

建設時における CO₂ 削減システムの開発

松原 正人 ^{*1}	川上 勝彦 ^{*1}
関原 弦	今泉 恵司 ^{*2}
平手 顕 ^{*1}	山田 裕己 ^{*1}
松尾 宗義 ^{*1}	細沼 克全 ^{*3}
米山 真一郎 ^{*3}	山根 秀莊 ^{*4}

概 要

2008 年 7 月洞爺湖サミット、2011 年 3 月東日本大震災を契機に、地球温暖化ガス(CO₂)低減や消費電力削減が企業に課せられた重要な責務となった。このような状況で、当社も環境に対する取組みと、受注に必要な技術として該当する技術の開発導入が急務となった。

そこで、CO₂発生量の削減のためのツールとして、作業所内での CO₂発生量と削減手法による効果を「見える化」するための「モニタリングシステム」を開発し導入を行った。

このシステムは、建設工事において CO₂発生量の多い電力と内燃機関を「見える化」の対象として、簡便に、負荷別の CO₂発生動向や削減手法導入の効果を解析するシステムである。

本報告では、このモニタリングシステムの概要と CO₂削減技術を含めた作業所導入事例について報告する。

Development of CO₂ reduction system under constructions

Abstract

Reduction of CO₂ emissions and power consumption have become important for Japanese companies following the Lake Toya summit of 2008 and the Great East Japan Earthquake of March 2011 respectively. In these circumstances the development and introduction of such technologies has become a pressing need.

To help companies reduce the total amount of CO₂ emissions produced in construction sites, we developed a “monitoring system” to visualize the invisible effect of CO₂ emissions.

This system enables site engineers to easily analyze CO₂ emissions and compare the effect for different sources (such as equipment using electricity and internal-combustion engines used in construction sites).

In this report, the monitoring system is detailed. We also show examples of the introduction of the system to actual sites and the energy saving technologies implemented as a result.

*1 建設本部
*2 東京支店
*3 首都圏支社
*4 国際事業部

§1. はじめに

現在、国家レベルで地球温暖化対策が推進され、特に CO₂ 削減が義務化されつつある。同業他社も次々と、CO₂ 発生量のモニタリングシステムを開発し、削減実施のためのツールとして活用を開始している。そこで、当社の環境対策の取組みを明確化するため、施工現場におけるエネルギー消費動向データを「見える化」し、消費エネルギーすなわち温室効果ガス発生抑制の目標を数値化することで、省エネ方策の一元管理が検討できるシステムを構築することとした。このシステムが省エネに寄与する効果としては以下の3点が期待される。①設備または機械ごとの消費エネルギーのリアルタイム表示は、無駄の把握と省エネ行動の動機付けに有効である。②エネルギー効率の悪い機械の把握は、メンテナンス及び設備入替の指標と出来る。③重機に関しては、アイドリングストップや省エネ運転の監視に役立つ。

①消費エネルギー
リアルタイム
表示

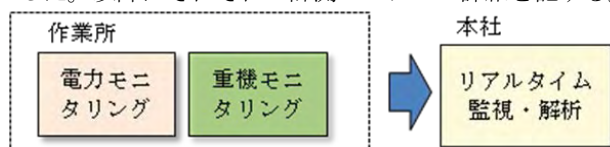
②効率の悪い
機器の
把握

③重機の
アイドリングSTOP
省エネ運転教育

また、別の効果として各工種、各設備別に蓄積したエネルギー消費データが ①施工計画時の設備容量決定の適切化②積算時のエネルギーコスト限界(目標)数値の決定の有効な手立てとなる。これにより受注貢献や経費節減の一助となる。

§2. モニタリングシステムの概要

運用を簡便にするため、システムは本社のサーバーで一元管理し、作業所にはデータ保存機能を有する計測端末のみを設置する形式とした。データ授受等は現地状況に応じることが出来るように、数種類の通信手段を用意した。リアルタイム状況確認や解析用の画面は、Web 画面で確認する。計測対象としては、作業所での CO₂ 発生量に影響が大きい電気（電力モニタリング）と内燃機関（重機モニタリング）とし、サーバーで統合する形式とした。以降にそれぞれの計測システムの詳細を記する。



