

新旧地下街のエネルギー消費と熱環境実態
— 地下都市計画の基礎研究 (その9) —

正会員 ○三浦 秀一¹ 同 崔 栄秀²
同 高橋 信之³ 同 尾島 俊雄⁴

地下街 エネルギー消費 地下街内温度

▼調査目的

地下街の通路は常時開放されており、地上への出入口を通して外部環境が内部に入り込みやすい状況にある。近年の地下街は特に出入口が多く設けられる傾向にあり、その空気性的影響は昨年度大会発表論文「地下都市計画の基礎研究」その6で報告されている。本報では、冷暖房用エネルギー消費状況と、地下街内温度の実測結果との関係より、地上出入口が内部にどのような熱的影響を与えているのか、考察して行く。

▼調査概要

地上の出入口の量を表す指標として、E:出入口開口率を(1)式のように定義する。

$$E = (\sum Ae) / Af \quad (1)$$

E: 出入口開口率(m²/m²)、Ae: 出入口開口面積(m²)、Af: B1F空調面積(m²)
(Ae=le×he)、le: 地上出入口幅員(m)、he: 出入口天井高(m)

実測調査を行った4地下街の出入口開口率は表1のようになっている。本報ではその特徴が顕著であるA地下街と、D地下街の調査結果を中心に報告する。冷暖房用エネルギー消費量は各地下街の保有する日別エネルギー消費台帳をもとに、1次エネルギー換算した。実測は1986年から1988年にかけて、地下街の公共通路を計測地点として行ったものである。¹⁾

▼日別エネルギー消費量と外気温

1987年の年間エネルギー消費量を表2に示すが、D地下街の方がA地下街に比べ冷房用エネルギー消費量は15%、暖房用エネルギー消費量では70%多くなっている。特にその差の大きい暖房用エネルギー消費について、A、D両地下街のピーク月である1月の日別消費変動を図1に示した。定休日がないため、曜日特性は現れず、両地下街とも気温の変動に影響を受けている様子がわかる。日平均気温と日別暖房用エネルギー消費との相関関係を図2、図3に示す。A地下街の方が相関は高く、気温に正確な対応をしているのに対し、D地下街の方は不安定な制御が行われている。また、回帰式における気温の係数は両地下街とも大きな差はなく、気温への対応度に差はあまりない。

表1 調査地下街の出入口開口率

	出入口開口率 (×10 ² m ² /m ²)
A地下街	0.71
B地下街	1.27
C地下街	1.58
D地下街	1.63

表2 年間エネルギー消費量(1987年)

	総エネルギー	冷房用	暖房用
A地下街	1,307	204	81
D地下街	1,881	234	136

単位: Mcal/m²/年

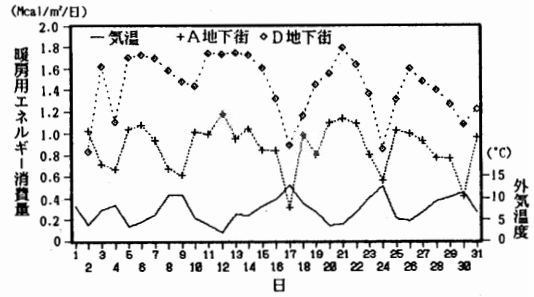


図1 日別暖房用エネルギー消費変動(1987年1月1~31日)

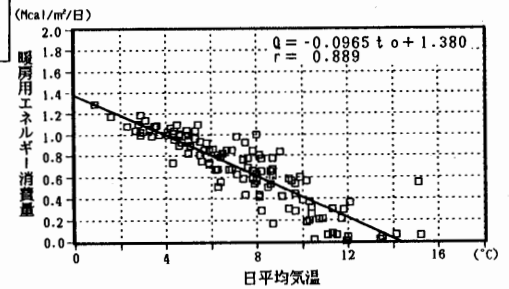


図2 日平均気温と暖房用エネルギー消費(A地下街1987年)

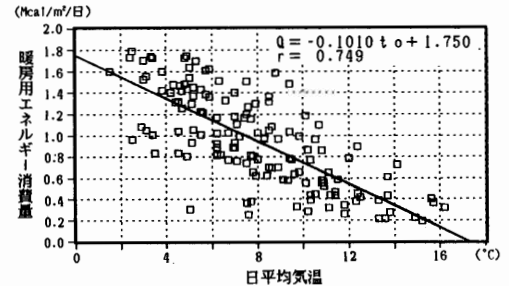


図3 日平均気温と暖房用エネルギー消費(D地下街1987年)

表3 温度実測結果概要

		A地下街	D地下街
8月	平均値	25.2	25.7
	標準偏差	1.0	1.5
10月	平均値	21.4	23.1
	標準偏差	1.8	2.6
1月	平均値	17.8	13.8
	標準偏差	3.0	3.6

空調時間(10~20時)の値 (単位: °C)

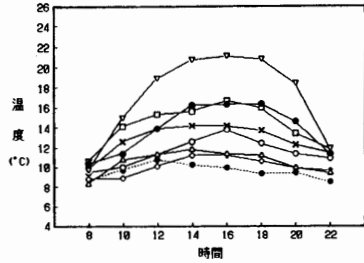
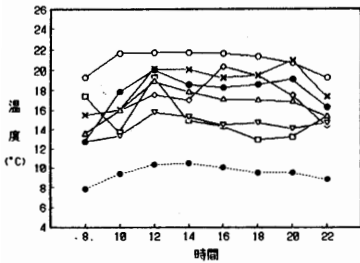


