

小規模擁壁工に着目した中山間地における木製擁壁転換時のCO₂排出削減量の推定

A STUDY ON REDUCTION OF CO₂ EMISSION BY THE USE OF WOOD RETAINING-WALL IN FOREST DISTRICT

澤田 俊明¹

枝澤 啓司²

水口 裕之³

Toshiaki SAWADA, Keiji EDZAWA

Hiroyuki MIZUGUCHI

ABSTRACT ; In this paper we calculated the CO₂-emission from concrete retaining-wall, wood retaining-wall, and masonry concrete-block retaining-wall based on our previous study. The size of the retaining-wall is 0.5 ~ 3.0meters high every 0.5meters, and 100 meters long. And we examined all the construction works for these three years in Kamikatsu-cho, Tokushima, which is located in forest district. Then we picked up some concrete retaining-wall and masonry concrete-block retaining-wall which can be substituted for wood retaining-wall. We compared present CO₂-emission and that from wood retaining-wall as a substitute for concrete retaining-wall and masonry concrete-block retaining-wall. As a result when we use wood retaining-wall, we can reduce about 280 tons of CO₂ in a year in Kamikatsu-cho.

Key Words : CO₂ emission, LCCO₂, wood, retaining-wall, small structure

1. はじめに

筆者らは、温室効果ガス低減のための建設部門からの解決策を探索するために、主として建設分野の土木工事・構造物のCO₂排出量に関する既往の研究を概観し、CO₂排出量研究における小規模擁壁構造物研究の意義を示し、小規模擁壁構造物であるコンクリート擁壁と木製擁壁のCO₂排出量を推定した。そして、2.0mの擁壁高のとき、コンクリート擁壁の施工時のCO₂排出量が木製擁壁の約5.5倍であること、また木製擁壁のLCCO₂排出量はその耐用年数が10年以上であれば、コンクリート擁壁の値を下回り、環境負荷削減に優位となることなどを報告した¹。

今回の研究は、著者らの既研究の継続となるもので、まず、既研究で得たCO₂排出量の諸データ等の知見を元に、木製擁壁・コンクリート擁壁の他に、新たに間知ブロック擁壁を検討タイプとして加え、これら3つの擁壁タイプについて、擁壁高さが0.5mから3.0mの間の0.5mごとの擁壁の施工時のCO₂排出量を算出し、その特徴分析を行う。

一方、我が国の中山間地を中心とする森林地域では、過疎化・後継者不足・高齢化・経済的破綻という複合した4Kが悪循環となって発生しており、これらは深

刻な社会問題として健在化している。中でも、近年の木材価格の低迷は、木材供給体制を脆弱にし、一層、地域経済を圧迫している。その反面、森林の持つ大気浄化・洪水抑制・生物生息環境・レクリエーションなどの森林の持つ多様な価値が見直される中で、中山間地を中心として、温室効果ガスの抑制に有効と指摘されている木材を土木用資材等に利用することが期待されている。しかしながら、現状の建設事業における小規模な擁壁工事では、木製擁壁の利用は希で、コンクリート擁壁・間知ブロックが多用されている。

そこで、本研究では、中山間地における木製擁壁利用の温室効果ガス低減の優位性を明らかにするために、コンクリート擁壁・間知ブロックから木製擁壁に転換した場合の、町単位でのCO₂排出量の削減効果を探る。具体的には、先に示した小規模擁壁工の各タイプのCO₂排出量の知見を元に、中山間地の森林地域の町である徳島県上勝町における最近3カ年の総建設公共事業を対象にして、既整備のコンクリート擁壁・間知ブロック擁壁を、可能な範囲で木製擁壁に転換したときの1年当たりのCO₂排出量の削減量を求め、削減効果を明らかにする。

1 (有)環境とまちづくり Environment and Town-Planning

2 (株)阿土建設コンサルタント Ado Construction Consultant

3 徳島大学教授 工学部建設工学科 The University of Tokushima

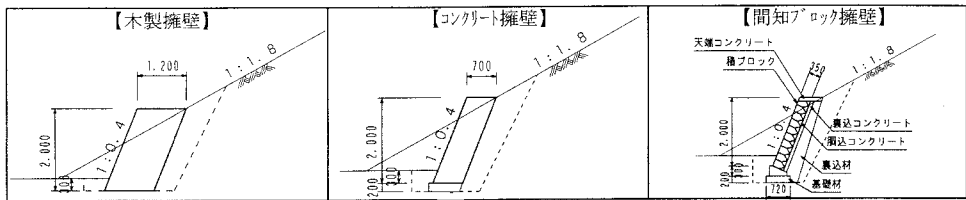


図-1 検討モデル図 (H=0.5~3.0m, L=100m)

