

排熱低減WG 成果報告

1. はじめに

本報告書は排熱低減ワーキング（発足時の名称は熱有効活用・人工排熱低減ワーキング）の20年間の活動について、ワーキングの活動目的、活動経過、ワーキングで取り上げた主なヒートアイランド対策技術、ならびに情報収集および普及啓発活動などの概要をまとめたものである。各年度の活動状況の概要は大阪ヒートアイランド対策技術コンソーシアムのホームページにある「年間事業報告」および「HITEC NEWS」に記載がある。関心のある読者は、下記のWebページを参照されたい。

年間事業計画：<http://www.osakahitec.com/active/index.html>

HITEC NEWS：<http://www.osakahitec.com/active/news.html>

2. ワーキングの目的

エネルギーの大量消費に伴い大気に排出される人工排熱はヒートアイランドの主要因の一つである。本ワーキングでは、エネルギー多消費機器の省エネ・高効率化や未利用熱・再生可能エネルギーの有効活用などによる省エネ&人工排熱の低減を目的に、ヒートアイランド緩和に資する各種の研究・技術の情報収集や評価ならびに普及啓発を行うこととした。

図1に都市における地表面熱収支式、ならびにヒートアイランド対策技術の分類の模式図を示す。加えて表1にヒートアイランド対策技術の方向性と主な対策分野を示す。これらの図表は中尾と西村が分担執筆した参考文献1からの引用である。

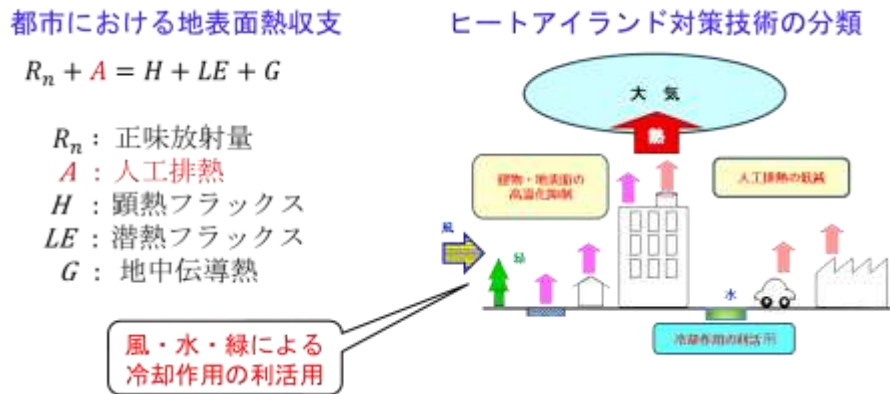


図1 都市における地表面熱収支とヒートアイランド対策技術のイメージ

表1 ヒートアイランド対策技術の方向性と主な対策分野

対策の方向	対策分野
人工排熱の低減	a.省エネ設備の導入
	b.省エネ建築物の普及
	c.排熱方式の選択
	d.エネルギー供給システムの選択
	e.自動車・交通流対策
	f.省エネ行動の実施
建物・地表面の高温化抑制	a.建物緑化
	b.屋根面/壁面の高温化抑制
	c.地表面の高温化抑制
冷却作用の利活用	a.風の活用
	b.水の活用
	c.緑の活用

参考文献1:

空調調和・衛生工学会編, ヒートアイランド対策 都市平熱化計画の考え方・進め方, pp51-55, オーム社 (2019)

3. 活動状況

発足当初は法人会員35社もの参加があり、本ワーキングを含めた「ヒートアイランド対策技術検討部会」の四つのワーキングに、多岐にわたる業種・分野の企業が参加していた。

その後は、各法人会員がそれぞれの製品や研究・開発の特性に沿ったワーキングでさらに深い議論を追求する形となり、本ワーキングでは、エネルギー事業者や空調機メーカー、ゼネコン、住宅メーカー、機械部品メーカーが委員として精力的に活動を続けた。また、ワーキングのトピックに合わせて、サブコン、機械設備メーカー、自動車メーカーからの積極的な委員派遣も得ることができ、多様な視点での意見交換を行った。年度別の活動状況の推移を図2に示す。

