on the Fluctuation Characteristics of Water Quality in the Estuary of Ohta
River. II

— Behavior and Load of Nutrients —

.....Fumio NAKATOMI.....30

環境情報データベースの整備について

三滝尊幸, 重光和之, 調枝勝幸, 瀬戸信也,
細川一登, 岡本 拓, 堂官満男, 門田達尚

(1989年10月1日受理)

Preparation of Environmental Information Database System

Takayuki MITAKI, Kazuyuki SHIGEMITSU, Katsuyuki CHOSHI,
Sinya SETO, Kazuto HOSOKAWA, Taku OKAMOTO,
Mitsuo DOHKAN and Tatsuhisa MONDEN

1. はじめに

1980年代から環境行政をとりまく時代の潮流は大きく変化し、予見的な政策、望ましい環境の積極的創造といった計画行政、総合行政的な施策展開を求められている。

このため地域環境の常時監視システム、環境情報提供システム、環境保全のための技術的計画支援システム、施策の進行管理システム等の多面的側面を持つ環境情報システムの整備が必要とされている¹⁾。

広島県では環境の常時監視に関しては大気汚染常時監視網及び水質汚濁常時監視網等の環境質の監視システムの整備は一定のレベルに達し一部ではその減量化が進められている²⁾。

今後の展開としてはより広い見地から環境を監視し、環境情報を提供し、環境保全のための技術的計画支援システムとしての高度化を計ること、施策の進行管理システムとして監視、解析結果を施策へフィードバックさせること等が必要とされている。具体的にはそれは環境質の変化や生活の快適性に深く関わっている自然と人との係わり、つまりは土地利用のあり方を監視・評価し、行政計画が策定される上において土地利用の適正な方向付けが行われるための判断材料を提供できるシステムである。さらには土地利用に大きな影響を与えている経済・社会条件の評価と予測、またそれを制約している地勢や気候という自然的因子や法による土地利用規制の現状の評価システム等ということができよう。これらの評価システムを構築する第一歩はこのような情報を科学的に調査し、客観的なデータを体系的に整備することである。

広島県では、環境資源保全活用推進費補助金の助成を得て1988年度に環境利用ガイド事業を行い、事業実施は

環境センターで行った。

環境利用ガイド事業の主要目的はまさに今述べた広範囲のデータ収集を行い、土地利用を中心とする施策立案者や開発事業者に対して情報提供を行うことであり、これを環境情報システムを今後構築していく上での端緒となるものとしてとらえ汎用機を用いデータベースの構築を行った。

2. 環境情報データベース作成の基本方針

環境情報データベースの作成に当たったの基本方針は次のように要約できる。

- (1) メッシュ環境情報及び市町村環境情報の二本建てのデータベース
メッシュデータは行政管理庁告示第143号に基づく第3次区画(以下「基準地域メッシュ」という。)を採用した。そのメリットについては中根、田中³⁾が示しており主なものは次のとおりである。
 - ア. 基準地域メッシュは面積約1km²であり、表1のとおり国の整備する多くのメッシュデータの基本となっており、既存情報の入手が容易である。
 - イ. 均一な区画に基づいており、複数の変数間の演算やオーバーレイによる解析が可能であり、又、変数間の相互の関係を見いだしやすい。
 - ウ. 画像化が容易であり空間と結び付けた表示ができ、わかりやすい表示が可能である。
 - エ. 流域区分や市区町村単位での集約、再編成が可能である。
 - オ. リモートセンシングデータ(LANDSAT, MOS-1)等のより小区域の情報と座標変換によりリンクして利用することが可能である。

表1 国によるメッシュデータの体系³⁾

データ種別	一般名称	作成機関	取扱機関
国勢調査・事業所統計	地域メッシュ統計	総務庁統計局	(財)日本統計協会
地理的情報	国土数値情報	国土地理院	(財)日本地図センター
商業統計	商業統計メッシュデータ	メッシュ化委員会	(財)通商産業協会
工業統計	工業統計メッシュデータ	メッシュ化委員会	(財)通商産業協会
農林業センサス	農業センサスメッシュデータ	農林統計協会	(財)農林統計協会
海洋情報	海洋メッシュデータ	海上保安庁水路部	(財)日本水路協会
気象情報	メッシュ気候値	気象庁産業気象課	各気象台ないしは(財)日本気象協会

(注)表中の地域メッシュ統計以外のメッシュファイルは国土情報整備事業の一環として作成され、正式にはすべて国土数値情報とよばれる。国土数値情報にはメッシュデータのほかに鉄道位置ファイルなどのようなグラフ的な属地データも含まれる。表中のメッシュ化委員会とは統計調査の実施やデータ所管に関して複数の省庁が関係するため、国土庁を中心として設置されたもの(資料:国土庁計画・調整局, 1986a, 1982)

一方、メッシュ情報の問題点としては、1 km²の基準地域メッシュに集約しているため、原データの持っている情報を必ずしも正確に表現しているとは限らないという点がある。

市町村データベースを採用した理由は次のとおりである。

ア. 情報によっては基準メッシュでは整備されていないものもあり、市町村データを併用することによりより広範囲の情報を得ることができる。

イ. 基準地域メッシュデータのうち工業統計や商業統計等には、主としてプライバシーを保護するために秘番値とされたデータも多く、市町村データはメッシュデータではこのような理由で表現できないものを補完するものとして採用した。

(2) 汎用機とパソコンの併用

環境センターの汎用機 FACOM M730/4 のシステム構成図は図1のとおりである。13メガバイトの主記憶容量と2.68ギガバイトの磁気ディスク容量を有する。

データベースからの出力はわかりやすい情報の出力に主眼をおき、日本語ラインプリンターを用い全県メッシュ地図及び市町村地図を出力できる。

ソフトウェアに関しては富士通の提供している、PLANNER(計画管理情報システム)とANALYST(統計データ処理パッケージ)というパッケージソフトを用いデータベースの作成と解析を行った。

汎用機利用のメリットは大きな記憶容量と高速の処理速度にあり全県では8677のメッシュデータのオーバーレイや更に情報量の多いランドサットデータの解析には威力を発揮する。

データベースを作成する場合に、そのメンテナンスが最も大きな課題となる。ソフトウェアの汎用性が高く、

データの更新が容易であることがその必須条件であると考えられる。ソフトウェアに関しては、前述のとおりであるが、データの更新に関しては、データベースの容量を大きく設定することにより、新規に入手したデータは新たな別のテーブルとして作成し、従前のものを残したままで蓄積していく手法を取ることとした。これにより、面的な解析に加え時系列解析を行うことが可能となり解析の幅を広げることができる。例えば図2のように昭和60年と昭和50年との国勢調査人口の変動をメッシュ地図化したものから都市部での人口のドーナツ化と内陸や島しょ部での人口の過疎化が端的に示される。

汎用機には、大きなメリットがある反面、機動性に欠け、どこでもデモンストレーションや利用を行うというわけにはいかない点や、カラー出力には専用の出力装置を要し今だに高価であるという点がある。これを補完するものとしてパソコン表示システムの作成を委託により行った。

パソコンシステムを作成するに当たっての主要な発想は次のとおりである。

ア. 広範囲への普及を前提として、一般に広く利用されている NEC PC9801 シリーズで作成する。

イ. 表示速度に最低制限を設け高速化を図る。

ウ. 現在のハードウェアの通常の普及スタイルと考えられるフロッピーディスク2台での稼働を基本とする。

エ. 演算、オーバーレイの機能を充実し動く地図集として活用できるものとする。特に演算機能とオーバーレイ機能を組み合わせることにより、演算を施した項目を複数オーバーレイしたり加算したりできるものとし、総合評価指標の検討に利用できるものとする。

このシステムによって「環境利用ガイドパソコン表示システム」の名で広い範囲へデータが提供できる。

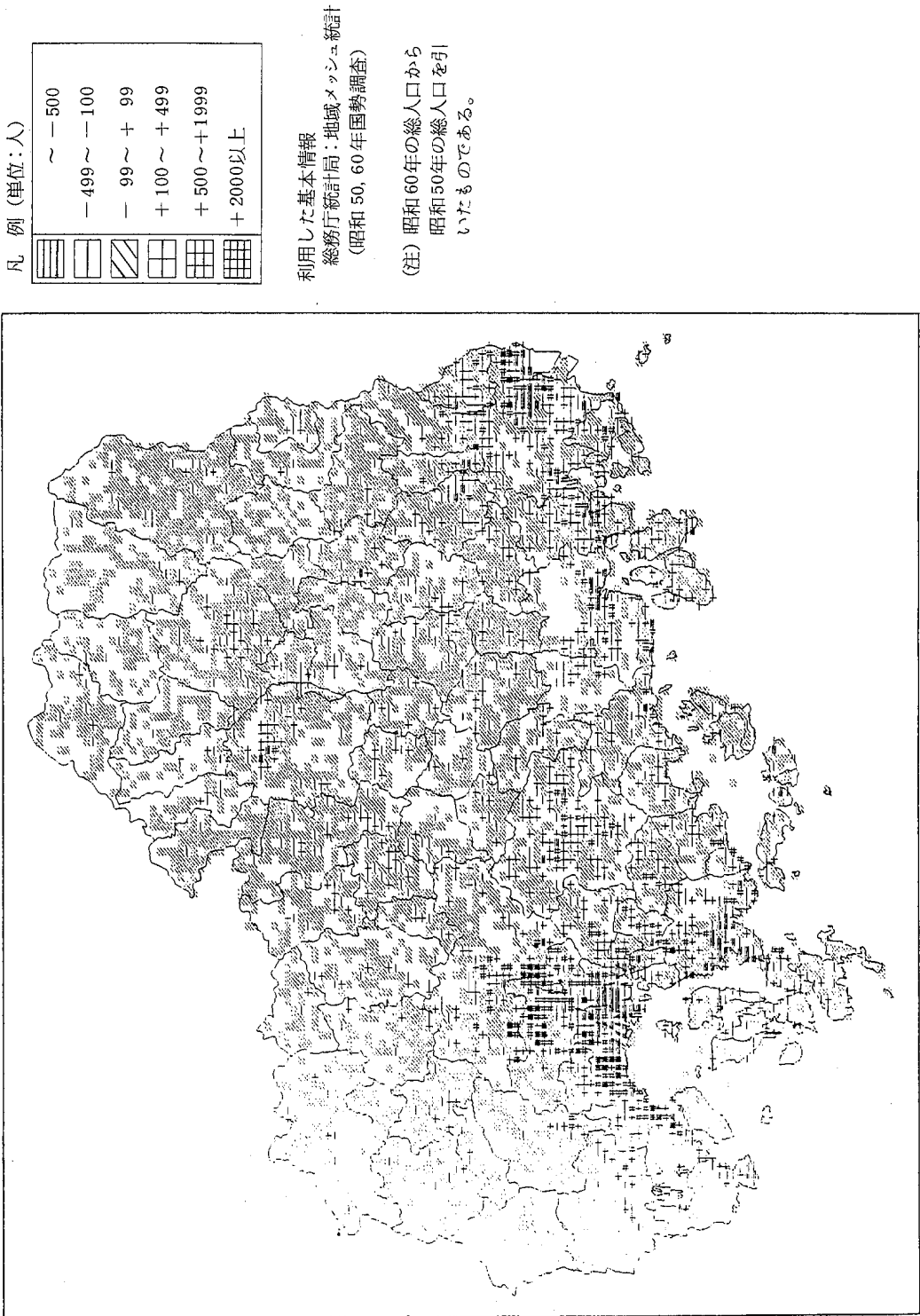


図2 総人口の増減(昭和60年-昭和50年)⁴⁾

3. 環境情報データベースの概要

3.1 メッシュデータベース

広島県全域を対象とする基準地域メッシュデータ整備については気象庁の栗原⁵⁾ら及び広島県農業試験場により作成された広島県メッシュ気候値原簿マスター⁶⁾、広島県林業試験場兵藤⁷⁾による広島県のメッシュ森林利用区分、田中、中根による環境情報総合データベースファイルの作成がなされている。

ここでは既存のメッシュ化された情報を利用するとともに、土地利用規制、遺跡・文化財、動植物分布等分布を示す情報については広島県土地利用総合規制図⁸⁾、全国遺跡地図⁹⁾、広島県現存植生分布図¹⁰⁾等の地図情報からメッシュデータ化をはかった。大気汚染、水質汚濁、騒音、廃棄物等の公害に関するデータの調整及びランドサットデータを用いた土地被覆解析と緑被率の算出を行った。さらにこれらのデータを解析し新たな情報の作成を行った。

以上の処理の概要は図3に、メッシュデータベースとして登録した項目は表2にまとめた。

(1) 磁気テープ化されている情報

基準地域メッシュに集約された既存情報を磁気テープ

ファイル化した情報を入力し利用した。国勢調査、事業所統計、農林業センサス、国土数値情報は国によりメッシュデータ化がはかられているものである。この他に国によりメッシュデータ化がはかられたものとして環境庁が行った自然環境保全基礎調査¹¹⁾結果を磁気テープファイル化したものも利用できる。

広島県メッシュ気候値原簿マスターでは、平均気温、降水量、積雪量等の推定はいずれも過去20～30年間、43～94地点の気象観測データを目的変数とした変数選択型の重回帰分析によって行われたものである。

広島県のメッシュ森林利用区分のマスターテープでは、年降水量、平均標高、方位、最大傾斜、地質、森林土壌の各メッシュデータを独立変数とし、アカマツ、スギ、ヒノキの40年生時における樹高(地位指数)を目的変数として数量化1類で推定し、この地位指数を基に各種立地条件、森林の現況、森林の公益的機能を考慮して利用区分が行われている。

(2) 集約を行い基準地域メッシュ化を行った情報

規制図や分布図等として地図化されているゾーン情報、交通量のような線情報や、ばい煙発生施設のような点情報等については、表3に示すような集約を行い、基準地域メッシュ情報とした。

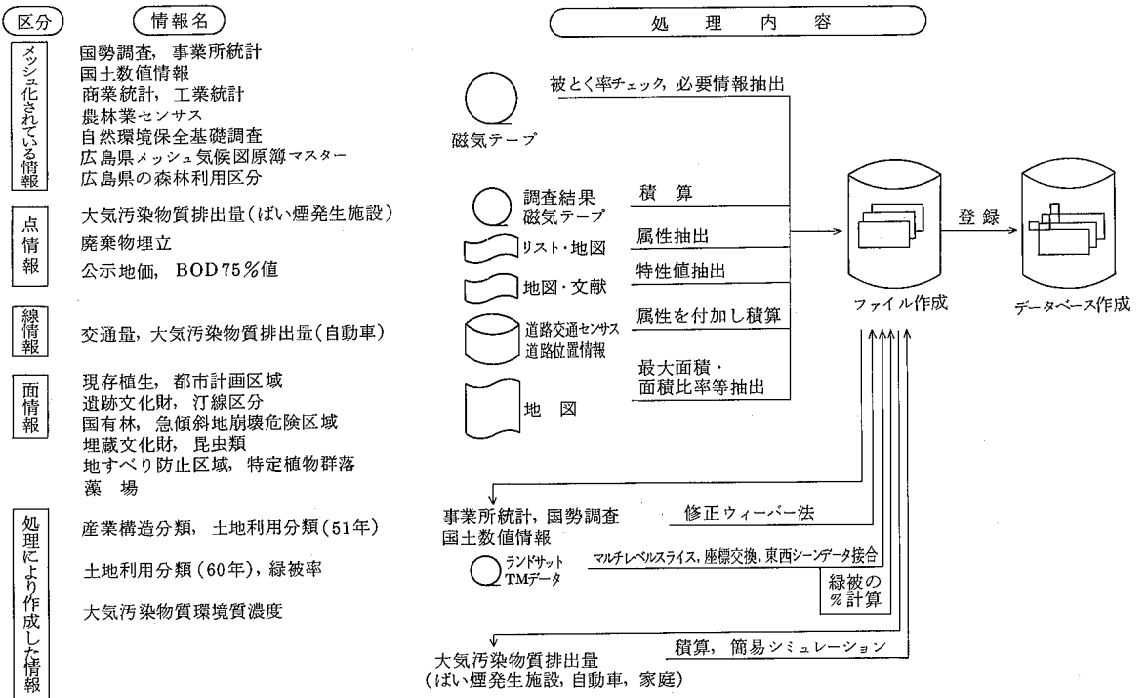


図3 メッシュデータベース作成処理の概要

表2 メッシュジュネータデータベース登録項目表

メッシュコード	標高(最高)	都市計画区域	土地利用(1976年)	二酸化硫黄濃度
市区町村コード1	標高(最低)	農用地区域	最大面積率の分類コード(6分類)	窒素酸化物濃度
市区町村コード2	標高(平均)	地域森林計画対象民有林	田+畑+果樹園+その他樹木畑	二酸化窒素濃度
市区町村コード3	起伏量	保安林	森林	硫酸化物負荷
市区町村コード4	最大傾斜量	国有林	荒地+その他用地+幹線交通用地	窒素酸化物負荷
メッシュ面積1	最大傾斜方向	国立国定公園(特別保護)	建物用地A+建物用地B	発生熱量
メッシュ面積2	谷密度	国立国定公園(特別)	湖沼+河川地A+河川地B	小型車交通量
メッシュ面積3	海岸からの距離	国立国定公園	海浜+海水域	大型車交通量
メッシュ面積4	地形主分類	県立公園	最大面積率の分類コード(15分類)	
	地形副分類	自然環境保全(特別)	田	測定地点名(水質環境基準点)
年平均気温	地質岩石	自然環境保全	畑	1987年度BOD
年間降水量	地質岩体(岩石のかたさ)	自然環境保全	果樹園	1978年度BOD
積雪量	地質構造(断層)	緑地環境保全	他の樹木畑	流域分
1月気温	地質分類(土壌統群)	自然海浜保全	森林	COD負荷量
2月気温	土壌分類(土壌統群)	急傾斜地崩壊危険区域	荒地	負荷量ランク
3月気温	土壌分類(付加記号)	砂防指定地	建物用地A	環境騒音中央値
4月気温	風化深度	土石流危険渓流	建物用地B	処分場の種別
5月気温		地滑り防止区域	幹線交通用地	埋立事業主体
6月気温	植生自然度	宅地造成規制区域	他の用地	処分場面積
7月気温	現存植生	鳥獣保護区(特別)	湖沼	跡地コード
8月気温	潜在植生	鳥獣保護区	河川地A	地盤による土地利用上の制約
9月気温	大型ほ乳類	風致地区	河川地B	地形地質による土地利用適正評価
10月気温	両生・爬虫類	遺跡文化財	海浜	自然・文化環境保全分級
11月気温	昆虫類	埋蔵文化財	海水域	住宅地開発規制分級
12月気温	魚類	重要伝統的建物	土地の分類(修正ウィーバー法)	二酸化炭素発生量
1月降水量	藻場	河川区域	土地利用(1985年)	CO ₂ 植物吸収量
2月降水量	干潟	汀線区分	市街地密集住宅	CO ₂ 収支
3月降水量	特定植物群落	下水道整備	住宅地	
4月降水量	森林利用区分	公示地価	田畑	
5月降水量	スギ	国宝	森林実樹園	
6月降水量	ヒノキ	重要文化財	空地	
7月降水量	アカマツ		水域	
8月降水量	水源涵養		未分類	
9月降水量	保健保全		土地分類(修正ウィーバー法)	
10月降水量	山地災害防止		産業構造分類(修正ウィーバー法)	
11月降水量	総合評価			
12月降水量				

