

# 中小河川の改修手法の工夫による CO<sub>2</sub>排出量の削減

## REDUCTION IN CO<sub>2</sub> EMISSIONS BY DIFFERENCES IN RIVER WORKS METHODS

山田聡宣<sup>1</sup>・島谷幸宏<sup>2</sup>・末松吉生<sup>3</sup>

Toshinobu YAMADA, Yukihiro SHIMATANI and Yoshio SUEMATSU

<sup>1</sup>非会員 九州大学大学院工学府 (〒819-0395 福岡県福岡市西区744番地)

<sup>2</sup>フェロー会員 工博 九州大学工学研究院 (〒819-0395 福岡県福岡市西区744番地)

<sup>3</sup>正会員 (株) 東栄商興取締役社長 (〒819-1129 福岡県前原市篠原西三丁目8番地)

The global warming issue has become a worldwide problem. Civil engineering industry should make an effort to the reduction of the gases. The purpose of this study is to clarify CO<sub>2</sub> emissions in a past river work, and figure out amount of CO<sub>2</sub> emission cuts by devising construction methods in bank protection and planning concepts in river works. About the construction methods, it was calculated CO<sub>2</sub> emissions in concrete bank protection, multi-natural type bank protection, and soil bank protection. The result shows that multi-natural type bank protection can reduce CO<sub>2</sub> emissions to 79% by compared to concrete one. In addition, CO<sub>2</sub> emissions of soil bank protection are extremely small. About the planning concepts, it was calculated CO<sub>2</sub> emissions of planning concepts in a river work repaired by the past planning concept and the planning concept under Nature-Oriented River Work. The result shows that Nature-Oriented River Work can reduce CO<sub>2</sub> emissions to 80% compared to the past work.

**Key Words :** CO<sub>2</sub> emissions, construction methods, planning concepts, Nature-Oriented River

### 1. 背景及び目的

20世紀の100年間に世界全体で0.6±0.2℃, 日本では約1℃気温が上昇した。このまま対策を取らずに地球温暖化が進むと, 2100年頃までに最大で5.8℃気温が上昇するとされている<sup>1)</sup>。

これを受け, 地球温暖化問題が急速に国際政治問題として捉えられるようになっており, 世界的に温室効果ガスの削減活動が取り組まれている。日本政府は2020年までに1990年比25%, 2050年までに60%超の温室効果ガス排出量の削減を目標に掲げている<sup>2)</sup>。

地球温暖化の主な原因はCO<sub>2</sub>をはじめとした温室効果ガスであるといわれている。CO<sub>2</sub>は最も重要な人為起源の温室効果ガスである<sup>3)</sup>。日本のCO<sub>2</sub>排出量に占める建設関連の割合は, 建設施工段階では1.3%であるが, 使用される資材や施設運用時までを考慮すると, 建設業界の関連領域は日本全体の4割にも達している<sup>4)</sup>。

以上より, 土木業界でも温室効果ガスの大幅削減に貢

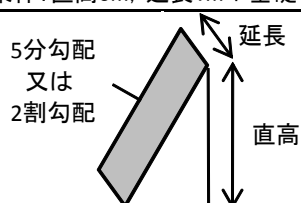
献する必要がある。そのためには, 一連の事業で排出されるCO<sub>2</sub>を算出し, 削減案を取り入れた際のCO<sub>2</sub>削減量を明らかにする必要がある。これまで, 建設材料や化石燃料等のCO<sub>2</sub>排出量はCO<sub>2</sub>排出原単位より明らかとされており, 過去にトンネル工事におけるCO<sub>2</sub>排出量が明らかとなっている<sup>4)</sup>。また, 島谷らにより, 一定区間, 一定断面の河川改修におけるCO<sub>2</sub>削減量が求められている<sup>5)</sup>が, 原単位が当時とは変化している。また, 一連の事業におけるトータルCO<sub>2</sub>排出量の算出事例は少なく, 例えば一連の河川改修におけるCO<sub>2</sub>排出量はまだ明らかにされていない。

そこで本研究では, 中小河川である岩手県元町川の一連の激特事業をケーススタディとし, 従来の河川改修におけるCO<sub>2</sub>排出量を明らかにするとともに, 護岸の工法の工夫と河川改修の計画論の工夫を行うことによるCO<sub>2</sub>削減量を明らかにすることを目的とした。

