

## 官民連携新技術研究開発事業事例

研究課題：

環境配慮型ポーラスコンクリートによる農業水利施設の多機能護岸工法の開発

研究開発組合を構成する民間企業：

鹿島建設株式会社

住友大阪セメント株式会社

ケミカルグラウト株式会社

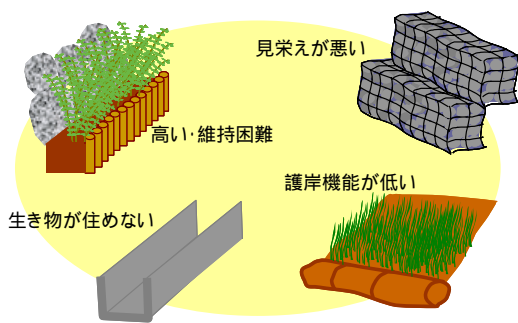
研究期間：

平成 13 年度～平成 15 年度

### 1. 研究成果概要

現在、農村地域に広がるため池や用排水路などの農業水利施設は、本来の農業利用を目的とした機能のみでなく、地域環境保全用の水辺空間としての機能を求められている。特に、農村域の生態系創出・保全にはため池と水路のネットワークは大きな意義を持つが、コンクリート護岸では形成される生態系が貧弱となり、ネットワークの幹線としての機能を果たすことが困難である。一方、多自然化を念頭においた護岸工法は一般に高価であり、また、農業水路としての機能を確保するための管理を多く必要とするため、一般的な護岸工法として用いることには課題が残る。

本研究では、大型土壌生物や水生昆虫などの多種の生物生息や自然土壌充填を可能とする大粒径骨材（20-40mm）を用いたポーラスコンクリート（以下、環境配慮型ポーラスコンクリート）を用いた護岸工法を開発することによって、ため池や農業水路等の農業水利施設で水利機能と生態系保全機能を両立させることを目的とした。



【従来の護岸・水路構造物】



- ・治水機能
- ・生態系保全機能



【環境配慮型ポーラスコンクリート】

## 2. 研究内容

### 2.1 コンクリートの配合および品質管理方法

#### 【コンクリート配合】

一般に、ポーラスコンクリートの圧縮強度は空隙率と水セメント比の影響が強いとされている。そこで環境配慮型ポーラスコンクリートについて、空隙率・水セメント比のそれぞれの関係を調べたところ、空隙率は30%程度が限界であり、水セメント比は25~30%が最適であることが明らかとなった。これらの結果を元に配合を検討した結果、「ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き」において提案されている基準強度の10N/mm<sup>2</sup>を満足し、一般的な粒径の小さいポーラスコンクリートと同等の圧縮強度を得ることができた(表-1)。

また、18N/mm<sup>2</sup>を越える高強度化を目的として、シリカフュームおよび水溶性ポリマーを添加した配合についても検討した結果、表-2の配合によって、圧縮強度18N/mm<sup>2</sup>以上を満足することが確認された(表-3)。

