

水辺のコンクリート性能調査研究

報 告 書

平成18年9月

北海道土木技術会コンクリート研究委員会
水辺のコンクリート性能調査研究小委員会

序

本報告書は、多機能な水辺空間を創造するポーラスコンクリートの河川護岸への適用性を中心に検討したものであります。環境に優しく同時に災害にも強い、堅固で優しい水辺空間を作ることは難しいことであり、多くの問題点も指摘されています。旧来のコンクリート技術はともすると画一的な方向(単一的な方向)に偏りがちでした。三面張工法はその代表例でしょう。しかしコンクリートは9000年以上の昔から世界中で広く使われている環境に優しい材料なのです。この偉大な材料を生かすか・殺すかは、まさにこれを扱う技術者に依存するのです。

堅固で環境に優しい水辺のコンクリートの理想的な姿を模索し、コンクリートを用いた多機能な水辺空間の創造を提示することを目的として、北海道土木技術会のコンクリート研究委員会に『水辺のコンクリート性能調査研究小委員会』が2002年に発足しました。本報告書はこの委員会の5年間20数回にわたる活動の成果を纏めたものであります。

本報告書は全6章からなり、以下のような構成になっております。

- 第1章 はじめに
- 第2章 文献調査
- 第3章 性能評価
- 第4章 試験施工
- 第5章 追跡調査
- 第6章 施工事例

最後に、本報告書の刊行にあたりご協力を頂いた委員および関係各位に対し厚く感謝の意を表すとともに、本報告書が広く活用され、コンクリートを用いた多機能な水辺空間の創造が多くの技術者によって実現されますことを期待する次第です。

2006年9月

北海道土木技術会コンクリート研究委員会
水辺のコンクリート性能調査研究小委員会
委員長 堀口 敬

水辺のコンクリート性能調査研究小委員会

委員長	堀口 敬	北海道大学大学院
	佐伯 昇	北海道大学大学院 名誉教授
	志村 和紀	北海道大学大学院
	田口 史雄	(独)土木研究所 寒地土木研究所
	草間 祥吾	(独)土木研究所 寒地土木研究所
	石塚 正孝	札幌市
	中村 雅彦	北海道
	川上 正志	北海道
	田村 敏忠	北海道
	寺崎 義規	北海道
	平川 治	(財)北海道コンクリート技術センター
	星野 利幸	(株)ドーコン
	澤口 雄介	(株)ドーコン
	堀岡 和晃	(株)ドーコン
	佐々木 健	北海道コンクリート工業(株)
	山田 茂	北海道ポラコン(株)
	佐藤 勉	北海道ポラコン(株)
	水戸 唯則	共和コンクリート工業(株)
	石井 剛	(株)旭ダンケ
	宮崎 信弘	(株)環境技建
	佐川 孝広	日鐵セメント(株)
	澤村 繁	澤村建設(株)
	柏倉 秀二	和光技研(株)
幹事	野田 敬一	(株)ドーコン

交代された前委員

小尾 稔	(独)北海道開発土木研究所 (以下 委員当時の所属)
金田 幸一、池田 誠、斎藤 敏昭、野田 昌孝、松橋 義信	北海道
河原 正幸	札幌市
土門 晋	(株)ドーコン
山田 崇	北海道コンクリート工業(株)
ズワギ アブドゥアラゼク	共和コンクリート工業(株)、北海道大学大学院
成田 義昭	共和コンクリート工業(株)

第1章 はじめに

第1章 はじめに

河川環境の保全におけるコンクリートの果たす役割は未知数である。未知数というのは多少希望的感情を込めて書いたコンクリート技術者側からの観点であり、現在の状況では河川技術者の評価としてはゼロよりもむしろマイナスの値というのが相場であろう。確かに今日までコンクリートは材料性能が十分生かされて使われてきたというよりも、画一的にどんな河川にも同じようなものが使われてきた感が強い。この原因は様々なものが考えられ単純には結論は出せないが、経済性を最優先した発展途上環境下での社会的背景とともに、コンクリートを扱う側・作る側の責任も認めざるを得ない。これを機に、我々コンクリートを扱う者として、構造的あるいは環境的要求性能に対応したコンクリートの利点を生かした本来の適用性に関する議論を大いにすべきである。

コンクリートは歴史的に見ても技術的に見ても偉大な素材であることは言うべくもない。時にはコンクリートは人工材料の代表のように考えられがちだが、9000年以上も前から使われている自然に優しい材料であり、90%が石と水で構成され、残りの10%のセメントは深い海の底に眠った珊瑚礁起源の100%自然材料である。地中海にそびえ立つローマ時代の水道橋 Pont du Gard や軽量コンクリートを巧みに利用したローマの Pantheon などに使われているコンクリートは、Opus caementicium つまり、人類が作った一つの作品であり2000年を経過した今もなお構造物としての機能を果たしている歴史的な財産である。この偉大な材料を生かすか殺すかは、使う人に係ってくるのである。

周知のように、1997年6月に交付された新たなる河川法では河川環境の整備と保全がうたわれ、さらに1997年度を初年度とする第9次治水事業7箇年計画では『コンクリートのない川づくり』もしくは『コンクリートの見えない川づくり』が提唱されている。一見コンクリートの使用を否定しているかにもとれるこれらの考え方にコンクリート関連分野では大きな動揺が生じたのは事実である。こうした現状を踏まえて、北海道土木技術会コンクリート研究委員会では水辺のコンクリート性能調査小委員会を発足し、水辺のコンクリート構造物のあるべき姿を広く検討することにした。本報告書は、こうした約5年間の委員会活動の成果を纏めたものである。

現在までに開催された小委員会、現場見学会は以下のものである。なお、この委員会活動の成果が認められ、2006年度土木学会環境賞に推薦された。

第1回小委員会	2002年	12月3日(火)
第2回小委員会	2003年	1月30日(木)
第3回小委員会	2003年	6月3日(木)
第1回現場見学会	2003年	8月8日(金)
第4回小委員会	2003年	8月8日(金)
第5回小委員会	2003年	10月10日(金)
第6回小委員会	2003年	12月12日(金)
第7回小委員会	2004年	2月20日(金)
第8回小委員会	2004年	5月21日(金)

第 9 回小委員会	2004 年	7 月 26 日 (金)
第 10 回小委員会	2004 年	10 月 6 日 (水)
第 11 回小委員会	2004 年	12 月 3 日 (金)
第 12 回小委員会	2005 年	2 月 18 日 (金)
第 13 回小委員会	2005 年	4 月 27 日 (水)
第 14 回小委員会	2005 年	6 月 30 日 (木)
第 15 回小委員会	2005 年	8 月 31 日 (水)
第 2 回現場見学会	2005 年	9 月 28 日 (水)
第 16 回小委員会	2005 年	11 月 30 日 (水)
第 17 回小委員会	2006 年	2 月 21 日 (火)
第 18 回小委員会	2006 年	4 月 25 日 (火)
第 19 回小委員会	2006 年	6 月 27 日 (火)
第 20 回小委員会	2006 年	8 月 8 日 (火)

第2章 文献調査

第2章 文献調査	2-1
2.1 はじめに	2-1
2.2 緑化分野	2-2
2.3 生物・化学環境分野	2-11
2.4 水質環境分野	2-16
2.5 まとめ	2-20

第2章 文献調査

2.1 はじめに

文献調査では、ポーラスコンクリートに関する文献の調査を行った。

特に土木学会年次学術講演会後援概要集並びに日本コンクリート工学会協会コンクリート工学年次論文集の2誌に絞って収集することとした。

両誌共に広範な分野の研究者及び技術者から投稿のある研究発表会の梗概及び論文集であるので、ポーラスコンクリートに関する主な研究は網羅できていると考えられる。

主にポーラスコンクリートが環境負荷低減となるかが、文献調査の目的とし、大多数の文献と拡範囲の分野から研究、実務に必要な緑化分野、生物・化学環境分野、水質環境分野の分類にまとめた。また、論文の内容把握の一助となるよう、各論文のキーワード及び抄録を掲載した。

2.2 緑化分野

ポーラスコンクリートを用いたのり面の植生実験

著者：松本 雅幸，中岡 時春，平田 哲也，山岸 善忠，白井 義人

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集共通セッション Vol151, 252-253, 1996

キーワード：緑化，コンクリート版，多層構造，培土

抄録：ポーラスコンクリート版を用いた従来の緑化方法では、植物の根の伸長に必要な空隙および保水性に物理的な限界があることや耐アルカリ性植物の選定が難しいという問題に対し、植物に必要な通気、保水、保肥機能を層別に有するとともに、発芽や根張りがしやすい培土層を有した多層構造の緑化版を考案し、3種類の植物を対象に培土や施肥および設置場所等植生条件を変えてのり面での植生実験を行った。その結果、発芽養生や培土の調整を適切に行うことにより、良好な成育ができることを確認し、のり面緑化への適用の可能性を示した。

緑化コンクリートによる軽量盛土法面の緑化

著者：柳橋 邦生，米澤 敏男，佐久間 護，安藤 慎一郎，中西 康博

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol151, 462-463, 1996

キーワード：緑化，植栽，保水層，芝，軽量盛土

抄録：ポーラスコンクリートの空隙部に保水材を充填し、表面を客土で覆った構成の緑化コンクリートを軽量法面に施工し、約2年に渡る植生観察を行った。背面からの水分供給が期待できないため、保水層を埋め込んで施工した。植物には芝やヨモギを播種した。夏季に植物が黄変したが秋季に復活し、植物の生育は良好であった。通常の法面緑化で見られるような、初期には芝が、その後はヨモギが旺盛な生育を示すというような変遷が観察された。

法面に適用した緑化コンクリートの長期植生調査

著者：足立 憲彦，米澤 敏男，柳橋 邦生，佐久間 護，安藤 慎一郎

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol151, 464-465, 1996

キーワード：緑化，植栽，保水材，芝

抄録：ポーラスコンクリートの空隙部に保水材を充填し、表面を客土で覆った構成の緑化コンクリートを法面に施工し、約2年に渡る植生観察と硬化体内部の根の状態の観察を行った。播種した芝は、施工後6週間で法面全体を覆い、降雨の少ない時期や夏季は芝が若干黄変したものの全般的に良好な生育が確認できた。硬化体内部の根は採取したコアの上部から中央部に多く、充填した保水材のある空隙に集中しており、緑化コンクリートの保水材が植物にとって重要な要素であることがわかった。

ポーラスコンクリートへの植栽技術

著者：吉森和人（日本セメント(株)），上野雅之（日本セメント(株)），岡本享久（日本セメント(株)），下山善秀（日本セメント(株)）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 18, no. 1, 1011-1016, 1996

キーワード：植栽，骨材粒径，空隙率，強度，土壌材，生育

抄録：ポーラスコンクリート硬化体の空隙性状と雑草類を植栽した時の成育状況との関係を定量的に評価す

ることを目的に、ポーラスコンクリートに使用した骨材の粒子径、ポーラスコンクリートの基盤厚さ、空隙率および土壌材の充填量のそれぞれの因子と植栽植物の生育量の関係について調べた。その結果、1) 使用骨材の粒子径が大きく、2) 基盤厚さが薄く、3) 空隙率が高いほど植物の生育上好ましく、さらに4) ポーラスコンクリートの連続空隙量の55%程度の土壌材を充填することにより、ポーラスコンクリートへの植栽が十分に行えることがわかった。

緑化コンクリートの河川護岸への適用

著者：柳橋邦生（株）竹中工務店，米澤敏男（株）竹中工務店，安藤慎一郎（株）竹中土木，杉本敦（建設省）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 18, no. 1, 1017-1022, 1996

キーワード：植栽、植物、緑化、護岸、施工

抄録：ポーラスコンクリートをベースとして空隙部に保水材を充填し、表層に客土を固着した構成を特徴とする緑化コンクリートを信濃川の護岸にて試験施工を行った。コンクリートの厚みや使用骨材、客土の厚み、植物の種類、緑化コンクリートの下部の条件を変化させた各区分における植物の生育は良好であった。河川増水後の植生は、芝を植栽した区分は客土の流失がなく、植生の復活も順調であった。現地に暴露した構造体を模擬した試験体の材令6ヶ月～1年までの長期強度は、施工時と比較して低下が認められなかった。

緑化コンクリートの河川護岸における施工

著者：山田 敏昭，米澤 敏男，柳橋 邦生，安藤 慎一郎

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第2部 Vol152, 690-691, 1997

キーワード：河川，多自然型護岸，緑，施工，河川環境

抄録：多自然型護岸を実現する材料のひとつとして緑化コンクリートを信濃川の護岸に適用を試みた。試験施工は、ポーラスコンクリートの使用骨材や厚み、背面の状態、表層基盤の厚み、植物の種類を因子として施工した。その結果、ポーラスコンクリートの平均空隙率25～30%、平均圧縮強度（材齢4週）13.6～16.3N/mm²であり、施工後、植物の発芽、生育は良好であった。

河川護岸へ施工した緑化コンクリートの植生調査

著者：柳橋 邦生，米澤 敏男，安藤 慎一郎，山田 敏昭

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第2部 Vol152, 692-693, 1997

キーワード：河川，多自然型護岸，植物

抄録：信濃川の護岸に試験施工した緑化コンクリートの植生評価を行った。試験施工は、ポーラスコンクリートの使用骨材や厚み、背面状態、表層基盤の厚み、植物の種類を因子として施工し、発芽数量、植被率、生育高さ、河川増水後の状況を調査した。調査の結果、緑化コンクリート上で植物は良好に生育し、河川増水時も植生が維持されることが確認できた。

増粘剤およびシリカフェームの添加が緑化用ポーラスコンクリートの強度に及ぼす影響

著者：寺本 義宏，辻 正哲，根本 利通，行澤 義弘

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol152, 1078-1079, 1997

キーワード：増粘剤，強度，植生

抄録：環境問題に対する人々の関心が高まる中で、コンクリート構造物に対しても自然との調和や景観に対する配慮が要求するようになってきた。そこで、最近ポーラスコンクリート上に直接植栽する方法が研究されるようになった。しかし、良好な植生を行うには、ある程度の空隙が必要であり、そのため低強度しか得られない。本研究は、増粘剤を用いることによりセメントペーストの粘性を高め下方へ分離することを抑制する工夫が、植生可能なポーラスコンクリートの強度を最大で 20%向上する事を明らかにする。また、シリカフュームを混入し水結合材比を変化してセメントペースト自身の強度を向上した場合についても報告する。

緑化コンクリートに生育した植物の冠水抵抗性に関する研究

著者：山田敏昭（竹中土木），米澤敏男（竹中工務店），柳橋邦生（竹中工務店），中西康博（竹中土木）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 19, no. 1, 1033-1038, 1997

キーワード：緑化コンクリート、冠水抵抗性、河川護岸

抄録：河川護岸やダム湖岸に適用する場合を想定し、緑化コンクリートに生育した植物の冠水に対する抵抗性を小型試験体と実施工した実護岸で評価した。小型試験体では、試験した植物 11 種のうち高い冠水抵抗性を示したのは、芝類ではリードキャナリーとノシバ、芝以外では、リュウノヒゲであった。また、冠水により葉が全面黄変した後、植生が回復することが確認された。実護岸では、芝の黄変開始日数、生存期間いずれも小型試験体よりもやや短い傾向であったが、芝は増水程度の冠水に対して高い抵抗性を示し、河川護岸において植生の維持が十分可能であることが確認された。

緑化コンクリートに生育した植物の耐乾燥性に関する研究

著者：柳橋邦生（竹中工務店），米澤敏男（竹中工務店），山田敏昭（竹中土木），足立憲彦（竹中土木）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 19, no. 1, 1039-1044, 1997

キーワード：緑化コンクリート、ポーラスコンクリート、保水材

抄録：水分条件が厳しい環境における緑化コンクリートの適用性を検討するため、緑化コンクリートを構成材料の厚みや底部に設けた客土層の種類と厚みを変化させて植生評価を行った。評価の結果、緑化コンクリートの長期の干ばつに対する耐性は良質の土壌と同等であり、底部に設けた保水層によりさらに耐乾燥性が向上することが確認できた。また、実際に背面から水分供給のない軽量盛土法面上にてポーラスコンクリート内部に客土層を設けた緑化コンクリートの施工を行い、長期間無灌水で植物の育成が可能であることが確認できた。

緑化ポーラスコンクリートの力学特性に及ぼす配合の影響

著者：Zouaghi Abderrazak, Nakazawa Takao, Shinhishi Nario, Imai Fujio

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol153, 672-673, 1998

キーワード：緑化，強度，弾性係数，透水性

抄録：近年、ポーラスコンクリートを環境材料として利用することが期待されている。本研究では、緑化ポーラスコンクリートに対して、高い吸水率を有する粗骨材としてぼらを適用した場合の、空隙率、ぼらの種類および粒度が力学特性に及ぼす影響を検討した。実験の結果から、これらの要因が力学特性に及ぼす影響ならびにポーラスコンクリートの厚さおよび被覆土の厚さが植物の成育状況に与える影響が明らかとなった。

河川護岸への緑地コンクリートの適用

著者：安藤 慎一郎，米澤 敏男，谷口 美津男，柳橋 邦生，佐久間 護，半田 栄一

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集共通セッション Vol153, 190-191, 1998

キーワード：河川護岸，耐久性，緑化，芝

抄録：近年、河川護岸では生態系への影響や景観上の理由から生物棲息用の空間や多種類の植物を取り入れた多自然型護岸が採用され始めている。緑化コンクリートはコンクリートの力学的特性と植栽基盤としての機能を合わせ持つ材料であり、河川護岸に植物を導入可能な法面保護工法の一つとして筆者等が開発しているものである。本報は、信濃川にて行った緑化コンクリートの試験施行の概要と3年間にわたって行ったポーラスコンクリートの耐久性(圧縮強度)調査結果についてまとめたものである。

再生骨材の緑化コンクリートへの適用性

著者：黒田保（鳥取大学），井上正一（鳥取大学），吉野公（鳥取大学），田中秀一（鳥取大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 21, no. 1, 181-186, 1999

キーワード：再生骨材，空隙率，圧縮強度，透水係数

抄録：植生用に用いるポーラスコンクリートの骨材に再生骨材を使用することを目的に、再生骨材および砕石を使用したポーラスコンクリートの物性の比較・検討を行った。さらに、再生骨材を使用したポーラスコンクリートに各種の芝を植え付け、その成育状況を観察した。その結果、再生骨材を使用したポーラスコンクリートは、砕石を使用したものに比べ圧縮強度はやや小さくなることを考慮すれば、配合設計は砕石を使用した場合と同様に行える。また、ポーラスコンクリートに再生骨材を使用しても、十分に芝が生育することが確認された。

緑化用ポーラスコンクリートの空隙構造

著者：白井 一義，藤原 宣夫，松江 正彦，伊神 光男，梶尾 聡

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol155, 492-493, 2000

キーワード：画像解析，立体データ，内接円，空隙面積率

抄録：緑化用ポーラスコンクリートの内部空隙構造の把握を、供試体を2~4mm間隔で研磨し研磨面を画像化することにより行った。使用粗骨材は4号、5号、6号とし、目標連続空隙率は15%、20%、25%とした。解析対象をφ15×30cm供試体研磨面画像のうち直径12cm部分とし、その内部の空隙に内接円を最小で3mmとなるまで描画した。使用粗骨材および画像の画素数より求めた空隙面積率ごとに、内接円の直径別面積率を求めた。

ポーラスコンクリート河川護岸における植生環境の復元について

著者：服部 利周，寺川 陽，宇田川 義夫

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol155, 492-493, 2000

キーワード：護岸，植生，事例調査，試験施工，環境創造

抄録：建設省等の管理河川におけるポーラスコンクリート河川護岸について、施工事例の追跡調査を行い、植生状況を分析し、望ましい植生環境の復元を実現するための基礎的研究を行ったものである。

場所打ち緑化コンクリートの河川護岸への適用

著者：田中博一（清水建設），上野久（松戸市），中野慎一（リバーフロント整備センター），栗田守朗（清水建設）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 22, no. 2, 1231-1236, 2000

キーワード：緑化コンクリート、場所打ち、現場打ち、施工、河川護岸

抄録：松戸市国分川の河川改修にあたり、護岸および高水敷、低水路に緑化コンクリート（植物の生育が可能なポーラスコンクリート）を場所打ちで施工した。施工するにあたり施工方法等を検討するために、打込み基盤、締固め方法、締固め方向を要因とし、現地において実施工モデル試験体による確認試験を実施した。その結果、打込み基盤によって空隙率および圧縮強度に差が認められること、表面の目詰まりを抑制するためには合板を敷設した上から締め固めることが有効であることが明らかになった。また、コアの圧縮強度は標準養生供試体の80%程度であった。

植生コンクリートを用いた海岸堤防の緑化に関する現地試験

著者：西山 桂司，佐藤 敏文，松本 清則，谷口 和哉

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第2部 Vol156, 44-45, 2001

キーワード：緑化，現地試験，海岸堤防

抄録：波浪が直接作用したり潮が飛散する海岸堤防は、植物にとって厳しい環境にあり、またそのほとんどがコンクリート製であるため海岸植物が繁茂することはない。しかし近年、環境問題への関心が高まり、海岸域においても海岸植物の重要性が認識されてきた。そこで本研究では、河川護岸の緑化で実績のあるポーラスコンクリートを用いて海岸堤防を緑化する技術の確立を目的として、植生コンクリートを現地に設置して試験を行った。現地試験においては、(1)海岸の環境に適した植物種の確認、(2)塩分環境の違いによる植物への影響、(3)植生基盤の勾配の違いによる植物への影響、の3点を検討した。

大面積の施工可能なコンクリート構造物の壁面緑化工法

著者：東 邦和，竹本 光慶，白石 祐彰

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol156, 560-561, 2001

キーワード：壁面緑化，基材吹付，灌水装置，軽量パネル

抄録：既設、新設に関係なくコンクリート構造物の壁面に一度に大面積の緑化基盤を形成する工法を開発した。壁面にナイロン製のヘチマ繊維状の不織保持マットを張り付けて種子を混入した厚層基材を吹き付け緑化基盤を形成する。また灌水は、緑化基盤へ水がしみ出して壁面全体が湿潤状態となる給水方法を開発した。2000年4月の実験施工から1年が経過した。植栽は壁面全面に成長した。緑化基盤の土壌の欠落も認められなかった。施工方法と灌水装置の効果が確認できた。吹付作業が困難な場所では、軽量緑化パネル工法および緑化ブロック工法も開発している。

沿岸域の生物多様性を修復するポーラスコンクリートに関する研究

著者：吉田宗久（奥村組土木興業），玉井元治（近畿大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 23, no. 1, 181-186, 2001

キーワード：多孔質複合材料、藻場、生物多様性、肥料

抄録：特殊肥料を配合した栄養強化型ポーラスコンクリートを開発した。これは栄養塩類が不足している海

域や、海藻類に必要な栄養塩類のバランスが崩れた海域で使用する。近年、問題となっている磯焼け現象に対応する技術であり、栽培漁業等で藻場を積極的に育成したい海域に適用できる。今回、海域に沈漬したポーラスコンクリート供試体に、普通コンクリート供試体より多くの海藻が着生することを確認した。また、ポーラスコンクリートに粒状肥料や鉄系骨材を配合すると、着生海藻の多様性や現存量が向上する傾向が見られた。

ポーラスコンクリートを組み込んだ根固めブロックによる藻場造成試験工事

著者：石原 慎太郎，渡辺 龍司，西川 嘉明，加藤 孝輔

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol157, 429-430, 2002

キーワード：藻場造成，根固めブロック

抄録：本報告は、近年減少しつつある藻場を造成する技術を確立させるために、耐波機能を有する根固被覆ブロック（名称：メガロック）にポーラスコンクリートを組み込んだハイブリット構造の藻場造成構造体（名称：トリビオン）を試験的に施工し、その後の追跡調査について報告するものである。結果として、1ヵ月後より、トリビオン周囲の魚類の蟄集は、間欠的に繰り返し認められた。これは、ポーラス部の不規則な空隙が小動物の増殖に適しているものと考えられる。しかし、藻類の着生、生育については、施工1年後において有意な差は認められず、更なる追跡調査および現在施工中の結果を待たねばならない。

再生骨材の緑化コンクリートへの利用に関する研究

著者：月岡存（三重大学），牧和雄（三重大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 24, no. 1, 1125-1130, 2002

キーワード：建設廃棄物、再生骨材、ポーラスコンクリート、緑化コンクリート

抄録：コンクリート解体材から得られたがら（再生骨材）を緑化コンクリートへ利用することを目指した。その内容は、再生骨材を用いたポーラスコンクリートの性質およびこれを植生基盤として用いた芝の生育に関する2種類の室内実験である。その結果、ポーラスコンクリートの性質に及ぼすコンクリートの配合と締固め方法の影響、および、再生骨材を用いたポーラスコンクリートを植生基盤とした芝の生育が可能であったことについて述べ、再生骨材が緑化コンクリート用材料として利用できる可能性のあることを明らかにした。

自然環境下におけるポーラスコンクリートの含水特性に関する実験的研究

著者：松村光太郎（小山工業高等専門学校），藤原聡（千葉大学），川瀬清孝（新潟建築確認検査機構），南部正樹（新潟大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 24, no. 1, 1119-1124, 2002

キーワード：含水特性，暴露試験，気象データ

抄録：ポーラスコンクリートは、植生を考慮するため、コンクリート内部の含水特性を把握する必要がある。特に、自然環境下においては、その特性が明確となっていない。そこで、本研究では、自然環境下におけるポーラスコンクリートの含水特性を把握することを目的とし、ポーラスコンクリートを自然環境下に暴露させ、質量変化量を測定した。その結果を用いて、気象データ（降水量、日照時間、風速、気温）からポーラスコンクリートの含水変化量を導く実験式を誘導した。

石炭灰を利用した植栽型ポーラスコンクリートの耐乾燥性の研究

著者：柳橋邦生（竹中工務店），石川嘉崇（電源開発）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 24, no. 1, 1137-1142, 2002

キーワード：植栽，緑化，ポーラスコンクリート，乾燥，温度分布

抄録：屋上緑化基盤に緑化コンクリートを適用する場合、灌水設備等のメンテナンス設備は極力軽微なものとするのが望ましく、乾燥時の植生の維持が必要とされる。また、屋上を緑化することにより、夏季の温度上昇を抑える効果が期待できる。本研究では、石炭灰を利用した緑化コンクリートとその下部に土層を設けた構成の緑化基盤を製作し、植生評価を行うとともに、水分量と温度分布を調べた。下部に設けた土層の水分は、植物の蒸散により消費され、緑化基盤各部の温度を下げる効果が確認でき、建物の熱負荷の低減に有効であることが確認できた。

緑化ポーラスコンクリートにおける植物の着生観察

著者：大友 鉄平，大塚 浩司

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol158, 977-978, 2003

キーワード：緑化ポーラスコンクリート，マイクロSCOPE

抄録：本研究は、異なる骨材粒径の緑化ポーラスコンクリートに関する植物の着生・生長をミクロ的に観察し、性状を明らかにすることを目的とする。本実験で作成した緑化ポーラスコンクリート供試体は、土壤材料を使用せず、供試体上面に高分子水分吸収体ポリマーと種子を敷き、植物がどのように着生・生長するかをマイクロSCOPEを用いて、経時的に拡大観察し、充填材や骨材粒径の違いが発芽・発育・着生におよぼす影響を調べる実験を行ったものである。

護岸素材と河川植生による温度の低減効果に関する調査

著者：城戸 聡，浅利 修一，本田 隆秀

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol158, 979-980, 2003

キーワード：ヒートアイランド，河川植生，環境負荷低減，温度低減効果，コンクリート

抄録：本研究は、植生と護岸素材による温度低減効果を把握するためサーモトレーサを用い、護岸の表面温度を測定し、素材による表面最大温度を確認した。また、植生の繁茂状況によりその周辺区間の平均温度が下がることを確認した。植生に適しているソイルミックスおよびポーラスコンクリートにより温度低減効果が期待できると考える。

廃発泡スチロール骨材を利用したポーラスコンクリートによる植生利用への検討

著者：木南 香織，牧角 龍憲

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol158, 1001-1002, 2003

キーワード：ポーラスコンクリート，リサイクル，EPS，植生

抄録：本研究は大量に廃棄されている発泡スチロールの再利用を目的として行った。発泡スチロールの断熱性に着目し、植生用 PoC 骨材としての有効利用を検討したものである。植物の生育・ヒートアイランド現象の低減に有益だと思われる発泡スチロールの断熱効果は、モルタルに被覆されても期待出来るか否かを確認するため、加熱実験を行い、その後の温度変化について普通骨材と比較・検討した。

ポーラスコンクリートを組み込んだ根固ブロックによる藻場造成試験工事（第2報）

著者：石原 慎太郎，高羽 泰久，渡辺 龍司，西川 嘉明，小野塚 孝

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol158, 75-76, 2003

キーワード：藻場造成，根固めブロック

抄録：近年減少しつつある藻場を造成する技術を確立させるために、筆者らは耐波機能を有する根固被覆ブロック（名称：メガロック）にポーラスコンクリートを組み込んだハイブリット構造の藻場造成構造体（名称：トリビオン）を試験的に施工し、追跡調査を行ってきた。結果として、トリビオンの機能は、耐波性能を有すると同時に2年間の設置期間を過ぎれば藻類が着生する構造体であることが明らかにされた。また、メガロックの設置のみでは、根を張らない海藻のみの生育環境であったが、トリビオン設置後は根を必要とする海藻の生育場所となり、藻場造成の構造体に適していると言える。

ポーラスコンクリートを用いたヨシの琵琶湖への植栽

著者：武田字浦（立命館大学），田中周平（京都大学），高木宜章（立命館大学），児島孝之（立命館大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 25, no. 1, 1175-1180, 2003

キーワード：ヨシ，空隙率，圧縮強度

抄録：本研究は、植物を植栽できるポーラスコンクリートを用いてヨシを植栽する方法の有効性を検討するため、実環境下の琵琶湖において植栽実験を行ったものである。ポーラスコンクリート供試体には箱抜きを4箇所設けヨシの子株を植栽し、従来から一般に使用されているヤシマット工法との生育状態を比較した。ポーラスコンクリートにヨシを植栽する方法は、従来工法に劣らないヨシの生育が観察された。また、六価クロムおよびpH値に関する環境影響評価についてもその基準を満足しているため、ポーラスコンクリートを用いて琵琶湖へヨシを植栽する方法は効果的な方法であると考えられる。

各種リサイクル材料を混入したポーラスコンクリートの植生に関する検討

著者：山地功二（日本興業），天羽和夫（阿南工業高等専門学校），横井克則（高知工業高等専門学校），亀山剛史（日本興業）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 25, no. 1, 1193-1198, 2003

キーワード：リサイクル材料，圧縮強度，保水量，植被率

抄録：多くの連続空隙を有し、透水性および通気性に優れているポーラスコンクリートは、植生機能・生物棲息機能を有する多機能性コンクリートである。本研究では各種リサイクル材料（木炭微粉末、高炉徐冷スラグ、一般ごみ熔融スラグ）および天然ゼオライトを混入したポーラスコンクリートの強度特性、保水性および植生機能について調査し、普通ポーラスコンクリートと比較した結果、高炉徐冷スラグおよび天然ゼオライトを混入することにより、植物生育に適した保水性能を有し、植被率が向上することが確認された。

植栽型ポーラスコンクリートのダム湖岸への適用に関する研究

著者：石川嘉崇（電源開発），天野功二（電発環境緑化センター），柳橋邦生（竹中工務店）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 26, no. 1, 1461-1466, 2004

キーワード：植栽型ポーラスコンクリート，ダム湖岸，揚水発電所，水位変動

抄録：植栽型ポーラスコンクリートは、主として河川護岸に適用されているが、ダム湖岸でも、貯水位変動や水面に生じる波浪による斜面表層の侵食や崩壊、これに伴い裸地化された部分の緑化に応用することが考

えられる。本報では、ダム湖岸法面の緑化により、これらの問題を改善することを目的として、従来の緑化基盤に比べ強度が高い植栽型ポーラスコンクリートを、適用条件の厳しい揚水発電所の調整池法面に試適用した現場試験研究について報告する。試験結果から、ポーラスコンクリートの耐久性は確認されたが、表層の客土の流失を防止すること、適用可能植物を十分に把握することが今後の課題であることが判明した。

2.3 生物・化学環境分野

ポーラスコンクリートの性質と付着生物

著者：松川 徹, 玉井 元治

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol149, 244-245, 1994

キーワード：圧縮強度, 連続空隙, 付着, 藻類, 環境

抄録：ポーラスコンクリートは骨材にペーストをまぶして作成されたものであり、その圧縮強度はペーストの種類や養生方法によって変化する。本研究は、このポーラスコンクリートを自然水域に沈漬したときのいくらかの性質と、それへの付着生物について検討したものである。この種のコンクリートが自然水域に沈漬されると、その粗い表面と同様に内部の連続空隙は水に暴露され、早期に中性化し、そこに微生物が付着・繁殖し、生物膜層が形成される。その結果、これは水中の中機物を分解し無機化を進行させると同時に、藻類や動物類の付着を速める。よってこの種のコンクリートは、バランスのとれた生物環境を早期に創造する材料として有効である。

底生動物生息場としてのポーラスコンクリートに関する検討

著者：天羽 和夫, 上月 康則, 西野 賢太郎, 佐藤 文彦, 森本 哲史

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol151, 460-461, 1996

キーワード：ポーラスコンクリート, 底生動物, 多様性指数

抄録：底生動物の棲息場としてのポーラスコンクリートを評価することを目的に、一年間河川に5種類のポーラスコンクリート、普通コンクリートと天然石を沈設した。その結果、ポーラスコンクリート上には他のコンクリートに比較して、大きさが異なる、多種多様な生物が棲息していることが確認できた。特に空隙率と骨材粒度が大きいポーラスコンクリート上では、小型から大型の生物までもが生息できる環境であることがわかった。

エココンクリート研究委員会報告

著者：玉井元治（近畿大学）, 水口裕之（徳島大学）, 出村克宣（日本大学）, 岡本享久（日本セメント）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 18, no. 1, 19-28, 1996

キーワード：

抄録：1992年6月リオの地球環境サミットで、世界は地球環境時代にふさわしい努力を約束し、我国では、1993年11月環境基本法を成立させ、基本概念として「健全で恵み豊かな環境の恵沢を現在及び将来の世代が享受できるようにすると共に、人類共有の基盤である有限な地球環境を将来にわたって維持する」とし、人類の持続的発展を目指して、地球を汚染せず動植物との共生を図り、自然浄化能を回復することが大きな課題となってきた。地球環境とコンクリートとの関係は、セメント、骨材の原材料、セメントの製造と二酸化炭素の排出、産業副産物の利用、コンクリートからのリサイクル等種々あるが、前述のような現況に鑑み、生物との接点を持つことが可能なコンクリートの研究を進めるため「エココンクリート研究委員会」を設置し、次のような3つの作業部会を設け研究を行ってきた。1) 定義とフィロソフィー(概念)に関する検討(幹事：水口裕之、堺孝司) (地球環境問題、持続可能な開発と材料、エコマテリアル、エココンクリート、等) 2) エココンクリートの用途と要求条件の検討(幹事：出村克宣、金子文夫) (概要、生物適応型および環境負荷低減型エココンクリート、利用形態と要求性能、等) 3) ポーラスコンクリートの適用に関する検討(幹事：岡本享久、安田登) (ポーラスコンクリートの適用上の要求項目、物性試験方法、文献調査結果、等) これ

らの検討事項は、コンクリート材料の物性のみならず陸域や水域に棲息する生物との接点に関する学際的課題等、複雑な問題を含むため、本委員会各種領域の方々に参加をお願いした、委員会の活動期間は1994年4月から2年間に、本委員会を7回、1～3の各作業部会をそれぞれ8回、7回、開催し、委員会報告書を取り纏めた。

亜熱帯環境下の海洋性生物の棲みかとしてのポーラスコンクリートに関する研究

著者：瑞慶山良延（琉球大学），伊良波繁雄（琉球大学），富山潤（琉球大学），和仁屋晴謙（琉球大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol.20, no.1, 83-88, 1998

キーワード：海洋性生物，ポーラスコンクリート，亜熱帯，空隙率，粒度

抄録：最近では海岸構造物にも周囲の海洋環境と調和させる必要性が特に強調されている。海洋性生物の生育する空間として有効である多孔質のポーラスコンクリートの機能を、把握することを目的とし、熱帯環境下にある沖縄県でポーラスコンクリートを海中に設置し、試験体内部および表面に付着する海洋性生物の数、全長、種類を調査した。ポーラスコンクリートと普通コンクリートおよび岩石に付着する海洋性生物の関係から、普通コンクリートや岩よりもポーラスコンクリートがより海洋環境に適していることが明らかになった。

亜熱帯海域に設置したポーラスコンクリートに棲息する小動物に関する研究

著者：瑞慶山良延（琉球大学），伊良波繁雄（琉球大学），富山潤（琉球大学），和仁屋晴謙（琉球大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol.21, no.1, 271-276, 1999

キーワード：海洋性生物，ポーラスコンクリート，亜熱帯，空隙率，粗骨材，粒度

抄録：最近では海岸構造物にも周囲の海洋環境と調和させる必要性が特に強調されている。海洋性生物の生育する空間として有効である多孔質のポーラスコンクリートの機能を、把握することを目的とし、亜熱帯環境下にある沖縄県産3種類の異なる粗骨材（本部産石灰岩砕石、琉球石灰岩砕石、再生骨材）を用いて製造したポーラスコンクリートを海中に設置し、試験体内部および表面に付着する海洋性生物の数、全長、種類を調査し、粗骨材が異なる3種類の試験体を比較した。各試験体に付着した海洋性生物の調査結果から、普通コンクリートや岩よりもポーラスコンクリートがより海洋環境に適していることを示した。

沿岸海域に適用した鉄系骨材を含むポーラスコンクリートの性質

著者：吉田 宗久，米本 龍史，玉井 元治

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol156, 460-461, 2001

キーワード：粒状肥料，藻場，生物多様性，磯焼け，鉄鉱石

抄録：鉄系骨材を配合した供試体を海中に沈め、圧縮強度や生物付着状態の推移を追跡調査した。鉄鉱石や転炉スラグを鉄系骨材として配合したポーラスコンクリートを使用した。その結果、F1領域を維持できる範囲内で、B/Vを上げれば圧縮強度を増加できることを実験で確認した。また、鉄系骨材や肥料を配合することで、生物付着の量が多くなる傾向であった。

自然土壌充填ポーラスコンクリートにおける生物生息環境特性

著者：佐藤 健司，澤田 裕樹，上原 伸郎，増岡 臣一

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol156, 576-577, 2001

キーワード：自然土壌, 生物生息環境, アルカリ, 空隙

抄録：環境との共生を図るための構造体は、構造体としての強度と生物の生息環境として多様性を必要とする。ポーラスコンクリートはそれらの条件を満足することが可能な素材であるといえる。本研究では、自然土壌を充填したポーラスコンクリートの基本特性について明らかにした。

水辺環境に及ぼすポーラスコンクリートの影響に関する研究

著者：Abderrazak Zouaghi (科学技術振興事業団), 熊谷守晃 (北海道開発局)

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 23, no. 1, 175-180, 2001

キーワード：エココンクリート, 配合, 生態系, 水質, 水辺植物, 藻類, 水生昆虫

抄録：ポーラスコンクリート(以下「POC」と略記する。)を水辺環境に適用するにあたっては、必要な強度および耐久性を満たすだけでなく、エココンクリートとしての生態系を維持する機能も必要である。本研究はPOC技術指針作成の基礎資料とするために行った実験・調査について報告するものである。今回の実験・調査ではPOCが河川の水質および水辺植物の成長に悪影響を及ぼさないこと、また水生昆虫等にとって良いハビタット(棲息の場)となりうることを確認された。

海洋小動物の棲息を考慮した海岸構造物材料としてのポーラスコンクリートに関する研究

著者：伊良波繁雄 (琉球大学), 富山潤 (琉球大学), 和仁屋晴謹 (琉球大学), 松原仁 (琉球大学)

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 23, no. 1, 187-192, 2001

キーワード：海岸構造物, 海洋生物, エココンクリート

抄録：最近コンクリート造海岸構造物でも自然保護の観点から、生物の棲息を考慮するために、ポーラスコンクリートを用いる研究が多い。沖縄県は日本列島の南西に位置し亜熱帯地域に属しているため、そこに棲息する海洋生物も独特な生物が多い。今回の研究はサンゴが繁茂する水質の良好な沖縄本島本部半島瀬底島海岸での継続中の実験及び今回新たに報告する水質の悪い環境(海底にヘドロが堆積する環境)でのポーラスコンクリートに付着棲息する小動物の調査について述べた。そして、環境の差によって付着生物がどのように変わるかを比較検討した。

ポーラスコンクリート被覆ブロックを用いた海洋生物付着棲息実験

著者：伊良波 繁雄, 富山 潤, 松原 仁, 安和 守史, 田中 孝和

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol157, 729-730, 2002

キーワード：ポーラスコンクリート, 海洋性生物, 亜熱帯, 海岸

抄録：コンクリート構造物を海岸や河川の中に建設したとき生態系が変化する。本研究では、ポーラスコンクリートで被覆したコンクリートブロックを作った。そして、小動物の生息状況を調査するために、コンクリートブロックを海中に設置した。現地調査の結果、多くの海洋性小動物がそのコンクリートブロックの中で棲息していることが分かった。従って、構造物の強度上の問題と小動物の保護の問題はコンクリート構造物の表面だけをポーラスコンクリートで被覆することにより同時に解決できる。

光触媒作用を有するポーラスコンクリートの NOx 除去性能に関する基礎実験

著者：田浦 靖知，添田 政司，大和 竹史

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol157, 777-778, 2002

キーワード：窒素酸化物，光触媒，酸化チタン，ゼオライト

抄録：酸化チタンは NOx を酸化除去でき、ゼオライトは NOx を吸着することができる。本実験では、酸化チタンとゼオライトを混入したポーラスコンクリートの NOx 除去性能および強度特性について検討を行った。その結果、酸化チタンを混入することにより NOx 除去性能を示すが、ゼオライトと併用した方が高い NOx 除去性能を示すことがわかった。さらに、フライアッシュから合成したゼオライトを用いた場合、強度への影響が小さいことがわかった。

環境に配慮したポーラスコンクリートの試験施工

著者：上原伸郎（住友大阪セメント），田中伸幸（住友大阪セメント），佐藤健司（鹿島建設），増岡臣一（ケミカルグラウト）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 24, no. 1, 1269-1274, 2002

キーワード：空隙径，アジテータ車，品質管理，試験施工

抄録：多様性のある生態系を創出するために、ポーラスコンクリートの空隙径は、ある程度任意に設定可能であることが望まれる。したがって今回、主に、寸法の大きな粗骨材を使用した比較的空隙径の大きなポーラスコンクリートを製造・施工する際の留意点、ならびに対応策について検討した。この結果、プラントミキサ公称容量の 1/2 程度で 90～120 秒程度の混練が必要であることや、アジテータ車壁面への付着により 40kg 程度のバインダーが失われること、さらに、アジテートの有無が経時変化に大きく影響することなどが確認された。

ポーラスコンクリートを用いた水路の生物生息環境

著者：佐藤 健司，長岡 誠一，増岡 臣一

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第 5 部 Vol158, 1181-1182, 2003

キーワード：植生，多様度指数，水生昆虫，ヤシ繊維マット

抄録：水辺環境の重要性が認識されることに伴い、水利構造物としての機能を追求されてきた河川護岸や水路は、環境との共生を図る機能を新たに求められている。ポーラスコンクリート（以下、POC）は、護岸としての機能と環境保全機能を両立しうる素材として研究が進められている。本研究では、POC の土壌充填にヤシ繊維マットをフィルターとして用いる工法の検討と、これを適用した POC 水路の生物生息環境の評価を行った。

人工水路に設置したポーラスコンクリートが水路の生態環境に与える影響

著者：張日紅（和光コンクリート工業），三井光彦（琵琶湖・淀川水質保全機構），衣川直紀（ケイコン），金丸和生（和光コンクリート工業）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 25, no. 1, 1199-1204, 2003

キーワード：人工水路，生態環境，生物調査，水生動物，水生植物

抄録：本研究では、直径 25cm の球形ポーラスコンクリート単体から構成されるユニット内の容積の変化に富んだ空間特性に着目し、その空間特性がもたらす微生物、植物、水生生物など総合的な生物多様性に対する

効果を、人工水路を用いて評価した。人工水路に各種生物を投入し、ポーラスコンクリートが水路の生態環境に与える影響を評価すると共に、ポーラスコンクリートの設置および生物投入を行われていない「対照水路」を設けて、二つの水路における生物の生息状況および水質の比較を行った。

2.4 水質環境分野

沿岸水中に浸漬した連続空隙を持つポーラスコンクリートにおける付着生物の発達特性

著者：水口裕之（徳島大学），伊藤禎彦（京都大学），村上仁士（徳島大学），入倉雅人（（株）ニュージェック）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 18, no. 1, 1023-1028, 1996

キーワード：水質浄化機能，空隙率，空隙寸法，SS，VSS

抄録：沿岸水中での連続空隙を持つポーラスコンクリートの水質浄化機能について検討するため、空隙率および空隙寸法を変えたコンクリートを用いて、礫と比較して、付着細菌数、SS、VSS などについて調査した。その結果、ポーラスコンクリートは礫に比べて優れた水質浄化機能を持つ可能性が示された。また、水質浄化機能に優れるポーラスコンクリートの適切な空隙特性については、一度付着した生物層が剥離を起こす場合があり、使用条件との関係等で異なる可能性が分かった。

石灰石骨材を用いたポーラスコンクリートの酸性河川への中和材料としての適用

著者：大塚孝義（日本シビックコンサルタント），富塚一寿（日本シビックコンサルタント），金井誠一郎（日本シビックコンサルタント），岡本享久（日本セメント）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 19, no. 1, 1027-1032, 1997

キーワード：石灰石，空隙率，透水係数，中和材料

抄録：石灰石骨材を用いて製造したポーラスコンクリート・ブロックの酸性河川への中和反応材料としての適用性について、普通骨材を用いた場合との比較を混じえて検討した。室内実験では硫酸溶液下での石灰石骨材ポーラスコンクリートの中和反応効果に関する基本的な性状を把握し、続いて実際の酸性河川にて暴露試験を行い、中和反応材料としての有意性を明らかにした。石灰石骨材を用いたポーラスコンクリートは、普通骨材よりも速い中和反応を示すこと、また河床材としてブロック化することにより、河川のもつ自然の流れによって効率的に酸性河川を中和させる効果が大きいことがわかった。

連続空隙を持つポーラスコンクリートの水質浄化機能に及ぼす空隙寸法および空隙率の影響

著者：水口裕之（徳島大学），宮島崇（徳島県），服部眞門（クボタ建設），宮川恒夫（クボタ建設）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 19, no. 1, 1045-1050, 1997

キーワード：水質浄化機能，空隙特性，D0，窒素除去率

抄録：コンクリート構造物に自然浄化機能を持たせることの可能性を検討するため、多孔質で連続空隙を持つポーラスコンクリートを対象とし、その空隙率、空隙寸法を変え、水質の浄化機能、力学的性質について調査した。浄化機能としては、D0(溶存酸素)、窒素およびリン除去率を指標とした。その結果、空隙率 20～30%、骨材粒径 5～20mm を用いたポーラスコンクリートは、力学特性および水質浄化機能から、水質浄化機能を持った水辺構造物の構造主体材料あるいは構造副材料として使用できる可能性があることが得られた。

ポーラスコンクリートの水質浄化特性に関する実験的研究

著者：新西成男（宮崎大学），中澤隆雄（宮崎大学），張日紅（和光コンクリート），今井富士夫（宮崎大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 21, no. 1, 247-252, 1999

キーワード：水質浄化，ぼら，空隙率

抄録：本研究は、低強度ではあるが、透水性および通気性に富む性質を有する火山性の軽石で、南九州に広

く分布するぼらを粗骨材としたポーラスコンクリートの水質浄化機能を検討するため、ポーラスコンクリートに用いる骨材の粒径や空隙率を変え、これらが浄化性能に及ぼす影響を検討した。

ポーラスコンクリートの水質浄化機能に及ぼす高炉スラグおよびゼオライトの効果

著者：林正浩（徳島大学），水口裕之（徳島大学），上月康則（徳島大学），宮川恒夫（クボタ建設）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 21, no. 1, 253-258, 1999

キーワード：水質浄化ポーラスコンクリート，高炉スラグ微粉末，人工ゼオライト，空隙率

抄録：表面積が大きく多孔質で連続空隙を持つポーラスコンクリートは、多様な生物の生息場として適した特性を持っており、この特性を利用して水質浄化への適用が検討されている。本研究は、より高い浄化機能を持ったポーラスコンクリートを開発するため、高炉スラグ微粉末および人工ゼオライトの混入率が窒素、リンの除去率および圧縮強度に及ぼす影響について調査・検討したものであり、これらの混入によって浄化機能、圧縮強度ともに高くなることが得られた。

ポーラスコンクリートの空隙特性が水質浄化機能に及ぼす影響

著者：林 正浩，水口 裕之，上月 康則，細谷 誠，白井 朗

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol155, 494-495, 2000

キーワード：全リン・全窒素除去量，空隙率，粗骨材粒径，表面積

抄録：近年、湖沼や貯水池等の閉鎖性水域において、水の富栄養化現象が問題となっている。これらを解決する方法の一つとして、浄化機能を持つ人工材料を用いて、閉鎖性水域における水質浄化を行うことが考えられ、多様な生物が生息できるポーラスコンクリートの利用が検討されている。本研究は、ポーラスコンクリートの空隙特性による水質浄化機能への影響についても調査・検討を行った。ポーラスコンクリートの空隙径が小さく空隙率が大きいほど生物の付着量が多く浄化機能の向上が得られた。