2.1 電力計測

電力モニタリングは、現場側に必要数の計測器および CT を配置するだけの、非常にシンプルな構成である。

各々の計測器で計測される情報（電力、電力量他）は定期的にサーバに送られるため、WEB 画面からリアルタイムな情報を得ることができる。

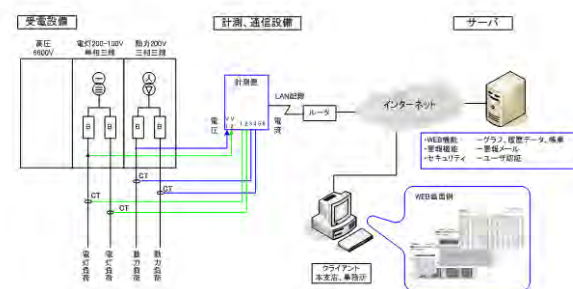


図 1 電力モニタリングシステム構成図

図 1 に示すように、電力計測システムは CT 及び計測器、通信装置で構成され、1 台の計測器で同時に 6 台の負荷を計測可能。計測データは通信装置を介してサーバに送信され、遠隔地にある本支店でリアルタイムに各負荷の使用状況を共有または一元管理が可能となる。



写真 1 計測器（6回路計測可能）

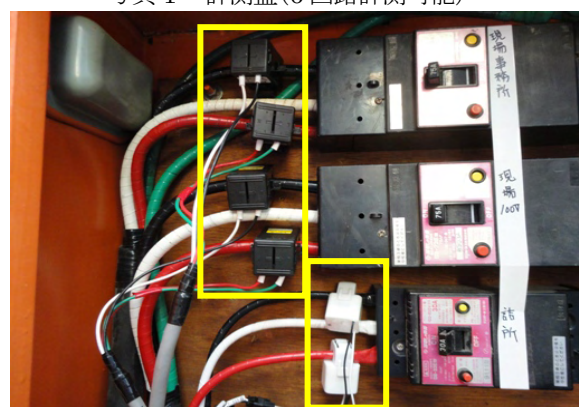


写真 2 計測用 CT の例（黄色枠部分）

2.2 電力モニタリングシステム機能

設備一覧表示画面では、全設備の積算電力量および現在の電力関連計測値が表示される。

これによりどの設備がどのくらい電気を使っているかなどが把握できる。また画面内の特定設備名称をクリックすると、設備個別の詳細な計測データを確認することができる。



図2 設備一覧表示画面

設備一覧表示では全設備の現在値が表示され、各負荷の電力使用状況、CO₂発生状況に加え、クレーンの回生電力発生状況も把握できる事が特徴（図2）。設備名称をクリックすることで、設備個別の当日の有効使用電力、有効使用電力量状況を30分単位のグラフで把握することができ、個別の平均力率など詳細なデータを確認することが可能。（図3）



図3 設備別現在値表示画面

特に高圧受電回路では、電力会社と同様な算出方法により30分力率や月の平均力率を計測データから演算により求め、常時監視できる機能を有している。

力率とは受電した電力の使用効率を現し、通常モーター等の負荷を使用すると、遅れ力率の状態となり電力の無駄が発生する。電力会社との約款には「力率を 85 パーセント以上に保持すること」と記載されている。このため基本料金には 85 パーセントを境に、1 パーセント上回る毎に 1 パーセント割引、1 パーセント下回る毎に 1 パーセント割増しされる仕組みがある。

