

建設施工における地球温暖化対策の手引き

星 隈 順 一・岩 崎 辰 志

地球温暖化問題は、自然の生態系及び人類に悪影響を及ぼすもので、もっとも重要な環境問題の一つとされており、1997年には、日本の温室効果ガス排出量を「2008年から2012年の第1約束期間に1990年レベルから6%削減する」京都議定書が採択されたところである。

国土交通省では、建設施工に伴う二酸化炭素排出量の削減に資することを目的として、「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を作成した。本報文では、本手引きの概要について紹介する。

キーワード：建設施工，建設機械，地球温暖化対策，CO₂排出量削減

1. はじめに

地球温暖化問題は、人の活動に伴って発生する温室効果ガスが大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球規模で地表ならびに大気の温度が上昇し、自然の生態系及び人類に悪影響を及ぼすものであり、もっとも重要な環境問題の一つとされている。

1997年には、気候変動枠組み条約の第三回締約国会議（京都会議）が開催され、日本の温室効果ガス排出量を「2008年から2012年の第1約束期間に1990年レベルから6%削減する」ことを内容とする京都議定書が採択されたところである。

我が国における温室効果ガスの種類別排出量は図-1に示すとおりであり、全体の93%を二酸化炭素が占めている。また、全産業に対して土木分野から排出される二酸化炭素の割合は、図-2に示すように10%であり、その中で建設機械が排出する二酸化炭素

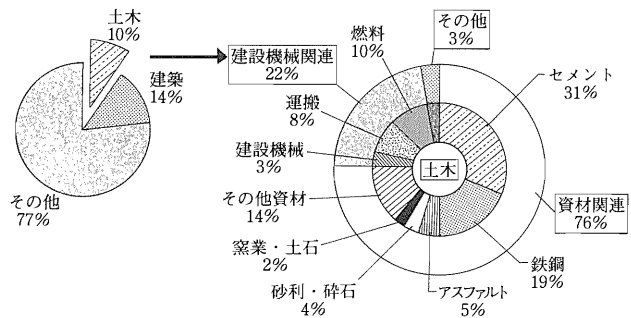
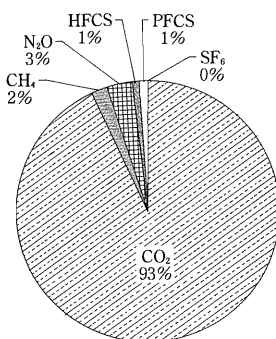


図-2 建設分野のCO₂排出量と土木分野での構成²⁾

の割合は22%に及んでいる。

そこで、国土交通省では、技術審議官の私的懇談会として設置された「建設施工の環境・安全対策委員会」（委員長：井口雅一東京大学名誉教授）の下に「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」（分科会長：永田勝也早稲田大学教授）を設置し、建設機械及び建設施工に伴って排出される二酸化炭素の低減対策に関する検討を行ってきた。そして、建設施工に伴う二酸化炭素排出量の削減に資することを目的として、建設施工に伴う二酸化炭素排出量の削減に対する一般的な対策方法、留意事項を示した「建設施工における地球温暖化対策の手引き」（以下、本「手引き」という）を作成した。

本手引きは、設計計画を行う技術者から施工時に施工計画を作成する現場技術者を対象としており、工法、資材、建設機械等の選定について、二酸化炭素排出量の推定や一般的な対策手法、留意事項等を記述しているほか、建設施工の指導的立場にある施工業者の現場監督、世話役等の現場技術者やオペレータを対象とし



注)
 CO₂：二酸化炭素
 CH₄：メタン
 N₂O：亜酸化窒素
 HFCS：ハイドロフルオロカーボン類
 PFCS：パーフルオロカーボン類
 SF₆：六フッ化硫黄

