

2002年度修士論文

河川護岸改修事業におけるレストレーションとミティゲーション

Restoration and Mitigation in the River Bank Improvement Works

2003年 1月

指導教員 村上 雅博 教授

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻

社会システム工学コース 1055010

福島 更紀

河川護岸改修事業におけるレストレーションとミティゲーション

要 旨

生態系に大きな影響を与える河川事業において、自然の復元（レストレーション）を目的とする多自然型工法が検討され自然復元法というかたちで現在法制化されつつある。一方、河川事業の計画段階における環境に対する負荷の回避・軽減（ミティゲーション）は、コンセプト並びに法制度も日本では整理されていない。

本研究の目的は、多自然型河川護岸改修工事の費用と自然復元効果の関係を評価することである。

本論は、1) 欧米ですでに法制化され実際に運用されているミティゲーションについて文献調査を行い、2) 国分川を例に多自然型工法の費用と効果を検討し、3) 多自然型河川護岸工法の特質と周辺環境への影響の関係について考察を行った。

以上の検討から、高いコストをかけなくても、工事中の負荷軽減（ノーネットロス）に配慮し、良好な自然の復元及び生態環境への影響を少なくする可能性のある工法（緑化型覆土補修工法）が見出せた。

今後は、自然の保全に寄与する為の環境アセスメントの適正な運用、及び自然復元法の制定とミティゲーションの法制化の準備に取り組むべきである。

Restoration and Mitigation in the River Bank Improvement Works

1055010 FUKUSHIMA Koki

ABSTRACT

River Improvement works have long been influencing the eco-system in the rivers. The river restoration method, which aims to recover the nature of river system, is being in the process of installing “Nature Recovering Law“ in the ministry of land, infrastructure and transport. While the mitigation method, of which the objectives is to avoid or reduce the adverse effect on the eco-system, is not still understood in the planning process of the river improvement works in Japan..

This study is to evaluate the relation between project cost and nature recovery process in the river restoration works.

The study is carried out to 1) review the literatures and references including some cases of mitigation method in USA and Europe, 2) investigate the method of river bank restoration in the case of Kokubu River in Japan and 3) evaluate the relation between feature of river restoration method and influences on the eco-system.

In conclusion, the method of better nature recovery and less adverse effect on the eco-system are identified without allocating height construction cost by taking into account the opportunity of reducing the environmental loss during the construction phase.

It is necessary to adopt the better management of environment assessment and prepare the laws for nature recovery and mitigation.

目 次

1 . はじめに	頁
1 - 1 . 背景	1
1 - 2 . 目的	1
1 - 3 . ミティゲーションとレストレーションの関係	2
1 - 4 . ミティゲーション成立の背景と定義	3
1 - 5 . 研究の手順	
1 - 5 - 1 . 文献調査	5
1 - 5 - 2 . 河川法と河川に関わる法律	12
1 - 5 - 3 . 新河川法に基づく地域住民と環境に配慮した河川計画	13
2 . 新河川法を適用した河川護岸計画	
2 - 1 . 河川事業の実態調査	14
2 - 2 . 国分川流域及び河川概要	14
2 - 3 . 国分川治水計画と激甚災害対策事業	15
2 - 4 . 河川生態環境評価	15
2 - 5 . 国分川におけるミティゲーション手法を考慮した河川治水計画	
2 - 5 - 1 . 河川改修計画とミティゲーション	16
2 - 5 - 2 . ミティゲーション手法を用いた河川計画	16
2 - 5 - 3 . ミティゲーションと河川護岸改修計画	17
2 - 6 . レストレーションと河川護岸改修事業	21
2 - 6 - 1 . 各工法の費用比較	22
2 - 6 - 2 . 各工法が与える環境への考察	30
2 - 7 . 水質調査	36
2 - 8 . 多自然型護岸の総合評価	42
3 . 国内ミティゲーションの確立における問題点と課題	43
4 . 考察	44
5 . おわりに	45
謝辞	45
引用資料・参考資料	46

1. はじめに

1-1 背景

自然を守る、自然を復元するという言葉を最近よく使われているが、自然の状態範囲が不明確であり、歴史的にさかのぼって人の手が入る以前が自然と主張する人もいれば、生態系に影響を与えない状態であれば自然の状態、又は自然が復元したといえると主張する人たちもいる。どの地点に自然を回復状況に置くのかも重要な要素ではあるが、評価はまちまちである。現状において周辺環境に負荷を与えている河川護岸は全国的にみても少なくない状況であり、河川の生態系の復元をテーマに多くの工学系や生態学系の技術者が取り組んでいる。しかし復元の速度は種々の個体ごとに違っているし又工法によっても違いが生じており復元の完了状況はいつの時点か定量的には決められないが、その過程において回復状況は調査することにより復元に寄与しているのかおよその予測はつけられるのではないかと考え、多自然型の各工法ごとに完成後のモニタリングを続けることによりその効果を、レストレーションやミティゲーションの修繕・修復・代償等の評価の際に定量的な数値の参考数値となるのではないかと考え研究のテーマとした。

高知県国分川において激甚災害特別緊急工事（激特）の指定を受け、主に右岸のみであるが約 12km の範囲の護岸改修事業が実施されている。新河川法制定後の大規模な事業の一つであり、多くの多自然型工法が実施されている。

1-2 目的

持続可能な開発や、ノーネットロスを提唱されてから十数年の歳月が経過しているにもかかわらず人類はまだ思考錯誤を続けており、確かな手法を見出していないのが現状である。

研究目的のひとつであるミティゲーションも手法の一つであり、本来は「緩和、沈静、軽減」といった意味であるが、現在では「開発による自然生態系への影響を最小限にする」とともに、開発によって損なわれた環境を復元し、開発による環境への影響をゼロにする」といった開発と自然保護の両立を図るための基本的な考え方として確立されつつある。しかしながら日本ではこの手法が紹介はされては入るが、明文化されるにいたっていないのが現状である。米国ではすでに法制化され補償の段階では保全エリアを代替地に代償する環境ビジネスが企業として立ち上がりつつある。

ミティゲーションの手法を用いる場合、1) 回避、2) 縮小、3) 修正、4) 軽減、5) 代償の、この順番を違えることなく検討することが基本であり、このサイクルで検討しないでいきなり復元や修正を用いる工法はミティゲーションという手法には残念ながら当てはまらなるとミティゲーション先進国では言われている。この手法を研究することにより日本における官民を含めた開発事業に法制化され、結果的には開発が抑制されることや生態系を含めた自然環境に負荷を与えない開発が可能であると信じて研究するものである。

ミティゲーションを計画の段階から取り入れることにより環境においてもコストの面においても必要最小限のものであるのか、費用と効果の面において適切であるのかを検討し、国分川の河川改修に伴い多自然型工法の工法ごとの費用の比較と、完成後の生態系に与えるモニタリングによる環境調査を追跡しながらよりベストな工法を導き出すものである。

研究課題として最初に、ミティゲーションの成立の背景と定義について述べ、生態系の容器でもある河川および河川流域を今回は用いて、どのような自然特性を有しているかを考察する。次に開発に伴い生態系に与えた影響を分析し基礎概念をまとめる。国分川の多自然型工法による護岸の環境調査、特に植生の観察と水質分析を行い、取り入れられた工法が、工事の完成で終了するのではなく完成後その河川域において水環境保全や、生態環境を潜在的に支えうる能力を有し、河川の自然特性を回復できるのか、またコストは妥当なものであるのか調査、研究を続けたいと考えている。

1-3 ミティゲーションとレストレーションの関係

双方は着手する時点では同じ工法を用いることはありうるが、検討のプロセスではまったく違った手法であり、レストレーションは、すでに影響を受けているエリアの環境修復を行う行為であり、将来の開発とは無関係に行われる。復元することが最大の目的であり有効な工法を用いて負荷を取り除くことが優先する。

ミティゲーションとは、影響の緩和、或はノーネットロスを最終目的としている。つまりこれから起こりうる環境負荷に対する（将来の開発行為）代償も計画時のコストに加えることが義務付けられ、新たな環境を作り出すことによる補償をしなければ開発の許可を与えない。民間における大規模な宅地開発等においても、計画時点でミチゲーション・バンクとして補償策を用いれば当然コストに影響が発生し、収支段階において利益を圧迫し事業性そのもののうまみがなくなり、開発そのものを抑制する効果となる。回避・縮小・修正・を繰り返すことにより将来起こりうる環境への影響を最小限に食い止めるだけでなく、代償として他の場所に移してでも環境への影響の収支をとる手法がミティゲーションの特徴である（図-1 参照）。

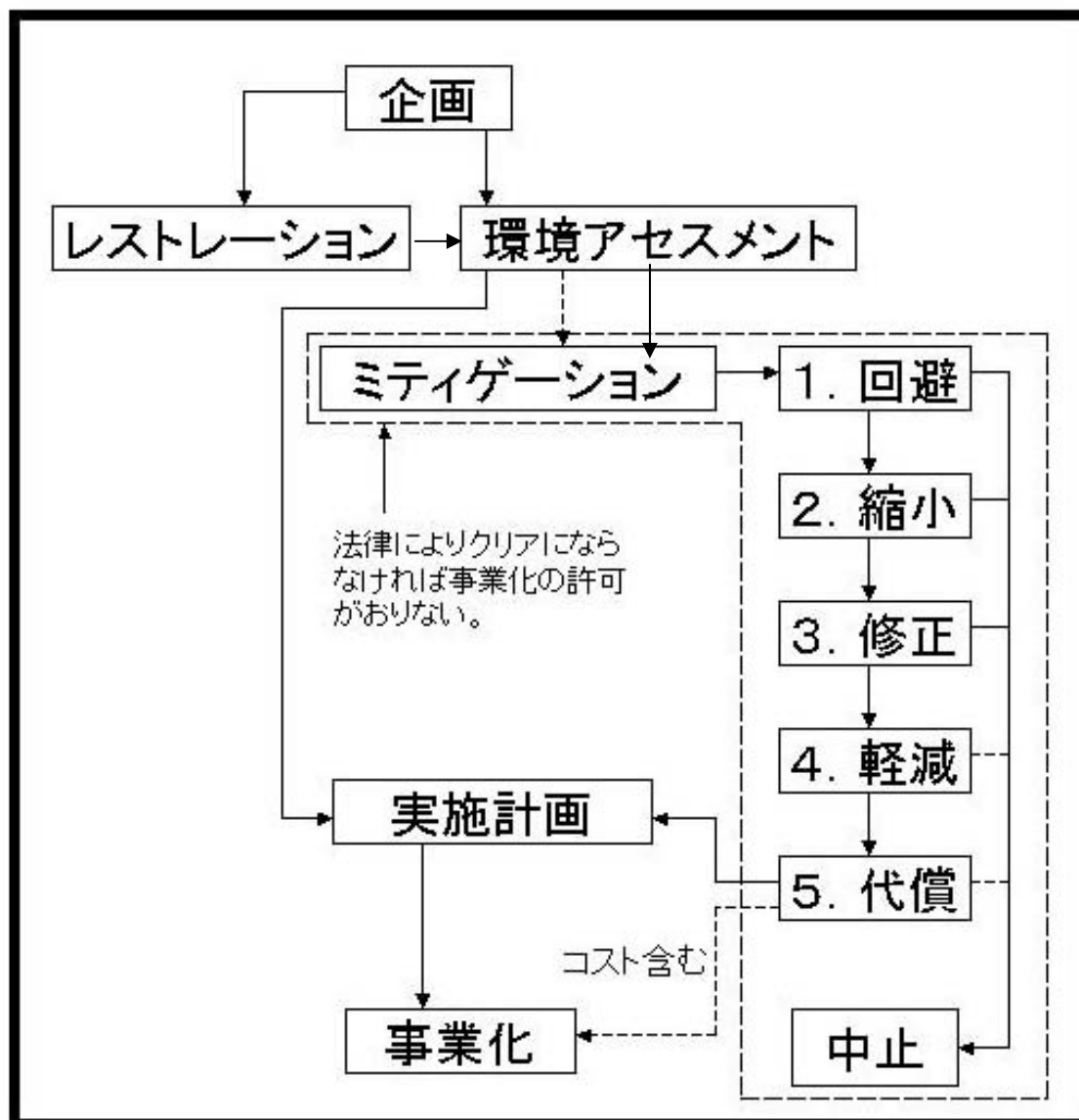


図 - 1 : レストレーションとミティゲーションフロー図

環境アセスメント及びミティゲーションの判断項目を定量化することが重要である複数の担当者が検討しても同じようなデータにすることが重要であり必要である。

1-4 ミティゲーション成立の背景と定義

アメリカにおいてミティゲーションが自然環境保護および環境修復のための具体的な法律制度として成立したのは1985年の関係官庁合意書からだが、基礎を築いたのは魚類及び野生動物管理法や環境アセスメントを義務付ける国家環境政策法が成立し、開発行為に対する基本的な姿勢に変化が生じ始めその後、水質浄化法等によって環境評価のプロセスにミティゲーションの考え方が導入されるに至っている。1990年に合意書の改定が行われ1992年に再改定され今日の具体的なミティゲーションプログラムが提示された。欧州においては1976年ごろから取り入れられており特にドイツでは代償・代替処置のかたちを早く取り入れその効果を広めている。

開発の計画・設計の段階から取り入れるのがこの手法の特徴であり、検討する手順に沿って整理されなければならない。定義については、アメリカ国家環境政策法に示された定義が一般的に用いられている。

(1) 回避

開発計画・設計の段階で、開発行為全体もしくは一部を行わないことによって、環境へのすべての影響を回避する。

(2) 縮小

上記の段階で回避できなかった影響について、開発計画・設計に対する公聴会の結果や一般社会の反応等を考慮し、開発の規模や実施内容をできる限り削減することによって開発行為の影響を最小化する。この結果どうしても回避できない影響に対して代償ミティゲーションが計画・実施されることになる。

(3) 修正

開発行為によって影響を受けた環境そのものを修復することにより、影響を修正する。この過程において、正確なモニタリング・評価が行われ、その結果当初の予測と異なる、もしくは超える場合には、回避・縮小に戻り計画・設計において再度検討をする。ここまでの回避・縮小・修正は繰り返すことが重要であり、事業者、地域住民、施工者、そして環境の保全に最小限、またはノーネットロスが、可能か関係者が十分納得することが大切なことである。

(4) 軽減

開発行為の期間中、もしくは開発による改変が存在する全期間に渡り、影響を受けていない環境を維持・保全することにより、時間を得て生じる影響を軽減または除去する。

(5) 代償

修正・軽減が不可能な場合に、影響を受けた環境を他の場所に代替的に置き換え開発により消失した相応のものを補償する。ここにおける補償は日本のように地域的に限定したエリアや団体に金銭的に補償するのではなく消失した自然は、荒涼地を指定し消失に見合った自然（生態系）の復元を行うことが基本理念であり万人に対して公平に補償することである。このような理念を持ってすれば今日的に、開発に対して自然の復元にまったく関係の