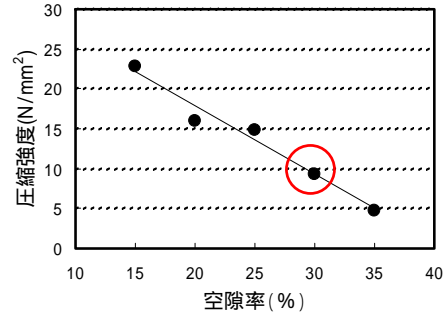


図-1 圧縮強度 - 空隙率

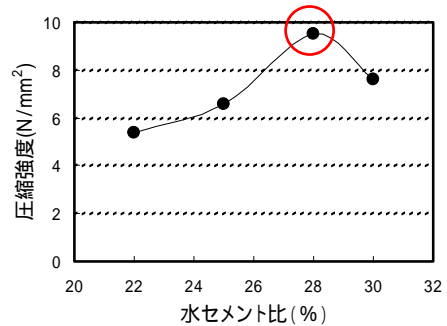


図-2 圧縮強度 - 水セメント比

表-1 標準配合および圧縮強度

| 実験区   | w/c | 空隙率 (%) | 粗骨材率 (%) | 単位量(kg) |         |        | 混和剤 C*wt% | 圧縮強度 N/mm <sup>2</sup> |
|-------|-----|---------|----------|---------|---------|--------|-----------|------------------------|
|       |     |         |          | 水(W)    | セメント(C) | 粗骨材(G) |           |                        |
| 6号POC | 25  | 25      | 60       | 63      | 259     | 1560   | 0.7       | 11.4                   |
| 3号POC | 30  | 25      | 57.5     | 52      | 216     | 1535   | 0.9       | 13.4                   |

表-2 高強度用配合

| Vp/Vg (%) | W/C (%) | 目標空隙率 (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |    |      | SP (C×%) | Pol (C×%) |
|-----------|---------|-----------|--------------------------|-----|----|------|----------|-----------|
|           |         |           | W                        | C   | SF | G    |          |           |
| 25        | 10.0    | 30        | 33                       | 293 | 33 | 1484 | 3.0      | 0         |
|           | 15.0    | 30        | 44                       | 262 | 29 | 1484 | 2.0      | 0         |
|           |         |           |                          |     |    |      |          | 1.0       |

C 普通セメント  
SF シリカフューム  
SP 高性能AE減水剤  
Pol 水溶性ポリマー  
G 砕石4020

表-3 高強度用配合による圧縮強度

| W/C (%) | Pol (C×%) | 圧縮強度 |      | ダレ評価 |       |
|---------|-----------|------|------|------|-------|
|         |           | 1W   | 4W   |      |       |
| 10.0    | 0         | -    | -    | -    | 練混ぜ不可 |
| 15.0    | 0         | 12.4 | 15.4 |      |       |
|         | 1.0       | 16.8 | 19.5 |      |       |

【品質管理方法】

ポーラスコンクリートのフレッシュ性状を評価する方法として規格化されたものはないが、(独)土木研究所が「ポーラスコンクリートのフレッシュ性状迅速判定マニュアル(案)」(土木研究所資料第3765号)において試験方法を提案している。

この方法は、丸フルイに量り取った試料に直接外面バイブレータにより振動を与え、フルイを落下するバインダー量によりフレッシュ性状を評価するもので、簡便かつ迅速に評価できる方法であると考えられる。

しかしながら、バイブレータを直接試料に接触させるため、試料との接触状況(位置、圧力等)により誤差が生じやすくなるとも考えられる。

そこで、この誤差を極力無くすために、写真-1に示すようにバイブレータを直接試料に接触させずに、かつ一定の振動条件を確保するための試験機を考案した。

この試験機を用いた環境配慮型ポーラスコンクリートの品質管理値を得るために、ペーस्टフロー値との相関を検討した。ここで、落下率とは5mmフルイを通過したモルタル質量から次式により求めたものである。

$$Dm = Vm / (Am \times (B / T)) \times 100 \quad (\%)$$

ここに、Vm：5mmフルイを通過したモルタル質量(kg)

Am：採取した試料の質量(kg)

B：単位モルタル量(kg/m<sup>3</sup>)

T：3号ポーラスコンクリートの単位容積質量(kg/m<sup>3</sup>)

試験の結果、振動時間が30秒と60秒においてフロー値と落下率の関係に高い相関が認められたが、環境配慮型ポーラスコンクリートのフロー値として適性と考えられる範囲 200 ± 25mm においては振動時間30秒で最も高い相関が認められた。また、振動時間を30秒とした場合の判定基準は、落下率 20 ~ 30% の範囲であると考えられる。