なお、2017年度からは、ヒートアイランド適応策導入に向けたワーキング横断勉強会が開始されたが、図2に示す開催数には計上していないことを断っておく。

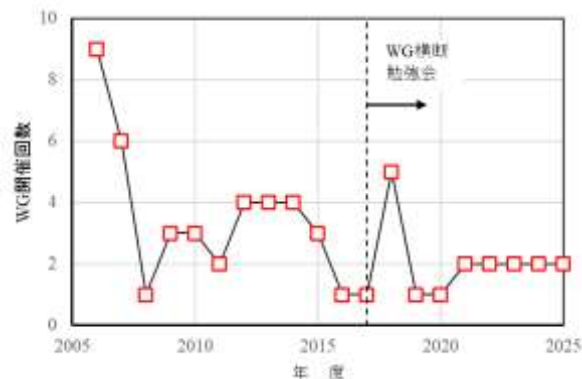


図2 排熱低減ワーキングの年度別活動の推移

活動の最終年度となった2025年度の排熱低減ワーキングの委員構成は以下の通りである。なお、委員、話題提供者、および見学会受入担当者などとしてワーキング活動にご協力いただいた方々の氏名を章末の付表1に示した。

2025年度のワーキング委員構成

主査：西村 伸也（大阪市立大学 名誉教授）

委員：今井 和哉（大阪ガス(株)）

坂口 佳史（(株)竹中工務店）

松場 英樹（ダイキン工業(株)）

三谷 育子（関西電力(株)）

アドバイザー：中尾 正喜（大阪公立大学 特任教授）

オブザーバー：原田 真宏（大和ハウス工業(株)）

4. 主な取組

本ワーキングでは前述のように、エネルギー多消費機器の省エネ・高効率化や未利用熱・再生可能エネルギーの有効活用などによる省エネ&人工排熱の低減を目的とした。

なかでも水の蒸発冷却効果や蓄熱効果に着目し、空調機の省エネ、空調排熱の大气以外への放熱による大气熱負荷の削減、外気の直接冷却などの対策技術に関して、情報収集や技術評価ならびに認証制度への適用可能性について検討を加えた。主な検討項目を以下に示す。

- ・ 空冷式空調機室外機への水噴霧・散水による省エネと顕熱排熱抑制
- ・ 河川水や下水の熱利用による空調排熱の排熱方式の変更
- ・ 帯水層蓄熱による季節間蓄熱・冷房排熱処理
- ・ 噴水・噴霧、カナルなどの人工水施設による都市微気象の改善
- ・ ZEBによる省エネと大气熱負荷削減

4.1 空冷式空調機室外機への水噴霧・散水による省エネと顕熱排熱抑制

空冷式の空調機室外機への水噴霧・散水による省エネ・空調排熱の潜熱化に関しては、環境省の環境技術実証モデル事業に参加し

ていた民間企業3社（オーケー器材、ハンシン、不二工機）、ならびに関西電力(株)、(株)いけうち の協力を仰ぎ、効果の定量的評価と本コンソーシアムが進めた認証制度への適用可能性の検討を目的に、空調機性能、消費電力、水使用量などの測定方法や評価項目について検討を加えた。定格冷房能力が12.5kWの業務用空調機における試験結果の一例を以下に示す。

表2は「平成16年度 環境技術実証モデル事業 ヒートアイランド対策分野」の実証試験結果報告書（参考文献2）よりの引用である。また、図3は本ワーキングで2014年8月22日に行った、表3に示す“水噴霧・散水による省エネ・空調排熱潜熱化の測定方法と評価項目”についての現場検証の一例である。

表2 室外機への水噴霧による効果検証例

	Without spray	With spray
Cooling capacity kW	12.065	12.48
Power consumption kW	3.859	3.492
COP	3.126	3.574
Sensible heat load kW	11.8	6.2
Sensible heat reduction ratio	0.475	空調排熱の潜熱化率44.2%、顕熱負荷の47.5%が減少
Latent heat ratio	0.442	
Temperature rise K	8.19	4.27

噴霧により温度上昇が約半分に低下

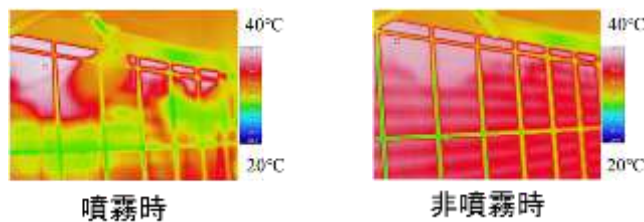


図3 室外機への水噴霧の有無による室外機熱交換器の温度分布可視化例
測定日時:2014年8月22日 PM:12, 天候 曇り, 外気温度 31°C, 吸込風速 約1.5m/s

