

優良省エネルギー設備顕彰事例①

新設設備部門 省エネルギーセンター最優秀賞

極寒冷地における排熱回収を利用した 熱回収カスケード型ヒートポンプシステム

設備所有者：よつ葉乳業株式会社 十勝主管工場
設備施工者：株式会社ダイキンアプライドシステムズ

建物の概要

名称：よつ葉乳業(株)十勝主管工場
所在地：北海道河東郡音更町新通
20丁目3番地
概要：建屋 地上3階建
延床面積 約16,253m²
構造 S造
用途 食品工場

1. システム開発の目的とその背景 目的

近年、ヒートポンプシステムは、省エネルギー性、環境性及び経済性から、普及率は年々増加し、更なる高効率化や温水の高温取出しが可能な装置の開発が進んでいる。

しかしながら、寒冷地における暖房システムは、灯油または重油を燃焼させるボイラ等の熱源を利用したシステムが大半を占めている。ヒートポンプが普及されていない理由として、立ち上がりのスピード、低外気における効率の低下と加熱能力の減少、デフロスト時の対応などが挙げられ、これらの問題を解決することがヒートポンプ導入への課題となる。

今回、低炭素環境負荷低減型モデル工場をコンセプトとし、北海道に拠点を置くよつ葉乳業(株)乳製品工場の新築を計画する際、その手法の一つとして、工場内での未利用エネルギーを有効活用し、省エネ及び環境負荷低減を行うこととした。

次項に、計画前での事前調査内容を含め、本システムに至る経緯を記載する。



よつ葉乳業株式会社十勝主管工場 外観

乳製品工場の特徴

乳製品工場新築において、以下の範囲を設計・施工する。

- ①チルド水供給設備
- ②工場空調設備（冷房／暖房）
- ③蒸気供給設備
- ④圧縮空気供給設備
- ⑤清水供給設備
- ⑥給湯設備

これらのうち、①チルド水供給設備は、氷蓄熱ユニットを介して年間を通じて0.0～0.5℃の冷水を、製品冷却用として供給している。冷熱源には水冷式冷凍機を利用している。

②工場空調設備は、夏季冷房用として水冷式又は空冷式冷凍機を、中間期から冬季の暖房には蒸気ボイラによる蒸気を加熱源に利用している。

2. 設備・システムの概要

既存方式

図1に、冬季での既存システムの設備フローを示す。①チルド水供給設備と、②工場空調設備は、それぞれ単独のシステムとなっており、冷凍機によるチルド用冷水供給と、蒸気ボイラによる暖房空調をそれぞれ行っている。空調用冷凍機は冷房専用であり、中間期から冬季の暖房期間は停止している。

冬季の暖房空調は、蒸気ボイラを熱源としているが、暖房で使用する温度は、45～50℃で対応可能である。

一方、チルド用冷凍機は、一年中冷却負荷がある。その冷却工程で冷凍機より発生する排熱は、冬季でも冷却塔より大気中に放熱している。今回、この冬季に放熱されている排熱を暖房用ヒートポンプに利用することに着眼した。

経過

平成21年	設計、仕様検討
平成22年	施工、試運転等
平成23年	引渡し等

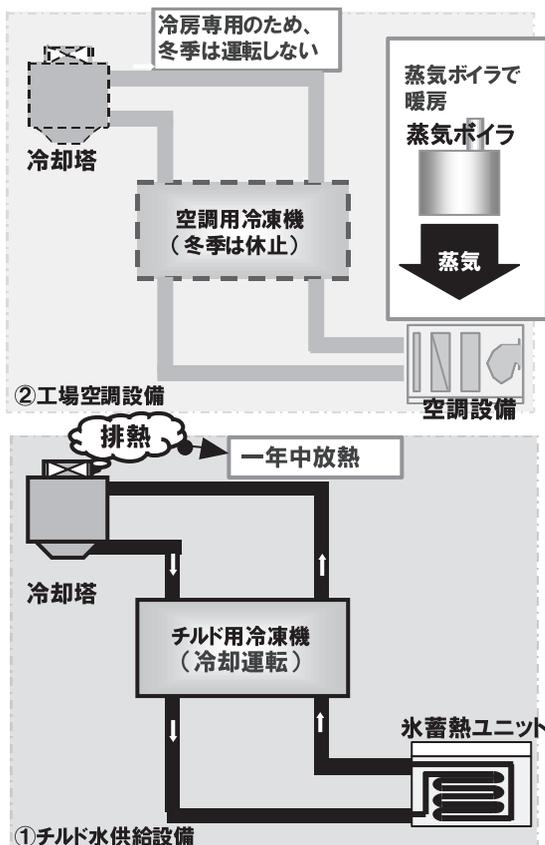


図1 従来の冬季システム

熱回収カスケード型ヒートポンプシステム

今回開発した冬季におけるシステムフローを図2に示す。既存方式ではそれぞれ単独での構成となっていた工場空調設備とチルド水供給設備を連携したシステムとし、冷却塔で放熱していた冷却排熱を空調用冷凍機の冷却側に利用することで、ヒートポンプで温ブラインをつくり暖房を行う。従来棄てていた未利用エネルギーを有効活用することで、ヒートポンプを利用した効率の良い設備としている。結果、蒸気量を減らすことができ、CO₂発生量を抑えることを可能とする。

主要機器

- ・空調用冷凍機×2台
冷房能力453kW/台 暖房能力 578kW/台
- ・チルド用冷凍機×3台
冷却能力328kW/台
- ・水蓄熱ユニット×3基
蓄熱量 2,816kWh/基
- ・密閉式冷却塔、温ブラインタンク、熱交換器類、ポンプ類、制御機器類等一式

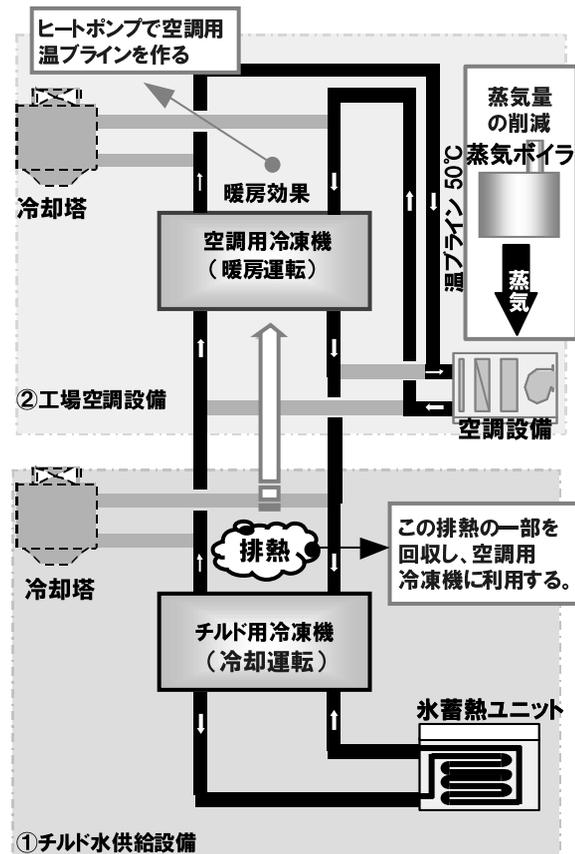


図2 本システムの概要 (冬季)

3. 着想

排熱の利用

-25℃の極寒冷地においてヒートポンプシステムによる安定した暖房を行うためには、外気以外の熱利用が必要となる。本件では、冬季も安定した発生量があるプロセス冷却での排熱利用に着目した。今回、暖房用のヒートポンプ熱源には配管経路をチルド用冷凍機へ切替ることで、空調用冷凍機を対応させた。これにより、空調用冷凍機は年間を通した利用が可能となる。

チルド水供給設備からの冷却排熱の変動に対して、空調用冷凍機のヒートポンプ運転による暖房運転を対応させるために、余剰排熱を冷却塔で放熱させ、排熱量不足の対策として、バックアップ用の蒸気熱交換器を組み合わせている。

冷却排熱と空調用冷凍機における熱の収支の実測データを図3に示す。

チルド水供給設備からの排熱の一部が、空調用冷凍機で回収され、余剰排熱分を冷却塔で放熱している。

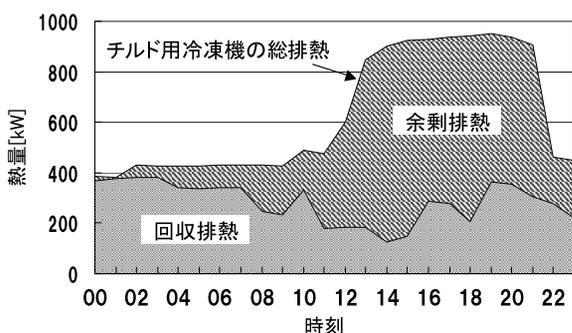


図3 回収排熱と余剰熱量の収支
(H24年3月1日データ)

4. 効果 (省エネルギー)

省エネルギー効果を表1に示す。①、②は導入前の計画値を示し、④は3月～11月までの実測データと、暖房運転の3月、4月、11月データを元に想定した1月、2月、12月を表したものである。また、③既存方式は④と同じ負荷とした場合で算出している。

