

長崎市におけるヒートアイランドの構造

荒生公雄・松尾治利*・小田光治**

長崎大学教育学部地学教室
(昭和57年11月1日受理)

Structure of the Urban Heat Island in Nagasaki City

Kimio ARAO, Harutoshi MATSUO and Koji ODA

Department of Earth Sciences, Faculty of Education
Nagasaki University, Nagasaki 852
(Received Nov. 1, 1982)

Abstract

In order to study the size and magnitude of the urban heat island in Nagasaki City, surface air temperatures have been measured by a thermocouple mounted on the roof of a car in the early morning before sunrise. Air temperatures over Nagasaki Bay were also measured by the use of a ferryboat. Moreover, the temperatures measured at Koga, where a typical rural region in the vicinity of the urban district, were compared with the urban ones.

Main results obtained in this study are in the following.

- (1) The core of the urban heat island is situated in the central built-up area of the city (Hamanomachi and Doza-machi), where the mean air temperature is high by 3.4 °C compared with Koga. The difference in air temperature between the maximum and the minimum (Nishi-machi) in the urban district is about 3.0 °C.
- (2) Air temperatures at a height of 2.5m over Nagasaki Bay is slightly higher than those of coastal region.
- (3) The observation of vertical air temperature in the urban district shows an isothermal layer at the bottom of the inversion layer.

* 現在 福岡県久留米市立東国分小学校

** " 長崎県三井楽町立嵯峨島小学校

1. は し が き

都市はさまざまな形で人工的な熱を放出しているため、人口稀薄な郊外に比べて最低気温がかなり高くなり、いわゆる heat island (熱の島) を形成する。多くの場合、その地域の気温は都市内部に位置する気象官署の測定値で代表されるから、ヒートアイランドが顕著になるほど、気温代表値と郊外の気温との差は拡大する。このような意味から、ヒートアイランドの広がりや規模は単に気象・気候学的興味ばかりでなく、農業・土木・建築などの応用的な分野への影響も決して無視できない。長崎市内でも、たとえば長崎海洋気象台と長崎大学での最低気温にかなり明瞭な差があることなどから、ヒートアイランドの存在は十分予想されていたが、これまで市内を面として把えて組織的な気温観測を行ったという報告はまだなされていない。そこで、長崎市街地、郊外および長崎湾を包括する気温観測を試みた。観測期間および日数は十分なものとは言えないが、一応の成果を得たのでその結果を報告する。

2. 観 測 の 方 法

第1表に本研究において実施した観測方法の概要を掲げる。まず、固定観測点として長崎大学教育学部露場に白金抵抗体温度計と毛髪湿度計からなる自記温湿度計を置き、長崎市立古賀小学校に移設した時期を除く全期間にわたって連続観測を行った。その記録は移動観測によって得られるデータを時刻補正するために活用した。移動観測には銅-コンスタンタン熱電対をセンサーとするデジタルマルチ温度計(横河電機 Type 2575, 以下DM温度計と略称する)を用いた。このDM温度計の静止時の時定数は28秒、強制通風時のそれは7秒である(荒生ほか, 1982)。上の白金抵抗体温度計およびDM温度計の示度は、いずれもアスマン通風乾湿計を用いて入念な出力検定を行い、十分な補正を施した。

実際の測定ではDM温度計のセンサーを発泡スチロールの筒で覆い、道路面からの高さ

第1表 観測方法の概要

方 法	場 所	測 器	期間・月日 (いずれも 1981年)
固定点観測	長 崎 大 学	白金抵抗体自記温度計	9月1日—12月31日 古賀小移設期間を除く
	古 賀 小 学 校	”	12月17日—26日
自動車観測	浦 上 地 区	熱 電 対 温 度 計	9月8, 27日, 10月15日 11月13日
	中央・浦上地区	”	11月29日 12月3, 11, 16, 25日
	目覚町一立山	”	12月25日
海上観測	元 船一向 島	”	12月11, 16, 25日