そこで、建設現場では受電設備に力率を上げる(進める)ためのコンデンサを設置し、強制的に力率を改善する対策が取られるが、改善しすぎによる進み力率の状態になる

事が少なくなく、この場合も電力の無駄が発生する。

そこで電力会社との約款には「軽負荷時に進み力率とならないように調整すること」も記載されており、力率を常時監視できることで、力率改善対策を採りやすくしている。

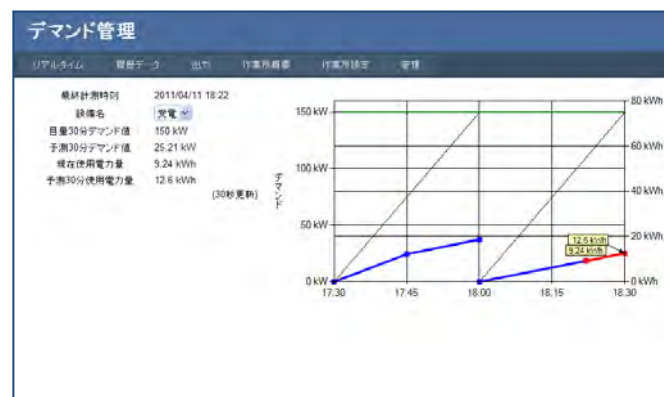


図4 30分最大需要電力(デマンド値)管理画面

図4は基本料金の算定根拠となる、30分最大需要電力の管理画面を表し、これには予定最大需要電力を超えそうな場合に警報メールを送信する機能を有する。

高圧電気Aの契約電力は、当月の最大需要電力値(デマンド値)と前11ヶ月の最大需要電力値のうち、いずれか大きいほうの値が採用される。

最大需要電力は、電力会社が設置するデマンド(30分最大需要電力)計で計測され、この30分最大需要電力を低く抑えることがコスト削減の大きな決め手となる。

これ以外に、図5~8で示すように計測データの各種表示、グラフ化、また報告書形式でのデータ出力機能も有する。

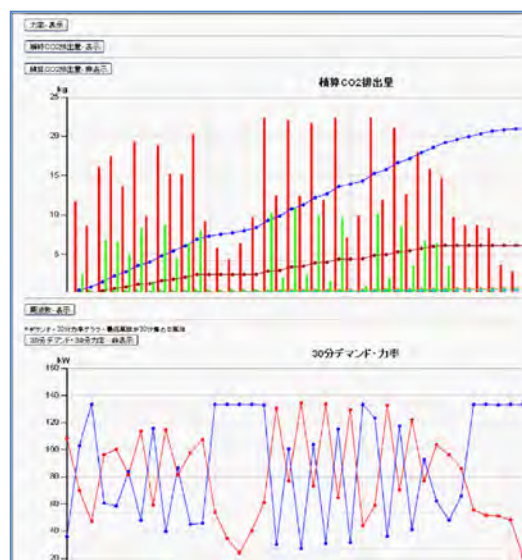


図5 時系列変化確認グラフ(例)

グラフは電力量、CO₂ など 12 項目を表示、また表示
設備 ON/OFF またグループ選択、日/月/年の切替が可能。

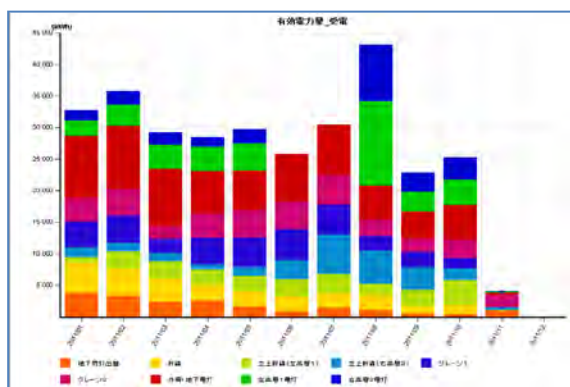


図6 負荷積み上げグラフ(月別表示の例)

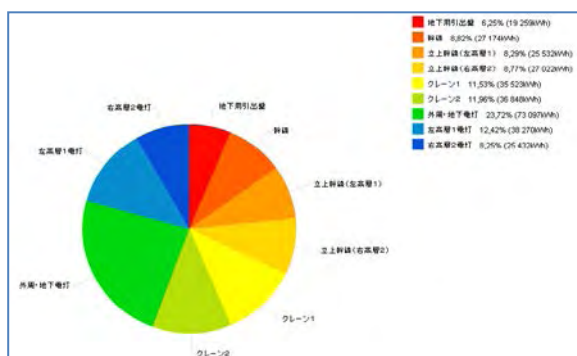


図7 負荷円グラフ(全体に占める割合表示の例)