### 2. 護岸の工法の違いによるCO<sub>2</sub>排出量の比較



表-1 算出条件と用いる原単位  
算出条件:直高3m, 延長1m+基礎コンクリート



| 考慮した素過程の原単位          |                                        |
|----------------------|----------------------------------------|
| ①護岸材料の生産             | ②建設機械の使用                               |
| 生コンクリート              | ラフテレーンクレーン10t吊 <sup>10)</sup>          |
| プレキャストコンクリート         | ラフテレーンクレーン15t吊 <sup>10)</sup>          |
| 栗石 <sup>6)</sup>     | ラフテレーンクレーン25t吊 <sup>10)</sup>          |
| 砕石 <sup>6)</sup>     | バックホウ0.45m <sup>3</sup> <sup>10)</sup> |
| 土                    | バックホウ0.8m <sup>3</sup> <sup>10)</sup>  |
| 吸出防止材 <sup>5)</sup>  | 発動発電機 <sup>9)</sup>                    |
| 線材 <sup>9)</sup>     |                                        |
| ABS樹脂 <sup>9)</sup>  |                                        |
| アクリル樹脂 <sup>9)</sup> |                                        |

護岸を各工法で設置する際のCO<sub>2</sub>排出量を算出した。

図-1にCO<sub>2</sub>排出量を検討した計6工法の護岸を示す。A及びBは従来型の練護岸、C～Eは裏込めにコンクリートを用いず、植生の繁茂を可能とした多自然護岸、Fはコンクリートを用いず、土のみで施工した土羽護岸である。B及びFを2割勾配、それ以外を5分勾配とする。但し、A、B、C及びEは高流速にある程度耐え得ると考え

表-2 練積工法(A)歩掛表  
直高1m 延長1m当たり

| 項目                     | 数量      | 単位             | 原単位<br>(kg-CO <sub>2</sub> /単位) | 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) |
|------------------------|---------|----------------|---------------------------------|------------------------------|
| (材料)                   |         |                |                                 |                              |
| コンクリートブロック             | 0.151   | m <sup>3</sup> | 278.58                          | 41.97                        |
| 胴込コンクリート               | 0.201   | m <sup>3</sup> | 240.08                          | 48.31                        |
| 裏込石                    | 0.373   | m <sup>3</sup> | 4.93                            | 1.84                         |
| 天端コンクリート               | 0.071   | m <sup>3</sup> | 240.08                          | 17.05                        |
| 裏込コンクリート               | 0.168   | m <sup>3</sup> | 240.08                          | 40.26                        |
| (建設機械)                 |         |                |                                 |                              |
| ラフテレーンクレーン<br>10t吊     | 0.0151  | h              | 31.84                           | 0.48                         |
| バックホウ0.8m <sup>3</sup> | 0.00121 | h              | 47.68                           | 0.058                        |
|                        |         |                | 計                               | 149.97                       |

