

平成15年度
竜串地区自然再生推進計画調査
(流域調査) 報告書

平成16年3月
環境省自然保護局山陽四国自然保護事務所

目次

1 . 本調査の背景・目的と調査項目	1
1 - 1 . 目的・背景	1
1 - 2 . 管理方針検討調査の概要	4
1 - 3 . 自然再生推進計画調査について	7
2 . 竜串湾に流入する河川からの負荷の把握	15
2 - 1 . 流域土地利用の現況と変化の把握	15
2 - 2 . 土砂流入量の推定	45
2 - 3 . 湾内への流出土砂の拡散状況	47
2 - 4 . 流入河川の水質の把握	50
3 . 自然再生事業の検討に必要な情報の収集・整理	73
3 - 1 . サング群集再生に関する既存事例・情報の収集・整理	73
3 - 2 . 自然公園等における利用と サング群集の状況に関する情報の収集・整理	79
3 - 3 . 高知県および土佐清水市の漁業利用の状況と変化の把握	83
3 - 4 . 湾内堆積土砂の処理に関する情報の収集・整理	105
3 - 5 . 流域における森林と土砂流出に関する情報の収集・整理	111
4 . 技術支援委員会の設置と開催	113
4 - 1 . 委員会設置要領	113
4 - 2 . 平成15年度第1回竜串自然再生技術支援委員会	115
4 - 3 . 平成15年度第2回竜串自然再生技術支援委員会	120
4 - 4 . 平成15年度第3回竜串自然再生技術支援委員会	134

1. 調査の目的・背景と調査項目

1 - 1 . 目的・背景

四国南部に位置する高知県土佐清水市の竜串海中公園地区は昭和 45 年の足摺国立公園時代に我が国最初の海中公園地区のひとつとして指定され（昭和 47 年足摺宇和海国立公園として昇格）、1~4 号地の 4 地区からなる（図 1-1）。イシサンゴ類をはじめ多くの海中生物が生息し、特に 4 号地のシコロサンゴ群集は見事な海中景観であり、学術的にも評価が高く、その周辺をグラスボート、スキューバダイビング、スノーケル等海洋レジャーの拠点として、多くの利用者が訪れていた。

しかしながら、近年、一部地域においてはサンゴが死滅するなど著しいサンゴ群集の衰退現象が見られるようになった（表 1 - 1）。特に 2・3 号地ではサンゴを食害するオニヒトデ、ヒメシロレイシガイダマシ等の大発生により壊滅的な被害をうけ、さらに平成 13 年 9 月には高知県西南地域で局地的な集中豪雨が発生し、上流域から大量の泥土等が竜串湾内に流れ込み、サンゴ群集や海中生物等に大きな影響を与えた。

このような劣化した生態系を回復させるための有効な方策を検討することは、当該地域の自然が健全な状態で次の世代に継承され、自然と共生する社会を実現するために非常に重要であることから、環境省では、サンゴ群集衰退の原因究明等の保護対策を検討するとともに、隣接する竜串集団施設地区の陸域利用のあり方を検討すべく、平成 13・14 年度の 2 ヶ年をかけて「足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査」を実施した。本調査で、サンゴ群集衰退の幾つかの要因は考えられたものの、的確な原因を究明するに至らなかった。しかし、上流域から竜串湾に流入する土砂、生活排水等がサンゴ群集の衰退に大きく関係していると考えられた。

そこで、平成 15 年度から自然再生推進計画調査を実施し、竜串湾を取り巻く流域の状況と、湾内のサンゴ群集の関係を明らかにし、その衰退の原因を究明するとともに、自然再生事業の実施に向けて手法や対策等を検討するための基礎資料の充実を図ることとした。

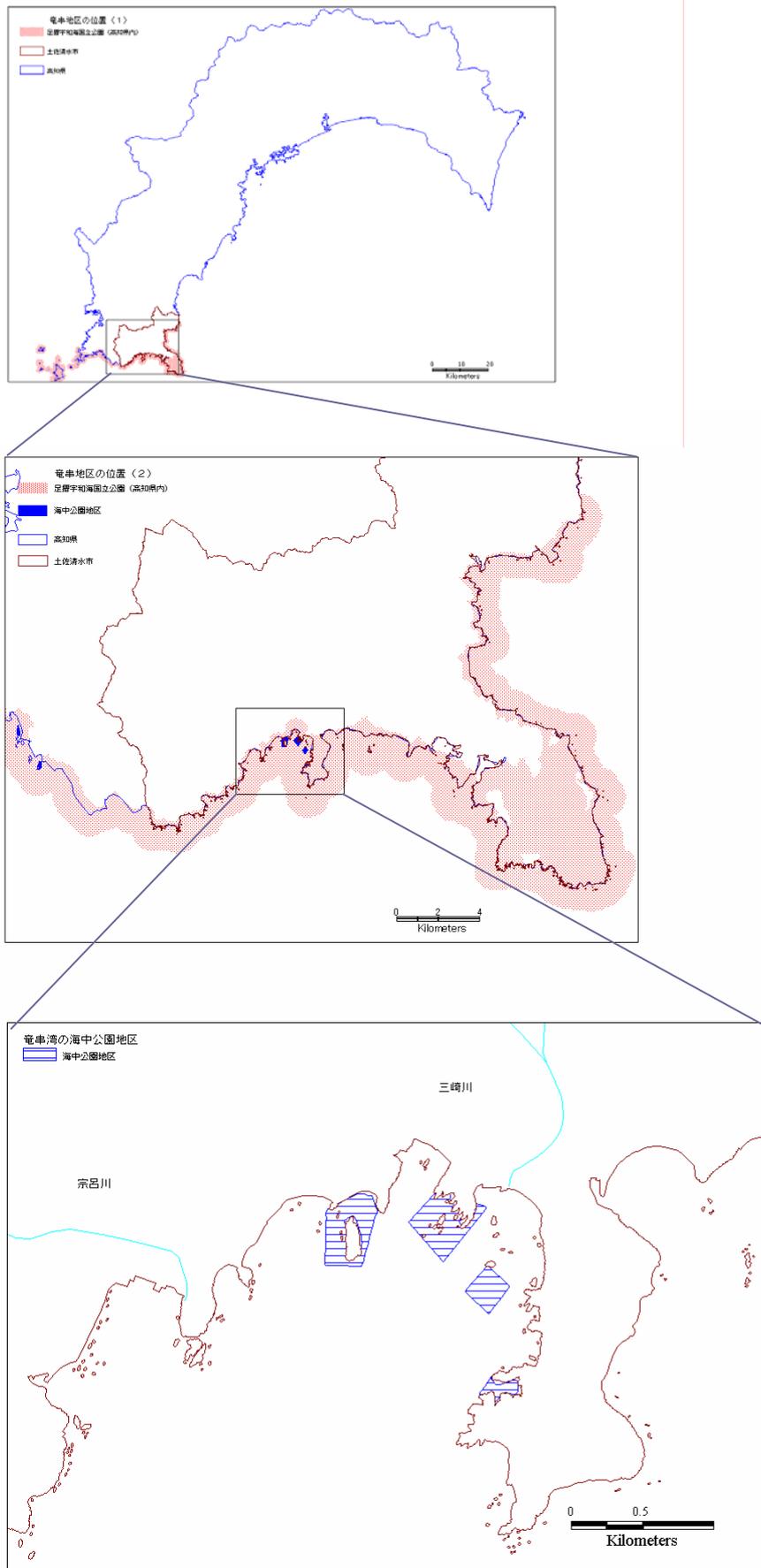


図 1 - 1 高知県土佐清水市竜串海中公園地区の位置

表1 - 1 . 昭和45年以降の竜串地区の背景

昭和45年7月1日	我が国最初の海中公園地区のひとつに指定（足摺国定公園時代）
昭和47年1月	足摺海底館（海中展望塔）オープン
昭和47年11月10日	足摺宇和海国立公園指定（国定公園からの昇格）
昭和49年	オニヒトデ駆除事業を開始
昭和56・57年	環境省・高知県・土佐清水市の3者によるオニヒトデの駆除を実施
平成元年頃より	サンゴ群集の衰退が顕著となる（海中公園地区3号地のサンゴ群集被害）
平成4年より	オニヒトデの駆除に合わせてヒメシロレイシガイダマシの駆除を実施
平成7年頃より	海中公園地区2号地のサンゴ群集が衰退
平成12年	竜串観光振興会がサンゴ移植を実施 高知県が環境省にサンゴ群集の衰退の原因究明のための調査を要望
平成13年8月	環境省が管理方針検討調査を実施（平成13・14年度）
平成13年9月	高知県西南豪雨により湾内のサンゴ群集が大量死滅
平成14年2月	環境省グリーンワーカー事業により海中公園地区4号地（シコロサンゴ）の泥土除去（バキュームによる吸取）を実施
平成14年7月	高知県が竜串海中公園地区サンゴ群集再生対策調査を実施
平成14年11月	自然再生事業の実施に向けて関係行政機関、地域住民等との調整会議を開始
平成15年1月1日	自然再生推進法施行

1 - 2 . 管理方針検討調査の概要

環境省では、平成 13・14 年度の 2 ヶ年をかけて「足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査」を実施し、平成 15 年 3 月にとりまとめを行った。本調査の背景・目的・調査概要等は以下のとおりである。

1 . 背景と目的

竜串海中公園地区は昭和 45 年、我が国最初に指定された海中公園地区のひとつであるが、竜串海中公園地区以外の海域においては、全般的にサンゴ群集は拡大傾向にあるにもかかわらず、平成元年ごろより竜串海中公園地区においてサンゴ群集の衰退現象（一部地域では死滅）が発生し、海中公園地区 2 号地および 3 号地のサンゴ群集が衰退しはじめた。加えて、竜串海中公園地区の陸域は集団施設地区に位置付けられ、足摺宇和海国立公園の主要な利用拠点として総合的に利用施設が整備されてきたが、近年、利用者数は著しく減少している。これらのことから、竜串海中公園地区の陸域・海域をひとつの地区として、保護及び利用の両面から総合的に調査する必要性が大きいと考え、以下の 5 項目を目的として、平成 13・14 年度に「足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査」を実施した。

- (1) 竜串集団施設地区の利用実態の明確化
- (2) 海中公園地区及びその周辺海域における利用実態及びサンゴ分布状況確認
- (3) 海中公園地区の拡張を含めた保護及び適正な利用のあり方の検討
- (4) 集団施設地区の機能の充実を図るための調査、検討
- (5) 公園計画及び管理計画の策定等に反映

しかしながら、調査実施中の平成 13 年 9 月に、高知県西南集中豪雨が発生し、竜串海中公園地区陸域の上流域の三崎川、宗呂川等から大量の泥土が竜串湾内に流入し、多くのサンゴが死滅する事態が発生した。そのため、管理方針検討調査の内容全面見直しを行い、調査内容を豪雨被害のモニタリングを主体としたものに再構成した。

高知県西南集中豪雨によって湾内に流入した土砂のうち、海中公園地区 4 号地の土砂が、平成 14 年 2 月にグリーンワーカー事業によって面積 4,400m²、体積 370m³にわたって除去された。さらに、高知県が竜串海中公園地区サンゴ群集再生対策調査を実施し、平成 14 年 9 月に報告書を取りまとめている。

2 . 調査概要

(1) 竜串集団施設地区の現況

自然環境及び自然資源

利用形態・利用者数等実態

利用施設等整備状況

(2) 海中公園地区及び周辺海域の造礁サンゴ類分布状況と生息環境

調査海域の海底地形調査

サンゴ類等分布調査

環境調査 調査対象(浮遊懸濁物、堆積物、水質)

文献調査

考察

- a. 海底地形、サンゴ分布域、底性生物、水害による土砂の堆積状況の変化、竜串湾内の水質、水害被害等のとりまとめ
- b. 水害以前からのサンゴの衰退について
- c. サンゴ高被度域の保護・利用について

(3) 竜串集団施設地区の管理方針

竜串集団施設地区の特色と課題

竜串集団施設地区の管理方針

3. 自然再生事業への移行

管理方針検討調査によって、以下の6事項が明らかとなった。

- (1) 弁天島の西側、爪白海岸の地先には、卓状ミドリイシ類と枝状ミドリイシ類が優占する大規模なサンゴ分布域が存在している。
- (2) 海中公園地区2号地には小型の卓状ミドリイシを中心とした多様なサンゴ群集が観察されるが、衰退又は再生のいずれの途上かは判断困難である。
- (3) 集中豪雨により堆積した泥土が波浪等により舞い上がり、長期間にわたり海水を濁らせることがサンゴの生息環境を悪化させている。
- (4) サンゴ群集にオニヒトデ及びヒメシロレイシガイダマシによると思われる食害痕が見られ監視対策が重要である。
- (5) ヒエンダ川の河川水のBOD^{*1}、大腸菌数、界面活性剤等の値が非常に高く、水質がきわめて悪い。
- (6) 一過性が慢性的かについて検討が必要であるが、爪白から城ノ岬の海域のCOD^{*2}、リン酸数値が異常値を示している。

*1生物化学的酸素要求量(Biochemical Oxygen Demand)の略で、BOD酸化菌が水中有機物を酸化分解するときに消費する酸素量を示す。

*2化学的酸素要求量(Chemical Oxygen Demand)の略で、水中汚濁物質を酸化剤(過マンガン酸カリウム)で酸化するときに消費する酸素量を示す。

以上のように、管理方針検討調査により竜串湾内の現況及びサンゴ分布状況等は明確になったが、サンゴ群集衰退の原因の究明及びその対策等については、明確な答えを出すことはできなかった。そこで、これらサンゴ群集衰退の原因とその対策を解明するため、平成 15 年度から自然再生推進計画調査として、以下 3 項目の調査を実施し、自然再生事業を施行する方向性を位置付けることとした。

- (1) 管理方針検討調査及び高知県が実施した竜串海中公園地区サンゴ群集再生対策調査の結果を踏まえた、継続的なモニタリング調査
- (2) 管理方針検討調査では調査し切れなかった、潮流・波等の調査
- (3) サンゴ群集の衰退原因の更なる究明及びその対策方法の検討

1 - 3 . 自然再生推進計画調査について

1 . 自然再生推進計画調査の進め方

海中公園地区指定当時（昭和 45 年）の海中景観への再生復元を目指すため、竜串湾全流域を対象としたサンゴ群集の衰退原因の究明とサンゴ再生のための手法及び対策の確立を行う。調査を「 . 竜串湾の海域」、「 . 竜串湾の地域社会」、「 . 竜串湾に流入する河川の流域」の 3 つに大別し、それぞれ、現状の把握と原因として考えられる要素について検討を加えた。

「 . 竜串湾の海域」の現状として、 サンゴ群集の衰退、 サンゴの分布状況の変化、 海底への「泥」の堆積、 堆積土砂の移動・滞留、 水質の悪化、 が挙げられ、海中公園地区としての景観の悪化を招いている。これらの原因として、 海流等の変化による海況の変化、 温暖化によるサンゴ生育条件の変化、 流入河川流域の環境条件の変化、 例外的水害による土砂流入、 が考えられる。

「 . 竜串湾の地域社会」の現状として、 サンゴ群集の衰退による自然との触れ合い資源の劣化、 触れ合いニーズと地域の資源・施設との乖離が挙げられ、国立公園集団施設地区としての魅力の低下が生じている。これらの原因として、竜串湾での「自然との触れ合い」の面では サンゴ群集の衰退、 （従来型ではない）能動型の自然との触れ合いへの需要、の 2 点が、観光地一般の状況として 日本経済の後退、 一般的な海外観光への指向、の 2 点があげられる。サンゴ群集の劣化をもたらした社会的な要因としては、 農薬・中性洗剤等の普及、 が原因の一つとして考えられる。

「 . 竜串湾に流入する河川の流域」として、 流域からの土砂流入、特に水害時の大量流入、 汚染物質の流入が挙げられ、 . と同様に海中公園地区としての景観の悪化を招いている。これらの原因として、 国産材価低迷による、間伐等育林作業の後退、 河川改修・減反による水田の畑地化、 農薬・中性洗剤の普及、 例外的な水害による上流での崩壊、などが考えられる。

そこで、「流域の適正な土地管理等による流入負荷の軽減」や「地域の竜串湾との“共生”」、「竜串湾の海中景観の再生と効果的な触れ合い」、「サンゴ群集の回復とその健全性の維持」、「自然との触れ合いの活性化」を自然再生で目指す竜串地区の姿として捕らえ、「 . 竜串湾の海域」、「 . 竜串湾の地域社会」、「 . 竜串湾に流入する河川の流域」における、現状に対する課題の施策案を以下のように 9 つ設定し、それぞれの施策の実施に必要な情報を得るための調査項目を検討した（表 1 - 2、1 - 3）。

- (1) 堆積土砂の除去
- (2) サンゴ幼生の着生促進
- (3) 海中公園地区新規指定
- (4) 流入河川からの負荷を増やさない土地管理・河川管理の追及

- (5) 間伐など土地管理への多様な主体の参画の追及
- (6) 劣化した生態系の回復状況のモニタリング手法の設定および体制の設立
- (7) 自然とのふれあい資源の有効利用、エコ・ツーリズムの推進
- (8) 地域として、竜串湾との共生のあり方の追求
- (9) 「自然再生事業」を通じた多様な主体のネットワーキング

2. 竜串地区自然再生推進計画調査項目と内容

これらの施策を行うための、調査項目を以下のように具体的に設けた。

- (1) 竜串湾の土砂流入負荷の推定
- (2) 竜串湾の海況の把握
 - 底質，土砂堆積状況
 - a. 湾内の底質及び土砂堆積現況を図化する（管理方針検討調査の補足）
 - b. 堆積土砂の由来、性状（粒径分布，密度，成分など）周辺水質を把握する
 - c. 湾底の土砂堆積量を推定する
 - d. 土砂の堆積状況を経時的に把握する（セディメントトラップ調査，年間堆積量の推定）
 - 水質悪化の影響の反映と考えられる湾内の状況の把握
 - a. 影響範囲と考えられる湾内の底生生物相調査による水質悪化状況を把握する
 - b. 格子状に設定した測点で水深別塩分濃度を測定し、陸水の影響範囲を特定する
 - 湾内の海水の移動状況
 - a. 湾内の潮流を（季節別に）把握する（管理方針検討調査の補足、シミュレーション調査など）
 - b. 潮流と上記堆積土砂の移動との関係を把握する
 - 湾内の濁度と堆積泥の性質の把握
 - a. 台風や大雨・強風などのイベント時における、湾内の濁度の分散状況を空中写真撮影を行い把握する
 - b. 各気象状態での湾内の濁度の面的な分布を把握する（複数点で経時計測して広がり把握する）
 - c. 流入河川の流況と濁度の関係を把握する
 - d. 泥が堆積した地点周辺の溶存酸素量の鉛直分布を測定し、堆積泥による無酸素化の状況を把握する
 - e. 堆積泥の成分分析を行い、周辺生物に対する影響を予測する
- (3) 竜串湾及び周辺のサンゴ群集の現況の把握
 - 竜串湾内のサンゴの分布の現況と変化の把握
 - a. 湾内のサンゴの分布とその変化を図化する（管理方針検討調査の補足）

b . サンゴの被度の現況を図化する（管理方針検討調査の補足）

周辺海域のサンゴ分布の把握

a . 竜串湾周辺海域のサンゴの分布を把握する

b . 竜串湾周辺海域のサンゴの被度の現況を把握する

サンゴ生息環境の把握

a . 既に移植されたサンゴの生息状況、新規加入状況の追跡調査（幼群体の分布調査、着生基盤による加入量調査）により、湾内各地域の生息環境としての好適度を把握する

サンゴの生理活性の把握

a . 繁殖状況・性成熟度をサンゴ分布に沿って把握する

b . 光合成活性をサンゴ分布に沿って把握する

水質・濁度の悪化に対するサンゴの生理的反応の把握

土砂被覆に対するサンゴの耐性の把握

a . 文献などにより、既存情報を収集する

（４）流入河川の水質悪化状況の把握

流域土地利用の現況と変化の把握

河川の流況の把握（三崎川、宗呂川、その他の小河川）

a . 国土交通省・高知県データなどにより、主要河川の水文学的特性を把握し、下記 とあわせ、湾内への土砂流入負荷を検討する

流入水の濁度・水質の把握

a . 河川からの流入水の濁度・水質を測定・把握し、竜串湾への土砂・汚染物質流入に対する影響を検討する

（５）利用についての課題の整理

漁業・自然との触れ合い（観光を含む）利用などの現況とその変化を把握する（管理方針検討調査の補足）

周辺触れ合い資源との関係を把握する

上記 及び を分析し、集団施設地区を含めた当海域の適正な利用を促進するための課題を抽出し、その対策方法を検討する

（６）再生事業へ向けての課題の整理

サンゴ移植に係る事例・情報の収集

公園等の利用形態・状況とサンゴ生育状況との関係に関する事例の収集

堆積土砂の除去に関する事例・情報の収集

モニタリング手法に関する事例・情報の収集

上記の情報の整理と、実施手法の検討

（７）土砂流出リスクの高い地域の推定

土地利用・地形によるリスク評価

水害による崩壊個所の確認

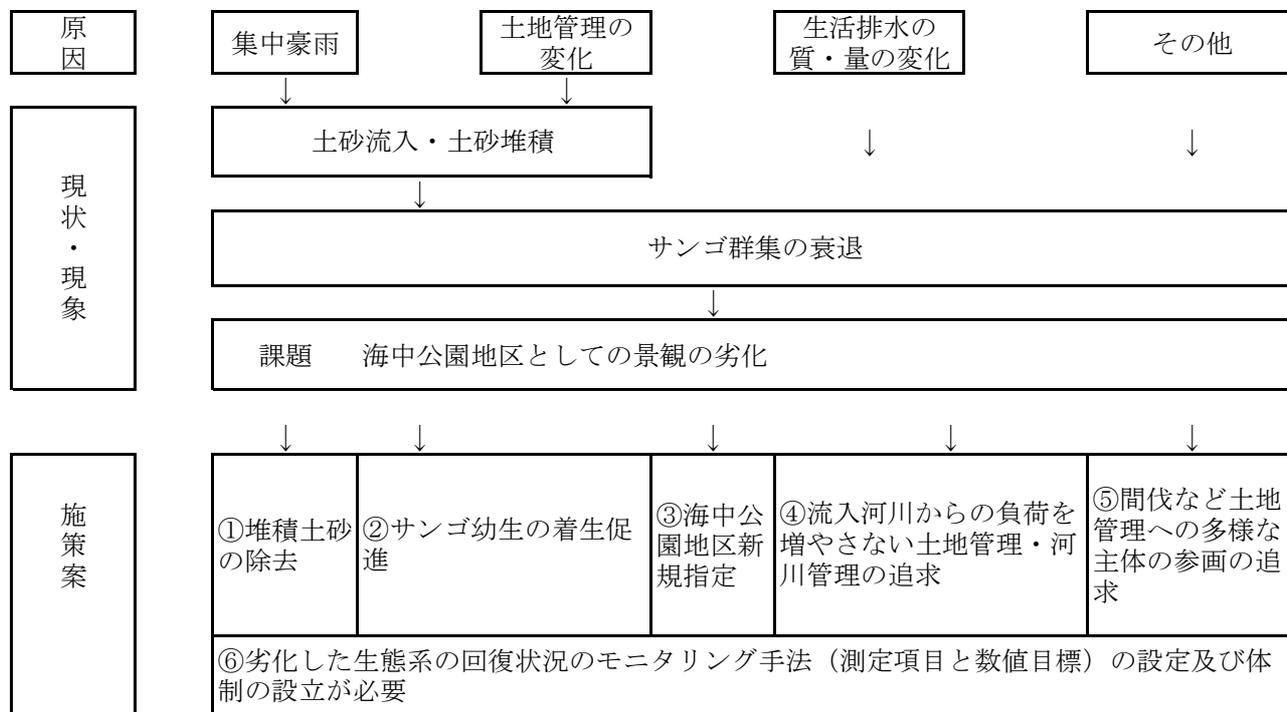
3. 調査等体制及びスケジュール

調査結果を受けて、それぞれの課題に対する対策への方向性を位置付け、流域の適正な土地管理等による流入負荷の軽減と、地域と竜串湾の共生を目指すため、平成 17 年度以降、関係行政機関や各団体等と共に、再生手法・管理手法の検討を行うこととする（表 1 - 4）。

同時に、平成 16 年度以降、竜串地区自然再生技術支援委員会（学識経験者）及び調整会議（行政機関、地域住民、NPO 等）のメンバーにより、『竜串湾自然再生協議会（仮称）』を設置し、自然再生事業の全体構想等の作成や事業分担（実施者）等の整理を行い、合意形成作業を経て、自然再生推進計画案の策定を行うこととする。

表 1-2. 竜串地区自然再生事業の流れについて

I. 原因と施策案（劣化した生態系の再生面）



II. 原因と施策案（地区の利用面）

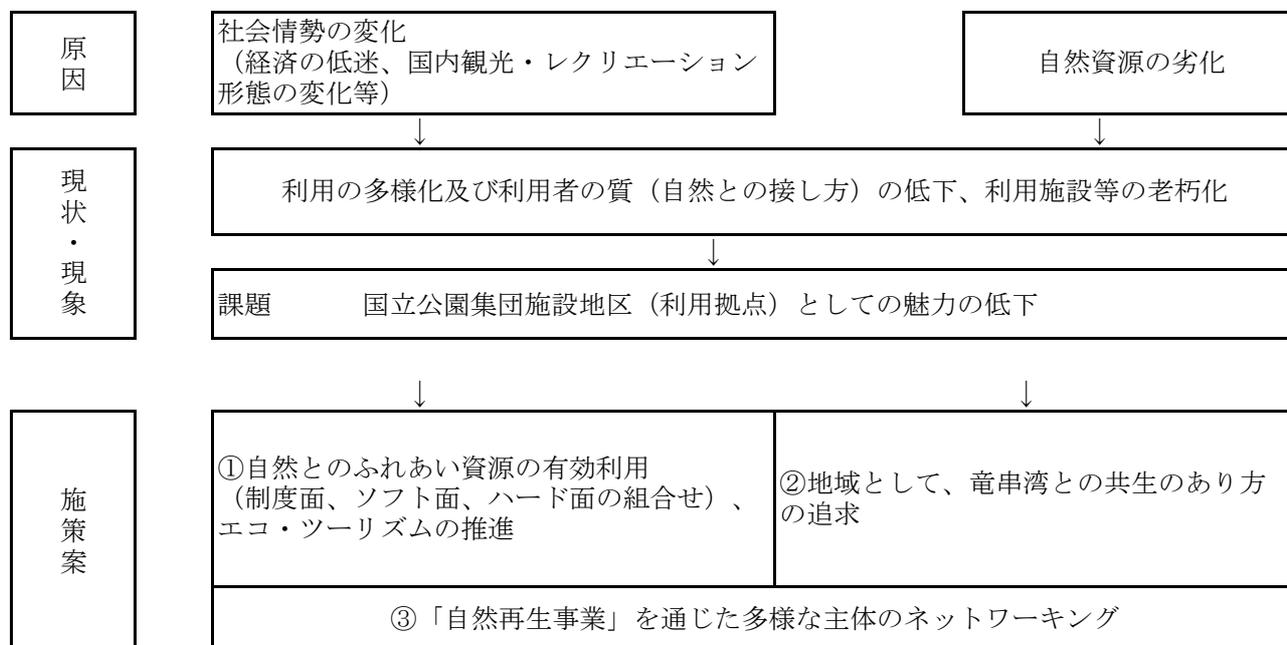
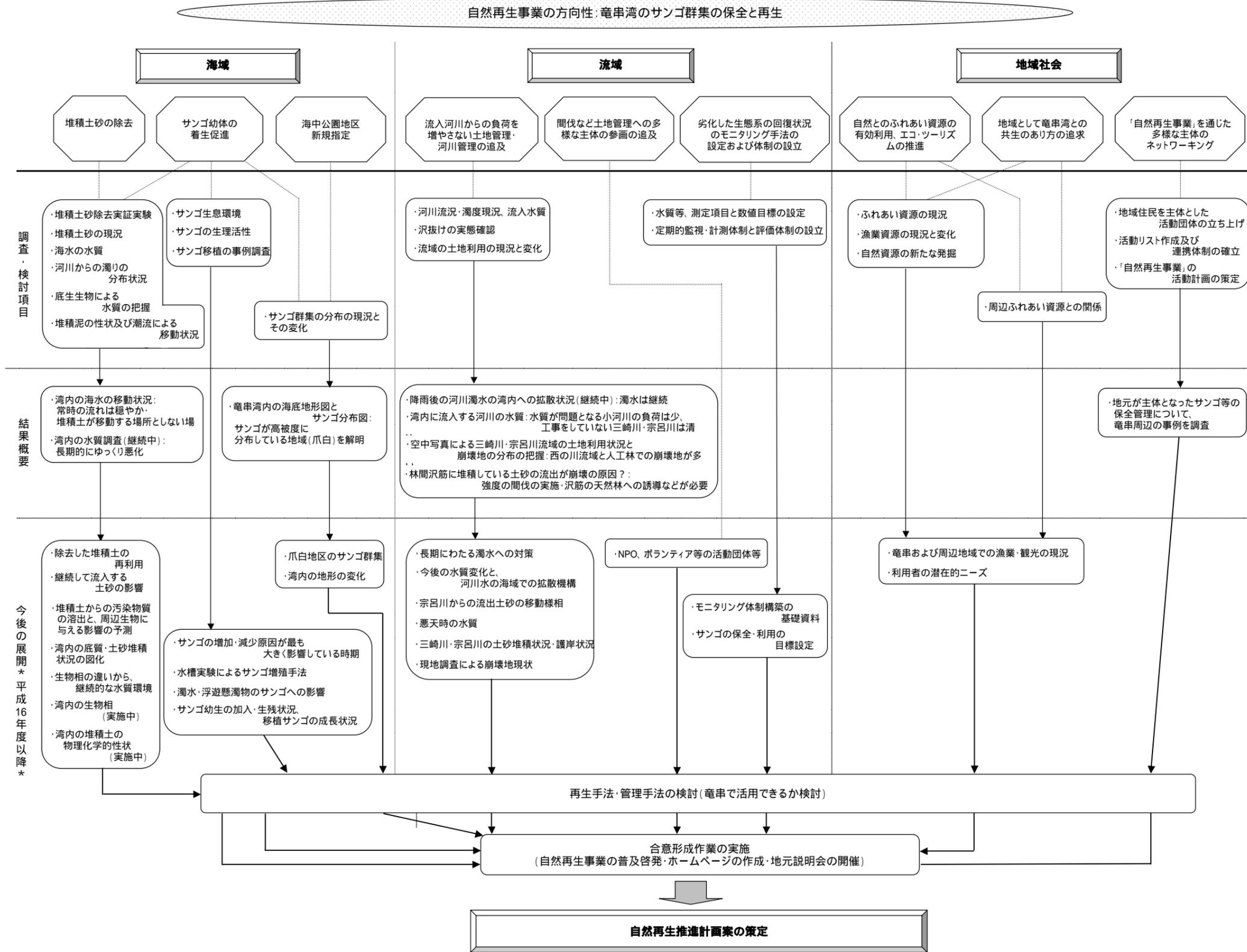


表 1 - 3 . 竜串地区再生事業に関する必要情報と調査検討項目

事業の具体化のために必要な情報		調査・検討項目
<劣化した生態系の再生面>		
堆積土砂の除去	事業の目標や必要量を検討するために、堆積土砂・泥の現況把握が必要	<ul style="list-style-type: none"> → 底質・土砂堆積の現況調査 → 堆積泥の性状及び潮流による移動状況調査 → 河川からの濁りの分布状況調査
	竜串湾の水質の把握が必要	→ 海水の水質調査、底生生物による水質の把握
	除去手法確立のため実証的な実験が必要	→ 堆積土砂除去実証実験
サンゴ幼生の着生促進	湾内各地域の生息環境としての好適度の把握が必要	→ サンゴ生息環境の調査（既移植サンゴの生息状況、新規加入状況）
	サンゴの生理活性の把握が必要	→ サンゴの生理活性に関する文献調査
	土砂被覆に対するサンゴの耐性把握が必要	
海中公園地区新規指定	竜串湾内のサンゴ群集の現況と変化の把握が必要	→ サンゴ群集の分布の現況とその変化に関する調査
流入河川からの負荷を増やさない土地管理・河川管理の追求	河川からの流入負荷の推定のため、土砂流入状況の把握が必要	→ 河川流況・濁度現況調査、流入水質調査
	土地利用・管理からの要注意箇所の推定が必要	<ul style="list-style-type: none"> → 沢抜けの実態確認 → 流域の土地利用の現況と変化に関する調査
間伐など土地管理への多様な主体の参画の追求	NPO等地域の多様な活動団体等の洗い出しが必要	→ NPO、ボランティア等の活動団体等のリスト作成（調査とは別に実施）
劣化した生態系の回復状況のモニタリング手法（測定項目と数値目標）の設定及び体制の設立が必要	サンゴ群集再生のための目標の設定が必要	→ 水質等、測定項目と数値目標の設定の検討
		→ 定期的な監視・計測体制（専門家、ボランティア）の設立と評価体制の設立

< 地区の利用面 >		
事業の具体化のために必要な情報		調査・検討項目
自然とのふれあい資源の有効利用、エコ・ツーリズムの推進	自然とのふれあい資源とニーズとの関係の把握が必要	ふれあい資源の現況調査 漁業利用の現況と変化に関する調査 自然資源の新たな発掘
地域として竜串湾との共生のあり方の追求	竜串地区の機能の見直しが必要	周辺ふれあい資源との関係に関する調査
「自然再生事業」を通じた多様な主体のネットワークワーキング	NPO等地域の多様な活動団体等の洗い出しが必要	地域住民を主体とした活動団体の立ち上げ（既存の協力グループの組織化） 既存 サンゴ移植、オニヒトデ駆除等実施 NPO、ボランティア等の活動団体等のリスト作成及び連携体制の確立 「自然再生事業」の活動計画の設定

表 1 - 4 . 竜串地区自然再生推進計画調査フロー図



2 . 竜串湾に流入する河川からの負荷の把握

湾内のサンゴ群集に大きな影響を与える土砂の流出は、上流域での土地利用と密接な関係があるものと考えられる。そのため、竜串湾へ流入する河川の流域での土地利用の現況把握を、空中写真からの判読から解析した。また、「西南豪雨」の際の崩壊の影響を見るため、その崩壊地の分布を把握した。合わせて、過去からの土地利用の変化を、同様に空中写真判読から解析した。

一方、現在の土砂流出の負荷を把握するために、各河川の湾内への流出箇所に近い場所での水質調査を行い、土砂の流入状況を推定した。また、湾内への土砂の堆積状況を把握するために、河川からの濁水の湾内への拡散状況を空中写真から把握を試みた。

その他、土砂流出以外の、河川からの負荷（有機物質等）の把握のため、湾内へ流入する小河川を含めた水質を継続調査し、サンゴ群集への負荷を整理した。

2 - 1 . 流域土地利用の現況と変化の把握

1 . 調査手法

西南豪雨の影響を把握し、また国立公園指定時を含んだ広範囲での土地利用変化を把握するため、空中写真から土地利用を判読した。1946年（米軍により撮影）から2002年（国土地理院により撮影）の56年間に撮影された空中写真のうち、雲の量等を考慮して、1946年、1966年、1985年、2002年の4時点を対象とした。各年の分析対象範囲は、竜串湾に流入する主な河川（宗呂川、三崎川）の流域と、三崎川は、西の川と三崎川との大きな支流に分かれるため、「宗呂川」「西の川」「三崎川」の計3流域を分析対象とした（図2-1）。この土地利用判読結果は、GIS情報として整理し、後述の崩壊地の位置との分析に用いた。

空中写真の判読は、表2-1の凡例に整理してまとめた。2002年撮影写真の判読での崩壊地（西南豪雨による崩壊地と推定）は、点情報として別途整理した。この判読区分の内、「天然林・幼齢林」「マツ林・幼齢林」「マツ林・壮齢林」「草地」「自然裸地」「海岸」は、図2-1に示した竜串湾への流入河川流域の範囲では認められなかった。以下の分析では、これら判読区分を表2-2に示した通り編成して用いた。「大規模崩壊地」については、極小面積であり、また現状の土地被覆状況の類似性に鑑み、「畑・草地等」へ含めた。

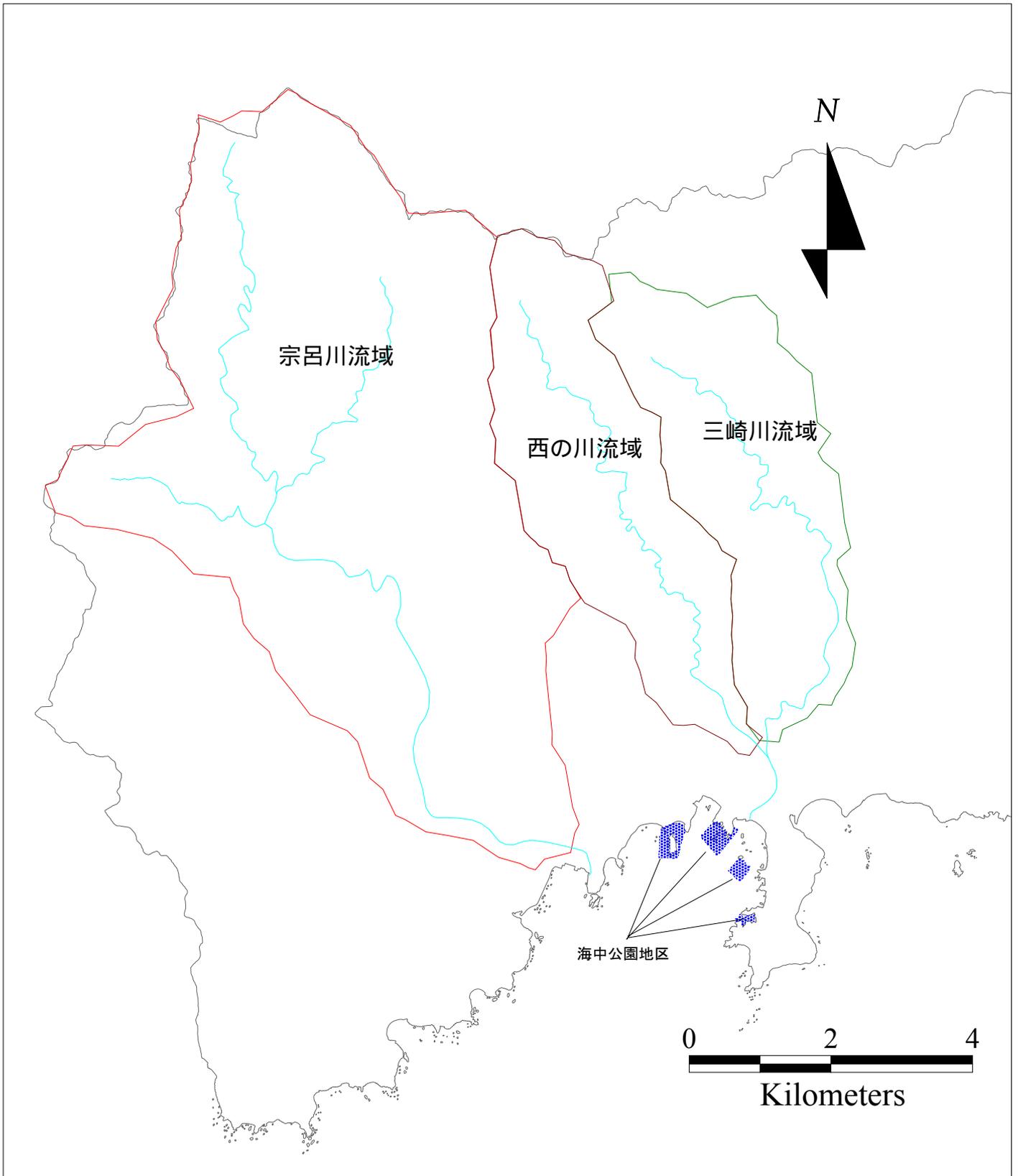


図 2 - 1 分析対象流域

表 2 - 1 . 土地利用判読の凡例

記号	大分類	中分類	小分類	備考
1 a	森林	人工林	幼齡	樹高 ~ 3 m
1 b			若齡	樹高 3 ~ 10 m
1 c			壯齡	樹高 10 m ~
2 a		天然林	幼齡	樹高 ~ 3 m 常緑広葉樹林、落葉広葉樹林
2 b			若齡	樹高 3 ~ 10 m 常緑広葉樹林、落葉広葉樹林
2 c			壯齡	樹高 10 m ~ 常緑広葉樹林、落葉広葉樹林
3 a		マツ林	幼齡	樹高 ~ 3 m
3 b			若齡	樹高 3 ~ 10 m
3 c			壯齡	樹高 10 m ~
4		伐採跡地		
5	農耕地	水田		
6		畑		
7		果樹園		
8		草地		
10	その他	市街地・集落		道路、建物（敷地を含む）
11		水部		
12		自然裸地		海岸部を除く
13		海岸		
14		崩壊地	大規模崩壊地	
x			崩壊位置	崩壊発生地点（ポイント）

表 2 - 2 . 空中写真判読凡例の再編成

記号	中分類	小分類	編成した凡例
1a	人工林	幼齡	人工林
1b	人工林	若齡	人工林
1c	人工林	壯齡	人工林
2b	天然林	若齡	天然林
2c	天然林	壯齡	天然林
3b	マツ林	若齡	天然林
4	伐採跡地		伐採跡地
5	水田		水田
6	畑		畑・草地
7	果樹園		畑・草地
14	崩壊地	大規模崩壊地	畑・草地
10	市街地・集落		市街地等
11	水域		水域

