

平成26年度 課程博士学位請求論文

大田区の熱環境問題緩和に関する研究

立正大学大学院
経済学研究科経済学専攻

榎本 毅

目次

第1章 序論	6
1.1 本研究の背景	6
1.2 本研究の目的	11
1.3 本研究の構成	12
参考文献	14
第2章 ヒートアイランド現象と温暖化	15
2.1 ヒートアイランド現象とは	15
2.2 既存研究	16
2.3 世界の都市におけるヒートアイランドと温暖化	18
2.3.1 温暖化する地球	19
2.3.2 21世紀の地球はさらに温暖化	20
2.3.3 地球温暖化の要因	20
2.3.4 気候変動の将来予測に用いられるシナリオ	22
2.4 日本の都市におけるヒートアイランドと温暖化	22
2.4.1 気温が上昇し、強い雨が増加	22
2.4.2 気温はさらに上昇し、強い雨もさらに増加	24
2.5 東京の現状	25
2.5.1 東京の気温	27
2.6 大田区の現状	28
2.6.1 大田区の気温	29
2.6.1.1 最低気温の経年変化	29
2.6.1.2 真夏日日数と熱帯夜日数の経年変化	30
2.6.2 環境への影響について	31
2.6.2.1 温暖化への影響	31
2.6.2.2 人間の健康におよぼす影響	32
2.6.2.3 大気への影響	33
参考文献	35
第3章 環境変化と道路・緑化・水空間	37
3.1 はじめに	37
3.2 先行研究	37
3.3 研究対象地域及び研究方法	39
3.3.1 研究対象地域	39
3.3.2 研究方法	39

3.4	環境変化と道路・緑化・水空間について	40
3.4.1	環境変化	40
3.4.1.1	土地利用の変化	40
3.4.1.2	地域の環境特性	41
3.4.1.3	世帯数の増加	42
3.4.1.3	エネルギーの利用	42
3.4.2	道路舗装について	43
3.4.3	緑化について	45
3.4.4	水空間について	46
3.5	地域における道路・緑化・水空間についての考察	48
3.5.1	道路舗装についての考察	48
3.5.1.1	調査結果	48
3.5.1.2	調査結果の検討	49
3.5.2	緑化についての考察	50
3.5.2.1	調査結果	50
3.5.2.2	調査結果の検討	52
3.5.3	水空間についての考察	52
3.5.3.1	調査結果	52
3.5.3.2	調査結果の検討	54
3.6	おわりに	55
	参考文献	56
第4章	将来の環境に関するアンケート調査	58
4.1	はじめに	58
4.2	既存研究と本研究の位置づけ	58
4.3	研究目的と方法	60
4.4	地域における将来の環境調査と概要	60
4.4.1	将来の環境調査の概要	60
4.4.2	地域行政センター別アンケート調査結果	61
4.4.3	地域行政センター別におけるデータ分析と住民の受容性	62
4.4.3.1	地域別主成分分析	62
4.4.3.2	因子分析	63
4.4.3.3	住民の受容性	65
4.5	地域に適合した熱環境緩和対策	65
4.5.1	道路および遮熱性舗装による熱環境緩和対策	67
4.5.2	緑化による熱環境緩和対策	67

4.5.3	水空間による熱環境緩和対策	67
4.6	おわりに	68
	参考文献	69
第5章	環境緩和対策としての環境税	71
5.1	環境税とは	71
5.1.1	地球温暖化対策税の仕組み	71
5.1.1.1	概要	71
・	地球温暖化対策のための税について	71
5.1.1.2	具体的な仕組み	72
5.1.2	外部不経済	72
5.1.3	内部化	73
5.2	大田区における環境変化	74
5.2.1	気温の現状	74
5.2.2	環境変化	74
5.2.2.1	土地利用の変化	74
5.2.2.2	工場数の推移	75
5.2.2.3	世帯数の増加	76
5.2.2.4	エネルギー利用の増加	76
5.3	熱環境緩和対策に関する先行研究	77
5.3.1	研究対象地域	77
5.3.2	研究方法	77
5.3.3	既存研究	78
5.4	地域における環境税のアンケート調査	79
5.4.1	環境変化のアンケート結果	79
5.4.1.1	環境に関するアンケート	80
(1)	アンケート項目	80
(2)	調査結果	80
5.4.2	環境変化に対する環境税の結果	81
5.4.2.1	環境税に関するアンケート	81
(1)	アンケート項目	81
(2)	調査方法	82
(3)	調査結果	82
(4)	調査結果の検討	82
5.4.2.2	地域の環境状況に基づく緩和対策	83
5.4.2.3	アンケート結果の分析	85

参考文献	87
------	----

第6章 具体的緩和対策としての遮熱性舗装 90

6.1 はじめに	90
6.2 研究目的と方法	90
6.3 熱環境の現状と環境変化	91
6.3.1 熱環境の現状	91
6.3.1.1 ヒートアイランド研究例	91
6.3.1.2 大田区のヒートアイランドの現状	92
6.3.2 熱環境影響分析	93
6.3.2.1 世帯数の増加	93
6.3.2.2 土地利用の変化	93
6.3.2.3 エネルギー利用の増加	93
6.3.3 人間の健康に及ぼす影響	94
6.4 熱環境緩和対策	94
6.4.1 大田区における熱環境緩和対策	94
6.4.2 遮熱性舗装による緩和対策	95
6.4.2.1 遮熱性舗装の施工箇所	95
6.4.2.2 遮熱性舗装の施工箇所状況	95
6.4.2.3 遮熱性舗装と一般の舗装(密粒)における表面温度測定データ	96
6.4.2.4 遮熱性舗装と一般の舗装のアンケート調査	97
6.4.2.5 からだと足元で感じる暑さのアンケート調査結果	97
6.4.3 支払意志額におけるアンケート調査	98
6.4.3.1 支払意志額 (WTP) のアンケート調査の概要	98
6.4.3.2 調査の方法	98
6.4.3.3 支払意志額のアンケート調査	99
6.4.3.4 外れ値検定	99
6.4.3.5 アンケート結果	99
6.5 おわりに	100
参考文献	102

第7章 熱環境緩和対策の提言 104

7.1 道路舗装・緑化・水空間(水辺)の現状	104
7.1.1 道路舗装の現状	104
(1) 大都市の道路率	104
(2) 遮熱性舗装	104

(3) 保水性舗装	105
7.1.2 緑化の現状	106
(1) 屋上緑化	106
(2) 壁面緑化	106
7.1.3 水空間(水辺)の現状	107
7.2 大田区の基本計画における概要の一部分	109
7.3 道路舗装・緑化・水空間(水辺)の提言	112
7.3.1 道路舗装の提言	112
7.3.2 緑化の提言	113
7.3.3 水空間(水辺)の提言	113
参考文献	114
第8章 結論	115
8.1 各章の内容	115
8.2 意識調査の結果	117
8.3 今後の課題	118
本研究に関する既発表論文等	120
謝辞	121

第1章 序論

区内は、「山王・池上・久が原を結ぶ線を境に北西部の台地，南東部の低地及び河川地域と埋立地に分かれており，街はそれぞれ異なった雰囲気をもっている。」台地部は，武蔵野台地の先端にあたり，本門寺周辺の社寺林，洗足池周辺，多摩川台公園の林等，比較的小面積だがまとまった樹林地が分散した形で残されている。さらに田園調布，雪谷，久が原など比較的緑地が多く，緑の多い地域が連続している住宅街である。一方の低地部は，区の南端を流れる多摩川及び台地を開析して流れる呑川（のみかわ）や内川（うちかわ）などによって形成された沖積地で，住宅や店舗，工場が多く集まって商業・工業地帯を形成している。低地部は，ほとんどの地域が人工的な環境に置き換えられているが，梅屋敷公園，旧呑川緑地の他，区内随所にある社寺林等の小規模な緑地が点在する緑の少ない地域となっている。臨海部の埋立地は，空港をはじめトラックターミナルやコンテナ埠頭，市場など物流施設のほか，工業団地等都市機能が整備されている。海拔は，田園調布付近が最高で42.5m，南東に向かって次第に低くなり，平部の高いところで約5m，海岸線や埋立地で約1mである。また，東京湾に流入する一級河川多摩川の河口部に広がるヨシ原は，数少ない自然景観を残している。図1-1は[1]，人間と自然との関わりの地域として緑の多い地域，緑の少ない地域，河川地域，埋立て地域に分類したものである。

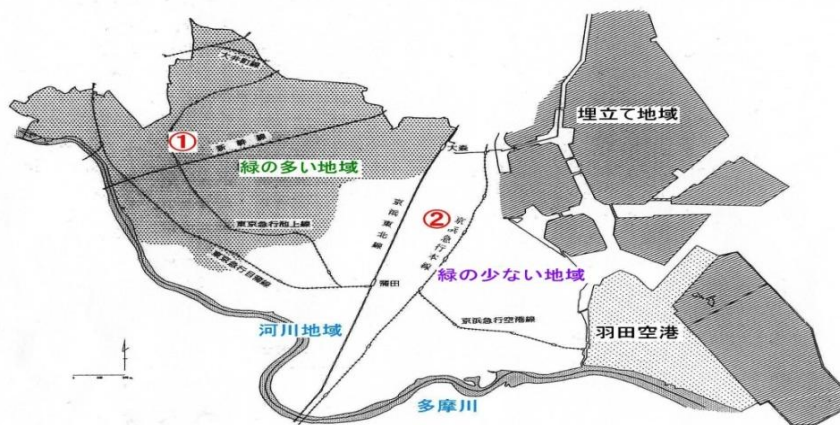


図1-1 区部の4地域 公害環境部公害対策課大田区の概況より筆者作成

1.1 本研究の背景

近年，熱環境問題としてのヒートアイランド現象は，熱中症や睡眠障害など人への健康影響，植物の開花時期の早期化など生態系への影響，その他冷房負荷の増大による電力消

費の増大など様々な影響を与えている。実際、最近の都市の高温化とゲリラ降雨は最悪の状態に達している。大田区中央八丁目の気象観測においても 1996 年 9 月 22 日には日降雨量が 234.5 mm(表 1-1), 1985 年 7 月 14 日には 1 時間降雨量が 100.0 mm(表 1-2), 1983 年 8 月 19 日には 39.8℃など(表 1-3), 気象庁の観測記録に載らない気象変化が起きている状況にあった。

表 1-1 100 mm以上の日降雨量

順位	降雨量 (mm)	年月日	順位	降雨量 (mm)	年月日
1	234.5	96. 9/22	13	123.5	75. 9/ 5
2	227.0	91. 9/19	14	119.5	77. 8/19
3	208.0	89. 8/ 1	15	118.0	85. 7/14
4	206.5	81. 10/22	16	116.0	79. 10/ 7
5	176.5	93. 8/27	17	113.0	91. 9/ 8
6	171.5	82. 9/12	18	111.5	84. 6/23
7	166.0	85. 8/ 4	19	110.5	85. 6/30
8	160.0	90. 9/30	20	109.5	00. 7/ 8
9	147.0	88. 8/11	21	107.5	77. 9/19
10	145.5	71. 8/31	22	107.0	99. 8/14
11	130.0	00. 10/10	23	105.5	71. 9/ 7
12	125.0	79. 10/19	24	101.5	96. 7/21

表 1-2 50 mm以上の 1 時間降雨量

順位	降雨量 (mm)	年月日
1	100.0	85. 7/14
2	80.0	81. 7/22
3	67.0	77. 8/19
4	59.0	90. 9/13
5	57.0	99. 8/29
6	55.0	75. 9/ 5
7	53.0	73. 10/14

(1970～2002 年の気象データ) より筆者作成 大田区中央八丁目観測

また、図 1-2 の都内区部の日最高気温分布においても高温化の状況が分かる[2]。大田区においても夏季(7～8月)の猛暑日が 1978 年には 16 日も出現している状況であった(表 1-4)。このような状況は、種々の環境変化により実際には大田区においてもヒートアイランド現象による温暖化が進行しているのが現状とみなせる。

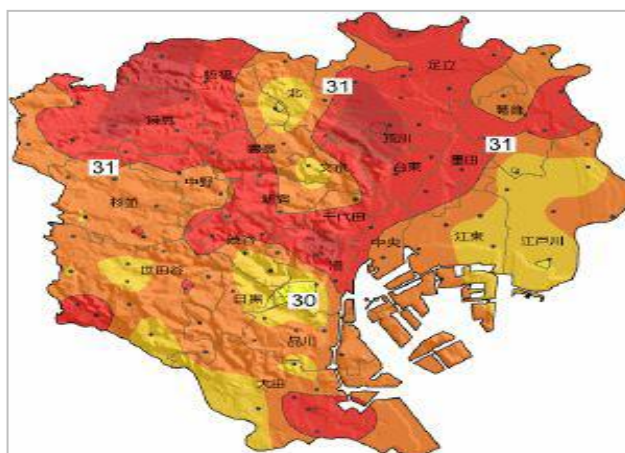


図1-2 都内区部の日最高気温分布(数字は温度, 2004 年夏季の平均)東京都環境研究所東京の環境2006

表 1-3 年最高気温が 36℃以上

年	年最高気温	年	年最高気温
1983	39.8	1998	37.4
1994	39.4	1984	37.3
2000	38.7	1985	37.2
1978	38.6	1987	37.2
1996	38.3	1990	37.0
2001	38.0	1992	36.9
1995	37.7	1986	36.6
2002	37.5	1999	36.4
1991	37.4	1979	36.2
1997	37.4	1976	36.0

表 1-4 日最高気温が 35℃以上の猛暑日数

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
7月	0	0	0	7	2	0	3	0	2	2
8月	3	1	0	9	7	0	1	0	13	17
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
7月	8	1	5	0	0	4	7	2	0	10
8月	6	2	4	0	1	8	3	1	1	16
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002		
7月	6	2	5	3	3	5	15	4		
8月	19	2	3	3	5	9	3	15		

(1970～2002年の気象データ)より筆者作成 大田区中央八丁目観測

東京都（以下、都という）のヒートアイランド対策は、2002年1月に策定した「東京都環境基本計画」において、ヒートアイランド対策の取り組みを強化すべき一つとして位置付けた。その後、2003年3月に策定した「ヒートアイランド対策取組方針」の基本的考え方は、①都市づくりと合わせた対策の推進～環境配慮の都市づくりの推進、②都庁内外の総力を結集する総合的な施策の展開、③最新の研究成果を取り込んだ施策展開という基本的な考え方の下に、下記のような施策を進めてきている。