表3 水噴霧・散水による省エネ・空調排熱潜熱化の測定方法と評価項目の検討例

Measurements	Sensible heat reduction	Latent heat ratio		
		Level 1	Level 2	Level 3
Suction side	Temperature	○	○	○
	Humidity		○	○
Discharge side	Temperature	○	○	○
	Humidity		○	○
Reference point	Temperature	○	○	○
	Humidity		○	○
Air flow rate	Velocity × Area	○	○	○
	Inv. Freq. ratio × rated airflow rate	△	△	△
Input power	Electricity		○	○
	City gas			
Water usage	Supply		○	○
	Evaporation		○	○

測定方法

温湿度センサー
熱電対
赤外線サーモグラフィ

熱線流速計

クランプ式電力計

流量計, 電子天秤

Latent heat ratio (潜熱化率) = 水噴霧有における潜熱排熱量 / 水噴霧無における顕熱排熱量

Level 1: 顕熱低減量 - 省エネ量 = 潜熱排熱量とする

Level 2: 吸込・吹出エンタルピー差 × 風量 から潜熱排熱量を算出する

Level 3: レベル1, レベル2の両方を実施

4.2 河川水や下水の熱利用による空調排熱の排熱方式の変更

関西電力本店ビルとその周辺のオフィスビルや鉄道駅舎に熱供給を行う「中之島三丁目地区地域熱供給施設」においては、熱源システムの効率向上とヒートアイランド現象の緩和を目的として河川水利用ヒートポンプシステム（左図）を採用し、大幅な大気熱負荷の削減を達成している（右図）。図4は参考文献3からの引用である。式1に示す建物のエネルギー収支やヒートアイランド対策効果については参考文献4に詳述されている。

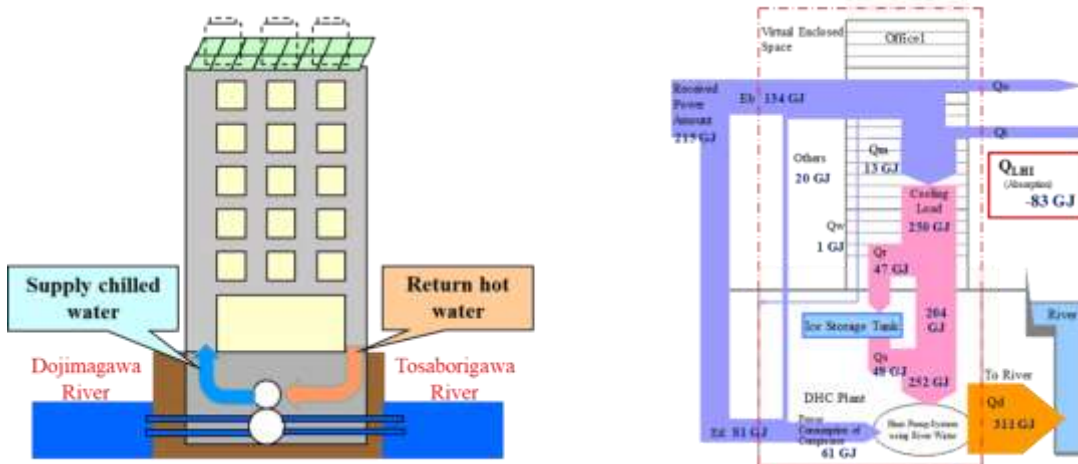


図4 河川水を利用した地域冷暖房システムによる大気熱負荷削減の効果検証

大気熱負荷計算：

$$Q_{LHI} = (E_b + E_d + Q_m) - (Q_d + Q_W) - (Q_r - Q_s) \quad (1)$$

参考文献3：HTAKEBAYASHI and MMORIYAMA edited：Adaptation Measures for Urban Heat Island, pp.90-94, Elsevier (2020)

参考文献4：古賀修・丹羽英治・小池万里・杉原義文・山際将司・清水孝範・一谷匡陸，河川水利用地域熱供給システムの性能検証・評価に関する研究（第12報）運用開始後7年間のシステム性能評価，空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集，pp.25-28，2012年3月

4.3 帯水層蓄熱による季節間蓄熱・冷房排熱処理

環境省実証事業により、大阪公立大学、三菱重工サーマルシステムズなどで実証研究・実用化をすすめた帯水層蓄熱技術を活用し、冷房排熱を帯水層へ蓄熱することで大気熱負荷削減が可能となった。導入事例における人工排熱削減効果についての紹介を受けるとともに、実証システムの見学会を実施した。システムの概念図を図5に、定格冷房能力700kWのターボ冷凍機を使用した実運用結果を図6に示す（参考文献5）。図6の上図は冬期の暖房負荷と夏期の冷房負荷の推移を、下図は冬期の蓄冷と、夏期の排熱処理の熱量測定結果を示している。冷房期間において、膨大な冷房排熱1,721GJを地中に処理できている。

