品川区における都市環境モニタリングシステムの構築

CONSTRUCTION OF THE MONITORING SYSTEM OF URBAN ENVIRONMENT IN SHINAGAWA CITY

武井由貴 — * 1

中島裕輔 — * 2

Yuki TAKEI — * 1

Yusuke NAKAJIMA — * 2

キーワード：
都市環境, ヒートアイランド現象, モニタリング, 環境教育

Keywords：
Urban environment, Heat island phenomenon, Monitoring, Environmental education

In 2006, the local government of Shinagawa Ward located in the central Tokyo and we have developed the microclimate measurement network which is called *Shinamoni* as a new tool for Eco-Conscious Urban planning. This system is design to verify countermeasures of the heat island phenomenon, and to raise awareness of urban environment by providing real-time data on the website. The data is also used for prevention of heat attack and environmental education at elementary schools. In this paper, we introduce the operational situation and the utilization of this system.

1. はじめに

年々深刻化するヒートアイランド問題への対応においては、地域の熱環境把握や対策技術の導入及びその効果検証が重要である。国や地方公共団体は様々な対策を講じ始めており、首都圏でも主に23区の自治体を中心に屋上緑化や保水性舗装などの対策が導入されてきている。しかし、これらの温度低減効果の検証や副次的な環境影響の評価は自治体単位の実施工ベースでは十分になされておらず、こういった取り組みへの住民の関心度・理解度も高いとは言えないのが現状である。

そこで本研究では、2005年に開催された愛知万博会場において著者らが開発・運用した環境モニタリングシステム「万博アメダス」¹⁾の仕組みと機材を活用し、実際の都市への応用として品川区において都市環境モニタリングシステム(通称シナモニ)の構築を行った。本システムは各対策技術の効果検証に加え、リアルタイムの計測データを閲覧できるホームページを開設し、ヒートアイランド現象及びその対策技術への認知度向上、熱中症注意喚起に関わる情報提供、小学校における環境学習教材等に活用している。本稿では、構築したシステムの概要と活用手法、及び初年度の運用成果について報告する。

2. 「万博アメダス」から品川環境モニタリングシステムへ

愛知万博では自然の叡智をメインテーマとして会場建設段階から様々な環境配慮を行っていた。そこで、マルチホップ無線ネットワークを用いて会場内の気象や各種地表面温度をリアルタイム計測する環境モニタリングシステム「万博アメダス」の開発・運

用を行った(図1~2)。また同時にホームページ「万博エコクラブ」を製作し、愛知万博での環境への取り組みとモニタリングシステムの測定データを発信することで人々の環境意識の向上を目指した。開催期間中の運用の結果、システムの信頼性が確認できたことに加えて、各種対策技術の効果検証や熱中症予防の情報提供など、様々な面での活用が成果が得られた¹⁾。

本システムは、この愛知万博で開発したモニタリングシステムの実際の都市への応用事例である。実際に愛知万博で使用した機材の一部を移設し、品川区の環境施策の一環として、また自治体

図1 万博アメダスシステム概要

図2 万博アメダス計測機材

*1 ㈱ウッドノート環境技術部 修士(工学)
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-3-1)

*2 工学院大学工学部建築都市デザイン学科 准教授・博士(工学)

*1 Woodnote Corporation, M. Eng.

*2 Assoc. Prof., Dept. of Design in Architecture and Urbanism, Kogakuin Univ., Dr. Eng.