よって、管理値は以下の範囲とした。

**20% < Dm < 30%**

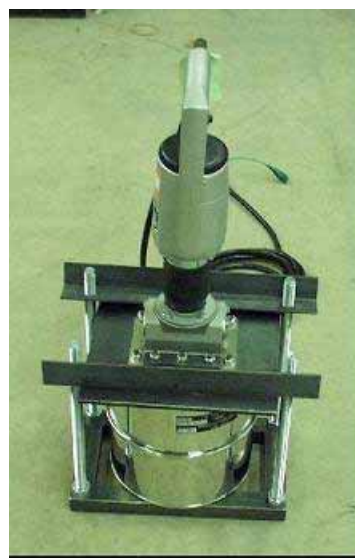


写真-1 品質管理試験機

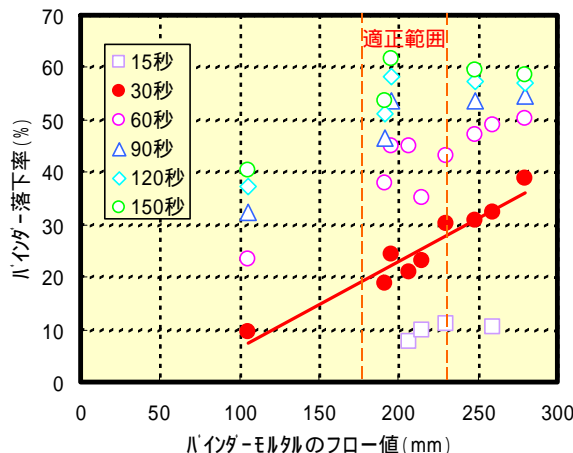


図-3 フロー値と落下率

## 2.2 施工法

主に法面長が 5m 以下程度の小規模水路やため池を対象とした標準工法と、法面長が 5m を超えるため池などを対象とした大規模施工法を開発した。

### 【標準工法】

#### コンクリート工

工程は、大きくコンクリート工と植生工に分けられる。周囲からの土砂の流入によって土壌の充填が見込める場合や、植生の形成を長期的に考える場合など、場合によって植生工を省略することも可能。コンクリート工は、混練 品質管理 投入 敷均し 締固め 養生の順で行う(図-4)。

ポーラスコンクリートの運搬は一般的にダンプトラックを用いるが、気温や湿度などの外的要因によって性状が不安定になることも多い。実験では、アジテータ車による輸送が品質安定に効果があること、ドラムに付着するペースト量は全体の 0.76%程度であるため、大きなロスにならないことを確認した。締固めはバケットに 50Hz の高周波振動機を取り付けて行うことにより、効率化を図っている。

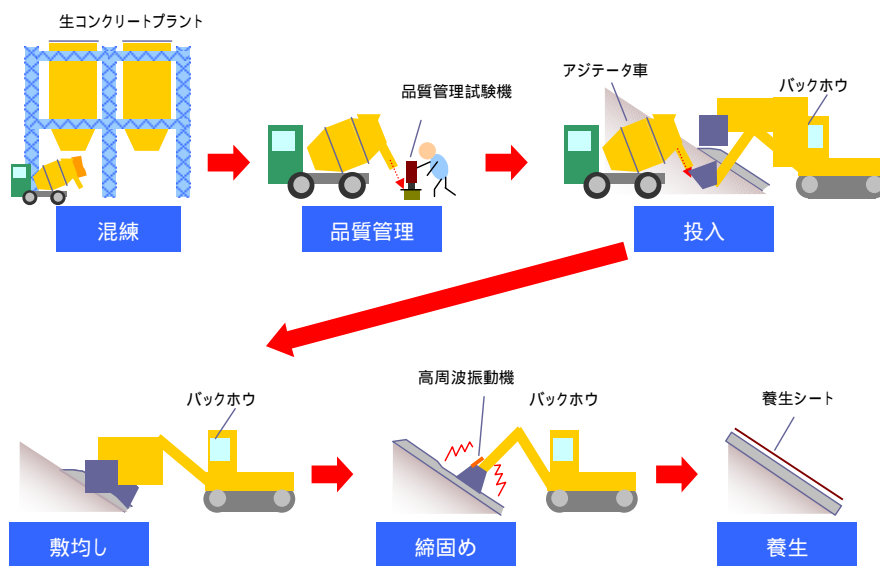


図-4 コンクリート工(標準工法)