- ①都における率先行動として道路の保水性・遮熱性舗装、緑化や水面の確保・創出など
- ②民間と共同した施策の推進として熱環境マップの作成、都市開発とヒートアイランド対策ガイドラインの作成、地域に応じた対策の検討、屋上緑化の推進など
- ③施策に直結する調査研究の推進としてMETROS観測網¹によるモニタリング、屋上緑化や路面温度抑制舗装による効果実証、対策効果のシミュレーション調査などのヒートアイランド対策を行っている。

なお、大田区においても道路舗装では保水性・遮熱性舗装、緑化・水空間については長期基本計画に沿って、公園・緑地・水辺の整備等を行っている。

ヒートアイランド対策として大田区では、区民が手軽にできる昔ながらの地域での打ち水を推進している。

また、『大田区環境基本計画』におけるヒートアイランド対策の推進では“呑川緑道軸”における風の道のまちづくり、生垣緑化の助成、屋上緑化・壁面緑化の助成、大田打ち水大会の実施等の取組の方向性。自然共生社会の構築として「人と自然の関係の再構築」、 「水と緑のネットワークの構築」等の取組の方向性を示している。

温暖化対策としては、2012年6月25日大田区は区、区民等及び事業者の各主体が温室効果ガス排出量を抑制する取組を総合的かつ計画的に推進し、低炭素社会を構築することを目的として、大田区地球温暖化対策実行計画（区域施策編）を策定した。

¹ METROS 観測網：Metropolitan Environmental Temperature and Rainfall Observation System（首都圏環境温度・降雨観測システム）東京都区部のヒートアイランド現象の正確な把握を行うため、2002年からの3年間、約120箇所に気象観測機器を設置し、気温や風などの連続測定を行った観測網。

本計画は平成19年11月に策定した『大田区地球温暖化対策地域推進計画』の改定に当たるものである。

一方、ヒートアイランド現象の実態を明らかにするために東京都環境科学研究所と東京都立大学三上研究室が連携して、ヒートアイランドの観測網 (METROS4) を整備し、2002 (平成14) 年7月15日から区部100箇所で温湿度、20箇所で風向風速・温湿度・気圧・雨量の観測を開始している[9]。

この観測網 (METROS4) による2002 (平成14) 年7月20日から8月31日の間の100地点での気温観測結果から、図1-3では気温30℃を超過した時間の割合がもっとも高かったのは、区部中央部 (新宿区、渋谷・港区の北部、千代田区) と北部 (足立区西部、北区北部、荒川区) で、全時間の33～34%が30℃を超えていた。これに対して、東京湾に近い地域や区部東部 (江戸川区、江東区、品川区、大田区、葛飾区) では、30℃を超過した時間の割合が低く、28%以下であったと述べている。

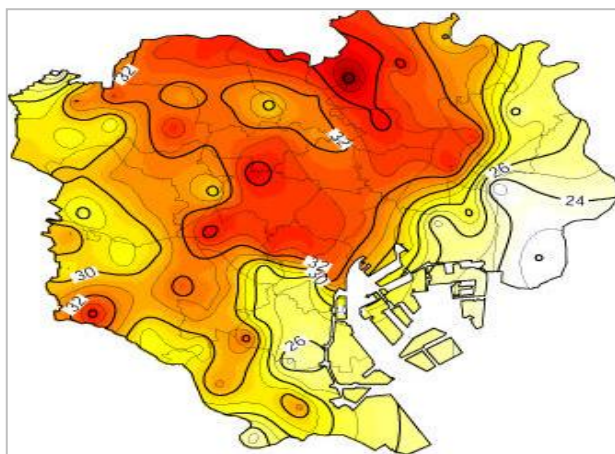


図1-3 気温30℃を超えた時間割合の分布 [9]

このヒートアイランドの観測網 (METROS4) は大田区内にも7箇所設置されているが、学校というだけで観測所在地は明らかにされていない。東京湾に近い地域や区部東部では、30℃を超過した時間の割合が低く、28%以下であったとしているが、大田区中央八丁目のような市街地の中の観測が必要と考えられる。

ヒートアイランド対策としての舗装に関する研究例は、遮熱性舗装による歩行空間における暑熱環境の改善 (路面温度の上昇抑制) 効果があるとする青木他[1]・吉中他[11]および保水性舗装により舗装表面に水分蒸発機能を付与することにより表面温度を下げて、大気への加熱量を低減させる西岡[10]の研究がある。緑化に関しては、既存の蒸散特性に関する計算モデル (JARVIS モデル) と光合成有効放射計算モデルを用いて行い低木を主体とした都市緑化を高温化緩和の観点から評価することが可能になったとする壽浦他[7]、壁面緑化の技術開発に関しての鈴木他[8]の研究がある。水空間 (水辺) に関しては、都市の水

辺空間形成のための計画・設計資料作成に有用な知見を得た菅他[5]、水路と音環境に関するアンケート調査により、水路に対する評価は必ずしも高くなく、水路の音に耳を傾けている人も多くない。しかし、今後より快適性の高い都市空間を形成して行くには重要な要素で、水路の存在を重要視し、水路の評価構造にとって音環境は重要な要素と佐々木他[6]は述べている。加藤他[4]は夏季の風環境に関するアンケート調査の結果を整理して、その中で路地空間も住宅も、多少の差異はあるものの、ともに風が通り抜けていると感じている人が7割程度いたと述べているが、海側に近い部分と内部についての感じ方の違いがあることを確認した述べている。

この加藤他の事例から、大田区においても図1-4のように水空間にはめぐまれてはいるものの、“風の通り道をつくる”という視点からは海・川に近い部分と内部について人間の感じ方の違いを考慮して行うべきと考える。

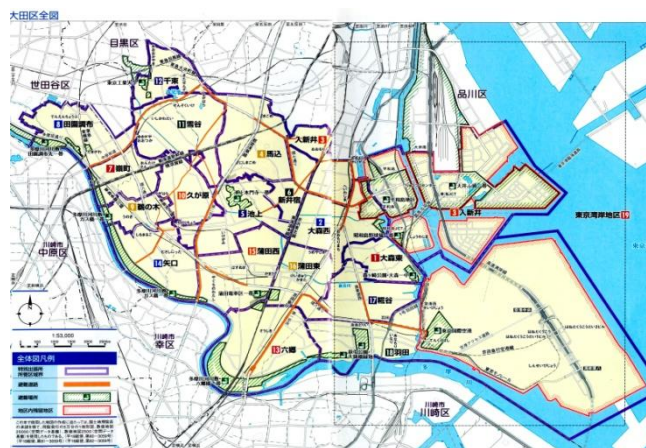


図1-4 大田区全図 大田区地図帳より

また、大田区中央八丁目の気象観測における異常とも言える降雨量、高温化、猛暑日等の状況は、種々の環境変化により実際には大田区においても以前からヒートアイランド現象による温暖化が進行しているのが現状とみなせる。一方、道路・緑化・水空間の既存研究において複数の地域単位において、複数の緩和対策が検討されてはいない。

こうした背景から、本研究では道路舗装・緑化・水空間の既存研究例を参考にしたうえで、地域行政単位のアンケート調査として、将来の環境に関するアンケート調査、環境税導入の意識調査や道路舗装(遮熱性舗装)のアンケート調査を行い、これらの調査結果等をもとに地域に適合した道路舗装・緑化・水空間についての有効な複数の緩和対策を導きだし、区全体の緩和対策を検討する。

1.2 本研究の目的

現在、熱環境問題に関する緩和対策が求められている状況において、ヒートアイランド現象は熱環境問題の主要要因としてクローズアップされている。

ヒートアイランド現象とは、都心部と周辺の気温分布の等温線が都心部を中心に市街地を島状に取巻く状態であり、地表面の人工化（建物・舗装）や特にエネルギー消費に伴う人工排熱の増加により、地表面の熱収支が変化し、市街地の気温が郊外に比べて高くなる現象である。都市化が進むと緑地や水面の減少による水分蒸発量の減少で、気化熱による地表面の冷却ができなくなる。一方で、建物や舗装面の増加は反射率の低下、地表面の熱吸収量の増加、放射冷却の減少等により地表面の熱収支の変化をもたらす。地表面の高温化と夜間の熱放出による気温上昇に寄与している。また、建物・住宅や自動車、工場等の人工排熱は大気温を上昇させ、さらに大気放射も影響している。ヒートアイランドは夏季の高温化の問題と位置づけられ、都市における舗装の改良、水辺の創出、緑化により緩和することが可能である。

緩和対策において、道路舗装の改良（遮熱性舗装）もさることながら、水辺・緑化は人間と自然を融合させる大切さだけでなく、景観・防災的作用などの効果をもたらす点に行政も着目し、緩和対策の肝要な箇所の一つに位置付けられてきている。しかしながら、近年の行政の逼迫財政の下では透明性、客観性が求められ、有効性・効率性を明らかにしなくてはならない。緩和対策の成果を最大限に発揮するような整備と方法を具体的に提案するための研究である。この課題解決には、既存の研究成果を考慮した上で緩和効果を明らかにするとともに、調査・観測・アンケートから予測し、地域に沿った緩和対策を明らかにする必要がある。

本研究の概念は、地域緩和対策（クールスポット）に配慮した持続的な整備（舗装・緑化・水空間）と維持・管理を組み合わせる図によって表現することができる(図 1-5)。これは、行政が中心となって検討している緩和対策（ヒートアイランド）に本研究の成果を反映させるためである。

以上のような見地から本研究においては、熱環境緩和対策として重視した道路舗装、緑化、水空間を対象に、路面温度上昇を抑制する遮熱性舗装・保水性舗装、クールスポットとしての水空間・緑化、新形態の屋上緑化に着眼し、下記の事項を本研究の目的としている。

なお、本研究で対象とする道路舗装は遮熱性舗装、水空間は公園内および河川、緑化は区内に分布する樹林、緑地等の公園緑地を主なものとしている。

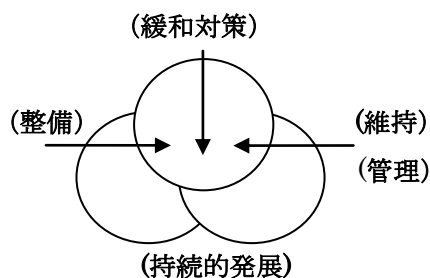


図 1-5 本研究の概念

1.3 本研究の構成

本研究は以下の内容で構成する（図 1-6）。

第 1 章では、大田区の気象観測において日降雨量が 234.5 mm, 1 時間降雨量が 100.0 mm, 気温が 39.8℃など、気象庁の観測記録に載らない気象変化が起きている状況であること、東京都が 2002 年 1 月に「東京都環境基本計画」を策定したこと、その他などを考慮して本研究の目的を明確にした。

また、水空間（水辺）については 8 章の提言『大田区長期基本計画』に沿っての説明と 3 章での詳細なデータの記述により、あえて割愛している。

第 2 章では、ヒートアイランド現象を説明するため、世界のヒートアイランドと温暖化、日本のヒートアイランドと温暖化、東京の現状と大田区の現状及び影響について述べる。

第 3 章では、これまで行ってきた熱環境緩和政策としての道路舗装・緑化・水辺のエコ対策を 4 地域（北・西・南・東行政センター別）について調査した。一方で、昭和 59 年 11 月の大田区長期基本計画の報告書において提案された“人間優先のみち”としての呑川（大田区のほぼ中央を東西に流れる川）緑道軸構想における東工大周辺・東調布公園周辺・本門寺周辺・蒲田駅周辺・森ヶ崎公園の当時の 5 大拠点以外にも現在、整備はされているが、4 地域に沿った緩和対策の考察をする。

第 4 章では、遮熱舗装を含めた道路舗装、緑化、水空間についてアンケート調査を通して地域環境対策を検討する。

第 5 章では、環境税導入の意識調査を踏まえて先行研究を参考にし、環境税とは、外部不経済、内部化などについて検討した。

また、大田区の将来像（環境）についてのアンケート調査及び環境税導入のアンケート調査を通して大田区全体の環境緩和対策を明らかにする。

第 6 章では、ヒートアイランド現象に関する対策が求められている状況において、ヒートアイランド現象を熱環境問題の主要要因として捉え、熱環境問題緩和対策における遮熱性舗装による緩和対策の有効性を明らかにし、さらに、緩和対策を展開して行く上での評価の必要性からアンケート調査を実施した。それを踏まえて、環境変化を論じ、本研究の目的を明確にする。