2. 調査結果

(1) 竜串湾流入河川流域での土地利用変化

図 2-2～2-5 に竜串湾の様子を空中写真の状況により示した。1946 年(図 2-2、図 2-2-1)から、1966 年(図 2-3、図 2-3-1)、1985 年(図 2-4、図 2-4-1)、2002 年(図 2-5、図 2-5-1)までの 4 時点と比較すると、特に港湾施設の拡充が著しい。1946 年には大規模な港湾施設は見られないが、1966 年には三崎漁港の防波堤、竜串漁港の棧橋が完成している。1985 年には下川口漁港の施設がみられ、竜串漁港の防波堤も整備されている。2002 年の写真では、三崎漁港・下川口漁港の離岸堤が見て取れる。

陸域では、道路の整備が目立つほか、大規模な土地利用改変は見られず、裸地に近い土地利用はむしろ減少しているように見受けられる。2002 年の写真では、崩壊地も点在している。

上記の空中写真から判読した土地利用の変化について、3 流域全体の変化を図 2-6 に、流域別の変化を図 2-7～2-9 に示した。その判読結果を図 2-9～図 2-21 に図示した。

宗呂川流域・西の川流域では人工林が土地利用の 70%以上を占め、三崎川流域では(他の流域に比べて)自然林が多いという傾向が見て取れる。伐採跡地、裸地などの土砂流出の可能性の高い土地利用、それについて流出の可能性の高い畑・草地といった土地利用は近年減少し、人工林へと転換された様子が見て取れる。基本的には、時代を通じて森林による地域の被覆は一貫して進んだものと考えられる。

時代ごとの土地利用状況は、戦後の荒廃した山林への植林・材価高騰による伐採・拡大造林などの経緯を、反映しているものと考えられる。現在、天然林は各流域の主な谷筋から遠い、奥地にのみ残存している。

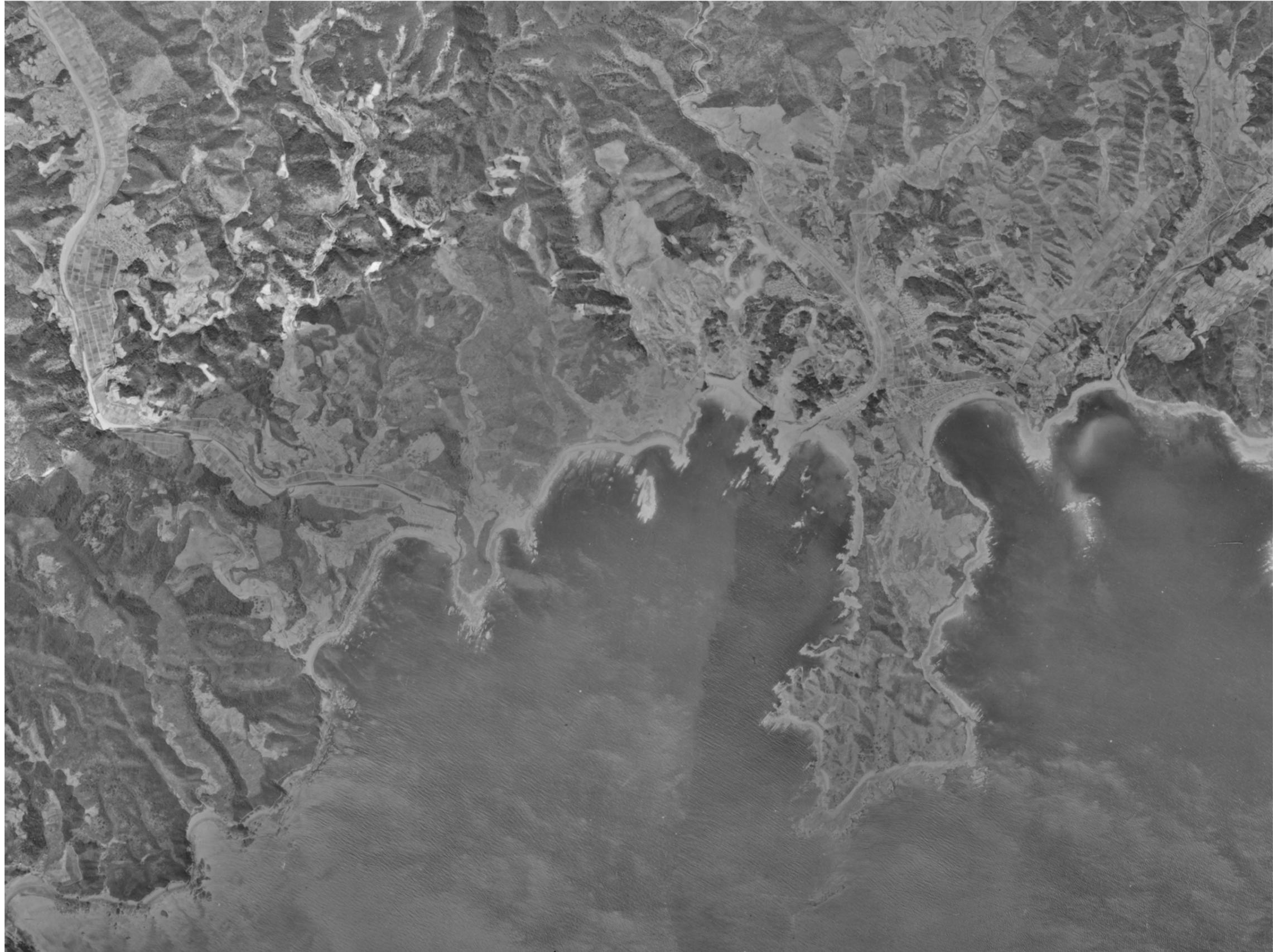


図 2 - 2 1945 年の竜串湾周辺の空中写真

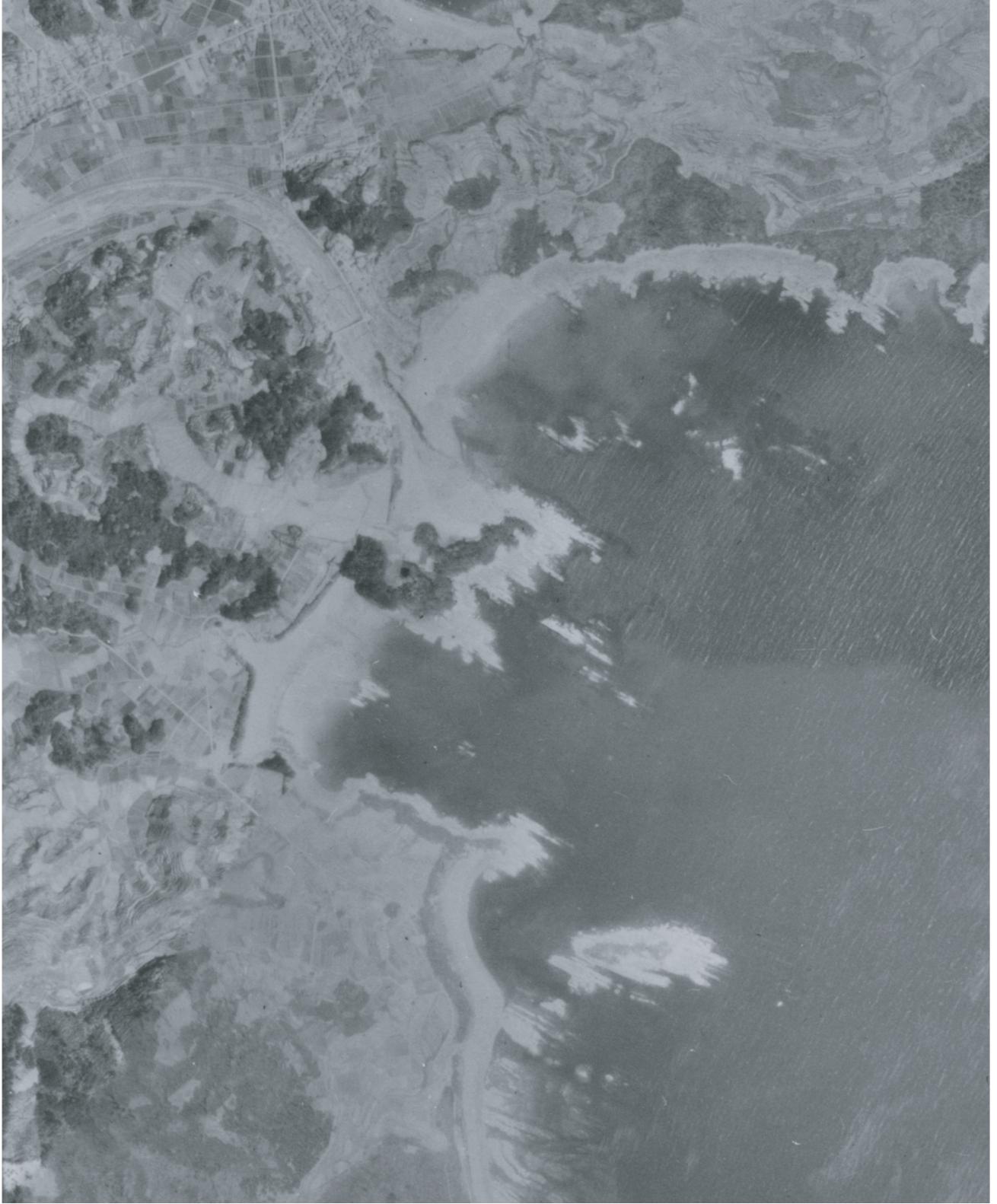


図2-2-1 1946年の竜串湾空中写真

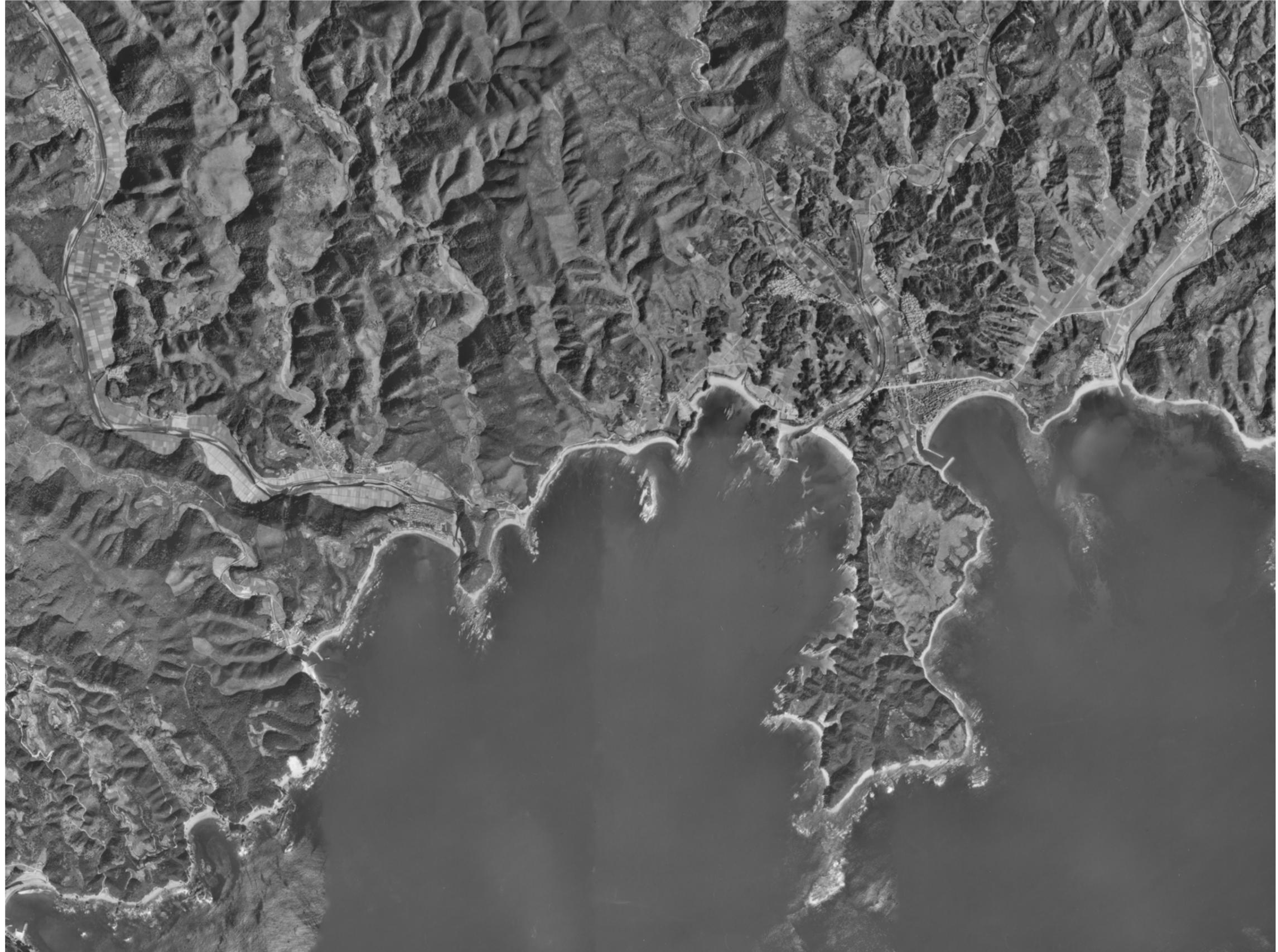


図 2 - 3 1966 年の竜串湾周辺の空中写真



図 2 - 3 - 1 1966年の竜串湾空中写真

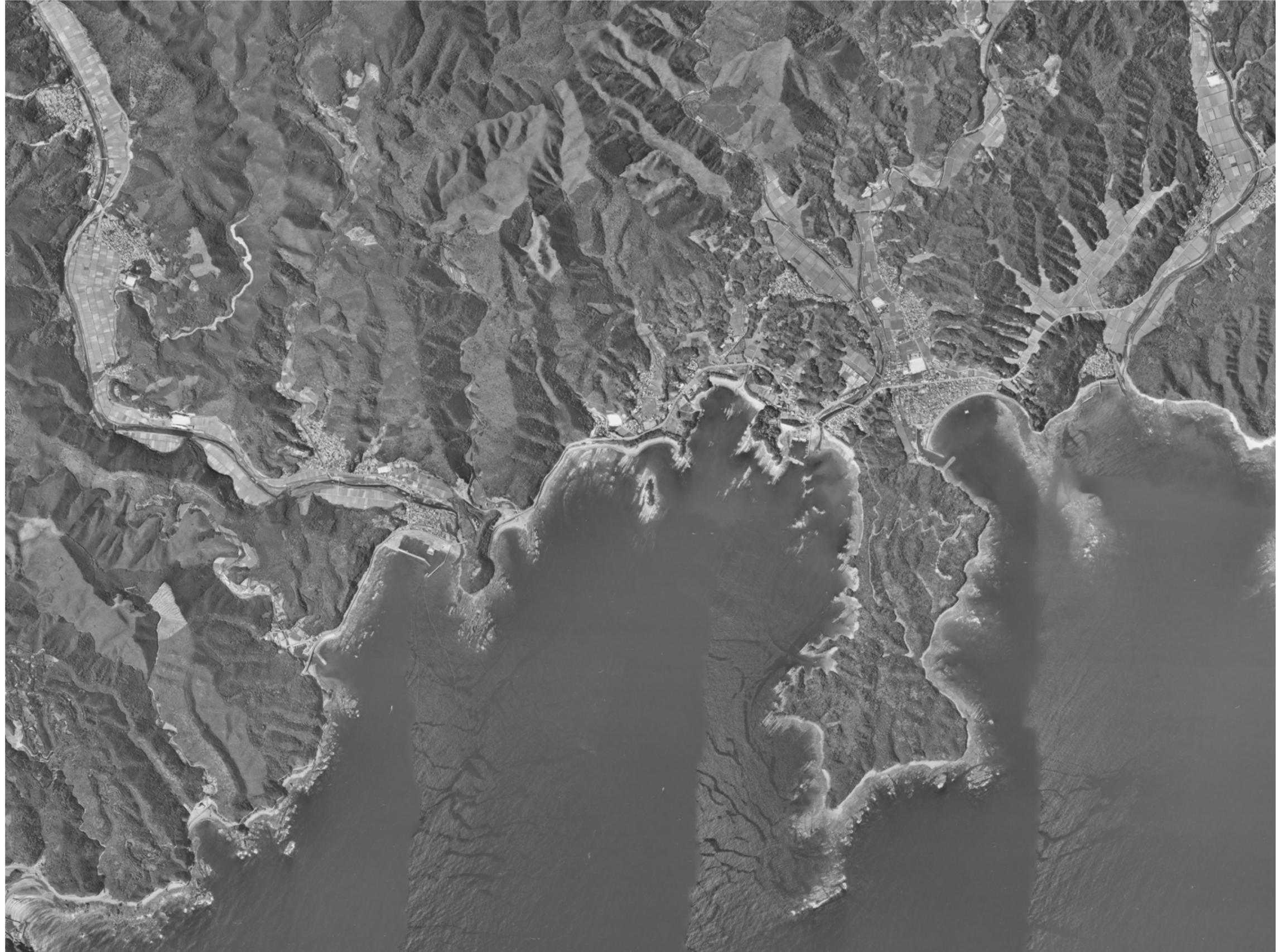


図 2 - 4 1985 年の竜串湾周辺の空中写真



図2-4-1-1 1985年の竜串湾空中写真



図 2 - 5 2002 年の竜串湾周辺の空中写真



図 2-5-1 2002年の竜串湾空中写真

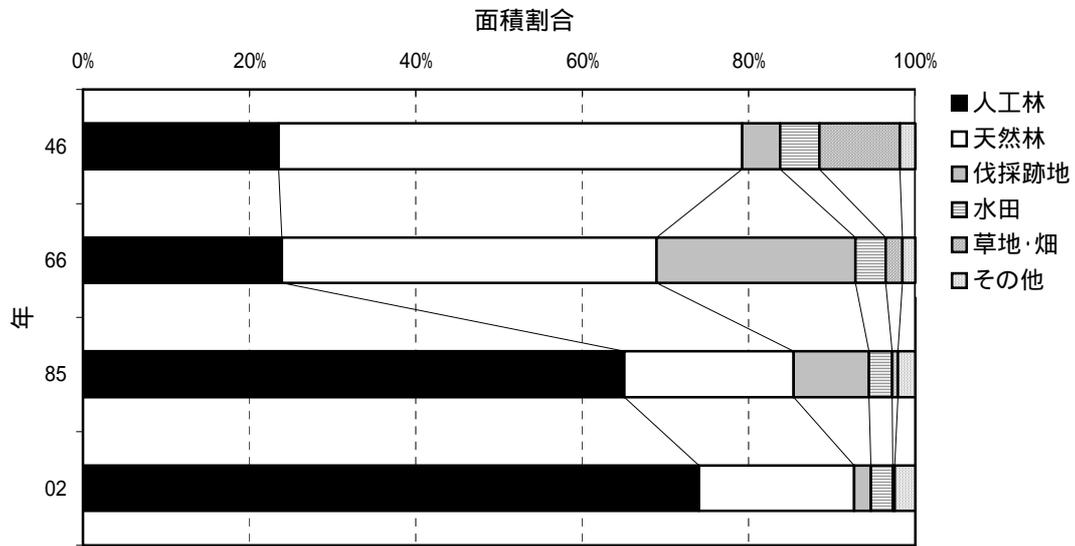


図 2 - 6 3流域全体の土地利用の変化

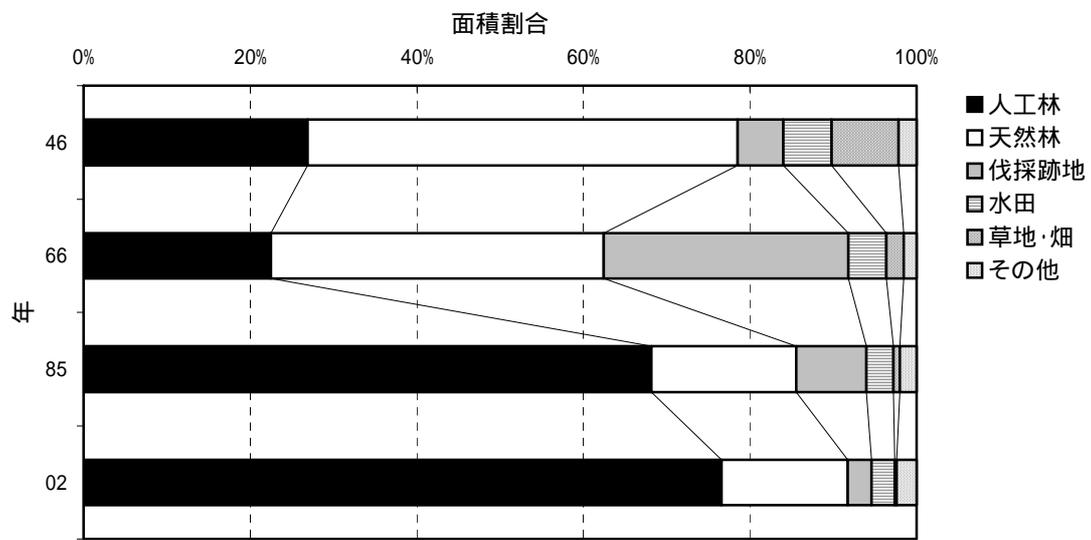


図 2 - 7 宗呂川流域の土地利用の変化

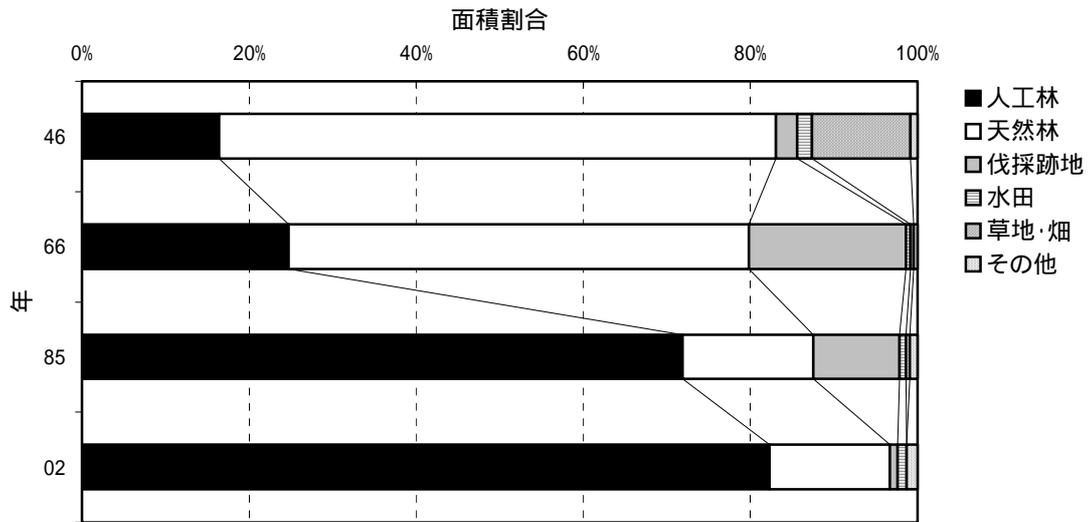


図 2 - 8 西の川流域の土地利用の変化

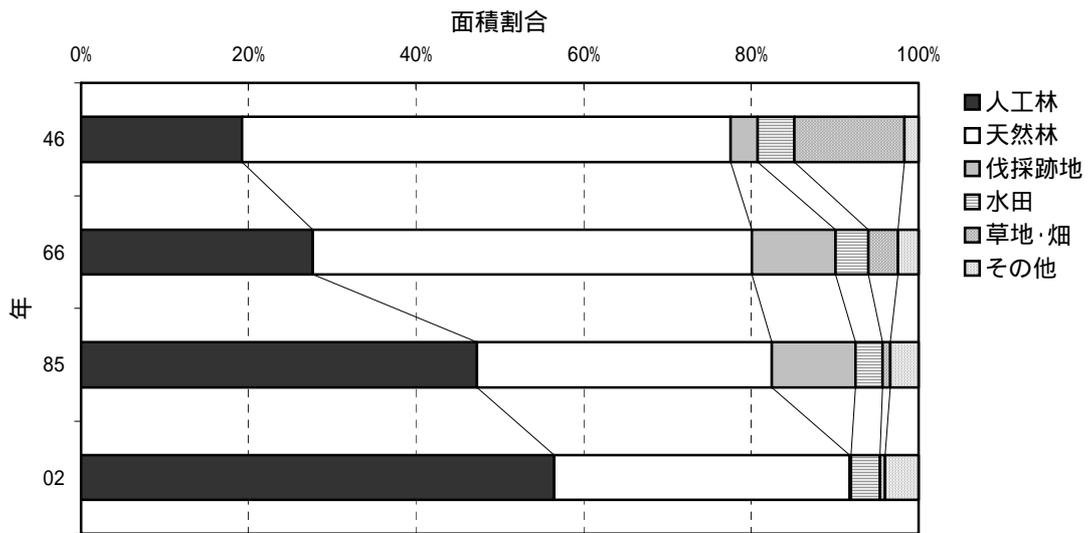


図 2 - 9 三崎川流域の土地利用変化

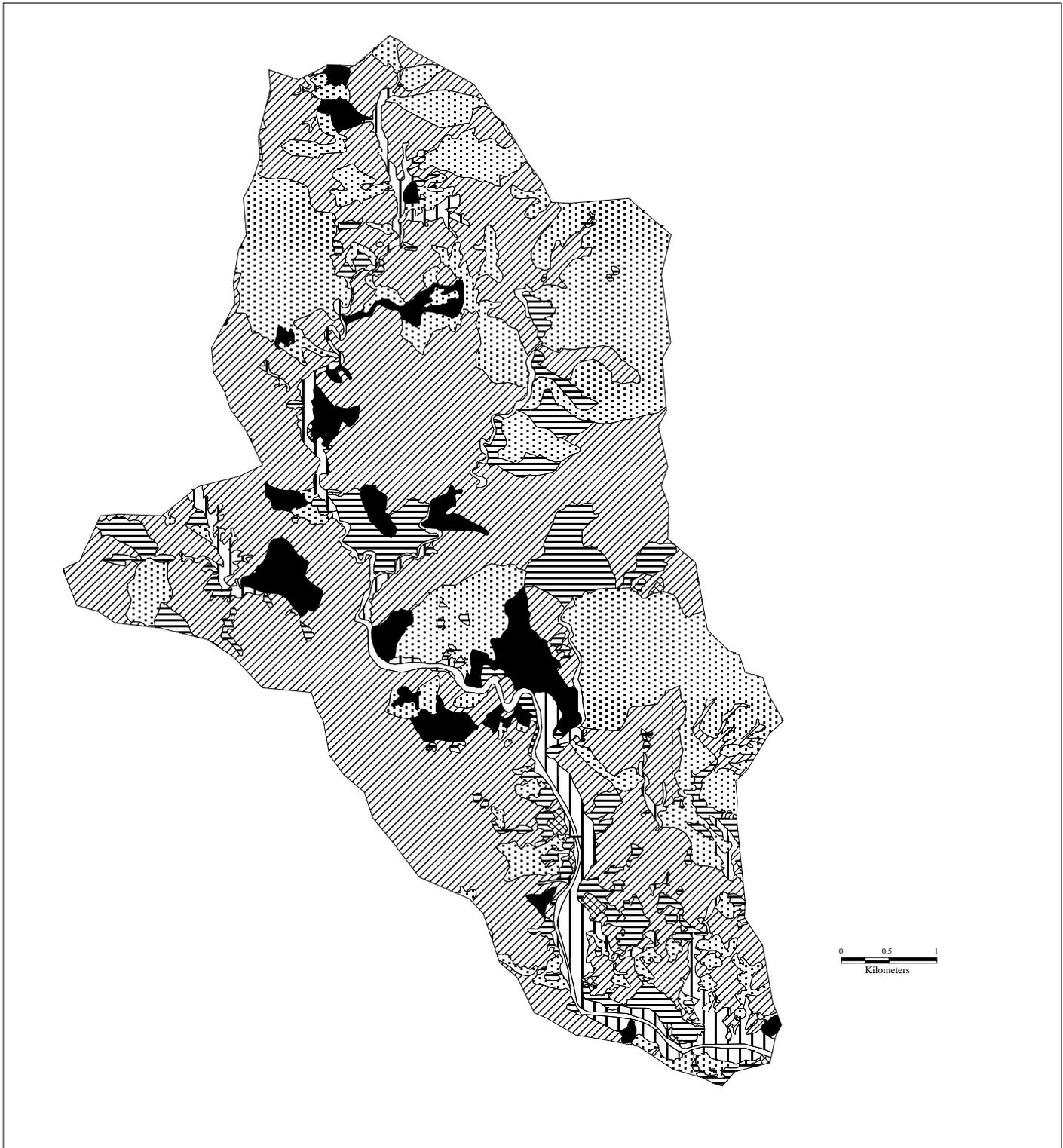


図 2 - 1 0 1946年の宗呂川流域の土地利用状況



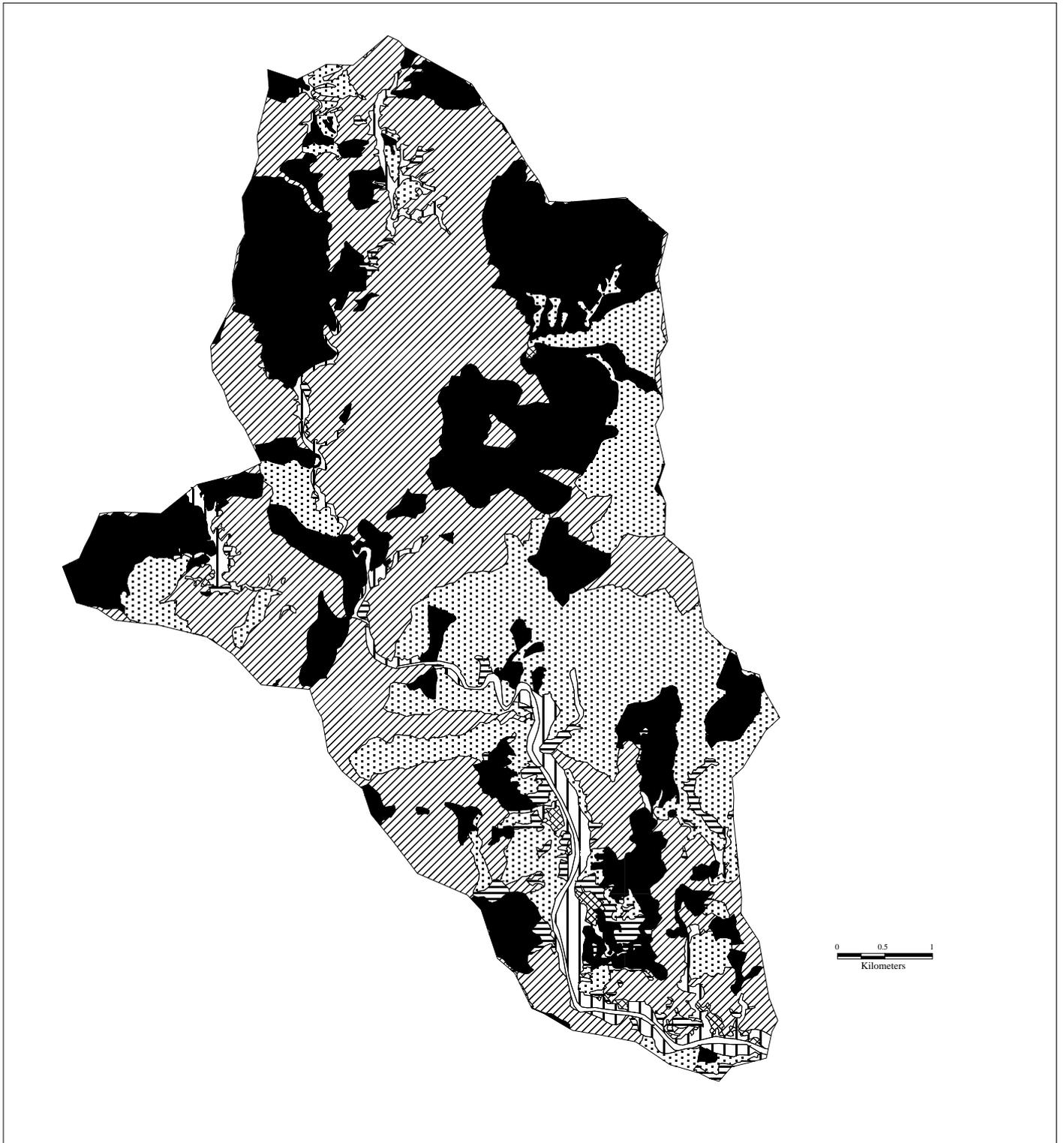


図 2 - 1 1 1966年の宗呂川流域の土地利用状況



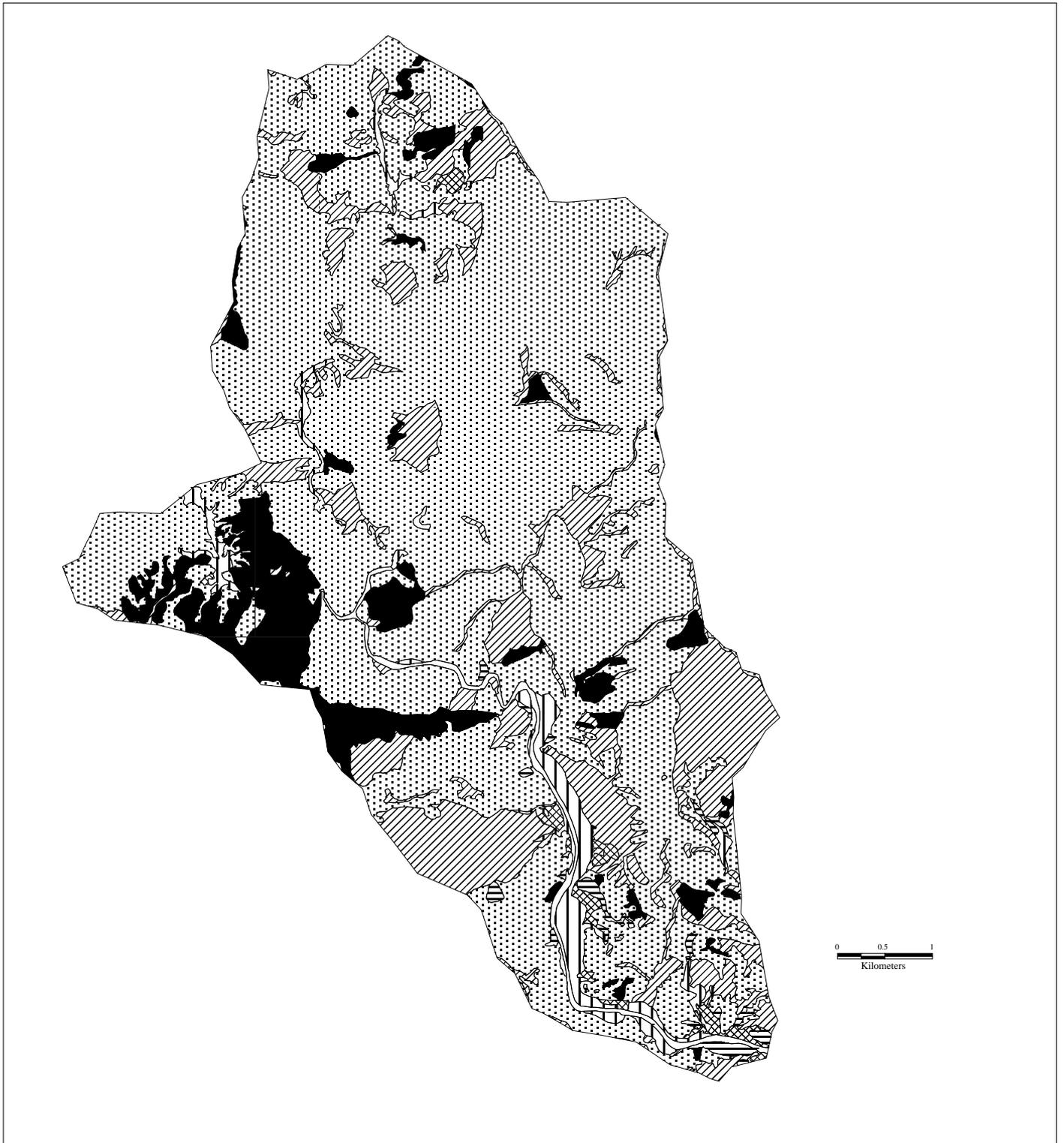


図 2 - 1 2 1985年の宗呂川流域の土地利用状況

- 市街地等
- 人工林
- 水域
- 水田
- 天然林
- 畑・草地等
- 伐採跡地

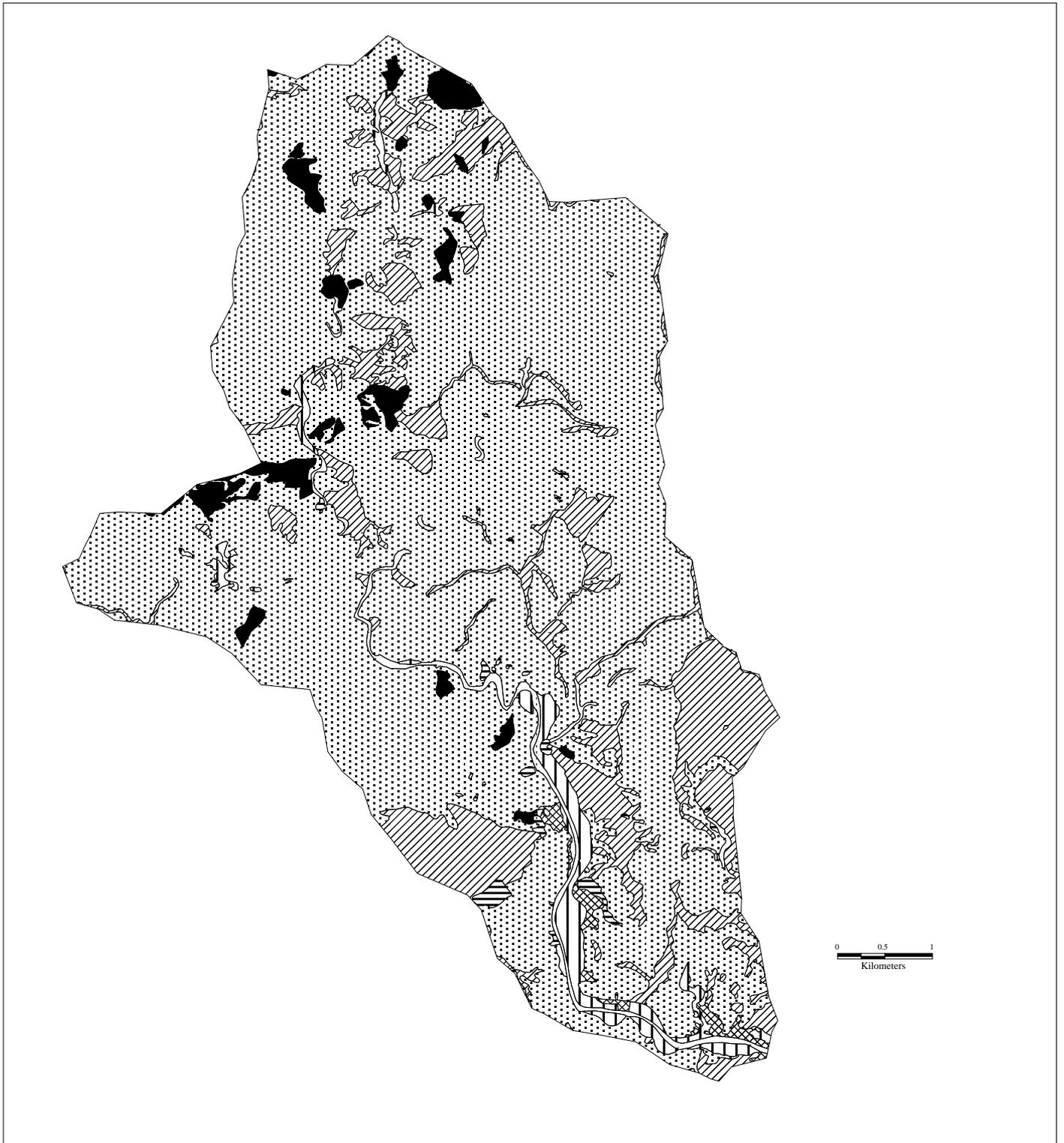
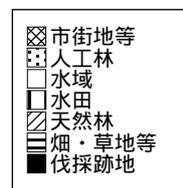