2. 小規模擁壁工における CO₂ 排出量

(1) 検討モデル

本研究では、小規模擁壁工のうち、木製擁壁・コンクリート擁壁・間知ブロック擁壁の CO₂ 排出量を算出する。これら擁壁工は、表-1 に示す同等な検討条件のもとで、現行の設計指針等でそれぞれが等価な安定性能を有するものとして断面形状を決定した。検討モデルの擁壁高さは、0.5~3.0mの間で、0.5m間隔とした。CO₂ 排出量は、擁壁延長 100m 当たりについて算出している。なお、木製擁壁の断面構造は、木材と土砂の補強土構造となるため、擁壁底面の基礎材は不要となる。図-1 に検討モデル図を示す。

表-1 擁壁工の検討条件

擁壁工の形式	・木製擁壁、コンクリート擁壁、間知ブロック擁壁の3タイプについて検討
擁壁高さ	・0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 m (@0.5m 間隔)
擁壁前面の勾配	・1 : 0.4 と仮定
設計指針及び断面決定	・【木製擁壁・コンクリート擁壁】：『道路土工・擁壁工指針』より安定計算を実施して断面決定 ・【間知ブロック擁壁】：『土木構造物標準設計2 擁壁類』の標準図より断面決定
設計区分	・「常時」の擁壁安定を考慮
設計条件	・背面土の勾配：1:1.8 ・土圧：試行くさび土圧 ・土質条件：内部摩擦角 30 度 ・土単重：19kN/m ³ 、・コンクリート単重：23kN/m ³ ・木製擁壁の自重：14.8~16.8 kN/m ³ （擁壁高により変化）
安定条件	・滑動：滑動安全率 1.5 以上 ・転倒：偏心量が擁壁底面幅の 1/6 以内 ・支持：許容支持力以内

(2) 用語の定義

本研究における CO₂ 排出量の用語の定義を、表-2 に示す。

表-2 本研究での CO₂ 排出量の用語の定義²

算出項目	定義
CO ₂ 排出量原単位	資料文献調査や現地調査より整理した「素材」などの CO ₂ 排出原単位
材料 CO ₂ 排出量	「CO ₂ 排出量原単位」より算出して求まるコンクリート、基礎材等の擁壁材料の単位排出量
作業 CO ₂ 排出量	土工（掘削・埋戻し）、コンクリート打設など、「CO ₂ 排出量原単位」をもとに算出した単位作業当たり発生する CO ₂ 排出量
構造物施工 CO ₂ 排出量	「作業 CO ₂ 排出量」に構造物の作業数量を乗じて求めたもの
構造物ライフサイクル CO ₂ 排出量	「構造物施工 CO ₂ 排出量」+維持管理 CO ₂ 排出量+取り壊し CO ₂ 排出量

(3) CO₂ 排出量原単位

本研究で使用する CO₂ 排出量原単位を表-3 に示す。

表-3 CO₂ 排出量原単位

項目	単位	CO ₂ 排出量原単位	引用文献
砂利・採石	kg-CO ₂ /kg	0.008	3
碎石	kg-CO ₂ /kg	0.008	
セメント	kg-CO ₂ /kg	0.839	
素材（木材）	kg-CO ₂ /kg	0.124	
合板（型枠）	kg-CO ₂ /kg	0.975	4
農薬（防錆処理剤）	kg-CO ₂ /kg	4.480	
人間	kg-CO ₂ /日 (8時間)	1.021	
揮発油（ガソリン）	kg-CO ₂ /リットル	2.359	
灯油	kg-CO ₂ /リットル	2.529	5
A重油	kg-CO ₂ /リットル	2.698	
軽油	kg-CO ₂ /リットル	2.644	
電力（電気）	kg-CO ₂ /kwh	0.382	
水	kg-CO ₂ /m ³	0.16	6
ゴミ	kg-CO ₂ /kg	0.24	
木材の二酸化炭素固定量	kg-CO ₂ /kg	1.833	

(4) 材料 CO₂ 排出量

材料 CO₂ 排出量の一覧を表-4 に示す。このうち積みブロックの値は、コンクリートの値にブロック厚 0.35m を乗じて近似している。

表- 4 材料 CO₂ 排出量 (単位: kg-CO₂)

材 料	単 位	材料 CO ₂ 排出量
コンクリート	kg-CO ₂ /m ³	330.53
積みブロック (控え 35cm)	kg-CO ₂ /m ²	115.69
型枠	kg-CO ₂ /m ²	9.36
基礎材・裏込材	kg-CO ₂ /m ³	16.00
製材 (炭素固定評価外)	kg-CO ₂ /m ³	283.67
製材 (炭素固定評価含)	kg-CO ₂ /m ³	-1,182.73

(5) 作業 CO₂ 排出量

作業 CO₂ 排出量を表-5～表-7 に示す。使用機械は、中山間地での施工を想定して、比較的小規模の機械を設定している。また、表-7 での運搬距離は、片道 10 km を想定している。