表1 都区によるヒートアイランド対策事業(平成17年度)

事業内容	対策推進エリア				エリア外
	都心	新宿	大崎・目黒	品川駅周辺	
保水性舗装・ブロック	7	2			5
遮熱性舗装	2				6
街路樹再生	1	2			2
屋上緑化	6		3		30
壁面緑化	3	2	2		22
屋上面高反射率塗装					2
校庭芝生化	3		1	1	28
河川護岸・遊歩道緑化		4	1	2	3
公園・広場整備			1		10
散水事業	2				4
打ち水					各地

※東京都環境局資料より作成。事業によっては広範囲にわたるものもあり、捉え方で箇所数が若干異なる場合もある

図3 ヒートアイランド対策技術の実施内容の広報の有無

図4 ヒートアイランド対策技術に対する計測の有無

主導型のヒートアイランド対策ツールとして、対策事業の積極的な広報やその効果の検証、住民への環境啓発などへの活用を考慮して構築したものである。

3. ヒートアイランド対策と環境モニタリングの現状

3.1 自治体におけるヒートアイランド対策

表1に示すようにヒートアイランド現象が特に顕著な都区部では様々な対策が講じられており、都の指定するヒートアイランド対策推進エリア外でも小中学校の屋上緑化や校庭芝生化、保水性・遮熱性舗装が実施されている。

そこで23区を中心に全国43の自治体を選定してヒートアイランド対策技術の実施状況等についてアンケート調査を行ったところ(回答数34)、対策技術の実施内容の広報や計測・効果検証を行っていない自治体が多く(図2、3)、またその理由としては「効果検証したいが計測機器がない」という回答が多く、効果検証のニーズはあるもののツールが不足している現状が確認された。

3.2 屋外気象計測の現状

ヒートアイランドの実態把握のため、都市部の広範囲な屋外気象計測が行われるようになってきている。代表例に東京都が整備した都内気象観測網(METROS)²⁾が挙げられ、都区内の20ヶ所のビル屋上に設置された計測機器と、100ヶ所の小学校の百葉箱内に設置さ

表2 計測箇所と計測内容

No.	計測場所	計測内容
1	品川区役所	屋上緑化
2	平塚公園	保水性・遮熱性舗装
3	西品川保育園	屋上高反射率塗装
4	二葉すこやか園	保水性舗装
5	台場小学校	屋上緑化
6	第四日野小学校	屋上緑化
7	日野学園	屋上緑化
8	八潮北小学校	校庭芝生化
9	大井町駅前	アスファルト舗装上
10	目黒川護岸	川沿いの環境
11	東品川海上公園	河口の環境
12	戸越公園	緑地公園の環境
13	ゆたか商店街	保水性舗装
14	戸越銀座商店街	ドライミスト
15	旗台小学校	区内気温分布
16	伊藤小学校	区内気温分布
17	芳水小学校	区内気温分布
18	浜川小学校	区内気温分布

図5 計測ポイント

図6 計測ポイント写真
(左: No. 4 右: No. 10)

れた計測機器を組み合わせることで東京都区部の熱環境を連続計測している。また国交省の総合開発プロジェクトの一環で大学など研究者グループが夏期2週間程度、計測機器を各所に設置して計測を行い、機材撤収時にデータを回収して分析に使用する期間計測も実施されている。しかし、住民が実感できるようなリアルタイムの気象計測事例は少ないのが現状である。

3.3 都市環境モニタリングシステムの意義

前述の調査結果より、ヒートアイランドの効果的な対策を講じるには地域の熱環境特性の把握、自治体レベルでの対策立案、効果検証は重要であり、さらに住民と連携した街づくりの一環としての対策を考えると対策とともに関連情報を発信するツールも一緒に構築することが望ましい。そこで、本研究における都市環境モニタリングシステムの目的と意義をまとめると以下になる。

- ①周辺環境の違いが気候、人間の快適性に与える影響を把握する
- ②ヒートアイランド対策実施箇所では①をより定量的に捉えてその効果を検証する
- ③リアルタイムの計測データをWeb等で広く環境情報として提供し、熱中症予防をはじめ住民が生活の中で活用できるようにする
- ④環境教育のソフト的なツールとしての活用手法も考慮する