人工ゼオライトを混入したポーラスコンクリートの物性および水質浄化機能

著者：金納 聡志，松下 博通，陶 佳宏，江頭 正之

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol155, 496-497, 2000

キーワード：人工ゼオライト，水質浄化

抄録：ポーラスコンクリート[POC]は構造体内に連続した空隙を有し、多様な機能を付与させることが期待される。一方、人工ゼオライトは、石炭灰から得られるゼオライトの一つで、自然水系中のリンおよび窒素を除去することが報告されている。本研究では、人工ゼオライトを混入したPOCの物性を調べると共に、人工ゼオライト混入によるPOCの水質浄化性能向上について実験的に検討することを目的とした。その結果、ある程度的人工ゼオライト混入では、圧縮強度への悪影響はないことが分かった。また、人工ゼオライト混入により、POCのリン除去性能が向上することが分かった。

ポーラスコンクリート管による水質浄化実験

著者：本間 雅人，佐藤 聡，土田 伸治

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集共通セッション Vol155, 34-35, 2000

キーワード：ポーラスコンクリート，接触酸化，COD，ろ過，SS

抄録：本研究は、ポーラスコンクリート管の水質浄化能力を検討することを目的として、人工汚水を用いた接触酸化方式による有機物の浄化実験を行った。また、循環水路における濁水のろ過実験を行った。その結果、ポーラスコンクリート管は、接触酸化に伴う水の濁りを吸着する作用のあることがわかった。また、ポーラスコンクリート管は、濁水の原因である土砂の微粒子を取り除くことができることがわかった。

ポーラスコンクリートの水質汚染物質除去特性

著者：新西成男（宮崎大学），中澤隆雄（宮崎大学），張日紅（和光コンクリート工業），今井富士夫（宮崎大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 22, no. 2, 1219-1224, 2000

キーワード：水質浄化，ぼら，空隙率

抄録：本研究では、ポーラスコンクリートの空隙がバクテリアの増殖によって目詰まりすることを抑制するために、内部空隙の他に汚水の通路となるパイプ状の穴を設けたポーラスコンクリートを作製し、骨材の粒径の違いや穴の有無および本数がリンや窒素などの水質汚染物質の除去に及ぼす影響を検討した。

ポーラスコンクリート管を用いた簡易汚濁除去施設による用水路の浄化実験

著者：本間 雅人，土田 伸治

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第7部 Vol156, 100-101, 2001

キーワード：水質浄化，用水路，透視度，SS

抄録：我々は、ポーラスコンクリート管の水質浄化効果を検証するために、ポーラスコンクリート管を使用した簡易汚濁除去施設を農業用水路に設置した。その結果、ポーラスコンクリート管は、水中の懸濁物を捕らえることができること、有機物の分解を促進することがわかった。しかし、その効果は小さいため、施設の規模を大きくする必要がある。

ポーラスコンクリートの水質浄化機能に及ぼす空隙特性、高炉スラグおよびゼオライトの影響

著者：坂井忍（徳島大学），水口裕之（徳島大学），上月康則（徳島大学），村上仁士（徳島大学）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 23, no. 1, 169-174, 2001

キーワード：水質浄化，空隙率，高炉スラグ，Fe型人工ゼオライト

抄録：表面積が大きく多孔質で連続空隙を持つポーラスコンクリートは、多様な生物の生息場として適した特性を持っており、この特性を利用して水質浄化材としての適用が検討されている。本研究は、より高い浄化機能を持ったポーラスコンクリートを開発するため、ポーラスコンクリートの水質浄化機能を左右する生物の付着性能に及ぼす空隙特性ならびに高炉スラグ微粉末、人工ゼオライトの混入の影響について窒素、リンの除去率を用いて調べたものである。また、圧縮強度に及ぼすこれらの影響についても調査した。

ポーラスコンクリートの水質浄化に対する人工ゼオライトの影響

著者：中沢 隆雄，鈴木 祥広，湊 敬文，後藤 剣也，今井 富士夫，張 雪梅，淀川 育美

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol157, 657-658, 2002

キーワード：水質浄化，ぼら，人工ゼオライト，重金属，吸着

抄録：連続空隙を有し、透水性、通気性に富むポーラスコンクリートは、数多くの優れた機能を有しており、

その1つに水質浄化機能がある。また最近では、人工ゼオライトを混入し、さらに水質浄化機能を高めようとする研究も進められている。そこで本研究では、ポーラスコンクリートに人工ゼオライトを混入したときの水質浄化機能および人工ゼオライトそのものによる重金属吸着特性について検討した。その結果、人工ゼオライトを混入したポーラスコンクリートでは、全有機炭素や全窒素の除去効果は認められなかったものの、全リンについては効果が認められ、また、人工ゼオライトの優れた重金属吸着効果が認められた。

ポーラスコンクリートの水質浄化機能に及ぼす混和材および環境条件の影響

著者：坂井 忍，水口 裕之，細谷 誠，白井 朗

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol157, 731-732, 2002

キーワード：全リン，全窒素，骨材粒径，エアレーション

抄録：本研究では、より大きな浄化能力を持つポーラスコンクリートを開発するため、ポーラスコンクリートの骨材粒径の違い、高炉スラグ微粉末およびFe型人工ゼオライトの混入の有無が浄化機能に及ぼす影響について検討するとともに、生物の活性と関わりの深いと考えられる溶存酸素濃度の影響について調べるために、同一配合のポーラスコンクリートを用いエアレーションの有無の効果についても検討を行った。

ポーラスコンクリートを用いたヨシの琵琶湖への植栽

著者：武田 宇浦，田中 周平，高木 宣章，児島 孝之

掲載誌：土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol158, 975-976, 2003

キーワード：ヨシ，空隙率，環境影響評価，琵琶湖

抄録：本研究は、ポーラスコンクリート (PoC) を用いたヨシの植栽手法の有効性を検討するため、実環境下の琵琶湖において植栽実験を行ったものである。従来工法との比較のため、一般に使用されているヤシマット工法によるヨシの植栽も行った。PoC 供試体はレディーミクストコンクリート工場の強制二軸攪拌ミキサーを用いて作製した。供試体にはφ175×150mmの箱抜きを4箇所設け、その中にヨシの子株を植栽した結果、PoCに植栽したヨシにも、従来工法に劣らない生育が観察された。PoCからの六価クロムの溶出量は、琵琶湖における環境水質基準を十分に満足している。pH値については、PoCの散水あるいは水中養生期間を長くするなどの対策が必要である。

竹炭とセメントを用いた多孔質な複合材料の性質

著者：迫田恵三（東海大学），渡邊晋也（東海大学），梅澤智美（サンユウシビルエンジニアリング）

掲載誌：コンクリート工学年次論文集 vol. 26, no. 1, 1497-1502, 2004

キーワード：竹，竹炭，複合材料，圧縮強度，海水浄化，海洋付着生物

抄録：本研究は、里山を構成している竹の有効利用を目的としたもので、竹から得られた竹炭を強化材、セメントをマトリックスとする多孔質な複合材料の力学的性質や海水浄化作用および海洋付着生物量に及ぼす影響に関する報告である。実験はポーラスな複合材料の圧縮強度、曲げ強度、単位容積質量およびこの複合材料を使用した場合の海水中のリン酸塩、ケイ酸塩の溶存量や海洋付着生物量を求めた。その結果、圧縮強度、曲げ強度は碎石を使用したポーラスコンクリートの1/7および1/10となったが、海水の浄化作用に効果があり、海洋付着生物量が大きくなることが分かった。

2.5 まとめ

ポーラスコンクリートに関する文献は173件あり、当委員会に該当する59件の文献を抽出した。

緑化分野30件、生物・化学環境分野14件、水質環境分野15件となっているが、緑化分野が50%と多い。

要因としてポーラスコンクリートによる河川護岸の使用が多くなっている。

今回の文献調査を行い感じた事は、今後ポーラスコンクリートによる環境負荷低減の使用が多くなると予想される。

第3章 性能評価

第3章 性能評価	3-1
3.1 はじめに	3-1
3.2 ポーラスコンクリートの性能評価法の解説	3-1
3.2.1 強度試験方法	3-1
3.2.2 空隙率試験方法 ²⁾	3-2
3.2.3 透水試験方法 ³⁾	3-3
3.2.4 コンシステンシーの各種試験方法	3-8
3.3 促進劣化させたポーラスコンクリート供試体の超音波伝播速度による劣化度評価	3-11
3.3.1 試験の概要	3-11
3.3.2 試験の方法	3-11
3.3.3 試験結果	3-12
3.3.4 まとめ	3-15
3.4 ポーラスコンクリート護岸における劣化度調査	3-16
3.4.1 調査の概要	3-16
3.4.2 調査方法	3-16
3.4.3 外観調査結果	3-17
3.4.4 超音波伝播速度測定結果	3-18
3.4.5 まとめ	3-19
3.5 おわりに	3-19
参考文献および引用規格	3-20

第3章 性能評価

3.1 はじめに

河川護岸などの水辺のコンクリートは、構造物としての安全性能の他に環境負荷低減や生物共生等の環境性能が重要視されている。中でも連続空隙を有するポーラスコンクリートは、近年、これら要求性能から注目を浴び適用事例も増えており、ポーラスコンクリートを含めた水辺のコンクリートを強度、耐凍害性、透水性能、植生効果などの観点から評価する方法や基準の確立が求められている。

しかしながら、これら性能を適切に評価する試験方法等は十分には整備されておらず、特に実環境にあるポーラスコンクリートを評価する方法を検討した事例は少ないのが現状である。

そこで当委員会では、ポーラスコンクリートの性能評価を行うに当たり、供試体を用いた「室内試験」と河川に設置されたポーラスコンクリート護岸を用いる「現場試験」との二通りを試み、非破壊試験法の一つである超音波法の適用可能性について検討を行う。

「室内試験」は、劣化していない供試体と凍結融解、乾湿繰り返しにより強制劣化させた供試体を用いて、超音波伝搬速度と動弾性係数や圧縮強度を比較検証することで、ポーラスコンクリートの劣化度評価に超音波法が有効であるかの確認を行う。

「現場試験」は、室内試験では再現が難しい水分環境の違いによる劣化状況を評価するために、河床と法面に設置された既存のポーラスコンクリートブロックを対象に超音波伝搬速度を計測し、強度、耐久性や内部の空隙状況がどのように異なるかを確認することで超音波法の適用可能性を考察する。

また、試験方法の紹介として、当委員会でも採用した強度試験、空隙率試験や透水試験について現時点でもっとも一般的に適用されている方法や透水試験方法に含まれる変水位透水試験方法、まだ固まらないポーラスコンクリートのコンシステンシーの評価方法について解説する。

3.2 ポーラスコンクリートの性能評価法の解説

3.2.1 強度試験方法

JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験、JIS A 1106 コンクリートの曲げ強度試験により行う。

(1) 試料の採取方法

- a) ミキサ、ホッパ、コンクリート運搬車、打ち込んだ箇所などから採取する場合は JIS A 1115 フレッシュコンクリートの試料の採取方法による。
- b) 試験室で試料を作成する場合は JIS A 1138 試験室におけるコンクリートの作り方に従う。

(2) 供試体が円柱の場合のポーラスコンクリートの供試体の作り方¹⁾

- a) JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方によるが供試体は円柱としその直径は粗骨材最大寸法が 40mm 以下の場合 15cm～10cm としその高さは直径の 2 倍とする、また直径が 10cm の場合は型枠付近の空隙が試験結果に及ぼす影響が小さいときに限る。目安として粗骨材の最大寸法は直径の 1/5 以下とする。
- b) 供試体の打ち込みは 2 層以上のほぼ等しい層に分けて詰める、締固めは施工方法に近い締め固め時間、振動方法による。
- c) 圧縮強度試験に用いる供試体は両端面を 1～2cm の範囲のキャッピングを行う。
- d) 供試体製作中は極力材料等が乾燥しないよう注意し養生は湿潤状態を保つほか運搬は乾燥しないようにする。

(3) 供試体が角柱の場合のポーラスコンクリートの供試体の作り方¹⁾

- a) JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方によるが供試体は断面が正方形の角柱とし粗骨材最大寸法が40mm以下のとき、その一辺の長さは15cm～10cmとしその高さは直径の3倍より8cm以上長いものとする、また一辺の長さが10cmの場合は型枠付近の空隙が試験結果に及ぼす影響が小さいときに限る。目安として粗骨材の最大寸法は一辺の長さの1/5以下とする。
- b) 打ち込み方法は円柱の場合と同じ。
- c) 圧縮強度に使用する場合のキャッピングは円柱の場合と同じ。
- d) 供試体の養生等は円柱の場合と同じく細心の注意を払う。

3.2.2 空隙率試験方法²⁾

(1) 用語

連続空隙とは供試体表面から見て連続している空隙であり容易に水で飽和、排水される空隙をいい独立空隙とは供試体表面から見て独立して見えない空隙であり水で飽和、排水するには若干の時間を要する空隙をいう。また全空隙とは連続空隙と独立空隙の合計をいう。連続空隙率、独立空隙率および全空隙率とは見かけの体積に対するそれぞれの空隙比である。

(2) 供試体

JIS A 1132 による円柱型枠試験体、角柱型枠試験体または JIS A 1107 によるコアおよびはりよりの切り取り試験体で容積、質量の測定、算出が容易なものを推奨する。また供試体はキャッピングなどを行う前のものを用いる。

(3) 試験器具

- a) 容器は供試体を飽水させるのに十分な容量をもつものとする。
- b) ノギスは供試体寸法を十分測定できる大きさのものとする。
- c) はかりは測定質量に対して0.02%の感量のものとする。

(4) 容積法

- a) 供試体の寸法を測定し容積 V_1 (cm³) を算定する。
- b) 24 時間以上供試体を $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (案) の清水中で飽水させた後水中で十分ころがし空気を取り除いた後水中質量 W_1 (g) を測定する。
- c) $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 60% の雰囲気中で 24 時間放置後気中質量 W_2 (g) を測定する。
- d) $20 \pm 5^\circ\text{C}$ (案) の清水中にて供試体中の空気を十分に抜いた後すみやかに水中質量 W_3 (g) を測定する。
- e) 以下で ρ_w は水の密度とし 1.0 (g/cm³) としてもよい。
- f) 容積法でコンクリートの全空隙率 A_t (%) を求める。

$$A_t (\%) = \left(1 - \frac{(W_2 - W_1) / \rho_w}{V_1}\right) \times 100$$

- g) 容積法で連続空隙率 A_c (%) を求める。

$$A_c (\%) = A_t - \frac{(W_1 - W_3) / \rho_w}{V_1} \times 100$$

(5) 質量法

- (4)の容積法のb)と同様に供試体中の空気を取り除く。
- (4)の容積法のc)と同様に気中質量 W_2 (g)を測定する。
- 空気量0とした場合のコンクリートの単位容積質量 T (kg/m³)を算出する。ここで W_4 はコンクリート各材料の質量和(kg/m³)、 V_2 はコンクリート各材料の容積和(m³)である。

$$T = \frac{W_4}{V_2}$$

供試体の単位容積質量 W (kg/m³)を算出する $W = \frac{W_2}{V_1}$

質量法で全空隙率 A_t (%)を求める $A_t(\%) = \frac{T - W}{T} \times 100$

注-1 飽水した後、または飽水中に供試体中の空気がしっかり抜けていないといけない。

備考 「20±5℃(案)の清水中」としたのはJIS R 1250 れんがの飽水質量を測定する際に用いる水温規定ならびに保水性舗装用インターロッキングブロック品質規格(インターロッキングブロック舗装技術協会)による保水性試験中で用いる水温規定より引用、この記述の中では(案)とする。

3.2.3 透水試験方法³⁾

(1) 定水位試験方法

一般的に採用される試験方法で2003年にJCIにより改定されている案を紹介する。

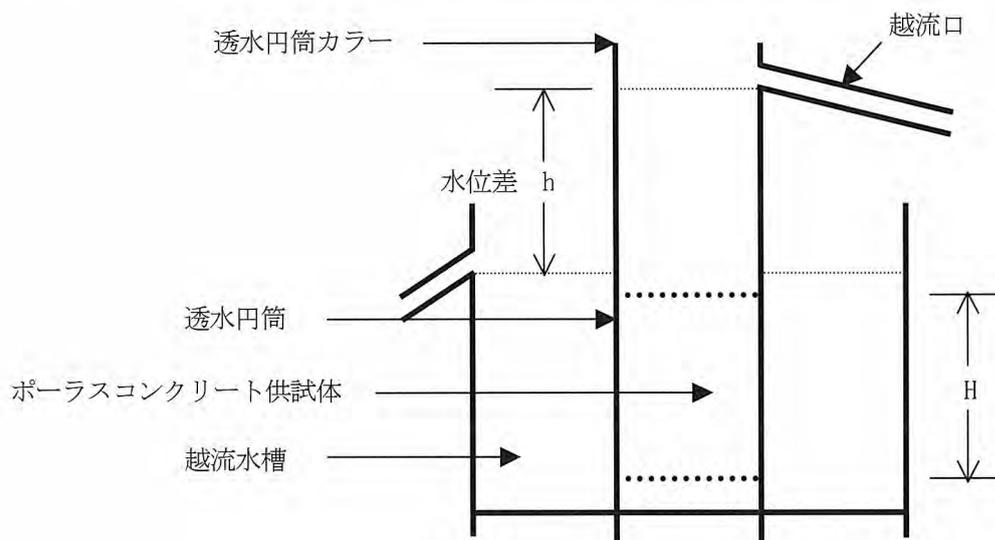


図 3.2.1 透水試験装置(円柱供試体)

(2) 円柱供試体

- 用いる供試体は円柱とし、コアまたは型枠供試体とし高さ方向に対し同じ断面を持つものとする。
- 供試体高さに対して一定の水位差(定水位)をもたせた時の一定時間に供試体中を通過する水量を測定し透水係数を算定する。
- 試験器具は以下のとおりである。
 - 透水円筒は供試体との間に隙間が生じてはいけなく、十分な水密性のあるものとする。
 - 透水円筒カラーは水位を一定に保てる越流口のあるものとする。
 - 越流水槽は排水側の水位を一定に保てる越流口のあるものとする。

d) 試験方法

- d)-1 透水円筒内径と供試体外径が同じ場合は透水円筒の内径より断面積 $A(\text{cm}^2)$ を算定する。供試体外径が小さい場合はノギスにより供試体外径より断面積 $A(\text{cm}^2)$ を算定する。
- d)-2 供試体の高さ $H(\text{cm})$ を測定する。
- d)-3 透水円筒内径と供試体外径が同じ場合は越流水槽中に透水円筒を置く。供試体外径が小さい場合は、供試体外壁と円筒内壁との間を水が通過しないようにゴムまたはシーリング材等で充填する。
- d)-4 透水円筒の上部に透水円筒カラーを取り付け越流水槽に水を満たす。
- d)-5 透水円筒カラーに給水し供試体を飽水させる。
- d)-6 透水円筒カラーの越流口より越流させ給水側水位を一定に保つ。
- d)-7 越流水槽からの越流量が安定するのを待って時刻 t_1 から t_2 までの越流量 $Q(\text{cm}^3)$ をメスシリンダーにて測定する、測定回数は3回とする。
- d)-8 透水円筒カラー側と越流水槽側の水位差 $h(\text{cm})$ の測定を行う。
- d)-9 水温 $T(^{\circ}\text{C})$ の測定を行う。
- d)-10 動水勾配 (h/H) を算出する。

e) 試験結果

水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数は
$$K_T = \frac{H}{h} \frac{Q}{A \times (t_2 - t_1)}$$
 とする。

ここで K_T : 水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数 (cm/sec) H : 供試体の高さ (cm)

Q : 時刻 t_1 から t_2 までの越流量 (cm^3) h : 水位差 (cm)

$t_2 - t_1$: 測定時間 (sec) A : 透水円筒の内径より断面積 (cm^2)

水温 15°C の時の透水係数 K_{15} は以下の式による。

$$K_{15} = K_T \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}}$$

η_T 、 η_{15} はそれぞれ $T^{\circ}\text{C}$ 、 15°C における水の粘性係数である。

(3) 角柱供試体

試験方法は(2)円柱供試体による d)-1 の円筒断面積 A が角筒断面積と変わるだけで同じである。

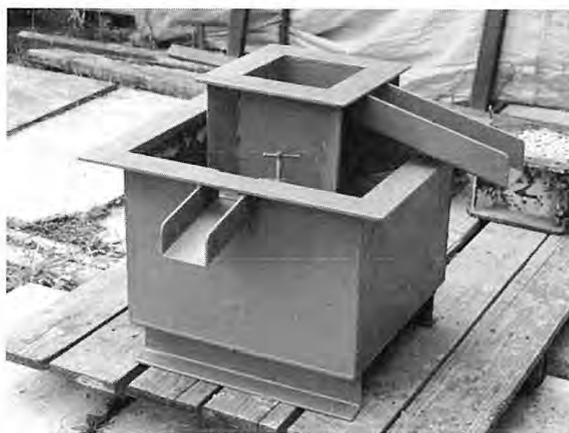


写真 3.2.1 定水位透水試験装置(角柱供試体)

(4) 試験手順(例 角柱供試体)

d)-1, d)-2 断面積 A 及び高さ H を測定する、今回の場合、型枠寸法より A 及び B を算出する。

$$A=15 \times 15=225 \text{ (cm}^2\text{)}, H=15 \text{ (cm)}$$

d)-3, d)-4 透水角筒の上にカラーを乗せるがその際ゴムの止水パッキンをはさみ角筒とカラーの継目より水が漏れないようにする。(写真 3.2.2~写真 3.2.4)



写真 3.2.2



写真 3.2.3



写真 3.2.4

d)-5 越流水槽に水を満たす。

カラーより給水し供試体を飽水させる。

(写真 3.2.5)



写真 3.2.5

d)-6 透水円筒カラーの越流口より越流させ給水側水位を一定に保つ。

(写真 3.2.6)



写真 3.2.6

d)-7 越流水槽からの越流量が安定するのを待って空の容器(容量 Q)を差し入れあふれるまでの時刻 t(t₁ から t₂)を測定する。測定回数は3回とする。容器容量 Q は 9,500(cm³)のものを使用した。

(写真 3.2.7、写真 3.2.8)



写真 3.2.7



写真 3.2.8

測定回数	1	2	3	平均
測定時間(sec)	24.3	25.6	25.5	25.1

d)-8 透水角筒カラー側と越流水槽側の水位差 h(cm) の測定を行う。h=10

d)-9 水温 T°C の測定を行う。T=12

d)-10 動水勾配の算定 $\frac{H}{h} = \frac{15}{10} = 1.5$

$$\text{試験結果} \quad K_{12} = \frac{H}{h} \times \frac{Q}{A \times (t_2 - t_1)} = \frac{15}{10} \times \frac{9500}{225 \times 25.1} = 2.52 \text{ (cm/sec)}$$

となり、水温 15°C での補正をおこなうと表 3.2.1 より

$$K_{15} = K_{12} \times \frac{\eta_{12}}{\eta_{15}} = 2.52 \times \frac{1.085}{1.000} = 2.734 \text{ (cm/sec)}$$

となる。

表 3.2.1 粘性係数表

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.575	1.521	1.470	1.424	1.378	1.336	1.295	1.225	1.217	1.182
10	1.149	1.116	1.085	1.055	1.027	1.000	0.975	0.950	0.925	0.902
20	0.880	0.859	0.839	0.819	0.800	0.782	0.764	0.748	0.731	0.715
30	0.700	0.685	0.671	0.657	0.645	0.632	0.620	0.607	0.596	0.584
40	0.574	0.564	0.554	0.544	0.535	0.525	0.517	0.507	0.498	0.490

参考⁴⁾ 動水勾配(水頭差/供試体高さ)は0.2~0.3が望ましいとされている。
 透水性の照査でコア供試体と型枠供試体ではせき板効果による影響で型枠供試体の方が大きくでてしまう報告がされている、がφ300×h300の型枠ではコア供試体と型枠供試体での誤差は少ないとされている。一般にφ150×h300を推奨しているが、φ100×h200またはφ150×h300の型枠供試体とコア供試体との相関などの検討と確立が望まれる。

(5) 透水管の変水位透水試験方法

水辺の河川護岸という意味ではまとはずれとなりそうだが、透水(コンクリート)管の透水試験方法として古くから使用されている評価法を紹介する。

考案者 (旧)小沢コンクリート工業
 考案時期 1971年(昭和46年)

- a) 用いる試験体は管状であり長さ方向に同じ断面を持つものとする。
- b) 変水位試験装置に位置された透水管を通過排出されることによって生じる試験装置内の水位降下とその経過時間を観察、透水係数を算定する。
- c) 用いる容器(水槽)は試験体より透水排水される水量に対して十分な量を貯留できるものとする、用いる容器は十分な水密性のあるものとする、また止水板と管の間には隙間が生じてはいけない。

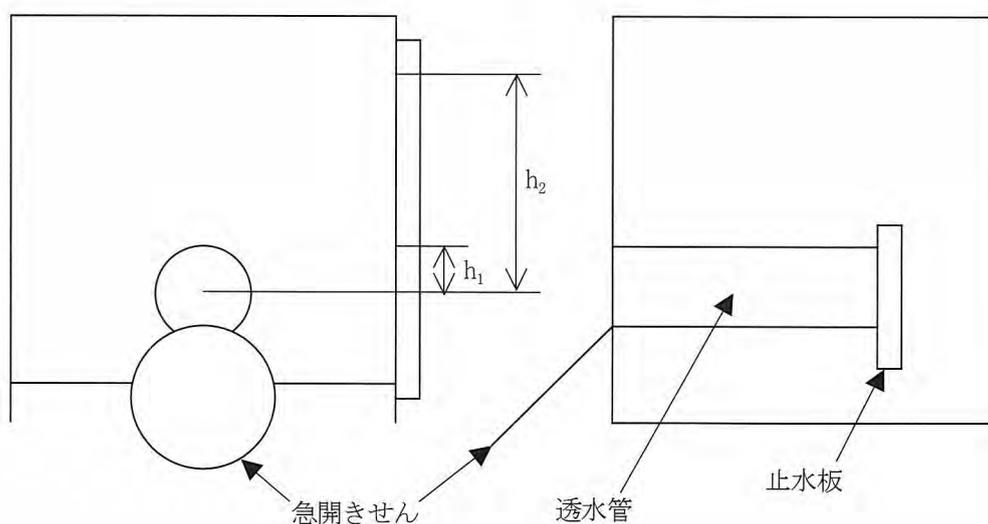


図 3.2.2 透水試験装置(管用変水位)



写真 3.2.9 変水位透水試験装置(透水管用)

d) 試験方法

- d)-1 管を試験容器の所定の位置に固定する。
- d)-2 水槽の上面まで水を満たす。
- d)-3 水温 $T(^{\circ}\text{C})$ を測定する。
- d)-4 急開き栓を開く。
- d)-5 水位の降下を観察し水位が h_1 の時の時間を t_1 、 h_2 の時の時間を t_2 とし、 $t_1 \cdot t_2$ を記録する。
- d)-6 試験結果

透水係数 K_T を次式により算出する。

$$K_T = 2.3 \frac{\alpha \cdot a \cdot L}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2} \quad (\text{cm/sec})$$

ここで a : 水槽面積 (cm^2) h_1 : 測定開始水位(管中心よりの距離) (cm)
 L : 管の肉厚 (cm) h_2 : 測定終了水位(管中心よりの距離) (cm)
 A : 管の内径表面積 (cm^2) $t_2 - t_1$: 測定時間 (sec)
 α : 割り増し係数 1.5

割り増し係数 1.5 は管口を両開き出来る場合は 1.0 で良いとする。割り増し係数 1.5 は定水位試験との相関により求めた実験結果係数である。

水温 15°C の時の透水係数 K_{15} は以下の式による。

$$K_{15} = K_T \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}}$$

η_T 、 η_{15} はそれぞれ $T^{\circ}\text{C}$ 、 15°C における水の粘性係数である。

e) 試験手順光景(例 $\phi 150 \times 1600 \times L35$)

- e)-1 管の内径、管の長さより内径表面積 $A(\text{cm}^2)$ を算出する。

内径 15.0 (cm)、長さ 60 (cm) より $A=2,826(\text{cm}^2)$ 、

管の肉厚、測定値より $L=3.5(\text{cm})$

試験装置の上面寸法より 水槽面積 $a=11,600(\text{cm}^2)$

測定開始水位 h_1 (管軸中心よりの距離) = 70 (cm)

測定終了水位 h_2 (管軸中心よりの距離) = 20 (cm)

とし、管を試験容器の所定の位置に固定する。この時、管の両端部より水が漏れないようゴムパッキンを使用し、かつ試験装置後方からの管固定棒をしっかりと緊張させる。

(写真 3.2.10)



写真 3.2.10

e)-2 水槽の上面まで水を満たす。

(写真 3.2.11、写真 3.2.12)

e)-3 水温 T(°C)を測定する。

T=12°C

e)-4 急開き栓を開く。

(写真 3.2.13、写真 3.2.14)

e)-5 水位の降下を観察し水位が h₁の時の時間を t₁、h₂の時の時間を t₂とし、t₁・t₂を記録する。

(写真 3.2.15～写真 3.2.17)



写真 3.2.11



写真 3.2.12



写真 3.2.13



写真 3.2.14



写真 3.2.15



写真 3.2.16

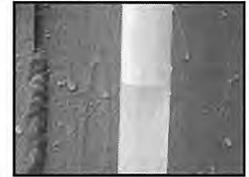


写真 3.2.17

測定回数	1	2	3	平均
測定時間(sec)	49.5	48.7	50.2	49.5

e)-6 試験結果

透水係数を算出する。

$$K_{12} = 2.3 \frac{\alpha \cdot a \cdot L}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

$$= 2.3 \times \frac{1.5 \times 11600 \times 3.5}{2826 \times 49.5} \log_{10} \frac{70}{20} = 0.545 \text{ (cm/sec)}$$

となり、水温補正を行うと

$$K_{15} = K_{12} \times \frac{\eta_{12}}{\eta_{15}} = 0.545 \times \frac{1.085}{1.000} = 0.591 \text{ (cm/sec)}$$

となる。

3.2.4 コンシステンシーの各種試験方法

コンシステンシーの評価方法には以下の方法が挙げられる。^{5),6)}

- 1) 結合材を先に混練し後に粗骨材を投入、再度混練りする場合において、粗骨材を投入する前に採取し、結合剤についてペストフロー値を計測し、試験値とする。
- 2) 練り混ぜ直後のポーラスコンクリートを振動機などを使いスクリーニングし、それより採取したペストについてペストフロー値を計測し、試験値とする。
- 3) 2)においてのペストの落下量を試験値とする。
- 4) 容器の底に紙を敷き、ポーラスコンクリートを詰め、上面に紙を載せ適当な振動と圧で締め固め、紙に付着したペスト量を計測し、試験値とする。
- 5) ポーラスコンクリートに一定量の水を加し、結合材を分離させ、その結合材について評価確認を行う。
- 6) 舗装用コンクリートの振動台式コンシステンシー試験方法。
- 7) RCD用コンクリートのコンシステンシー試験方法。
- 8) 他に沈下法やタンパ締め固め法が紹介されている。

当委員会では4)の紙を用いた試験方法の一例を示す。

ここでは写真 3.2.18 の供試体製造機によりポーラスコンクリートを締め固める際、あらかじめ型枠の底部にセットしてあった紙とコンクリート投入後に上部にセットした紙に付着したペースト量でコンシステンシーを評価するものである。

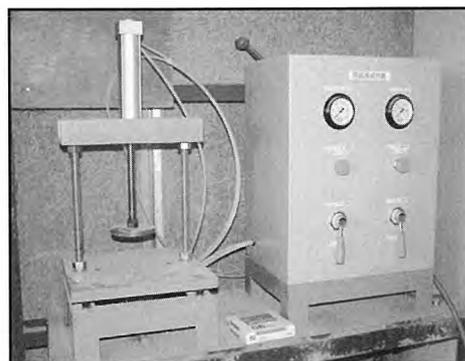


写真 3.2.18

- a) 型枠(ここではφ100×h200 を使用した)の底部に紙(ここではろ紙を使用した)を敷き採取したポーラスコンクリートを型枠上面まで詰める。枠上面に紙を載せる。(写真 3.2.19～写真 3.2.20)
- b) 供試体成型機にセットし所定の振動及び圧力により締め固める。(写真 3.2.21～写真 3.2.24)



写真 3.2.19



写真 3.2.20



写真 3.2.21

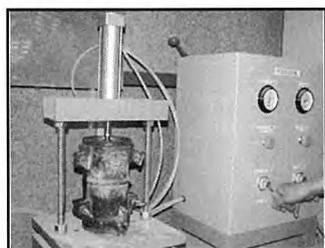


写真 3.2.22



写真 3.2.23

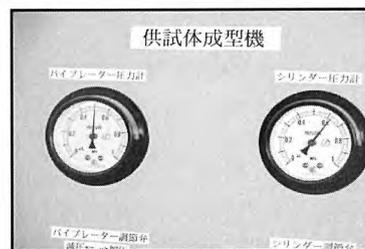


写真 3.2.24

- c) 上部の紙を取り外し、型枠底板をはずし底部の紙を取り出し重量を測定する。(表 3.2.2、写真 3.2.25)

表 3.2.2 付着したペースト量

呼び名(W/C)	30%	27%	24%
上部付着量(g)	1.1	0.6	0.3
下部付着量(g)	1.6	0.9	0.4
合計付着量(g)	2.7	1.5	0.7



写真 3.2.25

d) 紙へのペーストの付着状況の観察を行う。(写真 3.2.26)

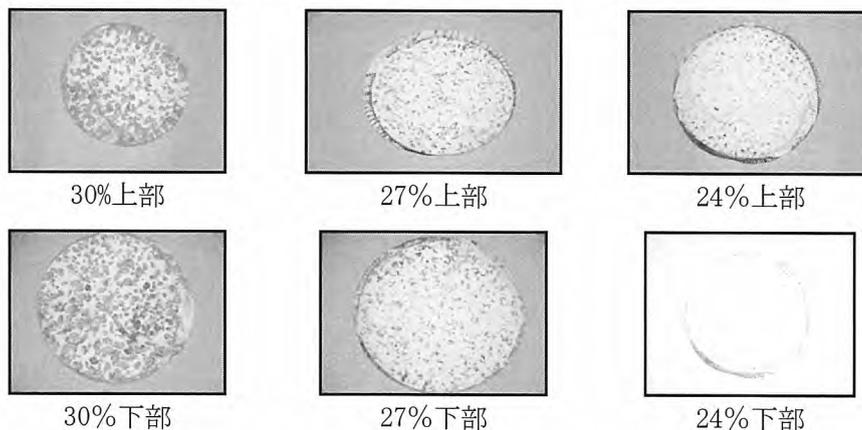


写真 3.2.26 ペーストの付着状況

e) 硬化脱型後の型枠面の状態を観察する。(写真 3.2.27)

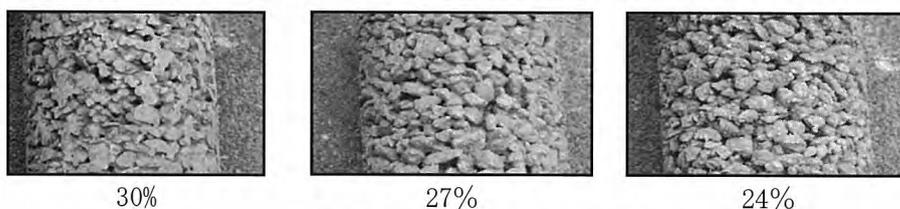


写真 3.2.27 型枠面の状態

f) 硬化後の供試体重量、透水係数および圧縮強度を示す。(表 3.2.3)

表 3.2.3 比較表

呼び名(W/C)	30%	27%	24%
供試体重量(g)	3,191	3,049	2,864
透水係数(cm/sec)	0.45	0.97	1.81
圧縮強度(N/mm ²)	18.9	17.8	14.0

この試験方法に関する考察

上部、下部で付着量に差があるのは振動によりペースト分が下方には落ちるが上方に浮かぶことは少ないためと思われる。また紙へのペースト付着量が少ないほど透水係数は大きく圧縮強度は小さかった。

3.3 促進劣化させたポーラスコンクリート供試体の超音波伝播速度による劣化度評価

3.3.1 試験の概要

水辺環境に設置されたポーラスコンクリート構造物は、使用期間中において目詰まりによる空隙率の低下や、凍結融解や乾湿繰返しなどによる強度、耐久性の変化が想定される。これらの度合いは設置環境によって異なり、ポーラスコンクリートの有する強度、耐久性、植生等に対する機能を効率よく維持管理するための手法として、それらを非破壊的に評価する手法の開発が望まれている。一般に、コンクリートの耐凍結融解特性等の評価には、相対動弾性係数の測定が行われている。実際のコンクリート構造物における耐凍害性等の照査を相対動弾性係数で行うには、試験の性格上構造物から採取したコアが必要となる。しかし、構造物から数多くのコアを採取することは、構造物の耐久性や機能性を確保する上でも不相当であり、非破壊による照査方法を別途確立する必要がある。超音波伝播速度の測定は、動弾性係数の測定に比較して簡便であり、また任意のサイズや形状の試験体に対しても適用できるだけでなく、実際のコンクリート構造物への適用性も高い。そこで本試験では、ポーラスコンクリート内部の空隙や強度を非破壊的に評価する方法の一つとして検討されている超音波法^{7),8)}を取り上げ、強度低下、空隙、耐凍害性、乾湿繰返しに対する抵抗性などに対する評価を試みたものである。

3.3.2 試験の方法

本試験では、表 3.3.1 に示す配合の円柱供試体(φ15×30cm)を作製した。

表 3.3.1 供試体の配合

No.	セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	粗骨材寸法と配合比率			空隙率 (%)
				5-2.5mm	13-5mm	20-13mm	
No.1	BB	27	5		100%		27.5
No.2	BB	25				100%	26.6
No.3	BB	25.3			40%	60%	24.2
No.4	BB	24		80%	20%		23.1
No.5	BB	26.5	8.5		100%		21.2

供試体は、脱型後、材令 14 日 (No. 5 は 11 日) まで水中養生を行った。試験は劣化させない供試体と、強制劣化させた供試体を設定し、強制劣化の方法は凍結融解による劣化と、乾湿繰返しによる劣化の 2 通りを設定した。劣化方法は以下の通りである。

- ① 凍結融解による劣化：18 リットルの容器に供試体を一本ずつ入れ、水を入れた後、冬期屋外に 48 時間放置する(温度記録では -17°C ~ -3°C)。その後、容器をシートで覆い、スチームにより融解させ、さらに水温が 20°C になるまで加熱(所要時間 3 時間)した。ここまでの過程を 1 サイクル/72 時間で行い、これを 5 サイクル行った。
- ② 乾湿繰返しによる劣化：供試体を 24 時間水中にて吸水させ、冬期屋外の気中に夜間 15 時間放置する(温度記録では -17°C ~ -3°C)。その後、ジェットヒーターにて融解乾燥を 3 時間行い(50°C ~ 60°C の温風)、その後吸水を 30 時間行った。ここまでの過程を 1 サイクル/72 時間で行い、これを 10 サイクル行った。

なお、劣化させない供試体の試験材令は 34~41 日 (No. 5 のみ 11 日)、強制劣化させた供試体の平均試験材令は約 120 日(同約 90 日)である。No. 5 供試体以外は材令による圧縮強度の差異は小さいものと考えられる。

試験は、圧縮強度試験を JIS A 1108、空隙率試験を「ポーラスコンクリートの空隙率試験方法(案)」¹⁾により行った。超音波伝播速度の測定は、超音波測定装置(周波数 28kHz、センサー寸法 φ20×130mm)を用い、図 3.3.1 に示す様に対向法により 1 本あたり 3 カ所測定し、測定値は 3 カ所を平均して整理した。供試体表面とセンサーとを十分に接触させるためにワセリンを用いた。また、比較のためコンクリートの圧縮強度と良い相関をもつ^{9),10)} 縦振動によるコンクリートの動弾性係数を JIS A 1127 に従って測定した。

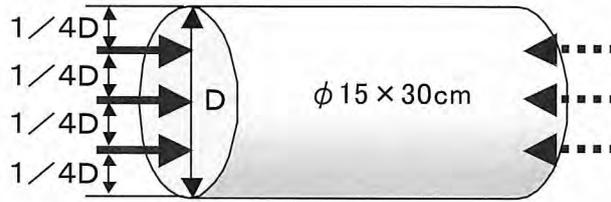


図 3.3.1 超音波伝播速度測定方法

3.3.3 試験結果

(1) 圧縮強度による強制劣化の効果の確認

図 3.3.2 に各供試体の強制劣化の程度を圧縮強度試験で確認した結果を示す。図中、強制劣化前の値は二重マーカーで示している。劣化の前後で圧縮強度を測定している供試体は異なり、空隙率も異なるため、強制劣化によって圧縮強度が低下したかの判断はできない。

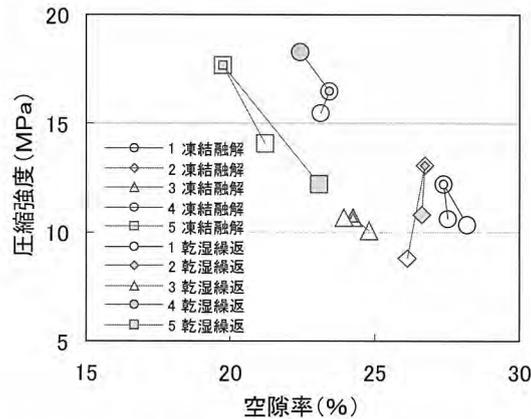


図 3.3.2 劣化の前後における圧縮強度の変化

(2) 動弾性係数と超音波速度

図 3.3.3 に動弾性係数と超音波速度の関係を示す。図は強制劣化前の供試体で整理している。動弾性係数と超音波速度の間には相関関係が見られるが、本試験の中で最も粗骨材の最大寸法が小さい No. 4 供試体はこれらの関係よりややはずれている。

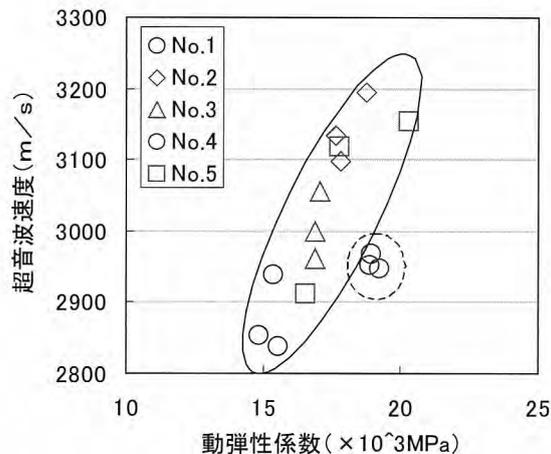


図 3.3.3 動弾性係数と超音波速度

(3) 空隙率と超音波速度、動弾性係数

図 3.3.4、図 3.3.5 に空隙率と超音波速度、空隙率と動弾性係数の関係を示す。図は強制劣化前の供試体で整理している。空隙率と超音波速度の間には相関関係がみられるが、本試験の中で最も粗骨材の最大寸法が大きい No. 2 供試体はこれらの関係よりややはずれている。

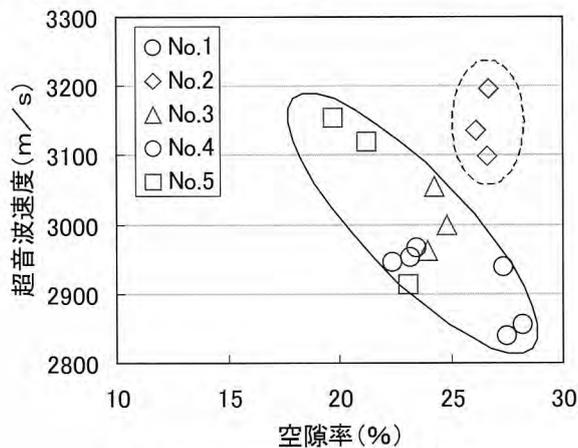


図 3.3.4 空隙率と超音波速度

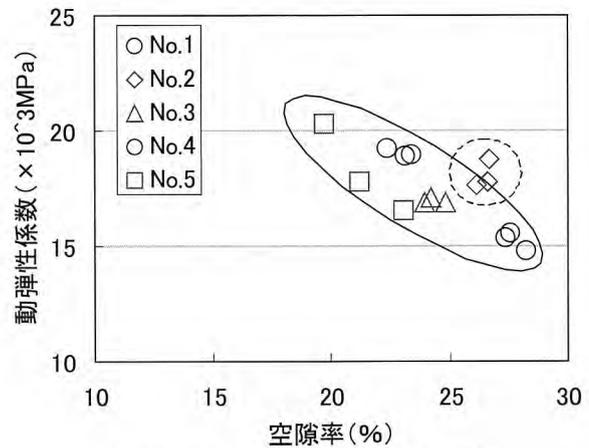


図 3.3.5 空隙率と動弾性係数

(4) 圧縮強度と超音波速度、動弾性係数

図 3.3.6、図 3.3.7 に超音波速度と圧縮強度、動弾性係数と圧縮強度の関係を示す。図は強制劣化前の供試体で整理している。解析点数は少ないが、超音波速度が大きいほど圧縮強度が大きい傾向があり、動弾性係数も同様の傾向を示している。

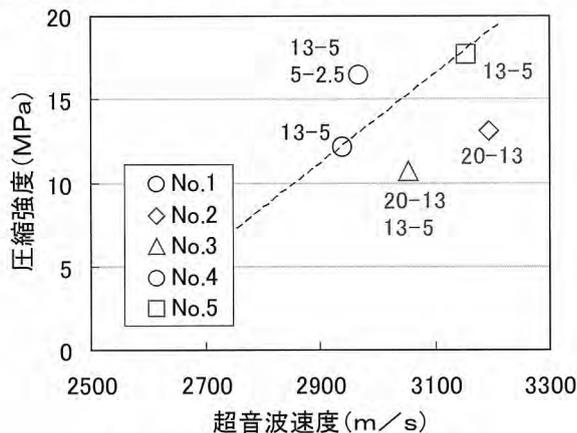


図 3.3.6 超音波速度と圧縮強度

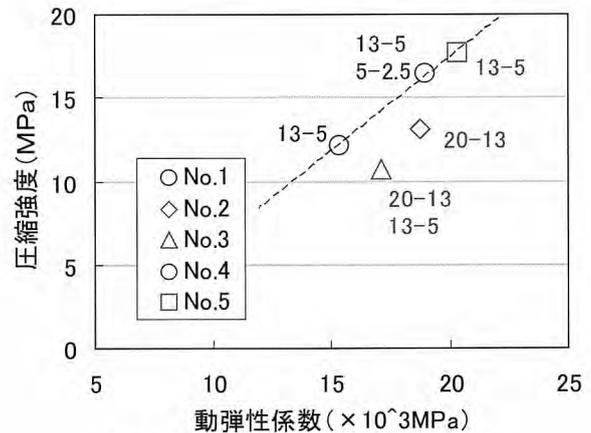


図 3.3.7 動弾性係数と圧縮強度

(5) 供試体の強制劣化と超音波速度、動弾性係数

図 3.3.8、図 3.3.9 に空隙率と超音波速度、空隙率と動弾性係数の関係を示す。図中、マーカーの小さい方は劣化前、大きい方は劣化後を示している。多くの供試体は強制劣化後に超音波速度が小さくなった。これらの傾向は同様に動弾性係数においても見られた。また、No. 4、5 の凍結融解劣化において、超音波速度、動弾性係数の低下が少ないのは、他の供試体に比べ空隙率、空隙径が小さいためと考えられる。

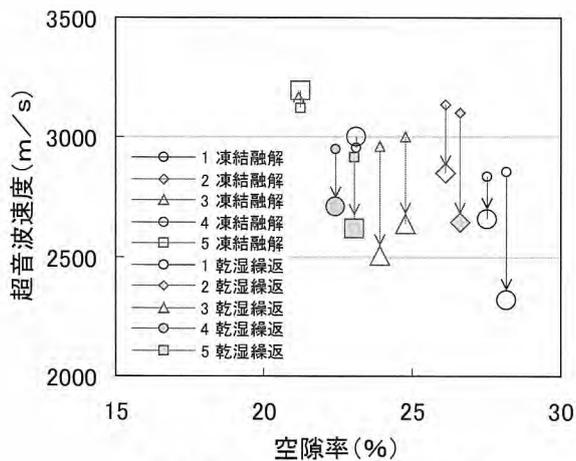


図 3.3.8 空隙率と超音波速度

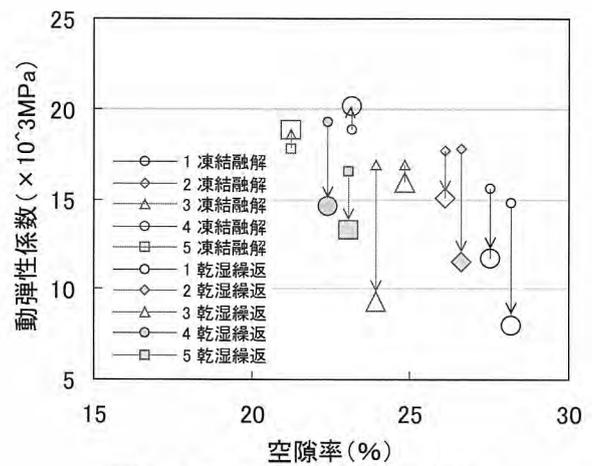


図 3.3.9 空隙率と動弾性係数

緒方ら^{11),12)}は、広範囲な配合のコンクリート供試体において、動弾性係数と超音波伝播速度には高い相関のあることを見出し、次式に示す相対超音波伝播速度を用いてコンクリート供試体の耐凍害性の評価が可能であるとしている。

$$\text{相対超音波伝播速度(\%)} = \left(\frac{VL_N}{VL_0} \right)^2 \times 100$$

ここに

VL_N : 劣化後の超音波伝播速度 (m/s)