写真-2 アジテータ車による運搬および投入



写真-3 高周波振動機付バケットによる締固め

## 植生工

植生工は、土壌のスラリー化 かけ流しによる充填 表層基盤吹き付けの順で行う（図-5）。早期に緑化を図る場合は種子の配合を行い、周辺からの種子散布による植生の定着を待つ場合は、種子の配合は行わない。

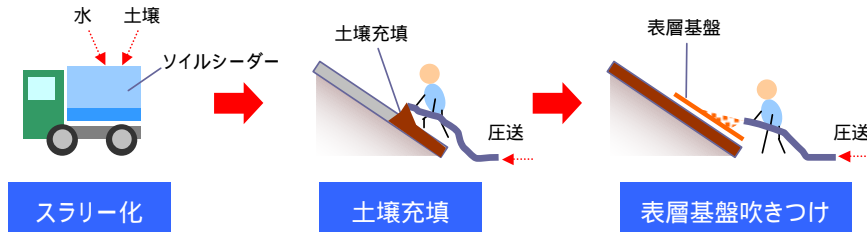


図-5 植生工

## 【大規模工法】

### コンクリート工

大規模施工の概略を図-6 に示す。POC投入に砕石場で用いられる可搬式ベルトコンベアを用いることで、連続投入を可能とした（施工速度は従来工法の2倍）。敷均しはストライカーチューブと一定高さで固定したガイドを導入することによって、不陸形成を抑制し、同時に厚さの管理も行った。締固めは新たに開発した重心制御機能付プレートコンパクターを用いて、施工の効率化を図った。ウィンチ引き上げ式のため、長大法面では特に効果が高いことが確認された。

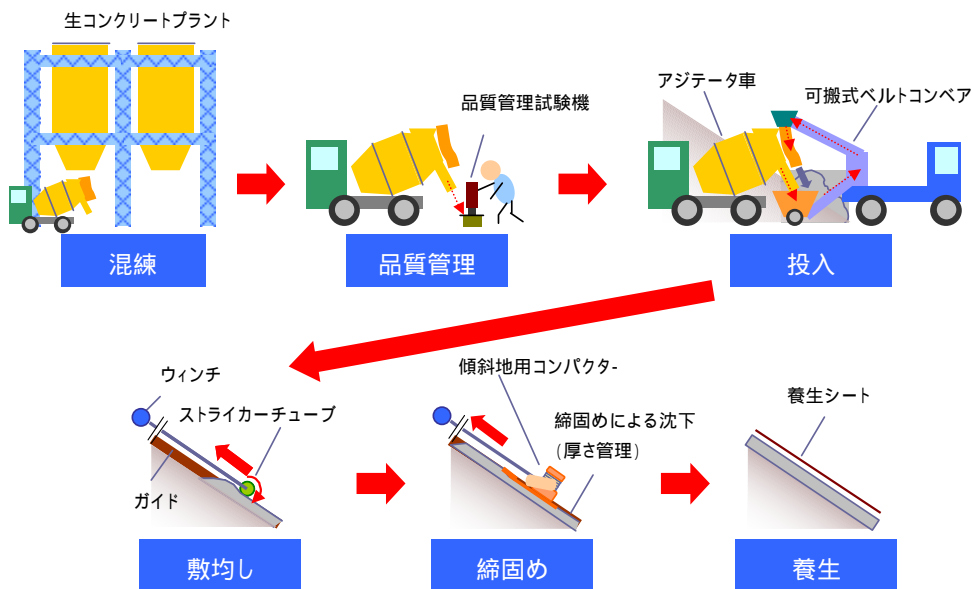


図-6 コンクリート工（大規模施工）

可搬式ベルトコンベア

アジテータ車

ストライカーチューブ



写真-4 可搬式ベルコンによる投入

写真-5 ストライカーチューブによる敷き均し

### 2.3 土壌充填法

従来工法では脱水による充填率の低下は避けられなかったため、新工法では想定される脱水量分の高吸水性樹脂を配合した。しかしながら、単に高吸水性樹脂を配合しただけでは充填材の流動性が低下するため、充填時には膨張せず、充填完了後に内部で膨張することが望ましい。化学的に高吸水性樹脂の膨張を遅延させることは困難であるため、高濃度の溶液中では膨



