

平成24年7月27日

NPO法人 地中熱利用促進協会

地中熱利用シンポジウム「地中熱による冷房と節電」

地中熱利用システムの 導入事例紹介

新日鉄エンジニアリング株式会社

建築・鋼構造事業部 建築プロジェクト部 建築設備室

池田 達也

新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

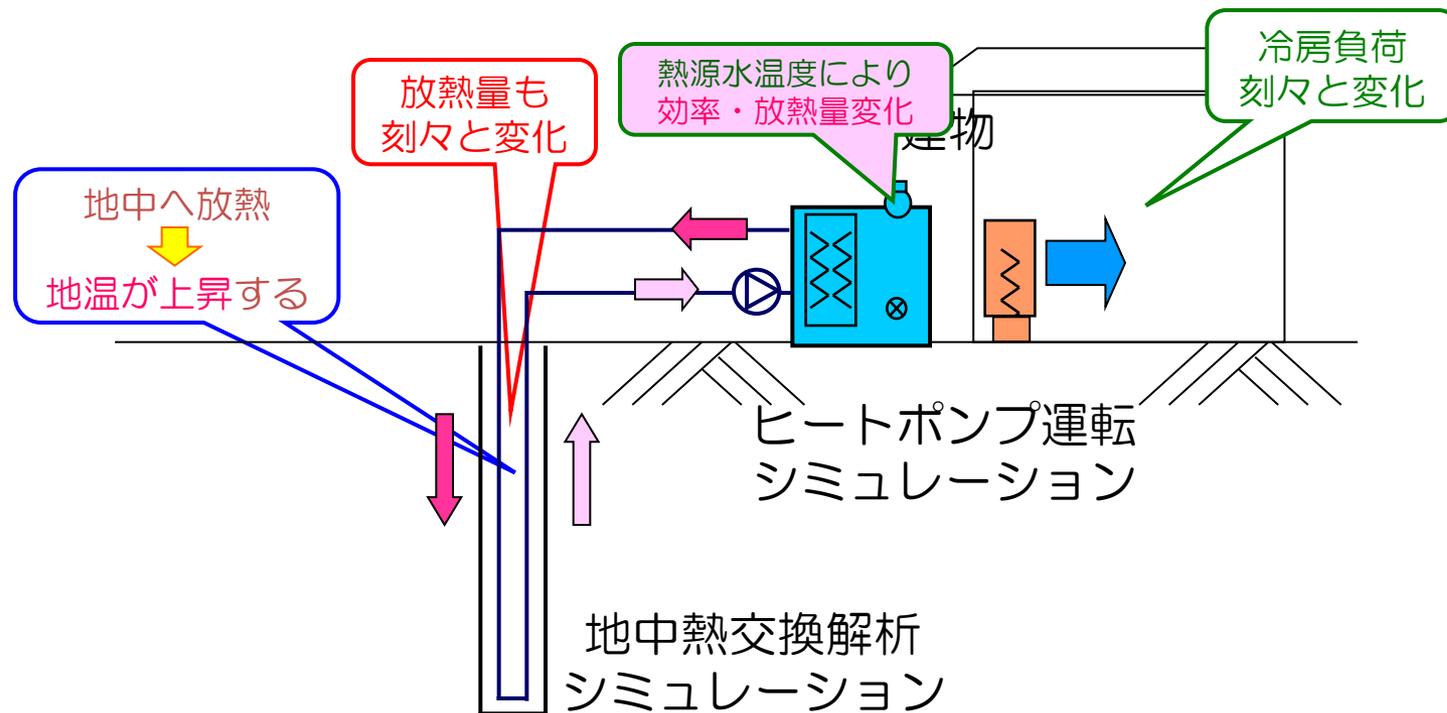
1. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術

- ①地中温度変化予測技術／設計支援ツール
(平成22年度第48回空気調和・衛生工学会賞(論文賞)受賞)

①地中温度変化予測技術／設計支援ツール

地中温度変化予測のためのポイント

地中熱ヒートポンプの負荷変動連成計算とその重要性



熱源水温度～建物負荷～放熱量～地温変化～熱源水温度の高速連成解析が必要。
地中温度変化を高速かつ正確に予測し得る手法の確立が不可欠である。

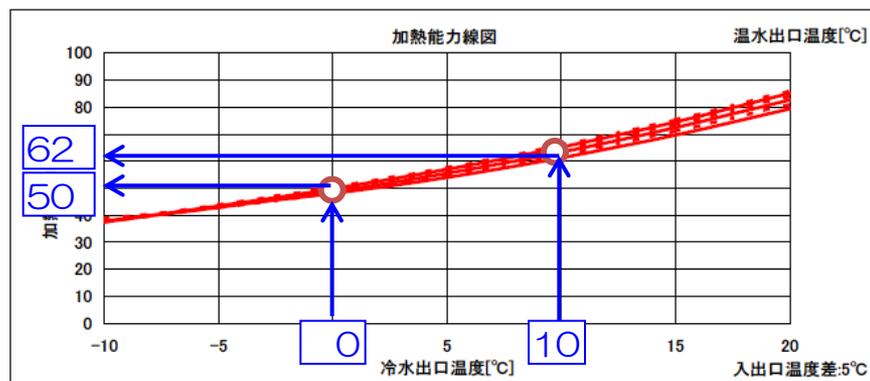
①地中温度変化予測技術／設計支援ツール

地中温度変化予測の重要性

熱源水温度に地中熱ヒートポンプの能力と効率は依存する。

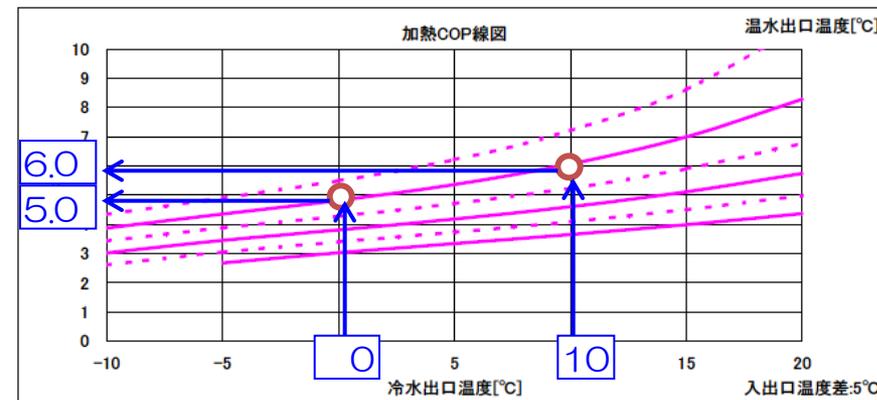
熱源水温度により能力は変わる。

熱源水温度により運転効率は変わる。



ヒートポンプ能力線図 (例)