図-1 日本における温室効果ガス排出量（2000年度）¹⁾

て、建設機械の省エネルギー運転法についても記述しているものである。本報文では、本手引きの概要を紹介する。

2. 工法の選定

施工方法の選定は、現場の施工条件や周辺環境の条件等により行われるものであるが、二酸化炭素排出量削減のため、次の観点で工法の選定を行う。

- ① エネルギー、資材の使用量の削減
- ② 排出原単位の小さいエネルギー、資材への変更

(1) 工法における二酸化炭素排出量の推定方法

二酸化炭素排出量の推定に用いる入力情報は、通常以下の項目のいずれかによる。

- ① 土木工事積算基準、建設機械等損料算定表
- ② 施工計画
- ③ 施工実績

計画段階では①、②が基本となるが、どの入力情報を用いる場合も前提とする施工条件等に留意し、算定根拠を明示することが重要である。

(a) 燃料消費による排出量の推定

建設機械や運搬車両の燃料消費による二酸化炭素排出量は、燃料消費量と燃料原単位から(1)式により算出する。

$$\begin{aligned} \text{排出量(kg-CO}_2\text{)} \\ &= \text{燃料消費量(L)} \times \text{燃料原単位(kg-CO}_2\text{/L)} \end{aligned} \quad (1)$$

(b) 電力量による排出量の推定

電力量消費による二酸化炭素排出量は、電力消費量と電力原単位から(2)式により算出する。

$$\begin{aligned} \text{排出量(kg-CO}_2\text{)} \\ &= \text{電力消費量(kWh)} \\ &\quad \times \text{電力原単位(kg-CO}_2\text{/kWh)} \end{aligned} \quad (2)$$

(c) 資材使用に係る排出量の推定

資材使用に伴う二酸化炭素排出量は、資材の使用量と資材の排出原単位から(3)式により算出する。

$$\begin{aligned} \text{排出量(kg-CO}_2\text{)} \\ &= \text{資材の使用量(kg)} \\ &\quad \times \text{資材の排出原単位(kg-CO}_2\text{/kg)} \end{aligned} \quad (3)$$

(d) 燃料と電力の原単位

軽油やガソリンなどの燃料の二酸化炭素排出原単位は、単位燃料当たりの燃料の組成中の炭素割合とそれが完全燃焼する割合から推定する。電力は消費過程で二酸化炭素を排出しないので、発電する過程で投入さ

れる燃料から二酸化炭素排出原単位が求められる。燃料の原単位は年により変化することもあり、電力の原単位は原子力発電など発電方法の構成割合によっても変化するので、環境省が適宜公表する新しい数値を用いる。平成12年9月に公表されている燃料等の原単位を表一に示す。

表一 燃料及び電力の二酸化炭素排出量原単位

燃料原単位 ³⁾		電力原単位 ³⁾
軽油：2.64 kg-CO ₂ /L	ガソリン：2.31 kg-CO ₂ /L	0.357 kg-CO ₂ /kWh

(2) 工法の検討

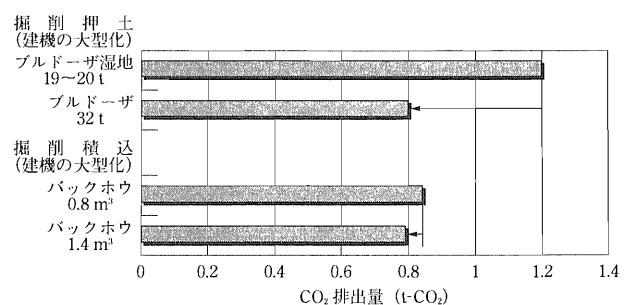
工法は、各現場の施工条件及び周辺環境の条件等により選定されるが、複数の工法が選定可能な現場の場合には地球温暖化対策の観点も含めて総合的な検討を行う。

以下に各工種の代表的な工法について、ある仮定条件下における二酸化炭素排出量を推定し、その結果等から各工種別に考えられる対策例を示す。

(a) 土工

土工における二酸化炭素排出は、ブルドーザ、バックホウ等の土工機械の稼働に伴う燃料消費によるものであり、作業効率や機械の燃料消費率を向上させることにより二酸化炭素排出量の削減を進めると効果的である。

現場条件や全体作業量から適用性があれば、図一3に示すように二酸化炭素排出量削減対策として掘削機械の大型化が考えられる。



図一3 土工機械の大型化による対策効果例

(b) 法面工

図一4は、法面工における植生工の厚層基材吹付け工法により排出される二酸化炭素の構成比を示したものである。これによると、二酸化炭素は空気圧縮機、モルタルまたはコンクリート吹付けならびにその必要となる電力を供給するための発動発電機から排出されており、その中で空気圧縮機からの排出量が最も多いことがわかる。