図 2 - 1 3 2002年の宗呂川流域の土地利用状況





図 2 - 1 4 1946年の西の川流域の土地利用状況



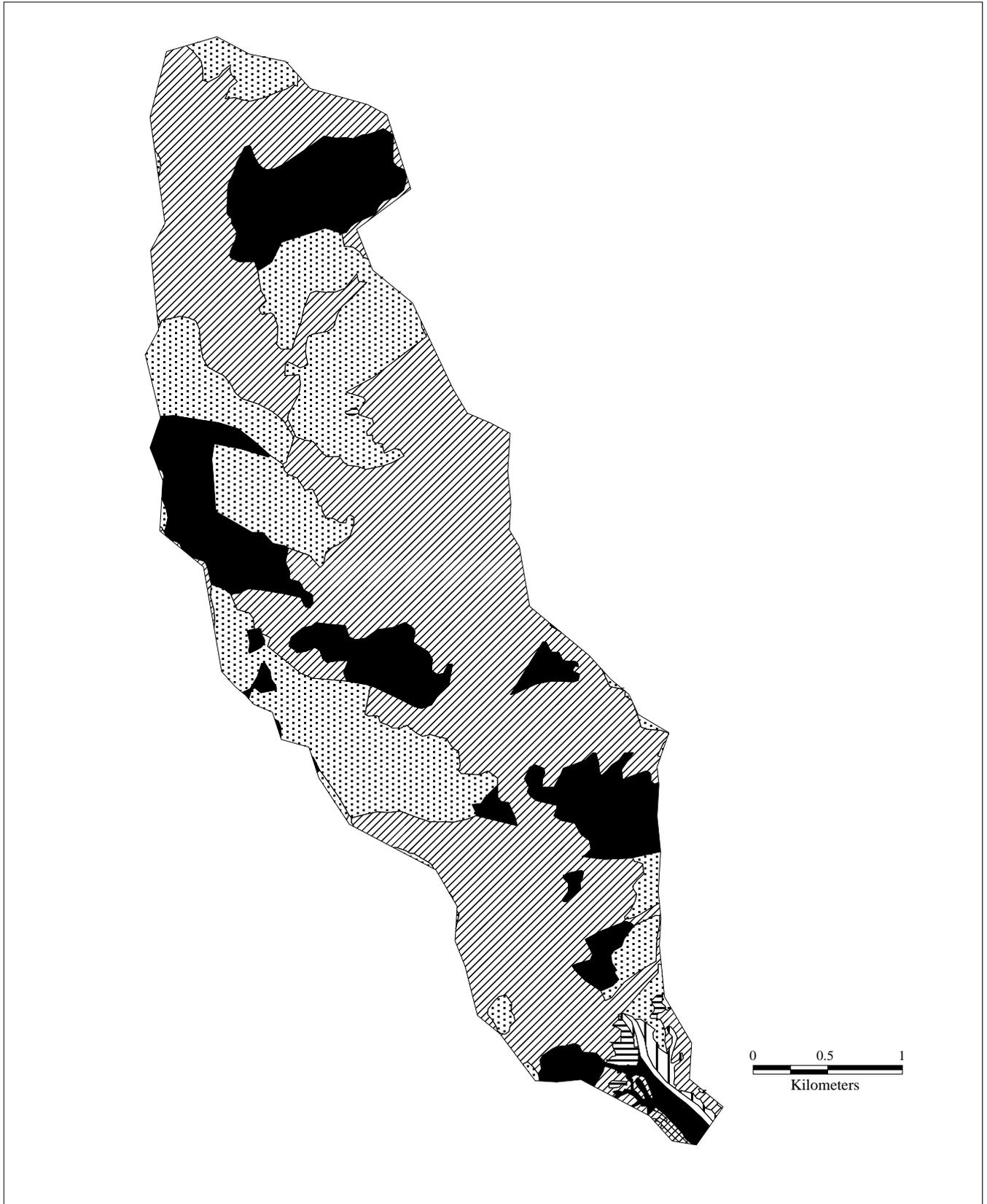
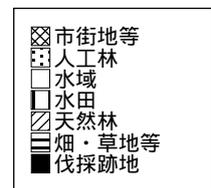


図 2 - 1 5 1966年の西の川流域の土地利用状況



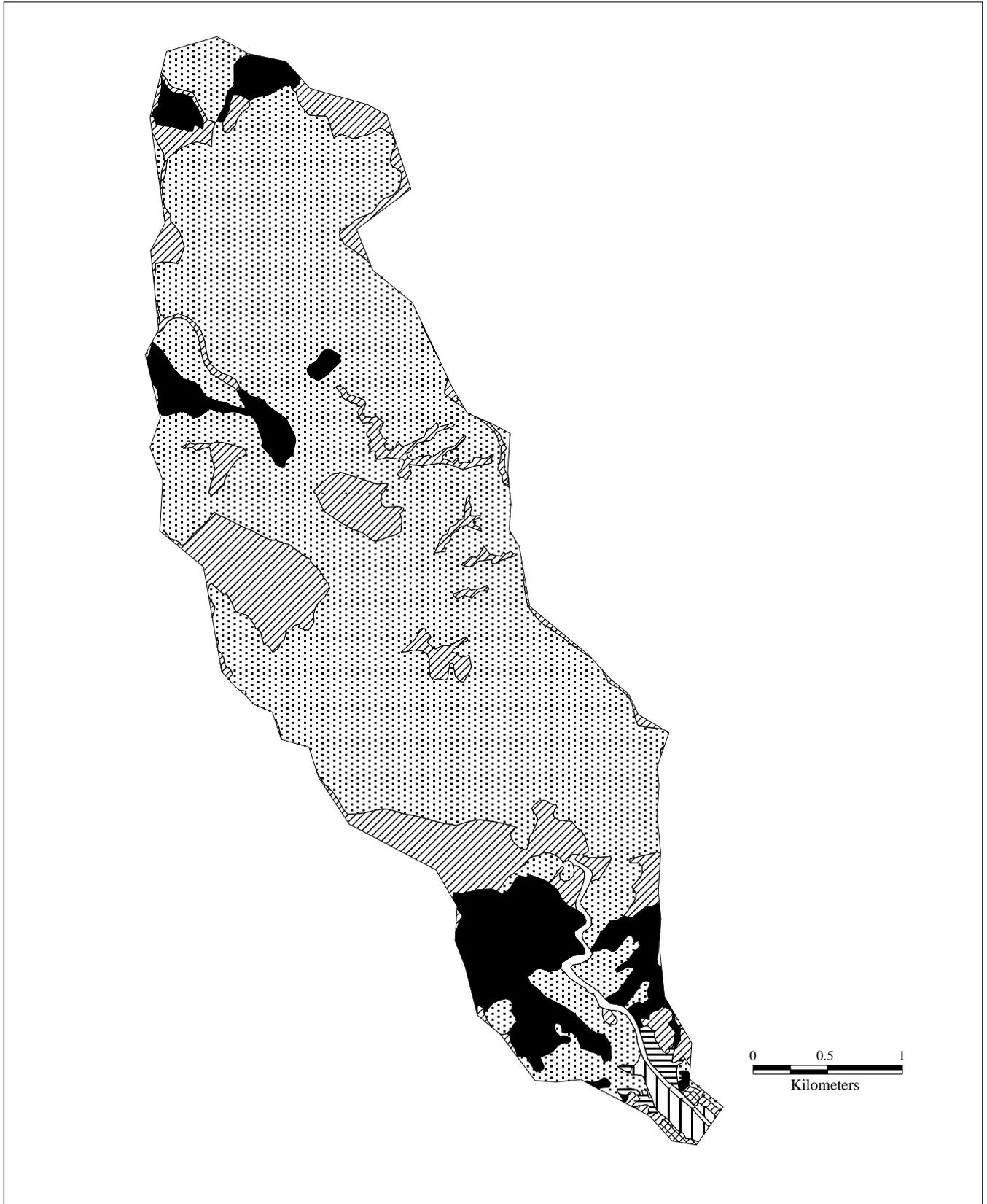


図 2 - 1 6 1985年の西の川流域の土地利用状況



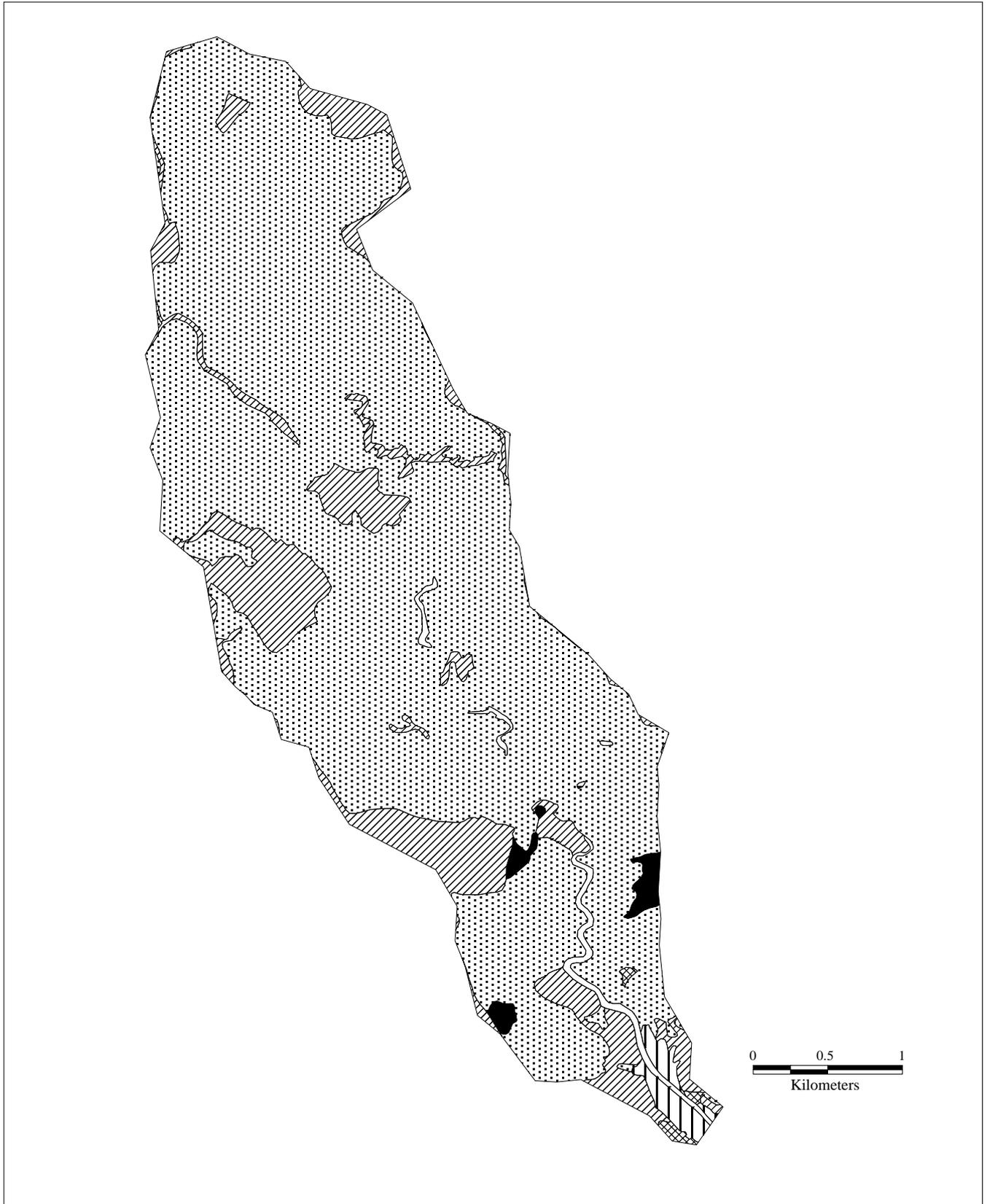
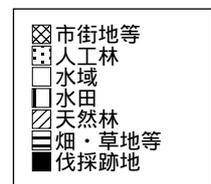


図 2 - 1 7 2002年の西の川流域の土地利用状況



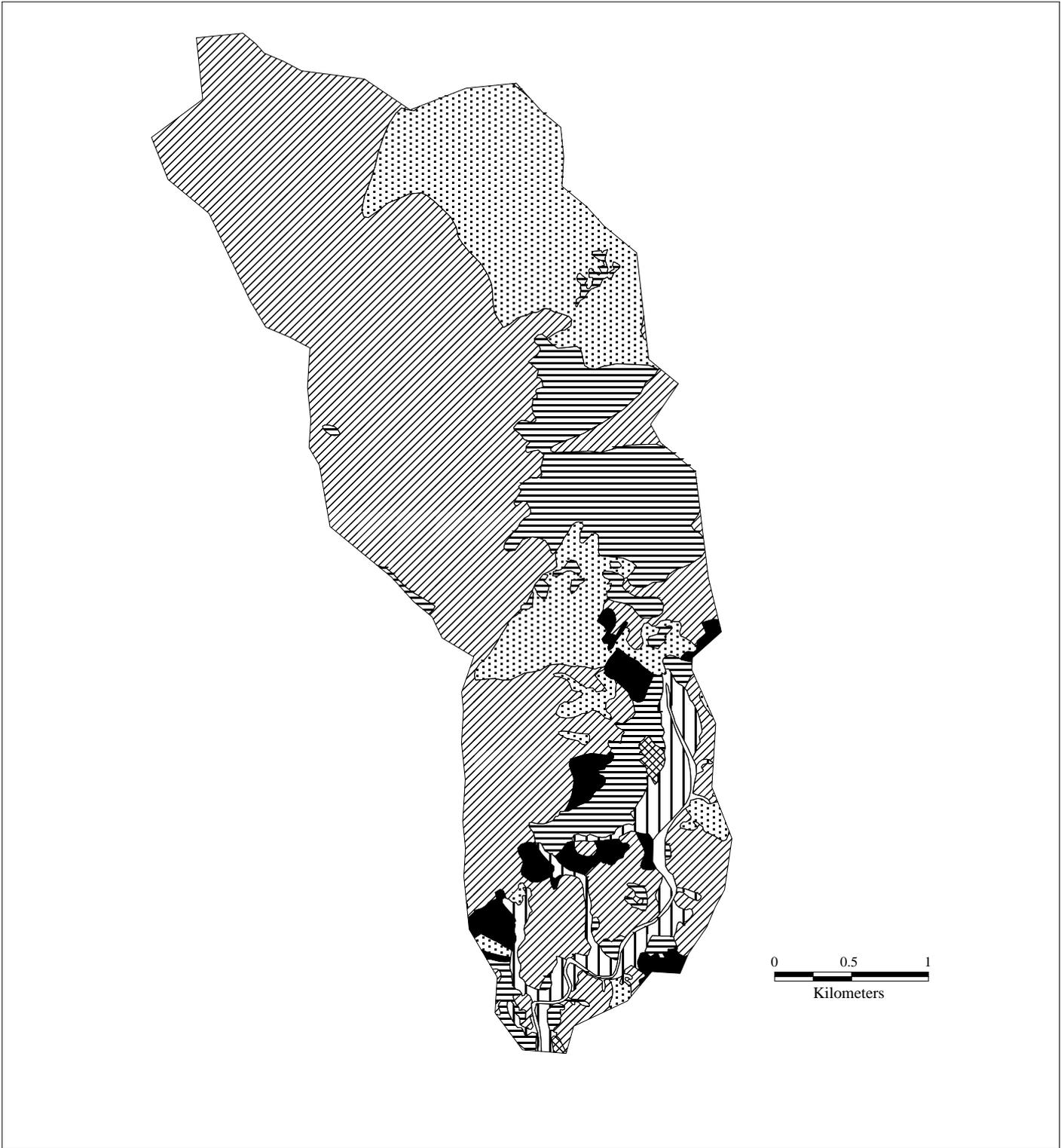
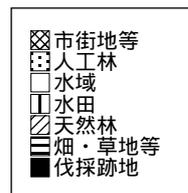


図 2 - 1 8 1946年の三崎川流域の土地利用状況



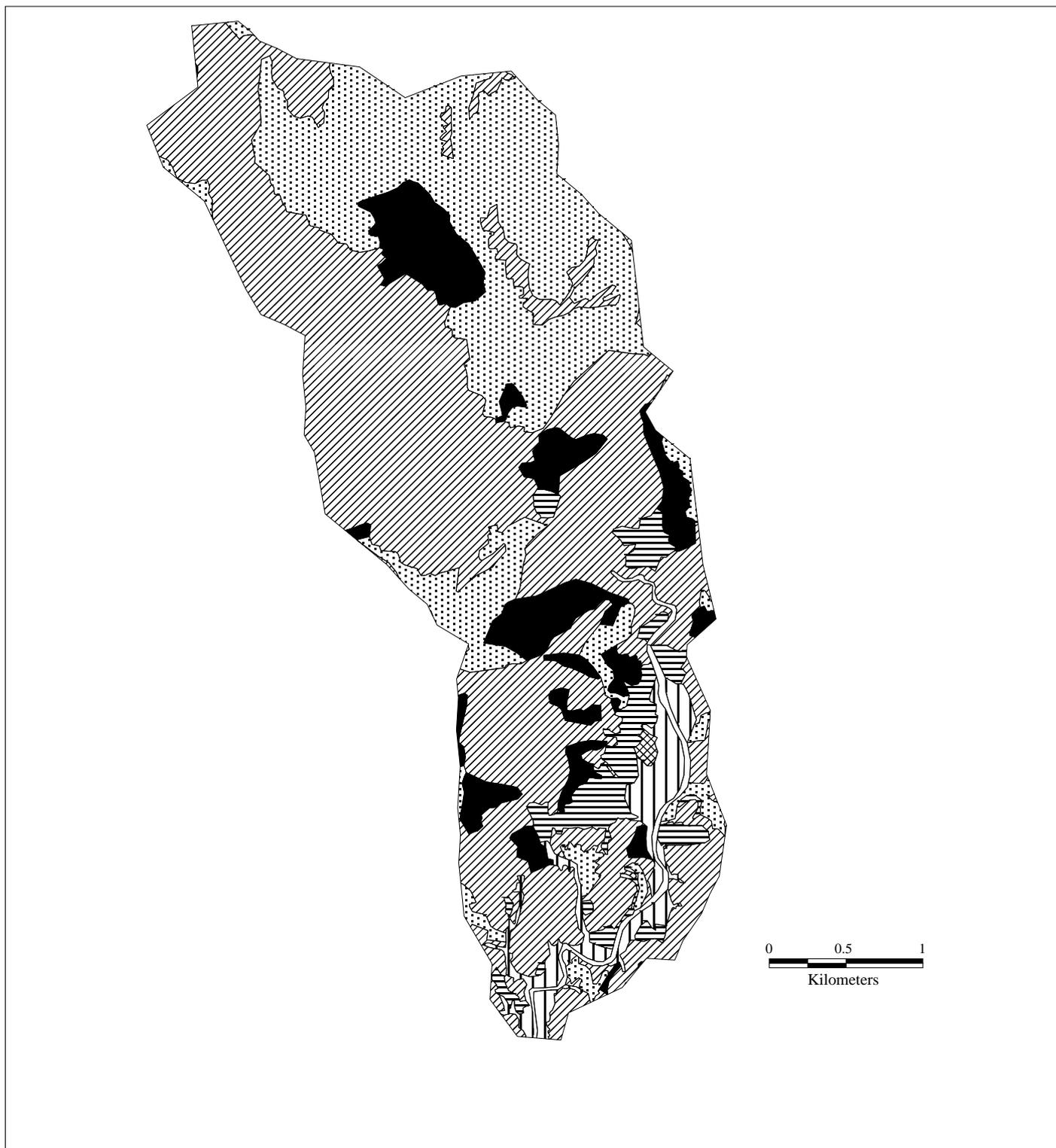


図 2 - 1 9 1966年の三崎川流域の土地利用状況



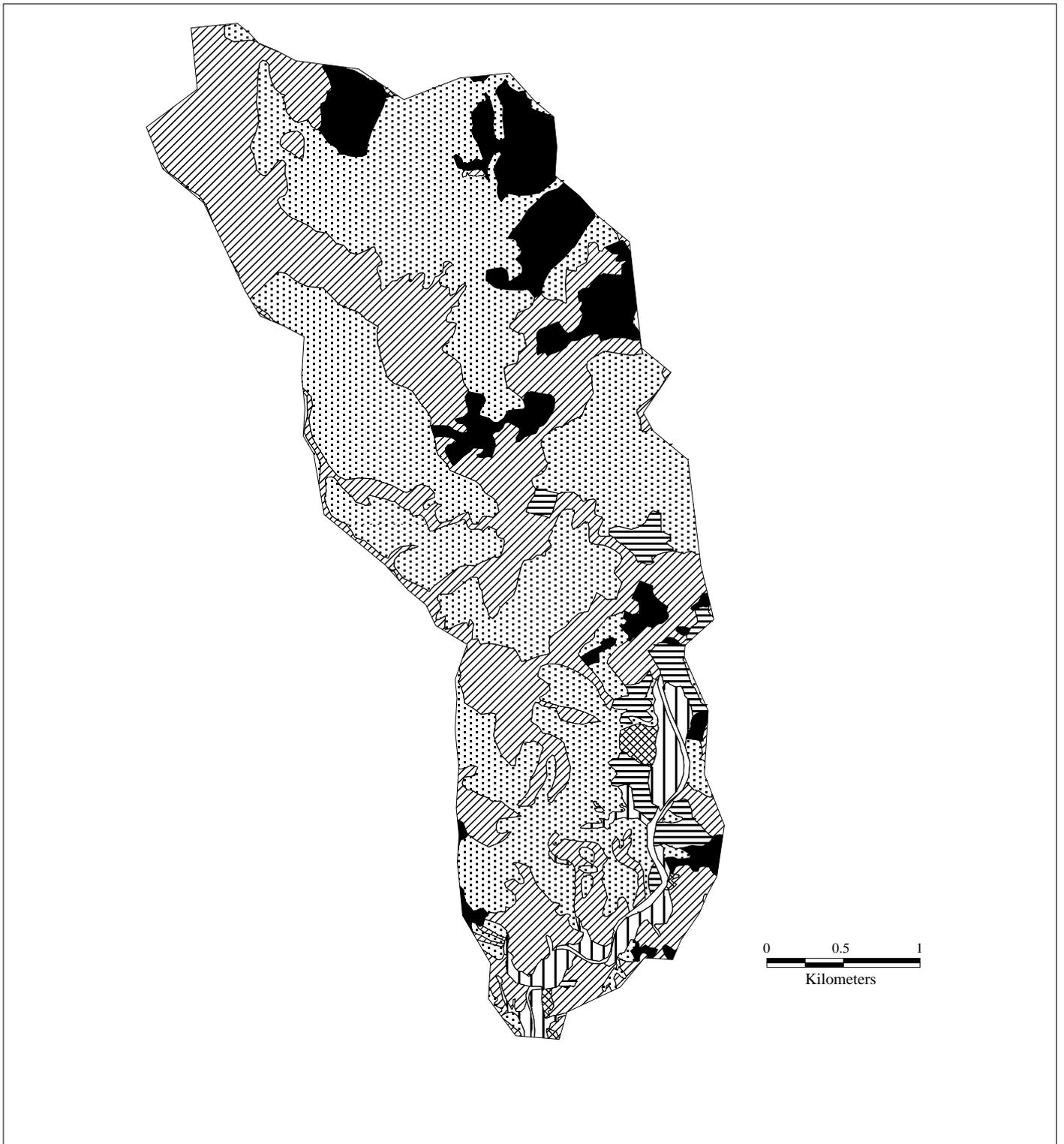


図 2 - 2 0 1985年の三崎川流域の土地利用状況



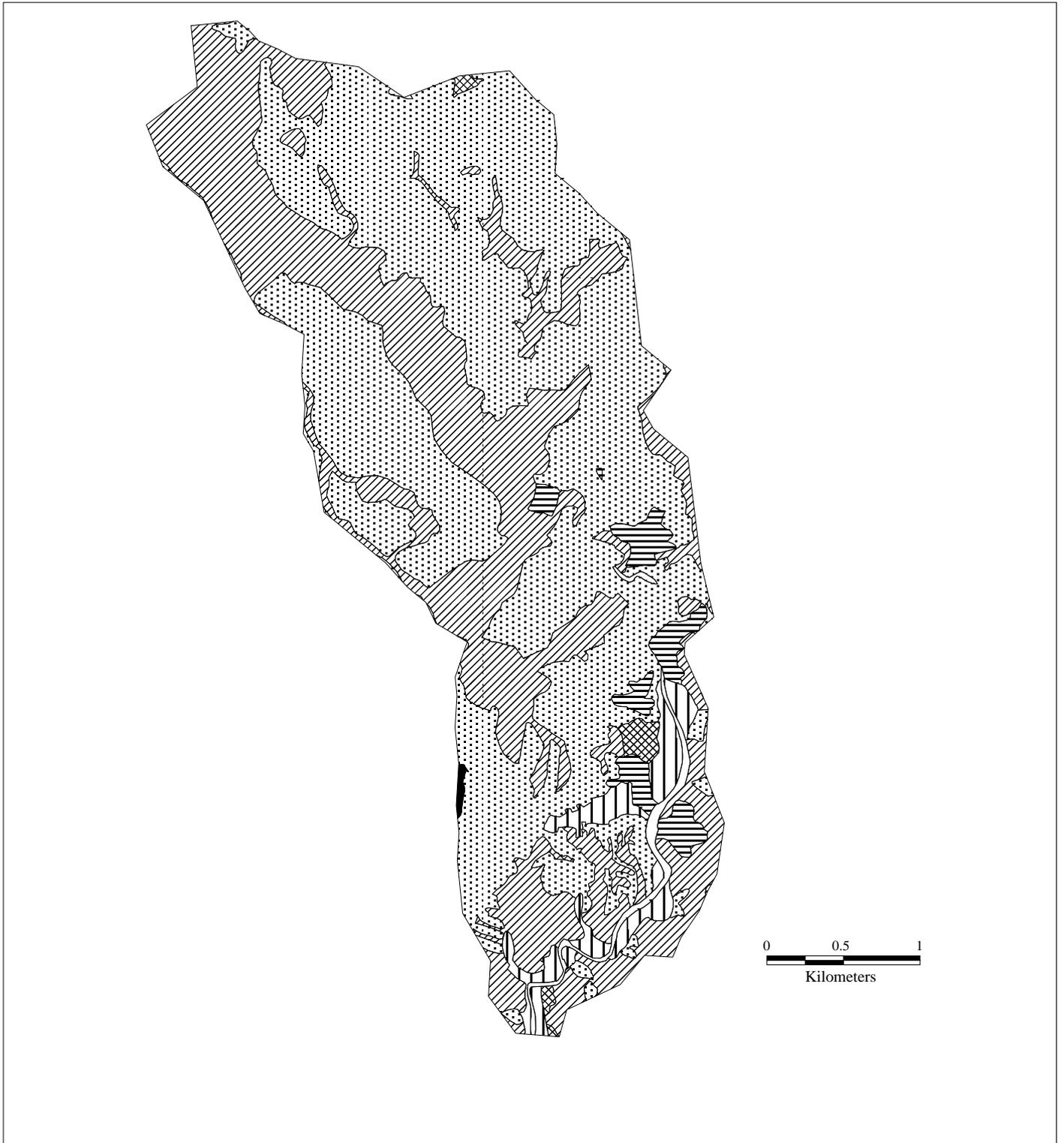


図 2 - 2 1 2002年の三崎川流域の土地利用状況



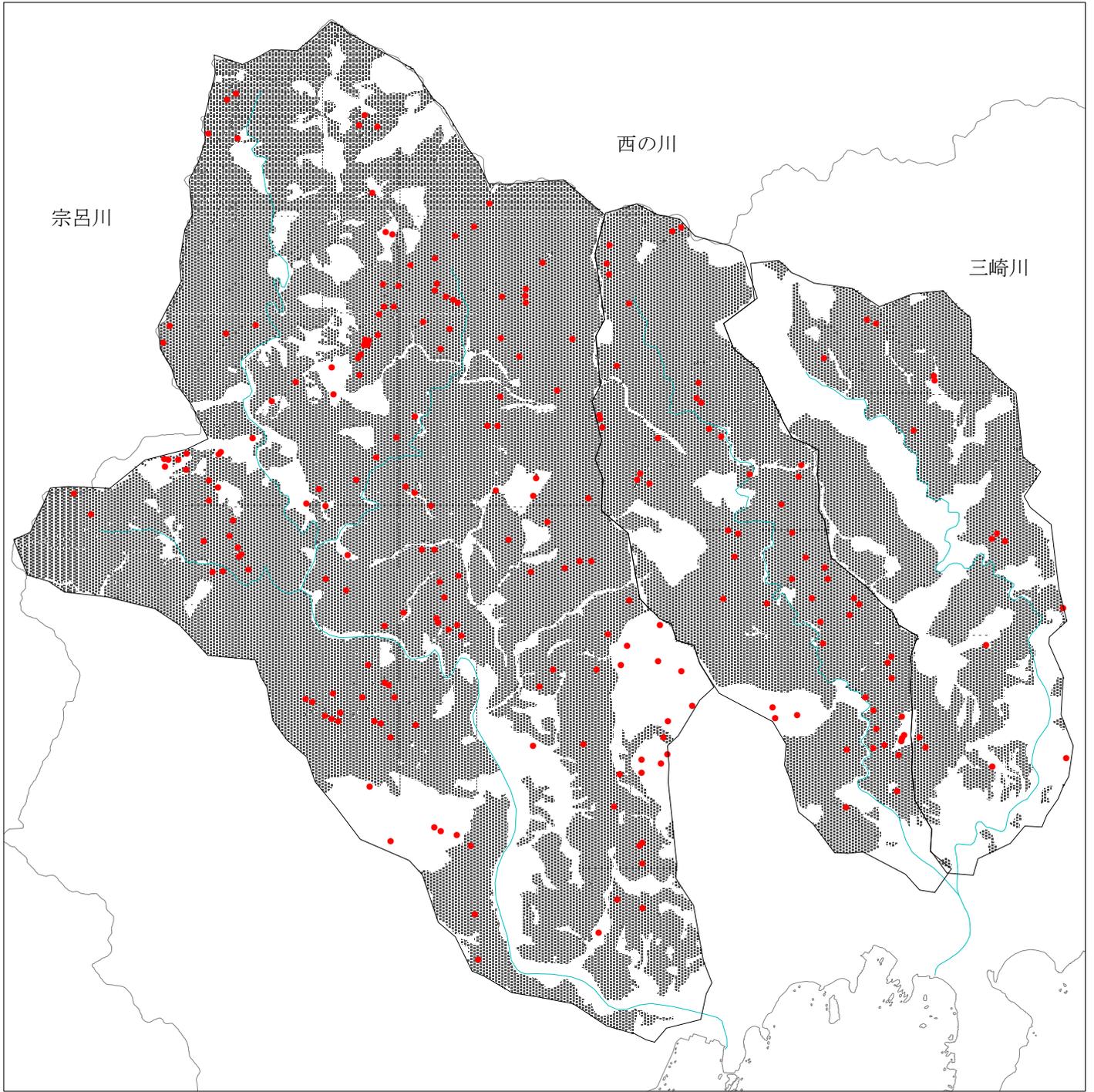
(2) 西南豪雨による崩壊地の分布

2002年の空中写真から、崩壊地と判読された場所を「西南豪雨」による崩壊地と判断した。その分布は図2-23に示した。流域別の崩壊地点数は表2-2に示した。3河川の流域全体での崩壊地点数は238数えられた。流域別の崩壊地点数は「宗呂川流域」で最も多く165地点を数え、「西の川流域」で58地点、「三崎川流域」で15地点となった。面積当たりの崩壊地点数(地点/km²)では、「西の川流域」で4.5地点/km²と最も多く、ついで「宗呂川流域」の3.8地点/km²、「三崎川流域」の1.2地点/km²となった。全域での3.5地点/km²と比較すると、「西の川流域」で崩壊地点が多い傾向が見られる。

表2 - 2 . 流域ごとの崩壊地点数

	全域	三崎川	全域に 対する割合	西の川	全域に 対する割合	宗呂川	全域に 対する割合
崩壊地点数	238	15	6%	58	24%	165	69%
流域面積 (ha)	6,847	1,249	18%	1,289	19%	4,309	63%
面積当たり崩壊地点数 (地点/km ²)	3.5	1.2		4.5		3.8	

これらの崩壊地点の数と、崩壊地点が位置する土地利用との関係を、表2-3にまとめた。全域で見ると、当地域の70%以上を人工林が占めているため、人工林での崩壊地点数が全体の78%と多くなっている。面積当たりの崩壊地点数を見ると、伐採跡地での面積当たり崩壊地点数が12地点/km²と著しく多い。次いで、人工林(3.7地点/km²)、天然林(2.7地点/km²)の順となった。流域別では、「西の川流域」の伐採跡地での面積当たりの崩壊地点数が33地点/km²と最も多く、ついで「宗呂川流域」の伐採跡地での11地点/km²の順となった。各流域とも、最も大きな面積を占める人工林での面積当たり崩壊地点数は流域平均に近いが、「西の川流域」ではやや平均より高い(平均4.5に対し人工林4.7地点/km²)傾向がみられる。



 人工林
 崩壊地

図 2 - 2 2 西南豪雨による崩壊地の分布

表 2 - 3 . 流域別土地利用別崩壊地点数

	宗呂川			西の川			三崎川			全域		
	面積 (ha)	崩壊地点数	面積当たり崩壊地点数 (数/km ²)	面積 (ha)	崩壊地点数	面積当たり崩壊地点数 (数/km ²)	面積 (ha)	崩壊地点数	面積当たり崩壊地点数 (数/km ²)	面積 (ha)	崩壊地点数	面積当たり崩壊地点数 (数/km ²)
人工林	3,302.3	126	3.82	1,065.6	50	4.69	706.4	9	1.27	5,074.3	185	3.65
天然林	655.7	25	3.81	185.9	4	2.15	441.7	5	1.13	1,283.3	34	2.65
伐採跡地	123.2	13	10.55	12.1	4	32.97	1.4		0.00	136.7	17	12.43
水田	119.3	1	0.84	14.5		0.00	43.3		0.00	177.1	1	0.56
畑・草地	25.4		0.00	0.4		0.00	36.6	1	2.74	62.3	1	1.60
その他	86.9		0.00	16.3		0.00	21.3		0.00	124.6		0.00
市街地等	28.1		0.00	3.3		0.00	9.3		0.00	40.7		0.00
水域	58.8		0.00	13.0		0.00	12.0		0.00	83.9		0.00
合計	4,312.8	165	3.83	1,294.8	58	4.48	1,250.7	15	1.20	6,858.3	238	3.47

以上より、竜串湾に流入する主な河川流域では、「西の川流域」で崩壊地点数が多い。土地利用で見ると、伐採跡地で面積当たりの崩壊地点数が多く、人工林がそれに次いで多い。その傾向は「西の川流域」で特に顕著に見られた。

伐採跡地では、前生木の根系の土壌緊縛力が弱まり、植栽木の根系が発達する前の状況であれば、崩壊は起こりやすいと考えられる。幼齢林においてもその傾向は続くものと思われる。これら傾向については、森林施業計画において十分考慮されている。一方、壮齢人工林は本来、樹冠・根系ともに発達し、土壌緊縛力は十分に保持していると考えられる。

しかし、面積当たりの崩壊地点数は少ないが、崩壊地点の多くは壮齢人工林で発生している（表 2-4：ここでは樹高 10m 以上を壮齢と判読した。そのため、条件のよい地域では 15 年生程度でも「壮齢」としている場合がある）。三崎川を除く流域で、崩壊地点の 60% 以上が壮齢人工林で発生し、3 流域合計でも同様な傾向が見られた。したがって、当地域においては、壮齢人工林での崩壊地点数が多いので、竜串湾のサンゴ群集への負荷を考えた場合には、そこでの負荷軽減へ向けた対策を考える必要がある。

表 2 - 4 人工林の齢級区分別崩壊地点数の分布

人工林の齢級区分	三崎川		西の川		宗呂川		3 流域合計	
	崩壊地点数	割合	崩壊地点数	割合	崩壊地点数	割合	崩壊地点数	割合
幼齢		0%	6	10%	14	8%	20	8%
若齢	3	20%	9	16%	4	2%	16	7%
壮齢	6	40%	35	60%	108	65%	149	63%
流域全体	15	100%	58	100%	165	100%	238	100%

幼齢林は樹高 3m 未満、若齢林は樹高 3～10m、壮齢林は樹高 10m 以上とした。

こうした傾向について、当地域の森林・林業に造詣の深い高知大学農学部の依光教授にご意見を伺った。以下にその抜粋を示す。

「西南豪雨による土佐清水での被害拡大の要因 森林の状態について」

崩壊を起こした森林の所見

- a . 林間沢筋に土砂が堆積しており、これが流出して崩壊を引き起こしたと考えられる（沢抜け）。
- b . 20年生程度の人工林で特に顕著に見られた。これらの林では、根系の土壌緊縛力が弱かったようだ。
- c . 同程度の林齢の林でも、広葉樹天然林では大きな崩壊は少なかった。これは、その前身在が萌芽更新によっていて、根系の土壌保持が保たれた可能性がある。

原因として考えられること

- a . 土佐清水周辺では大雨が少なく沢筋に堆積している土砂量が多かったのではないか。
- b . 林床の光条件が悪く、土壌がむき出しになっている部分が多かったのではないか。
- c . 立木密度が高く、単木ごとの樹冠の発達と比例して根の発達が良くなかったのではないか。

背景として考えられること

- a . 1950～70年代の材価高騰時に増大した人工林が、その後の材価低迷により間伐等の手入れが遅れている。
- b . 特に高知県では、シイ群系上部～モミ・ツガ群系～ブナ群系下部まで人工林化が進んだ。
- c . 林床の光条件を考えると強度の間伐が必要だが、1～2割程度の間伐しか行われなかった可能性がある。

対策として考えられること

- a . 沢筋に堆積した土砂の、流出を止める簡単な手法は、おそらくない。
- b . 強度の間伐（3～4割で10年間隔）を行い、林床植生を発達させる。
- c . 複層林施業も有効。
- d . 沢筋は天然林に誘導する。
- e . 根本的には、間伐等の手入れを確保するための、社会的側面へ踏み込んだ手だてが必要ではないか。

2 - 2 . 土砂流入量の推定

竜串湾への土砂流入量について、流入河川水の浮遊物質（SS）から推定する。

SSは水中に懸濁している2mm以下の不溶性物質の総称であり、粘土性鉱物由来の微粒子、植物プランクトンとその死骸、その他の有機物や金属の沈殿等も含まれる。集中豪雨等により極端に河川の流量が増加した場合には、SSとして定義される粒子サイズ以上の物質も容易に流出し、竜串湾内に流入するものと推測されるが、本推定ではあくまでもSS値をもとに算出した土砂流入量を示す。

1 . 流入量の推定の方法

宗呂川と三崎川を除く小河川からの竜串湾へのSSの流入量は、毎月のSS調査結果から次の式により日負荷量を求め、更に月日数を乗じて月負荷量を算出した。

$$\text{濃度}[\text{mg/l}] \times \text{流量}[\text{m}^3/\text{S}] \times 60 \times 60 \times 24/1000 = \text{日負荷量}[\text{kg/日}]$$

$$\text{負荷量}[\text{kg/日}] \times \text{月日数} = \text{月負荷量}[\text{kg/月}]$$

ただし、比較的大きな河川である宗呂川と三崎川では、流量変動に応じて負荷量も変動すると考えられるため、次の方法で両河川の日流量および月負荷量を推定した。

(1) 宗呂川、三崎川の日流量の推定方法

一般に、河川の連続的な流量は、観測された水位（H）と流量（Q）との関係を示す曲線（水位流量曲線）で求められる関係式を用いて、連続的に測定されている水位から推定される。通常、流量の平方根（ \sqrt{Q} ）と河川水位（H）は直線近似できることが知られており、水位流量曲線は $Q=a(H+b)^2$ の形で表されることが多い（国土交通省 2002）。

本調査では、潮汐の影響を受けず、調査地域に最も近い四万十川の津野川水位観測所（国土交通省設置）の水位の連続観測データを用いて、宗呂川、三崎川の実測流量との相関を求め、それぞれの日平均流量を推定した。

(2) 宗呂川、三崎川の月負荷量の推定

一般に、年間を通した河川の流量データが得られる場合は、L - Q式（ $L=aQ^b$ ）と呼ばれる流量（Q） - 負荷量（L）相関式を用いて日負荷量を求め、1年間積算することで年間負荷総量を算出する（流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説，建設省都市局下水道部監修 1999）。宗呂川および三崎川については、実際の測定結果からL - Q式を導き、日流量とL - Q式を用いて求めた日負荷量を月毎に集計し月負荷量とした。両河川のSSのL - Q式は次のとおりである。

$$\text{宗呂川} : L_{SS} = 0.2392Q^{0.8379}$$

$$\text{三崎川} : L_{SS} = 0.0045Q^{0.7840}$$

2 . SS 推定流入量

前述の推定方法を用いて算出した SS の流入量は表 2 - 5 に示すとおりである。

調査を行った6ヶ月間に、竜串湾へ流入したと推定される SS の量は、約 780 トンである。このうち、772 トン (99%) は宗呂川から流入した SS 量であり、河川工事による汚濁が強く影響していると考えられる。

表 2 - 5 . 調査期間中の竜串湾への SS の推定流入量(kg/月)

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
三崎川	1100.0	1700.0	700.0	100.0	110.0	4400
ヒエンダ川	18.0	20.0	64.0	6.1	1.1	75.0
愛宕川	1.7	1.5	36.0	2.1	0.3	12.0
海洋館排水路	30.0	39.0	95.0	39.0	36.0	36.0
爪白川	5.8	2.6	71.0	6.6	2.7	0.3
井手口川	73.0	67.0	650.0	56.0	63.0	28.0
西ヶ谷川	17.0	29.0	160.0	4.8	1.5	8.8
水谷川	23.0	27.0	180.0	2.4	2.3	1.3
遠奈路川	1.1	19.0	1200.0	7.3	2.9	5.3
宗呂川	200000.0	300000.0	130000.0	29000.0	29000.0	84000.0
合計	201269.6	301905.1	133156.0	29224.6	29219.8	84606.7

なお、竜串湾への各汚濁・汚染物質の流入負荷量については、2 - 4 の考察でも述べる。

2 - 3 . 湾内への流出土砂の拡散状況

西南豪雨直後の竜串湾内の状況と、本年の状況を比較するために、空中写真撮影による湾内の土砂拡散状況の比較を行った。本年度は、豪雨・雨台風が少なかったため、静穏時の状況を記録した。