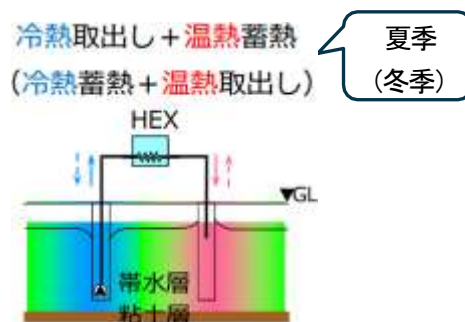


図5 帯水層蓄熱システムの概念図

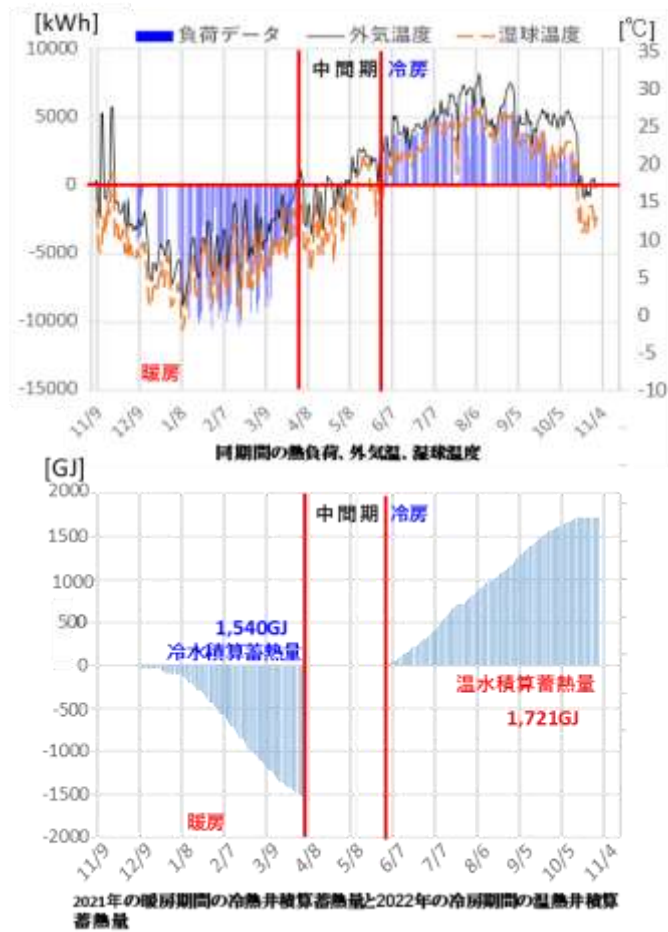
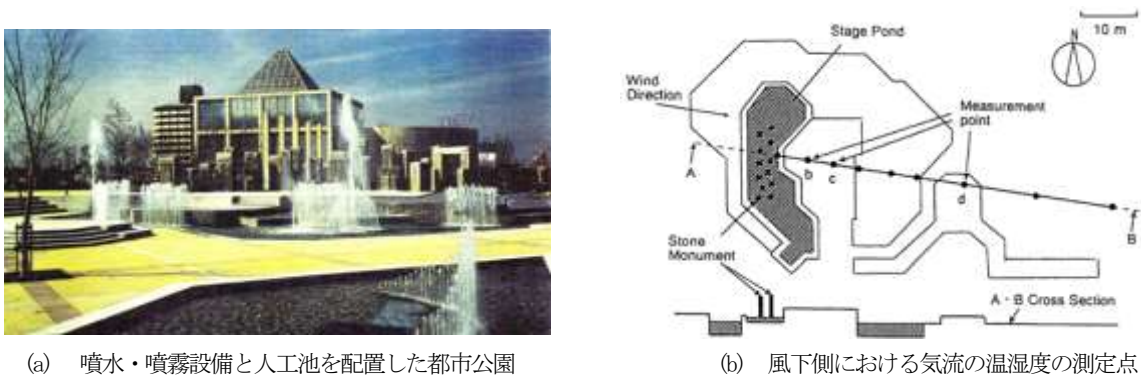


図6 帯水層蓄熱による季節間蓄熱・冷房排熱処理の実証試験結果

参考文献5：崔林日・西岡真稔・中尾正喜・三田村宗樹・上田憲治、帯水層蓄熱を利用した空調システムの研究-実性能評価と運用方法の検討、地盤工学会関西支部・Kansai Geo-Symposium2023, pp.182-187, 2022年11月