表- 5 作業 CO₂ 排出量: 土工 (単位: kg-CO₂)

作 業	使用機械	
掘削 1.0m ³ 当り	バックホ 0.2m ³ 級	2.933
床堀 1.0m ³ 当り	バックホ 0.2m ³ 級	3.302
埋戻 1.0m ³ 当り	バックホ 0.2m ³ 級 タンバ 60～100kg	3.125
積込 1.0m ³ 当り	バックホ 0.2m ³ 級	2.933

表- 6 作業 CO₂ 排出量: 施工 (単位: kg-CO₂)

作業名	使用 機械等	木製 擁壁	コンクリート 擁壁	間知ブロック 擁壁
組立横材 1.0m 当	人力	0.071	—	—
組立控材 1.0m 当	人力	0.184	—	—
組立杭 1.0m 当	人力	0.010	—	—
コンクリート打 設 1.0m ³ 当	クレーン車 15～16t	—	3.684	—
型枠工 1.0m ² 当	人力	—	0.337	—
基礎材工 1.0m ³ 当	バックホ 0.2m ³ 級	—	0.764	—
ブロック積工 1.0m ² 当	クレーン車 15～16t	—	—	5.284
胴込裏込コン クリート工 1.0m ³ 当	人力	—	—	0.317
裏込材工 1.0m ³ 当	人力	—	—	0.194

表- 7 作業 CO₂ 排出量: 運搬 L=10km (単位: kg-CO₂)

残土 1.0 往復当	ダンプトラック 4t 積	36.494		
建設機械 1.0 往復当	トラック 11t 積	45.799		
コンクリート 1.0 往復当	トラックミキ 4.4m ³	—	158.173	
型枠 1.0 往復当	トラック 4t 積	—	36.494	
基礎材 1.0 往復当	トラック 4t 積	—	36.494	
製材 1.0 往復当	トラック 4t 積	36.494	—	—
積みブロック 1.0 往復当	トラック 4t 積	—	—	36.494
作業員 1.0 往復当	普通 乗用車	5.360		

(6) 構造物施工 CO₂ 排出量

施工時 CO₂ 排出量を表-8～表-10、及び図-2 に示す。使用機械は、中山間地での施工を想定して、比較的小規模の機械を設定している。

表- 8 構造物施工 CO₂ 排出量【木製】 (単位 kg-CO₂/100m)

擁壁高 (m)	土工	材料	施工	運搬	計	木製擁 壁比
0.5	503	1,362	7	130	2,002	1.0
1.0	867	2,666	13	189	3,735	1.0
1.5	1,528	4,340	19	1,013	6,900	1.0
2.0	2,440	7,517	25	1,275	11,257	1.0
2.5	3,530	11,035	30	1,756	16,351	1.0
3.0	4,839	13,219	36	3,952	22,046	1.0

表- 9 構造物施工 CO₂ 排出量【コンクリート】 (単位 kg-CO₂/100m)

擁壁高 (m)	土工	材料	施工	運搬	計	木製擁 壁比
0.5	626	7,194	96	1,620	9,533	4.8
1.0	984	14,379	190	2,959	18,512	5.0
1.5	1,640	28,132	358	5,687	35,817	5.2
2.0	2,529	48,573	601	9,981	61,684	5.5
2.5	3,597	78,853	953	15,832	99,235	6.1
3.0	4,895	109,117	1,304	22,224	137,540	6.2

表- 10 構造物施工 CO₂ 排出量【間知】 (単位 kg-CO₂/100m)

擁壁高 (m)	土工	材料	施工	運搬	計	木製擁 壁比
0.5	1,012	16,330	331	2,625	20,298	10.1
1.0	1,428	26,784	655	4,279	33,146	8.9
1.5	2,019	39,436	928	6,597	48,980	7.1
2.0	2,789	53,275	1,255	9,746	67,065	6.0
2.5	3,849	62,684	1,526	13,407	81,466	5.0
3.0	5,085	75,448	1,802	17,757	100,092	4.5