写真-6 コンパクターによる締め

張倍率が低い高吸水性樹脂の性質を利用し、土壌溶液の濃度を調整することで膨張倍率を低く抑えた（本工法で用いた高吸水性樹脂は純水で200倍、1%食塩水で40倍）。脱水後と雨水の供給を繰り返す度に土壌中のイオン濃度が減少するため、高吸水性樹脂の膨潤率が上昇し、空隙が充填材で満たされる（図-7）。

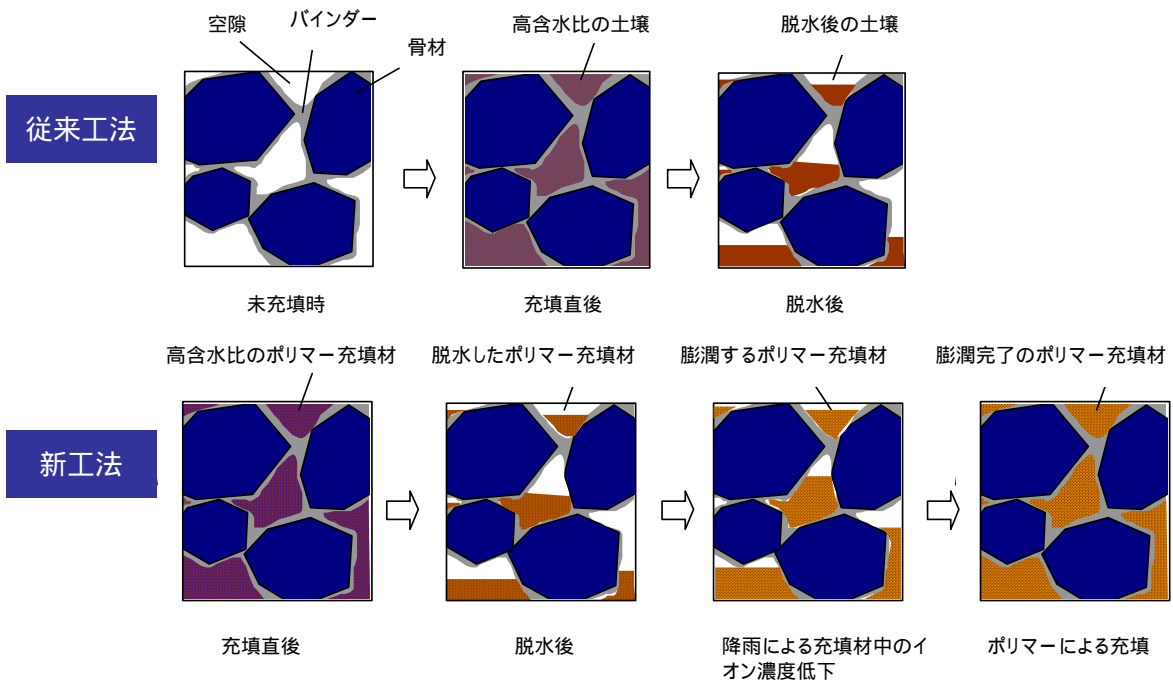


図-7 土壌充填工法

## 2.4 生物生息環境の検証

### 【室内植物試験】

3種類の骨材（5-13mm：6号、13-20mm：5号、20-40mm：3号 環境配慮型ポーラスコンクリート）を用いて、ポーラスコンクリートの空隙径と植物の生育量について検証した。実験の結果、ススキ・イタチハギ共に、空隙径が大きくなるに従って成長量も増加する傾向が見られ、対照区に対し3号POCでは60%程度、5号POCは30~60%程度、6号POCでは10~20%の成長量という結果となった。

農業水利施設への適用においては、草刈りなどの管理の関係から植物の繁茂を制限する必要がある場面が想定される。野外実験・室内実験の結果から、空隙性状をコントロールによって、ある一定の植生制御ができる可能性が見出された。