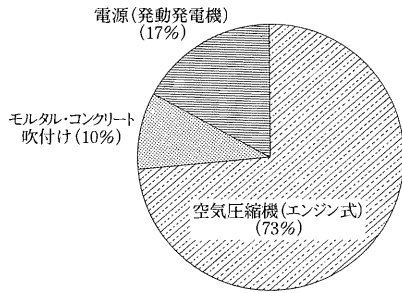


図-4 厚層基材吹付け工でのCO₂排出量構成

これらのうち、空気圧縮機を電動化し商用電源を用いること、電力の供給を発動発電機から商用電源に切替えること、などで工事全体として大幅な二酸化炭素排出量の低減ができる。電動化した場合に電力についても二酸化炭素排出を考える必要があるが、電力の排出原単位が小さいので図-5に示すように二酸化炭素排出量は削減される。

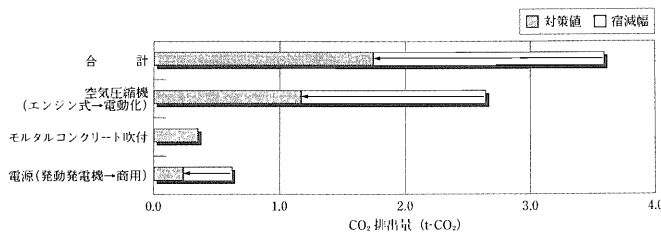


図-5 厚層基材吹付け工の対策効果例

(c) 擁壁工

擁壁工においては、資材による排出量が全体の99%を占めており、資材の二酸化炭素排出量を考慮する必要がある。

一体式工法プレキャスト擁壁と重力式擁壁工の資材の排出を考慮した二酸化炭素排出量を比較すると、図-6のようにプレキャスト擁壁の方が二酸化炭素排出量は少ない。したがって、現場条件が可能であればプレキャスト擁壁を採用することで、二酸化炭素排出量を削減することが可能である。

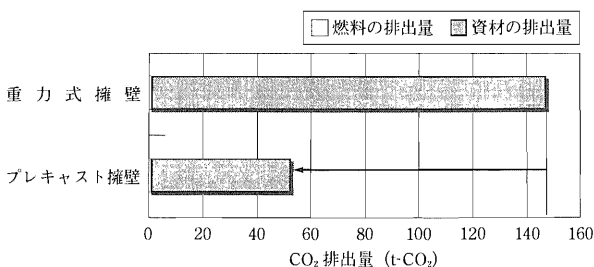


図-6 擁壁工の対策効果例

3. 資材の選定

建設資材の選定に当たっては、設計条件、現場条件等を考慮のうえ、二酸化炭素排出量削減のため、次の観点で検討を行うものとする。

- ① 製造・運搬等に係る二酸化炭素排出量の少ない資材を選定するよう努める。
- ② 再使用が可能な資材にあっては、第1項を考慮のうえ、使用可能回数の多いものを選定する。

(1) 資材の排出量原単位

資材に係る二酸化炭素の排出量原単位は下記の(4)式により算出する。

$$\text{資材の排出原単位 (kg-CO}_2\text{/kg)} = \left(\frac{\text{資材の単位量あたりの製造、運搬、廃棄時の二酸化炭素排出量 (kg-CO}_2\text{/kg)}}{\text{資材の使用回数}} \right) \quad (4)$$

(2) 二酸化炭素排出の少ない資材

土木の資材として最もよく使用されるのはセメントと鉄である。このうち高炉セメントは表-2のように明らかにポルトランドセメントよりも排出量原単位は小さいので、工期など現場条件等から可能ならば高炉セメントを使用する。