実測負荷の比較③と④において、[CO₂発生量：70%、エネルギー費：74%]は、計画時の[CO₂発生量：60%、エネルギー費：63%]に対して、10%程度低い値を示しているが、稼働率が上が

れば、計画値に近い効果が見込めるであろう。

5. 投資回収 (省マネー)

【導入後想定値】

A：本設備の施工費

※従来設備と本設備との差額

=50,000千円

B：年間削減エネルギー費用 (実測)

=49,906千円-36,961千円/年

=12,945千円/年 (表1より)

投資回収年数 (A/B) は、3.9年となる。

6. 他の建物への応用性

乳製品工場に限らず食品工場の製造工程は、加熱と冷却が必要であり、加熱には蒸気ボイラが多く採用されている。近年ヒートポンプによる高温取出しが可能な機器が普及してきたことで、ヒートポンプ利用による温度帯が広がり、温水への転換によるシステム構築は容易になりつつある。ただし、安定した冷却熱の有無と、その投資対効果が問題となってくる。

本システムでは、未利用エネルギーであった中温排熱 (20～30℃) を利用し、ヒートポンプで高温化 (50℃) している。ヒートポンプ機器の利用による高効率化だけでなく、工場の排熱を利用するシステムを取り込む事により、更なる省エネルギー化が可能となる。また冬季に冷凍機を停止させること無く、年間稼働させている点においても、投資対効果は向上する。

以上より、食品工場においては極寒冷地に限らず、本方式でのヒートポンプが数多く使用されることが可能である。また暖房空調に限らず、製品プロセスでの加熱用途に広げるとさらにその範囲拡大に繋がる。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

特許出願及び申請済み

2001-304618号

排熱回収を利用したヒートポンプシステム

8. 環境保全、便利性等

【導入前CO₂削減量 (計画値)】 (図4)

3,488ton-CO₂/年-2,104ton-CO₂/年

表1 省エネルギー効果

2012年	項目	単位	計画時効果比較				実測値による効果比較			
			①既存方式 (計画値)		②今回方式 (計画値)		③既存方式 (推定値)		④今回方式 (2012年実測値)	
						②/①	※			④/③
3月 (暖房)	電力量	MWh/月	223	100%	315	141%	159	100%	246	155%
	蒸気量	ton/月	1,301	100%	212	16%	425	100%	44	10%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	370	100%	195	53%	163	100%	128	79%
	エネルギー費	千円/月	8,639	100%	4,890	57%	3,899	100%	3,278	84%
4月 (暖房)	電力量	MWh/月	216	100%	305	141%	173	100%	235	136%
	蒸気量	ton/月	1,127	100%	79	7%	257	100%	5	2%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	332	100%	164	49%	136	100%	115	85%
	エネルギー費	千円/月	7,766	100%	4,164	54%	3,318	100%	2,957	89%
5月 (暖房/冷房)	電力量	MWh/月	246	100%	244	99%	188	100%	219	117%
	蒸気量	ton/月	532	100%	0	0%	34	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	226	100%	118	52%	98	100%	106	108%
	エネルギー費	千円/月	5,467	100%	3,050	56%	2,505	100%	2,742	109%
6月 (冷房)	電力量	MWh/月	289	100%	197	68%	196	100%	223	114%
	蒸気量	ton/月	0	100%	0	0%	0	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	140	100%	95	68%	95	100%	108	114%
	エネルギー費	千円/月	3,611	100%	2,460	68%	2,445	100%	2,782	114%
7月 (冷房)	電力量	MWh/月	338	100%	248	73%	245	100%	252	103%
	蒸気量	ton/月	0	100%	0	0%	0	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	164	100%	120	73%	119	100%	122	103%
	エネルギー費	千円/月	4,224	100%	3,098	73%	3,067	100%	3,146	103%
8月 (冷房)	電力量	MWh/月	341	100%	250	73%	275	100%	280	102%
	蒸気量	ton/月	0	100%	0	0%	0	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	166	100%	121	73%	133	100%	136	102%
	エネルギー費	千円/月	4,269	100%	3,122	73%	3,432	100%	3,506	102%
9月 (冷房)	電力量	MWh/月	282	100%	261	93%	225	100%	260	115%
	蒸気量	ton/月	408	100%	0	0%	0	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	219	100%	126	58%	109	100%	126	115%
	エネルギー費	千円/月	5,354	100%	3,257	61%	2,818	100%	3,254	115%
10月 (冷房/暖房)	電力量	MWh/月	223	100%	304	136%	172	100%	217	126%
	蒸気量	ton/月	1,029	100%	0	0%	0	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	315	100%	147	47%	83	100%	105	126%
	エネルギー費	千円/月	7,415	100%	3,799	51%	2,147	100%	2,712	126%
11月 (暖房)	電力量	MWh/月	216	100%	305	141%	160	100%	230	144%
	蒸気量	ton/月	1,226	100%	175	14%	237	100%	0	0%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	352	100%	183	52%	125	100%	112	89%
	エネルギー費	千円/月	8,214	100%	4,593	56%	3,063	100%	2,875	94%
1, 2, 12月 (暖房) ≪想定値≫	電力量	MWh/月	647	100%	914	141%	486	100%	703	145%
	蒸気量	ton/月	4,412	100%	1,933	44%	3,807	100%	204	5%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /月	1,203	100%	833	69%	1,003	100%	382	38%
	エネルギー費	千円/月	27,945	100%	20,121	72%	23,213	100%	9,709	42%
年間	電力量	MWh/年	3,020	100%	3,341	111%	2,279	100%	2,866	126%
	蒸気量	ton/年	10,034	100%	2,399	24%	4,760	100%	253	5%
	CO ₂ 発生量	ton-CO ₂ /年	3,488	100%	2,104	60%	2,065	100%	1,441	70%
	エネルギー費	千円/年	82,903	100%	52,555	63%	49,906	100%	36,961	74%

※③既存方式(推定値)の算出(実測データ④からエネルギー使用量を逆算した。)

電力量③ = 実測負荷(チルド及び冷房)を既存方式でのチルド供給設備及び工場空調設備のCOPより算出

蒸気量③ = 実測暖房負荷を蒸気に対応した場合で算出

注記) CO₂ 排出量単位

電気: 0.485ton-CO₂/MWh (北海道電力2011年度実績値)

蒸気: 0.2016ton-CO₂/ton (水80℃⇒蒸気1.3MPaのエンタルピー差[2,449kJ/kg]) / (ボイラ効率0.87)

× (C重油のCO₂発生量0.0716kg-CO₂/MJ) / 1,000

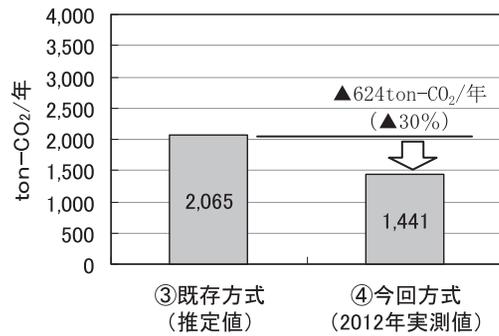
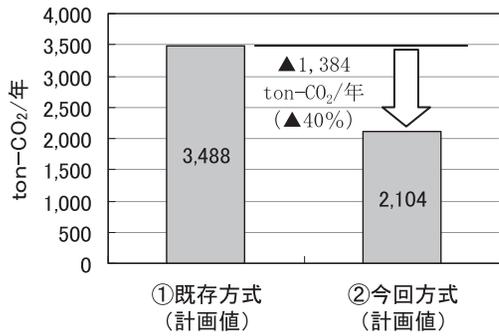


図4 CO₂発生量比較

$=1,384\text{ton-CO}_2/\text{年}$ (▲40%)
 【導入後CO₂削減量 (実測値からの想定)】
 $2,065\text{ton-CO}_2/\text{年} - 1,441\text{ton-CO}_2/\text{年}$
 $=624\text{ton-CO}_2/\text{年}$ (▲30%)

9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

開発した暖房運転時におけるシステムフローを図5に示す。

(1) 系内密閉サイクル

暖房運転において、熱交換器を使わずに、空調用冷凍機の冷ラインとチルド水供給設備の冷却ラインをミキシングさせることで、熱ロスを出さないようにしている。そのため、冷温ライン・冷却ライン配管系統は同一系密閉サイクルとしている。また、密閉方式のその他の利点とし

て、系内使用流体が空気に触れることが無い為、ラインに汚れが発生せず、プレート内部の汚れや、ゴミ詰まりが無く、熱媒体系はほぼメンテナンスフリーである。

(2) 空調用冷温ラインとチルド水供給設備の冷却水の流路切替

空調用冷ラインヘッダと温ブラインタンク(冷却ブラインタンク)の出入口に自動バルブを設置し、冷房運転-暖房運転で開閉動作を逆転させ、流路を切り替えている。冷房時は冷ラインヘッダから冷ラインを空調機へ供給する空調用系統になり、温ブラインタンクは冷却ブラインタンクとなる。暖房時においては、冷ラインヘッダがチルド水供給設備からの冷却ライン系統に繋がり、温ブラインタンクは50℃の空調温ブラインタンクとなる。