熱源水温度：10°C ⇒ 0°C
 暖房能力：62kW ⇒ 50kW
 （20%能力低下）



ヒートポンプ効率線図 (例)

熱源水温度：10°C ⇒ 0°C
 暖房効率：COP=6.0 ⇒ 5.0
 （17%能力低下）

地盤は蓄熱体なので、採放熱を続けると地中温度は変化する



熱源水温度も変化する！

①地中温度変化予測技術／設計支援ツール

- ・ 土壌内の熱移動 : 固体内伝熱理論の適用
- ・ 杭内部の熱移動 : 計算手法の確立
実杭による実証試験
- ・ 多数杭の熱干渉 : 単管から複数管への展開
- ・ 地下水流動の影響 : 地中温度変化に与える影響
- ・ 負荷変動連成計算 : 設計支援ツールの開発

(平成14年より北海道大学と共同研究を実施)

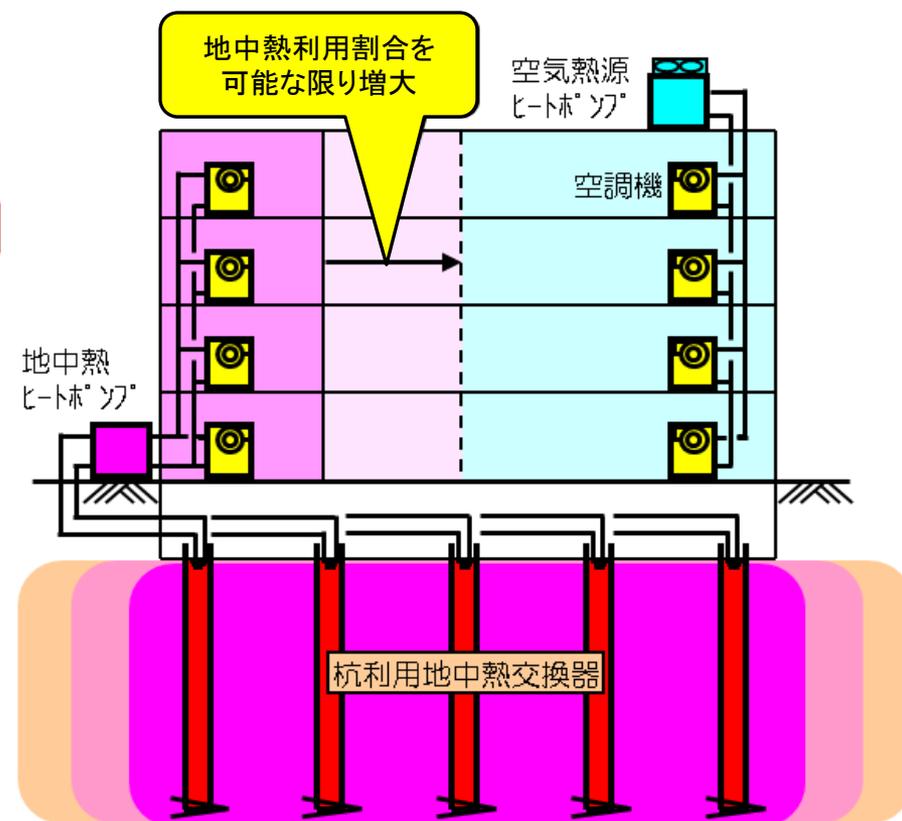
①地中温度変化予測技術／設計支援ツール

定量評価手法の確立／対従来設計・省エネ試算例

目標とする成果：地中熱適用範囲拡大による高効率化

地中熱適用可能比率による総合効率試算例

	地中熱	空気熱源	総合効率 (省エネ率)
単体効率	COP=5.0	COP=3.6	
地中熱利用比率大	50%	50%	4.3 (▲16%)
地中熱利用比率小	25%	75%	3.95 (▲9%)
基準システム	—	100%	3.6