VL_0 : 劣化前の超音波伝播速度 (m/s)

そこで、本試験により得られた結果から相対動弾性係数及び相対超音波伝播速度を算出し、超音波法による劣化度の評価を試みた。図 3.3.10 に相対動弾性係数と相対超音波伝播速度との関係を示す。

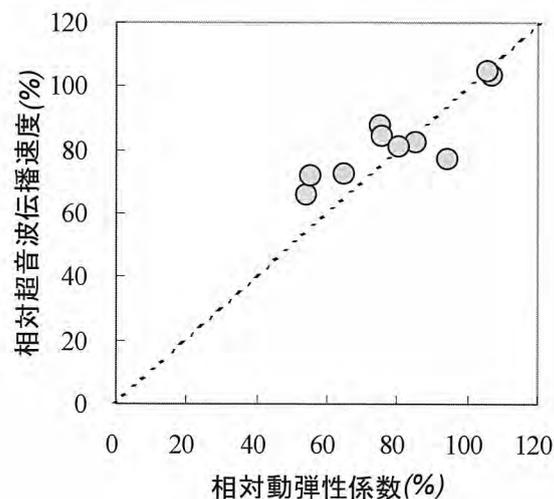


図 3.3.10 相対動弾性係数と相対超音波伝播速度

図 3.3.10 より、相対動弾性係数と相対超音波伝播速度には比較的高い相関が認められた。したがって、超音波法によりコンクリートの劣化を評価できるものと思われる。

本試験では、コンクリート供試体により超音波法の適用について検討を行った。実際のコンクリート構造物においては、非破壊試験である超音波法を用いることでコア採取を行わずに劣化度を評価できる可能性があると考えられる。

3.3.4 まとめ

本試験の結果、超音波伝播速度はポーラスコンクリートの空隙率の評価や、劣化度を評価する手法の一つとして有用であることが確認された。

表 3.3.2 参考資料(試験データ)

供試体 番号	強制劣化の方 法	空隙率 (%)	劣化前			強制劣化後		
			圧縮強度 (MPa)	超音波速度 (m/s)	動弾性係数 ($\times 10^3$ MPa)	圧縮強度 (MPa)	超音波速度 (m/s)	動弾性係数 ($\times 10^3$ MPa)
1-1	劣化前	27.4	12.2	2938	15.37	—	—	—
1-2	凍結融解	27.5	—	2838	15.57	10.6	2660	11.69
1-3	乾湿繰返し	28.2	—	2854	14.82	10.3	2317	7.98
2-1	劣化前	26.7	13.1	3195	18.76	—	—	—
2-2	凍結融解	26.1	—	3135	17.65	8.8	2846	15.01
2-3	乾湿繰返し	26.6	—	3099	17.80	10.8	2641	11.50
3-1	劣化前	24.2	10.7	3055	17.08	—	—	—
3-2	凍結融解	24.8	—	3000	16.86	10.1	2639	15.91
3-3	乾湿繰返し	23.9	—	2962	16.90	10.7	2506	9.32
4-1	劣化前	23.4	16.5	2967	18.96	—	—	—
4-2	凍結融解	23.1	—	2953	18.86	15.5	3000	20.15
4-3	乾湿繰返し	22.4	—	2947	19.23	18.3	2710	14.58
5-1	劣化前	19.7	17.7	3155	20.29	—	—	—
5-2	凍結融解	21.2	—	3119	17.78	14.1	3191	18.79
5-3	乾湿繰返し	23.1	—	2913	16.55	12.2	2620	13.31

3.4 ポーラスコンクリート護岸における劣化度調査

3.4.1 調査の概要

本調査は、ポーラスコンクリートブロックが、設置される水分環境の違いによって強度、耐久性、あるいは内部の空隙の状況がどのように異なるかを非破壊試験法の一つである超音波伝播速度測定により推定を試みたものである。

3.4.2 調査方法

調査対象ブロック^{13),14)}は、平成7年に生物共生型コンクリートとして河川の護床、法面に設置された長さ2280mm、幅1710mm、厚さ684mm、突起部の高さ114mm、重量3tのポーラスコンクリートブロックである。このブロックは下部の1/2を普通コンクリートとし、上部の1/2を5-2.5mmあるいは40-20mmの骨材を用いたポーラスコンクリートである。ブロックの形状および配置図を図3.4.1、図3.4.2に、配合を表3.4.1に示す。

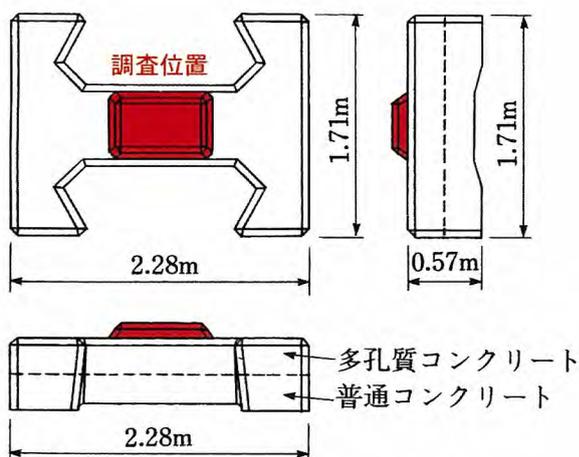


図 3.4.1 ポーラスコンクリートブロックの形状

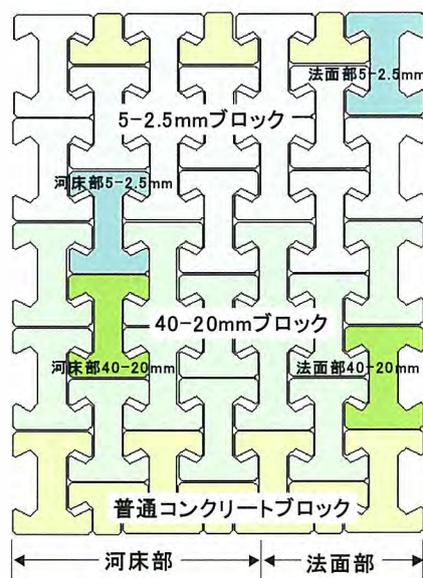


図 3.4.2 ポーラスコンクリートブロックの配置

表 3.4.1 ポーラスコンクリートブロックの配合

ブロック	セメントの種類	骨材寸法 (mm)	単位骨材量 (kg/m ³)	単位セメント量 (kg/m ³)	W/C (%)	目標空隙率 (%)	設置1ヶ月後 圧縮強度 (MPa) ※同配合・同環境における 円柱供試体の強度
POC b1	N	40-20	1506	315	28	25	16.0
POC b2	N	5-2.5	1455	367	28	25	19.5

ポーラスコンクリートブロックは、40-20mmのブロックと5-2.5mmのブロックそれぞれについて護床部と法面部より選定した。調査は、超音波測定装置のセンサーをあてる箇所の植物、砂、泥、劣化ペースト部を金ブラシで取り除いた後、超音波測定装置(周波数 28kHz、センサー寸法 $\phi 20 \times 130\text{mm}$)を用い、ブロックの突起部(約 $700 \times 400\text{mm}$)の側面にセンサーをあてて対向法で行った。透過方向は図 3.4.3 に示すとおり全測点間で行い、一例として(株)間組のトモグラフィーを作成するソフトを用いて解析した。この方法では実コンクリート構造物の平面的な品質の分布を表すことにより、内部と表面の品質の違いを定性的に示すことが可能である。

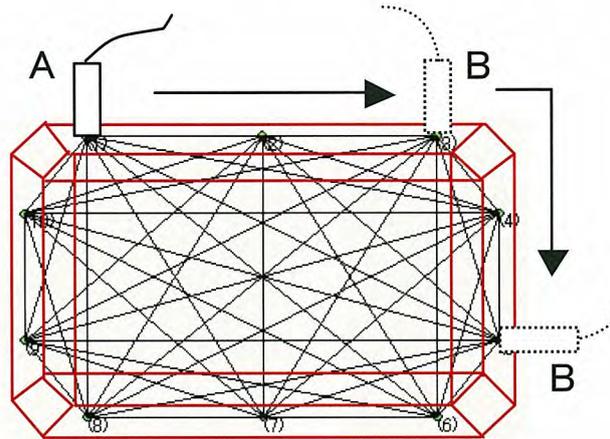


図 3.4.3 超音波透過方向

3.4.3 外観調査結果

本調査箇所は、平成7年のブロック設置時は写真 3.4.1 に示すとおり護床部は水中にあったが、今回の平成15年11月の調査時には写真 3.4.2 に示すとおり水量が少なく、護床ブロックは水面上にあった。

写真 3.4.3~写真 3.4.6 に、測定したポーラスコンクリートブロックの突起部を示す。すべてのブロックとも、空隙内にシルト系の土による目詰まりが生じていた。写真 3.4.4、写真 3.4.6 に示す5-2.5mmのブロックはすり減りにより表面のペーストがはがれ骨材が露出しており、とくに河床部のコンクリートは上流側面に断面欠損が見られた。写真 3.4.3 に示す河床部40-20mmのブロックは、すり減りにより骨材の露出が見られたが、写真 3.4.5の法面部40-20mmのブロックはすり減りは無かった。また写真 3.4.3、写真 3.4.6 に示す河床部40-20mmのブロックと、法面部5-2.5mmのブロックは表面にはコケ類が見られた。写真 3.4.4 に示す河床部5-2.5mmのブロックは植物の活着は見られなかった。写真 3.4.5 に示す法面部40-20mmのブロックは部分的に植物の根が空隙内部に侵入していた。



写真 3.4.1 設置直後のポーラスコンクリートブロック(平成7年)



写真 3.4.2 8年経過後のポーラスコンクリートブロック(平成15年11月)



写真 3.4.3 河床部 40-20mm



写真 3.4.4 河床部 5-2.5mm



写真 3.4.5 法面部 40-20mm



写真 3.4.6 法面部 5-2.5mm

3.4.4 超音波伝播速度測定結果

図 3.4.4～図 3.4.7 に、突起部の超音波測定結果を示す。図は右側の目盛りのおり伝播速度ごとに色分けして表している。

粗骨材径の違いについてみると、図 3.4.4、図 3.4.6 に示す 40-20mm のブロックは超音波伝播速度 2300m/sec 以上が多く分布した。それに比べ図 3.4.5、図 3.4.7 に示す 5-2.5mm のブロックは超音波伝播速度 2300m/sec 以下が多く分布した。これらはすべて W/C=28%、空隙率 25%程度である。圧縮強度試験結果から粗骨材径 5-2.5mm の伝播速度が大きくなることが想定されたが、逆の傾向が見られた。この原因として、5-2.5mm のブロックの劣化も考えられるが、5-2.5mm のブロックの表面は骨材による細かな凹凸があり、 $\phi 20$ mm のセンサーが良好に密着しづらかったことも一因と考えられる。

設置箇所の違いについてみると、図 3.4.5 に示す河床部 5-2.5mm のブロックは内部に比べ表面部の超音波伝播速度が大きい傾向にあった。このことは表面付近は内部に比べ空隙率が小さいことを示しており、空隙内の目詰まりが表面部付近に多いことによるものか、施工時の締固め時に生じた組織構造の差異などが影響したものと考えられる。図 3.4.6、図 3.4.7 の法面部は逆に内部より表面部の超音波伝播速度が小さく、凍結融解や乾燥収縮などが原因の微細なひびわれによる強度の低下が考えられる。しかし、図 3.4.4 に示す河床部の 40-20mm ブロックについては速度の分布にばらつきが大きく明確な傾向は見られなかった。

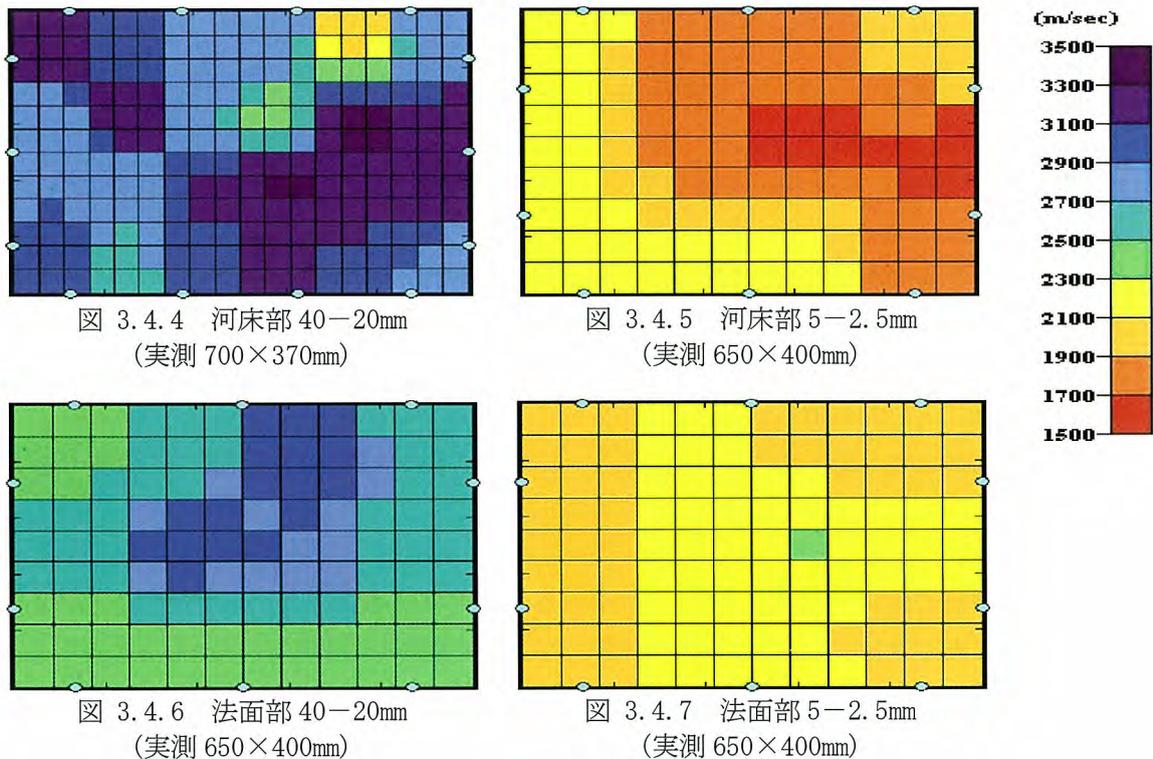


図 3.4.4 河床部 40-20mm
(実測 700×370mm)

図 3.4.5 河床部 5-2.5mm
(実測 650×400mm)

図 3.4.6 法面部 40-20mm
(実測 650×400mm)

図 3.4.7 法面部 5-2.5mm
(実測 650×400mm)

3.4.5 まとめ

本調査では、超音波伝播速度の測定によってポーラスコンクリートブロックの内部空隙状況の推定を試みた。その結果、設置される水分環境によって超音波伝播速度の分布が異なることが明らかとなった。本調査の範囲では施工直後の超音波伝播速度のデータは無いため、異なる配合条件、設置条件間による伝播速度分布の相対比較による検討しかできなかつたが、今後ポーラスコンクリートの強度や耐久性、空隙率の変化に対する評価手法の一つとしてとして超音波伝播速度測定は有用であると考えられる。

3.5 おわりに

ポーラスコンクリートの強度、空隙率及び透水性能について評価する基準はある程度確立されている。そこで、当委員会では凍害劣化等による経時変化を評価する試験方法として超音波法の有用性を確認し提案することとした。

簡易的に強制劣化させたポーラスコンクリート供試体における試験では、試験範囲内ではあるが超音波伝播速度と空隙率及び動弾性係数に比較的相関性があり、凍結融解、乾湿繰り返しによる劣化度を確認でき、さらに、現場におけるポーラスコンクリート護岸ブロックでは、河川の河床部、法面部のブロック内部、外部で超音波伝播速度が異なる傾向にあり、河床部では目詰まり、法面部では凍結融解や乾燥収縮の影響等と推定できるものであった。両試験における超音波伝播速度や動弾性係数は、骨材の最大寸法の影響をうけることも確認することができた。

しかしながら、現場における試験では、水分環境の違いを現時点ではおおよそ把握できたものの、施工時のデータがないことから、経時における劣化度を評価できなかつた。また、現場において超音波法を構造物に適用する場合は、測定位置の選定、センサーと骨材の密着性の問題等もあり、現場における適用には更なる検討が必要である。今後は重要視されている植生効果などの環境性能を評価する基準の確立も必要とされる。

参考文献

- 1) JCI2003 ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書 pp.170-171、pp.176-178
- 2) JCI2003 ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書 pp.171-174、pp.179-181、pp.186-187
- 3) JCI2003 ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書 pp.174、pp.182-185
- 4) コンクリート工学年次論文 Vol.23、No.1、pp.157-162、2001
- 5) JCI2003 ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告書 pp.166-167
- 6) 土木学会第56回年次学術講演会清水建設技術研究所ポーラスコンクリートのフレッシュ時の品質管理方法 V228、pp.456-457
- 7) 鎌田敏郎、国枝稔他：超音波によるポーラスコンクリートの内部組成の評価、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.20、No.2、pp.733-738、1998
- 8) 吉田知弘、音野琢也、北野嘉乙、国枝稔、鎌田敏郎、六郷恵哲：超音波法によるポーラスコンクリートの空隙評価に関する基礎的検討、土木学会第59回年次学術講演会、pp.339-340、2004.9
- 9) 玉井元治：まぶしコンクリートの動弾性係数と凍結融解に対する抵抗性、セメント・コンクリート論文集 No.43、pp.376-381、1989
- 10) 佐川孝広、西村信二、星俊彦、下林清一：ポーラスコンクリートの物理特性に及ぼす鉱物繊維と高炉スラグ微粉末の影響、セメント・コンクリート論文集 No.54、pp.536-543、2000
- 11) 緒方英彦、服部九二雄、高田龍一、野中資博：超音波法によるコンクリートの耐凍結融解特性の評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.24、No.1、pp.1563-1568、2002
- 12) 高田龍一、郭世文、緒方英彦、服部九二雄：超音波法によるコンクリートの耐凍結融解性能評価に関する検討、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No.1、pp.1911-1916、2004
- 13) ZOUAGHI Abderrazak、進藤邦雄、山中誠：「生物共生型コンクリート」を用いた水辺環境の整備・保全に関する研究
- 14) 土木学会コンクリート技術シリーズ、水辺のコンクリート構造物ーコンクリートによる豊かな水辺環境の創造ーシンポジウム論文集 pp. II-71ーII-80

引用規格

- ・ JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法
- ・ JIS A 1106 コンクリートの曲げ強度試験方法
- ・ JIS A 1115 フレッシュコンクリートの試料の採取方法
- ・ JIS A 1132 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
- ・ JIS A 1138 試験室におけるコンクリートの作り方
- ・ JIS A 1107 コンクリートからのコア及びはりの切り取り方法
- ・ JIS Z 1250 普通れんが規格書
- ・ インターロッキングブロック舗装技術協会 保水性舗装用インターロッキングブロック品質規格書
- ・ JIS A 1218 土の透水試験方法
- ・ JSCE-F501 振動台式コンシステンシー試験方法
- ・ JSCE-F507 RCD用コンクリートのコンシステンシー試験方法

第4章 試 驗 施 工

第4章 試験施工	4-1
4.1 河川の概要と現状	4-1
4.1.1 河川の概要	4-1
4.1.2 水質の状況	4-2
4.2 水質浄化施設計画	4-9
4.2.1 ポーラスコンクリートブロック試験施工の目的	4-9
4.2.2 水質浄化方法の選定	4-9
4.2.3 水質浄化の室内実験	4-12
4.2.4 構造形状	4-26
4.3 試験施工結果	4-30
4.3.1 改修後の状況（平成17年4月～）	4-30
4.3.2 水質調査	4-31
4.4 現時点における評価	4-38

第4章 試験施工

本試験施工は、札幌市内のK川において、都市河川特有の問題とも言える水質などの河川環境の悪化をふまえ、水辺におけるコンクリートの有効利用を目指し実施するものである。

4.1 河川の概要と現状

4.1.1 河川の概要

K川は札幌市北部市街地を源流とし、低平地を流れF川に合流する流域面積6.2km²、流路延長4.5kmのI川水系の一級河川である。流域のほとんどは市街地または農地として土地利用されており、住宅地などを集水域とする排水路及び小河川が合流している。過去に下流では放水路、分流堰が作られ現在の姿になったが、現況では分流堰が倒伏しておりK川残流域の流量・流速は小さく、水質は悪化している。

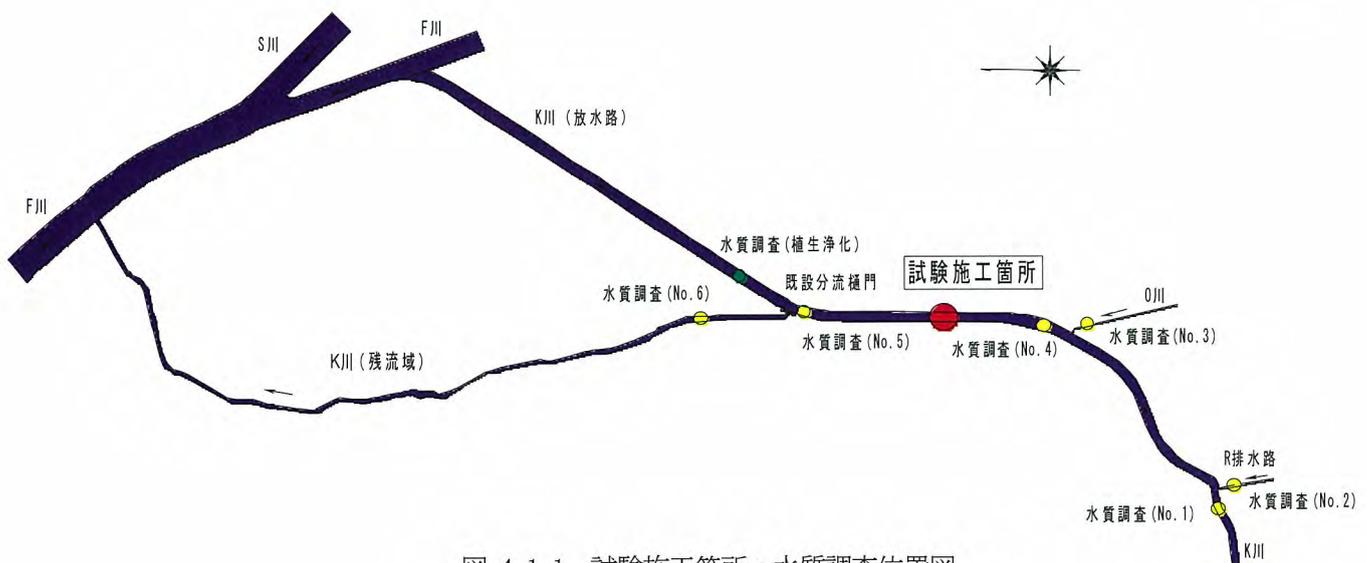


図 4.1.1 試験施工箇所・水質調査位置図



写真 4.1.1 試験施工箇所(設置前)

4.1.2 水質の状況

水質調査結果によると平常時の流量が少なく、SS（浮遊物質）の悪化が認められる。特に調査地点 No. 6 (K川残流域) においては放水路と分断された死水域の状態となっており、時期によらず SS は高い値を示し、DO (溶存酸素量) の低下や窒素・りんなどの栄養塩においても高い数値を示している。さらに現地では夏期の少流量時（滞水状態）においてしばしば臭気が発生することからも水質の悪化が伺える。

(1) 河川現状調査結果

対象河川 K川は環境基準の設定がなされていないため、K川の合流河川の類型を参考に、河川 B 類型の基準値と比較する。各地点の概況は、次のとおりである。

【No. 1 K川上流端】

淡褐色、淡黄色を呈している。SS が 11～30mg/L とやや濁りが認められる。

降雨により若干流量が増加するものの、大きな変動はなく、これに伴う濁りの増加は認められない。

全窒素、全りんともに一般の河川と比較して高いことは、全地点共通の特徴である。また、有機汚濁の指標である BOD から見ると、全地点 1mg/L を下回り、汚濁は認められない。生活排水等の影響は小さいと考える。一方、同様の指標である COD は 10mg/L を超過することが多く、地質的な影響によるものであると考える。

【No. 2 R排水路】

SS が 5～63mg/L と変動が大きい。降雨時に最も低濃度となっている。なお、降雨に伴う流量の顕著な増加は認められない。

No. 1 上流端と比較して、窒素・りん濃度は同程度であり、流量も小さいことから、K川に対する負荷は大きくないと考える。

【No. 3 O川】

7月及び8月調査時に pH が 9 を超過することがあったが、その後は B 類型の基準を満たしている。

SS は、3～13mg/L と大きな濁りは認められない。降雨時には流量の増加が認められ、SS も増加するが、その程度は小さく、B 類型の基準を満たしている。

降雨時に窒素・りんが平常時より高くなる傾向がある。

【No. 4 K川】

O川の流入に伴い、流量が増加する。SS が 10月調査時に B 類型の基準を超過することがあったが、その他の時期は、この基準を満たしている。

窒素・りんは、O川と同様の傾向を示している。

【No.5 K川放水路】

8月20日の降雨時に、流量が大きく増加した。この時SSは平常時よりも低く希釈効果によるものと考えられる。一方、9月14日の降雨時にはSSが64mg/Lと期間中最も高い値を示している。

調査時の降雨量を見ると(表4.1.3)、8月20日は調査当日に71.5mm、9月14日は調査前日に24mmの降雨が確認されている。降雨直後は希釈効果があるものの、時間の経過に伴い流域からの負荷が増加することを示している。

【No.6 K川残流域】

SSが12~60mg/Lと時期によらず濁りが確認されている。

停滞しており、D0が5mg/Lを下回ることが多く、流水の保全という観点からは、導水による河川環境の改善が望まれる。

表 4.1.1 水質調査結果 (河川現状) ①

調査項目		調査地点		No.1 K川上流端							No.2 R排水路							B類型環境 基準値 (参考)
		7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20	7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20			
現地調査項目	調査時刻	時:分	14:30	14:45	16:10	14:20	11:00	10:45	14:20	15:10	15:20	16:55	15:35	11:30	11:15	14:45		
	天候		晴	晴	雨	曇	曇	曇	曇	晴	晴	曇	曇	曇	曇	曇		
	気温	℃	27.4	23.0	17.0	16.5	16.2	6.0	8.5	27.0	23.2	17.8	15.5	16.2	6.0	8.5		
	水温	℃	22.2	24.8	19.2	17.5	15.4	5.0	6.5	22.5	24.0	19.0	17.5	15.2	6.0	6.5		
	外観		淡黄色	茶褐色	淡褐色	淡褐色	褐色	褐色	淡黄色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色		
	臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭		
	透視度	cm	20	15	30	23	27	>30	>30	14	28	>30	>30	>30	14	22		
	流量	m ³ /s	0.00	0.012	0.018	0.0062	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.038	0.00	0.00	0.012	0.0077		
生活環境項目	pH		7.5	7.5	7.0	7.0	6.7	7.3	7.2	8.3	8.2	7.2	7.6	7.1	7.5	7.2	6.5~8.5	
	BOD	mg/ℓ	<0.5	<0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.5	<0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.6	0.7	3以下	
	COD	mg/ℓ	15	21	12	7.4	8.4	10	6.3	25	10	8.2	7.4	15	11	9.8		
	SS	mg/ℓ	23	30	12	19	22	15	11	63	31	10	5	8	54	27	25以下	
	DO	mg/ℓ	13	13	7.0	8.2	8.0	11	15	16	13	8.7	10	13	12	10	5以上	
	大腸菌群数	MPN/100mℓ	350	22	2400	790	45	920	240	170	79	2400	2400	2400	1600	1600	5,000以下	
	全窒素	mg/ℓ	1.2	3.8	2.2	1.3	2.7	2.6	1.7	1.8	2.9	3.7	1.3	2.9	3.3	3.8		
	全りん	mg/ℓ	0.13	0.30	0.14	0.11	0.12	0.17	0.11	0.41	0.36	0.33	0.093	0.16	0.46	0.28		
その他	鉄(溶解性)	mg/ℓ	0.93	2.3	1.9	2.7	2.0	0.11	1.1	1.7	1.8	0.53	0.15	0.36	0.56	0.91		
	マンガン(溶解性)	mg/ℓ	0.19	0.38	0.15	0.28	0.21	0.10	0.041	0.23	0.27	0.067	0.035	0.080	0.014	0.049		
	色度	度	6	16	8	22	<1	6	3	8	13	8	10	<1	8	5		
	濁度	度	22	45	11	15	21	13	10	46	41	8.4	4.2	7.6	36	23		
備考				降雨時	降雨時						降雨時	降雨時						

表 4.1.2 水質調査結果 (河川現状) ②

調査地点		No.3 〇川							No.4 K川							B類型環境 基準値 (参考)	
		7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20	7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20		
現地調査項目	調査時刻	時:分	13:40	14:00	15:20	12:15	10:25	10:10	13:50	11:50	13:15	14:25	11:20	9:45	9:40	13:25	
	天候		晴	晴	雨	曇	曇	曇	曇	晴	晴	雨	曇	曇	曇	曇	
	気温	℃	28.0	23.0	17.2	17.8	15.3	7.0	9.0	28.4	23.0	17.0	16.5	15.5	6.5	9.0	
	水温	℃	21.7	23.7	18.5	16.5	14.8	7.0	7.0	20.2	24.5	18.2	16.5	14.8	6.0	6.0	
	外観		淡黄色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	無色	淡黄色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	
	臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	透視度	cm	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	28	29	27	25	18	>30	
	流量	m ³ /s	0.0045	0.0051	0.28	0.060	0.018	0.041	0.017	0.0035	0.0079	0.46	0.029	0.031	0.060	0.033	
生活環境項目	pH		9.0	9.3	6.9	7.4	7.6	7.3	7.8	7.7	8.2	6.9	7.2	7.4	7.2	7.4	6.5~8.5
	BOD	mg/ℓ	<0.5	<0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.5	0.6	0.8	0.8	3以下
	COD	mg/ℓ	11	9.8	9.2	8.4	6.7	6.1	4.1	11	11	8.8	8.8	8.0	9.0	8.0	
	SS	mg/ℓ	7	7	13	8	3	5	5	14	15	21	17	14	48	10	25以下
	DO	mg/ℓ	11	9.5	8.1	10	15	12	14	9.4	7.6	7.7	8.9	12	10	14	5以上
	大腸菌群数	MPN/100ml	110	240	2400	2400	2400	920	1600	1600	1600	3500	2400	2400	920	1600	5,000以下
	全窒素	mg/ℓ	1.0	2.1	8.6	4.2	3.8	3.0	4.1	1.7	1.1	7.8	4.2	4.0	4.0	3.8	
	全りん	mg/ℓ	0.23	0.31	0.34	0.12	0.047	0.12	0.19	0.23	0.47	0.38	0.16	0.10	0.30	0.17	
その他	鉄(溶解性)	mg/ℓ	0.81	0.93	0.99	0.42	0.54	0.47	2.8	3.3	2.5	1.4	1.5	1.8	1.5	1.1	
	マンガン(溶解性)	mg/ℓ	0.073	0.10	0.16	0.10	0.071	0.30	0.041	0.19	0.21	0.19	0.31	0.16	0.26	0.098	
	色度	度	12	15	8	11	<1	6	3	14	10	9	11	<1	4	4	
	濁度	度	3.9	8.1	8.2	4.3	1.5	8.9	2.7	13	21	14	11	11	36	6.2	
備考				降雨時	降雨時						降雨時	降雨時					

表 4.1.3 水質調査結果 (河川現状) ③

調査地点		No.5 K川放水路							No.6 K川残流域							B類型環境 基準値 (参考)	
		7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20	7/23	8/19	8/20	9/14	9/30	10/28	11/20		
現地調査項目	調査時刻	時:分	10:50	11:40	11:55	10:35	9:05	9:00	12:15	8:30	8:25	10:35	9:30	8:35	8:20	11:45	
	天候		晴	晴	雨	曇	曇	曇	曇	晴	晴	雨	曇	曇	曇	曇	
	気温	℃	27.8	23.5	17.8	16.0	15.4	6.5	8.0	24.0	24.0	16.5	15.5	13.6	7.5	8.5	
	水温	℃	21.0	27.6	17.6	16.5	16.0	5.5	5.7	20.5	19.6	18.5	15.0	14.1	4.2	6.4	
	外観		淡黄色	淡褐色	褐色	淡褐色濁	淡褐色	淡褐色	無色	淡黄色	茶褐色	茶褐色	淡褐色	茶褐色	淡褐色	淡褐色	
	臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	透視度	cm	23	>30	19	14	>30	21	>30	19	26	18	25	26	14	22	
	流量	m ³ /s	0.0059	0.0036	0.97	0.093	0.027	0.056	0.030	0.00	0.00	0.020	0.018	0.013	0.022	0.019	
生活環境項目	pH		7.6	8.2	6.9	7.1	7.4	7.2	7.3	7.5	7.3	7.0	6.9	6.9	7.0	6.7	6.5~8.5
	BOD	mg/ℓ	<0.5	<0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.6	<0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	3以下
	COD	mg/ℓ	11	10	12	13	8.0	8.2	6.3	33	20	13	12	12	16	10	
	SS	mg/ℓ	28	20	12	64	26	40	7	60	27	27	14	18	42	12	25以下
	DO	mg/ℓ	8.6	13	7.9	6.1	8.9	9.8	12	9.8	3.4	4.7	2.0	1.9	2.3	2.4	5以上
	大腸菌群数	MPN/100ml	1600	1600	3500	790	1300	1600	540	70	1600	3500	1300	2400	350	49	5,000以下
	全窒素	mg/ℓ	1.9	2.0	5.3	7.5	3.7	3.5	4.0	4.1	3.8	4.7	2.2	3.5	2.7	2.5	
	全りん	mg/ℓ	0.27	0.20	0.34	0.44	0.16	0.30	0.14	0.84	0.58	0.25	0.40	0.30	0.61	0.19	
その他	鉄(溶解性)	mg/ℓ	3.8	1.7	0.98	7.1	1.6	0.85	1.2	4.7	4.9	6.0	4.9	3.9	4.9	1.1	
	マンガン(溶解性)	mg/ℓ	0.36	0.12	0.14	0.73	0.15	0.12	0.085	0.50	1.2	0.90	1.0	0.39	0.16	0.045	
	色度	度	13	8	8	11	<1	6	4	18	17	17	23	<1	10	10	
	濁度	度	17	15	12	49	11	26	3.2	33	33	26	21	15	31	7.2	
備考				降雨時	降雨時						降雨時	降雨時					

(2) 植生による水質浄化調査結果

主にヨシとガマで構成される水生植物群落を通過するにしたがい、どの程度の水質浄化効果が期待できるか把握するため、水質浄化試験地を設定し水質調査を実施した。

調査地の概要は、以下のとおりである。水質調査結果は表 4.1.4 に示すとおりである。

植生により、特に SS 及び栄養塩の除去効果が期待される。ヨシ・ガマ群落内では、植生が密生し変動が大きかったことから、B 地点と E 地点に着目し浄化率を算出した。結果は表 4.1.5～表 4.1.6 に示すとおりである。

植生によるフィルター効果により SS は 53～84%、窒素は 10～31%、りんは 47～69%の削減効果があった。特に SS の削減に植生は大きな役割を果たしているものとする。

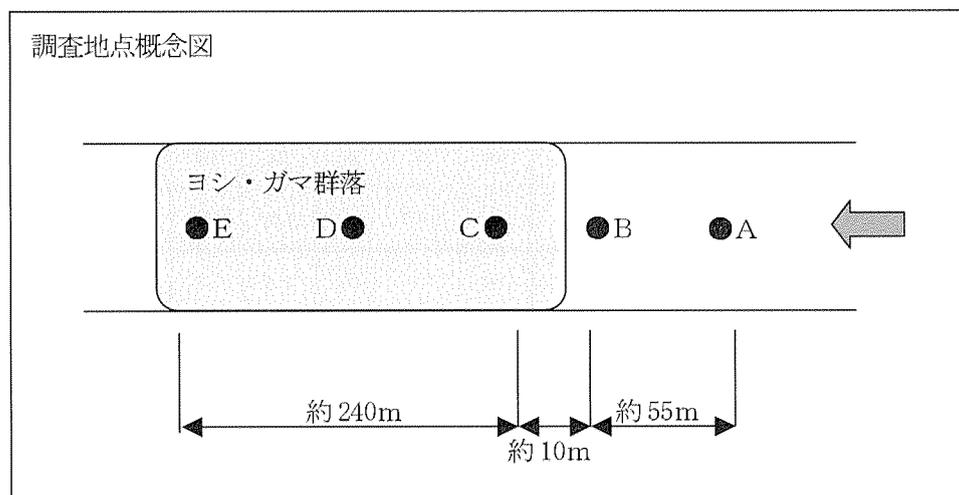


表 4.1.4 植生による浄化率

	SS (mg/L)			全窒素(mg/L)			全りん(mg/L)		
	B 地点 濃度	E 地点 濃度	浄化率 (%)	B 地点 濃度	E 地点 濃度	浄化率 (%)	B 地点 濃度	E 地点 濃度	浄化率 (%)
7/23	44	16	64	1.4	1.2	14	0.32	0.17	47
7/30	46	8	83	1.7	2.3	—	0.39	0.12	69
8/6	30	9	70	1.9	1.4	26	0.31	0.18	42
8/19	25	4	84	2.0	1.8	10	0.25	0.12	52
8/26	32	15	53	3.5	2.4	31	0.22	0.11	50

表 4.1.5 水質調査結果 (植生浄化) ①

調査項目		調査地点	1回目 (7/23)					2回目 (7/30)					3回目 (8/6)				
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
現地調査項目	調査時刻	時:分	10:30	9:40	9:30	9:20	9:10	12:00	11:10	10:50	9:35	8:50	12:35	11:45	11:25	10:40	9:35
	天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
	気温	℃	27.6	27.0	27.0	26.5	26.3	28.2	28.7	28.5	28.9	27.8	28.5	27.0	29.0	28.0	24.0
	水温	℃	21.5	21.3	20.5	19.3	19.8	32.0	28.2	26.7	23.5	23.5	34.5	28.0	26.8	24.0	23.5
	外観		淡黄色	淡褐色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色	淡黄色
	臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
	透視度	cm	24	13	18	18	24	>30	18	19	24	>30	18	18	15	25	>30
	流量	m ³ /s	-	0.016	-	0.00	-	-	0.039	-	0.00	0.078	-	0.030	-	0.00	0.058
生活環境項目	pH		7.6	7.4	7.4	7.3	7.2	7.6	7.6	7.4	7.2	7.2	9.1	7.9	7.5	7.2	7.1
	BOD	mg/ℓ	0.5	0.5	<0.5	0.6	0.6	<0.5	0.6	<0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7
	COD	mg/ℓ	10	11	11	20	10	10	11	11	12	11	12	10	9.8	11	10
	SS	mg/ℓ	23	44	50	50	16	28	46	29	70	8	28	30	37	30	9
	DO	mg/ℓ	8.9	9.0	4.6	3.1	3.2	13	10	6.6	2.5	3.2	12	10	6.9	3.7	3.0
	大腸菌群数	MPN/100mℓ	1600	540	920	920	350	2400	490	1300	790	230	330	2400	2400	2400	1300
	全窒素	mg/ℓ	2.0	1.4	1.8	1.7	1.2	1.5	1.7	2.8	2.5	2.3	1.2	1.9	1.2	1.8	1.4
	全りん	mg/ℓ	0.22	0.32	0.31	0.25	0.17	0.25	0.39	0.32	0.36	0.12	0.32	0.31	0.32	0.27	0.18
その他	鉄 (溶解性)	mg/ℓ	3.2	4.1	4.5	3.8	2.3	2.8	4.7	4.0	4.9	1.8	2.9	3.5	3.3	3.2	1.8
	マンガン (溶解性)	mg/ℓ	0.36	0.35	0.39	0.37	0.42	0.25	0.46	0.32	0.46	0.71	0.013	0.20	0.28	0.48	1.3
	色度	度	10	12	10	8	8	12	13	15	15	14	14	12	14	13	10
	濁度	度	15	25	28	29	13	16	22	19	37	8.5	12	17	18	17	7.4

表 4.1.6 水質調査結果 (植生浄化) ②

調査項目		調査地点	4回目 (8/19)					5回目 (8/26)				
			A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
現地調査項目	調査時刻	時:分	11:25	10:40	10:30	9:50	9:10	10:40	10:00	9:45	9:05	8:30
	天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴
	気温	℃	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	22.0	21.5	18.0	18.0
	水温	℃	28.5	22.5	21.0	20.6	20.5	21.0	18.0	16.4	14.7	15.0
	外観		褐色	褐色	褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色	淡褐色
	臭気		無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
	透視度	cm	20	19	15	30	>30	18	18	16	>30	>30
	流量	m ³ /s	-	0.0093	-	0.00	0.061	-	0.047	-	0.038	0.057
生活環境項目	pH		7.8	7.5	7.4	7.2	7.1	7.5	7.4	7.4	7.2	7.1
	BOD	mg/l	0.6	<0.5	0.6	<0.5	0.6	0.5	0.7	0.6	0.5	0.6
	COD	mg/l	9.2	8.8	9.2	8.2	7.4	9.4	8.2	7.8	10	7.0
	SS	mg/l	38	25	27	17	4	53	32	25	38	15
	DO	mg/l	13	8.0	5.4	2.0	1.4	10	8.7	7.0	3.5	3.5
	大腸菌群数	MPN/100ml	1600	350	920	920	1600	920	240	350	350	920
	全窒素	mg/l	2.5	2.0	2.2	1.7	1.8	3.6	3.5	3.0	3.1	2.4
	全りん	mg/l	0.27	0.25	0.24	0.18	0.12	0.37	0.22	0.19	0.20	0.11
その他	鉄 (溶解性)	mg/l	2.8	3.6	3.4	3.2	0.96	3.0	2.1	2.0	2.9	0.91
	マンガン (溶解性)	mg/l	0.15	0.25	0.30	0.36	0.57	0.18	0.16	0.15	0.13	0.048
	色度	度	7	8	9	9	8	8	13	12	9	7
	濁度	度	34	24	26	19	7.5	33	20	18	19	2.1

(3) 植物プランクトン現状調査結果

K 川河道内において、藻類の発生が著しく景観の障害となるような点を選定し、藻類の同定、分布状況の確認を行った。

現地状況写真は、以下に示すとおりである。また、確認種を表 4.1.7 に示す。

① R 橋周辺



② H 橋より上流付近



③ K 川残留域



表 4.1.7 植物プランクトン確認状況

No.	種名	測点	①	②	③
1	藍藻類	Merismopedium sp.			+
2		Nostoc sp.			+
3		Oscillatoria sp. 1	+++	+++	
4		Oscillatoria sp. 2	+	+	
5		Phormidium sp.	+	+	
6	珪藻類	Melosira varians	+	+	
7		Meridion circulare v. constrictum	+		
8		Fragilaria capucina			++
9		Synedra acus			+
10		Stauroneis sp.		+	
11		Frustulia vulgaris		+	
12		Pinnularia spp.		+	
13		Navicula cuspidata		+	
14		Navicula cryptocephala	+	+	
15		Navicula pupula	+	+	
16		Navicula trivialis	+	+	
17		Navicula spp.	+	+	+
18		Gomphonema parvulum	+	+	
19		Gomphonema sp.	+		
20		Rhopalodia gibba			+
21		Hantzschia sp.		+	
22		Nitzschia amphibia	+		
23		Nitzschia palea	+	+	
24		Nitzschia tubicola	+	+	
25		Nitzschia spp.			+
26		Surirella sp.	+		
27	ミドリムシ藻類	Euglena sp.		++	++
28		Phacus sp.	+		+
29		Trachelomonas sp.			++
30	緑藻類	Ankistrodesmus bibrarianus			+
31		Ankistrodesmus sp.			+
32		Scenedesmus sp.			+
33		Chlorhormidium sp.			+
34		Oedogonium spp.			+
35		Mougeotia sp.			+++

備考 ・+出現 ++多い +++非常に多い

- ①、②で最も多い藻類は、糸状性の藍藻類のユレモ科Oscillatoriaceaeの仲間一種Oscillatoria sp.1であった。細胞の特徴は、細胞の幅が5.0μm、長さが2.5~3.0μm、隔壁に顆粒があり、偽空胞を持つ細胞も観察された。糸状体は、細胞間の連結部でわずかにくびれ、先端に向かい細くなったり、末端細胞に特別な構造は認められない。図鑑の検索に従うと、Oscillatoria tenuisが該当するが、細胞間のくびれ方がわずかであるほか、偽空胞の発達が悪く、②の緑色の固まりを構成する糸状体では偽空胞がまったく認められない。以上の理由から、結果表ではOscillatoria sp.1(ユレモの一種)として記した。ちなみにOscillatoria tenuisは、かび臭の2-メチルイソボルネオールを産生する事で知られる藍藻類の一種である。
- ①と②ではその他にも糸状体の藍藻類が観察された。Oscillatoria sp.2は、細胞の幅2.3μmで長さ3.0~4.8μmで、細胞の連結部でわずかにくびれる特徴を持つ。またPhormidium sp.は、細胞の幅4.5μm、長さ2.0μmで、しっかりとした寒天質状鞘の中に細胞と細胞が離れて連なっている。また糸状体は短く、長いものでも200μm程度で多くは20~50μmである。
- ③で最も多い藻類は、糸状性の緑藻類の一種、ヒザオリモMougeotia sp.であった。細胞は幅が4.0~22.5μm(多くは20μm)、長さ40~100μm。この仲間の同定は、成長した接合胞子の稠密な観察が必要であり、ここでの記載は属に留めた。
- ③にはその他にも、緑藻類の糸状体の緑藻類としてChlorhormidium属とOedogonium属の出現が認められたがいずれも細胞の幅が4~5μmと細く、生物量としては前種のMougeotiaが圧倒的に優占した。Chlorhormidium属は、Hormidium属とかKlebsormidium属と呼ばれる藻類と同じものである。

4.2 水質浄化施設計画

4.2.1 ポーラスコンクリートブロック試験施工の目的

K 川の現状は、水質調査の結果から平常時の流量・流速が小さいため、自浄的な水質改善が望めないことから人為的な水質浄化が必要と判断できる。また、K 川放水路から分流している K 川残留域は、分流樋門（堰）により平常時には通水が行われる予定ではあるが、K 川自体の流量・流速が小さいため現在の水質を改善するほどの変化とはならないことが予想される。

この水質浄化に、水辺におけるコンクリートの有効利用を目指して、ポーラスコンクリートを用いた水質浄化の試験施設を施工する。

4.2.2 水質浄化方法の選定

水質浄化方法は、試験施工個所の現地条件を踏まえ選定する。

(1) 現地条件

- 河川区域は狭く、周囲に住居も近接している状態
- 平常時の流量は $0\text{m}^3/\text{s} \sim 0.060\text{m}^3/\text{s}$ と少なく流速も $0.2\text{m}/\text{s}$ 以下(降雨時の最大は $0.970\text{m}^3/\text{s}$)
- 水質調査位置 No. 5 および No. 6 の SS が $50\text{mg}/\ell$ 以上の高い数値を示す
- 富栄養の区分となる窒素 ($1.0\text{mg}/\ell$)・りん ($0.1\text{mg}/\ell$) 以上を示す
- ヨシやクサヨシなどの植物が多く自生

(2) 選定結果

水質浄化方式は表 4.2.3 に示す方式があり、現地条件などを考慮すると直接方式が望ましく、ろ過、吸着、沈殿、植物浄化(吸着)などの原理を用いた水質浄化方法が考えられる。

主な浄化方法としては滞水池法、水生植物植栽浄化法、伏流浄化法、活性炭浄化法などがあり、それぞれの水質浄化方法のメリットを組み合わせることが一つの浄化原理による場合よりも効果的な浄化が可能と考えられ、さらには自然の浄化機能を利用した最もエコロジカルな水質浄化システムである。

