特集≫≫　地球温暖化対策・環境対策・環境対策工

低炭素施工システムの構築
“TO-MINICA”Web システム

周　　潔・樋　口　正一郎

施工中の現場で発生する CO_2 排出量の削減を可能にする低炭素施工システム（TO-MINICA）（以下「本システム」という）をウェブ上で稼働できるように改良し，TO-MINICA Web システム（以下「本 web システム」という）を開発した。低炭素施工システム（TO-MINICA：Toda Minimum Carbon Construction）とは，施工段階における CO_2 排出量の把握及び削減するための手法である。EXCEL シートを基にしたプログラムを Web 上で稼働するシステムに変更することで，現場の作業負担を減少し，協力会社を含めて関係者全員で情報共有できるようになった。Web システムは 2015 年 4 月に運用を開始している。本稿では本 Web システムで実現できること及び Web システムの利点について述べる。
キーワード：Web，CO_2 排出原単位，CO_2 排出量の推移，施工経過率，削減活動

1. Web システム構築の経緯

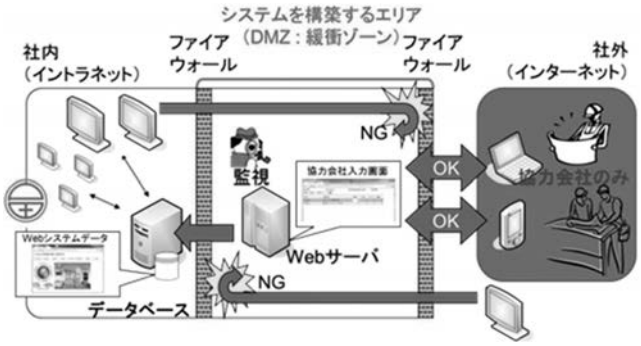
本システムとは，施工段階における CO_2 排出量の把握及び削減するための手法である。本取組を通じて“施工高 1 億円あたりの CO_2 排出量（原単位）を 2020 年に 1990 年比 40％削減”することを目指している。

開発当初は，EXCEL シートを活用したプログラムで，当該現場の諸条件及び燃料使用量等を定期的に入力することで，施工段階における CO_2 排出量（標準排出量）の算定を行っていた。燃料使用量の収集に当たっては，協力会社に Fax や電話で問い合わせ，その結果を作業所で入力する等の繁雑さが課題であった。また，削減目標達成への PDCA アプローチがしにくい等の弱点もあった。それを解決するため，本 Web システムを開発し，EXCEL シートから Web 上で稼働するシステムに変更することで，現場の作業負担を減少し，協力会社を含めて関係者全員で情報共有できるようになった。Web システムは 2015 年 4 月に運用を開始している（**図―1**）。

2. 本 Web システムの概要

本 Web システムの概要は**図―2** に示す。協力会社からもデータの入力を行うために，インターネット上にサーバーを設け，外部からもゼネコン側からもアクセスが可能な環境を設けた。また，セキュリティ確保のために DMZ（緩衝ゾーン）を設けてサーバーへの侵入を防いでいる。

図―1　本 Web システムのイメージ



図―2　システム概念図とセキュリティの仕組み

3. 本 Web システムで実現できること

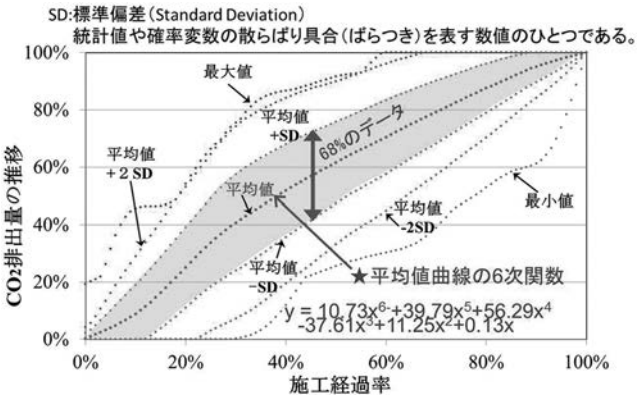
(1) 工期中の CO_2 排出量予測算定

着工前に，削減活動を行わずに一般的に施工した場合の CO_2 排出量の予測値を算定する。本 Web システムでは，工事価格，全体工期，延床面積，構造を入力することで着工から竣工までの CO_2 排出量予測値を時系列で算出できる。

予測量の算定については 2010 年から蓄積したデータを分析し，着工から竣工までの CO_2 排出量予測の理論式を導き出し，本 Web システムに反映している。施工段階の CO_2 排出量は様々な要素が関連している。過去に蓄積したデータから，CO_2 排出に関係が深い 4 つの基本要素（地下の有無，構造，用途，施工支店）を選定した。算定は以下の流れにより行う。

