

低炭素施工システム

2020年に1990年比40%削減を目指して “TO-MINICA”

高橋 昌宏

現在認定エコ・ファースト企業^{*1}として、“施工中に排出するCO₂総量の削減”，“設計する事務所ビルから排出するCO₂総量の削減”，“改修工事中に排出するCO₂総量の削減”，“保有施設から排出するCO₂総量の削減”について“2020年に1990年比40%削減”を目指して活動している。

そのうち、施工中に排出するCO₂を削減するための手段として、低炭素施工システムを開発し、建設現場において展開している。本稿では、「本システム」の概要及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。

キーワード：低炭素施工，CO₂削減，地球温暖化，CO₂排出量，BDF

1. はじめに

低炭素施工システムとは、施工段階におけるCO₂排出量を削減するため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。低炭素施工システム(Toda Minimum Carbon Construction) から TO-MINICA システム（以下「本システム」という）と呼んでいる。

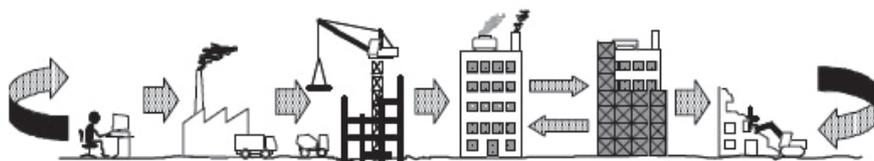
建設ライフサイクルにおけるCO₂発生量を図—1に示す。建物のライフサイクルにおいて発生するCO₂は建物の運用段階での発生量が最も多く66%、次に資材製造における排出量が多く17%である。施工段階における排出量は5%と全体からするとごく少量である。しかしながら、施工段階においてCO₂削減に取り組めるのは我々ゼネコンだけであり、削減に取り組むのはゼネコンの使命である。そこに着目して、「同

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。

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年をピークに減少しており、2010年時点ではピーク時の50%となっている。このような背景を受け、日本建設業団体連合^{*2}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。

*2 全国的に総合建設業を営む企業等が連合し、建設業に係る諸制度をはじめ建設産業における内外にわたる基本的な諸課題の解決等に取り組んでいる。

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



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¹⁾

んでいる。国、日建連及び当社の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%*3	-	40%

*3 原発事故を受けエネルギー政策の見直しにより修正予定

現状として、1990年におけるCO₂排出量原単位は19.3t-CO₂/億円、2008年は16.5t-CO₂/億円である。これを2020年に11.5t-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「本システム」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。

この目標を達成するため、5つのカテゴリーで削減

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	
		基準年	
1990年	19.3	基準年	-
2008年	16.5	14.4%	基準年
2020年	11.5	40%	30%

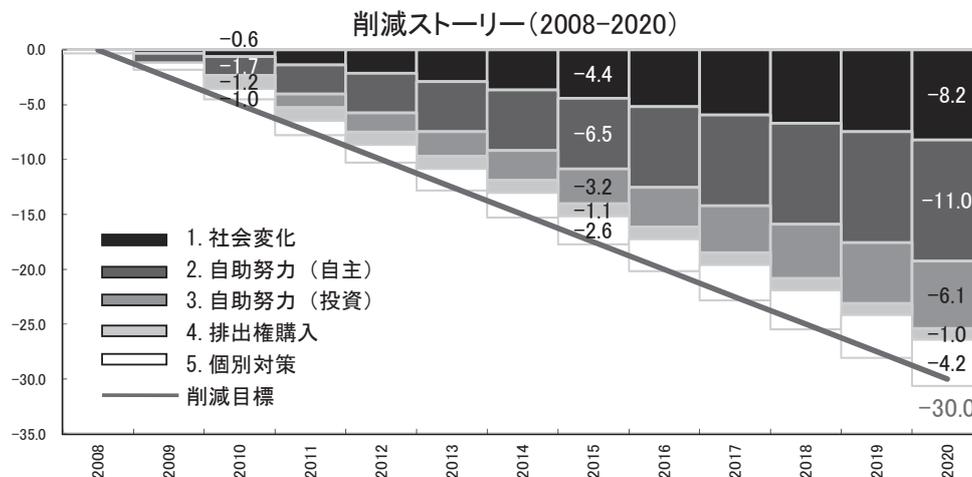
項目を整理して各々に目標値を設定し、削減に取り組んでいる。2020年までの各カテゴリーにおける削減目標と削減ストーリーを図—2に示す。