4.4 噴水・噴霧、カナルなどの人工水施設による都市微気象の改善

都市空間での水施設は、噴水・噴霧やカナル（人工水路）などに代表されるように、主に景観形成や親水性を目的として採用されてきた。徐々にではあるが水の有する温湿度調節機能、特に冷却効果を効率よく最大限に生かして、その生活空間の微気象温熱環境を調節する試みがなされている。都市内公園における気流冷却効果の実測例を図7および図8に示す（参考文献6）。なお、この測定は、大阪市立大学、大阪大学、大阪ガス、クボタの共同研究の一環として、天王寺公園複合水施設で行ったものである。



(a) 噴水・噴霧設備と人工池を配置した都市公園

(b) 風下側における気流の温湿度の測定点

図7 人工水施設による大気直接冷却効果の実測事例

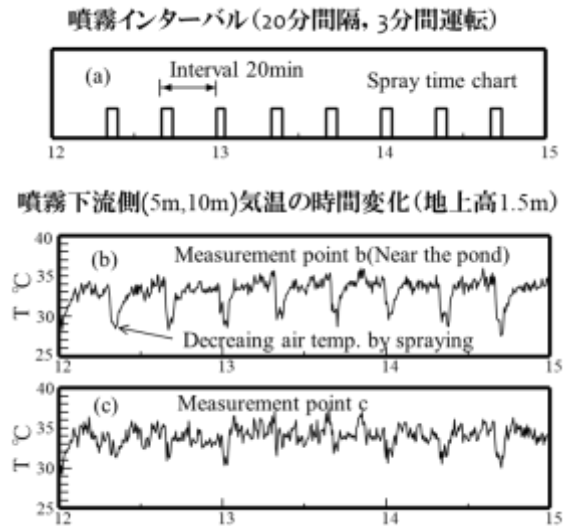


図8 噴霧のインターバルと噴霧下流側気温の時間変化

参考文献6 : N.NISHIMURA, T.NOMURA, H.HIYOTA, S.SKIMOTO ; NOVEL WATER FACILITIES FOR CREATION OF COMFORTABLE URBAN MICROMETEOROLOGY, *Solar Energy*, 64-6,(1998), pp.197~207. 大阪市立大学, 大阪大学, 大阪ガス, クボタ 共同研究, 旧天王寺公園複合水施設での冷却効果実測事例

4.5 ZEB・ZEHによる省エネと大気熱負荷削減

4.5.1 建築物のゼロエミッション (Z) 化について

地球温暖化対策やエネルギー自給率の向上を目的に、建物で消費する年間の一次エネルギー消費量を正味でゼロにすること (ZE : ゼロエミッション) を目標とする建築物省エネ法が2015年7月に制定され、2017年より施行されている。2025年4月の改正により、すべての新築建築物 (住宅ならびに小規模建築物を含む) で省エネ基準への適合が義務化された。

ZEB ならびに ZEH とは、快適な室内環境を保ちながら、住宅や非住宅建築物において高断熱化と設備の高効率化により省エネルギーを達成し、加えて太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの導入により自前でエネルギーを創ることで、1年間のエネルギー消費量が正味 (ネット) で概ねゼロ以下となる建築物のことである。ZEH においては20% (現行値, 2027年4月から35%に引き上げ) の省エネルギー化、ZEB に関しては50%の省エネルギー化が最低限必要である。ZEB の概念を図9に示す。

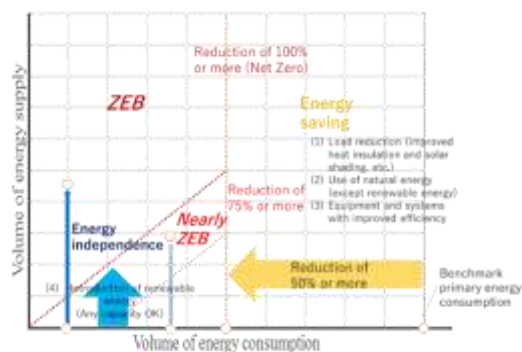


図9 ZEB の概念

ZEBやZEHでは上述のように高断熱化と設備の高効率化により省エネルギーが可能となることから、人工排熱の低減が期待できる。加えて太陽光パネルの設置や屋上や壁面の緑化により、夏季における空調負荷の低減も相乗的に期待できる。大阪府では「おおさか気候変動対策特別賞 (愛称: “涼” デザイン建築賞)」を設けて、ZEB・ZEHの普及促進を図っている (参考文献7)。