新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

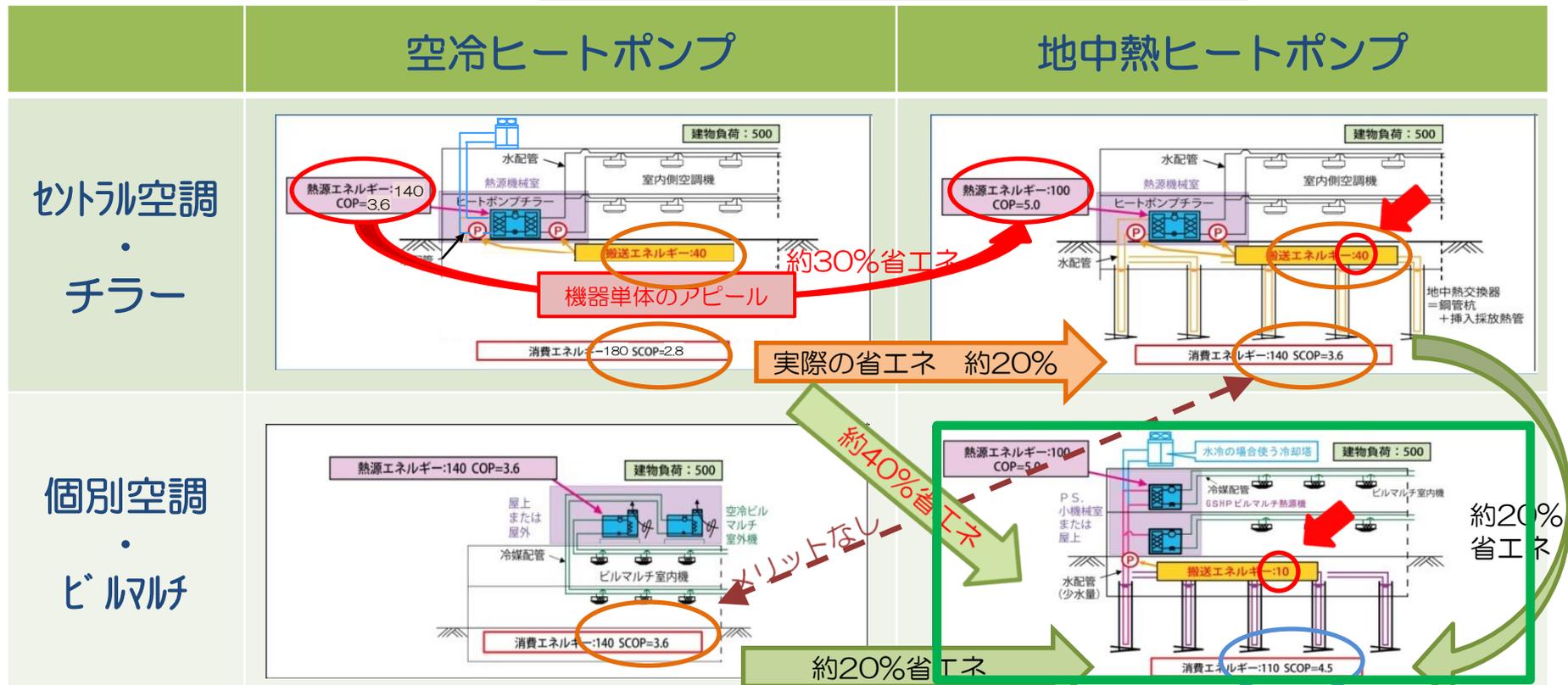
1. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術

②少水量対応高効率化技術

(平成22年度産学官連携功労者表彰／環境大臣賞受賞)

②小水量対応効率化技術

小水量対応システムの優位性



ヒートポンプの性能を示す指標

機器単体効率：
(熱を作る効率)

COP (成績係数) =

ヒートポンプ出力 (冷暖房負荷)
ヒートポンプ消費電力

システム総合効率：
(熱搬送を含めた
トータルの効率)

SCOP (システム成績係数) =

ヒートポンプ出力 (冷暖房負荷)
合計消費電力 (ヒートポンプ+循環ポンプ+・・・)

少水量対応GSHP

②小水量対応効率化技術

少水量化による搬送動力削減効果（フィールド試験）

- 冷暖房負荷に応じて循環流量を変化させる

「熱源水変流量制御運転」

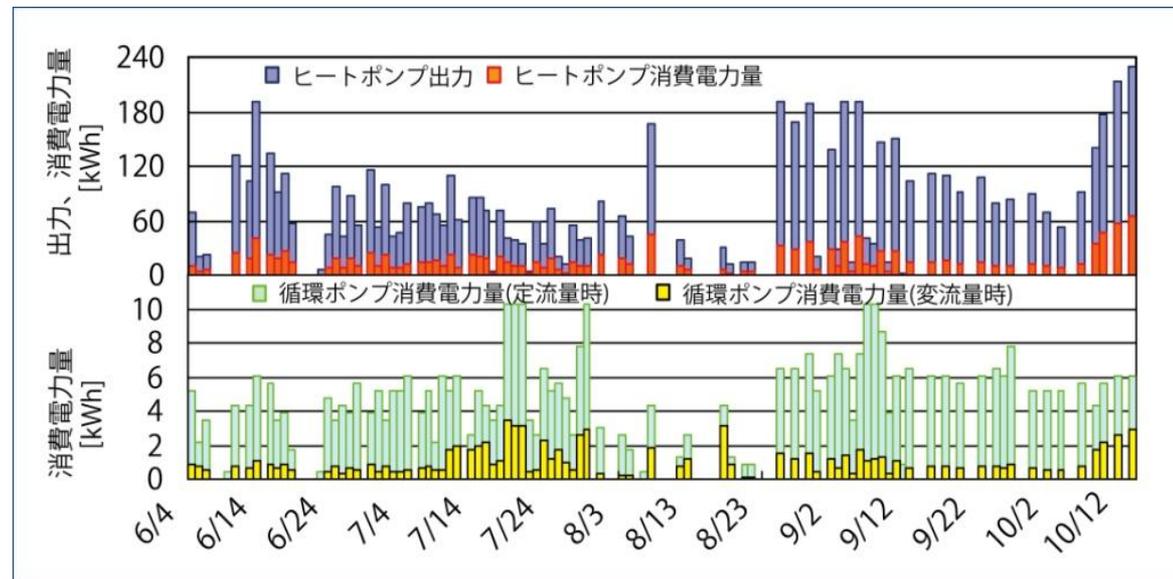
- 建物の実負荷を想定した模擬負荷を与えた冷房期間のフィールド運転試験を実施

- 定流量運転時との比較で循環ポンプで約80%、システム全体で約20%の消費電力削減を達成

- 冷房期間平均

SCOP=4.5以上を可能に

- 空冷ヒートポンプビルマルチに対しても約20%の消費電力削減を可能に



試験結果					定格流量運転時	
ヒートポンプ出力	ヒートポンプ消費電力量	平均COP	循環ポンプ消費電力量	平均SCOP	循環ポンプ消費電力量	平均SCOP
[kWh]	[kWh]		[kWh]		[kWh]	
6687	1390	4.81	92	4.51	431	3.67

新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

1. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術

③地盤熱特性に応じた自律制御技術／システム
(ヒートポンプの運転方法について平成23年5月特許出願)

