

地中熱を利用した空調システムの実証実験の調査概要

(財) 建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

1 はじめに

2010年夏号の新技術調査レポートにおいて「熱源トータル最適制御システム」で省エネ技術を紹介した。今回は採用事例は少ないが、省エネルギーと環境負荷低減に貢献する「地中熱を利用した空調システムの実証実験」について報告する。

環境省から「2009年度（平成21年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について」の報告書が出された。それによると90年比で-4.1%と、2008年の金融危機の影響により減少したと思われるが、エネルギー起源とする二酸化炭素（CO₂）のみ1.5%増加している。さらに各部門の増減を比較すると、産業部門（工場等）は-19.9%の減少に対し、運輸部門は5.4%の微増だが、業務その他部門（商業・サービス・事務所等）は33.6%、家庭部門は26.9%と大きく増加している。これは建築物の床面積が増大し、それに伴う空調・電気設備が増加しているためと思われ、日本全体の温室効果ガス排出量が減少しない一因と思われる。従って、業務その他部門（商業・サービス・事務所等）と家庭部門の二酸化炭素（CO₂）をいかに削減するかが今後の大きな課題になる。

なお、最近の建設業界に関連した報道では、省エネ法の改正によって環境負荷低減のために届け出の義務化の強化が図られたり、国や地方公共団体による支援対策が打ち出され、家電製品のエコポイントが話題になったり、また、住宅の省エネ対策により断熱材の品不足が報道されたりもし

た。今回は、東京スカイツリーに関係する熱供給事業において国内の地域冷暖房（DHC）で初の地中熱利用システムを導入するという報道があったこともあり、改めて省エネ技術の中でも特にヒートアイランド状況の緩和に有効な空調システムとして着目された「地中熱を利用した空調システムの実証実験」を紹介する。なお、今回の実証実験は関東近郊の地方都市（埼玉県春日部市）であり、導入事例が少ない分野の空調システムの検証と普及を目的とした先導的役割を担う事業として国の支援対策により実施されたものである。実証実験期間がまだ半年であるため、コストの検討などが不十分ではあるが、今回は概要として紹介する。

2 地中熱利用システムの概要

(1) 地中熱利用の分類

地中の熱利用は大きく分けて、①熱水を利用するか②地中熱を利用するかの2通りに分類され、熱水を利用する方法は温泉水を利用する。温泉水を熱交換して給湯、暖房、温水プール、融雪などに利用したり、温泉排水をヒートポンプの熱源として利用する方法と、地中熱を利用して熱交換器を通し、水又は不凍液（ブライン）によって地中と熱交換する間接方式がある。地中は外気に比べ年間を通して安定した温度で熱溜まりとして利用できるため、今までは実証研究や融雪として利用する程度であったが、最近ヒートポンプの冷却水・熱源水として建築物にも利用されるようになってきた。