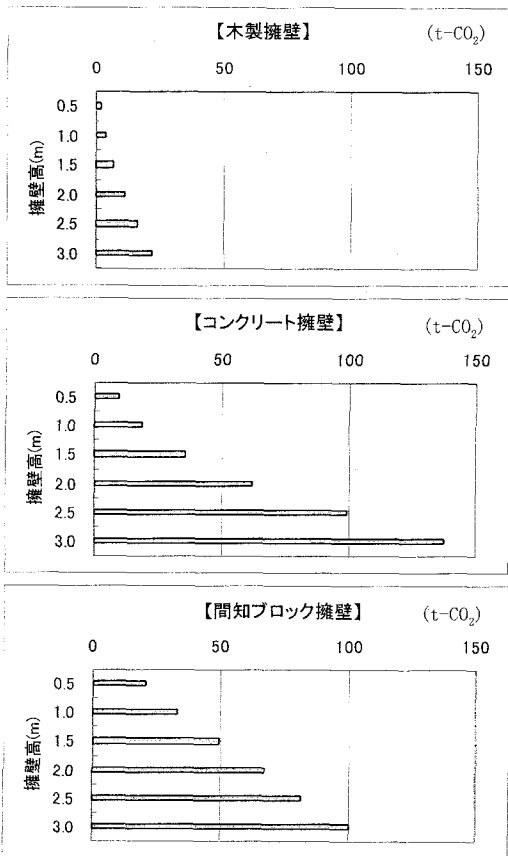


図-2 構造物施工 CO₂ 排出量

表-8～表 10、及び図-2 より、擁壁高が 0.5～3.0m の範囲で、コンクリート擁壁の構造物施工 CO₂ 排出量は木製擁壁の 4.8～6.2 倍、間知ブロック擁壁では、木製擁壁の 10.1～4.5 倍で、木製擁壁が最も CO₂ 排出量が少ないことがわかる。この要因として、構造物施工 CO₂ 排出量のうち、材料自体の CO₂ 排出量の差異が大きく関与している。

また、擁壁高 2.0m までは、コンクリート擁壁が間知ブロック擁壁より CO₂ 排出量が少ないが、2.0m を越えると逆転し、コンクリート擁壁の CO₂ 排出量が大きくなる傾向がみられる。

3. 削減可能な CO₂ 排出量の推定

(1) 概要

a) 上勝町概要

今回の調査は、中山間地の森林地域である徳島県上勝町を対象に調査を行った。上勝町は、徳島市の南西約 40km の徳島県の内陸部に位置する面積 110km²、森

林面積 84%、人口約 2300 人の典型的な中山間地の森林地域に属する町である。

b) 調査概要

調査は、まず徳島県上勝町の過去 3 年間の 578 箇所の総建設事業を調査し、これを事業種別に整理した。対象は、全て公共事業である。次に、総建設事業から、木製擁壁に転換可能な小規模擁壁工を有すると思われる事業候補を、資料調査やヒアリングによる事業特性から判断して、195 箇所をスクリーニングした。

このスクリーニングされた 195 カ所の建設事業を対象に、竣工図面等の詳細資料調査を実施し、それぞれの事業において、既整備のコンクリート擁壁・間知ブロック擁壁から木製擁壁への転換可能な判定を行った。このうち、木製擁壁に容易に転換可能と判定されたコンクリート擁壁・間知ブロック擁壁について CO₂ 排出量を算定し、同時にこれらの転換擁壁である木製擁壁の CO₂ 排出量を求め、既擁壁から木製擁壁への転換による CO₂ 削減量を求めた。以上の調査項目を表-11 に示す。

表- 11 調査項目の一覧

調査項目	内 容
1. 総全建設公共事業費 (過去 3 カ年) : 578 事業	分野別の事業費、事業件数の調査/耕地・林道・治山・土木の各事業に区分
2. 建設事業候補のスクリーニング : 195 事業	「1.」の中で、事業特性により木製擁壁工への転換が可能な小規模擁壁工を含む建設事業候補を抽出
3. 転換可能建設事業の判定 : 195 事業	→現状擁壁から木製擁壁への転換の技術的判定 A 判定 : 容易に転換可能 B 判定 : 対応により転換可能 C 判定 : 転換困難
4. CO ₂ 削減量の算定	→CO ₂ 排出量の算定 各擁壁の数量計算と CO ₂ 排出量算定 →CO ₂ 削減量の算定

(2) 転換可能な事業の抽出

a) 上勝町の総建設公共事業

平成 9 年度から平成 11 年度の 3 カ年にわたる、上勝町の総建設公共事業を表-12 に示す。表-12 の建設事業費は、国費・県費・町費の合計金額である。

表- 12 上勝町の総建設公共事業（H. 9～H. 11）

区分	上段：建設事業費（百万円） （下段：事業件数）（件）			
	H 9	H10	H11	計
耕地	775 (53)	648 (45)	583 (47)	2,006 (145)
林道	596 (19)	709 (19)	512 (12)	1,817 (50)
治山	136 (10)	415 (16)	973 (27)	1,524 (53)
土木	893 (89)	860 (127)	963 (114)	2,716 (330)
計	2,400 (171)	2,632 (207)	3,031 (200)	8,063 (578)