が1.5mになるように自動車の屋根の上方40cmの位置に固定した。温度計の時定数を考慮して停車中の計測は避け、走行時のみ気温を観測した。観測の時間帯としては日の出前に完了することを目標とし、主に4時から6時までに行った。観測地点と示度はその場でテープレコーダに録音した。その他移動観測に関する細目は田宮(1979)の示した指針を十分参考にした。都市内外の気温差は日中よりも風の弱い晴夜に大きく、夏よりも冬に大きいことがわかっているから(たとえば、河村, 1977; Landsberg, 1981), 秋冬の静穏な晴天の早朝をねらって観測を行った。なお、長崎市街地は地形的に複雑で起伏が多いから、観測は標高50m未満の区域に限定した。第1表に示すように、浦上地区での4回の試行的観測ののち、市街地の大半をカバーする中央・浦上地区について11月と12月に5回の観測を行った。

上述の2つの基本的な観測を補う目的で、さらに次の3つの特別観測を行った。その1つは長崎湾上の気温観測である。元船棧橋一向島棧橋間を往復する光和興業の通勤船に便乗し、早朝7時20分から40分にかけて実施した。この場合はDM温度計センサー部を日射防御筒をかねる強制通風装置に組み込み、往路は海上2.5m、復路は7.5mの高さで気温を測定した。棧橋では海面水温も同時に測定したが、これに用いた温度計は半導体素子をセンサーとするデジタル温度計(横河電機 Type 2574)である。第2の特別観測は古賀小学校における9日間の連続観測である。上述の移動観測域が実はすべて住宅地を含む都市内部であるから、郊外の典型として古賀小学校を選んだ。古賀は東長崎地区北部に位置し、海岸からの距離がほぼ長崎大学の場合に等しく、人家の少ない田園地帯である。もう1つの特別観測は目覚町一立山間の自動車による気温鉛直分布観測である。

3. 結果と考察

3.1 水平気温分布とその考察

第2表に中央・浦上地区における観測結果の概要をまとめる。この表の気象状態は長崎海洋気象台によるもので、11月29日のみ03時、ほかはすべて06時の記録である。気温はすべて時刻補正後の値で、11月29日は03時、ほかは05時を基準とした。海面水温は両棧橋での測定値を平均したものである。観測地点としてはバス停留所の間隔を標準としたから250mメッシュにほぼ対応する。ただし、12月3日の場合は2台の車を用いたから、他の

第2表 観測結果の概要

月日(曜)	気象状態				観測地点数	最高値		最低値		気温差	海面水温	観測時刻(時分)
	天気	雲量	風向	風速(m/s)		示度(°C)	地点	示度(°C)	地点			
11月29日(日)	快晴	0	E	0.8	91	7.1	浜町	4.1	西町	3.0	—	0206 — 0336
12月3日(木)	晴	8	ENE	0.4	249	2.4	"	-0.8	"	3.2	—	0358 — 0535
12月11日(金)	雨	10	SE	0.7	129	9.6	銅座町	7.0	"	2.6	16.5	0402 — 0602
12月16日(水)	晴	8	NE	0.5	140	1.8	浜町	-1.1	"	2.9	15.4	0416 — 0608
12月25日(金)	快晴	0	ENE	1.5	135	2.6	"	-0.6	"	3.2	14.5	0429 — 0610

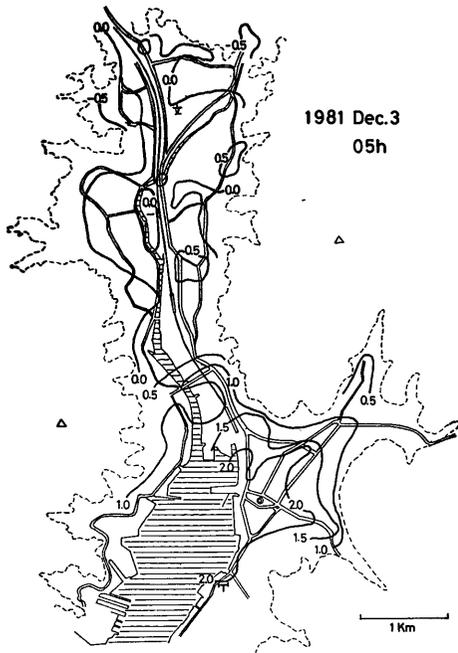
日に比べて非常に多い。この日浦上地区ではDM温度計を、中央地区では水温観測でも用いたデジタル温度計を使用した。時定数では後者の方が2～3倍程度大きい。しかし、結果からみると、気温逆転層のように気温傾度が極端に大きく変化する場合と異なり、水平気温分布は比較的溫度計の時定数の影響は小さいものと考えられる。なお、12月11日06時では雨となっているが、小雨がぱらつく程度のもので、日降水量でも0.5mmにも満たなかった。