図 2 - 24 に、西南豪雨直後の空中写真による竜串湾内の土砂の拡散状況を示した。三崎川から流入した土砂が湾内に流入している様子が見て取れる。写真の色調で黄緑褐色に示されている弁天島から西側の土砂は、三崎川からのものか、宗呂川からのものかは、この写真では判断できない。

図 2 - 25 に、2003 年 10 月に撮影した竜串湾の状況を示した。降雨等の影響のない静穏時と考えられる。目立つ濁りは、宗呂川の河川改修工事によると考えられるもののみで、下川口の湾口に限定されている。今後は、濁水が竜串湾に流入している際の状況を捉え、湾内の潮流に関する分析結果を踏まえ、堆積箇所等の推定を行う必要がある。

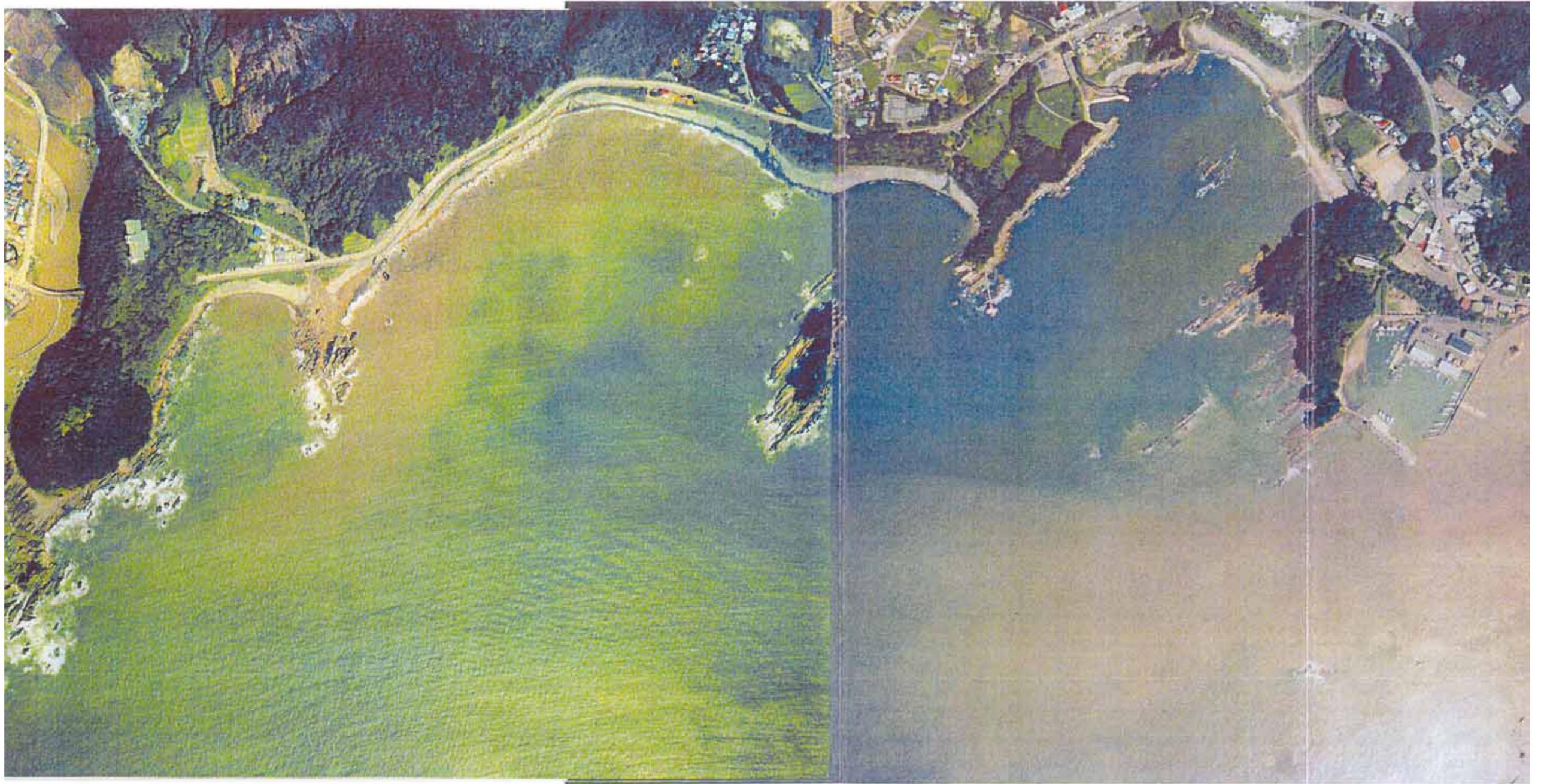


図 2 - 2 3 西南豪雨直後の竜串湾空中写真

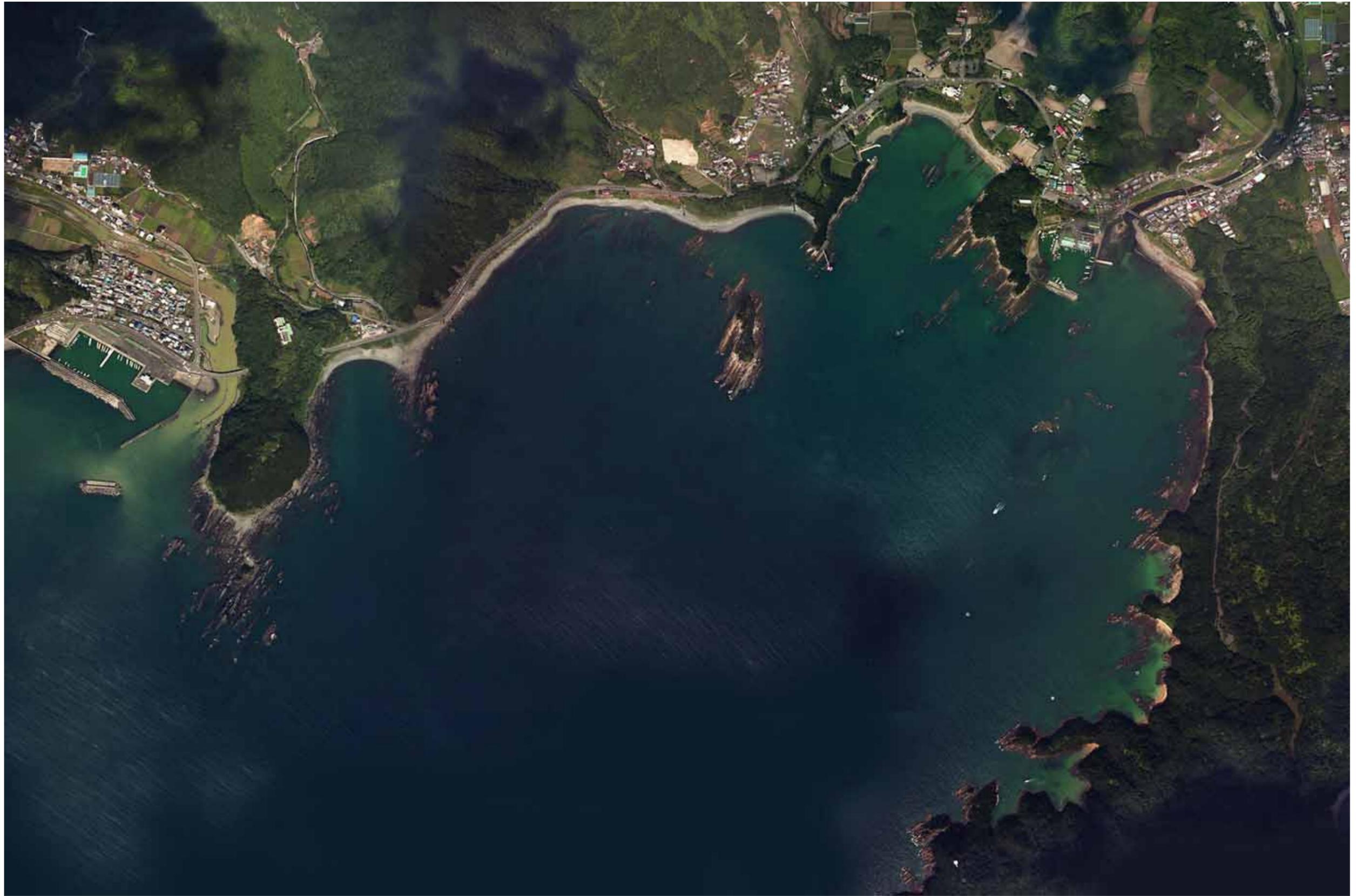


図 2 - 2 4 2003 年 10 月の竜串湾の空中写真

2 - 4 . 流入河川の水質の把握

1 . 目的

竜串湾へ流入する汚濁負荷量を把握し、湾内水質や生物への影響を検討するための基礎資料を得ることを目的として定期水質調査を月に1回実施した。

2 . 調査期間

平成15年度水質調査は平成15年10月から平成16年3月の6ヶ月間実施した。

調査を実施した期間は次の通りである。

10月：平成15年10月21日～22日

11月：平成15年11月18日～19日

12月：平成15年12月11日～12日

1月：平成16年1月19日～20日

2月：平成16年2月12日～13日

3月：平成16年3月10日～11日

3 . 調査方法

(1) 調査地点

調査は図2-25に示す10河川(宗呂川・遠奈路川・水谷川・西ヶ谷川・井手口川・爪白川・海洋館排水路・愛宕川・ヒエンダ川・三崎川)で行った。三崎川、宗呂川は二級河川で河川類型AA*¹に指定された河川であり、その他は小規模な河川である。調査期間中、平日の9:00～17:00の間、宗呂川では河川改修工事が行われていた。また、海洋館排水路は正式名称のない川であり、海洋館上流部から竜串湾に流入する自然の小河川であるが、便宜的に「海洋館排水路」と名づけた。

*¹環境基本法として定められた水質汚濁に係る環境基準であり、水域の利用目的に応じた水素イオン濃度、生物化学的酸素要求量、浮遊物質濃度、溶存酸素量、大腸菌群数の基準値によりAA～Eまでの6類型に区分される。類型AAは類型の中で各基準値が最も低く、自然環境保全(自然探勝等の環境保全)、水道1級(ろ過等による簡易な浄水操作を行う)に適応がある(付属資料(5)参照)。



図 2 - 2 5 調査地点図

(2) 調査項目等

各調査河川では、平成 15 年 10 月から平成 16 年 3 月までの間、毎月 1 回(計 6 回)採水と流量観測を行った。河川水は原則として直接容器へ採水したが、水深が浅い場合は柄杓を用いて採水した(図 2 - 26、2 - 27)。持ち帰った採取水は化学的酸素要求量、浮遊物質、大腸菌群数、総窒素、総リン、陰イオン界面活性剤について水質分析を行った(表 2-6：付属資料(1))。

なお、各分析値は 1 日の間に大きく変動することが一般に知られている。そのため、平均的な値を把握するため、11:00 と 17:00 の前後 1 時間を目安として調査を実施した。ただし、三崎川、宗呂川については、流量が大きく、負荷の時間変動が小さいと考えられるため、調査時刻は特に定めなかった。なお、河川改修工事が行われている宗呂川では工事による影響を把握するため、工事時間中と工事始業前(早朝)の 2 回採水と流量観測を行った。流量観測は、建設省河川局(1997b)に準拠して行い、流速は微速用広井電気式流速計を用いて測定した。

表 2 - 6 . 水質分析項目と分析方法

分析項目	試料の前処理	分析方法	単位	定量下限値	最小単位	有効数字
化学的酸素要求量 (COD)	冷却・暗所保存	河水 10.3.1 COD _{MN} 法	mg/l	0.5	少数1位	3桁
浮遊物質(SS)	冷却・暗所保存	河水 11-1.3.1 GFP 濾過法	mg/l	1	1位	3桁
大腸菌群数	滅菌ビンに採取、 冷却・暗所保存	河水 59-2.3.1 BGLB 培地直接 MPN 法	MPN/100ml	0	-	2桁
総窒素(T-N)	冷却・暗所保存	河水 53-6.3.1 ペルオキシ二硫酸カリウム分解 - 紫外線吸光度法	mg/l	0.05	少数2位	3桁
総リン(T-P)	冷却・暗所保存	河水 54-3.3.1 ペルオキシ二硫酸カリウム分解 - 紫外線吸光度法	mg/l	0.005	少数3位	3桁
陰イオン界面活性剤	ガラスビンに採取、 冷却・暗所保存	河水 23.3.2 エチルバイオレット吸光度法	mg/l	0.005	少数3位	3桁

注) 『河川水質試験法(案)1997年版』(建設省河川局監修、建設省建設技術協議会水質連絡会・財団法人河川環境管理財団編)より



図 2 - 2 6 採水方法 (直接採水 (左) と柄杓による採水 (右))



図 2 - 2 7 流量観測状況

4. 調査結果

(1) 採水時の河川の状況

採水時の河川の状況(天候・水深・流量・水温・透視度)を表2-7に示す。6ヶ月間にわたり、三崎川と宗呂川を除く河川では水深が極めて浅く、採水予定地点の水深が10cmに満たない場合もあった。この場合は、採水可能な地点まで移動して採水を行った。また、平成15年10月の調査時の河川の景観を図2-28～図2-37に示す。

表2-7. 採水時の河川の状況

		三崎川	ヒエング 川	愛宕川	海洋館 排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
天候	10月	晴	晴	晴	晴	晴	曇	曇	曇	曇	曇	曇
	11月	晴	晴	晴	晴	晴	曇	曇	曇	曇	晴	曇
	12月	晴	晴	晴	晴	晴	雨	雨	雨	雨	雨	晴
	1月	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
	2月	曇り	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	曇り	晴
	3月	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り
全水深 (m)	10月	0.4	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.0	0.7	0.7
	11月	0.6	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.9	0.8
	12月	0.6	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.1	1.1
	1月	0.14	0.07	0.05	0.06	0.06	0.18	0.03	0.17	0.10	0.95	0.75
	2月	0.31	0.06	0.11	0.10	0.05	-	0.01	0.13	0.05	0.58	0.60
	3月	0.10	0.06	0.08	0.07	0.04	0.01	0.04	0.13	0.11	0.60	0.61
流量 (m ³ /S)	10月	0.580	0.001	0.000	0.003	0.003	0.007	0.005	0.002	0.004	1.400	1.100
	11月	0.390	0.003	0.000	0.009	0.001	0.008	0.007	0.003	0.012	1.400	1.000
	12月	0.930	0.006	0.008	0.010	0.019	0.019	0.019	0.011	0.091	2.000	2.200
	1月	0.038	0.002	0.001	0.009	0.004	0.006	0.004	0.001	0.003	0.480	0.320
	2月	0.022	0.001	0.000	0.017	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002	0.230	0.220
	3月	0.042	0.005	0.003	0.011	0.000	0.004	0.001	0.001	0.004	0.300	0.250
水温 ()	10月	19.6	22.2	21.3	22.0	22.3	22.2	21.6	20.0	23.8	23.0	23.1
	11月	18.6	16.7	15.6	17.0	16.8	17.9	18.0	16.3	18.0	19.1	18.8
	12月	13.3	12.3	11.8	12.5	12.5	14.4	14.4	12.8	13.5	17.1	15.7
	1月	13.2	13.4	8.4	8.8	9.7	10.2	10.2	8.4	9.2	16.1	15.2
	2月	13.8	14.5	11.4	10.8	11.0	13.4	12.9	7.4	8.8	15.8	14.2
	3月	16.1	15.3	15.0	14.3	12.2	14.0	15.5	11.2	12.9	16.6	15.6
透視度 (度)	10月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	4	>50
	11月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	5	>50
	12月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	22	>50
	1月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	12	>50
	2月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	7	>50
	3月	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	4	>50

宗呂川では、工事の有無別に測定値を集計し、河川工事中のデータを「工事あり」欄に、工事休止中のデータを「工事なし」欄に示す。外観は宗呂川(工事あり)で「茶濁」していた他は、全て「無色透明」であり、臭気はいずれも「無臭」であった。



図 2 - 2 8 宗呂川



図 2 - 2 9 遠奈呂川



図 2 - 3 0 水谷川



図 2 - 3 1 西ヶ谷川



図 2 - 3 2 井手口川



図 2 - 3 3 爪白川



図 2 - 3 4 海洋館排水路



図 2 - 3 5 愛宕川



図 2 - 3 6 ヒエングダ川



図 2 - 3 7 三崎川

(2) 各調査項目の測定結果

各月の各項目測定値は付属資料 (3) に示すが、以下に調査期間中の変動様相を示す。

化学的酸素要求量 (COD)(図 2 - 3 8)

三崎川、宗呂川 (工事なし) については平均して 1mg/l を下回っており、河川類型 AA の基準 (1mg/l 以下) を満たしていた。宗呂川の工事中の河川水は工事の影響で若干 COD が大きくなっているが、工事による濁りは無機成分が主体であるためか、COD としてはそれほど問題となる汚濁ではない。一方、ヒエングダ川、井手口川は平均値が 5mg/l を超えており、かなり汚濁している。ヒエングダ川の周囲には観光施設が集中しており、また、井手口川の上流には小規模な集落があることから、それぞれ、事業所排水や生活排水等の人為的影響があるものと考えられる。

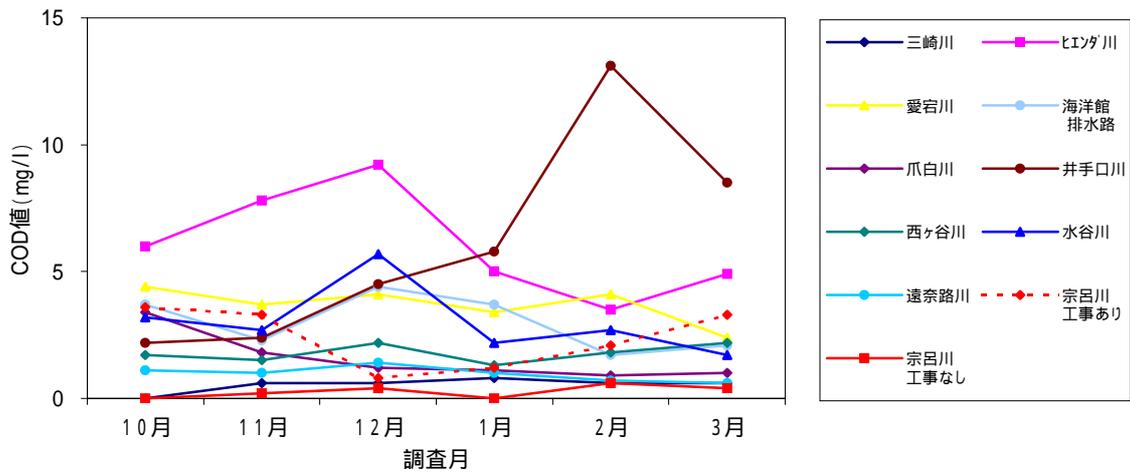


図 2 - 3 8 竜串湾内に流入する河川の COD 値 (mg/l)

浮遊物質量 (SS) (図 2 - 39)

三崎川では全期間にわたり 1.0mg/l 未満であり最も低い値を示した。小河川での平均値を比較すると 0.8~5.8mg/l となり、河川によって測定値に大きなばらつきが見られた。宗呂川では工事实施中の値は平均で 114.7mg/l となり工事を行っていない時間帯(平均 6.0mg/l)の約 19 倍の濃度となった。これは水産用水基準で定められた人為的に加えられる SS の基準値である 5mg/l をはるかに超えた。また、工事休止時でも小河川で最も SS 値が高い井出口川と同程度の濃度を示した。全体的には工事中の宗呂川を除く、全ての地点で河川類型 AA の基準値 (25mg/l 以下) 以下であった。

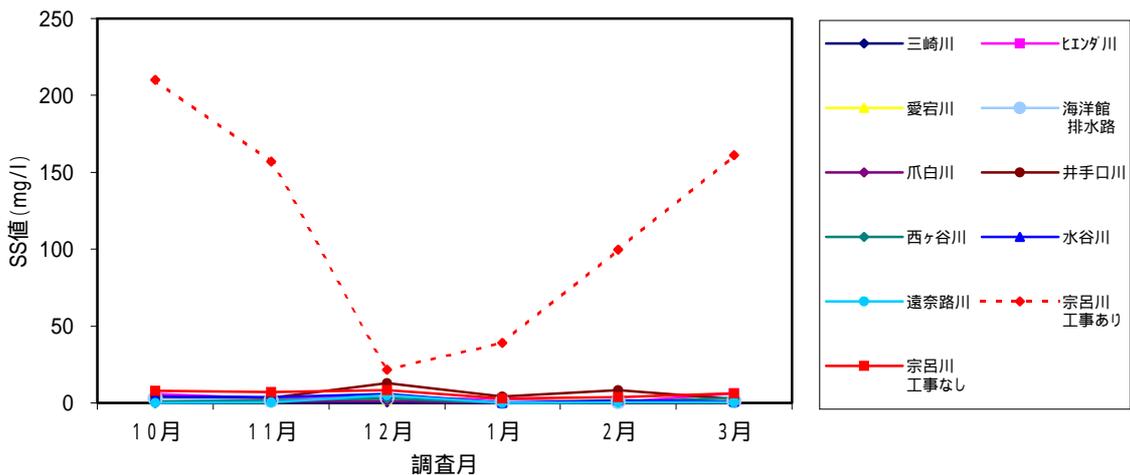


図 2 - 3 9 竜串湾内に流入する河川の SS 値 (mg/l)

大腸菌群数 (図 2 - 40)

三崎川と宗呂川 (工事無し) では平均で 1500MPN/100ml 前後であり、小河川の値と比べると低い値となった。小河川では三崎川や宗呂川に比べ大腸菌群数値が高く、特にヒエンダ川と井手口川では平均で 21150MPN/100ml と全期間を通して最も高い値を示した。

なお工事中の宗呂川の値は、工事を実施していない時の値の約 3.5 倍となった。

環境基準 AA 類型の指定を受けている三崎川、宗呂川を含む全ての地点で 50MPN/100ml (河川類型 AA の基準値) を超えていた。ヒエンダ川、海洋館排水路、井手口川においては他の地点に比べて明らかに高い値を示しており、その他の水質項目も汚濁傾向を示していることから、生活排水等の流入による人為的な汚染を意味するものと思われる。

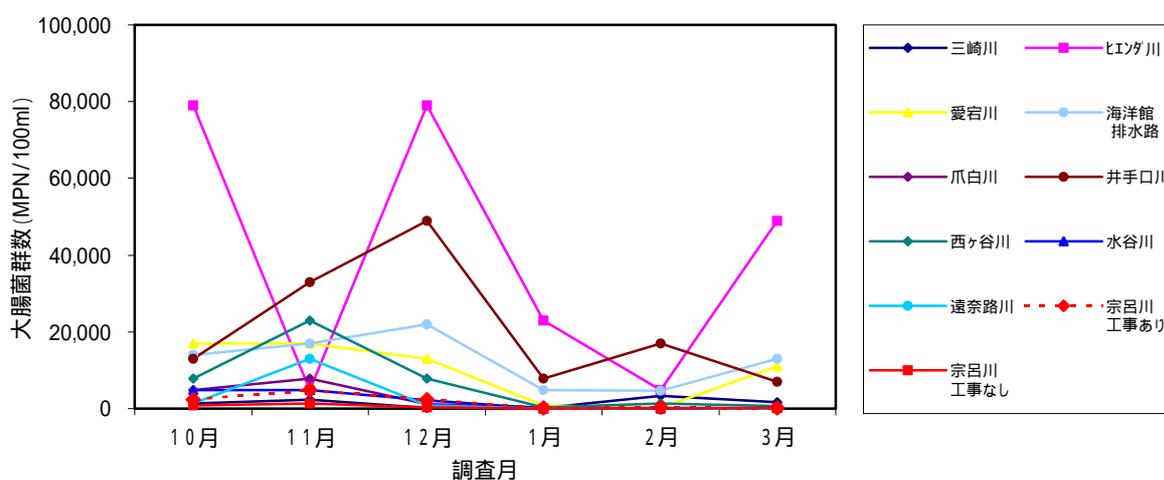


図 2 - 40 竜串湾内に流入する河川の大腸菌群数 (MPN/100ml)

総窒素 (図 2 - 41)

すべての地点で、貧栄養河川の指標である 0.15mg/l を超えており、全体的に若干富栄養な状態にあることが示唆された。特に、ヒエンダ川の平均値は 2.86mg/l であり、最も総窒素が高い地点であった。このことは、COD と共通しており、観光施設等からの排水の影響であると考えられた。その他、爪白川、海洋館排水路、愛宕川等でも値が大きかった。

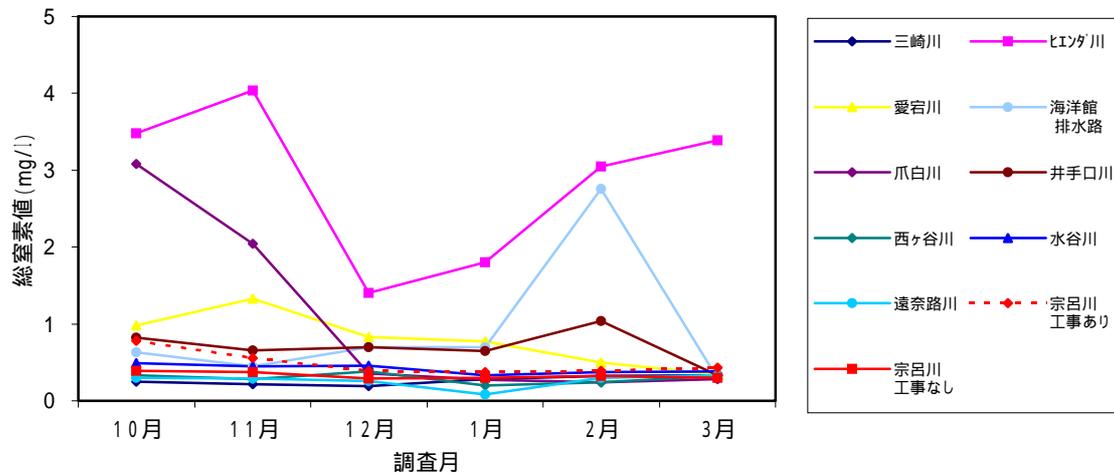


図 2 - 4 1 竜串湾内に流入する河川の総窒素値 (mg/l)

総リン (図 2 - 42)

三崎川、水谷川、遠奈路川で、貧栄養河川の指標である 0.02mg/l 以下であったが、期間を通してヒエンダ川が突出して高い値 (平均値 0.283mg/l) を示した。ヒエンダ川については、COD や総窒素と共通しており、観光施設等からの排水の影響であると考えられた。宗呂川の工事中の総リンが大きかったのは、工事による濁水の影響であると考えられる。

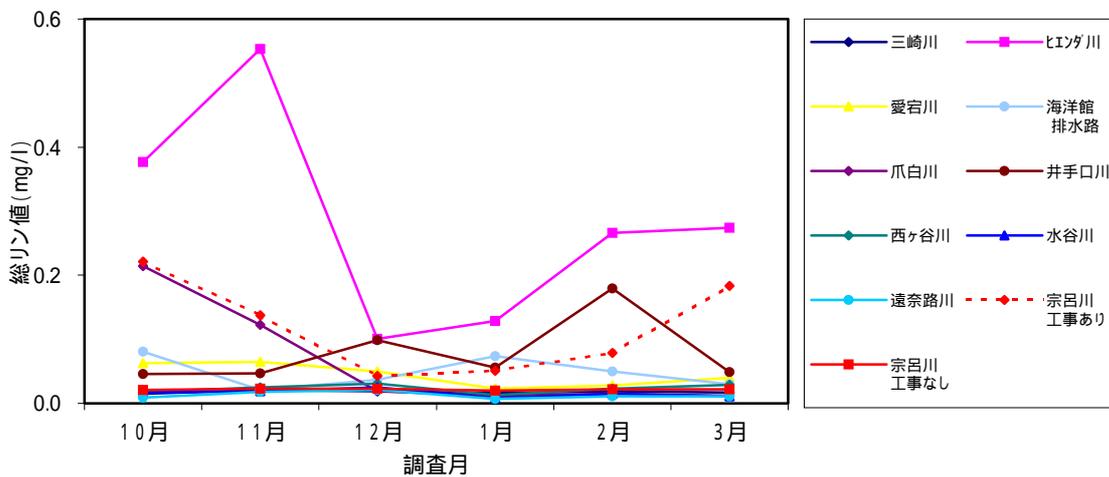


図 2 - 4 2 竜串湾内に流入する河川の総リン値 (mg/l)

陰イオン界面活性剤（図 2 - 43）

ヒエンダ川、海洋館排水路、井手口川、愛宕川では他の河川に比べて値が高く、水産用水基準値*2である 0.05mg/lを超えていた。特に、ヒエンダ川では平均値が 0.683mg/lで他の地点と比べて大きく突出していた。その他の地点については、それほど問題となる濃度ではなく、生活排水等の影響は少ないものと思われた。この傾向は、次に示した大腸菌群数の傾向とほぼ一致した。ヒエンダ川については、その他の水質項目も著しい汚濁傾向を示しており、観光施設等からの排水が汚濁に大きく寄与していると考えられる。

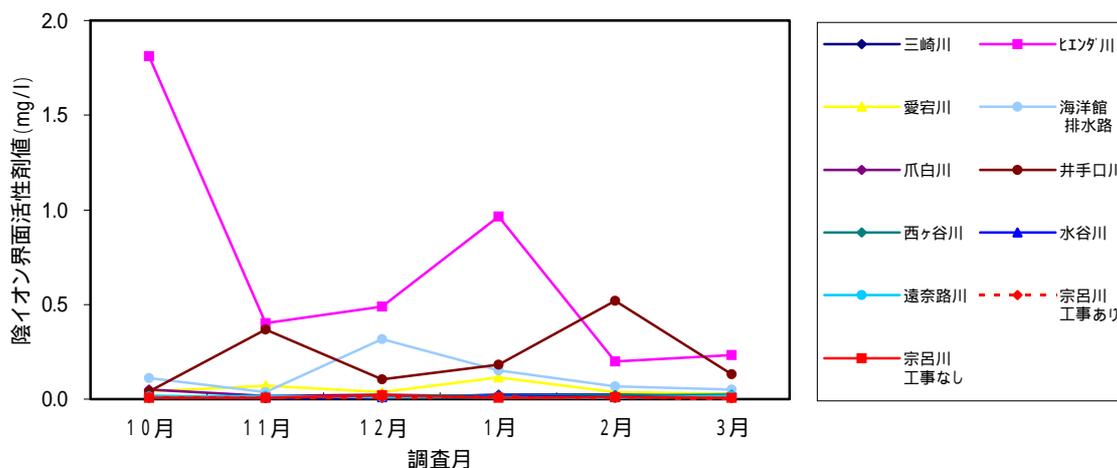


図 2 - 4 3 竜串湾内に流入する河川の陰イオン界面活性剤値 (mg/l)

5. 考察

(1) 河川の状態

三崎川と宗呂川

平成 14 年度に高知県が県内の主要河川で実施している定点観測では、河川類型 AA に指定されている三崎川と宗呂川の生物化学的酸素要求量 (BOD) 値はどちらも 0.5mg/l 以下であり、両河川は県内河川ベスト 7 の河川であると評価されている。本調査では BOD の代わりに COD による酸素要求量を測定しているが、この値も同様に低く、両河川で有機物混入量が少ないことがわかった。

公共用水域水質測定における宗呂川と三崎川の定点観測の結果でも同様に、両河川の BOD 値と SS 値は安定して低い値を示している。

現在、宗呂川の調査地点の上流では河川改修工事が行われており、工事実施中の測定値は、工事を休止中のそれに比べ、COD、SS、大腸菌群数で顕著に高い値を示した。特に SS

*2 日本水産資源保護協会が刊行する「水産用水基準」で示された水産生物の生産基盤として水域の望ましい水質条件。

値は、工事を休止している時間帯でも比較的高い値を示していたので、河川汚濁に関して監視が必要と思われる。なお、大腸菌群数が工事中に高くなったのは、工事により流入した土壌に付着していた細菌類がカウントされたものと思われる。

四国の清流と呼ばれる四万十川の水質年間平均値（平成 9 年から平成 13 年）を見ると、COD が 1.1～2.0mg/l、SS が 1.0～2.0mg/l、大腸菌群数が 760～7900MPN/100ml である（国土交通省 Web サイトより）。三崎川の水質は、これらの値と同程度に汚染の少ない河川であると言える。

その他の小河川

小河川の結果を見ると、いずれの測定項目についても三崎川、宗呂川よりも高い値となっている。これは、水量がきわめて少ないのに加え、小河川の流域から流入する生活排水等の影響を直接受けるためと考えられる。特にヒエンダ川では、SS を除く全項目について最も高い値となった。しかし、これらの小河川では流量が少ないため、竜串湾へ流れ込む汚濁・汚染物質の負荷量としては三崎川や宗呂川と比較すると際だって高い値とは言えない。

(2) 竜串湾への汚濁・汚染物質の負荷量

各河川から流出する汚濁物質等の竜串湾への負荷量について考察する。

負荷量は毎月の調査結果をもとに求めた。負荷量とは、特定の水質項目についての単位時間当たりの排出量である。ある水質項目の濃度[mg/l]と流量[m³/s]を用いて、1日当たりに河川から海域へ排出される負荷量[kg/]が求められる。

$$\text{濃度}[\text{mg/l}] \times \text{流量}[\text{m}^3/\text{s}] \times 60 \times 60 \times 24 / 1000 = \text{負荷量}[\text{kg/}]$$

比較的大きな河川である宗呂川と三崎川では、流量変動に応じて負荷量が増加すると考えられるため、次に示す方法により日単位で負荷量を求め、それらを合計することで月負荷量を算出した。それ以外の小河川については生活系の負荷が主体で、流量の増加による影響は少ないと考えられるため、各月の観測データをその月の平均的な負荷として日負荷を求め、単純に日数を乗じて月負荷量とした。

一般に、観測された水位(H)と流量(Q)との関係を示す曲線を水位流量曲線と呼び、この関係式を用いて連続的に測定されている水位から、連続的な流量を推定する。通常、流量の平方根(Q)と河川水位(H)は直線近似できることが知られており、水位流量曲線は $Q=a(H+b)^2$ の形で表記されることが多い(国土交通省 2002)。

本業務では、河川工事や潮汐の影響を受けていることから、有意な水位流量曲線は得られず、三崎川には水位観測所が設置されていないため、調査地域に最も近い四万十川の津野川水位観測所(国土交通省設置)の水位の連続観測データを用いて(図 2-44)、宗呂川

と三崎川との実測流量との相関を求め、それぞれの日平均流量を推定した。



図 2 - 4 4 津野川水観測所の位置

また、一般に、年間を通した流量データが得られる場合は、L - Q式 ($L=aQ^b$) と呼ばれる流量 (Q) - 負荷量 (L) 相関式を用いて日負荷量を求め、1 年間積算することで年間負荷総量を算出する (建設省都市局下水道部 1999)。宗呂川および三崎川については、実際の調査結果より水質項目別に L - Q式を導き、日流量と L - Q式を用いて、求めた日負荷量を月毎に集計し、両河川におけるそれぞれの項目の月負荷量を求めた。

宗呂川、三崎川の実測流量の平方根 (Q) と、調査時における四万十川の津野川水位観測所の水位との関係を図 2 - 45 に示した。

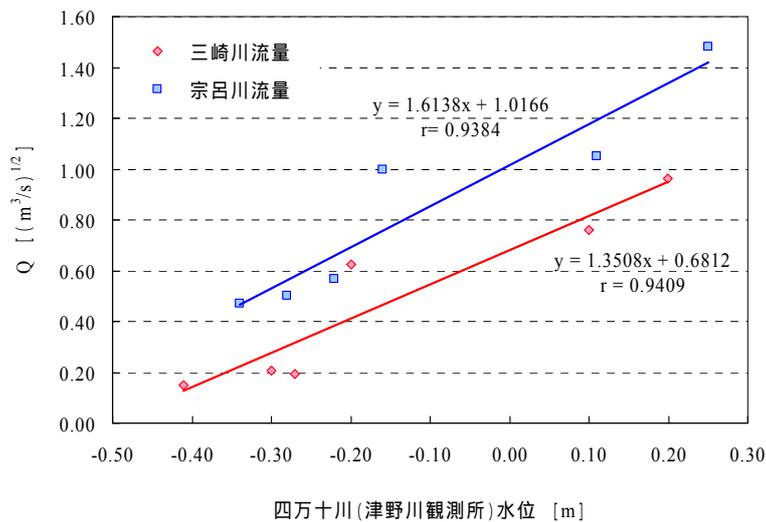


図 2 - 4 5 水位と流量の相関

得られた関係の相関係数はどちらも 0.9 以上あり、津野川の水位から宗呂川、三崎川の流量が推定可能であると考えられる。上記の結果より、次の水位流量曲線（H - Q 式）を作成した。

$$\text{宗呂川} : Q=2.604(H+0.6299)^2$$

$$\text{三崎川} : Q=1.825(H+0.5043)^2$$

Q : 流量 [m³/s] H : 水位 [m]

この関係式を用いて、宗呂川及び三崎川の連続的な日流量を推定した。
各水質項目の負荷量と流量の関係を図 2 - 46 に示す。

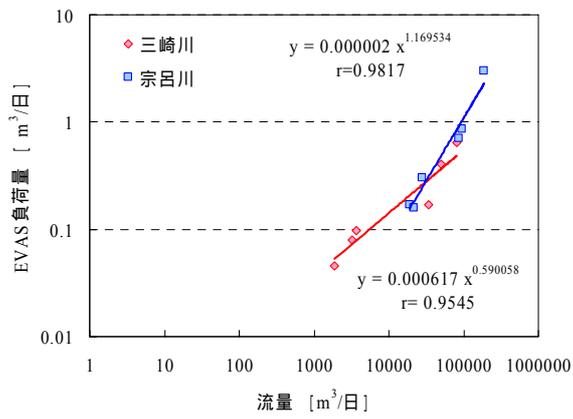
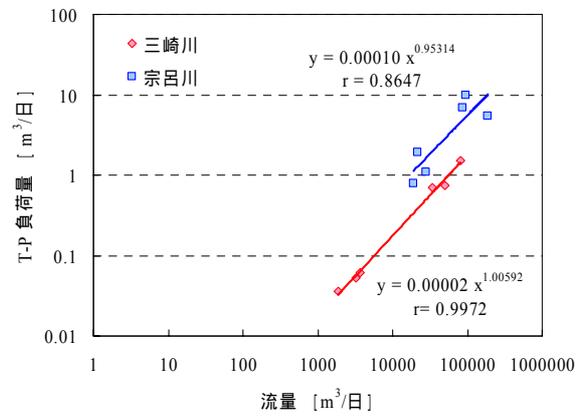
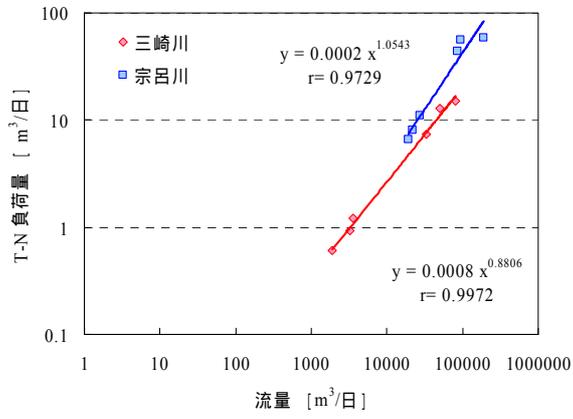
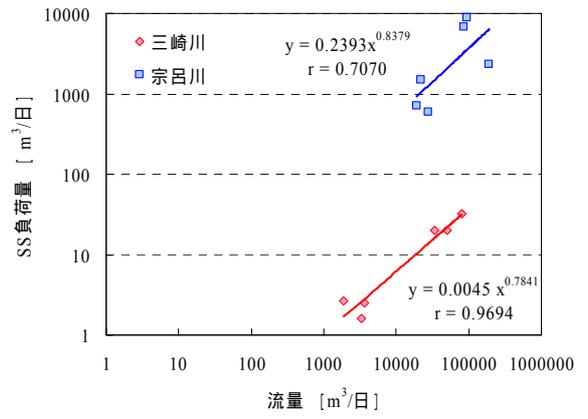
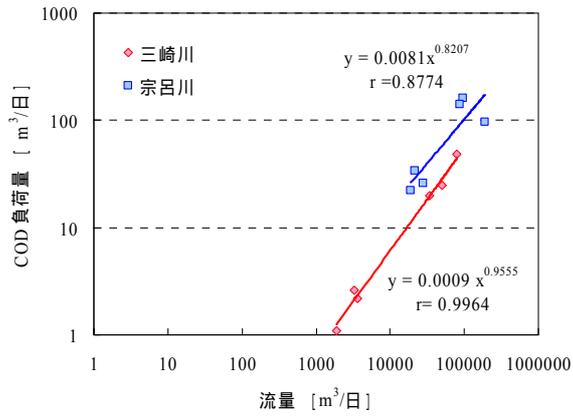


図 2 - 4 6 各水質項目についての負荷量と流量の相関

上記の結果より求めた、各水質項目についての宗呂川及び三崎川の L - Q 式を表 2 - 8 に示した。この L - Q 式を用いて求めた日流量より各水質項目についての日負荷量を推定した。

表 2 - 8 . 各水質項目についての L - Q 式

	宗呂川	三崎川
化学的酸素要求量(COD)	$L_{\text{COD}}=0.0081Q^{0.8207}$	$L_{\text{COD}}=0.0009Q^{0.9555}$
浮遊物質質量(SS)	$L_{\text{SS}}=0.2392Q^{0.8379}$	$L_{\text{SS}}=0.0045Q^{0.784}$
総窒素(TN)	$L_{\text{TN}}=0.0002Q^{1.0543}$	$L_{\text{TN}}=0.0008Q^{0.8806}$
総リン(TP)	$L_{\text{TP}}=0.000095Q^{0.9531}$	$L_{\text{TP}}=0.000017Q^{1.0059}$
陰イオン界面活性剤(EVAS)	$L_{\text{EVAS}}=0.000002Q^{1.1695}$	$L_{\text{EVAS}}=0.00062Q^{0.59}$

L : 負荷量 (kg/日)、Q : 流量 (m³/日)

以上の推定方法を用いて各測定項目の負荷量を算出した結果を、付属資料(4)に示す。各水質測定項目の推定負荷量の河川による違いについては、以下にその特徴を考察する。

化学的酸素要求量 (COD)

COD 負荷量は、宗呂川が最も大きく、次いで三崎川が大きかった。これに対し、その他の河川の負荷量はかなり小さく、竜串湾への総負荷量にはほとんど影響を与えていないものと考えられる。宗呂川では河川工事が負荷量に大きく影響していると考えられる。また、COD が低濃度であった三崎川においては、他の小河川に比べて流量が大きいため、負荷量としては比較的大きな値を示した。

浮遊物質質量 (SS)

SS の負荷量は、宗呂川が最も大きかった。これは明らかに工事による濁水の影響によるものと考えられる。また、COD 同様に、SS が低濃度であった三崎川においては、他の小河川に比べて流量が大きいため、負荷量としては比較的大きな値を示した。その他の河川についてはほとんど影響はない程度の負荷量であると考えられた。

総窒素

総窒素の負荷量は、宗呂川が最も大きく、次いで三崎川が大きかった。その他の河川の負荷量は小さかった。宗呂川では濃度としては、工事による影響はそれほど大きくないが、他の測定項目と同様に流量が大きいため、負荷量としては大きな値を示したと考えられる。三崎川においても同様に流量が多いため負荷量も多い結果となった。

総リン

総リンの負荷量は、宗呂川が最も大きく、次いで三崎川が大きかった。その他の河川の

負荷量は小さかった。宗呂川では他の測定項目と同様に流量が大きいため、負荷量としては大きな値を示したと考えられる。三崎川においても同様に流量が多いため負荷量も多い結果となった。

陰イオン界面活性剤

他の水質項目とは異なり、宗呂川、三崎川以外の河川でも負荷量は比較的大きかった。特にヒエンダ川、海洋館排水路、井手口川では流量が少ないものの、流量の多い三崎川の半分程度の負荷量となった。宗呂川、三崎川では濃度は小さいが、他の小河川に比べて流量が大きいため、負荷量としては大きな値を示したものと考えられる。

6．引用文献

国土交通省河川局監修(2002)平成14年版水文観測 第3回改訂版。(社)全日本建設技術協会,東京.