③地盤熱特性に応じた自律制御技術／システム

自律型最適運転制御（自律制御）とは

<設計段階>

入力条件

- ・ 地中熱交換器：杭径、杭長、配置等
- ・ 気象条件、建物条件等による負荷
- ・ ヒートポンプ仕様：性能特性等
- ・ 地盤条件：有効熱伝導率 λ_e

出力結果

- ・ 地中温度変化

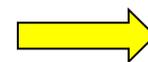
地下水測定技術が未確立のため推定するしかない。



<運転開始後>

入力条件

- ・ 地中熱交換器（既知）
- ・ 負荷（測定可能）
- ・ ヒートポンプ仕様（既知）
- ・ 有効熱伝導率 λ_e

出力結果

- ・ 実際の地中温度変化

設計ツールを逆用すれば推定可能



地下水影響を含む実地盤熱特性に応じた自律的な運転最適化が可能

新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

2. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術導入事例

① 札幌市立大学桑園キャンパス教官棟（H18年）

- ・ 非住宅分野における世界初の鋼管杭利用の大規模地中熱利用システム
- ・ 地中温度変化予測技術／設計支援システムの導入実績

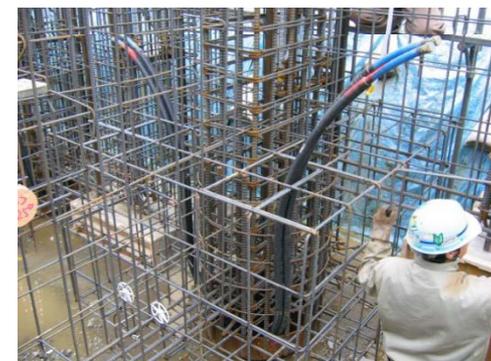
導入事例① 札幌市立大学桑園キャンパス教官棟 (H18年)

非住宅分野における世界初の鋼管杭利用の大規模地中熱利用システム

地中温度変化予測技術／設計支援システムの導入実績



地中熱利用ヒートポンプチラー
50kW：全暖房負荷の8%
外調機負荷の30%
(冬期暖房用ベース熱源機)



地中熱交換器：鋼管杭（ダブルU）：平均4.7m×51本≒240m
ボアホール（シングルU）：75m×3本=225m

新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

2. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術導入事例

② コープネット印西要冷センター（H21年）

- ・ 少水量対応地中熱ヒートポンプシステムの導入実績

導入事例② コープネット印西要冷センター (H21年)

少水量対応地中熱ヒートポンプシステムの導入実績

- 対象：事務所 100m²
- GSHP 16HP×1台
出力45kW
- 杭(PHC杭)25本を
地中熱交換器として利用

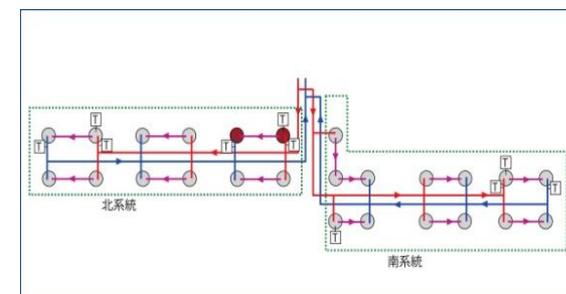
- 定流量運転と比較し
ホソ消費電力を約90%削減

- 冷房期間平均SCOP=4.47
空冷ヒートポンプビルマルチ
(トップランナー-基準COP=3.1) 比
約30%のCO₂排出量削減

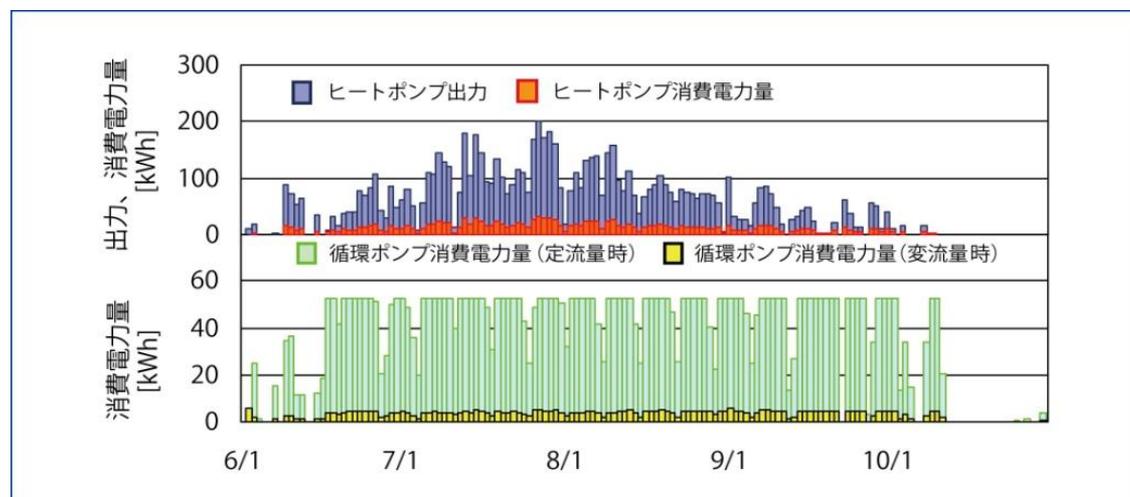
印西冷凍センター様の外観



地中熱利用する建物基礎杭の配置



ヒートポンプ出力と消費電力の日変化



新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

2. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術導入事例

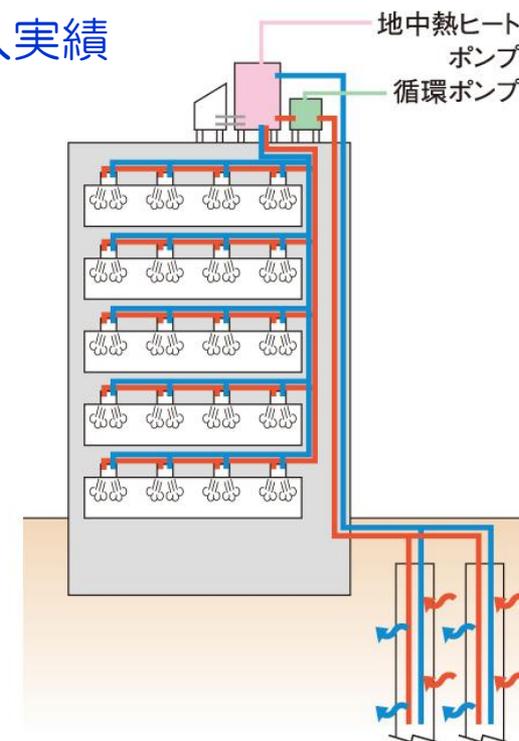
③新日鉄エンジニアリング北九州技術センター（H23年）

- ・ 少水量対応地中熱ヒートポンプシステムの導入実績
- ・ 自律型最適運転制御システムの導入実績
- ・ 平成21年度NEDO「次世代省エネルギー等建築システム実証事業」