ない補償をしている日本の企業のあり方は、事業の推進を優先するあまり偏った対処の仕方といわざるを得ない。又行政の対応も自然を消失、または負荷を与えているにもかかわらず社会基盤整備や箱物を繰り返し繰り返し作ることに専念し環境の負荷に対する補償はほとんど行ってこなかったのは残念なことである。もう一度環境の保全に対する考え方を河川・湖沼・海・森林などはその地域の人たちのみでなく広い範囲のネットワークに補償されるべきであり特に個人や限られた団体にのみ行う補償は法制化し改めることが必要でないかと考えます。

ミティゲーションの考え方が最初に日本に紹介されたのは 1989 年に長尾義三氏による、その後序序ではあるがミティゲーションという言葉が引用され始めている、しかしながら日本においては法制化されておらず定義の手順にのっとって実施された例はないのが現状である。

このような制度が取り入れられ環境影響評価基準成立と相まって国内における環境政策に反映されつつあるが現段階においては限りなくレストレーションに近く、発表されている論文集においても同様の傾向が見られる。しかしながら、昨今の住民運動等により結果的には回避や縮小が行われた例は聞かれるようにはなっている。

現在では、「21 世紀の国土のグランドデザイン」において環境影響の回避、最小化と代償が位置付けられている。ミティゲーションという表現は用いられていないが環境影響評価法の同法第 12 条第 2 項に係る「環境保全処置に関する基本的事項」において環境への影響を回避し、また低減することを優先する、(中略) 損なわれる環境要素の持つ環境の保全の観点からの価値を代償するための処置の検討が行われるものとする。とあるように、実質的にはミティゲーションに近い方法が求められるようになってきている。

最近では各種の白書（建設白書・環境白書・漁業白書・運輸白書）にもその考え方が言及される部分が見られ、建設白書の 11 年版にはミティゲーションという言葉が初めて使われるようになった。ただし発想は限りなくこれもレストレーションに近い。また、環境省のデータベースに掲載されている 2000 件近いアセス図書にも、環境保全処置に関する知事意見や地元住民意見において、回避・縮小・代償などの文言が用いられた。ただ残念ながら今回述べているミティゲーションの手法に基づいたものでないのが残念である。

1-5 研究の手順

1-5-1 文献調査

日本では法制化されておらず、又ミティゲーションの手法にのっとった実施例もないのが、現状でありここではドイツと米国とのミティゲーション手法を紹介する。ドイツにおいては、近代的な自然保護の中心規則と考えられている。19 世紀半ばに自然保護と故郷保護運動が始まって以来、ミティゲーション規則（理論）は自然を保護するための戦略として議論されてきた歴史がある。1976 年以降はミティゲーション規則は、連邦自然保護法第 8 条（ボ

ックス-1 参照)⁽¹⁾に組み込まれている。ドイツでは特に代償、代替処置のかたちにおいて効果を広めている。

ドイツにおけるミティゲーション規則の作業手順は法で規定されておりその手順に従わなければならない(図-2 参照)。

1. 調査地域等の決定 (図-3 参照)。
2. 調査地域での自然と景域の把握及び評価
3. 環境影響要素の把握
4. 人為的介入に関する予測調査
5. 人為的介入の著しさと後々にまで残る度合いに関する算定
6. 回避可能な人為的介入の把握
7. 人為的介入の代償可能性の検討
8. 代償処置・代替処置の検討
9. 悪影響・回避への準備・代償・代替処置の比較

事業者にはまず、著しく又は永続的な人為的介入の回避が義務付けられている。人為的介入の回避は厳重な法律であり的確に施行される。日本のように環境アセスを 10 人が制作すれば 10 通りの見解が出るのではなく、ここにおいても自然の保全等は公の財産であり何人も犯すことの出来ないシステムとなっている。回避の処置が採られるべきか否かは事業者やそれに関係する自然保護官庁の自由裁量ではない。回避とは、事業計画によって発生する人為的介入を出来る限りゼロに近づけることを意味している。つまりノーネットロスが目標であり、その回避の手段としては次のような方法で運営している。

1. 目的にかなわなかったり、環境に優しい他の方法が見出せないときは、すべての計画を中止する。
2. 他の場所、あるいは他の路線を選択する。
3. 計画の規模を小さくしたり、技術的な変更をする。
4. 計画に対して追加処置を遂行する。

代償処置の必要量の算定方法について

ミティゲーション規則(代償規定)は州の管轄であり、代償処置の必要量の算定についての洋々な方法がある。

大別すると 3 つの方法がある。

- a).要素モデル方式
- b).記述式説明方式
- c).復元費用金銭代償方式

a).について

人為的介入が行われる自然空間を数量評価する際、次の基準が用いられる.希少性・多様性・近自然性・完全性・代表性・危険度・代償可能性がありこれらの基準は1から10までの等級に分けられる.

b).について

この方法は数値による数学的精確値を与えるのではなく、実際の現場での具体的な解説によって、著しい又は永続的な人為的介入を予測することを試みている.

c).について

代償及び代替処置が不可能な時、最後の手段として、多くの州では代償近の支払いの可能性を設けている.代償金額は、人為的介入で受けた生息場所による.連邦自然保護局の委託により、1993年に費用の調査を基に費用データが作成されている.復元における総費用の内容は

(ア)最初の復元処置の費用

(イ)保全管理処置の費用

(ウ)プラン経費

(エ)モニタリング費用

(オ)土地取得のための費用

などから出されている.

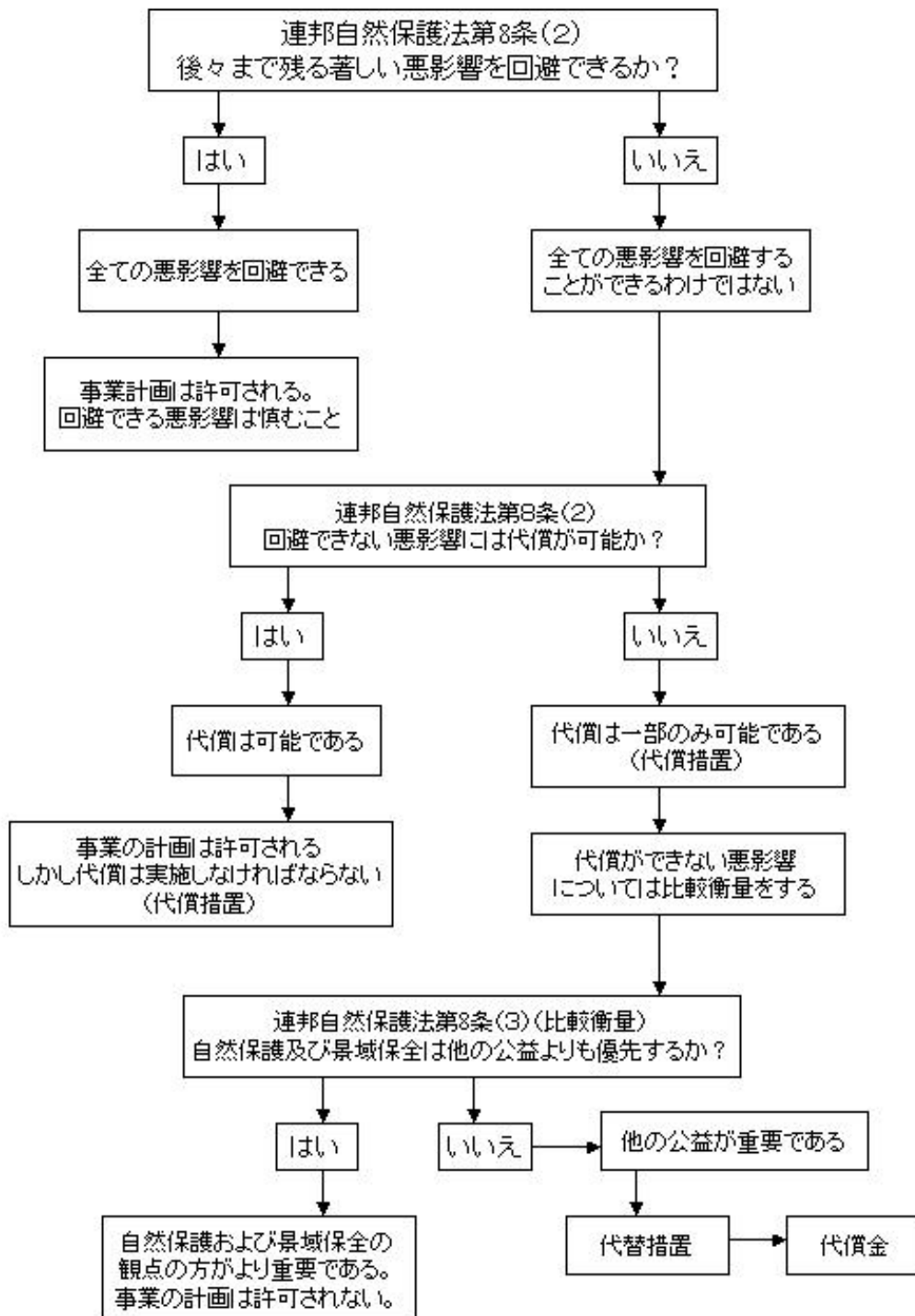


図 - 2 連邦自然保護法第 8 条に基づいたミティゲーション規則のフローチャート

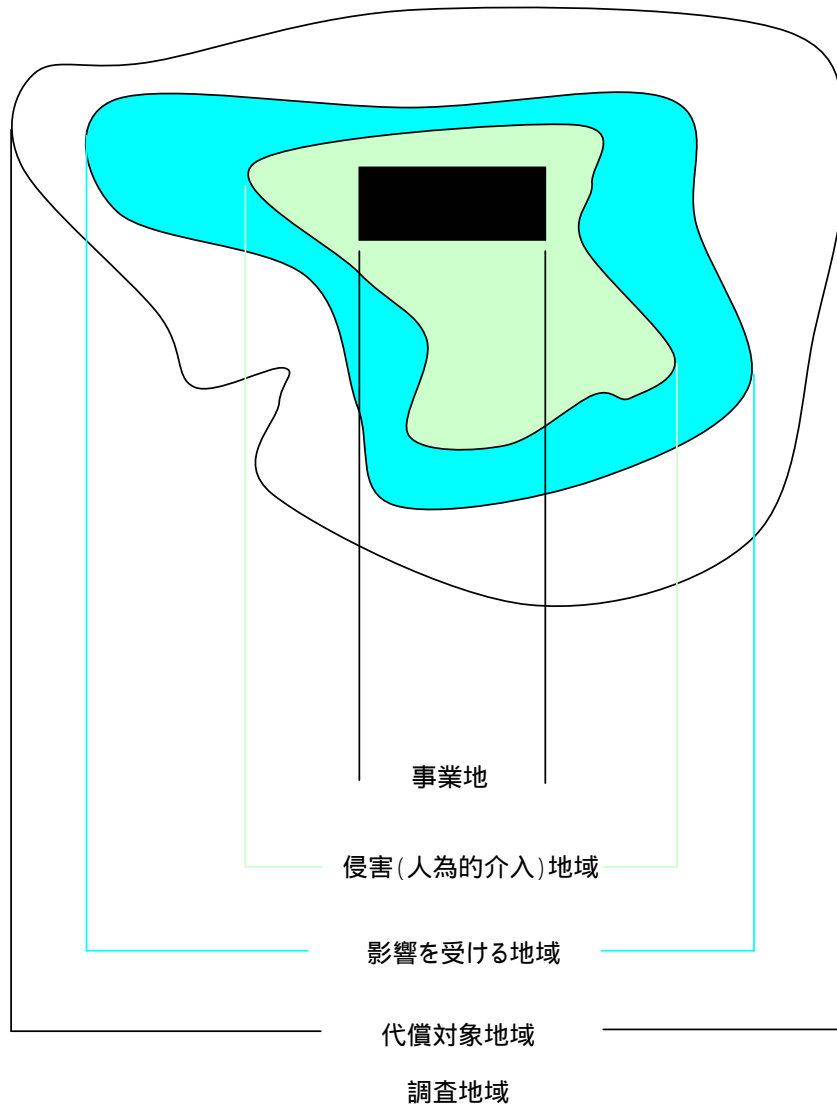


図 - 3 調査地域の区分け

国家環境政策法 施工規則 (抜粋)

第1502 15条 提案行為を含む代替案

本条項はEISの核心の部分である。影響及び環境及び環境影響の結果についての情報及び分析に基づき、EISは提案及び代替案の環境影響を対比しうる形で提示すべきである。…本条項において政府期間は次のことを行うものとする。

- (a) すべての合理的な代替案について厳密に検討し、目的にあうようにそれを評価すること。詳細な検討の対象から削除された代替案については、その削除の理由につき簡単に記述すること。
- (b) 提案行為を含む詳細に検討された各代替案については、審査を行う者が利益の比較較量を行いうるよう具体的な検討を行うこと。
- (c) 主導政府機関の所轄外であっても合理的な代替案を含めること。
- (d) 行為を行わないという代替案も含めること。
- (e) EIS案において政府機関の希望する代替案を指摘すること。また最終EISにおいても、他の法律により禁止されていない限り政府機関の希望する代替案を指摘すること。
- (f) 提案行為若しくは代替案に未だ含まれていない適当なミティゲーションをも含めること。

第1508 20条 ミティゲーション

“ミティゲーション”には、以下のものが含まれる。

- (a) ある行為を全部又は一部行わないことによる全体的影響の回避
- (b) 当該行為及びその実施の規模又は程度を制限することによる影響の最小化
- (c) 影響を受けた環境の修復、回復、復旧による影響の修正
- (d) 行為期間中、環境を保護及び維持管理により、時間を経て生じる影響を軽減又は焼失すること
- (e) 移転又は代替しうる資源環境の提供による当該影響の代償

米国の場合は1969年に国家環境政策法 (NEPA)によって、ミティゲーションの基礎が築かれはじめ、1992年にミティゲーションプログラムが提示された。先述の背景において述べたので、ここでは割愛をさせていただきNPEAの関係法律の抜粋を明示す(ボックス-2)⁽¹⁾

ボックス-2

国家環境政策法 (National Environmental Policy Act of 1969) 抜粋

第2条 目的

- 人間とその環境の間に生産的で快適な調和を助長する国家政策を宣言すること
- 環境に対する損害を防ぎ、または除去する努力を促進すること
- 生態系と自然資源に対する理解を深めること
- 環境諮問委員会を設置すること

第 101 条 国家政策の宣言(一部)

- (a)連邦議会は、以下のことを宣言する。
- これが連邦政府の継続的な政策であること
 - 公共の福祉を促進し増進させる
 - 人間と自然が生産的な調和の中で存在する状態を作り出し維持する
 - 現代と将来の世代の社会的、経済的およびその他要求を満たす

第 102 条 環境影響評価の実施

- (2) C) 人間の環境の質に重大な影響を与えるおそれのある法案、その他の主要な連邦政府の行為に関する勧告及び報告書には、責任ある連邦政府職員による次の ~ に関する詳細な記述を含めること
- () 提案されている行為が環境に及ぼす影響
 - () 避けることができない環境への悪影響
 - () 提案されている行為に対する代替案
 - () 人間環境の短期的な利用と長期的な生産性
 - () 資源について、取り返しのつかない、回復不可能な利用に対する責務