表3 基準地域メッシュへの集約の内容

形態	集約の方法	項 目
点情報	積算値	大気汚染物質排出量(ばい煙発生施設)
	属性	廃棄物埋立地
	特性値	公示地価, BOD 75%値
線情報	属性値を付加した積算値	交通量, 大気汚染物質排出量(自動車)
面(ゾーン)情報	最大面積項目(特性)	現存植生, 都市計画区域, 風化殻深度, 潜在植生
	重要度の高い項目(特性)	遺跡文化財, 汀線区分
	面積比率によるランク分け	国有林, 急傾斜地崩壊危険区域, 宅地造成工事規制区域, 鳥獣保護区, 国立・国定公園, 県立自然公園, 自然環境保全地域, 緑地環境保全地域, 自然海浜保全地区, 保安林, 地域森林計画対象民有林, 風致地区, 重要伝統的建物の農用地区域, 下水道整備状況, 干潟
	存在の累積値(出現種類数)	埋蔵文化財, 昆虫類, 大型ほ乳類
	存在の有無	地すべり防止区域, 特定植物群落, 土石流危険渓流, 砂防指定地, 河川区域
	存在の有無(16進数)	藻場
	種類コード	両生・ほ虫類, 魚類

(3) 処理によって作成した情報

ア. 修正ウィーバー法¹²⁾

1メッシュ内に複数のカテゴリーが存在するときどのカテゴリーが代表性を持っているかを判断する手法として修正ウィーバー法を採用した。この方法を適用するためにメッシュ内の各カテゴリーを構成比率の大きい順に並び替え, 次式により σ_k^2 が最小になる k を求める。

$$\sigma_k^2 = \sum_{i=1}^k (X_i - \frac{100}{k})^2$$

X_i : 降順でソートしたカテゴリー比率

k : 計算に用いるカテゴリー数

ここでは, k の値が1となる場合に, i 番目のカテゴリーをメッシュの代表値とした。

一次, 二次, 三次産業への就業状況による産業構造分類を試み, メッシュデータとして利用可能な夜間の一次, 二次, 三次産業労働比率を用い修正ウィーバー法により分類を行いメッシュ内で卓越する産業を抽出し作成した。

土地利用状況(1976年)は国土数値情報(KS 202)を用い土地利用を6分類し(住宅地, 田畑, 森林, 空地, 水域, その他), 修正ウィーバー法による分類を行いメッシュ内で最も卓越する土地利用カテゴリーを抽出し図4のとおり作成した。

図4では, 複数カテゴリーが混在し卓越するものがないメッシュは無表示(白地)となっている。

イ. リモートセンシングデータの解析

LANDSAT TMデータ(東部1985年4月9日 PATH 111, RAW 36, 西部1985年5月2日 PATH 112, RAW 36)を用いた。LANDSAT 5号では, 広島県は東部と西部の2シーンに分かれるため東部と西部を別々にマルチレベルスライス法¹³⁾により土地被覆分類を行った。土地被覆分類は, 市街地・密集住宅地, 住宅地, 田畑・草地, 森林・果樹園, 空地, 水域, 未分類の7分類とした。

東西各々についてLANDSATデータの(LINE, PIXEL)座標系から基準地域メッシュを1単位とする座標系へ3次多項式を用い変換を行い, 基準地域メッシュ毎, 分類毎のPIXEL数を2次元配列にカウントした¹⁴⁾。これを, 基準地域メッシュ毎に百分比に換算した。

PATH 112, RAW 36から調整したデータについて図5のとおり, 地域メッシュコードの緯線方向の第1次地域区画が32のものの中, 緯線方向の第2次地域区画が6未満の部分を広島県西部に該当するものとした。同様にPATH 111, RAW 36から調整したデータについて地域メッシュコードの緯線方向の1次地域区画が32のものの中, 第2次地域区画が6以上の部分と緯線

建設省国土地理院：国土数値情報

(KS 202)

利用した基本情報

凡例

	田
	畑
	森林果樹園
	空地
	建物
	水域
	その他

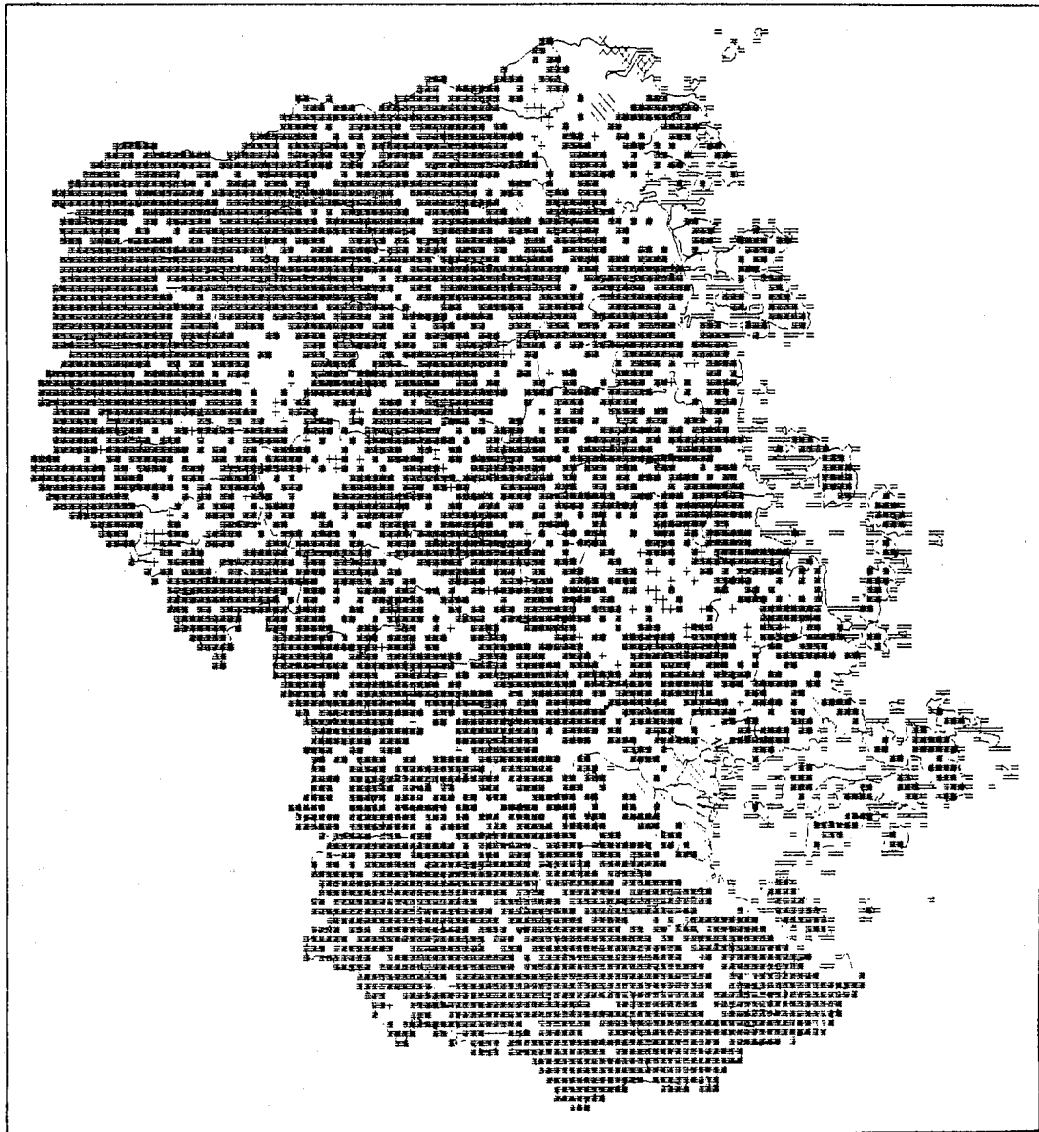


図4 修正ウィーバー法による土地利用分類図

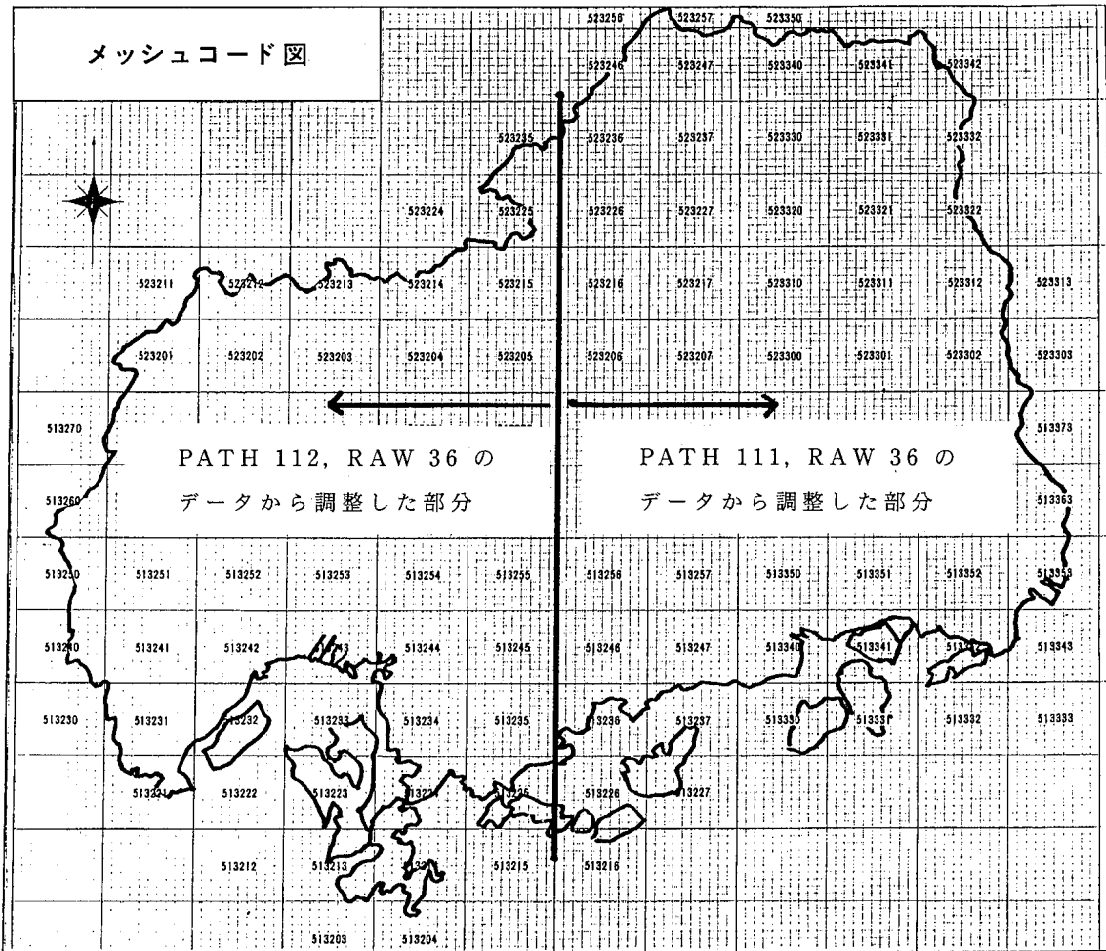


図5 基準地域メッシュの調整に用いた LANDSAT TM データの PATH, RAW

方向の第1次地域区画が33の部分を広島県東部に該当するものとし、東部、西部のデータを合わせ広島県の全域の基準地域メッシュデータを作成した。

ウ. シミュレーション

まず、ボイラー、廃棄物焼却炉、加熱炉、乾燥炉などのばい煙発生施設、乗用車、バス、貨物車などの自動車及び家庭からの硫酸酸化物、窒素酸化物排出量をメッシュ単位で集計した。大気汚染防止法に定めるばい煙発生施設からの排出量は、ばい煙発生施設等実態調査結果を用いて集計した。この調査は、県内の全ての発生施設からの大気汚染物質排出量、燃料使用量、稼働状況などをアンケートにより調査したものである。自動車からの排出量は、道路交通センサ調査結果¹⁵⁾、¹⁶⁾の国道、県道、主要地方道の交通量を基準地域メッシュに換算¹⁷⁾した結果に、表4の排出原単位¹⁸⁾

を乗じて算出したものである。家庭からの排出量は、国勢調査の世帯数に表5の排出原単位¹⁹⁾を乗じて算出したものである。

こうして求めた大気汚染物質排出量を用いて、拡散シミュレーションを行うことによりメッシュ毎の環境濃度を算出した。

拡散計算は多大の時間を要するため、大気情報管理システムの中に新たに整備した簡易シミュレーションモデルを用いた。各メッシュにおける平均的な大気汚染濃度を求めるために、ばい煙発生施設の煙源は全て各メッシュの中央に位置するとし、また国道、主要地方道、県道における自動車交通からの負荷も面源として取り扱った。使用したモデルは、有効煙突高については、Moses and Carson 式、CONCAWE 式、及び Briggs 式、点源拡散モデルは Plume-Puff モデル、面

表 4 自動車からの大気汚染物質排出原単位

	単位: g/台・km							
	軽乗用車	乗用車	バス	軽貨物車	小型貨物車	貨客車	普通貨物車	特殊車
硫黄酸化物	0.033	0.069	1.536	0.038	0.266	0.266	1.507	1.507
窒素酸化物	0.370	0.550	5.610	0.960	1.280	1.280	5.660	5.660

出典: 昭和 59 年度大気汚染物質排出量総合調査結果報告書 (環境庁・通商産業省, 1986)

表 5 家庭からの大気汚染物質排出原単位

汚染物質	排出原単位 (1/千戸/時)
硫黄酸化物	0
窒素酸化物	49.7

資料: 広島県中央地域大気環境解析検討結果報告書 (広島県, 1988)

源拡散モデルは点源近似法²⁰⁾である。風向、風速は県内を 15 地域に分割し、各地域の大気汚染常時監視測定局のデータを用い、大気安定度は中立と設定した。こうして算出した濃度には、いわゆるバックグラウンド濃度や小規模煙源からの奇与が考慮されていない。また NO_x から NO₂ への変換の問題もあるため、図 6、図 7 のように測定局における環境濃度と、その局を含むメッシュ濃度の対応関係から回帰式を求め、メッシュ毎の環境濃度の推計を行った。

エ. 存在比率

緑被率については、前述の LANDSAT データから求めた土地被覆に関する基準地域メッシュデータのうち森林・果樹園と田畑・草地の比率を加え緑被率とした。水域の存在の有無に係わりなくメッシュ面積に対する比率として求め図 8 のとおり作成した。

この図から広島県の場合、緑被率が 80% 以上のメッシュが約 80% を占めていることが読み取れる。

3.2 市町村データベース

市町村単位の統計についてはその歴史が長く組織的に整備され始めてから 100 年以上を数える。情報としての密度はメッシュデータに比べ荒くなるが、首都圏や近畿圏と異なり基準地域メッシュ化した場合に分布が疎となる地域も多い広島県では守秘性の高い情報においては市町村単位の統計が有用な情報源となる。