参考文献7 : おおさか気候変動対策賞特別賞 (愛称: “涼” デザイン建築賞) における ZEB・ZEH の評価について

<https://www.pref.osaka.lg.jp/documents/19812/siryo2no1r5no320.pdf>

4.5.2 ZEB 事例

2016年4月に建築物省エネ法において、2,000㎡以上の非住宅建築物を対象に省エネ基準への適合が義務化された。2019年5月の改正により、300㎡以上2,000㎡未満の非住宅建築物も省エネ基準適合義務の対象に加えられた。第37回委員会（2018年2月28日）において、中規模業務ビル（ダイキン工業福岡ビル：延床面積 2,620㎡）におけるZEBへの取組の紹介があった。図11に示すように1年間で一次エネルギー消費量が67%削減されたことが報告された（参考文献8）。

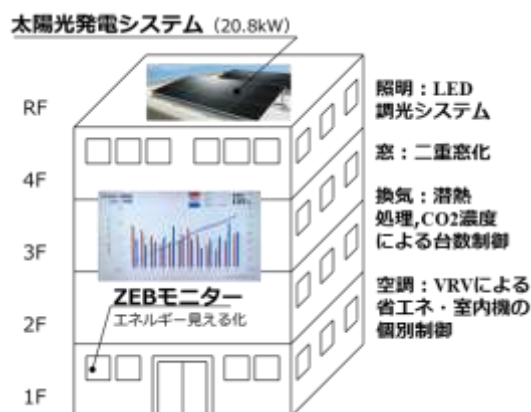


図10 中規模業務ビルにおけるZEBを目的とした設備更新事例

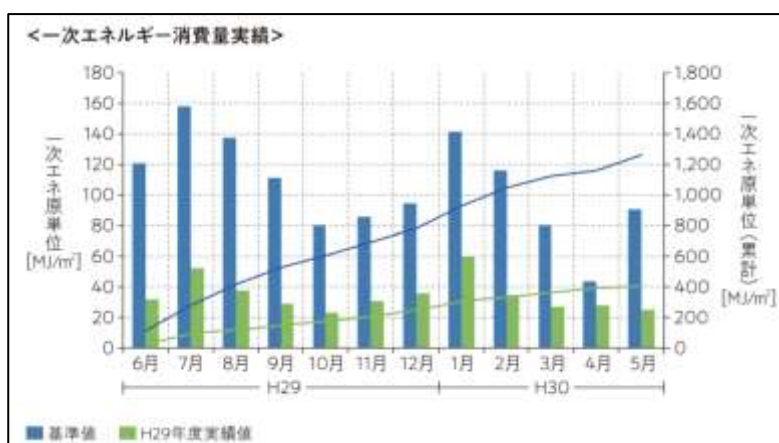


図11 ZEB化への取組による年間の一次エネルギー消費量の削減効果

参考文献8：月刊「省エネルギー」、中規模オフィスビルの更新による普及型ZEBの実現, Vol.71, No.3, pp.52-55 (2019)

4.5.3 ZEHへの取組事例

ZEHは新築の戸建て住宅を対象として開始されたが、現在では集合住宅まで適用対象が拡大している（ZEH-M）。ここでは、本ワーキングで話題提供いただいた実験集合住宅と戸建て住宅によるまちづくりにおけるZEHへの取組について紹介する。

(a) 実験集合住宅

木造戸建て住宅の平均寿命は一般的に30～40年程度とされている。ZEHを目指した法律の施行により住宅の断熱性能の大幅な向上が求められているなか、大阪ガスでは“100年以上使用可能な住宅”の開発を目的に実験集合住宅“NEXT21”を建築し、住宅の断熱性能やエネルギー設備の定期的な更新により、快適で省エネルギーな暮らしの実現を目指した実証実験を行っている（参考文献9）。第48回委員会（2023年3月1日）において、“NEXT21”について、建物の構造的な特徴、エネルギーシステムの実験、ウェルネスZEH、屋上緑化によるヒートアイランド現象低減効果などの紹介があった。図12に建物の構造的な特徴（スケルトン・インフィル構造）を示す。この構造により、住戸ごとに断熱性能の向上が容易に可能となる。図13は屋上緑化の土壌深さ方向の温度変化を示したものであり、30cm程度あれば、外気温変化の影響を受けていないことがわかる。