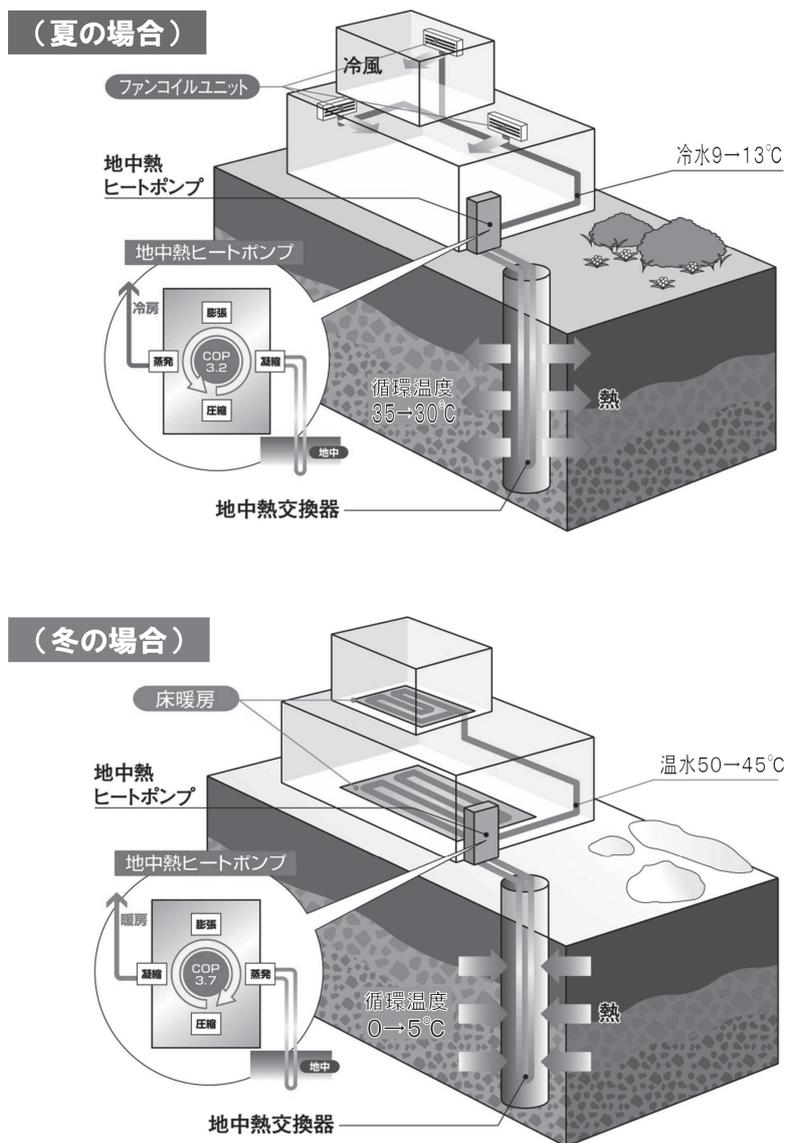
(2) 地中熱を利用した空調システムの概要

①地中熱利用ヒートポンプシステム

地中熱利用ヒートポンプシステムは、地中熱交換器により土壌と水又は不凍液（ブライン）を熱交換させ、その水又は不凍液（ブライン）を冷却水・熱源水として利用するシステムである。機器のヒートポンプは、水冷式ヒートポンプや直膨式ヒートポンプが用いられている。なお、地中熱対応のヒートポンプは2011年現在数社が製品として

販売している。

地中熱利用ヒートポンプシステムは、夏季には放熱源、冬季には採熱源として土壌を利用する高効率運転や季節間を通した排熱の有効利用による省エネルギー・二酸化炭素（CO₂）排出削減に貢献するシステムである。また、建物からの空調排熱を大気に放熱しないため、都市部のヒートアイランド防止に寄与するものと期待されている。



【図1】 地中熱利用ヒートポンプシステム（夏・冬の場合）

②地中熱交換器

地中熱交換器は垂直型と水平型のものがある。垂直型は土地が狭い日本の事情に合致しており、採用事例が多い。表1に垂直型地中熱交換器の種類を示す。

地中熱交換器の方式はボアホール方式と杭方式に分かれている。ボアホール方式は地中熱交換器を設置するために空き地にボーリングを行う方法であり、杭方式は建物の基礎杭と地中熱交換器

を兼用する方法である。また、ボアホール方式はチューブ形状等により3種類に区分される。単位長さ当たりの採熱量は二重管>ダブルUチューブ>シングルUチューブと言われているが、コスト、施工、メンテナンスを総合的に考慮して選定する必要がある。杭方式もチューブ形状等により3種類に区分され、ボアホール方式に比べて新たに掘削する必要がなくコストダウンになる。

[表1 垂直型地中熱交換器の種類]

名称	シングル Uチューブ	ダブル Uチューブ	二重管	杭二重管	杭+ Uチューブ	現場施工杭 (場所打ち杭)
方式	ボアホール方式			杭方式		
断面図						
立面図						
材質	ポリエチレン、銅、ステンレス		外管：スチール、 コンクリート 内管：ポリエチレン、 塩ビ、スチール	杭：スチール、 コンクリート 内管：ポリエチレン、 スチール	杭：スチール、 コンクリート 内管：ポリエチレン、 銅、スチール、 ステンレス	杭：鉄筋コンクリート Uチューブ：ポリエチレン
流体	水、不凍液、冷媒		水、不凍液		水、不凍液、冷媒	
封入	管外：土、グラウド材※		なし		グラウド材※、 水	コンクリート

※グラウド材：コンクリート、ベントナイト、珪砂、豆砂利等

3 採用事例

ここでは、埼玉県春日部市の採用例について報告する。

春日部市における環境対策の取り組みの中で「地中熱利用ヒートポンプの実証実験」が採用された。実証実験は、2008年7月に国土交通省の「エコまちづくり」の指定による「春日部市エコまちづくり計画」の検討着手を経て2010年3月に「春日部市エコまちづくり計画」を策定したこと