特に社会・経済・産業等の社会構造を分析する上でいて欠かすことのできない分野のデータや、公害関係の事業所数、苦情件数等を選定して市町村単位でデータベースとした。

社会・経済・産業等の情報は昭和 61 年版広島県統計年

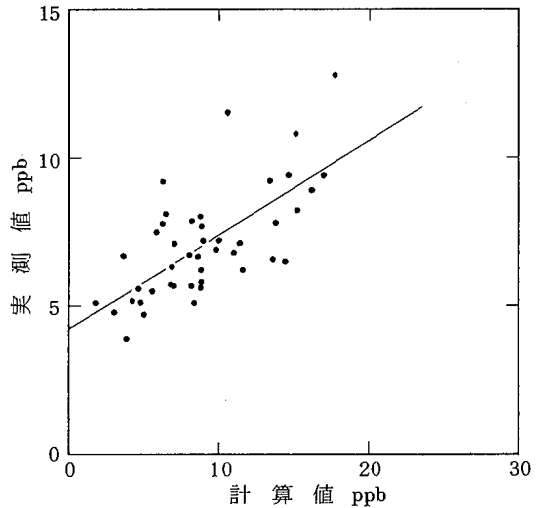


図 6 二酸化硫黄の実測値と計算値⁴⁾

$$SO_2 \text{ 実測値} = 0.63 \times SO_2 \text{ 計算値} + 4.25$$

$$r = 0.684$$

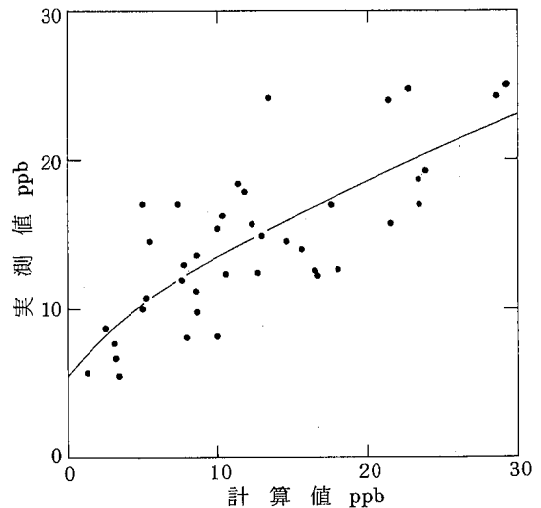


図 7 二酸化窒素の実測値と計算値⁴⁾

$$NO_2 \text{ 実測値} = 1.51 \times NO_2 \text{ 計算値}^{0.722} + 5.50$$

$$r = 0.766$$

鑑²¹⁾、市町村のすがた²²⁾、商業統計調査結果報告²³⁾等から選定した。公害関係の事業所数や苦情件数については、環境保全課資料²⁴⁾から水道普及率、水洗化人口率はおのおの広島県の水道の現況²⁵⁾、広島県における一般廃棄物処理事業の実態²⁶⁾から資料を得て、キーボードから汎用機への入力を行った。

こうして作成し市町村データベースとしてテーブルに登録した項目は表 6 のとおりである。

4. 今後の展望と課題

今回整備したデータベースについては、その利用例は環境利用ガイド報告書²⁷⁾及び地図集⁴⁾に総合環境特性評価として示してある。

このデータベースを用いての解析は広い範囲に展開が可能であると考えられる。また、これらのデータの提供については制度化を検討しており、広範囲から利用されることを切望してやまない。

環境情報システムの整備については始まったばかりであり、今後の課題としては次の様なことが考えられる。

(1) 評価、予測システムの確立

環境情報システムの中核となる評価、予測システムを環境保全行政を支援する中で必要度の高いものから整備を進めること。

(2) リモートセンシングデータ解析技術の確立とリモー

トセンシングデータと基準地域メッシュデータとのリンク

土地利用の監視、評価に大変有効な手段と考えられるリモートセンシング土地被覆解析を体系的にすすめ、またリサンプリングにより基準地域メッシュデータと重ね合わせて解析すること。

(3) 地図等のゾーン情報のままでのデータベース化と、メッシュ単位の情報とリンク

規制図や分布図等の領域を表示するものについて、今回はメッシュ化したが、早晚ゾーン情報のままで入出力、データベース化することが必要になる。また、メッシュで整備される情報とゾーンでの情報を如何にして重ね合わせ解析するかを検討を行うこと。

(4) 海域、海岸線等の海の情報の整備

データベースは陸域の情報を中心に整備しており、今後は海の情報を整備すること。

5. まとめ

気候・地勢、自然・文化環境、社会・経済条件、公害・生活環境等の広範囲にわたる情報を収集し、これらを基に処理解析を行い環境情報データベースの整備を行った。

整備は次の二点の基本方針に基づいて実施した。

(1) メッシュ環境情報及び市町村環境情報の二本建てのデータベース

(2) 汎用機とパソコンの併用

環境情報システムの整備は始まったばかりであり、今後このデータベースを活用しシステムの発展整備を図ることが必要である。

6. 謝 辞

環境利用ガイド事業については、広島県環境利用ガイド整備事業検討委員会の委員として、広島大学舟場正富教授、中根周歩助教授及び中国工業技術試験所上嶋英機室長の各先生方の熱心な指導を、またデータベースの構想については多大な助言を頂き感謝します。

リモートセンシングデータの解析については、広島大学の中根周歩助教授、田中章司郎助手に懇切な指導を頂き感謝しています。

表 6 市町村データベースに登録した項目

市町村コード	事業所数	所得 (1 次産業)
市町村名	製造品出荷額	所得 (2 次産業)
郡 名	一人当粗付加価値	所得 (3 次産業)
人口 (総数)	卸売販売額	森林面積 (計)
人口 (総数)	小売販売額	森林面積 (人工林)
人口 (総数)	飲食販売額	労働生産性 (農業)
人口 (男)	年間商品販売額	土地生産性 (農業)
人口 (女)	商店数	一人当豊数
世帯数	住宅世帯 (総数)	公共施設数
人口 (0~14)	住宅世帯 (持家)	医療施設数
人口 (0~14)	財政力指数	水質工場数
人口 (15~64)	道路延長 (區)	大気特定施設数
人口 (15~64)	道路延長 (市)	騒音工場数
人口 (65~)	自動車保有台数	振動工場数
人口 (65~)	域内従業者	悪臭工場数
面積	昼夜間人口差	苦情件数
宅 地	昼夜間人口差 50	水道普及率
1 次産業従事者	耕地面積 (田)	水洗化人口
1 次産業従事者 5	耕地面積 (畑)	地元就業率 60
2 次産業従事者	耕地面積 (果樹園)	地元就業率 50
2 次産業従事者 5	農家数	地元入院率
3 次産業従事者	農家粗生産額	地元通院率
3 次産業従事者 5		主要業種

参考文献

- 1) 阿部孝夫(1986) 地域環境管理計画・策定の理論と手法, 136-151, ぎょうせい, 東京.
- 2) 広島県環境保健部(1987) 広島県大気汚染常時監視網再編整備検討報告書, 123 pp.
- 3) 田中章司郎, 中根周歩(1987) 環境情報データの総合統計ファイル化とそのシステムの応用(非制御複合環境データの解析), 環境情報科学, 16-4, 66-74.
- 4) 広島県(1989) 広島県環境利用ガイド地図集.
- 5) 栗原弘一, 村上律雄(1982) 広島県メッシュ気候図(I), 1 kmメッシュ平均気温の推定, 研究時報, 34(1), 17-28.
- 6) 河野富香ほか(1984) 広島県メッシュ気候図の利用に関する研究 第1報 農耕地を対象とした気温補正と日別変換による利用, 広島県立農業試験場報告, 48, 113-121.
- 7) 兵藤 博(1986) 広島県のメッシュ森林利用区分, 広島県林試研報, 21, 1-29.
- 8) 広島県(1988) 広島県土地利用総合規制図.
- 9) 文化庁(1982) 全国遺跡地図, 広島県.
- 10) 広島県(1979) 広島県現存植生分布図.
- 11) 環境庁自然保護局(1986) 自然環境保全基礎調査編集済み磁気ファイル利用の手引, pp. 129.
- 12) 竹野裕治, 田嶋隆俊(1987) 環境の利用可能性評価手法に関する研究(第1報), 石川県衛生公害研究所年報, 24, 77-82.
- 13) リモート・センシング技術センター(1982) 地球観測データ利用ハンドブック, pp. 178, リモート・センシング技術センター, 東京.
- 14) 田中章司郎, 中根周歩: 未発表.
- 15) 広島県土木建築部道路維持課(1985) 昭和60年度道路交通センサス調査表.
- 16) 広島市建設局土木部道路計画課(1985) 昭和60年度全国道路情勢調査.
- 17) 宇津正樹, 佐々木恭弘(1987) パーソナルコンピュータを用いた騒音環境マップ作成システムの開発, 広島県環境センター研究報告, 9, 31-36.
- 18) 環境庁, 通商産業省(1986) 昭和59年度大気汚染物質排出量総合調査結果報告書.
- 19) 広島県(1988) 広島県中央地域大気環境解析検討結果報告書, 26-27.
- 20) 環境庁(1982) 窒素酸化物総量規制マニュアル.
- 21) 広島県(1988) 第32回広島県統計年鑑, 昭和61年版.
- 22) 広島県統計協会(1987) 市町村のすがた, pp. 294.
- 23) 広島県(1986) 昭和60年商業統計調査結果報告, pp. 264.
- 24) 広島県環境保健部環境保全課資料.
- 25) 広島県(1988) 広島県の水道の現況.
- 26) 広島県(1988) 広島県における一般廃棄物処理事業の実態.
- 27) 広島県(1989) 広島県環境利用ガイド報告書.

人工衛星(ランドサット)データを用いた「広島県 環境情報マップ」の作成について

大谷義孝, 三滝尊幸

(1991年12月1日受理)

Drawing of "HIROSHIMA PREFECTURE ENVIRONMENTAL INFORMATION MAP" by Landsat data

Yoshitaka OHTANI and Takayuki MITAKI

1. はじめに

1972年, 米国から, 世界で初めての地球観測衛星ランドサット1号が打ち上げられて以来, 人工衛星によるリモートセンシングデータの活用は, 地球観測の有力な手段となり, 海洋, 農業, 地下資源, 水資源, 土地利用, 気象, 防災, 環境保全等の様々な分野で利用研究が進められている。また, わが国では, 人工衛星データ利用の普及を目的に, パソコンによる解析技術の開発が「日本リモートセンシング学会」を中心として精力的に行われ, 最近では, 私達でも身近に利用することが可能となった。

当センターにおいても, 1984年からリモートセンシングデータの環境保全行政における適用分野の検討を重ね, リモートセンシングデータによる広島湾の水質解析¹⁾(1986年~1988年), 環境利用ガイド事業の一環として広島県の土地被覆現況図²⁾の作成(1988年), 東広島における土地被覆状況の経年的変化の解析(1989年)と広範囲な水域及び陸域の面的な解析を中心に利用している。更に, これまでの利用実績に伴い, 全県を網羅するリモートセンシングデータが1979年から年単位で切れ目なく収集蓄積され, 経年的な変化の解析がより可能な状態となり, 土地被覆分類及び解析に必要なハード, ソフトも順次整備されてきた。

これらのことから, 平成2年度は土地被覆状況の把握に非常に有効であるリモートセンシングデータを利用して, 環境影響評価を支援するための地図を作成することとなり, 1990年のランドサットデータから広島県全域の基本図面を作成し, この図面に1979年と1990年の2時期のランドサットデータから抽出した県内の開発地区, 更に自然公園, 環境保全地区等の情報を載せた「広島県環境情報マップ(20万分の1)」を作成したので, その概要を報告する。

2. システムの構成

リモートセンシングデータからの画像作成及び解析はパソコンで行い, 画像出力はカラービデオコピープロセッサで行った。ただし, パソコンシステムで処理できるデータ量に限界があることから, CCT(Computer Compatible Tape)の形で購入したランドサットデータは, 汎用機(M730/4)を用いて, パソコンシステムで利用可能なフロッピーディスク(1M)単位に切り出して使用した。また, 地形図との重ね合わせに必要な座標変換式の決定, 輝度データの推定などの時間, メモリ容量を要する計算は汎用機で行った。

なお, システムの詳細については図1のとおりである。汎用機のソフトは, Fortranを用い独自開発したものであり, パソコンソフトは市販のOM-SAT(沢瀉電子精製)を用いた。

3. 使用したデータ及び地図情報

3.1 ランドサットデータ

地球観測衛星LANDSATに搭載されたセンサーは, 解像度79mのMSS(Multi Spectral Scanner)及び解像度30mのTM(Thematic Mapper)があり, CCTの形で提供される1シーンの広さは185km×170kmである。ただし, ランドサットの軌道の関係で, 広島県域のTMデータは, 2つのシーンにまたがって収録されている。

使用したリモートセンシングデータの詳細は表1のとおりであり, 解析等に使用したバンドの波長帯を表2に示す。基本図面となる広島県全域の画像は, 解像度の高いTMデータを使用し, 開発地区の割り出しには1979年のMSSデータと1990年のTMデータを使用した。

人工衛星（ランドサット）データを用いた「広島県環境情報マップ」の作成について

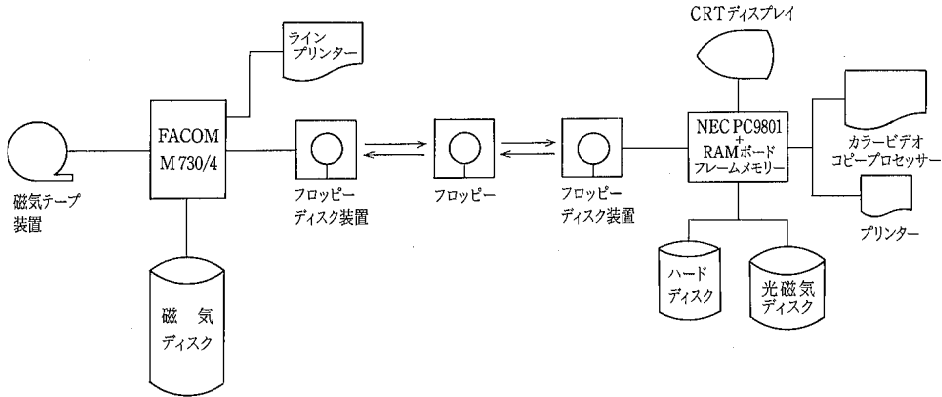


図1 システムの構成

表1 ランドサットデータの詳細

種別	撮影年月日	パス・ロウ	収録地域	解像度 (m)
MSS	1979. 9. 11	120-36	全 県	79
TM	1990. 5. 9	111-36	県東部	30
TM	1990. 9. 21	112-36	県西部	30

表2 使用したバンドの波長帯

MSS		TM		備 考
バンド	波長帯(μm)	バンド	波長帯(μm)	
4	0.5~0.6	2	0.52~0.60	緑
5	0.6~0.7	3	0.63~0.69	赤
6	0.7~0.8	4	0.76~0.90	近 赤 外
7	0.8~1.1			近 赤 外
		5	1.55~1.75	中間赤外

なお、データは(財)リモートセンシング技術センターから購入し、購入に当たっては画像上の雲量が極力少ないもの(10%以下)を選択した。

3.2 地図情報

開発地区の抽出及び地図に掲載した自然公園、環境保全地区等の地理情報は、次のものを参考とした。

- ア. 広島県土地利用総合規制図(昭和63年 広島県)
- イ. 広島県道路網図(平成元年 広島県)
- ウ. 平成2年度土地利用動向調査(広島県企画振興部)
- エ. 広島県環境保全地区のしおり(広島県林務部)
- オ. 広島県の自然公園案内図(広島県林務部)

4. 地図作成

リモートセンシングデータから地図を作成する作業の概要を示したものが図2である。

4.1 県全域の画像作成

この作業は、TMデータからカラー合成した広島県全域の画像を作成し、アフィン変換等の幾何補正を行い、広島県の部分を建設省国土地理院発行の20万分の1地形図と一致させる作業であるが、当センターのパソコンシステムでは処理能力に限界があるので業者委託した。

ただし、カラー合成には、森林は濃い緑、田畑等の農地は明るい緑~灰青色、市街地・住居地等はベージュ~ピンク、開発中の土地等の裸地は薄いピンク~白、海域・河川・湖沼等の水域は黒、雲・霧・雪等は白く表示されるナチュラルカラー合成(バンド2を青、バンド3を赤、バンド4を緑に着色)を行うよう指示した。また、今回入手した1990年のデータは、軌道周期及び雲量等の関係で県東部(パス・ロウ: 111-36)は5月9日撮影、県西部(パス・ロウ: 112-36)は9月21日撮影と撮影年月日に約130日間の開きがあることから、県東部西部の両画像を同じ条件でカラー合成した場合、森林・田畑等の色相に大きな差が出ることが予想される。そのため、両画面の接合には十分注意して、色相に大きな差を出さないよう指示した。

4.2 開発地区の抽出

開発地区の抽出作業の流れを示したのが図3、図4である。

開発地区の抽出は、1979年のMSSデータと1990年のTMデータを比較して行うが、データ収集したセンサ

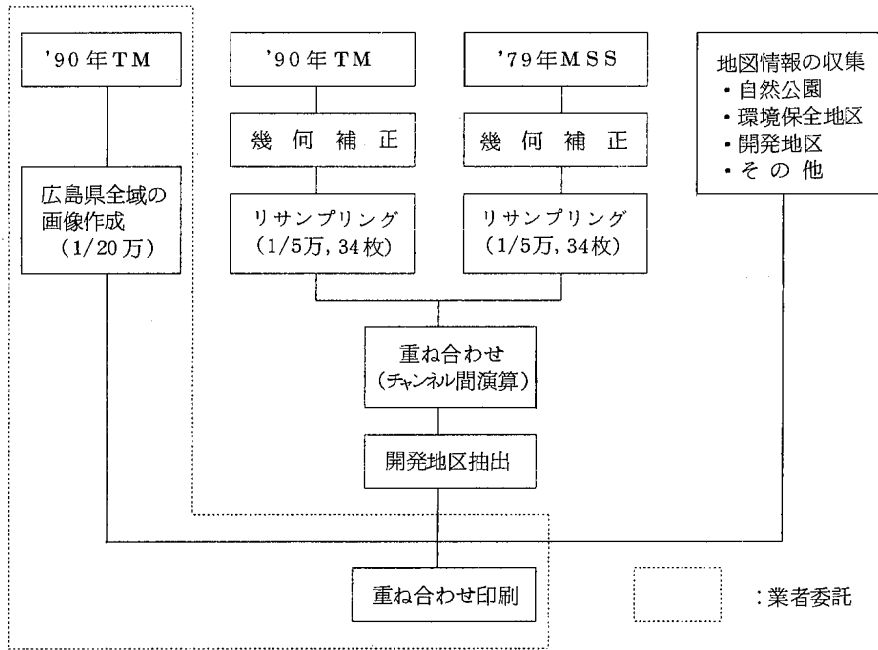


図 2 地図作成作業の概要

一が異なるため、解像度に 79m と 30m の差がある。よって、そのまま画像を作成しても表示画像の範囲が一致せず比較が困難であり、また人工衛星のセンサーは軌道（軌道傾斜角度 99 度）に直交して走査しながらデータ収集するため、地形図と比較しても斜めのずれが出る。そのため、画像座標を地形図座標に幾何変換する座標変換式を決定（標定）し、地図座標における各画素位置の輝度値の推定（リサンプリング）を行うことにより、MSS データ及び TM データから作成される表示画像の範囲が、国土地理院の 5 万分の 1 地形図と一致するようにした。なお、表示画像をカラービデオコピープロセッサで出力すると 125mm × 100mm の大きさとなる。