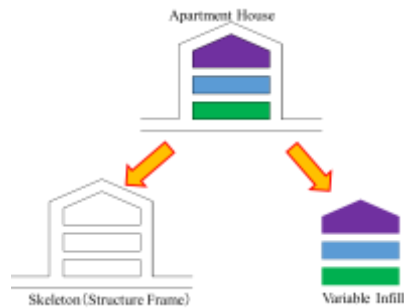


図12 スケルトン・インフィル構造の概略

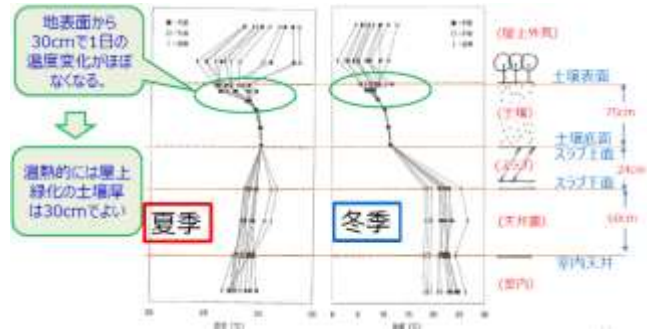


図13 1日における屋上土壌の深さ方向の温度変化

参考文献9：大阪ガス実験集合住宅NEXT21（NEXT21 ホームページ）

<https://www.osakagas.co.jp/company/efforts/nex21/>

(b) 住宅街区のZEH化

住宅におけるZEHの一例として、第43回委員会（2020年1月31日）において街区レベルでのZEH化に取り組んだ“SMA×ECO TOWN（スマ・エコタウン）晴美台”について、大和ハウス工業より紹介があった。図14は“スマ・エコタウン晴美台”のまち並を示したものである。図15は年間のネット・ゼロ・エネルギー・タウン（ZET）率の推移を示したものである。冬場は太陽光発電量の低下とエネルギー消費量の増加のためZET率が100%を下回っているが、年間平均では100%を超えおり、ZETが達成できていることが報告された。また、地域の卓越風の取り込みなどパッシブデザインにも配慮した施設配置や擁壁の壁面緑化など、ヒートアイランド対策としても効果的な取り組みがなされていることも報告された（参考文献10）。



図14 スマ・エコタウン晴美台概要（1.68ha、65区画）



図15 月別ZET率の推移

参考文献10：公的用地を活用した官民連携事例 ― 晴美台エコモデルタウン創出事業 ―

https://www.kok.or.jp/project/pdf/09_150217_data2.pdf

5. 情報収集と普及啓発

本ワーキングでは、ヒートアイランド緩和に資する熱有効利用や人工排熱低減に関する技術や将来予測等に関して、文献調査のほか、外部から有識者、技術者や行政職員を招いて、最新情報の収集を行った。代表例を以下に示す。

- 「省CO₂対策を目的とした水道水ミスト散布の排熱施設への適用について」：北野 陽一郎 氏（大阪市水道局）
- 「都市における未利用エネルギー活用地域冷暖房ネットワーク事業 ―パリ市等欧米における地域冷暖房ネットワーク事例紹介―」：中嶋 浩三 氏（早稲田大学理工学術院理工学研究所・招聘研究員）
- 「下水道における資源・エネルギー回収の動向」：貫上 佳則 氏（大阪市立大学大学院・教授）
- 「データセンターの展望と課題」：羽山 広文 氏（北海道大学・名誉教授）
- 「EVによる温暖化対策の展望と課題 ―ヒートアイランド現象―」：池谷 知彦 氏（電力中央研究所・シニアアドバイザー）

また、普及啓発活動として、帯水層蓄熱システム、環境配慮先進ビル、メタネーション実証試験施設の見学会を行うとともに、

「夏の暑さ対策と省エネ・カーボンニュートラル」についての2024年9月4日開催の公開シンポジウムを企画した（参考文献11）。

参考文献11：大阪HITEC NEWS vol21

http://www.osakahitec.com/active/news/news2025_03_vol21.pdf

6. 今後の課題と展望

近年、地球温暖化の昂進とその対策について話し合う国際会議（IPCC Plenary Session）が毎年開催されていることから、ヒートアイランド対策よりも地球温暖化対策、なかでも温室効果ガスの削減への取り組みが国際的に強く求められている。地球温暖化とヒートアイランド（都市温暖化）の主要因や解決策などの対比を図16に示す。図より、地球温暖化に関しては、年限を切って温室効果ガスの定量的な削減目標が定められていることが分かる。ところで、温室効果ガスは二酸化炭素ばかりでなく、空調機に使用されている冷媒も温室効果（GWP）が極めて大きな気体である。発展途上国の経済発展によっては、冷媒の温室効果の影響は二酸化炭素が及ぼす影響と比較して、20%程度まで増大することが危惧されている。よって、温室効果ガス全体の削減を目指すためには、図17に示すように、二酸化炭素以外の温室効果ガスの削減に関する国際的な協定（モントリオール議定書キガリ改正）などによる規制の実施スケジュールを理解しておくことが必要不可欠である。このことは、空調排熱などの削減を目指すヒートアイランド対策の観点からも重要な視点であり、経済的な影響も大きいことから、ヒートアイランド対策技術の開発・社会実装に当たって留意すべき点である。