### 【野外植物定着試験】

ビオトープ池に室内植物試験同様に3種類の骨材を用いた試験区を設置し、周囲からの種子散布による植物定着の傾向を調査した。調査の結果、骨材粒径が大きくなるにつれて移入植物の種類が増加する傾向が見られた。5-13mmのPOCにおいてタデ科植物の定着数が少ない。これはタデ科植物の種子が比較的大きいため、空隙径の小さいPOCの空隙内には入り込めないためと考えられる

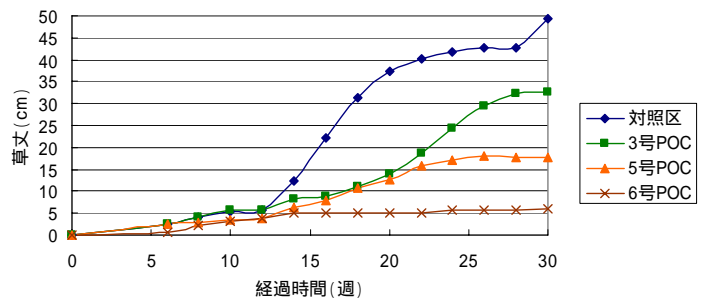


図-8 イタチハギの植物生育量

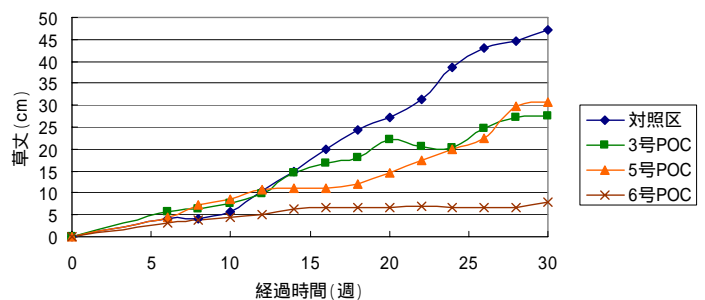


図-9 ススキの植物生育量

表-4 移入種

| 種名         | 学名                          | POC骨材粒径 |         |        |
|------------|-----------------------------|---------|---------|--------|
|            |                             | 20-40mm | 13-20mm | 5-13mm |
| メヒシバ       | <i>Digitaria adscendens</i> |         |         |        |
| アメリカセンダングサ | <i>Bidens frondosa</i>      |         |         |        |
| コセンダングサ    | <i>Bidens Pilosa</i>        |         |         | -      |
| ヒメムカシヨモギ   | <i>Erigeron canadensis</i>  |         |         |        |
| セイタカアワダチソウ | <i>Solidago altissima</i>   |         |         | -      |
| ヨモギ        | <i>Artemisia princeps</i>   | -       | -       | -      |
| アキノノゲシ     | <i>Lactuca indica</i>       |         | -       | -      |
| イヌタデ       | <i>Persicaria longiseta</i> |         | -       | -      |
| ギシギシ       | <i>Rumex japonicus</i>      |         | -       | -      |
| スギナ        | <i>Equisetum arvense</i>    |         |         | -      |
| アレチギシギシ    | <i>Rumex conglomeratus</i>  |         |         | -      |
| エゾノギシギシ    | <i>Rumex obtusifolius</i>   |         |         | -      |
| オオイヌタデ     | <i>lapathifolium</i>        |         |         |        |
| エノコログサ     | <i>Setaria viridis</i>      |         | -       |        |
| ハルジオン      | <i>philadelphicus</i>       |         |         |        |
| ツユクサ       | <i>Commelina communis</i>   |         |         |        |
| セイヨウタンポポ   | <i>Taraxacum officinale</i> | -       |         | -      |
| ヤブガラシ      | <i>Cayratia japonica</i>    |         |         | -      |
| カタバミ       | <i>Oxalis corniculata</i>   |         |         |        |
| ノゲシ        | <i>Sonchus oleraceus</i>    |         | -       |        |
| 出現種数       |                             | 18      | 15      | 9      |