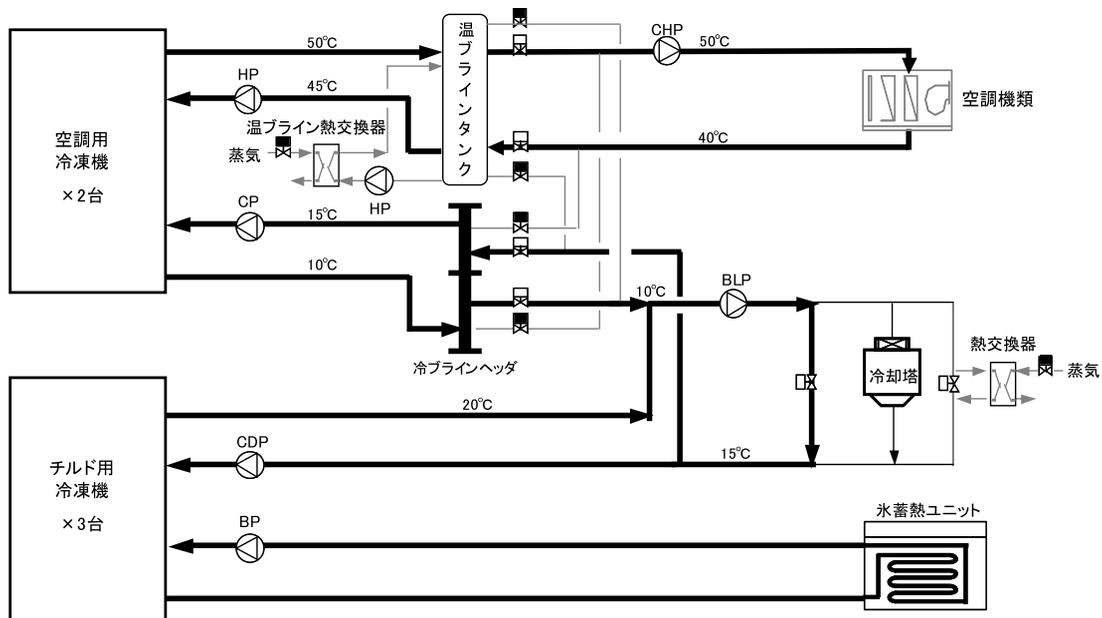


図5 暖房時におけるシステムフロー

(3) 温水の大温度差設計

暖房時、既存の蒸気利用による暖房空調から、温水供給に変更しているため、ポンプの搬送動力の増加が発生する。これらを最小限にするため、10℃の大温度差設計として暖房時の搬送動力の低減化を図っている。暖房時の実運転データでの温度差は、図6に示すように、平均10.8℃で推移している。

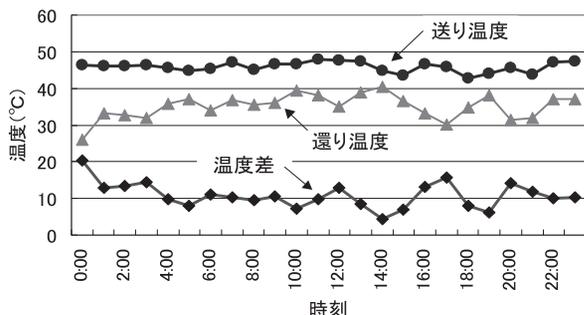


図6 暖房時の空調用温ライン温度 (H24年3月1日データ)

10. 市販性、販売状況、適用市場の大きさ、競合品又はシステムの比較、販売実績(国内、外)等 食品工場のほとんどで、一年中冷却負荷があり、未利用エネルギーが棄てられている。この市場におけるヒートポンプの需要は、寒冷地である北海道の食品工場において実績が残せたことにより、全国への拡大につながり、環境負荷の低減に大きく貢献することができる。

11. 外観、構造図



図7 熱源設備全体写真

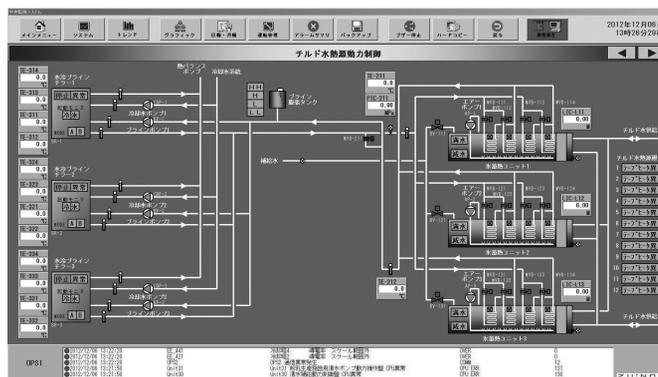


図8 チルド水供給設備 監視画面

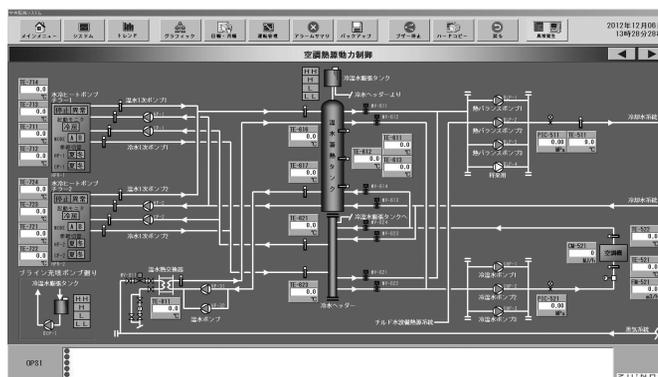


図9 工場空調設備 監視画面

優良省エネルギー設備顕彰事例③

改修設備部門 一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会会長環境特別賞

蒸気機関車排煙公害対策用除塵減臭装置

設備所有者：西日本旅客鉄道株式会社〔下関総合車両所新山口支所〕

設備施工者：株式会社ジェイアール西日本テクノス／株式会社東洋製作所

建物の概要

名称 西日本旅客鉄道株式会社

①梅小路運転区

②新山口支所

所在地 ①京都市下京区観喜寺町

②山口市小郡下郷124

1. 技術開発の目的と経過

目的：蒸気機関車の排煙、臭気を排除する

経過：平成19年：JR西日本テクノス殿より依頼あり、検討開始

平成19年：除塵量、臭気調査実施、基本機器設計

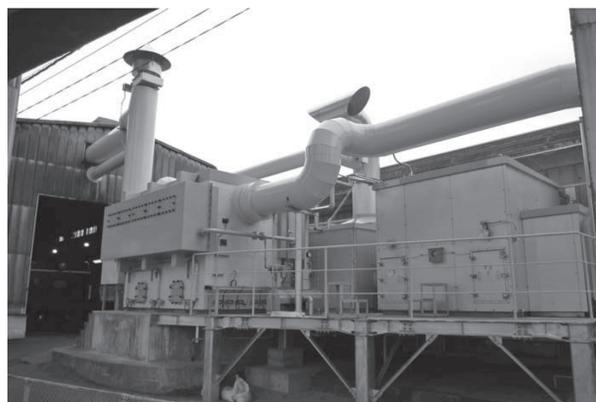
平成22年：実施設計開始、平成24年2～3月試運転 3月引渡し

2. 設備・システムの概要

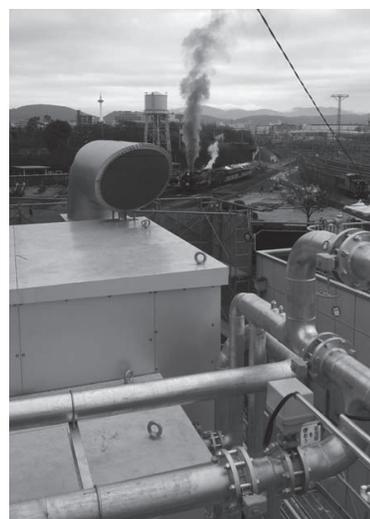
JR西日本新山口支所車両整備場においてSL山口号整備時に出る排煙を既存湿式設備にて対策も、除塵機能が悪く公害、下水汚染までも発生し近隣住民より苦情があり、対策を行う。また、京都梅小路運転区蒸気機関車博物館においても、文化施設として同様の環境保全が出来る設備を設置する。

上記条件を解決するため、山口市や京都市の環境保全基準に沿った耐火性乾式除塵フィルター及び減臭設備を複合的な装置として開発、設置した。

外観写真



新山口支所にて
左のSL仕業庫から中央の乾式除塵装置、右の減臭装置へ導入される。



京都梅小路運転区蒸気機関車博物館にて
中央奥は走行中の蒸気機関車、中央左の排気口からは処理された排ガスを排気中。

3. 着想

蒸気機関車から出る煙及び臭気は走行中外気により流れ、拡散するため環境破壊にまでならないが、整備中は停車状態で排気、臭気とも停滞し公害となる。排気温度は概80～230℃となるが、保火保持のため石炭投入時は火花が含まれた状態で排気される（走行中は火花排気防止装置が煙突についている）。今回特に排水汚染も発生していたため乾式との要望があり、火災防止上バグフィルター等繊維系や化学系フィルターは避け、耐熱耐火性の高いセラミックフィルターと減臭効果の高い吸着式脱臭フィルターを組合せた設備を開発納入することとした。