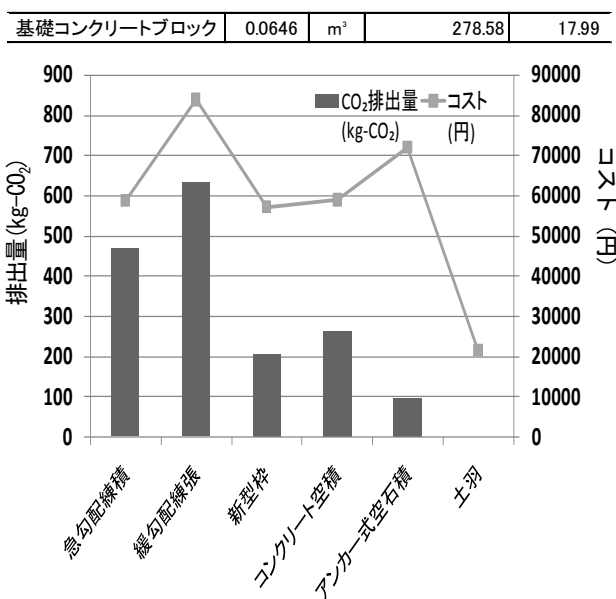


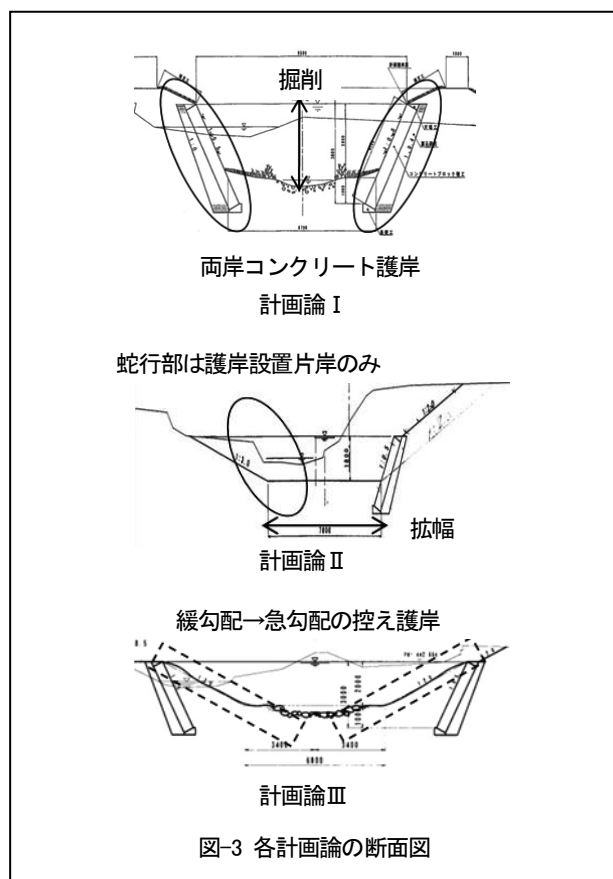
図-2 各工法の排出量及びコスト

られるが、D及びFの強度は他に比べ低く、各工法は治水対策面において同じ性能とはいえない。

表-1に算出条件及び考慮に入れる素過程、用いるCO<sub>2</sub>排出原単位の項目を示す。生コンクリートの原単位については、生コンクリート材料の生産によるCO<sub>2</sub>排出量<sup>6)</sup>、コンクリート材料の産地から生コン工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量<sup>7)</sup>、生コン製造における環境負荷によるCO<sub>2</sub>排出量<sup>8)</sup>を考慮し原単位を求めた。また、プレキャストコンクリートの原単位については、生コンクリートを蒸気養生したものとして求めた。

中小河川の規模を考え、直高3m(根入込)に基礎コンクリートを加えた単位延長当たりのCO<sub>2</sub>排出量を求めた。護岸材料の生産と建設機械の使用を考慮に入れ、各項目毎に施工歩掛表より数量にCO<sub>2</sub>排出原単位を乗じて求めた。一例として表-2に工法Aの施工歩掛表<sup>10)</sup>を示す。排出量は、 $149.97 \times 3 + 17.99 = 467.90 \text{ kg-CO}_2$ である。B～Fも同様に算出した。尚、Fについては直高3m、5分勾配の斜面上に2割勾配で覆土するものとした。

図-2に各工法のCO<sub>2</sub>排出量及びコストの算定結果を示



す。コストは、各工法の施工単価表より求めた。これより、コンクリート護岸は多自然護岸や土羽護岸よりCO<sub>2</sub>排出量が多く、コストも高いことが明らかとなった。同じコンクリート護岸でも、緩勾配の方が急勾配より35%排出量が大きく、コストが高い。また、練積工法護岸を多自然護岸に転換すると、新型枠工法では約56%、アンカー式空石積工法では約79%、土羽護岸に転換すると99%以上のCO<sub>2</sub>排出量を削減できることが明らかとなった。各工法のCO<sub>2</sub>排出量に差が出た主な要因は、他の建設材料に比べCO<sub>2</sub>排出原単位の大きいコンクリートの使用量の差である。コンクリート使用量を抑えた護岸は、CO<sub>2</sub>排出量が小さいといえる。以上より、CO<sub>2</sub>排出量を削減するには、コンクリート護岸を多自然護岸に転換すべきであり、強度の面で施工可能であれば、土羽護岸を用いることが望ましいと考えられる。

### 3. 改修の計画論の違いによるCO<sub>2</sub>排出量の比較

岩手県元町川(流域面積20.2km<sup>2</sup>)の激特事業下流工区3km区間を対象に、従来の川づくりと、新しい技術基準等に基づく計画論で改修を行った場合のCO<sub>2</sub>排出量を比較した。図-3に検討した各計画論の特徴的な断面図を示す。Ⅰは河床掘削により河積を拡大し、両岸に練積みブロックで直線化された河道で計画する従来計画論であ

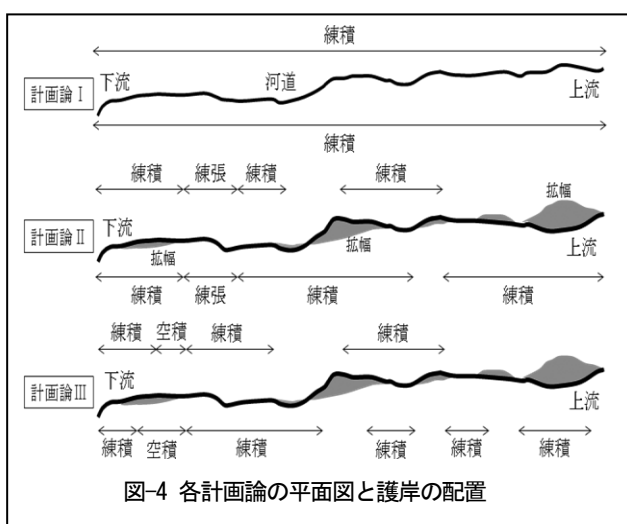


表-3 計画論Ⅱ 25m毎のCO<sub>2</sub>排出量算出表(部分的に省)

