

低炭素施工システム“TO-MINICA”の導入による建設現場におけるCO₂削減効果

○高橋 昌宏*¹ 稲垣 秀雄*² 樋口 正一郎*³

キーワード：環境 二酸化炭素 地球温暖化 低炭素施工

1. はじめに

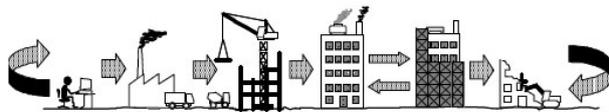
当社は、エコ・ファースト企業（*1）として、“施工高1億円あたりのCO₂排出量（原単位）を2020年に1990年比40%削減”を目標に掲げ、CO₂削減活動に取り組んでいる。目標達成のための手段として、戸田式低炭素施工システムを開発し、建設現場におけるCO₂削減に努めている。ここでは、本システムの概要およびその適用事例を紹介していく。

*1 企業が環境大臣に対し、地球温暖化対策など、自らの環境保全に関する取り組みを約束する制度（エコ・ファースト制度）により認定を受けた企業。

2. 低炭素施工システムとは

当社にて推進している低炭素施工システムとは、施工段階におけるCO₂排出量を削減する当社で独自に開発したシステムである。2009年に開発に着手し、2010年4月より全国の作業所にて運用を開始している。戸田式低炭素施工システム（Toda Minimum Carbon Construction）からTO-MINICAシステムと呼んでいる。

建設ライフサイクルにおけるCO₂発生量を図-1に示す。建物のライフサイクルにおいて発生するCO₂は建物の運用段階での発生量が最も多く66%、次に資材製造における排出量が多く17%である。施工段階における排出量は5%と全体からするとごく少量である。



段階	設計	資材製造	建設	運用	維持	廃棄
CO ₂ 発生量	0.3%	17.4%	5.1%	66.0%	4.9%	6.3%
関係者	発注者 設計事務所 ゼネコン	メーカー	ゼネコン	発注者 (使用者)	ゼネコン 専門工事業者	専門工事業者 ゼネコン

図-1 建設ライフサイクルにおけるCO₂発生量 出典：1)

しかしながら、施工段階においてCO₂削減に取り組めるのは我々ゼネコンだけであり、削減に取り組むのはゼネコンの使命である。そこに着目して、『同じ設計図ならば、国内のどの建設会社よりCO₂発生量を少なくする』の理念のもと本システムの開発に至った。

3. 原単位40%削減を目指して

建設投資は、最も多かった1992年の84兆円をピークに年々減少しており、2010年時点では41兆円であり、ピークの50%近くまで減少している。それに伴いCO₂の排出量も1992年をピークに2010年時点ではピークの50%まで減少している。

このようは背景を受け、日本建設業団体連合（以下、日建連）においては、CO₂削減目標を排出量ではなく、施工高1億円あたりのCO₂排出量（原単位）を削減目標の指標としている。

当社におけるCO₂削減目標も原単位とし、“2020年に1990年比40%削減”という高い目標を掲げ取り組んでいる。国、日建連および当社のCO₂削減目標値について表-1に示す。

表-1 CO₂削減目標値

	国	日建連	当社
削減指標	排出量	原単位	原単位
起算年	1990年	1990年	1990年
2010年	6%	12%	18.6%
2020年	25%	—	40%

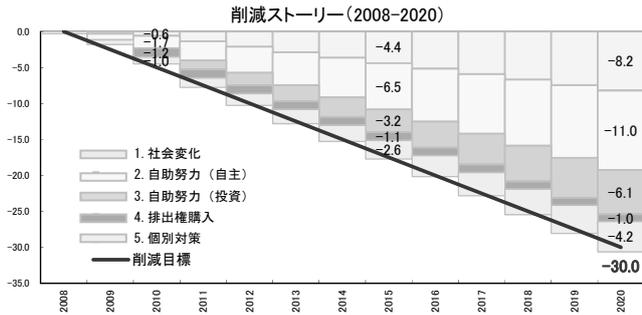
当社の現状として、1990年におけるCO₂排出量原単位は19.3 t-CO₂/億円、2008年は16.5 t-CO₂/億円である。これを2020年に11.5 t-CO₂/億円とすることで40%削減を達成することとなる。