図16 地球温暖化とヒートアイランドの要因や解決策の比較

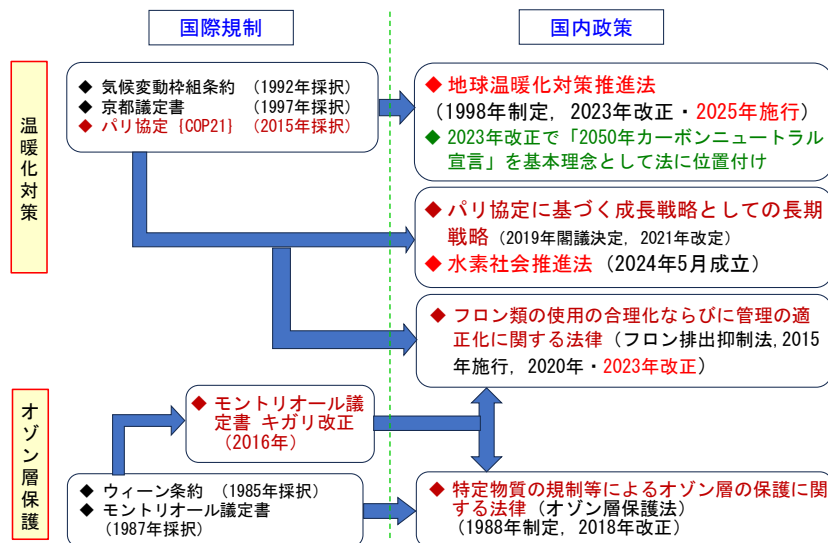


図17 温暖化とオゾン層保護に関する近年の国際規制と国内政策の対応

付表1 ワーキング会合参加者一覧 (注: 2025年度の委員, アドバイザー, オブザーバーは除く)

企業/法人 名称	出席者 (敬称略)
安治川鉄工(株)	小椋 輝繁
(株)いけうち	鈴木 慎, 牧 丘, 水野 毅男, 米沢 正晴
オーケー器材(株)	富岡 幸夫, 岩本 明
大阪ガス(株)	喜多 茂雄, 志波 徹, 白木 一成, 葉山 武彦, 宮里 潤
大阪市水道局	北野 陽一郎
大阪市立大学	貫上 佳則, 鍋島 美奈子, 西岡 真稔, 榊元 慶子 坂中 稔基 (大学院生) 藤堂 大樹 (大学院生)
大阪府立環境農林水産総合研究所	金本 隆志
(株)大林組	内海 徹
(株)カラーコスモ	山本 貴則
関西電力(株)	岩井 良真, 小川 芳樹, 岸本 卓也, 古賀 修, 辻 裕伸, 田中 良昌, 徳田 隆秀, 山口 弘雅 佛圓 亜耶
(株)極東商会	田邊 貴彦
(株)神戸製鋼所	高橋 和雄
ダイダン(株)	杉浦 聡
ダイハツ工業(株)	大庭 靖史
太平洋プレコン工業(株)	高久 稔
大和ハウス工業(株)	久保田 謙三
(株)竹中工務店	木村 智, 井上 雅庸, 松本 健, 西口 泰弘
東京下水道エネルギー(株)	佐藤 隆次
東京都下水道局	井上 潔
東洋紡STC(株)	木村 徳秀
(株)トルス	窪田 克則
中部電力(株)	宮岡 洋一
電力中央研究所	池谷 知彦
(株)ニュージェック	柘本 太郎
(株)ハンシン	金本 誠也
日立造船(株)	藤本 恵美子
日比谷総合設備(株)	古閑 一誠, 込谷 雅史, 堀越 壮一
(株)不二工機	姥 信行, 安井 彰宏
北海道大学	羽山 広文
三菱重工サーマルシステムズ(株)	崔 林日, 坂井 正訟
早稲田大学	中嶋 浩三