

6. 緑地由来冷氣による緑地周辺市街地の気温低減 が住宅冷房エネルギー消費量に与える影響

東海林 孝幸^{1*}・田中 里佳¹・北田 敏廣²・木曾 祥秋¹

¹豊橋技術科学大学環境・生命工学系（〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）

²岐阜工業高等専門学校（〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2）

* E-mail: tokairin@ens.tut.ac.jp

緑地由来の冷氣による気温低減効果がどの程度緑地周辺の住宅冷房エネルギー消費量の削減に効果があるかを、緑地周辺市街地における外気温と冷房エネルギー消費量との関係から調べた。調査対象地域は愛知県豊橋市内にある高師緑地公園（約24ha）南側市街地とした。本対象地域は2009年、2010年夏季に行った多点気温観測より緑地からの冷氣による気温低減効果が認められた地域であり、主に2階建ての住宅で構成されている。はじめに上記気温実測データを用い、緑地影響が及ぶ地域（緑地近傍地域）と及ばない地域（市街地）を割り出し、それぞれについて8月の月平均気温から冷房エネルギー消費量を算出した。冷房エネルギー消費量算出に当たっては既往研究により示された冷房デグリーデーと冷房エネルギー消費量との関係式を用いた。次に、緑地近傍地域と市街地で街区構造に違いが無いことから緑地無しのケースにおける緑地近傍地域の冷房エネルギー消費量は緑地影響の及ばない市街地のそれに等しいと仮定し、緑地有無による冷房エネルギー消費量を算出した。結果、8月における冷房エネルギー消費量は一世帯当たり、緑地が存在する場合、46.6 [Mcal/月/世帯]（2009年）、存在しない場合、49.8 [Mcal/月/世帯]（2009年）であり、緑地効果による冷房エネルギー削減量は3.2 [Mcal/月/世帯]となった。2010年においては緑地が存在する場合74.0 [Mcal/月/世帯]、しない場合78.3 [Mcal/月/世帯]、削減量は4.3 [Mcal/月/世帯]、削減率はそれぞれ約6%（2009年）、5%（2010年）となった。

Key Words : urban green space, city park, temperature, Toyohashi, energy consumption

1. はじめに

ヒートアイランド現象を加速させる一因として空調エネルギー消費量の増大にともなう大気中への排熱量の増加が挙げられている。建物等から排出される熱は人工排熱と呼ばれるが、その排熱量を算出するにあたり、住宅や事業所におけるエネルギー消費量の正確な把握が必要になる。

通常、人工排熱量の算出のもととなるエネルギー消費量は建物用途別の延べ床面積に建物用途別のエネルギー消費原単位を乗じることで求められる。しかしながら、冷房・暖房に使用されるエネルギー量は世帯属性や個人のライフスタイルはもとより建築物、都市および地域の気候特性にも依存する。この中で地域の気候特性とエネルギー消費量との関係を

調べた研究例の一つとして、平野ら¹⁾はエネルギー消費原単位を気温の関数として表し、メッシュ単位で推定した気温分布からそのメッシュごとのエネルギー消費量を推定し、ヒートアイランドの有無によるエネルギー消費量の違いを明らかにしている。また、澤地ら²⁾は国内8都市を対象にアンケート調査を行い、各戸における各月の電力・ガス・灯油・水道消費量、住人のライフスタイル（家族構成、収入、生活時間等）および気候条件と住宅におけるエネルギー消費量との関係を調べたところ、冷暖房エネルギー消費量は気候特性との関連が強いことを報告している。

このように、気候条件、なかんずく外気温は冷暖房エネルギー消費量に強い影響を持つことから、エネルギー消費量の気温感応度を明らかにすることはヒートアイランド対策効果を評価するうえで重要な

テーマとなっている。

都市内に存在する緑地は相対的に気温が低く、クールアイランドと呼ばれているが、近年、ヒートアイランド対策の一つとして都市内部の緑や水面による冷却効果が調べられている³⁾⁴⁾。とくに、都市に接している山の斜面や都市内の緑地からは冷気の移動による気温低減効果があることが確認されている。このことから都市緑地や水面からの冷気を都市冷却に利用することで、ヒートアイランドや熱帯夜を若干緩和させることが可能であると考えられるが、恒常的に都市緑地の影響を受けている地域は受けていない地域と比較し夏季における冷房エネルギー消費量に違いが見られると考えられる。ただし、都市のクールスポットによる気温低減効果はクールスポット近傍に限られるため、その効果の及ぶ範囲に存在する建物群における夏季の冷房エネルギー消費量は外気温のほかに前述のような建物特性や個々のライフスタイルも相対的に大きく依存すると考えられる。このことから、より正確なエネルギー消費量を把握するためにはアンケート調査等の手法を加えなければならないが、本研究では第一ステップとして外気温のみに焦点を当て、既往の研究結果の手法を採用し、緑地冷気の有無がどの程度住宅冷房エネルギー消費量に違いを及ぼすかを、豊橋市内の緑地内外における気温観測データをもとに試算した。