2. 「本システム」(低炭素施工システム)の概要

「本システム」の実施にあたり、以下のプロセスが実行されている。

(1) 建設現場における施工段階のCO₂排出量の算定

「本システム」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



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%	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)
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%	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
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%	

図—2 CO₂削減ストーリー

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。

「本システム」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。



図-3 CO₂排出量算定シート

(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%

(3) CO₂削減対策の計画

「本システム」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、「本システム」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により資機材を減らしたり、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、コストパフォーマンス最大の計画にまとめるのが、「本システム」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。

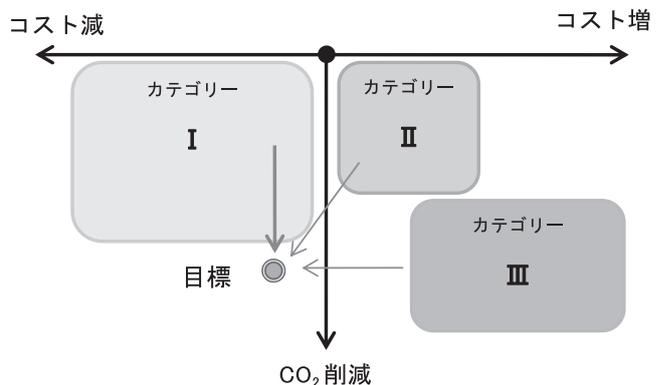


図-4 CO₂削減技術の分類

(4) 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削減は、次のように進めていく。

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になる。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削減対策の例を図一5に示す。

(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、「本システム」のシートである「CO₂排出量調査シート」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。「CO₂

■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㎡、延床面積10,500㎡
工期：18ヶ月

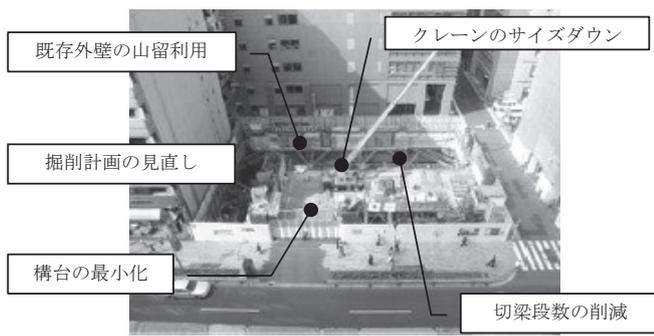
■CO₂データ■

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)

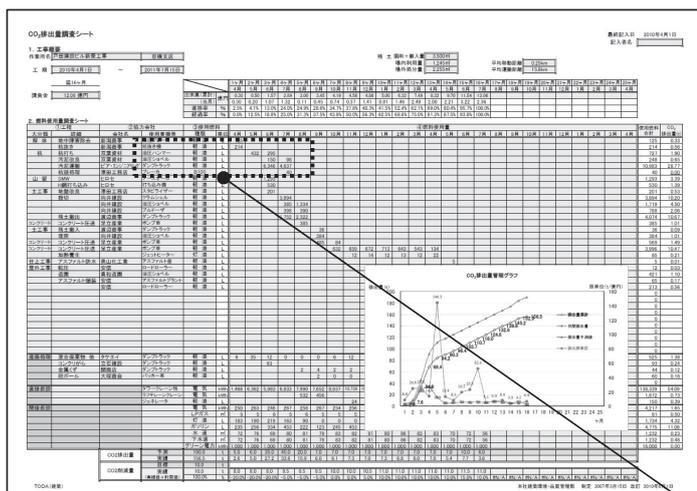
■削減活動と削減量■

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



図一5 建設現場におけるCO₂削減例



- 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

図一6 CO₂排出量調査シート

排出量調査シート」の概要を図—6に示す。

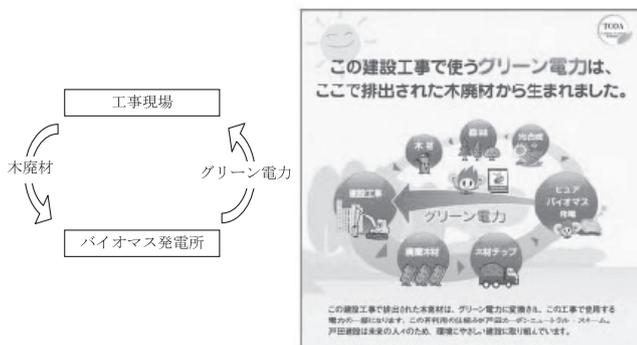
3. CO₂削減策の推進

CO₂削減においては、再生可能エネルギーの利用も重要となってくる。当社においては、再生可能エネルギーとして、グリーン電力及びバイオディーゼル燃料(BDF)の使用を推進している。またその他にLED照明を仮設照明に利用することも推進している。