これらの意義に沿って品川区においてシステム構築を行った。

4. 品川区における都市環境モニタリングシステムの構築

4.1 計測ポイントの選定

図5に計測ポイント、表2に計測箇所と計測内容について示す。計測箇所はヒートアイランド対策箇所やその比較対象となる場所だけでなく、風の道の効果が期待できる川沿いや比較対象となる駅前のアスファルト舗装上や緑地公園など環境条件の異なる場所を選定しており(図6)、また区内の熱環境の特性を包括的に把握するために区内の小中学校の百葉箱を活用して温湿度を計測している。品川区の小中学校においても屋上緑化等の環境技術を導入し

図7 品川区モニタリングシステム概要

表3 システム機器構成

No.	構成品目	製作
1	無線センサ端末	(株)JNEC
2	基地局、基地局ソフト	(株)JNEC
3	無線ローガ観機	エスベックミツク(株)
4	無線温湿度ロガー	エスベックミツク(株)
5	無線温湿度ロガー(LAN対応)	エスベックミツク(株)
6	気象計測機器	(株)SEC
7	基地局PC	富士通(株)
8	データベース兼Webサーバ	(株)JNEC
9	データベースサーバソフト	Microsoft SQL
10	Webサーバソフト	Microsoft IIS
11	無線ローガ用ソフト	独自開発(協力:(株)ユニテック)
12	携帯用コンテンツ作成ソフト	独自開発(協力:(株)ユニテック)

図 8 使用計測機器

(左：日射量計、雨量計、風向・風速計 右：基地局側端末)

ている学校が多数あり、積極的に環境教育教材として活用されるように計測場所に選定している。また、今回のシステム構築に合わせて新たに保育園の屋上や区内の公園において保水性舗装や遮熱系塗料を施工して計測ポイントに組み込んだ。これは計測データの公開とともに効果を体感できる場所であり、認知度も広がり理解度も高まることを期待したものである。

4.2 システム構築

図7にモニタリングシステム概要、表3にシステム機器構成、図8に使用計測機器を示す。計測項目は場所によって多少異なるが、基本項目は外気温湿度、地表面温度、風向・風速、日射量、降雨量である。計測間隔は10分、各ポイントの無線計測機器によって計測されたデータは各基地局へ集められ、庁内LANによってデータサーバーに蓄積される仕組みである。万博会場より広域である品川区内においては、区有施設のほぼすべてを結んでいる庁内LANを活用することにより、WEBからリアルタイムの計測データが閲覧可能となるシステム構築を実現した。

4.3 ホームページの製作

4.3.1 製作方針

このシステムを活用して計測データを閲覧できるホームページを製作した。図9にホームページの情報提供内容と活用手法について示す。計測箇所が区役所や学校関係、公園など多岐にわたり、様々な人が利用する機会を持つ場であるため、想定する対象

図9 情報提供内容と活用手法

図10 ホームページの構成

シナモニ計測データ

1. 品川区役所(屋上)
4/8 (日) 19:10のデータ
気温 13.8℃
湿度 69.6%
屋上芝生 15.1℃
コンクリート 17.7℃
日射量 0.0 MJ/m²/10分
風向 南東(127.9deg)
風速 1.5 m/s
降水量 0.0 mm/10分
(**は3データ欠測)

12 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
13A 13E 14A 14E 14C
15 16 17 18
計測ポイント一覧

© 2006 Shinagawa City
& Kogakuen Univ.
Nakajima Lab

図11 ホームページのトップページ
(左：携帯サイト 右：パソコン用)

者を大きく公的機関、教育関係者、企業関係者、一般住民に分類し、それぞれの対象者のニーズに合った情報提供内容に配慮して製作を行った。

4.3.2 ホームページコンテンツ

図 10 にホームページの構成、図 11 にトップページ画面を示す。ホームページは「プロジェクト」「計測データ閲覧」、「学校を測ろう」、「技術紹介」、「身近にできるヒートアイランド対策」の 5 つのコンテンツから構成される。また、携帯サイトを作成し、パソコンがない状況や外にいても計測データが見られるようにした(図 11)。これにより、身近な気象情報がわかるようになり、熱中症予防や暑さ対策などに活用できると考える。なおこの計測データはリアルタイムデータのみの表示であり、10 分おきに更新される。ホームページの活用手法について以下にまとめる。