第 7 章では、熱環境緩和対策の提言を示す。

第 8 章では、研究方針と問題点を整理して今後の課題を示す。

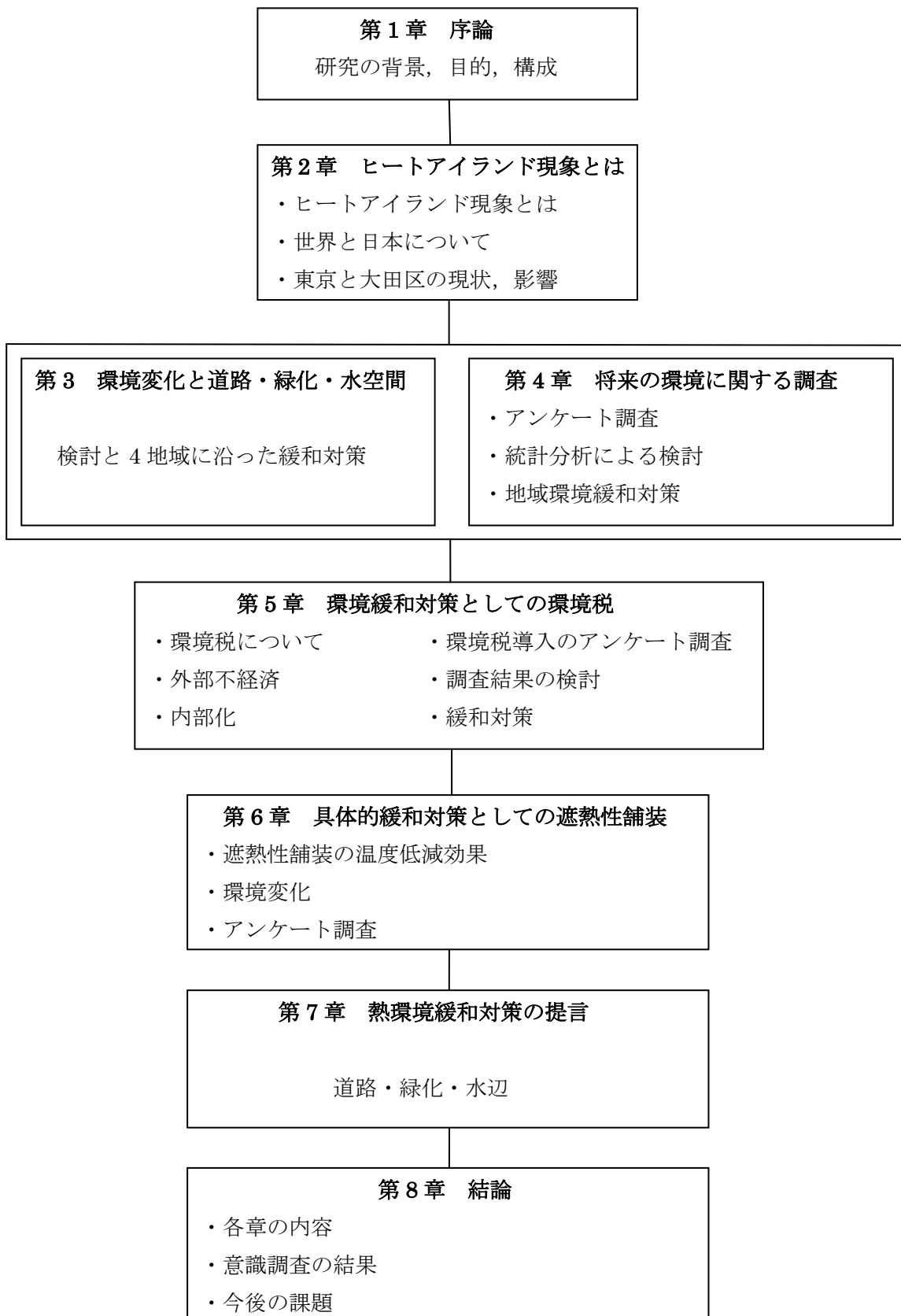


図 1-6 本研究の構成

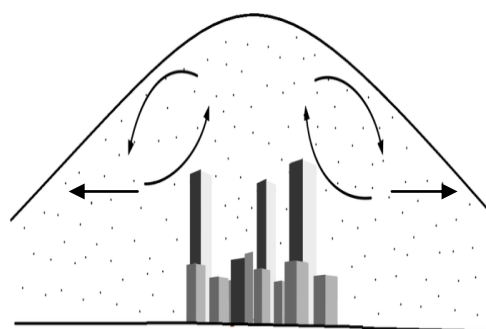
参考文献

- [1] 青木大介・吉中 保・マイナ・ジェイムス・松井邦人, “密粒・排水性舗装と遮熱性舗装における気象データ観測,” 『土木学会第59回年次学術講演会』2004年9月, pp.1273 - 1274.
- [2] 石井康一郎, “ヒートアイランド関連研究の成果と今後の課題” 東京都環境研究所(調査研究科) 『東京の環境』2006年.
- [3] 大田区 大田区公害環境部公害対策課 『大田区の概況』1982年.
- [4] 加藤浩司・山本美沙・辻原万規彦・岡本孝美, “夏季の風環境に関するアンケート調査—密集した漁村集落の生活環境に関する研究その3—,” 『日本建築学会九州支部研究報告』第45号, 2006年3月, pp.453 - 456.
- [5] 菅菜々子・加納年勝・仙田 満・矢田 努, “都市における親水空間に関する研究空間規模とその心理的効果,” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』1997年9月, pp.55- 56.
- [6] 佐々木由佳・三浦秀一, “山形市の水路と音環境に関するアンケート調査 山形市の水路が形成するサウンドスケープに関する研究(その2),” 『日本建築学会東北支部研発表会』1997年6月, pp.113 - 116.
- [7] 壽浦光晴・坂本雄三・工藤 善, “都市緑化の評価を目的とした常緑低木植栽の蒸散量推定モデルに関する研究,” 『日本建築学会計画系論文集』第559号, 2002年9月 pp.15 - 19.
- [8] 鈴木弘孝・小島降矢・嶋田俊平・野島義照・田代順孝, “壁面緑化に関する技術開発の動向と課題,” 『日緑工誌』31(2), 2005年 pp.247-259.
- [9] 東京都環境局 東京都環境科学研究所 東京都立大学, “ヒートアイランド対策取組方針 2002(平成14)年夏のヒートアイランド現象,” 2003年3月策定.
- [1 0] 西岡真稔, “都市ヒートアイランド抑制を狙う環境配慮型道路舗装,” 『建築雑誌』1月号 VOL.120, No.1527 2005年.
- [1 1] 吉中 保・木内 豪・深江典之, “遮熱性舗装による歩行空間の暑熱環境緩和に関する検討,” 『土木学会第59回年次学術講演会』2004年9月, pp.1275 - 1276.

第2章 ヒートアイランド現象と温暖化

2.1 ヒートアイランド現象とは

ヒートアイランド現象とは、都市の中心部の気温が郊外に比べて島状に高くなる現象である(図2-1)。ヒートアイランド現象は年間を通じて生じているが、特に夏季の気温上昇が都市生活の快適性を低下させるとして問題になっている[7]。東京周辺で30℃以上となる時間数は、1980年代前半には、年間200時間程度でしたが、最近では20年前の約2倍になり、その範囲も郊外へ広がっている。



郊外 ← 都市の中心部 → 郊外

図2-1 ウィキペディアより引用(作成)

ヒートアイランドは、人工的な構造物が多く経済活動による土地利用の変化が激しい都市において、気温上昇・低下における自然のメカニズムが作用しにくくなり、周辺部に比べて高い気温が観測される現象である(図2-2)。

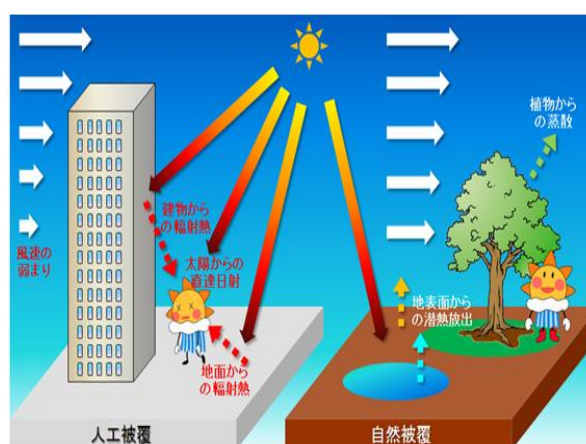


図2-2 ヒートアイランドのメカニズムの概念図(気象庁HP)

ヒートアイランド現象と地球温暖化は「暖くなる」という意味では同じ現象であるが、その原因や暖くなるメカニズム、影響範囲は異なる。地球温暖化は温室効果ガスによるものであり、ヒートアイランド現象は人工排熱の増加や地表面被覆の人工化、都市形態の高密度化などが主な原因となっている。また、地球温暖化の影響範囲は地球規模であるのに対して、ヒートアイランド現象は原因の集中する都市部を中心に影響が現れる。

しかし、その対策には共通する点があり、建物の空調負荷を削減する対策や自動車排熱を削減する対策などは、CO₂ 排出削減につながるとともに排熱も減るため、地球温暖化対策とヒートアイランド対策の両方に役立つと言える。

2.2 既存研究

ヒートアイランドの研究におけるエネルギーに関連する研究例として、平野他[22]、森藤他[24]、二浦他[19]などの研究がある。平野他は空調・給湯用エネルギー消費への影響評価で、東京大都市圏を対象とし、まずエネルギー消費原単位の気温による推定式の作成、その一方で現状の気温分布およびヒートアイランドが生じないと想定した場合の気温分布を推定、その上で、それぞれの気温分布についてエネルギー消費の空間分布をメッシュ単位で推定し結果を比較した。その結果ヒートアイランド現象により、総エネルギー消費量は減少している。家庭部門では暖房・給湯用エネルギー消費の減少、業務部門では冷房用エネルギー消費の増大が大きい、夕方から夜にかけて家庭部門において影響が大きいことなどを明らかにしている。

森藤他は最も影響を強く感じているのは冷房の使用に関する項目で、都心部(大阪市天王寺区)では日中 77%、夜間の団欒時 76%、就寝時 80%の居住者が「冷房を使用せざるを得ない」と回答している。都心部と郊外部(箕面市)のあいだには 20%から 30%程度の違いが認められ、特に夜間ほど地域差が現れている。都心部から郊外部に向けて消費量が減少する傾向を示し、地域差は計算で予測されるほどでない事から周辺の建て込み状況や居住者の属性の違いが反映されているものと推察している。

二浦他では気温変化がエネルギー消費に及ぼす影響についての結果、日中における気温低減幅の大きい高反射化で、都心業務地域の夜間における気温低減幅の大きい空調屋外機水噴霧装置の設置は郊外住宅地域のエネルギー消費に及ぼす影響が大きいことが示された。

ヒートアイランドの対策および対策を行うための特性に関する研究例として、大谷他[6]、鳴海他[17]、西岡[20]、寺澤他[13]、塩野他[21]の研究例がある。大谷他は人工廃熱の影響は夜間に顕著になり、日中と異なり廃熱量と上昇気温の間にはわずかな廃熱で急激に気温が上昇する非線形的な関係が認められた。日中と夜間では周囲から受ける人工廃熱の影響の大きさも異なり、特に夜間には周囲からの影響が強く、その領域もかなり大きい事が明らかになった。局所的な対策による熱環境改善は非常に困難であり、各自治体が協力した大規模な対策の必要性を述べている。

鳴海他は熱中症発生数に及ぼす影響において、2001年の救急搬送データから熱中症は日最高気温が 31℃付近で増加し始め、35℃付近からは指数的に急激な増加を示し、現状で“極熱帯夜”が 3~4 割程度の日数で発生しているのに対して、夜間の気温を 1.5℃低下させる対策をとると 1 割弱削減可能と述べている。

西岡は舗装面を高反射化（高反射塗料を塗布）し、あるいは舗装表面に水分蒸発機能を付与（保水性）することにより表面温度を下げ、大気への加熱量を低減すると述べている。

寺澤他は街区データとして、戸建住宅、集合住宅、商業施設、業務施設について、それらが建築面積の半分以上を占めている街区を大阪府内より任意に選定した。また、大気顕

熱負荷の簡易計算方法に関する精度検証のために、東京都大田区久が原における森脇ら²の実測結果との比較を行った。その結果、ヒートアイランド熱負荷の変化に伴う気温変化は時刻や地域、地上の高さによって大きく異なることから、今後はこれらの特性を考慮した評価を行うとしている。

塩野他は日比谷公園と皇居外苑を対象に、緑地の熱的効果に関する微気象観測である。最高気温時の気温差は、日比谷公園で 1.5℃程度、皇居外苑では 1℃程度で安定している。深夜から早朝にかけては、日によって気温差の変動があり、晴天・静穏な時間帯に「にじみだし現象」が出現している。昼夜とも、皇居外苑、日比谷公園の各エリア内に 1.5～2℃程度の局所気温分布が存在。また、皇居のお堀で夜間、周辺の気温に比べて水温が高い事が分かった。今後、このことが周辺に及ぼす作用についての調査の必要性を述べている。

ヒートアイランドの影響と影響を及ぼす例および成因についての研究例として、大岡他[5]、藤部[23]、小林[11]、鳴海他[18]、有働他[4]、照井他[14]の研究がある。

大岡他は排熱を case1(全て顕熱にて排出)と case2(顕熱 10%、潜熱 90%)として、人工排熱をすべて顕熱にて放出した case1 に対し、90%を潜熱として放出する case2 では、気温については都心を中心にその値が低下し、逆に絶対湿度は増加した。気温については、case2の方が case1 に対して 0.4～0.7℃程度低下する。一方、絶対湿度については case2の方が case1 より 0.3～0.9g/kg 程度高い値となる。人工排熱の放出量自体が比較的少ない夜間の方が、両ケース間の差異が大きい。空調排熱を顕熱から潜熱主体の排熱にすることにより、気温で最高 0.7℃程度の低下が見られた。

藤部はアメリカなどのいくつかの都市では、その風下側(東側)を中心として夏の対流性降水の増加傾向が見出されていて、午後に著しい。しかし、東側が海や湖になっている都市では川下の増加は目立たず、都市の真上にピークが現れるところもある。日本においては、首都圏における広域的な都市効果による昇温が収束を強め、東京都心の強い降水の増加をもたらしている可能性が示唆されると述べている。

小林は積乱雲の特徴は、夏季熱雷発生時には相対的に山岳域に比べて少ないものの、積乱雲は 12 時～15 時に集中する。東京周辺の平野では一度積乱雲が発生すると発達しやすく、急成長、長続きし“巨大積乱雲”に成長する傾向があると述べている。

鳴海他はヒートアイランド緩和対策に関しては、気温低下のみが議論されている現状で、昇温に伴う各種影響を把握した上で対策目標を明らかにする。この背景のもとでの分析結果、熱中症や多くの感染症が増加する一方で、肺炎等による死亡数が減少することが確認できた。今後は年間を通したヒートアイランド現象の健康影響を調査することで、総合的な分析を行うことが課題であると述べている。

有働他は人体の温熱感について、人体表面温度は衣服の日射反射率による影響が大きい。

² 都市設置層における放射・水・CO₂フラックスの長期連続観測。

歩道（一般舗装）と車道（クールペイブメント）で舗装方法を分けた場合の人体表面温度は、一般舗装道路の場合とクールペイブメントの場合の中間的な値をとる傾向があると述べている。