また計測結果の解析作業を容易とするため、負荷の積み上げ表示や円グラフ(割合)表示機能も有している。

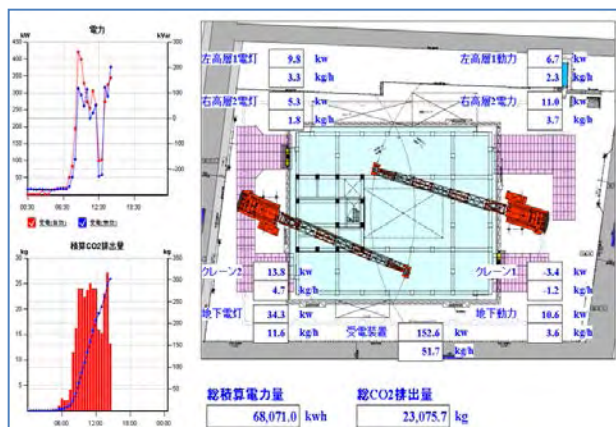


図8 現場俯瞰図による現在データ確認画面

§3. 内燃機関計測

3.1 目的

建設機械のCO₂排出量をリアルタイムに計測・モニタリングするためには、個々の建設機械の排出ガス量を直接計測することが最も正確である。しかし、排出ガス計測機器が非常に高価で装着も難しいため、建設機械のエンジン稼働状況から間接的に計測する方法を検討することとした。

間接的計測方法としては、①燃料消費量-CO₂発生量、②エンジン回転数-CO₂発生量、の2方法が考えられる。

また最近の建設機械では、各社独自の方法で車両データを取り扱っているが、そのデータへのアクセスなどのためのプロトコルの開示はなされていない。

よって当社独自の方法で、建設機械のエンジン回転数をセンシングすることで、CO₂排出量を求める重機モニタリングシステムの開発を行うこととした。

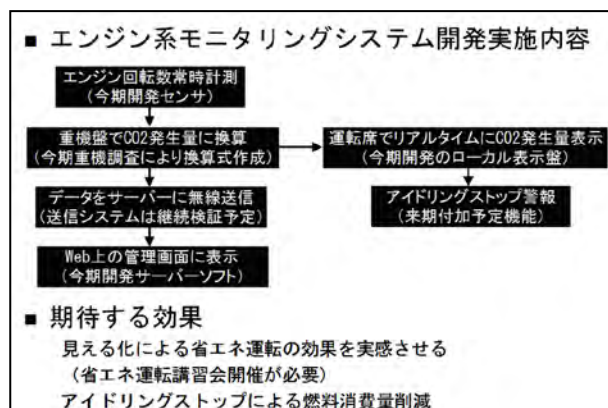


図9 重機モニタリングシステム開発目標

3.2 データ収集対象重機の選定

計測対象はエンジン駆動の汎用建設機械とし、使用実績の多いものとして次の種類があげられる。

- ①油圧ショベル(0.25m³~0.8m³クラス)
- ②油圧ショベル、③ホイールローダ、④ブルドーザ
- ⑤キャリアダンプ、⑥クレーン

今回は開発初期の取組として、作業所へ一定期間以上常駐する建設機械の中で、もっとも使用台数が多いと考えられる①油圧ショベル(0.25m³~0.8m³クラス)を対象とし、データ収集を目標とした。

3.3 重機モニタリング

図10に重機モニタリングシステムの構成を示す。

本システムは、対象となる建設機械にエンジン回転検出器とコントローラを搭載し、計測したエンジン回転数をCO₂排出量にリアルタイムに換算することの特徴としている。またCO₂排出量データは定期的に電力計測システムと同様のサーバに送信するため、各現場の状況を一元的に管理することができる。