4. 効果（省エネルギー）

装置稼働時間

新山口支所車両整備場 年間約1600Hr

梅小路運転区蒸気機関車博物館 年間約7000Hr

設備設計条件

新山口支所車両整備場 ばい塵量 設備入口 平均0.51g/Nm³以下

設備出口 50mg/Nm³以下

臭気指数 敷地境界線で、臭気指数10以下

梅小路運転区蒸気機関車博物館 ばい塵量 設備入口 平均0.65g/Nm³以下

設備出口 50mg/Nm³以下

臭気指数 設備出口で、臭気指数20以下。敷地境界線で10以下

ばい塵量測定結果

新山口支所車両整備場 設備入口 0.070g/Nm³ 設備出口 2 mg/Nm³未満

梅小路運転区蒸気機関車博物館 設備入口 0.61g/Nm³ 設備出口 1 mg/Nm³未満

臭気指数測定結果

新山口支所車両整備場 設備出口 臭気指数 27 敷地境界線 10未満

梅小路運転区蒸気機関車博物館 設備出口 臭気指数 16 敷地境界線 10未満

5. 投資回収（省マネー）

（新山口SL山口号効果試算例）

SL稼働時間は年間1575時間（春休み、ゴールデンウィーク、夏休み中心）となり既存の湿式フィルター方式で除塵を行う場合フィルター性能上、フィルター交換は約150時間ごとに実施され、年間で約10回の交換作業が発生していた。本設備のセラミックフィルターは計画値では10年間交換不要で水による洗浄もないため基本的に水使用量は脱臭処理ガス冷却用タワーの水消化分のみとなり、フィルター交換費用＋水使用量の大幅な削減が可能となった。京都梅小路は連日運行となり運転日数が毎日となる為さらに大幅なメンテナンス費用の削減となる。また、除塵減臭性能が97～98%と大幅に改善されたため環境汚染、大気汚染の問題もクリアされた。

6. 他の建物への応用性

本設備は蒸気機関車だけでなく、板金塗装工場、ディーゼルエンジン排ガス対策、各種焼却設備等の除塵減臭設備、耐火高温使用のため鋳鉄工場や精錬工場等の環境整備装置としての活用も可能である。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

添付“システムフロー図”参照。(P.17)

8. 環境保全、便利性等

煤塵量

入口 平均 0.51g/Nm³以下 設備出口 50mg/Nm³以下

臭気指数

敷地境界線で、臭気指数10以下

蒸気機関車排煙公害対策用除塵減臭装置設備比較

●新山口支所車両整備場

項目	既存設備	新設設備	環境改善率 (%)
装置方式	湿式 (散水除塵方式)	乾式 (乾式ろ過方式)	—
処理風量 (Nm ³ /min)	117	198	—
煤塵量 (g/m ³)	0.043 (推測)	0.002 未満	95.3
臭気指数	54 (推測)	27	50
使用水量 (ℓ/min)	33	15 (冷却塔補給用)	—
排気ブロー電動機出力 (kW)	30	45	—
冷却塔	—	60RT・1.1kW	—
冷却水ポンプ能力	—	570ℓ/min・5.5kW	—
排水ポンプ能力	10ℓ/min・2.2kW	—	—

●新山口支所水道料金概算ランニングコスト比較

項目	既存設備	新設設備
使用量 (ℓ/min)	33	15
稼働率 (%)	1	0.5
使用量合計 (m ³ /H)	1.98	0.45
水道料金単価 (円/m ³)	210	210
年間稼働時間 (H/年)	1,575	630
ランニングコスト (円/年)	654,885	59,535

●梅小路運転区

項目	既存設備	新設設備
装置方式	湿式 (散水除塵方式)	乾式 (乾式ろ過方式)
処理風量 (Nm ³ /min)	装置破損により不明	326
煤塵量 (g/m ³)	〃	0.001 未満
臭気指数	〃	16
使用水量 (ℓ/min)	〃	25 (冷却塔補給用)
排気ブロー電動機出力 (kW)	〃	75
冷却塔 (冷却能力: トン)	—	163
冷却水ポンプ能力	—	1920ℓ/min・15kW
排水ポンプ能力	装置破損により不明	—

9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

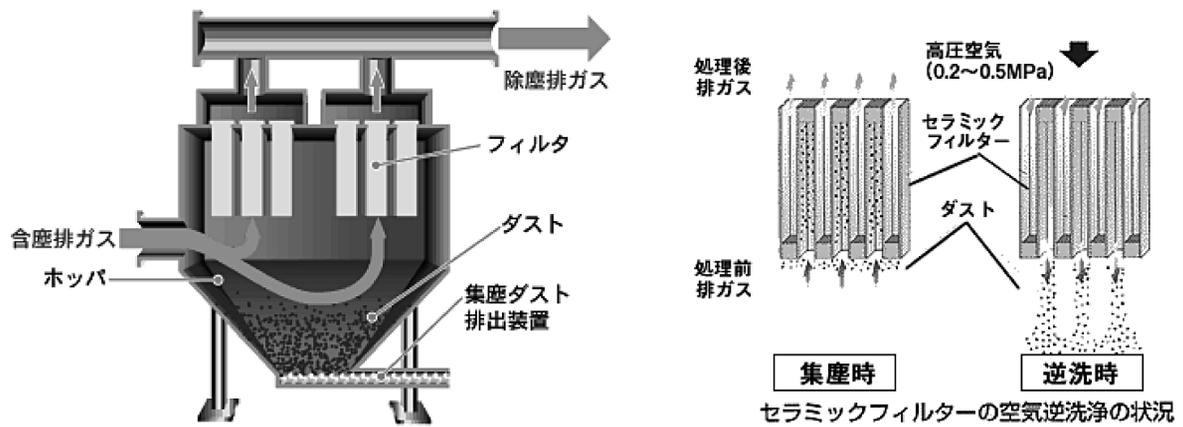
セラミックシステムの特徴

独自のセラミック技術により、ハニカムセラミックスを応用した高温ガス集塵装置です。

セラミックフィルターを組み込んだ集塵システムであるので、コンパクトで集塵効率が高く、火災の心配がない乾式システムとなります。

1. フィルター火災無し
 - フィルター耐熱温度900℃。耐熱衝撃性が高い。
2. コンパクト
 - ハニカム形状フィルターの為、バグフィルターの1/4~1/2の設置スペース。
3. 高集塵効率
 - ダスト集塵効率99%以上可能。
4. ロングライフ
 - フィルターは耐蝕性に優れ、交換頻度5年以上
5. パルス式逆洗方式により一定差圧を確保

【イメージ図】



減臭フィルター

硫化物・窒素酸化物に対応した吸着剤をカートリッジにし、そのカートリッジを組み合わせ、ユニット化した減臭システムである。



10. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

集塵装置比較

		セラレック®システム	バグフィルター	電気集塵機 (EP)	備考
捕集原理		乾式ろ過	乾式ろ過	静電気	
性能例	圧力損失 (kPa)	～ 1.5	～ 1.5	～ 1.0	セラレック®は微細ダクトの高効率集塵及び集塵負荷変動への追従性で優位。
	ろ過流速 (m/min)	～ 1.0	～ 1.0	～ 60	
	分離限界径 (μ)	0.1 以下	0.5	0.2	
	集塵負荷 (g·Nm ³)	～ 40	～ 40	～ 20	
	集塵効率 (%)	99 ～	99	95	
耐熱性 (°C)	～ 900	～ 250	～ 400		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ろ材の耐久性長い 耐熱、耐蝕性良好 	<ul style="list-style-type: none"> ろ布の網目へのブリッジ作用 →目詰まりトラブル 火の粉対策 (炉布の耐熱性) 	<ul style="list-style-type: none"> 煤塵の電気抵抗により捕集率が左右される 火花放電→粉塵爆発 	セラレック®は耐熱及び耐久性で優位。	
集塵部容積比率	1/5	1	1/2	セラレック®はコンパクト、設置面積少。	
集塵部設備費	中	中	高		
ランニングコスト	低	中	中	セラレック®は高強度、長寿命。	
メンテナンスコスト	低	高 (バグ寿命)	中 (電極の汚れ、腐食による交換要)		
総合	<ul style="list-style-type: none"> 高効率、微細ダクト高温集塵に適用可。 装置がコンパクト。 集塵性能、圧力損失の安定性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> 排気で目視できない集塵率は確保できる。 装置容積は大であるが設備費は比較的安価。 バグ交換費用がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> 設備費が大である。 比較的高温の大容量分野に適するが、高ダスト系、高効率集塵分野は不可。 		

優良省エネルギー設備顕彰事例②

運転・保守管理部門 一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

大規模オフィスビルの中央監視設備、 見える化システムによる省エネルギー

設備所有者：キヤノンマーケティングジャパン株式会社〔キヤノンSタワー〕
設備施工者：株式会社 大林組

建物の概要

名称 キヤノンSタワー
所在地 東京都港区港南2-16-6
概要 建家 地上29階 地下4階
延床面積 59,448.9m²
構造 SRC造
用途 事務所、展示場、飲食店、物販店舗、
駐車場



