

部 会 報 告

建設工事における二酸化炭素（CO₂）排出量の算定

建設業部会施工技術活性化分科会

1. はじめに

地球環境の保全，地球温暖化防止対策としてのCO₂削減は，グローバルかつ緊急な対応が求められており，今年3月政府が発表した我が国の温室効果ガス削減義務（1990年の排出量に比べ2008～2012年の平均で6%減）の達成目標では，産業部門7%（2010年）減と具体的数値が示されている。

一方，建設業界においては（社）日本建設業団体連合会，（社）日本土木工業協会および（社）建築業協会の3団体が「建設業界の環境保全自主行動計画」を1996年より策定しており，基本目標として「建設工事（施工）段階で発生する二酸化炭素量を，1990年度を基準として2010年までに12%削減するべく努力する」ことを表明し（1998年），工事の請負金あたりで推定されるCO₂排出量を評価し，削減策の呼びかけやその後の実績調査も継続されている。

これらの流れを受け，建設業部会では平成13年度から専門検討分科会を設け，標記のテーマに取り組んできたが，このたび報告書として取りまとめることができたのでここにその一部を紹介させていただくこととした。

本報文では分科会で調査・検討した成果のうち，以下の要点について報告させていただく。まず，世界，日本および建設工事におけるCO₂排出量とその割合について現状を認識し，次に各工事におけるCO₂排出量を把握するため，その算定方法（手順）を示す。具体的には

代表例としてトンネル工事の算定例を示し，その結果を分析し，考察を行った。CO₂削減策については，本報文では取上げないが，分科会ですでに報告されている各団体・企業の内容を整理しており，上記ケーススタディの分析と絡めることにより，何が有効な対策となりうるのかをより明確に示すものと考えている。

2. CO₂排出の現状

地球の熱交換作用を抑制する温室効果ガスには様々なものがあるが，地球温暖化対策推進法（<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ondanhou.html>）では，二酸化炭素（CO₂），メタン（CH₄），亜酸化窒素（N₂O），ハイドロフルオロカーボンのうち政令で定めるもの（HFC），パーフルオロカーボンのうち政令で定めるもの（PFC），六弗化硫黄（SF₆）の6種類が指定されている。

このうち総量としての温室効果ガス別寄与度ではCO₂ 60%，CH₄ 15%，N₂O 6%，フロン17%となっており，CO₂の濃度上昇が最も危惧されている。

図-1，図-2は世界全体でのCO₂排出量，国民一人あたりのCO₂排出量をそれぞれ示している。これより日本は世界全体の約5%を排出しており，国民一人あたり9.3t-CO₂，世界平均の2.2倍，先進国平均の約4分の3相当を排出していることがわかる。

図-3は1995年における日本のCO₂排出量に占める建設関連の割合を示したもので，建設施工段階では1.3

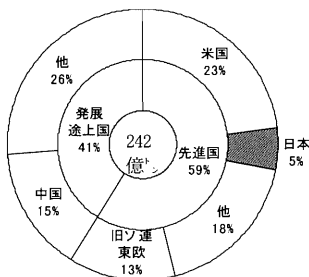


図-1 CO₂全体排出量（1997年米国オークリッジ国立研究所センター）

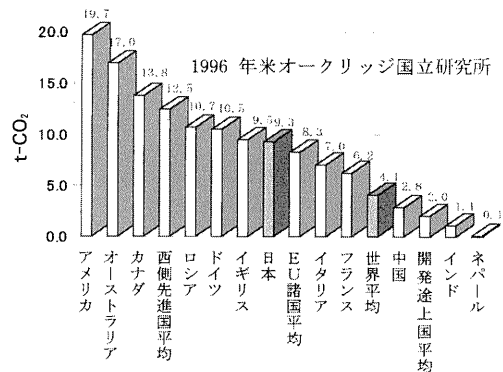


図-2 国民一人当たりCO₂排出量

- 燃料使用量(L) = 総稼働時間(h)
× 燃料消費量(時間当り) (L/h) (2)
 - 総稼働時間(h) = 総稼働日数 (日)
× 日当り稼働時間(h/日) (3)
 - 総稼働日数(日) = 機械台数 (台) × 1 台当り
稼働月数(月/台) × 月当り稼働日数 (日/月) (4)
 - 燃料消費量(時間当り) (L/h) = 定格出力(kW)
× 燃料消費量(出力時間当り) (L/kWh) (5)
- ここで、CO₂ 排出原単位 (kg-CO₂/L) は (c)①、
日当り稼働時間(h/日)・機械台数 (台)・1 台当り稼働
月数(月/台)は計画工程表 (標準計画値は (c)②,③)
または実績値を使用する。