| 区間     | 右岸          |                              | 左岸          |                              | 根継工 |                         |
|--------|-------------|------------------------------|-------------|------------------------------|-----|-------------------------|
|        | 護岸長さ<br>(m) | 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | 護岸長さ<br>(m) | 排出量<br>(kg-CO <sub>2</sub> ) | 左右  | 面積<br>(m <sup>2</sup> ) |
| 0k000  | 4.2         | 7264                         | 4.2         | 7264                         |     |                         |
| 0k025  | 4.2         | 14527                        | 4.2         | 14527                        |     |                         |
| 0k050  | 4           | 13857                        | 4           | 13857                        |     |                         |
| 0k075  | 3.8         | 13187                        |             |                              | 左   | 1.9                     |
| ...    |             |                              |             |                              |     |                         |
| 0k550  | 4.4         | 15198                        | 3.4         | 11846                        | 右   | 1.3                     |
| 0k575  |             |                              | 3.4         | 11846                        | 右   | 1.3                     |
| 0k600  | 3.4         | 11846                        | 3.4         | 11846                        | 右   | 1.3                     |
| 0k625  | 3.4         | 11846                        | 3.8         | 13187                        | 左   | 1.3                     |
| ...    |             |                              |             |                              |     |                         |
| 0k850~ | 6.6         | 15573                        | 6.6         | 15573                        |     |                         |
| 1k050  | 6.6         | 15573                        | 6.6         | 15573                        |     |                         |
| 1k075  | 3.4         | 11846                        | 3.4         | 11846                        |     |                         |
| ...    |             |                              |             |                              |     |                         |
| 3k000  |             |                              |             |                              |     |                         |
|        | 計           | 886781                       | 計           | 1200367                      |     | 計                       |

|       |      |
|-------|------|
| 総計(t) | 2273 |
|-------|------|

る。Ⅱは蛇行を残し、拡幅により河積を確保する2008年の新基準に基づいた多自然川づくり<sup>12)</sup>の計画論である。ⅢはⅡの新基準に従いつつ、更に緩勾配コンクリート護岸の箇所を急勾配の控えコンクリート護岸を用いた土羽河岸とし、耐久可能な箇所では護岸を設置しないもしくはコンクリート護岸を空積みとした計画論である。実際の施工はⅢ案で行われている。図-4に各計画論の平面図と両岸の護岸の配置を示す。但し、ⅡとⅢの河道はほぼ同じである。

それぞれ25mおきの断面図から3km区間の護岸の量を求めCO<sub>2</sub>排出量を算出した。一例として表-3に計画論ⅡのCO<sub>2</sub>排出量算出表を示す。区間0k850~1k050は練張工法護岸、それ以外は練積工法護岸である。根継工については生コンクリートのCO<sub>2</sub>排出原単位を用いて算出した。計算例として、右岸0k025(練積工法)の排出量は、

$$\left(4.2 \times \frac{2}{\sqrt{5}} \times a \times b\right) \times 25 = 14527 \text{ kg-CO}_2$$

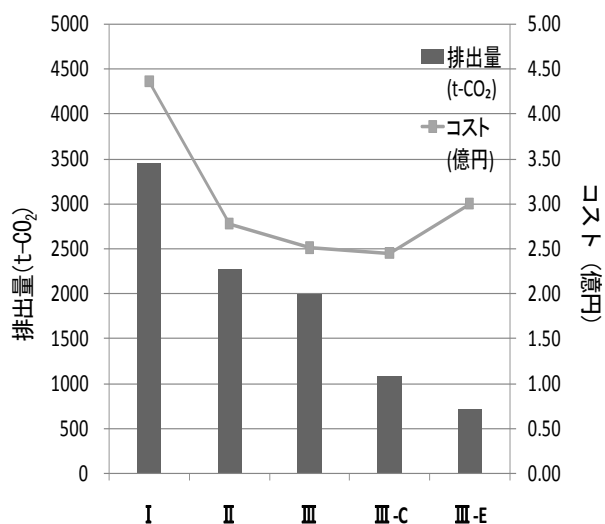


図-5 各計画論の排出量及びコスト

a：直高1m，延長1mの練積工法護岸のCO<sub>2</sub>排出量

149.97 kg-CO<sub>2</sub>

b：延長1mの練積用基礎コンクリートブロックのCO<sub>2</sub>排出量 17.99 kg-CO<sub>2</sub>

となる。計画論Ⅰ及びⅢについても同様に算出した。

また、計画論Ⅲについて、コンクリート練積工法護岸の箇所を全てC，Eの護岸に転換する計画論について算出した。新型枠工法に転換するⅢ・C案，アンカー式空石積工法に転換するⅢ・E案とする。尚，この2つの案は護岸の工法，改修の計画論の工夫が組み合わされている。