1-5-2 河川法と河川に関わる法律

河川は多くの生物が生息・生育する生態空間であると同時に、さまざまな形で人々の生活と関わる社会的存在である。このため、河川には、形状の改変、構造物の築造、土地や生産物利用、水量の増減など、周辺環境に対して人的圧力が加わっている。河川と人とのかかわりは多種多様であり、河川に関するすべてのことを河川法だけで管理するのは不可能であり、他の多くの法律が河川管理に関わっている（図-4 参照）。河川を適切に管理していくためには、河川法を中心にこれら関係する多数の法律を連携させ、河川の自然環境を守っていく必要がある。

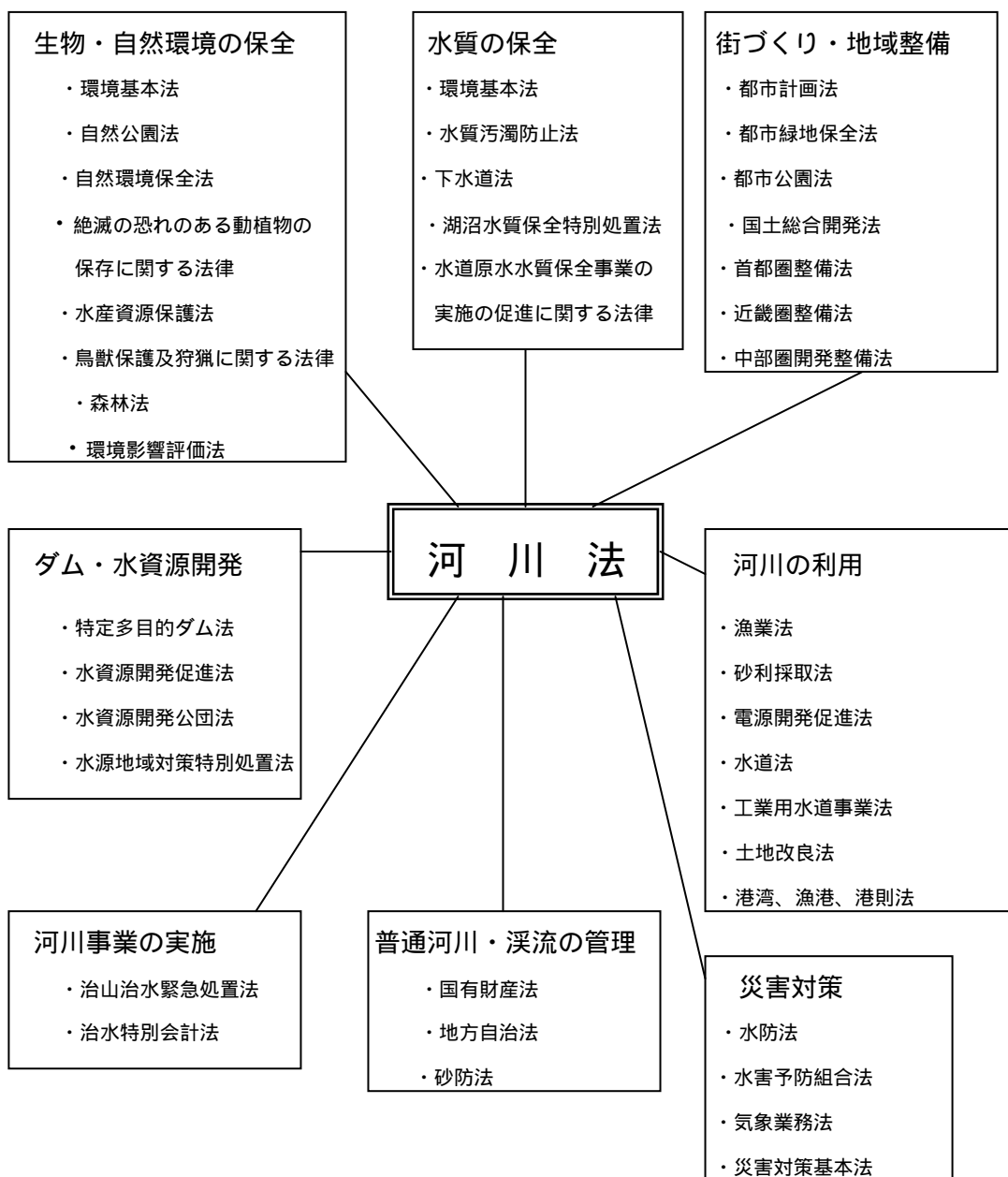


図-4 河川法に関わる法律

1-5-3 新河川法に基づく地域住民と環境に配慮した河川計画

河川の役割は単に治水・利水の機能だけでなく、河川の持つ多様な自然環境や水辺空間が潤いのある生活環境の舞台や地域の文化を育む場として求められるようになっている。こうしたニーズの高まりを踏まえ、多様な生物の生息・生育の場である貴重な水辺環境を整備・保全するとともに、人と自然がふれあえる河川や溪流の整備を促進するため、自然を生かした河川整備を心がけることが重要である。地域の人々の意見を的確に反映した個性ある川づくりを実現していくためには、計画の立案から決定に至る過程で、地域住民、関係市町村、学識経験者等の意見を幅広く聴取していくことが大切である。

地域の個性を生かした川づくりとして、地域の意向を反映した川づくり・流域における交流・連携活動の強化・人と川のふれあいの確保・良好な水辺景観の形成・都市における河川の役割の重要性の増大と河川を生かした都市の再構築・すべての人が安心して暮らせる地域的基盤づくりなどを川づくりの基本理念とした取り組みがなされだしている。

2. 新河川法を適用した河川護岸計画

2-1 河川事業の実態調査

平成9年の新河川法の改正により、環境に配慮し、地域の実状に応じた河川整備を推進するため従来の工事实施基本計画を長期的な整備の方針である河川整備基本方針と具体的な整備の計画である河川整備計画に区分し、後者については地方公共団体の長、地域住民の意見を反映する手続き導入することが新河川事業の特徴であり、機能を優先した画一的な河川整備は排除されつつある。

21世紀における河川事業の取組みについて幅広く検討が進められており、新たな水循環・国土管理に向けた総合計画が実施されようとしている。それらはおおむね5項目に分けられ検討されている。

1. 流域の健全な水循環系の構築に向けた課題
 2. 総合的な土砂管理の確立に向けた課題
 3. 川に学ぶ社会をめざして具体的に提案・支援していくための課題
 4. 河川の多様な機能を生かした都市の再構築に向けた課題
 5. 災害発生後の対策も視野に入れた危機管理対策の確立に向けた課題
- の5つの課題を設定し、総合的な立場から検討を行っている。

2-2 国分川の流域及び河川概要

国分川水系は高知県のほぼ中央部に位置して、浦戸湾に流入する中小河川である。浦戸湾を中軸とする周辺地形の成り立ちは、東西方向の構造谷が沈水し、北方の断層崖から押し出された土砂による複合扇状地と東西から浦戸湾に注ぐ国分川、久万川、鏡川等の流送土砂の沖積による複合三角州によって形成された低地である。したがって地勢は全体として浦戸湾に向かって低く、北方に高い。

国分川の水源は香美郡土佐山田町平山に発し、途中土生川、領石川、笠の川等々の大小支川を合わせながら高知県最大の穀倉地帯である香長平野西部を貫流し、河口部において久万川、江の口川、舟入川等を合流し浦戸湾に注ぐ流域面積 152.82 km² 幹川流路延長 21.5 kmの河川である。その流域には高知市、南国市、土佐山田町の2市1町の40%を占め、高知県の経済、社会、文化の中心地として社会的経済的に重要度はきわめて高い、又浦戸湾に注ぐ河川に共通するが、上流部は急峻な山地を形成し短時間に流出する急流河川で崖錐や風化表土の流失によって天井河川となっており内水問題を抱えている。(高知県土木部河川課資料)

2-3 国分川の治水計画と激甚災害対策事業

流域の土地利用は旧来から基本的に農地であり河川堤防の一部には越流堤や霞提を含み洪水時には水田や畑の一部が遊水池の機能を受け持ち、下流の災害規模を軽減する工夫が

なされている。洪水を河道内部に押し込めるのではなく、流域への溢水・遊水機能との共存を前提にした治水方式が残っている河川である。しかしながら中下流域の低地地区では構造的に排水状況が悪いにもかかわらず、市街化が進み不浸透面積が増大して洪水流失のピークが早まり、短時間集中豪雨では氾濫しやすい状況下であった。又国分川流域での大出水被害は1925年にさかのぼるため流域の土地利用が急激に変化していることに対応する治水対策がなされていなかった。国分川の現況と将来の土地利用を考慮すると、下流域の内水氾濫問題を解決するためには伝統的な洪水対策のみでは限界があり、災害と共存する土地利用計画のあり方や、環境・生態系・景観等に配慮した総合河川整備事業と流域管理計画であり、激甚災害対策事業と多自然型護岸を含む流域の治水計画である。約12kmに及ぶ国分川右岸の護岸改修を主とした200億をかけた河川整備事業である。

2-4 河川生態環境評価

自然環境の評価を考えるときには、まず、人間活動の干渉の程度をいかに表すかについて考える必要がある。「保護」は人間の手をまったく加えない状態をいい、「保存」は現在の状態を変えないことを意味している。自然は変化していくものであり、また回復能力を持っている。こうした特性を考慮して、生態的容量の許容の範囲内で、人間が自然資源を持続的に活用することを「保全」といい、人為的な活動の強度が回復能力の範囲内であれば、保全は可能であると考えられる。

環境要領を定量的に把握しそれを理論的に定めようとするれば、次のような分析を行う必要がある。まず、人為的な影響が与えられたときに、河川生態環境がどのように変わるかを推定する。次に変化した環境が時間の経過とともに、どのように遷移していくかを推定する。このときに現実には生ずるであろう自然を予測するためには、今後与えられた人為的影響の影響度を定める必要がある。これらは工法ごとに当然違ってくるので大変な労力を要する作業となる。しかしこれをある程度定めることが出来れば定量化の目安となり、ミティゲーションの代償等を勘案するときに大いに参考とすることが出来る。

今後の人為的影響はないという仮定の元に推測した結果が、今日の自然である。環境への影響を軽減する方策（ミティゲーションの過程）を行って、それにより出現した環境を出発点とすることから始まり、これを初期値すれば、時間の経過とともに遷移する河川環境が予測できたと仮定をしてみる。時間の経過を10年と想定（実際は無量大）して得られるであろう環境と現在の環境とを比較すれば、人為的影響により環境がどのように変化するかを、予測することが出来ることになる。そしてその想定と経過における実際のモニタリングを比較することにより、定量化の目安となりうると考えられる。

2-5 国分川におけるミティゲーション手法を考慮した河川治水計画

2-5-1 河川改修計画とミティゲーション

国分川における河川改修は両岸共、間知ブロックで築堤されており生態系においては共生するのは困難な状況であった。98年の豪雨により甚大な被害を被り改修が余儀なくされ、その改修計画は新河川法のコンセンサスでもある、人と自然にやさしい、又河川と共生できる河川環境を作ることが最善と考えられた。新河川法の初のケースとして河川の多様な機能を生かしかつ災害にも対処できうる護岸計画が実施できる運びとなった（図-6-8参照）。

先にマスタープランにおける地域住民・関係市町村・学識経験者たちにより多自然型護岸が提案されており、その考えの延長上でミティゲーションを念頭に護岸計画を実施することとなった（全体ではなく担当した部分）。

治水における基本計画では50年に一度の洪水に耐えられることと、構造物に関してはおおむね100年に耐えられる計画とした。主に右岸の護岸の改修を行うと同時に川幅を約20m拡幅し河川断面を確保した。河川断面に関しては計画河床高に配慮し、数ヶ所ではあるが、浚渫して計画高さを確保できるようにした。ミティゲーションにおいては、激甚災害の指定を受けた改修計画であることと護岸の設計が全体ではなく2ブロックのみであることから回避・縮小の項においては治水の関係上優先することが困難であった。

2-5-2 ミティゲーション手法を用いた河川計画

国分川の護岸計画を参考にミティゲーション手法を用いた場合について述べるとまず回避においては約9kmの範囲に5箇所の可動堰があり河川全体を横断している。（図-6参照）魚道もあるがほとんど機能しておらず魚類に対しては溯上の障害になっており回避、つまり撤去する必要がある、護岸に隣接している樋門の容量をすべて確認したが樋門への導入水位さえ確保すれば十分機能を満たすことがわかった、しかし完全撤去では機能を満たさないで河川の堰を50%まで機能上縮小することは可能であり、この検討を繰り返すことにより国分川の河川環境は劇的に変わる可能性が存在することがわかった。

2-5-3 ミティゲーションと河川護岸改修事業

国分川の改修事業においてミティゲーション手法を適用した場合、以下の手順で検討を行うことが可能である（図-5 参照）。

（１）**回避**：今回は激甚災害特別工事の指定を受けた事業であり、治水上の点から見ても最小限の物であり計画は不可避である。

（２）**縮小**：河川の断面が大きくなるにも関わらず堰は川全体を止めてしまっている。利水の容量を補う機能があれば他は開放すべきである。構造上、魚道はあるが機能を十分満たすような構造になっておらず、縮小、修正の対象となりうる。

（３）**修正**：１）堰の構造の検討 ２）全体的に滲筋を寸断しない河川の流速の確保 ３）河川環境の保全に伴う護岸のバックヤードの確保 ４）多自然型工法を採用しているが必ずしも自然の復元、保全に適切に対処していない工法があり、特に自然石を使用しながら目地にコンクリートを使用している。５）護岸上部に管理道を確保しているが河川と周辺の生態を寸断している。以上の矯正を求め又（１）の回避に戻って検討をする。

（４）**軽減**：１）堰は河川の中央までとし他は開放する。２）地中部に限界掃流力を確保した構造物を採用し水制等を用いて上部構造物を守る。３）管理道は迂回路的に計画し、直線的な発想をせずに景観に配慮したルートを考える。

（５）**代償**：以上の代償として、護岸のバックヤードを購入することを要求し、河川周辺の自然の保全を生態系の連鎖性を考えて確保する。護岸の外側に林や森（里山）を作ることは、最終的には河川を利用するあらゆる生物に寄与すると考えられる。