導入事例③ 新日鉄エンジニアリング北九州技術センター（H23年）

少水量対応地中熱ヒートポンプシステムの導入実績

自律型最適運転制御システムの導入実績



- 延床面積の約15%（事務所部分の1 / 4）
- GSHP 5台 出力287 kW（108HP）
- ボアホール方式ダブルUチューブ型
地中熱交換器：長さ80m×50本

●支持層がGL-5mと浅いため、ボアホール方式とした。



導入事例③ 新日鉄エンジニアリング北九州技術センター (H23年)



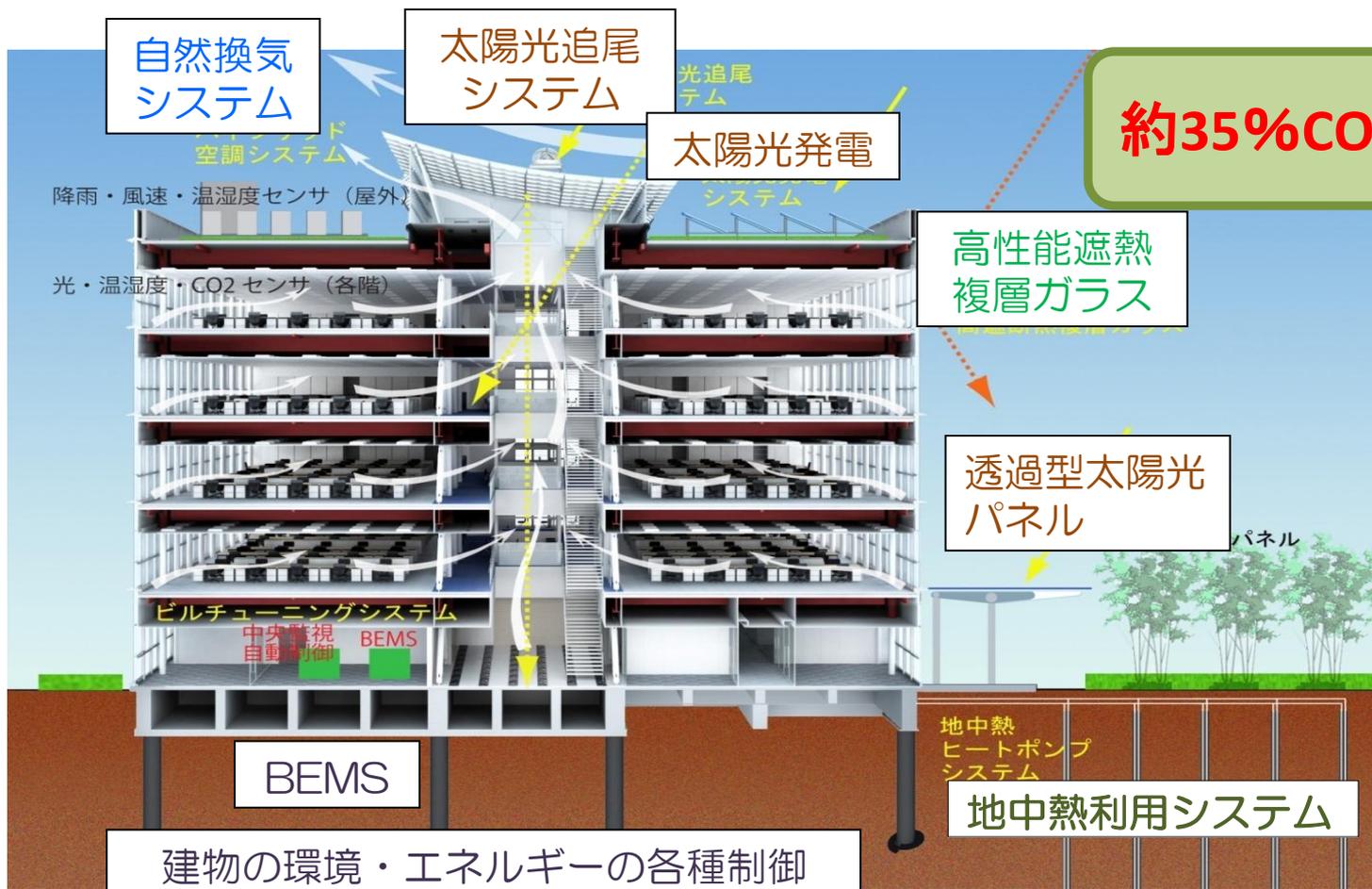
導入事例③ 新日鉄エンジニアリング北九州技術センター（H23年）

平成21年度NEDO「次世代省エネルギー等建築システム実証事業」

・自然エネルギー利用