照井他は全体的に土地利用の影響が大きいですが、都市部に着目すると昼間には交通排熱の影響が、夜間には住宅排熱の影響が大きい事が分かった。また、夜間の気温上昇が深夜においては2次破壊系（人工排熱）の影響が大きいものの、明け方においては1次破壊系（土地利用）の影響が大きくなることを確認している。

2.3 世界の都市におけるヒートアイランドと温暖化

世界の主要都市の年平均気温、および世界平均気温（陸域における地表付近の気温と海面水温の平均）の変化傾向（図 2-3）を見ると、ニューヨークやパリなどの都市においても世界平均気温に比べると高い上昇率を示している。これは、外国の諸都市においてもヒートアイランド現象と温暖化という『2つの温暖化[15]』が起きていることを示していると言える。しかし、東京は100年あたり約3°Cの割合で上昇しており、際立って高い値となっている。

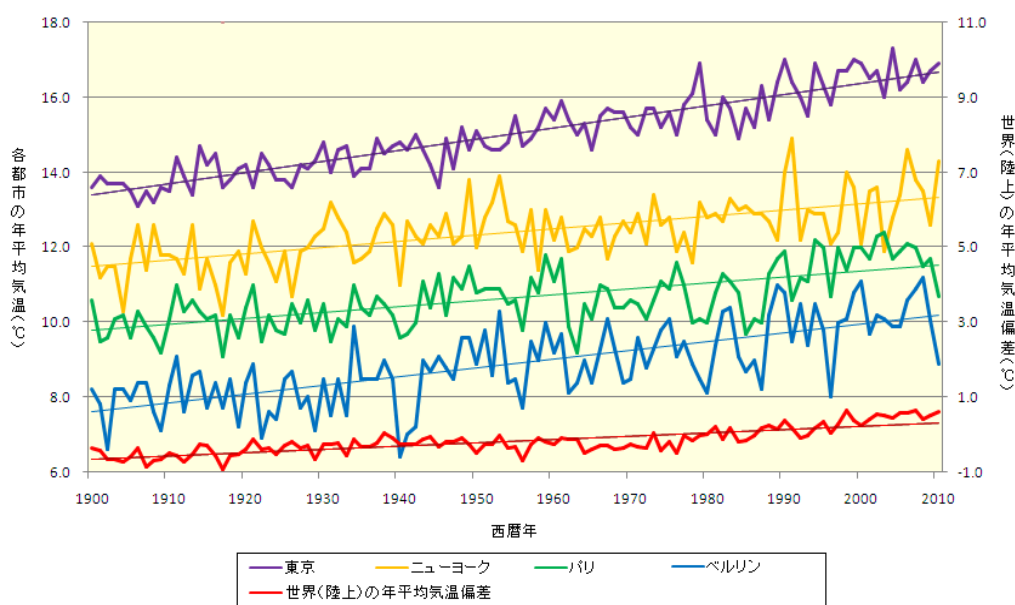


図 2-3 世界の主要都市の年平均気温，および世界平均気温

地球温暖化の根本的な原因は、人間の諸活動によって急激に増加した温室効果ガスによる大気温室効果が強まったことが、地球温暖化の原因と考えられている。そこで、地球温暖化について見ることにした。

2.3.1 温暖化する地球

世界の平均気温は長期的に見て上昇傾向にあり、1891年以降100年あたり0.68℃の割合で上昇した。とくに北半球の中・高緯度では顕著な気温上昇がみられる。また、海面水位は海水の熱膨張や氷河や氷床の融解や流出により上昇しており、海洋内部の水温も上昇している。気候変動に関する政府間パネル第4次評価報告書（IPCC AR4）は、このような観測結果から気候システムの温暖化は疑う余地がないと結論づけている。[1]、[25]

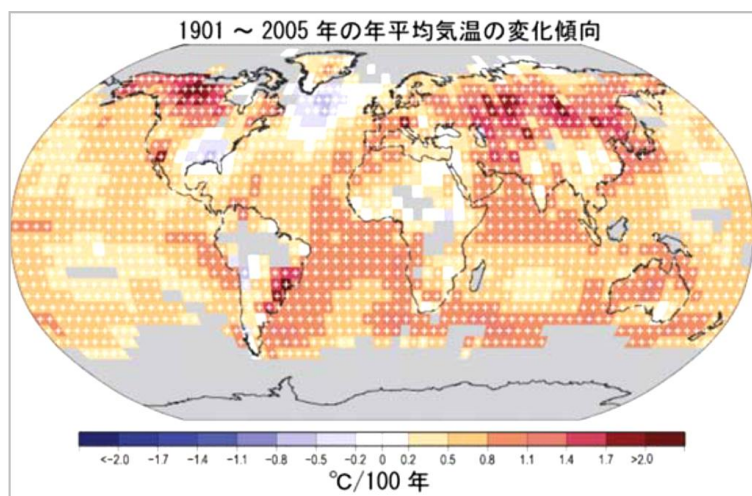


図2-4 世界の年平均気温の変化の分布

観測機器によって得られた資料にもとづいて推定された、1901～2005年の年平均気温の直線的変化（100年あたりの変化量：℃）。灰色の領域はデータが不十分な地域を示す。 [1]

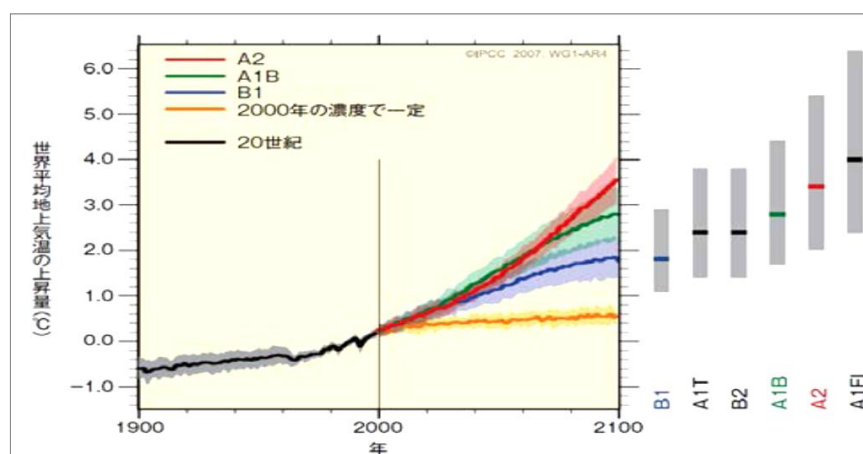


図2-5 世界の平均気温の将来予測（1980～1999年平均からの偏差）複数の気候モデルによる。温室効果ガス排出シナリオはA2（赤）、A1B（緑）、B1（青）。オレンジは、2000年の大気中濃度で一定に保った場合。陰影部は予測のばらつきの幅（±標準偏差の範囲） [1]

このような気温の推移や予測から温室効果ガスの急激な増加による地球の温暖化が見てとれる。

2.3.2 21世紀の地球はさらに温暖化

主に化石燃料の燃焼により排出される温室効果ガスが現在以上の速度で増加し続ける場合、21世紀末の世界平均気温は、20世紀末（1980～1999年の平均）と比較して、B1シナリオで1.8℃、A1Bシナリオで2.8℃、A2シナリオで3.4℃上昇すると予測されている。

21世紀のさらなる温暖化により、世界の気候システムに多くの変化が引き起こされ、その規模は20世紀に観測されたものより大きくなる可能性が高いと予測されている [8]。

2.3.3 地球温暖化の要因

地球の大気中には二酸化炭素などの温室効果ガスが蓄積し続けている。産業革命前に約280ppmであった二酸化炭素濃度は、2011年現在390.9ppmと40%も増加し、しかも近年は1年あたり2ppmと、濃度増加率も大きくなってきている [1・8]。

IPCC AR4 は³、「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガス濃度の観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い」ことを明らかにした。

複数の気候モデルにより、人為的な温室効果ガスの増加を考慮した場合としない場合で20世紀の世界の平均地上気温の変化を再現した結果から、20世紀後半の気温上昇は人為的な影響を考慮しなければ再現できないことがわかった [1]。

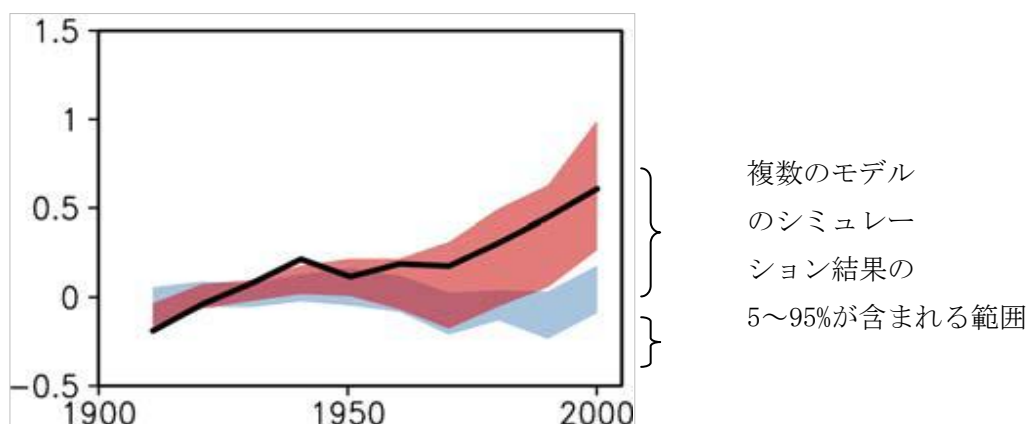


図2-6 全世界の地上気温の変化（1901～1950年平均からの偏差）

観測値（黒線）と気候モデルによるシミュレーションの比較

（青）自然起源の強制力のみ用いた15モデル

（赤）自然起源と人為起源両方の強制力を用いた35モデル 作成：気象研究所

³ AR4は2001年のIPCC第3次評価報告書(TAR)に続く評価報告書として2002年4月に作成が決定した。

国連が1992年に採択した「気候変動に関する国際連合枠組条約「UNFCCC）」は、地球温暖化問題に取り組むことを目的としている。同条約のもとで温室効果ガスの濃度の安定化のための具体的な方策が検討され、1997年に京都で開かれた第3回条約締約国会議(COP3)で、先進国に温室効果ガスの排出削減を義務付ける合意文書(京都議定書)がまとまった。表2-1は締約国会議の開催地、開催時期である。また、下記に主な決定事項を示す。

表2-1 地球温暖化に関する締約国会議開催のながれ

気候変動枠組条約採択	1992年 6月	
気候変動枠組条約発効	1994年 3月	
第1回締約国会議(cop 1)	1995年 3月	ベルリン(ドイツ)
第2回締約国会議(cop 2)	1996年 7月	ジュネーブ(スイス)
第3回締約国会議(cop 3)	1997年12月	京都(日本)、
第4回締約国会議(cop 4)	1998年11月	ブエノスアイレス(アルゼンチン)
第5回締約国会議(cop 5)	1999年10月	ボン(ドイツ)
第6回締約国会議(cop 6)	2000年11月	ハーグ(オランダ)
cop 6再開会合(cop 6)	2001年 7月	ボン(ドイツ)
第7回締約国会議(cop 7)	2001年10月	マラケシュ(モロッコ)
第8回締約国会議(cop 8)	2002年10月	ニューデリー(インド)
第9回締約国会議(cop 9)	2003年12月	ミラノ(イタリア)
第10回締約国会議(cop10)	2004年12月	ブエノスアイレス(アルゼンチン)
第11回締約国会議(cop11)	2005年11月	モントリオール(カナダ)
第12回締約国会議(cop12)	2006年11月	ナイロビ(ケニア)
第13回締約国会議(cop13)	2007年12月	バリ島(インドネシア)
第14回締約国会議(cop14)	2008年12月	ポズナン(ポーランド)
第15回締約国会議(cop15)	2009年12月	コペンハーゲン(デンマーク)
第16回締約国会議(cop16)	2010年11月	カンクン(メキシコ)
第17回締約国会議(cop17)	2011年11月	ダーバン(南アフリカ)
第18回締約国会議(cop18)	2012年11月	ドーハ(カタール)
第19回締約国会議(cop19)	2013年11月	ワルシャワ(ポーランド)

・主な決定事項等

気候変動枠組条約採択	国際連合会議(UNCED、地球サミット)で採択
第1回締約国会議(cop 1)	先進国のみが「数量目的」を交渉するベルリン・マンデートが採択
第3回締約国会議(cop 3)	京都議定書採択
第4回締約国会議(cop 4)	ブエノスアイレス行動計画採択
第6回締約国会議(cop 6)	ハーグにて合意できず
cop 6再開会合(cop 6)	ボン合意
第7回締約国会議(cop 7)	マラケシュ合意、マラケシュ宣言
第9回締約国会議(cop 9)	各議題決議を採択
第14回締約国会議(cop14)	京都議定書の第1約束期間が始まる

- 第 15 回締約国会議 (cop15) 2009 年時点で 191 ヶ国 (EU 含む)
第 17 回締約国会議 (cop17) 京都議定書延長へ
第 19 回締約国会議 (cop19) 温暖化ガス削減, 自主目標導入で合意

2.3.4 気候変動の将来予測に用いられるシナリオ

気候変動の将来予測は、今後、大気中の温室効果ガスやエアロゾルなどの濃度がどのように変化するかというシナリオをもとに気候モデルで計算される。これまで多く用いられてきたSRES (IPCC 排出シナリオに関する特別報告書) シナリオには、将来の世界像として 6 つのシナリオ (B1 ~ A1FI) があり、それぞれ想定された社会経済の下での二酸化炭素排出量と二酸化炭素濃度が与えられている。よく用いられるシナリオは、このうちB1, A1B, A2 で、2100 年時点での二酸化炭素濃度はA2 が最も高く、ついでA1B、B1 の順となっている[2]。

一方で、叙述的な4 つのシナリオ (「ストーリー・ライン」) は、いずれも地球温暖化の軽減のための政策を含んでいない。単純に「A1」, 「A2」, 「B1」, 「B2」という記号で簡単に呼ばれている。予想した通り、環境を重視したB1 シナリオが最もCO₂ 排出量が少ない。このような社会を築くと、とりたてて温暖化対策をやらなくても温暖化は食い止められる。伝統的な環境保護論者の理想像に近いB2 シナリオは、経済発展至上主義に近いA1 シナリオと比べて、来世紀末のCO₂ 排出量でほぼ同じとなる。地域を重視して環境問題を解決する方向に働く要因と、経済発展によって技術効率が向上する要因とが、CO₂ の排出抑制において同じくらいの効果を発揮した。最も温暖化対策にやっかいな社会は、A1 シナリオではなく、意外にも「多元化社会」を指向したA2 シナリオであった。このような社会に発展してしまうと、温暖化対策には信じられない程のコストがかかる可能性を示唆している。