その後、MSS データと TM データの特定のバンドを使用してチャンネル間演算を行い、土地被覆状況に大きく変化のあった場所を抽出し、開発地区の抽出を行った。

4.2.1 地上基準点（GCP: Ground Control Point）の選出

標定を行うときに必要な GCP を、5 万分の 1 地形図 1 枚当たり 15～20 ポイント選出し、地形図座標（経度、緯度）及び画像座標（ P, L ）を読み取った。

なお、GCP の選出は、地形図及び画像上で明瞭に識別できる次のようなポイントを選出した。

- ・小さい、丸めの島の中心

- ・護岸、防波堤等の角及び先端
- ・大きな橋梁の中心
- ・学校の校庭
- ・ダムのお堀及び小さい池の中心

4.2.2 地形図座標を UTM（ユニバーサル横メルカトル）座標へ変換

国土地理院の 5 万分の 1 地形図は UTM 図法で描かれているが、地形図上の位置を決める経度・緯度は球面体の座標であるため、GCP の選出で読み取った地形図座標（経度・緯度）をガウス・クリューゲル投影法³⁾を用いて平面の座標である UTM 座標（ X, Y ）に変換した。

4.2.3 標定（アフィン変換⁴⁾）

ランドサットデータはシステム補正で UTM 図法に基づく再配列データに変換してあるので、同じ UTM 図法で描かれている地形図と相似形となり、UTM 座標（ X, Y ）と画像座標（ P, L ）は次のような一次の関係式で対応づけられる。

$$P = aX + bY + c$$

$$L = dX + eY + f$$

よって、選出した 15～20 ポイントの GCP の UTM 座標及び画像座標を変換式に代入し、最小二乗近似法により変換式の係数（ $a \sim f$ ）を求めた。

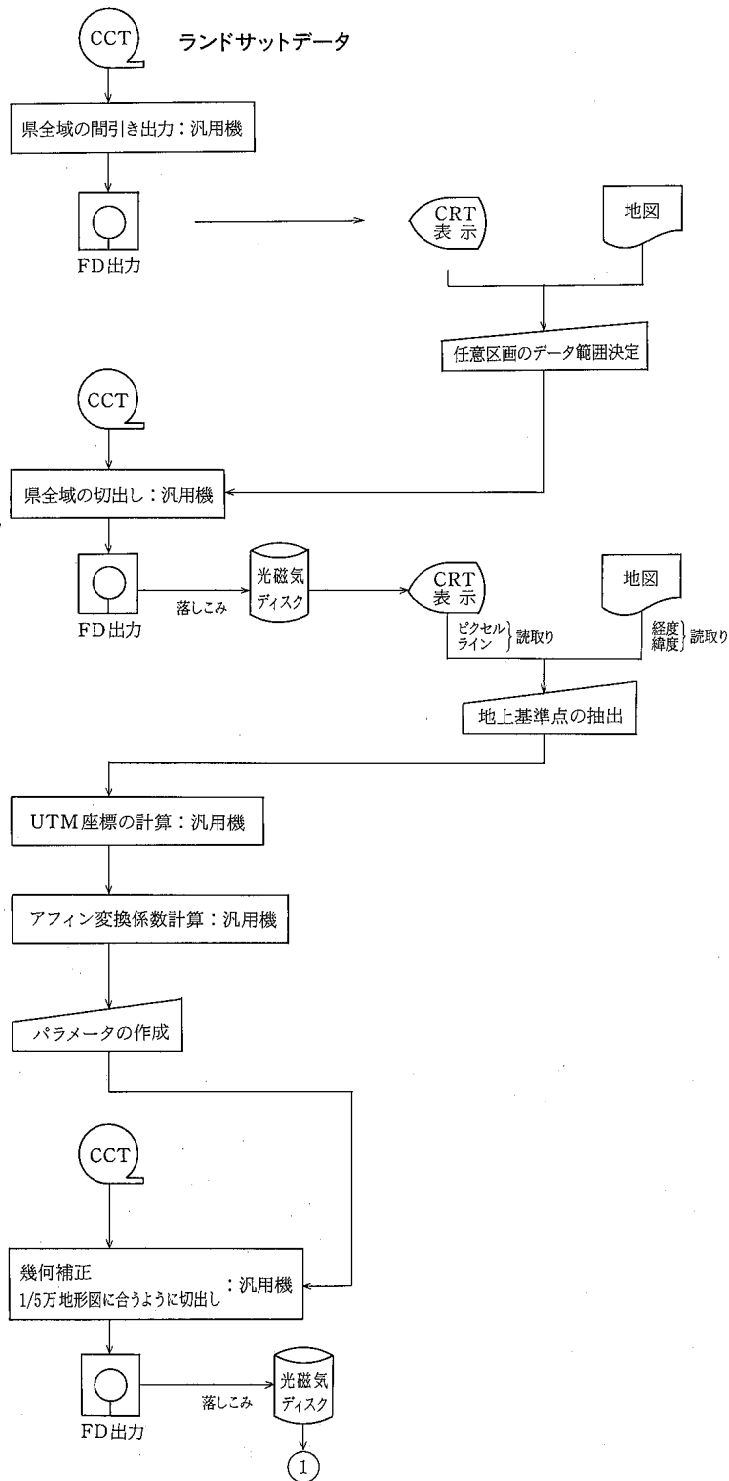


図3 開発地区抽出作業の流れ(1)

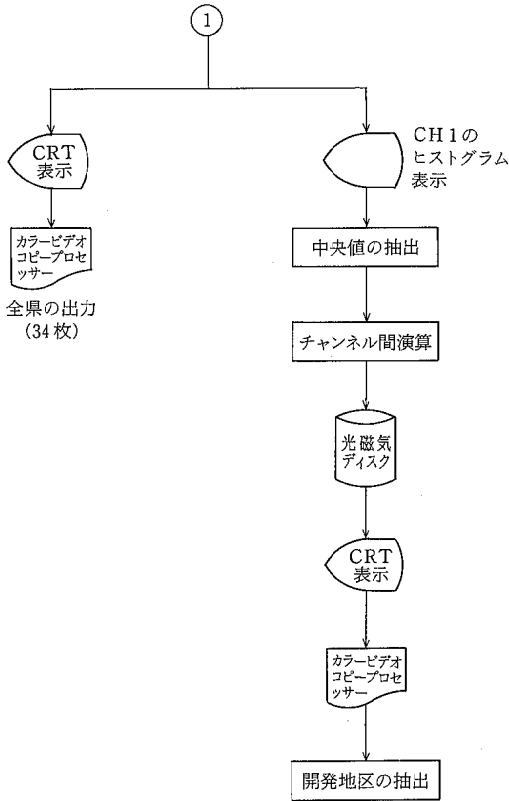


図4 開発地区抽出作業の流れ(2)

また、標定精度を一定に保つため、求めた係数を用いた計算値と実測値の差が1ピクセル、1ライン以内に納まるようにした。

4.2.4 リサンプリング(バイリニア法⁵⁾)

UTM座標への補正済み画像上の画素が、画像座標上のどこに位置するかを上記アフィン変換により求め、その位置における画素の輝度をバイリニア法により内挿処理求めた。

新しい輝度 Q は次の式で求めた。

$$Q = (1-u)(1-v)P1 + (1-u)vP2 + u(1-v)P3 + uvP4$$

なお、 $P1 \sim 4$, u , v については図5に示すとおりである。

4.2.5 チャンネル間演算

時間的変化の解析に用いられる一手法であるチャンネル間演算を行って開発地区の抽出を行った(図6)。

幾何補正等により画像が一致するようになったMSS、

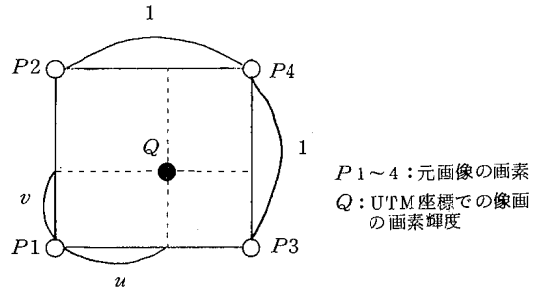


図5 バイリニア法

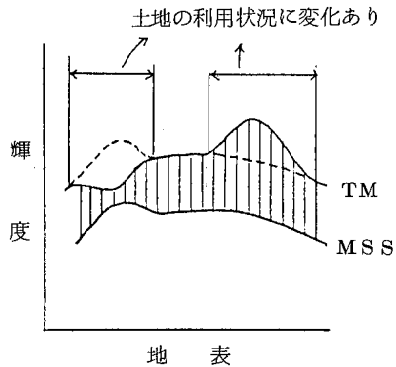


図6 チャンネル間演算の考え方

TM両データにおいて、対応する波長帯のそれぞれの画素輝度を次の式を用いて演算した。

$$(TMのバンド2)/(MSSのバンド4) \times a - b$$

定数 a , b は、画面単位でMSSバンド4とTMバンド2のヒストグラムを作成し、それぞれの中央値を各バンドの代表値とし、代表値の演算値が130前後となるようにした。

この演算により作成した新しいデータを画像表示すると、土地被覆状況に大きく変化のあった部分は白あるいは黒く表示され、白く表示された部分を開発地区の可能性ありとして、「平成2年度土地利用動向調査」等の情報を参考にしながら決定した。

図7は、5万分の1地形図(竹原地区)単位でチャンネル間演算したデータを画像出力したものである。工事中の山陽自動車道及び新広島空港、西高層住宅団地、中核、河内臨空及び小原工業団地等が白く表示されている。また、TM画像上の雲も白く表示されるので注意を要する。黒い部分は、MSS画像上の雲と1979年当時の裸地がその後草地、山林、宅地等に変った地区と推測される。

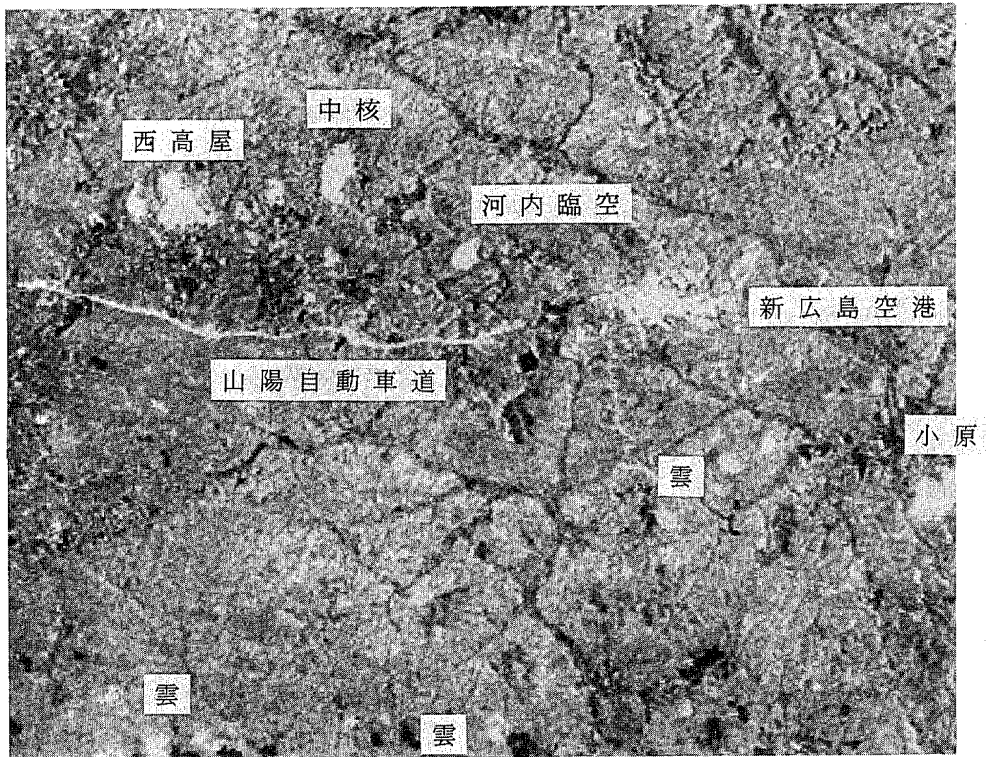


図7 チャンネル間演算したデータの画像（竹原地区）

4.3 自然公園，環境保全地区，開発地区等の情報収集

自然公園，環境保全地区，開発地区等の名称，所在地，面積等の情報収集は環境保全課環境審査担当が中心に行った。地図に掲載したそれぞれの情報は表3のとおりである。

なお，30 ha 以下の小規模な開発地区については除外した。

4.4 地図の印刷

以上の作業により決定した開発地区と自然公園等の情報を県全域の画像に重ねて印刷した。

基本図面とした広島県全域の画像のイメージを壊さないため，市町村境界，鉄道及び道路網等の線情報は極力細い線で表示し，開発地区名，環境保全地区の名称等の情報は欄外に表で示し，番号により参照するようにした。また，県自然環境保全地域及び緑地環境保全地域で面積が30 ha 以下のもの，自然海浜保全地区で海岸線が1 km 以下のものはポイントで表示した。

画像では，水域部分の輝度が各バンドとも低いことか

ら黒く表示される。そのため地図全体が暗いイメージにならないよう水域部分は青色に印刷した。

表3 地図に掲載した情報

区 分	個所 (件)
自 然 公 園	8
自然環境保全地域	27
緑地環境保全地域	22
自然海浜保全地区	19
開 発 地 区	72
工業団地・住宅団地	17
開発道路・鉄道	13
土地区画整理事業	12
公有水面埋立・ダム	10
農用地造成事業	6
そ の 他	14

5. 結 果

最近の環境影響評価は、生活環境保全だけでなく、自然環境との調和を図ることが強く望まれ、そのためには自然環境の特性を十分把握することが重要とされている。

今回作成した地図は、白地図上へ地理情報を記号化して掲載する従来の地図とは異なり、ランドサットデータから合成した画像を基本に記号化した地理情報の掲載は最低限とした。にもかかわらず、今回作成した地図では基本図面から、かなりの地理情報を得ることが可能であり、従来の地図より県土の状況把握が容易と思われる。例えば、森林部分を示す緑も太陽の当たっている部分と影の部分で濃淡があり、等高線は無いにもかかわらず、土地の起伏状態の把握が可能である。ゴルフ場についても色と形態でかなりの部分が判読でき、都市周辺部の宅地造成地区、工業団地造成地区及び新広島空港の造成状況も把握できる。

もちろん、詳細な情報は地形図等の他の情報との照らし合わせが必要となるが、県内の土地被覆状況が一目で分かることから、県土の自然環境特性等の把握に有益な地図であり、今後の環境影響評価において参考となるものと思う。

6. おわりに

今回の地図作成作業により、広島県全域を5万分の1地形図単位にデータファイル化したので、必要に応じて画像出力(125mm×100mm)することが可能となった。

今後は、この画像データファイルに自然環境情報、開発地区情報、国土数値情報等をリンクさせ、画像の出力だけでなく、必要に応じて環境情報も提供可能な形とし、行政で利用価値の高い環境情報システムとしていきたい。

更に、環境教育用の資料としての方向も検討していきたい。

本地図を作成するにあたり、多大なる御協力を賜った広島県立林業試験場、環境保全課環境審査担当に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 重光和之・楨野 実・中川博憲(1987)：リモートセンシングによる広島湾の水質解析，広島県環境センター研究報告，9，1-7。
- 2) 広島県(1989)：広島県環境利用ガイド地図集，43。
- 3) 春日屋伸昌(1989)：測量ハンドブック，7，理工学社，東京。
- 4) 日本リモートセンシング学会出版委員会(1989)：パソコンによるリモートセンシングデータ解析，115，127，啓学出版，東京。
- 5) 日本リモートセンシング研究会編(1981)：リモートセンシング実用講座 画像の処理と解析，182，共立出版，東京。

太田川河口域の水質変動特性に関する研究(第1報)

— 水質の特徴について —

中 富 文 雄

(1990年4月1日受理)

Studies on the Fluctuation Characteristics of Water Quality in the Estuary of Ohta River. I.

— Characteristics of Water Quality —

Fumio NAKATOMI

In Ohta River estuary area, the fluctuation characteristics of water quality are investigated.

Surface chloride ion and DIN show 2–5 and 3–7 fold diurnal changes and they are inversely correlated with each other. But at a bottom layer, they do not show diurnal changes. And PON do not show diurnal and vertical changes.

The salinity is influenced by river discharge and stratification. If the river discharge increases by 10 m³/sec, the surface salinity decreases by 1.3‰.