その場合の浄化施設としては透水係数の小さい壁体中で吸着、ろ過を行い、壁体による堰上げにより滞水池を作り池内部で植生を生育させる水質浄化施設となる。

表 4.2.2 より、水質浄化方法の組み合わせを考慮した浄化材料の選定は、現地の条件に最も適しているポーラスコンクリートとなる。

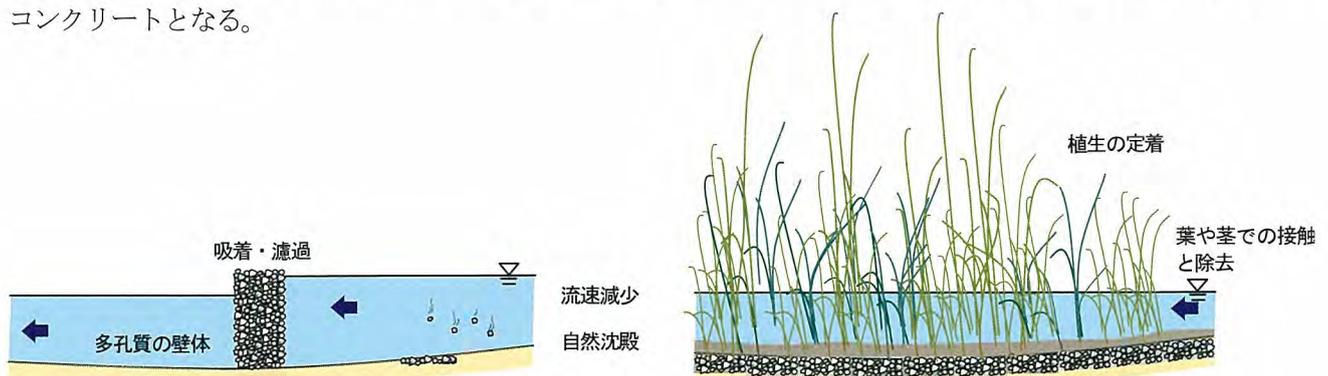


図 4.2.1 水質浄化方法の組合せイメージ

○水質浄化方法の組合せを考慮した選定のポイント

- ・透水係数の小さい壁体は礫、砂を入れたフトンカゴ状のものや、ポーラスコンクリートの壁体が考えられる。
- ・他の材料に比較しポーラスコンクリートは多孔質で連続的な空隙を多く有しており、接触面積も広い。
- ・ポーラスコンクリートの空隙を利用した流水の透過と目詰まり効果による流水中土砂の細粒分減少が可能。室内実験にてSS減少の有効性を確認。
- ・ポーラスコンクリートの空隙への植物根の定着を促進させることにより、繁茂した植生による浄化(吸着)効果が期待できる。水質調査にて植生による浄化効果を確認。
- ・河川構造物として安定性が高い。

表 4.2.1 水質浄化方法の選定条件

項 目	内 容
現地の水質状況	<ul style="list-style-type: none"> ・褐色の濁りがあり、景観的には好ましくない。 ・平常時の水量が少ない。 ・窒素・りんなどの栄養塩が一般的な河川より高い数値である。 ・SSが高い数値を示している。
一般的な河川構造物の性質	<ul style="list-style-type: none"> ・洪水時の外力に耐え得る構造。 ・温度変化での対応が可能な構造。
施設規模・メンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> ・施設用地の確保が困難なため大規模な機械設備や動力装置を必要としない構造。 ・メンテナンスは容易な規模・方法となること。

表 4.2.2 水質浄化材料の選定

水質浄化方法 (期待できる原理)	水質浄化材料の必要な機能	浄化材料の選定
滞水池法 (生物酸化、沈殿)	<ul style="list-style-type: none"> ・滞水するためには堰の形状と流水に抵抗できる構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂(碎石) ・コンクリート ・木材 ・鋼材
水生植物植栽浄化法 (植物浄化(吸着))	<ul style="list-style-type: none"> ・植物の繁茂および定着できる構造 ・根の定着を促進させるため根の貫入が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヨシ、クサヨシなど ・土砂 ・ポーラスコンクリート
伏流浄化法 (ろ過、吸着)	<ul style="list-style-type: none"> ・フィルター効果があり、連続的な空隙も有している 	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂(碎石、砂) ・フィルター材 (ヤシマットなど) ・ポーラスコンクリート
活性炭浄化法 (吸着)	<ul style="list-style-type: none"> ・多孔質な材料で吸着および空隙が目詰まりする 	<ul style="list-style-type: none"> ・活性炭 ・ポーラスコンクリート ・貝殻 ・ヤシマットなど

表 4.2.3 水質浄化方法の選定

浄化方法 (点源汚濁負荷)		原 理	特 徴	水質・施設面からの選定			
				河川 適用	施設 規模	動力 設備	コ スト
直接方式 (水域)	ばっ気法	生物酸化	酸素の供給による酸化力の増大 ・酸素供給と攪拌 ・ダム・湖沼での事例が多い	○	大	要	少
	薄層流浄化法	生物酸化	河床生物膜による生物酸化 ・礫布設による接触面積増大 ・安定した流量と拡幅が必要	○	大	不要	少
	滞水池法	生物酸化 沈殿	SS の自然沈殿、SS 性 BOD 除去 ・滞水による自然沈殿効果	○	小	不要	少
	伏流浄化法	濾過 吸着	土壌での濾過、吸着 ・地下水による希釈と河床による濾過	○	小	不要	少
	水生植物植栽浄化法	植物浄化 (吸着)	植物体による接触除去・土壌への吸着 ・水生植物による自然浄化機能の活用	○	小	不要	少
	活性炭浄化法	吸着	吸着による有機物除去 ・表面積が広い	○	小	不要	少
	間欠エアリフト揚水法	生物酸化	揚水による底層の好気化、 藻類の底層への移送による増殖抑制 ・底層水の揚水と攪拌 ・ダム・湖沼での事例が多い	○	小	要	少
礫間接触酸化法	生物酸化	SS の接触沈殿除去 SS 由来と可溶性 BOD の除去 ・礫充填によるフィルター効果	○	大	不要	少	
分離方式 (汲上)	接触材充填水路浄化法	生物酸化	生物膜増大による酸化力の強化 ・礫間接触酸化法と類似 ・水温低下による浄化効率低下が著しい	○	大	不要	多
	砂濾過法	濾過 吸着	砂層での濾過吸着 ・親水施設での事例が多い	○	大	不要	多
	河川水全量収集浄化法	凝集濾過	凝集剤添加による凝集濾過 ・揚水し処理施設での浄化後放流 ・ダム・湖沼での事例が多い	○	大	要	多

4.2.3 水質浄化の室内実験

(1) 実験概要

a) 実験の背景・目的

ポーラスコンクリートの水質浄化作用に関する研究は、これまでも多くなされてきているが、それは大多数がポーラスコンクリート内に生息する微生物によって汚濁物質が分解されて水質浄化がなされるというものであった。これらの研究では微生物が汚濁物質を分解する際に酸素を使うことから、溶存酸素の変化を調べ、その大小を浄化能力の目安としていた。しかし、これらの研究結果は、供試体の配合差（空隙率、空隙径など）に対して何ら相関関係が無く、一定法則に従うものではなかった。

そのため、本研究では、ポーラスコンクリートの空隙を水中の浮遊物質そのものが埋めていくことにより水中の濁度を減少させていくという方法による水質浄化に関する研究を行った。すなわち、ポーラスコンクリートの目詰まりを利用してポーラスコンクリート中に水中の浮遊物質を吸収させることによる水質浄化作用を調べることを本研究の大きな目的とした。

本研究では、ポーラスコンクリートに汚濁水を通過させることによって、ポーラスコンクリートの配合差（空隙率、空隙径など）による水質浄化機能の相異や目詰まりの動向の違いについて調べていく。

また、K 川に設置する水質浄化施設において使用するポーラスコンクリートの空隙率、透水係数など諸性能に関して、実験結果に基づき最も効果的であると思われるものを提案することも本研究の目的とする。

b) 実験内容

図 4.2.2 に示している循環系水路を設置し、未浄化水槽内に汚濁物質を投入し、ポンプを利用してその汚濁水を循環させた。このとき、汚濁水が供試体内を通過することによる汚濁水の濁度の変化を調べることで、ポーラスコンクリートの配合差による水質浄化作用の相異を調べた。

汚濁水の濁度は、一定時間毎に採取した試料水の SS 値（*に述べる）で表すこととした。

実験中に試料水を採取した場所は、供試体通過前、供試体通過後、未浄化水槽内の 3 箇所である。また、試料水採取時には、試料水を採取した各箇所での水位を測定した。この水位差、供試体の透水係数からダルシーの法則を用い流量を算出する。また、水路底に約 15cm 四方のアルミ箔を貼り付け、実験中に水路に堆積する汚濁物質の量を測定した。実験終了時の堆積汚泥量と SS 値の値より、ポーラスコンクリート内部に吸収される汚泥量を算出し吸収汚泥量とする。供試体毎で流量が異なるため、未浄化水槽内の汚濁水が供試体を一回通過する時の堆積汚泥量と吸収汚泥量を求め、その和を計算し、水質浄化能力について比較検討する。

なお、実験中、一定時間毎に未浄化水槽内の汚濁水のみ攪拌し、汚濁物質が堆積しないようにした。これは、供試体を実際の河川構造物に適用した際、河川の周囲から流れ込む水を未浄化水槽内の水と仮定して実験を行いたかったからである。

実験の継続時間は汚濁物質投入後、24 時間とした。

*SS 値

SS (Suspended Solid) とは、水中に懸濁している $1.0\mu\text{m}$ ($1/1000\text{mm}$) ～ 2.0mm の浮遊物質のことであり、それらの性質・種類は一切問わない。一般に SS 値の高い水は濁った水を意味する。

c) 試験装置

試験装置を以下の図 4.2.2 に示す。また、供試体断面図を図 4.2.3 に示す。

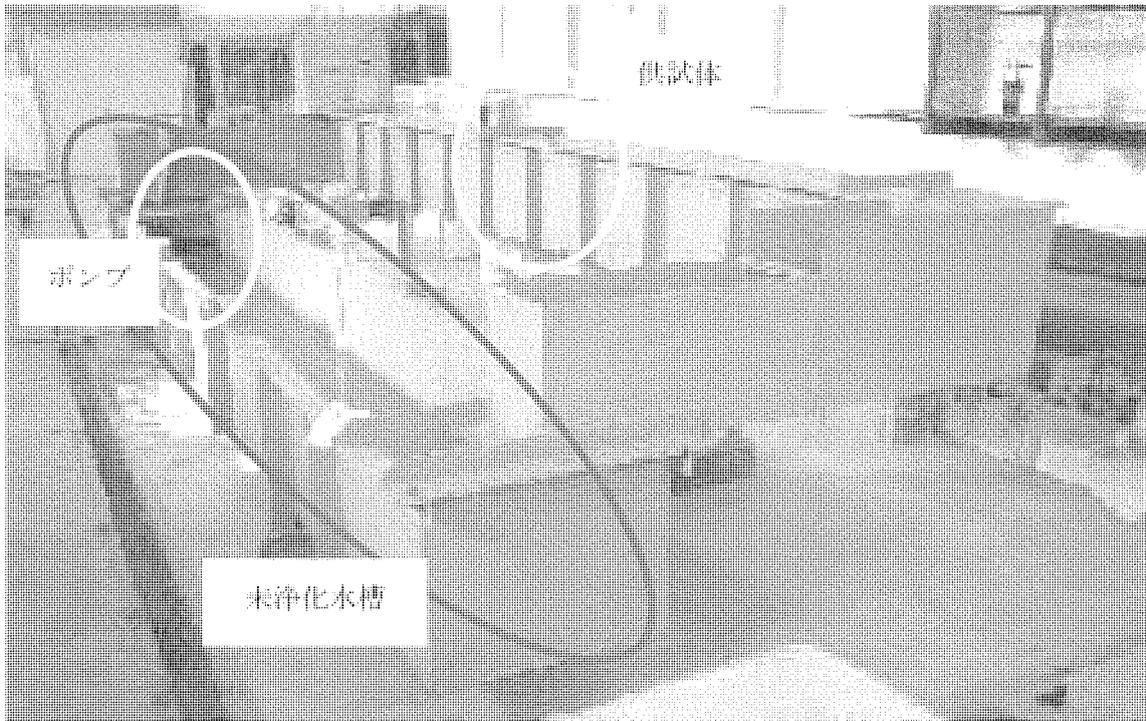


図 4.2.2 試験装置

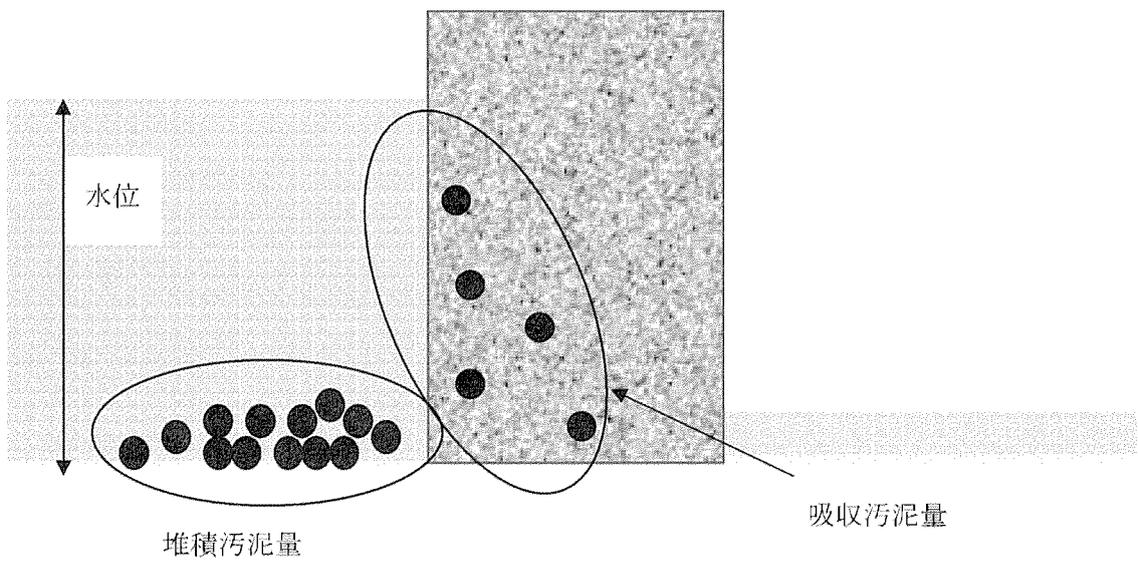


図 4.2.3 供試体断面

d) 実験の条件差

配合の異なる長さ 20cm、幅 25cm、高さ 40cm の供試体（空隙率、透水係数などが異なる）を 8 種類用意し、実験を行った。目標空隙率を 27, 25, 18, 12% とし、各目標空隙率について normal とフライアッシュ混入のものを使用した。既往の実験より、水質浄化する際、フライアッシュを混入した場合、BOD、COD、全りん、全窒素に対しての効果がある。しかし、今までは SS 値に対する評価がなされていなかったため、今回、使用することとした。

以下に 8 回の各実験の条件を示す。

表 4.2.4 実験条件

供試体名	目標空隙率 (%)	実際の空隙率 (%)	
V27	27	26	Normal
V25	25	23	Normal
V18	18	15	Normal
V12	12	10	Normal
FV27	27	26	フライアッシュ混入
FV25	25	24	フライアッシュ混入
FV18	18	16	フライアッシュ混入
FV12	12	10	フライアッシュ混入
SV25	25	25	酸化チタン混入

流量に関しては、供試体の空隙率などの条件によって処理できる流量が異なるため、それぞれの条件に最も適すると思われる流量で行うこととした。

e) 汚濁物質

人工的に汚濁物質をつくるために、水に底泥（表乾比重 1.97）を加えて、実験用の汚濁水を使用した。

実験開始時に未浄化水槽内に投入する汚泥の量は、初期 SS 値が 200 (mg/L) となる量とした。

(2) 供試体

a) 供試体の配合

本研究に使用した供試体の配合を表 4.2.5 に示す。供試体寸法に関しては、長さ 20cm、幅 25cm、高さ 40cm の供試体とした。高さに関しては、供試体を汚濁水が越流しない十分な高さをとることとした。

表 4.2.5 配 合

供試体名	目標 空隙率 (%)	W/C or W/B	単位量 (kg/m ³)					
			水	結合材		粗骨材	増粘剤	混和剤
				セメント	フライアッシュ			
V27	27	26	73	280	0	1570	2.80	2.24
V25	25	26	82	315	0	1570	3.15	2.52
V18	18	26	113	436	0	1570	4.36	3.49
V12	12	26	140	540	0	1570	5.40	4.32
FV27	27	26	69	213	53	1570	2.66	2.13
FV25	25	26	78	239	60	1570	2.99	2.39
FV18	18	26	108	331	83	1570	4.14	3.31
FV12	12	26	133	411	103	1570	5.14	4.11

なお、使用した混和剤は以下の通りである。

増粘剤 アクリル系増粘剤

混和剤 ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤

b) 供試体の物性

8 種類の配合による各供試体の物性試験結果を表 4.2.6 に示す。

表 4.2.6 供試体の物性

供試体名	実際の空隙率 (%)	透水係数 (cm/s)	圧縮強度 (N/mm ²)
V27	26	2.286	9.1
V25	23	1.699	9.2
V18	15	0.389	18.7
V12	10	0.176	26.6
FV27	26	1.327	9.2
FV25	24	0.920	9.8
FV18	16	0.236	19.4
FV12	10	0.078	31.0

(3) 試験結果

a) SS 値の時間的变化

実験時に一定時間毎に採取した試料水より各箇所での SS 値の測定をした。SS 値の時間的变化を図 4.2.4～図 4.2.12 に示す。また、各実験終了後の 24 時間終了後の SS 値を図 4.2.13 に示す。

図 4.2.13～より全ての実験条件で時間の経過とともに SS 値が減少しており、ポーラスコンクリートを通過させることによる汚濁水の浄化が可能であるといえる。また、実験開始から 12 時間程度までは SS 値の減少幅が大きく、その後は穏やかに減少していく傾向がみられた。しかし、ポーラスコンクリートの供試体通過前と通過後では、SS 値の減少が予想されたが、実際の測定値ではほぼ同等の値を示しており、時間毎の供試体前後での汚濁水の浄化は確認されなかった。これは、SS 値の測定が mg 単位の汚泥の質量測定によるものであり、非常に微量のものであるため誤差が生じやすくなってしまったことも一因であると思われる。さらに、初期 SS 値が 200 (mg/L) となるように汚泥を投入していたが、各実験条件で若干の誤差が生じた。これは、SS 値測定時の誤差が生じたこと以外に、未浄化水槽内の汚濁水の攪拌がよく行われていなかったことも要因であると思われる。

図 4.2.13 より 24 時間終了後の SS 値を比較すると、連続空隙率が大きくなるにつれ、SS 値が小さくなる傾向が見られた。また、normal とフライアッシュ混入の供試体を比較した場合、フライアッシュ混入のものの方が小さくなっていった。

SS 値の測定には非常に精度を要求され、汚濁水の濁度を均一にすることが困難であるため、完全に正確なデータを得ることができなかったが、少なくとも、SS 値の測定結果によって、ポーラスコンクリートを通過させることにより汚濁水の濁度を減少させることが可能であることが確認された。

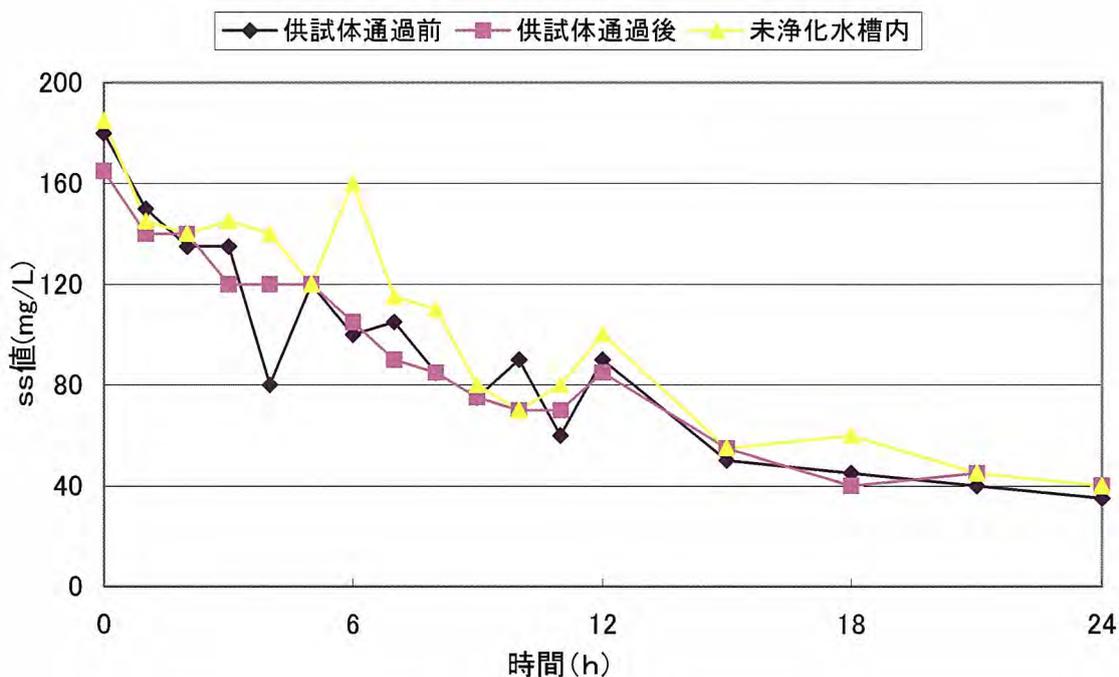


図 4.2.4 V27 の SS 値の時間的变化

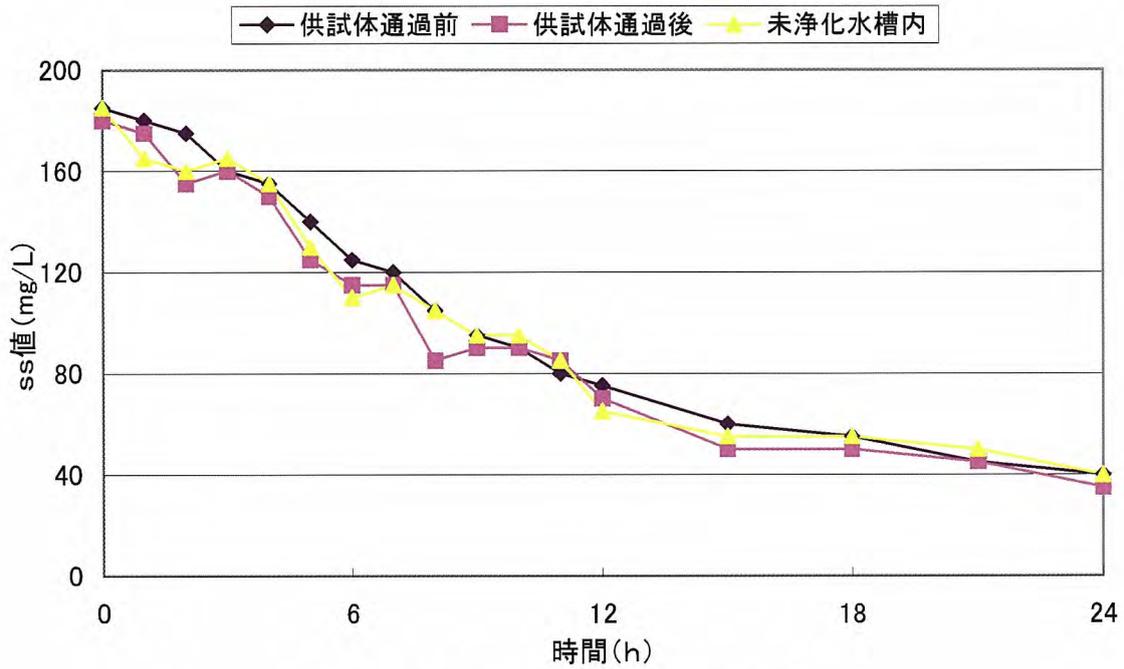


図 4.2.5 V25 の SS 値の時間的变化

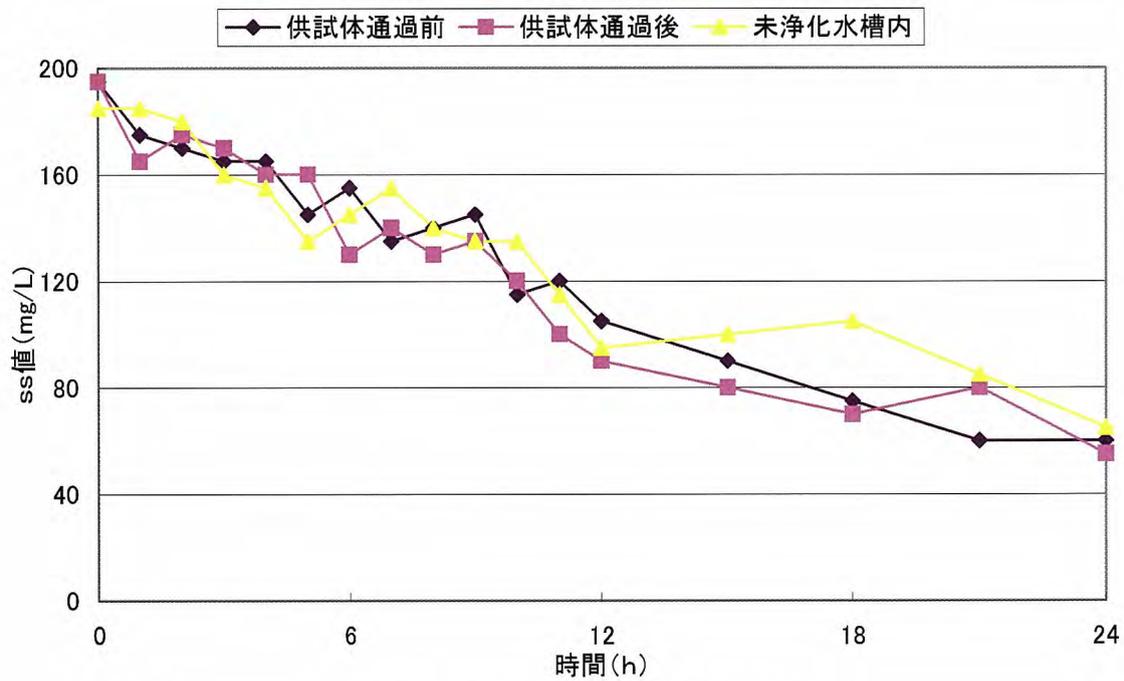


図 4.2.6 V18 の SS 値の時間的变化

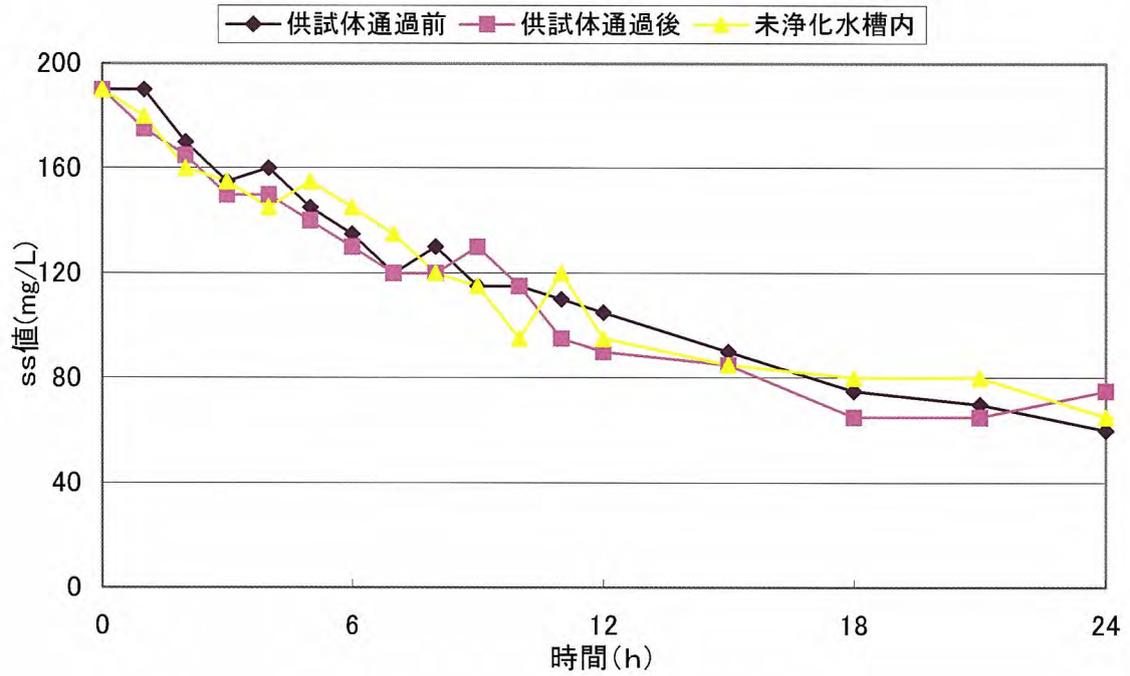


図 4.2.7 V12 の SS 値の時間的变化

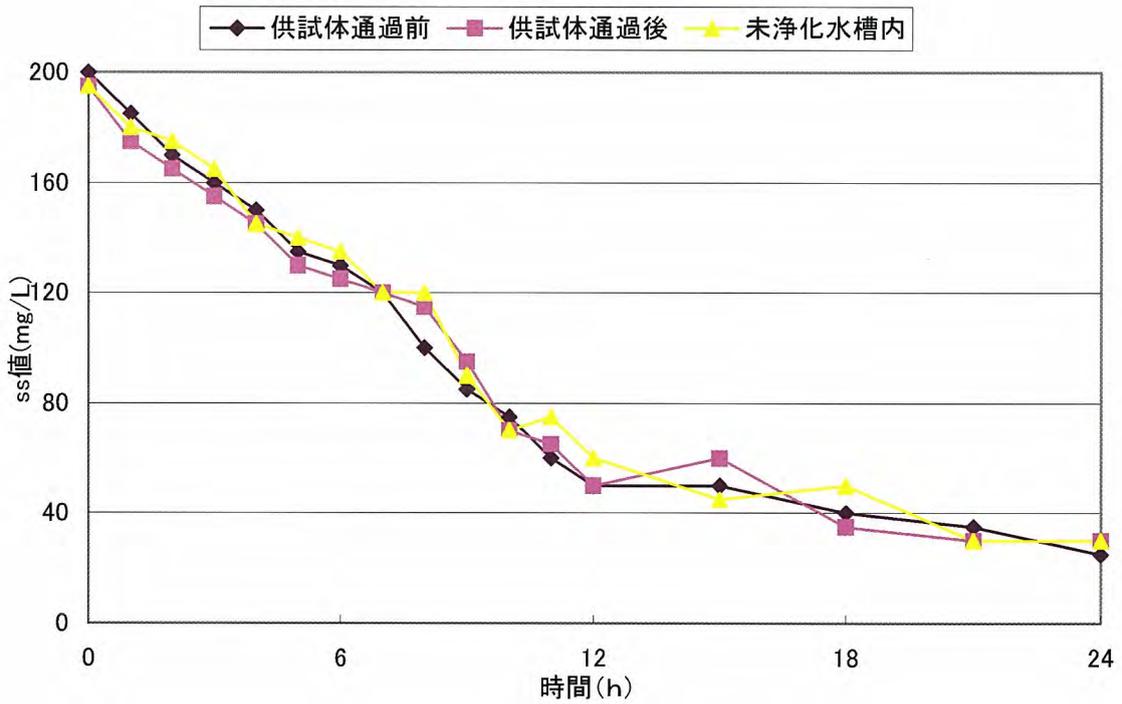


図 4.2.8 FV27 の SS 値の時間的变化

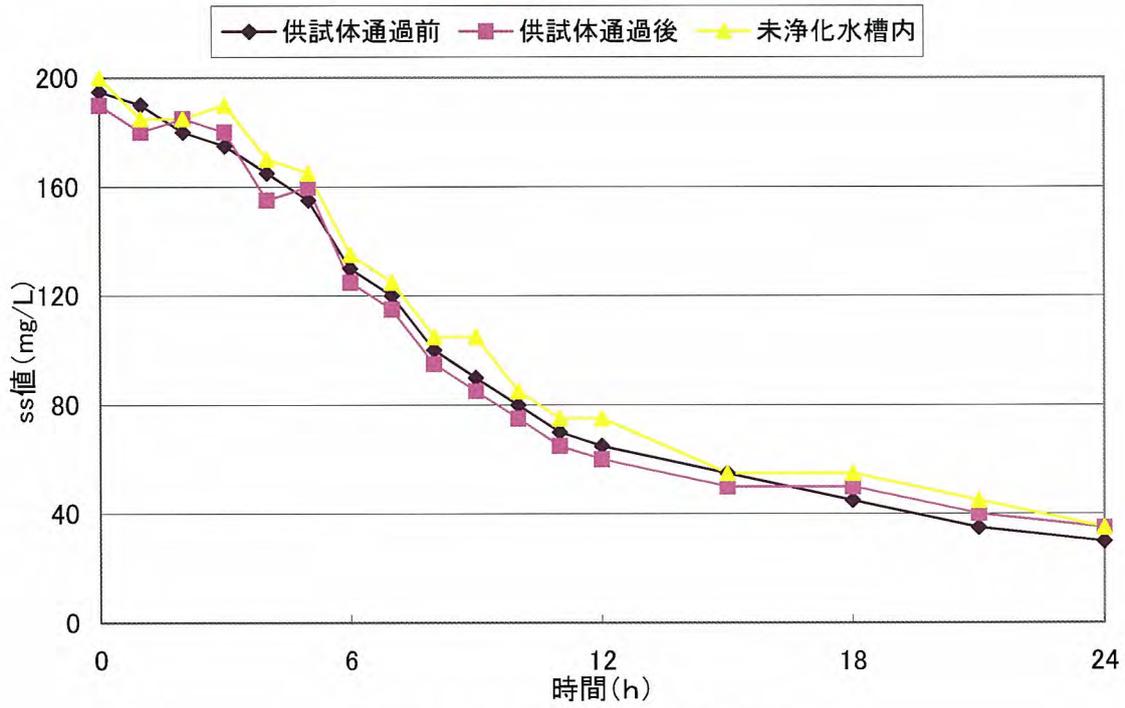


図 4. 2. 9 FV25 の SS 値の時間的变化

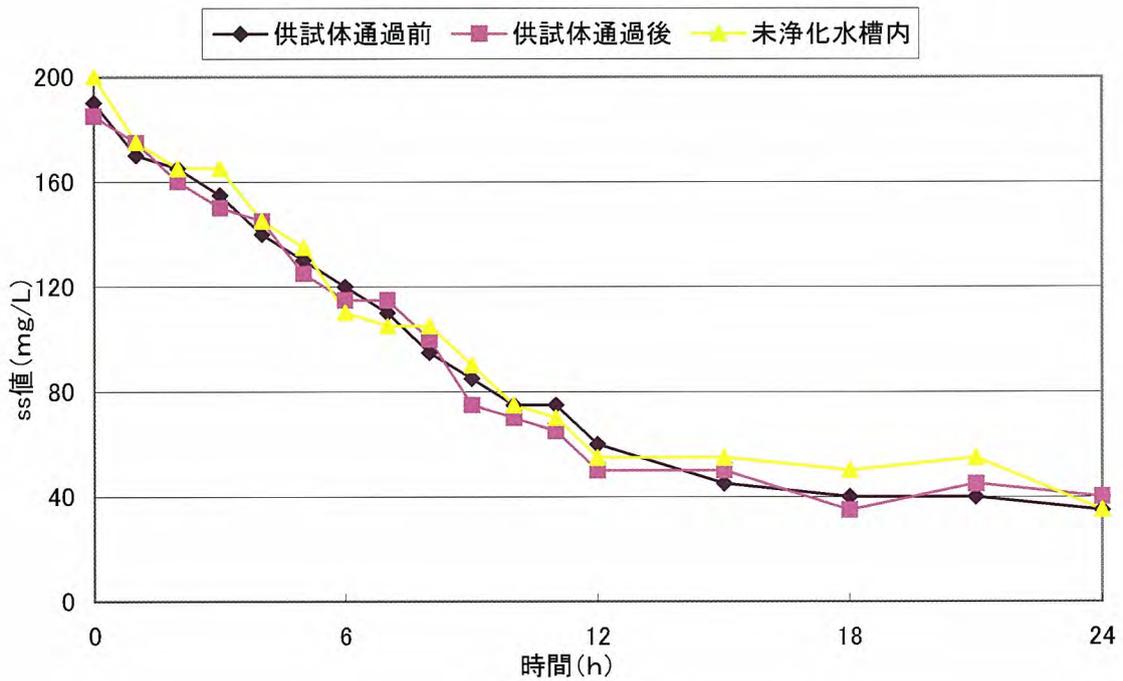


図 4. 2. 10 FV18 の SS 値の時間的变化

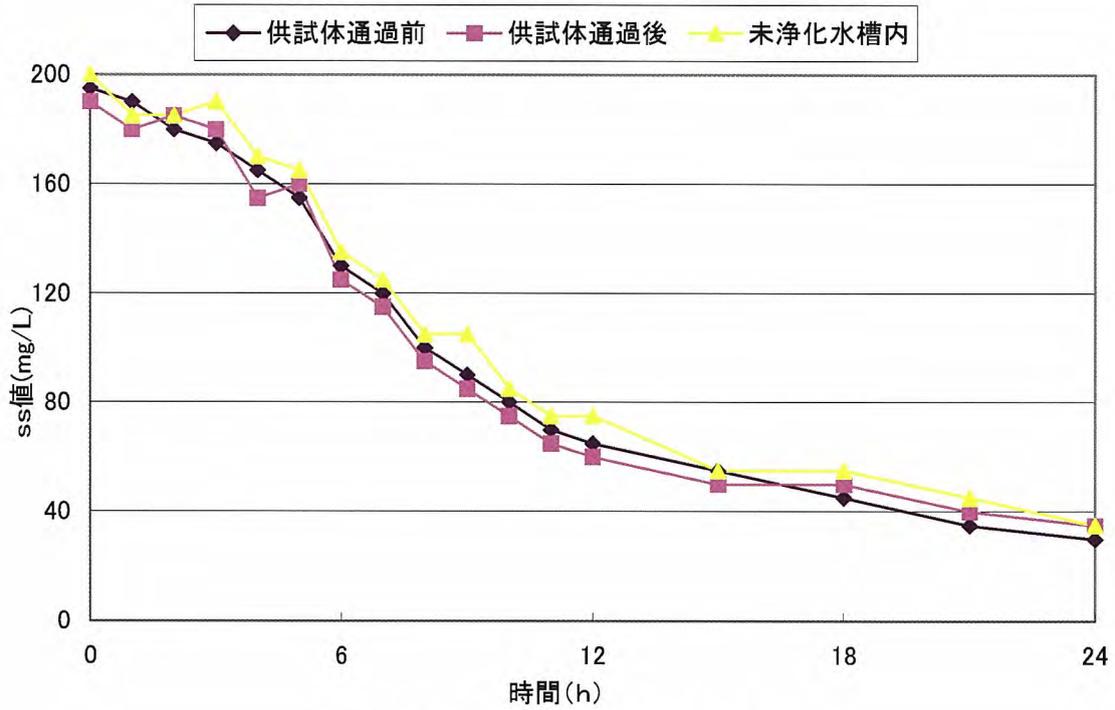


図 4. 2. 11 FV12 の SS 値の時間的変化

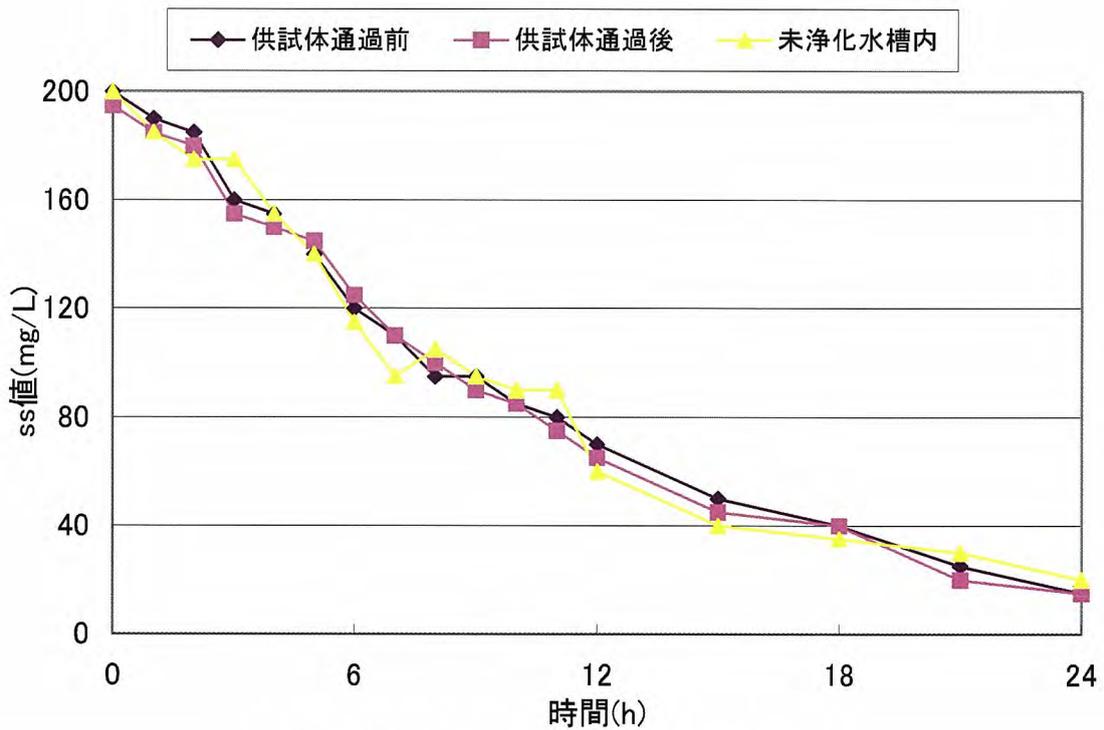


図 4. 2. 12 酸化チタンの SS 値の時間的変化

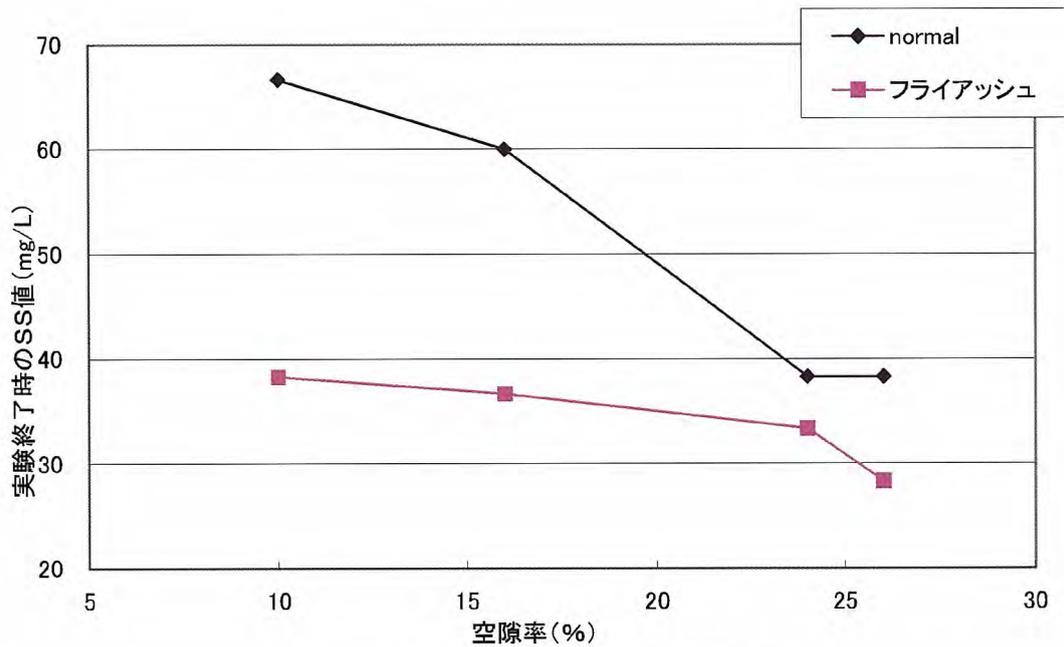


図 4. 2. 13 実験 24 時間終了時の SS 値

b) 補正 SS 値の時間的变化

実験時、未浄化水槽内の汚濁水を攪拌していたが、未浄化水槽内の SS 値の計測結果が供試体通過前、供試体通過後とともに減少してしまっている。本来、未浄化水槽内の SS 値は、実験開始時と同じ値であって欲しいため、ここで補正し、補正 SS 値の時間的变化を図 4. 2. 14～図 4. 2. 22 に示す。補正値の求め方であるが、供試体を通過する汚濁水の SS 値を一回前に計測した SS 値とし、その値が初期値である SS 値 200 より何%減少したかを求め、そのパーセンテージを計測値に掛けるという方法をとった。