② 電動機 (電気設備) による排出量の算定

電動機や照明等の電気設備の排出量は、内燃機関による排出量の算定式の「燃料使用量」を「使用電力量」に置換えて算出する。

- CO₂ 排出量(kg-CO₂) = 使用電力量(kWh)
× CO₂ 排出原単位(kg-CO₂/kWh) (6)
- 使用電力量(kWh) = 総稼働時間(h) × 実負荷出力(kW)
(7)

ここで実負荷出力は、定格出力に負荷率を乗じて算出する。

③ その他の CO₂ 排出量の算定

他の工事用エネルギーの使用により CO₂ 排出量が特定できる場合は、算定に取入れる。本報文中で取上げる算定例ではトンネル工事の火薬の消費について算定している。

- CO₂ 排出量(kg-CO₂) = 火薬使用量(kg)
× CO₂ 排出原単位(kg-CO₂/kg) (8)

ここで、CO₂ 排出原単位 (kg-CO₂/kg) は (c)⑤等を使用する。

(2) 算定例

分科会で算定したトンネル (4 現場)、シールド (3 現場)、道路舗装 (4 現場)、造成 (2 現場) のうち一例として B トンネル工事について、工事概要を表-2、算定結果を表-3 に示す。表-3 は、(1) 節で示した計算方法を表計算で順次計算したものである。

(3) 算定結果の分析・考察

B トンネル工事において各機械から排出される CO₂

表-2 算定工事概要

工事名称	B 道路トンネル工事
工 期	1 年 6 ヶ月
請 負 額	9.06 億円
工事概要	延長: 390 m 断面: 48 m ² 発破掘削 タイヤ工法

排出量と総排出量に対する割合を表-4 と図-4 に示す。図-5 はエネルギー別排出割合、図-6 は工種別排出割合をそれぞれ示している。

機種別では、換気用ファンが 10.2% と最も多く、掘削用ダンプトラック 9.0%、インバート用ダンプトラック 8.3%、坑内照明が 7.9% で、この上位 4 機種で全体の 4 割近くを占めている。

エネルギー別では、軽油が 58.4%、電気が 36.8%、火薬が 4.8% の割合を占める。火薬による CO₂ 発生も無視できないほど使用されている。

工種別では、掘削工事関係が 33.9%、インバート関係が 14.7%、換気設備が 11.0%、照明設備が 10.6% と上位 4 工種で全体の 7 割強である。

算定例で取上げた B トンネルも含め、分科会では 4 トンネル工事について分析を行った。4 工事と排出量の関係を表-5 に示す。

表-4 機種別 CO₂ 排出量

順位	工種	分類	名 称	[kg-CO ₂]	全体比
1	換気	電気	コントラファン	65,622	10.16%
2	掘削	機械	ダンプトラック	57,782	8.95%
3	イン	機械	ダンプトラック	53,594	8.30%
4	照明	電気	坑内照明	51,237	7.94%
5	掘削	機械	ホイールローダ	46,487	7.20%
6	ずり	機械	ダンプトラック	42,646	6.61%
7	掘削	機械	ブレーカバックホウ	41,532	6.43%
8	イン	機械	ブレーカバックホウ	38,523	5.97%
9	掘削	火薬	爆薬	31,016	4.80%
10	覆工	機械	トラックミキサ	24,154	3.74%
11	掘削	機械	バックホウ	22,442	3.48%
12	排水	電気	濁水処理プラント	21,575	3.34%
13	吹付	電気	コンプレッサ	20,101	3.11%
14	ずり	機械	バックホウ	18,721	2.90%
15	吹付	機械	支保工台車	14,744	2.28%
16	覆工	電気	コンクリートポンプ車	11,018	1.71%
17	掘削	機械	高所作業所	10,266	1.59%
18	掘削	電気	油圧ジャンボ	9,430	1.46%
19	排水	電気	サンドポンプ	8,385	1.30%
20	吹付	電気	吹付機械	8,339	1.29%
21	照明	電気	坑内照明	8,198	1.27%
22	照明	電気	坑外照明	6,405	0.99%
23	換気	電気	集塵機	5,380	0.83%
24	吹付	電気	パッチャプラント	5,268	0.82%
25	他	電気	修理工場	4,270	0.66%
26	排水	電気	濁水ポンプ	4,193	0.65%
27	給水	電気	タービンポンプ	3,699	0.57%
28	給水	電気	水中ポンプ	2,642	0.41%
29	照明	電気	坑外照明	2,562	0.40%
30	イン	機械	振動ローラ	1,589	0.25%
31	イン	機械	バックホウ	1,302	0.20%
32	吹付	電気	セメントサイロ	1,192	0.18%
33	吹付	電気	モルタル注入ポンプ	940	0.15%
34	覆工	電気	高周波コンバータ	126	0.02%
35	イン	電気	高周波コンバータ	110	0.02%
36	覆工	電気	シート台車	74	0.01%
37	覆工	電気	スライドセントル	57	0.01%
38	イン	電気	パイブレータ	15	0.00%
39	覆工	電気	パイブレータ	8	0.00%