1. はじめに

河口域は、河川水と海水が混合することや、潮汐により水塊が上下動することにより、水質環境因子の変動が大きく流動的な水域である。この点は、海域あるいは河川と対象的であり、一般的に河口域の水質調査の解析は困難さを伴い報告例も少ない。一方、太田川河口域がある広島湾奥部は、現在でも水質環境基準が達成されていないとか、赤潮が頻繁に発生する等、富栄養化による水質汚濁現象が顕著に表れている水域である¹⁾。そこで、河口域における水質浄化対策を探る基礎資料を得る目的で、水質調査を行った。

ここでは、太田川の3つの主要な河口部における常時監視水質調査、河口域の一定点での通日調査及び河口域における沖合部に向かう流線上の5定点における月1回の水質調査の結果を取りまとめ、河口域に特徴的な水質変動特性について報告する。

2. 太田川河口域の概要^{1)~3)}

太田川河口域の概要を Fig. 1 に示す。この水域は、太田川の最下流部及び広島湾の最奥部に位置しており、太田川は、流域面積 1700 km²、長さ 103 km の一級河川である。太田川の最近(1980~85)の年間平均流量は、60

(1984)~115 m³/sec (1985) の範囲で、平均 87 m³/sec であった。一般的に、雪解けの起こる春先から梅雨期にかけての流量が多い。

太田川は、広島市内に入り大芝水門を経た後、6本の河川に分流する。そのうちの本川、元安川、京橋川は、河口近くで再び一つに合流して広島湾に流入する。平水

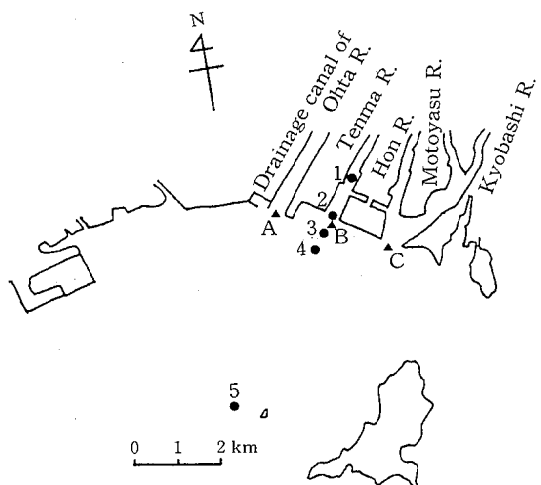


Fig. 1. Sampling stations in the estuary of Ohta River and Hiroshima Bay.

時の各河川に分派流量は、本川、元安川、京橋川の 3 河川 67%、天満川 19%、放水路 10%、猿猴川 4% である。しかし、洪水時には大芝水門で流量調節が行われるため、放水路と他の 5 河川を合計した流量比が約 2 対 1 になる。太田川河口域は、広島市の生活系、産業系に由来する汚濁流入負荷の影響により、水質汚濁が進行している。

3. 調査方法

3.1 調査地点及び時期

3.1.1 河口域の水質通日調査

St. 1 (Fig. 1) において、1984 年 5 月 17 日、10 月 24 日に、満潮時からつぎの満潮時にかけて、ほぼ 2 時間毎にバンドーン採水器を用いて 3~5 層の多層採水を行った。いずれの調査も、干満の水位差が大きい大潮日を選んで行った。

3.1.2 河口域の水質定点調査

St. 1~5 (Fig. 1) において、1978 年 5~12 月、1988 年 2~3 月の大潮日に月 1 回ずつ、沖合部から陸側に向かって素早く調査した。調査時間は最干潮時をはさんで 1 時間 30 分以内であった。調査水深は、0 m, 1 m, 底泥直上 1 m (B-1 m 層), 1 m と B-1 m の中間の層 (中層) の 4 層である (Fig. 2)。Fig. 2 中の全水深、中層

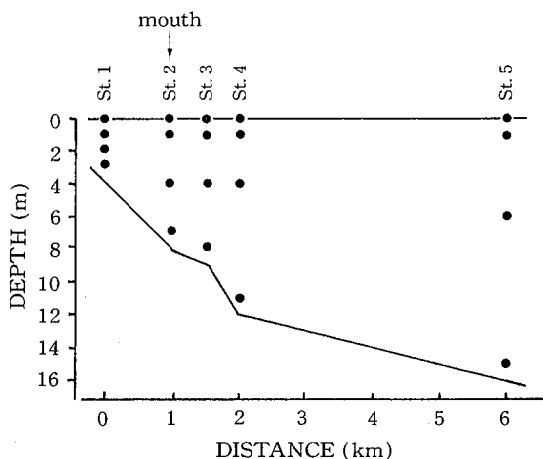


Fig. 2. Sampling points in the estuary of Ohta River and Hiroshima Bay.

の水深は年間平均値で示した。St. 5 は河口域よりむしろ沿岸域に属するが、河口域の水質と比較するため加えた。

3.2 調査項目及び測定法

調査項目と測定法を Table I に示す。

Table I. Analytical method.

Measured item		Analytical method	Instrument
Dissolved inorganic nutrients*	DIN	NH ₄ -N+NO ₃ -N+NO ₂ -N	Technicon co. Autoanalyzer II
	NH ₄ -N	Indophenol method	
	NO ₃ -N	Cu-Cd reduction and Diazotization method	
	NO ₂ -N	Diazotization method	
	PO ₄ -P	Molybdenum blue method	
Particulate organic nutrients*	PON		Yanagimoto co. CHNcorder MT II
	POP	Persulfate digestion and Molybdenum blue method	Technicon co. Autoanalyzer II
	Cl	Argentometric method ⁴⁾	
	S	Field observation	Electric switchgear Salinometer MC5
	T		

DIN=dissolved inorganic nitrogen, PON=particulate organic nitrogen, POP=particulate organic phosphorus, Cl=chloride ion, S=salinity, T=temperature. *: Water samples were filtered through Whatman GF/C (pore size: 1.2μm). The filtrate was used for determination of dissolved inorganic nutrients and the filter used for particulate organic nutrients.

4. 結果及び考察

4.1 各河口部の水質の比較^{5)~7)}

前述したように、太田川の各主要河口に流入する河川水量は相当な違いがあり、各河口部の水質が異なると考えられる。そこで、公共用水域の常時監視のデータを用い、主要河口部に位置するSt. A, B, C (Fig. 1)の塩素イオン濃度 (Fig. 3), 無機態栄養塩濃度 (Fig. 4) を比較した。

0 m層の塩素イオン濃度は、3測点とも夏場低く冬場高い季節変化がみられた。また夏場は測点による差が大きかった。即ち3測点の比較では、St. Cが最も低く河川水流入量に対応している。St. Aは7, 8月が特に低

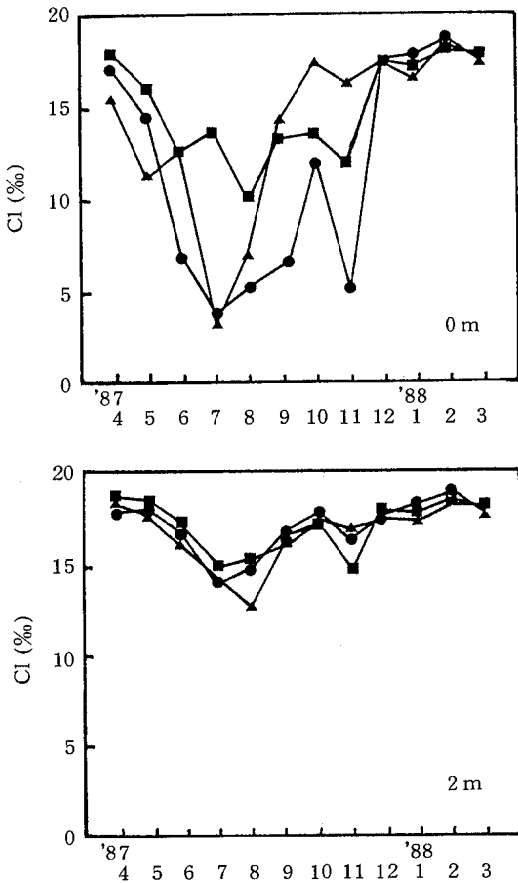


Fig. 3. Seasonal changes of chloride ion at St. A (\blacktriangle), B (\blacksquare) and C (\bullet) at a depth of 0 m and 2 m layer from April 1987 to March 1988.

くCと同程度の値であったが、これは降雨時には主としてここから放流するためである。St. AとBを比較すると、7, 8月はBが高く、10, 11月はAが高かった。し

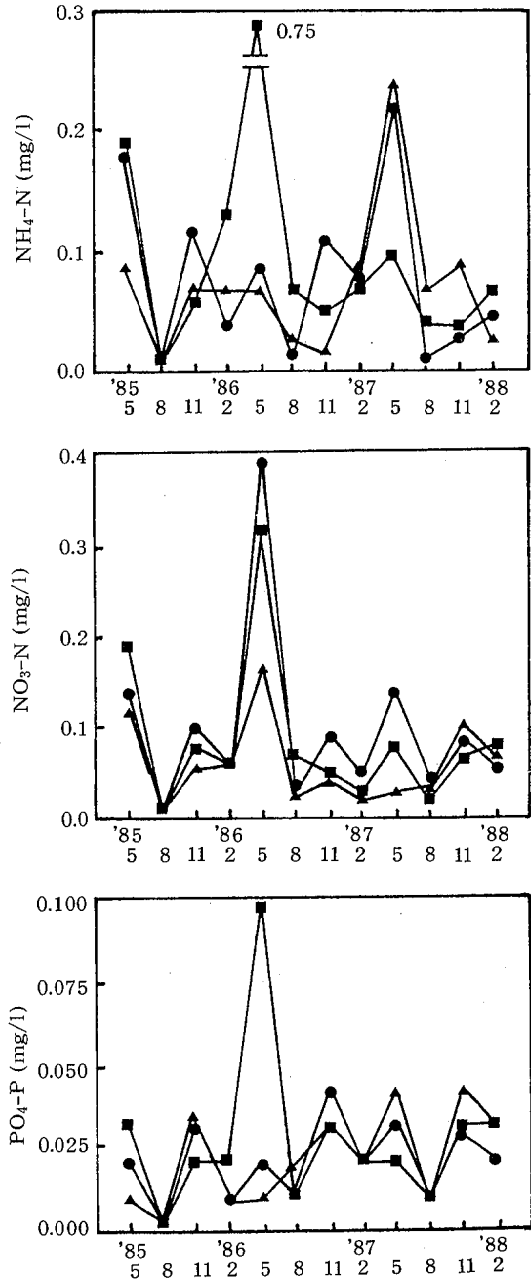


Fig. 4. Seasonal changes of surface $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ at St. A (\blacktriangle), B (\blacksquare) and C (\bullet) from May 1985 to February 1988.

かし、12~4月は、測点による違いはほとんどみられなかった。それに対して、2m層でも0mと同様な季節変化がみられたが、変動幅は小さく測点による違いはほとんどなかった。このように、分派流量の塩素イオン濃度に対する影響は、太田川の流量が多い時期の0m層だけに表れた。

0m層のNH₄-Nは、季節、測点による変動が特に激しいが、一定の傾向は認められなかった。それに対してNO₃-N、PO₄-Pは、5、11月で高くなり8、2月で低くなる季節変化がみられたが、測点による違いは比較的小さかった(Table II)。

4.2 河口域の水質通日調査

Fig. 5に5月の水温分布を示す。5月は表層と底層で約1.3℃の差があり、水塊は弱い成層状態を示したが、10月は全層で混合が生じ水温はほぼ21℃で均一であった。

Fig. 6に塩素イオン濃度、DIN、PONの日変化と季節変化を示す。

0m層の塩素イオン濃度は、潮汐に従って5月3.1(16:30)~16.8%(10:30)、10月9.8(15:30)~17.7%(9:30)と大きな日変化を示した。最低と最高で2~5倍の差がみられた。このことは、淡水系水塊の流下と、海水系水塊の遡上とが交互に繰り返されていることを表わしている。

また、0mのDINの挙動は、塩素イオンとは逆に干潮時に急激に増加した。5月0.48~1.61mg/l、10月0.14~0.95mg/lと、最低と最高で3~7倍の差がみられた。このことは、DINが淡水系水塊と共に海域に供給されていることを示している。このように、河口域表層の水質は、潮汐に対応して大きく日変化する特徴が認められた。

それに対してB-1m層の水質は、日変化、季節変化をほとんど示さず、塩素イオン濃度は高く、DINは低く、海水系水塊がくさび状に入り込んでいることが明らかになった。このように河口域では、水塊が上下二層構造をなすことがわかった。

5月と10月の0m層の水質を比較すると、10月の方が全般的に、高塩素イオン濃度、低DINであり、いずれも変動幅は小さいという季節変化がみられ、河川水量の減少及び水塊の混合状態を反映していた。

0m層のPONは、塩素イオン濃度、DINと異なり、濃度が低く日変化を示さなかった。さらに、鉛直変化、季節変化もほとんど示さなかった。これらのことから、栄養塩が主として無機態で海域に供給されること、河

Table II. Concentration of nutrients (the mean values from May 1985 to February 1988) at St. A, B and C.

	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
	mg/l		
St. A	0.08	0.066	0.018
St. B	0.07*	0.068*	0.019*
St. C	0.07	0.073*	0.020

*: Exclude May 1986 at $p < 0.01$.

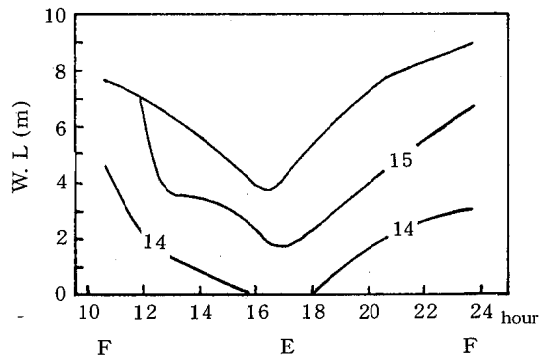


Fig. 5. Diurnal variation of temperature (°C) at St. 1 on 17 May 1984. Flood: 10:33, 23:29, Ebb: 16:57.

口内(St. 1)においては無機態栄養塩の懸濁態化がそれほど進行しないことがわかった。

Fig. 7に水深2mまでの塩素イオン濃度と無機態栄養塩との関係を示す。PO₄-Pでは若干ばらつきがみられるが、無機態栄養塩と塩素イオン濃度との間には、負の有意な相関が認められた。このことから無機態栄養塩が淡水系水塊と共に海域に供給されていることがわかる。

つぎに水深2mまでのDINとPO₄-Pとの対応関係を示す(Fig. 8)。両者の間には正の直線関係が認められ、一定の組成で海域に流入している状態が観察された。

4.3 河口域の水質定点調査

4.3.1 水温の変動特性

Fig. 9に0m、B-1m層の水温分布を示す。測点による変動は小さく数℃以内であった。0m層の水温は、5~8月にかけて徐々に上昇し最高に達した後、徐々に低下し3月に最低となった。5月を除きSt. 1, 2が、河口外(St. 3~5)に比較して1~3℃低く、河川水流入の影響が伺われた。一方、B-1m層は、8月と10月が同レベルであり、月別の変動幅は0m層より小さかった。

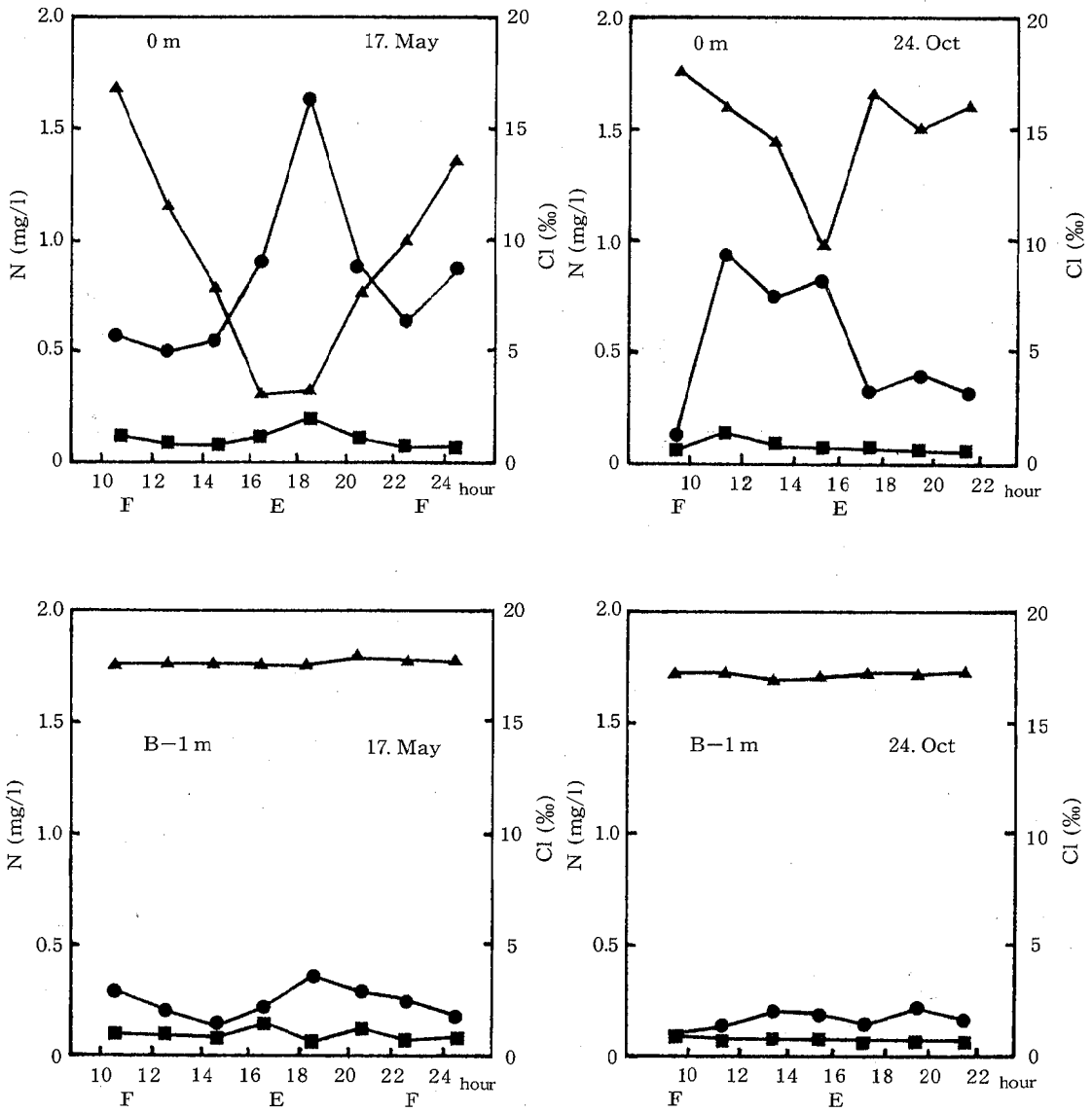


Fig. 6. Diurnal variations of chloride ion (Cl: ▲) and nutrients (DIN: ●, PON: ■) at St. 1 on 17 May and 24 October 1984 at a depth of 0 m and B-1 m layer. 17 May 1984, Flood: 10:33, 23:29, Ebb: 16:57. 24 October 1984, Flood: 9:22, Ebb: 15:24.