（６）**事業化**：代償の費用を含めて事業化を行うことがミティゲーションの特徴であり、指摘された代償を施行しなければ、法律により計画そのものが認められない。

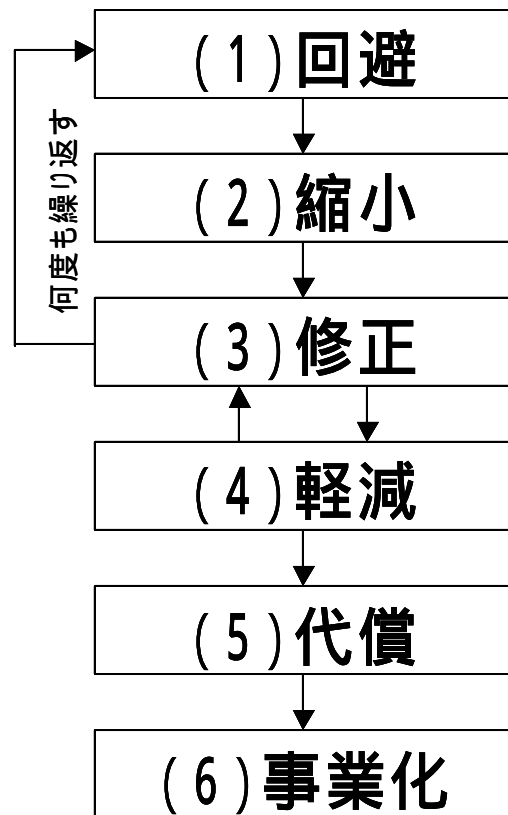


図-5 ミティゲーション フロー図

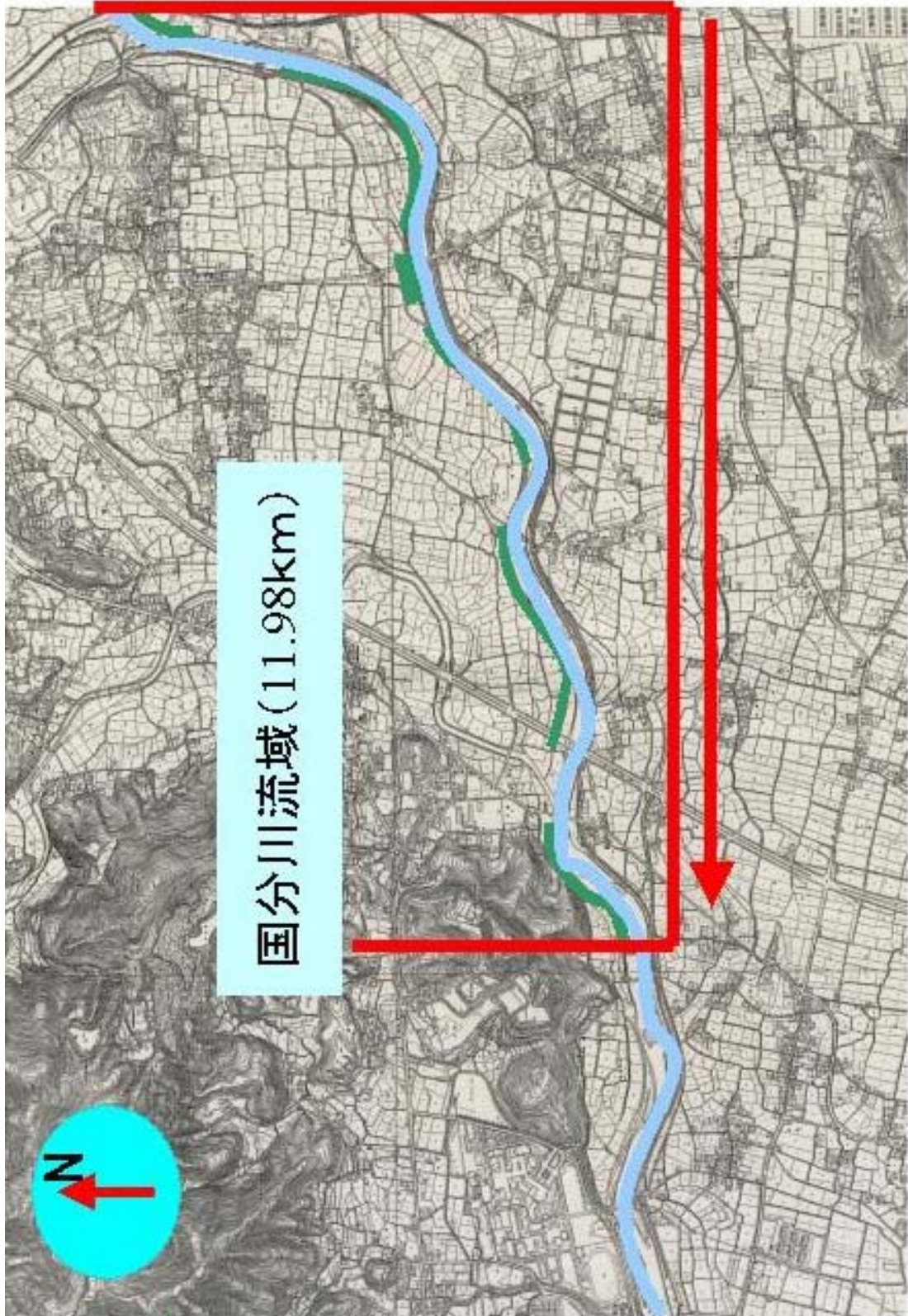


图 - 6 国分川護岸改修区域

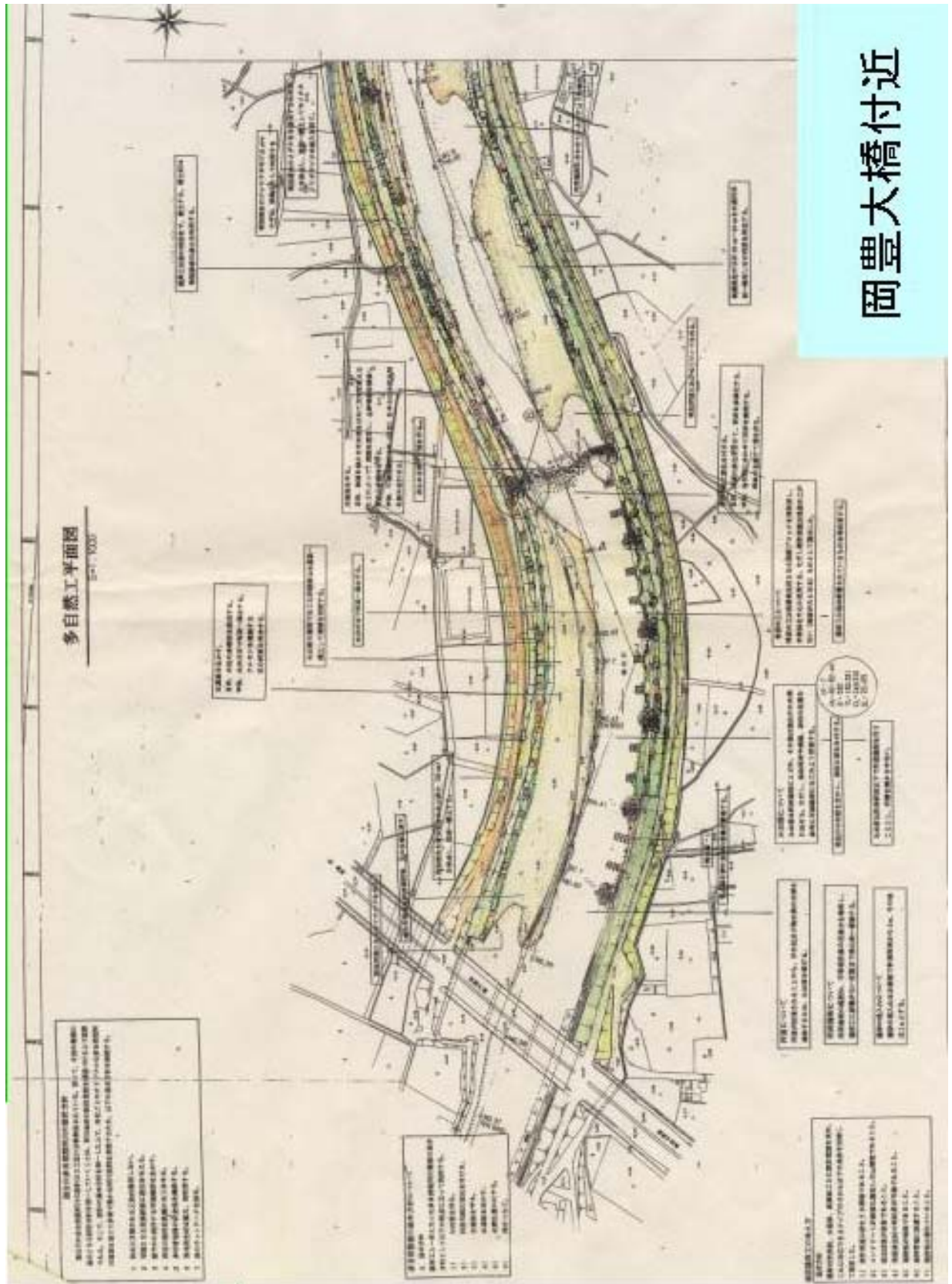


图 - 7 多自然型護岸計画図

河川横断面图

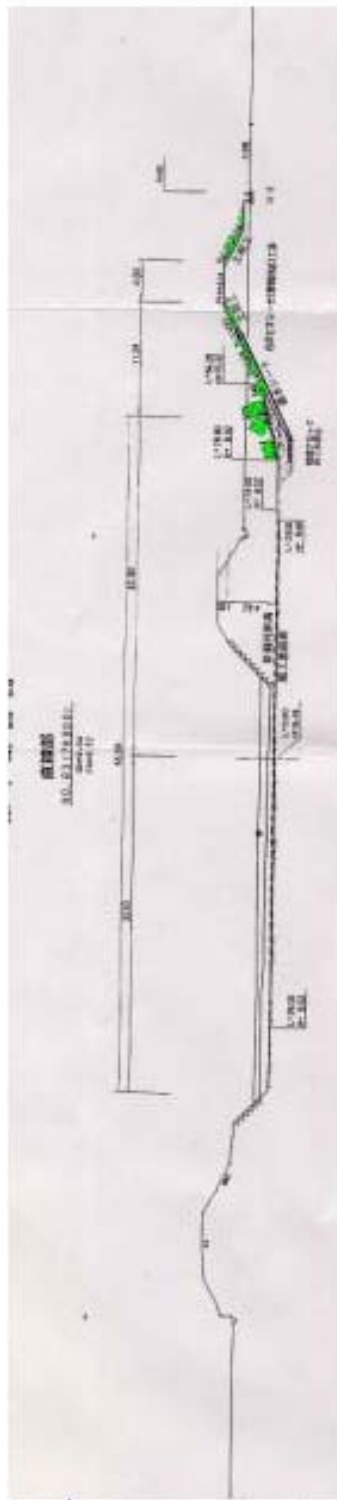


图 - 8 多自然型護岸横断面图

2-6 レストレーションと河川護岸改修事業

今回、国分川を例にとれば 98 年度頃、雨により河川の拡幅計画が持ち上がった。新河川法後の事業計画でもあり地域住民や学者とも会議を重ねた結果、生態系にも配慮した護岸として、多自然型工法が採用されることが決まった。河川周辺の復元を目標に計画を進め主に右岸の拡幅事業であるが、両岸を実施する区域もあり（図 6～8 参照）のような計画が実施されるようになった。しかし、今日河川断面の容量増（治水）が主眼であるが、河川の復元となれば河川全体で行うのが本来の姿でなければならない。多自然型護岸（約 9.2km）の範囲に川幅全体をせき止める堰が 5ヶ所もあり、河川で最も重要である流速がいたる所で寸断されてしまっている。

復元をテーマに河川改修を行うならば水際だけでなく澗筋まで管理することが必要である。又、河川を横断する構造物の周辺は自然石を使っているが練石工法となっておりまだ工法の検討の余地が随所に課題として残っている。

新河川法等に周辺地域という言葉が使われているが河川の自然の保全に伴う緩衝地として、河川護岸より 50m（理想は 80m）の自然地が必要でありこのような地形を確保して始めて復元の自然連鎖に貢献できるのではないかと考える。

2-6-1 各工法の費用比較

多自然型護岸工法の中で、藻類配慮型緑化護岸・魚類棲息型護岸・覆土緑化型護岸間伐材覆土緑化型護岸・間伐材覆土緑化型護岸（低水護岸）を選び、比較の対象として在来工法で代表的な間知ブロックを取り上げそれぞれの費用特性についていかに述べる。

藻類配慮型緑化護岸

最近低水護岸に用いられる代表的な工法（写-1 参照）であり、汽水域に用いられることが多い。巨石の組み合わせにより護岸強度を確保するため（図-9 参照）の詳細図のようにあらかじめ覆土を詰めて行う場合は植生の復元は早い箇所もあるが、水際の石組み部分は空洞も大きく植生の定着には長い時間を要する。重量物を取り扱う為、重機類の使用による工事時の環境負荷が大きく、これらも復元力を遅くする要素のひとつである。工事費用は自然石（巨石）を用いることや隠れ水制などの工事もあり 1㎡当り 18,185 円となる。在来工法の間知ブロックと比較すると約 50%増となる。



図-9 藻類配慮型緑化護岸 横断面

表-1 藻類配慮型緑化護岸の単価

藻類配慮型緑化護岸		単価表			(10.0㎡当り)
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	概要
仕掛役(一般)	人	0.2	22,300	4,460	
石工	人	0.7	27,700	19,390	
普通作業員	人	3.5	15,700	54,950	
石材	㎡	10	3,300	33,000	
鋼筋・コンクリート工(石積) 埋工	㎡	1.75	21,180	37,065	
鋼筋材工(石積)埋工 埋戻し土層埋工	㎡	1	6,102	6,102	
トラッククレーン(流注式) 15-18t	時間	3	8,961	26,883	
計				181,850	

藻類配慮型緑化護岸



巨石積み護岸空洞部分（完成後2年経過）



水制部分（完成間際）



完成護岸



完成護岸



完成護岸

写 - 1 藻類配慮型緑化護岸

2) 魚類棲息型護岸

コンクリートブロックと、自然石との併用案であり、限界掃流力に対しては、根固めブロックで保護している為(図-10 参照) 水辺から見えている部分は人工物が見えない工法であるが擬似的である。水辺の環境は大小の捨石もあり、生物の定着は比較的早い、しかし、流れのゆるい箇所ではヘドロに近い堆積物が見られる。完成間もない頃はコンクリートブロックの影響かアルカリ度が抜けるまでは生物は目撃することが出来なかった。微生物の定着等に影響があったように考えられる。工事費用は1㎡当り 15,435 円程度であり、在来工法と比較して 20%程度高い。

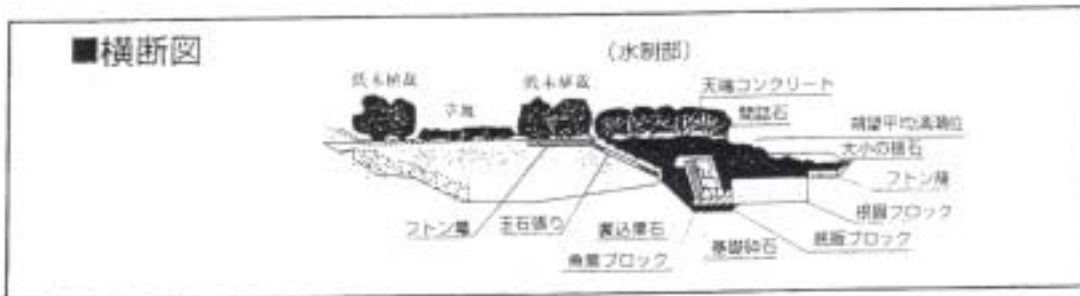


図-10 魚類棲息型護岸 横断面

表-2 魚類棲息型護岸の単価

魚類棲息護岸(水制部)		単価表			(10.0㎡当り)
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	摘要
世話役(一般)	人	0.2	22,300	4,460	
ブロック工	人	0.6	30,400	18,240	
普通作業員	人	1	15,700	15,700	
大型ブロック 標準35cm 1,150-1400	㎡	10	6,000	60,000	
裏込・裏込コンクリート工 裏込工、ブロック積	㎡	1.75	20,713	36,248	
裏込材工(クラッシュヤラン) 調整ブロック積、両全砕石10C-40	㎡	1	6,102	6,102	
トラッククレーン(市場価格) 12~16t吊	日	0.4	34,000	13,600	
計				154,350	