2.4 日本の都市におけるヒートアイランドと温暖化

気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響の気候変動の観測事実と将来の予測」[8]に基づく次のような現象が指摘されている。

2.4.1 気温が上昇し、強い雨が増加

日本の平均気温も年による変動が大きいものの長期的に上昇傾向で、100 年あたり 1.15°Cの割合で上昇しており、世界平均 (0.68°C/100年) を上回っている。また、日最高气温が35°C以上の猛暑日や最低气温が25°C以上の熱帯夜の日数もそれぞれ増加傾向を示している。

降水にも変化が現れており、日降水量1mm以上の降水日数は減少傾向にある一方、日降水量が100mm以上の大雨の日数は増加傾向にある。アメダスの観測による1時間雨量50mm以上の短時間強雨の頻度は、さらなるデータの蓄積が必要であるものの、明瞭な増加傾向が現れている。[25]

次に日本の年平均気温の経年変化(図2-7)、1時間降水量が50mm以上となった回数の経年変化(図2-8)、平均気温の予測を示す(図2-9)。

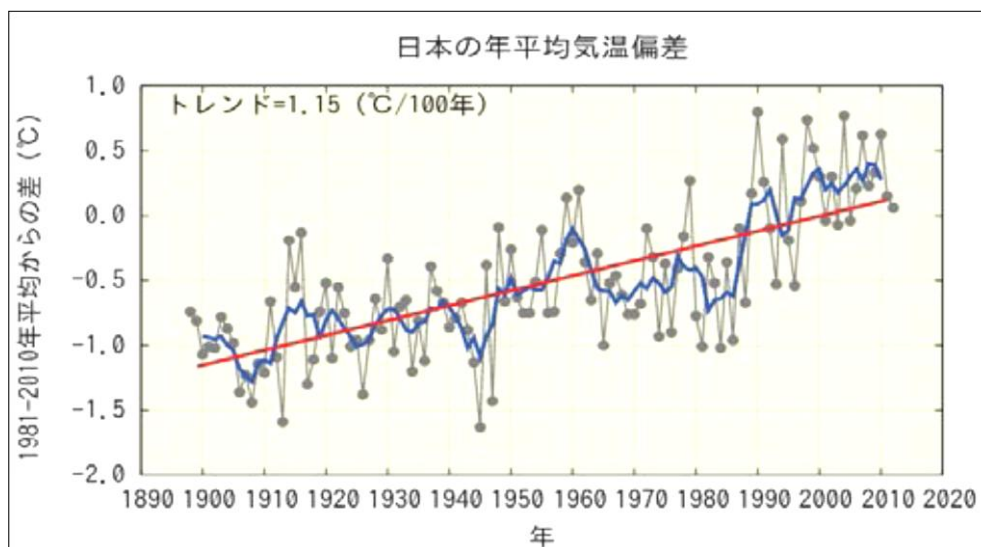


図2-7 日本の年平均気温の変化(1981～2010年平均からの偏差) [10]

都市化の影響が比較的少ないとみられる17地点を用いた。

黒線は平年偏差、青線は5年移動平均、赤線は長期変化傾向。

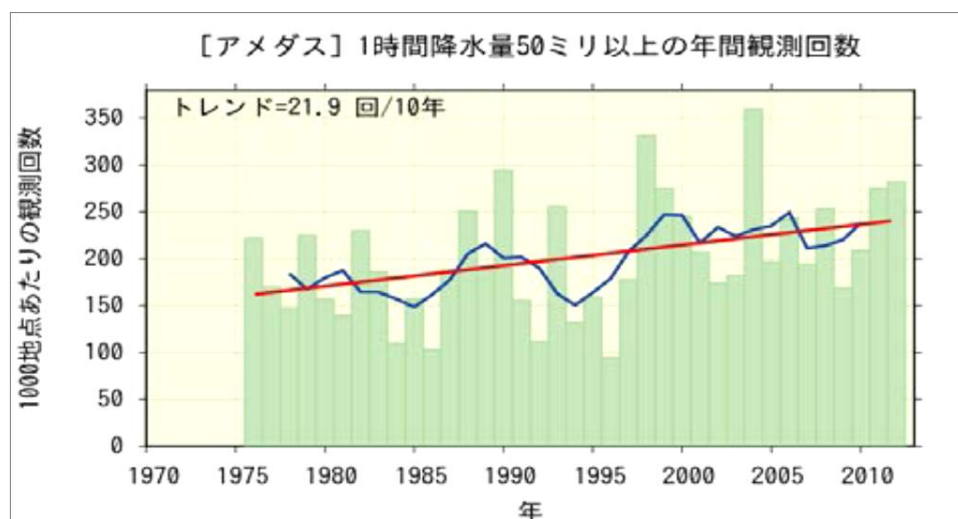


図2-8 アメダス地点で1時間降水量が50mm以上となった年間観測回数の変化

(1,000地点あたりの観測回数に換算) [10]

棒グラフは各年の値(1976～2012年、青線は5年移動平均、赤線は期間にわたる変化傾向。

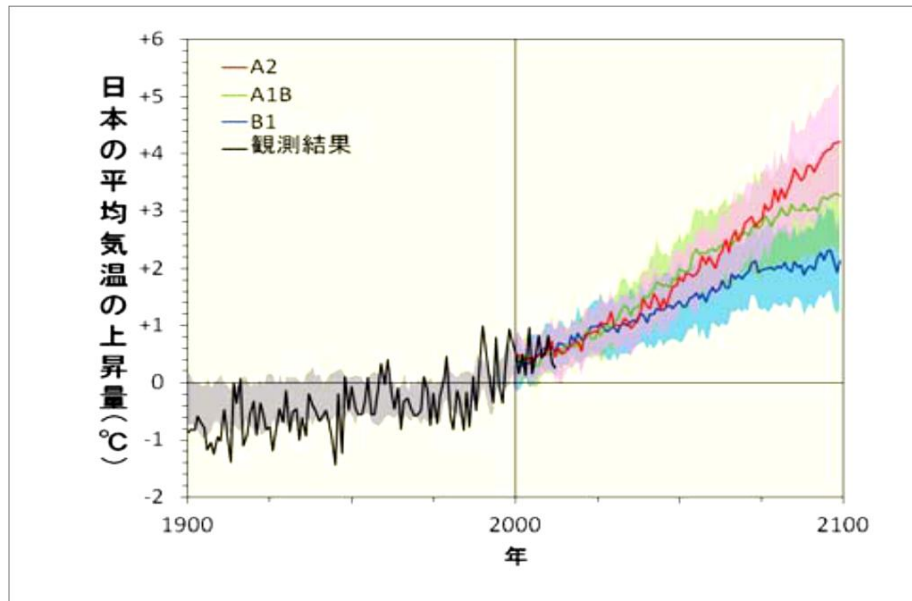


図2-9 日本の平均気温の予測（1980～1999年平均からの偏差）

複数の気候モデルによる。温室効果ガス排出シナリオはA2（赤）、A1B（緑）、B1（青）。

陰影部はばらつき幅（±標準偏差の範囲） 作成：気象庁

上記の図の年平均気温、1時間降水量が50mm以上、平均気温の予測から今後も気温は上昇し、豪雨の頻発と高温化が進むと考えられる。

2.4.2 気温はさらに上昇し、強い雨もさらに増加

B1, A1B, A2 シナリオ⁴に従って二酸化炭素濃度が増加すると、日本の平均気温は約2.1～4.0℃上昇し、その上昇幅は世界平均の1.8～3.4℃を上回ると予測されている。地域気候モデルの予測結果によると、北日本ほど気温上昇が大きく、真夏日や熱帯夜の日数は沖縄・奄美、西日本、東日本で大きく増加する一方、冬日や真冬日の日数は、北日本を中心に減少すると予測されている。

また、短時間強雨の頻度がすべての地域で増加すると予測されている一方で、無降水日数もほとんどの地域で増加すると予測されている[9]。

⁴ 気候変動の将来予測に用いられるシナリオを参照。

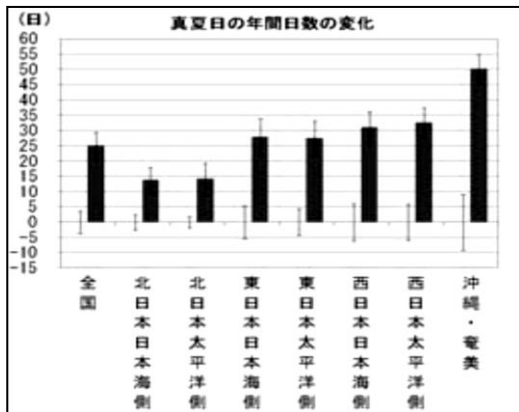


図2-10 地域別の真夏日日数の変化

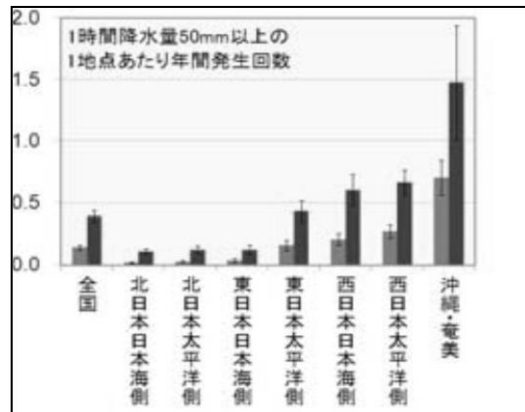


図2-11 地域別の1時間降水量5以上の年間発生回数の変化

図2-10は、1980～1999年平均と2076～2095年平均の差。図2-11は、1980～1999年平均(灰)と2076～2095年平均(赤)の比較。いずれも、解像度5kmの地域気候モデルによる。

温室効果ガス排出シナリオはA1B。[9]

2.5 東京の現状

ヒートアイランド (heat island=熱の島) 現象とは、人間活動が原因で都市の気温が周囲より高くなることを言う。地図上に等温線を描くと、高温域が都市を中心に島状に分布することからこのように呼ばれる。

東京における今日のヒートアイランド現象は、戦後数十年間の都市づくりの結果として生じているものであり、その緩和や解消という課題を達成するためには、長期的で継続的な取組が必要である。このため施策の方向は、水と緑の空間の回復を目指す緑施策の展開、エネルギー利用のあり方を転換する気候変動対策の推進とともに、都市内での排熱の抑制や局地的な気候に配慮した建築や市街地整備、地表面の蒸散機能の向上など、熱環境対策の視点を都市づくりのあり方の中に内在化させていく。同時に、ヒートアイランド現象が特に強くあらわれている地域などを対象とした集中的な対策を実施し、局所的に高い気温低減効果、特に体感温度の緩和を図っていく施策である。

ヒートアイランド現象は、地表面被覆の人工化や人工排熱の増加、自然空間の喪失等をもたらした熱大気汚染であり、アメダス等のデータによれば、

- ・大都市では高温時間が長くなり、しかもその範囲が拡大している。
- ・中小都市でも熱帯夜の出現日数が増加しているなど、生活者が高温にさらされる時間が年々増加している。

熱環境問題としてのヒートアイランド現象は熱中症や睡眠障害など人への健康影響、植物の開花時期の早期化など生態系への影響、その他冷房負荷の増大による電力消費の増大

など様々な影響を与えている。都市スケール（関東地方サイズ、東京 23 区サイズ、個別区サイズの三種）のシミュレーション手法開発による結果[26]、以下のことが明らかになっている。

① 都市の地表面被覆の人工化や排熱の増加が熱帯夜の増加，昼間のヒートアイランド現象をもたらしていること，地域によって，その主たる要因が異なること。

② 都市化がさらに進行した場合に中心部で高温化が進み，現状よりも 30℃を越える地域・時間数が約 34%増加すると推定されること。

③ 緑化，透水・保水化など各種の対策のそれぞれに特有の効果が明らかとなり，これらの対策を複合的に講ずる（建物排熱 50%削減，自動車交通排熱 20%削減，保水性舗装：舗装面の 50%，屋上緑化：屋上面積の 50%）ことで 30℃を越える地域・時間数を現状より約 21%減少できると予測される。

また，都はヒートアイランド対策において『東京都におけるヒートアイランド対策の体系(表 2-2)』の以下のような基本的考え方を示し，対策を講じたうえで着実に推進している。