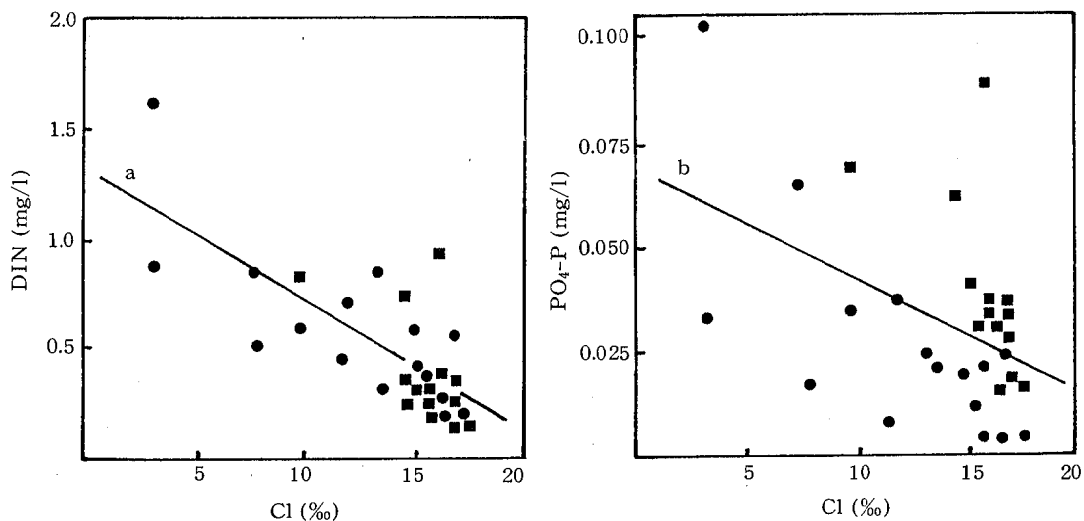


Fig. 7. Relation between surface chloride ion and nutrients (DIN, $\text{PO}_4\text{-P}$) at St. 1 on 17 May (●) and 24 October (■) 1984. Regression lines are drawn for the equations: (a) $(\text{DIN}) = -0.061(\text{Cl}) + 1.36$, $r = -0.78$, significant at $p < 0.01$, (b) $(\text{PO}_4\text{-P}) = -0.0027(\text{Cl}) + 0.069$, $r = -0.46$, significant at $p = 0.02$.

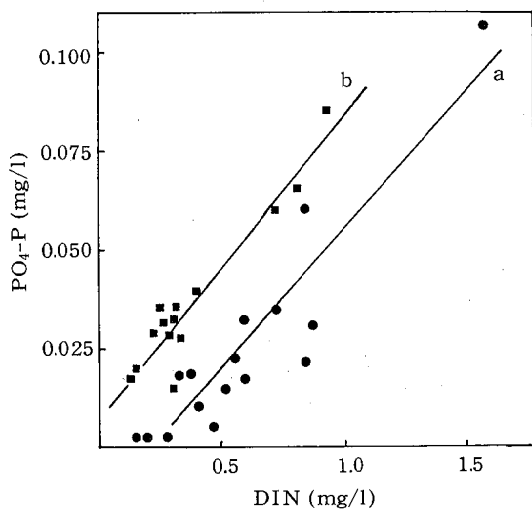


Fig. 8. Relation between surface DIN and $\text{PO}_4\text{-P}$ at St. 1 on 17 May (●) and 24 October (■) 1984. Regression lines are drawn for the equations: (a) $(\text{PO}_4\text{-P}) = 0.069(\text{DIN}) - 0.016$, $r = 0.92$, significant at $p < 0.01$, on 17 May, (b) $(\text{PO}_4\text{-P}) = 0.076(\text{DIN}) + 0.007$, $r = 0.96$, significant at $p < 0.01$, on 24 October.

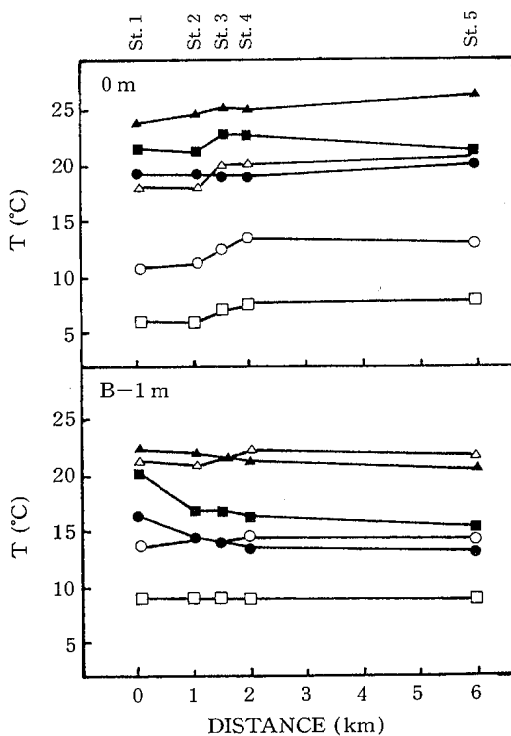


Fig. 9. Longitudinal changes of temperature at a depth of 0 m and B-1 m layer.
 ●: 26 May, ■: 26 June,
 ▲: 24 August, △: 21 October,
 ○: 21 December, □: 17 March.

Fig. 10にSt. 3の水温の季節変化を示す。5~8月は、0m層の水温がB-1m層より約5℃高く成層を形成し全体的に徐々に上昇していった。9月は全層がほぼ23℃と均一な分布となった。ついで10~3月にかけては、逆にB-1m層が0m層より約2℃高い逆列成層を形成して徐々に低下していった。0m層は8月に最高となるのに対して、B-1m層はひと月遅れて9月に最高となった。このように、河口域においても沿岸域と同様、水塊が成層-混合の季節変化をした。

4.3.2. 塩分の変動特性

Fig. 11に各層の地点別塩分分布を成層期(5~8月)と循環期(9~3月)に分けて示す。

全般的にみると、塩分の大きな変化は0m層に限られており、St. 1からの距離に応じて増加する傾向が認められた。それに対して、1m以深では7月を除き測点による違いが小さく、一定して高塩分水が存在していた。これらのことから、河口域では淡水系及び海水系水塊が密度成層を形成し、低塩分水が表層(水深1m以内)を広範囲に混合拡散した後、底層に向かって徐々に鉛直混合していくことが理解できる。また、淡水と海水の遷移域で汚濁物質の形態変化を取り扱うには、表層水(0m層)についての調査が重要であると考えられる。

0m層の沖合いにかけての塩分の増加傾向は、測点間で傾きが変化したり、沖合いの測点の方が河口に近い測点よりも高くなる等の現象がみられ、河口域の水質変化が複雑である様子が伺われる。

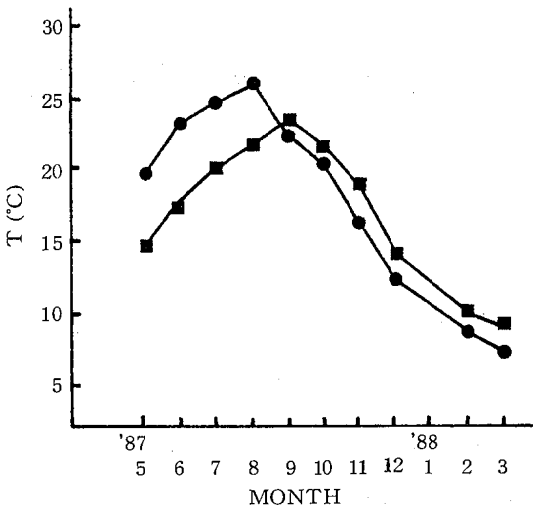


Fig. 10. Seasonal changes of temperature at St. 3 at a depth of 0 m (●) and B-1 m (■) layer.

成層期と循環期とで0m層の塩分を比較すると、前者では、河口内(St. 1)から沖合地点(St. 5)まで連続的に増加しているのに対して、後者ではSt. 4と5が同じレベルであった。このことは、河川水流量、水塊の成層-混合等の希節変化によるものである。

7月は梅雨期の降雨の影響により、0~1m層の塩分は、他の月に比較して約10~20%低かった。このように河口域では、降雨時の増水により水質環境因子が直接大きな影響を受けるという特徴がある。

また、St. 5の0m層の塩分は、7, 8月を除くと年間を通じて27~30%の範囲ではほぼ一定しており、淡水系水塊の混合が終了していることを示している。

つぎに、河口域の塩分濃度に対しては河川水流量が大きな影響を与えると考えられるため、両者の関係について検討した(Fig. 12)。塩分はSt. 2, 3, 4の0m層の平均値を用い、河川水流量は測定当日と前日との、太田川日平均流量(矢口第一観測所の測定値)⁸⁾の平均値を用いた。

塩分は流量の増加と共に減少し、特に流量が100m³/sec以下ではほとんど直線関係になり、強い負の相関関係($r = -0.86$, 有意水準 $p < 0.01$)が得られた。しかし、流量が100m³/secを越えると少し直線からシフトした(3, 7月)。ここで得られた回帰直線の傾きより、流量が10m³/sec増加すると、塩分が約1.3%低下するといえる。また塩分濃度は、夏場に比較して冬場が高くなるという季節変化がみられた。このように、河口域表層の塩分濃度と河川水流量の間には、密接な関連がみられた。

5. まとめ

太田川河口域の水質調査結果をまとめるとつぎのようになる。

- 1) 太田川各支川の分派流量は、流量が多い時期の0m層に限って、河口部の塩素イオン濃度に影響を与えた。
- 2) 河口内表層の塩素イオン濃度は、潮汐に従って2~5倍の差がでる大きな日変化を示し、淡水系及び海水系水塊の上下動が観察された。
- 3) 河口内表層の無機態栄養塩濃度は、塩素イオン濃度と反比例しており、これらが淡水系水塊と共に海域に供給されていることが認められた。
- 4) 河口内PONは、時間的、鉛直的、季節的变化を示さず、栄養塩は主として無機態で海域に供給されており、河口内において無機態栄養塩の懸濁態化はそれほど進行しないものと考えられる。

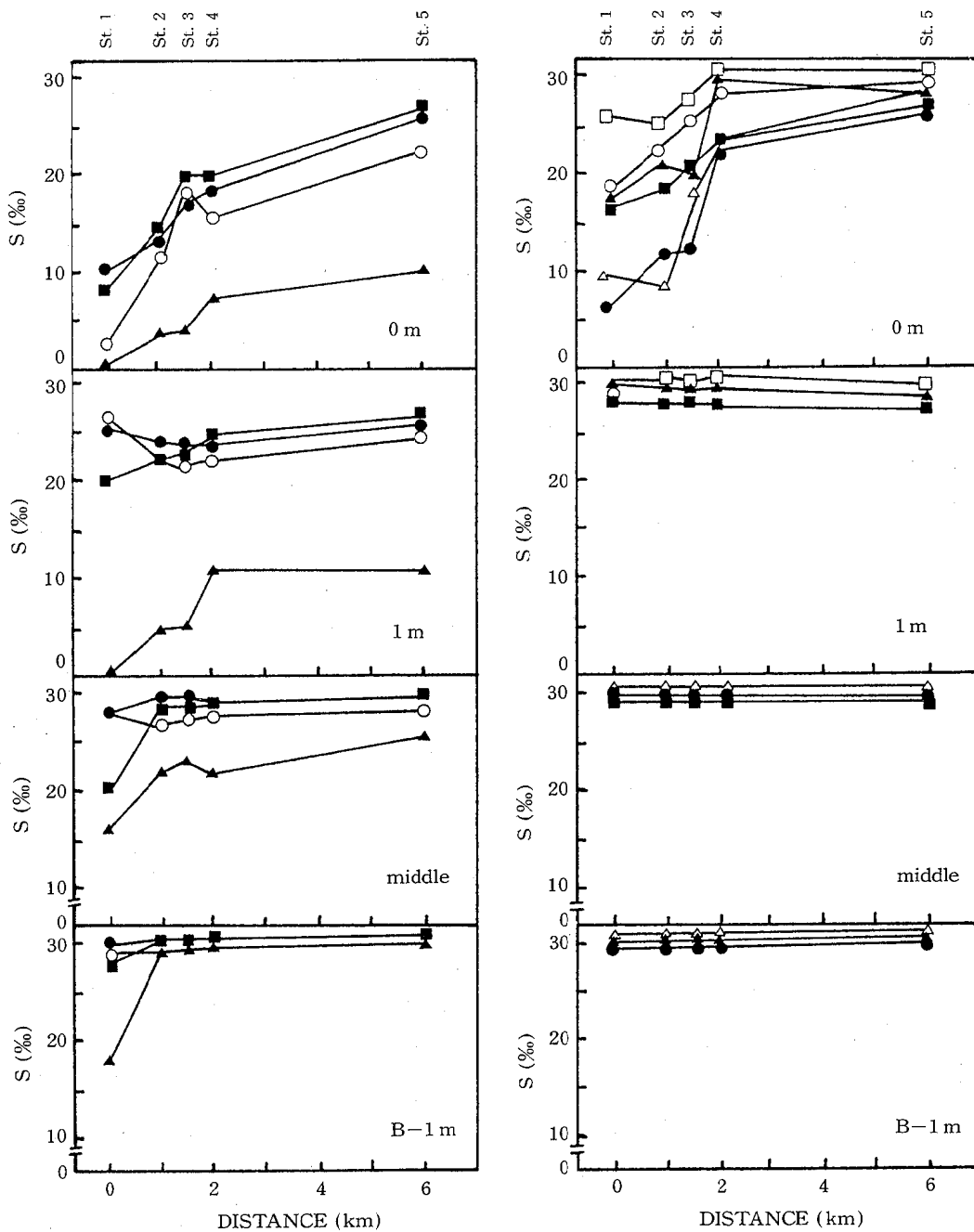


Fig. 11. Longitudinal changes of salinity (S) at a depth of 0 m, 1 m, middle and B-1 m layer.

Left: ●: 26 May, ■: 26 June, ▲: 24 July, ○: 24 August.

Right: ●: 21 September, ■: 21 October, ▲: 20 November, ○: 21 December, □: 16 February, △: 17 March.

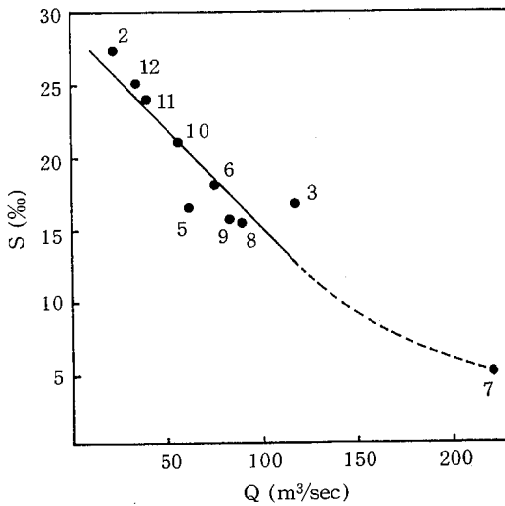


Fig. 12. Relation between surface salinity (the mean values of St. 2, 3 and 4) and river discharge (Q) of Ohta River. Regression line is drawn for the equation: $(S) = -0.13(Q) + 28.2$, $r = -0.86$, significant at $p < 0.01$ (exclude July at $p = 0.05$).

5) 河口域では、水塊が上下二層を成しており、淡水系水塊が密度成層上(水深1m以内)を広い範囲に拡散した後、徐々に海水系水塊と鉛直混合していく状態が観察された。

6) 河口域の塩分は、河川水流量及び水塊の成層-混合状態と密接な関係を持っており、特に太田川の流量が $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ 増加すると、塩分が約 1.3% 下がるように対応していた。

最後に、一部の太田川日平均流量を御教示いただいた建設省中国地方建設局太田川工事事務所の皆様と、通日調査のデータを利用させていただいた竹原保健所田口哲主任に深謝します。

参考文献

- 1) 広島県環境保全課, 昭和63年版広島県環境白書, 47 pp., 53 pp., (1988).
- 2) 平野敏行, 杉本隆成, 伊藤喜代志「環境化学」, 研究報告書B-204-R01-2, 25 pp., (1984).
- 3) 日本河川協会, 1985日本河川水質年鑑, 651 pp., (1986).
- 4) 気象庁, 海洋観測指針, 155 pp., (1981).
- 5) 広島県環境センター, 昭和60年度公共用水域水質測定結果, (1985).
- 6) 広島県環境センター, 昭和61年度公共用水域水質測定結果, (1986).
- 7) 広島県環境センター, 昭和62年度公共用水域水質測定結果, (1987).
- 8) 建設省河川局, 昭和62年流量年表, 318 pp., (1989).

太田川河口域の水質変動特性に関する研究(第2報)

— 栄養塩類の挙動と負荷量について —

中 富 文 雄

(1990年4月1日受理)

Studies on the Fluctuation Characteristics of Water Quality in the Estuary of Ohta River. II.

— Behavior and Load of Nutrients —

Fumio NAKATOMI

In Ohta River estuary area, the behavior and load of nutrients are investigated.

Dissolved inorganic nutrients which are supplied by Ohta River, are removed from the surface water through the two processes, mixing and biological uptake. The removal ratio of mixing to biological uptake is estimated about 2:1. After they were mainly converted into particulate organic nutrients, they circulate in coastal nutrient cycle.

TN and TP loads of Ohta River into Hiroshima Bay are estimated 11.0 and 1.0 t/day respectively.