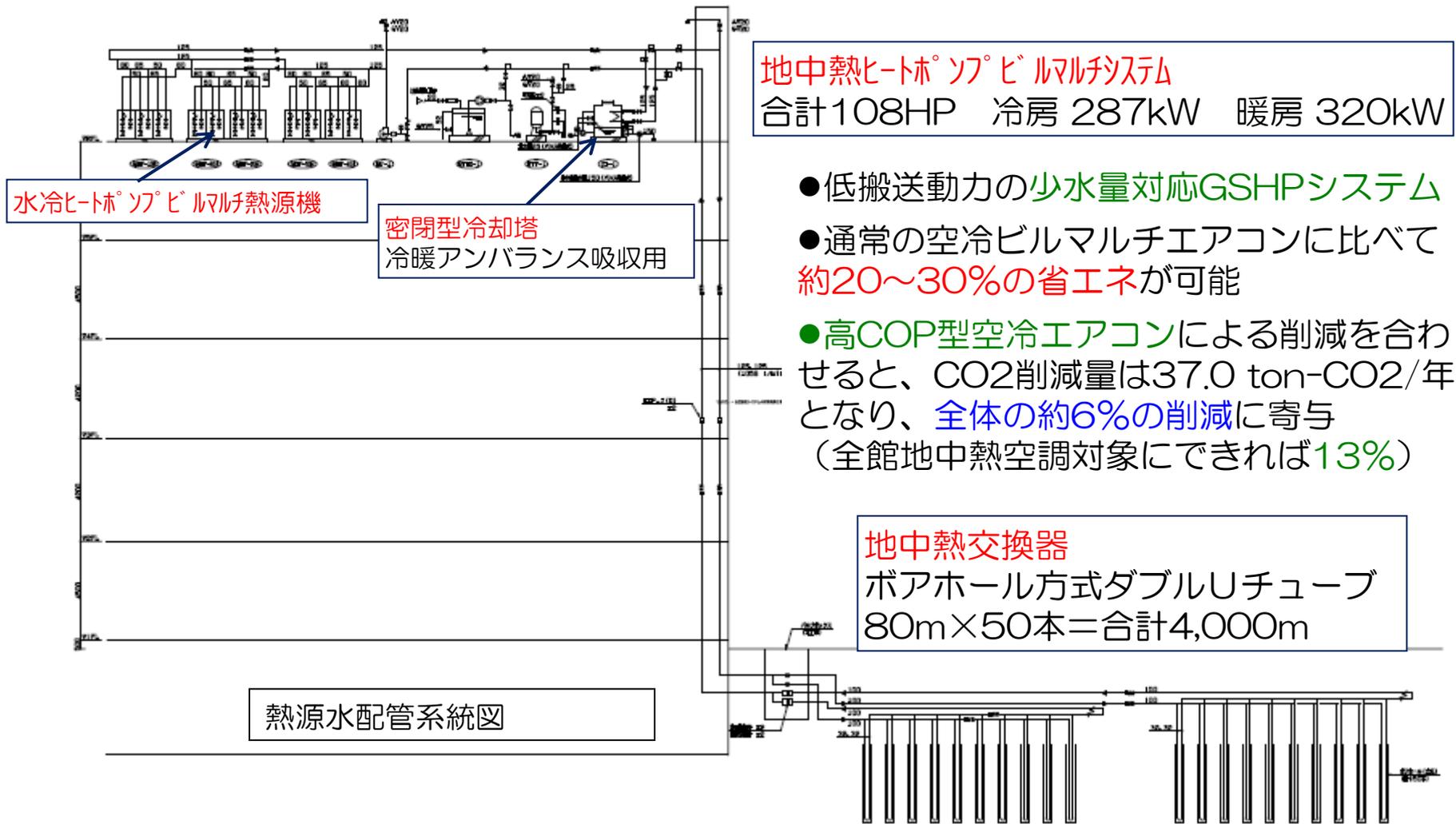
・省エネ仕様

「風の力」「太陽の光」「大地の熱」 「建物外皮性能」「BEMS」「高効率機器」



導入事例③ 新日鉄エンジニアリング北九州技術センター（H23年）

「大地の熱」＝ 地中熱ヒートポンプ & 高効率空冷ヒートポンプ



新日鉄エンジニアリングのグリーンエンジニアリング
地中熱利用システム

2. 新日鉄エンジニアリングの地中熱利用技術導入事例

④新日鉄エンジニアリング北九州寮（H24年）

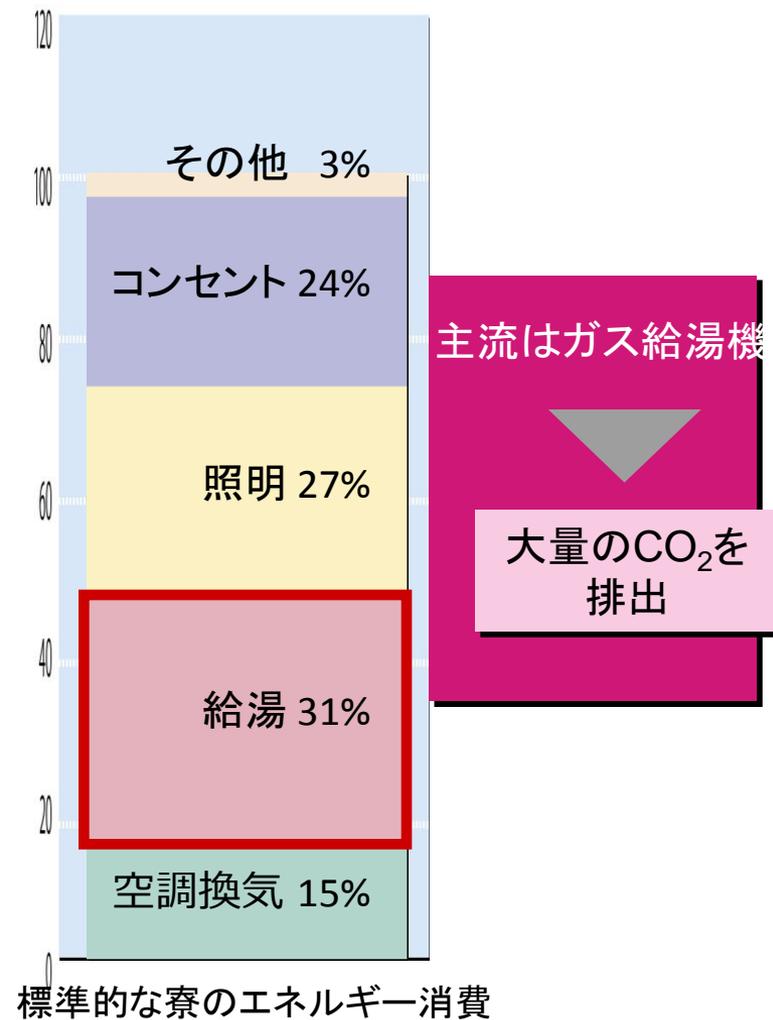
- ・冷温熱需要混在における地盤の蓄熱性（熱バッファー）を利用した熱回収ヒートポンプ（スマートヒートポンプ™）の導入実績
- ・新エネルギー導入促進協議会：
平成23・24年度次世代エネルギー・社会システム実証事業