第1図から第4図に12月に行った中央・浦上地区における水平気温分布を示す。気温は海上気温を含めてすべて05時の基準値に補正したものである。図中の破線は標高50mの等高線を示し、海上観測の航路は第2図にのみ示した。また、海上気温は陸上との対応をみる意図から2.5mの高さにおける記録を用いた。第5図には海上観測を実施した3日間の05時における平均の水平気温分布を、長崎大学教養部前の気温を基準とした温度差で示す。さらに、第6図に第5図から構成した市内電車1番系統（赤迫一正覚寺下）に沿う気温差分布を示す。ただし、軌道が道路からはずれる浦上車庫一浜口町間の値はほぼ並行する国道206号線上のもので代用した。

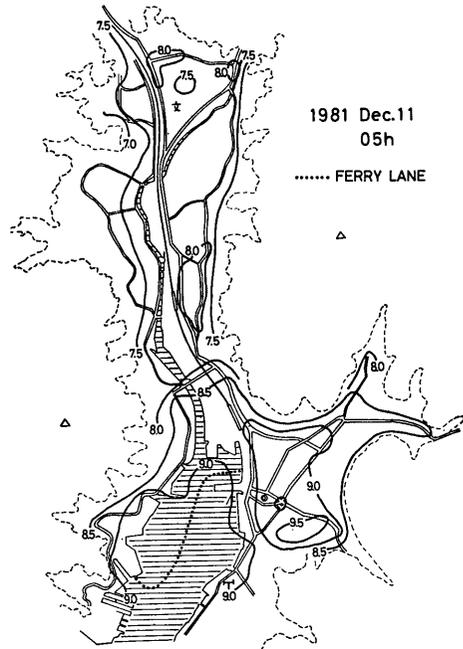
このような図表類から長崎市中央・浦上地区における冬の静穏な晴夜の水平気温分布の特徴を次のようにまとめることができる。

- (1) 最高温域は中央部繁華街の浜町・銅座町付近にあり、長崎大学構内に比べて平均2.4℃高い。
- (2) 市中央部はほぼ全域にわたり長崎大学より1℃以上高温で、その高温域の張り出しは宝町付近までのびている。
- (3) 松山町地区で一旦低温となり、再び大橋町から住吉町の国道沿いに高温域がみられるが、住吉でも平均0.7℃程度で浜町周辺よりかなり低い。
- (4) 低温域は西町付近に最も顕著にあらわれ、長崎大よりも約0.6℃低い。従って、移動観測地域全体では平均3.0℃の気温差がある。もう一つの顕著な低温域が長崎大学グラウンドから石神町方面にある。
- (5) 長崎湾上の気温は陸上に比べてやや高く、湾中央部は浜町付近と同程度の高温域となっている。また、湾内の海面水温は気温に比べて10℃以上も高温である。