さらに運転手自身へ運転状況を知らせるモニターを建設機械運転席に設置し、運転をしながらCO₂発生状況を確認することができ、運転手への運転指示や警報なども可能としている。(写真3)

建設機械のエンジン回転数検出方法については、運転席に表示される回転数の取得方法がメーカーより開示されないことから、外部センサーによる計測が必須であった。しかし都度改造が必要となるようなセンサーの取り付けによる計測は非現実的であるため、よりシンプルな測定方法

が必要と判断した。

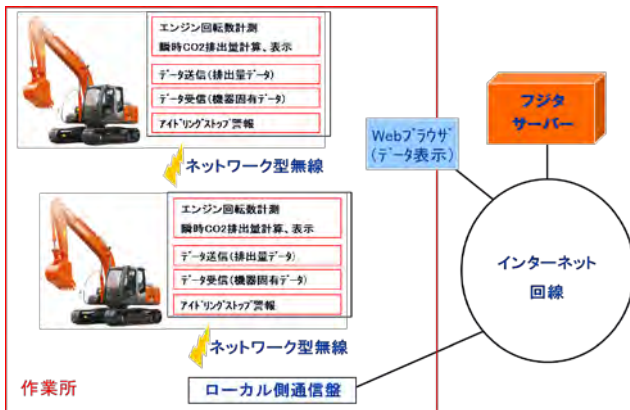


図10 重機モニタリングシステム構成図

このためエンジン回りの改造が不要で、かつ設置が容易なエンジンの回転数計測方法を検討した結果、エンジン補機から発生する信号を検出することで回転数を得る仕組みを開発した。

その他の特徴としてロックレバー位置検知と組み合わせたアイドリング警報機能も有す。



写真3 運転手用表示モニター

運転席のモニターでは、CO₂ 排出状態のリアルタイム表示、排出量のトレンドグラフおよび総排出量（積算値）を運転手自身で確認することができる。

このため運転手へのエコ運転への動機付けや運転目標の管理が容易となる。



写真4 エンジン回転数検出器の設置状況

3.4 CO₂ 排出量計測

先に述べたように、本システムでは建設機械のCO₂ 排出量をエンジン回転数から求める方式を採用することとしたため、各回転数と実際のCO₂ 排出量の相関を得ることが必要となる。

そこで建設現場で最も汎用的に利用されている、コマツ、日立、CATの中から4機種を選定して、実際にエンジン回転数とその時のCO₂ 排出量の相関を各機種毎に計測した。



写真5 CO₂排出量計測状況

計測方法は、以下の通り。

- ①エンジン回転数を最低速度から、1度につき100r.p.mを目安に段階的に上昇させる。
- ②回転数を変えるごとに、CO₂計測器を利用し排出量を実測し、記録する。

CO₂排出量の計測器は以下の通り。

メーカ型式 : テストー testo 350-S

計測範囲 : CO₂ 0 ~ 50vol%

3.5 計測結果

図11に示す通り、今回の実測で各機種毎のCO₂発生量ー回転数の相関(式)が得られた。

この相関(式)をもとにリアルタイムでのCO₂発生量を把握することが可能となる。

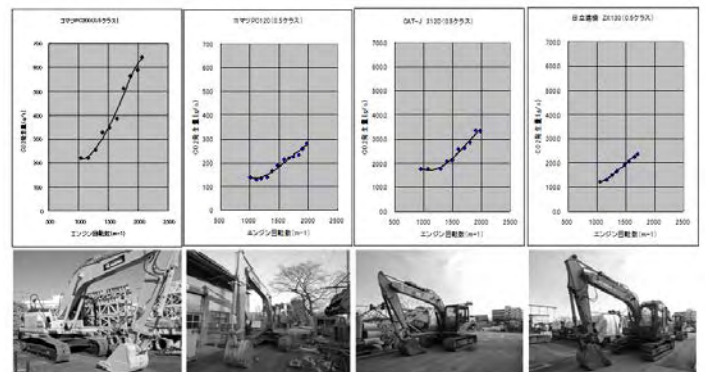


図11 CO₂ー回転数相関結果

§4. CO₂削減手法導入事例

本開発では、CO₂発生量の「見える化」と平行して、発生量の低減の効果検証を行っている。これらの取り組み事例を参考に挙げる。

4.1 再生可能エネルギーの採用

・太陽光発電(建築・土木モデル作業所にて実施)