導入事例④ 新日鉄エンジニアリング北九州寮 (H24年)

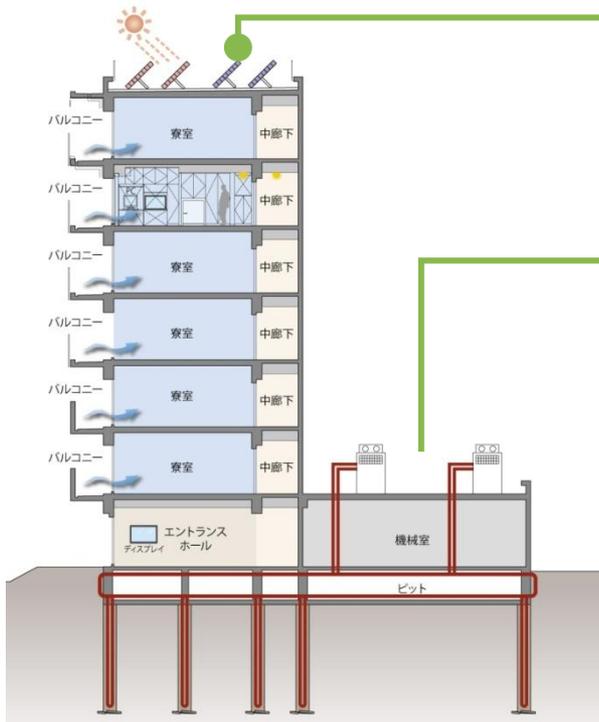
冷温熱需要混在における地盤の蓄熱性 (熱バッファー)
を利用した熱回収ヒートポンプの導入実績



独身者寮室 (男子)	168戸
独身者寮室 (女子)	10戸
単身者寮室	51戸
身障者対応寮室	1戸
合計	230戸



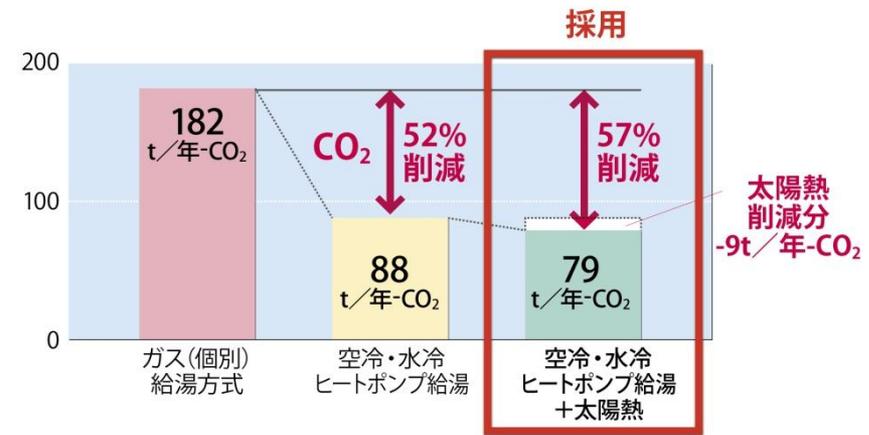
導入事例④ 新日鉄エンジニアリング北九州寮 (H24年)



■ 太陽熱利用給湯システム
 太陽熱集熱設備 (104kW相当)を導入し、中央式給湯設備のベース熱源として利用します。給湯で排出するCO₂を5%削減します。

■ 地中熱・空冷併用ヒートポンプ給湯
 地中熱と空気熱を主熱源とした給湯システムで自然エネルギーを有効に利用します。ガス熱源個別空調と比べ、52%のCO₂削減効果があります。