図-5にCO<sub>2</sub>排出量及びコストの算定結果を示す。従来の計画論Ⅰを基準とすると，Ⅱでは約34%，Ⅲでは約42%，Ⅲ・Cでは約69%，Ⅲ・Eでは最大の約80%のCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能であることが明らかになった。削減率は，改修の計画論の工夫により最大約42%，護岸の工法，改修の計画論2つの工夫により最大約80%となった。また，コスト面から比較を行うと，Ⅰに対し他の計画論では30%以上コストが低く，Ⅲ・Cでは最大の約44%コストを削減できることが明らかになった。尚，コストには拡幅のための用地費は含まれていない。

以上より，護岸の設置量(コンクリート使用量)を減らし，多自然川づくりを目標にした計画論は，CO<sub>2</sub>排出量を削減でき，コストも低いと考えられる。

#### 4. 結論

本研究では，護岸工法と改修計画論の工夫によるCO<sub>2</sub>排出量の算出と比較を行った。その結果，工法及び計画論によりCO<sub>2</sub>排出量は大きく異なり，護岸の工法の工夫により最大約79%，改修の計画論の工夫により最大約42%，工法と計画論の工夫を組み合わせることにより最大約80%CO<sub>2</sub>排出量を削減できることが明らかとなった。

これは日本政府が目標に掲げる，60%超の温室効果ガス排出量削減の実現に大きく寄与するものであると考えられる。また，護岸の設置量(コンクリート使用量)を減らし，多自然川づくりを目標にした計画論ほど，CO<sub>2</sub>排出量が小さく，コストも30%以上低いことが明らかになった。今後河川改修を行う際，CO<sub>2</sub>排出量を削減していくうえでの，また多自然川づくりを推進していくうえでの有意な知見となると考えられる。

本研究では，河川改修後の植生の繁茂によるCO<sub>2</sub>の固定量を算出していないため，本来のCO<sub>2</sub>排出量の削減量は更に大きいものであると考えられる。CO<sub>2</sub>の固定量を算出することにより，より正確な削減量を求める必要がある。また，各計画論に掛かるコストの算出は，護岸の設置に掛かるコストのみの算出である。Ⅱ～Ⅲ・Eは，河積の確保を拡幅にて行うため，拡幅する土地の確保にコストが掛かる。改修後の維持管理も含めたコスト算出を行い，比較する必要がある。

謝辞：本研究を行うに際し，岩手県県土整備部河川課より図面や施工歩掛表等各種データを提供いただいた。また，株式会社アテナ，株式会社ヤマウ，環境工学株式会社より貴重な資料を提供いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 気候ネットワーク：よくわかる地球環境問題,2007
- 2) 民主党政策集 INDEX2009：URL：  
<http://www.dpj.or.jp/policy/manifesto/seisaku2009/19.htm#環境政策>（全般）
- 3) 環境省：IPCC 第4次評価報告書統合報告書概要,2007
- 4) 建設業部会 施工技術活性化分科会：建設工事における二酸化炭素[CO<sub>2</sub>]排出量の算定，2002
- 5) 島谷幸宏，小野和憲，萱場祐一：自然を活かした川づくりによる CO<sub>2</sub> 排出量の削減：土木技術資料 40-6，pp56-61，1998
- 6) 土木学会：コンクリート構造物の環境性能照査指針(試案)，2005
- 7) 環境省：地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条排出係数一覧表，2006
- 8) 地球温暖化防止対策ワーキンググループ：建設施工における地球温暖化対策事例集，2005
- 9) 環境工学株式会社：URL：  
<http://www.kankyo-kogaku.co.jp/river/sozai/CO2.html>
- 10) 日本建設機械化協会：建設機械等損料表，2008
- 11) 経済調査会：積算資料九州版コンクリート二次製品の施工単価・技術情報誌，2008
- 12) 多自然川づくり研究会：多自然川づくりポイントブック II 川の営みを活かした川づくり，2008

(2010.4.8 受付)