“2020年に1990年比40%削減”を達成するための手段であるTO-MINICAシステムにおいては、①排出量原単位の基準年を2008年とする、②2020年に2008年比30%削減するとして、取り組んでいる。基準年と削減目標の関係を表-2に示す。

表-2 基準年と削減目標

年	排出原単位 (t-CO ₂ /億円)	削減目標	
1990年	19.3	基準年	—
2008年	16.5	14.4%	基準年
2020年	11.5	40%	30%

この目標を達成するため、5つのカテゴリで削減項目を整理して各々に目標値を設定し、削減に取り組んでいる。2020年までの各カテゴリにおける削減目標と削減ストーリーを図-2に示す。



1. 社会変化による削減・・・▲8.2%
1-1. 建機・車両の性能向上・・・▲3.3%
1-2. 電力係数の向上・・・▲4.6%
1-3. 燃料の脱炭素化・・・▲0.3%
2. 自助努力による削減・・・▲11.0%
2-1. 教育による啓蒙・・・0.9%
2-2. 省燃費運転の実技研修・・・▲9.0%
2-3. 建機・車両の適正整備・・・▲0.4%
2-4. 仮設照明の消灯・・・▲0.7%
3. 投資を伴う自助努力による削減・・・▲5.6%
3-1. 仮設照明のLED化・・・▲4.6%
3-2. エコオフィスへの転換・・・▲1.0%
4. 排出権の購入による削減・・・▲1.0%
4-1. グリーン電力・・・▲1.0%
(2020年購入量：80万kWh)
5. 個別の対策による削減・・・4.2%以上
5-1. 残土処分・廃棄物処理計画の変更
5-2. 掘削計画の見直し
5-3. 建設汚泥の場内再生利用
5-4. 廃棄物運搬車両の削減

図-2 CO₂削減ストーリー

4. TO-MINICA (低炭素施工システム) の概要

TO-MINICA の実施にあたり、以下のプロセスが実行されている。

4.1 建設現場における施工段階のCO₂排出量の算定

TO-MINICA の運用においては、まず、建設現場における施工段階のCO₂排出量を算定していくこととなる。

施工段階のCO₂排出量は、工期、構造、用途、使用材料の数量、材料等の運搬距離、重機における燃料使用量、電気使用量、掘削土(発生量、場外処分量、運搬距離)などの要素が関連してくる。

TO-MINICA システムでは、これらの要素を『CO₂排出量算定シート』に入力することで当該現場の施工段階におけるCO₂排出量(標準排出量)を算定できるようになっている。『CO₂排出量算定シート』の概要を図-3に示す。

これらの情報が実際の数値、数量に近いほど、算出されるCO₂排出量の精度も高まる。過去の施工実績等をもとにした概算の数値を引用することができるため、工事の計画段階で明確になっていない情報があっても、排出量を算定できるようになっている。

CO₂排出量算定要素

- ・全体工期、工種別の工期
- ・工事規模(構造、用途)
- ・資材投入量
- ・廃棄物発生量
- ・仮設重機使用期間
- ・作業効率・作業員数
- ・運搬・輸送の数量・距離

図-3 CO₂排出量算定シート

4.2 建設現場における施工段階のCO₂削減目標の設定

標準のCO₂排出量を算定した後、当該建設現場における削減目標値を設定する。目標値は、特定の現場においては個別に設定し、それ以外の一般的な現場においては当該年における全社の削減目標値を用いる。現場における目標値の設定について表-3に示す。