図 12 リアルタイムグラフ作成ページ画面

図 13 リアルタイム表示画面(左:気温、中央:風向・風速、右:暑さ指数)

図 15 降雨後の代表点の地表面温度変化(8/17 ~ 8/19)

図 14 区内気温分布図(8/5 図左:6時、図右:13時)

(1) ヒートアイランド対策技術とその効果の認知

区内のヒートアイランド対策技術の実施場所の情報に加えて、実際の効果をリアルタイムグラフ(図12)で見ることにより、ヒートアイランド対策技術とその効果の認知度向上に役立てる。

(2) 外界気象への意識向上及び熱中症対策等の安全管理

視覚的にわかりやすいように気温、風向・風速、暑さ指数(夏期のみ)を地図上に表現した(図13)。気温と暑さ指数は色で、風向・風速は矢印の方向と長さで表現しており、リアルタイムの値(10分ごとに画面は更新)が色や矢印となって地図上に表示される。これにより、場所による気温の違いや暑さ指数の違い、風の流が一目でわかるため、外界気象への意識の向上や熱中症対策・暑さ予防に寄与すると考える。

(3) 環境学習教材

小中学生を対象とした環境学習教材として、計測したデータを活用した自由研究のテーマを紹介している。テーマ例としては「屋上緑化について調べてみよう」や「いろいろな場所の気温を調べてみよう」であり、屋上緑化の効果について調べたり、自分の身近な場所の気温を調べたりすることにより、環境意識向上につながると考える。

(4) 身近なヒートアイランド対策の認知度向上

打ち水や住宅の外構における保水性舗装の施工事例など身近にできるヒートアイランド対策を紹介しており、区民に身近な対策の実践を促している。

5. 収集データの分析

本報では個別のヒートアイランド対策技術の詳細な効果検証は省略し、一般のホームページ閲覧者の認識できる範囲の気温、地表面温度についての概略分析を述べる。

5.1 区内の気温分布

図14に夏期代表日(8/5)の代表時刻の気温分布を示す。これを見ると、公園では常に他地点よりも温度が低いこと、河川沿い・海

近くの地点は温度が低めの傾向にあること、商店街の中の地点は温度が高めの傾向にあることなど場所による特徴が現れていると言える。代表日の13時で、市街地の代表地点として大井町駅前の気温を基準とすると、公園で -2.0°C 、河川護岸で -1.3°C 、河口付近で -0.9°C 、商店街の中で $+0.7^{\circ}\text{C}$ であった。また、河川に近くても風の流が阻害される再開発地区の裏側の地点では同 -0.2°C と駅前とほぼ同じで、河川の効果が得られにくい状況も現れている。明け方の区内で最大 1.4°C の気温差が付いており、地表面の蓄熱などが影響し、場所による違いが現れていることが分かる。

5.2 地表面対策技術の分析

図15に降雨後の代表点の地表面温度変化を示す。降雨後の晴天日でアスファルト舗装や屋上コンクリートが 60°C 近くまで上昇するのに対して、保水性舗装や屋上緑化では 15°C 以上低く維持されていることが分かる。また、遮熱舗装も $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ の温度上昇抑制効果を発揮している。ホームページでは、このような対策技術の効果が一般の閲覧者でも簡単に検証できる仕組みとなっていることも特徴の1つである。

6. ホームページの運用実績

図16にホームページ開設後のアクセス数の推移(2006年7月24日~2007年1月31日)を、図17に同期間のページ別のアクセス数合計を示す。開設直後の7~8月が多いが9月から減少し、そのまま横這いの状況となっている。運用初年度で大きな広報をしなかった状況にしては多くのアクセスが得られたと言える。