建設省河川局監修(1997a)河川水質試験法(案)1997年版-試験法編-,第1版.技報堂出版株式会社,東京.

建設省河川局監修(1997b)改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編,第1版.社団法人日本河川協会,東京.

建設省都市局下水道部監修(1999)流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説,第9版.(社)日本下水道協会,東京.

吉村信吉(1937)湖沼学,三省堂,東京.

7．付属資料

(1)分析項目とその評価について

化学的酸素要求量(COD)

COD(Chemical Oxygen Demand)は、BOD(生物的酸素要求量:Biochemical Oxygen Demand)と同じく、水中の有機物による汚濁を表す指標であり、酸化剤で一定の条件で試料水を処理し、どのくらい酸化されるものがあるかを示したものである。CODは有機物の分解過程で消費される酸素量と無機物の酸化過程で消費される酸素量があわせて表されている。また、BODには含まれない難生物分解性有機物による酸素消費量も含まれる。

環境基準、水産用水基準では、有機性汚濁の指標として、河川においてはBOD、湖沼及び海域においてはCODが用いられている。本調査は河川で行っているが、海域への負荷量を評価することを目的としているため、CODを測定している。したがって、本調査で測定されたCODを河川の基準と直接比較することはできないが、湖沼、海域等の基準を用いて、間接的に評価を行う。

湖沼における環境基準のAA類型は1mg/l以下であることから、1mg/lであればきわめて

清澄であると考えられる。また、水産用水基準では、アユの繁殖、生育には2~3mg/l以下であることが必要とされており、この範囲であれば生物の生繁殖、生育に問題がない程度であると考えられる。一方、5mg/lを超える場合は一般水生生物の生育に不適であり、有機性汚濁が著しいことをあらわすものと考えられる。

浮遊物質量 (SS)

浮遊物質量 (SS : Suspended Solids) とは水中に懸濁している不溶性物質のことである。1 μ mのフィルターを通過しないもので、2mm以下のものを指す。一般に、SSには粘土鉱物に由来する微粒子や、植物プランクトンとその死骸、下水、工場排水に由来する有機物や金属の沈殿等が含まれる。

河川におけるSSの環境基準はAA類型~B類型については25mg/l以下であり、水産用水基準でも同様に25mg/l以下(人為的に加えられるSSは5mg/l以下)であることとされている。

総窒素

水中に含まれる全ての窒素化合物(硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニウム態窒素、有機態窒素等)を粒子性、溶解性にかかわらず、合計したものを総窒素(TN: Total Nitrogen)としている。河川への窒素化合物の供給源には、山林、田畑からの流入、畜産排水、家庭下水、工場排水等があり、降水にも含まれることもある。窒素は植物の生育に不可欠な栄養素であるが、高濃度になると停滞した水域では富栄養化の原因となる。

総窒素の環境基準及び水産用水基準は河川においては設定されておらず、湖沼、海域に対して設定されている。本調査は河川で行っているが、湖沼や海域の基準を参考にして評価を行う。

湖沼における環境基準の類型は0.1mg/l以下であり、0.15mg/l以下のものを貧栄養湖としている(吉村 1937)ことから、これらの値より小さければほとんど問題がないと思われる。これ以上になると、若干富栄養な状態であると考えられ、さらに1mg/lを超えると、コイ、フナの生息にも適さない状態となり、環境保全上望ましくないと考えられる。

総リン

水中に含まれるリン化合物(オルトリン酸態リン、有機態リン等)を粒子性、溶解性にかかわらず、合計したものを総リン(TP: Total Phosphorus)としている。リンの負荷源としては、流出した土壌、森林や農地へ過剰に散布された肥料や農薬、家庭排水や工場排水及び畜産排水等がある。窒素と同様、植物の生育に不可欠な栄養素であるが、特に閉鎖性水域において富栄養化を引き起こす原因となる物質である。

総リンの環境基準及び水産用水基準は河川においては設定されておらず、湖沼、海域に対して設定されている。本調査は河川で行っているが、湖沼や海域の基準を参考にして評

価を行う。

湖沼における環境基準の 類型は 0.005mg/l 以下であり、0.02mg/l 以下のものを貧栄養湖している（1937，吉村）ことから、これらの値より小さければほとんど問題がないと思われる。これ以上になると、若干富栄養な状態であると考えられ、さらに 0.1mg/l を超えると、コイ、フナの生息にも適さない状態となり、環境保全上望ましくないと考えられる。

陰イオン界面活性剤

陰イオン界面活性剤とは洗剤等に含まれる化合物で、表面張力を低下させる性質（界面活性作用）を持つ界面活性剤のうち、界面活性を示す部分が陰イオン性のものの総称である。負荷源としては家庭排水や工場排水等がある。陰イオン界面活性剤は測定方法により検出されるものが異なるため、測定方法に応じた名称がある。本業務においては、陰イオン界面活性剤がエチルバイオレッドと反応して生じるイオン対を抽出して、その吸光度を測定し、陰イオン界面活性剤の濃度を求めた。この方法によって測定されたものは、エチルバイオレッド活性物質（EVAS）と呼ばれる。その他、メチレンブルー活性物質（MBAS）として陰イオン界面活性剤を表現する測定方法もある。

陰イオン界面活性剤については、環境基準が設定されていないが、水産用水基準では淡水域、海域ともに、検出されないこと（定量下限値 0.05mg/l において）とされている。したがって 0.05mg/l 以下であれば問題がないものと考えられる。陰イオン界面活性剤は他の水質項目と異なり、ほぼ完全に人為起源（特に生活排水起源）であるため、人為的な汚染の指標となるものと考えられる。

大腸菌群数

大腸菌群とは、大腸菌及び大腸菌ときわめてよく似た性質を持つ菌の総称である。また、大腸菌群数とは、大腸菌群を数で表したもので、検水 100ml 中の大腸菌群の最確数（MPN：Most Probable Number）で表される。大腸菌群は一般に人畜の腸管内に常時生息し、普通非病原性であるが、病原性のももある。水質試験における大腸菌群数試験は「この試験に陽性である水は、し尿の汚染を受けた可能性があり、その水の中には、赤痢菌や腸チフス菌等の病原微生物が存在する可能性を持つ」ことを判断するために行うものである。したがって、大腸菌群そのものが、直ちに衛生上有害というのではない。

河川における大腸菌群数の環境基準は AA 類型では 50MPN/100ml 以下、A 類型では 1000MPN/100ml 以下、B 類型では 5000MPN/100ml 以下とされている。ただし、大腸菌群の中に含まれる細菌の中には、動物の糞便由来以外に、土壌、植物等自然界に由来するものも多くある。また、清浄な河川ほど大腸菌群中に非糞便性の菌数が多い傾向にあり、清浄と思われる水域で基準値以上の大腸菌が検出されても、その値に対応した糞便汚染を意味しないことが多いとも報告されている（上野 1977）。

(2) 水質分析結果(平成15年10月~平成16年3月)

COD (mg/l)

	三崎川	ヒソダ川	愛宕川	海洋館 排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	<0.5	6.0	4.4	3.7	3.4	2.2	1.7	3.2	1.1	3.6	<0.5
11月	0.6	7.8	3.7	2.3	1.8	2.4	1.5	2.7	1.0	3.3	0.2
12月	0.6	9.2	4.1	4.4	1.2	4.5	2.2	5.7	1.4	0.8	0.4
1月	0.8	5.0	3.4	3.7	1.1	5.8	1.3	2.2	1.0	1.2	<0.5
2月	0.6	3.5	4.1	1.7	0.9	13.1	1.8	2.7	0.7	2.1	0.6
3月	0.6	4.9	2.4	2.1	1.0	8.5	2.2	1.7	0.6	3.3	0.4
平均	0.6	6.1	3.7	3.0	1.6	6.1	1.8	3.0	1.0	2.4	0.4

SS (mg/l)

	三崎川	ヒソダ川	愛宕川	海洋館 排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	<1	6.0	2.0	3.0	<1	4.0	1.0	4.0	<1	210.0	8.0
11月	0.6	3.1	1.4	1.5	1.0	3.3	1.6	3.7	0.6	157.0	7.0
12月	0.4	3.8	1.7	3.5	1.4	12.7	3.1	6.0	5.0	21.5	8.1
1月	<1	2.0	1.0	1.0	<1	4.0	<1	<1	<1	39.0	3.0
2月	1.4	0.5	1.3	0.7	0.4	8.4	0.6	1.5	0.5	99.6	3.8
3月	0.7	6.1	1.8	1.1	0.3	2.6	3.2	1.0	0.6	161.0	6.2
平均	0.8	3.6	1.5	1.8	0.8	5.8	1.9	3.2	1.7	114.7	6.0

大腸菌群 (MPN/100ml)

	三崎川	ヒソダ川	愛宕川	海洋館 排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	1300	79000	17000	14000	4900	13000	7900	4900	1300	2300	790
11月	2300	4900	17000	17000	7900	33000	23000	4900	13000	4900	1300
12月	220	79000	13000	22000	1100	49000	7900	2200	790	2300	330
1月	230	23000	790	4900	330	7900	330	46	8	140	79
2月	3300	4900	130	4600	33	17000	1400	33	110	330	230
3月	1700	49000	11000	13000	70	7000	700	170	17	230	130
平均	1508	39967	9820	12583	2389	21150	6872	2042	2537	1700	477

総窒素 (mg/l)

	三崎川	ヒソダ川	愛宕川	海洋館 排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	0.25	3.48	0.98	0.63	3.08	0.82	0.33	0.49	0.30	0.78	0.39
11月	0.22	4.04	1.33	0.45	2.04	0.66	0.28	0.45	0.29	0.56	0.37
12月	0.19	1.40	0.83	0.70	0.36	0.70	0.38	0.46	0.26	0.39	0.29
1月	0.28	1.80	0.77	0.70	0.27	0.65	0.20	0.33	0.08	0.37	0.30
2月	0.32	3.05	0.50	2.76	0.24	1.04	0.24	0.37	0.30	0.39	0.32
3月	0.33	3.39	0.34	0.29	0.28	0.33	0.32	0.38	0.33	0.43	0.30
平均	0.27	2.86	0.79	0.92	1.05	0.70	0.29	0.41	0.26	0.49	0.33

総リン (mg/l)

	三崎川	ヒエンダ川	愛宕川	海洋館排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	0.015	0.377	0.063	0.081	0.214	0.046	0.018	0.017	0.009	0.221	0.021
11月	0.021	0.553	0.065	0.021	0.123	0.047	0.025	0.019	0.018	0.138	0.023
12月	0.019	0.101	0.050	0.037	0.019	0.099	0.031	0.025	0.021	0.043	0.023
1月	0.016	0.129	0.023	0.074	0.012	0.056	0.013	0.008	0.007	0.051	0.020
2月	0.019	0.266	0.028	0.050	0.015	0.179	0.023	0.015	0.011	0.079	0.022
3月	0.017	0.274	0.040	0.030	0.012	0.049	0.029	0.011	0.011	0.183	0.022
平均	0.018	0.283	0.045	0.049	0.066	0.079	0.023	0.016	0.013	0.119	0.022

陰イオン界面活性剤 (mg/l)

	三崎川	ヒエンダ川	愛宕川	海洋館排水路	爪白川	井手口川	西ヶ谷川	水谷川	遠奈路川	宗呂川 工事あり	宗呂川 工事なし
10月	0.008	1.810	0.040	0.111	0.050	0.042	0.018	0.012	0.013	0.009	0.008
11月	0.005	0.403	0.071	0.038	0.018	0.368	0.011	0.010	0.016	0.009	0.006
12月	0.008	0.489	0.037	0.317	0.023	0.106	0.016	0.011	0.011	0.010	0.019
1月	0.024	0.966	0.114	0.153	0.013	0.181	0.021	0.018	0.011	0.014	0.006
2月	0.024	0.198	0.037	0.067	0.020	0.521	0.019	0.011	0.007	0.007	0.010
3月	0.027	0.232	0.027	0.050	0.015	0.132	0.023	0.015	0.017	0.005	0.008
平均	0.016	0.683	0.054	0.123	0.023	0.225	0.018	0.013	0.013	0.009	0.010

(3) 各項目の月推定負荷量

COD 負荷量(kg/月)

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
宗呂川	5100.0	7700.0	3400.0	830.0	830.0	2300.0
遠奈呂川	12.0	31.0	340.0	9.1	4.0	5.3
水谷川	19.0	20.0	170.0	5.9	4.1	2.1
西ヶ谷川	23.0	27.0	110.0	13.0	4.5	6.1
井手口川	41.0	49.0	230.0	90.0	98.0	92.0
爪白川	25.0	4.7	61.0	10.0	6.1	1.0
海洋館排水路	30.0	55.0	120.0	88.0	79.0	63.0
愛宕川	4.0	3.8	88.0	5.5	1.0	16.0
ヒエンダ川	19.0	51.0	160.0	20.0	7.9	60.0
三崎川	1900.0	3500.0	990.0	87.0	110.0	620.0

SS 負荷量

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
宗呂川	200000.0	300000.0	130000.0	29000.0	29000.0	84000.0
遠奈呂川	1.1	19.0	1200.0	7.3	2.9	5.3
水谷川	23.0	27.0	180.0	2.4	2.3	1.3
西ヶ谷川	17.0	29.0	160.0	4.8	1.5	8.8
井手口川	73.0	67.0	650.0	56.0	63.0	28.0
爪白川	5.8	2.6	71.0	6.6	2.7	0.3
海洋館排水路	30.0	39.0	95.0	39.0	36.0	36.0
愛宕川	1.7	1.5	36.0	2.1	0.3	12.0
ヒエンダ川	18.0	20.0	64.0	6.4	1.1	75.0
三崎川	1100.0	1700.0	700.0	100.0	110.0	440.0

T-N 負荷量

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
宗呂川	3200.0	5800.0	1600.0	240.0	260.0	1100.0
遠奈呂川	3.2	9.0	63.0	0.7	1.7	2.9
水谷川	2.9	3.3	14.0	0.8	0.6	0.5
西ヶ谷川	4.4	5.1	19.0	1.9	0.6	0.8
井手口川	15.0	13.0	36.0	10.0	7.8	3.6
爪白川	22.0	5.3	18.0	2.5	1.6	0.3
海洋館排水路	7.6	13.0	21.0	19.0	130.0	11.0
愛宕川	0.9	1.4	18.0	1.2	0.1	2.0
ヒエンダ川	11.0	26.0	24.0	7.2	6.9	42.0
三崎川	660.0	1100.0	370.0	41.0	50.0	230.0

T-P 負荷量

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
宗呂川	340.0	570.0	200.0	36.0	38.0	130.0
遠奈呂川	0.1	0.6	5.1	0.1	0.1	0.1
水谷川	0.1	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0
西ヶ谷川	0.2	0.5	1.6	0.1	0.1	0.1
井手口川	0.9	0.9	5.0	0.9	1.3	0.5
爪白川	1.5	0.3	1.0	0.1	0.1	0.0
海洋館排水路	1.0	0.9	1.3	2.1	2.7	1.3
愛宕川	0.1	0.1	1.1	0.0	0.0	0.3
ヒエンダ川	1.2	3.6	1.7	0.5	0.6	3.4
三崎川	71.0	130.0	34.0	2.5	3.5	21.0

陰イオン界面活性剤負荷量

	10月	11月	12月	1月	2月	3月
宗呂川	110.0	210.0	46.0	5.2	6.1	31.0
遠奈呂川	0.1	0.5	2.7	0.1	0.0	0.2
水谷川	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0
西ヶ谷川	0.2	0.2	0.8	0.2	0.1	0.1
井手口川	0.8	7.4	5.4	2.8	3.9	1.4
爪白川	0.4	0.1	1.2	0.1	0.1	0.0
海洋館排水路	0.9	0.9	8.2	3.6	3.1	1.5
愛宕川	0.0	0.1	0.8	0.2	0.0	0.2
ヒエンダ川	5.8	2.6	8.3	3.9	0.5	2.8
三崎川	14.0	18.0	11.0	2.7	2.6	7.3

(4) 生活環境の保全に関する環境基準 (河川)

項目 類型	利用目的の 適応性	基 準 値				
		水素イオン 濃度 (pH)	生物化学的 酸素要求量 (B O D)	浮遊物質 量 (S S)	溶存酸素量 (D O)	大腸菌群数
AA	水道1級 自然環境保全及 びA以下の欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	1mg/ l 以下	25mg/ l 以下	7.5mg/ l 以上	50MPN/100m l 以下
A	水道2級 水産1級 水浴及びB以下 の欄に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	2mg/ l 以下	25mg/ l 以下	7.5mg/ l 以上	1,000MPN/100m l 以下
B	水道3級 水産2級 及びC以下の欄 に掲げるもの	6.5以上 8.5以下	3mg/ l 以下	25mg/ l 以下	5mg/ l 以上	5,000MPN/100m l 以下
C	水産3級 工業用水1級及 びD以下の欄に 掲げるもの	6.5以上 8.5以下	5mg/ l 以下	50mg/ l 以下	5mg/ l 以上	-
D	工業用水2級 農業用水及びE の欄に掲げるもの	6.0以上 8.5以下	8mg/ l 以下	100mg/ l 以下	2mg/ l 以上	-
E	工業用水3級 環境保全	6.0以上 8.5以下	10mg/ l 以下	ごみ等の浮遊 が認められな いこと	2mg/ l 以上	-

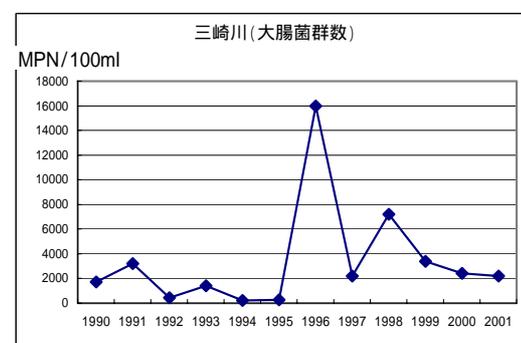
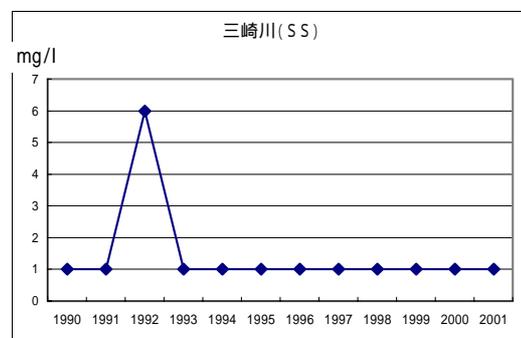
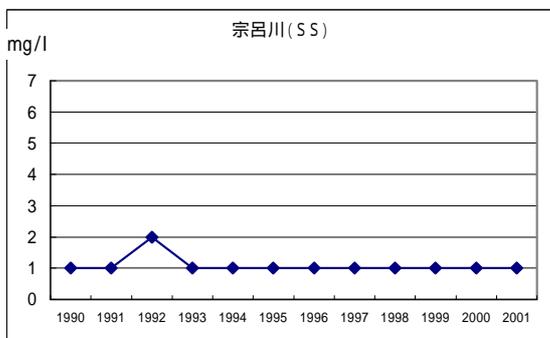
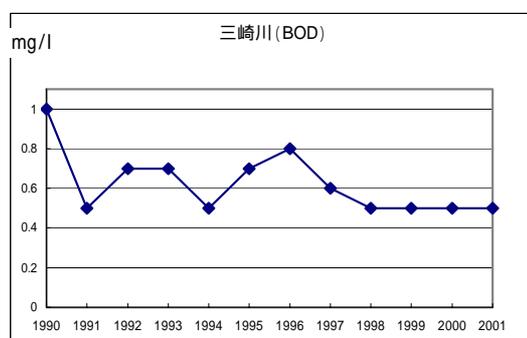
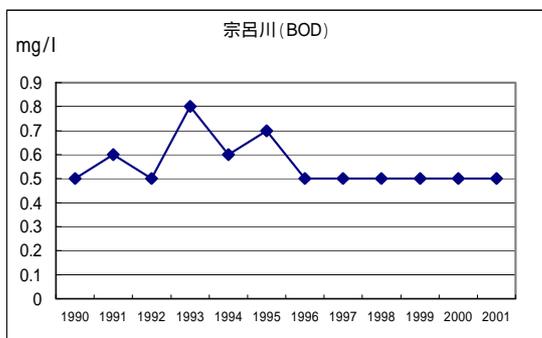
備 考

- 1.基準値は、日間平均値とする (湖沼、海域もこれに準ずる) 。
- 2.農業用利水点については、水素イオン濃度6.0以上7.5以下、溶存酸素量5mg/ l 以上とする (湖沼もこれに準ずる) 。
- 3.省略

(注)

- 1 自然環境保全：自然探勝等の環境保全
- 2 水 道 1 級：ろ過等による簡易な浄水操作を行うもの
 " 2 級：沈澱ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
 " 3 級：前処理等を伴う高度の浄水操作を行うもの
- 3 水 産 1 級：ヤマ、イナ等貧腐水性水域の水産生物用並びに水産 2 級及び水産 3 級の水産生物用
 " 2 級：サケ科魚類及びアユ等貧腐水性水域の水産生物用及び水産 3 級の水産生物用
 " 3 級：コイ、フナ等、β - 中腐水性水域の水産生物用
- 4 工業用水 1 級：沈澱等による通常の浄水操作を行うもの
 " 2 級：薬品注入等による高度の浄水操作を行うもの
 " 3 級：特殊の浄水操作を行うもの
- 5 環 境 保 全：国民の日常生活 (沿岸の遊歩等を含む。) において不快感を生じない限度

(5) 宗呂川と三崎川における水質の経年変化



公共用水域水質測定結果 (環境GIS(環境省)よりデータを抽出)
宗路川では1996年から採水地点変更があった

1996年から採水地点変更

公共用水域水質測定結果 (環境GIS(環境省)よりデータを抽出)

3 . 自然再生事業の検討に必要な情報の収集・整理

3 - 1 . サンゴ群集再生に関する既存事例・情報の収集・整理

竜串湾におけるサンゴ群集再生方法を模索するため、これまで国内外で行われたサンゴ再生事例および、再生に関する文献を収集した(表3-1)。その結果、計53(学術論文24、学会講演要旨10、報告書15、書籍3、その他1)の文献を収集し、そのうち国内での事例は沖縄県を中心に得られた。

そして、サンゴ群集の修復に関する移植事例から、移植方法を4つに大別した(表3-2)。それぞれの移植方法および短長所を記すと共に、竜串湾におけるサンゴの移植方法を検討した。

表3-1 . サンゴ群集の再生に関する文献リスト

著者	年	タイトル	掲載文献・ページ
Auberson, B.	1982	Coral transplantation; an approach to the re-establishment of damaged reefs	Kalikasan, 11(1), 158-172
Becker, L. C. and E. Mueller	1999	The culture, transplantation, and storage of <i>Montastrea Faveolata</i> , <i>Acropora cervicornis</i> , and <i>A. palmata</i> : what we learned so far	Abstract of International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring, and Restoration, 53
Bouchon, C., J. Jaubert, and Y. Bouchon-Navano	1981	Evolution of a semi-artifishcial reef built by transplanting coral heads	Tethys, 10(2), 173-176
Bowden-Kerby, A.	1997	Coral transplantation insheltered habitats using unattached fragments and cultured colonies	Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Volume 2, 2063-2068
Chen, S. and S. Xiong	1995	Astudy on the transplantation of reef-building corals in Sanya waters, Haynanprovince	Hinan propic Oceanology, 14(3), 51-57
Chou, L. M., C. Wilkinson, E. Gomez, and S. Sudara	1994	Status of coral reefs in the Asean region. Report of the Consultative Forum, Third ASEAN - Australia Symposium on Living Coastal Resources, in Wilkinson, C. R. (eds.)	Living Costal Resources of Southeast Asia: Status and Manegement, 8-12
Clark, S. and A. J. Edwards	1995	Colal transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Islands	Coral Reefs, 14, 201-213
Clark, T.	1997	Tissue regeneration rate of coral transplants in a wave exposed environment, Cape D'Aguilar, Hong Kong	Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Volume 3, 2069-2074

Dodge, R. E., D. Andeegg, R. Fergen, and P. Cooke	1999	Sewer outfall coral transplantaion project	Abstract of International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring, and Restoration, 80
Eong, O. J.	1994	Status of coral reefs in the Asean region. Report of the Consultative Forum, Third ASEAN - Australia Symposium on Living Coastal Resources, in Wilkinson, C. R. (eds.)	Living Costal Resources of Southeast Asia: Status and Manegement, 52-55
福田照雄	1988	水中ポンドを使用した造礁サンゴの移植	マリンパビリオン, Vol.17, 56
Gil-Navia, M. F.	1999	Transplantation of coral reefs in Pacific Costa Rica	Coservation Biology, 5, 189-195
Hariott, V. J. and D. A. Fisk	1988	Accelerated regeneration of hard corals: a manual for coral reef users and managers	The Great Barrier Reef Marine Park Authority Technical Memorandum 16, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Australia, 26pp
Hariott, V. J. and D. A. Fisk	1988	Coral transplantaion as a reef management optoin	Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, Volume 2, 375-379
北海道開発調整部	1980	北海道周辺海域利用現況図	北海道開発調整部, 北海道, 98pp
本多牧生	1991	移植サンゴの生育と環境条件の関係について	海洋科学技術センター試験研究報告, 25号, 145-167
池田穰	2002	サンゴ礁の修復・創造のための基礎的実験-石灰硬化体と薄層金属プレートを利用したサンゴ礁の修復・創造システム	ハザマ研究年報, 34, 33-38
Iloff, J. W., W. B. Goodwin, J. H. Hudson, M. W. Miller and J. Timber	1999	Emergency stabilization of <i>Acropora palmata</i> with stainless steel wire and nails: impressions, lessons learned, and recommendations from Mona Island, Puerto Rico	Abstract of International Conference on Scientific Aspects of Coral Reef Assessment, Monitoring, and Restoration, 110
石井正樹・前幸地紀和・大村誠・山本秀一・高橋由浩・田村圭一	2001	平良湾におけるサンゴ礁群集に配慮した環境修復技術	海岸工学論文集, 48巻, 1301-1305
石川侃	1988	竹ヶ島海中公園のサンゴ移植活動に従事して	海中公園情報, 77, 11-14
岩上淳一	1993	沖縄におけるサンゴ移植の試み	沿岸域, 6(1), 85-90
海洋科学技術センタ	1990	サンゴ礁造園技術の研究開発報告書	海洋科学技術センター, 神奈川, 76pp
海洋科学技術センタ	1991	サンゴ礁造園技術の研究開発報告書	海洋科学技術センター, 神奈川, 25pp
Kaly, U. L.	1995	Experimental test of the effect of methods of attachment and handling on the rapid transplantaion of corals	The Cooperative Research Centre for the Great Barrier Reef World Heritage Area Technical Report, No. 1, CRC Reef Research Centre, Townsville, 28pp
国営沖縄記念公園事務所	1997	平成7年度 サンゴ生態基礎調査報告書	国営沖縄記念公園財団, 沖縄, 237pp

国営沖縄記念公園事務所	1998 平成7年度	サンゴ生態基礎調査報告書	国営沖縄記念公園財団, 沖縄, 314pp
国営沖縄記念公園事務所	1999 平成7年度	サンゴ生態基礎調査報告書	国営沖縄記念公園財団, 沖縄, 403pp
工藤君明	1994	人工ノルのサンゴ移植研究	日本海洋学会 1994 年度秋季大会講演要旨集
工藤君明	1999	サンゴ礁造成	環境圏の新しい海洋工学, システム, 東京, 667-671
Kudo, K. and T. Yabiku	1988	Aquamarine project in Okinawa	Proceeding of Techno-Ocean 1988 International Symposium, 2, 338-347
Laster H. R, P. R. Peters E. C. & M. A. Coffroth	1984	Bleaching of reef coelenterates in the San Blas Islands, Panama	Coral Reefs, 3, 183-190
Moran P. J.	1990	<i>Acanthaster planci</i> (L.): Biographical data	Coral Reefs, 9, 95-96
Munoz-Chagin, R. F.	1997	Coral transplantation program in the Paraiso coral reef, Cozmel Island, Mexico	Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Volume 4, 2075-2078
西平守孝	1994	群体破片を用いた造礁サンゴの移植について -竹串を用いる簡便な方法	沖縄生物学会誌, 32, 49-56
西平守孝・J. E. N. Veron	1995	日本の造礁サンゴ類	海游舎, 東京, 439pp
沖縄開発庁沖縄総合事務局石垣港湾事務所	1997	石垣港サンゴ移植調査	沖縄県, 沖縄, 40pp
大久保奈弥・大森信	2001	世界の造礁サンゴの移植レビュー	Galaxea, 3, 31-40
大森信	2003	サンゴ礁修復に関する技術手法 - 現状と展望 -	環境省自然環境局, 東京, 81pp
Plucer-Rosario, G. P. and R. H. Randall	1987	Preservation of rare coral species by transplantation: an examination of their recruitment and growth	Bulltein of Marine Science, 41, 585-593
Sakai, K. and K. Yamazato	1984	Coral recruitment to artificially denuded natural substrates on an Okinawan reef flat	Galaxea, 3, 57-69
Sakai, K., M. Nishihira, Y. Kikunuma and J. I. Song	1989	A short-term field experiment on the effect of siltation on survival and growth of transplanted <i>Pocillopora damicornis</i> branchlets	Galaxea, 8, 143-156
Smih, L. D. and T. P. Hughes	1999	An experimental assessment of survival, re-attachment and fecundity of coral fragments	Journal of Experimental Marine Biological Ecology, 235, 27-50
Tunncliffe, V.	1981	Breakage and propagation of the stony coral <i>Acropora cervicornis</i>	Proceedings of the National Academy of Sciences, 78(4), 2427-2431
宇井晋介	1980	海中展望塔へのサンゴ移植について	串本海中公園マリンバビリオン, Vol.9, 43

Veron J. E. N.	1992	Conservation of Biodiversity : a critical time for the hermatypic corals of Japan	Coral Reefs, 11, 13-21
山口正士	1991	サンゴ礁とオニヒトデ	動物と自然, 11, 28-35
山下隆男・西平守 孝・土屋義人	1996	サンゴの移植によるバリ島サヌール海岸の保全について	海岸工学論文集, 43, 1281-1285
Yap, H. T. and E. D. Gomez	1984	Growth of <i>Acropora pulchra</i> . Responses of natural and transplanted colonies to temperature and day length	Marine Biology, 81, 209-215
Yap, H. T., P. M. Alino, E. D. Gomez	1992	Trends in growth and mortality of three coral species (Anthozoa: Scleractinia), including effects of transplantation	Marine Ecology Progress Series, 83, 91-101
財団法人海中公園センター	1992	平成 3 年度サンゴ礁生態系の維持及び安定化機構に関する研究報告書	財団法人海中公園センター, 東京, 136pp
財団法人海中公園センター	1993	平成 4 年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書	財団法人海中公園センター, 東京, 42pp
財団法人海中公園センター	1994	平成 5 年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書	財団法人海中公園センター, 東京, 86pp
財団法人海中公園センター	1995	平成 6 年度サンゴ礁生態系の復元手法に関する研究報告書	財団法人海中公園センター, 東京, 87pp

1. サンゴ群集の修復技術にかかる事例 (表 3 - 2)

(1) 断片採取によるサンゴの移植

自然下において、波浪などで折れた枝サンゴの破片がポリプを増やしながら基底で固着し、そこから再生している状況が見られる。こうした性質を利用してサンゴを人為的に移植し、サンゴ群集を修復しようという試みが行われている。

移植地の選定

移植地の環境が改善されていることが移植の前提条件である。海水が淀んだ閉鎖的な場所よりも潮通しの良い場所の方が移植サンゴの生残率が高い。しかし、波あたりの強い場所は移植片の脱落が起きやすい。また、移植したサンゴがオニヒトデやシロレイシガイダマシ類に食害されることがあるので、これらの生息状況についても注意する必要がある。

移植種の選定

サンゴ群集の復元を目的とした移植は、荒廃前のサンゴ群集の種構成を考慮する必要がある。一方、速やかにサンゴ群集の環境を回復させるためには、成長の速いミドリイシ類などを移植する方がよいという考え方もある。実際には移植作業が容易な枝状ミドリイシがよく用いられている。

移植片の採取

断片を供給するドナー群体へのダメージを最小限にとどめるため、1つの群体から多量の断片を採取することは避けるべきである。台風などで折れたサンゴを移植に使う方法もある。移植する断片の大きさはサンゴ種によっても異なる。枝状ミドリイシの場合、断片の長さが20cm以上で生残率が高い。

サンゴの固定方法

サンゴ断片を基盤に固定する方法として、水中セメントによる接着が一般的だが、基盤に打ち付けた釘にケーブルタイで枝サンゴを固定する方法は前者の半分の費用で実施できる。断片の形状に加えて、移植先の地形や波浪などの環境を考え、適した固定方法を採用する必要がある。枝状ミドリイシではセディメントによる影響を考慮して、横方向よりも縦方向に固定した方が生残率が高い。また、テーブル状ミドリイシも本来の生育方向とは異なるが、縦方向に移植した方が速やかに基質に固着し、生残率も高いという報告がある。

移植時期

移植後のサンゴはストレスに弱いので、環境の安定した時期に移植する必要があり、移植後は成長のため十分な光量が得られる時期が望ましい。沖縄では、高水温となる夏季の移植は生残率が悪い。

(2) 稚サンゴの移植

サンゴ群集域では干潮時に干出する場所に多くの稚サンゴが着生している場合がある。そのままでは死んでしまうこれらの稚サンゴを岩盤ごとコア状にエアードリルで採取し、穴をあけた岩盤に接着剤で固定して移植する方法が石西礁湖で試みられている。

(3) サンゴ群集の移築

宮古島の平良港では、埋め立てや防波堤建設によって消滅する可能性のあるサンゴ群集を他の場所へ移築する方法が試みられている。

(4) 有性生殖を利用した修復

多くのサンゴは1年に1回、一斉に大量の卵と精子を放出することによって繁殖する。沖縄ではこの有性生殖を利用してサンゴ群集を修復する方法が試みられており、着生場所と着生方法により以下の3方法に細別される。

- 海域での自然着生による移植：着生が多い海域に着生基盤を設置して自然に着生させる
- 海域での集積式着生による移植：一斉産卵した卵を着生基盤を並べた静穏海域にフェンスなどで捕捉し、基盤に着生させる

水槽での集積式着生による移植：着生基盤を並べた水槽でサンゴの受精卵を着生させ、育成海域である程度成長させた後に移植場所へ移植する

2. 竜串湾におけるサンゴ移植方法の可能性

表3-2にあげた4つの移植方法にはそれぞれ特徴があり、利用できる海域および環境が異なっている。「断片採取によるサンゴの移植」は、ドナーとして利用可能なサンゴが必要である。移植はできるだけ潮通しの良い静穏な海域に、枝状やテーブル状のミドリイシを縦方向に移植する方法が良いと考えられる。「稚サンゴの移植」は、ドナーとして利用できる稚サンゴの確保が困難だと思われる。「サンゴ群集の移築」は、消滅するサンゴ群集がある場合にのみ行える。「有性生殖を利用した修復」は技術的に難しいが、最も自然に負荷のない手法なので、取り組む価値があると思われる。

しかしながら、いずれの手法も、環境が悪いと移植したサンゴが死んでしまうため、環境を改善することが必要である。また、閉鎖的な場所よりも潮通しの良い場所の方が移植サンゴの生残率が高く、サンゴの種によって耐性が異なるので、移植場所と移植種を検討する必要がある。

表3-2. サンゴ群集の修復技術にかかる事例の概要

断片採取によるサンゴの移植	稚サンゴの移植	サンゴ群集の移築	有性生殖を利用した修復
天然のサンゴ群体から破片を採取して移植する方法。または波浪などで破壊されたサンゴを使用する。移植する種や固定方法などについて多くの手法が検討されている	稚サンゴを岩盤ごとコア状にエアードリルで採取し、同じサイズの穴をあけた岩盤に接着剤で固定することによって移植する方法	サンゴ群集ごと他の場所へ移築する方法	大量に放出された卵と精子からサンゴを育てる方法 サンゴ幼生を直接移植海域に着生させる方法や着生基盤に着生させた後移植する方法など、様々な手法が検討されている
ドナーとなるサンゴが豊富にあること。または波浪などで破壊されたサンゴを使用する	着生場所が悪いため、そのままでは死んでしまう稚サンゴを使用する	埋め立てや防波堤建設などによって消滅する可能性のあるサンゴ群集を使用する	サンゴの受精卵が入手できること
手法が比較的容易で、ボランティア・ダイバーによる作業が可能	作業効率が良い	即効性が高い	自然に対する負荷が少ない
ドナーとなるサンゴを傷つけてしまう	稚サンゴ確保の条件が限定される	作業が大がかりである	技術的に難しい
可能だが、条件を限定する必要がある	可能性が低い	可能性が低い	技術開発によって可能

3 - 2 . 自然公園等における利用とサンゴ群集の状況に関する情報の収集・整理

我が国では海域の利用、保全を促進するため、海中公園地区が指定されている。これらの地区内では、その美しい海中景観と生物の多様性を守るため、開発等の行為や生物の採集が法により制限されている。しかし、実際にそれらの地区の海洋環境を守るためには、法的な規制よりむしろ、保全の核となる地域の主体者が必要である。

自然公園等における利用とサンゴ群集の状況に関する情報を模索するため、これまで国内外で発表された（海域の）自然公園等の利用に関する文献を収集した（表3-3）。その結果、計45（学術論文30、学会講演要旨1、報告書11、書籍2、その他1）の文献を収集した。

表3-3 . 自然公園等の利用に関する文献リスト

著者	年	タイトル	掲載文献・ページ
浅対享・喜多秀行・ 西林新蔵	1998	レクリエーション利用のための海岸整備に関するひとつの計画手法	日本沿岸域学会論文集, No.10, 79-88
Birkeland, C.	1988	Second-order ecological effects of nutrient input into coral communities	Galaxea, 7, 91-100
Colgan, N. W.	1987	Coral recovery on Guam (Micronesia) after catastrophic predation by <i>Acanthaster planci</i>	Ecology, 68, 1592-1605
Dodge, R. E., S. C. Wyers, H. R. Frith, A. H. Knap, S. R. Smith and T. D. Sleeter	1984	The effects of oil and oil dispersants on the skeletal growth of the hermatypic coral <i>Diploria strigosa</i>	Coral Reefs, 3, 191-198
藤井敬宏・長尾義三・ 的野博行	1994	沿岸域の空間価値を考慮した用途区分ゾーニングに関する基礎的研究	日本沿岸域学会論文集, 5, 41-52
北海道開発調整部	1980	北海道周辺海域利用現況図	北海道開発調整部, 北海道, 98pp
北条慶智・本間省爾・ 長尾義三・藤井敬宏・ 的野博行	1993	沿岸域のゾーニングに関する考慮 ~主に特性区ゾーニングについて~	日本沿岸域学会論文集, 4, 45-56
石井靖丸・松石秀之	1975	4. 海外諸国にみる海洋スペース利用と資開発および保全のためのシステム技術 1. 欧米各国における海域利用の動向	土木学会誌, 60, 35-43, 77
香川正俊	1990	沿岸域の利用と保全 - 理論と実際	日本沿岸域学会論文集, 1, 67-76
柏谷増男・横川雄二	1977	海域利用計画シミュレーションモデルに関する基礎的研究	土木学会年次学術講演会講演概要集, 32, 173-174
亀崎直樹・野村恵一・ 宇井晋介	1987	石西礁湖海域のイシサンゴ類およびオニヒトデの動態	海中公園情報, 74