建物外観

1. 技術開発の目的と経過

目的：運用による省エネにより、2012年度までに25%
削減目標（2004年比）

経過：平成23年（見える化システム導入）

運用による省エネを目的とした。2010年1月1日
制定した「エネルギー管理標準」の中で、2012年ま
でに2004年比で25%削減すると明文化し取り組みを具体化している。

エネルギー削減量および経済性、省CO₂効果を以下に示す。

経過1；2008年～2010年の3年間

2010年に2012年までで25%削減（2004年比）目標を制定した。

- エネルギー原単位（m²原単位）；1,835MJ/m²（2007年）⇒1,395MJ/m²（2010年） 24.0%削減
- 省エネメリット；1億100万円のコストダウン

経過2；2011年

2011年に“見える化システム”の導入を行った。

- エネルギー原単位（m²原単位）；1,395MJ/m²⇒1,099MJ/m²（2011年） 21.2%削減
- 省エネメリット；6,900万円のコストダウン

経過まとめ；2008年～2011年の4年間

2011年に40.1%削減（2007年比）（2004年比で43.6%削減）を達成し、削減目標を大きく上回った。

- エネルギー原単位（m²原単位）；1,835MJ/m²⇒1,099MJ/m²（2011年） 40.1%削減
- 省エネメリット；1億7000万円のコストダウン

2. 設備・システムの概要

キャノンSタワーは、中央監視装置では、エネルギーの計測ポイントが低層・中層・高層の3ポイントであった。社員が節電・省エネを行ってもその結果をフィードバックする事ができなかった。2011年1月から執務フロアである10階から26階までのオフィスに電力モニターを設置し、サーバーにデータを集め、社内のイントラ経由で社員個人々のPCからそのデータがみえるようにした。

見える化の対象は、分電盤の回路毎に“空調”“照明”“コンセント”系統である。

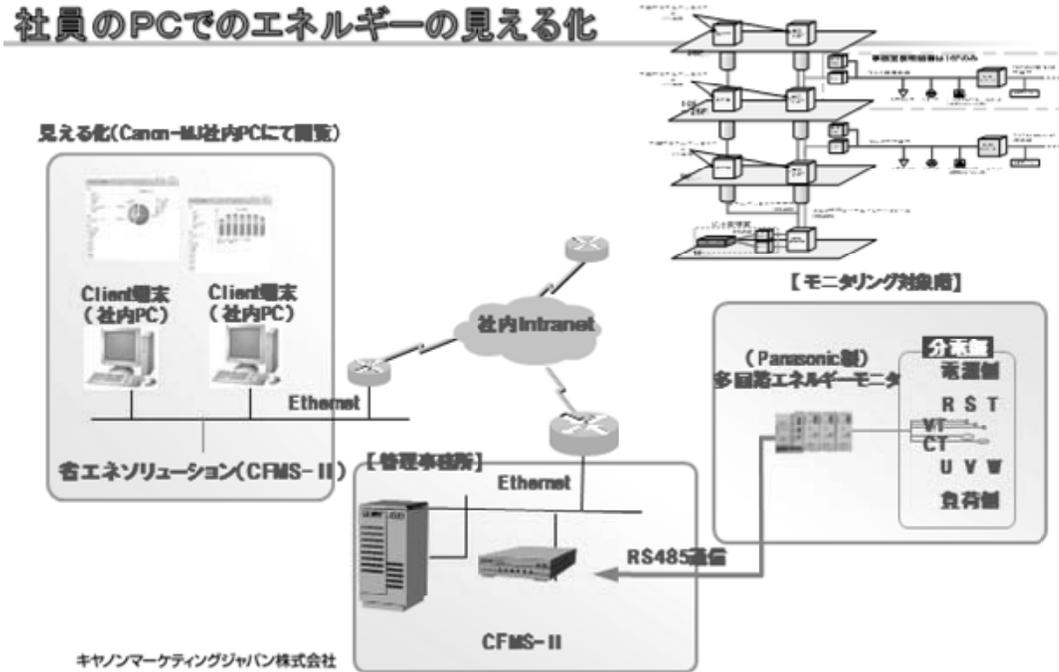


図1 電力の見える化システム

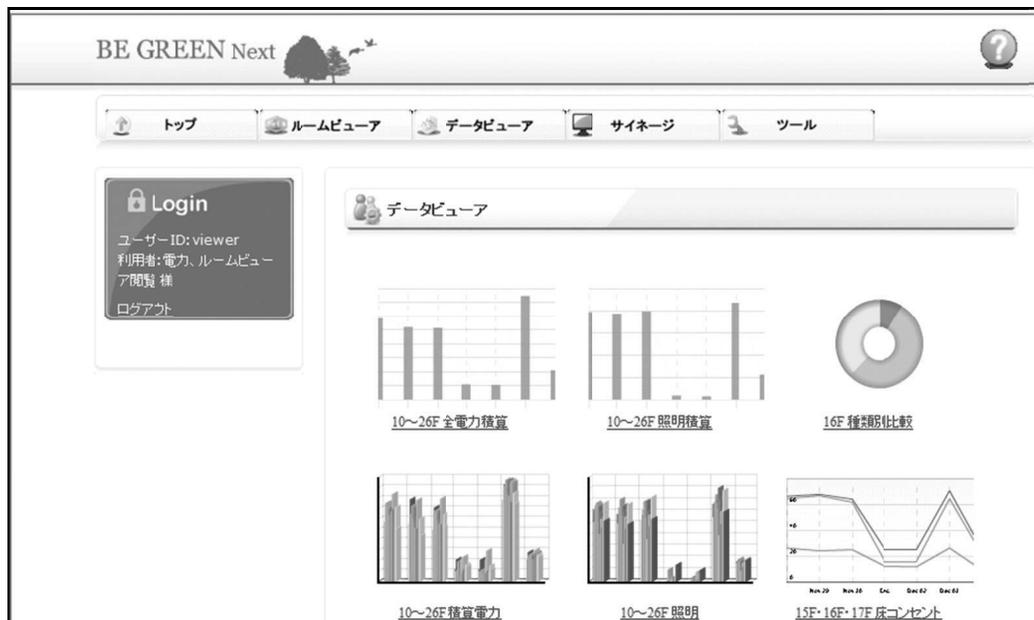


図2 電力の見える化システム画面

3. 着想

キヤノンSタワーは、竣工1年目で、一般ビルと比較して10.7%省エネビルであり（Sタワーの2004年の一次エネルギー使用量1,947MJ/年と当時の統計ベンチマーク（平均値）比）、「キヤノンSタワーは省エネビルなので、乾いた雑巾をしぼっても何も出てこない」と認識されていた。

しかし、“運用による省エネ”を2008年から開始し、ビルオーナーとビル管理者が一体となり『まず、できる事からやってみた』。例えば「現場を目で見て現状をチェック、表や一覧を作成し全員で共有」、
「今、自分ができる事を行う」など、表や一覧にしてビルオーナーとビル管理会社とで共有することからスタートした。

2011年は、震災を契機に「エネルギーの見える化」と「全員参加型の節電・省エネ」の推進により、更にエネルギー使用量を40.1%削減(2007年比)。竣工当時から1次エネルギー使用量を43.6%削減(2004年比)、もともとのビルの省エネ性能を足すと54.3%削減、2億3千万円のコスト削減を実現し、節電要請への応答、地球温暖化防止だけでなく大きな経営貢献に資する事が出来た。

4. 効果（省エネルギー）

使用・運転・計算等 条件

一次エネルギー原単位は下記とした。

(※原則、特記なき限りは、改正省エネ法（経済産業省）、環境確保条例（東京都）に定められた原単位に基づく)

電気 0.00976GJ/kWh

(2007年までは0.00997GJ/kWh)

DHC（冷水） 1GJ/GJ

DHC（蒸気） 2.478GJ/m³（品川エネルギーサービス(株)より)

その他は下記とした。

延床面積 59,448.9m²

(1) 年次推移

①一次エネルギー消費量

Sタワーは、2003年4月竣工のため、データは2004年からとする。

2011年に、運用による省エネによる成果として2004年比で43.6%削減を達成した。

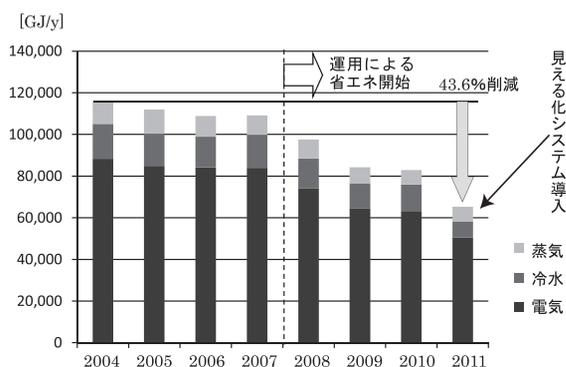


図3 一次エネルギー量の推移

表1 各エネルギーデータ

年	電気 GJ	冷水 GJ	蒸気 GJ	合計 GJ	原単位 MJ/m ²	2004年比 %
2004	88,278	16,772	10,698	115,748	1,947	100.0
2005	84,892	15,418	11,641	111,950	1,883	96.7
2006	84,265	14,660	9,939	108,864	1,831	94.1
2007	83,967	15,913	9,232	109,113	1,835	94.3
2008	74,200	14,203	9,187	97,590	1,642	84.3
2009	64,399	12,203	7,659	84,261	1,417	72.8
2010	63,206	12,664	7,033	82,904	1,395	71.6
2011	50,470	7,801	7,047	65,318	1,099	56.4