【実験水路の生物生息調査】

ポーラスコンクリート水路に生息する生物の傾向を調査するため、コンクリート水路と比較実験を行った。調査では、同一日に採取したある種の総数に対して調査ポイントにて採取された数の割合を存在率(%)、種類数と個体数のバランスを Shannon-Weaver の式によって定義される生物多様性指数で評価した。調査位置は、写真-7 に示されるポーラスコンクリート水路の植生域と底泥域およびコンクリート水路の底泥域とした。



写真-7 ポーラスコンクリート水路の調査位置

コンクリート水路(RC)と比較してPOC水路に多くの生物が生息しており、「しがみつき型」と呼ばれるアオモンイトトンボ・ギンヤンマ・コカゲロウが植生域に、「はいずり型」と呼ばれるトビケラ・シオカラトンボが底泥域に選択的に生息することが確認された。特に、「しがみつき型」はRC水路では非常に出現が少なく、24ヶ月経過しても同様の傾向が見られた。一般的に、POC水路の存在率が高く、良好な生物生息環境を有することが明らかとなった。この主な要因は、植生域・底泥域という異なった環境を並存させているためと考えられ、POCの環境保全効果が高いことが確認された。

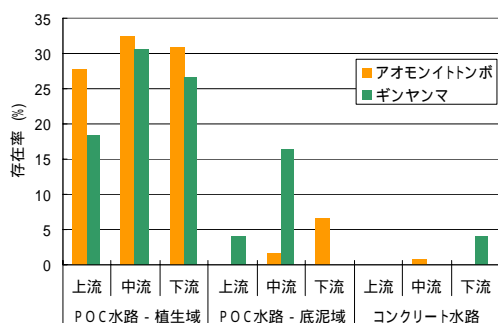


図-10 しがみつき型水生昆虫 (6ヶ月後)

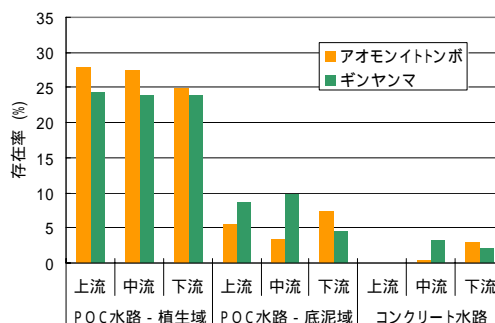


図-11 しがみつき型水生昆虫 (24ヶ月後)

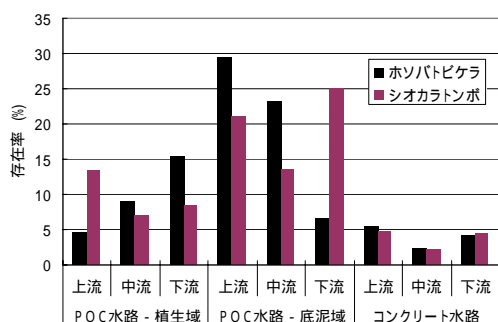


図-12 はいずり型水生昆虫 (6ヶ月後)

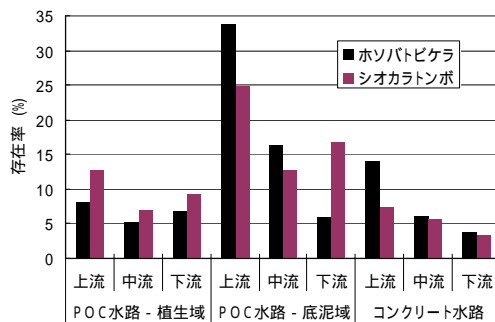


図-13 はいずり型水生昆虫 (24ヶ月後)



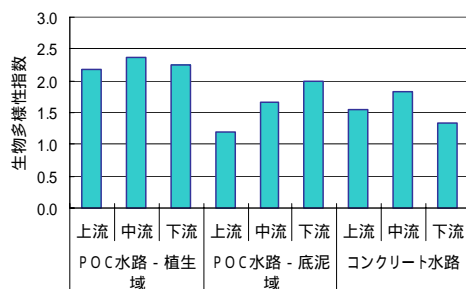


図-14 生物多様性指数 (6ヶ月後)