表-2 土木学会の排出量原単位公表値(1995年)⁹⁾

分類項目	原単位	分類項目	原単位
・セメント		・アスファルト	
ポルトランドセメント	0.836	アスファルト	0.103
高炉スラグ45%混入	0.495	舗装用アスファルト混合物	0.0414
高炉セメント			
生コンクリート	311.3		
・鉄鋼			
高炉製熱間圧延鋼材	1.507		
電炉製熱間圧鋼材	0.469		

単位: kg-CO₂/kg (ただし、生コンクリートは kg-CO₂/m³)

4. 建設機械の選定

(1) 建設機械の大型化

一般に建設機械を大型化することにより作業効率が向上し燃料消費量が減るため、建設機械の選定に当たっては設計条件、現場条件を考慮のうえ機械の大型化に努める。

図-7は、建設機械等損料算定表に示されているバックホウの定格出力(○印)とバケットの山積み容量の関係を示している。この値から山積み容量1m³当たりの定格出力を算出したのが●印である。ここで、●

印は近似的に単位作業量当たりの燃料消費量と考えることができる。これにより、山積み容量の大型化により単位作業量当たりの燃料消費量が低減していることがわかる。ただし、これは現場条件等に制約のない場合であり、掘削作業現場の広さなどの作業条件によっては必ずしもこの傾向が当てはまらない場合もあることに留意されたい。

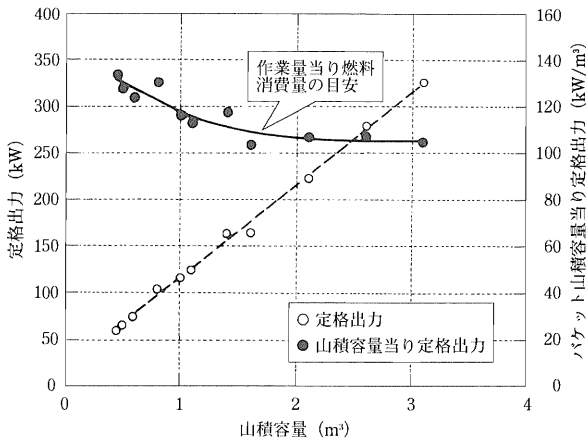


図-7 バックホウの大きさと概略作業効率 (出力、容量は損料算定表³⁾による)

(2) 建設機械の機種種の適正化

建設機械の機種種の選定に当たっては、作業効率を向上させ燃料消費量を減ずるために、設計条件や現場条件を考慮のうえ作業内容に見合った適正な機種を用いる。例えば、バックホウは汎用性の高さから積込みにも用いられているが、足場の平坦性が確保できる現場における積込みの場合には、図-8に示すように単位作業量当たりの燃料消費率の観点からは基本的にホイールローダの方が適している。

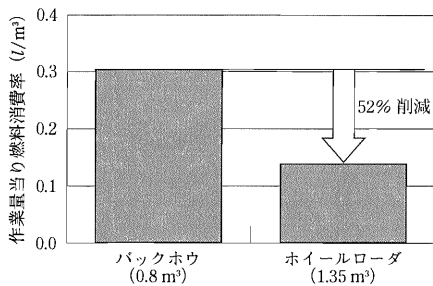


図-8 積込み機械を適正化した場合の比較

(3) 燃料消費率の良好な建設機械

建設機械の選定に当たっては、選択が可能な範囲でより良好な燃料消費率（作業量当たりの燃料消費量）の機械を選定することが重要である。建設機械の時間

当たり燃料消費量は、同じ機械でも作業内容により異なるので、選定に際しては作業内容を踏まえて実作業に近い条件の燃料消費率によって比較する必要がある。

(4) 省エネルギー機構付き建設機械

近年新しい型式のバックホウは、アイドリング制御などの省エネルギー機構が標準装備されてきている。建設機械の選定に当たって、可能な場合は省エネルギーモード等の機構を有する機械を選定することで二酸化炭素の発生量を削減できる。

建設機械に装備された省エネルギー機構としては、以下の機構がある。

① アイドリング制御機構

レバー等の操作を一定時間行わない場合に自動的にエンジン回転速度を下げ、操作時には元のエンジン回転に復帰する機構、あるいは手元ボタンでエンジン回転を瞬時に低回転と通常回転に切換える機構のことである。