ページ別で見ると、気象や地表面温度など環境測定データのページが上位を占め、次いでプロジェクトや対策技術紹介のページであった。閲覧者は実感の沸きやすい測定データグラフページをきっかけに対策技術に対しても関心を持って見ていたと考えられ、本ホームページがヒートアイランド問題や対策技術に対する認知度向上に寄与していることが推察される。

図 16 HP 開設後のアクセス数の推移

図 17 ページ別アクセス数

7. 小学校環境教育への活用

7.1 教員アンケート調査

本システムでは、小学生向けのページも作成して小学校環境教育において活用することも目的の1つとしている。そこで、区内の小学校の教員（20校97名）に対して、環境教育の現状と本システムに対する興味や意見について調査を行った。決められた環境教育用教材がないため、図18に示すように各教員が独自に作成して試行錯誤しながら教育しているケースが多い。また、屋上緑化など自校に環境技術が施工されている小学校の教員（14校45名）に対して、自校の環境技術の児童への関心度（図19）、及び自校の環境技術の活用状況（図20）を調査したところ、児童の関心度は高いが、環境教育教材として活用しきれていない実態が明らかとなった。

環境モニタリングシステムの環境教育への活用については、「使えそう」と回答した教員は約9割に上った（図21）。これらの結果から、本システムは各校の環境技術を教育に活用するツールとしても、有用性が確認されたと言える。

7.2 児童アンケート調査

一方児童に対しては、実際に夏休み前にモニタリングシステムの資料配付やシステムを活用した環境学習講座を開催し、児童の関心度の変化を調査した（6校の5年生235名を対象）。その結果、図22のように、多数の児童について本システムに係る2つの環境問題に対する関心度が上がり、環境教育面での一定の活用成果が上げられたと考えている。

8. 自治体の立場から見た環境モニタリングシステムの有用性

自治体の立場から見たシステムの有用性を調査するために、事業主体である品川区へはヒアリングを、他の自治体（23区を中心に主にヒートアイランド対策事業を行っている34の自治体を選定）へはアンケート調査を行った。

図 18 環境教育教材作成の現状

図 19 自校の環境技術への児童の関心度

図 20 自校の環境技術の活用状況

図 21 環境モニタリングサイトの有用性

図 22 環境モニタリングシステム活用による児童の環境問題への関心度の変化（夏休み前後比較）

図 23 特に有効と感じるシステムの活用手法

図 24 理想とするシステムの運用・管理主体

8.1 品川区からみた環境モニタリングシステムの評価

本システムの特徴である区内18箇所の密な気象計測・データ公開の点では、「区民の視点から身近な環境の状況がわかること」、ヒートアイランド対策技術の計測とデータ公開の点では、「区内の対策技術やその効果について広報できたこと」に有用性を感じていることがわかった。その一方で問題点として「データやシステム管理の負担」、今後の課題では「年間を通じた活用の検討」、さらには展開として「他の環境施策との連携の検討」という意見が挙げられた。

8.2 他の自治体における環境モニタリングシステムの評価

本システムの中で特に有効と感じる活用手法については「ヒートアイランド対策技術の効果検証」、「区内の気温分布や自然の効果の把握」、「小学生の環境教育教材」と回答する自治体が多かった(図23)。一方、システムを導入した場合に懸念される問題点では「システムの構築、効果検証の問題」を挙げる自治体が多かった。しかし、システム構築・運用主体に対しての設問では、公的機関(各自治体、国・都道府県)がやるべきであるという意見が挙げられ、一番懸念される問題でありながらやるべきであるという認識はあるといえる(図24)。