環境庁自然保護局・ 国立公園協会	1981	浅海における海中景観の保全と活用の推進に 関する調査報告書(西表国立公園石西礁湖の保 全と活用)	環境庁, 東京, 95pp
小林剛・近藤健雄・ 松浦榮一	1997	海洋性レクリエーション施設に関するユニバ ーサルデザインの基礎的研究	日本沿岸域学会論文集, No.9, 121-135
古土井光昭	1975	3.わが国の海域利用と環境問題 - よりよき明 日にために - 1.沿岸海域利用と環境問題	土木学会誌, 60(6), 15-18
郭子堅・長尾義三・ 藤井敬宏	1994	公開法による沿岸域利用区分ゾーニングに関 する基礎的研究	日本沿岸域学会論文集, 5, 53-64
目崎茂和	1991	石垣島のサンゴ礁環境	世界自然保護基金日本委員会, 東 京, 214pp
村田武一郎・郡山正 久	2000	沿岸域の生態系を重視した持続可能な発展に 向けて	日本沿岸域学会論文集, 12, 19-26
西平守孝	1988	サンゴ礁の渚を遊ぶ: 石垣島川平湾	ひるぎ社, 那覇, 299pp
Nishihira, M and K. Yamazato	1972	Brief survey of <i>Acanthaster planci</i> in Sesoko Island and its vicinity, Okinawa	University of the Ryukyus Sesoko Marine Science Laboratory, 1, 1-20
Nishihira, M and K. Yamazato	1973	Resurvey of the <i>Acanthaster planci</i> population on the reefs around Sesoko Island, Okinawa, 1973	University of the Ryukyus Sesoko Marine Science Laboratory, 2, 17-33
西平守孝・山里清・ 仲宗根幸男・香村真 徳・新本洋允	1974	瀬底島周辺サンゴ礁のオニヒトデによる攪乱 に関するノート	琉球列島の自然とその保護に関す る基礎的研究, 237-254
沖縄開発庁沖縄総合 事務局開発建設部港 湾計画課	1979	中城湾海域利用計画調査報告書	沖縄開発庁, 沖縄, 230pp
沖縄県環境保健部公 害対策課	1993	赤土汚染及び被害状況調査報告書	沖縄県, 沖縄, 204pp
Polovina, J. J.	1984	Model of a coral reef ecosystem. I. The ECOPATH model and its application to french frigate shoals	Coral Reefs, 3, 1-11
相楽 充紀	2001	さいばい前線 海洋レクリエーションとの共存 と沿岸自然環境保全	さいばい, 97, 37-41
坂本一太郎	1988	河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー(栗 原康: 編)	東海大学出版会, 東京, 119-125
Sasekumar, A. and C. Wilkinson	1994	Status of coral reefs in the Asean region. Report of the Consultative Forum, Third ASEAN - Australia Symposium on Living Coastal Resources, in Wilkinson, C. R. (eds.)	Living Coastal Resources of Southeast Asia : Status and Manegement, 77-83
沢田裕美子	2000	高密度利用沿岸域空間における環境政策のあ り方に関する基礎的研究 -沿岸域における国 土計画と環境政策の変遷と課題	日本沿岸域学会論文集, 12, 1-18
敷田麻実	1995	エコツーリズムと日本の沿岸域におけるその 可能性	日本沿岸域学会論文集, 6, 1-16
敷田麻実	2000	利用特性モデルに基づく沿岸域管理の二重構 造の必要性に関する研究 沿岸域の利用特性 から見た管理システムの構造	日本沿岸域学会論文集, 12, 27-38

敷田麻実・横井謙典・小林崇亮	2001	ダイビング中のサンゴ擾乱行動の分析 沖縄県におけるダイバーのサンゴ礁への接触行為の分析	日本沿岸域学会論文集, 13, 105-114
新石垣空港建設促進協議会	1988	アオサンゴに関する学術的資料集成および新石垣空港建設に関連したアオサンゴ群集の保護問題についての考察	220pp
Sudara, S., M. Fores, Y. Natekanjanalarp and S. Poovachiranon	1994	Status of coral reefs in the Asean region. Report of the Consultative Forum, Third ASEAN - Australia Symposium on Living Coastal Resources, in Wilkinson, C. R. (eds.)	Living Costal Resources of Southeast Asia : Status and Manegement, 110-112
太平洋資源開発研究所	1985	石垣島周辺海域サンゴ礁学術調査報告書	569pp
土屋誠	1996	サンゴ礁の生態系機能とその保全	海洋と生物, 18, 183-188
Tsuchiya, M., H. Nakamura, M. Nishihira, W. R. J. Licuanan, C. yonaha, Z. Wang & D. Zhu	1989	Effect of suspended particles on the community structure of samll animals associated with the hermatypic coral <i>Pocillopora damicornis</i> and some population traits of its obligate symbiontsin Okinawa, Japan	Galaxea, 8, 159-177
鳥居 享司・山尾 政博	2000	海域利用の管理主体と地域対応 -マリンレジャーの地域定着化と地域住民の関わり	漁業経済研究, 45, 27-50
鳥居 享司	1999	レジャーの海域利用と地域対応 -地元住民参加型イベントを通じた秩序化への試み	月刊漁協経営, 37, 12-16
鳥居 享司・山尾 政博	1998	海域利用調整と漁業 -海のツーリズムからのインパクト	地域漁業研究, 38, 145-161
若山喜信・宇井えりか・畔柳昭雄	1999	微小内湾域の沿岸域利用の現状把握に関する研究	日本沿岸域学会論文集, 11, 43-54
和野信市	2000	閉鎖性浅海沿岸域の海底環境創造計画に関する研究	日本沿岸域学会論文集, 12, 51-62
渡邊俊幸	1992	沿岸域のマリンレクリエーション利用について	沿岸域, 5, 81-84
Yamazato, K.	1981	A note on the expulsion of zooxanthellae during summer, 1980 by the Okinawan reef-building corals	University of the Ryukyus Sesoko Marine Science Laboratory, 8,9-18
財団法人海中公園センター	1989	石垣島周辺海域等サンゴ生息現状調査 調査結果	環境庁, 東京, 219pp
財団法人海中公園センター	1984	崎山湾自然環境保全地域保全対策緊急調査報告書	財団法人海中公園センター, 東京, 134pp

また、国内で行われている自然公園の利用例として兵庫県竹野町と沖縄県座間味村での、地元住民による自然公園の持続的な利用と保全・管理の例を挙げ、竜串湾における自然公園のよりよい利用方法について検討した。

1. 竹野町（兵庫県）

日本海に面した兵庫県の竹野町は、海中公園地区が指定され、地域の人々による「パークボランティア」が認定されている。パークボランティアは自然観察会やスノーケル教室

などの利用を通して、公園内の自然を一般の人々に紹介するとともに、海岸の清掃などの環境保全活動を実施している。

これらボランティアの活発な活動により、人々の関心が次第に地域の自然へと向き、さらにその保全意識が向上されている。そのような活発な活動を支援するために、平成 10 年には地元のスノーケルセンターが設立され、環境教育、普及啓発活動に加え、調査研究にまでボランティアの活動の幅が広がっている。現在も竹野町では定期的に海岸の清掃が行われたり、海中環境が健全に保たれていることを確認するためのモニタリング調査などが、ボランティアの手によって行われている。

ここではスノーケルセンターという建物の建設よりも、パークボランティアによる活動が継続されていることが、地域の環境保全の取り組みを活性化し、実行化している。つまり、地域主体の核ができることが、地元での環境保全を成功に結びつけている。

2. 座間味村（沖縄県）

沖縄県の座間味村では、地元住民による地先のサンゴ礁保護の一環として、自主的に利用を制限する例が見られる。

環境保全のための第 1 歩として、自然に目を向けるための利用の促進は重要なステップである。しかし、利用度が高まると逆に環境を破壊する場合もある。沖縄のサンゴ礁域では、初心者ダイバーの未熟なフィンキックによりサンゴが破壊されたる例が見られる。そのような過度の利用による弊害に対しても、地域主体の利用者がある場合、自主的なルール作りによってそのような破壊を防ぎ、地域のサンゴ礁の保全が可能となる。

国内でも有数のダイビングスポットとして知られる座間味村は、毎年数万人の観光客が訪れる。しかし、連日多くのダイビングショップが利用しているダイビングスポットでサンゴの状態が悪化してきた。そのため地元ダイビング組合は、その原因を過度の利用と判断し、その地点を保護区として数年間にわたり利用を制限して回復をはかった。

このように、地域に環境を保全するための主体があれば、過度の利用による弊害が起こった場合でも、環境の回復を促すための自主管理が可能となる。このことは、法による枠組みよりも、むしろ地元利用者の保全意識の向上の方が、より实际的で効果的な管理を促す例である。

その他、高知県では大月町でパークボランティアによるサンゴ群集の保全活動が展開されており、柏島黒潮実感センターでは地域主体型の環境教育、環境保全活動が試みられている。これらのことから、竜串地区でも同様の核となる主体があれば、地域での海域環境の保全管理は可能であると思われる。

3 - 3 . 高知県および土佐清水市の漁業の現状と変化の把握

竜串湾の漁業の現状を把握する第一段階として、竜串地区を含む、土佐清水市および高知県の漁海況を把握するため、平成 10 年時の土佐清水市の漁業の現状と、平成 9 年～15 年の高知県の漁業情勢の変化に関する情報を収集した。

1 . 資料一覧

用いた資料は以下の統計資料および漁協資料から収集した。

- ・ 第 10 次漁業センサス 統括編 農林水産省統計情報部
- ・ 高知県の漁業 - 第 10 次漁業センサス結果報告書
- ・ 平成 11～15 年度海面漁業生産統計調査
- ・ 平成 10～15 年度漁業動態調査
- ・ 平成 11～15 年度版 高知県統計書
- ・ 平成 10～15 年度 高知県の漁況概況
- ・ 平成 11～15 年 高知県の海面漁業・養殖業生産額

2 . 竜串湾の漁業の現状

(1) 土佐清水市の港湾状況

高知県は太平洋に面しており、700km の海岸線を有している。土佐清水市は高知県の西南に位置し、土佐清水市の海岸線は 70km におよび、市内には 17 の漁港と 6 の港湾が約 3km おきに整備されている。表 3 - 4 に土佐清水市内の漁港、港湾を示すが、漁港は 1 種漁港が 15 港、2 種 3 種が各 1 港で清水、窪津を除くと、港は全体的に小規模である（図 3 - 1）。港湾は 6 港全てが地方港湾で、旅客フェリーの発着港となっている足摺港を除くと、漁港的な利用形態となっている。

表 3 - 4 . 土佐清水市内の漁港、港湾一覧

種類	漁港			港湾	
	市管理漁港 第 1 種	県管理漁港 第 1 種	第 2 種	第 3 種	県管理 地方港湾
港名	立石、布、小浜、津呂、 松尾、大浜、中ノ浜、 養老、松崎、竜串、 貝ノ川、大津	伊佐、三崎、下 川口	窪津	清水	下ノ加江、以布利、清水、 足摺、三崎、下川口
計	12 港	5 港		6 港	

第 1 種漁港：利用範囲が地元の漁業を主とするもの、第 2 種漁港：利用範囲が第 1 種よりも広く、第 3 種漁港に属さないもの、第 3 種漁港：利用範囲が全国的なもの。



86 竜串

図 3 - 1 竜串漁港全景

(2) 土佐清水市の水産業概況

水産業経営体^{*1}・漁業従事者

「平成 15 年度版高知県統計書」による平成 14 年度の高知県内各市町村の経営組織別水産業経営体数の一覧(表 3 - 5)と、土佐清水市と須崎市、室戸市の漁業世帯数^{*2}と漁業就業者数(表 3 - 6)をそれぞれ示す。土佐清水市の水産業経営体は高知県内でもっとも多く、521 体であり、高知県全体の約 14.4%に相当する。土佐清水市の海面漁業世帯数は 874 世帯で、個人漁業経営体^{*3}565 世帯、漁業従事者世帯は 309 世帯にのぼる。土佐清水市の漁業従事者数は 919 人(男子 918 人、女子 1 人)である。

土佐清水市に次いで水産業経営体の多い須崎市(493 経営体)、室戸市(475 経営体)と比較すると、土佐清水市の漁業世帯数は室戸市とほとんどかわらないものの、室戸市の漁

^{*1} 海面または内水面において自然繁殖している水産動植物を採捕する事業、海面または内水面において人工的設備を施し、水産動植物の養殖を行う事業及びこれら採捕又は養殖した漁獲物を加工する事業に携わる経営体。

^{*2} 個人経営世帯(海面漁業を個人で営む世帯)及び漁業従事者世帯(他人が経営する漁業経営体に雇われている世帯)を総称したもの。

^{*3} 個人で漁業を自営する経営体。

業従事者世帯は個人漁業経営体を上回り、1 経営体あたりの従事者世帯が土佐清水市より室戸市の方が多いことが伺える。漁業世帯数、漁業従事者数ともに土佐清水市と室戸市で大きな差はない。

表 3 - 5 . 高知県内各市町村の経営組織別水産業経営体数

市町村	計	個人	団体				
			会社	漁業 協同組合	漁業 生産組合	共同経営	官公庁・ 学校試験場
全国	141,509	133,489	2,883	333	152	4,529	123
高知	3,625	3,441	76	2	1	102	3
高知市	191	180	5	-	-	6	-
室戸市	475	461	2	-	-	12	-
安芸市	99	99	-	-	-	-	-
南国市	23	22	-	1	-	-	-
土佐市	195	184	9	-	-	1	1
須崎市	493	443	12	-	-	37	1
中村市	86	84	-	-	-	2	-
宿毛市	272	256	13	-	-	3	-
土佐清水市	521	509	5	-	-	7	-
東洋町	119	117	-	-	-	2	-
奈半利町	62	59	3	-	-	-	-
田野町	20	17	1	-	-	2	-
安田町	46	43	1	-	-	2	-
芸西村	9	7	-	-	-	2	-
赤岡町	17	16	-	-	-	1	-
香我美町	-	-	-	-	-	-	-
夜須町	20	19	1	-	-	-	-
吉川村	12	11	-	-	-	1	-
春野町	11	9	-	-	-	2	-
中土佐町	226	219	3	1	-	3	-
窪川町	98	94	-	-	1	3	-
佐賀町	142	134	6	-	-	2	-
大方町	193	180	1	-	-	12	-
大月町	295	278	14	-	-	2	1

単位：経営体， - ：なし。

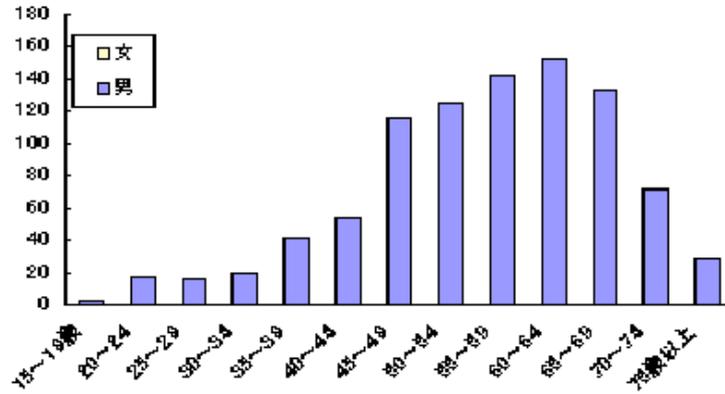
表 3 - 6 . 土佐清水市・須崎市・室戸市の漁業世帯数と漁業就業者数

	土佐清水市	須崎市	室戸市
漁業世帯数	874	525	914
・個人漁業経営体	565	442	385
・漁業従事者世帯	309	83	529
漁業就業者数	919	761	950
・男子	918	620	938
・女子	1	141	12

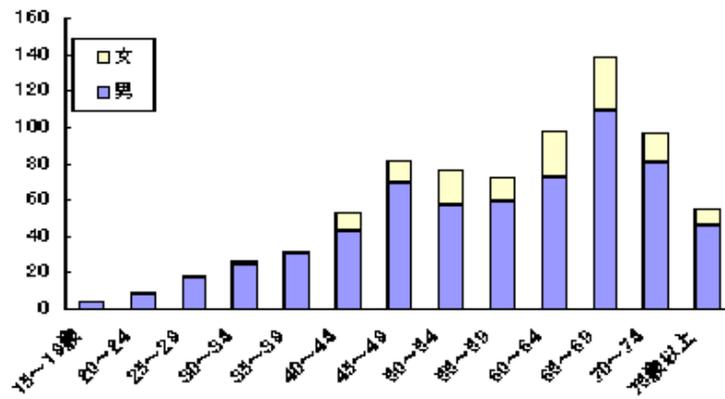
図3-2に農林水産省「第10次漁業センサス」による平成10年の土佐清水市と須崎市、室戸市の性別・年齢別海面漁業就業者数の分布を示す。漁業従事者の年齢別構成は、土佐清水市だけでなく須崎市・室戸市でも、就業者数のほとんどが45歳以上である。特に、土佐清水市では60～64歳の漁業従事者が顕著に多く、反対に34歳以下の従事者は20人以下と顕著に少ない。同様に、須崎市でも65～69歳の就業者数が最も多く、土佐清水市、須崎市、室戸市ともに年齢と共に就業者数が増加するという、右肩上がりの傾向を示している。

また、1983年（昭和58年）から1998年（平成10年）の土佐清水市、須崎市、室戸市の海面漁業世帯数と海面漁業就業者数の推移を見ると（図3-3）、3市ともに海面漁業世帯数と海面漁業従事者数は年々減少しており、漁業人口の減少が懸念される。これらの傾向は3市に限らず、高知県全体で見られ、漁業従事者の高齢化と後継者不足が顕著に表れている。

・土佐清水市



・須崎市



・室戸市

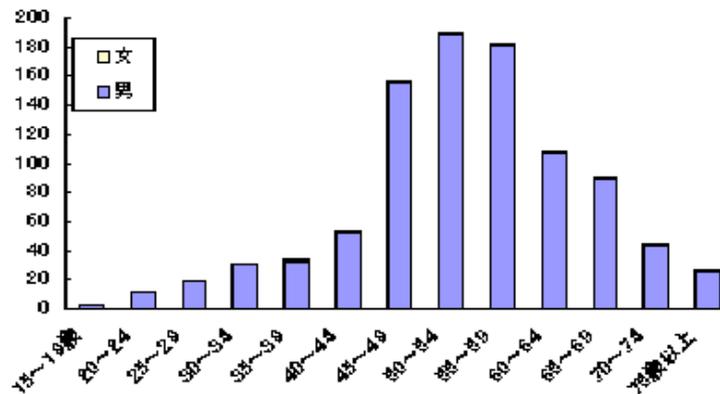
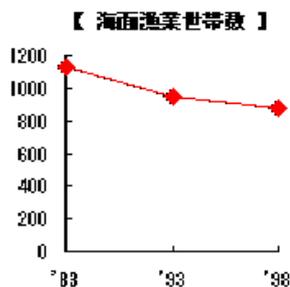
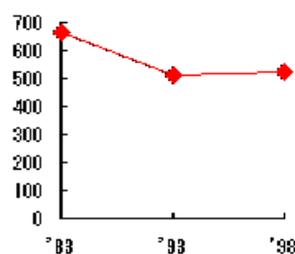


図3 - 2 土佐清水市（上段）・須崎市（中段）・室戸市（下段）の性別・年齢別海面漁業就業者数

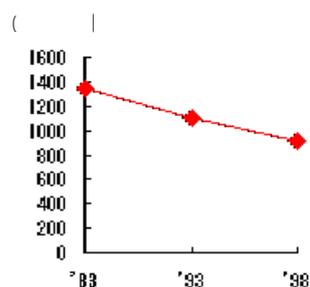
・土佐清水市



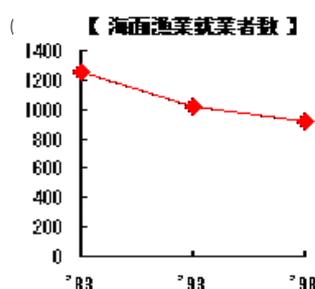
・須崎市



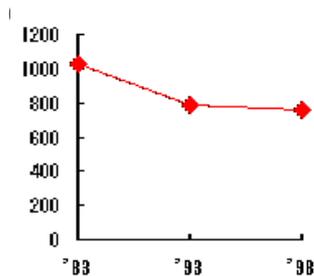
・室戸



・土佐清水市



・須崎市



・室戸

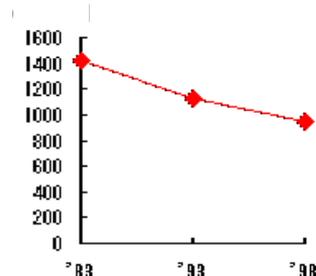


図3 - 3 土佐清水市（左）・須崎市（真中）・室戸市（左）の海面漁業世帯数（上段）と海面漁業就業者数（下段）

経営体の様式と漁獲量

表3-7に「平成15年度版高知県統計書」による平成14年度の高知県内各市町村の経営体階層別経営体数を示す。土佐清水市内の水産業経営体のほとんどが船外機付き船隻か動力船隻を保持した経営体であり、無動力船隻のみの経営体はない。船隻の約半数が1~5tの小型動力船であり、10t以上の動力船はわずかである。また、大型・小型定置網は11経営体が保持しており、その他、真珠、タイといった若干の海面養殖も若干数行われている。このように小型動力船の保持数が多く、定置網・海面養殖が若干数行われている土佐清水市での水産業経営体の様式は、須崎市、室戸市を含めて、高知県全体の傾向と一致している。

さらに、表3-8に「平成15年度版高知県統計書」による平成14年度の高知県内各市町村の海面漁業種類別漁獲量を示す。土佐清水市の海面漁業は、釣り漁を中心に、網漁（刺し網、延縄、敷網、底びき網、船びき網、地びき網、大型定置網、小型定置網）、採貝などが行われており、総漁獲量は19,703tにのぼる。土佐清水市の海面漁業による総漁獲量は室戸市、佐賀町に次いで、高知県第3位である。

土佐清水市内での漁獲量は、曳縄釣りがもっとも高く、10,954tであり、全体の漁獲量の55.6%を占める。以降に大型定置網（3,195t）、サバ釣り（1,854t）と続くが、漁獲量の

高さから土佐清水市内では曳縄漁が盛んであることが伺える。

表 3 - 9 には「平成 15 年度版高知県統計書」による平成 14 年度の高知県内各市町村の海面漁業魚種別漁獲量を、表 3 - 10 に土佐清水市、須崎市および室戸市における海面漁業の上位 20 位魚種別漁獲量、そして図 3 - 4 にその割合を示す。魚種別に注目すると、ソウダカツオ類が 11,692t、カツオが 2,330t と、カツオ類が全体の 71.2%を占め、曳縄釣りの主要対象種であるかつお類が、土佐清水市での主要漁獲魚種であることがわかる。漁獲量上位 20 位の魚種でも、カツオ類に次いで、サバ類が 1,571t と続くが、それ以降のアジ類、ブリ類の漁獲量との差から見ても、土佐清水市ではカツオ類、サバ類が主な漁獲対象種であることがわかる。須崎市や室戸市の主要漁獲魚種の構成は土佐清水市と大きく異なり、土佐清水市のカツオ類の漁獲量はこれら 2 市に比べて圧倒的に高い。土佐清水市のカツオ漁獲量は高知県内で最も高いことから、土佐清水市は高知県内でのカツオ漁の主要漁場であると言える。さらに、土佐清水市はカツオ類だけでなく、サバ類、アジ類といった魚類の漁獲量が高いことから、高知県内の海面漁業全体を担う主要漁場であると言える。

しかしながら、「平成 15 年度版高知県統計書」による平成 14 年度の高知県内各市町村の海面養殖業の概況を見ると（表 3 - 11）土佐清水市では海面養殖業では盛んではなく、ブリ類、マダイ類の養殖業者がそれぞれ 1 経営いるだけで、ほかに真珠母貝を含む真珠養殖業者や貝類養殖業者が数経営存在するにとどまっている。海面養殖業は宿毛市や須崎市で圧倒的に高く、ブリ類やマダイ類の養殖が頻繁に行われている。

一方、「平成 15 年度版高知県統計書」による平成 14 年度の高知県内各市町村の水産加工業別経営体数を見ると（表 3 - 12）土佐清水市内の水産加工業経営体数は 32 経営体と、高知市に次いで多いものの、経営体の種類は素干し品、塩干品、煮干し品・節製品などの複数種の業者に分散しており、ねり製品と塩干品の多い高知市や、塩干品、煮干品、乾燥加工場の多い大方町のように、際立った傾向は認められない。

・土佐清水市

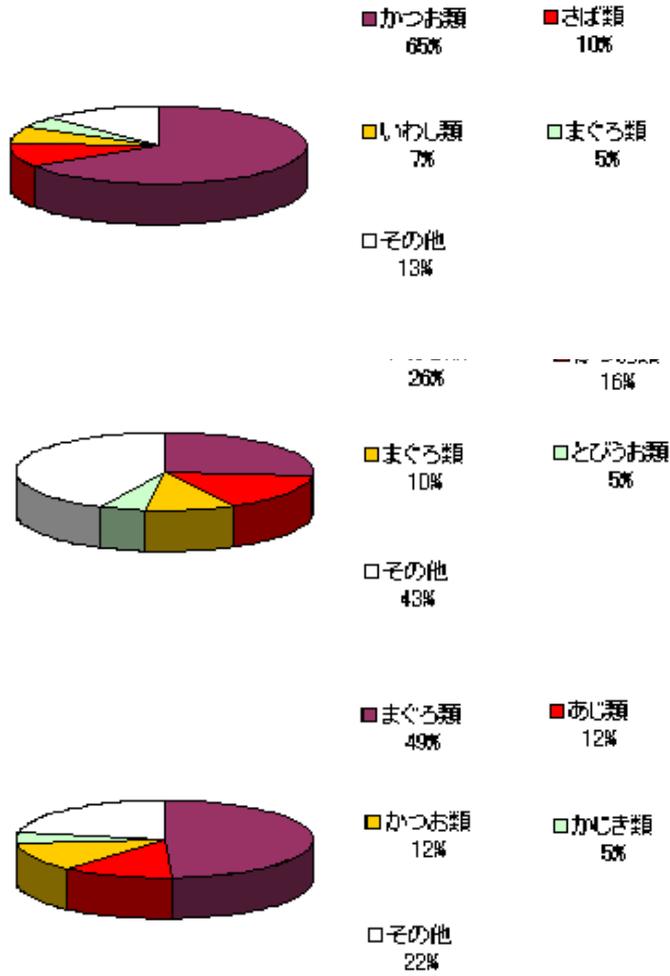


図3 - 4 土佐清水市（上段）・須崎市（中段）・室戸市（下段）の主要漁獲魚種の割合

表3 - 7 . 高知県内各市町村の経営体階層別経営体数

市町村	計	漁船 非使用	無動力 船のみ	動力船使用												大型 定置網	小型 定置網	地びき網	海面養殖					
				1 t 未満	1~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~50	50~100	100~200	200~500	500~ 1000	1000 t 以 上				のり類	真珠	真珠母貝	ぶり	たい類	その他の 養殖
全国	141,509	4,574	92	33,347	24,523	30,181	10,265	4,588	580	523	489	372	223	119	124	1,025	4,864	172	6,678	1,593	899	1,171	1,101	3,722
高知	3,625	16	3	773	750	960	412	224	21	16	23	7	21	8	4	26	59	3	1	6	13	92	117	70
高知市	191	-	-	24	33	90	14	14	3	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
室戸市	475	1	-	79	140	82	85	42	2	5	1	-	12	5	2	6	6	-	-	-	-	-	-	7
安芸市	99	-	-	8	13	25	28	20	3	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
南国市	23	-	-	1	2	2	11	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
土佐市	195	-	-	82	28	44	4	17	-	3	2	-	2	1	1	-	-	-	-	1	-	7	1	2
須崎市	493	2	-	111	88	70	34	10	-	-	1	-	1	-	-	2	14	-	-	3	-	54	76	27
中村市	86	-	-	19	33	27	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
宿毛市	272	-	-	83	40	59	18	6	-	2	3	-	-	-	-	-	3	-	1	-	10	18	26	3
土佐清水市	521	-	-	57	107	264	57	12	1	-	1	-	1	-	-	4	7	-	-	2	3	-	1	4
東洋町	119	2	-	10	11	38	27	20	-	-	-	-	-	-	-	2	9	-	-	-	-	-	-	-
奈半利町	62	-	-	-	11	14	31	1	-	-	-	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
田野町	20	-	-	2	8	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
安田町	46	-	-	10	9	11	10	-	1	-	-	-	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
芸西村	9	-	-	-	-	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-
赤岡町	17	-	-	-	-	3	2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
香我美町	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
夜須町	20	-	-	1	3	5	3	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
吉川村	12	-	-	-	-	-	1	10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
春野町	11	-	-	-	-	-	4	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
中土佐町	226	-	-	20	75	82	9	12	1	-	2	2	-	-	-	-	7	-	-	-	-	6	-	10
窪川町	98	-	-	17	37	24	7	3	-	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-	-	-	-	-
佐賀町	142	-	-	39	35	29	10	13	5	-	5	3	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
大方町	193	5	-	76	31	23	37	17	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
大月町	295	6	3	134	46	62	7	-	1	-	7	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	5	13	7

単位：経営体， -：なし，全国値は、本県に該当ある項目のみ計上したので、計と内訳の計とは必ずしも一致しない。

表3 - 8 . 高知県内各市町村の海面漁業種類別漁獲量

漁業種類	計	高知市	室戸市	安芸市	南国市	土佐市	須崎市	中村市	宿毛市	土佐清水市	東洋町	奈半利町	田野町	安田町	芸西村	赤岡町	香我美町	夜須町	吉川村	春野町	中土佐町	窪川町	佐賀町	大方町	大月町	
計	100,975	2,644	24,418	1,007	54	5,453	2,551	131	4,512	19,703	4,731	4,342	289	2,559	457	281	0	405	86	44	3,822	963	12,849	2,356	7,317	
沖合底びき網(1艘曳き)	641	641	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
小型底びき網(縦びきその他)	218	192	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ひき回し・ひき寄せ船びき網	798	6	-	259	46	2	139	-	x	5	-	-	x	x	x	135	-	-	85	43	-	-	-	24	-	
地びき網	150	-	-	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
中・小型1艘巻き巾着網	9,663	-	-	-	-	-	-	-	3,537	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,126	
その他の中・小型巻き網	687	8	-	-	-	x	0	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	281	-	-	-	391	3	5	1	
その他の刺網	265	9	14	15	3	3	71	5	12	26	21	0	1	3	4	4	-	8	-	-	13	13	8	13	20	
その他の敷網	34	-	-	-	-	-	-	-	16	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	
大型定置網	15,127	-	6,387	-	-	-	862	-	-	3,195	x	424	x	x	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	361	
小型定置網	2,651	-	477	-	-	-	418	x	325	106	618	-	-	-	x	-	-	-	-	-	137	90	-	-	98	
その他の網漁業	70	3	5	0	0	0	24	0	0	29	-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	x	0	0	0	6	
遠洋マグロ延縄	15,033	-	12,380	-	-	1,123	x	-	-	-	-	-	-	1,530	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
近海マグロ延縄	1,120	-	x	-	-	706	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
沿岸マグロ延縄	8,381	x	2,651	x	-	2,632	339	-	x	495	1,269	x	-	-	-	-	-	81	-	-	121	x	-	396	-	
その他の延縄	193	5	2	x	-	6	7	-	16	25	-	x	-	3	-	-	-	-	-	-	89	7	8	22	2	
遠洋カツオ一本釣	7,753	x	-	-	-	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,530	-	-	
近海カツオ一本釣	11,201	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-	2,514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,112	-	4,019	x	x
沿岸カツオ一本釣	4,900	-	-	51	-	434	x	-	-	x	406	x	-	-	-	-	-	-	-	-	290	-	2,432	x	-	
沿岸イカ釣	536	2	8	72	-	0	-	-	2	73	11	159	13	131	-	-	-	-	-	-	6	2	x	3	54	
サバ釣	2,331	15	130	6	-	18	-	-	-	1,854	106	107	24	21	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	26	
曳縄釣	14,127	66	181	391	-	323	207	108	243	10,954	54	309	13	47	2	-	-	22	-	-	839	94	207	32	36	
その他の釣	3,947	48	1,885	9	6	150	171	10	225	513	76	168	36	95	1	31	-	6	2	-	187	36	113	22	160	
潜水器漁業	20	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
採貝	149	29	5	1	-	54	47	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	x	0	7	3	
採藻	106	-	77	-	-	-	-	-	x	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	9	
その他の漁業	875	89	1	0	-	x	115	0	12	0	0	-	-	x	-	110	-	8	-	-	4	6	296	210	18	

単位：t, x: 未発表, -: なし.

表3-9. 高知県内の各市町村の海面漁業魚種別漁獲量

漁業種類	計	高知市	室戸市	安芸市	南国市	土佐市	須崎市	中村市	宿毛市	土佐清水市	東洋町	奈半利町	田野町	安田町	芸西村	赤岡町	香我美町	夜須町	吉川村	春野町	中土佐町	窪川町	佐賀町	大方町	大月町
計	100,975	2,644	24,418	1,007	54	5,453	2,551	131	4,512	19,703	4,731	4,342	289	2,559	457	281	0	405	86	44	3,822	963	12,849	2,356	7,317
ホンマグロ	2,017	4	643	0	-	600	56	1	11	41	30	4	0	406	-	-	-	1	-	-	28	24	131	31	6
ピンナガマグロ	7,187	30	2,744	99	-	1,919	138	-	93	324	818	133	0	125	-	-	-	28	-	-	248	36	251	171	30
メバチマグロ	6,608	74	3,970	1	-	1,073	138	0	15	160	150	25	-	763	0	-	-	7	-	-	23	5	3	192	10
キハダマグロ	7,951	57	6,195	14	-	488	80	1	47	260	224	11	0	205	0	-	-	7	-	-	53	8	178	119	4
その他のマグロ類	189	-	19	17	0	1	1	-	0	-	32	15	2	12	0	0	-	11	1	-	10	0	66	-	0
マカジキ	461	0	221	2	-	137	12	-	3	36	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	10	0
メカジキ	716	1	521	1	-	106	7	-	1	18	18	0	0	29	-	-	-	-	-	-	2	1	-	9	0
クロカジキ類	743	4	527	2	-	126	14	-	2	21	33	1	0	3	-	-	-	-	-	-	2	0	-	8	0
その他のカジキ類	76	-	59	-	-	1	1	-	1	10	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	2
カツオ	23,523	1,376	152	279	0	560	174	6	87	2,330	340	3,060	4	7	1	0	-	1	0	-	2,209	16	11,432	1,136	353
ソウダガツオ類	16,542	49	2,656	108	0	31	74	98	336	11,692	170	215	4	28	1	-	-	0	-	-	744	71	67	33	165
サメ類	192	15	98	4	-	23	7	0	0	10	10	0	1	2	4	1	-	0	-	-	7	1	1	8	-
マイワシ	3,205	-	75	26	-	-	644	-	221	119	75	181	94	406	207	-	-	-	0	-	61	53	78	113	854
ウルメイワシ	2,576	8	224	1	-	132	213	0	458	71	20	39	57	39	93	-	-	4	-	-	129	41	11	21	1,013
カタクチイワシ	479	-	9	0	-	-	23	-	313	45	-	0	2	48	7	-	-	-	-	-	0	0	-	17	14
シラス	712	6	-	248	46	2	70	-	20	3	-	-	10	5	15	134	-	-	84	43	-	-	-	24	-
マアジ	4,776	9	1,559	6	1	2	294	4	311	589	1,127	27	21	24	17	2	-	0	-	-	24	46	61	40	612
ムロアジ類	2,771	1	821	38	0	0	15	0	338	93	372	49	18	155	61	-	-	-	-	-	2	6	0	3	798
サバ類	6,581	18	561	5	2	18	27	3	1,177	1,571	309	98	26	30	-	-	-	0	-	-	37	15	20	21	2,643
サンマ	36	-	10	-	-	-	6	-	-	7	4	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	6	1	2	-
ブリ類	1,625	5	321	0	-	6	69	0	121	507	127	4	5	12	1	-	-	1	0	1	30	121	112	45	137
ヒラメ	28	4	2	0	-	0	6	0	1	1	2	0	0	0	1	0	-	1	-	-	1	1	2	5	1
カレイ類	20	8	0	2	-	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	-	-	0	-	-	0	0	1	2	0
ニギス類	293	293	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
エソ類	242	222	0	0	-	-	1	-	2	0	2	0	-	0	0	0	-	-	-	-	1	0	0	14	-
ハモ	26	3	0	-	-	-	5	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	6	11	0
タチウオ	189	3	8	0	-	0	34	3	11	9	32	1	1	1	3	-	-	-	-	-	8	5	23	5	43
マダイ	82	8	8	2	0	0	8	0	12	5	8	2	0	1	1	1	-	1	0	-	3	1	10	3	7
チダイ・キダイ	88	9	3	3	-	6	0	0	12	14	0	1	1	7	2	2	-	0	-	-	1	3	8	9	6
イサキ	198	1	77	0	-	-	9	0	37	9	20	2	4	2	0	-	-	-	-	-	2	3	3	0	29
サワラ類	143	1	27	12	-	1	13	1	8	34	18	1	1	2	3	0	-	4	0	-	3	4	1	5	5
シイラ類	1,134	8	91	14	-	21	33	1	2	82	88	2	2	3	1	0	-	318	0	-	32	384	28	13	10
トビウオ類	367	-	46	0	-	0	31	0	3	184	27	6	1	1	2	-	-	-	-	-	23	9	4	2	27
ボラ類	79	0	14	0	-	1	43	0	12	0	2	0	0	0	0	-	-	-	-	-	1	4	-	0	1
アマダイ類	26	2	0	0	-	4	0	0	1	1	0	0	0	3	0	-	-	-	-	-	5	0	4	3	0
フグ類	167	2	23	7	-	0	5	0	26	36	12	0	0	1	1	1	-	3	0	-	43	1	1	2	1
キンメダイ	1,916	0	1,625	0	-	-	3	-	-	60	11	142	3	61	-	-	-	-	-	-	10	0	-	-	0
その他の魚類	5,176	314	792	27	5	138	140	6	798	1,122	421	146	11	40	29	130	0	9	1	0	56	68	299	165	460
イセエビ	41	0	4	1	-	0	8	1	0	10	1	0	0	0	-	-	-	1	-	-	2	3	5	3	1
その他のエビ類	100	40	0	0	-	0	17	0	9	2	2	0	0	0	0	-	-	0	-	-	3	1	17	9	0
ガザミ類	21	6	-	-	-	-	15	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-
アサリ類	87	28	-	-	-	54	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
トコブシ	31	-	24	-	-	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	3	2
その他の貝類	54	3	0	1	-	1	42	1	0	0	0	-	0	0	0	-	-	0	-	-	1	0	-	4	1
コウイカ類	46	11	3	6	0	-	3	0	3	1	3	1	0	0	0	3	-	2	0	-	4	1	1	3	0
スルメイカ	897	3	152	71	-	-	2	-	1	186	100	160	15	132	0	-	-	-	-	-	1	6	10	9	52
その他のイカ類	286	3	49	4	-	0	28	1	3	23	80	13	3	5	6	1	-	3	0	-	2	13	14	15	19
タコ類	23	2	0	0	-	1	9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-	-	3	2	0	3	0
ウニ類	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	-
テングサ類	94	-	76	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
その他の海藻類	12	-	1	-	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	2

単位：t, - : なし.

表3 - 10 . 土佐清水市・須崎市・室戸市における海面漁業の上位20位魚種の漁獲量

土佐清水市			須崎市			室戸市					
	漁獲量 (t)	総漁獲量* に対する割合(%)		漁獲量 (t)	総漁獲量* に対する割合(%)		漁獲量 (t)	総漁獲量* に対する割合(%)			
1	カツオ類	14,022	71.17	1	イワシ類	951	37.28	1	マグロ類	13572	55.58
2	サバ類	1,571	7.97	2	マグロ類	414	16.23	2	カツオ類	2808	11.50
3	マグロ類	784	3.98	3	アジ類	308	12.07	3	アジ類	2380	9.75
4	アジ類	682	3.46	4	カツオ類	248	9.72	4	カジキ類	1328	5.44
5	ブリ類	507	2.57	5	ブリ類	69	2.70	5	サバ類	561	2.30
6	イワシ類	238	1.21	6	ボラ類	43	1.69	6	ブリ類	321	1.31
7	スルメイカ	186	0.94	7	カジキ類	34	1.33	7	イワシ類	308	1.26
8	トビウオ類	184	0.93	8	タチウオ	34	1.33	8	スルメイカ	152	0.62
9	カジキ類	85	0.43	9	シイラ類	33	1.29	9	サメ類	98	0.40
10	シイラ類	82	0.42	10	トビウオ類	31	1.22	10	シイラ類	91	0.37
11	フグ類	36	0.18	11	サバ類	27	1.06	11	イサキ	77	0.32
12	サワラ類	34	0.17	12	ガザミ類	15	0.59	12	テングサ類	76	0.31
13	タイ類	20	0.10	13	タイ類	14	0.55	13	トビウオ類	46	0.19
14	テングサ類	11	0.06	14	サワラ類	13	0.51	14	サワラ類	27	0.11
15	サメ類	10	0.05	15	イサキ	9	0.35	15	フグ類	23	0.09
16	イセエビ	10	0.05	16	タコ類	9	0.35	16	ボラ類	14	0.06
17	タチウオ	9	0.05	17	ヒラメ・カレイ類	8	0.31	17	タイ類	12	0.05
18	イサキ	9	0.05	18	イセエビ	8	0.31	18	サンマ	10	0.04
19	サンマ	7	0.04	19	サメ類	7	0.27	19	タチウオ	8	0.03
20	ヒラメ・カレイ類	2	0.01	20	サンマ	6	0.24	20	イセエビ	4	0.02

*土佐清水市の総漁獲量19,703 t, 須崎市の総漁獲量2,551 t, 室戸市の総漁獲量24,418 t.