② 省エネルギーモード機構

選択スイッチで選択することにより、エンジンの設定回転速度を下げるなどの操作を行って省エネルギー運転をする機構である。

5. 建設機械の省エネルギー運転

建設機械等の運用において、燃料消費率を改善するために、運転時は基本的にエンジン回転をできるだけ抑制し、アイドリングをできるだけ短縮する。省エネルギー運転法は、地球温暖化対策の運転方法としてだけでなく、騒音の低減、機械維持費の低減につながる運転方法である。

(1) エンジン回転の抑制

ディーゼルエンジンは、一般に定格回転の燃費より低めの回転の燃費が良いので、建設機械等の運転に当たって、作業に支障がない範囲でエンジン回転を定格回転より低めにして運転するように心がける。

(2) アイドリングストップ

アイドリングには、ローアイドル（無負荷最低回転）とハイアイドル（無負荷最高回転）があり、機械が全く作業を行っていても燃料を消費する。図-9はバックホウにおけるアイドリング燃料消費量の違いを示したものである。建設機械等の運転に当たっては、不要なハイアイドル状態をなくし、可能な範囲でローアイドルもなくしてアイドリングストップを心がける。

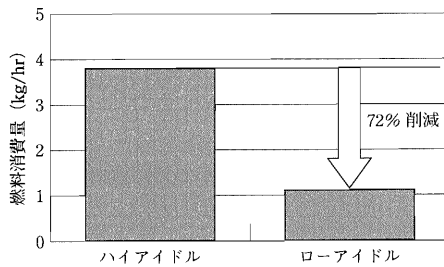


図-9 バックホウのアイドリング燃料消費量の例 (12tクラスバックホウ、6社各1台の平均値、作業時燃料消費量：11 kg/hr)

6. おわりに

本報文では、国土交通省が作成した「建設施工における地球温暖化対策の手引き」の概要について紹介した。今後、土木工事の設計計画から施工段階に至るまでの全般における地球温暖化対策の実施のために、本手引きの活用を促進していくとともに、引続き建設施工における環境対策について取組んでいくこととしている。

JCM/A

《文 献》

- 1) 環境省，2000年度温室効果ガス排出量について，環境省ホームページ，2003年1月
- 2) 建設省，総合技術開発プロジェクト，省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発，平成8年10月
- 3) 環境庁，温室効果ガス排出量算定に関する検討結果（参考資料10，排出係数一覧）平成12年9月
- 4) (社)土木学会，土木建設業における環境負荷評価（LCA）研究小委員会，平成7年度調査研究報告書
- 5) (社)日本建設機械化協会，建設機械等損料算定表，各年度毎に出版

【筆者紹介】



星隈 順一（ほしくま じゅんいち）
国土交通省
総合政策局
建設施工企画課
課長補佐



岩崎 辰志（いわさき たつし）
国土交通省
総合政策局
建設施工企画課
機械設備係長

建設機械技術者必携 建設機械施工ハンドブック（改訂版）

建設機械による土木施工現場における監理技術者，専任の主任技術者，オペレータ，世話役，監督等の現場技術者，建設機械メーカ，輸入商社，リース・レンタル業，サービス業などの建設機械の技術者や，大学，高等専門学校，工業高等学校において建設機械と建設施工を勉強する学生などを対象として本書は書かれています。

今回，最近の技術動向，排気ガス対策，安全衛生管理体制，建設副産物，適正な施工体制等について最新の技術と内容をより充実させ，機械化施工における環境の保全，効率的な工事の施工が図られることを念頭に改訂編纂し出版しました。

建設機械技術者にとって必携の書でありますのでご案内申し上げます。

■掲載内容（三分冊）

- ・基礎知識編（土木工学一般，建設機械一般，安全対策・環境保全，関係法規）
- ・掘削・運搬・基礎工事機械編（トラクタ系機械，ショベル系機械，運搬機械，基礎工事機械）
- ・整地・締固め・舗装機械編（モータグレーダ，締固め機械，舗装機械）

■体 裁：A4判 全約910頁

■価 格：会 員 10,000円（消費税込）送料 600円
非会員 11,550円（消費税込）送料 600円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501, Fax. 03(3432)0289