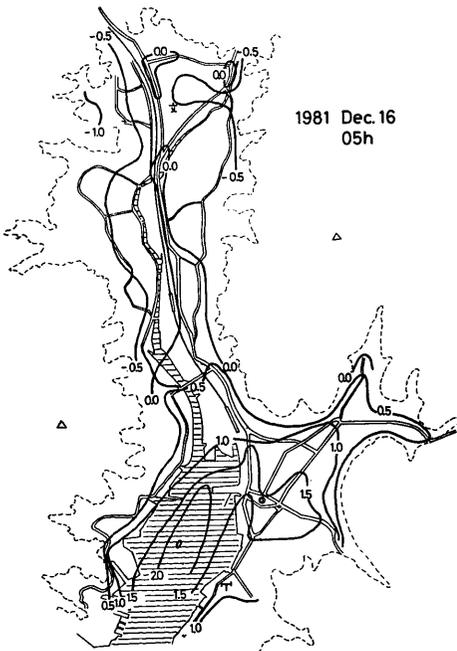
このような気温分布の様相は都市構造や地形および土地利用の面から十分うなずけるものと言える。すなわち、コンクリートとビルで構成される市中央部は全面的に高温であり、特に深夜まで活動が衰えない浜町・銅座町で最高値となる。さらにビル街を形成する浦上駅から浜口町一帯および住吉町周辺にも孤立的なヒートアイランドがあるが、ビルの容積や空間的な広がりを中心部に比べて小さいために、その規模もかなり小さい。松山町周辺の平和公園および総合グラウンドは市内では最も広い人口空白地帯であるから、人工的な熱供給が乏しく、一種の冷源域となる。長崎大学グラウンドを中心する空白域も同様である。西町方面の最低温域は主に地形的要因に原因がある。同地域は北西に岩屋山の山塊をかかえ、山林に接した盆地状の住宅地であるから、放射冷却により谷沿いに沈降する冷気が十分暖められないまま住宅地に流入し、小さい冷気湖を形成している。長崎市内は標高100m以上にまで住宅地が広がっており、今回の移動観測域はほとんど住宅地の中であつたが、その中で西町地区が最も山林と隣接していた。このことと盆地状地形とが重なって最低温域となつたと考えることができる。



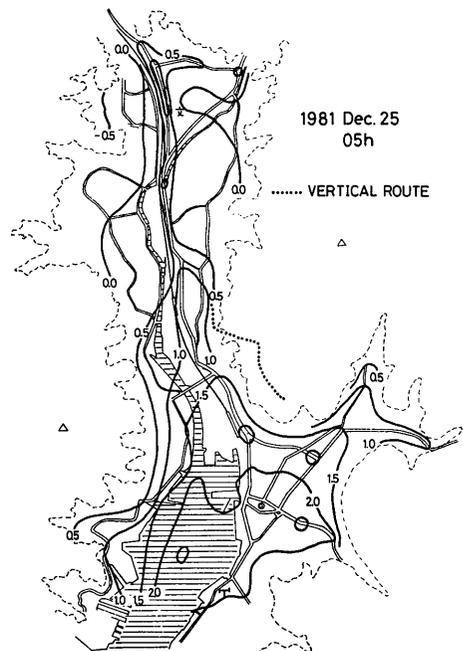
第1図 水平気温分布 (1981年12月3日05時; °C)



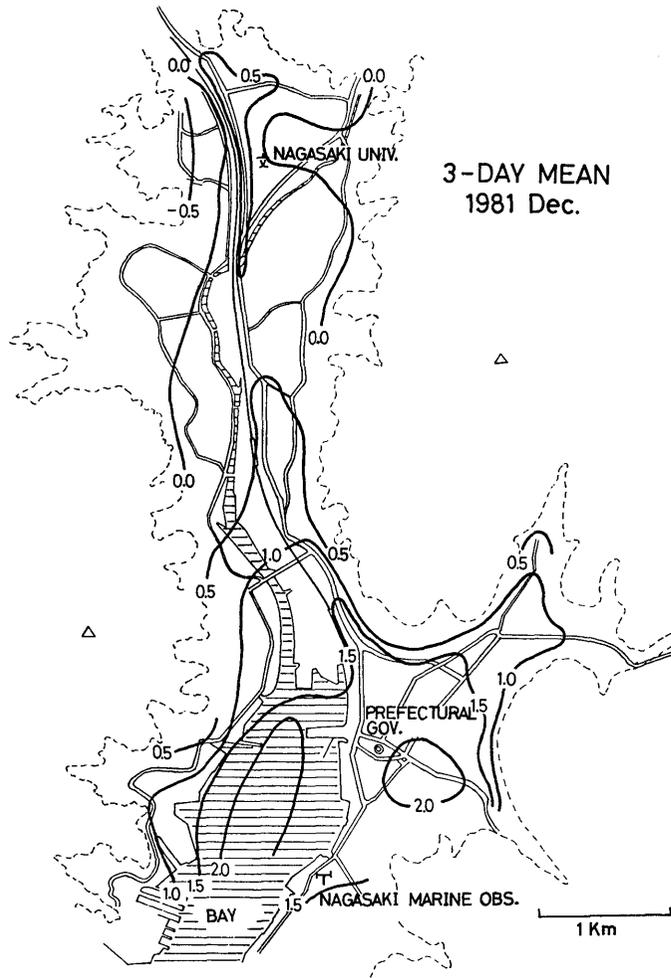
第2図 水平気温分布 (1981年12月11日05時; °C)