地中熱交換器 (ダブルU)
 鋼管杭方式 (杭径φ400~900)
 11~16m×68本

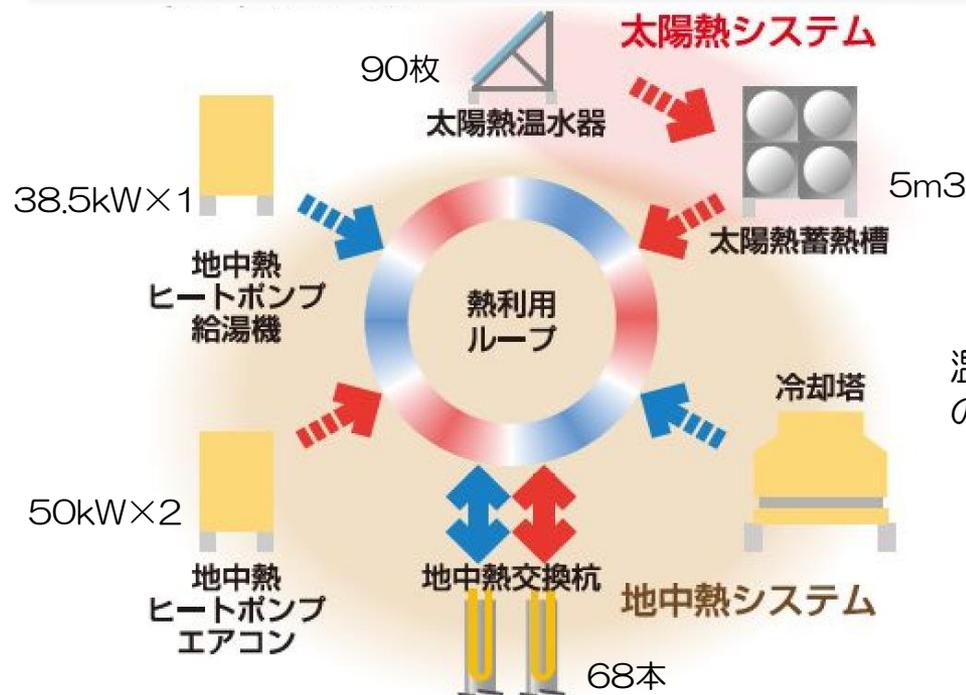


給湯・・・57%のCO₂を削減します

導入事例④ 新日鉄エンジニアリング北九州寮（H24年）

地盤の蓄熱性を利用した地中熱利用熱回収ヒートポンプ

■スマートヒートポンプシステム™（商標登録申請済）



温度予測設計により各機器の効率等を的確に把握可能

- 地盤の蓄熱性を利用し、時間差のある冷排熱・温排熱を相互利用することにより、各熱源機器運転を効率化・補助熱源運転を最小化

- 建物間の熱の相互融通を含む小規模建物群熱回収空調・給湯等システム、複合用途施設等に展開

導入事例④ 新日鉄エンジニアリング北九州寮（H24年）

新エネルギー導入促進協議会：平成23・24年度次世代エネルギー・社会システム実証事業

北九州市：環境モデル都市（平成20年7月選定（全13都市））

次世代エネルギー・社会システム

（スマートコミュニティ）実証地域（平成22年4月選定（全4都市））

北九州市東田地区：スマートコミュニティ創造事業

＜抜粋＞

- ・電力の需要家が地域のエネルギー利用を「考え」「参加」する仕組みを構築
- ・家庭のみならず、工場、オフィス、商業施設、ガソリンスタンド、データセンター、博物館など多様な施設に省エネシステムを導入すること
- ・電力の需給に応じて電力料金を変化させるダイナミックプライシングの実証
- ・市民、学校、来訪者等に対する効果的な環境学習システムの整備



新日鉄エンジニアリング北九州寮も実証施設のひとつとして参画

導入事例④ 新日鉄エンジニアリング北九州寮 (H24年)

新エネルギー導入促進協議会：平成23・24年度次世代エネルギー・社会システム実証事業

北九州市東田地区：スマートコミュニティ創造事業

平成24年度「電力需給逼迫社会モデル」実証 ⇒ ダイナミックプライシング

リアルタイムプライス

- ・ 時間帯によって電気料金を0.7~1.5倍

(前日の電力需要予測と再生可能エネルギーの発電量予測を元に、電力需給バランスを調整し負荷を平準化)

クリティカルプライス

- ・ 最大で電気料金を5.0倍

(猛暑日・厳寒日など電力需要が特に多い日の需要を抑制)



新日鉄エンジニアリング北九州寮

ダイナミックプライシング情報とBEMSを連携させ、
最適な熱源運転・貯湯量の制御を実施

電力を熱として貯蔵

導入事例④ 新日鉄インゾニアリング 北九州独身寮 (H24年)

「エコモニター (画面例)」 (見学者説明・在館者省エネ活動の啓蒙)

NSEC KITAKYUSHU DORMITORY ECO MONITOR

新日鉄エンジニアリング 北九州寮 エコモニター

ECO METER

昨日の省エネ達成状況

99 %

DATE 日付
2012.04.05

TIME 時刻
13:42

NIPPON STEEL ENGINEERING

スマートヒートポンプシステム

地中熱ヒートポンプ給湯器

地中熱ヒートポンプエアコン

地中熱交換杭

地中熱システム

地中熱交換杭で地中に熱を出し入れし、熱利用ループの熱バランスを取るよう調整します

大地の力

年間地中熱探放熱量計

10,004 kWh

CO₂削減量

0 kg-CO₂

杉の木に換算して

0 本分

太陽の力

空気の流れ

大地の力

NSEC KITAKYUSHU DORMITORY ECO MONITOR

新日鉄エンジニアリング 北九州寮 エコモニター

My name is teitan

DATE 日付
2012.04.05

TIME 時刻
13:42

NIPPON STEEL ENGINEERING

電気・給湯の使用量(節電・節水状況)

本日	電力 使用量	標準使用量	ECO METER
	1,241 kWh	1,734 kWh	昨日の省エネ達成率
2012年 4月 5日	給湯 使用量	標準使用量	99 %
	7,840 ℓ	28,140 ℓ	
昨日	電力 使用量	標準使用量	昨日の電力・給湯削減率
	1,344 kWh	1,734 kWh	電力
2012年 4月 4日	給湯 使用量	標準使用量	21 %
	11,620 ℓ	28,140 ℓ	
一昨日	電力 使用量	標準使用量	給湯
	1,364 kWh	1,734 kWh	59 %
2012年 4月 3日	給湯 使用量	標準使用量	
	10,580 ℓ	28,140 ℓ	

NSEC KITAKYUSHU DORMITORY ECO MONITOR

新日鉄エンジニアリング 北九州寮 エコモニター

ECO METER

昨日の省エネ達成状況

99 %

DATE 日付
2012.04.05

TIME 時刻
13:42

NIPPON STEEL ENGINEERING

スマートヒートポンプシステム

地中熱ヒートポンプ給湯器

地中熱ヒートポンプエアコン

地中熱交換杭

地中熱システム

現在の蓄熱槽探熱量

16 kW

太陽熱蓄熱槽

熱利用ループ

現在の冷却塔放熱量

0 kW

冷却塔

現在の地中熱放熱量

0 kW

大地の力

年間地中熱探放熱量計

10,004 kWh

CO₂削減量

0 kg-CO₂

杉の木に換算して

0 本分

太陽の力

空気の流れ

大地の力

NSEC KITAKYUSHU DORMITORY ECO MONITOR

新日鉄エンジニアリング 北九州寮 エコモニター

ECO METER

昨日の省エネ達成状況

99 %

My name is teitan

DATE 日付
2012.04.05

TIME 時刻
13:42

NIPPON STEEL ENGINEERING

全館節電実施状況 2012年 4月 5日 節電予定量 0 kWh

エントランス	照明	冷暖房	
多目的室	照明	冷暖房	
食堂	照明	冷暖房	

リアルタイム節電速報

1階 ● 照明節電中 ● 冷暖房節電中

基準階

全館節電予報 2012年 4月 6日 節電予定量 0 kWh

エントランス	照明	冷暖房	
多目的室	照明	冷暖房	
食堂	照明	冷暖房	

導入事例④ 新日鉄インゾニアリング 北九州独身寮 (H24年)



「エネパイルウインドウ」 (見学者説明用 地中熱交換杭)