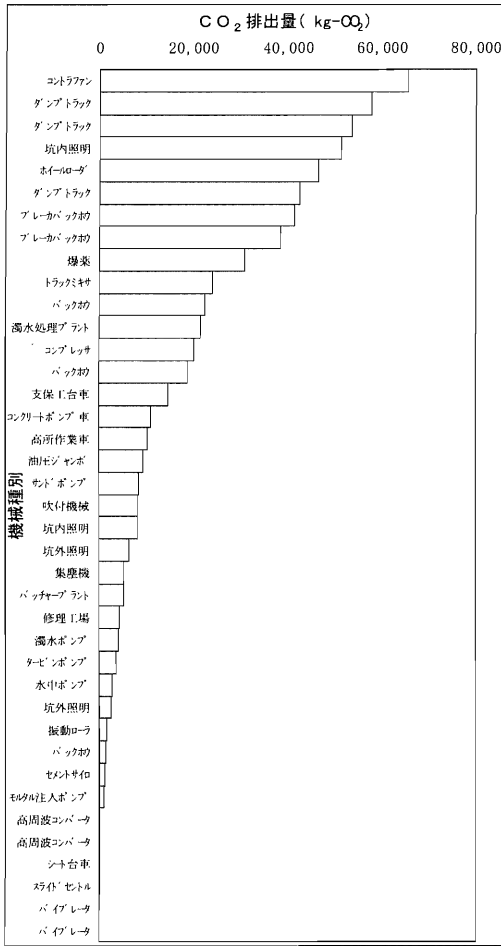


図-4 機種別CO₂排出量

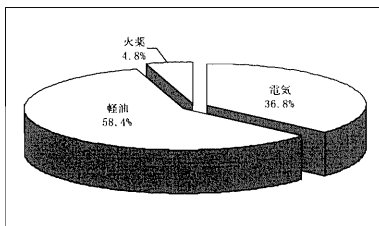


図-5 エネルギー別排出割合

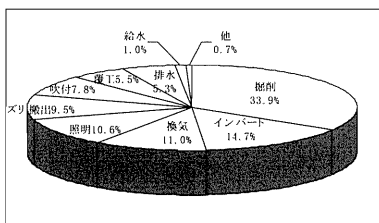


図-6 工種別排出割合

表-5 算定工事概要と算定結果

	Aトンネル 機械掘削	Bトンネル 発破掘削	Cトンネル 発破掘削	Dトンネル 機械+発破掘削
請負金[億円]	29.97	9.06	31.00	140.00
工期[月]	28	18	40	51
延長[m]	1,578	390	1,769	4,300
断面積[m ²]	63	48	72	80
土量[m ³]	99,414	18,720	127,368	344,000
CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂]	3,107,306	645,641	3,028,057	11,205,684

も上位を占めているが、これは換気用ファンは大容量で稼働時間が長いためであり、坑内照明は数量が非常に多く使用時間が長いためである。軽油駆動設備では、積込み用ホイールロード、各工種でのダンプトラックが上位を占めている。他の機械設備に比べホイールロードは燃料消費量が大きいため、そしてダンプトラックは日当たり稼働時間が長いためである。

(b) エネルギー別排出量

エネルギー別では4工事を平均してみると、電気、軽油ともほぼ半々である。電気エネルギーは工事場所でCO₂がほとんど発生しないため、クリーンなイメージがあるが、燃料系重機と同じだけCO₂が排出されている。また火薬を使用する工事ではそれによる排出量が4~5%あり、十分大きな値である。

(c) 工種別排出量

工種別でも機械掘削と発破掘削とで明確な相違点は見られない。掘削工事、換気、照明が上位を占めている。

(d) 工事別排出量

分析データの各項目(請負金、工期、延長、土量)とCO₂排出量の相関関係図を図-7~図-10に示す。

各グラフで相関関係が得られるが、特に延長距離と土量の項目との相関関係が明確である。これは延長距離や土量と関係が深い工種である掘削、換気、照明が上位を占めていることから明らかである。今回は4例の算定であったがデータ量を増やすことにより、総掘削土量、延長、または請負金が既知である工事ではCO₂排出量が推定できる可能性を示唆している(注:各グラフとも今回の4例から諸工事原単位との比較を試みたものであり、描かれている近似直線、曲線の妥当性は検証していない。また他の工事の排出量を正確に推定できるものでもない)。

図-11は4トンネル工事における工種別排出比率を示した図である。トンネル工事においては、工事規模の大小に関わらず、掘削で全体の30%にあたるCO₂を排出しており、これに換気を加えれば50%に達し、照明も加えると、どの工事でも60%をこれら3工種で排出していることがわかる。トンネル工事におけるCO₂排出量の削減は、まずはこの3工種に着目し、削減策に取組むのが効果的と考えられる(具体的には、ずり出しの電