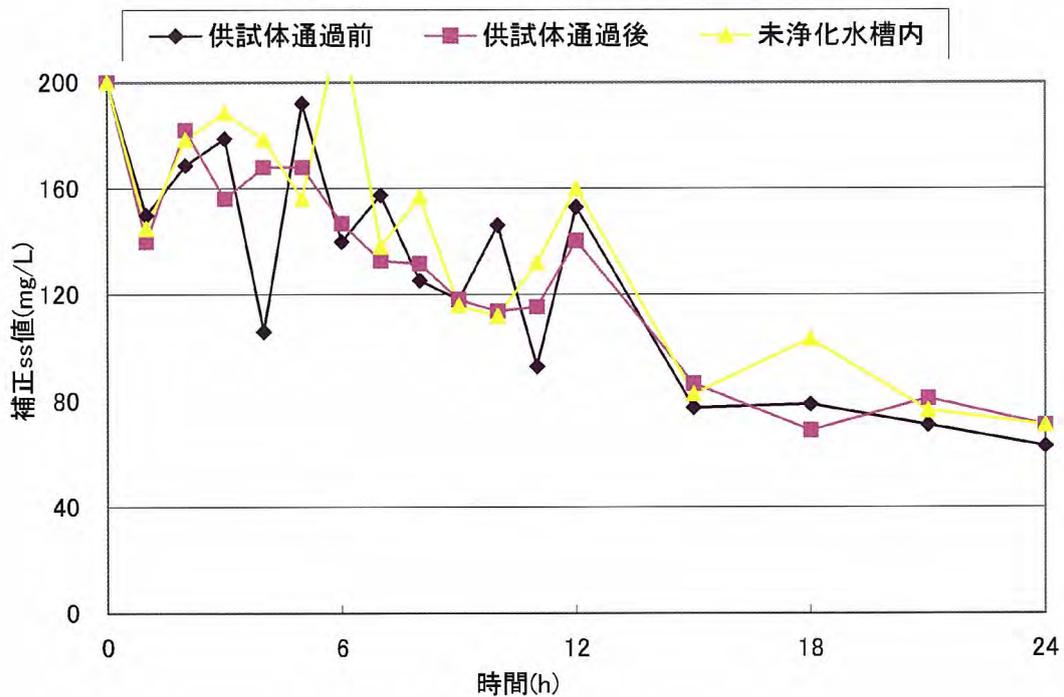


図 4. 2. 14 V27 補正 SS 値

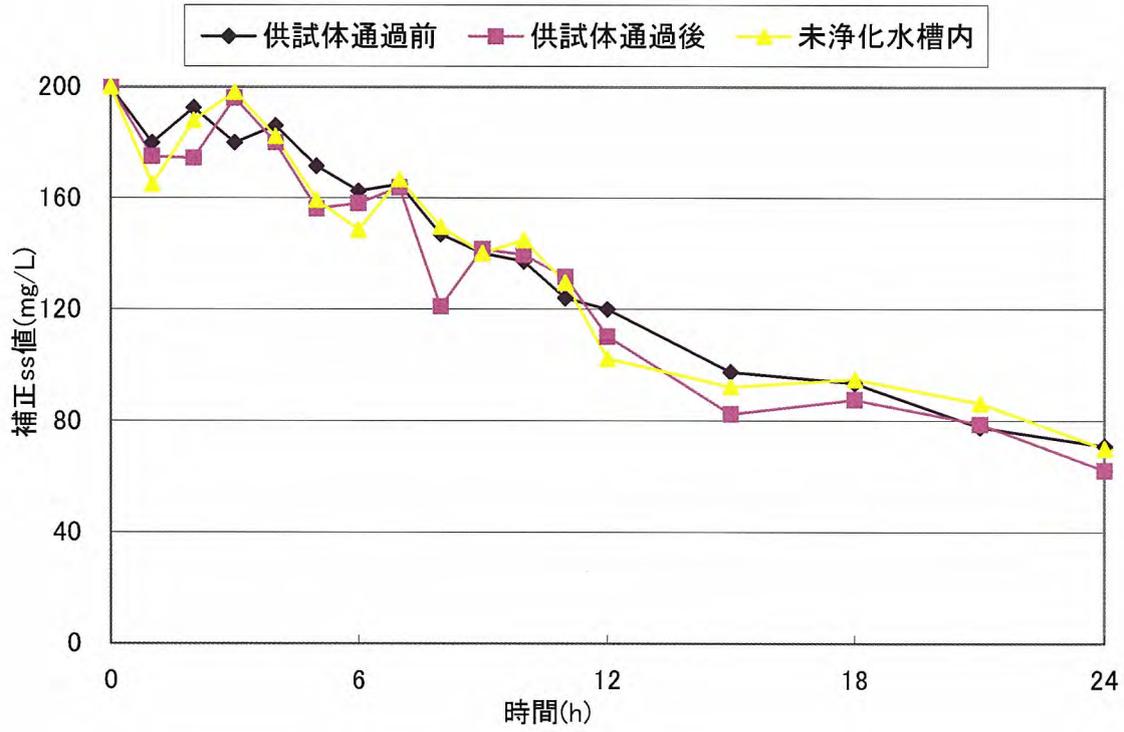


図 4. 2. 15 V25 補正 SS 値

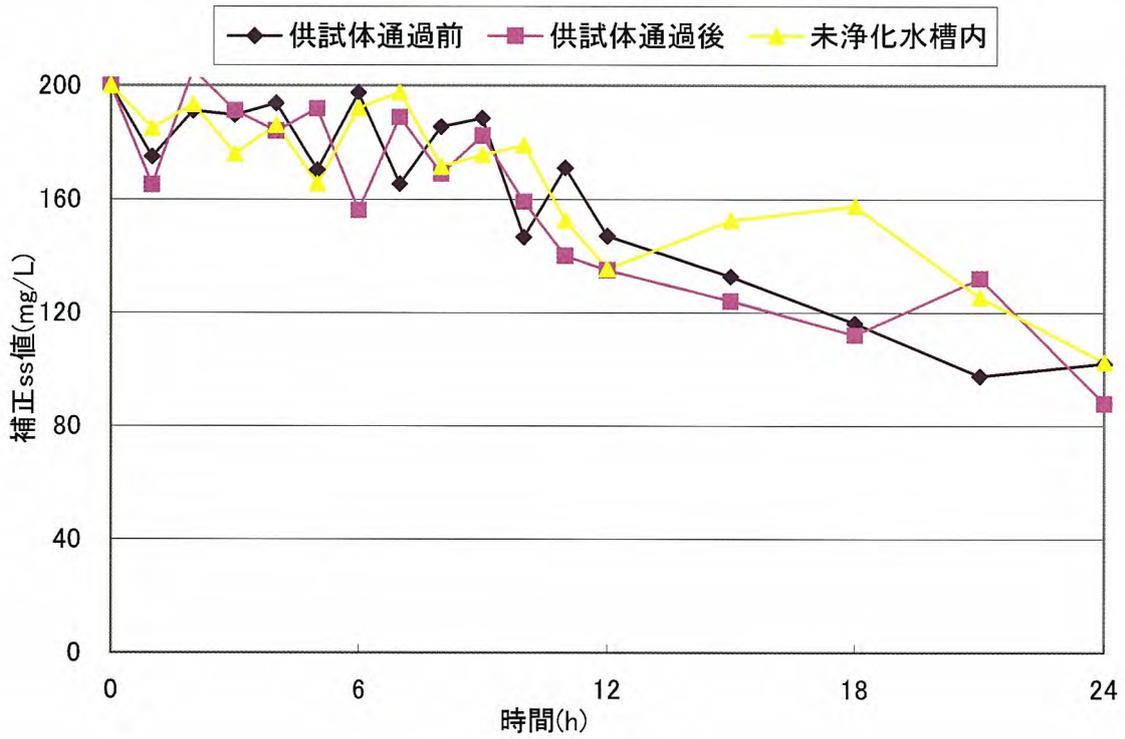


図 4. 2. 16 V18 補正 SS 値

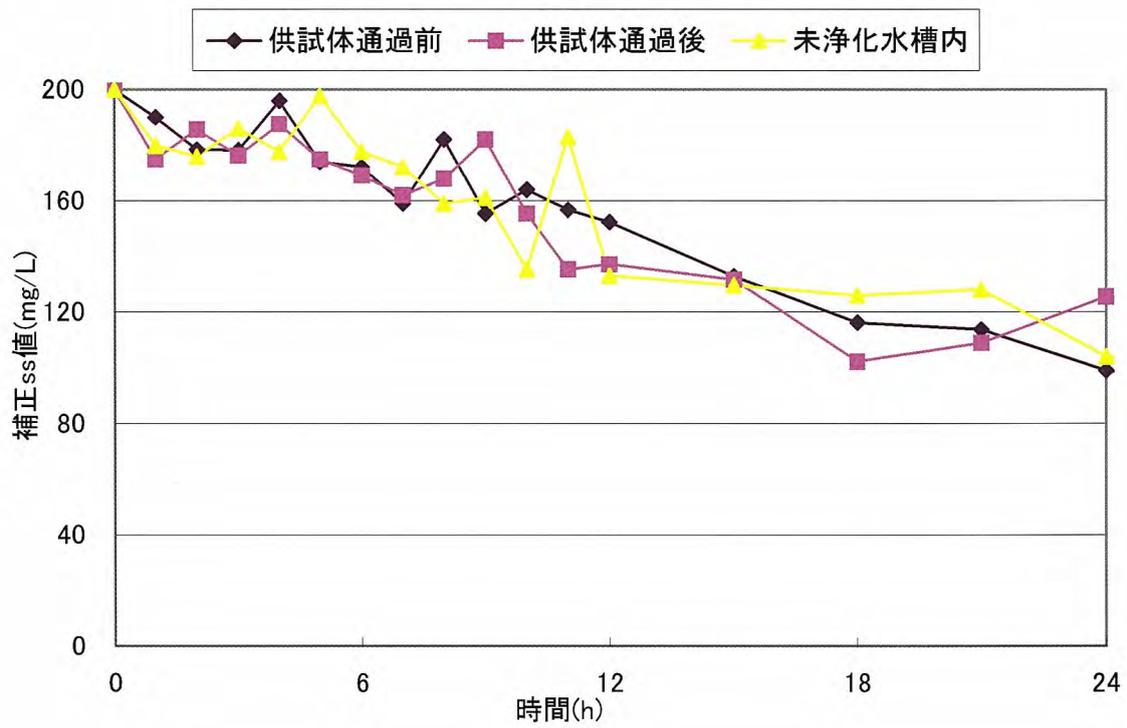


図 4. 2. 17 V12 補正 SS 値

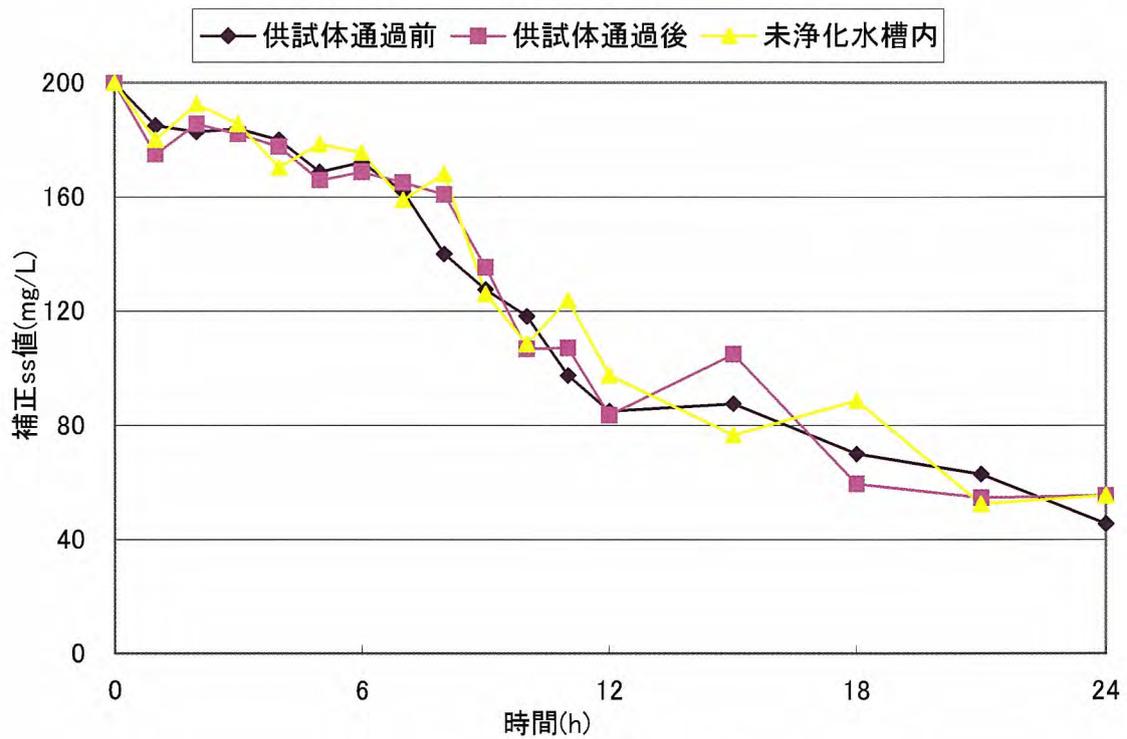


図 4. 2. 18 FV27 補正 SS 値

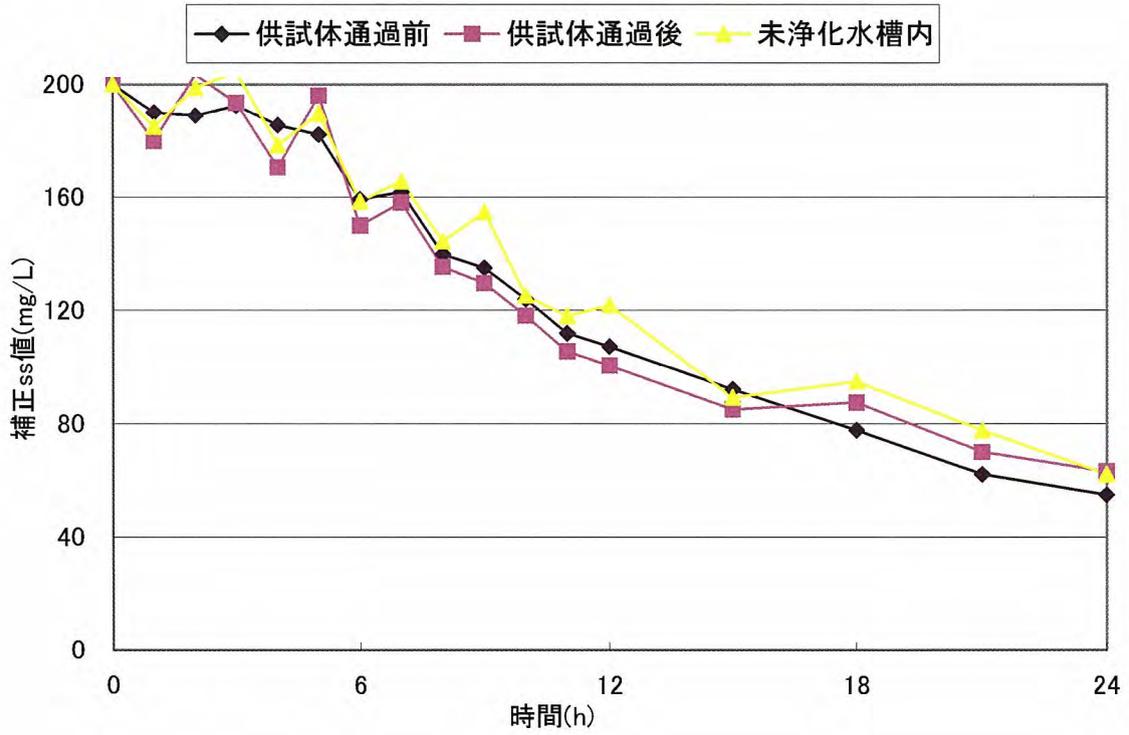


図 4. 2. 19 FV25 補正 SS 値

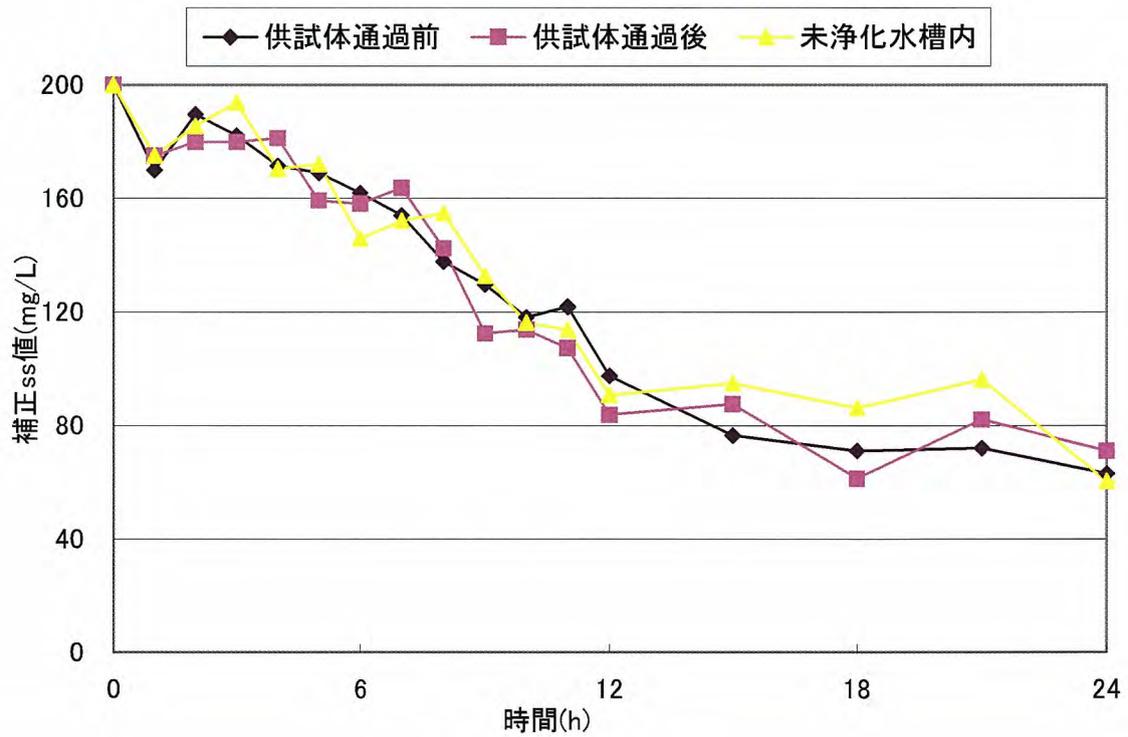


図 4. 2. 20 FV18 補正 SS 値

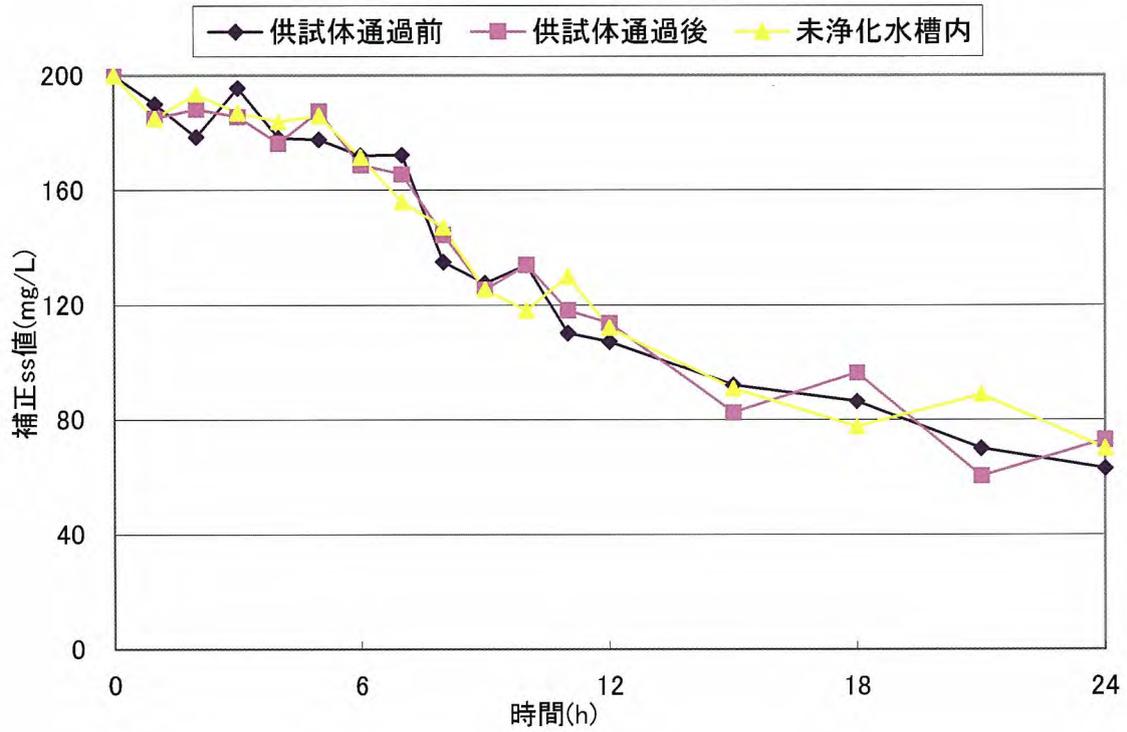


図 4. 2. 21 FV12 補正 SS 値

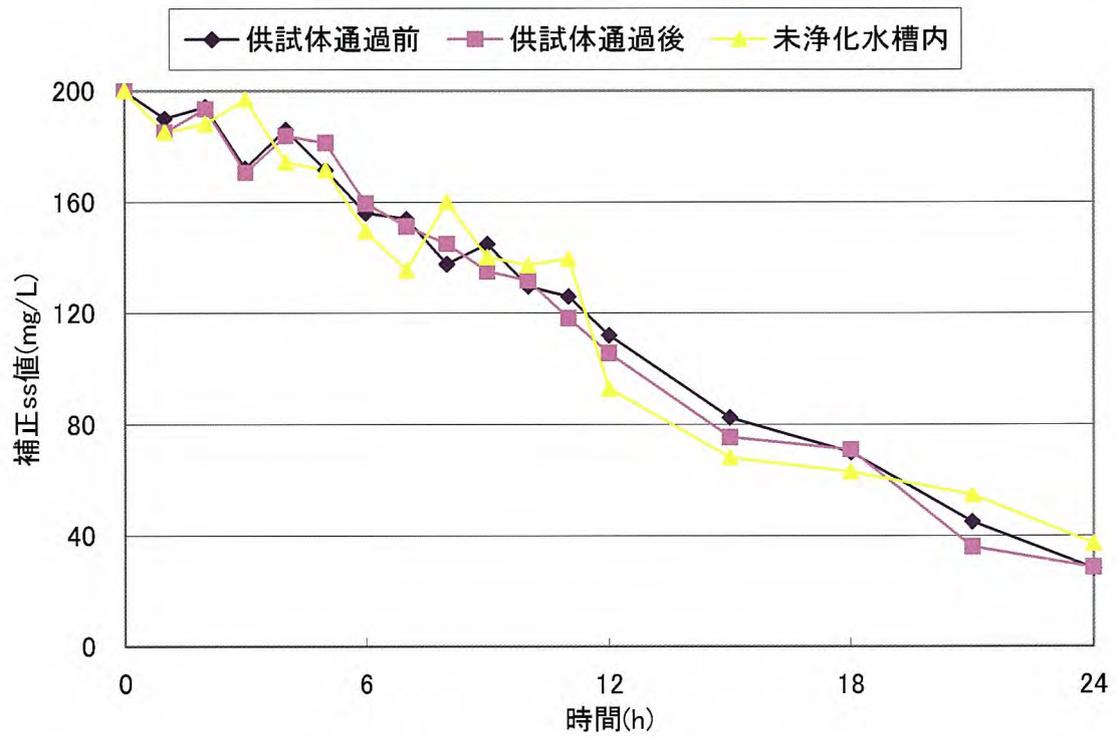


図 4. 2. 22 酸化チタン 補正 SS 値

4.2.4 構造形状

(1) 浄化試験施設の配置および形状

浄化試験施設は、堤体浄化・土砂堆積・植生浄化エリアの3エリアを基本構成とする。

ポーラスコンクリートは躯体形状が大きいほど表面積が増し浄化効果が表れやすいが、貯留水深には計画流量時の流下能力などから制限があり、試験施設設置後も河道の流下能力不足とならない施設高さとする。

(2) 各エリアの概要

各エリアの概要は以下のとおりとする。

- 堤体浄化エリア：ポーラスコンクリートを壁体（堤体）形状として、流水が壁体を通過し汚濁物質が空隙を埋める事によって浄化する区間。（浄化原理：ろ過）
- 土砂堆積エリア：堤体浄化エリアの直上流に設置し、湛水している間に流水中の土砂を沈降（堆積）させる区間。（浄化原理：沈殿）
- 植生浄化エリア：植生（ヨシなどの在来種）の植生浄化効果を期待し、河床部に植生の定着を促進させる区間。（浄化原理：植物浄化、吸着）

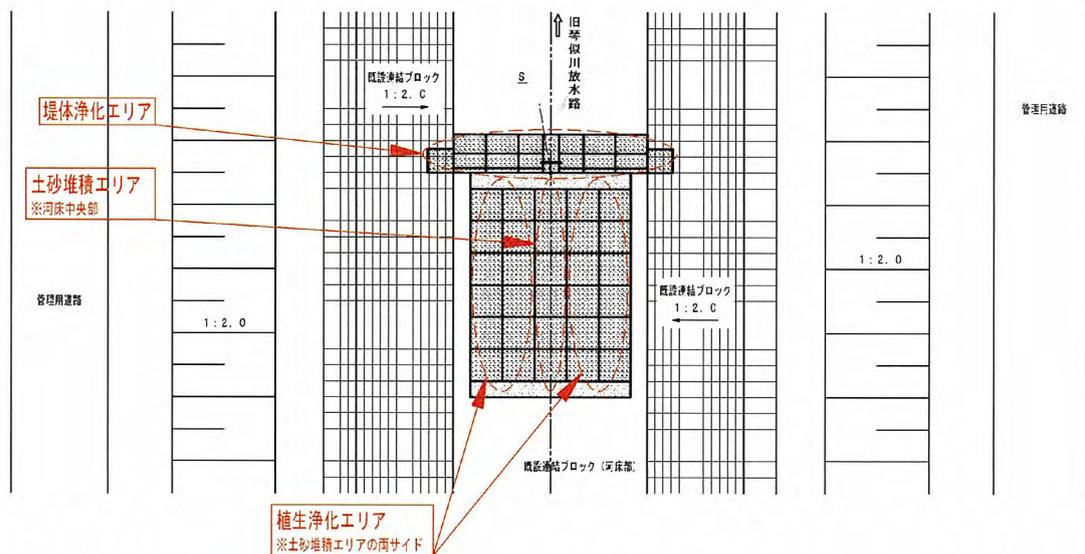


図 4.2.23 水質浄化エリア概要図



写真 4.2.1 水質浄化施設(上流からの全景)



写真 4.2.2 水質浄化施設(下流からの全景)

(3) 施設仕様

浄化試験施設の仕様は下記に示す基本事項によるものとする。

- 空隙率の設定は水質浄化効果の高い25%以上とする。
- 土砂堆積エリアは河床部での土砂堆積（沈殿）による水質浄化効果を判断するために、暫定値としてL=7mとする。
- 植生浄化エリアは植生の定着効果や水質浄化効果を判断するために、暫定値としてL=7m程度で、土砂堆積エリアと併用とする。
- 試験期間は短期間であるが、試験期間後の継続使用も考えられるため恒久的な施設と同様に、安全性および安定性を確保する。

(4) ポーラスコンクリートの形状

ポーラスコンクリートの形状は下記に示す基本事項によるものとする。

- 堤体浄化エリア
 - ・施設高さは計画河床面よりH=0.40mとする。
 - ・越流水をスムーズに流下させるためにハンチおよび傾斜を設ける。
 - 上流側は土砂のフラッシュアウトがスムーズになるように0.15m程度のハンチを設置。
 - 下流側は暫定で1:1.5とする。
 - 将来的には魚類の遡上や往来に配慮した形状に改善を加える。
 - ・鋭角となる端部の製作は困難であるため最小0.10mの面取りを行う。
- 土砂堆積エリア
 - ・部材厚は設置・施工時の破損を考慮し0.15mとする。
 - ・形状は設置・撤去時の施工が容易な1.00m×1.00mとする。
 - ・堆積した土砂を掘削（浚渫）し易くするために、平滑なブロック形状とする。
 - ・土砂堆積（沈降）を促進させるための深さは、暫定値0.30mとし、計画河床面より掘下げる。
 - 維持管理作業時は、上流側で仮締切を行って同時に角落を開門し、残留する水深H=0.30mにて転倒しても溺れない水深程度としている。また、長靴を履いて作業可能な水深程度としている。
 - ・土砂堆積（沈降）の効果を判断するためと、平常流量時の植物による滞水を避けるために、植物が繁殖しづらい深さH=0.70mとする。
 - 貯留水深H=0.40m+堆積深さH=0.30m=0.70m
 - ・小口止工は土砂の流入・フラッシュアウトがスムーズになるように傾斜を設ける。
 - 維持管理作業時の転倒防止も考慮し、傾斜を付けた摺付形状とする。
- 植生浄化エリア
 - ・土砂堆積エリア設置による景観に配慮し、植生浄化エリアを水際に設置する。
 - 土砂堆積エリアの濁りや堆積した土砂の視覚上の配慮。
 - ・計画河床面から土砂堆積エリアへの摺付を行う。
 - 維持管理作業時の転倒を防止するため。
 - ・植物の種子・根、植生基盤は、移植や客土を行わず自然な状態による植生を行う。
 - 現存する植生（ヨシ・ガマ・ミクリ・イトモなど）が生育可能な水深とされている0.50m程度とする。
 - ・部材厚は設置・施工時の破損を考慮し0.15mとする。
 - ・形状は設置・撤去時の施工が容易な1.00m×1.00mとする。

(5) 浄化試験施設の維持管理

浄化試験施設の維持管理は定期的な実施が必須であり、施設の性能を最大限に回復するためにも必要不可欠となる。水質浄化効果は各エリアの複合的な効果であるため、作業方法や実施時期は各施設の水質浄化性能（効果）を調査・把握し適切な方法に調整または選択する必要がある。下表に一般的な維持管理方法を示す。

表 4. 2. 7 浄化試験施設の維持管理方法

項目	堤体浄化エリア	土砂堆積エリア	植生浄化エリア
浄化原理	ろ過	沈殿	植物浄化(吸着)
作業方法	ポーラスコンクリート内部に詰まった土砂などの目詰解消	沈殿した土砂などの除去	ポーラスコンクリートおよび堆積した土砂に定着した植物の伐採(水質汚濁物質を吸収した植物の回収)
作業の具体例	ウォータージェットやバキューム吸引機の併用作業	人力または機械による底泥掘削	人力による伐採
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> 試験施設(形状)に効果的な作業内容(水圧・吸引力など)の策定が必要 回収した土砂の処理方法策定が必要 実施間隔の策定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 土砂堆積量の状況把握と掘削方法の策定が必要(人力・機械の選定) 回収した土砂の処理方法策定が必要 実施間隔の策定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 伐採した植物の処理方法策定が必要 冬枯前の実施が望ましい

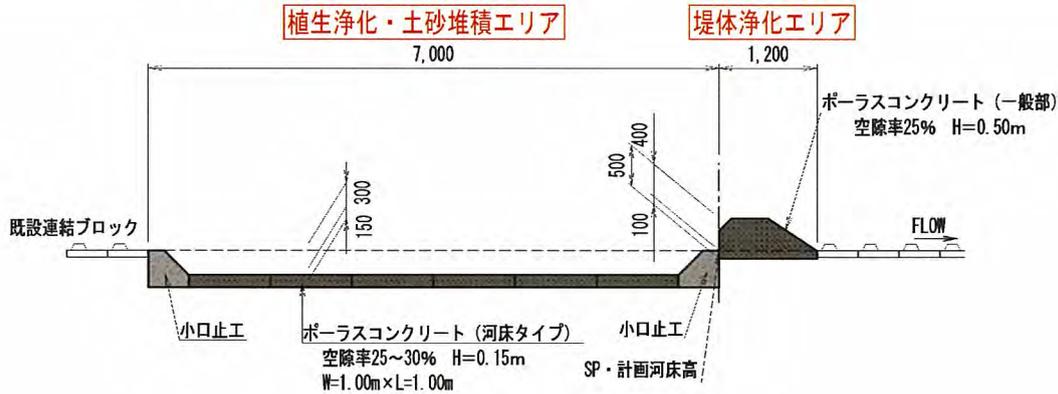


図 4. 2. 24 水質浄化施設縦断面図

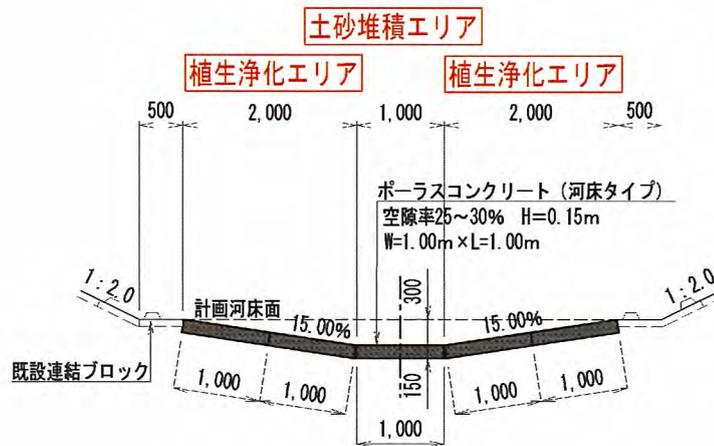


図 4. 2. 25 水質浄化施設横断面図



写真 4. 2. 3 ポーラスコンクリートブロック(一般部)



写真 4. 2. 4 ポーラスコンクリートブロック(河床部)

表 4. 2. 8 空隙率・水深選定表

空隙率 (%)	透水係数 K(cm/s)	通水幅 W(m)	通水長さ L(m)	流量 Q(m ³ /s)	上流側水深 H(cm)	下流側水深 h(cm)	水深差 Δh(cm)	透水能力	現況河道 流下能力 Q=40m ³ /s以上
27	3.3	6.000	1.200	0.028	25.0	10.9	14.1	OK	OK
					30.0	15.9		OK	OK
					35.0	20.9		OK	OK
					40.0	25.9		OK	OK
					45.0	30.9		OK	NG
25	2.5		1.200	0.028	25.0	6.3	18.7	OK	OK
					30.0	11.3		OK	OK
					35.0	16.3		OK	OK
					40.0	21.3		OK	OK
18	0.3		1.200	0.028	25.0	-130.6	155.6	NG	OK
					30.0	-125.6		NG	OK
					35.0	-120.6		NG	OK
					40.0	-115.6		NG	OK
					45.0	-110.6		NG	NG
12	0.1		1.200	0.028	25.0	-441.7	466.7	NG	OK
		30.0			-436.7	NG		OK	
		35.0			-431.7	NG		OK	
		40.0			-426.7	NG		OK	
		45.0			-421.7	NG		NG	

【検討条件】

1. 下流側水深算出基本式：ダルシーの法則を変形 $Q=A \times K \times \Delta h / l \rightarrow \Delta h = (Q \times l) / (K \times A)$
2. 透水係数K：「コンクリート技術シリーズ 水辺のコンクリート構造物-土木学会」より抜粋。
3. 流量Q：平成13年環境調査結果より「平常流量Q=0.028m³/s」より抜粋。

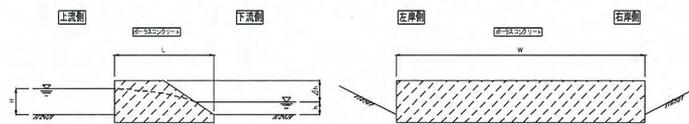


表 4. 2. 9 ポーラスコンクリートの諸元

項目	諸元	
粗骨材の最大寸法	20 mm	
水セメント比	25 %	
目標空隙率	25 %以上	
単位量(kg/m ³)	水	49 kg
	セメント	196 kg
	粗骨材 20-13	951 kg
	粗骨材 13-5	634 kg
	混和剤	0.3 kg
圧縮強度	12.4 N/mm ²	
透水係数	1.836 cm/s	
連続空隙率(%)	28.3 %	

4.3 試験施工結果

4.3.1 改修後の状況（平成17年4月～）

水質浄化試験施設設置後の現地状況は、写真4.3.1～写真4.3.6に示すとおり、現地調査実施時には越流している状態であった。植生は7月の現地調査以降に水際部に自生している状況である。



写真4.3.1 施設全景(下流から4月)



写真4.3.2 施設全景(上流右岸から4月)



写真4.3.3 施設全景(下流から6月)



写真4.3.4 施設全景(上流右岸から6月)



写真4.3.5 施設全景(下流から9月)



写真4.3.6 施設全景(上流右岸から9月)

4.3.2 水質調査

ポーラスコンクリート浄化施設による水質浄化機能を把握するため、試験施設の上下流にて水質測定を行った。

(1) 平成16年度調査結果

施工直後と雪解け後に実施した調査結果では、浄化施設の上下流において明確な浄化効果は見られなかった。これは現況の水位が高く、浄化施設からオーバーフローしている状況であったこと、施設設置後の時間が経過しておらず、微生物等による浄化が期待できなかったことが要因として挙げられる。

なお、pHに変化は見られず、コンクリートにより河川がアルカリ性となる影響はない。

表 4.3.1 水質調査地概況

<p>平成16年 2月14日</p>		<p>平均流速 0.012m/s 流量 0.012m³/s 淡褐色を呈する。 表層は凍結していた。</p>
<p>平成17年 4月14日</p>		<p>平均流速 0.081m/s 流量 0.16m³/s 融雪時期としての調査である。</p>
<p>平成17年 5月12日</p>		<p>平均流速 0.032m/s 流量 0.059m³/s</p>

表 4.3.2 水質調査結果

調査地点		前	中	後	前	中	後	前	中	後		
現地調査項目	調査日	H17. 2. 14			H17. 4. 14			H17. 5. 12				
	調査時刻	時:分		12 : 00			8 : 45			8 : 50		
	天候	雪			くもり			晴				
	気温	℃		-5.2			9.0			11.0		
	水温	℃		0.0	0.0	0.1	5.0	4.1	4.0	9.0	8.8	8.5
	外観	淡褐色			淡褐色			淡褐色				
	臭気	無臭			無臭			無臭				
	透視度	c m		>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30	>30
	平均流速	m/s		0.012	-	-	0.081	-	-	0.032	-	-
	流量	m ³ /s		0.012	-	-	0.16	-	-	0.059	-	-
生活環境項目	pH	7.0	7.0	7.0	6.7	6.8	6.8	7.3	7.3	7.3		
	BOD	mg/ℓ	<0.5	0.5	0.7	0.8	0.7	0.9	1.3	1.2	1.0	
	COD	mg/ℓ	4.7	5.7	5.9	4.5	5.9	8.2	6.5	6.3	7.0	
	SS	mg/ℓ	15	13	18	8	7	7	15	17	16	
	DO	mg/ℓ	8.7	8.9	8.1	11	11	11	14	14	14	
	大腸菌群数	MPN/100mℓ	49	49	130	240	130	130	540	540	920	
	全窒素	mg/ℓ	4.3	4.6	4.4	4.1	4.7	4.3	2.8	3.4	3.5	
	全りん	mg/ℓ	0.10	0.11	0.12	0.15	0.15	0.15	0.10	0.11	0.11	
その他	鉄 (溶解性)	mg/ℓ	0.19	0.19	0.12	1.4	1.6	1.7	0.93	0.90	0.73	
	マンガン (溶解性)	mg/ℓ	0.76	0.70	0.68	0.41	0.36	0.38	0.40	0.37	0.40	
	色度	度	4	7	6	6	6	6	7	9	9	
	濁度	度	7.7	7.2	9.7	5.8	5.5	5.5	5.1	5.4	5.4	

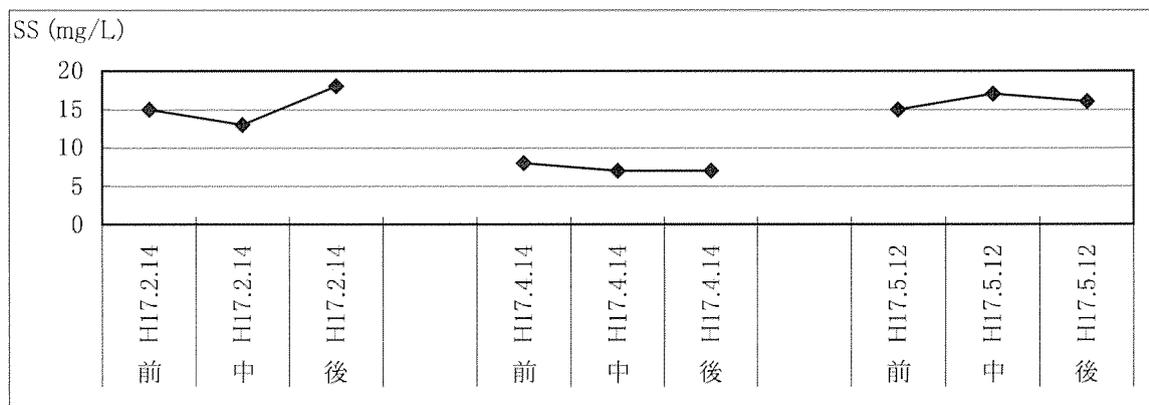
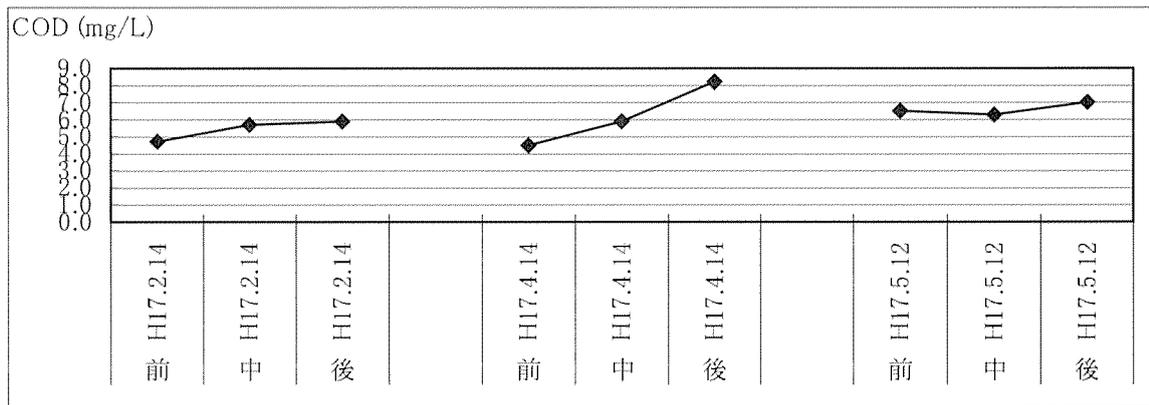
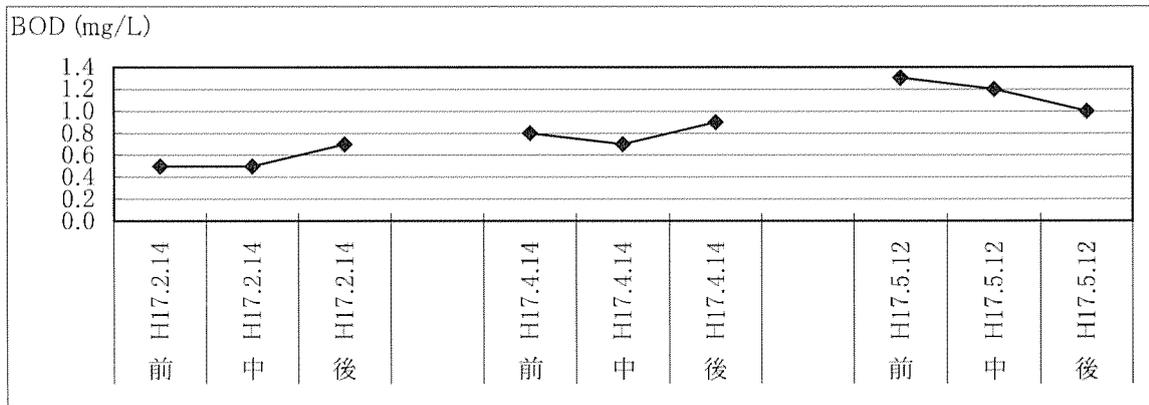
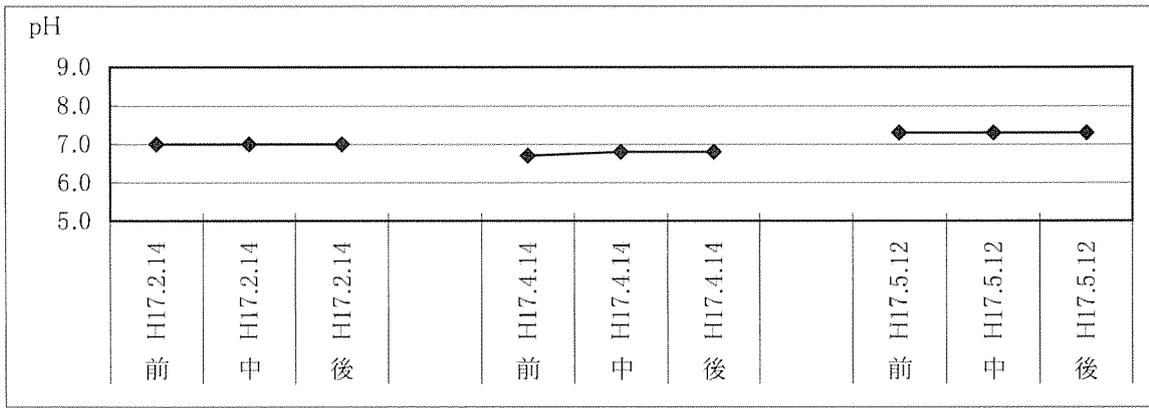


図 4.3.1 水質調査結果 (1/2)

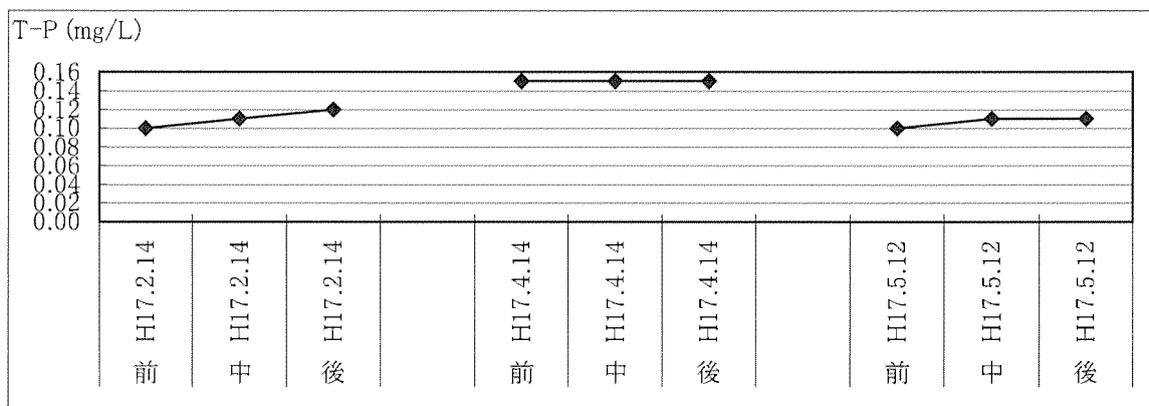
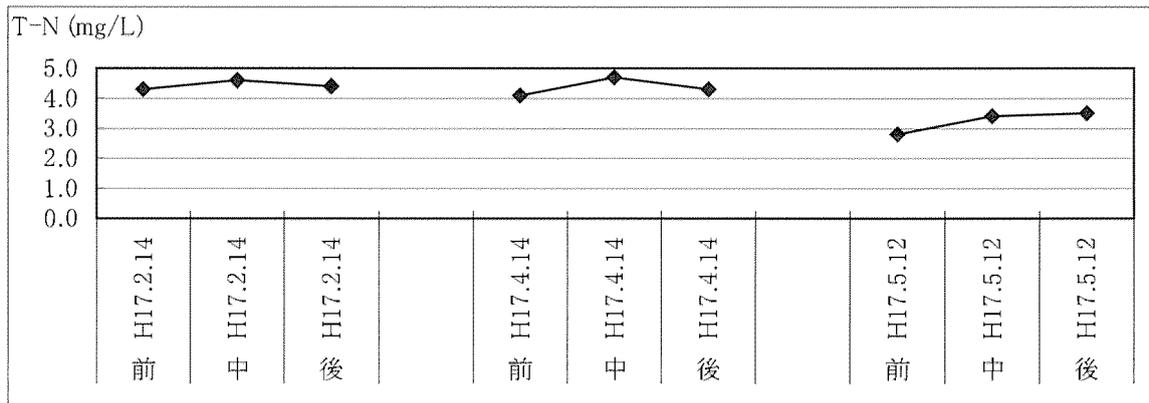
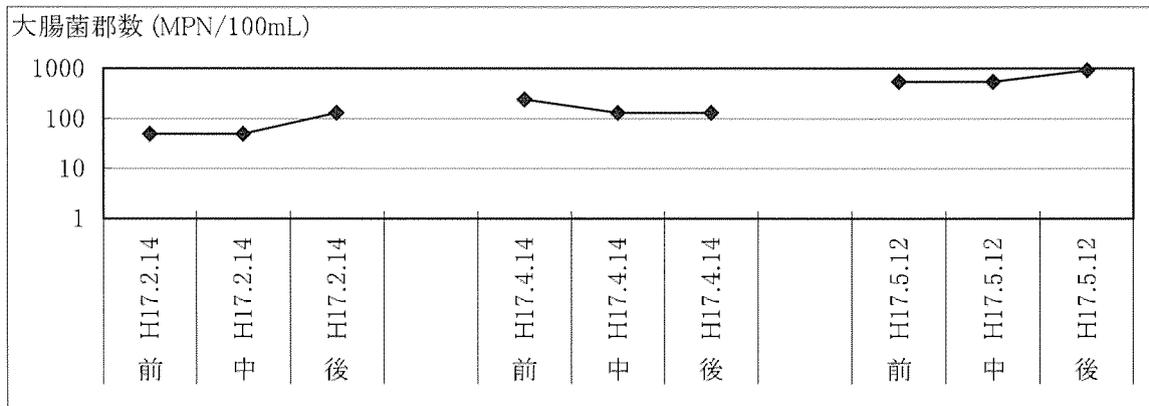
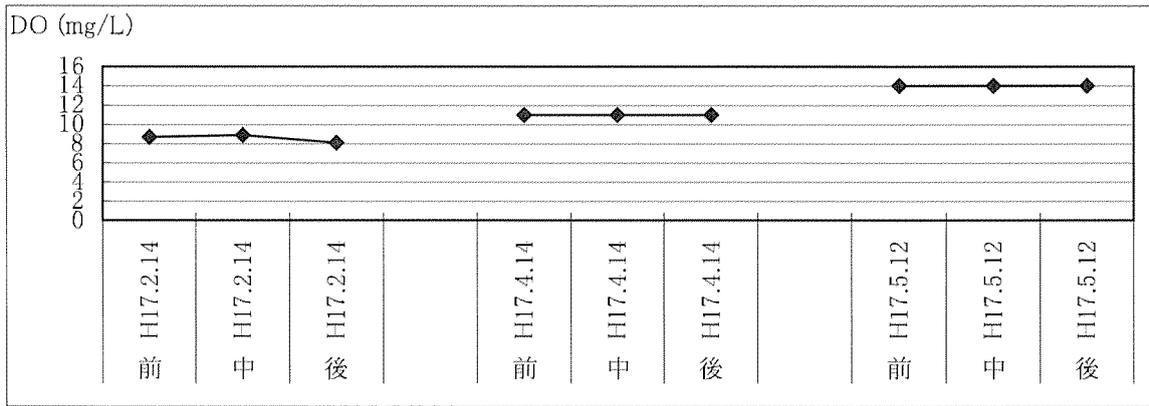


図 4.3.2 水質調査結果 (2/2)

(2) 平成 17 年度調査結果

冬季及び春季において、明確な水質変化が見られなかったことから、以下の観点で継続調査を行うこととした。また、調査は平成 17 年 6 月 20 日、8 月 1 日の 2 回実施した。

- ・ 濁水期にあたり、湛水による沈殿効果、透過によるろ過効果が期待できる時期に調査を行う。
- ・ ポーラスコンクリート設置箇所の前に対照区を設置する。
- ・ 着生した植生による複合浄化効果を把握する。
- ・ 本施設により浄化効果の期待できる、SS、全窒素、全りんに着目して調査を行う。

調査結果によると、6 月調査時は対象区と比較し SS 及び全りんは減少傾向が見られるものの、施設前後での明確な差は見られなかった。SS 及び全りんの減少は、R 橋から下流に生育する植生及び湛水による沈殿効果によるものと考えられる。

8 月調査時には、各項目大きな変化は見られなかった。

ポーラスコンクリート上には、珪藻類と思われる付着藻類が繁茂しており、また水位が高くオーバーフローしていることから、明確なろ過効果が得られていない可能性がある。

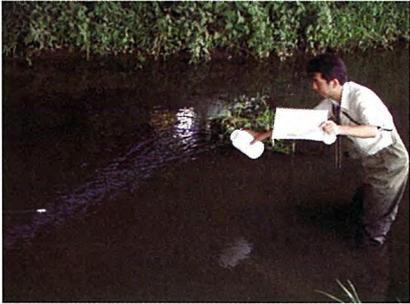
表 4.3.3 水質調査結果

調査地点		6 月 20 日				8 月 1 日				
		R 橋 (対照区)	浄化施設			R 橋 (対照区)	浄化施設			
			前	中	後		前	中	後	
現地調査項目	調査日	平成 17 年 6 月 20 日				平成 17 年 8 月 1 日				
	調査時刻	時 : 分	12 : 00	11 : 00			16 : 30	15 : 45		
	天候		晴				晴			
	気温	℃	22.7	22.6			28.2	28.4		
	水温	℃	23.4	22.2	22.2	22.3	23.0	23.2	23.3	23.2
	外観		淡褐色				淡褐色			
	臭気		無臭				無臭			
	透視度	c m	>30				30	30	29	29
	平均流速	m/s	—	0.011	—	—	—	0.006	—	—
	流量	m ³ /s	—	0.016	—	—	—	0.010	—	—
分析項目	pH		8.1	7.7	7.6	7.5	8.1	7.3	7.1	7.1
	SS	mg/ℓ	13	7	7	7	15	10	13	14
	全窒素	mg/ℓ	1.7	1.8	1.8	1.6	1.8	1.8	1.9	2.1
	全りん	mg/ℓ	0.18	0.12	0.11	0.11	0.14	0.12	0.12	0.13