表3 - 11 . 高知県内各市町村の海面養殖業各種概況

区分	単位	高知県全体	高知市	室戸市	土佐市	須崎市	中村市	宿毛市	土佐清水市	夜須町	赤岡町	春野町	中土佐町	大方町	大月町
ぶり類養殖															
経営体数	経営体	109	-	-	8	49	-	26	1	2	-	-	10	1	12
施設面積	m ²	102,128	-	-	5,245	13,766	-	60,815	448	1,870	-	-	1,377	32	18,575
施設数	面	820	-	-	88	216	-	357	8	17	-	-	17	2	115
収穫量	t	9,534	-	-	182	2,946	-	4,340	x	x	-	-	56	x	1,900
まだい養殖															
経営体数	経営体	136	-	-	3	77	-	41	1	-	-	-	1	-	14
施設面積	m ²	95,075	-	-	950	22,187	-	59,023	448	-	-	-	38	-	12,467
施設数	面	1,028	-	-	11	340	-	525	8	-	-	-	1	-	144
収穫量	t	4,543	-	-	20	1,660	-	2,184	x	-	-	-	x	-	622
ひらめ養殖															
経営体数	経営体	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
施設面積	m ²	511	-	-	473	-	-	-	-	-	509	-	-	-	-
施設数	面	15	-	-	14	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-
収穫量	t	x	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
その他の魚類養殖															
経営体数	経営体	63	1	-	6	25	-	15	-	-	-	-	-	-	16
収穫量	t	1,603	x	-	16	260	-	924	-	-	-	-	-	-	303
その他の貝類養殖															
経営体数	経営体	10	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	3	1	-
収穫量	t	25	-	-	-	x	-	-	11	-	-	-	1	x	-
その他の水産動物類養殖															
経営体数	経営体	44	6	7	2	19	1	-	-	-	-	3	7	-	-
収穫量	t	97	12	8	x	51	x	-	-	-	-	8	14	-	-
真珠養殖															
経営体数	経営体	7	-	-	1	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-
収穫量	kg	60	-	-	x	40	-	-	4	-	-	-	-	-	-
真珠母貝養殖															
経営体数	経営体	14	-	-	-	-	-	10	4	-	-	-	-	-	-
販売量	t	88	-	-	-	-	-	60	28	-	-	-	-	-	-
まだい種苗養殖															
経営体数	経営体	21	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	2
販売量	1,000尾	15,693	-	-	-	15,185	-	-	-	-	-	-	-	-	x

表3 - 1 2 . 高知市内各市町村の水産加工業別経営体数

市町村	実経営体数	加工種類別経営体数									
		ねり製品 (かまぼこ類)	冷凍食品	素干し品	塩干品	煮干し品	節製品	その他の食用加工品			冷凍水産物
								計	塩辛類	乾燥・焙焼・揚げ加工品	
高知県全体	249	37	14	30	103	90	54	59	4	40	5
高知市	44	15	6	1	12	-	8	8	1	2	2
室戸市	15	2	-	9	10	-	3	2	-	1	2
安芸市	10	3	-	-	2	6	-	-	-	-	-
南国市	7	-	-	-	1	7	-	-	-	-	-
土佐市	17	-	1	-	10	-	10	5	3	1	1
須崎市	15	2	-	-	5	8	1	-	-	-	-
中村市	7	3	-	-	-	-	3	1	-	1	-
宿毛市	23	4	1	10	13	14	2	3	-	2	-
土佐清水市	32	2	-	5	6	3	24	10	-	6	-
奈半利町	2	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-
田野町	4	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-
安田町	2	1	-	1	1	1	-	-	-	-	-
芸西村	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
赤岡町	5	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-
香我美町	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
土佐山田町	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
夜須町	2	-	-	-	2	1	-	2	-	2	-
吉川村	5	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
春野町	6	-	2	-	-	4	-	-	-	-	-
中土佐町	10	1	-	1	7	2	2	3	-	2	-
窪川町	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-
佐賀町	4	-	4	-	2	-	-	-	-	-	-
大方町	32	2	-	1	24	30	1	22	-	22	-
大月町	2	-	-	2	1	-	-	1	-	1	-

単位：経営体， -：なし。

注：1 くん製品、塩蔵品、焼・味付のりは省略した。

2 平成13年調査より加工場又は加工施設がなく、専従の従業者のいない漁家等を調査対象から除いた。

3 平成13年調査より、寒天、油脂、飼肥料及び、冷凍水産物のうち海産ほ乳類、塩蔵品、その他の加工品の調査を中止した。

(3) 高知県内の漁業の変化と把握

高知県の漁業総生産額と、海面漁業、養殖業それぞれの生産額の推移を図3-5に示すが、高知県の漁業総生産額は減少傾向にあり、平成9年には719億5,400万円であったが、平成14年には615億8,500万円に減少している。平成13年に漁業総生産額が著しく減少しているが、海面漁業の生産額は大きく変化しておらず、海面養殖の生産額が前年に比べ、約25%減少したことが原因である。この海面養殖の生産額の減少は、西南豪雨による収穫量の減少に加えて、養殖魚類価格が急激に下降したためである。海面養殖業の生産額の低下は、平成14年にも生じており、前年よりさらに5%減少している。平成14年の低下の原因は平成13年の減少原因と異なり、ブリ類の収穫量が増加したことによる魚類価格の低下によると考えられる。

海面漁業生産額は、漁業総生産額のほとんどを占めており、総生産額と同様の変動を示している。平成9年以降、海面漁業生産額は毎年5%程度減少し、ゆるやかな減少が認められる。海面漁業は漁業種により漁獲量の変動が異なっているため、次に漁業種別・漁獲種別の漁獲量から海面漁業の変動様相を示す。

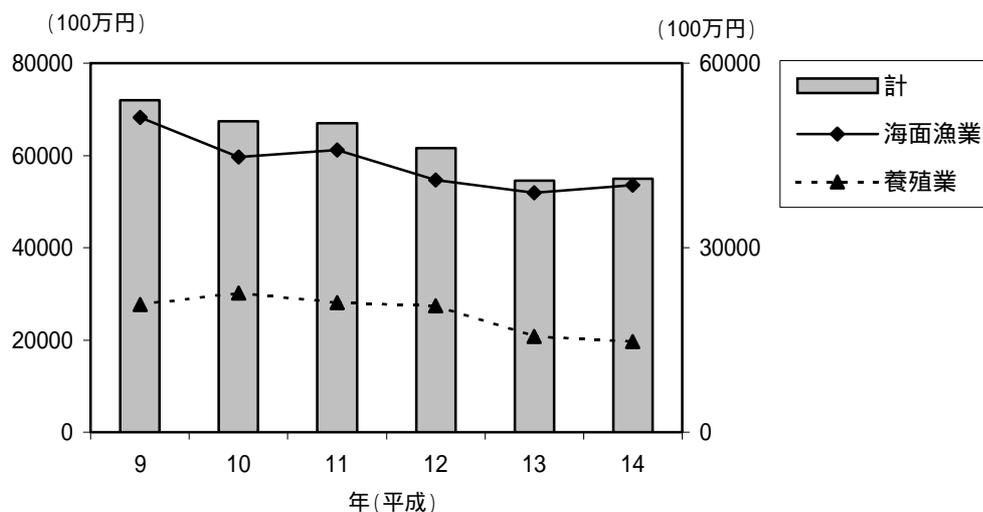


図3 - 5 高知県の漁業総生産額（左軸）と、海面漁業、養殖業生産額（右軸）

表3 - 13 に平成9年から平成14年の高知県の海面漁業・養殖業種別生産額を、図3 - 6 にマグロ延縄漁、カツオー本釣漁、サバ釣り、定置網の生産額の推移を示す。平成9年から平成14年の間、海面漁業ではマグロ延縄漁、カツオー本釣漁、大型定置網など、海面養殖業ではブリ類、マダイ養殖の生産額が常に高く、それぞれの生産額も安定している。土佐清水市が主な漁獲海域であるサバ釣漁の生産額は低いながらも5年間で大きな変動はない。しかしながら、遠洋、近海、沿岸を含めたマグロ延縄漁は、平成11年をピークに減少しており、平成14年の生産額はピーク時の約6割にとどまっている。

表3 - 13 . 高知県の海面漁業・養殖業種類別生産額

海面漁業・養殖業種類	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年
計	71,954	67,345	66,964	61,582	54,477	54,980
海面漁業						
沖合底びき網	389	265	222	162	131	270
小型底びき網	222	149	161	136	95	120
ひき回し・ひき寄せ船びき網	572	565	294	494	208	700
地びき網	57	53	27	77	43	40
中・小型1艘巻き巾着網	1,908	1,151	701	1,687	1,220	3,770
その他の中・小型巻き網	119	137	110	139	108	140
その他の刺網	495	407	356	407	330	450
その他の敷網	352	164	11	17	14	10
大型定置網	3,993	3,304	4,175	4,543	4,070	4,000
小型定置網	616	554	646	573	818	810
その他の網漁業	222	256	235	224	310	460
遠洋マグロ延縄	19,335	16,312	16,783	12,591	9,829	9,580
近海・沿岸マグロ延縄	957	717	5,498	5,986	5,702	4,150
その他の延縄	149	179	155	200	104	140
遠洋カツオ一本釣	3,330	2,876	3,638	2,315	2,626	2,560
近海カツオ一本釣	4,550	4,208	5,144	3,024	3,996	3,240
沿岸カツオ一本釣	2,314	2,596	2,372	2,261	2,454	2,740
沿岸イカ釣	176	161	117	210	143	160
サバ釣	618	462	541	799	857	880
曳き縄釣	1,875	1,787	1,709	1,996	2,541	2,380
その他の釣	1,738	2,209	2,277	2,434	2,571	2,840
潜水器漁業	65	72	60	44	33	30
採貝	355	201	211	153	126	100
採藻	98	56	29	23	23	10
その他の漁業	735	582	438	492	552	620
海面養殖業						
ブリ類養殖	9,851	12,555	12,606	13,154	8,598	8,380
マダイ養殖	6,353	5,231	5,695	5,631	4,833	4,830
マアジ養殖	522	571	265	355	360	0
ヒラメ養殖	65	46	32	14	0	0
シマアジ養殖	1,299	1,379	1,206	311	534	0
その他の魚類養殖	434	484	1,850	1,128	1,390	970
その他の貝類養殖	1	20	20	13	16	40
その他の水産動物類養殖	1,536	1,734	450	440		390
真珠養殖	84	50	46	102	56	50
真珠母貝養殖	342	154	145	8	93	60
地方設定種苗養殖	0	0	208	104	82	0

単位：100万円

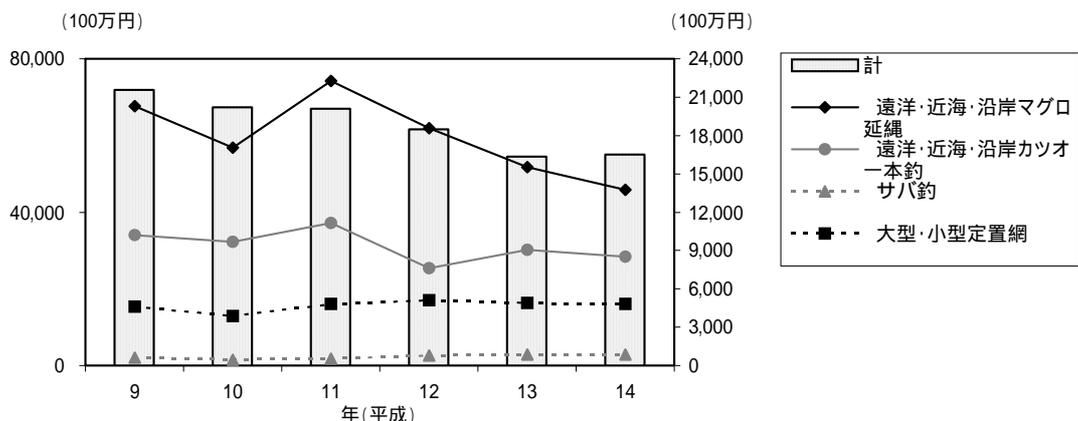


図3 - 6 高知県の海面漁業・養殖業の総生産額（左軸）と、主要海面漁業（マグロ延縄漁、カツオー一本釣漁、サバ漁、定置網漁：右軸）の漁獲量

表3 - 14 に平成9年から平成14年の高知県の海面漁業の魚種別生産額を、図3 - 7 に海面漁業総生産額と、マグロ類4種（ホンマグロ、ビンナガマグロ、マバチマグロ、キハダマグロカツオ）、カツオ類（カツオ、ソウダカツオ類）の生産額の推移を示す。海面漁業総生産額は大きな変化はなく、ゆるやかに減少している中で、マグロ類は年々急激に減少している。特に、ホンマグロの生産額は平成9年には111億4,800万円であったが、平成14年には44億9,000万円にまで減少した。これはマグロ類の漁獲量だけでなく、魚類価格が急激に減少していることが原因である。

しかしながら、カツオの生産額はマグロ類より高いものの、カツオ、ソウダカツオ類ともに生産額に大きな変動はなく、ほぼ安定して推移している。平成12年に一時的にカツオの生産額が減少しているのは、輸入量の急激な増加でカツオの価格が低下したことと、漁獲量が減少したことが原因である。平成13年にもカツオの漁獲量は減少しているが、カツオの価格が前年度の2倍近く上昇し、価格が回復したため、漁獲量の減少が生産額に反映されにくい結果となった。

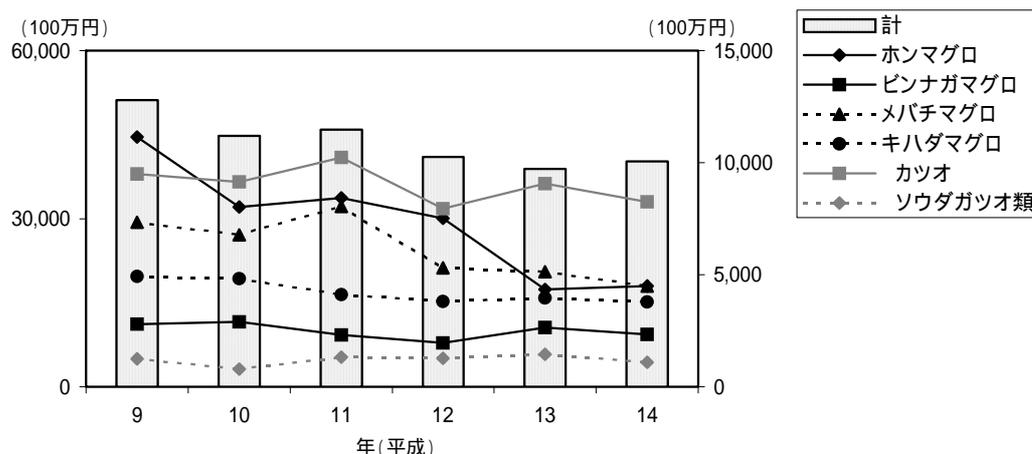


図3 - 7 高知県の海面漁業生産額（左軸）と、マグロ類4種（ホンマグロ、ビンナガマグロ、メバチマグロ、キハダマグロ：右軸）、カツオ類（右軸）の漁獲生産高

次に、図3-8に平成10年～平成15年の沿岸マグロ延縄漁の総漁獲数と、各漁獲対象種の漁獲数の変動を示す。平成10年の沿岸マグロ延縄漁の総漁獲数は92,209尾であったが、平成12年には37,774尾にまで極端に減少し、平成15年度は41,138尾であった。総漁獲数の変動は、漁獲数の80%以上を占めるビンナガマグロ漁獲数の変動と対応している。ビンナガマグロの漁獲数は平成10年から平成15年の5年間で約半数に減少している。また、マカジキも平成15年度の漁獲数が平成10年度の約10%にまで減少している。

それ以外に漁獲される、キハダマグロ、クロマグロ、メバチマグロといったマグロ類や、メカジキといったカジキ類の漁獲量も減少傾向にあり、沿岸マグロ延縄漁は全体的に漁獲数の減少が懸念される。

表3 - 14 . 高知県の海面漁業魚種別生産額

魚種	平成9年	平成10年	平成11年	平成12年	平成13年	平成14年
計	51,155	44,760	45,911	40,988	38,907	40,200
魚類						
ホンマグロ	11,148	8,022	8,417	7,516	4,333	4,490
ビンナガマグロ	2,804	2,893	2,314	1,967	2,647	2,340
メバチマグロ	7,335	6,775	8,041	5,297	5,123	4,500
キハダマグロ	4,915	4,811	4,117	3,805	3,961	3,790
その他のマグロ類	64	116	58	50	88	20
マカジキ	464	430	199	241	255	190
メカジキ	593	526	404	388	420	340
クロカジキ類	359	260	200	195	207	140
その他のカジキ類	33	16	7	12	21	20
カツオ	9,483	9,142	10,222	7,936	9,056	8,250
ソウダカツオ類	1,244	794	1,325	1,257	1,451	1,090
サメ類	30	35	28	27	27	30
マイワシ	511	416	346	203	624	770
ウルメイワシ	300	254	189	482	415	460
カタクチイワシ	224	124	187	494	67	250
シラス	620	611	315	491	185	680
マアジ	1,511	977	896	1,762	1,287	750
ムロアジ類	439	592	498	554	609	960
サバ類	1,218	596	833	1,324	1,271	2,030
サンマ	23	23	3	1	3	0
ブリ類	1,100	1,126	1,495	1,093	983	760
ヒラメ	138	73	77	60	57	60
カレイ類	32	15	17	16	13	10
ニギス類	125	49	53	41	37	60
ニベ・グチ類	7	4	3	2	2	0
エソ類	116	66	35	62	77	90
イボダイ	3	2	2	4	1	0
アナゴ類	1	41	0	0	0	0
ハモ	9	7	4	4	8	20
タチウオ	29	32	45	82	86	150
エイ類	1	1	1	1	2	
マダイ	224	188	124	124	100	100
チダイ・キダイ	98	89	94	62	85	90
クロダイ・ヘダイ	26	28	13	14	15	20
イサキ	357	337	277	306	175	190
サワラ類	35	64	44	52	141	150
シイラ類	162	206	134	163	152	160
トビウオ類	112	126	83	97	77	70
ボラ類	41	24	38	24	25	30
スズキ類	12	15	11	8	7	
アマダイ類	113	118	83	63	68	70
ブグ類	19	32	24	127	44	30
ウマツラハギ	12	80	5	12	6	10
キンメダイ	0	0	1,292	1,450	1,509	1,770
その他の魚類	2,939	3,280	2,025	1,755	1,937	0
水産動物類						
イセエビ	234	198	189	152	136	170
クルマエビ	58	36	35	29	23	10
ヨシエビ	17	20	16	16	6	0
その他のエビ類	149	107	77	74	59	90
ガザミ類	25	30	13	94	57	30
その他のカニ類	22	19	11	9	7	10
コウイカ類	41	32	39	25	28	20
スルメイカ	273	155	138	170	186	220
その他のイカ類	521	299	256	322	267	330
タコ類	28	23	11	27	22	10
ウニ類	28	24	22	19	24	110
ナマコ類	1	1	1	1	0	0
その他の水産動物類	210	141	219	207	243	560
貝類						
アワビ類	9	7	5	1	0	0
サザエ	4	2	1	1	0	0
トコブシ	103	125	82	60	52	50
アサリ類	215	90	70	30	52	50
その他の貝類	72	78	115	108	58	30
海藻類						
テングサ類	87	52	25	17	14	0
その他の海藻類	11	3	4	7	9	10

単位：100万円

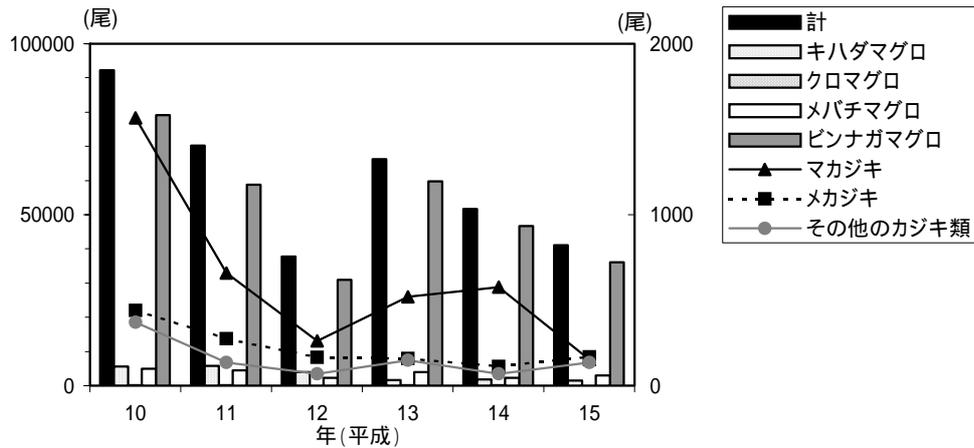


図3 - 8 沿岸マグロ延縄漁の総漁獲数と各漁獲物の漁獲数の変動

総漁獲数と、マグロ類（キハダマグロ、クロマグロ、メバチマグロ、ビンナガマグロ）を左軸に、カジキ類（マカジキ、メカジキ、その他のカジキ類）を右軸に示す。

図3 - 9に平成10年～15年度のカツオ竿釣漁の総漁獲量と、各漁獲対象種の漁獲量の変動を示す。総漁獲量は、平成10年度には790,694kgであったが、平成13年には沿岸、遠洋ともに急激に減少し、908,470kgにまで低下した。しかし、その後回復の傾向を示し、平成15年度の漁獲量は1,132,219kgにまで回復している。総漁獲量の変動は主な漁獲対象物であるカツオ漁獲量と同じ変動様相を示している。しかし、キハダマグロ、シイラの漁獲量は互いによく似た推移をしており、平成13年をピークに減少し続けている。

このように、魚種や漁法により漁獲高に若干の上下が認められるものの、高知県における漁業生産高は減少傾向にあり、ある特定の魚種だけでなく漁獲対象種が全体的に減少していることが伺える。

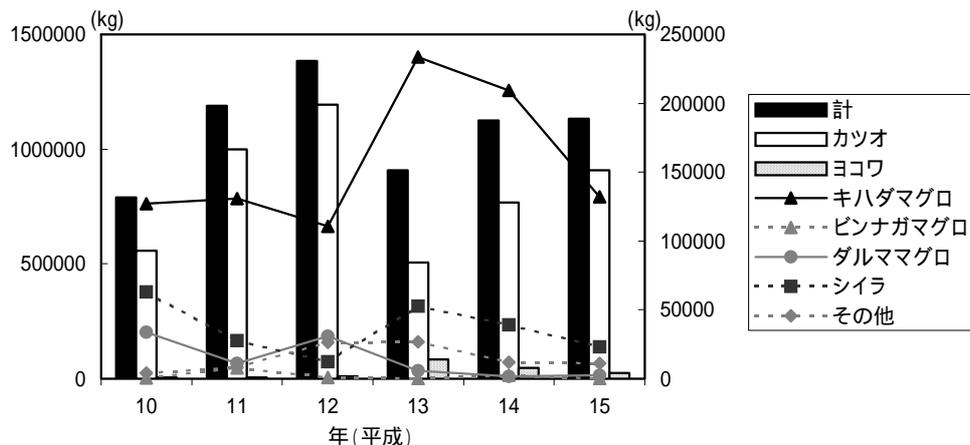


図3 - 9 カツオ竿釣漁の総漁獲量と各漁獲物の漁獲量の変動

総漁獲量と、カツオ、ヨコワを左軸に、マグロ類（キハダマグロ、ビンナガマグロ、ダルママグロ）とシイラ、その他の魚類を右軸に示す。

(4) 土佐清水市の漁業の変化と把握

高知県における平成14年の海面漁業生産額は402億円であり、そのうち土佐清水市の海面漁業生産額は約20億円であった。この値は高知県全体の約5%の海面漁業生産額に相当する。

ソウダカツオ曳縄漁は土佐清水市でもっとも漁獲量の多い海面漁業種であり(表3-8)また、サバ類は土佐清水市で最も多い漁獲量を挙げている(表3-9)。そこで、土佐清水市漁協による足摺沖サバ立縄漁と、足摺岬周辺のソウダカツオ曳縄漁の漁獲量の変動から、土佐清水市の漁獲量の変化の把握を試みた。

図3-10に平成10年から平成15年の足摺沖のサバ立縄漁の総漁獲量と、魚種ごとの漁獲量の変化を示す。総漁獲量は、平成11、12、13年度で高く、それ以外の平成10、14、15年で低くなっている。各年の平年比との差から考えると、平成11、12、13年度の総漁獲量が例年より高く、それ以外の年は平年並みであったと言える。しかしながら、漁獲量の多くを占めているゴマサバの漁獲は5年間で大きな変動はなく、漁獲量は安定している。その他、メダイ、ブリの漁獲量は顕著に増加していることから考えて、総漁獲量の変動は特定魚種によるものではなく、複数種の漁獲量が総合的に減少した結果であると言える。以上のことから考えて、足摺沖サバ立縄の漁獲量は全体的に安定していると考えられる。

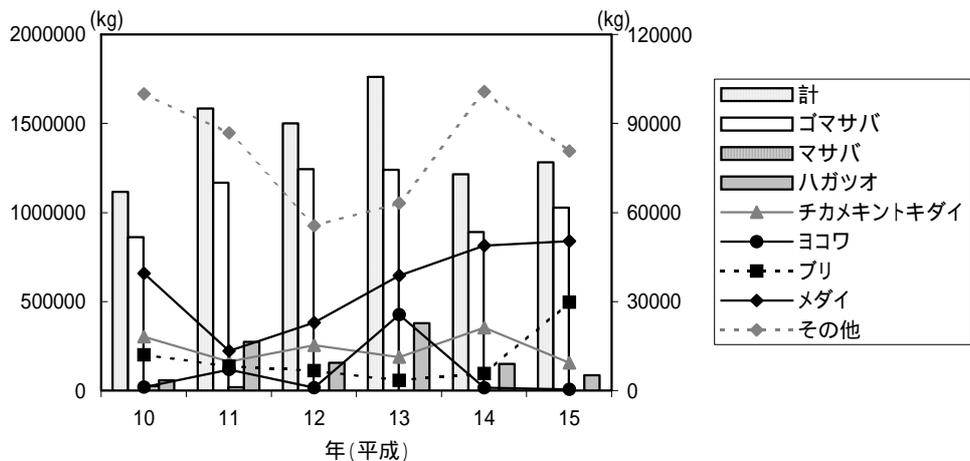


図3 - 10 足摺沖サバ立縄漁の総漁獲量と各漁獲物の漁獲量の変動

総漁獲量と、ゴマサバ、マサバ、ハガツオを左軸に、チカメキントキダイ、ヨコワ、ブリ、メダイおよびその他の魚類を右軸に示す。

図3 - 11 に足摺岬周辺のソウダガツオ曳縄漁の総漁獲量の変化を示す。ソウダガツオ曳縄による漁獲量は、平成14年に急激に減少している。この年は高知県全体でカツオ類の漁獲量が大幅に減少しており、土佐清水市においてもその現象が現れていると言える。平成14年以外は漁獲量に大きな変動はなく、土佐清水市のソウダガツオ漁獲量は10,000t前後であり、安定している。

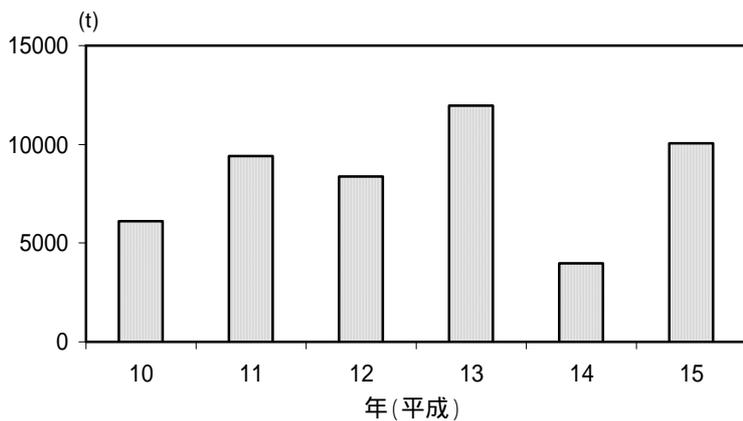


図3 - 11 足摺岬周辺のソウダガツオ曳縄漁の総漁獲量の変動

土佐清水市でもっとも漁獲量の多いソウダガツオ曳縄漁と(表3 - 8)、土佐清水市で最も多い漁獲量を挙げているサバ類(表3 - 9)の漁業の現状と変化から、土佐清水市の漁獲

量は、全体的に見て潜在的に増加の様相を持ちつつも安定していると考えられる。しかしながら、土佐清水市における海面漁業生産額の推移や、その他の漁業による漁獲量の情報が欠けていることなどから、今年度の情報のみでは土佐清水市の漁業の現状を把握するのは困難と言わざるを得ず、今年度の調査からは土佐清水市における漁業の現状を詳細に把握できなかった。

来年度は土佐清水市内の各漁協および漁港関係者への聞き取り、情報収集を行うことが必須であり、土佐清水市だけでなく、竜串地区における主要漁獲対象種、主要漁業法の情報を得ることによって、竜串地区における漁業の現状の詳細な把握とその推移が考察できると思われる。

3 - 4 . 湾内堆積土砂の処理に関する情報の収集・整理

平成 8 年に締結された国連海洋法条約に伴い、平成 11 年度から実施された海洋開発推進計画の一部として、海洋の持つ公益的機能の増進を目的とした海洋環境創造事業が推進され、汚泥浚渫や汚泥上への覆砂による海洋環境の改善が行われている。海底に堆積している土砂の処理方法については、主に「浚渫除去」、「覆砂」、「原位置固化処理工法」の 3 方法が検討されている。

本項では、竜串湾内に堆積する土砂の処理について、国土交通省および地方自治体・大学研究機関・企業のウェブサイトより情報を収集し、それぞれの方法について工法を紹介する。

1 . 浚渫

ホース等を用いて、海底に堆積する土砂を吸い上げ、除去し、土砂の巻き上げを防止する方法である。浚渫にはポンプ系（ポンプ式浚渫船、負圧吸泥式汚泥浚渫など）とグラブ系（バックホウ浚渫船、グラブ浚渫船）があり、浚渫する土砂の性質によって浚渫工法を選ぶ必要がある。

浚渫作業によって排出される土砂は「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」第 5 条 2 項 1 号で、廃棄物に指定されており、規定の廃棄物処理を行わねばならない。港湾内に堆積する土砂は、含水率が高く、粒度が細かく、容積が大きいいため、本方法の実行には浚渫した土砂を処分できることが必須条件となる。そのため、土砂に塑性化（運搬性の向上） 固化（強度の向上） 軽量化（土砂の単位堆積重量の軽減）の処理を行い、処分を容易にする必要がある。以下にこれらの主な処理方法について記載する。

（ 1 ）プラグマジック工法（東亜建設工業）

土砂をホースで吸い上げる際に発生するプラグ流（土砂内に発生する空気の流れ）を利用して、固化材と土砂を混練りし、短期間で土砂を軟泥化する工法。

土砂を処理施設に移動することなく、吸い上げ時に処理を行うので、移動・処理にかかる時間的、場所的コストが低いといった特徴がある。

（ 2 ）FT マッドキラー工法（株フジタ）

浚渫土砂に FT マッドキラー（無機多孔質の土質改良材で、再生紙を作る工程で発生する産業廃棄物のペーパースラッジ灰を処理したもの）を添加することにより、高含水な土砂を瞬時に吸水改質する工法。

吸水性が高く、瞬時に改質できるため、時間的コストが削減されるほかに、土砂が pH 中性域で改質されるために、動植物に害を与えない。また、産業廃棄物をリサイクルできることから、処理コストが軽減できるといった特徴がある。

(3) 高含水泥土造粒固化処理工法 (五洋建設)

筒状の混練装置を用いて、土砂に吸水力のある石炭灰や水溶性ポリマー (疎水化材) などの含水比調整材と、固化材 (セメント) を添加し、30 ~ 60 秒混練することで、土砂を粒状に改良する工法。

連続混練が可能なので大量の土砂を処分でき、従来の調整材を使用した場合より処理コストを軽減できる。土砂を造粒固化処理するため、砂や土木資材といった粒状リサイクル材料として利用できる。上述の FT マッドキラー工法と同様に、含水比調整剤に石炭灰や製紙灰、古紙などの廃棄物を利用できるため、低コストに処理を行うことができるといった特徴がある。

(4) デイコンシステム (東洋建設株)

連続固化処理装置によって土砂に固化材を添加し、短時間で処理土の利用目的に合った物性に改良する工法。

あらゆる性状の土砂を大量に短時間で処理することができるため、幅広い土砂に対応できる。また、固化材量を変えることによって、様々な性質の処理土を作ることができる。混合効率が極めて高く、必要最低限量で処理が行えることから、経済的な施工が可能であるといった特徴がある。

(5) ReSM 工法 (株式会社ガイアート T・K)

土砂を固化材と水で混練することによって任意の強度の処理土を構築する工法。

土砂の混練に改造ミキサー車を用いるため、狭い範囲で処理が行え、また処理施設の移動も容易である。幅広い含水率の土砂に対応が可能であり、さらに任意強度の処理土の作成が可能であるため、多様な目的に対応できるといった特徴がある。

(6) ボンデラン工法 (山形県)

土砂に、吸水性の高い新聞古紙といった繊維質物質と、高分子系改良剤、助剤を添加・攪拌することにより、優れた強度を持った軽量盛土剤を生成する工法。

高含水比の土砂を脱水せずに固形化するため、通常の土に比べ非常に軽量の材料が生成される特徴がある。

(7) 浚渫土砂再生処理工法 (大豊建設株式会社)

土砂を高圧フィルタープレスで脱水固化し、大幅な減量化と有効利用を図る工法。

それぞれの工法で処理された土砂は、路床材や盛土材、人工地盤、地盤改良材、護岸・擁壁背面の補強材、干潟・藻場造成材として再利用される他、次に述べる覆砂材料として

も用いられている。

一方、海底に堆積する土砂の浚渫は、浚渫の際に濁りが発生（水中汚濁）する、浚渫除去後に周辺から再度土砂が流入してくるなど、海洋汚染の拡大や土砂の完全除去が困難である面が問題となっている。浚渫時に生じる、堆積土砂に含まれる汚染物質や濁りの拡散を防止する工法として、「薄層安定化処理工法」が開発されている。本工法は海底に堆積している土砂の表層部分を杵で抑え込み、安定化材を浮泥に注入・攪拌して、短時間で浮泥をゲル状に固結・安定化させる工法である。この方法によって懸濁物質の拡散や泥中の汚染物質の拡散を防ぐ他に、後の浚渫や覆砂施工を容易にすることができる。また、周辺土砂も本工法で処理することによって、浚渫部分の周辺部からの土砂の再流入を防止することもできる。

2. 覆砂

覆砂材などを海底の堆積土砂の上に撒く方法で、海底有機物（ヘドロ）からリン酸塩、窒素化合物、硫化水素など海洋汚染物質の海底からの溶出・巻き上げを抑え、有機化合物による海底溶存酸素の消費を軽減するのに有効な方法である。

覆砂を撒く厚さ（層厚）には以下のような条件を満たす必要がある。

- ・ 十分な底質巻き上げ抑制効果を長期的に持続できる層厚であること
- ・ 底生物の覆砂層内への侵入深さ以上の層厚であること
- ・ 波浪などの影響を受けても効果が変化しない層厚であること
- ・ 施工地点の底質土の強度特性に見合う層厚であること
- ・ 船舶の停泊場所ではアンカーによる底質の攪乱を防げる層厚であること

覆砂材の粒度、粒径は、覆砂の目的やコストなどに応じて変化する。覆砂工法については、施工海域の特性を考慮して適切な工法を選ぶ必要があるが、工法は主に砂をガット船や土運船で搬送し、砂撒船で撒布する乾式撒布工法（ベルトコンベアバージ船、グラブ船など）と、ガット船や土運船で搬送した砂に海水を混合してスラリー状にしたものをパイプラインで輸送し撒布する湿式撒布工法（バージアンローダ船、サンドポンプ）に大別される。

覆砂は他の方法に比べて施工が容易で、低コストで実施できる利点がある。しかし、本方法では堆積土砂を除去しないので、底質の巻き上げ抑止効果が持続しているか、長期のモニタリングが必要である。効果が持続していない場合には、浚渫など他の対策を実施する必要がある。また、施工時に、堆積土砂の舞い上がりによって濁りが発生したり、均一な厚みで覆砂を行わないと、覆砂材が流失してしまうなどの問題がある。そのため、本方法を施工する海域には以下のような条件が必須となっている。

- ・ 洪水や台風などの荒天時に覆砂材の洗掘や流出が生じないような海域であること
- ・ 覆砂厚が通常 50 c m 程度であるため、十分な水深がある海域であること
- ・ 海底表面に覆砂材が潜りこまないような厚い浮泥層がない海域であること

以下に示すような様々な工法によってこれらの問題の軽減が検討実施され、覆砂による堆積土砂の処理は、これまで熊本県富岡港や島根県中海等で行われている。

(1) スラリー式ブラインド覆砂工法 (五洋建設株式会社)

スラリー化した砂 (液状細粒土) を、覆砂装置内で所定の厚さで堆積させた後に落下させる工法。

覆砂厚が均一でむらなく仕上がり、厚さ 15 ~ 50 c m の層厚が可能である。覆砂装置を沈水させ、水底近くから砂を落下させるため、砂材料が散逸することなく、所定の位置に確実に覆砂でき、底質の巻き上げによる海底汚濁を防止する。また、水深の深い場所でも覆砂が可能である、といった特徴がある。

(2) コンベヤーバージ敷砂・薄層覆砂工法 (みらい建設工業)

敷砂を積み込んだバージ船から、敷砂材をコンベヤーによって加水、加圧することなく静かに撒砂する工法。

処理せずに自然沈降状態で敷砂材を覆砂するため、どんな粒度・粒径の敷砂材でも海底での土砂の巻き上げがほとんどない。船に大量の砂を積載できるため、一度に広範囲の覆砂を行うことができる、といった特徴がある。

(3) 高炉水砕スラグ覆砂材 (JFE スチール株式会社)

鉄鋼製造の過程で生じる副産物のひとつである高炉水砕スラグを覆砂材に使用し、土砂を覆砂する工法。

高炉水砕スラグは、酸化カルシウムや酸化ケイ素を主成分としているため、海底を弱アルカリ性に保ち、硫酸還元菌の活動を抑制して海底からの硫化水素の発生を防ぐ。また鉄鋼製造副産物を再利用するため環境への負荷が低い、といった特徴がある。

(4) 底泥置換覆砂工法 (大成建設株式会社)

堆積土砂の下に堆積する砂質土をガイドパイプ、ジェットパイプによるジェット噴流により海底上へ引き上げ、堆積土砂の上に覆い被せる工法。

新たに覆砂材を投入することがないので、覆砂材を確保する必要がなく、また、海底内の土砂で海域を直接浄化することができる。土砂を乱さずに覆砂できるため、改良したい場所だけで処理が行え、低コストで実施できる、といった特徴がある。

(5) 原位置覆土工法 (東洋建設)

覆土時の土砂の舞い上がり防止のために、機械式シート敷設工法により土砂上にシートを敷設して、そのシート上に覆土材で覆砂する工法。

浚渫土や建設発生土を覆土に使用しているため、経済的である。また、シートの敷設に

加えて、覆土材に固化材等を巻き上げ防止材として添加しているため、施工時の海中の濁りが抑制される、といった特徴がある。

(6) JES 工法 (株式会社日本環境サービス)

土砂上に生分解シールシートを敷設し、その上に覆砂を行うことにより、土砂を圧縮する工法。

シート敷設後に覆砂するので、土砂が海中に拡散するのを防ぐ。また、覆砂の重みで堆積土砂が圧縮、脱水され、土砂が濃縮する。シールシートはバクテリアによって数年で分解されるため、環境への影響が少ない上に、圧縮された土砂の上に安定した覆砂底質が形成されるので、堆積土砂と覆砂が混合されない、といった特徴がある。

3. 原位置固化処理工法

堆積土砂をその場(原位置)でセメントなどで固化することにより、土砂の巻き上げを抑制する方法である。特に、ダイオキシン類の汚染物質を含む堆積土砂には、底質からのダイオキシン類の溶出を抑制するとともに、底質の巻き上げや底生生物を通じた魚介類による汚染物質の摂取を抑制するのに非常に有効な方法である。しかし、固化層の経時的な劣化状態を確認するための継続的なモニタリングが必要であり、覆砂と同様に効果が確認されない場合は、浚渫による対策を実施する必要がある。

施工法としては、専用の処理船や機械を海底に沈め、セメント系固化剤を底質に注入し、攪拌混合する原位置固化と、いったん浚渫した底質を船上など空気中で固化処理した後、原位置にもどす気中固化がある。

原位置固化は、処理層の厚さや固化材と底質との混合方法、固化材の添加方法などによって細分化される。施工方法は締切り体を用いて、施工海域の海水を排除して底質を処理する「ドライ施工」と、締切り体を用いない「ウェット施工」に大別される。ウェット施工の場合、水深に十分余裕があり、覆砂を行う必要があることから、覆砂と同様に、土砂表面に厚い浮泥層がないことが条件となる。

4. 参考元ウェブサイト

(1) 浚渫

プラグマジック工法

<http://www.toa-const.co.jp/techno/method/pmmm/>

FT マッドキラー工法

http://www.fujita.co.jp/release/R2003/2004_0115ftm.htm

高含水泥土造粒固化処理工法

http://www.penta-ocean.co.jp/news/d_news20040528.html

<http://www.jice.or.jp/jishujigyo/kaihatsusho/04gaiyou/yushu/yushu01/yushu>

ダイコンシステム

<http://www.toyo-const.co.jp/tech/doboku/17.html>

ReSM 工法

<http://www.gaeart.com/technical/resm/resm.html>

ボンデラン工法

<http://www.pref.yamagata.jp/ss/mogami/ken/mogamikensetsu/752500/bonterrain1>

浚渫土砂再生処理工法

<http://www.daiho.co.jp/menu/index5.htm>

薄層安定化処理工法

http://www.penta-ocean.co.jp/news/news_description/hakusou_anteikasyori/hakusou_anteikasyori

(2) 覆砂

スラリー式ブラインド覆砂工法

http://www.penta-ocean.co.jp/news/news_description/fukusa/fukusa.html

コンベヤーバージ敷砂・薄層覆砂工法

<http://www.mirai-group.com/doboku/tech/m05.html>

高炉水砕スラグ覆砂材

<http://www.jfe-steel.co.jp/products/slag/sf/>

<http://www.jfe-steel.co.jp/products/slag/sf/fukusa.pdf>

底泥置換覆砂工法

<http://www.taisei.co.jp/cabinet/taiseipdf/K00D53.pdf>

原位置覆土工法

<http://www.toyo-const.co.jp/tech/kankyoku/09.html>

JES 工法

<http://www.jes-jp.com/teishitukairyo.htm>

3 - 5 . 流域における森林と土砂流出に関する情報の収集・整理

2001年9月の「西南豪雨災害」は、上流の人工林の手入れ不足が、その一因となっているという指摘がなされている。

森林（天然林・人工林ともに）は、草地等に比べ治水力が大きいとされている。林内の土壌の表面が落葉・落枝、腐植で覆われ空隙が大きいいため、降雨を吸収し、ため込むことが出来る。そのため、降雨がすぐに河川へ流出する事がなく、ピーク流量を抑え、長期間にわたり水を供給する機能がある。

一般的に、手入れ不足の人工林は木材資源としても良好でないばかりか、上記の洪水の調節機能も低下しているとされることがある。特に間伐が不足し、光不足のため林床植生が貧弱な人工林では、斜面上部から地表流が発生し表土が洗い流され、雨水の保持機能が失われている。

「西南豪雨」では洗い流された表土が堆積した沢筋が流れ出し（沢抜け：大雨の際に水路となる沢筋が植物と土砂もろとも流れ出る現象）被害を及ぼしたものと考えられる。同様な沢抜けは、前年（2000年）の「東海豪雨」においても確認され、土砂・流木の流出が見られた。竜串湾においても、流木が防波堤に突き刺さっている様子が観察された。

こうした傾向について、当地域の森林・林業に造詣の深い高知大学農学部の依光教授にご意見を伺った。以下にその抜粋を示す。

1 . 西南豪雨による土佐清水での被害拡大の要因 森林の状態について

（1）崩壊を起こした森林の所見

林間沢筋に土砂が堆積しており、これが流出して崩壊を引き起こしたと考えられる（沢抜け）

20年生程度の人工林で特に顕著に見られた。これらの林では、根系の土壌緊縛力が弱かったようだ。

同程度の林齢の林でも、広葉樹天然林では大きな崩壊は少なかった。これは、その前身が萌芽更新によっていて、根系の土壌保持が保たれた可能性がある。

（2）原因として考えられること

土佐清水周辺では、大雨が少なく沢筋に堆積している土砂量が多かったのではないかと。林床の光条件が悪く、土壌がむき出しになっている部分が多かったのではないかと。立木密度が高く、単木ごとの樹冠の発達と比例して根の発達が良くなかったのではないかと。

（3）背景として考えられること

1950～1970年代の材価高騰時に増大した人工林が、その後の材価低迷により間伐等の手入れが遅れている。

特に高知県では、シイ群系上部～モミ・ツガ群系～ブナ群系下部まで人工林化が進んだ。

林床の光条件を考えると強度の間伐が必要だが、1～2割程度の間伐しか行われなかった可能性がある。

(4) 対策として考えられること

沢筋に堆積した土砂の、流出を止める簡単な手法は、おそらくない。

強度の間伐(3～4割で10年間隔)を行い、林床植生を発達させる。

複層林施業も有効。

沢筋は天然林に誘導する。

根本的には、間伐等の手入れを確保するための、社会的側面へ踏み込んだ手だてが必要ではないか。

2. 参考文献

- 田中蕃(2002)矢作川における平成12年9月「東海豪雨」の影響. 矢作川研究, 6, 125-138.
依光良三編著(2003)破壊から再生へ アジアの森から. 日本経済評論社, 287.

