

トンネル工事を対象とした設計条件の違いによる CO₂ 排出分析

日本工営株式会社 (元 国土技術政策総合研究所)	正会員	○菅林恵太
一般財団法人日本みち研究所 (元 国土技術政策総合研究所)	非会員	角湯克典
国土交通省 国土技術政策総合研究所	正会員	井上隆司
国土交通省 国土技術政策総合研究所	非会員	神田真由美
名古屋大学大学院	正会員	加藤博和

1. 目的

近年、大気中の二酸化炭素 (以下、「CO₂」) とする濃度の増加等による地球温暖化問題の顕在化が進んでいる。国土技術政策総合研究所 (以下、「国総研」という) では、我が国の社会資本整備の CO₂ 排出の要因分析に当たって、資材を大量使用することから直接排出に加えて資材製造等の間接排出を評価することが必要と考え、建設分野を対象としたライフサイクル CO₂ 排出量の計算手法 (社会資本 LCA) ¹⁾ を開発し、CO₂ 排出原単位 ²⁾ を整備した。

本稿では、社会資本整備のうちトンネルを対象とし、工事に伴う CO₂ 排出量を算出した。工種毎に CO₂ 排出量を整理し、設計条件等による CO₂ 排出量の違いについて分析を行った。

2. トンネル工事に伴う CO₂ 排出量の算出

CO₂ 排出量算出のシステム境界は原材料の採取・資材の製造・運搬・施工 (工事) とし、国土交通省が詳細設計を行った全国のトンネル工事 (NATM, 2 車線) の中から 23 件を計算対象とした。計算方法は社会資本 LCA の手法に基づいて、資材・燃料の使用量と CO₂ 排出原単位の積和を基本とし、資材・燃料の使用量等は詳細設計報告書から把握した。

計算結果のうち上位下位 4 件を除くと、トンネル延長 1km 当たりの CO₂ 排出量は平均 10,730t-CO₂/km (8,660~12,724t-CO₂/km) となった。排出由来別の内訳は図-1 に示すとおりであり、9 割を覆工コンクリート等の資材由来が占めている。工種別の内訳は図-2 に示すとおりであり、9 割を「トンネル工」、「インバート工」が占めている。

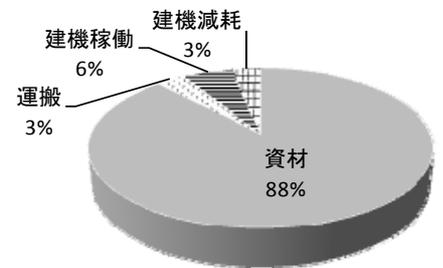


図-1 排出由来別の内訳

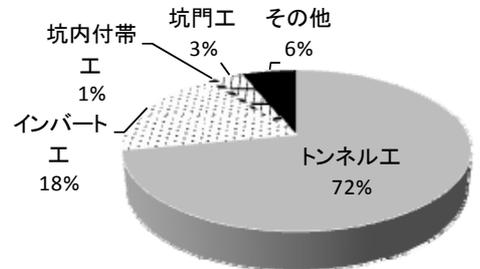


図-2 工種別の内訳

3. 工種毎の CO₂ 排出量の分析

CO₂ 排出の大半を占める「トンネル工」、「インバート工」は、工事工種体系の細別 (Lv.4) としてそれぞれ「掘削・支保」、「覆工コンクリート・防水」と「インバート掘削」、「インバート」に分けられる。

3.1 掘削・支保

NATM は掘削の違いによって発破工法、機械掘削工法に分けられる。覆工コンクリート等の資材使用量は掘削断面積、岩の硬さ等によって変わることから、掘削延長 1m 当たりの CO₂ 排出量はこれら要素に影響を受けると考えられる。「掘削・支保」の掘削延長 1m 当たりの CO₂ 排出量と掘削断面積、地山等級 (岩の硬さ) の関係を図-3、4 に示す。地山等級は CI から DIII に向けて風化・変質が強くなる。掘削延長 1m 当たりの CO₂ 排出量は、掘削断面積が広く、風化・変質が強い区間ほど大きくなる傾向がみられた。

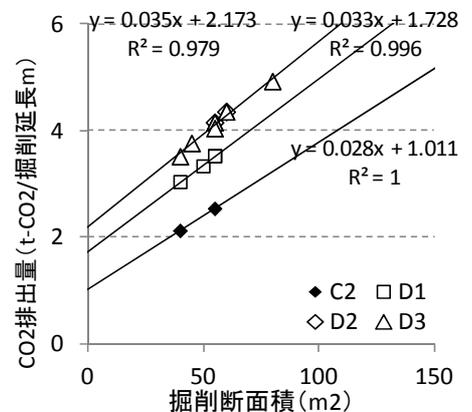


図-3 掘削・支保(発破)の CO₂ 排出量と掘削断面積の関係

キーワード トンネル工事, LCA, CO₂ 排出量, 掘削断面積, 地山等級

連絡先 〒102-0083 東京都千代田区麹町 4-2 日本工営(株) 環境部 TEL 03-3238-8383

3. 2 覆工コンクリート・防水, インバート掘削, インバート

「覆工コンクリート・防水」「インバート掘削」「インバート」では、掘削方法、地山等級による明らかな違いはみられなかった。掘削延長1m当たりのCO₂排出量と掘削断面積の関係は図-5~7に示すとおりであり、CO₂排出量は掘削断面積が広いほど大きくなる傾向がみられた。