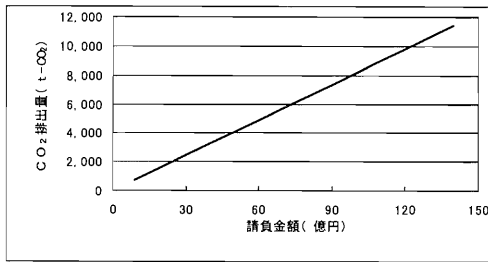


図-7 請負人とCO₂の関係

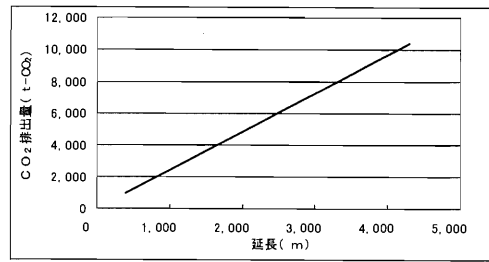


図-9 工事延長とCO₂の関係

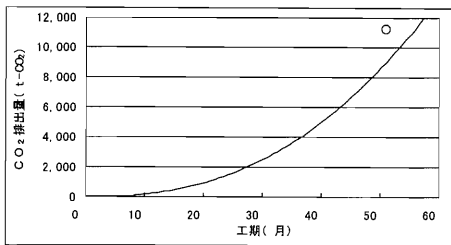


図-8 工期とCO₂の関係

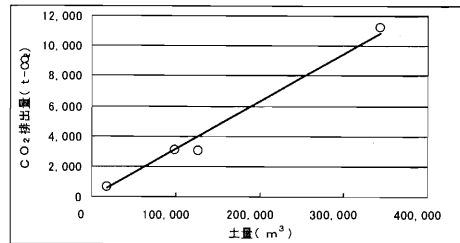


図-10 土量とCO₂の関係

動化,掘削系重機の適正整備,省エネ電気機器の採用等)。

4. おわりに

本分科会における検討結果を総括すると以下のような(紙面の都合上本報文にて取上げていないものも含む。詳細は報告書を参照されたい)。

- ① 既存のCO₂排出削減活動の動向を調査・分析し,世界全体,日本,建設業界,建設施工段階のそれぞれにおける排出の実態を明示し,削減策について系統的に整理してまとめた。
- ② 4種類13現場の工事計画又は実績歩掛りによるCO₂排出量算定のケーススタディを通し,他の工事にも応用可能なCO₂排出量の算定方法を示した。
- ③ 上記ケーススタディの分析を行い工事ごとにCO₂排出量の多い工種および工事機械を特定し,排出の特徴を示した。

④ その分析結果に基づいて考察を行い,対象工事,工種,機械に有効な削減策を提示した。

本分科会の成果を参考にさせていただき,工事計画段階でのCO₂排出予想量を評価し,それを分析することにより効果的な削減策を策定し,実践していただけたらと考える。また,実際に使用した,軽油,灯油,ガソリン,火薬,電力などのエネルギー総量を把握することにより,計画段階に対する実績値として総排出量あるいは削減量を各種対策の効果として確認していくことが可能となる。

個々のCO₂排出削減活動から工事全体の観点から見た削減活動へと視点を移し,戦略的・効果的に削減目標を達成することに本報文を役立たせていただけたら幸いである。最後に,本分科会において常に適切なアドバイスとご指導をいただいた桑原資孝建設業部会副幹事長に感謝の意を表します。

J C M A

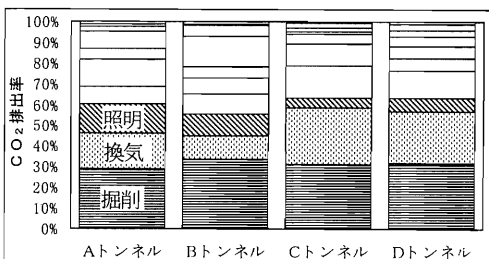


図-11 工種別CO₂排出割合

建設業部会施工技術活性化分科会メンバ

阿部 愛和	清水建設(株);リーダー
間野 実	(株)フジタ;サブリーダー
日隈 峰雄	(株)青木建設
山口 達也	鹿島道路(株)
木下 幹雄	(株)熊谷組
小島 一浩	(株)白石
山下 和夫	大成ロテック(株)
瀬戸 嗣朗	東亜建設工業(株)
岡 利博	飛鳥建設(株)
今北 啓介	西松建設(株)
松沢 諭	不動産建設(株)
坂下 誠	前田建設工業(株)
桑原 資孝	西松建設(株);アドバイザー