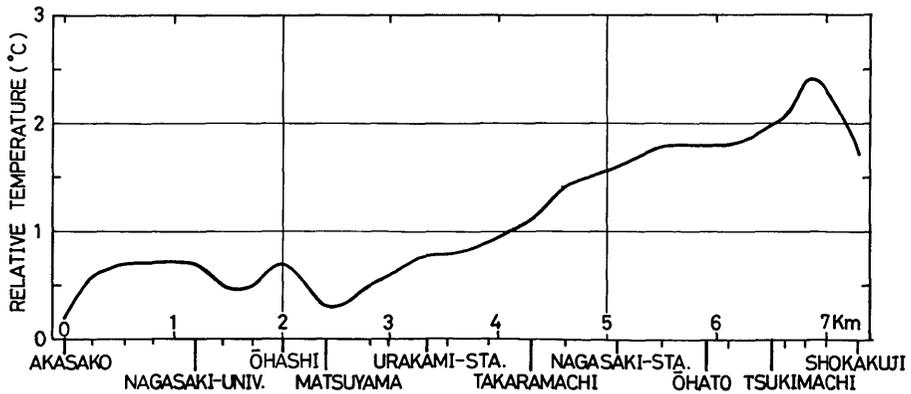
第3図 水平気温分布 (1981年12月16日05時; °C)



第4図 水平気温分布 (1981年12月25日05時; °C)



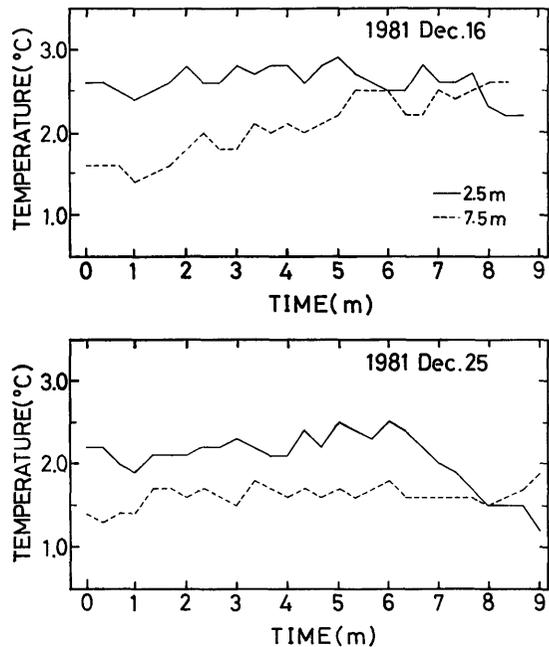
第5図 3日平均の気温差分布（長崎大学構内基準；℃）



第6図 市内電車1番系統（赤迫一正覚寺下）沿線の平均気温差

3.2 海上観測に関する考察

第7図に12月16日および25日の海上における気温分布を示す。12月13日にも観測を行ったが、2つの高さでほとんど気温の変化がなく、湾内全域でほぼ一様な分布となったので(第2図参照)、これを省略した。早朝7時20分元船棧橋を離岸し約8～9分後に三菱重工向島棧橋に接岸する。直ちに反転して元船棧橋に帰還するのは7時40分頃である。図の横軸は往路(海上2.5m)では左端が元船棧橋離岸時を基準にした時刻(分)で表し、復路(7.5m)では元船棧橋帰還時から逆向きに時刻をとっている。従って、この横軸は航路上の大体の位置を示すだけで、同じ時刻でも厳密には海上の位置は異なる。なお、縦軸の気温は05時の値に時刻補正されている。