表-3 建設現場における目標値の設定

	目標値(標準排出量からの削減率)		
工事開始年	2010	2011	2012
特定現場	個別に設定		
上記以外	-5.0%	-7.5%	-10.0%

4.3 CO₂削減対策の計画

TO-MINICA システムとは、各現場で設定した目標値を達成することにより当社全体で掲げた目標を達成するものである。

その手段として、当システムでは、CO₂削減に関する62の技術について、その技術を採用した場合の削減量を定量化して評価すると同時に、各技術を下記の3つのカテゴリーに分類して、コストダウン(コストアップ)についても示している。

カテゴリーⅠ：コストも下がり、CO₂も削減できる技術

カテゴリーⅡ：コスト微増で、CO₂を削減できる技術

カテゴリーⅢ：コスト増加だが、CO₂削減も大きい技術

カテゴリーⅠに分類される技術は、運搬と建設機械エネルギーの無駄を省いたり、VEやCDにより資材材を減らしたり、従来当たり前であった作業標準を見直し、ある部分は我慢するなどによりCO₂を削減していくことである。太陽光発電システムや風力発電システムなどコストのかかるCO₂排出量削減手段を採用するのが低炭素施工ではなく、これらの採用を最小限に抑えて、パフォーマンスが最大となる計画とするのが、TO-MINICAシ

システムの根幹である。

各カテゴリーにおける CO₂ 削減効果とコスト増加に関する関係性を図-4 に示す。

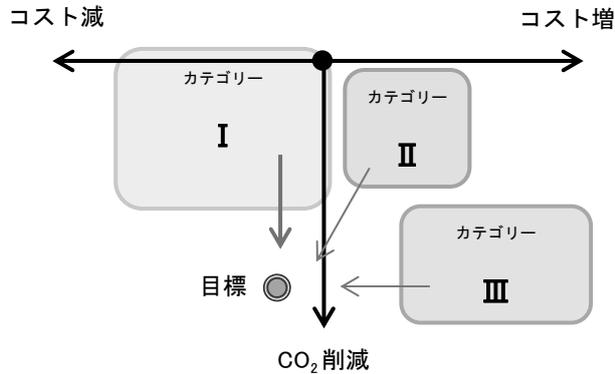


図-4 CO₂削減技術の分類

4.4 建設現場における CO₂ 削減活動の実施

建設現場における CO₂ 削減の流れは、次のように進める。

まずは、カテゴリー I に分類される技術の採用を図り、無駄を省いた施工計画、効率的な資材等の調達計画を策定する。

次に、カテゴリー I の採用により低減したコストの範囲内においてカテゴリー II の技術を選定していく。これらの技術から実際に現場にて実施する対策を選定し、対策によるコストアップを抑えながら、設定した目標値を達成していくこととなる。カテゴリー II の技術選定後に設定した目標値を達成していない場合には、コストを掛け、カテゴリー III の技術の採用を図る。

これらの技術による CO₂ 削減量は、工事の規模等により異なる。実際の現場において実施した CO₂ 削減対策の例を以下に示す。

■ 工事概要 ■

建設地：東京都 建物用途：事務所ビル
階数地上 12 階、地下 2 階 構造：S 造
建築面積 800 m²、延床面積 10,500 m²
工期：18 ヶ月

■ CO₂ データ ■

標準排出量 432.7 t
目標排出量 347.0 t
目標削減量 85.7 t (19.8%削減)

■ 削減活動と削減量 ■

施工計画の見直し・・・5.61 t

(既存外壁の山留利用、山留切梁段数の削減、乗入れ構台の最小化、掘削計画の変更)