2. 方法

2.1 住宅冷房エネルギー算出方法の概要

緑地有無による冷房エネルギー消費量の違いを、以下に示す手順で求めた。各項の詳細は次節以降に示す。

- ① 気象観測および既存資料による緑地影響地域および緑地周辺における人工排熱分布の把握
- ② 冷房デグリーデーを用いた豊橋市における年間冷房エネルギー消費量の算出
- ③ 冷房エネルギー消費量の月別割合（6月～9月）を用いた月ごとのエネルギー消費量算出
- ④ ③で求めた冷房エネルギー消費量と豊橋市内における2006年から2010年6月～9月の各月の平均気温から回帰式を作成
- ⑤ 緑地影響を受ける地域と受けない地域の気温を緑地有無による気温の違いと仮定し、緑地影響を受ける地域における冷房エネルギー消費量を④で示した回帰式より緑地の有無それぞれについて算出

2.2 冷房エネルギー消費量推定対象地域の選定

緑地影響を受ける地域として愛知県豊橋市内の高

師緑地南側住宅地を対象とした（図1）。実地調査により、本対象地域は主に二階建て住宅で構成され、また、2009年、2010年夏季（7月～9月）に東海林ら⁹⁾により気温の多点連続観測が行われ、緑地からの冷気による気温低減効果がみられた地域でもある。図2に2010年における対象地域の気温観測点を示す。図中、○は緑地の影響が及ぶ観測点、●は及ばない観測点を示している。本研究では緑地影響を受けた範囲を図2中のB1～D1とし、その範囲に含まれる戸数（123戸）について冷房エネルギー消費量を算出した。表1に2009年8月、2010年8月に行われた観測結果から得られた月平均気温を示す。緑地付近市街地（○）とそれ以外の市街地（●）で0.2～0.3℃程度の気温差が見られた（表1）。

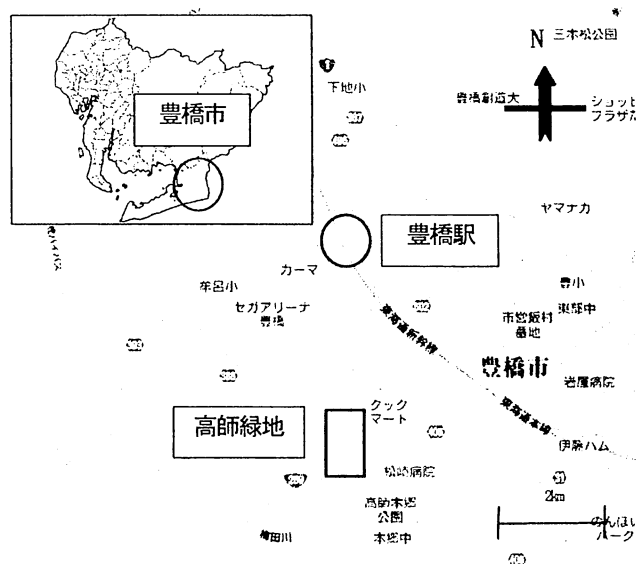


図1 観測対象地域周辺地図

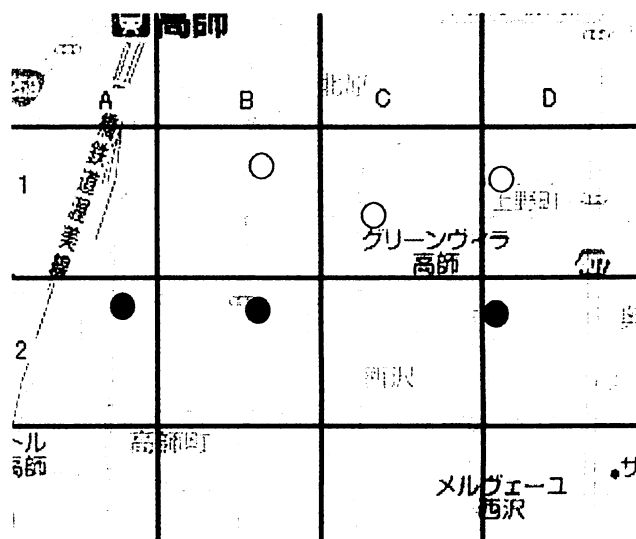


図2 緑地南側地図。メッシュは一边が125m。○は緑地冷気の影響を受けた気温観測点。●は影響を受けない観測点を表す。

表1 実測による緑地南側市街地の8月における平均気温[℃]