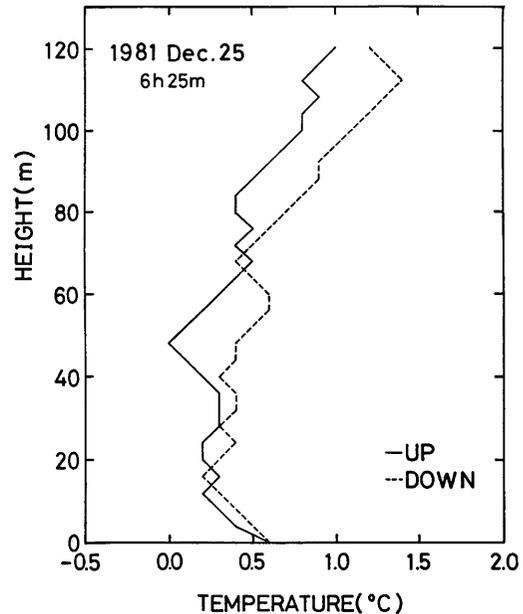
第7図 長崎湾上の気温分布
(左端—元船, 右端—向島)

観測回数が少ないために、必ずしも十分な結論を導くことは無理にしても、陸上の気温分布に及ぼす湾の影響は大局的に把握できる。すなわち、海面水温 15°C 前後からの熱供給は極めてやすい気層に限られ、海上2.5mでも海面より 10°C 以上も低温となる。しかし、この高さでの気温は周辺の陸地よりもやや高い。海上7.5mでは陸上の気温とほぼ一致し、海面からの熱供給がほとんどないとみることができる。これは長崎湾が比較的狭いため吹送距離が短く、周囲の陸地からゆっくり吹き降りる気塊が十分暖められないからであろう。ヒートアイランドの構造という観点からみると、当初予想したものよりも湾の影響は小さいと結論づけられる。しかし、向島棧橋付近では海面からの高さに対して気温の逆転が観測され、稲佐方面からの冷気が海面の最下層に沈降していることを示唆するものとして興味深い。12月25日の観測は非常によい条件で得られており、湾上の典型的な気温分布と考えることができる。

3.3 古賀小学校における観測結果の考察

古賀小学校における観測の目的は市街地をはずれた郊外の最低気温からヒートアイランドの高さを得ることにある。長崎海洋気象台の記録を媒介として、長崎大学および古賀小学校の最低気温を比較した。その結果を第3表に示す。天気はいずれも03時の長崎海洋気象台における観測である。表が示すように、快晴および晴の場合で平均すると、最低気温は、長崎海洋気象台に比べて長崎大で 1.6°C 、古賀小で 2.6°C いずれも低い。従って、古賀小では長崎大よりも約 1.0°C 低温となる。これを第5図および第6図に挿入すれば、長崎市中央の最高温域と古賀小との気温差は 3.4°C となる。

1980), 図では逆転の中ほどまでを扱っているに過ぎない。仮に逆転高度を200 mとして, 80~120mにおける温度傾度を上下に外挿すると, 上端で3.2°C, 下端(地表)で-1.3°Cとなり, 4.5°Cの逆転となるが, これは長崎市に発生する最大規模の逆転とはほぼ一致する。また, 地表の値は同日05時の西町の気温(-1.1°C)にかなり近いが, 古賀小(-2.0°C)よりやや高い。従って, 郊外では気温鉛直分布の最下層に等温層が全くないか, あっても極めてうすいために, 地上気温が相対的に低くなるという事実(たとえば, Oke, 1982)を十分裏付けている。逆にヒートアイランド中心域では等温層がもっと上空までのびていることが容易に予想される。25日の記録を用いれば, 浜町上空の等温層の高さはおよそ150m程度となる。