②最大需要電力

2011年に、運用による省エネによる成果として2004年比で26%削減を達成した。

デマンドコントロールの運用手順として以下とした。

1. BEMSに閾値を設けアラームを鳴らすようにした。
2. アラームが鳴ったらOFFにする電気設備の順番を設定した。
3. 閾値に達した場合でも、5分以内で収まればそのままにしておく、15分以上であれば館内放送を流し、室内の照明⇒空調と切っていく。
4. BEMSの数値を毎日読みとりピーク電力のトレンドを作成し、関係者には毎日、一般社員には社内イントラで毎週告知した。指定電力（電気事業法27条（更に15%カット）； $1,921\text{kW} \times 0.85 = 1,633\text{kW}$ ）の95%に達したら館内放送を流し、事務所内の照明・空調を切る事を予めアナウンスした（指定電力は、1時間毎の最大値に基づく）。

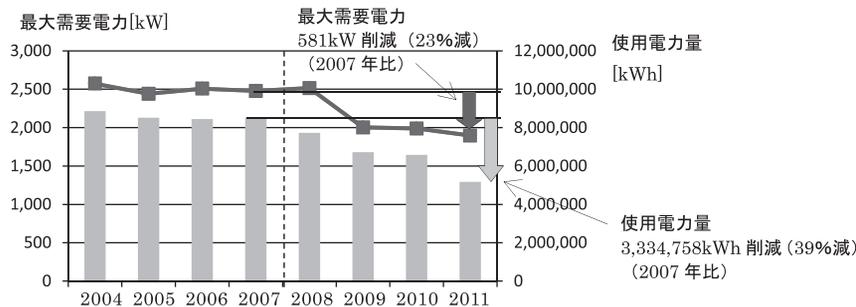


図4 使用電気量と最大需要電力の推移

表2 使用電気量と最大需要電力、契約電力

	契約電力 kW	最大需要電力 kW	使用電力量 kWh	最大需要電力 %	使用電力量 %	最大需要電力原単位 W/m ²
2004	2,700	2,573	8,854,363	100	100	43.3
2005	2,700	2,440	8,514,747	95	96	41.0
2006	2,450	2,507	8,452,511	97	95	42.2
2007	2,450	2,477	8,505,912	96	96	41.7
2008	2,514	2,514	7,726,101	98	87	42.3
2009	2,188	2,002	6,717,273	78	76	33.7
2010	2,008	1,988	6,587,188	77	74	33.4
2011	2,008	1,896	5,171,154	74	58	31.9

※本表の最大需要電力は、30分毎の最大値に基づく

(2) 東京都の大規模事業所との原単位比較

Sタワーは、東京都の地球温暖化対策計画書制度に該当する。

2011年の電気、冷水、蒸気の一次エネルギー量合計は、 $1,099\text{MJ}/\text{m}^2$ であった。

東京都の地球温暖化対策計画書制度に該当する事務所用途145件の原単位は、 $2,369\text{MJ}/\text{m}^2$ であるので、Sタワーは、東京都の大規模事業所と比較して、46%となり、54%減となる。

5. 投資回収（省マネー）

2008年から2010年の3年間で、設備投資をせず運用面の改善だけで取組み、1次エネルギーの使用量を3年間で24%削減（2007年比）し、1億100万円のコストダウンを実現した。電力の見える化システムの初期費用約3,000万円を、単純回収年数約0.3年で回収出来る試算となる。

6. 他の建物への応用性

同規模で、地域性が同類である東京都の大規模事業所に該当する約1,300棟への展開は可能大である。東京都の報告書制度での、エネルギーベンチマークによる比較検証が出来る。

7. 環境保全、便利性等

CO₂、NO_x、SO_x等の排出抑制、取扱易さ、応用性等

CO₂排出削減量

2008年から2011年までの総削減量（2007年比）は下記となる。

（環境確保条例（東京都）に定められた原単位に基づく）

電気（昼間、夜間とも） 0.386kg-CO₂/kWh

DHC 67kg-CO₂/GJ

・電気量削減（2008～2011年の合計）

2011年 (8,505,912-5,171,154) kWh×0.386kg-CO₂/kWh=1,287t

2010年 (8,505,912-6,587,188) kWh×0.386kg-CO₂/kWh=740t

2009年 (8,505,912-6,717,273) kWh×0.386kg-CO₂/kWh=690t

2008年 (8,505,912-7,726,101) kWh×0.386 kg-CO₂/kWh=301t

合計 3,018t

・DHC使用量削減（2008～2011年の合計）

2011年 冷水 (15,913-7,801) + 蒸気 (9,232-7,047) GJ×67kg-CO₂/GJ=690t

2010年 冷水 (15,913-12,664) + 蒸気 (9,232-7,033) GJ×67kg-CO₂/GJ=365t

2009年 冷水 (15,913-12,203) + 蒸気 (9,232-7,659) GJ×67kg-CO₂/GJ=354t

2008年 冷水 (15,913-14,203) + 蒸気 (9,232-9,187) GJ×67kg-CO₂/GJ=118t

合計 1,527t

したがって、合計削減量は、3,018t+1,527t=4,545t

8. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

運用による省エネとして下記に取り組んだ。各取り組みにおける省エネ効果（想定）を示す。

また、最大需要電力の2011年における2007年比と比較した低減量は581kWである。この内訳想定を次ページ図に示す。空調機とファンコイルに関する省エネの効果が割合として高い。

(照明)

1. 共用部・外部照明の間引き；2,414本

(2011年4月時点、共用部は保安灯・警備灯のみ点灯) 4年前から照明の間引き

省エネ効果（見込み）：2,414本×32W=77kW×10時間(9～18時)×240日=185,395kWh/年

2. 事務所エリアの設定照度の変更（500Lx）

省エネ効果（見込み）：300本×32W×30%×17F=49kW×10時間(9～18時)×240日=117,504kWh/年

(空調)

3. 事務所階の廊下のファンコイル停止

(事務所内が、夏；涼しく、冬；暖かい)

省エネ効果（見込み）：電気/(0.58kW×2台+0.09kW×1台)×17F=21kW×10時間(9～18時)×120日=25,500kWh/年(ファン送風機分)、冷水/(5.0kW×2台+3.76kW×1台)×17F×50%(負

荷率) = 117kW × 10時間 (9 ~ 18時) × 120日 = 505GJ/年

4. 夏期の冷房運転方法の変更

(冷水を多めに使用する事で給気温度を16℃とし、風量を押さえる事で電力量を抑え、トータルのエネルギー量を削減した)

省エネ効果 (見込み) : 2台 × (11 + 7.5kW) × (1 - 90%³) (省エネ率) × 17F = 170kW × 10時間 (9 ~ 18時) × 120日 = 204,551kWh/年

5. 自動起動ファンコイルを手動起動に設定変更

- ・キャノンSタワーの基準階 (オフィスフロア10F~26F) 各階の空調システム → AHU 2台、ファンコイルが2系統、合計4系統。

省エネ効果 (見込み) : (3.7kW × 4台 + 0.06kW × 17台) × 50% (想定停止台数割合) × 17F = 134kW × 10時間 (9 ~ 18時) × 240日 = 322,728kWh/年 (ファン送風機分のみ)

6. オフィスエリアの空調機の間欠運転

- ・室温を監視しながら、空調機を1日合計2.5時間停止

省エネ効果 (見込み) : 2台 × (11 + 7.5kW) × 17F × 2.5時間 × 240日 = 377,400kWh/年

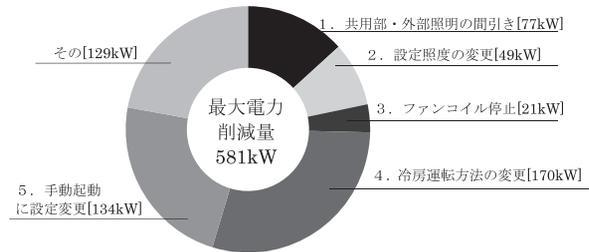


図5 最大需要電力の内訳想定 (2007年比)

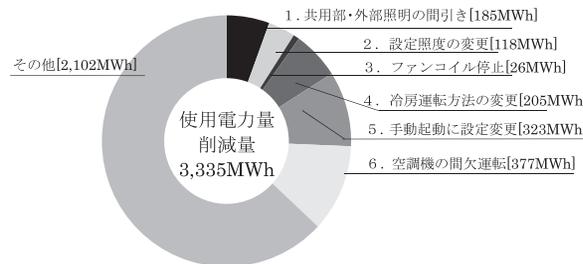


図6 使用電力量の内訳想定 (2007年比)

表3 各削減量

	最大需要電力	割合	使用電力量	割合	冷水量	割合	蒸気量
2007年	2,477kW	100	8,505,912kWh	100	15,913GJ	100	9,232GJ
2011年	1,896kW	77	5,171,154kWh	61	7,801GJ	49	7,047GJ
削減量	581kW	23	3,334,758kWh	39	8,112GJ	51	2,185GJ