デッキプレートの採用・・・0.87 t

バケットによるコンクリート打設・・・1.23 t

トラッククレーンの見直し・・・0.51 t

定置式クレーンのサイズダウン・・・9.31 t

省燃費運転教育の実施・・・6.41 t

仮設照明の LED 化・・・1.23 t

遠隔操作による仮設照明のこまめな消灯・・・3.9 t

グリーン電力の利用・・・20.9 t

現場事務所の空調設定温度の調整・・・1.0 t

小型仮設風力発電システムの設置・・・0.04 t 他

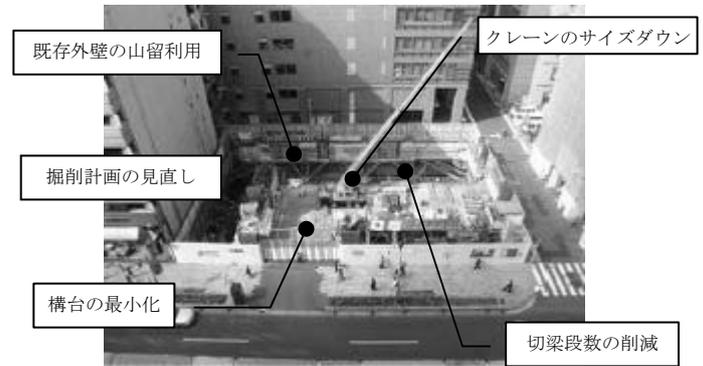
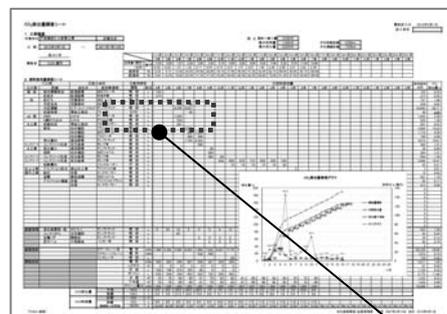


図-5 建設現場における CO₂ 削減例

4.5 建設現場における CO₂ 削減量・CO₂ 排出量の把握

建設現場における CO₂ 削減量の把握は、計画時に作成した『CO₂ 排出量削減検討シート』を用いる。計画段階では、CO₂ 削減量を算定するための数量として、計画時の数値（活動量、資材投入量、削減量など）が用いられているため、その削減活動が完了した後、計画値を実際の数値に置き換えることで削減された CO₂ の量を把握している。

一方、CO₂ 排出量については、TO-MINICA シートである『燃料使用量調査シート』を用い、現場内で使用するエネルギーに CO₂ 排出係数を掛けることで算定している。なお、使用する電力については、電力会社からの請求書、化石燃料（軽油、灯油等）については協力企業からの報告に基づき把握している。『燃料使用量調査シート』の概要を図-6 に示す。



月次管理項目
・燃料使用量
・電力使用量
・上下水使用量

使用重機等	種類	単位	4月	5月	6月	7月
油圧ブレーカ	軽油	L	125			
杭抜き機	軽油	L	214			
油圧ハンマー	軽油	L		432	295	
油圧ショベル	軽油	L			150	98
ダンプトラック	軽油	L			6,346	4,637
ブレーカ	B100	L				40

図-6 燃料使用量調査シート

5. TO-MINICA システムの効果と実績

5.1 CO₂削減実績

TO-MINICA システムを適用する建設現場における2012年のCO₂削減量の内訳を図-7に示す。

建設現場全般に共通する削減策として、車両の運転手・建機による省燃費運転の実施による削減、建機・車両の適正整備による燃費向上、不要な仮設照明の消灯、仮設照明のLED化による電力使用量の削減などがあり、これらによる削減量は全体の約22%を占めている。

また、それぞれの現場における個別の削減策として、掘削計画、揚重計画の変更による効率的な施工、廃棄物・搬出残土の削減および建設汚泥の場内再生利用による使用燃料の削減、残土処分時の処分場の変更による距離の短縮、バイオディーゼル燃料（BDF）の使用による軽油の削減などがあり、これらで約63%を削減している。