3) 覆度緑化方護岸

国分川に最も多く採用されている工法である。完成時の状況は覆土等で覆われ、景観的にもよいが定着するには条件が整うことが必要である。完成後は比較的水位が安定している、覆土が流されないことが重要である。復元力は早い、繰り返し改修が必要となる場合がある。工事費用は杭柵を用いる方法と覆土のみで行う方法があるが(図-11 参照)、前者は1㎡当り16,500円、後者は14,681円となる、先に述べたように改修費を見込む必要がある。

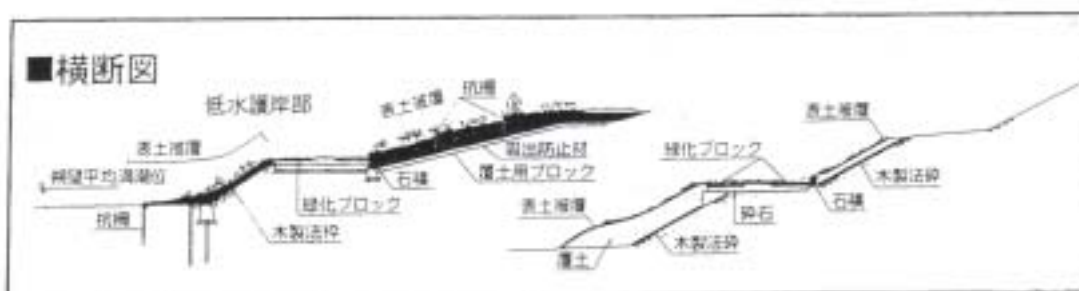


図-11 覆土緑化型護岸 横断面

表-3 覆土緑化型護岸の単価

覆土緑化護岸		単価表			(10.0㎡当り)
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	摘要
仕立役(一般)	人	0.2	22,300	4,460	
石工	人	0.5	27,700	13,850	
普通作業員	人	2.3	15,700	36,110	
石材	㎡	10	3,300	33,000	
鋼筋・裏込コンクリート工(石積) 裏工	㎡	1.75	21,551	37,714	
裏込材工(石積(張)工) 再生砕石RC-1級, 裏工	㎡	1	4,548	4,548	
トラッククレーン(油圧式) 15~30t級	時間	1.9	8,961	17,026	
計				146,808	

覆土緑化護岸



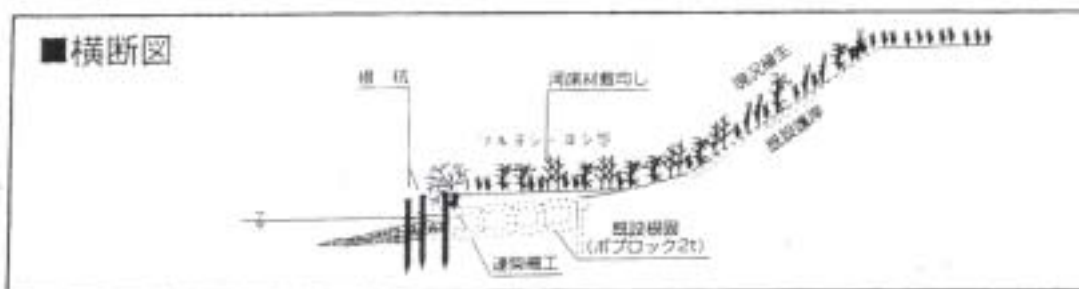
護岸着工前（上）、完成後（下）



写 - 2 護岸着工前・完成状況

4) 間伐材覆土緑化型護岸

既存護岸を撤去しない方法であり、水辺に根杭や連柴柵工を用いて復元を計る方法で、撤去等が少ない関係上工事の負荷が小さく、また多自然型工法の中では工事費用は最も安い。ただし、河川断面には影響があるので、計画においては、検討が必要である。工事費用は1㎡当り14,318円となり在来工法と比べて15%増しとなる。



図一12 間伐材覆土緑化型護岸 横断面

表一4 間伐材覆土緑化型護岸 の単価

間伐採覆土緑化型		単価表			(10.0㎡当り)
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	摘要
仕込役(一般)	人	0.58	22,300	12,934	
特殊作業員	人	1.01	18,200	18,382	
普通作業員	人	1.15	15,700	18,055	
石材	㎡	10	3,300	33,000	
再生砕石 RC-40	㎡	1.2	2,500	3,000	
生コンクリート 18-24 高圧 W/C=60%以下	㎡	1.98	13,000	25,740	
ホイールクレーン(市場価格) 直立式 25t吊	日	0.42	46,200	19,404	
バックホウ(クローブ型) 山積0.5㎡(平積1.0㎡)	時間	1.19	9,402	11,188	
諸雑費	%	3	49,371	1,481	
計			10.0-	143,185	

5) 間伐材覆土緑化型護岸(低水護岸)

既存護岸との共存が可能な工法のひとつであり、今後推奨すべき工法となりうる。但し、河川断面は少なくなるので治水には慎重な検討が必要である。工事費用は多自然型工法の中では安いほうである。しかし高水位部分の工事費を考えると工法としては魅力的ではあるが、総費用をつかむ必要がある。

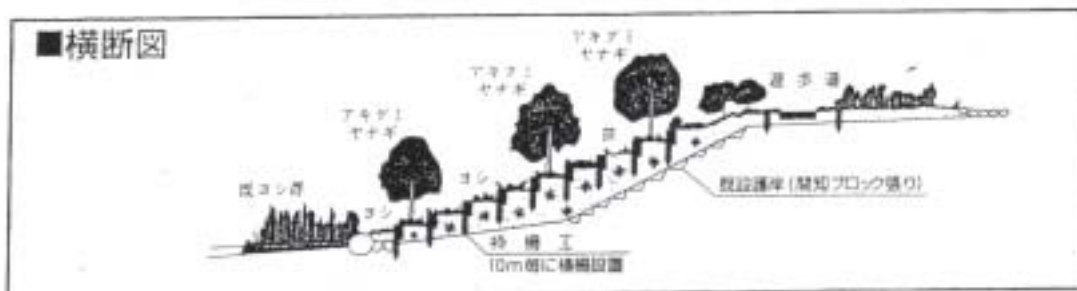


図-13 間伐材覆土緑化型護岸(低水護岸) 横断面

表-5 間伐材覆土緑化型護岸(低水護岸)の単価

間伐材覆土緑化護岸(低水)		単価表		(10.0㎡当り)	
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	摘要
使路役(一般)	人	0.58	22,300	12,934	
特殊作業員	人	1.01	18,200	18,382	
普通作業員	人	1.15	15,700	18,055	
石材	㎡	10	3,300	33,000	
再生砕石 RC-40	㎡	1.2	2,500	3,000	
生コンクリート 18-8-40 高圧 W/C=0.6以下	㎡	1.98	13,000	25,740	
ホイールクレーン(市場価格) 新式 35t吊	日	0.42	46,200	19,404	
バックホウ(タローラ型) 山積0.8㎡(平積0.6㎡)	時間	1.19	9,402	11,188	
諸雑費	%	3	49,371	1,481	
計			10.0=	143,185	

6) 間知ブロック積工法

全国的に多くの河川に使用されている工法であり、完成後の環境にはまったく配慮されておらず、生態系の影響や自然の保全・復元等においては、負の遺産となりつつある。2級河川以下の河川では、今も施工されており、使用に関しては早急の対策が必要である。費用は最も安い環境負荷を考えると費用の問題ではなく、安易に使用することに警鐘を鳴らしたい心境である。工事費用は1㎡当り12,592円となる。

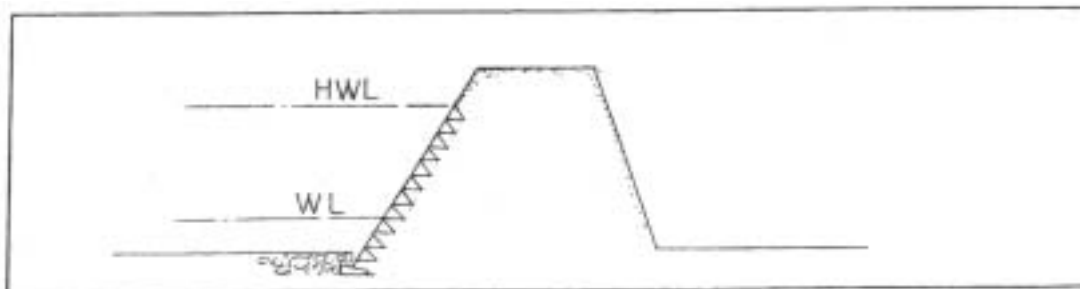


図-14 間知ブロック積み護岸 横断面

表-6 間知ブロック積み護岸の単価

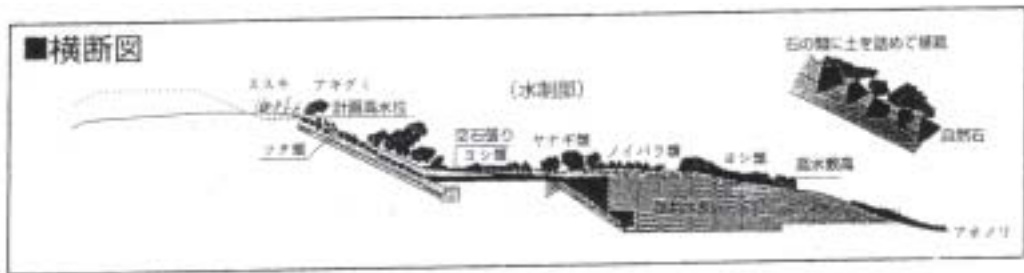
間知ブロック積		単価表			(10.0㎡当り)
名称・規格・条件	単位	数量	単価	金額	摘要
世話役(一般)	人	0.2	22,300	4,460	
ブロック工	人	0.4	30,400	12,160	
普通作業員	人	0.8	15,700	12,560	
ブロック 控え15cm	㎡	10	4,500	45,000	
裏込・裏込コンクリート工 裏込工、ブロック裏(裏水・止水シート)	㎡	1.9	21,208	40,295	
裏込材工(クラッシュヤラン) 間知ブロック裏(裏水・止水シートなし)	㎡	1	4,648	4,648	
トラックレーン(市場価格) 15~16t吊	日	0.2	34,000	6,800	
計				125,923	

2-6-2 各工法が与える環境への影響への考察

実際に施工されている藻類配慮型緑化護岸・魚類生息型護岸（水制部）・服度緑化型護岸
間伐材覆土緑化型護岸・間伐材覆土緑化型護岸（低水護岸）について調査や考察を行った。
復元性においてはそれぞれ時間の差は生じているが回復は確実に進んでいるように思われる。
各々の、特徴はあるが工事中の環境への負荷や復元時間そして景観性に配慮された護
岸改修が各地で要求されるようになってきている。

1) 藻類配慮型緑化護岸

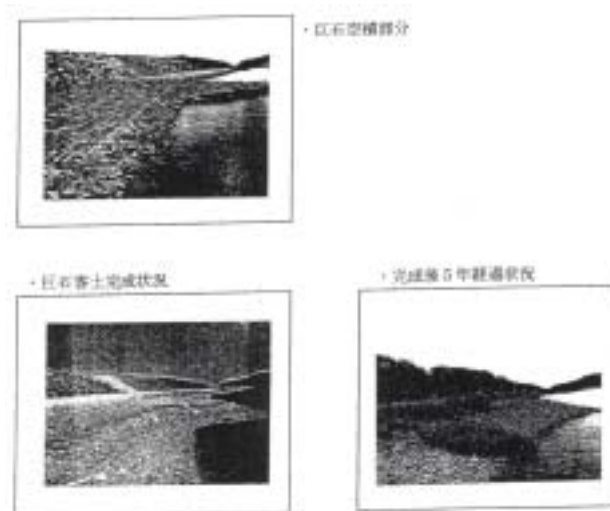
最近低水護岸に用いられる代表的な工法（写-1 参照）であり、汽水域に用いられること
が多い。巨石の組み合わせにより護岸強度を確保するため（図-9 参照）の詳細図のように
あらかじめ覆土を詰めて行う場合は植生の復元は早い箇所もあるが、水際の石組み部分は
空洞も大きく植生の定着には長い時間を要する。重量物を取り扱う為、重機類の使用によ
る工事中の環境負荷が大きく、これらも復元力を遅くする要素のひとつである。工事費用
は自然石（巨石）を用いることや隠れ水制などの工事もあり1㎡当り 18,185 円となる。在
来工法の間知ブロックと比較すると約 50%増となる。



自然石

図-15 藻類配慮型緑化護岸

《巨石》を用いるため石と石との空洞が比較的大きく植生が定着するまでの時間が比較的
長い。しかし常時水中域にある箇所においては稚魚の住家となり魚類においては良い環境と
いえる。巨石の目地に客土を詰めて植生を促す方法も取れるが、低水護岸の汽水域において
は完成後直ちに干満の影響を受け定着に相当の時間を要する。



写-3 藻類配慮型緑化護岸状況写真

2) 魚類棲息護岸(水制部)

大型魚巢ブロックを下部に敷き限界掃流力を確保し、上部に捨石を投入して魚巢効果をさらに増大させるとともに水際は緩やかに起伏をつけ景観上のアクセントと水はね効果を機能させる工法である。主に中流域に用いられ、流れに変化を就けることにより魚類の生息環境を確保する。

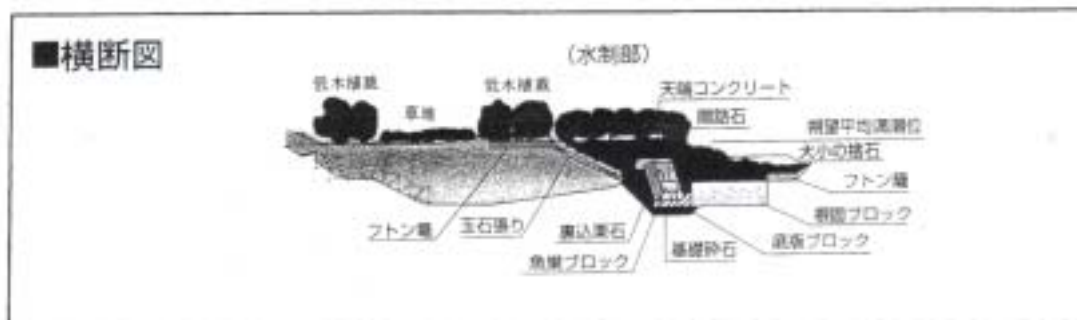


図-16 魚類棲息型護岸



写-4 魚類棲息型護岸状況写真

後背部の護岸の補強等にもなり、変化にとんだ流域の確保が容易である。水際の多様性に貢献する要素がある。(写-4 参照)