で春日部市のエコまちづくり計画の取り組みが始まった。地方自治体のなすべき温暖化対策が温室効果ガス対策だけでは、市民はその実感を得られない。春日部市は、毎年夏になると東京から北上してくる暖かい空気のためヒートアイランドに見舞われる。これを緩和することで市民は温暖化対策の効果を実感できる。さらに、いくら温暖化対策に効果的な施策であっても、まちの賑わいにマイナスでは意味がない。以上のことから、春日部市では温暖化対策の目的をCO₂の削減、ヒートアイランド負荷の低減、まちの賑わい増大とし、先

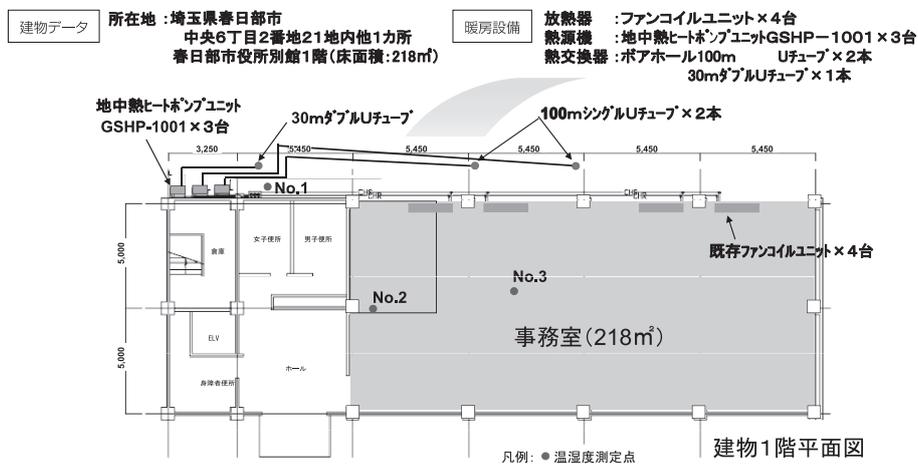
導的施策の1項目として地中熱利用ヒートポンプの実証実験の導入を決定した。

導入に際しては、「省エネ・温室効果ガスの削減・ヒートアイランド負荷軽減」ができるシステムで、今回の実証実験から「基礎データの収集・春日部市での有効性・ランニングコストの削減効果・温室効果ガスの削減効果・ヒートアイランド

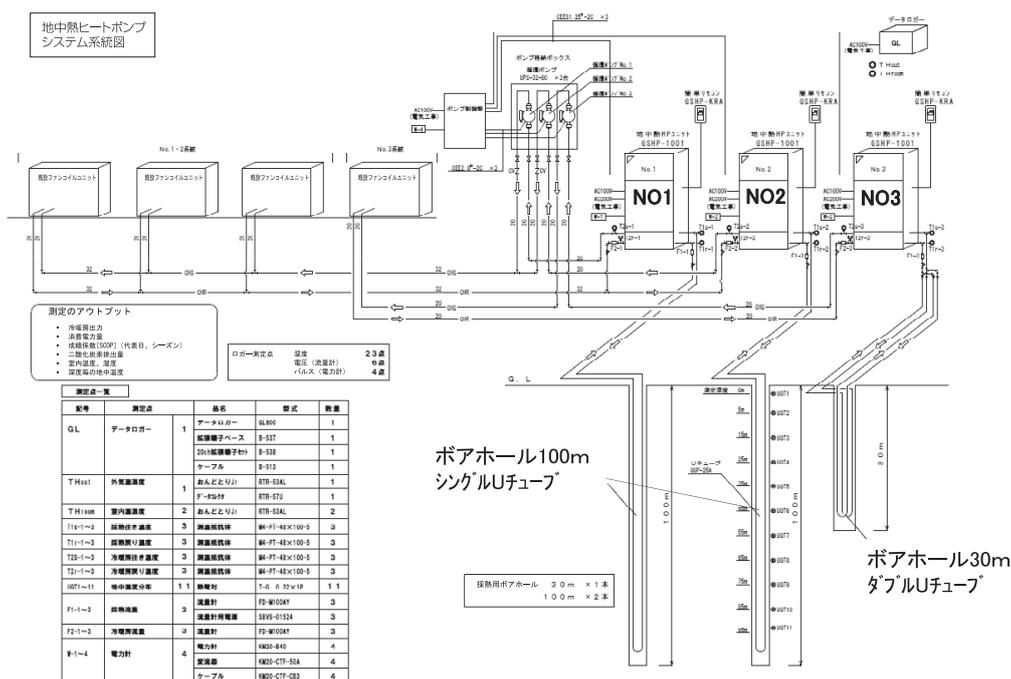
負荷低減効果・関東エリアの応用の可能度」を平成23年度末まで検証を行い、段階的に春日部市の公共施設・民間への導入を計画している。