太陽光発電はコストに問題があったが、近年ではリース物件が充実してきたことに加え、電力会社への売電手続きも簡易になってきたため、作業所への導入効果が増大している。以下、現場事務所の屋根にモニターを設置した例を示す。



・風力発電(土木モデル作業所にて実施)

ずい道工事において、大型ファンで構内の換気を行う場合が多い。このファンが坑外排出する風力を利用して、風力発電を行った。この電力は構内照明電力の補助として活用している。



写真6風力発電導入

写真7水力発電機導入

・水力発電(土木モデル作業所にて実施)

建設工事においては、場内で発生する汚濁水を清浄な水にして放流することが多い。この放流水は、流量が安定している上、場内設備であるため複雑な手続きなしに水力発電機の設置が可能である。そこで小型の水力発電機を放流路に設置して発電を行った。この電力は工事設備の照明等に活用している。

4.2 電力回生(建築・土木モデル作業所にて実施)

地下構造物の建設工事においては、クレーンによる部材の吊降ろし作業が非常に多い。そこで、クレーンの巻上げモーターに電力回生装置を装着し、効果を検証している。事例では、消費電力の30～60%が回生され、省エネに大きく寄与する結果となっている。

4.3 照明省エネ化(建築・土木モデル作業所にて実施)

建設工事においては、作業に必要な照度を得るために相当数の照明機器が使用されている。水銀灯、蛍光灯、投光器などをLED等の省エネ機器に変更するだけで、個々の削減電力は小さいが、数量が多いため大きな効果となっている。

4.4 CO₂削減効果の検証

表1は西浅草PJ(建築)作業所におけるCO₂削減対策効果を纏めたものである。効果量は89t-CO₂であり、この作業所での全工期中に発生する2880t-CO₂(試算)の3%程度であるが、施策期間を拡大させたり、初期の掘削時に重機系の施策(内燃機関計測等)をすることで、一層のCO₂削減が可能になる。

表1 西浅草PJ(建築)作業所でのCO₂削減量

(電力系)	
1. ソーラーパネルにより商用電力を削減	▲0.5 t-CO ₂
2. 仮設照明に省電力機器(蛍光灯・LED)を使用	▲9.2 t-CO ₂
3. 現場詰所で人感センサーより照明器具を制御	▲1.1 t-CO ₂
4. 回生電力型リフトを採用	▲4.5 t-CO ₂
(水系)	
5. ディープウェルの水を再利用(便所洗浄水)	▲0.2 t-CO ₂
(燃料系)	
6. 啓蒙活動(アイドリングストップ、省燃費運転)	▲21.0 t-CO ₂
(その他)	
7. 躯体のPC化(PC柱、PC床スラブ)	▲42.0 t-CO ₂
8. 資材の搬出入の削減(4R活動)	▲10.5 t-CO ₂
	▲89.0 t-CO ₂

§5. おわりに

発電機器や省エネ機器は、当初はコストが合わず導入が見送られる場合が多々あったが、リース品の充実などにより調達コストに問題が少なくなってきたことや、世情の変化により導入の機会が増してきている。

今後は「見える化」システムの導入で、これらの導入効果の検証や、新たな省エネ対象の抽出と対処方法の導入を推し進め、CO₂削減に寄与する所存である。

ひとこと



松原 正人

「見える化」の技術は、現在各分野での必要アイテムである。CO₂計測システム開発をしモデル作業所(建築・土木)で試験導入することでエネルギー消費量を具体的に把握することが出来た。今後、当社導入する作業所を増やすことでより正確なCO₂消費量を把握でき、また省CO₂施策の効果を検証できると考えている。