1. はじめに

前報¹⁾では、河口域に特徴的な水質変動特性として、水質環境因子(特に塩分)が、朝夕、河川水流量、水塊の混合状態に対応して変化すること、あるいは陸域から無機態栄養塩が供給さなると等を報告した。

このように水質環境因子が大きく変動するなかで、栄養塩類をはじめとして汚濁物質が物理的あるいは生物的に複雑な作用を受け形態が変化することが知られている²⁾³⁾。物理的な作用としては、希釈拡散、容存物質の粒子への吸着、粒子の凝集と沈降等があげられる。生物的な作用としては、容存物質の懸濁態化や無機化、無機態窒素の硝化あるいは脱窒による形態変化等があげられる。

そのため河口域の水質調査にあたっては、個々の水質環境因子の変動特性を知ると同時に、汚濁物質の種々の挙動あるいは形態変化等の把握も重要である。

また、河口域は流域の汚濁負荷が集中的に流入すると同時に、それらが沖合いに向かって拡散を開始する水域でもある。そのため、実測法によって流入汚濁負荷量を測定する場合、河口域は最も適した水域と考えられる。

ここでは河口域の栄養塩類の変動特性を述べた後、それをもとにして、植物プランクトンによる栄養塩類の形態変化について検討を行い、さらに太田川の栄養塩類の流入負荷量の推定を試みたので報告する。

2. 調査方法及び測定方法

調査地点、時期、水深は、前報の河口域の水質定点調査と同じであり、バンドーン採水器を用いて4層の多層採水を行った。調査項目と測定方法はTable Iに示す。塩分、DIN、PO₄-P、PON、POPは前報に従って測定した。

3. 結果及び考察

3.1 塩分、S. S及びChl. aの変動特性

河口域における汚濁物質の変動特性の指標として、塩分、懸濁物質(S. S)、Chlorophyll a (Chl. a)を取り上げ、それらの年間平均値がSt. 1からの距離に対してどのように変化するかを示す(Fig. 1)。

塩分は、St. 1の0m層で最低を示し移動距離に対応して増加したが、1m以深では測点による違いがほとんどなかった。このことは、表層部の低塩分水塊と1m層以深の高塩分水塊が、密度差により二層構造をなしており、密度成層上を低塩分水が広範囲に水平拡散した後、海水系水塊と鉛直混合していく状態を示している。

S. Sの分布は、塩分とは対応していなかった。層別の分布形は類似しており、St. 1で最高を示し4まで急激に減少した後、変化しないというパターンを示した。ま

Table I. Analytical method

Measured item	Analytical method	Instrument
TN	PON+DTN	Yanagimoto co. model TN-7
TP	POP+DTP	
DTN*		Technicon co. Autoanalyzer II
DTP*	Persulfate digestion and Molybdenum blue method	
DON	DTN-DIN	
DOP	DTP-PO ₄ -P	
S. S	Dry at 110°C for 2 hrs ⁴⁾	
Chl. a	Acetone extract and colorimetry ⁵⁾	

TN = total nitrogen, TP = total phosphorus, DTN = dissolved total nitrogen, DTP = dissolved total phosphorus, DON = dissolved organic nitrogen, DOP = dissolved organic phosphorus, S. S = suspended solid, Chl. a = Chlorophyll a.

* : Water samples were filtered through Whatman GF/C (pore size : 1.2 μm). The filtrate was used for determination of DTN and DTP.

た、B-1m層のS.SはSt. 2, 3では中層より高く、4, 5では全層中最高となった。これらのことは、陸域由来の土砂粒子や懸濁物の混合拡散以外に、海域での速やかな沈降、あるいは水深が浅いため巻き上げによる底層からの供給等も同時に起こっているものと考えられる。

Chl. aは、0m層では塩分と同じパターンで推移した。しかし、1m以深の分布は塩分と対応していなかった。即ち、1m層が全層中の最高を示し (St. 5を除く)、層別では深度に従って低くなるとか、B-1m層を除きSt. 2~4で高く5で低くなるという特徴が認められた。これらの分布は、Chl. aが陸域あるいは海域から供給される単なる物理的な混合拡散をしているというだけでは説明できない。河口外 (St. 2~4) の表層部では、無機態栄養塩の補給という好適な条件に恵まれ植物プランクトンが増殖し、主に密度躍層上に分布している。ついでそれらは沖合いに向かって拡散すると同時に、河口域に沈降しているものと推察される。

塩分、S. S、Chl. aの分布はそれぞれ異なる特徴を持っており、河口域で起こる汚濁物質の変動特性をよく表わしていると考えられる。即ち、陸域及び底層からの汚濁物質の供給、ついでそれらの混合拡散、沈降あるいは主に植物プランクトンの働きによる形態変化等が、同時進行している状態が伺える。

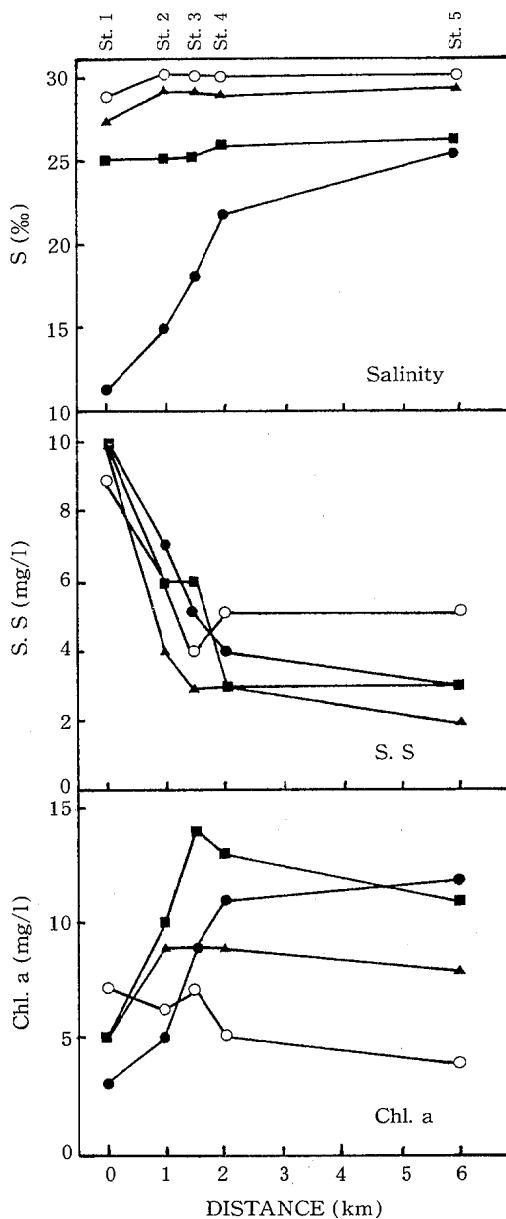


Fig. 1. Longitudinal changes of Salinity, S. S and Chl. a (the yearly averaged value) at a depth of 0 m (●), 1 m (■), middle (▲) and B-1 m (○) layer.

3.2 形態別栄養塩の変動特性

形態別N, P (年間平均値)の、St. 1からの距離に対応した変化をFig. 2 (左列: N, 右列: P)に示す。ついでそれらについて3.1で取り上げた3項目の挙動との類似性について述べるとともに、各々の変動特性につい

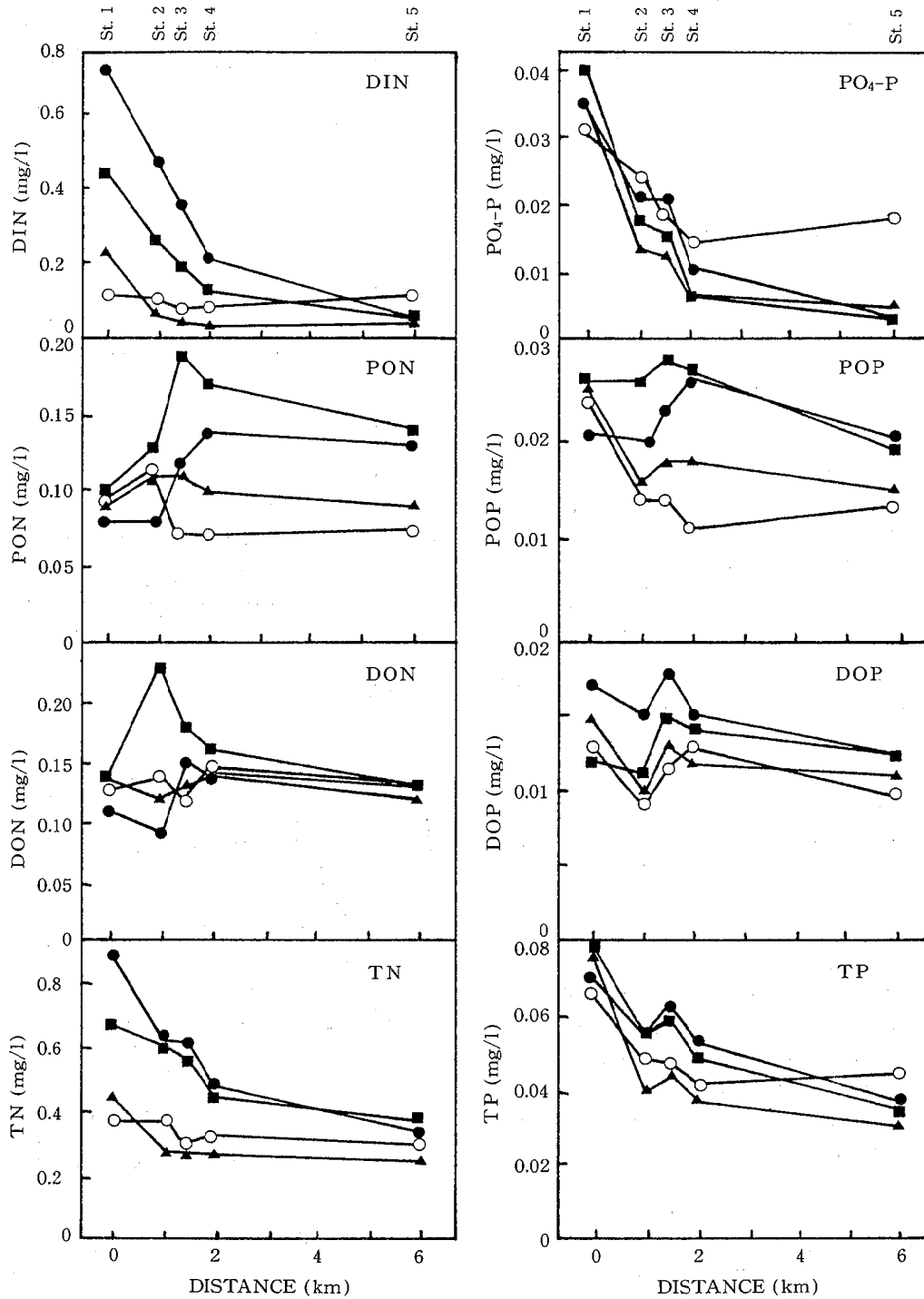


Fig. 2. Longitudinal changes of nutrients (the yearly averaged value) at a depth of 0 m (●), 1 m (■), middle (▲) and B-1 m (○) layer.

て検討を行った。

3.2.1 DIN及びPO₄-Pの変動特性

DINの分布は塩分と逆のパターンを示した。即ち、0m~中層まではSt.1からの距離に従って減少し、鉛直的には深度に従って低下した。しかし、B-1m層のDINは、中層より高く(St.1を除く)、St.5では全層中最高となった。これらのことは、DINが主として陸域から供給され混合拡散すると同時に、底泥からの溶出により水中に回帰していることを示唆している。

PO₄-Pの分布はDINと少し異なっており、層による濃度の違いがほとんどなく、St.1~4にかけて急激に減少する等S.Sの分布に類似していた。また、B-1m層はSt.2, 4, 5で全層中最高濃度を示した。これらのことからPO₄-PもDIN同様、陸域及び底泥からの溶出によって供給されている状態が推察された。

しかしB-1m層でのDINとの比較から、PO₄-Pの方が、陸域からの供給量に対して底泥からの供給量が大いものと考えられる。

つぎに、St.3の形態別N,P濃度(年間平均値)の鉛直分布を示す(Fig.3)。DIN, PO₄-Pは中層で低く、表層と底層で高くなっており、陸域及び底泥から供給されている状態が認められた。

3.2.2 POM(PON及びPOP)の変動特性

POMの分布形は、塩分ではなくChl. aによく類似していた(Fig.1, 2)。

つぎにPOMとChl. aのいずれも高かったSt.1~4の表層(0, 1m層)における、両者の関係を月別に示す(Fig.4)。5, 7, 10月は、両者の間に正の相関関係が

認められた。それに対して、2月は両者とも全測点で低く、Nでは回帰直線の切片付近に、Pではそれよりやや低いところに分布した。これは日射量及び水温の季節変化に対応しているものと考えられる。このようにPOMの分布には、植物プランクトンの挙動が直接反映していることがわかった。

Chl. aが0となる各回帰直線のy切片は、PON 0.03~0.06mg/l, POP 0.01~0.03mg/lであったが、これらは植物プランクトン以外に由来するPOMの濃度を表わしているものと考えられる。

3.2.3 DOM(DON及びDOP)の変動特性

DOMの分布は層による違いが小さく、表層(0, 1m層)のSt.2あるいは3で高くなる傾向がみられた(Fig.2)。0, 1m層のDONは、St.1で低く2~4の間で少し高くなった後5に向かって減少していく傾向がみられ、Chl. aの分布(Fig.1)に類似していた。一方DOPは、St.1で高く、3を除くと沖合いに向けて徐々に低下した。

DOMは主として植物プランクトンの排泄と分解により供給されるが、沿岸域では陸からの寄与もかなり大きいといわれている⁶⁾。ここで得られた結果から、DONでは、主に植物プランクトンの排泄と分解による影響が大きいものに対して、DOPでは両方の影響が現われているものと推察される。

3.2.4 TN及びTPの変動特性

TN, TPの挙動は、DIN, PO₄-Pのそれとほぼ同じであり、St.1から沖合いに向けて減少した(Fig.2)。これは、Nの場合はPOM, DOMに比較してDINの占

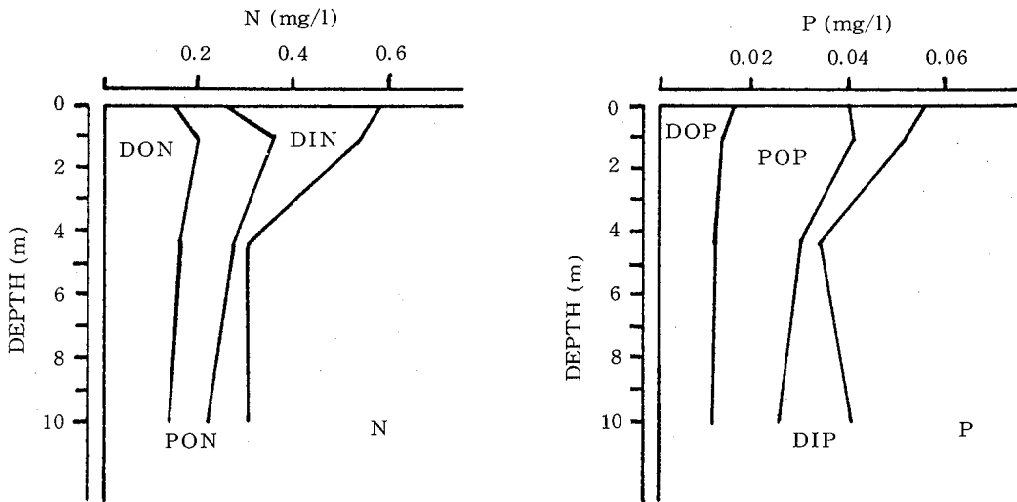


Fig. 3. Vertical profiles of nutrients (the yearly averaged value) at St. 3.

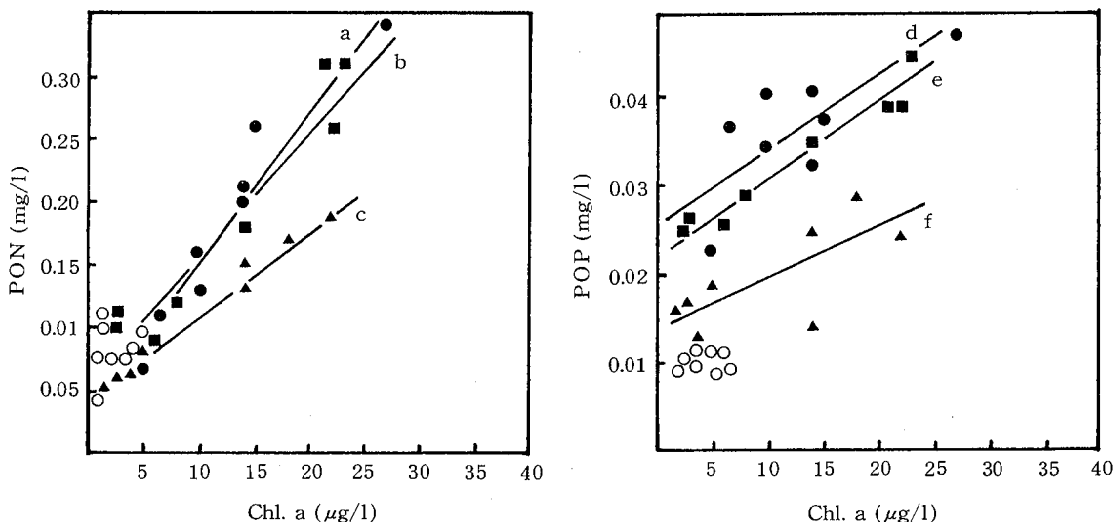


Fig. 4. Relation between surface (0 m and 1 m layer) Chlorophyll a and POM (PON, POP) at St. 1, 2, 3 and 4. ●: 26. May, ■: 24. July, ▲: 21. October, ○: 16. February. Regression lines are drawn for the equations:
 (a) $(PON) = 0.012(Chl. a) + 0.031, r = 0.97, p < 0.01$ (May),
 (b) $(PON) = 0.010(Chl. a) + 0.056, r = 0.96, p < 0.01$ (July),
 (c) $(PON) = 0.007(Chl. a) + 0.041, r = 0.99, p < 0.01$ (October),
 (d) $(POP) = 0.0008(Chl. a) + 0.027, r = 0.76, p = 0.05$ (May),
 (e) $(POP) = 0.0008(Chl. a) + 0.023, r = 0.97, p < 0.01$ (July),
 (f) $(POP) = 0.0005(Chl. a) + 0.014, r = 0.70, p = 0.10$ (October).