3) 覆土緑化護岸

国分川にもっとも多く用いられている護岸であり、水制護岸と併用することにより復元力はもちろん多様性においても効果がある工法である。

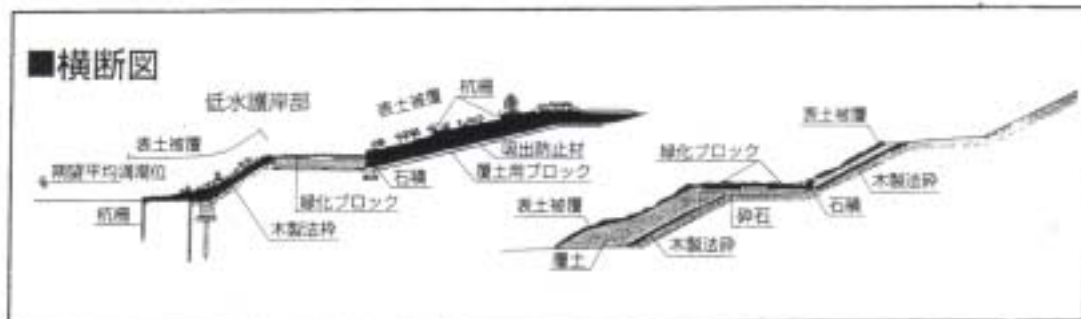
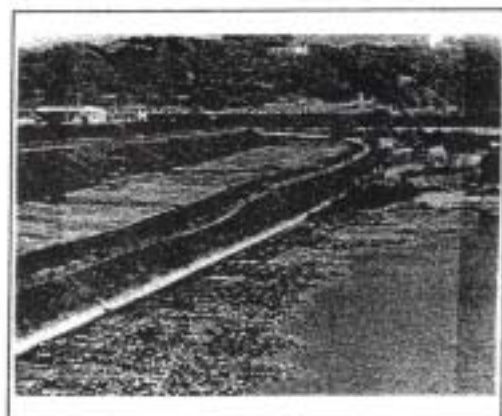
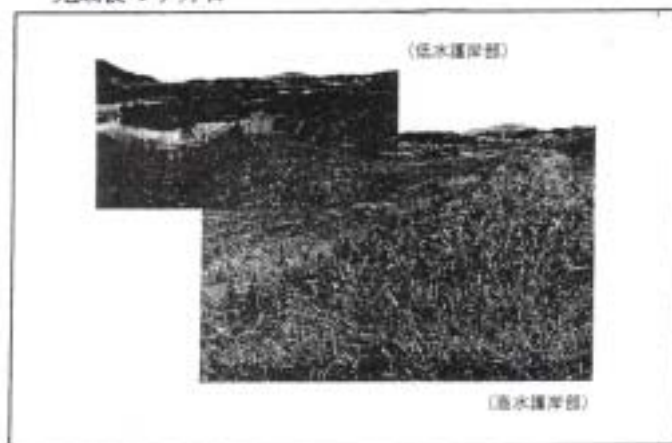


図-17 覆土緑化型護岸

客土の定着には時間が必要だが、植生の定着にはもっとも早く効果があり多様性も確保しやすく復元力も比較的早い。しかしながら水際においては別途の補強が必要であり客土の定着上比較的緩い勾配で計画することが必要であり、又水制護岸と併用する場合比較的川幅に余裕のある状況が求められる。



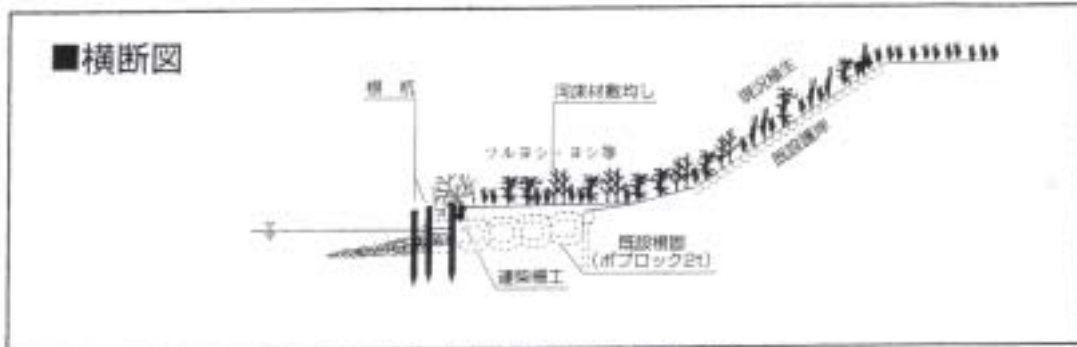
完成後4ヶ月目



写-5 覆土緑化型護岸状況写真

4) 間伐材覆土緑化護岸

既設の根固めブロックを利用することが可能な工法であり、これからの護岸の復元等に有効な工法である。伝統工法でもある連柴柵工や根杭を設置し、河床材を用いて水際の植生の育成基盤となる。



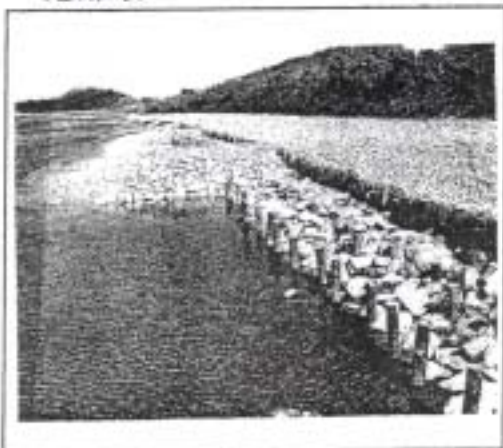
図一18 間伐材復土緑化型護岸

水際の植生の定着には少し時間を要するが環境の負荷に対しては比較的低い。

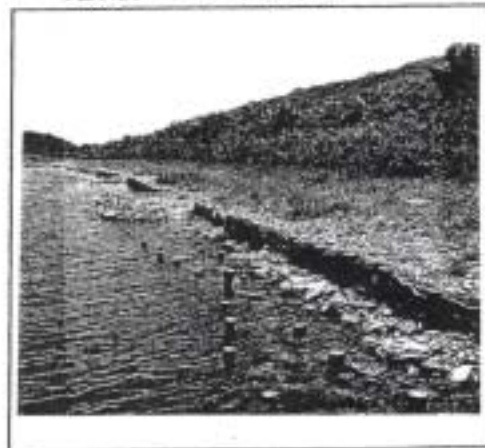


・工事中

・完成直後



・完成後4ヶ月の周辺状況



写一6 間伐材復土緑化型護岸状況写真

5) 間伐材覆土緑化護岸(低水護岸)

既設の低水護岸《間知ブロック》に緩勾配の覆土を用いて周辺植生の基盤をつくる。

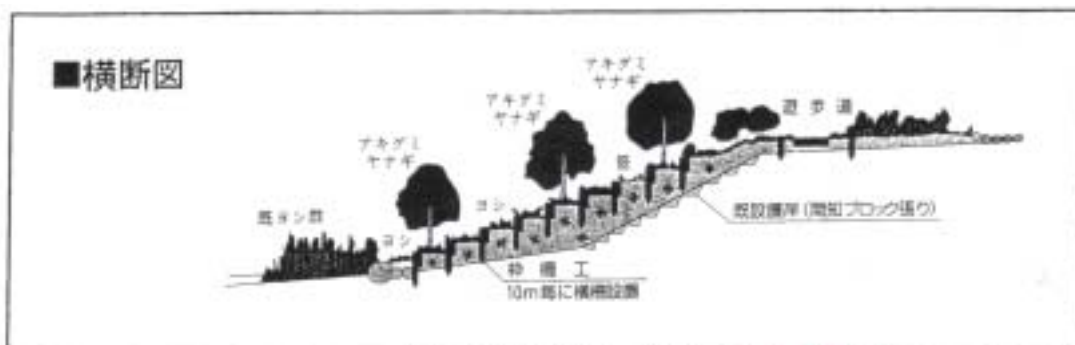


図-19 間伐材覆土緑化型護岸(低水護岸)

水際の植生の定着には少し時間を要するが、他の部分の植生の定着は比較的早い。費用においても既設の撤去等が発生せず安上がりとなるが、河川断面には影響を及ぼすので計画時には流量に対して配慮が必要となる。



・工事前

・工事中



・完成後9ヶ月の周辺状況



写-7 間伐材覆土緑化型護岸(低水護岸)状況写真

6). 河川の伝統的な護岸工法

多自然とは異なるが護岸の多様性の復元に見直されている。(図-20参照)新しい工法がすべてよいのではなく適材適所の工法を選択することが大切であり、採用するに当たり古いとか新しいとかは関係なく環境や生態系に負荷を与えないことが必要である.そのような技を身に着ける人材を育むことも多様性の復元には重要な要素のひとつである.

工業化による生産性や防災などを優先しすぎたために自然の保全や生態系に負荷を与えてばかりいた結果が今日の問題を引き起こしている原因のひとつでもありエンジニアとしては深く反省せざるを得ない現状に憂慮している人たちも少なくないのではないかと思われる.

ボックス-3

工種分類 工法分類

法覆工 法柵工



縦柵工



傾斜柵工



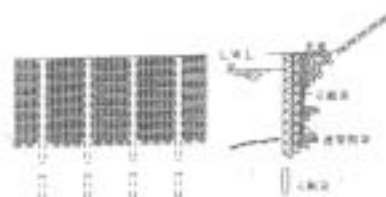
法留工 柵工



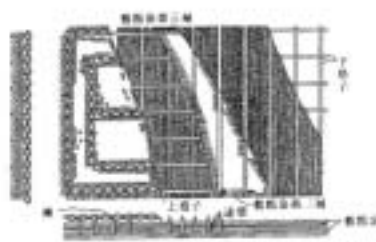
縦留工



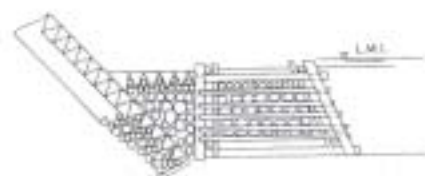
傾斜留工



根固工 沈床工



根固沈床



片法根固沈床

出典：国土交通省⁽²⁾

図-20 伝統的な護岸工法

2-7 水質調査

高知県東部地域の2級河川(奈半利川・安田川・伊尾木川・安芸川)の水質調査を実施したが季節の変化に伴ってわずかに数値が変動する程度である(添付資料1~6参照)。今回の多自然型工法の調査対象である国分川及び物部川は上流部と下流部の水質の測定値が著しく違っており、これらは護岸改修工事中での影響を受けて数値上に大きな乱れを生じている(図-21~28 国分川・図-29~36 物部川参照)。

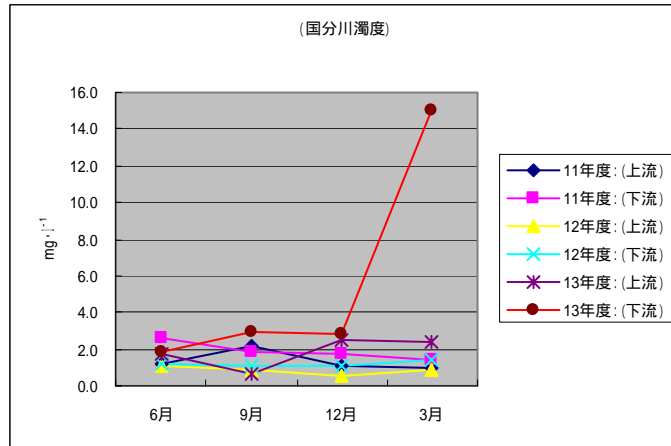


図 21 - 国分川水質データ(濁度)

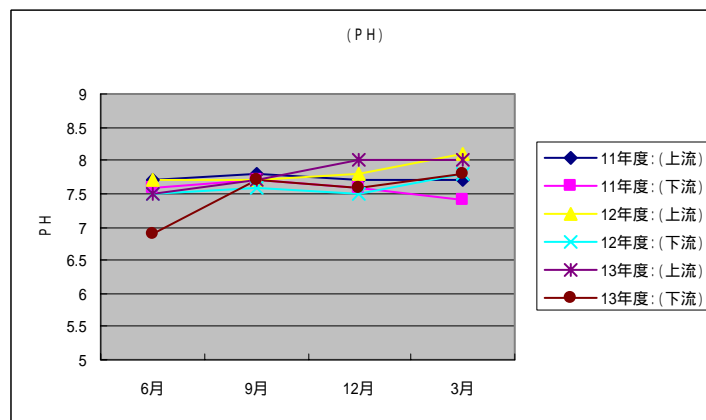


図 - 22 国分川水質データ(PH)

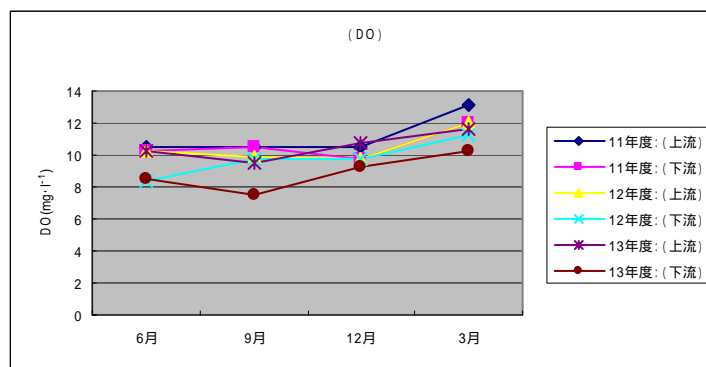


図 - 23 国分川水質データ(DO)

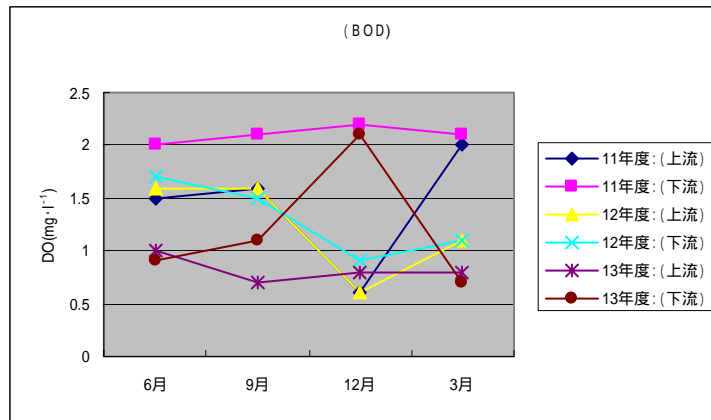


図 - 24 国分川水質データ (B O D)