(1) グリーン電力の推進

グリーン電力とは、化石燃料等を利用せずに太陽光、風力、バイオマスなどにより発電した電力であり、これを使用してもCO₂の発生はゼロとみなされる。

当社で使用するグリーン電力は、バイオマス原料100%で発電されたものであり、年約80万kWhを発電事業者より購入し、建設現場で活用している。また、バイオマス発電所に近接する現場においては、グリーン電力を使用するだけでなく、工事で発生する型枠廃材や木くずを発電所に発電の原料として搬出し、その木くずで発電されたグリーン電力を現場に還元するカーボンニュートラルスキームを運用している。本スキームのイメージを図—7に示す。



図—7 カーボンニュートラルスキーム

グリーン電力の活用により毎年、約300tのCO₂削減を図っている。

(2) バイオディーゼル燃料(BDF)の自社製造

バイオディーゼル燃料とは、生物から得られる油脂を軽油の代替燃料となる脂肪酸エステルに変換したものである。BDFは、そのカーボンニュートラル効果から、使用してもCO₂の発生はゼロとされる。

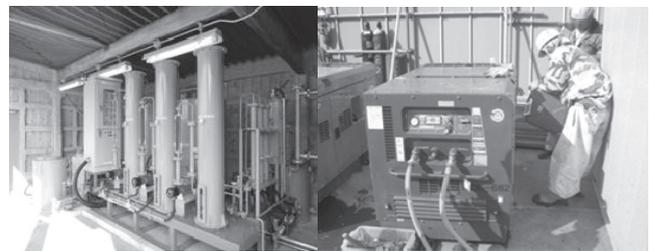
千葉県松戸市にある機材倉庫において、2010年に精製装置を設置し、市内外の事業者等より提供いただいた廃食用油を原料にBDFを自社で精製している。

自社で精製したBDFは建設現場に配送し、杭工事

等で使用するエアコンプレッサや発電機の燃料として使用することにより、これらの建設から発生するCO₂の削減を図っている。現在までに約33,000Lを使用し、90tのCO₂削減につながっている。

BDFの精製能力の増強および品質の向上のために、2012年2月にBDF精製装置の刷新を図った。これにより東京都をはじめ、千葉県、埼玉県、神奈川県及び都県下の5政令指定都市(以下、九都県市)の条例で定める燃料基準*4を満足するBDFが得られるようになり、東京都を中心とした首都圏において掘削機械などの建設機械においてもBDFの使用が可能となった。これによりさらなるCO₂削減につながっている。

図—8に設置しているBDF精製装置とBDFを使用する建設機械の様子を示す。



図—8 BDF精製装置(左)と機器への給油(右)

*4 九都県市においては、条例で大気汚染による健康被害防止のため、硫黄分、残留炭素分などの基準を満たさない燃料を建機や車両で使用することを禁止している。

(3) 仮設照明でのLED照明の普及促進

LED照明は、導入コストが蛍光灯等と比較すると非常に高いが、省エネ性能および耐久性に優れているため、運用コストが蛍光灯等の数分の1となり、長期間使用することで導入コストの回収ができるとされている。しかし、建物などの建築工事においては、短期間(長くても2,3年)での使用しかできないため、運用面でのメリットを享受できず、導入コストを回収できないため、建設現場での採用が進まないという問題があった。

そこで、LED照明を会社で一括購入し、現場に対してリースするという方式を採用することで現場での導入コストを低減し、短期間でも運用面でのメリットが生じるようにした。これにより多くの現場で仮設照明にLED照明を採用できるようになり、全社的なCO₂の削減につながっている。図—9に仮設照明で使用する蛍光灯型LED照明と投光器型LED照明を示す。



図-9 電球型 LED 照明 (左) と投光器型 LED 照明 (右)

また LED 照明においては、使用するだけでなく、メーカーと共同で、軽く丈夫で持ち運びが容易な防水型の投光器を開発し、従来品より利便性を高めることで現場への普及拡大を図っている。