表 4.3.4 水質調査地概況(平成 17 年 6 月 20 日)

<p>R 橋 (対照区)</p>	 <p>みずわたが浮遊し、底泥は黒褐色を呈する。</p>
<p>浄化施設前</p>	 <p>【流量観測状況】 平均流速 0.011m/s 流量 0.016m³/s</p>
<p>浄化施設中</p>	 <p>水深 60cm 程度で、堰の上を河川水がオーバーフローしていた。流速はほとんどない。</p>
<p>浄化施設後</p>	 <p>オーバーフローした水により、若干の流れがみられる。みずわたが浮遊し、ゴミも多く投棄されていた。</p>

表 4.3.5 水質調査地概況(平成17年8月1日)

<p>R橋 (対照区)</p>	
<p>底泥は黒褐色を呈する。</p>	
<p>浄化施設前</p>	
<p>【流量観測状況】 平均流速 0.010m/s 流量 0.006m³/s</p>	
<p>浄化施設中</p>	  <p>6月同様、水深60cm程度で、堰の上を河川水がオーバーフローしていた。中央部の流速はほとんどない。</p>
<p>浄化施設後</p>	  <p>ポーラスコンクリート上には、珪藻類と思われる付着藻類が繁茂していた。</p>

4.4 現時点における評価

試験施設施工後の水質調査結果では、定量的に明確な変化は認められない結果となったが、ポーラスコンクリート堤体によるフィルター効果は有効に機能していると考えられる。

今回実施した試験施設について、現時点の短期的な調査・試験結果だけでは、施設の有効性の評価は難しいと考えられる。よって、一定期間継続した調査・試験を実施して評価することが望ましい。以下に、今後の課題・問題点を示す。

(1) 水質調査

水質調査は、適切な対照区の設定、少流量時の定期的な調査、長期的な流量観測など、本試験施設に最適な調査方法を策定する必要がある。

(2) 植生浄化エリアの調査

植生浄化エリアについては、水質調査と合わせて経年的な植生変化の把握などの植生調査を実施し、植生による浄化効果を検証する必要がある。

(3) 堰体越流状況の改善

試験施設施工後は、常に堰上部を越流する流況となっていた。これは平常流量の増大、上流側の植生による水位上昇、堰体のろ過能力不足等が原因と考えられるが、越流せず、堰上部に植生が繁茂すると、植生浄化との相乗効果を含め、ろ過による浄化効果をさらに期待できる可能性がある。よって、今後堰体の越流状況の改善策を検討するとともに、試験的に水位を低下し(角落しを一時撤去)、堰上部に植生を繁茂させることによる浄化効果の確認等を考慮する必要がある。

(4) 施設の連続的な設置

ポーラスコンクリート浄化施設は、単体だけでは効果に乏しいと考えられ、連続的な複数の施設設置を検討する必要がある。検討にあたっては、浮遊土砂の沈降を促進する適切な湛水区間の設定、河道流下能力を満足する最大壁高の検討(水頭の確保により浄化効果が増大)、魚類の移動経路の確保などを考慮する必要がある。

また、施設の設置により上流側に湛水域が造成されるが、水深の増大による植生復元率の低下、堆積土砂の放置によるヘドロ化・富栄養化といった現象も予想される。一方、河道の維持管理の観点からは、植生復元率の低下により刈取り等の維持管理が軽減されるという利点もある。

よって、このような影響もふまえ、浄化機能と維持管理のバランスを考慮した施設形状の工夫、連続設置する場合の施設間隔などを検討する必要がある。

(5) 維持管理方法

前述の浄化機能と維持管理のバランスを考慮のうえ、施設及び河道の適切な維持管理方法を策定する必要がある。

策定にあたっては、植生刈取り作業における地域住民との連携、堆積土砂や刈取した植物の有効利用(堆肥化)などを合わせて検討することが望ましい。

第5章 追跡調査

第5章 追跡調査	5-1
5.1 エゾホトケドジョウの生息条件	5-2
5.2 ポーラスコンクリート床止工の構造	5-2
5.3 試験施設施工後の評価	5-3
5.3.1 魚類調査	5-3
5.3.2 平成17年度調査結果	5-5
5.3.3 植生調査	5-15
5.3.4 ポーラスコンクリートの強度解析	5-26

第5章 追跡調査

河川改修工事が進められているI川水系N川支川J川において、レッドリストの中で、絶滅の恐れの非常に高い種として評価されているエゾホトケドジョウの生息環境を創出する試みとして、ポーラスコンクリートによる水制工の設置を実施した。

水辺のコンクリート性能調査小委員会のWG4 J川追跡調査班では、水制工の設置区間を中心に以下のモニタリングを行ってきた。

- ・魚類および植生の定量的なモニタリング調査、評価
- ・ポーラスコンクリートの強度解析

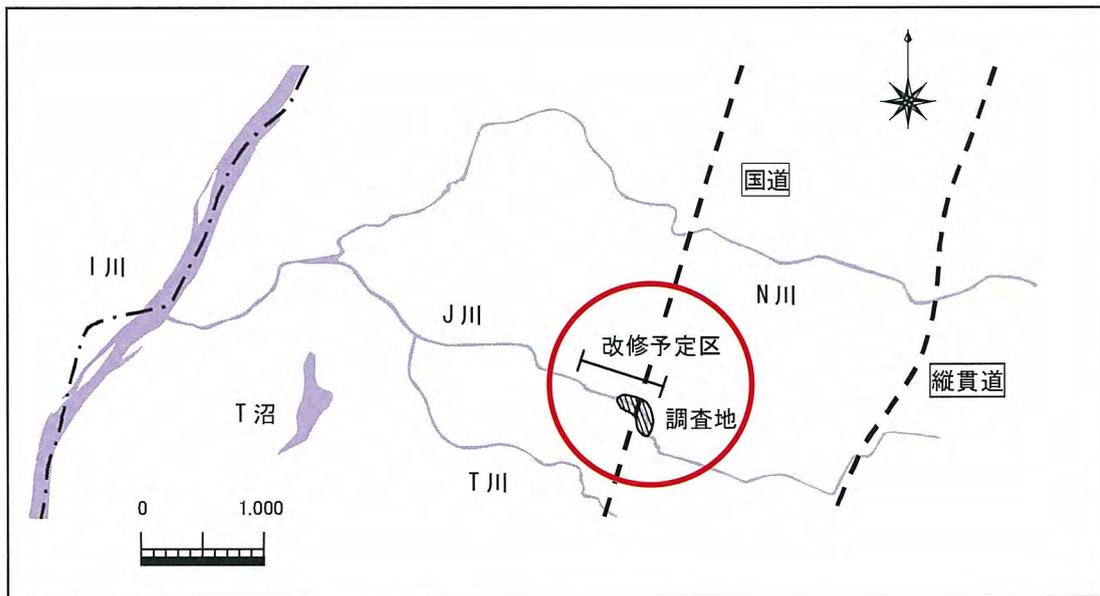


図 5.1.1 調査地位置図



写真 5.1.1 エゾホトケドジョウ

5.1 エゾホトケドジョウの生息条件

河川改修工事に先立ち、事前実施した調査地点上流のエゾホトケドジョウ棲息環境を分析した結果、以下の条件が必要であることが明らかとなった。

- ①瀬と淵を創出する。
- ②創出する淵の条件は以下のとおりとなる。
 - ・流速を遅くする（平均0.09-0.4m/sec、最低0m/secの空間を有する淵）。
 - ・水際に水中カバーを創出する（河道面積の20-40%を占める抽水植物帯）。
 - ・河道幅を2m程度とし、それより広げても狭めてもいけない。
 - ・河床のD0値を確保するために、堆積物を更新する淵を形成する。
 - ・河岸をオーバーハングさせる。
- ③河道の河床勾配を急にしない（できるだけレベルに近くする）。

5.2 ポーラスコンクリート床止工の構造

比較的小さな河川断面の中で、淵と植生カバーを創出するためには、多孔質の板状の構造が求められ、出水にも耐えられる強度と重量を持つ素材として、ポーラスコンクリートを採用した。

表 5.2.1 ポーラスコンクリート床止工の諸元

項目	諸元			
粗骨材粒径	沙流川産6号砕石(5~13mm)			
粗骨材密度	2.78 kg/m ³			
W/C	24 %			
配合上の空隙率	21 %			
C	W	G	混和材1	混和材2
413	99	1550	8.3	3.1
2週強度 σ_{14}	19.0 N/mm ²			
透水係数	0.603 cm/s			
連続空隙率	20 %			



写真 5.2.1 ポーラスコンクリート床止工

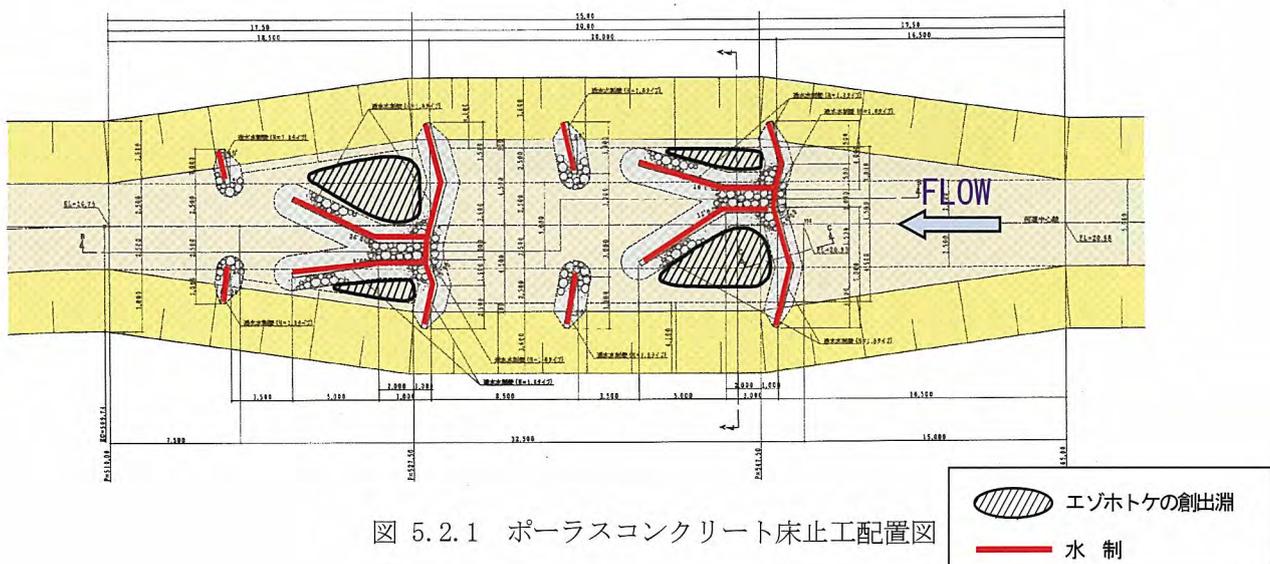


図 5.2.1 ポーラスコンクリート床止工配置図

5.3 試験施設施工後の評価

5.3.1 魚類調査

ポーラスコンクリート床止工は、平成 12 年度に設置が行われ、以後、この箇所を中心に、河川環境とエゾボトケドジョウの生息密度に関するモニタリング調査が、平成 12 年度、13 年度、15 年度の 3 回にわたってなされてきた。

平成 17 年度の調査では、H17 区(H12 区より上流)、H17 区上流、H12 区(H12 床止工設置)、下流区(H12 区より下流)の 4 地点で魚類の定量調査を実施した。

(1) 調査時期

平成 12 年度では 6 月と 8 月、平成 13 年度では 10 月、平成 15 年度では 6 月に調査が実施されている。出来るだけ既往調査と時期を合わせ、比較を容易にすることを考慮し、6 月に調査を行うこととした。調査を実施したのは、平成 17 年 6 月 21 日～24 日の 4 日間である。

(2) 調査方法

【定量調査】

河川物理環境と魚類生息密度との対応関係について把握するため、魚類の定量調査を行った。

H17 区上流、H17 区、H12 区、下流区の 4 地点それぞれにおいて、設定した 6 もしくは 7 つのユニット内でエレクトリックショックカーとサデ網を用い 3 回の反復採捕を行った。

【定性調査】

生息魚種を把握するため、H17 区上流、H17 区、H14 区、H12 区、下流区の 5 地点において、投網、タモ網、エレクトリックショックカーによる魚類の捕獲を行った。定量調査を行った地点では、定量調査の後、より範囲を広げて行った。

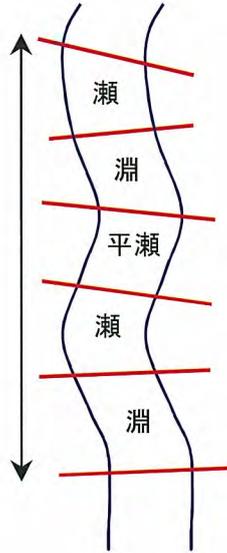
【物理環境の測定】

H17 区上流、H17 区、H12 区、下流区の 4 調査地点において、流況の異なる、流程数メートルから十数メートルのユニットを 6～7 つ設定し、各ユニットが、瀬、平瀬、淵のどれにあてはまるかを目視により判断し記録後、各ユニットの河道長を測定した。次に、流れに直角な方向に 5 本のトランセクトを設定し、各トランセクトについて、河道幅、右岸と左岸の河岸形状、水中カバー長および水上カバー長を測定した。また、各トランセクトを等分するように 5 つの測点を設定し、各測点で水深、流速、河床材料の 3 項目を測定、記録した。

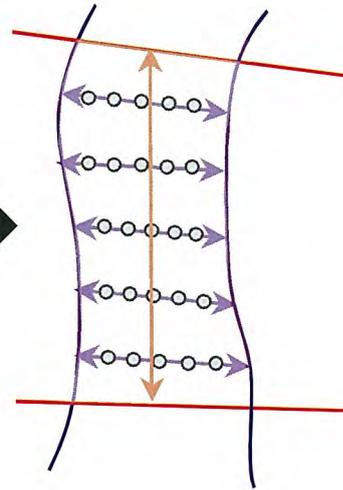
A 調査地点の設定



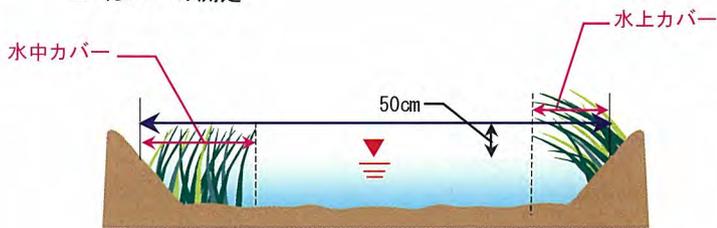
B ユニット(瀬・淵)の区分



C 物理環境の測定及び魚類の定量捕獲

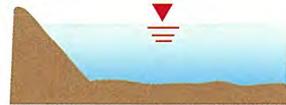


D カバーの測定



E 河岸形状の測定

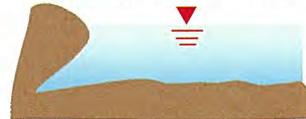
1): 河岸落ち込み傾斜が 90° 未満



2): 河岸の落ち込み形状が約 90°



3): 河岸落ち込み傾斜が 90° 以上



- ↔ : 調査範囲
- : ユニット境界線
- ↔ : ユニット流心線 (河道長の測定)
- ↔ : ライトランセクト (水面幅及び河岸形状の測定: 5 ライン/1 ユニット)
- : 測点 (水深、流速及び河床材料の測定: 25 点/1 ユニット)
- : 魚類の定量捕獲 (3 回の反復採捕/1 ユニット)

図 5.3.1 物理環境の測定法

5.3.2 平成17年度調査結果

(1) 定性・定量調査結果

定量調査、定性調査の結果を表5.3.1に示す。本年度調査では、5科10種の魚類が確認された。出現種は、これまでの調査で確認された魚種すべてを含んではないが、その殆どを網羅するものであった。また、ヤマメは平成12年度に設置された水制工の周辺で、本年度初めて確認されたものである。

H17区上流、H17区、H12区、下流区の4地点では、定量調査後に定性調査を行ったが、定性調査で得られた魚種はいずれも定量調査で確認された魚種に含まれており、新たな魚種を得ることはできなかった。以後、定量調査結果を元に、各地点での種構成について述べる。

H17区上流、H17区の2地点では、いずれも2科3種と、出現魚種が少なかった。ただし、両者の間には、その構成に多少の違いがある。H17区上流では、ドジョウとフクドジョウが殆どを占めたのに対し、H17区ではこれらに加えウグイ類が多数得られた。H17区上流、H17区ともに河道幅約2mの三面護岸であり基本的によく似ているが、H17区の方では河岸に土砂が堆積し抽水植物が繁茂している箇所がより多かった。このような環境の違いが出現魚種の構成に影響を与えたものと考えられる。

H12区、下流区では、いずれも4科9種が確認された。H12区、下流区ともに抽水植物が多く、流況も変化に富んでいたため、H17区上流、H17区の2地点に比べて多くの魚種が確認されたものと考えられる。H12区と下流区の確認魚種について、種構成はほぼ同様であった。

表 5.3.1 平成17年度 魚類調査結果

科	種	定量調査				定性調査				
		予定区上流	改修予定区	中流区	下流区	予定区上流	改修予定区	上流区	中流区	下流区
ヤツメウナギ	カワヤツメ属(幼生)				12			1		
コイ	ギンブナ			6	1			9	3	
	ヤチウグイ			1	2					
	エゾウグイ		35	44	7		1	17	5	
	ウグイ属		50	66	7		9	8		2
	モツゴ	1		14	5					
ドジョウ	ドジョウ	55	65	80	26	24	8	12	16	1
	フクドジョウ	20	6	189	90	4		16	22	7
	エゾホトケドジョウ			12	6			5		
サケ	ヤマメ			3					1	
トゲウオ	イバラトミヨ			3	2					
計	5科10種	76	156	418	158	28	18	68	47	10
		2科3種	2科3種	4科9種	4科9種	1科2種	2科2種	3科6種	3科5種	2科3種

※種名及び配列は、河川水辺の国勢調査のための生物リスト「平成12年度河川版(財団法人リバーフロント整備センター)」に準ずる。
 ※全長100mm未満のウグイ類については、種の同定が困難なためウグイ属として扱った。

また、エゾウグイと重複する可能性があるため、エゾウグイと同時に出現した場合、種数に含んでいない。

(2) 重要種

本年度調査で確認された重要種は、ヤチウグイ、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、イバラトミヨの3科4種である。これらの魚種に関する情報を表 5.3.2 に示す。

表 5.3.2 本調査で確認された重要種の一覧

科名	種名	選定基準	一般生態等
コイ	ヤチウグイ	1) 準絶滅危惧	<ul style="list-style-type: none"> 日本では、北海道のみに分布し道南を除く地域の平野部や湿地帯に分布する。 平野部や湿地帯の池沼や河跡湖などの閉鎖水域や、河川の中・下流域に生息する。河道周辺にヨシなどの抽水植物や水草、藻などが繁茂する環境を比較的好む。雑食性で陸生昆虫類、水生昆虫類、付着藻類などを摂餌する。
	エゾウグイ	2) 留意種	<ul style="list-style-type: none"> 日本では、北海道のほぼ全域と青森県、秋田県、岩手県および福島県の比較的大きな河川の上流域に分布する。 北海道では河川の全域に生息するものの、降海しない。急流を避け、中流域など比較的流れの緩やかな区間に多く生息し、底層付近を遊泳する。雑食性で、底層で摂餌することが多い。
ドジョウ	エゾホトケドジョウ	1) 絶滅危惧II類 2) 絶滅危惧種	<ul style="list-style-type: none"> 日本固有種で、北海道のみに分布し石狩川水系と勇払原野を中心とした道央、天塩川水系周辺の道北およびオホーツク海側の河川や湖沼に生息する。 一生を淡水で過ごす純淡水魚で、泥炭地や湿原などの緩やかな細流や、低水温の小川や池沼に生息し、浮遊性や半底生性または底生性の小動物を多く摂餌する
トゲウオ	イバラトミヨ	2) 希少種	<ul style="list-style-type: none"> 日本では、日本海側では新潟県以北に、太平洋側では青森県以北に分布する。また、北海道では太平洋側の河川を中心に分布している。 一般に平野部を流れる細流、湖沼、湧水地帯に生息し、小型の甲殻類やユスリカ科の幼虫などを摂餌する。

【選定基準】

- 1) 「改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—4 汽水・淡水魚類(環境省 2003)」
- 2) 「北海道の希少野生動物(北海道レッドデータブック 2001)」

(3) 経年変化

【経年変化・H14区】

H14区の調査が行われたのは、平成12年度6月、12年度8月、13年度、15年度である。これらの年度のH14区各ユニットをプロットした結果を図 5.3.2 に示す。

平成12年度では植生カバーが豊富とみられる、左側に位置するユニットが多く含まれているが、以後、年度が進むにつれて右上に移行、すなわち人工の水路的な要素が強くなっている。平成13年度は、前述のとおり、流量の低下と季節的な違いによって、平成15年度は、平成14年にこの地点で行われた護岸工事の影響によって、環境が変化したものと思われる。

H14区での、定性調査を含めた魚類調査の結果を表 5.3.3 に示す。平成14年に行われた護岸工事の時期を赤線で示してある。

出現魚種数は5種から9種であるが、ある時期を境に増加或いは減少するような明瞭な傾向は見られない。

いずれの調査でも、ドジョウ或いはフクドジョウの密度が高い傾向があるが、特に平成13年度調査ではこれらの密度が非常に高くなっている。これは、生息個体数が増加したばかりではなく、流量が減少したために、河床面積が減少し、生息密度が一層上昇したという可能性がある。

工事前後で比較を行うと、工事前の方が工事後よりも生息密度が高い、そして工事後ではウグイ属の密度

が高いという傾向があるが、平成12年度8月の調査はユニット数が13と多いこと、平成13年の定量調査は他の年度と異なり10月に行われているなど、比較が難しい要素が含まれており、工事の影響を判断するのは困難である。

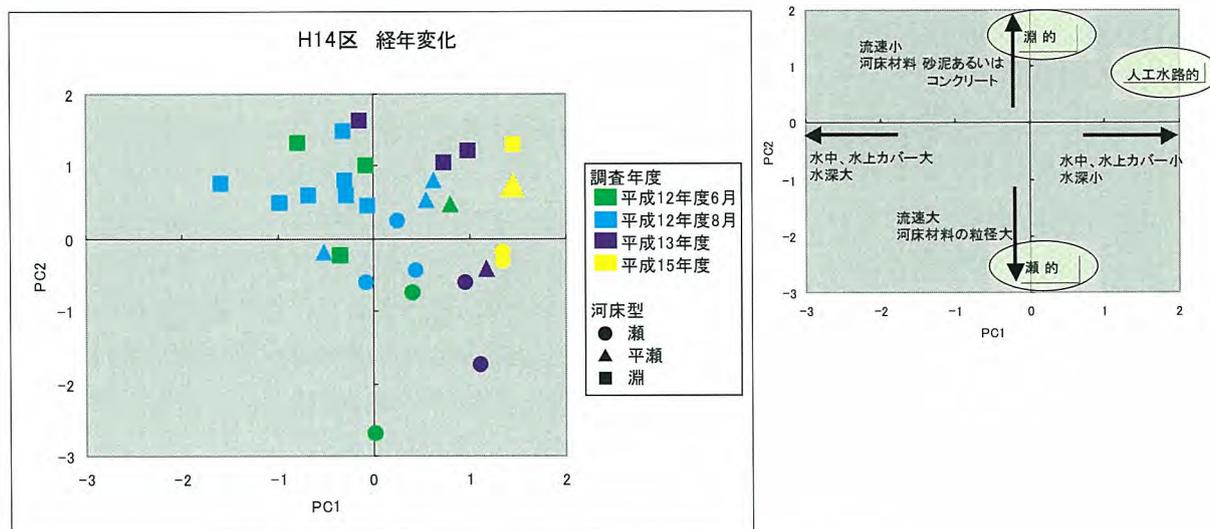


図 5.3.2 H14 区 物理環境の経年変化

表 5.3.3 H14 区 採捕魚類の経年変化

	12年度		13年度			15年度		17年度
	6月 (定量)	8月 (定量)	6月 (定性)	10月 (定量)	10月 (定性)	定量	定性	定性
スナヤツメ				0.02				
カワヤツメ					(2)			
カワヤツメ属(幼生)		0.02						(1)
ギンブナ	0.13	0.01	(20)			0.01	(3)	(9)
フナ属				0.02				
ヤチウグイ				0.53			(1)	
ウグイ							(17)	
エゾウグイ	0.50	0.09	(18)		(>50)	0.02	(18)	(17)
ウグイ属		0.27	(55)			1.13	(23)	(8)
モツゴ		0.02				0.04		
タモロコ	0.02	0.00	(1)			0.01	(1)	
ドジョウ	1.21	3.41	(4)	3.10	(>50)	0.41	(16)	(12)
フクドジョウ	0.14	0.17	(18)	1.39	(>50)	0.38	(49)	(16)
エゾホトケドジョウ	0.36	0.26	(1)	0.05	(5)	0.01	(3)	(5)
イバラトミヨ							(1)	
計(個体/m ²)	2.36	4.26	—	5.11	—	2.00	—	—
種数	6	8	6	6	5	7	9	6
調査地面積(m ²)	110	256	—	59	—	101	—	—

注1)括弧内の数値は、定性調査での個体数。

注2)ウグイ属はエゾウグイおよびウグイと重複する可能性があるため、これらと同時に出現した場合、種数に含んでいない。

【経年変化・H12区】

H12区の物理環境調査が行われたのは、平成12年度6月、13年度、15年度、17年度である。これらの年度のH12区の各ユニットをプロットした結果を図5.3.3に示す。

平成12年度と15年度からなるグループ、13年度のみからなるグループ、17年度のみからなるグループの3群が認められる。

平成13年度のグループは座標平面の右側、すなわち人工水路的な要素が多く含まれる位置づけであるが、これは平成12年にこの地点で行われた工事の影響である。平成12年度と15年度のユニットは、年度による分離の困難な一群を構成しているが、これは工事前、工事後の回復途上で似たような環境が形成されたためと思われる。平成17年度の各ユニットは、他のグループとは離れて、座標平面右下側に主に分布している。これは、17年度調査時、河岸植生が非常に発達しておりカバー率が大きかったこと、流量増加のためと思われる水深の増加、という2つの要素が影響していると考えられる。また、各ユニットのばらつきが他の年度に比べて大きく、環境の多様性が増加していることが窺える。平成12年度に設置された水制工の周辺には実際、多様な環境が形成されており、これが解析に反映したものと考えられる。

H12区での、定性調査を含めた魚類調査の結果を表5.3.4に示す。平成12年に行われた水制工設置工事の時期を赤線で示してある。

出現魚種数は、平成13年6月定性調査では3種と少なく、この他の年度の調査では6種から9種であった。平成13年度6月の定性調査で種数が少ないのは、工事の影響とも考えられるが、環境が余り回復していると思われず、平成13年10月の状態でも7種が得られており、理由は明らかではない。

生息密度は、平成13年10月定量調査と平成15年定量調査で高い値が示されている。H14区と同様、いずれの調査でも、ドジョウ或いはフクドジョウの密度が高い傾向があり、また平成13年度調査でのこれらの生息密度が顕著に高い。平成13年10月調査時には、工事の影響と流量の減少が相まって、ドジョウとフクドジョウだけが多く生息できる環境が形成されたという可能性が考えられる。

平成17年度調査では、種数がこれまでの年度と比べ最も多く、またこれまで確認されなかったヤマメが得られたなど、魚種の多様性に増加が見られた。水制工の効果による環境の多様性が関連しているものと思われる。

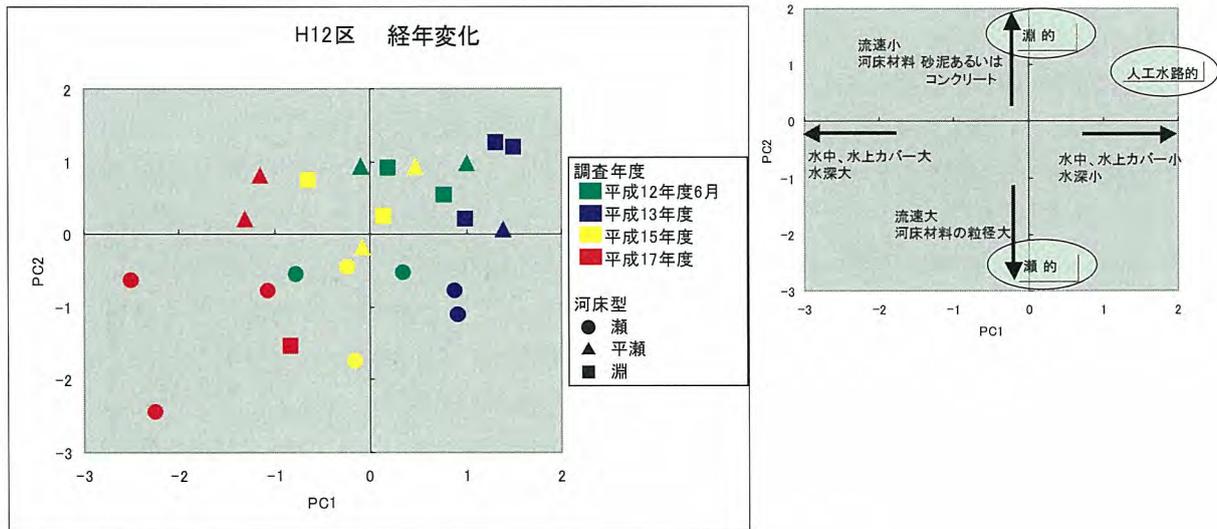


図 5.3.3 H12 区 物理環境の経年変化

表 5.3.4 H12 区 採捕魚類の経年変化

	12年度	13年度		15年度		17年度	
	6月 (定量)	6月 (定性)	10月 (定量)	10月 (定性)	定量	定性	定量
スナヤツメ			0.05				
カワヤツメ				(2)			
カワヤツメ属(幼生)			0.05		0.03		
ギンブナ					0.10	(1)	0.02
ヤチウグイ							0.00
ウグイ					0.04		
エゾウグイ	0.02	(4)			0.36	(13)	0.17
ウグイ属		(36)	0.05	(30)	0.75	(22)	0.26
モツゴ	0.02		0.06	(4)	0.01	(2)	0.05
ドジョウ	0.62	(21)	1.94	(62)	0.43	(9)	0.31
フクドジョウ	0.27	(5)	2.96	(4)	1.37	(18)	0.74
エゾホトケドジョウ	0.10		0.01	(1)	0.04		0.05
ヤマメ							0.01
イバラトミヨ	0.01						0.01
ジュスカケハゼ				(1)		(2)	
計(個体/m ²)	1.05	—	5.12	—	3.13	—	1.63
種数	6	3	6	7	8	6	9
調査地面積(m ²)	81	—	128	—	110	—	256

注1)括弧内の数値は、定性調査での個体数。
 注2)カワヤツメ属(幼生)はスナヤツメ或いはカワヤツメと重複する可能性があるため、これらと同時に出現した場合、種数に含んでいない。
 注3)ウグイ属はエゾウグイおよびウグイと重複する可能性があるため、これらと同時に出現した場合、種数に含んでいない。
 注4)平成17年度の定性調査結果を除く。

【経年変化・下流区】

下流区の物理環境調査が行われたのは、平成12年度6月、12年度8月、13年度、15年度、17年度である。これらの年度の下流区の各ユニットをプロットした結果を図5.3.4に示す。

明瞭に分離することはできないものの、平成13年度のユニットがつくるグループ、12年6月、12年8月、15年度のユニットがつくるグループ、平成17年度のみユニットからなるグループの3群が認められる。

平成13年度の各ユニットは、第一主成分では17年度を除く他の年度のユニットと区別することはできないが、第二主成分得点が高い点で、これらと大きく離れている。これは平成13年度の各ユニットが、より淵的な特徴を備えていることを示している。平成13年度の調査時には、流量がかなり減少していたが、このため流速が落ち、河床に砂泥が堆積していたことが表れているものと考えられる。

平成17年度の各ユニットは、他のユニット群よりも左上に分布している。これは、植生カバーが発達していたこと、水深が他の年度に比べて深かったこと、河床材料に砂が多かったこと、流速がやや遅かったことが影響している。本年度の調査時は、流量が他の年度よりもかなり多く、この要素も上述の分布に影響を与えているものと思われる。

平成12年6月、12年8月、15年それぞれを構成するユニットは入り乱れて分布しており、これらの調査時、似たような環境が維持されていたことが窺える。平成13年度および17年度に比べて、流速が大きく河床に礫が存在する、より瀬的な環境であることが図から読みとれる。

なお、平成12年に調査が始められてから、本年度まで、この地点では工事が行われていない。

下流区での、定性調査を含めた魚類調査の結果を表5.3.5に示す。出現魚種数は、8～10種で、変動が少ない。

平成13年度調査では生息密度が他の地点よりも高く、また特にドジョウの密度が高いことはH14区、H12区と同様の特徴である。H14区、H12区と同様、流量が減少したことが、ドジョウの生息に適した環境の形成に影響したものと考えられる。

下流区では、どの年度の調査でも一般に他の地点と比べ多くの種が得られているが、これは、図5.3.4に示されるように、この地点が多様な環境から構成されることと関連しているものと考えられる。

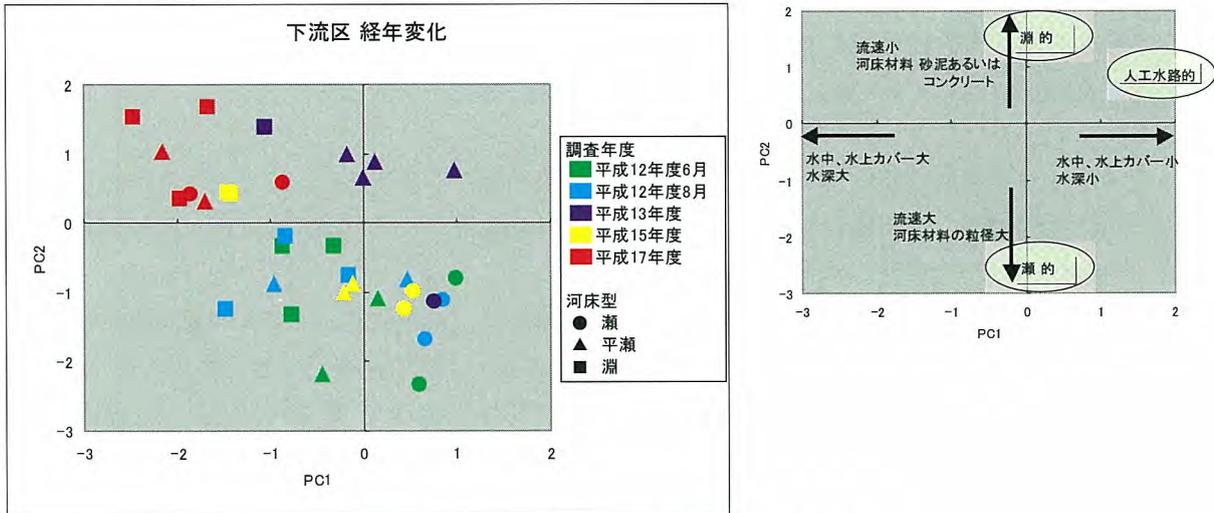


図 5.3.4 下流区 物理環境の経年変化

表 5.3.5 下流区 採捕魚類の経年変化

	12年度		13年度	15年度	17年度
	6月 (定量)	8月 (定量)	10月 (定量)	定量	定量
スナヤツメ			0.03		
カワヤツメ			0.03		
カワヤツメ属(幼生)	0.06	0.01	0.53	0.06	0.10
ギンブナ	0.09			0.06	0.01
フナ属			0.02		
ヤチウグイ				0.05	0.02
エゾウグイ	0.53	0.05		0.45	0.06
ウグイ属		0.09	0.03	0.30	0.06
モツゴ		0.14	0.03	0.03	0.04
タモロコ	0.01	0.01		0.02	
ドジョウ	0.56	0.93	3.52	0.39	0.23
フクドジョウ	0.18	0.77	0.10	0.58	0.78
エゾホトケドジョウ	0.01	0.03	0.02	0.03	0.05
イバラトミヨ		0.02		0.06	0.02
ジュズカケハゼ		0.01			
ヨシノボリ属	0.03				
計(個体/m ²)	1.48	2.07	4.30	2.04	1.37
種数	8	9	8	10	9
調査地面積(m ²)	95	88	63	64	115

注1)カワヤツメ属(幼生)はスナヤツメ或いはカワヤツメと重複する可能性があるため、これらと同時に出現した場合、種数に含んでいない。

注2)ウグイ属はエゾウグイと重複する可能性があるため、エゾウグイと同時に出現した場合、種数に含んでいない。

注3)平成17年度の定性調査結果を除く。

(4) エゾホトケドジョウの生息状況

平成 12 年度から本年度の定量調査で得た全ユニットの結果から、エゾホトケドジョウが採捕されたユニットを選出し、地点毎のエゾホトケドジョウの個体数、生息密度、各地点の河床面積を算出した値を表 5.3.6 に示した。

エゾホトケドジョウの生息密度は、平成 12 年度の調査で最も高く、他の年度ではこれよりかなり低下した。平成 12 年度の調査では、0.36 個体/m²に達する生息密度が確認されたが、平成 13 年度以降の調査では、最大でも 0.05 個体/m²以下に減少している。

ただし、生息密度はエゾホトケドジョウの個体数ばかりではなく、流量に伴って変化する河床面積にも左右されるため、生息密度のみに頼って評価を行うことについては、注意の必要があると思われる。平成 17 年度では、生息密度は平成 13 年度、15 年度の結果とそれほど変わらないが、調査年度全体で定量調査時に採捕された実際の個体数は、18 個体と、平成 12 年度 8 月の 70 個体、平成 12 年度 6 月の 49 個体に次ぐ値であった。

生息密度と個体数のどちらを用いて評価するのが適切であるかについては、なおエゾホトケドジョウの生息に関する研究の進展や、調査方法についての更なる検討が必要であるが、本年度調査では、工事が行われる前の平成 12 年度調査で得られた値に次ぐ個体のエゾホトケドジョウが採捕されたこと、本年度得られた個体の多くが、平成 12 年度に H12 区に設置された水制工によって形成された淵から得られたことを考慮すると、水制工によるエゾホトケドジョウの生息空間の創出は評価できるものと考えられる。

表 5.3.6 定量調査で採捕されたエゾホトケドジョウの採捕個体数と生息密度

	平成12年度6月			平成12年度8月		平成13年度		
	H14区	H12区	下流区	H14区	下流区	H14区	H12区	下流区
個体数	40	1	8	67	3	3	1	1
生息密度(個体/m ²)	0.36	0.01	0.08	0.26	0.03	0.05	0.01	0.02
地点の河床面積(m ²)	110	81	95	256	88	59	128	63
年度別エゾホトケドジョウ総採捕個体数	49			70		5		

	平成15年度			平成17年度	
	H14区	H12区	下流区	H12区	下流区
個体数	1	4	1	12	6
生息密度(個体/m ²)	0.01	0.04	0.02	0.05	0.05
地点の河床面積(m ²)	101	110	64	256	115
年度別エゾホトケドジョウ総採捕個体数	6			18	

(5) 調査結果のまとめ

- ①本年度の魚類調査では、5科10種の魚類が確認された。出現種は、これまでの調査で確認された魚種すべてを含んではいないが、その殆どを網羅するものであった。また、ヤマメは平成12年度に設置された水制工の周辺で、本年度初めて確認されたものである。
- ②本年度調査で確認された魚種に含まれる重要種は、ヤチウグイ、エゾウグイ、エゾホトケドジョウ、イバラトミヨの3科4種であった。
- ③本年度の調査では、本年度に改修が予定されている地点(H17区)でエゾホトケドジョウは確認されなかった。
- ④平成12年度に設置された水制工を含む地点(H12区)について。水制工設置前(平成12年度6月)と比べて、水制工設置後の平成13年10月の調査時には環境、生息魚種の種構成共に悪化していたが、平成15年度の調査時には共に工事前とほぼ同等となり、平成17年度の調査では、環境、魚種共に、工事前より多様性が増加した。
- ⑤主成分分析により、年度別の各地点の環境の違いや、各地点の環境の経年変化を把握できた。他の年度に比べ、平成13年度では環境が悪化しており、平成17年度では環境の多様性が増加していた。ただし、環境の違いを理解するに当たって、季節や流量の違いによる影響を考慮する必要がある。
- ⑥エゾホトケドジョウは、採捕個体数、生息密度共に平成12年度調査で最も多く、他の年度では、生息密度は低下していた。ただし、本年度調査では、生息密度はなお低いが、採捕個体数は平成12年度調査に次ぐ値が得られた。特に平成12年に設置された水制工の周辺で多く得られており、水制工によるエゾホトケドジョウの生息環境創出の効果が現れたものと考えられる。

(6) 今後の方針

平成 15 年度調査では、改修予定区のエゾホトケドジョウを生息に適した場所に移植することが提案されている。本年度の調査ではこの地点でエゾホトケドジョウが得られなかったが、この結果のみで移植が必要ない、と考えるのではなく、他の時期にも生息状況を調べ、判断材料とすることが望ましい。もし、移植を行うのであれば、移植先は H12 区が適切と思われる。

平成 12 年度から本年度の調査まで、エゾホトケドジョウが出現したユニットを、その生息密度と共に、これまで説明してきた座標平面にプロットしたものを図 5.3.5 に示す。

エゾホトケドジョウは、J 川のあらゆる環境から捕獲されているが、特に桃色の円で示した領域にエゾホトケドジョウが多く生育していることが分かる。この領域は、植生カバーがある程度発達し、流速が遅く、河床材料も細かい傾向のある箇所形成される環境を示している。このような箇所は、河岸に抽水植物を繁茂させることにより創出することが出来る。

エゾホトケドジョウが好む環境は、他の多くの魚類の生息にも好ましいものと思われる。改修に当たっては、十分な河道断面をとることが困難とは思われるが、河岸に堆積物がたまり、抽水植物が繁茂できるような構造を採用することが、魚類の保全上望ましい。

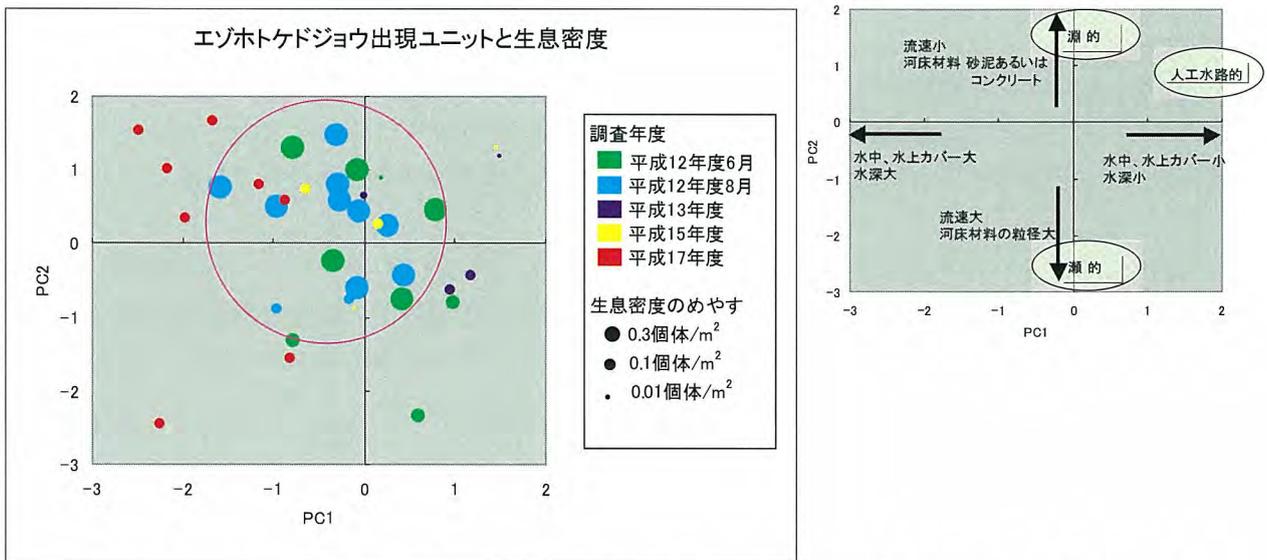


図 5.3.5 これまでの調査で得られた、エゾホトケドジョウが出現したユニットのプロット

5.3.3 植生調査

平成 15 年度には、水制工の設置箇所における「河川環境」を把握する一環として「植物調査」が行われ、中州や河岸部での植生の順調な回復状況が確認されている。

平成 17 年度においては、平成 15 年度に引き続いて、水制工の設置箇所周辺における面的な植生回復状況を調査するとともに、水制工上における植物の定着状況を調査し、水制工が植生回復に及ぼす影響について検討することを目的とした。

(1) 調査時期

①植生図作成調査：平成 17 年 7 月 20～21 日

②群落組成調査：平成 17 年 7 月 20～21 日

(2) 調査方法

a) 植生図作成調査

水制工の設置箇所を含む河川沿い約 100m×幅約 20m の範囲において、植生図を作成した。現地調査時には、堤防上や橋梁上の見通しのよい場所から眺望するとともに、調査範囲内を踏査して、出現する植物群落及びその範囲を記録した。

b) 群落組成調査

水制工(ポーラスコンクリート)上にコドラートを 20 個設置し、種組成・植被率・群落高などを記録した。設置区間は、魚類調査における瀬 2、平瀬 2、淵 1、瀬 3 とその下流域の 5 区分とし、各区分に 2～5 個のコドラートを設置した(表 5.3.7)。調査時には、ポーラスコンクリート上の植生活着状況に留意し、調査を実施した。また、群落組成調査実施コドラートの近傍における河川の流速・水深・河床材料の 3 項目についても合わせて記録した。河床材料は、表 5.3.8 に示す区分とした。

表 5.3.7 区間におけるコドラートの設置状況

区間名	コドラート数	コドラート No.
瀬 2	6	Q1～Q6
平瀬 2	5	Q7～Q11
淵 1	2	Q12～Q13
瀬 3	3	Q14～Q16
下流域	4	Q17～Q20

表 5.3.8 河床材料の区分

No.	区分内容
1	岩盤またはコンクリート
2	シルト、砂(礫径 2mm 以下)
3	小、中礫(礫径 2-64mm)
4	大礫(礫径 64mm 以上)

(3) 調査結果

a) 植生図作成調査

調査に従って作成した植生図を図 5.3.6 に示す。

調査地は、クサヨシ群落、ヤナギ低木群落、雑草群落(密)、雑草群落(疎)の4群落に区分された(写真 5.3.1～写真 5.3.4)。クサヨシ群落は、主に低水路内の堆積部に大きく広がり、クサヨシ、ヨシなど湿性植物が主な構成種となっていた。ヤナギ低木群落は、調査地内の右岸高水敷周辺に広がり、オノエヤナギ、エゾノキヌヤナギなどの木本類やクサヨシ、オオヨモギなどの草本類で構成されていた。雑草群落(密)・(疎)は、調査範囲下流域の左右岸に広がり、シロツメクサ、ムラサキツメクサ、オオヨモギ、オオアワダチソウ、イネ科草本などが構成種となっていた。



写真 5.3.1 クサヨシ群落



写真 5.3.2 ヤナギ低木林



写真 5.3.3 雑草群落(密)



写真 5.3.4 雑草群落(疎)

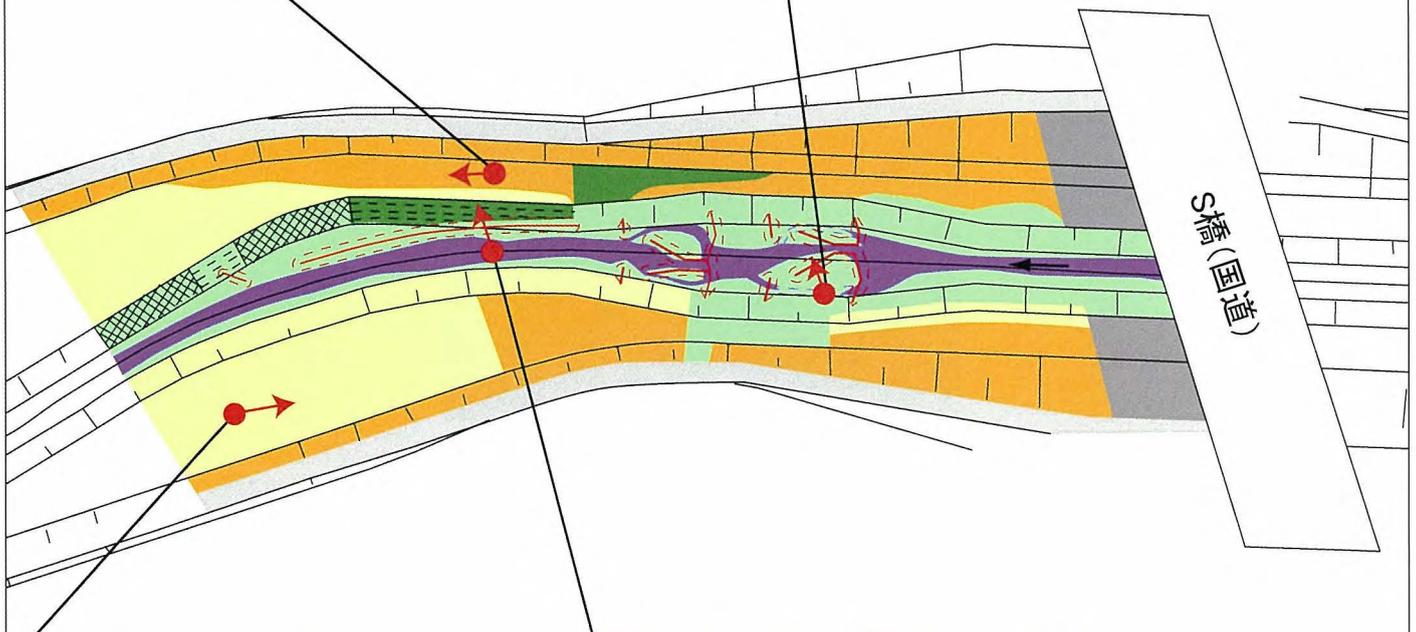
図 5.3.6 植生図



雑草群落(密)