<削減量内訳>

項目	削減量 (kW)	割合 (%)	削減量 (MWh)	割合 (%)	削減量 (GJ)	割合 (%)	削減量 (GJ)
1. 共用部・外部照明の間引き	77kW	13%	185.395kWh	6%	—	—	—
2. 設定照度の変更	49kW	8%	117,504kWh	4%	—	—	—
3. ファンコイル停止	21kW	4%	25,500kWh	1%	505GJ	6%	—
4. 冷房運転方法の変更	170kW	29%	204,551kWh	6%	—	—	—
5. 手動起動に設定変更	134kW	23%	322,728kWh	10%	—	—	—
6. 空調機の間欠運転	—	—	377,400kWh	11%	—	—	—
その他	129kW	22%	2,101,680kWh	63%	—	—	—

※その他は、全体から各項目の削減量の合計を差し引いた数値

※使用電力量の「その他」の割合が大きいのは、ピーク時間帯以外の運用による細かな省エネ項目によるものと想定される。

(電力)

7. 電力デマンド対策

BEMSに閾値によるアラーム設定を行う。

デマンド対策効果：最大需要電力を3年間で2,514kW→1,896kW（24.5%削減）

(その他)

8. 啓蒙

- ・省エネポスターと省エネシールの作成（トイレ全個室の蓋閉め啓蒙シールの貼付）
- ・ファンコイルのスイッチの横に『冬は22℃、夏は27℃』シールを貼付（全フロアー約250ヶ所）

9. 省エネマニュアルの活用

- ・冷暖房混合運転の回避
 - ・空調モード切替の徹底と温度・風量設定の調整
 - ・低層階のスペース特性に沿った空調運転とその運用管理
 - ・プログラム登録と外気温度によるきめ細かな対応
 - ・設定温度のこまめな調整と蓄積したデータの活用（基準階、約300ヶ所あるVAVの設定確認）
 - ・過剰換気の防止と1,000ppmを厳守した運用（過度な省エネを防ぐ）
 - ・基準階の夜間一斉消灯と昼休み一斉消灯のタイムスケジュール
 - ・空調の連休翌日（月曜など）と通常日（火～金）の運用管理
 - ・負圧の調整（特に、夏季・冬期）
 - ・季節毎による入口扉の開閉方法と時間の調整
 - ・エレベータの時間毎の制御の徹底と、箱内の空調運転の運用管理
-

優良省エネルギー設備顕彰事例④

運転・保守管理部門 一般社団法人日本冷凍空調設備工業連合会会長優秀賞

クラウド型 ビルファシリティマネジメントソリューション「BIVALE」

設備所有者：日本土地建物株式会社（東京都千代田区）
設備施工者：株式会社 日立製作所（東京都千代田区）

建物の概要

ビル名称：日土地内幸町ビル

住 所：東京都千代田区内幸町 1 丁目2-1

延床面積：15,341m²

規 模：地上11階 地下2階

空調方式：集中熱源（機械室3階）

熱源機器：吸収冷温水機（冷房能力633kW、暖房能力515kW）×2台
空冷チラー（冷房能力480kW、暖房能力510kW）×2台



日土地内幸町ビル外観

1. 技術開発の目的と経過

目的：クラウド型システムでの空調熱源システムの高効率運転と見える化による省エネを実現する。

経過：平成22年9月（提案、設計、開始）

平成24年1月（納入、試運転開始）

平成24年4月（引渡し等）

平成24年6月～9月（省エネ効果検証）

2. 設備・システムの概要

(1) 導入システム概要

クラウド型ビルファシリティマネジメントソリューション「BIVALE」は、ユーザーがPCからインターネットを経由して季節・時刻毎のガス・電気料金単価を入力することにより、熱源システム全体の運転コスト（またはCO₂排出量）が最小となる熱源機器の台数、組み合わせ、および冷温水流量と温度の最適な組み合わせを演算し、全自動で高効率運転制御を実現する。

また、入居テナントや離れた本社からもエネルギー使用実績の見える化が可能で、機器やシステム故障時には、メールで故障・警報内容・発生時刻をビル管理者に通知し、日立カスタマーセンターで24時間365日常時監視を行う。

導入システム構成図を図1に示す。

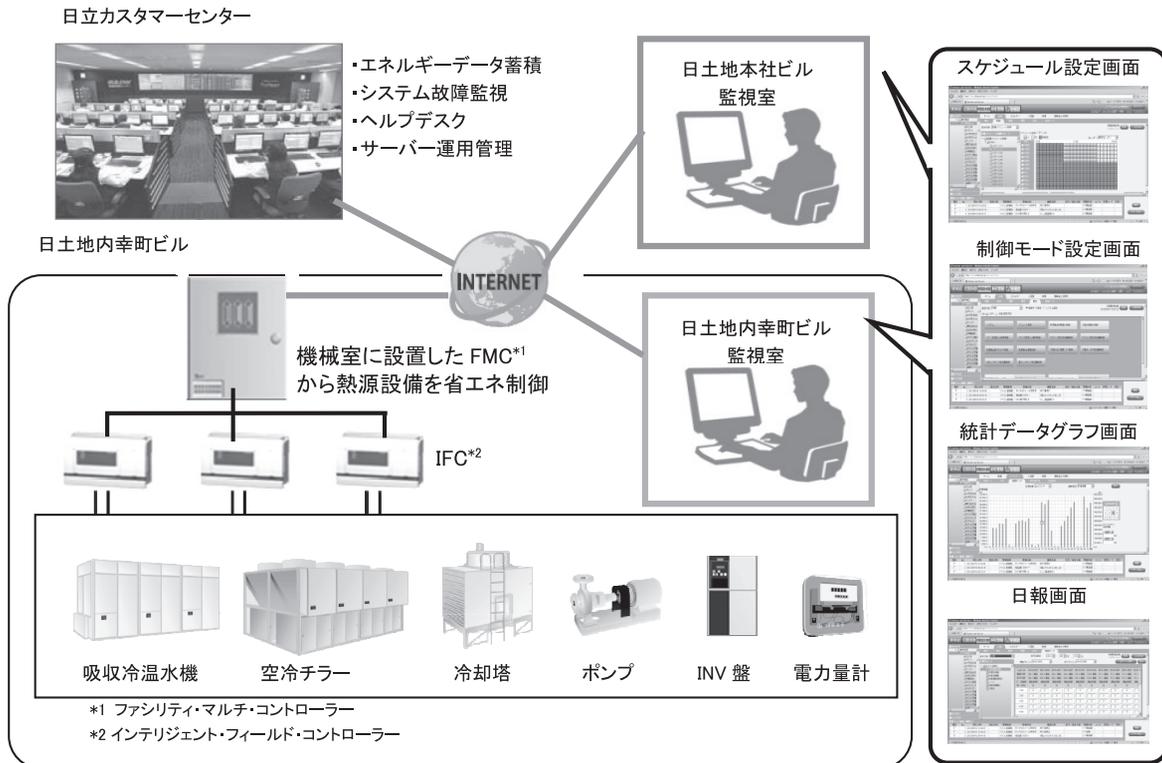


図1 導入システム構成図

(2) 省エネ制御機能

1) 高効率運転制御

①熱源機台数の最適化制御

ガスをエネルギーとする吸収冷温水機と電気をエネルギーとする空冷チラーの運転コストを自動計算し、運転コスト（またはCO₂排出量）が最小となる組み合わせを演算し、運転台数の制御を行う。

②冷温水流量と温度の最適化制御

熱源システム全体の運転コスト（またはCO₂排出量）を最小とするため、冷温水の流量、および温度の最適な組み合わせを演算し運転制御を行う。

③冷却水ポンプ流量制御・台数制御

吸収冷温水機の各号機の運転信号から、必要となる冷却水流量を計算し、ポンプの運転台数や、流量の制御を行う。

④二次ポンプ流量制御・台数制御

流量から必要な運転台数、圧力から必要となる流量を演算し、ポンプの運転台数や、流量の制御を行う。

2) 監視機能

①熱源システムの故障時に、ユーザーPCのweb画面に警報・故障通知する。

②指定アドレスにメールで故障・警報内容・発生時刻を通知する。

3) 見える化機能

①COP表示

熱源機のCOPを月毎に表示、熱源機の性能・能力劣化の把握が可能。

②省エネ効果の見える化

エネルギー使用量目標値と過去実績値の比較表示が可能。

③統計データ表示

「時間ごと」「日ごと」「月ごと」のエネルギー使用量のグラフ表示およびデータのダウンロードが可能。

3. 着想

- (1) ガスや電気などのエネルギー単価は季節・時間帯により変動する為、同じ機器の組み合わせで運転していても運転コストは変動し、高コストな運転となっている場合がある。

「BIVALE」は、インターネットを經由して季節・時刻毎のガス・電気料金単価を入力するだけで、熱源システム全体の運転コスト（またはCO₂排出量）が最小となる熱源機器の台数、組み合わせ、および冷温水の流量や温度の最適な組み合わせを演算し、自動制御するシステムとした。

- (2) 冷房の場合、送水温度を上げることで熱源機器のエネルギー使用量は削減されるが、流量やポンプのエネルギー使用量が増えるといった相反する関係にあるため、それを設備管理者が随時状況を判断して制御することは困難である。