	2009 年	2010 年
緑地近郊(赤)	27.1	28.9
市街地(青)	27.3	29.2

2.3 年間冷房エネルギー消費量の算出

前出の澤地らは冷暖房エネルギー消費量と気候条件との関係を調べ、冷房および暖房デGREEデーと年間冷暖房消費エネルギー（戸建住宅）の関係が下記（1）式で表されることを報告している。ここで、デGREEデーとは暖房または冷房により保持したい室温と日平均気温[℃]の差を一年にわたり積算したものである。本研究においても（1）式を用い、豊橋アメダスの2006年から2010年の日平均気温データから冷房デGREEデーを求め、一世帯当たりの年間冷房エネルギー消費量を算出した（表2）。また、冷房による保持したい室温を24℃とした。

$$y=1.12 \times 10^{-3} x^2 + 0.621x + 18 \quad (1)$$

ここで、 x は冷房デGREEデー[度日]、 y は一世帯あたりの年間冷房エネルギー消費量[Mcal/年/世帯]（2次エネルギー換算）を表す。

表2 豊橋における2006～2010年の冷房デGREEデーおよび（1）式より求めた年間冷房エネルギー消費量

年	冷房デGREEデー [度日]	冷房エネルギー消費 量[Mcal/年/世帯]
2006	179	165
2007	210	198
2008	217	205
2009	151	137
2010	344	364

2.4 月別冷房エネルギー消費量の算出

2.3で求めた年間冷房エネルギー消費量より月別の冷房エネルギー消費量を求めるために、表3に示した月別の冷房エネルギー消費割合を使用した⁶⁾。同表は冷房需要のある6月から9月の4ヶ月間における値を示している（他の月は0）。表2に示した年間における冷房エネルギー消費量と表3より2006年から2010年の6月～9月までの世帯当たりの冷房エネルギー消費量を算出したものを表4に示す。表4より月別の冷房エネルギー消費量と月平均気温の関係（図3）から回帰式（式2）を得ることで冷房エネルギー消費量を気温の関数として表した。なお、回帰式を求めるに当たり、気温が24℃以下は冷房エネルギー消費は無いものとして除外している。

表3 冷房エネルギー消費量の月別の割合

月	月別の割合
6	0.0796
7	0.3214
8	0.4776
9	0.1214

表4 豊橋市における6月から9月までの月平均気温および冷房エネルギー消費量

年	月	平均気温[℃]	冷房エネルギー消費量[Mcal/世帯]
2006	6	22.3	130
	7	25.6	530
	8	27.0	78.8
	9	23.7	200
2007	6	22.4	15.8
	7	24.7	63.6
	8	27.7	94.6
	9	25.5	24.0
2008	6	21.6	16.3
	7	26.6	65.9
	8	27.2	97.9
	9	24.0	24.9
2009	6	22.2	10.9
	7	25.8	44.0
	8	26.5	65.4
	9	23.6	16.6
2010	6	23.0	29.0
	7	26.9	117
	8	28.3	174
	9	25.6	44.2