・工事進捗における CO_2 排出量予測
＝全体 CO_2 予測排出量［t- CO_2］×施工経過率における CO_2 排出量の推移［0 ～ 100%］
・全体 CO_2 予測排出量［t- CO_2］
＝延床面積［m^2］×全体平均排出原単位［t- CO_2/m^2］×各種係数（用途×支店×構造×地下の有無×補正係数）
・CO_2 排出量の推移［0 ～ 100%］
＝10.73 ×経過率［%］^6 + 39.79 ×経過率［%］^5+ 56.29 ×経過率［%］^4 − 37.61 ×経過率［%］^3+ 11.25 ×経過率［%］^2 + 0.13 ×経過率［%］
（図 3 に示す平均値曲線 6 次関数の近似式の各係数を CO_2 排出量の推移算定式の係数として用いる。）
・経過率＝ 1 ／工期［日］×経過日数［日］

2010 年からの実施事例として，全国 11 支店，合計 104 現場の CO_2 排出量データを分析し，施工経過率に沿った CO_2 排出量推移を算出し，**図―3** に示すグラフにプロットした。グラフには CO_2 排出量推移の平均値，最大値・最小値，標準偏差が表されている。全データの 68%が平均値 ± 標準偏差× 1 に入っていることからこの理論式の妥当性が確認できた。



図―3　システム概念図とセキュリティの仕組み

(2) CO_2 削減計画の立案

CO_2 排出量削減に向け，41 項目の削減メニューから，自作業所で実施する項目を選択する。これにより削減される CO_2 量が算定され，同時に削減可能なコストも表示される（**図―4**）。

例として，事務所の照明点灯時間を短縮すると，短縮 1 時間で 0.8 t の CO_2 削減と 3,586 円のコスト削減が可能である。

(3) 燃料使用量の入力

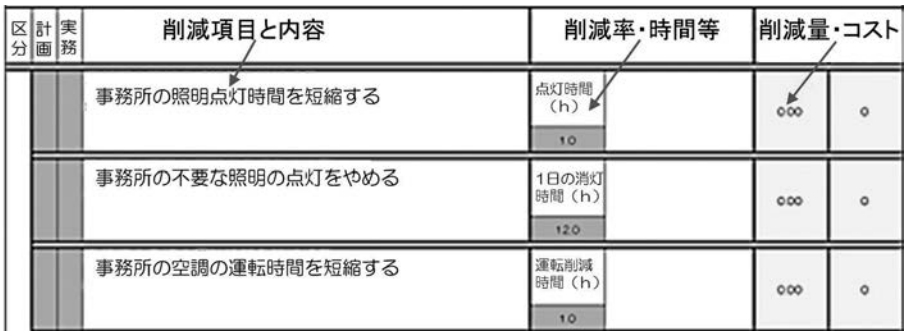
工事段階で発生する CO_2 排出量を算定するために，工事で使用する燃料（軽油，電力等の 8 項目）の使用量を把握する。燃料使用量は，協力会社が使用する燃料（主に軽油）と作業所から支給する燃料（主に電力）があり，本 Web システムへの入力方法は以下のとおりとなる（**図―5**）。

(a) 協力会社

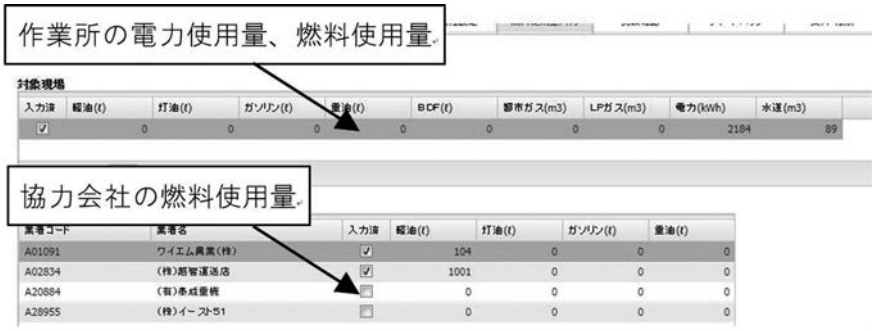
協力会社の担当者に，データ入力依頼のメールが毎月届く。そこに記載されたアドレスを開くことで，本 Web システムの燃料使用量入力画面に至る。メールを利用することで，入力の忘れを防ぐ効果を期待している。

(b) 作業所

協力会社と同様にデータ入力依頼メールからシステ



図―4　CO_2 削減計画（建築）



図―５　燃料使用量の入力

ムの入力画面をひらき，燃料使用量を入力する。

(4) CO_2 排出量の実績確認

(a) 実績確認画面

実績確認画面では，竣工までの CO_2 排出予測線と，燃料使用量から算定される CO_2 排出量累計の実績線，施工原単位実績線が表示される。作業所はこれらの結果を見て目標排出予測量以下に抑えられるように管理を行う（**図―６**）。