(1) 具体的なシステムの紹介

市役所の別館1階を利用して実証実験が行われている。システムの概要・平面を図2、図3に示す。



[図2] 1階平面図と設備概要図



[図3] 地中熱ヒートポンプシステム系統図



【図4 ヒートポンプ設置状況】

(2) 実証実験中間報告の概要

1) 実験内容

- ①実験期間：平成22年9月6日～10月22日
- ②稼働日数：22日
- ③総運転時間：164.3時間
- ④建築物：別館（RC造5階建て）延べ面積約1,600㎡
- ⑤実験事務室：1階事務室 218㎡

2) 実験結果

①消費電力量の削減

表2によれば、消費電力は従来に比べて「877.8kwh - 416.9kwh = 460.9kwh」削減され、

削減率は52.5%に当たる。

電気量料金の差額：460.9kwh × 21円/kwh = 9,678.9円（約10,000円）

（電気料金：21円/kwh）

②温室効果ガス（CO₂）の削減

下記計算により、従来システムより約0.2 t（CO₂）の削減。

消費電力の差により：460.9kwh × 0.000418 = 0.1926 t（約0.2 t）

（* 排出係数：0.000418 平成21年度公表数値）

③ヒートアイランドの抑制

総積算採熱量（ヒートアイランド負荷の軽減）

【表2 ヒートポンプ冷房の結果表（9月6日～10月22日）】

内訳	単位	GSHP-1	GSHP-2	小計
総積算採熱量	kwh	1034.99	742.71	1777.70
	GJ	3.73	2.67	6.40
総GSHP消費電力	kwh	186.82	145.28	332.10
総補助ポンプ消費電力	kwh	45.46	39.34	84.80
総積算消費電力	kwh	232.27	184.63	416.90
既設消費電力	kwh			877.80
既設との差	kwh			460.90 (52.5%節約)

1777.7kwh (6.4GJ)

外気でなく地中に排熱するため、ヒートアイランド負荷の軽減が効果大。

以上、ヒートポンプ冷房の結果から、電気使用料金では稼働日数が22日の場合で約1万円の削減が図れ、温室効果ガス(CO₂)の場合は約0.2トンの削減となり、既存より約53%と約半分まで減少しているが、数値にすると少量である。ただし、ヒートアイランド負荷軽減には採熱量全てと考えると数量的には効果が大きいと思われる。なお、工事費のコストバランスについては、実証実験までの改修工事費と機器からのデータ収集や分析業務費を合わせた形で契約されたため、今回の結果報告からは外した。

4 おわりに

今回の報告は、ランニングコスト、温室効果ガス(CO₂)とヒートアイランド負荷軽減について述べた。イニシャルコストについては、日本の掘

削工事費は掘削長さ当たり1万円～2万円/mと高いが、欧米では日本の半値以下で施工されている。そのためイニシャルコストの増大を招き、投資回収年数の面で従来のシステムと比較して不利になるため、あまり施工実績はないが、環境負荷軽減での省エネルギー利用には検討に値するシステムと思われる。数年前の事務所ビルに関する研究では、ボアホール地中熱交換器を用いた試算では回収年数が36年から58年と試算され、採用に関しては不利なデータがあり、基礎杭を利用した地中熱交換器の研究でも回収年数が17.7年と報告されていた。ただし、最近では設備機器(ヒートポンプ)の成績係数の向上や掘削技術での価格ダウンなどでコスト低減が期待でき、実用に供することができるようになってきた。

最後に、本調査にあたり春日部市役所 都市計画課より技術資料と画像データの提供を頂き、引用させていただきましたこととお礼申し上げます。