特に効果的な削減策は、土工事に関するものであり、掘削計画や残土処分時の処分場の変更などにより全体の36%の削減量となっている。土工事で発生するCO₂は、工事全体で発生するCO₂の約3割に相当することからも土工事における対策がCO₂削減に大きく寄与することが分かる。

なお、当社においては再生可能エネルギーの活用（CO₂オフセット）としてグリーン電力の使用を推奨しており、これによる削減量は全体の約15%となっている。

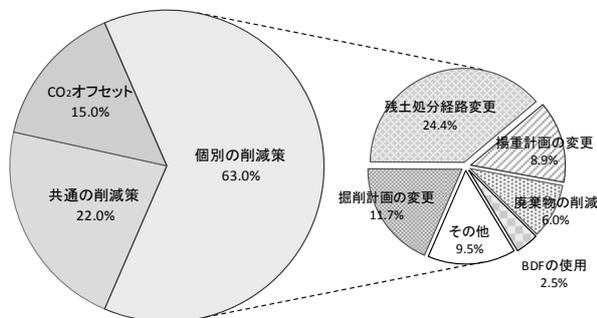


図-7 CO₂削減量の内訳

5.2 CO₂排出量原単位の推移

図-8に当社の建築工事におけるCO₂排出量原単位の経年変化を示す。

基準年である1990年における原単位は、19.3 t-CO₂/億円であり、原単位は経年とともに低減してきている。TO-MINICA 導入開始前の2009年の原単位は、18.5 t-CO₂/億円であったが、導入以降の2011年では14.2 t-CO₂/億円、2012年では11.58 t-CO₂/億円と原単位の低下が顕著であり、TO-MINICA システム導入の効果が現れてきているといえる。2012年の11.58 t-CO₂/億円は、2020年における目標値の11.52 t-CO₂/億円まで近づいてきている。

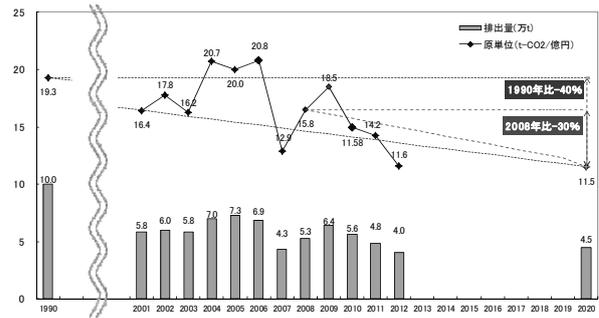


図-8 CO₂排出量原単位の推移

6. おわりに

TO-MINICAの導入により順調にCO₂排出量原単位は低減してきているが、今後の社会環境の変化を考えるとこのまま目標を達成できるという状況ではない。特に2012年における電力排出係数（*2）は、CO₂の発生の少ない原子力発電が推進されていた時期の数値であり、原子力発電が停止している現在の状況を反映しているものではないため、今後は、同様の活動を行ったとしてもCO₂排出量は大きく算定されることとなる。また、建設投資が年々減少するなかで、工事の低価格化が進むと排出原単位を引き上げることにつながる。今後もTO-MINICA システムの運用を推進し、現在の水準を維持するだけでなく、さらに原単位を低減することで、エコ・ファースト企業として宣言した“施工高1億円あたりのCO₂排出量（原単位）を2020年に1990年比40%削減”を達成していきたい。

*2 他人から供給された電気の使用に伴う二酸化炭素排出量については、電気の使用量に排出係数を乗ずることで算定される。国が公示する電力事業者ごとの排出係数であり、事業者ごとに発電に使用するエネルギー等により数値が異なる。

[参考文献]

- 1) 社団法人日本建築学会, 建物のLCA指針, (2003)
- 2) 社団法人日本建設業連合会, 建設業環境自主行動計画第4版改訂版, (2010)

- *1 戸田建設株式会社建築環境・品質管理部
- *2 戸田建設株式会社建築本部 執務
- *3 戸田建設株式会社環境事業推進室 室長