クサヨシ群落

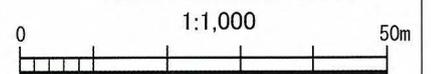


雑草群落(粗)



ヤナギ低木林

凡例	
	ヤナギ低木林
	クサヨシ
	雑草地(密)
	雑草地(疎)
	コンクリート
	管理用道路
	開放水面
	撮影位置・向き



b) 群落組成調査

群落組成調査の結果について、区分毎に以下に述べる。

①瀬 2(写真 5.3.5)

群落組成調査結果の概略を表 5.3.9 に示す。

各コドラートとも植被率が95%以上と高く、群落高も2mを越えていた。各コドラートの確認種数は平均5種(3~8種)であった。Q1・Q4~6は、クサヨシが優占し、クサヨシの植被率が90%を越えていた。Q2は、ツルヨシが優占(60%)し、クサヨシも同程度(50%)生育していた。Q3は、クサヨシが優占(70%)し、オオアワダチソウも50%の植被率を示した。優占種以外の種としては、水際によく見られるセリ、ミゾソバ、ツルヨシなどが見られた。

全コドラートのポーラスコンクリート上には厚く土壌が堆積しており、植物の根がコンクリートに達しているのかを確認することはできなかった。



写真 5.3.5 瀬 2の景観

表 5.3.9 瀬 2における結果概要

コドラート NO.	確認種数	被度 (%)	群落高 (m)	優占種	流速 (m/s)	水深 (cm)	河床材料
Q1	3	95	2.3	クサヨシ	0.2	35	小・中礫
Q2	6	100	3	ツルヨシ、クサヨシ	0.21	32	大礫
Q3	5	95	2.3	クサヨシ	0.15	11	小・中礫
Q4	8	100	2.5	クサヨシ	0.58	58	小・中礫
Q5	5	95	2.5	クサヨシ	0.29	22	小・中礫
Q6	5	95	3	クサヨシ	0.44	58	小・中礫
平均値	5.2	96.7	2.60		0.310	36.0	

②平瀬 2(エラー! 参照元が見つかりません。)

群落組成調査結果の概略を表 5.3.10 に示す。

各コドラートは、植被率が95%以上と高く、群落高も2mを越えていた。各コドラートの確認種数は平均5種(3~7種)であった。Q7~10は、クサヨシが優占し、クサヨシの植被率が90~95%であった。Q11は、ツルヨシが優占(80%)し、クサヨシも25%を占めていた。優占種以外の種としては水際によく見られるセリ、ミゾソバなどが見られた。

全コドラートのポーラスコンクリート上には土壌の堆積がみられ、Q9・10ではクサヨシなどの根がコンクリートに達しているのを確認した。



写真 5.3.6 平瀬 2 の景観



写真 5.3.7 コンクリート上の根の様子

表 5.3.10 平瀬 2 における結果概要

コドラート NO.	確認種数	被度 (%)	群落高 (m)	優占種	流速 (m/s)	水深 (cm)	河床材料
Q7	4	100	2.5	クサヨシ	0.57	63	シルト・砂
Q8	7	100	2.3	クサヨシ	0.69	32	小・中礫
Q9	3	100	2.1	クサヨシ	0.96	29	シルト・砂
Q10	5	95	2.3	クサヨシ	0.22	46	大礫
Q11	4	100	3	ツルヨシ	0.45	20	大礫
平均値	4.6	99.0	2.40		0.578	38.0	

(6) 下流域(写真 5.3.10)

群落組成調査結果の概略を表 5.3.13 に示す。

植被率については、Q17・18・20 では 70～85%、Q19 では 40%であった。群落高は、各コドラートとも 2m を越えていた。各コドラートの確認種は平均 13 種(12～13 種)で、他の調査区間に比べ多くなっていた。Q17・19・20 ではクサヨシが優占(それぞれ 60%、20%、70%)し、Q3 ではムラサキツメクサが優占(70%)していた。優占種以外の種としてはミゾソバ、アキノウナギツカミ、スギナ、オオヨモギなどを確認した。

Q18・20 において、ポーラスコンクリート上に数 cm 程度の堆積土がみられ、イネ科草本やシロツメクサ、ムラサキツメクサなどの根がコンクリートに根付いているのを確認した。しかし、Q17・19 については、コンクリート上に土壌の堆積、植物の生育ともに確認されなかった。



写真 5.3.10 下流域の景観

表 5.3.13 下流域における結果概要

コドラート NO.	確認種数	被度 (%)	群落高 (m)	優占種	流速 (m/s)	水深 (cm)	河床材料
Q17	13	70	2.4	クサヨシ	0.08	48	大礫
Q18	14	80	2.1	クサヨシ	0.9	38	小・中礫
Q19	12	40	2.1	クサヨシ オオアワダチソウ	0.77	37	シルト・砂
Q20	12	85	2.1	クサヨシ	0.47	32	シルト・砂
平均値	12.8	68.8	2.18		0.555	38.8	

(7) 調査結果のまとめ

群落組成調査の結果から、本調査区間は瀬1・平瀬2・淵1の上流区間と瀬3・下流域の下流区間の2つに大別された(表 5.3.14)。

瀬1・平瀬2・淵1の上流区間では、植被率が平均97%(95~100%)と高く、ほとんどのコドラートでクサヨシが優占しており、その被度も高い値であった(平均79%、範囲25~95%)。それに対して、確認種数は平均6種(3~9種)と下流区間に比べ少なかった。

一方、瀬3・下流域の下級区間では、植被率が平均59%(30~85%)と低く、上流区間で優占していたクサヨシの被度も平均33%(5~70%)と低くなり、アキノウナギツカミやムラサキツメクサの優占するコドラートもみられた。確認種数については、平均11種(6~14種)と上流区間の約2倍の種数であった。

表 5.3.14 全調査区間における確認種数、植被率、およびクサヨシ被度の平均と範囲

区 分	確 認 種 数		植 被 率 (%)		クサヨシ被度 (%)	
	平 均	範 囲	平 均	範 囲	平 均	範 囲
瀬2	5	3~8	97	95~100	80	50~90
平瀬2	5	3~7	99	95~100	78	25~95
淵1	9	8~9	95	95.0	78	70~85
上流区間	6	3~9	97	95~100	79	25~95
瀬3	9	6~12	47	30~60	22	5~50
下流域	13	12~14	69	40~85	41	15~70
下流区間	11	6~14	59	30~85	33	5~70

確認種の構成をみると、上流区間ではクサヨシ、ヨシ、ミゾソバ、セリなど湿った場所でみられる種が多かった。それに対して、下流区間では上述の種以外に、オオヨモギ、スギナなどやや乾燥した環境を好む種や、オオアワガエリ、カモガヤ、シロツメクサなど帰化種が確認された。

以上のような植被率・確認種数・種構成の違いは、上流区間が湿潤な状態であったのに対して下流区間がやや乾燥した状態であったためであると考えられる。このような水分条件の違いは、上流区間は2箇所の大きな水制間であり、流路は複雑であったのに対して、下流区間は流路が単一で変化に乏しかったことが関係しているとみられる。

コドラート設置区間と調査区間周辺の高水敷の環境を比較すると、コドラート設置区間は、植被率が高く、群落高も3mに達しており、順調に植生が回復し、維持されているものと考えられる。

ポーラスコンクリートと植物の活着状況については、多くのコドラートのコンクリート上でクサヨシ、カモガヤなどのイネ科草本やアメリカセンダングサやタデ科の植物などが活着しているのが確認された(写真 5.3.11)。しかし、現時点で植生回復に対するポーラスコンクリートの効果については明らかでないため、今後、継続して追跡調査をする必要があると考える。



写真 5.3.11 調査地の景観



写真 5.3.12 植物の活着状況

(8) 植生状況の変化

施工後からの植生の回復状況、エゾホトケドジョウの生息環境に必要な水際部の植生状況の変化を把握するため、現地調査写真を用いて整理した。

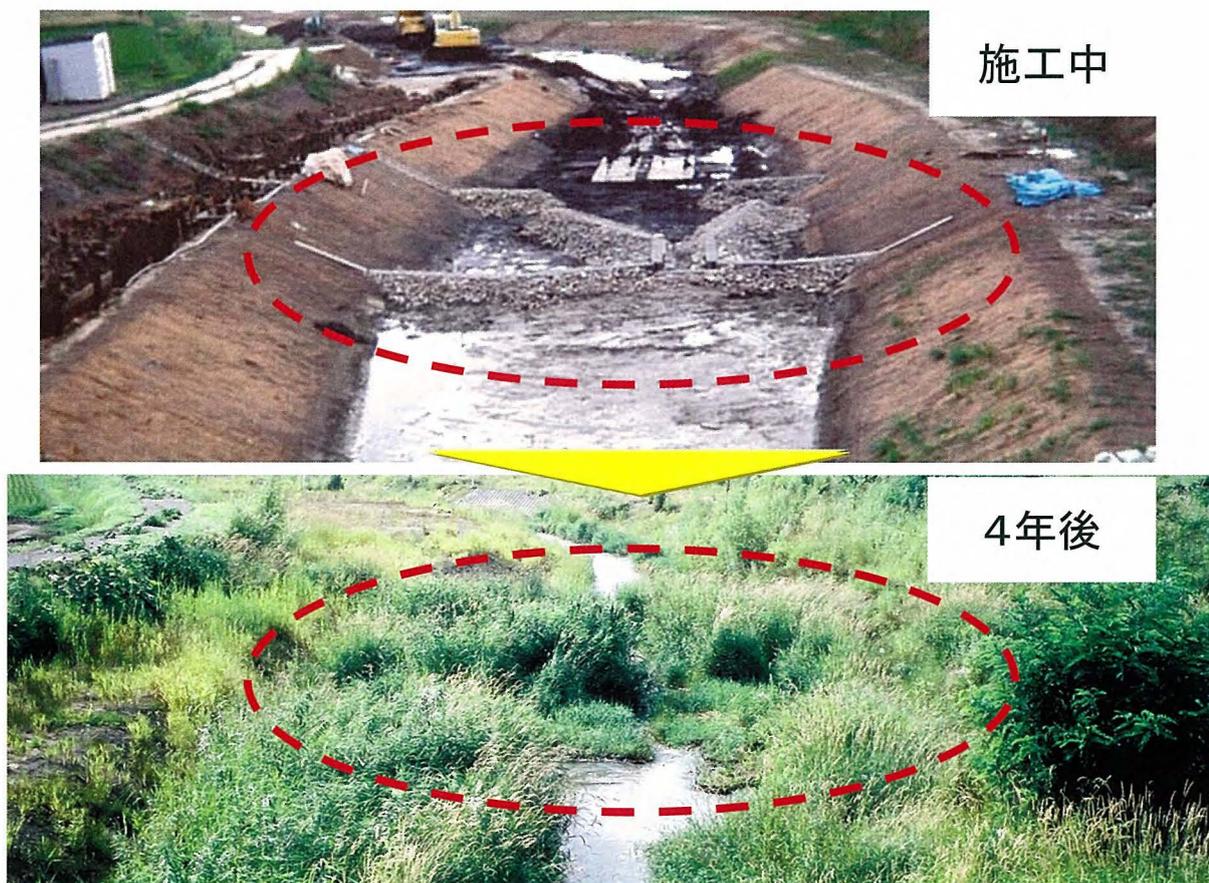
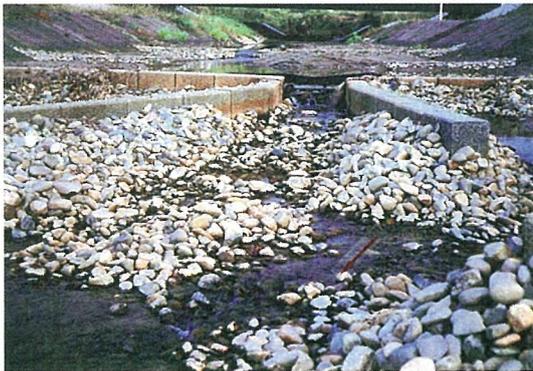


写真 5.3.13 ポーラスコンクリート床止工上流より



○工事直後(平成13年10月)

植生による水中カバーの消失、水深の減少にともない、エゾホトケの確認数が大きく減少した。



○工事2年後(平成15年8月)

創出された淵において、エゾホトケの確認数が増加。設周辺では植生が回復し、水中カバーの増加や多様な流れが形成された。



○工事4年後(平成17年6月)

植生の回復が著しい。工事前におけるエゾホトケの生息密度を上回った。

写真 5.3.14 ポーラスコンクリート床止工付近の植生状況変化



写真 5.3.15 ポーラスコンクリートへの植物活着

5.3.4 ポーラスコンクリートの強度解析

過年度に施工された水制工の耐久性能・経年変化を検証するため強度解析を実施した。また、過年度の強度解析および現地計測による結果を整理し比較検証した。

(1) 概要

ポーラスコンクリート強度解析の概略的な内容と目的をまとめると次のようになる。

① J川水制工に使用したポーラスコンクリートの耐凍害性

実構造物に使用したポーラスコンクリートと同一配合のものを用いて RILEM TC-117 CIF 試験¹⁾を行った結果により、設置されたポーラスコンクリートの耐凍害性を推定する。

② J川水制工の相対超音波伝播速度率の変化

J川水制工用ポーラスコンクリートにおいて長期間にわたり超音波伝播時間を測定している。その結果をもとに相対超音波伝播速度比の変化を求め、護岸用ポーラスコンクリートの内部劣化度を評価する。

③ 水制工よりコア採取したポーラスコンクリートの物性と耐凍害性

昨年5月に水制工からコアボーリングにより採取されたポーラスコンクリートについて、RILEM TC-117 CIF 試験及び種々の物性試験を行った。その結果をもとに設置されたポーラスコンクリートの耐凍害性について評価する。

(2) J川ポーラスコンクリート構造物の配合

材料には、普通セメント、アクリル系ポリマーを主成分とする増粘剤、静内川産砕石、特殊混和剤(ポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤)を採用している。その配合を表 5.3.15 に示す。なお、本報告内で使用する供試体、及びポーラスコンクリートはすべて以下の配合により作製されている。

表 5.3.15 供試体の配合

粗骨材の種類 (mm)	連続空隙率 (%)	全空隙率 (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	増粘剤	粗骨材	混和剤
5~13	20	21	24	99	413	8.3	1550	3.1

(3) J川水制工に使用したポーラスコンクリートの耐凍害性

1) 物性試験

全空隙率及び連続空隙率は JCI によるポーラスコンクリートの空隙率試験方法 (案)²⁾ に準じて測定し、透水係数は、JIS の土の透水試験方法に準じて測定した。全空隙率、連続空隙率、透水係数、圧縮強度それぞれの各試験結果を表 5.3.16 に示す。

表 5.3.16 物性試験結果

供試体名	全空隙率 (%)	連続空隙率 (%)	透水係数 (cm/s)	圧縮強度 (N/mm ²)
NRC-1			0.670	18.8
NRC-2			0.730	21.5
NRC-3			0.749	23.9
NRC-4	19.8	18.7		
NRC-5	20.6	19.5		
NRC-6	20.8	20.5		
平均	20.4	19.6	0.716	21.4

2) 凍結融解試験結果

a) 前吸水量

7日間の前吸水過程における単位面積吸水量を表 5.3.17 に示す。単位面積吸水量については、1日目の吸水量が多く、前吸水時の吸水量の決定水量であると考えられる。1日目以降の吸水量は明確な変化が認められず横ばいに推移した。

表 5.3.17 単位面積吸水量 (%)

Days	0	1	2	3	4	5	6	7
NRC	0.00	2.41	2.37	2.32	2.39	2.34	2.39	2.40

b) 相対超音波伝播速度比の変化

凍結融解サイクル中の相対超音波伝播速度比の変化を表 5.3.18 に示す。凍結融解サイクル中に超音波伝播速度の差異は若干あるが伝播速度の低下は確認できず、全体的に大きな内部劣化は無いものと考えられる。

表 5.3.18 相対超音波伝播速度比の変化 (%)

Cycle	0	6	12	18	24	30	36	42	48	56
NRC	100.0	102.0	99.8	101.7	98.7	100.6	102.3	101.0	103.8	102.1

c) 単位面積スケーリング量

単位面積スケーリング量と凍結融解サイクルの関係を表 5.3.19 に示す。この表から凍結融解サイクル数の増加とともに、スケーリング量が直線的に増加することがわかる。

表 5.3.19 単位面積スケーリング量の推移 (g/m²)

Cycle	0	6	12	18	24	30	36	42	48	56
NRC	0.0	43.8	65.0	83.2	102.2	124.5	145.0	161.0	179.1	199.9

なお、表 5.3.17～表 5.3.19 に関するグラフは後述の J川水制工よりコア採取したポーラスコンクリートの物性と耐凍害性にて比較のために用いるため、本項では省略する。

(4) J川水制工の相対超音波伝播速度率の変化

1) 概要

RILEM TC-117 CIF 試験において内部劣化は相対超音波伝播速度比の変化から評価する。その内部劣化の評価基準を表 5.3.20 に示す。ポーラスコンクリートブロックにおいて同様の手法で超音波伝播時間を長期間にわたり測定し続け、相対超音波伝播速度比の変化を求めた。測定地点は別紙参考資料に記す。

表 5.3.20 内部劣化の評価基準

損傷程度	軽微	中程度	激しい
初期値に対する 相対伝播速度比	95%以上	95% ~80%	80% ~60%

2) 相対超音波伝播速度比の変化

測定日ごとの相対超音波伝播速度比の変化を図 5.3.7 に示す。この図によると経時的な相対超音波伝播速度比の顕著な低下は認められず、最大低下値でも約 90%を上回るものである。従って、内部劣化があるとしても軽微から中程度であると考えられ、おおむね耐凍害性を維持しているものと思われる。

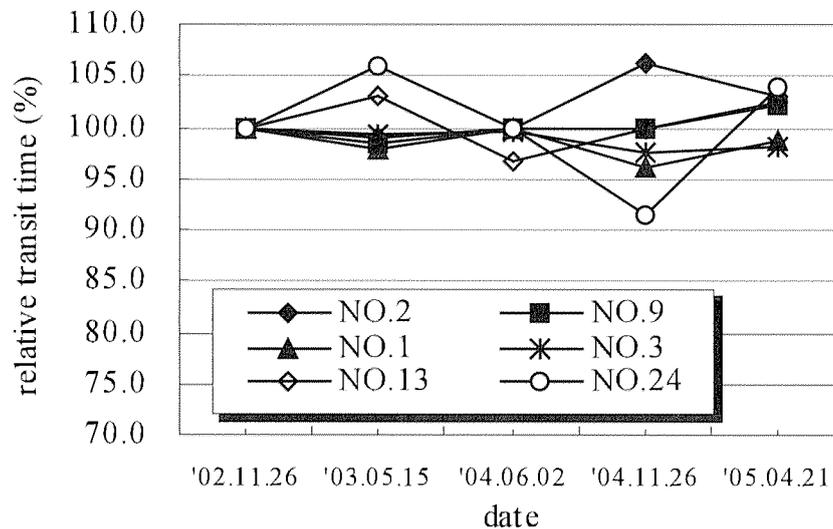


図 5.3.7 相対超音波伝播速度比の変化

(5) 水制工よりコア採取したポーラスコンクリートの物性と耐凍害性

1) コア供試体の物性試験結果

コア採取されたものをコンクリートカッターによってシリンダーサイズにカットした後、全空隙率、連続空隙率、圧縮強度、透水係数、超音波伝播速度を測定し、それぞれの測定結果を表 5.3.21 に示す。なお、B-3、B-5 は凍結融解試験用の供試体としたため圧縮強度の測定は行っていない。別紙参考資料にコア採取地点を記す。

これによればB-6 以外の供試体で設計空隙率よりかなり大きくなり、圧縮強度が大きく低下していることがわかる。施工後5年間でこれほどの圧縮強度の低下、空隙構造の変化が起きるとは考えがたく、これはコア採取時、もしくはコンクリートカッターによる切断時にポーラスコンクリートが何らかのダメージを負ったことに起因すると考えられる。

なお、B-6 の供試体は設計全空隙をほぼ確保しているものの連続空隙率が設計時より大きく低下している。これは自然環境化において連続空隙に目詰まりが生じたものと考えられる。このことはコアボーリング採取した供試体を超音波バスで超音波洗浄した際、後述の凍結融解試験の際に多量の砂等が流出したことからも伺える。また、圧縮強度においてB-6 は他の供試体と異なり、それほど大きな強度低下を見せていない。これらのことから供試体B-6 の試験結果が実際設置されている護岸ポーラスコンクリートの現状であると考えられ、大きな劣化はしていないと評価できる。

ポーラスコンクリートは普通コンクリートに比べると強度が劣るところが大きい。そこでポーラスコンクリートにおいてコアボーリング採取する際、コンクリートカッター等で切断するには適切な配慮が必要になると考える。

表 5.3.21 物性試験結果

	設計空隙率 (%)	全空隙率 (%)	連続空隙率 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	透水係数 (cm/mm)
B-1	20.0	(28.7)	(28.7)	(8.33)	1.16
B-2	20.0	(26.1)	(26.0)	(10.92)	—
B-3	20.0	(24.6)	(21.5)	—	0.78
B-4	20.0	(26.6)	(26.5)	(9.39)	1.17
B-5	20.0	(25.2)	18.0	—	0.94
B-6	20.0	21.6	10.9	18.25	0.74

2) コア供試体凍結融解試験結果

a) 前吸水(%)

7日間の前吸水過程における単位面積吸水量を表 5.3.22 に示す。単位面積吸水量については、全ての供試体において同様に1日目の吸水量が決定水量であると考えられる。1日目以降の吸水量は明確な変化が認められず横ばいに推移している。また、コア採取した供試体の方の吸水量が少ない結果となった。

表 5.3.22 単位面積吸水量(%)

Days	0	1	2	3	4	5	6	7
B3	0.00	2.03	2.16	2.26	2.29	2.34	2.38	2.35
B5	0.00	1.50	1.67	1.68	1.65	1.80	1.76	1.84

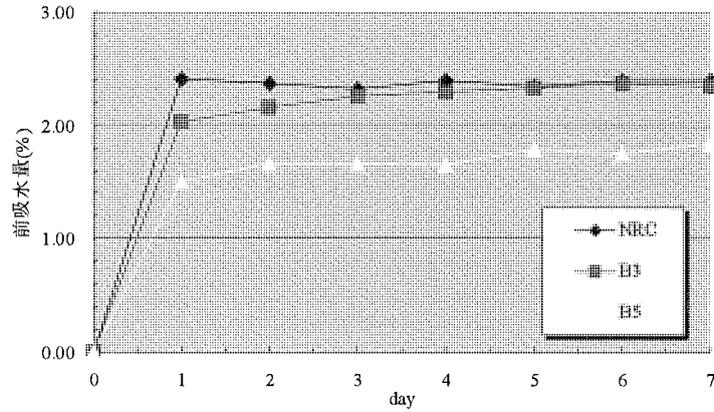


図 5.3.8 単位面積吸水量(%)

b) 超音波伝播速度

凍結融解サイクル中の相対超音波伝播速度比の変化を表 5.3.23、図 5.3.9 に示す。凍結融解サイクル中に超音波伝播速度の差異は若干あるが、どの供試体においても伝播速度の低下は確認できず大きな内部劣化は無いものと考えられる。

表 5.3.23 相対超音波伝播速度比の変化(%)

Cycle	0	6	18	24	30	44	50	56
B3	100.0	100.0	101.7	102.5	100.2	105.4	99.8	101.0
B5	100.0	96.5	101.1	100.4	100.2	102.3	100.2	100.2

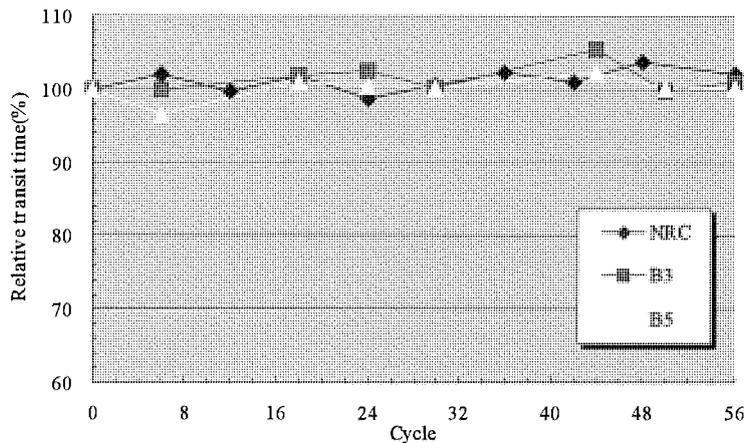


図 5.3.9 相対超音波伝播速度比の変化(%)

c) 単位面積スケーリング量 (g/m²)

単位面積スケーリング量と凍結融解サイクルの関係を表 5.3.24、図 5.3.10 に示す。これらから凍結融解サイクル数の増加とともに、スケーリング量が直線的に増加していることがわかる。

図 5.3.10 をみると、コア採取した供試体のスケーリング量が多いが、スケーリング量測定時にろ過したものにはモルタル片に加えて多量の砂も混入されていたため (図 5.3.11)、実際はもう少しスケーリング量が少ないものと考えられる。

CIF 試験でのポーラスコンクリートのスケーリング量に対する評価基準としては暫定安³⁾として 600g/m²以下とされており、本試験におけるスケーリング量は上述した砂等の流出を考慮した場合、基準内である考え、耐凍害性は比較的高いものであると考える。

表 5.3.24 単位面積スケーリング量の推移 (g/m²)

Cycle	0	6	12	18	24	30	44	50	56
B3	0.0	213.3	285.2	311.1	385.5	415.3	500.1	568.1	622.5
B5	0.0	99.9	155.8	205.3	246.2	266.5	326.4	377.7	425.1

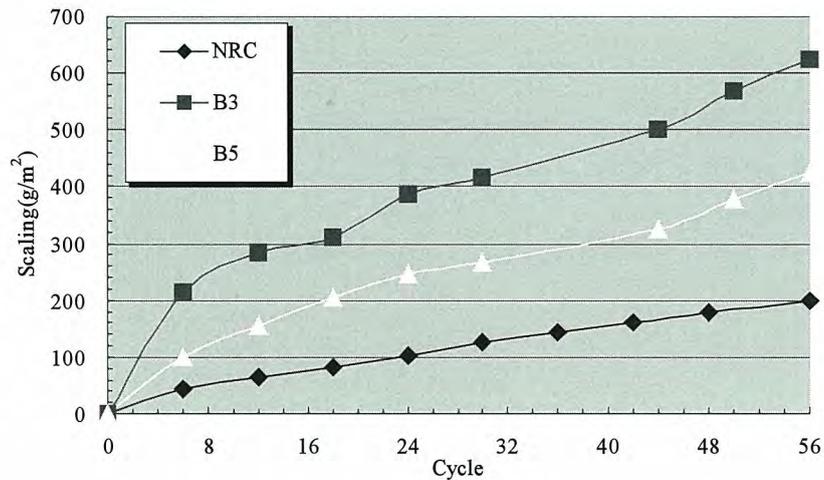


図 5.3.10 単位面積スケーリング量の推移 (g/m²)

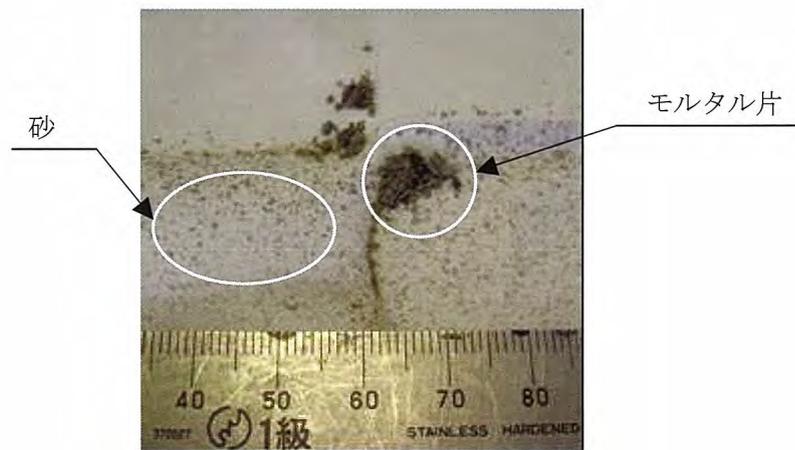


図 5.3.11 モルタル片と砂等

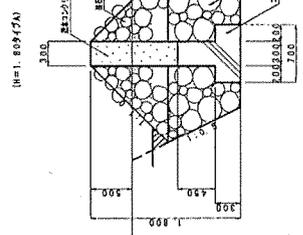
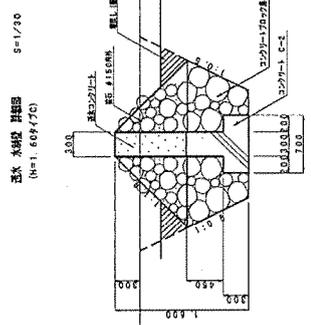
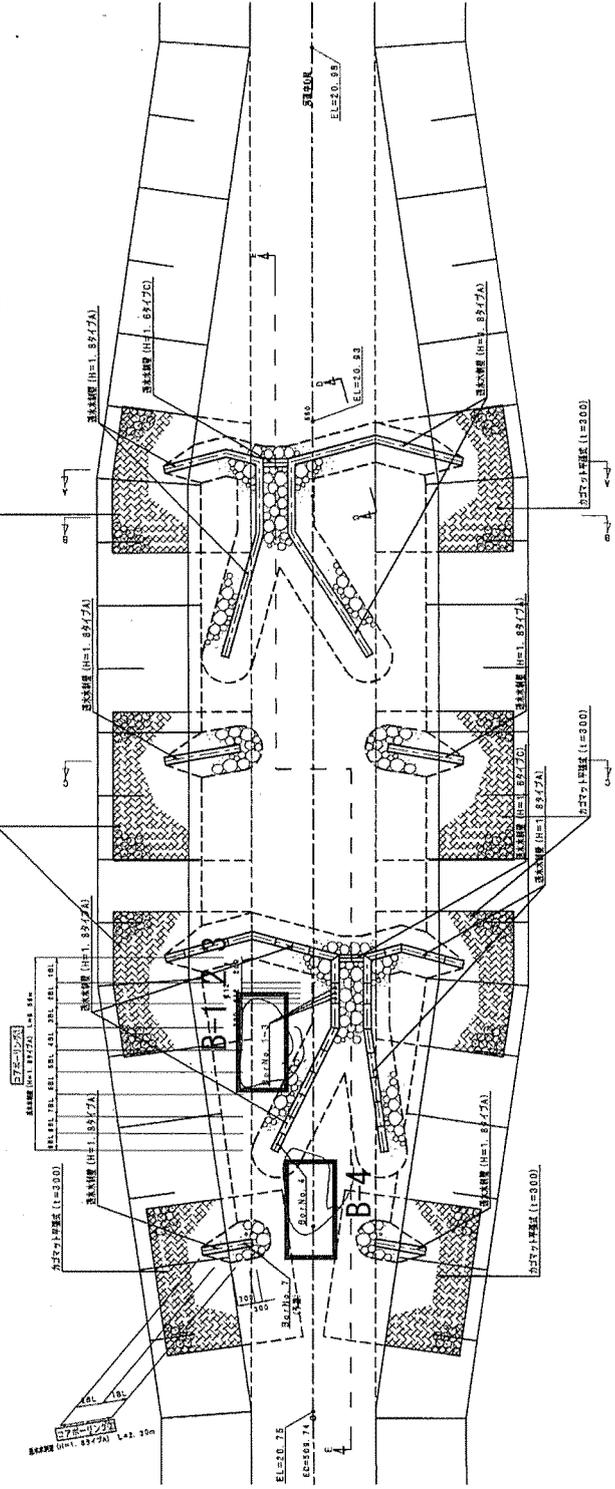
(6) まとめ

- ①J 川水制工用ポーラスコンクリートと同配合のポーラスコンクリート供試体の CIF 試験において、内部劣化、表面劣化ともに損傷程度は軽微と判断することができ耐凍害性がほぼ確保されていると考えられる。
- ②年間 70～80 回程度と厳しい凍結融解作用を受ける水辺の護岸用ポーラスコンクリートにおいて長期間にわたる超音波伝播時間を測定した結果、その劣化度は軽微から中程度にあり、その多くは軽微であると判断された。従って、一般的な水辺のポーラスコンクリートの耐凍害性は比較的高いものと考えられる。
- ③供試体の強度低下、耐凍害性の低下は少ないことを確認した。しかし、連続空隙内に砂やゴミが充填していたことも事実であり、有効活用という観点から今後、対策を考える必要があるだろう。なお、コアの採取時・切断時には破損による強度低下を起こさないよう適切な配慮が必要である。また、コア採取を実施せずに強度検証を行う方策を今後考慮する必要がある。

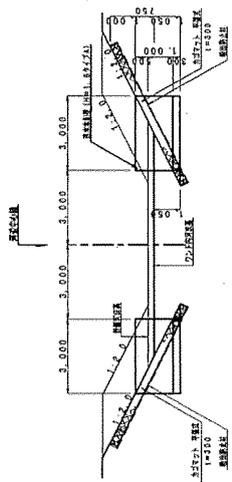
参考文献

- 1) RILEM Recommendation TC176-IDC、Material and Structures、Vol. 34、pp. 515-525、2001
- 2) 社団法人日本コンクリート工学協会、ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告、pp. 176-193、2003
- 3) 土木学会コンクリート技術シリーズ、水辺のコンクリート構造物ーコンクリートによる豊かな水辺環境の創造、pp. 36-38、2002

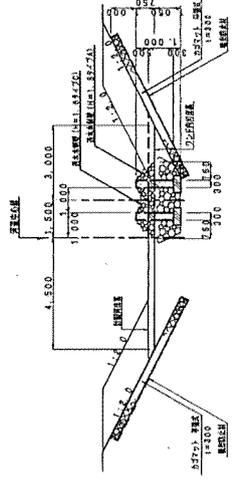
基礎部分 概略 縮尺 S=1/100



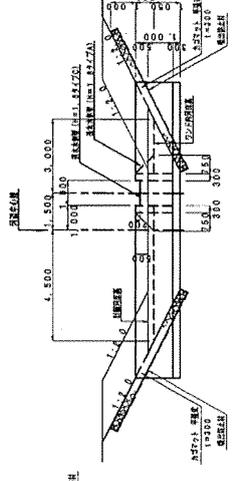
C-C 断面図 S=1/100



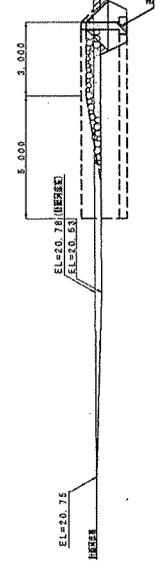
B-B 断面図 S=1/100



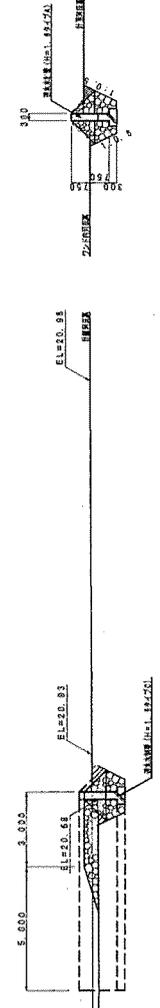
A-A 断面図 S=1/100



E-E 断面図 S=1/100



D-D 断面図 S=1/100



第6章 施 工 事 例

第6章 施工事例	6-1
6.1 施工事例調査の目的	6-1
6.2 北海道のコンクリート護岸	6-1
6.2.1 護岸の歴史	6-1
6.2.2 ポーラスコンクリート護岸	6-3
6.3 調査	6-5
6.3.1 調査内容	6-5
6.3.2 調査結果	6-5
6.4 まとめ	6-29
6.4.1 ポーラスコンクリート護岸の実績から	6-29
6.4.2 ポーラスコンクリートの護岸機能	6-29
6.4.3 ポーラスコンクリートの植生機能	6-29
6.5 結語	6-31

第6章 施工事例

6.1 施工事例調査の目的

近年、河川における自然生態系の保全や景観向上からポーラスコンクリートを用いる護岸工法が全国各地で実施されている。北海道内においてもここ 10 年間で施工されたものが多く、今後環境に対する益々のニーズからさらに増えていくものと思われる。

しかし、ポーラスコンクリートを用いた護岸工法は歴史が浅く、特に積雪寒冷地である道内では凍結融解作用の影響等が懸念されるにもかかわらず、実環境下のポーラスコンクリート構造物を調査した事例は以外に少ない。そこで、現時点でポーラスコンクリートの機能や効果等を検証することは重要であると考え、まず過去に道内において施工され現在供用されているポーラスコンクリート護岸の実績調査を行い、次に“構造体としての機能”や“植生基盤としての機能”等に関して現地調査を実施した。ここでは、その結果について報告する。

6.2 北海道のコンクリート護岸

6.2.1 護岸の歴史

(1) 岡崎式単床ブロック護岸

我が国において、コンクリートブロックが河岸保護工として初めて使用されたのは明治末期であった。このブロックは岡崎式単床ブロックと呼ばれ、明治 42 年(1909)に岡崎文吉によって考案されたものである。当時の河川の維持工事では粗朶沈床工、木工沈床工、法面は柵工、芝工、張石工が中心であったが、単床ブロックは明治 43 年(1910)にはじまる石狩川の河川工事の中で多用され、明治末期とはいえコンクリート材を河岸保護工に用いた画期的な工法であった。

岡崎式単床ブロック護岸は夕張川で粗朶沈床工に代えて実地検証¹⁾した上で石狩川に実際に用いたのであるが、この河川工事が北海道での初めての治水事業であったため、そこで使用することによって、その後道内及び本州の河川、遠くは中国の遼河など多くの河川で採用されることになった²⁾。

単床ブロックは鉄筋コンクリート製であり、形状は人力で取り扱いやすい大きさで穴が 2 個あいた直方体である。上下に隣接するブロックの穴の位置を互いにずらし、穴に鉄線を通して玉すだれのように編み上げてブロック同士を連結する。このためまったく継目なしでブロック間の隙間もほとんどなしに数百 m にも及ぶ連結が可能になり、またきわめて屈撓しやすい構造であった。単床の幅及び長さは、新工夫の沈下方法(台船、台棒落し)を用いると随意の大きさに単床ブロックを編成し敷設することができる³⁾。

石狩川本支川における初期の単床ブロックの敷設延長は、第 1 期拓殖計画期間(1910～1926)には 5,827m、その後第 2 期拓殖計画(1927～1946)では 74,370m 施工され、河岸保護工として多用された⁴⁾。

しかし流れの抵抗が小さい平型形状であったため、ブロック上面を走る表面流速は周辺の河床や河岸より大きくなり、ブロック下面の土砂が目地から吸い出される現象が散見された。岡崎式単床ブロックは、粗度対策及び連節構造が未完成であり、護岸の機能としては問題がなかったということではなかった⁵⁾。

(2) 護岸コンクリートブロックの普及

戦後わが国の国土開発が叫ばれる一方で昭和 20 年代に相次いで大きな洪水が起り河岸や堤防の決壊が頻発し、河岸保護の重要性が広く認識されることになった。北海道の河川では大きな洪水の発生に加えて、洪水位を下げて氾濫頻度を少なくする捷水路の開削による河道延長の短縮及び連続した堤防の整備が進んで河道内の流速が大きくなり河岸及び堤防決壊の要因の一つとなっていた。一方戦後の開拓が全道各地で展開し、そこを流れる中小河川の災害防止も必要となり、これが河岸保護を必要とする区間の増大となっていた。当時は北海道の河岸保護のほとんどが鉄線蛇籠工で施工されていたが、鉄線の耐久性と中詰め玉石の枯渇が問題となっていた。

このようなことから河岸前面流速の減速のため、また蛇行した河道の湾曲部でも施工可能で低廉な新しい護岸工法が多くの河川で必要とする時代を迎えていた⁴⁾。

昭和 28 年(1953)、鉄線蛇籠工法に代わる護岸工を模索していた本間勘次は、単床ブロックの改良型である凸型

コンクリートブロックを発案した。それは、①ブロック単体の凸型形状による減速効果、②流れ方向に交錯する目地配列による土砂の吸い出し防止、③太鼓型の側面形状による地盤の不陸変動に応じて容易に追従する屈撓性の保持、を特徴としている連節コンクリートブロック護岸工法であった。

道内では昭和30年(1955)に新冠川で大雨による大災害が発生し、その災害助成工事に凸型コンクリートブロックが大量に採用された。これを機に昭和30年代後半からコンクリートブロックメーカーが急激に増え、次々に多種多様なコンクリート製品が道内に普及し、護岸コンクリートブロックが河岸保護工として完全に定着していった。

昭和40年代前半までは1個50kg前後の小型連節ブロックがほとんどであったが、昭和40年代後半から大型施工機械の普及に伴い、施工効率や工費節減が求められ1個150kg以上の大型ブロックが開発され、大型連節ブロックや永久護岸としての水密タイプの法枠ブロックが多く採用されるようになった⁶⁾。

また、護岸コンクリートブロックは品質管理された工場で製造され大量生産が可能であることと、施工が簡単であることから昭和60年代前半まで多くの河川で使用された。

(3) 環境時代の幕開け

昭和40年代にはじまるブロックの大型化、護岸部材の工場製品化によるコンクリート品質の向上など主に治水目的の河岸保護であったものが、昭和50年代には流域の都市化が進んだことから河川空間を水と緑のオープンスペースとしての期待感が高まるなど、地域住民の河川護岸に対する要望は防災空間の確保、自然的環境保全、レクリエーション利用など多様化していった。このような背景のもと、昭和56年(1981)の「河川環境管理のあり方について」の河川審議会答申では、河川環境管理計画の策定や高水敷の有効利用、河川景観の向上などが謳われ、新たな河川環境に関する取り組みが開始された⁷⁾。

その後平成2年(1990)には建設省より「多自然型川づくりの推進について」の通達が出され、河川の自然環境保全が注目されるようになった。河岸保護工についても動植物の生息・生育環境のハビタットの保全・復元がより強く意識されはじめる。特に水際と陸域の境界となる場所は生態学の分野で“エコトーン”と呼ばれ、この空間を単調にしないことが重要なポイントとなり、多様な性能が護岸ブロックに要請されるようになった。

さらに平成7年(1995)「今後の河川環境のあり方について」の河川審議会答申は、生物の多様な生息・生育環境の確保、健全な水循環の確保、河川と地域の関係の再構築を基本方針とする内容であった。

(4) ポーラスコンクリートによる護岸

こうした自然環境に配慮する要請に対して、護岸コンクリートブロックにおいては水生昆虫や植物などの生息・生育空間に寄与し、また水質浄化機能などを有する多孔質なポーラスコンクリートが注目をあびるようになった。

道内のポーラスコンクリートの歴史は、昭和42年(1967)の透水管の製造からはじまり、その後昭和62年(1987)に遊楽部川(函館土木現業所)において透水部材として採用になったのが護岸工事では最初であった。さらに護岸ブロックとしては平成3年(1991)の厚真川(室蘭土木現業所)など数件の試験施工が実施されてから、ここ10年くらいに本格的に採用されるようになり、実績調査においてもこれまでに43,000m²以上の施工実績が確認された。

6.2.2 ポーラスコンクリート護岸

(1) ポーラスコンクリート護岸の実績

北海道内でこれまでに使用されたポーラスコンクリート護岸の実績については、文献調査及び社団法人北海道土木コンクリートブロック協会会員社へアンケートを行い調査した。その結果を下表 6.2.1 に示す。

表 6.2.1 ポーラスコンクリート護岸の実績

水系名・河川名	発注官庁	工事名	施工場所	施工完成時	敷設面積 (㎡)	使用骨材	圧縮強度 (N/mm ²)	植生基盤的要素		客土
								厚さ (cm)	連続空隙率 (%)	
(1)遊樂部川	函館土木現業所	遊樂部川改修工事	山感郡八雲町	S62	30m	不明	不明	3~30	不明	無
(2)厚真川	室蘭土木現業所	厚真川改修工事	勇払郡厚真町	H3.8	18	25mm	20	10~20	20	無
(3)トマケシナイ川	函館土木現業所	トマケシナイ川局部改修工事	瀬川郡今金町	H8.3	26	15mm	18	34.5	19.5~25.5	無
(4)ソブツカシナイ川	旭川土木現業所	富良野川改修ソブツカシナイ川地区	富良野市学田	H8.3~7	3,975	15mm	18	30.5	19.9	無
(5)イオナイ川	旭川土木現業所	イオナイ川局部改良工事	中川郡美深町市街	H8.3~H9.8	1,769	6号砕石	18	18.5	18	-
(6)美深川	旭川土木現業所	美深川改修工事	中川郡美深町市街	H8.11	40m	15~20mm	18・12	77.5	20~25	無
(7)尻別川	小樽土木現業所	尻別川改修工事	磯谷郡蘭越町	H8	80	15mm	18	14	20.3	無
(8)鯉沼川	帯広土木現業所	鯉沼川道車改修護岸試験外工事	足寄町蘭湾	H9.9	90	15mm	18	34.2	19.3	無
(9)石狩川	旭川開発建設部	石狩川改修工事上五区	富良野市上五区	H9.11	500	数種類	18	数種類	20	無
(10)千歳川	石狩川開発建設部	石狩川改修千歳川橋樑門	夕張郡長沼町	H9.11	99	6号砕石	18	20.5	18	一部有
(11)茶志内川	石狩川開発建設部	石狩川改修茶志内川5号樋門	空知郡奈井江町	H10.1	609	6号砕石	18	15.5・18.0	18	-
(12)千歳川	石狩川開発建設部	石狩川改修工事カリン5号樋門工事	千歳市釜加	H10.2	520	砂利25mm	10・18	15.6~24.6	18~25	無
(13)豊平川	石狩川開発建設部	石狩川改修雁来新川幹線樋門	札幌市東区	H10.3	510	6号砕石	18	18.0	18	-
(14)鶴舞川	網走支庁	草地改良中瀬川地区	紋別市上落滑町	H10.3~H12.3	336	6号砕石	18	26	20	無
(15)石狩川	旭川開発建設部	石狩川改修工事東鷹栖14号樋門	旭川市東鷹栖14号	H12.3	320	6号砕石	18	11.5	20	一部有
(16)古舞川支流	帯広土木現業所	更別郡別線公安工事	広尾郡大樹町	H12.3	400	7号砕石	18	17	18	無
(17)ポロベツ川	札幌市	ポロベツ川改修工事	札幌厚別区	H12.3~H15.3	1,989	6号砕石	18	47	20	無
(18)小泉の沢川	苫小牧市	小泉の沢川護岸整備工事	苫小牧市字糸井	H12.3~H17.3	2,260	6号砕石	18	23	20	有
(19)天塩川	旭川開発建設部	天塩川改修工事咲来低水護岸	中川郡音威子府村	H13.1	9760	6号砕石	18	26.8	20	無
(20)厚真川	室蘭土木現業所	厚真川災害復旧	勇払郡厚真町	H13.3	647	7号砕石	18	19	18	無
(21)後志利別川	函館開発建設部	後志利別川改修工事	久遠郡せたな町	H13.3	493	20mm	18	26	20	無
(22)屯田川	札幌市	屯田川遊流防止堰工事	札幌市北区	H13.3	331	6号砕石	18	23	20	有
(23)アザミ川	静内町	アザミ川災害復旧	日高郡新ひたか町	H13.3	66	6号砕石	18	47	20	無
(24)モウラ川	静内町	第2モウラ川災害復旧	日高郡新ひたか町	H13.3	59	6号砕石	18	47	20	無
(25)チツアセ川	静内町	チツアセ川災害復旧	日高郡新ひたか町	H13.3	770	6号砕石	18	47	20	無
(26)ボニア川	札幌土木現業所	ボニア川災害復旧	夕張郡栗山町	H13.3~H17.3	6,200	7号砕石	18	19	19	無
(27)中ノ沢川	網走支庁	かんがい排水信部内中央地区	紋別郡湧別町	H13.3~H17.3	8,000	7号砕石	18	13	18	無
(28)14号川	札幌土木現業所	14号川小箱堰改修工事	空知郡奈井江町	H14.3	350	6号砕石	18	19	18	無
(29)アカシア川	札幌市	アカシア川改修	札幌市西区	H14.3	560	7号砕石	18	19	19	-
(30)イクベツ川	鶴川町	イクベツ川災害復旧	勇払郡むかわ町	H15.3	575	7号砕石	18	19	20	無
(31)千歳川	札幌土木現業所	千歳川改修	千歳市桂木	H14.3~H17.3	2,000	7号砕石	18	19	19	無
(32)石狩川	旭川開発建設部	石狩川改修工事山部地区堤防保護外工事	富良野市山部	H17.3	340.5	6号砕石	18	22.5	20	有
(33)千歳川	石狩川開発建設部	石狩川改修千歳川橋上流河岸保護	夕張郡長沼町	H17.3	312	20~40mm	10	15.2	25	無