4．技術支援委員会の設置と開催

4 - 1．委員会設置要領

(名称)

1. 本会は「竜串自然再生技術支援委員会」(以下「委員会」という)と称する。

(目的)

2. 委員会は環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所が実施する「竜串地区自然再生推進計画調査」のため、竜串地区における自然再生及び関連事項について、技術的・学術的見地から指導・助言を行い、「竜串地区自然再生推進計画」の策定に資することを目的とする。

(検討事項)

3. 委員会においては次の事項を検討する。
 - (1) 竜串周辺海域の海況とサンゴ群集の現況把握及びモニタリング調査手法に関する事項
 - (2) 竜串湾に流入する河川からの環境負荷の現況把握とその軽減に関する事項
 - (3) 竜串地区における自然との触れ合いについての現況把握とその促進に関する事項
 - (4) その他、委員会の目的を達するために必要な事項

(委員会の構成)

4. (1) 委員会は、学識経験者、関係機関のうちから環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所長(以下「事務所長」という。)と協議の上、財団法人自然環境研究センター理事長(以下「理事長」という。)が委嘱する委員をもって構成する。
 - (2) 理事長は、必要と認める場合に事務所長と協議の上、委員会に委員以外の学識経験者や関係機関等の参画を求めることができる。

(座長)

5. 委員会に座長をおき、委員の中から互選により選出する。座長は委員会の議長を務めるとともに、会務を統括する。

(運営)

6. 委員会の運営に関する事務は、財団法人自然環境研究センターが行う。その他運営に関して必要な事項は委員会で決定する。

(任期)

7. 委員の任期は平成 16 年 3 月 20 日までとする。

(附則)

8. この規約は平成 15 年 5 月 1 日から施行する。

平成15年度 竜串地区自然再生技術支援委員会 委員名簿

委員

岩瀬 文人 財団法人黒潮生物研究財団 黒潮生物研究所長

大野 正夫 高知大学教授 海洋生物教育研究センター長

小野 正順 高知工業高等専門学校助教授

神田 優 特定非営利活動法人 黒潮実感センター長

多賀谷 宏三 高知工業高等専門学校教授

福留 脩文 株式会社西日本科学技術研究所代表取締役

(五十音順・敬称略)

関係機関

高知県

土佐清水市

4 - 2 . 平成 1 5 年度第 1 回竜串自然再生技術支援委員会

1 . 開催概要

(1) 開催日時

平成 15 年 7 月 14 日 (月) 14 時 ~ 18 時 現地調査
15 日 (火) 9 時 ~ 11 時 30 分 技術支援委員会

(2) 開催場所

土佐清水市役所 2 階会議室 (土佐清水市天神町 11 - 2)

(3) 出席者

< 検討委員 >

財団法人黒潮生物研究財団黒潮生物研究所長	岩瀬 文人
高知大学海洋生物教育研究センター教授	大野 正夫
高知工業高等専門学校助教授	小野 正順
特定非営利活動法人黒潮実感センター長	神田 優
高知工業高等専門学校教授	多賀谷宏三
株式会社西日本科学技術研究所代表取締役	福留 脩文

< オブザーバー >

高知県環境保全課課長補佐	久武 正義
同 自然保護班主任	植田 祐介
土佐清水市長	西村 伸一郎
土佐清水市観光商工課長	網野 進
同 課長補佐	武政 公章
同 係長	弘田 条
同 主幹	西原 貴樹
株式会社東京久栄環境事業部環境科学部長	平 久悦
同 海洋エンジニアリング事業部建設部次長	田中 亮三
同 環境事業部環境創出部係長	中林 孝之
同 四国営業所長	福井 真治
同 環境事業部	森 一郎

< 環境省 >

環境省自然環境局自然環境計画課課長補佐	安部 伸治
同 企画係長	守分 紀子
環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所所長	市原 信男
同 公園保護科長	荒畑 正広

同	専門官	増田 尚一
環境省自然環境局土佐清水自然保護官事務所自然保護官		三宅 雄士
<事務局>		
財団法人自然環境研究センター上席研究員		鋤柄 直純
同	研究員	下池 和幸
同	研究員	明田 佳奈

2. 平成15年度竜串自然再生第1回技術支援委員会 議事次第

- (1) 開会
- (2) 挨拶
- (3) 委員会設置要領について
- (4) 座長選出
- (5) 議事
 - 自然再生事業の概要について
 - 竜串地区における自然再生について
 - 本年度調査の組立と項目の概要
 - 本年度調査項目案
 - その他
- (6) 閉会

3. 資料

- 資料1 自然再生事業パンフレット
- 資料2 竜串地区の自然再生事業について
- 資料3 竜串地区自然再生推進計画調査概念図
- 資料4 竜串地区自然再生推進計画調査フロー図
- 資料5 竜串湾自然再生推進計画調査にかかる調査内容案

- 参考資料1 竜串湾のサンゴの衰退
- 参考資料2 竜串湾のサンゴの分布の概念図
- 参考資料3 竜串湾のサンゴの分布と外観
- 参考資料4 竜串湾内の泥堆積状況
- 参考資料5 竜串集団施設地区の利用状況
- 参考資料6 水害直後の竜串湾の状況
- 参考資料7 竜串湾内の水質の変化

4.平成15年第1回竜串自然再生技術支援委員会議事概要

(1)議事要旨

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所長による開会の挨拶の後、事務局より委員会設置要領が説明され、大野委員が座長に選出された。

議事に従い、自然再生事業の概要が環境省自然環境局自然環境計画課企画係長から、竜串地区における自然再生事業について環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所公園保護科長から、それぞれ資料に基づき説明を行った。引き続き、平成15年度調査の組立と調査項目の概要および調査項目案について事務局から資料に基づき説明を行い、その後質疑応答及び意見交換を行った。

(2)主な質疑・意見

自然再生事業の概要について

特になし。

竜串地区における自然再生について

委員：昭和45年当時の湾内の状況に回復することが本再生事業の目的と把握したが、当時のサンゴの状況を示す資料やデータが詳しい状態で把握されているのか？また、昭和45年に目標を定めるのはなぜか？

環境省：竜串地区が海中公園地区に指定されたのが昭和45年である。当時の調査結果について調査中であるため、現在状況は把握できていない。おそらく、昭和45年以前のほうが海況は良いと思われるが、それ以前の情報がいないため、海中公園地区に指定された年を目標とした。

委員：海中公園地区指定以前に海域調査は行われているが、大した調査ではない。しかし、それ以降全く調査が行われていないため、昭和45年が過去最も良好であったかどうかはわからない。昭和45年に竜串湾において保全に値するサンゴ群集があったのは確かであることから、本事業の目標を海中公園地区指定当時に定めた。

委員：本再生事業は、サンゴの衰退現象に加えて、南西豪雨の水害による湾内での泥の堆積が起こったために提起された事業であると考えていいのか？

環境省：水害の以前から、当海域でのサンゴの白化、衰退が問題であったため、水害が起こったから、自然再生へ向けての取り組みを開始したわけではない。水害についても考える必要はあるが、50～100年に1回生じるか生じないかの水害に対する対策は考えていない。あくまでも竜串湾の現状回復を主として考えている。

委員：今後の、まれに生ずる大きな災害を予定して対策を行うのは無理であろうし、起こってしまった災害に対して対策を行い、環境を災害前の状況に戻す努力が必要である。むしろ、災害よりも日常的に見られる、生活廃水の流入などの定常的な問題を考慮す

る必要がある。定常的な問題と、水害による影響の問題の2つを視野に入れて、双方の対策に資する調査方法を立てる必要があるのではないか？

本年度調査の組立と項目の概要

委員：水環境における世界的な一般認識として、水生態系および滞水層の保護、回復につながる海、山、川の全域保全が緊急課題となっている。「水」管理計画として、継続的な対応が求められている。竜串地区でも、国立公園内だけでなく、河川上流域から管理保全する必要があるのではないか。

委員：宗呂川や遠奈路川、三崎川といった竜串湾に流入する大きな河川には、西南豪雨の影響か、多量の細砂を含む崩壊土砂が堆積していた。この土砂は長年に渡って下流へ移動し、河口に流れ込む可能性があるため、河川の上流の止水域などで人工的に土砂を除去する必要がある。土砂の流出を考慮して河川の河床動態を調査する必要があると思う。

事務局：長期間の土砂の流出に対する認識はなかった。竜串湾に流入する河川全域での調査は無理だが、高知県や土佐清水市に情報を提供してもらい、現状を把握したいと思う。

委員：サンゴの再生は根の上だけに限られているので、底部や根の付近の堆泥状況も調査する必要があるのではないか。

委員：弁天島付近に堆泥している土砂の処理はどうするのか？放置、覆砂、除去の3方法が考えられるが、どれが一番海域の生態系にダメージを与えないか、考える必要がある。

委員：底泥除去について、今までの方法で満足する結果は得られていない。地元業者などから除去方法について意見をもらい、実証する必要がある。このための予算は別に確保しているが、湾内での泥粒子の流れなど海況データを分析した上で、具体的な方法を考えたい。漁協との関係で1~3月しか泥を除去できないので、秋までに調査を行い、湾内の泥の堆積や湾内海況などの現状を把握して、それから漁協など関係者と協議を行いたい。

環境省：現段階では、覆砂で泥を抑える効力があるのか不明なので、除去を考えている。除去のための予算や、除去後の泥の処理などについて今後検討する。現段階では、底泥の除去につながる現状把握を第一に考えている。

委員：調査のポイントを具体的かつ詳しく説明して欲しい。

委員：本調査は、「水害の後始末」、「水害以前から見られ、今後続くであろう定常的な水質汚濁や環境汚染について」、「サンゴの現状と今後の予測」の3点に絞られ

る。この 3 つを知るために、「水害時の泥の湾内への流入状況と、湾内での拡散、堆積、移動状況、今度の変動予測」、「新たな土砂の湾内への流入予測」、「土砂がサンゴを含む海洋生態系に与える影響」、「土砂以外の陸水起源の物質が湾内の海洋生態系に与える影響」、「土砂以外の原因による水質汚濁負荷の把握」、「サンゴ群集の現在及び今後の動向」について調査する必要があると考えている。

委員：水害によってダメージを受けた海域が再生する過程を観察するプログラムを組めないか？例えば、三宅島では噴火の影響で海中のサンゴがダメージを受けたが、定点観測などで継続的に調査し、再生の仕組みを観察している。竜串でも地元のボランティアや NPO に協力してもらうことを通じて、環境教育の視点も大事ではないか。

委員：国立公園の「海中景観」を考慮すると、トサカ類なども重要な要素と考えられる。対象をサンゴだけに絞らずに、前述のトサカ類や魚類など他の海産生物の現状の把握を含め、新しい捉え方をする必要を感じる。NPO の力を借りて実施することができればいいが。

本年度調査項目案

特になし。

その他

委員：土佐湾全体としては、最近サンゴが増えていると考える。「自然再生」への取り組みを行うには、いい時期ではないか。

事務局：以上の討議を踏まえ、調査を進めていきたい。今後、11 月ごろに中間報告、年度末にとりまとめ報告を行う予定としたい。

4 - 3 . 平成 1 5 年度第 2 回竜串自然再生技術支援委員会

1 . 開催概要

(1) 開催日時

平成 16 年 1 月 27 日 (火) 9 時 ~ 13 時 現地調査
28 日 (水) 10 時 ~ 12 時 技術支援委員会
13 時 30 分 ~ 15 時 30 分 調整会議

(2) 開催場所

オリエントホテル高知 松竹の間 (高知市升形 5 - 37)

(3) 出席者

< 検討委員 >

財団法人黒潮生物研究財団黒潮生物研究所長	岩瀬 文人
高知大学海洋生物教育研究センター教授	大野 正夫
高知工業高等専門学校助教授	小野 正順
特定非営利活動法人黒潮実感センター長	神田 優
高知工業高等専門学校教授	多賀谷宏三
株式会社西日本科学技術研究所代表取締役	福留 脩文

< アドバイザー >

沖縄県衛生環境研究所赤土研究室長	大見謝辰男
------------------	-------

< オブザーバー >

高知県環境保全課自然保護班長	大寺 啓夫
土佐清水市観光商工課課長補佐	武政 公章
株式会社東京久栄環境事業部環境科学部長	平 久悦
同 海洋エンジニアリング事業部建設部次長	田中 亮三
同 環境事業部環境創出部係長	中林 孝之
同 四国営業所長	福井 真治
同 環境事業部	森 一郎

< 環境省 >

環境省自然環境局自然環境計画課専門調査官	中尾 文子
環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所公園保護科長	荒畑 正広
同 専門官	増田 尚一
環境省自然環境局土佐清水自然保護官事務所自然保護官	三宅 雄士

< 事務局 >

財団法人自然環境研究センター上席研究員	鋤柄 直純
---------------------	-------

同	上席研究員	木下 史夫
同	上席研究員	木村 匡
同	研究員	下池 和幸
同	研究員	明田 佳奈

2. 平成15年度第2回竜串地区自然再生技術支援委員会 議事次第

(1) 開会

(2) 挨拶

(3) 座長挨拶

(4) 議事

竜串地区自然再生事業の流れについて

調査結果の中間結果について

a. 竜串湾のサンゴ群集の現況について

b. 竜串湾の海況について

c. 竜串湾への流入河川流域の土地利用状況

d. 竜串湾への流入河川の水質

e. 自然再生へ応用可能な既存事例

アドバイザーからの所見

質疑

討議（結果の解釈，今後必要な項目など）

その他

(5) 閉会

3. 資料

資料 竜串地区自然再生事業の流れについて

・海域にかかる調査に関する資料

資料 - 1. 竜串湾のサンゴ群集の現況について

資料 - 2. 竜串湾の海況について

資料 - 3. 河川濁水の拡散状況調査 経過

資料 - 4. 今年度残りの調査予定

・陸域にかかる調査に関する資料

資料 - 1. 竜串湾に流入する主要な河川（三崎川・宗呂川）流域の土地利用状況と、西南豪雨による崩壊地の分布（経過報告）

資料 - 2. 竜串湾への流入河川の水質（経過報告）

資料 - 3 . 自然再生へ応用可能な既存事例

4 . 平成 1 5 年度第 2 回竜串自然再生技術支援委員会議事概要

(1) 議事要旨

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所公園保護科長による開会の挨拶後、同氏より竜串地区自然再生事業の流れについて説明が行われた。その後、事務局と黒潮生物研究所より平成 15 年度調査結果の中間報告に関して資料に沿って説明があった。

沖縄県衛生環境研究所の大見謝辰男氏により、スライドを交えた沖縄県の赤土流出対策に関するプレゼンテーションが行われ、竜串海中公園地区についての所見が述べられた(付属資料に記載)。その後、調査についての質問や意見交換を行った。

(2) 主な質疑・意見

竜串地区自然再生事業の流れについて
特になし。

調査結果の中間結果について

委員：普段の水質だけでは湾内に与える影響はわからない。どのぐらいの降水があればどのぐらい濁水があるといった調査が必要と感じた。

事務局：これまでは通常時の調査。今後イベント時のデータも取りたい。

委員：去年、7月以降、台風が来たがその影響はどうか？

委員：サンゴ自体は以前と変化はない。むしろ、少しずつ良くなっている様子。海中の堆積物は、台風による波によってきれいになった海域も見られる。

委員：今回の報告で、竜串湾内は流れが非常に弱いとあった。流れの状態というのはサンゴの生育環境としては良いのか？

委員：流れとサンゴの関係は解析できていないが、現状としてサンゴは爪白にたくさんある。また、海中公園3号地は流れも弱く、かつてはサンゴの状態も良好だった。竜串湾では、これまで内湾性ではなく外洋性のサンゴが多かった。

委員：沢筋に対策が必要とあるが、簡単な方法がない。対策として砂防ダムが考えられ、堆積物の規模によって 10m とか高い砂防ダムが必要だろうが、小規模な 2~3m のコンクリートを使わない方法なら比較的簡単にできるだろう。

アドバイザーからの所見

沖縄県衛生環境研究所赤土研究室長の大見謝辰男氏による、沖縄県での赤土流出の現状

と、対策について説明（付属資料に記す）。

質疑

アドバイザー：沖縄の場合、土砂流出対策に関する県の条例があり、工事現場の技術者もポケットブックを持ち、対策の意味を把握している。土地改良のテキストでは土壌流出の半分しか止められないが、昨日見た竜串では、川を堰き止めて土を入れて、ブルドーザーを使用している。これでは雨が降れば土砂はすべて海へ流れ込んでしまう。沖縄でこのような状態であれば、工事は即中止されるだろう。

沖縄の恩納村では漁協が中心となって工事を監視し、工事監督者が注意を聞かない場合はマスコミを活用しながら流出防止という手を使っている。沖縄でのこういう会議ではマスコミも当然参加している。竜串では漁業者が少ないので、土砂が湾内に流出しても誰も声を上げないのではないかとせめて観光業者が声をあげることができるのではないかと。

委員：竜串流域の川では、土砂流出については一度も問題意識されたことはない。隣接する河川では濁水が出たとき、河口で貝を取っている漁師から声があがり、1度調査したことがあるが、1回だけである。

討議（結果の解釈，今後必要な項目など）

委員：海域の利用により、竜串地区のサンゴに現在どのようなダメージがあるか？

委員：竜串湾はそれほど利用されていない。ごく一部の海域が利用されていたが、漁業者とトラブルになり、現在は利用されていない。しかし、スノーケラーが今後壊すことは考えられるため、規制は必要かもしれない。

委員：サンゴ群集の現況と竜串湾の海峡の結びつきが強く、竜串湾の波あたりの強いところ、流れが速いところがわかった。これとサンゴの移植、陽性の着底、成長に及ぼす影響をつきあわせていけないかと思う。

また、サンゴ移植に対して海域環境が影響するとのことなので、どういう環境では移植してもうまくいかないのか、わかるような調査をやってほしい。

委員：まだわからないこといっぱいあるという印象。降雨や人が出す土砂、生活排水、これらの源がどのように竜串湾に来て、どのように影響を与えるか。これらの原因について現在調査しているが、これらが海域に「どういう影響を与えるのか」について整理する必要があり、そこから今の調査を見直すことが必要ではないか。竜串湾にどのようなサンゴがあり、なにがどのように影響するかを整理してほしい。

アドバイザー：雨天時と晴天時の調査が必要である。晴れた日は流出する土砂が少ないが、

雨の日は高くなり、流出源より河口部で流出量が高くなることもある。SS（浮遊懸濁物）、栄養塩も雨天時が高いことから、晴天時よりも雨天時の調査が重要である。

土砂の堆積がサンゴに与える影響について、沖縄で事例がある。海で底質をとって室内で計測する方法が確立されており、これで堆積物の年間変動がわかる。竜串湾では冬の季節風がないので、台風がこないと冬場に堆積物のピークがくる可能性がある。いつピークがくるか把握する必要がある。しかし、もし年1回の調査なら、最高値を把握する必要がある。

栄養塩が高くなると、ミドリイシの仲間が少なくなる。竜串湾での今の状況だと、栄養塩の流出はあまり高くないと感じた。

委員：サンゴへの土砂の影響はわかるが、栄養塩は知らなかった。窒素やリンなどを流さない対策が必要だろう。

その他

環境省：本委員会での意見を踏まえ、次回の委員会では15年度のまとめを示したい。同時に、来年度、梅雨時、台風時など年度の前半に対応するために、来年度の調査経緯を示す予定としている。

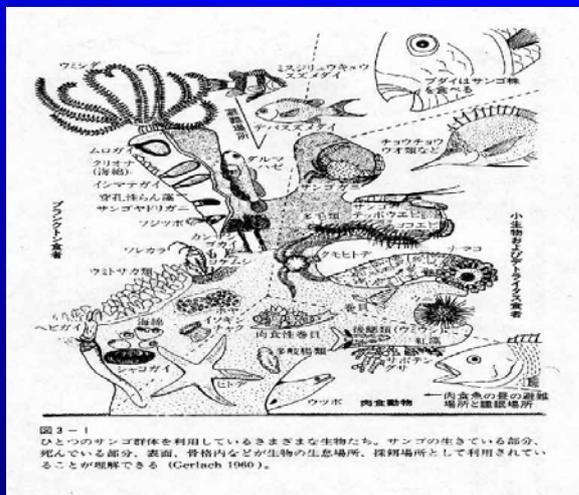
5. 付属資料 アドバイザーからの所見

1



赤土汚染がみられない海域(座間味村)

2



サンゴ群體を利用している生き物たち

沖縄では赤土を汚染と呼んでいるが、簡単に、昨日の現場視察の所感を述べる。

竜串ではテーブルサンゴが多くあったが、沖縄ではミドリイシと呼ばれるサンゴがたくさん見られる。サンゴの間にエビやカニが住んでいて、それを食べるために小さな魚が集まって、さらに大きな魚が集まってくるというサンゴ礁生態系が成り立っている。

3

地形条件2

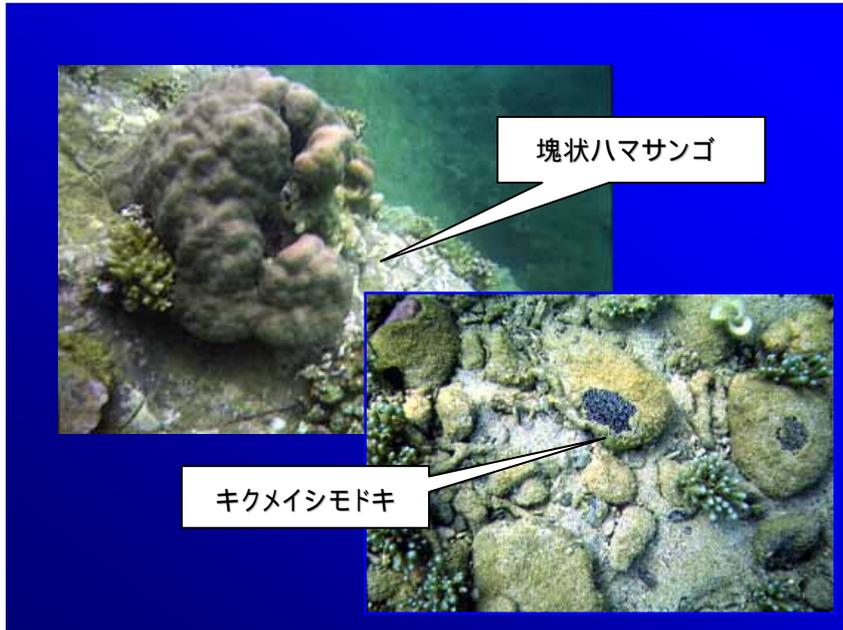


下流域が短く堆積作用が期待できない。
このアザカ滝は河口からわずか600m.

4

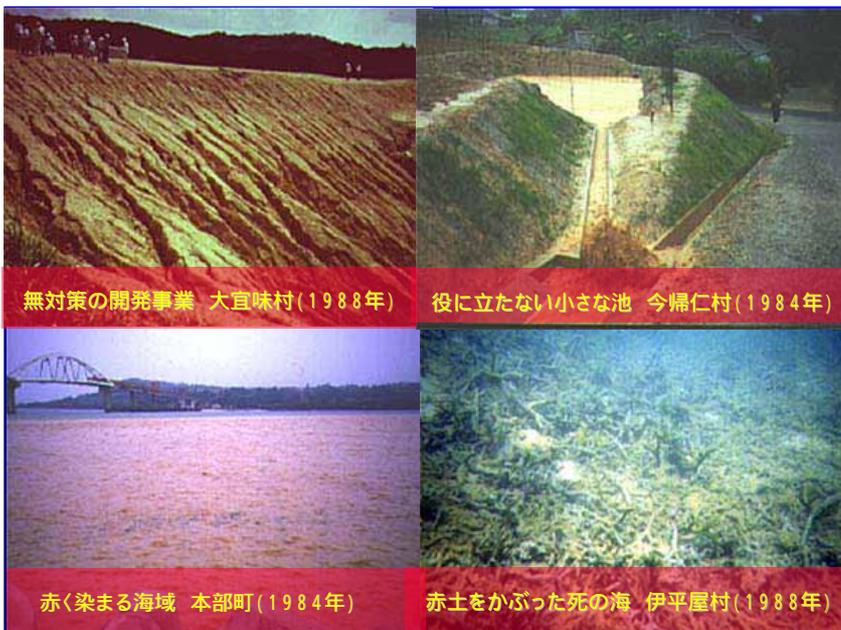


農地からの赤土流出で荒廃した海底(沖縄島東村)



土壌流出といった人為的攪乱によってサンゴが死滅する。流出が続くと、赤土流出への耐性が弱いミドリイシといったサンゴが死んでいき、竜串にも多くある耐性の強いクメイシといった塊状のサンゴが点在する海になる。そうなると魚も消え、漁場が成り立たず、観光客もこなくなってしまう。

6：最も土壌流出がひどかった 1980 年代の沖縄の様子



沖縄では開発事業、公共事業は土壌流出に対して無対策であった。国の助成金が出る土地改良事業では、土壌流出対策としても小さな沈砂池や土砂溜しかつけれない。国の規定で、これ以上のものをする会計監査に触れてしまうため、公共工事を進めるほど海に土壌が流出して、海が死んでいった。

7



赤土流出で海が濁って営業できないガラスボート
(沖縄島北部の観光施設)

8



宮古島で濁水が地下から湧出し漁業被害



土壌流出が生じると、サンゴ礁生態系が破壊し、観光産業、漁業に悪影響を与える。川にも赤土が溜まり、河川生態系も崩れ、河川から飲料水を汲めなくなる。また、子供たちの川での水生生物調査もできなくなる。

近年は地下水脈にまで土壌が流出し、それが海の近くから噴出してモズク養殖を汚染する問題まで生じている。



赤土条例の主な内容

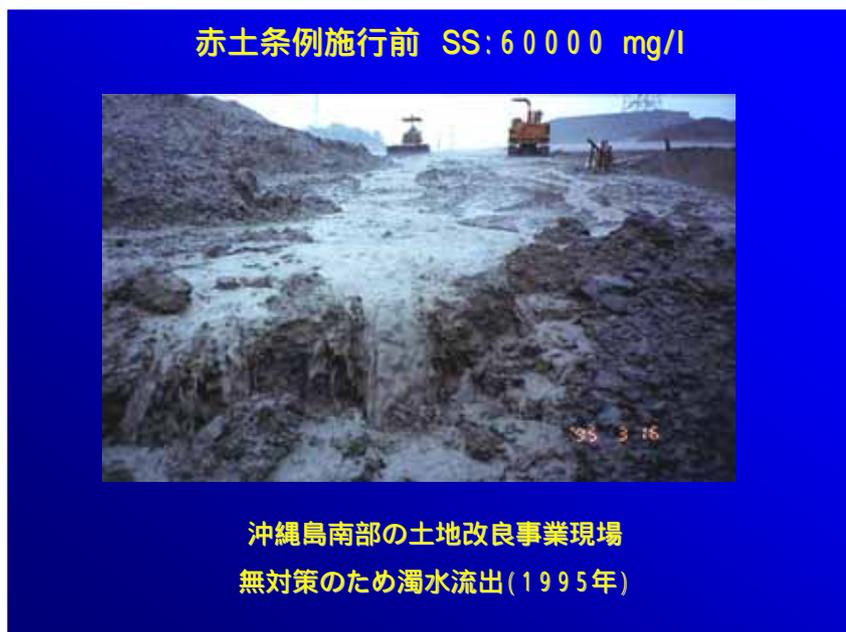
1. 事業行為の流出防止努力義務
2. 事業前の届け出, 通知義務(1000m²以上)
3. 届け出や通知に対する変更命令等
4. 赤土等流出防止対策責任者の選任
5. 違反行為に対する改善命令, 罰則
(排水基準:浮遊物量200mg/lの遵守)
6. 農地からの流出防止努力
7. 知事の総合施策策定及び実施

このような土砂流出は、国の水質汚濁防止法では取り締まることができず、海上保安庁の法令や廃棄物令でもまったく規制ができないため、沖縄県独自に「赤土と流出防止条例(赤土条例)」を作った。

公共工事、河川工事を含む、開発などの事業工事に、流出防止のための努力義務を設けた。また、開発面積が10000m²以下であれば地域の保健所、それ以上であれば県庁の環境保全課に届け出を義務付け、事前に流出防止対策のチェックを受け、問題があれば工事前に変更命令を出す。工事開始後、届け出と異なる流出防止対策を行っていれば、即刻工事停止命令を出して、対策改善を要求する。

本条例では、排水基準も設けており、SSを200ppm(工場廃水基準の一番ゆるやかな基準に相当する)に規定している。もし、このような対策を取らないと、SSは10000ppmになる。泥岩地区では最高80000ppmまでなるため、流出するSSの99~98%を抑制しなくてはならない。

12：泥岩地区での県営の農地開発事業の様子



赤土条例は1995年10月から施行されたが、これは条例施行寸前の1995年3月の様子である。泥岩地区で、土砂流出について無対策でSSを60000ppm流しているところである。

13



1年後、土地改良事業では大きな池を掘って、泥水をいったん沈殿させて、上澄みだ

けを流すようにした。上澄みの SS は 6000ppm なので、無対策時の 1 / 1000 まで濁水濃度を落とすことができる。

14



河川改修工事による濁水の発生(沖縄本島北部)

このような土壌流出は雨が降ったときだけではなく、河川工事、海岸工事にも適応される。昔の沖縄の河川工事では、昨日見た宗呂川の工事と一緒に、雨が降ってないのに川に濁水が流れている状況である。

15



**河川改修工事における赤土等流出防止対策
(鋼板矢板打込み)**

そのため、沖縄では河川改修工事の場合、工事部分と水を遮蔽する対策を取っている。汚濁防止シートを工事現場を囲むように張っているが、これが高知と沖縄の違いであると感じた。

宗呂川は河川敷が大きいので、この工法と池を作ることで、十分濁水を止める事ができると感じた。

4 - 4 . 平成 1 5 年度第 3 回竜串自然再生技術支援委員会

1 . 議事概要

(1) 開催日時

平成 16 年 3 月 18 日 (木) 10 時 ~ 12 時 技術支援委員会
13 時 30 分 ~ 15 時 30 分 調整会議

(2) 開催場所

高知共済会館 金鷄の間 (高知市本町 5 - 3 - 20)

(3) 出席者

< 検討委員 >

財団法人黒潮生物研究財団黒潮生物研究所長	岩瀬 文人
高知大学海洋生物教育研究センター教授	大野 正夫
高知工業高等専門学校助教授	小野 正順
特定非営利活動法人黒潮実感センター長	神田 優
高知工業高等専門学校教授	多賀谷宏三
株式会社西日本科学技術研究所代表取締役	福留 脩文

< オブザーバー >

高知県文化環境部環境保全課自然保護班長	大寺 啓夫
土佐清水市観光商工課係長	弘田 条
株式会社東京久栄環境事業部環境科学部長	平 久悦
同 海洋エンジニアリング事業部建設部次長	田中 亮三
同 環境事業部環境創出部係長	中林 孝之
同 四国営業所長	福井 真治
同 環境事業部	森 一郎

< 環境省 >

環境省自然環境局自然環境計画課専門調査官	中尾 文子
環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所次長	秀田 智彦
同 公園保護科長	荒畑 正広
同 専門官	増田 尚一
環境省自然環境局土佐清水自然保護官事務所自然保護官	三宅 雄士

< 事務局 >

財団法人自然環境研究センター上席研究員	鋤柄 直純
同 研究員	下池 和幸
同 研究員	明田 佳奈

2. 平成15年度第3回竜串自然再生技術支援委員会 議事次第

(1) 開会

(2) 挨拶

(3) 議事

「自然再生事業」の流れ、調査と今後の事業について

平成15年度調査結果（第2回委員会以降の主な進捗）について

平成15年度調査のまとめと来年度調査計画案について

質疑・討議

その他

(4) 閉会

3. 資料

資料1 自然再生推進計画調査・事業の流れ

資料2 平成15年度の調査結果と来年度調査へ向けての考え方

資料2-1 平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査結果概要

資料2-2 平成16年度調査項目案（調査項目と手法）

資料3 堆積土砂除去実証実験計画

4. 平成15年度第3回竜串自然再生技術支援委員会議事概要

(1) 議事要旨

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所次長による開会の挨拶後、事務局より竜串地区自然再生事業の流れについて説明が行われた。その後、大野座長、黒潮生物研究所、東京久栄、事務局より平成15年度調査結果について資料に沿って説明があった。その後、事務局より平成15年度調査の取りまとめと、平成16年度調査計画案について提起があり、質疑及び討議を行った。

(2) 主な質疑・意見

「自然再生事業」の流れ、調査と今後の事業について

委員：宗呂川からの土砂流入対策について、再生事業開始の平成17年度からではなく、もっと早く対応してはどうか？

環境省：前委員会の後、土佐清水工事事務所の方へ申し入れた。工事は平成17年度まで予定しているが、今後具体的に土砂が流れないような対策を取ることを要請していくよう考えている。

平成15年度調査結果（第2回委員会以降の主な進捗）について

平成15年度調査のまとめと来年度調査計画案について

委員：竜串での有性生殖によるサンゴ再生技術の可能性はどうか？

委員：黒潮生物研究所を始めとして国内で3~4ヶ所くらいの機関が有性生殖によるサンゴの増殖を研究しており、実験室レベルでは可能になりつつある。実用化の技術的がうまくいけば、有性生殖によるサンゴ移植は可能であろう。

環境省：栄養塩及びSSとサンゴとの関係についてご意見を伺いたい。

委員：沖縄ではサンゴの生育とSSが影響していることがわかっている。竜串での現象も基本的にはSSの問題であると思われる。SSに対して、比較的強いサンゴがあり、そのようなサンゴにはSSを押さえる効果もあるので、最初はそうしたサンゴを移植して、竜串湾の環境を改善する方法も検討してみてもどうか。

委員：河川の土砂動態について、次の3つの点について注意する必要がある。

1. 供給源や上流から河口にかけての河床に細かい砂（濁りの元になると同時に、河床材料にこれが大量に混入すると、河床動態が不規則になる）がどれだけ残っているか
2. 土砂流出と周辺土地利用との関係について
3. 大水の時でも、上流から河口まで土砂が一気に流れないような各河道段階（山地～河口）での対策、河川の形状について

環境省：竜串湾の海藻とサンゴの関係はどう考えればいいのか？

委員：海藻は濁りに対してはサンゴよりも強く、竜串湾は海藻にとって悪い環境ではない。今後、海藻とサンゴとの関係についても調べる必要がある。

委員：サンゴが増えているような爪白海岸もサンゴと海藻が競合する場所なのか？

委員：サンゴが多い場所には海藻は生育しないが、サンゴが消滅すると、そこに海藻が増えると思う。

委員：大バエはサンゴも海藻も少ないが、環境が良くなれば、サンゴと海藻が競合するようになるのか？

委員：貧栄養でも海藻は育つので、環境が良くなればサンゴと海藻で競合が起こるだろう。

委員：サンゴは貧栄養の環境で生育できるように適応してきた。そのため、富栄養では骨格形成が阻害されたりし、成長に悪影響がおよぶ。その結果、サンゴが少なくなったところへ海藻が繁茂するようになるのだろう。

環境省：事業の開始当初は、竜串湾内でサンゴを回復させることしか念頭になかったが、海藻をどのように位置づけていくかが今後の課題であろう。

委員：竜串湾内の海底10ヶ所から泥を採取して、2001年の西南豪雨時に竜串湾に流入し、堆積した泥土の物理・化学的特性と沈降・堆積特性を調査している。現在、化学組成

分析のみ行っているが、今後、物理試験、化学試験等を行う予定である。

質疑・討議

特になし。

その他

環境省：来年度は具体的な計画づくりがウエイトを占めていくので、年 3 回の委員会だけでなく、個別に意見を伺いたい。また、分野ごとにワーキンググループのような形で、議論を詰める場を設けることも検討する。

平成 15 年度

竜串地区自然再生推進計画調査（流域調査）報告書

平成 16 年 3 月

業務発注者 環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所

〒700-0984 岡山県岡山市桑田町 18-28 明治生命岡山桑田町ビル

業務請負者 財団法人自然環境研究センター

この報告書は再生紙を使用しています（古紙使用率 100%）。