3. 3 工種毎のCO₂排出量と設計条件の関係

工種毎の掘削延長1m当たりのCO₂排出量を表-1に示す。インバートは地質が不良な箇所に施工されるが、インバートが不要な箇所と比べるとCO₂排出量は3割増加すると推計された。「掘削・支保」の発破と機械掘削を比較すると、機械掘削は余掘り量が少なく資材使用量は少なくてすむが、掘削機械の稼働によって現場でCO₂が排出される。一方、発破で使用する火薬類は現場でのCO₂排出量がゼロと計上される。

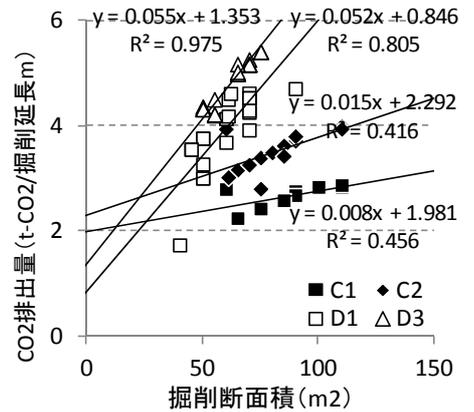


図-4 掘削・支保(機械掘削)のCO₂排出量と掘削断面積の関係

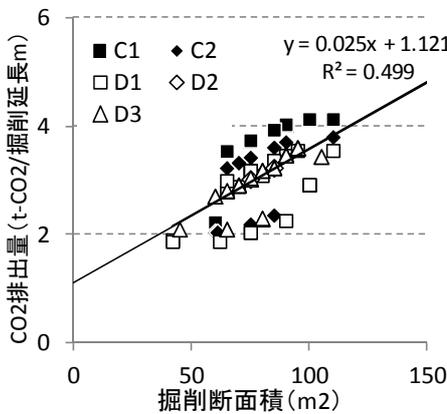


図-5 覆工コンクリート・防水のCO₂排出量と掘削断面積の関係

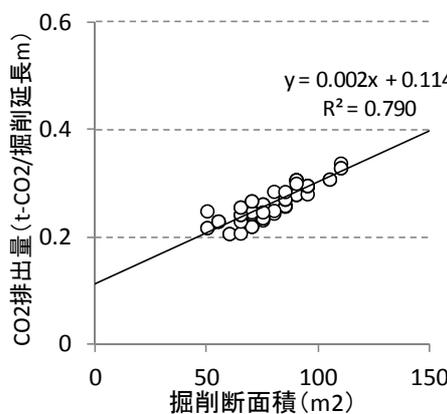


図-6 インバート掘削のCO₂排出量と掘削断面積の関係

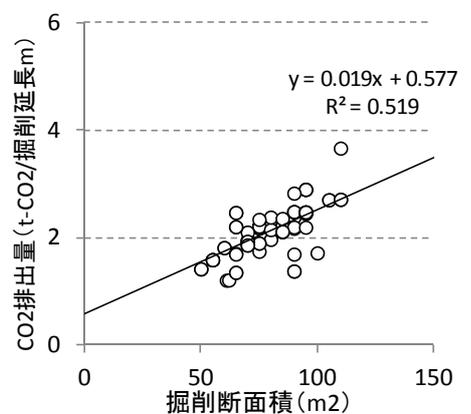


図-7 インバートのCO₂排出量と掘削断面積の関係

表-1 工種毎の掘削延長1m当たりのCO₂排出量

工種	細別(Lv.4)	掘削方法	地山等級	CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /掘削長 m)	
				掘削方法・地山等級別	[参考]平均値
トンネル工	掘削・支保	発破	CII	0.028X+1.011	4.027
			DI	0.033X+1.728	
			DII・DIII	0.035X+2.173	
		機械掘削	CI	0.008X+1.981	
			CII	0.015X+2.292	
			DI	0.052X+0.846	
		DIII	0.055X+1.353		
	覆工コンクリート・防水	—	—	0.025X+1.121	3.142
インバート工	インバート掘削	—	—	0.002X+0.114	0.274
	インバート	—	—	0.019X+0.577	2.143

注) X: 掘削断面積(m²)を示す。

4. まとめ

本研究を進めることによって、トンネル工事に伴うCO₂排出量をより簡易に推計できる可能性が示唆された。例えば、表-1の値を用いることによって、約600mのあるトンネルが発破工法から機械掘削工法に変わることによって0.98倍、全区間CIIからDIに変わることによって1.18倍に変化することが予測された。今後、単位作業当たりのCO₂排出量の精度を高めるためには、各要素の複合影響を勘案した分析が必要と考える。

参考文献

- 1) 岸田弘之, 山本聡, 曾根真理 他: 国総研プロジェクト研究報告第36号 社会資本のライフサイクルをととした環境評価技術の開発, 国土技術政策総合研究所, 2012.2.
- 2) 国総研道路環境研究室ホームページ: <http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/database.htm>