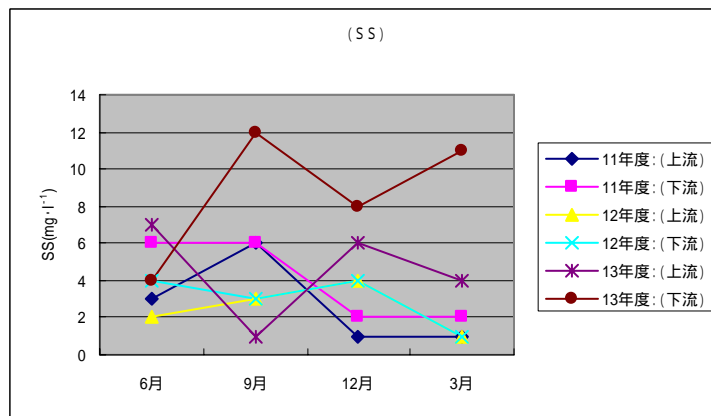


図 - 25 国分川水質データ (S S)

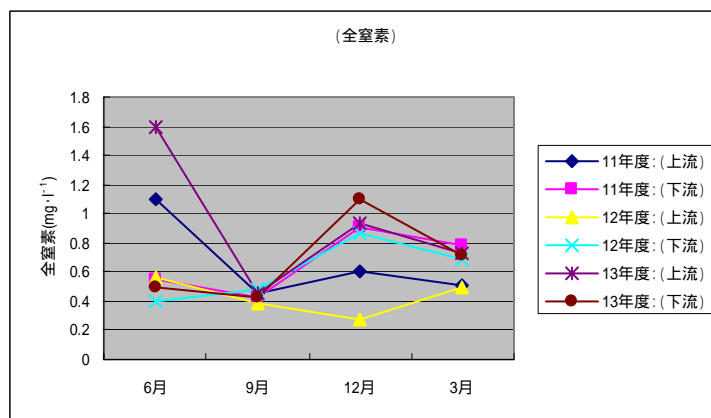


図 - 26 国分川水質データ (全窒素)

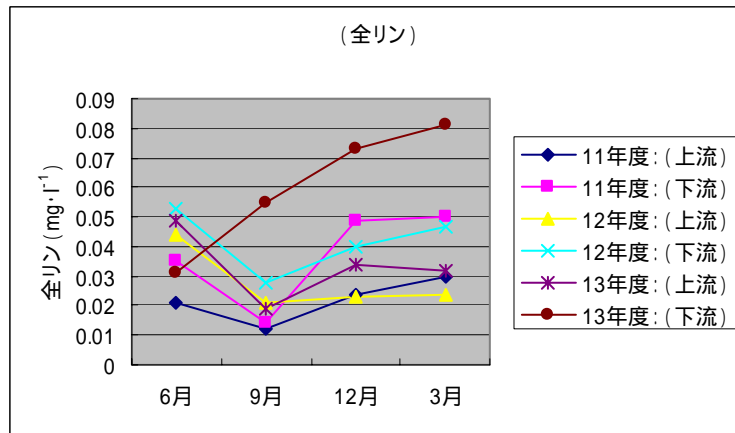


図 - 27 国分川水質データ (全リン)

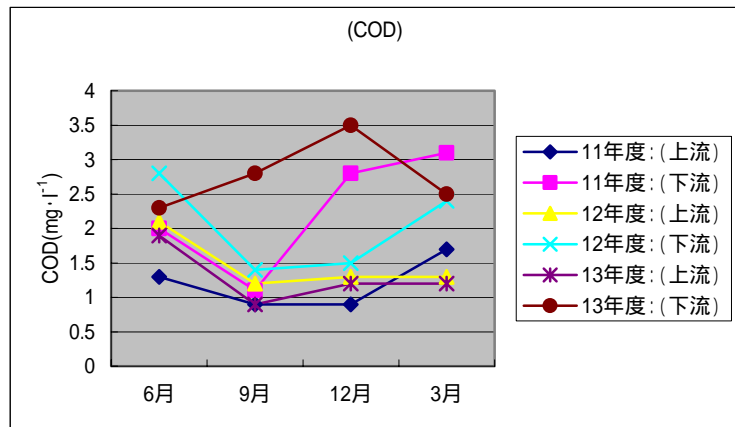


図 - 28 国分川水質データ (COD)

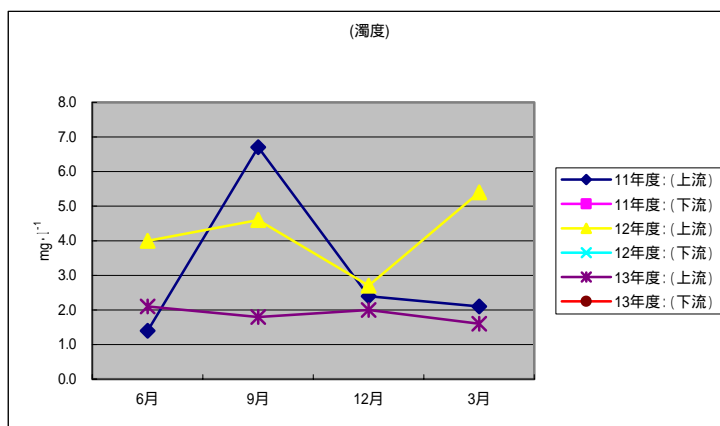


図 - 29 物部川水質データ (濁度)

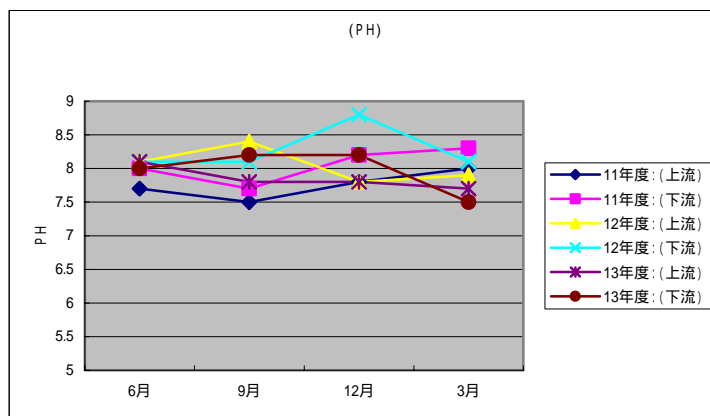


図 - 30 物部川水質データ (PH)

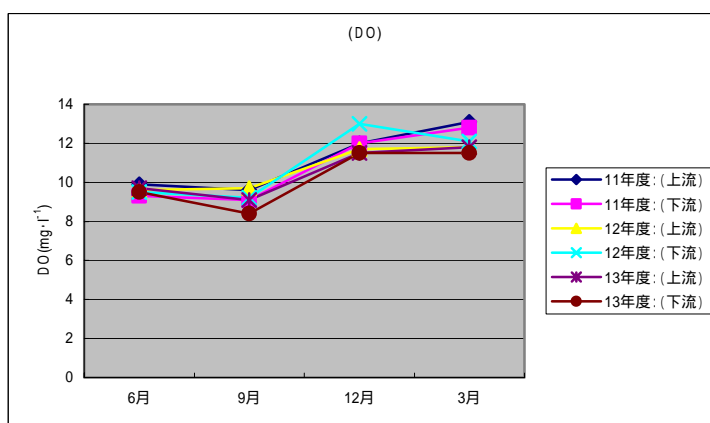


図 - 31 物部川水質データ (DO)

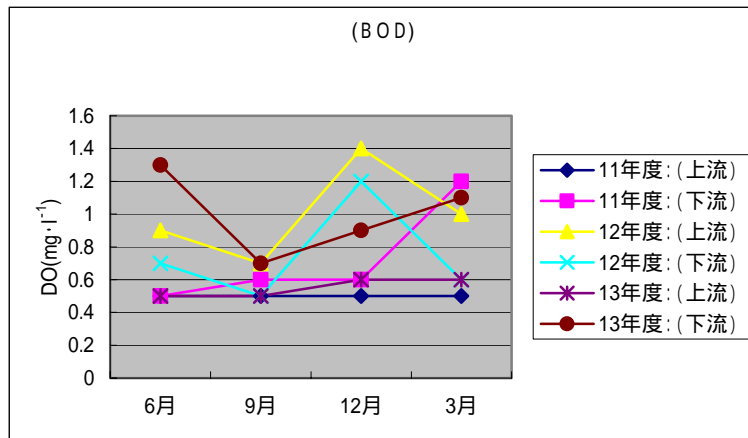


図 - 32 物部川水質データ (B O D)

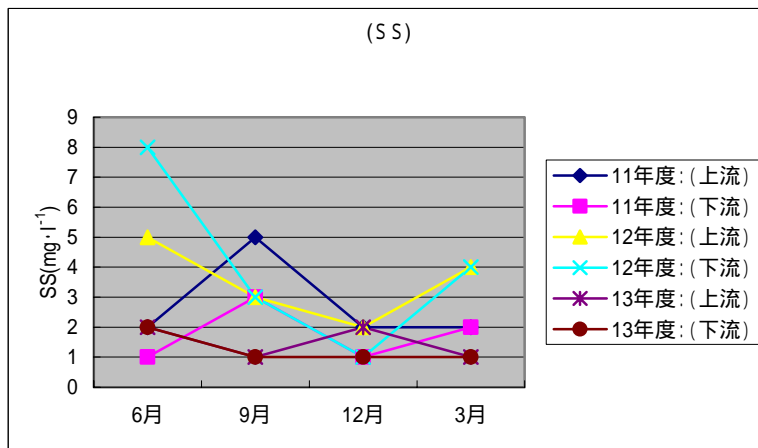


図 - 33 物部川水質データ (S S)

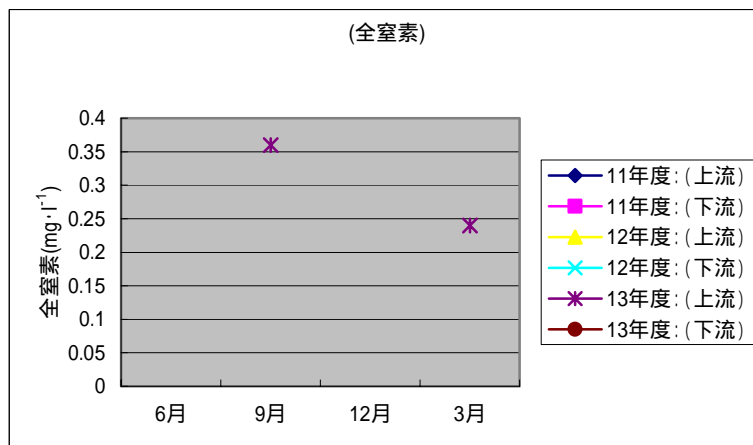


図 - 34 物部川水質データ (全窒素)

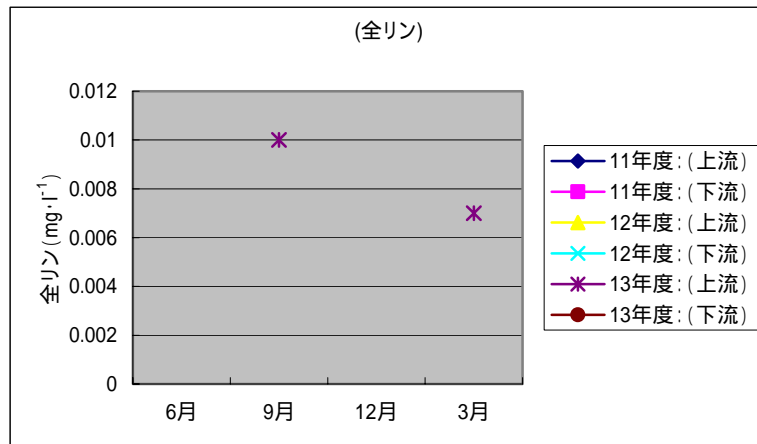


図 - 35 物部川水質データ (全リン)

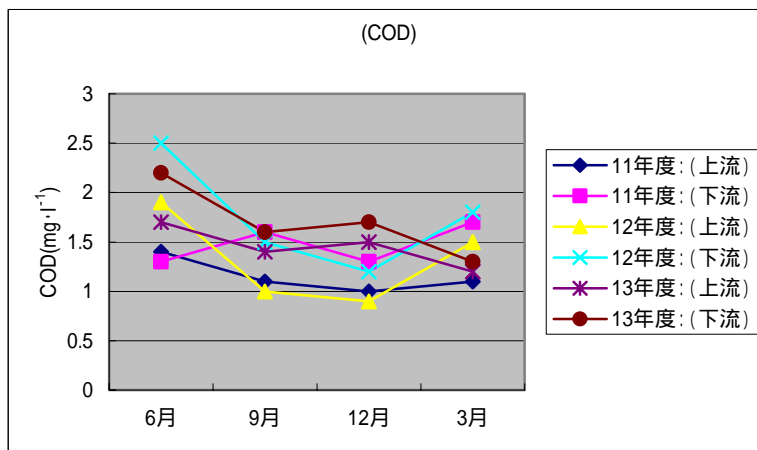


図 - 36 物部川水質データ (COD)

総合点から判断すると既存護岸を残した状態で、多自然型護岸工事を行うのが、費用的にも自然の復元状況においても良い結果が得られている。(表-7 参照)しかし河川断面の流下能力に多少影響を与えるので、工法の選択時において検討が必要である。今回改修した多自然型護岸が完成して3～6ヶ月経過の箇所においては、イネ科の雑草やキク科の雑草が徐々に発芽してきている。しかし1年草でもあり定着という点では、今後の継続的な観察が必要である。

巨石積部分は完成後2年近く経過しているにもかかわらず、水際においては空洞部分が大きく自然の堆積を待つには長い年月が必要である。覆土の定着を促進するために、柵や根杭工法は有効であるが強度を増せば増すほど費用の増加となる。

現在多くの河川で築堤されているコンクリートブロック積みは、自然の復元という点においては、まったく機能しておらず早急な対策をすべきであり、条件はつくが、間伐材覆土緑化型護岸は推薦すべき工法である。又工事中の環境への負荷(ノーネットロス)についても、この工法が最も影響が少ない。

表-7 護岸施工例総合評価表

	景観	水質への影響	復元時間 (植生)	復元時間 (全体)	費用	工事の影響
藻類配慮型緑化護岸	良	やや良	遅	遅	大	大
魚類生息型護岸	良	良	普通	普通	大	大
覆土緑化護岸	良	やや良	早	普通	中	大
間伐材覆土緑化護岸	良	良	早	早	小	小
間伐材覆土緑化護岸・ 低水護岸	良	良	早	早	小	小
間知ブロック積	悪	悪	なし	なし	小	中

3. 国内ミティゲーション手法の法制化確立における問題点と課題

規模の大きい開発・造成が行われるときには、それなりの自然環境調査が行われるが、今では一般に用いられている環境アセスメントが、その意図に反した使われ方をされている、計画をそのまま進めるための手続き上のセレモニーに過ぎない使われ方、時には矮小化され大型工事になるほど、まず工事ありき、であり、アセスメント以前の場面を見ることが日常化されているのは残念なことである。

ミティゲーションもこれらの反省を踏まえ、社会・経済面・技術面を含むシステムとして環境あるいはその変化を包括的に捉え、その行動を律するために用いることに意義があり、又法制化することにより営利目的のみの乱開発や政治的な手法が優先する開発等による環境の保全への負荷に対する抑止力になりうる。