- ・都市づくりと合わせた対策の推進 ～環境配慮の都市づくりの推進
- ・都庁内外の総力を結集する総合的な施策の展開
- ・最新の研究成果を取り込んだ施策展開

表 2-2 東京都におけるヒートアイランド対策の体系

東京都における率先行動	個別施設	道路	舗装（被覆）対策	<input type="checkbox"/> 保水性舗装（車道部） <input type="checkbox"/> 下水再生水の保水性舗装への散水 <input type="checkbox"/> 遮熱性舗装（車道部） <input type="checkbox"/> 透水性舗装（歩道部） <input type="checkbox"/> 街路樹の再生・整備
			緑化対策	<input type="checkbox"/> 街路樹の再生・整備 <input type="checkbox"/> 透水性舗装（歩道部）
		公園	被覆対策	<input type="checkbox"/> 舗装構造の転換 <input type="checkbox"/> 植込地の保水対策 <input type="checkbox"/> 水面の保全
			緑化対策	<input type="checkbox"/> 公園の整備 <input type="checkbox"/> 高木の植栽
		河川・運河	水面の確保	<input type="checkbox"/> 水面の確保・創出
			緑化対策	<input type="checkbox"/> 護岸敷等の緑化 <input type="checkbox"/> 透水性舗装（管理用通路）
		建物	緑化対策	<input type="checkbox"/> 新築・増築時の緑化 <input type="checkbox"/> 改修時の緑化
			人工排熱等対策	<input type="checkbox"/> 排熱の少ない設備機器利用 <input type="checkbox"/> 外装の被覆対策 <input type="checkbox"/> 下水熱利用空調システムの導入 <input type="checkbox"/> 省エネ設計指針見直し検討
		市街地整備（都施行）	被覆・緑化対策など	<input type="checkbox"/> 夕留地区等における対策
		重点地区の検討		<input type="checkbox"/> 対策の集中施行の検討
苗木の生産・供給		<input type="checkbox"/> 緑化のための苗木生産・供給		
民間と共同した施策の推進	ガイドライン作成・普及		<input type="checkbox"/> 熱環境マップの作成 <input type="checkbox"/> 対策情報データベースの作成検討 <input type="checkbox"/> 地域に応じた対策メニューの検討 <input type="checkbox"/> 普及策の検討	
	都市開発における対策		<input type="checkbox"/> 都市開発の段階に応じた対策の推進	
	既存の環境都市づくり制度の推進		<input type="checkbox"/> 建築物環境計画書制度の着実な推進と充実に向けた検討 <input type="checkbox"/> 屋上緑化の着実な推進と充実に向けた検討	
調査研究に直結する施策の推進	庁内研究機関＋民間研究機関との連携	実態調査	<input type="checkbox"/> モニタリング	
		原因調査	<input type="checkbox"/> 土地利用と人工排熱調査	
		影響調査	<input type="checkbox"/> シミュレーション調査	
		抑制対策調査	<input type="checkbox"/> 屋上緑化等（適した植物開発、雨水保全型屋上緑化の研究、効果調査） <input type="checkbox"/> 舗装（路面温度抑制舗装の研究開発、環境舗装等の効果検証） <input type="checkbox"/> 対策効果の予測（シミュレーション調査） <input type="checkbox"/> 体感効果調査	

2.5.1 東京の気温

ヒートアイランド現象は年間を通じて生じているが、特に夏季の気温上昇が都市における生活の快適性を低下させるとして問題となっている。

また、足永他[34]は「東京の現状」の中で、ヒートアイランドは夏より冬に顕著に出ると述べている。

それを検証するために冬と夏における東京の気温が、どのように変化してきたのか気象庁のデータから見ることにした⁵。図2-12 は夏の8月の日最低気温の月平均値(°C)の経年変化で、年による変動は有るが上昇傾向を示したものである。東京の気温は過去100年で約3°C上昇している。気温上昇の原因には、地球温暖化の影響もあるがヒートアイランド現象を含む都市温暖化の傾向が顕著に現れていると考えられる。一方で、夏の最低気温が下がらないことは熱帯夜の発生が起こり、人に熱中症等の影響を与えることにもなる。

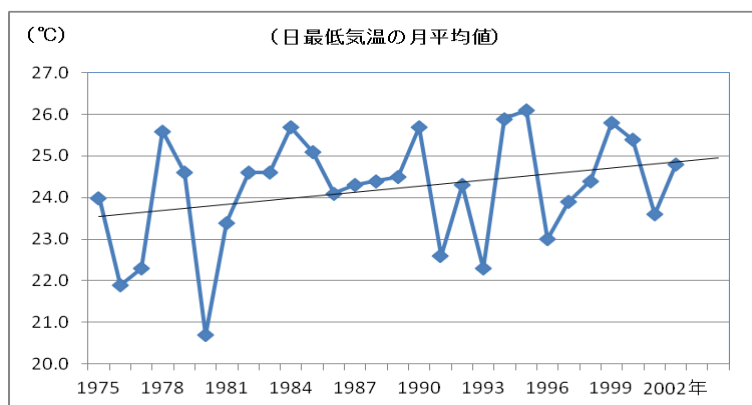


図2-12 東京の8月における日最低気温の月平均値 (気象庁のデータより筆者作成)

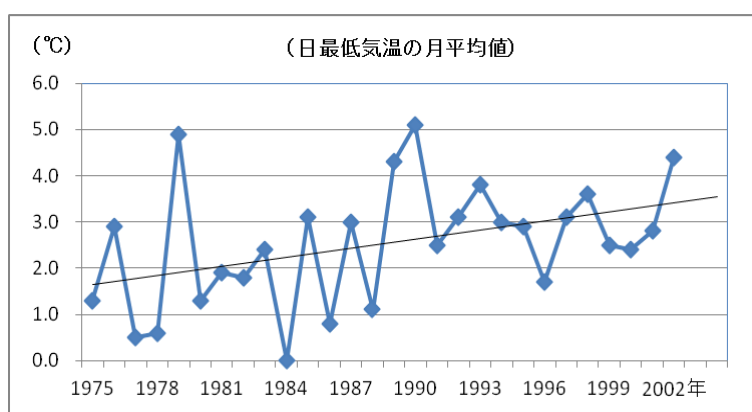


図2-13 東京の2月における日最低気温の月平均値 (気象庁のデータより筆者作成)

冬の気温についても見ることにした。日最低気温の月平均値 (出典：気象庁年報，2002) においても100年間で約4°Cの気温上昇が見られる。図2-13 は日最低気温の月平均値を表

⁵ 東京の気温と大田区の気温を比較し、現状を把握するためである。

したものである。この図においても年による変動は有るものの明らかに上昇傾向を示している。真夏日(図2-14), 熱帯夜(図2-15)についても明らかに上昇傾向にある。

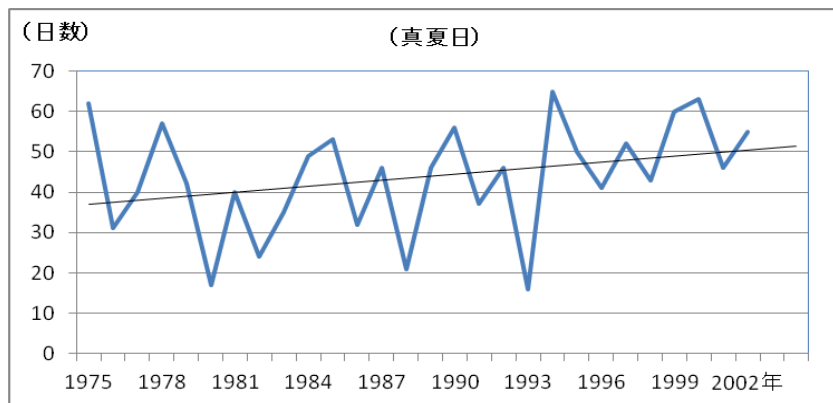


図2-14 東京の真夏日日数 (気象庁のデータより筆者作成)

(真夏日: 日最高気温が30℃以上の日)

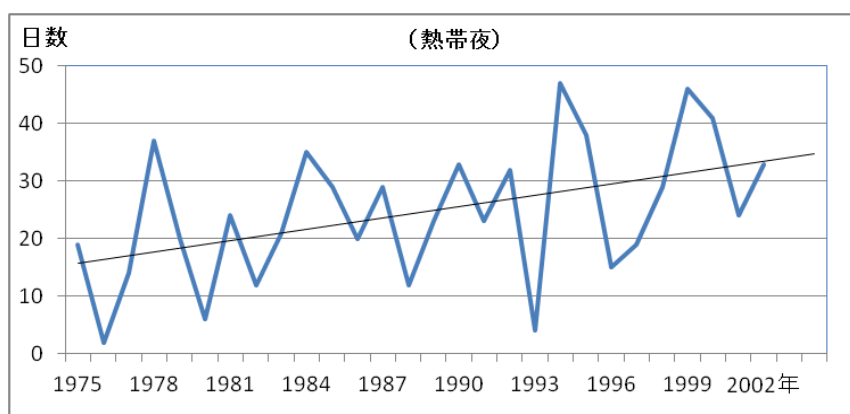


図2-15 東京の熱帯夜日数 (気象庁のデータより筆者作成)

(熱帯夜: 日最低気温が25℃以上の日)

2.6 大田区の現状

地理的に大田区は、比較的緑の多い西北部と、南側から西側にかけて多摩川に接し、東側は東京湾に接しているのでヒートアイランドの発生が少ないと考えられるが、現在では種々の環境変化により実際には進展しているのが大田区の現状とみなせる。

また、大田区もヒートアイランド対策として、地域での打ち水を推進している。打ち水は、水が蒸発する際に地面の熱を奪うことで周囲の気温を下げることでできる手軽なヒートアイランド対策である。そこで、気温の変化をみることにした。

なお、詳細は他の章で随時取り上げているので、この章では割愛してある。

2.6.1 大田区の気温

大田区中央八丁目における気象観測データから大田区の気温はどのように変化してきたのか、2月・8月の日最低気温の月平均値(°C)の経年変化によって、気温上昇の傾向と変化を見ることにした。

2.6.1.1 最低気温の経年変化

大田区の気温はどのように変化してきたのかを示したのが図 2-16 である。この図は冬の2月の日最低気温の月平均値(°C)の経年変化を示している。ヒートアイランドは夏より冬に顕著に出ると言われており、この図においても年による変動は有るが上昇傾向を示している。

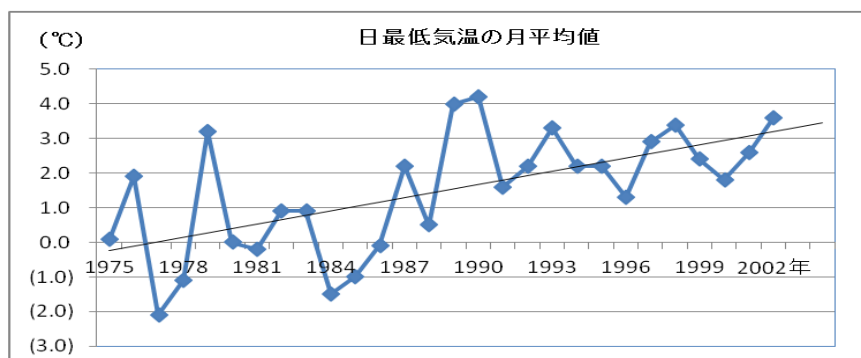


図 2-16 大田区の2月における日最低気温の月平均値
(大田区中央八丁目における気象観測データより筆者作成)

夏の気温についても見ることにした。図 2-17 は日最低気温の月平均値を表したものである。この図においても年による変動は有るものの上昇傾向を示している。

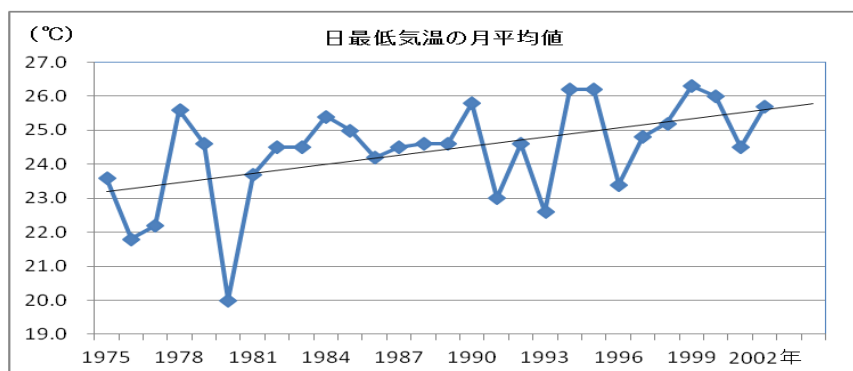


図 2-17 大田区の8月における日最低気温の月平均値
(大田区中央八丁目における気象観測データより筆者作成)

2.6.1.2 真夏日日数と熱帯夜日数の経年変化

1975～2002年の真夏日日数（図2-18）と熱帯夜日数（図2-19）の変化を経年変化で示す。たとえば、全国842地点のアメダス観測データから1981～95年の夏期（7～9月）平均熱帯夜日数を算出し、上位50位をグラフで示している⁶。1位石垣島から25位鹿児島まではすべて北緯33度以南の観測地点である。また、大都市における熱帯夜日数は大阪：34日、福岡：30日、東京：27日、神戸：25日である。

東京の27日に対し、大田区は26.8日とほぼ同じである（表2-3）。このことは、東京区部市街地全体に熱帯夜の拡大を意味し、今まで以上の早急な対策が必要であると言える。

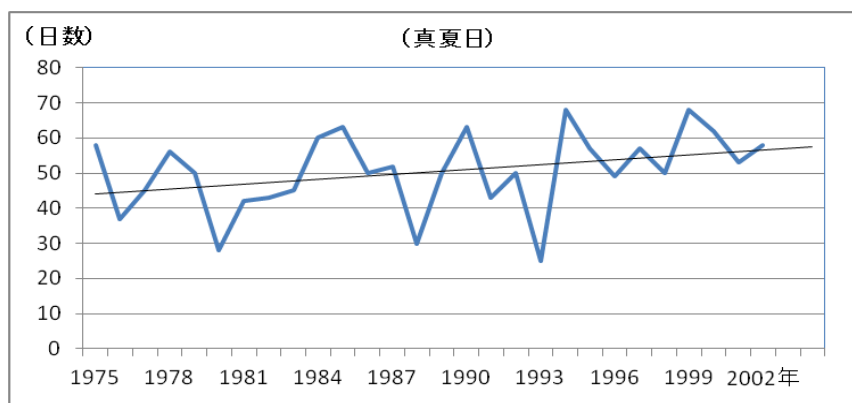


図2-18 大田区の真夏日日数（大田区中央八丁目における気象観測データより筆者作成）
（真夏日：日最高気温が30℃以上の日）

表2-3 大田区の熱帯夜日数（大田区中央八丁目における気象観測データより筆者作成）

年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
日数	24	12	29	33	30	19	30	12
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
日数	23	32	23	36	7	53	39	