出典：「上勝町：地方自治法第 233 条第 5 項に基づく報告書、平成 9～11 年度」

b) 木製擁壁に転換可能な建設事業のスクリーニング

表-12 に示す総建設公共事業から、木製擁壁に転換が可能と思われる、比較的小規模な事業の候補をスクリーニングする。スクリーニングは、表-12 での 3 カ年の総事業件数が 578 件と多いため、事業者ヒアリングや各年度の「上勝町：地方自治法代 233 条第 5 条に基づく報告書」に記載されている工事名称等による事業特性を元に小規模擁壁構造物の有無を想定し、木製擁壁に転換可能な候補としてスクリーニングした。これら候補の集計を表-13 に示す。

表- 13 木製擁壁に転換可能な建設事業候補のスクリーニング

区分	上段：建設事業費（百万円） （下段：事業件数）（件）			
	H 9	H10	H11	計
耕地	219 (19)	187 (17)	197 (15)	603 (51)
林道	162 (15)	296 (14)	166 (7)	624 (36)
治山	91 (4)	117 (6)	581 (12)	789 (22)
土木	104 (26)	126 (37)	119 (23)	349 (86)
計	576 (64)	726 (74)	1,063 (57)	2,365 (195)

出典：「上勝町：地方自治法第 233 条第 5 項に基づく報告書、平成 9～11 年度」

c) 木製擁壁への転換可能性の判定

まず、表-13 でスクリーニングされた 195 事業を対象に、これら既整備の擁壁工が、木製擁壁へ転換が可能かどうかの資料調査を行った。資料調査は、上勝町及び徳島県徳島農林事務所において、各事業ごとに工事竣工時の事業費・図面・数量調査等について調査した。そして、表-14 に示す項目について、スクリーニング 195 事業について転換可能性総括表に整理した。

表-14 の項目⑫に示す既整備済みの擁壁工の木製擁壁工への転換の可能性の判定基準は、擁壁の平均高さ及び背面地山勾配により、表-15 に示す A、B、C の 3 段階で判定した。ここで、擁壁の平均高さは、加重平均高さにより算出している。

表-16 に、一例として調査した 195 事業のうち、平成 9 年度・耕地事業の 19 事業の転換可能性総括表の抜粋を示す。

表- 14 転換可能性の総括表の記載項目

番号	項目	内容
①	年度	事業実施年度
②	区分	建設事業を耕地・林道・治山・土木の 4 つに区分
③	番号	調査番号
④	事業名	工事設計書より抜粋
⑤	工事箇所	工事設計書より抜粋
⑥	全体本工事費	事業全体の経費を含んだ工事費／工事設計書より抜粋
⑦	全体直接工事費	事業全体の直接工事費／工事設計書より抜粋
⑧	事業に含まれる擁壁工	工事設計書の図面より抜粋
⑨	擁壁高(m)	工事設計書の図面より、擁壁工の最高と最低の擁壁高を記載
⑩	平均高(m)	工事設計書の図面を用い、高さごとの延長により加重平均で算出
⑪	背面形状	工事設計書の図面より判定
⑫	判定	表 6 により A、B、C に判定
⑬	施工量：A 判定	工事設計書の図面・数量より、⑫で A 判定の施工量を算出
⑭	施工量：B 判定	工事設計書の図面・数量より、⑫で B 判定の施工量を算出
⑮	延長(m)：A 判定	工事設計書の図面より、⑫で A 判定の施工延長を算出
⑯	延長(m)：B 判定	工事設計書の図面より、⑫で B 判定の施工延長を算出
⑰	直接工事費：A 判定	工事設計書より A 判定分を算出
⑱	直接工事：B 判定	工事設計書より B 判定分を算出

表- 15 木製擁壁への転換の判定基準

判定区分	判定条件
A 判定：容易に転換可能	・擁壁高さ：H=0～3.0m、かつ ・擁壁背面土の勾配：1 割より緩い
B 判定：対応により転換可能	・擁壁高さ：H=3.0～5.0m、かつ ・擁壁背面土の勾配：1 割より緩い
C 判定：転換困難	・擁壁高さ：H=5.0m 以上、または ・擁壁背面土の勾配：1 割より急