める比率が大きいため、Pの場合はPOP, DOPの変化が PO_4-P に比較して小さいことに起因している。Fig. 5に0 m層の形態別N, P濃度(年間平均値)の測点による変化を示すが、この図からもその様子がよくわかる。

つぎに、St. 1と5とで0 m層の形態別N, P濃度(年間平均値)を比較した(Table II)。TN, TPの濃度比が約1/3~1/2に対して、DIN, PO_4-P では約1/10と、DIN, PO_4-P の方が減少割合が大きかった。このことから、河口域を通過し沿岸域に達するまでの間において、無機態栄養塩は物理的希釈混合以外に、植物プランクトンの消費等によっても減少していくものと推察される。

St. 1と5で、TN, TP中に占める形態別N, Pの組成割合(年間平均値)について比較を行った(Table III)。St. 1では、DIN, PO_4-P 50~80%、POM 10~30%の組成であったのに対して、St. 5では、前者10~20%、後者50%と、無機態と懸濁態栄養塩との間で組成割合が逆転していた。このように淡水系水塊と共に河口域に流入した無機態栄養塩は、混合拡散の過程で主としてPOMに形態変化して沿岸域に達し、内部生産の物質循環サイクルにはいって行く様子が伺われた。

0, 1 m層では、TN, TP, DIN, PO_4-P , POM濃

度に測点による違いがみられたが、中層以深では違いは少なかった(Fig. 2)。これは、河口域の水深が浅いため潮流あるいは風等により水塊の混合が活発であり、栄養塩類も短期間の内に混合されるためと考えられる。

3.3 栄養塩類の形態変化

3.2で栄養塩類の深度、測点別変動特性を検討することにより、植物プランクトンの関与により、栄養塩類の形態変化が起こっている様子が伺われた。ここでは、栄養塩類と塩分との関係から、希釈混合により減少するものの影響を取り除いて、栄養塩類の形態変化について検討を行った。

まず、実測塩分値をa%, 標準海水の塩分値を35%とし、各測点における海水の淡水濃度(C%)を、式 $(1 - a/35) \times 100$ により求めた。つぎに表層水(0 m層)中において、月別に淡水と栄養塩類のSt. 1に対する2~4の濃度比を求め、年間の全結果をプロットした(Fig. 6)。図中の添字0は、St. 1の濃度を表す。また、破線は、淡水及び栄養塩類の濃度比が1の点と原点を通過しており、塩分と栄養塩類の希釈混合率が同じであれば、各点はこの上に乗るはずである。この破線は以後混合直線

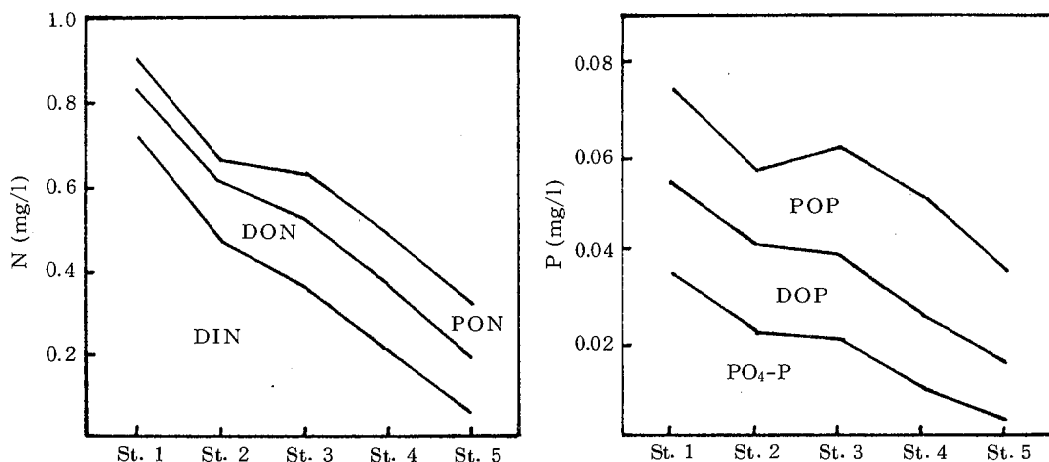


Fig. 5. Longitudinal changes of nutrients (the yearly averaged value) at a depth of 0 m layer.

Table II. Surface concentration of nutrients (the yearly averaged value) at St. 1 and 5.

	TN	DIN	PON	DON	TP	PO ₄ -P	POP	DOP
mg/l								
a) St. 1	0.91	0.72	0.08	0.11	0.075	0.035	0.023	0.017
b) St. 5	0.31	0.06	0.13	0.12	0.036	0.004	0.020	0.012
(b/a)×100 (%)	34	8	163	109	48	11	87	71

Table III. Surface percentage (%) of dissolved inorganic nutrients, POM and DOM in TN or TP (the yearly averaged value) at St. 1 and 5.

	DIN	PON	DON	PO ₄ -P	POP	DOP
St. 1	79	9	12	47	29	24
St. 5	19	42	39	11	56	33

という。

まずTN, TPでみた場合、各点はほぼ混合直線を中心に分布し保存性の挙動をした。それに対して、DIN, PO₄-Pでは、各点は主に混合直線より下に分布し、混合拡散以外の要因で消費されている様子が見受けられたが、POMでは逆に混合直線より上に分布し、混合過程で増加していることが観察された。これらの結果から、陸域から河口域へ流入したDIN, PO₄-Pは、希釈混合以外にPOMへの形態変化によって減少することがわかる。3.2.2では、表層水中のPOMの挙動はChl. aとよ

く類似しており、両者の間には正の相関関係があることを指摘したが、これらを考え合わせると、DIN, PO₄-Pの急激な減少は、植物プランクトンの取り込みによるPOMへの形態変化がかなりの比率を占めているといえる。

つぎに、St. 1と4の0m層の年間平均した淡水と、DIN, PO₄-P濃度から (Table IV), 河口域に流入したDIN, PO₄-Pのうち、希釈混合により減少する量と、植物プランクトンにより消費される量との比率の推定を試みた。

河口域を通過する間に、淡水濃度は45%減少しており、これが希釈混合によって減少した割合を示している。それに対して、DIN, PO₄-Pは約70%減少しており、これから45%を差し引いた残りの25%が、植物プランクトンにより消費された割合となる。これらのことから、河口域に流入したDIN, PO₄-Pは、希釈混合及び植物プランクトンの消費により減少していくが、両者の比率は約2対1であることがわかった。

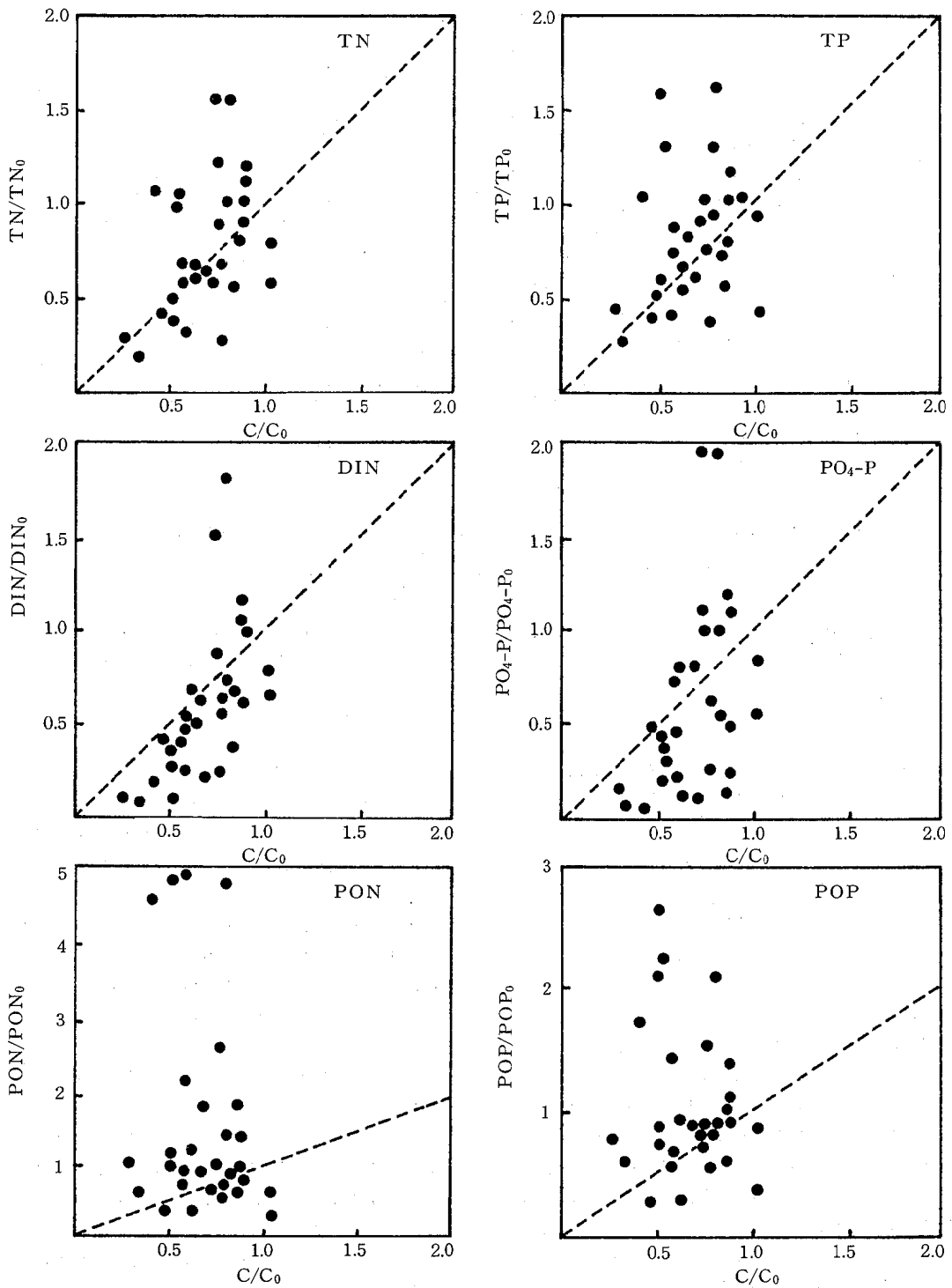


Fig. 6. Relation between surface fresh water concentration (C) and nutrients from May 1987 to March 1988. Each values represent the ratios of St. 2, 3 and 4 to St. 1.

Table IV. Removal of dissolved inorganic nutrients loading in estuary of Ohta River.

	Fresh water conc.	DIN	PO ₄ -P
	%	mg/l	mg/l
a) St. 1	67	0.72	0.035
b) St. 4	37	0.21	0.011
(1-b/a)×100 (%)	45 ^{c)}	71 ^{d)}	69 ^{d)}
d-c (%)		26	24

3.4 栄養塩類の負荷量

各測点について、塩分、TN、TPの全層の年間平均値を求め、塩分とTN、TPとの関係(Fig. 7)から、TN、TPの流入負荷量の推定を試みた。

年間鉛直平均した塩分とTN、TPとは、それぞれ負の直線関係となり相関係数も高く(-0.99, -0.94)、TN、TPが陸域から供給されていることがわかる。各回帰直線の塩分0%に対応するTN、TP濃度即ちx切片から、広島湾海中のバックグラウンド濃度を差し引けば、広島湾に流入する河川水中のTN、TPの平均的な濃度が推定できる。各y切片は、TN 1.81mg/l、TP 0.167mg/lであった。また、TN、TPのバックグラウンド値としては、年間を通じ安定してきれいな水質を示す宮島沖の常時監視地点の値(昭和62年度の年間鉛直平均値)⁷⁾を用いた。これによると、TN 0.21mg/l、TP 0.020mg/lであった。これらの結果から、河川水中の平均濃度として、

Table V. Comparison of estimated nutrients load between two methods.

	This study	Calculated load*
	t/day	
TN	11.0	9.50
TP	1.0	0.97

*: Estimated with basic units of residential, industrial and agricultural pollutant loadings.

TN 1.60 mg/l、TP 0.147 mg/l が得られた。しかし、これらの値は、平常時の太田川戸坂浄水場付近の、TN 0.6 mg/l、TP 0.03 mg/l⁸⁾と比較すると約3~5倍高い。この実測値と推定値のギャップは、戸坂浄水場より下流にある広島市街からの生活系、産業系排水の流入負荷によるものと推察される。

つぎにこの様にして求めた太田川の平均的TN、TP濃度と、調査当日と前日の太田川の日平均流量(矢口第一観測所の測定値)の平均値⁹⁾を年間平均した流量(79.5 m³/sec)を掛け合わせるにより、TN、TPの負荷量を推定し、原単位法¹⁰⁾によるものと比較を行った(Table V)。本調査から推定された負荷量は、原単位法に比較して、TN 16%、TP 3%の過大評価であった。

4. まとめ

河口域において水質調査を行った。その結果をまとめるとつぎのとおりである。

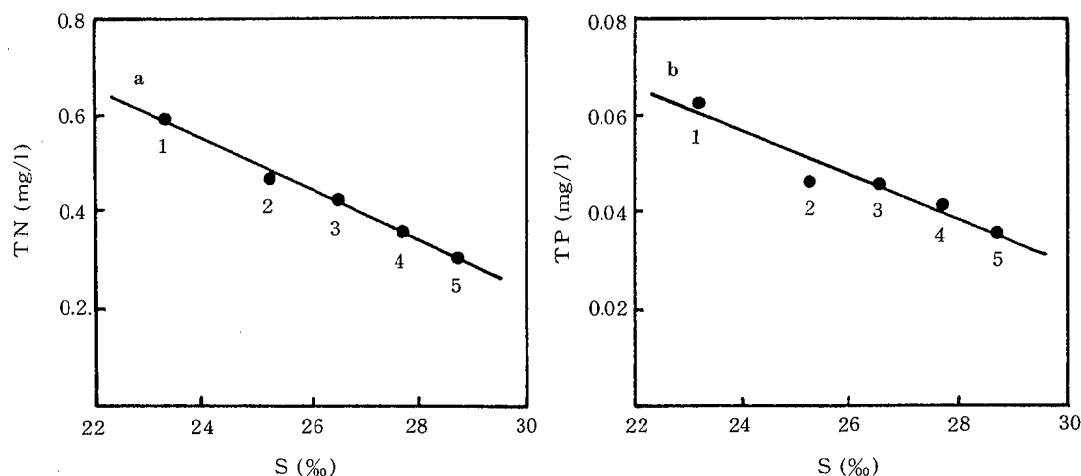


Fig. 7. Relation between nutrients (TN, TP) and salinity (the yearly averaged vertical mean value) at St. 1 to 5. Regression lines are drawn for the equations: (a) (TN) = -0.052(S) + 1.81, $r = -0.99$, (b) (TP) = -0.0046(S) + 0.167, $r = -0.94$.

- 1) 河口域では無機態栄養塩は、陸域からの流入と底泥からの溶出の二つの経路で供給される。
 - 2) 河口域に流入した無機態栄養塩は、海域に入ると植物プランクトンの作用により速やかに懸濁態に形態変化した後、沖合と下層とに向かって拡散していき内部生産の物質循環サイクルに入っていく。
 - 3) 河口域に流入した無機態栄養塩は、主として希釈混合及び植物プランクトンの消費により減少していくが、両者の比率は約2対1と推定された。
 - 4) 太田川から広島湾への栄養塩流入負荷量は、TN 11.0 t/day, TP 1.0 t/dayと推定された。
- 最後に、一部の太田川日平均流量を御教示いただいた、建設省中国地方建設局太田川工事事務所の皆様に深謝します。

参考文献

- 1) 中富文雄, 広島県環境センター研究報告, 投稿中。
- 2) 日本水産学会編, 水産学シリーズ 30, 水域の自浄作用と浄化, 恒星社厚生閣, 23 pp. (1979)。
- 3) 湯浅一郎, 上嶋英樹, 宝田盛康, 橋本英資, 中国工業技術試験所報告, 31, 23 pp. (1988)。
- 4) 日本規格協会, JIS K 0102-1986 工場排水試験方法, 30 pp. (1986)。
- 5) 西條八束, 陸水学雑誌, 36, 103 pp. (1975)。
- 6) 黒木敏郎編, 新水産学全集, 海洋環境測定, 恒星社厚生閣, 100 pp. (1982)。
- 7) 広島県環境センター, 昭和62年度公共用水域水質測定結果, (1987)。
- 8) 橋本敏子, 井澤博文, 中富文雄, 第22回水質汚濁学会講演要旨集, 37 pp. (1988)。
- 9) 建設省河川局編, 昭和62年流量年表, 318 pp. (1989)。
- 10) 広島湾栄養塩収支挙動調査検討協議会, 広島湾栄養塩収支挙動調査報告書, 9 pp. (1982)。

編集委員会

委員長

山田 從麿

委員

瀬戸 信也 岡本 拓
宇津 正樹 桜井 潔
松下 数男

広島県環境センター研究報告

第11号

登録番号6, 発行年1991

発行日 平成3年12月1日
発行者 広島県環境センター
 〒734 広島市南区皆実町一丁目6-29
 ☎ (082) 255-7131
印刷所 電子印刷株式会社
 〒730 広島市中区堺町一丁目1-5
 ☎ (082) 232-3770