（熱帯夜：日最低気温が25℃以上の日）

⁶鍋島美奈子,谷口一郎,“大阪の現状”『ヒートアイランドの対策と技術』学芸出版社 2004年 PP29-30。

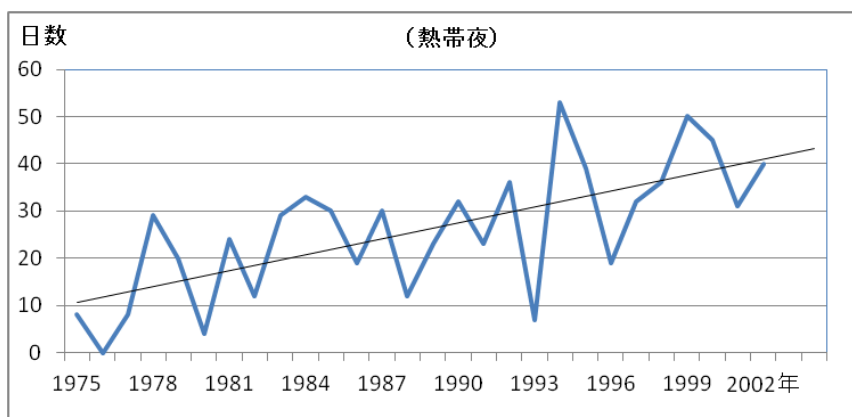


図 2-19 大田区の熱帯夜日数 (大田区中央八丁目における気象観測データより筆者作成)
(熱帯夜：日最低気温が 25℃以上の日)

2.6.2 環境への影響について

2.6.2.1 温暖化への影響

「大田区環境基本計画」(平成 24 年 3 月策定)基本目標 C「低炭素社会の構築」に基づき、2011 年度(平成 23 年度)における大田区内で排出される温室効果ガス排出実績についてとりまとめたものである。「大田区環境基本計画」では 1990 年度(平成 2 年度)を基準年度として、2020 年度(平成 32 年度)までに温室効果ガス排出量を 25%削減することを目指している。対象とする温室効果ガスは二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFCs)、パーフルオロカーボン類(PFCs)、六ふっ化硫黄(SF₆)の 6 種類である。

2011 年度の二酸化炭素(CO₂)の総排出量は 3,153 千トンであり、1990 年度との比較では 284 千トンの排出増で、9.9%増に相当する。また、前年度比では 218 千トン排出増で、7.4%増に相当する。構成比においては業務部門が 35.5%と最大で、次いで家庭部門 31.9%、運輸部門 19.2%、産業部門 10.7%、廃棄物部門 2.7%となる。下記の表 2-4・図 2-20 における推移から温暖化の影響が懸念される。

表 2-4 部門別二酸化炭素排出量 (単位：千 t-CO₂)

年度	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
家庭部門	720	781	785	753	873	958	862	889	818	957	924	893	923	1,007
産業部門	774	581	432	385	394	409	380	367	342	410	414	348	303	336
業務部門	656	820	908	863	1,004	1,164	1,031	1,027	973	1,109	1,094	987	1,043	1,119
運輸部門	679	795	894	879	888	868	818	748	730	699	677	662	582	607
廃棄物部門	41	42	37	37	36	39	38	38	43	48	63	70	83	84
合計	2,870	3,019	3,056	2,917	3,195	3,438	3,129	3,069	2,906	3,223	3,172	2,960	2,934	3,153

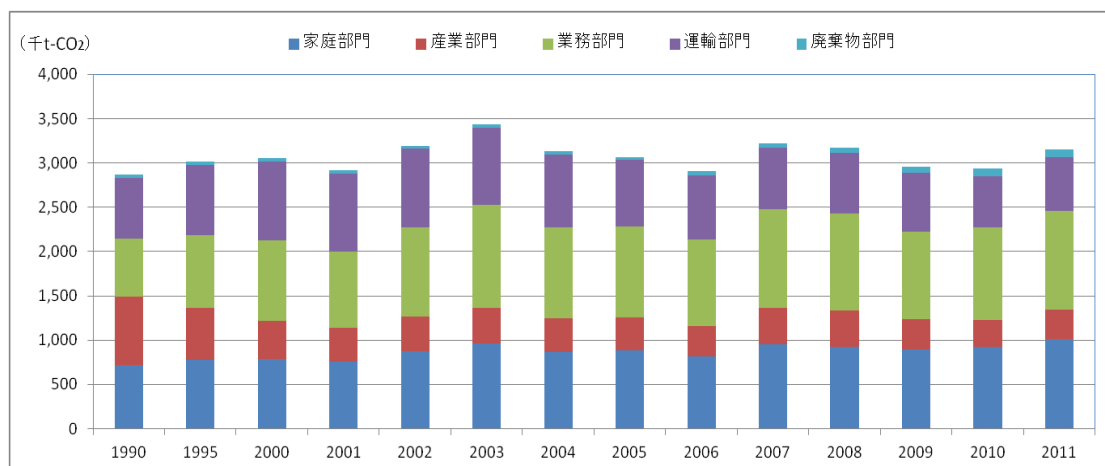


図 2-20 部門別二酸化炭素排出量 (単位: 千 t-CO₂)

2.6.2.2 人間の健康におよぼす影響

都市の高温化（主に夏季）により、熱中症の発症が今後も増加するおそれがある。例えば、2001年の大阪市における日最高気温と熱中症搬送者の関係において、熱中症は最高気温が 32℃付近で増加し始め、35℃付近から急激に搬送者が増加している[50]。熱中症の発生は当日の気温以外にも、前日との気温差や風速などの気象条件も大きく影響しているので、気温のみでの評価は難しいが、人間の暑さへの適応に関する閾値⁷が 35℃付近に存在する可能性を示している。図 2-21 の東京特別区熱中症患者速報と表 2-5 の東京消防庁の 23 区別熱中症患者数(2008 年度) を示している。2008 年度には 648 人が 2014 年には、多い時は 1 日で 120 人を超えている。高温化が進行していることを示していると言える。

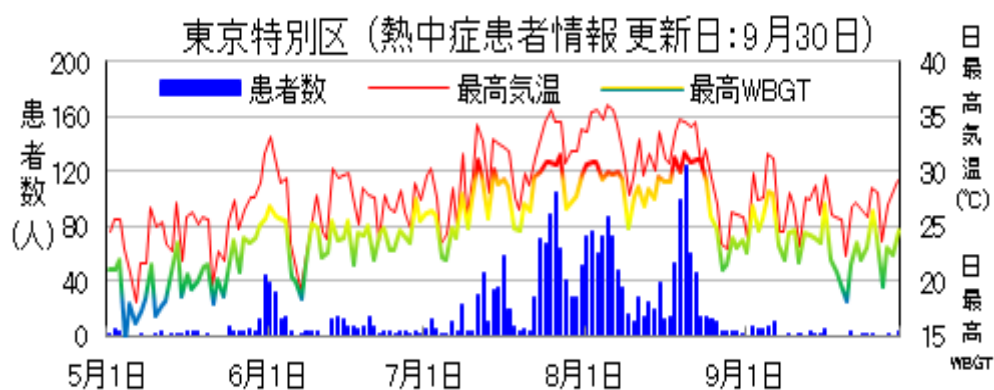


図 2-21 の東京特別区熱中症患者速報

⁷ 閾(いき)：刺激の強さを連続的に変化させたときの生体に反応をひき起こすか起こさないかの限界。生理学・心理学の用語。

表 2-5 23 区別熱中症患者数

区名	患者数	率(人口100万対)
千代田区	26	602.9
中央区	12	116.3
江東区	47	109.4
台東区	18	108
墨田区	24	102.2
港区	20	102
足立区	63	100.9
葛飾区	39	91.4
新宿区	26	84.5
渋谷区	17	83.1
板橋区	43	81.7
杉並区	40	75.3
大田区	49	73.1
江戸川区	48	73.0
豊島区	18	70.9
目黒区	18	67.4
北区	22	66.8
品川区	20	57.2
中野区	17	54.6
練馬区	34	48.8
世田谷区	36	42.3
荒川区	7	36.5
文京区	4	20.8
総計	648	2269.1

2.6.2.3 大気への影響

暖められた空気により起こる熱対流現象により、大気の拡散が阻害され、大気汚染濃度が高まるおそれがある。高温化（主に夏季）することにより、光化学オキシダントが高濃度となる頻度が増え光化学スモックは今後増えるおそれがある。表2-6と図2-22を示す。

表 2-6 日最高気温と光化学スモック発令日（7・8月）

発生年	気象条件	気温日数	発令日日数	発令日(%)
1987年		17	4	24
1990年		15	3	20
1994年		21	0	0
1998年	32.9°C以上	14	3	21
2000年		32	6	19
2001年		13	1	8
2002年		20	1	5
1987年		9	5	56
1990年		11	6	55
1994年		21	4	19
1998年	35.0°C以上	5	2	40
2000年		14	3	21
2001年		15	0	0
2002年		18	2	11
1987年		1	0	0
1990年		1	0	0
1994年		4	2	50
1998年	37.0°C以上	1	1	100
2000年		0	0	0
2001年		3	3	100
2002年		1	1	100

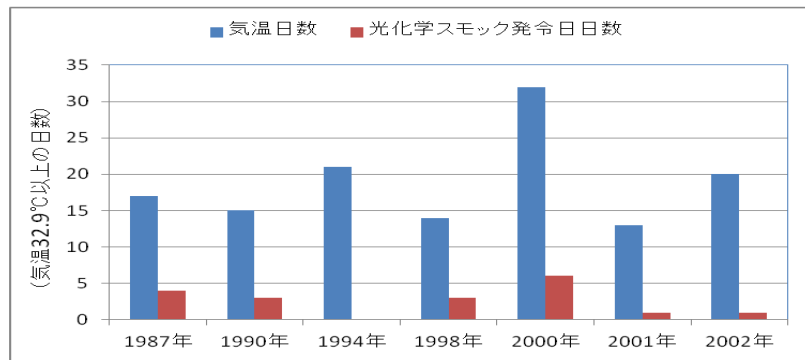


図 2-22 日最高気温と光化学スモック発令日 (7・8月)

また、大田区環境保全課の光化学スモック発令日データと大田区中央八丁目の気象観測データを対比し(図 2-23・図 2-24) 検証してみたところ以前より改善は見られるものの大気汚染物質と気温上昇による影響が見受けられる。なお、今後は風速との風環境の影響も検証する必要がある。

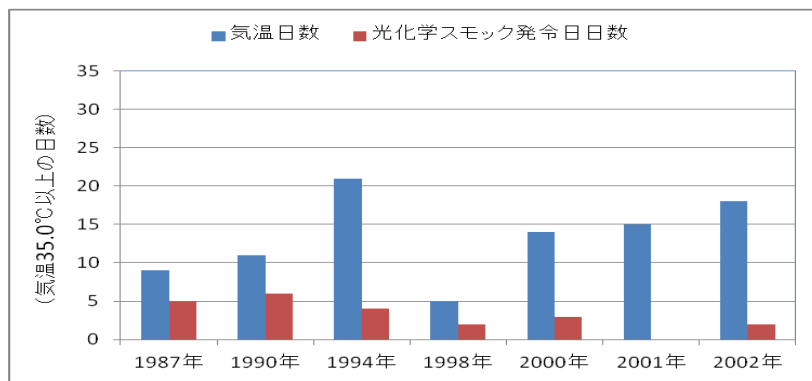


図 2-23 日最高気温と光化学スモック発令日 (7・8月)

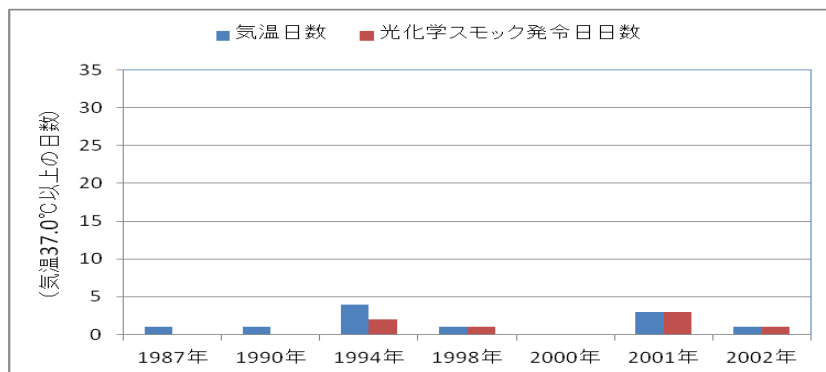


図 2-24 日最高気温と光化学スモック発令日 (7・8月)

参考文献

- [1] IPCC, “IPCC (気候変動に関する政府間パネル)” 『第4次評価報告書』2007年.
- [2] IPCC, 『IPCC 排出シナリオに関する特別報告書』2000年.
- [3] 足永靖信, 尹聖院 “東京の現状” 『ヒートアイランドの対策と技術』学芸出版社, 2004年 pp33-40.
- [4] 有働邦広, 小笠原 岳, 近藤靖史, “クールペイブメント上における人体温熱感 (その2) CDF解析による人体表面温度の検討” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』2007年8月 九州 pp621-622.
- [5] 大岡龍三, 吉田伸治, 加藤信介, 原山和也, 鳴海大典, 黄 弘, 李 海峰, 市川徹, 小島 弘, 大森敏, “東京都区部の空調排熱形態がヒートアイランドに及ぼす影響の検討” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』2003年9月 東海 pp651-652.
- [6] 大谷文人, 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “都市熱環境評価モデルを用いたヒートアイランド現象の解明とその改善策に関する研究 (その2) 人工廃熱が都市熱環境に及ぼす影響” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』40441 2002年.
- [7] 環境省, “ヒートアイランド現象とは” 環境省 HP
www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p14.html
- [8] 環境省, “気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート” 『日本の気候変動とその影響』2012年度版.
- [9] 気象庁, 『気候変動監視レポート2011』2012年.
- [10] 気象庁, 『地球温暖化予測情報』第8巻 2013年 気象庁 HP.
- [11] 小林文明, “4-1 ヒートアイランドが降水に及ぼす影響 —東京周辺における積乱雲の発達—” 『日本気象学会2003年度春季大会シンポジウム (ヒートアイランド—熱帯夜の熱収支) の報告』2004年 pp115-117.
- [12] WMO, 『WMO 温室効果ガス年報』第8号 気象庁訳 2012年.
- [13] 寺澤千尋, 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “ヒートアイランド熱負荷簡易評価ツールの構築に関する研究” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』2007年 pp281-284.
- [14] 照井奈都, 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “過去の再現に基づくヒートアイランド現象の成因分析” 『日本建築学会近畿支部研究報告集』2007年 pp281-284.
- [15] 東京都環境局気候変動対策 HP
www.kankyo.metro.tokyo.jp/climate/kids/global_climate
- [16] 東京特別区熱中症患者速報 HP
www.nies.go.jp/health/HeatStroke/spot/tokyo1
- [17] 鳴海大典, 森藤奈央宇, 岸本卓也, 下田吉之, 水野 稔, “ヒートアイランド現