以上のように「本システム」の全国展開を機に、本社を中心としたバックアップ体制を確立し、個々の現場での取り組みだけではなく、全社で目標の達成に向けた活動をしている。

4. 「本システム」の効果と実績

(1) CO₂ 削減実績

「本システム」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-10 に示す。

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運搬距離の短縮、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

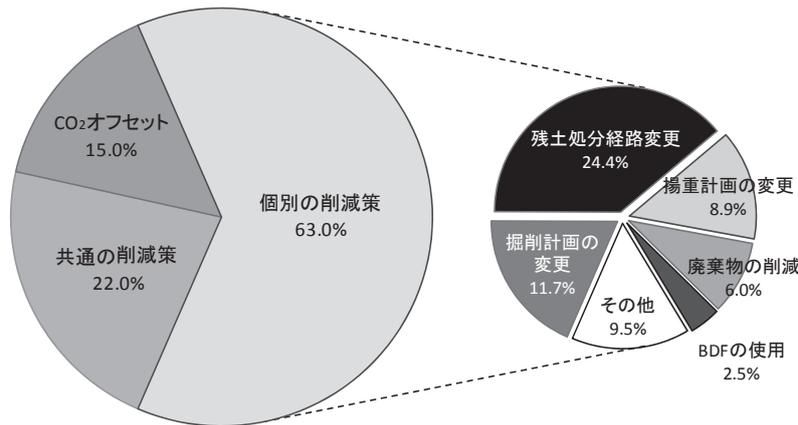


図-10 CO₂ 削減量の内訳

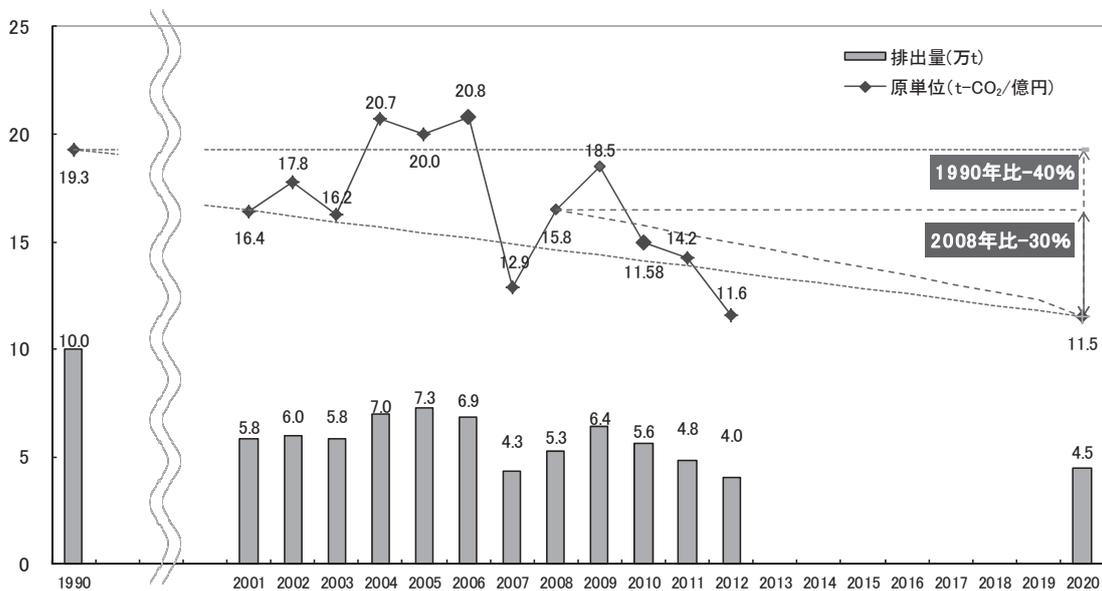


図-11 CO₂ 排出量原単位の推移

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、再生可能エネルギーの活用(CO₂オフセット)、グリーン電力の使用では全体の約15%を削減している。

(2) CO₂ 排出量原単位の推移

図—11 に建築工事における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。「本システム」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、「本システム」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。

5. 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。2011年における電力排出係数*5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。そのため、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。

*5 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。

JCMA

《参考文献》

- 1) (社)日本建築学会, 建物のLCA指針, (2003)
- 2) (社)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)
- 3) 服部伸介他: バイオ燃料を自社生産して建設現場で使用, 建設機械, 9月号(2011)

【筆者紹介】

高橋 昌宏 (たかはし まさひろ)
戸田建設㈱
建築環境・品質管理部