図4 A地下街1月(16,17,19日)平均温度変動 図5 D地下街1月(16,17,19日)平均温度変動

▼熱環境実態

温度実測結果²⁾の概要を表3に示すが、夏期では両地下街とも平均26°C前後と、一般的には快適域にあったが、冬期実測結果は全般的に低い値を示す。図4、5にA、D地下街の冬期時刻別温度変動を示した。D地下街は特に低い値を示しており、空調を行っている時のみ局所的に温度が上昇しているだけである。外気温度と地下街内温度の相関を調べた結果が図6、表4、5である。A地下街に比べ、D地下街では全体的に相関の高い場所が多く、外気温度の係数もほとんどが1.0前後であり、外気の影響を強く受けている。地下街内部の温度が外気温度より高いと外気の方が比重が大きくなり、地下街内に外気が侵入しやすくなり、出入口開口率が大きいほどその侵入量は大きくなると考えられる。

▼熱損失、取得特性

一般的に熱負荷は内外温度差に比例すると考えられるが、温度実測結果に基づき日平均内外温度差とその当日の日冷暖房用エネルギー消費量を空調時間で除したものととの関係を示したのが図7、8である。図中に回帰直線示したが、その傾きは熱損失、取得特性を表すものである。冷房期においてA地下街よりも、D地下街の方が相関係数は低く外気の流入によって内部が不安定な状況にあると共に、傾きも大きくなっており、外部からの熱取得が多いといえる。暖房期においては、D地下街ではエネルギー消費に関係なく内外温度差がほとんど変わらず、空調による効力が見られない。その他3地下街においては、出入口開口率が大きいほど熱損失も大きくなる傾向がでている。

▼結論

地上への出入口は熱損失、熱取得の大きな要素となっており、出入口開口率によって熱特性に大きな違いが見られる。特に冬期における影響は顕著であり、出入口開口率の大きいD地下街の公共通路は熱的制御は困難な状況にある。今後、より解放的な地下街を計画する場合、公共通路の空調そのものを考え直していかなければならないと思われる。

謝辞・本調査を行うに当たり、多大な御協力を頂いた政策科学研究所、地下街の皆様へ感謝の意を表します。

1)8:00から22:00まで2時間おきに1日8回、各地下街7地点を1月、6月、8月、10月の各月を2-5日間計測。

2)A、B地下街の実測結果は昭和62年度大会発表論文「地下都市の基礎研究」その2

正会員 #1早大大学院 #2麻南理工大副教授 #3早大特別研究員 工博 #4同大学教授 工博

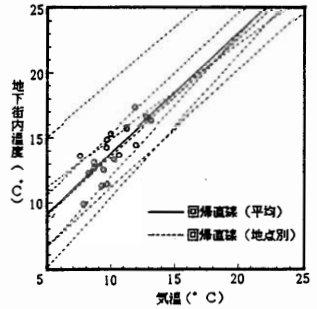


図6 気温と地下街内温度 (D地下街)

表4 A地下街 外気温度と街内温度の相関

地点	回帰式	相関係数
a	$t_i = 0.2 t_o + 12.4$	0.145
b	$t_i = 0.9 t_o + 9.5$	0.562
c	$t_i = 0.1 t_o + 20.3$	0.306
d	$t_i = 0.7 t_o + 12.5$	0.452
e	$t_i = 0.7 t_o + 10.5$	0.556
f	$t_i = 0.4 t_o + 10.8$	0.378
g	$t_i = 0.4 t_o + 15.3$	0.522
平均	$t_i = 0.5 t_o + 13.0$	0.618

表5 D地下街 外気温度と街内温度の相関

地点	回帰式	相関係数
a	$t_i = 0.9 t_o + 6.2$	0.797
b	$t_i = 1.1 t_o - 0.4$	0.859
c	$t_i = 1.1 t_o + 1.3$	0.702
d	$t_i = 0.9 t_o + 4.7$	0.870
e	$t_i = 0.9 t_o + 2.2$	0.878
f	$t_i = 0.8 t_o + 11.0$	0.494
g	$t_i = 0.7 t_o + 7.7$	0.437
平均	$t_i = 0.9 t_o + 4.7$	0.767

(t_i : 地下街内温度、 t_o : 外気温度)

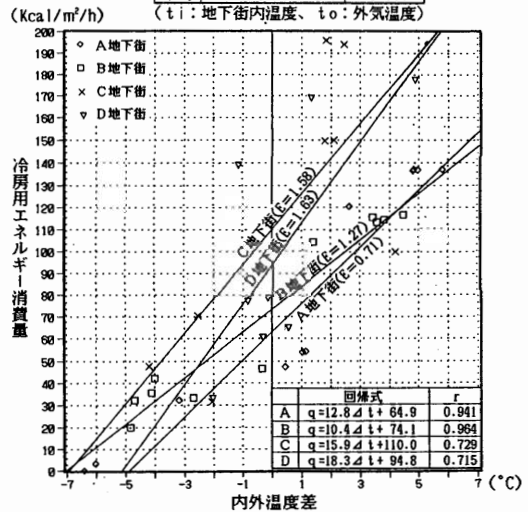


図7 内外温度差と冷房用エネルギー消費量

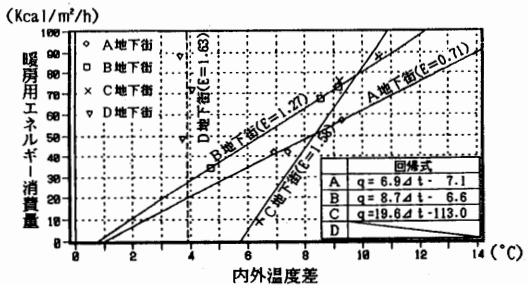


図8 内外温度差と暖房用エネルギー消費量