表- 16 既擁壁の木製擁壁への転換可能性総括表の抜粋（平成9年度・「耕地事業」の例）

③	④	⑥	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬⑭	⑮⑯
番号	工事箇所	工事費/千円	擁壁タイプ	擁壁高(m)	平均高(m)	背面形状	判定	施工量	延長(m)
1	西浦農道工事(第6工区)	49,604	もたれ	0.5~2.4	2.0	道路	A	12.60m³	14.60
			重力	2.3~3.0	2.5	道路	A	7.84m³	3.15
			重力	3.0~4.3	3.5	道路	B	82.69m³	17.30
			もたれ				C		
			ﾌﾞﾛｯｸ積	1.9~5.0	3.5	道路平場	B	204.20m²	55.55
			ﾌﾞﾛｯｸ積	1.8~3.0	2.5	平場	A	23.10m²	10.15
			張ｺﾝ+ﾌﾞﾛｯｸ				C		
2	西浦農道工事(第8工区)	48,268	もたれ	0.9~1.9	1.5	平場	A	8.12m³	11.60
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	0.8~3.0	2.0	道路	A	15.25m³	13.43
			ｺﾝｸﾘｰﾄ	3.0~5.0	4.0	道路	B	15.85m³	3.53
			ﾌﾞﾛｯｸ積	1.2~2.6	2.0	道路	A	29.72m²	12.30
			堡壁	0.9~1.55	1.5	道路	A	6.17m³	11.90
3	西浦農道工事(第7工区)	55,755	もたれ	0.5~2.0	1.5	道路	A	2.16m³	2.85
			重力	0.5~3.5	2.0	道路	A	58.31m³	30.95
			重力	3.5	3.5	道路	B	58.47m³	16.50
			重力	2.4~3.0	3.0	道路	A	8.53m³	3.34
			重力	3.0~4.0	3.5	道路	B	22.23f	5.56
			ﾌﾞﾛｯｸ積	2.0~3.0	2.5	道路	A	6.50m²	3.78
			ﾌﾞﾛｯｸ積	3.0~5.0	4.0	道路	B	101.56m²	26.52
4	中津集落道工事(第2工区)	31,185	もたれ	0.0~2.3	1.0	道路	A	16.82m³	27.25
			重力	1.5~2.6	2.0	道路	A	27.99m³	16.10
			重力	0.5~3.4	2.0	道路	A	28.88m³	14.70
			重力	0.8~1.3	1.0	道路	A	6.66m³	11.15
			ﾌﾞﾛｯｸ積	2.35~3.0	2.5	道路	A	50.04m²	16.35
			ﾌﾞﾛｯｸ積	4.4~4.7	4.5	平場	B	140.97m²	28.00
5	彩地区用地整備	6,940	ｺﾝｸﾘｰﾄ	0.8~3.3	2.0	平場	A	86.30m³	47.00
6	彩地区農村公園	繰越し							
7	上日浦地区	13,786	ﾌﾞﾛｯｸ積	1.2~2.3	2.0	道路	A	28.19m²	17.42
			ﾌﾞﾛｯｸ積	2.25~3.25	3.0	道路	A	58.59m²	22.97
			ﾌﾞﾛｯｸ積	2.3~3.2	3.0	道路	A	44.83m²	17.44
			重力	1.9~1.95	2.0	道路	A	6.90m³	4.36
			張ｺﾝｸﾘｰﾄ	1.55~1.8	1.5	道路	A	3.87m³	7.63
8	府殿下地区農道	繰越し							
9	武市地区 田	1,291	ﾌﾞﾛｯｸ積	4.7~5.0	5.0	平場(田)	B	4.51m²	0.94
10	溝上地区 田	1,186	ﾌﾞﾛｯｸ積	3.5	3.5	平場(田)	B	28.00m²	8.00
11	吉田地区 田	420	ﾌﾞﾛｯｸ積	1.93~3.19	2.5	平場(田)	A	7.00m²	3.00
12	近藤地区 田	535	ﾌﾞﾛｯｸ積	3.0	3.0	平場(田)	A	9.00m²	3.00
13	東部地区 田	577	ﾌﾞﾛｯｸ積	2.9	3.0	平場(田)	A	11.00m²	4.00
14	竹中地区 田	651	ﾌﾞﾛｯｸ積	2.5	2.5	平場(田)	A	11.00m²	4.50
15	黒沢地区 田	504	ﾌﾞﾛｯｸ積	3.5	3.5	平場(田)	B	12.00m²	3.00
16	出雲地区 道路	4,357	重力	2.0~3.0	2.5	道路	A	14.74m³	6.41
			重力	3.0~4.0	3.5	道路	B	25.06m³	7.74
17	陰井谷地区道路	2,614	ﾌﾞﾛｯｸ積	3.8~4.2	4.0	道路	B	52.00m²	13.00
18	田上地区 道路	892	ﾌﾞﾛｯｸ積	2.0~2.6	2.5	道路	A	9.00m²	4.00
			ふとん籠	2.5~3.0	3.0	道路	A	11.50m²	4.00
19	宮内地区 道路	798	ﾌﾞﾛｯｸ積	1.7~2.8	2.5	道路	A	16.00m²	7.50
計		219,363							

d) 転換可能事業の抽出

表-16 に示した 19 事業と同様な整理を、木製擁壁に転換可能な 195 事業すべてについて実施した。これら A 判定、及び B 判定とされた事業の集計を、建設事業費別、及び事業件数別に集計した結果を表-17、表-18 に示す。表-18 より、スクリーニングされた 195 事業のうち 37% の 72 事業で、木製擁壁に転換可能と判定できる A 判定の既擁壁を含んでいる。