「BIVALE」では冷温水の流量と温度の組み合わせを20分割し、熱源システム全体の運転コスト（またはCO₂排出量）が最小となる最適な組み合わせを演算し、自動制御するシステムとした。

4. 効果（省エネルギー）

- (1) 効果検証期間

2012年6月1日～2012年9月末日。

- (2) 検証方法

省エネ効果の検証は回帰分析による効果検証と過去実績値との比較による効果検証を行った。検証方法を表3に示す。

表3 省エネ効果の検証方法

項目	内容
回帰分析による効果検証	BIVALE 運転と従来運転のガス・電気使用量および、空調負荷を計測し、両者を比較（回帰分析）することで省エネ効果を算出する。
過去実績値との比較による効果検証	BIVALE 導入前の各年度実績値と導入後実績値を比較し、省エネ効果を算出する。

- (3) 回帰分析による効果検証

平日冷房運転時の運転コスト削減効果を図2に示す。

平均空調負荷（670kW）時における1時間毎の運転コストは、約29%の削減効果が得られている。運転の条件については表4に示す。

- (4) 過去実績値との比較による効果検証

BIVALE導入前（2010年）を100%とした場合の導入後（2012年）、及び計画値の運転コスト（6月～9月）比率を図3に、1次エネルギー使用量を図4に示す。

表5より、BIVALE導入後の運転コストは、2010年比で約29%削減効果が得られている。

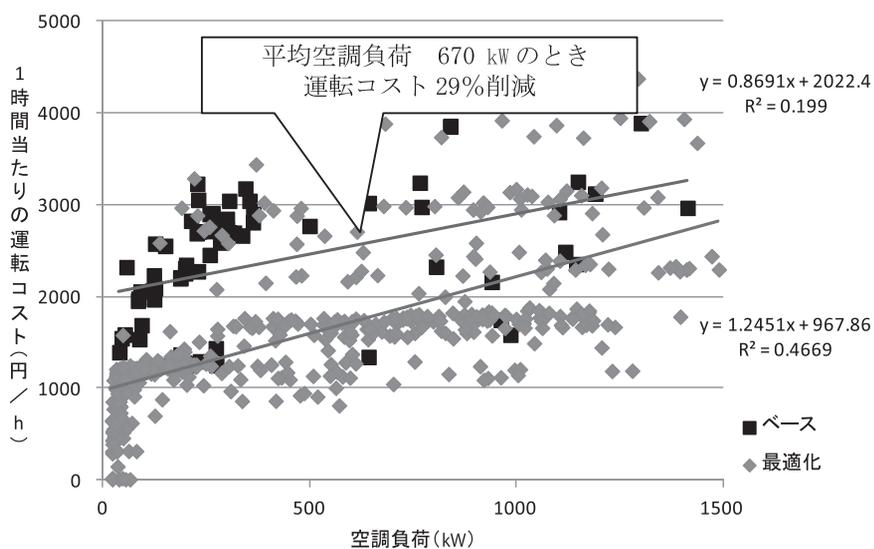


図2 運転コスト削減効果

表4 運転条件

制御項目		従来運転	BIVALE 運転
制御設定	最適化制御	—	○
	熱源台数制御	手動運転	○
	冷水1次ポンプ変流量制御	○	○
	冷温水出口温度シフト制御	—	○
	冷却水ポンプ変流量制御	—	○
	冷温水2次ポンプ台数制御	—	○
	冷温水2次ポンプ変流量制御	○	○

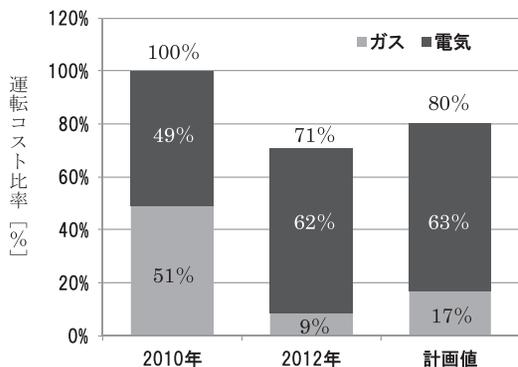


図3 運転コスト比率

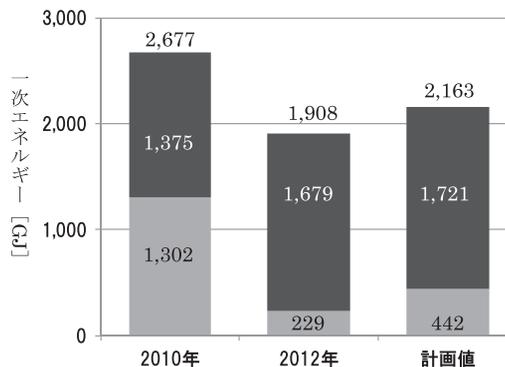


図4 一次エネルギー使用量比較

表5 年度別比較

年度	年度	2010年	2012年	計画値
運転コスト比率 [%]	効果	基準	29%	20%
	効果	基準	29%	20%
一次エネルギー [GJ]	ガス	1,302	229	442
	電気	1,375	1,679	1,721
	計	2,677	1,908	2,163
	効果	基準	29%	20%

5. 投資回収（省マナー）

(1) 投資回収年

2012年6月～9月は2012年実績値、1月～5月、10月から12月については計画値とし、年間の削減効果を算出した結果、投資回収年は4.5年となる。

6. 他の建物への応用性

(1) 対応機種

吸収冷温水機、ターボ冷凍機、空冷チラーほかメーカー問わず制御可能である。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

(1) 構成機器

構成機器を表7に示す。

表7 構成機器

項目	端末	仕様	数量
ゲートウェイ	GWC	AC100V	1個
コントローラー	FMC	AC100V	2個
入出力モジュール	デジタル入力IFC	DC 24V	6個
	デジタル出力IFC	DC 24V	10個
	パルス入力IFC	DC 24V	3個
	アナログ入力ユニット	DC 4～20mA	2個
	アナログ出力ユニット	DC 4～20mA	5個
	測温抵抗体入力ユニット	Pt 100 Ω	5個
	無線計測器		17個

(2) 機能一覧

機能一覧を表8に示す。

表8 機能一覧

項目	内容	項目	内容	
省エネ制御	省エネ最適化制御	監視・計測	不一致監視	
	熱源台数制御		発停不良監視	
	冷温水出口温度シフト制御		計測・軽量監視	
	冷温水一次ポンプ変流量制御		計測値上下限監視	
	冷温水二次ポンプ変流量制御		運転時間・回数監視	
	冷温水二次ポンプ台数制御		エネルギー単価設定	
	冷却水ポンプ変流量制御		CSV ファイル出力機能	
	バイパス弁制御		省エネ効果	
	冷却塔ファン発停制御	統計データ		
	スケジュール制御	COP 表示		
	監視・計測	状態監視	表示	故障・警報メール配信機能
		故障警報監視		
		通知		

8. 環境保全、便利性等

(1) CO₂排出抑制

CO₂排出量を最小化する運転モードも選択できるため、削減目標にあった制御が可能である。

(2) 応用性

各エネルギー供給事業者のCO₂換算係数がデータベースに登録されているため、お客様は供給元事業

所を選択するだけでCO₂排出量最小化での制御が可能である。

また、吸収冷温水機、空冷チラー、ターボ冷凍機であればマルチベンダー対応であり、幅広い熱源機器を制御可能である。

9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

(1) クラウドコンピューティングを活用し、サーバーレスのため導入費用が安価で、必要な機能のみ機能拡張が容易である。

また、入居テナントや離れた事業拠点からも運転状態や見える化が可能。

(2) 省エネ制御の削減目標を「運転コスト」か「CO₂排出量」のモード選択が可能。

「運転コスト」で運転制御する場合は、インターネットを経由して季節・時刻毎のガス・電気料金単価の入力を可能とした。その為、ガス・電気の料金が変動した場合でも制御に反映される。

(3) 熱源機は冷房運転の場合、送水温度を上げるとエネルギー使用量は削減されるが、流量やポンプのエネルギー使用量が増えるといった相反する関係にあるため、熱源システム全体の運転コスト（またはCO₂排出量）が最小となる最適な組み合わせを演算し、自動制御するシステムとした。

10. 外観・構造図

(1) 画面

制御モード設定画面を図6、統計年度比較画面を図7に示す。

(2) 納入写真

日土地内幸町ビルに納入した監視用PC、コントローラー、制御盤を図8に示す。



図6 制御モード設定画面

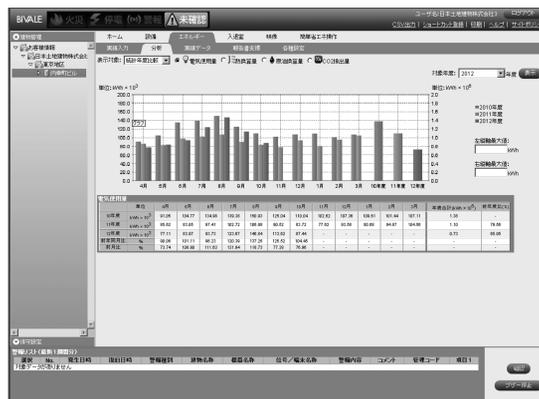


図7 統計年度比較画面



図8 納入機器