(1) 適切なミティゲーションシステムの構築

事業計画の段階においては、影響を回避することが難しく代償が中心となるため回避縮小が適切に行われるためには、計画段階からのアセスメントと併せてミティゲーションが実施されるシステムが確立されなければならない。特に日本の場合は代償処置を実施するための場所そのものを確保することが困難な場合が多く、消失するものと同等の価値を何によって代償するのか明確にしておくことが大事なことである。

(2) ミティゲーションシステムの執行機関の設置

計画段階におけるアセスメントと併せ、適切なミティゲーションを進めるためには、環境の総合的な管理計画が不可欠であるとともに、計画を策定し、実行進めていくための組織として、行政の単位、協会や枠組みを越え、住民やNGO、NPOが参画した執行機関を設置する必要がある。そして法制化による明文化を行うことにより先にも述べたように個人や限られた団体等に金銭的な補償は法律的に規制すべきであり自然の保全の復元は万人に平等に補償されることを望む。

(3) ミティゲーション技術の確立

環境を修復・回復させるための具体的技術の研究・開発、さらには実験的な実施が求められる。また損なわれる環境をどのような尺度で、どのくらいの時間軸、空間範囲で定量化し評価するのか評価のための方法論を確立し明文化することが重要である。

(4) 情報の公開・共有・活用

ミティゲーションの評価を適切に行うためには、日常的に環境のモニタリングに生物・生態系に関するモニタリング項目を加える必要がある。その結果を開発行為の影響の有無や程度を把握するための事後のモニタリングと併せて公開し、情報を共有するとともに、今後のミティゲーションの検討過程において活用していくことが大切となる。

4. 考察

ミティゲーションの手法を用いた計画であれば治水・利水においても環境に配慮した工法や景観等が実現できたのではないかと考えられる。堰の設置については、河川における利水容量から見ても、十分に対応できる状況であったにもかかわらず、横断部を全て閉鎖してしまい新河川法に対応する内容であっても結果として環境に負荷を与えてしまっている。中流域のほとんどの範囲に多自然型工法採用したことは画期的ではあったが、河川に最も重要な連続した流れを復元（レストレーション）することが最優先されるべきであった。水利権という既得権は認めるが、川を甦らすことは、水質も必然的に良くなることであり、一番利益の特典を得られるのは利水者である。特に河川流速については寸断されることなく機能することは、環境容量のすべての面においても、有効に働くことであり、土佐湾からの魚の溯上も期待でき以前の国分川によみがえったのではないかと考え残念である。

研究の目的である、1) 欧米のミティゲーションについては、法制化されたことにより環境への負荷は低減され、持続可能な開発と共存或は共生が出来はじめ復元された箇所も見られるようになってきている。定量化して法制化することは、土地区画整理事業などに用いられている換地指数のようにどの担当者が作成してもあまり誤差が生じない、あるいは少ないことが、重要であり可能となる。2) 国分川を例に費用と効果についてであるが、最も高いコストが環境面ではベストの選択とはいえないことが比較できた。特に工事中の環境へのノーネットロスについては種々の条件は発生するが、既存の護岸を利用した工法が影響は最も少ない。3) 多自然型河川護岸工法の特質と周辺環境への影響についてはモニタリングを継続することにより最適な工法を見つける必要がある。又河川部分のみでなく緩衝地域も含めた対策を行い、名前のみが先行して実際は環境に対してまったく配慮されていない工法で築堤が現在も行われているのは残念なことである。

5. おわりに

流路延長 21.5km のうち約 12km の河川改修を計画し施工を継続中であるが河川改修工事が平成 16 年度までかかり本来の目的のひとつである各工法ごとの河川環境への影響を水質・植生・環境微生物とに分けて分析を試みたかったが工事中の濁度が激しいことと、新設護岸が定着するまでは旧護岸の撤去が出来ないこともあり調査において継続する必要がある。しかし河川環境は今までのコンクリート製の護岸に比べ確実に変化が生じているのが調査に行くたびに感じている。景観においても、川本来の憩いや、こんな川辺なら楽しくせせらぎを聞きながら過ごせるのではないかと思われるような箇所も何ヶ所か見つけられるようになってきている。特に植生においては、工法にもよるが定着が予測していたよりも早く、これらは護岸の覆土をその地域の土で出来る限り流用した努力の結果と思われる。水質だけでなく環境微生物においても同様の変化が起こりうる可能性を感じている。今後もこれらの変化に期待を込めて引き続き調査をして研究を完成したいと考えています。

謝 辞

本研究に際して多くの人達の協力をいただき論文を完成することが出来ました。いたらぬ私を最後までフォローしていただいたことを感謝するとともに、お礼申し上げます。指導教員であります村上教授、副指導教員であります荒木教授、並びに渡辺助教授に適切なアドバイスに感謝を申し上げます。

特に資料の分析に当たりまして、国土交通省高知支所の谷脇氏にはひとかたならぬ協力をいただき感謝にたえません。又高知県環境保全課の松本氏には、貴重な資料を提供していただきこの研究の大いなる助けとなりました。高知県南国土木事務所の横山工務課長と中尾氏はじめ河港 3 班の皆様方の協力も忘れることが出来ません。今後も皆様の誠意に甘えることなく研究を続け完成に努力したいと思っております。最後になりましたが、ドクターコースの馬淵氏、大原氏にお礼を述べて謝辞とさせていただきます。本当にありがとうございました。

引用資料

- (1) 日本生態工学協会講演資料 : (1998 年) 日本生態工学協会
- (2) 河川の国勢調査 : (1999, '01 年) 国土交通省

参考文献・資料

- 1) 国土交通省白書 : (1998, '99, '00, '01 年)
- 2) 河川の国勢調査 : (1999, '01 年) 国土交通省
- 3) 国土交通省、環境白書 : (1999, '00, '01 年)
- 4) 高知県河川課作成資料 : ('98 年豪雨資料)
- 5) 高知県環境保全課水質調査資料 : (1999, '00, '01 年)
- 6) 水環境学会誌 : Vol.24 No.3 (2001 年)
- 7) Edited by Lindell L. Marsh : Douglas R. Porter, and David A. Salvesen
Mitigation Banking , 1996 年
- 8) Eberhard Jochem, Jayant Sathye and Daniel bouille : The Urban Land
Institute Society, Behaviour, And Climate Change Mitigation, Kluwer Academic
Publishers Geoenvironmental Engineering 1998 年
- 9) Raymond N. Yong, : Contaminated Soils, Pollutant Fate, and Mitigation CRC Press,
2000 年
- 10) 河川と自然環境 : (リバーフロント整備センター) 理工図書 1998 年
- 11) 玉井信行、他 : 河川生態環境評価法 (東京大学出版) 2000 年
- 12) 須藤隆一 : 環境修復のための生態工学 (講談社) 2000 年
- 13) 日本生態工学協会講演資料 : (1998 年) 日本生態工学協会 1998 年
- 14) 水辺の環境調査 : (ダム水源地環境整備センター) 丸善書店 1999 年
- 15) 沼田真 : 河川の生態学 (築地書館) 1995 年
- 16) 天野邦彦、浅野孝也 : 水環境と生態系の復元 (技報堂出版) 1999 年
- 17) 長尾義三、横内憲久 : ミティゲーションと第 3 の国土空間づくり (共立出版)
- 18) 廣瀬利雄 : 応用生態工学序説 (信山社) 1997 年 1998 年
- 19) J. ニックリン : 微生物学キーノート (シュプリンガー・フェアラク東京)
- 20) リチャード B . プリマック小堀洋美訳 : 保全生物学のすすめ (文一総合出版)
- 21) 吉野文雄、山口高志、他 : 水環境の保全と再生 (山海堂) 1990 年
- 22) B . ピーターソン、スチーブン . C . スターズ レッドデータの行方 (ニュウトンブ
レス) 2000 年
- 23) 井手久登 : 緑地環境科学 (朝倉書店) 1999 年
- 24) 大野栄治 : 環境経済評価の実務 (ケイソウ書房) 2000 年
- 25) 竹内憲司 : 環境評価の政策利用 (ケイソウ書房) 2000 年
- 26) 大森俊雄 : 環境微生物学 (昭晃堂) 2001 年

添付資料

物部川水域



添付資料(3)物部川測定点

土佐湾東部関連水域(河川)、中土佐地先海域



添付資料(4)安芸川・伊尾木川・安田川・赤平川測定点

生活環境の保全に関する環境基準

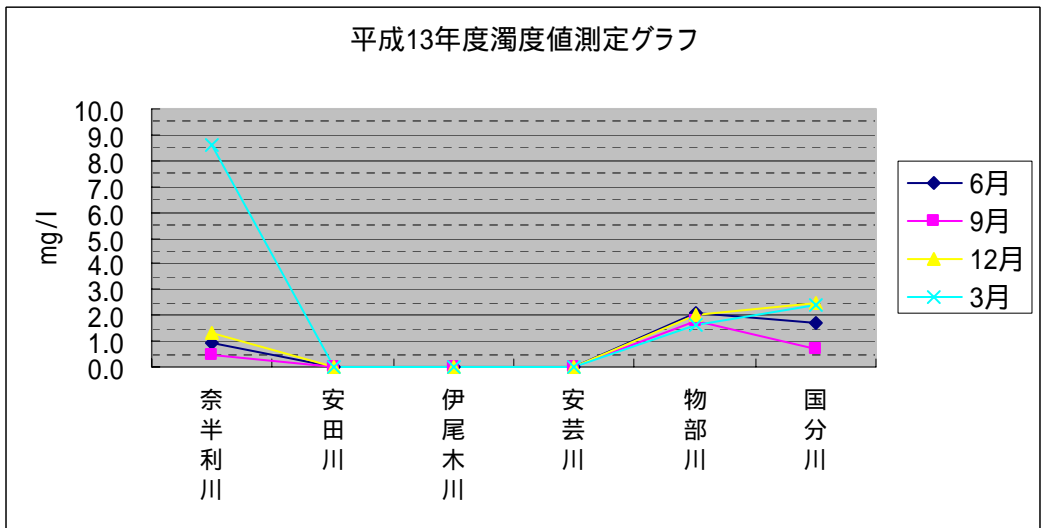
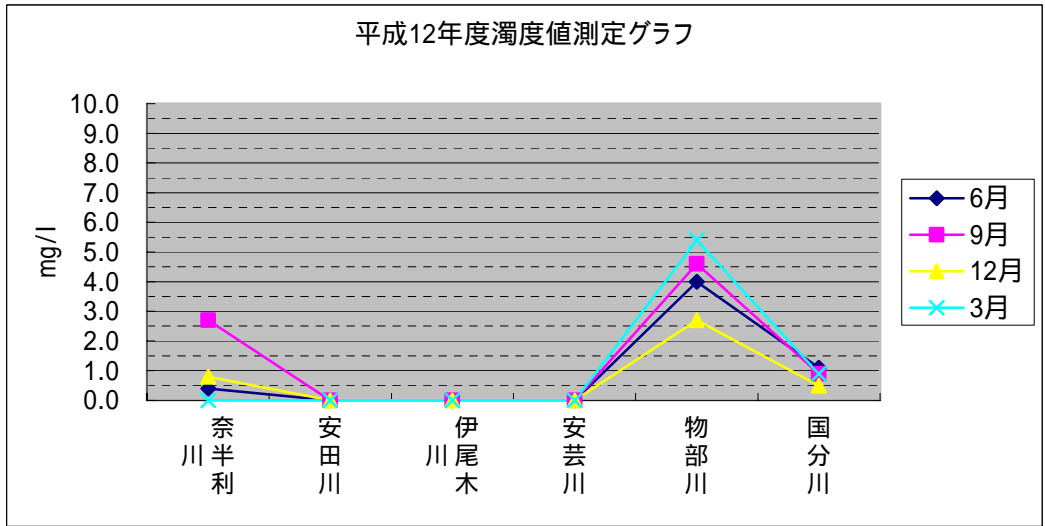
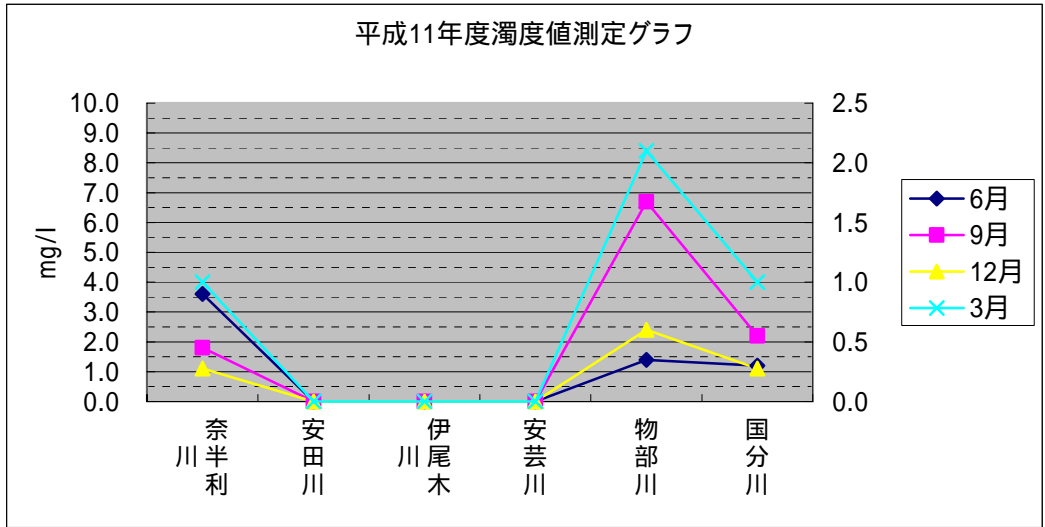
河川(湖沼を除く)

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(BOD)	浮遊物質 (SS)	溶存酸素量 (DO)	大腸菌群数
AA	水道1級 自然環境保全 及びA以下の欄 にあげるもの	6.5以上8.5以下	1mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	50MPN /100ml以下
A	水道2級 水産1級 水浴及びB以下の 欄にあげるもの	6.5以上8.5以下	2mg/l以下	25mg/l以下	7.5mg/l以上	1,000MPN /100ml以下
B	水道3級 水産2級 及びC以下の欄 にあげるもの	6.5以上8.5以下	3mg/l以下	25mg/l以下	5mg/l以上	5,000MPN /100ml以下
C	水産3級 工業用水1級 及びD以下の欄 にあげるもの	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 およびEの欄に あげるもの	6.5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	6.5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	-

(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
- 水道2級 : 沈殿ろ過等による通常の浄水操作を行うもの
- 水道3級 : 前処理等を行う高度の浄水操作を行うもの
- 3 水産1級 : ヤマメ、イワナ等貧酸素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
- 水産2級 : サケ科魚類及びアユ等貧酸素性水域の水産生物用及び水産3級の水産生物用
- 水産3級 : コイ、フナ等、 β -中酸素性水域の水産生物用
- 4 工業用水1級 : 沈殿等による通常の浄水操作を行うもの
- 工業用水2級 : 薬品注入等による高度の浄水操作を行うもの
- 工業用水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程度

添付資料(5)河川の生活環境の保全に関する環境基準



添付資料 (6 - 1)