本システム導入の検討については、大気汚染の常時観測や複数の気象観測を行うなど既に導入・検討している自治体が2割程度であり、検討してみたいと回答した自治体は約4割であった。その理由の1つとして「収集データを情報提供するツールとして有用と思われるため」、また特に導入したくない理由としては「費用、システム管理・運営の問題の解決が困難なため」という意見が挙げられた。環境モニタリングシステムの導入を考えた場合に計測・データの公開が必要と考えるものについての自由書きの回答では、大気や気象といった地域の環境情報やヒートアイランド関連だけでなく、庁舎内のエネルギーや室内の環境計測・公開をするべきだと感じている自治体は少なくないことがわかった。ホームページに対する意見・感想では、「大気や水質の測定結果を掲載してはどうか」といった他の環境関連情報を一緒に情報発信するという意見も挙げられた。

9. まとめ

本研究では、愛知万博の運用実績を経て実際の都市に適用できるよう、ヒートアイランド対策の現状や屋外気象計測の現状を踏まえながら都市環境モニタリングシステムの意義と活用手法を定義し、ヒートアイランド対策事業に組み込む形で都市環境モニタリングシステムの開発を行った。構築・運用を経て初年度の成果を報告したが、自治体の環境施策ツールの一部として、また環境教育への活用面などで一定の成果が得られたと言える。今後は本研究で得られたシステムの課題や改善すべき点の解決策の検討を行っていくと同時に、さらに様々な面での活用可能性を探って実践していく予定である。

謝辞

本研究は品川区、舗装材メーカー、塗料メーカー、工学院大学中島研究室との産学公協同のプロジェクトの一部であり、本システムは品川区の「涼しさ回復プロジェクト」の一環として実施したものである。本研究の実施にあたり、対策技術の施工面では日本ペイント㈱、エンテック㈱、日本パーカライズング㈱、システム構築面では高口洋人先生(早稲田大学)、㈱ユニテック、NEC㈱、㈱SEC、エスベックミック㈱、ホームページ製作面では戸森様、その他当時工学院大学中島研究室の桑原君、柳川君、吉田君、山田君等、多くの方々から多大なご協力を得ました。また43の自治体の環境関連部署の方々にはご多忙の中アンケート調査にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 高口洋人, 中島裕輔, 須藤洋志, 他2名: EXP02005における都市環境モニタリングシステムの開発, 日本建築学会技術報告集 第24号, pp. 223-227, 2006. 12

- 2) METROS, 東京都環境科学研究所, https://www2.kankyo.metro.tokyo.jp/heat2/heat_hm/main_index/03_metros.htm
- 3) 竹林秀樹, 森山正和: 海風の影響を受けた都市ヒートアイランド現象, 日本建築学会技術報告集, 第21号, pp199~202, 2005. 6
- 4) 増田幸宏, 成田健一, 三上岳彦, 尾島俊雄他4名: 東京湾臨海部における海風の動きと冷却効果に関する研究(その1)実測調査概要・結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1分冊, pp735~736, 2005. 9
- 5) 田村健, 成田健一, 三上岳彦, 尾島俊雄他4名: 東京湾臨海部における海風の動きと冷却効果に関する研究(その2)海風の動き及び冷却効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1分冊, pp737~738, 2005. 9
- 6) 岡本沙織, 須永修通: 屋上および壁面植栽が教室の温熱環境に与える影響に関する実測解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2分冊, pp575~576, 2006. 9
- 7) 中島裕輔, 武井由貴: 品川区における都市環境モニタリングシステムの構築に関する研究(その1)都市環境モニタリングシステム構築の意義と活用手法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1分冊, pp935~936, 2006. 9
- 8) 武井由貴, 中島裕輔: 品川区における都市環境モニタリングシステムの構築に関する研究(その2)品川区における都市環境モニタリングシステムの構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-1分冊, pp937~938
- 9) 柳川昌大, 桑原温子, 武井由貴, 中島裕輔: 品川区における都市環境モニタリングシステムの環境教育的活用に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp409~412, 2007. 3

[2007年4月20日原稿受理 2007年7月26日採用決定]