予測定線は，３(1) で説明した理論式に基づいて表示される。

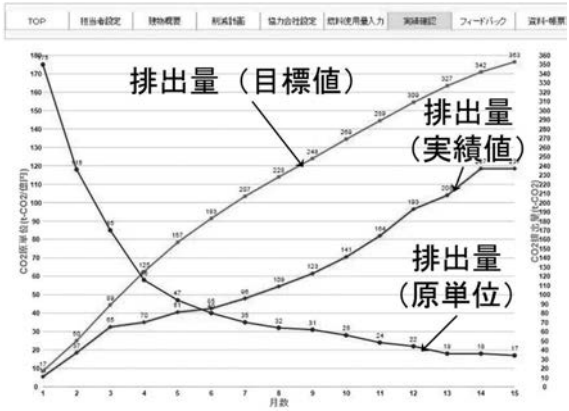
(b) 予測値を用いた過去データの評価

実際の現場において実施した CO_2 排出量の予測曲線及び実績曲線との検証を以下に示す。

検証例１　事務所ビル（工事概要）

・建設地：東京都　建物用途：事務所ビル
・階数地上：20 階，地下：2 階，構造：S 造
・建築面積：1,610 m^2，延床面積：28,499 m^2
・工期：31 ヶ月

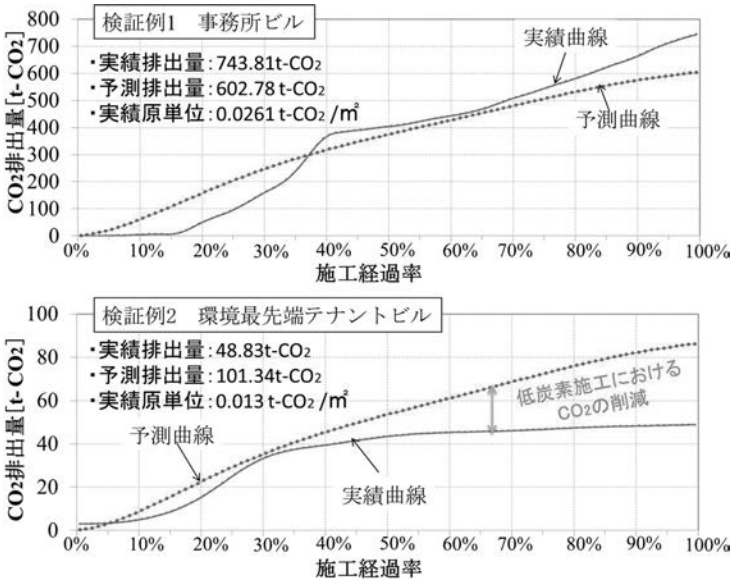
検証例２　環境最先端テナントビル（工事概要）



図―６　実績確認

・建設地：東京都　建物用途：事務所ビル
・階数地上：8 階，地下：0 階，構造：S 造
・建築面積：472 m^2，延床面積：3,755 m^2
・工期：10 ヶ月

図―７ は CO_2 予測排出量と CO_2 排出実績との比較を試みたグラフである。検証例１を見ると，二つの CO_2 排出カーブは近似しており，今回の分析に相応の妥当性があることを検証できた。



図―７　予測曲線の検証

検証例２の検証対象は2011年竣工した環境最先端テナントビルである。施工段階で掘削計画，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等様々なCO_2排出量削減策を実施した。その結果，CO_2排出量の実績曲線は予測曲線より大幅に下がることが検証できた。

4. 本Webシステムによる利点

(1) 入力項目の簡略化

CO_2排出量予測に必要な情報を大幅に減らし，さらに，建物の基本情報を「建物データベース」（TIP：Toda Information of Product）から自動取込とすることで入力作業を大幅に削減した。

(2) 入力方法の多様化

Webを使ったシステムとしたことで，パソコンに限らずにスマートフォンやタブレット端末からも入力が可能となった。協力会社にとっても，時と場所を選ばず入力ができ，利便性が向上している。

(3) PDCAが容易に

関係者に月毎にメールが自動配信されることが可能となり，データの入れ忘れを防止できる。また，CO_2排出量データは適時確認できるので，目標に達していない場合には新たな削減手段を講じることができる。

(4) データ信頼度の向上

本Webシステム実施対象作業所が報告してきたデータは支店単位で纏められた上で，本社に一括的に集められる。

これまでは，３ヶ月から半年に１回であった集計作業が，毎月行うことができるようになり，データの精度確保と排出量管理に役立っている。

(5) 省CO_2意識を高める

協力会社からもシステム上で数値を入力するので，ゼネコンだけでなく協力会社を含めた省CO_2意識の高揚に繋がる。2014年度のCO_2排出原単位は20.3 CO_2-t/億円で基準年比▲29％であり，目標の▲40％まであと一息である。

5. おわりに

本システムの活用により，作業所・協力会社における入力作業を軽減すると共に，CO_2排出量データの精度向上に繋げ，さらなる省CO_2活動の推進に努めていく。

JCMA

［筆者紹介］

周　潔（しゅう　きよ）
戸田建設㈱
価値創造推進室　価値創造戦略ユニット

樋口　正一郎（ひぐち しよういちろう）
戸田建設㈱
技術開発センター
副センター長