(2) 施工現場と凍害危険度

施工現場の位置を凍害危険度の分布図に示す。

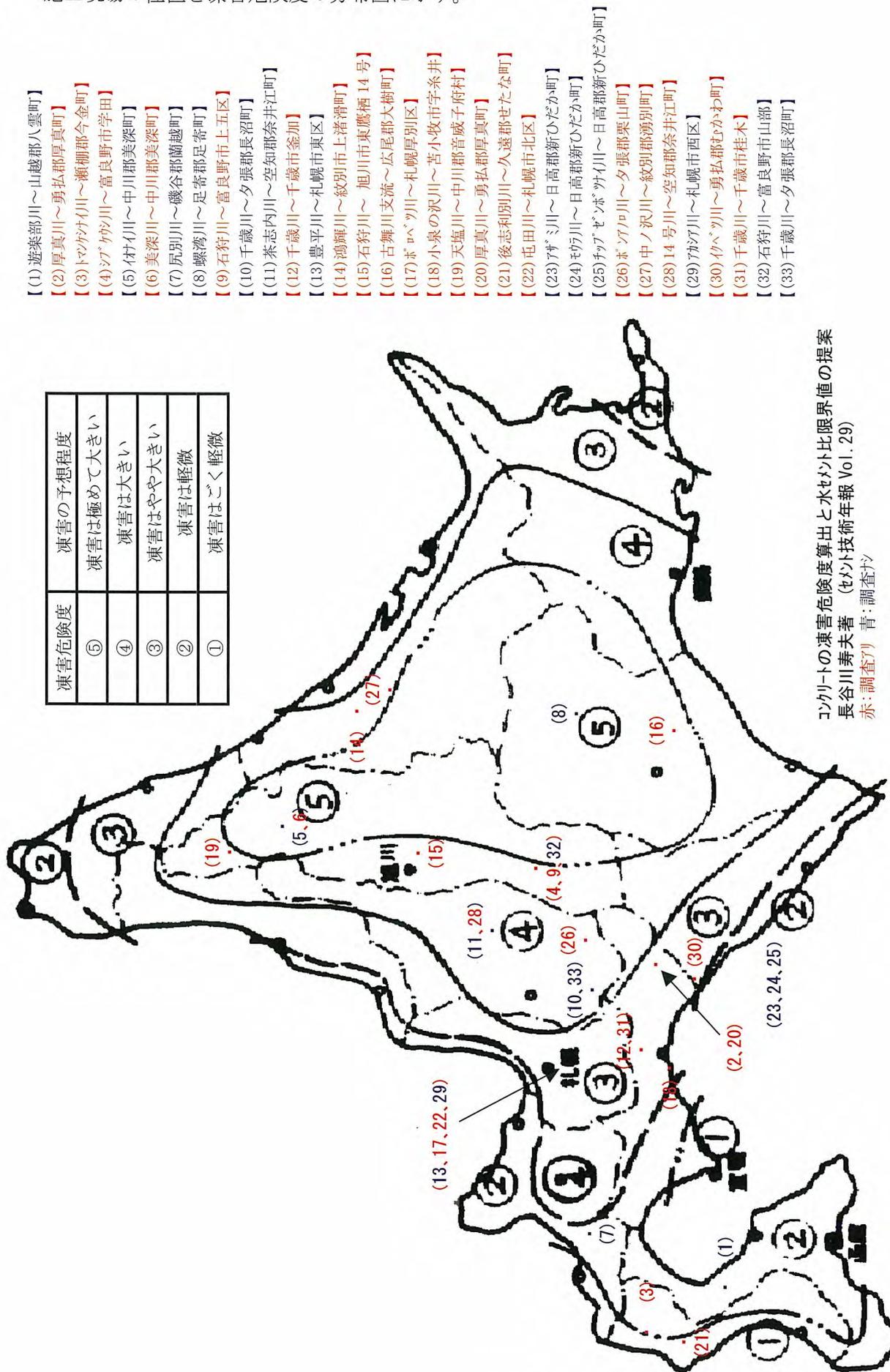


図 6.2.1 施工位置と凍害危険度

6.3 調査

6.3.1 調査内容

現地調査は、ポーラスコンクリート護岸とそこに生育する植物を対象とし、調査は以下の通りとする。

- ・護岸の調査

護岸の調査は、植生の影響を受けない春に行い、覆土の状態やポーラスコンクリートのひび割れ、破損、劣化状態などの変状を目視により調査し写真撮影する。

- ・植生の調査

植生の調査は、植物の最も繁茂する夏の時期に実施し、ポーラスコンクリートに生育する植物の植被率(全体)の測定や植物種の同定を行い、周辺の植生と比較するための写真撮影もあわせて行う。

6.3.2 調査結果

調査結果は、事前に整理した施工時期や施工規模などの諸元、護岸構造、植生工、全体平面図のほかに現況のポーラスコンクリート護岸と比較して経年変化がわかるように施工直後や施工中の写真データも掲載し、現況写真とともに護岸の状態と植生の状態についてあわせて記載する。

ここで、植生工の植生目標による護岸タイプは、表 6.3.1 区分と特徴⁸⁾を参考にする。

表 6.3.1 植生目標による護岸タイプの区分と特徴

植生目標による区分	細区分	特徴
自然河岸タイプ 周辺の自然の植生環境と同化することを目的とした護岸である	早期発現期待型	早期の植生を期待して覆土工・充填工・播種等の手当てを施すタイプをいう
	中期発現期待型	ポーラスコンクリート護岸上に現地発生土による覆土工を行い、自然の植生が中期に発現するタイプをいう
	長期発現期待型	覆土を施すことなく、自然土砂の堆積を期待して、植生が長期に実現するタイプをいう
特定河岸タイプ 特定の植種の早期実現を目的とする	早期発現期待型	公園等周辺環境に応じて、芝など特定の植種や特定の草丈を必要とするときなど、用途が限定される護岸で、植生工を実施して早期の植生を期待するタイプをいう

調査事例 1 【(2)厚真川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	中流	H3.8	プレキャスト	3m×6m=18m ²	250m ³ /s	1/600	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	無	10・20cm	20%	20N/mm ²	25mm	30%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	張芝	客土	無	—	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	



写真 6.3.1 施工直後 (平成 3 年 8 月)



写真 6.3.2 施工直後 (平成 3 年 8 月)



写真 6.3.3 施工後 5 年 (平成 8 年 4 月)



写真 6.3.4 施工後 5 年 (平成 8 年 4 月)



写真 6.3.5 施工後 11 年 (平成 14 年 6 月)

・護岸の状態

普通コンクリートのベースの上にポーラスコンクリートの枠がついている構造のブロック (大きさ 1.0m×1.0m) を法長 3.0m、延長 6.0m 規模で試験施工した。比較のため同形状の普通コンクリートブロック (3.0m×3.0m 規模) が敷設されている。

それぞれの枠間には客土が充填され、張芝を行った。法面の緑化状態を比較することが目的の試験施工であったため、法肩から 3 段 (3m) の範囲にしかコンクリートブロックは施工されなかった。

施工後 5 年の法面に注目すると、ブロック法面が 3m 幅で法尻方向にずれ落ちている。これは施工後数年のうちに洪水出水で土羽の法先が洗掘されたためと考えられる。

施工後 11 年くらいになると洗掘部分に土砂が堆積してその形跡はわからなくなっており、またブロックの上にも土砂が堆積している。

現在のポーラスコンクリート部分は劣化することなく健全に機能している。

・植生の状態

施工時に張芝を施工して緑化を図っていたが、施工後 5 年にはブロックがまったく隠れるほど植物に覆われていた。ポーラスコンクリートを使ったブロックと普通コンクリートでは植生の差は明確ではない。

現状の植生は、施工区間上下流に生育している植物とほとんど同じ植物 (ヨシ、ツルヨシ、ヤナギなど) が繁茂している。

調査事例2【(3)トマンケンナイ川(表6.2.1、図6.2.1参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	中流	H8.1~H8.3	プレキャスト	$7.37 \times 3.5 = 25.8\text{m}^2$	100m ³ /s	1/290	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	34.5cm	19.5~25.5%	18N/mm ²	15mm	25%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	張芝	客土	無	—	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	



写真 6.3.6 施工中(客土前、平成8年3月)



写真 6.3.7 施工後1年7ヶ月(中央ポーラス、平成9年10月)



写真 6.3.8 施工後1年7ヶ月(平成9年10月)



写真 6.3.9 施工後9年(平成17年10月)

・護岸の状態

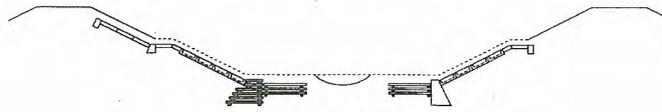
既設の小型連結ブロックとこのポーラスコンクリートブロックと同型の普通コンクリートブロックの間3.5m幅に施工された。河床部の垂部と法面部のポーラスコンクリートについて変状は見られない。

・植生の状態

施工時に張芝による植生を施しており、その後順調に植物が繁茂した。施工後9年経って植生は上下流のブロックに生育している植物種や草丈と同程度に生育している。またポーラスコンクリートブロック上の植生と同型普通コンクリートブロックのそれとは特に大きな違いは見られない。

調査事例3【(4)シブケウシ川(表6.2.1、図6.2.1参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	中流	H8.3・H8.7	プレキャスト	3975m ²	110m ³ /s	1/680	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	30.5cm	19.9%	18N/mm ²	15mm	25%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	枠内碎石 覆土 30cm	無	—	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	



定規断面

図 6.3.1 断面

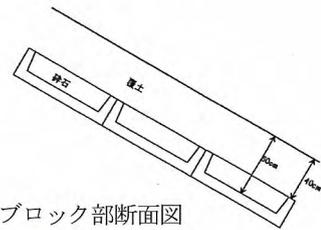


図 6.3.2 ブロック部断面図



写真 6.3.10 ブロック敷設
(平成 8 年 3 月)

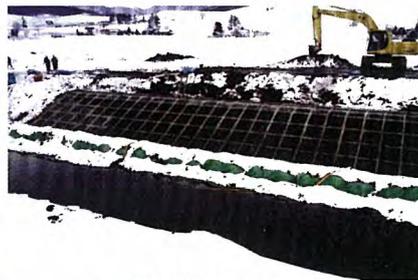


写真 6.3.11 客土工
(平成 8 年 3 月)



写真 6.3.12 施工後 1 年 8 ヶ月
(平成 8 年 3 月完成区間、平成 9 年 11 月)



写真 6.3.13 施工後 1 年 4 ヶ月
(平成 8 年 7 月完成区間、平成 9 年 11 月)



写真 6.3.14 施工後 9 年
(平成 17 年 10 月)



写真 6.3.15 普通コンクリート護岸
(平成 17 年 10 月)

・護岸の状態

ポーラスコンクリートは、40cm厚で覆土されており、水際で土砂が浸食され露出している部分が多かったためポーラスコンクリートの劣化については確認できなかった。

・植生の状態

施工時には植生工は行っておらず、裸地から植生が回復したこともあり、施工後9年の現況の植生は、在来種が多く生育している。施工後水際に土砂が堆積して川幅は縮小しその部分に植物が繁茂している。法肩部にはオオイタドリが優占して生育している。

調査事例 4 【(6)美深川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H8. 11	プレキャスト	20m×2 =40m(20 個)	20m³/s	1/170	河床
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	無	77.5cm	20・25%	12・18N/mm²	15・20mm	25%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	ヤシ繊維 マット	無	無	—	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	

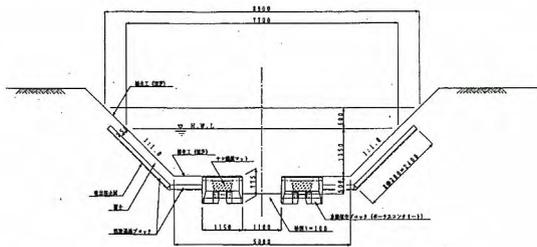


図 6.3.3 断面図

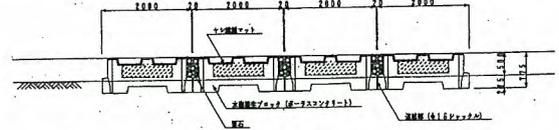


図 6.3.4 縦断面図



写真 6.3.16 施工中(平成 8 年 11 月)



写真 6.3.17 施工後 8 ヶ月(平成 9 年 7 月)



写真 6.3.18 施工後 6 年(平成 14 年 6 月)



写真 6.3.19 施工後 6 年
(水際、平成 14 年 6 月)



写真 6.3.20 施工後 9 年
(平成 17 年 10 月)



写真 6.3.21 施工後 9 年
(ポーラス部、平成 17 年 10 月)

・護岸の状態

水際の河床に設置されたポット型のポーラスコンクリートブロックは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

ポーラスコンクリートの中詰め部と天端部からイネ科植物やフキ、ミゾソバ等が繁茂している。水際部のポーラスコンクリートについては部分的に植物が空隙からも生育している。全般に植物は上下流の法面や水際と同程度に回復している。

調査事例5【(9)石狩川(表6.2.1、図6.2.1参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H9.11	プレキャスト	12m×45m≒ 500m ²	100m ³ /s	1/331	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	5種類	20%	18N/mm ²	数種類	数種類
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	一部有	一部有	一部有	別記	豊か	自然河岸タイプ	早期～長期 発現期待型	

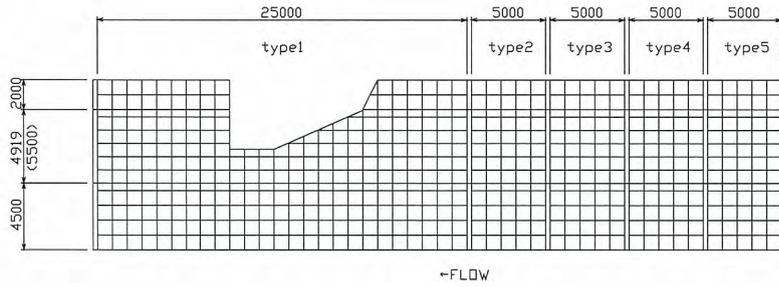


図 6.3.5 平面図

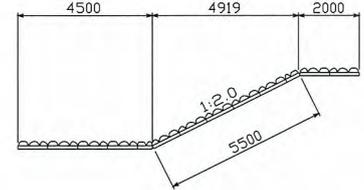


図 6.3.6 断面図



写真 6.3.22 施工中 (type1)



写真 6.3.23 施工中 (type2)



写真 6.3.24 施工中 (type3)



写真 6.3.25 施工中 (type4)



写真 6.3.26 施工中 (type5)



写真 6.3.27 施工中 (手前から type5, 4, 3)

平成9年に施工された5種類のブロックによる比較

表 6.3.2 ブロックの種類

タイプ	type1	type2	type3	type4	type5
形式	大型連節	大型連節	大型連節	大型連節	大型連節
連結方法	シャックル	シャックル	シャックル	シャックル	連結線
植生方法	植生マット 黄ショウブ 植付	ブロックの隙間 へ客土	ブロックの隙間 へ客土	自然活着	自然活着
その他			部分 ポースコンクリート	2年後張芝	2年後 一部分張芝



写真 6.3.28 施工完了(平成9年11月)



写真 6.3.29 施工後5ヶ月(平成10年4月)



写真 6.3.30 施工後9ヶ月(平成10年7月)
手前から type1, 2, 3



写真 6.3.31 施工後9ヶ月(平成10年7月)
手前から type5, 4



写真 6.3.32 施工後1年8ヶ月
(平成11年6月)手前から type3, 2, 1



写真 6.3.33 施工後1年8ヶ月
(平成11年6月)手前から type5, 4



写真 6.3.34 施工後3年(平成12年8月)
手前から type3, 2, 1



写真 6.3.35 施工後3年(平成12年8月)
手前から type5, 4



写真 6.3.36 施工後7年(平成16年8月)
手前から type5, 4

・護岸の状態

張芝や客土は部分的に流されている。

外力の影響によると思われるひび割れ、剥離等も多少確認できるが、ほぼ健全な状態である。

・植生の状態

ブロックのタイプ別に比較すると

早期の植生は植生マットを用いた type1 が最も早い。

平坦なブロックでの自然活着はポーラスコンクリートでも難しいと思われる。(type4, 5)

施工後2年程度でブロックの隙間からの植生が確認できる。(type2, 3)

法面部は、ブロック上の覆土の粒径が大きく乾燥状態であるため植物は多くない。

河床部は、落ち葉等が堆積し湿潤状態となりヨシやヤナギ等が大量に繁茂している。



写真 6.3.37 施工後7年(平成16年8月)
手前から type3, 2, 1

植被率約50%~80% 確認出来た植物 12科22種

調査事例6【(12)千歳川(表6.2.1、図6.2.1参照)】

諸元	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	高水・低水	上流	H10.2	プレキャスト	520m ²	-	1/6900	1:2.5
構造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	高水有	-	15.6~24.6cm	18・25%	10・18N/mm ²	25mm	22~24%
植生工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	高水5~10cm	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	早期(高水)・長期(低水)発現期待型	

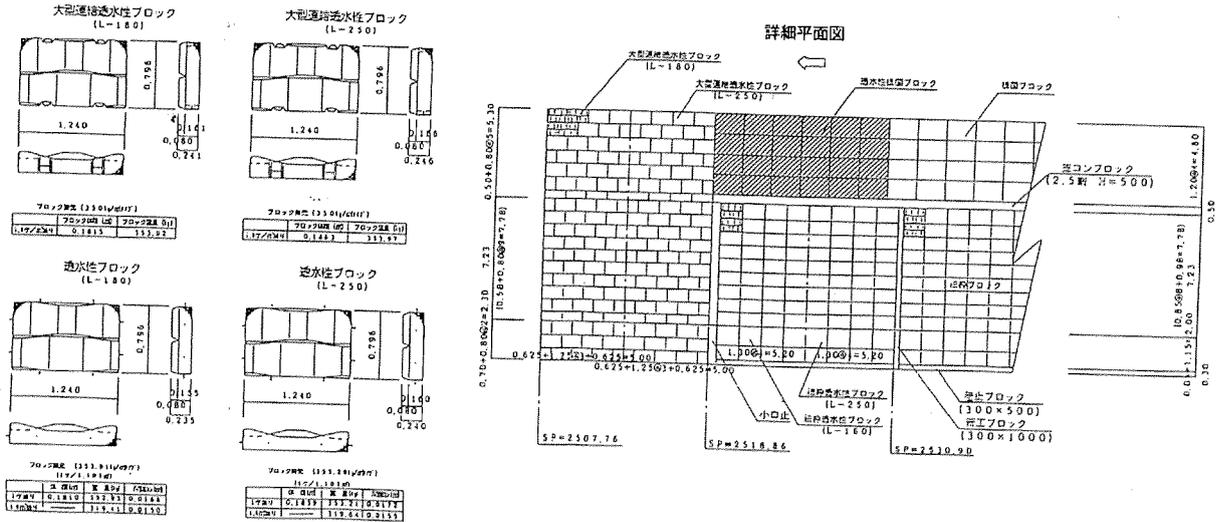


図6.3.7 低水平面図

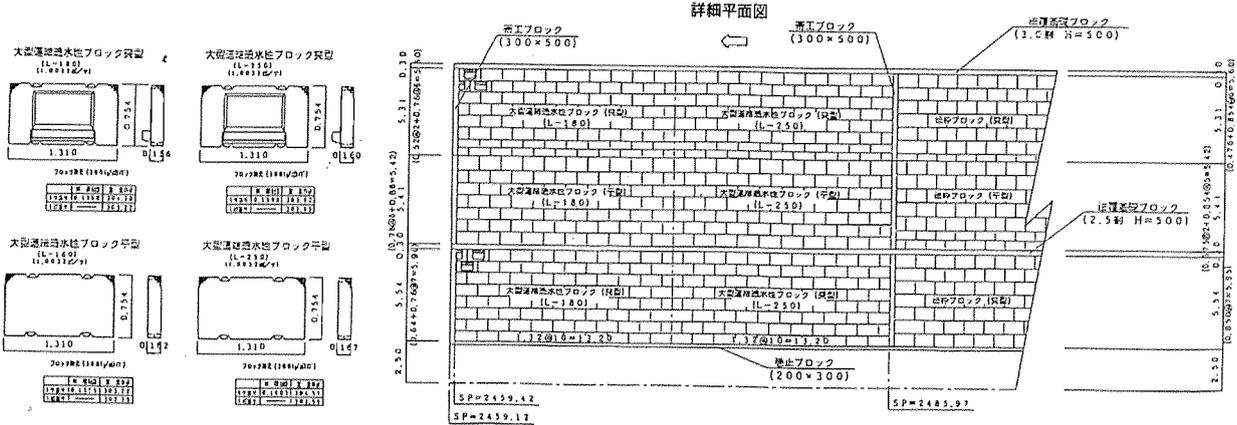


図6.3.8 高水平面図

パイロット事業施工箇所断面図

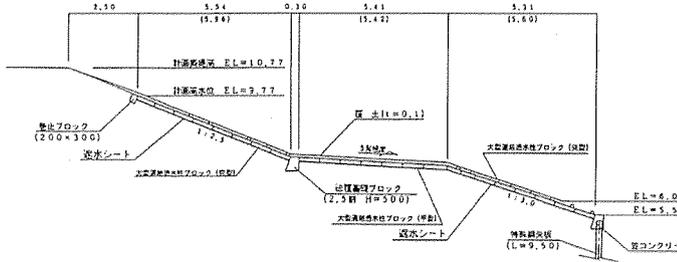


図6.3.9 高水断面図

パイロット事業施工箇所断面図

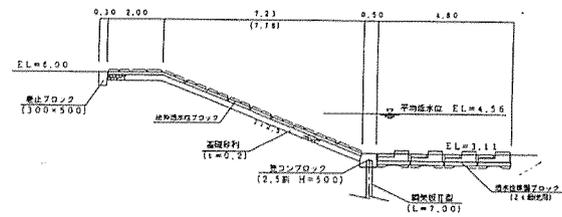


図6.3.10 低水断面図



写真 6.3.38 施工後 3 ヶ月
(低水、平成 10 年 5 月)
手前から法枠ブロック、大型連節ブロック



写真 6.3.39 施工後 9 ヶ月
(高水、平成 10 年 11 月)



写真 6.3.40 施工後 1 年半
(低水、平成 11 年 9 月)



写真 6.3.41 施工後 1 年半
(高水、平成 11 年 11 月)



写真 6.3.42 施工後 6 年半
(低水、平成 16 年 8 月)



写真 6.3.43 施工後 6 年半
(高水、平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

2 種類(空隙率 18%、25%)のポーラスコンクリートを用い、高水護岸および低水護岸で試験施工を行った。高水護岸は、普通コンクリート法枠ブロック(覆土 40cm)と隣接してポーラスコンクリート大型連節ブロックが覆土 10cm 厚で敷設されている。低水護岸については、上流側から普通コンクリート法枠ブロック、ポーラスコンクリート法枠ブロック、ポーラスコンクリート大型連節ブロックの順に敷設されている。

施工後 9 ヶ月に低水護岸のポーラスコンクリートブロックにおいて骨材の剥離が報告されているが、平成 16 年(施工後 6 年)には大きな進行は見られない。目視ではポーラスコンクリート表面の骨材を取り巻くモルタル分が少なめに見える。

高水護岸は、10cm 厚の覆土を部分的に除去し目視観察の結果、表面劣化などの変状は認められない。

・植生の状態

高水護岸 : 施工後 6 年で空隙率の違いによる植生の差は認められなかった。隣接の覆土区間(厚さ 40cm)と比較すると植物丈は若干低く乾燥状態である。優占種はムラサキツメクサである。

低水護岸 : 施工後 1 年半では、普通コンクリート、ポーラスコンクリート法枠ブロック共に植生はほとんど見られないが、下流側のポーラスコンクリート大型連節ブロックでは、ブロックの隙間と水際の堆積土砂から植物が繁茂しているのが観察された。

施工後 6 年経過してポーラスコンクリート法枠ブロックの水際から約 3m 幅で植生域が拡大していた。ポーラスコンクリート大型連節ブロック区間では水際域で堆積土砂とブロック表面から、またその上方の法肩付近まではブロックの隙間から植物が生育しており、法面全体が植物に覆われ隣接の土羽区間と同程度に植物が繁茂している。

植生繁茂の順位は、土羽>ポーラスコンクリート大型連節ブロック>ポーラスコンクリート法枠ブロック>普通コンクリート法枠ブロックの順である。

ポーラスコンクリートの空隙率の違いでは、法枠ブロックにおいて上流側半分(空隙率 25%)と下流側半分(空隙率 18%)では空隙率の大きい上流側で若干植生率が高い。一方、大型連節ブロックでは、空隙率の違いによる植生の違いは見られなかった。

植生率約 100%(高水部) 40%(低水部) 確認出来た植物 7 科 13 種

調査事例7【(14)鴻輝川(表6.2.1、図6.2.1参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H10.3~ H12.3	プレキャスト	336m ²	30.4m ³ /s	1/200	1:1.5
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	26cm	20%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	5~10cm	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真6.3.44 施工後4年(平成16年4月)



写真6.3.45 施工後4年(平成16年4月)



写真6.3.46 施工後4年(平成16年4月)



写真6.3.47 施工後4年(平成16年4月)

・護岸の状態

ブロックは下部ポーラスコンクリート、上部普通コンクリートの2層構造。
コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

ブロックの隙間からヤナギ・ヨモギ等が大量に繁茂している。

植被率約80% 確認出来た植物 8科11種

調査事例 8 【(15) 石狩川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	樋門水路	上流	H11.10～ H12.3	プレキャスト	16m× 20m=320m ²	3.69m ³ /s	1/300	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	11.5cm	20%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	5～10cm	一部有	別記	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	

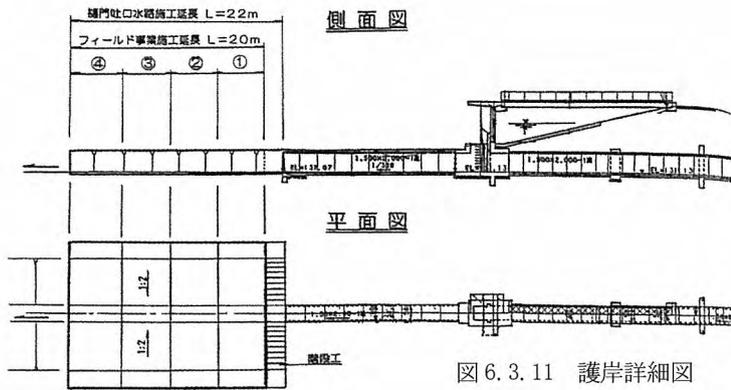


図 6.3.11 護岸詳細図

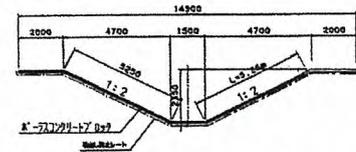


図 6.3.12 断面図

表 6.3.3 護岸タイプ

	①	②	③	④
延長	5 m	5 m	5 m	5 m
面積	80.0 m ²	80.0 m ²	80.0 m ²	80.0 m ²
覆土	○	○	○	○
充填材	×	○	×	○
底ア&カリブロック	×	×	○	○



写真 6.3.48 施工後 3 ヶ月
(平成 12 年 6 月)



写真 6.3.49 施工後 1 年
(平成 13 年 6 月)



写真 6.3.50 施工後 4 年
(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.51 施工後 4 年
(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.52 施工後 4 年
(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.53 施工後 4 年
(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

覆土は部分的に流されている。ポーラスコンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

施工直後と比較すると周辺の植生が回復し、マツヨイグサやアワダチソウがブロック上からも繁茂している。法面部は、ブロック上の覆土の粒径が大きく乾燥状態であるため植物は多くない。河床部は、落ち葉等が堆積し湿潤状態となりヨシやヤナギ等が大量に繁茂している。

植被率約 20% 確認出来た植物 7 科 13 種

調査事例 9 【(16) 古舞川支流(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H12.3	プレキャスト	400m ²	15.3m ³ /s	1/280	1:1.5
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	17cm	18%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.54 施工直後(平成 12 年 3 月)



写真 6.3.55 施工後 4 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.56 施工後 4 年(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.57 施工後 4 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

ブロックの隙間からヨモギ、アワダチソウ、スギナ等が優占して大量に生育しているが、植物の種数は少ない。

植被率約 80% 確認出来た植物 4 科 7 種

調査事例 10 【(17) ポロベツ川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	積	上流 (都市河川)	H12.3~ H15.3	プレキャスト	1989m ²	11.0m ³ /s	1/110	1:0.5
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	有	無	有	47cm	20%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	有	無	有	別記	上流豊か 下流少ない	自然河岸タイプ	早期発現期待型	

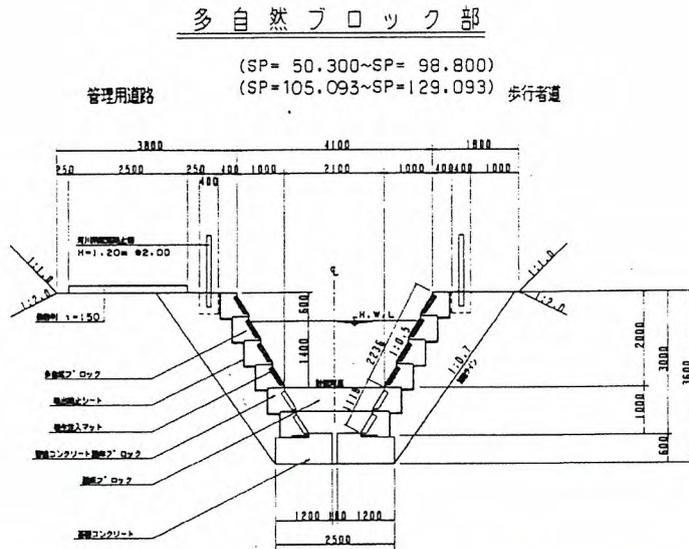


図 6.3.13 断面図



写真 6.3.58 施工前(下流)

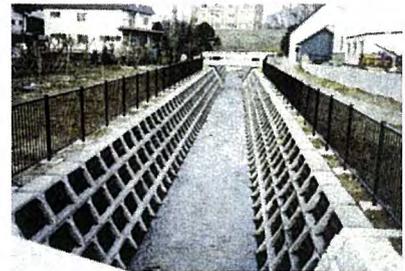


写真 6.3.59 施工直後(平成 12 年 3 月)



写真 6.3.60 施工後 3 ヶ月
(下流、平成 12 年 5 月)



写真 6.3.61 施工後 4 年
(下流、平成 16 年 4 月)



写真 6.3.62 施工後 4 年
(下流、平成 16 年 8 月)



写真 6.3.63 施工後 4 年
(下流、平成 16 年 8 月)



写真 6.3.64 施工後 2 年
(上流、平成 16 年 4 月)



写真 6.3.65 施工後 2 年
(上流、平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

下流部は周辺に植物の生育も無く背面からの給水も期待できないのでよい植生環境ではない。

上流部は周辺環境にも恵まれ良好な植生環境となっている。

植生率 上流側 約 80% 下流側 約 20% 確認出来た植物 5 科 8 種

調査事例 11 【(18)小泉の沢川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	河口付近	H12.3～ H17.3	プレキャスト	2260m ²	70.0m ³ /s	1/500	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	23cm	20%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	客土	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.66 施工後 4年(平成 16年 4月)



写真 6.3.67 施工後 4年(平成 16年 4月)



写真 6.3.68 施工後 4年(平成 16年 8月)



写真 6.3.69 施工後 4年(平成 16年 8月)

・護岸の状態

ブロックは下部ポーラスコンクリート、上部普通コンクリートの2層構造。
コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

周辺の植生も豊かで護岸部分も施工後 2～3 年で回復している。
植被率 約 80% 確認出来た植物 9 科 14 種

調査事例 12 【(19)天塩川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H12.3~ H13.1	プレキャスト	16m×610m =9760m ²	5500m ³ /s	1/1013	1:2.0
造 植 生 工	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	26.8cm	20%	18N/mm ²	20mm	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	5~10cm	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	中期発現期待型	

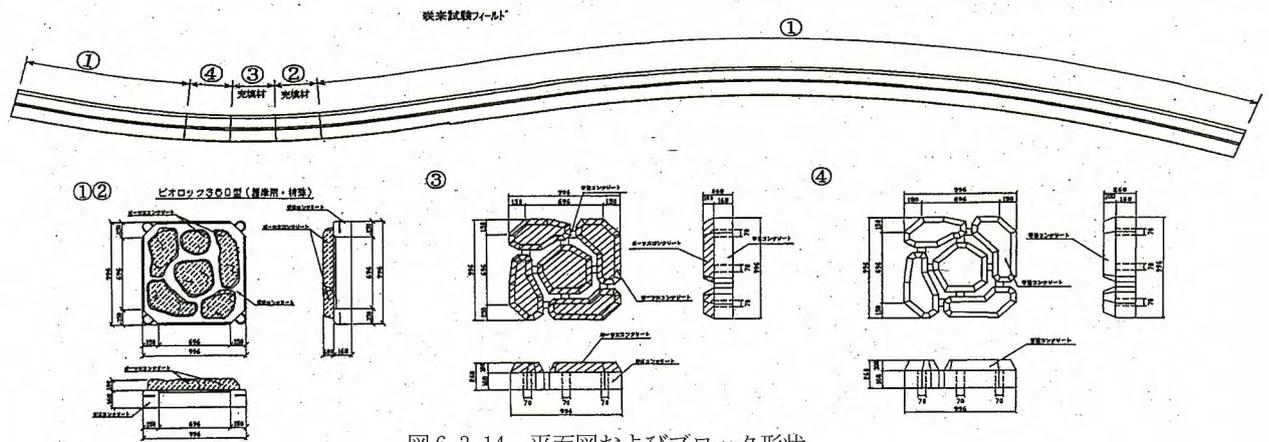


図 6.3.14 平面図およびブロック形状



写真 6.3.70 施工後半
(平成 13 年 6 月)



写真 6.3.71 施工後 1 年
(平成 14 年 9 月)



写真 6.3.72 施工後 3 年
(平成 16 年 5 月)



写真 6.3.73 施工後 3 年
(平成 16 年 5 月)



写真 6.3.74 施工後 3 年
(平成 16 年 5 月)



写真 6.3.75 施工後 3 年
(平成 16 年 5 月)

・護岸の状態

覆土は施工直後の融雪による増水で流出している。

ポーラスコンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

施工直後からブロックの連結部分の隙間からの植生が確認されている。上流部は豊かな植生部に近接しているため特に植生状況は良好であり、ヤナギやイタドリも多く見られる。ブロックの隙間からの植生がブロックに影を作り乾燥を防いでいる。

植被率約 70% 確認出来た植物 9 科 18 種

調査事例 13 【(20)厚真川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H13.3	プレキャスト	647m ²	250m ³ /s	1/300	1:1.5
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	19cm	18%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.76 施工直後(平成 13 年 3 月)



写真 6.3.77 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.78 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.79 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である

・植生の状態

周辺の植生も非常に豊かで護岸部分の植生も回復している。

ブロックの間からヤナギ、ヨモギ、アキタブキ、クサヨシ等が大量に繁茂している。

植被率約 90% 確認出来た植物 3 科 7 種

調査事例 14 【(21)後志利別川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	高水・低水	上流	H13.3	プレキャスト	493m ²	280m ³ /s	1/629	1:2.0
造 植 生 工	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	26cm	20%	18N/mm ²	20mm	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.80 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.81 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.82 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.83 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

ブロックは下部ポーラスコンクリート、上部普通コンクリートの 2 層構造。
コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

周辺の植生も非常に豊かで護岸部分の植生も回復している。
ブロックの隙間からヨモギ、クサヨシ等が多く繁茂している。
植被率約 60% 確認出来た植物 4 科 5 種

調査事例 15 【(22) 屯田川(表 6. 2. 1、図 6. 2. 1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H13. 3	プレキャスト	331m ²	23m ³ /s	1/1950	1:2. 0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	有	無	有	23cm	20%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	有	無	有	別記	豊か	自然河岸タイプ	早期発現期待型	



写真 6. 3. 84 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6. 3. 85 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6. 3. 86 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)



写真 6. 3. 87 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

ブロックに取り付けられたマットに周辺の植物が根付いている。

植被率約 40% 確認出来た植物 4 科 11 種

調査事例 16 【(26) ポンアノロ川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H13.3～ H17.3	プレキャスト	6200m ²	110m ³ /s	1/170	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	19cm	19%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.88 施工直後(平成 13 年 3 月)



写真 6.3.89 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.90 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.91 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

施工年度により植生の回復が確認できる。

ミヤコグサ、アメリカセンダングサ等がブロックの隙間から大量に繁茂している。

植被率約 60% 確認出来た植物 6 科 13 種

調査事例 17 【(27) 中ノ沢川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H13.3～ H17.3	プレキャスト	8000m ²	6.8m ³ /s	1/165	1:1.5
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	13cm	18%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.92 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.93 施工後 3 年(平成 16 年 4 月)



写真 6.3.94 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)



写真 6.3.95 施工後 3 年(平成 16 年 8 月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

周辺の植生も非常に豊かで護岸部分の植生も回復している。

ブロックの隙間からヨモギ、ヤナギ等が多く繁茂している。

植被率約 80% 確認出来た植物 2 科 6 種

調査事例 18 【(28)14号川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H14.3	プレキャスト	350m ²	70m ³ /s	1/220	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	19cm	18%	18N/mm ²	6号砕石	26%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	

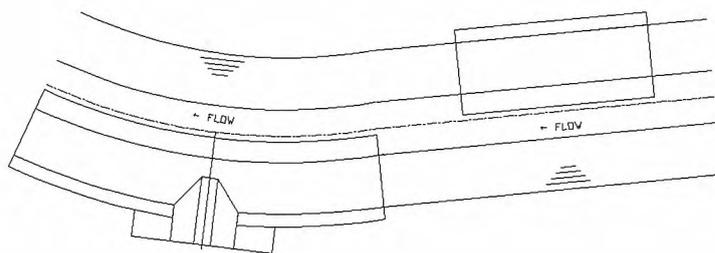


図 6.3.15 平面図

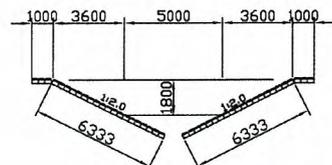


図 6.3.16 断面図



写真 6.3.96 施工後 1年(平成 15年 4月)



写真 6.3.97 施工後 1年(平成 15年 4月)



写真 6.3.98 施工後 2年(平成 16年 4月)



写真 6.3.99 施工後 2年(平成 16年 8月)



写真 6.3.100 施工後 2年(平成 16年 4月)



写真 6.3.101 施工後 2年(平成 16年 8月)



写真 6.3.102 施工後 2年(平成 16年 8月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

水際のブロックには、苔等の付着も確認でき植生が進んでいる。

法肩は乾燥状態で植生は少ない。

植被率約 20% 確認出来た植物 5科 12種

調査事例 19 【(30)イクベツ川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H15.3	プレキャスト	575m ²	不明	不明	1:2.0
造	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	19cm	20%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	無	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.103 施工後1年(平成16年4月)



写真 6.3.104 施工後1年(平成16年4月)

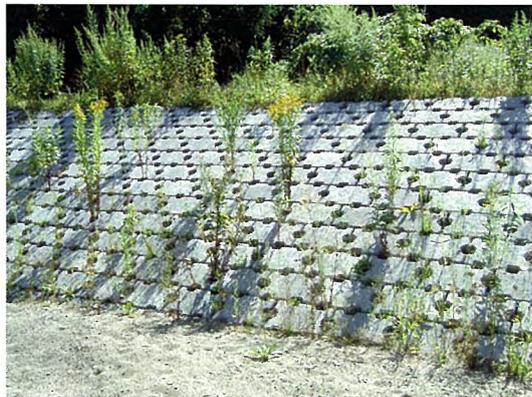


写真 6.3.105 施工後1年(平成16年8月)



写真 6.3.106 施工後1年(平成16年8月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

水際からも距離があり乾燥状態であり、ブロックの隙間から僅かな植生。

植被率約5% 確認出来た植物 4科7種

調査事例 20 【(31)千歳川(表 6.2.1、図 6.2.1 参照)】

諸 元 構	護岸の分類	施工位置	施工時期	施工方法	施工規模	計画流量	河床勾配	法面勾配
	低水	上流	H14.3~ H17.3	プレキャスト	2000m ²	110m ³ /s	1/500	1:2.5
造 植 生 工	裏込材	遮水シート	吸出防止材	厚さ	空隙率	圧縮強度	骨材径	水セメント比
	無	無	有	19cm	19%	18N/mm ²	7号砕石	28%
植 生 工	植生工	覆土材	充填材	植物の種類	周辺の植生	植生目標による護岸タイプ		
	無	客土	無	別記	豊か	自然河岸タイプ	長期発現期待型	



写真 6.3.107 施工後 2年(平成 16年 4月)



写真 6.3.108 施工後 2年(平成 16年 8月)



写真 6.3.109 施工後 5ヶ月・1年(平成 16年 8月)



写真 6.3.110 施工後 5ヶ月(平成 16年 8月)

・護岸の状態

コンクリートは、ひび割れ、剥離等の劣化も無く健全な状態である。

・植生の状態

周辺環境も良く順調に植生が回復している。植物の種類も豊富。

植被率約 40% 確認出来た植物 12 科 20 種

6.4 まとめ

6.4.1 ポーラスコンクリート護岸の実績から

実績調査からポーラスコンクリート護岸は昭和62年(1987年)の遊樂部川を初めに表6.2.1の33箇所を含め、約43,500m²の実績が確認された。そのほとんどは圧縮強度が18N/mm²以上、粗骨材の最大寸法は約9割が15mm以下、連続空隙率は18~20%であった。

また、表6.3.1植生目標による区分および表6.4.1ポーラスコンクリート河川護岸の構造仕様⁸⁾から実績の33箇所のほとんどが自然河岸タイプの中期~長期発現期待型の強度重視型護岸タイプに分類された。

さらに、現地調査を行った20箇所の内、河床勾配の明らかな19箇所を河道セグメント分類法⁸⁾により分類するとセグメント1が11箇所、セグメント2が8箇所となった。

表 6.4.1 ポーラスコンクリート河川護岸の構造仕様⁸⁾

護岸タイプ	適応範囲		適応セグメント (勾配の目安)
	強度	空隙率	
①植生重視護岸タイプ	10N/mm ² 以上	21~30%	セグメント1~3 (1/60~水平)
	空隙率によっては 18N/mm ² までは可能	特に植生を重視する箇所や植生に対する気象条件等が厳しい箇所は、25%以上とする	セグメント2~3 (1/400~水平)
②強度重視護岸タイプ	18N/mm ² 以上	18~21%	セグメントM~2 (さまざま~1/5000)

6.4.2 ポーラスコンクリートの護岸機能

調査を行ったポーラスコンクリート護岸において、護岸としての機能を損なうような劣化や破損などは目視で判断する限り確認されなかった。一部、施工直後から報告されている骨材の剥離や転石などの外力による影響が大きいと考えられる小規模な欠けなどは確認されたが、進行はほとんど無く軽度なものであった。

調査対象の多くは施工後5年程度であるが、現時点でポーラスコンクリートは、普通コンクリートと同様の護岸機能を有しているものと思われる。

6.4.3 ポーラスコンクリートの植生機能

植物の生育期間の短い積雪寒冷地で植生目標が中期~長期発現期待型のポーラスコンクリート護岸と隣接する普通コンクリートの護岸を比較すると明らかにポーラスコンクリート護岸の方が植生は良好である(写真6.4.1、6.4.2、6.4.3、6.4.4)。しかし、ポーラスコンクリートブロックの表面から直接生育する植物は比較的少なく、ブロックの隙間や堆積した土砂、枯れ草からの植生が多い(写真6.4.5、6.4.6)。これは、使用されたポーラスコンクリートが強度重視護岸タイプであるため空隙率が20%以下で、しかも使用骨材径も15mm以下のものが大半であることから空隙径が小さく植物の根がブロック内に深く貫入できないことが主な原因と思われる。また早期植生期待型(種子、充填材あり)においても初期の植生は達成されているものの、やはり空隙率が少なく空隙径が小さいため根の貫通が出来ないことや背面からの水分の供給が不足して十分な植生が維持できない事例が多い。

さらに植生の特徴として、周辺植生と比べて植物の生育量が少なく、また草丈の高い植物が比較的少ないということが挙げられる(写真6.4.7、6.4.8)。この特徴より、ポーラスコンクリートを使用することによって、河川領域においては植物生産量や草丈のコントロールが容易に行え、それに伴い維持管理が軽減されるという可能性が考えられる。

現時点でポーラスコンクリート護岸の植生機能は、普通コンクリート護岸以上の性能を有していると判断されるが、現状の強度重視型ポーラスコンクリートでは植物の生育に必要な空隙径となっていないため十分

な植生が達成されていないものと思われる。今後の課題としては、植物の生育に必要な空隙量や空隙径の大きさを実験や試験施工を通して検討し、護岸機能を満足しつつ十分な植生機能を有する最適なポーラスコンクリートを確立すべきと考える。



写真 6.4.1 千歳川

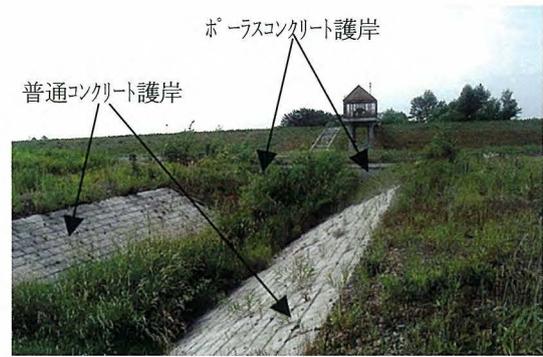


写真 6.4.2 石狩川



写真 6.4.3 屯田川



写真 6.4.4 屯田川



写真 6.4.5 天塩川



写真 6.4.6 天塩川



写真 6.4.7 千歳川

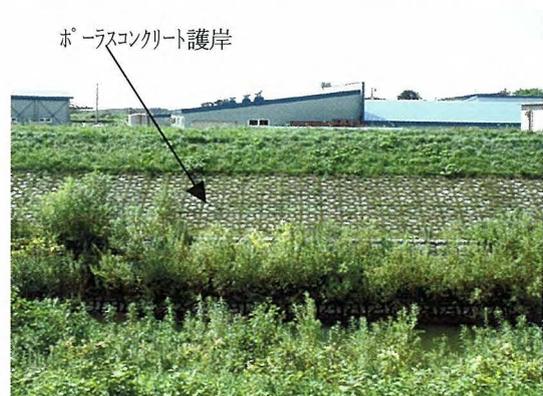


写真 6.4.8 後志利別川

6.5 結語

これまでに北海道内で施工されたポーラスコンクリート護岸の実績を調査し、そのうち任意の 20 箇所において護岸の諸元、構造、植生条件を整理し、さらに現地調査を行い護岸機能と植生機能について報告した。

実績調査の結果、積雪寒冷地である北海道では強度重視護岸タイプが多く採用されていることが判明した。それは凍結融解作用による耐久性の懸念からと考えられる。本調査は施工後 10 年以内のポーラスコンクリート護岸が対象であるため、今後の追跡調査を待たなければならないが、現時点では強度重視護岸タイプのポーラスコンクリートの耐久性については特に問題は無いと思われる。

ポーラスコンクリートの植生に関しては、一般に植生に必要な空隙とポーラスコンクリートの強度は相反する関係にあり、現状においては植生よりも強度を重視する護岸タイプが多く採用されているため、ポーラスコンクリートの植生機能は十分発揮されていないものと思われる。したがって、今後は植生重視護岸タイプの施工を通して凍結融解作用による耐久性や護岸機能、植生機能を調査し評価することが重要であると考ええる。

本報告が今後行われる追跡調査、また、ポーラスコンクリート護岸を採用する上での参考となれば幸いである。

謝辞

本報告作成にあたり、発注官庁のご担当者、北海道土木コンクリートブロック協会会員各位、旭川市嵐山公園北方野草園の山口氏など、多くの方々に協力いただきました。ここに付記し謝意を表します。

参考文献

- 1) 岡崎文吉：治水、丸善株式会社、1915
- 2) 浅田英祺：流水の科学者 岡崎文吉、北海道大学図書刊行会、1994
- 3) 北海道の治水技術研究会：石狩川治水の曙光—岡崎文吉の足跡—、北海道開発局、pp. 205-208、1990
- 4) 山口 甲：河岸保護の先覚者達、共和コンクリート工業株式会社、pp. 15-16、2005
- 5) 社団法人北海道土木コンクリートブロック協会：河川ブロック護岸の特性と自然との共生、pp. 2、1995
- 6) 共和コンクリート工業株式会社：温故知新—共和コンクリート工業株式会社半世紀の歩み—、2005
- 7) 財団法人河川環境管理財団編：解説河川環境、株式会社山海堂、1983
- 8) 財団法人先端建設技術センター：ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き、株式会社山海堂、pp. 18-21、2001