表- 17 「A 判定」また「B 判定」の擁壁工が含まれる事業の建設事業費の割合

年度	事業種	全体 直接費 (百万 円)	判定 A		判定 B	
			直接 工事 費	調査 割合 (%)	直接 工事 費	調査 割合 (%)
H9	耕地	144	16	11.1	27	18.8
	林道	109	9	8.3	6	5.5
	治山	49	1	2.0	1	2.0
	土木	64	6	9.3	9	14.1
	小計	366	32	8.7	43	7.4
H10	耕地	127	13	10.2	13	10.2
	林道	190	4	2.1	11	5.8
	治山	66	1	1.5	1	1.5
	土木	74	10	13.5	12	16.2
	小計	457	28	6.1	37	8.1
H11	耕地	128	14	10.9	19	14.8
	林道	108	13	12.0	12	11.1
	治山	331	17	5.1	15	4.5
	土木	69	4	5.8	10	14.5
	小計	636	49	4.6	57	9.0
合 計		1459	109		137	

表- 18 「A 判定」また「B 判定」の擁壁工が含まれる事業の事業件数の割合

年度	事業種	全体事 業件数	A 判定		B 判定	
			事 業 件 数	調 査 割 合 (%)	事 業 件 数	調 査 割 合 (%)
H9	耕地	19	13	68.4	10	52.6
	林道	15	7	46.7	5	33.3
	治山	4	2	50.0	2	50.0
	土木	26	7	26.9	7	26.9
	小 計	64	29	45.3	24	37.6
H10	耕地	17	6	35.3	5	29.4
	林道	14	4	28.6	5	35.7
	治山	6	1	16.7	1	16.7
	土木	37	9	24.3	14	37.8
	小 計	74	20	27.0	25	33.8
H11	耕地	15	7	46.7	7	46.7
	林道	7	6	85.7	6	85.7
	治山	12	3	25.0	3	25.0
	土木	23	7	30.4	9	39.1
	小 計	57	23	41.1	25	44.6
計		195	72		74	

(3) CO₂ 排出削減量の算出

a) CO₂ 排出削減量の算出手順

コンクリート擁壁及び間知ブロック擁壁からなる既擁壁を木製擁壁に転換することで算出できる CO₂ 排出量の削減量は、A 判定のみの既擁壁を木製擁壁に転換するものとして算出する。表-19 に算出手順を示す。

表- 19 CO₂ 排出削減量の算出手順

対象	●A 判定の既擁壁を対象
手順-1	●0.5m ピッチに擁壁高さを個別設定 既整備の各個別擁壁ごとに、表-16 に示される既擁壁の「⑩平均高」をもとに、既擁壁の擁壁高さを 0.5m・1.0m・1.5m・2.0m・2.5m・3.0m に最も近い値で、擁壁高さを設定する
手順-2	●擁壁延長の個別算定 既整備の各個別擁壁ごとに、表-16 の「⑬施工量」を、「手順-1」での 0.5m ピッチの擁壁高に対応する検討モデル施工量で除して、擁壁延長を決定
手順-3	●擁壁延長の集計 「手順-2」で得た擁壁延長を、コンクリート擁壁・間知ブロック擁壁ごとに集計／これらに転換する木製擁壁の延長は、コンクリート擁壁と間知ブロック擁壁の延長の和として算出
手順-4	●擁壁数量の算定 各擁壁ごと、擁壁延長に 0.5m ピッチの擁壁高さごとの単位数量を乗じて、擁壁概算数量を求める
手順-5	●CO ₂ 排出量と削減量の算定 各擁壁ごとに、擁壁延長に表-8～表-10 の構造物施工 CO ₂ 排出量を乗じて、CO ₂ 排出量を求め、これらを差し引きして CO ₂ 排出削減量を算出

b) 木製擁壁に転換可能な擁壁延長の集計

表-19 の手順-1～手順-5 を経て得られた、木製擁壁に転換可能な既擁壁の延長を表-20 に示す。表-20 では、A 判定の既擁壁について、擁壁高さ別に延長を整理した。表-20 からわかるように、A 判定の大半が擁壁高 1.5～2.0 で、その延長は 1 カ年平均で約 560m となっている。

表- 20 転換可能な擁壁（A 判定のみ）

年度	擁壁高 (m)	施工延長 (m)		
		コンクリ ート擁壁	間知ブロ ック擁壁	計
H9	0.5	0.00	0.00	0.00
	1.0	58.70	0.00	58.70
	1.5	139.16	0.00	139.16
	2.0	184.80	100.71	285.51
	2.5	35.42	50.61	86.03
	3.0	4.19	45.79	49.98
	小計	422.27	197.11	619.38
H10	0.5	6.65	0.00	6.65
	1.0	4.95	0.00	4.95
	1.5	100.04	0.00	100.04