第8図 気温鉛直分布(目覚町一立山)

4. あとがき

長崎市内におけるヒートアイランドの構造を自動車観測から探究したが, いくつかの困難に遭遇した。その第1は天候の判断である。深夜に起き出して観測するという苦痛もさることながら, 前夜の比較的早い時間に天候を予測し, 準備をしておく必要があった。また, 約2時間の観測のあいだに天候が変わる場合もある。12月11日の小雨でも観測を行った理由は通勤船の予約をとっていた関係もあるが, 裏を返せば天候判断に誤りがあったとも言える。次に, 自動車は道路上のみしか走れないという難点である。そして, それは常に他の車の影響を受けていないか, という指摘と密接にかかわってくる。我々の経験では, 早朝6時までの時間帯においては国道でも車の通行は非常にまばらで, デジタルで常時表示される示度には極端な異常値は現われなかった。市中央部の繁華街におけるヒートアイランドのある程度は深夜まで走るタクシーの効果によるかも知れないが, これは実際上分離不能である。さらに, 自動車は公園やグラウンド内に進入できない。特に総合グラウンドや平和公園のある松山地区の気温分布には注目していたから, 本文では触れなかったが, 浦上地区での試行時に松山地区を車および徒歩を併用して集中的に観測した。その結果, 浦上川沿いを含めて公園地区の気温は周辺よりやや低いものの, 長崎大学グラウンドよりは高温であることがわかった。一方, 西町付近で最低温となったことは, 公園やグラウンドなどの空地の冷却よりも, 谷沿いに沈降する冷気の影響がもっと大きな影響を与えるということを示唆している。その意味から盆地地形の微気象的な観測を行ってもっと詳細な研究を試みる必要がある。

謝 辞

本研究の過程で多くの方々の御援助をいただいた。まず、本研究で用いた白金抗体自記温度計は長崎県衛生公害研究所の御厚意により使用可能となった。特に御支援下された山口道雄大気科長（現県公害規制課）に心から感謝の意を表します。海上観測では光和興業株式会社に全面的な御援助をいただいた。御便宜を計って下された飯田幸吉社長，上井陳旦海事部長をはじめ，同社の乗組員御一同に深甚なる謝意を表します。古賀小学校における観測も学校側の御理解と御厚意によるものであった。黒岩弘美校長と教職員の方々に厚くお礼申し上げます。このほか，長崎海洋気象台からは各種の観測資料を御提供いただき，安田延寿助教授（東北大）および近藤功教諭（東長崎中）からは海上観測について有益な御助言をいただいた。さらに，実地観測にあたり，本学部の近藤寛助手，学生の宮崎義生，今村宏両君の御援助をいただいた。上記の機関および諸兄に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 荒生公雄，西永 優，横山秀敏，1980：長崎における接地逆転層の気象学的特性，長崎大学教育自然研報，No. 31，33—47.
- ，松崎秀信，近藤 功，松田真人，1982：長崎市の気温逆転層とその解消過程，長崎大学教育自然研報，No. 33，57—64.
- Oke, T. R., 1982: The energetic basis of the urban heat island. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **108**, 1—24.
- 河村 武，1977：都市気候の分布の実態，気象研究ノート，No. 133，26—47.
- ，1979：都市の大気環境（大気環境の科学3），東京大学出版会，185 pp.
- 田宮兵衛，1979：小気候・局地気象—特に移動観測の方法について—，天気，**26**，633—640.
- 長崎市，1979：長崎市の気象現況，88pp.
- 中村幸子，上田 豊，1982：下関市の都市気候について，日本気象学会九州支部講演要旨集，No. 4，5—7.
- Landsberg, H. E., 1981: *The Urban Climate*, Academic Press, New York, 275pp.