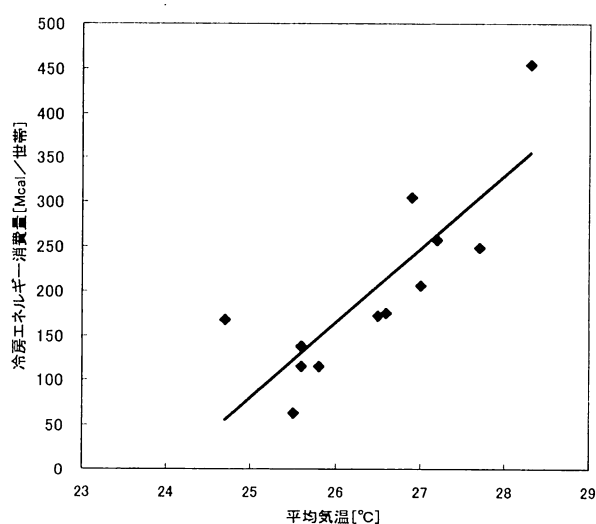


図3 月平均気温と冷房エネルギー消費量との関係

$$y=31.69x-761.3 \quad (2)$$

ここで、 x は6月～9月の各月平均気温[℃]、 y は一世帯あたりの年間冷房エネルギー消費量[Mcal/年]（2次エネルギー換算）を表す。

3. 結果

緑地影響による気温低減効果のある地域（図2：B1～D1）および無い地域（図2：B2～D2）は主として住宅で構成され街区構造に大きな違いはない。そこで、B1～D1 地区における冷房エネルギー消費量と緑地の有無との関係性を評価する際、緑地が無い場合における気温は B2～D2 地区の観測気温と同程度となるであろうと仮定した。これは、B1～D1 地区に対して表1に示した「緑地近郊」を「緑地有り」、「市街地」を「緑地無し」に対応させることに相当する。

表5に2009年、2010年8月における冷房エネルギー消費量を緑地の有無別に示す。表3より、8月は年間の冷房エネルギー消費量の約5割を占め、緑地の効果も最大限表れていると考えられる。表より、緑地が存在する場合は存在しない場合と比較し一世帯当たり 3.2 [Mcal/月/世帯]（2009年）、4.3 [Mcal/月/世帯]（2010年）程度の冷房エネルギー消費量の削減となった。削減率はそれぞれ約6%（2009年）、5%（2010年）である。

緑地影響を受ける地区全体（123戸）における削減量は表6より 400 [Mcal/月]（2009年）、530 [Mcal/月] となった。

表5 2009年および2010年8月における緑地影響を受ける地域（B1～D1）の緑地有無による冷房エネルギー消費量の違い（単位：Mcal/世帯/月）。

	2009年	2010年
緑地有り	46.6	74.0
緑地無し	49.8	78.3

表6 表5に同じ。ただし、緑地影響を受ける地域の総戸数における冷房エネルギー消費量（単位：Gcal/月）

	2009年	2010年
緑地有り	5.73	9.10
緑地無し	6.13	9.63

4. まとめ

緑地の有無による住宅冷房エネルギー消費量の違いについて夏季を対象に外気温の実測値および既往研究結果をもとにして見積もった。気温の調査対象地域は愛知県豊橋市内にある高師緑地公園（約24ha）南側市街地とした。冷房エネルギー消費量算出に当たっては既往研究により示された冷房デグリーデーと冷房エネルギー消費

量との関係式を用いた。緑地近傍地域と市街地で街区構造に違いが無いことから緑地無しのケースにおける緑地近傍地域の冷房エネルギー消費量は緑地影響の及ばない市街地のそれに等しいと仮定し、緑地有無による冷房エネルギー消費量を算出したところ、8月における冷房エネルギー消費量は一世帯当たり、緑地が存在する場合、46.6 [Mcal/月/世帯]（2009年）、存在しない場合、49.8 [Mcal/月/世帯]（2009年）であり、緑地効果による冷房エネルギー削減量は 3.2 [Mcal/月/世帯] となった。2010年においては緑地が存在する場合 74.0 [Mcal/月/世帯]、しない場合 78.3 [Mcal/月/世帯]、削減量は 4.3 [Mcal/月/世帯]、削減率はそれぞれ約6%（2009年）、5%（2010年）となった。

このことから、恒常的に緑地影響を受ける地域での冷房エネルギー消費量の削減は、無論建築物の改良や個々のライフスタイルの見直しにも大きく依存するであろうが、外的要因（緑地効果）によっても可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) 平野勇二郎，茅陽一，柴崎亮介：都市ヒートアイランド現象の空調・給湯エネルギー消費への影響評価，土木学会論文集 No. 629 pp83-96，1999
- 2) 澤地孝男，坊垣和明，吉野博，鈴木憲三，赤林伸一，井上隆，大野秀夫，松原斉樹，林徹夫，森田大：用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成，日本建築学会計画系論文集 第462号 p41-48，1994
- 3) 浜田 崇，三上 岳彦，都市内緑地のクールアイランド現象、地理学評論、Vol. 67（1994）No. 8 pp.518-529.
- 4) 竹林英樹、森山正和、実測調査による市街地内公園からの冷気のにじみ出し現象の解析、日本ヒートアイランド学会論文集、Vol. 3、（2008）、pp. 34-39.
- 5) 東海林孝幸、高野啓太、北田敏廣（2010）：豊橋市内の中規模緑地におけるクールアイランド現象と周辺市街地に対する冷却効果、日本ヒートアイランド学会論文集、5、pp. 33-39.
- 6) 財団法人 空気調和・衛生工学会：都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価 p142，1994.