		2.0	88.12	12.60	100.72
		2.5	29.17	123.48	152.65
		3.0	0.00	18.80	18.80
		小計	228.93	154.88	383.81
H11		0.5	0.00	0.00	0.00
		1.0	73.93	0.00	73.93
		1.5	164.43	0.00	164.43
		2.0	259.22	31.15	290.37
		2.5	44.76	47.77	92.53
		3.0	45.14	3.16	48.30
		小計	587.48	82.08	669.56
		計	1238.68	434.07	1672.75
	1カ年 平均		412.9	144.7	557.6

c) CO₂排出量の算出

表-20の擁壁延長に、表-8～表-10に示す100m当たりの各擁壁の構造物施工CO₂排出量を乗じて、それぞれの擁壁の構造物施工CO₂排出量を求めた結果を表-21に示す。

表-21 各擁壁の「構造物施工CO₂排出量」：A判定のみ（単位t-CO₂）

年度	区分	既擁壁			木製擁壁
		コンクリート擁壁	間知ブロック擁壁	計	
H9	耕地	107.1	75.3	182.5	35.5
	林道	83.0	36.9	119.9	21.3
	治山	9.7	0	9.7	1.7
	土木	15.7	42.5	58.2	10.5
	計	215.6	154.6	370.2	69.0
H10	耕地	60.8	87.3	148.0	28.9
	林道	40.4	0	40.4	7.1
	治山	4.4	0	4.4	0.8
	土木	15.1	40.6	55.8	10.8
	計	120.7	127.92	248.5	47.7
H11	耕地	152.7	13.7	166.5	29.8
	林道	59.2	24.5	83.7	15.5
	治山	109.5	0	109.5	19.6
	土木	17.6	24.7	42.3	7.6
	計	339.0	63.0	402.0	72.6

d) CO₂排出削減量

表-21の結果より、既擁壁から木製擁壁に転換することによるCO₂排出削減量を表-22に示す。表より1年間で200～330t、平均で約280tのCO₂が削減できる結果となっている。

表-22 CO₂排出削減量：A判定のみ（単位t-CO₂）

年度	①既擁壁のCO ₂ 排出量	②木製擁壁のCO ₂ 排出量	③CO ₂ 排出削減量：①-②
H9	370.2	69.0	301.2
H10	248.5	47.7	200.8
H11	402.0	72.6	329.4
平均	340.2	63.1	277.1

4. おわりに

本研究では、著者らの既研究をもとに、小規模擁壁のCO₂排出量を算出し、コンクリート擁壁等を木製擁壁に転換した場合のCO₂排出削減量を算出した。本研究の成果は、以下のとおりである。

- ① 小規模擁壁のうち、木製擁壁・コンクリート擁壁・間知ブロック擁壁について、擁壁高0.5～3.0mの間で0.5mごとに施工時の「構造物施工CO₂排出量」を「土工」「材料」「施工」「運搬」に区分して算出した。使用機械は、中山間地での施工を考慮して比較的小さな建設機械を想定した。
- ② その結果、「構造物施工時CO₂排出量」において、コンクリート擁壁は木製擁壁の4.8～6.2倍、間知ブロック擁壁は木製擁壁の4.5～10.1倍のCO₂排出量となることがわかった。
- ③ 擁壁高2.0mまでは、コンクリート擁壁が間知ブロック擁壁よりCO₂排出量が少ないが、2.0mを越えると逆転し、コンクリート擁壁のCO₂排出量が間知ブロック擁壁より大きくなる傾向がある。
- ④ 中山間地の森林地域の町である徳島県上勝町の過去3年間の総建設公共事業を調査し、これらの建設事業で築造されたコンクリート擁壁・間知ブロック擁壁のうち、木製擁壁に転換可能な擁壁を抽出することで、CO₂排出削減量を算出した。
- ⑤ その結果、既擁壁を転換可能な木製擁壁に転換した場合、上勝町では、3カ年平均で1年間に約280トンのCO₂排出量が削減できることがわかった。

参考文献

- ¹枝澤啓司、澤田俊明、水口裕之：小規模擁壁構造物におけるCO₂排出量算出の基礎的研究、環境システム研究、VOL.28、P.39-45、2000年10月
- ²枝澤啓司、澤田俊明、水口裕之：小規模擁壁構造物におけるCO₂排出量算出の基礎的研究、環境システム研究、VOL.28、P.39-45、2000年10月
- ³三上市蔵、川原隆士：コンクリートダムの施工と保全業務における環境負荷評価、関西大学学術フロンティア・センター研究成果報告書、p.p.75-83、1999年
- ⁴1と同じ
- ⁵環境庁 国立環境研究所：産業連関表による二酸化炭素排出原単位、1998年1月
- ⁶環境家計簿：<http://www.ceis-jp.org/index.html>、<http://www.ceis-jp.org/kankyokakeibo/tokucho.html#1>
- ⁷環境庁：<http://www.php.co.jp>