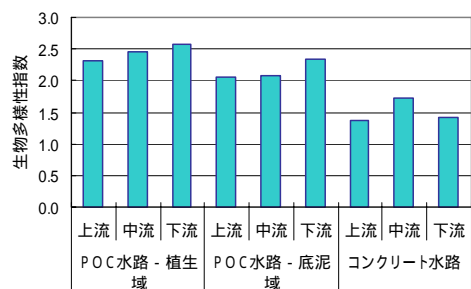


図-15 生物多様性指数 (24ヶ月後)

### 【水質浄化効果】

農業用水路の水質浄化機能を期待する場合は、成立する植生の量と管理の容易性が重要になる。そこで、ポーラスコンクリート水路の上部からと水路内からの草刈方法を比較した。共通した特長としては、石組みやブロック護岸と異なりPOC表面は凹凸が少ないため、刃こぼれの心配が少ない。また、一般の草刈に要する時間は10～15s/m<sup>2</sup>程度、多自然化水路の草刈にかかる作業時間は60～250s/m<sup>2</sup>程度という報告を参考とすれば、POC水路は多自然化水路でありながら通常の草原と同等の管理容易性を有するといえる。

また、得られた苧草は30m水路で約85kg(1回/年)であった。芝が含有するリン酸を0.45%、窒素を1.5%とすると、P:12.8g/m, N:42.5g/mの水質浄化効果があると推定される。

表-5 草刈手法の比較

|      | 法面上部                 | 水路内                              |
|------|----------------------|----------------------------------|
| 作業時間 | 17.3s/m <sup>2</sup> | 12.6s/m <sup>2</sup>             |
| 作業条件 | 法面長さは1mが限界           | 法面長さは1mが限界                       |
| 作業姿勢 | 腰に負担、長時間の作業は困難       | 容易であるが、水深や流速によっては支障がある           |
| 備考   | 足場の確保が困難             | 三面張りであるため、足場が良好。水路内へのアプローチがあると便利 |



写真-8 法面上部からの草刈



写真-9 水路内での草刈

### 3. 研究成果の適用事例

#### いさわ南部農地整備事業 ポーラスコンクリート水路工事

- ・ 工期 2003.11.4~2003.11.18
- ・ 発注者 東北農政局
- ・ 施工面積 250m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 農業用排水路で、斜面部を2次製品ブロック、底版を現場打設で施工した複合構造。凍上防止層に透水性EPSを採用し、施工の効率化を図っている。



#### 佐賀県営クレーク川副地区ポーラスコンクリート護岸工事

- ・ 工期 2003.11.4~2003.11.18
- ・ 発注者 佐賀県
- ・ 施工面積 150m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 有明の軟弱地盤に施工するため、コンクリート杭柵と併用していることが特徴。現場打ちとPOCパネルのそれぞれを採用。



#### 当間高原リゾート・リバーサイド自然観察池整備工事

- ・ 工期 2002.9.30~2002.10.7
- ・ 発注者 当間高原リゾート
- ・ 施工面積 150m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 野鳥観察池の堤体越流部および水路を施工。種子を配合せず、周囲からの種子散布により自然な植生が形成されている。



#### 忍野ため池工事

- ・ 工期 2003.7.8~2003.9.3
- ・ 発注者 山梨県
- ・ 施工面積 5000m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 日本最大規模の現場打ちポーラスコンクリート。法面長15mで湾曲部も多く、大規模施工法の適用により施工が可能となった。



### 新最終処分場調整池 ポーラスコンクリート浸食防止工事

- ・ 工期 2004.2.2~2004.4.30
- ・ 発注者 宇都宮市
- ・ 施工面積 1500m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 雨水排水調整池の水位変動部浸食防止対策として、調整池法尻に施工。当初の設計では蛇カゴであったが、コストや工期の縮減のため、本工法を採用。



### 信濃川下流 親松護岸工事

- ・ 工期 2005.3.17~2005.3.23
- ・ 発注者 国土交通省北陸地方整備局
- ・ 施工面積 1200m<sup>2</sup>
- ・ 特徴 堤体上部に据えつけたクレーンによるホッパー投入。骨材は砕石ではなく、玉砂利を用いている。