- 象の対策目標に関する一考察 ヒートアイランド現象, インパクト評価, 目標設定”『日本建築学会大会学術講演梗概集』2003年9月 東海 pp657-658.
- [18] 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “気温変化が大阪府域における人間の健康面へ及ぼす影響 ヒートアイランド現象 インパクト評価 人間健康”『日本建築学会大会学術講演梗概集』2007年8月 九州 pp763-764.
- [19] 二浦尾有佳子, 橋本早紀, 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “ヒートアイランド緩和対策による気温変化がエネルギー消費に及ぼす影響”『日本建築学会大会学術講演梗概集』2006年9月 関東 pp581-582.
- [20] 西岡真稔, “都市ヒートアイランド抑制を狙う環境配慮型道路舗装”『建築雑誌』VOL.120, No.1527 2005年1月号 pp048-049.
- [21] 塩野修平, 成田健一, 三坂育正, 石井康一郎, “都市内緑地のヒートアイランド緩和効果の実測”『日本建築学会大会学術講演梗概集』40316 2007年.
- [22] 平野勇二郎, 茅 陽一, “都市ヒートアイランド現象の空調・給湯用エネルギー消費への影響評価”『土木学会論文集』No.629/VII-12, 1999年8月 PP83-96.
- [23] 藤部文昭, “4-1 ヒートアイランドが降水に及ぼす影響 一夏の対流性降水を中心にして一”『日本気象学会 2003年度春季大会シンポジウム(ヒートアイランド-熱帯夜の熱収支)の報告』109-114 2004年 pp25-29.
- [24] 森藤奈央, 鳴海大典, 下田吉之, 水野 稔, “ヒートアイランド現象が居住者の意識やエネルギー消費に及ぼす影響”『日本建築学会大会学術講演梗概集』東海 2003年9月 pp885-886.
- [25] 森田恒幸, 環境省 国立環境研究所 “第2章 IPCC 排出シナリオ(SRES)に関するサーベイ”『作成経緯とその概要』
- [26] 環境省 環境管理局『ヒートアイランド現象の実体解析と対策のあり方について報告書』2000年.

第3章 環境変化と道路・緑化・水空間

3.1 はじめに

都市地域における熱環境は、近年ヒートアイランド現象や地球温暖化現象によって悪化しており、その対策が求められている。熱環境緩和対策としては、①道路舗装、②緑化、③水空間、による方法が挙げられる。本章では、はじめに、熱環境緩和対策に関する先行研究について検討する。続いて、熱環境緩和対策の具体的事例として大田区を取り上げ、大田区における熱環境問題（建物・住宅や自動車、工場等の人工排熱の増加による大気温の上昇も要因とされる高温化の進展）緩和対策について検討する。その際、大田区を4地域（北・西・南・東行政センター）に分け、それぞれの地域における熱環境緩和対策について考察する。

以下、3.2では熱環境緩和対策に関する先行研究について見てみる。3.3では、研究対象地域及び研究方法について検討する。3.4では、環境変化と道路・緑化・水空間についてくわしく見てみる。3.5では、4地域における道路・緑化・水空間について考察する。3.6では、まとめを行う。

3.2 先行研究

本研究に関連する熱環境緩和対策としての①道路舗装、②緑化、③水空間による既存研究についても、これまでに数多くの研究が行われている。

①道路舗装について、榎本[1]は2009年夏に行った道路舗装（遮熱性舗装）調査で有効性に言及し、関連の研究例を挙げている。本研究に関連の研究例として、加藤他[11]は夏季の風環境に関するアンケート調査の結果を整理して、そのなかで路地空間も住宅も多少の差異はあるものの、ともに風が通り抜けていると感じている人が7割程度いた。また、理由を考察することは今後の課題となるが、常に風通しが良いと感じられているエリアがあることも読み取ったと述べている。

②緑化については、樹木の温熱緩和効果の研究例として、大西他[10]、宮本[17]、吉田他[18]などの研究がある。大西他はIKONOSから抽出した樹木や草地といった植生被覆のデータと名古屋市が整備した土地利用データを利用することによって、季節ごとの地表面温度と空閑地・樹木・草地のそれぞれの関係を明らかにし、さらに、春と夏の昼間を対象に、空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した。この結果、その効果は確保できる空間地の面積次第で変化するが、そのポテンシャルは決して低くないことが示唆されたと確認している。

宮本は夏季から冬季にかけて、樹木の緑の量が異なる4測定点において、景観の評価および温熱環境の測定と温冷感申告を行い、樹木の緑による温熱感の緩和の程度を把握した。

その結果、4測定点の景観評価に、樹木の緑という視覚刺激の有無が大きく影響を与えていることを明らかにした。また、樹木の緑という視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和し、温熱的快適感を増す効果があることが示唆されたと考えられると述べている。吉田他では樹木の植栽が常に温熱環境を緩和するとは限らず、植栽による温熱環境緩和効果を利用する場合、樹木の適切な密度と配置を検討する必要があることが確認されている。

③水空間については、水路を含む水辺の研究例として、菅他[12]、佐々木他[13]などの研究がある。菅他は水空間の心理構造を表す4因子軸を抽出し、そのうち水空間の物理量と相関の高い<躍動性>と<豊水性>に着目した結果、水空間の躍動性は $H/D=0.5$ 付近の時、噴水や滝のもつ躍動感が最も感じられる。水空間の豊水性は幅50m・水面積1800㎡付近で、70%の人が「満々とした」印象を持つ、本研究は比較的小規模な心理実験の結果をまとめたものであるが、水辺景観形成のための計画・設計資料作成に有用な知見を得ることができたと述べている。佐々木他は調査により、水路に対する現状の評価は必ずしも高くないことや、その水路の音に耳を傾けている人は多くないことが明らかになった。しかし、今後より快適性の高い都市空間を形成して行くには重要な要素となると考えられ、その可能性に対する意識として水路の存在を重要視していることもまた確認でき、水路に対する市民の評価構造にとって音環境は重要な要素であることが明らかになったと述べている。

これらを含めた既存研究において複数の地域単位で、複数の熱環境緩和対策は検討されてはいない。本研究では前述の研究例を参考にしうえて、地域行政単位のアンケート調査結果をもとに地域に有効な複数の緩和対策を導き出し、大田区全体の緩和対策を検討する。

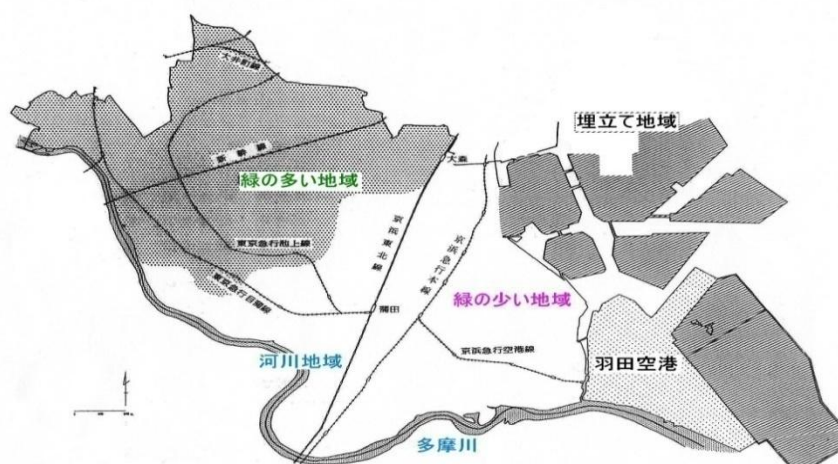


図 3-1 区部の 4 地域 (公害環境部公害対策課、大田区の概況より作成)

3.3 研究対象地域及び研究方法

3.3.1 研究対象地域

本研究の対象地域における自然環境の概要は次の通りである。

図 3-1 の区部の 4 地域の自然環境において、大田北は、台地部と低地部の混在地域で台地部は比較的緑が多い。大田西の台地部は、武蔵野台地の先端にあたり、比較的小面積だがまとまった樹林地が、分散した形で残されている緑の多い地域である。大田南・大田東は低地部で、ほとんどの地域が人工的環境に置き換えられていて、区内随所にある社寺林等の小規模な緑地が点在する緑の少ない地域となっている。大田南の東京湾に流入する多摩川の河川敷は、ほとんどが緑地として整備されているが、そのほとんどの地域が運動場等である。そのなかで、河口部の大師橋緑地付近に広がるヨシ原は、数少ない自然景観を残している。また、大田東地域は面積比率から他地域に比べ工場が最も多い地域である。

3.3.2 研究方法

本章は大田区の熱環境問題（建物・住宅や自動車，工場等の人工排熱の増加による大気温の上昇も要因とされる高温化の進展）緩和について下記の事例研究を含めて，大田区がこれまで行ってきた熱環境緩和政策としての道路舗装・緑化・水辺のエコ対策を 4 地域（北・西・南・東行政センター）について考察する。

- “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—”
- “環境変化と地域における熱環境緩和に関する研究—大田区の将来の環境に関するアンケート調査を通して—”
- “大田区における環境変化に関する研究—大田区の環境アンケート調査を通して—”

本研究の位置づけは，地域における熱環境緩和対策において，菅他[12]が述べているような豊水性を満たす水面積が不可能な場合や吉田他[18]が確認している樹木の適切な密度と配置等が無理な場合に一部を遮熱性舗装に置き換え補完することで，より良い緩和対策を検討。逆に遮熱性舗装の緩和対策の場合においても同様に一部を緑化・水空間に置き換えた補完の検討を含めた考察をすることである。

現在，ヒートアイランド現象に関する対策が求められている状況において，ヒートアイランド現象を熱環境問題の主要要因として捉え，その影響の程度及び各種の対策の改善効果や，都市環境と地域性の視点から，大田区の熱環境対策にアプローチする。

また，昭和 59 年 11 月の大田区長期基本計画の報告書において，大田区基本構想・大田区長期基本計画の中で提案された“人間優先のみち”としての呑川緑道軸構想の実現に向けて呑川緑道軸分科会が検討作業した結果がとりまとめられている。呑川は大田区のほぼ中央を東西に流れる川であり，この川を軸に東工大周辺・東調布公園周辺・本門寺周辺・

蒲田駅周辺・森ヶ崎公園の5大拠点整備と区全体を整備する構想である。現在も財政の許す範囲で整備が進められている。こうした背景をも考慮しつつ、本章では大田区における熱環境緩和対策について考察する。

3.4 環境変化と道路・緑化・水空間について

3.4.1 環境変化

3.4.1.1 土地利用の変化

大田区における100年前の1913年(大正3年)、89年前の1925年(大正14年)、83年前の1931年(昭和6年)の田畑の土地面積の推移を表3-1に示す。現地域行政センター別では、大田北地域(大森・入新井・馬込・池上)、大田西地域(調布)、大田南地域(矢口・蒲田・六郷)、大田東地域(羽田)である。

また、表3-2においては、1950年の田(58.6)、畑(194.0)、山林(25.9)、原野(79.6)の面積が、1963年には、田(0)、2002年には畑(6.15)・山林(2.69)と減少している(単位:ha)。⁸[16]これは、地表面の構成の変化を示している。

表3-1 田畑の土地面積の推移 単位:ha (東京府統計書より)

	田			畑		
	1913年	1925年	1931年	1913年	1925年	1931年
大森	132.30	69.52	5.95	60.24	44.33	21.82
入新井	67.78	0.69	—	52.32	13.49	1.29
馬込	56.81	36.79	13.09	94.87	179.21	111.38
池上	90.45	108.10	11.70	28.76	279.68	240.60
調布	82.82	59.51	15.17	67.93	193.59	157.20
矢口	141.13	86.78	24.40	69.10	81.23	134.68
蒲田	51.34	33.72	4.86	52.86	12.40	2.98
六郷	113.11	69.42	7.04	106.29	134.48	75.97
羽田	178.52	36.00	63.37	180.91	222.95	74.98
合計	914.26	500.55	145.59	713.27	1,161.36	820.89

表3-2 田・畑・山林・原野・池沼の土地面積推移 単位:ha (東京都統計年鑑(1950~2007)より作成)

年	1950	1951	1952	1955	1958	1960	1963	1966	1969	1972
田	58.6	16.7	8.6	3.2	1.5	1.2	0	0	0	0
山林	25.9	25.4	11.7	14.1	8.7	8.6	7.7	6.3	5.7	5.86
原野	79.6	13.2	12.3	1.2	0.3	0	0	0	0	0
池沼	3.2	3.3	1.1	1.5	1.4	1.0	0.4	5.7	5.7	5.72
畑	194.0	361.3	348.9	222.7	178.1	156.3	88.7	53.9	49.3	31.89
年	1981	1984	1987	1990	1993	1996	1999	2002	2005	2007
田	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山林	5.08	4.89	4.69	4.34	3.68	3.31	3.27	2.69	2.32	2.15
原野	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
池沼	1.43	1.43	1.53	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.11
畑	21.56	18.49	15.61	13.52	8.58	7.48	6.88	6.15	5.41	5.19

⁸ 東京都統計年鑑の1950年(坪・反)・51年(坪)・52年(町)・55年(坪)・58年(m²)・60年(m²)・63年(アール)の単位を66年以降のヘクタールに換算。

表 3-3 から明らかなように大田区においては、1950 年の商業地(80.1)、工業地(793.2)、住宅地(1535.0)が、2002 年の商業地(49.49)、工業地(253.75)、住宅地(2,204.28)となっている(単位:ha)。住宅地の増加は、大型小売店舗による中小店舗の減少と工場の区外移転による住宅地への転換、という土地利用変化に数値的に一致[4]する。

表 3-3 商業地・工業地・住宅地の土地面積推移 単位: ha
(出典: 東京都統計年鑑(1950~2007)・筆者作成)

年	1950	1951	1952	1955	1958	1960	1963	1966	1969	1972
商業地	80.1	94.2	84.6	92.4	77.9	79.4	172.7	168.8	185.4	204.16
工業地	793.2	489.8	492.1	494.1	321.8	305.3	306.7	307.6	332.5	403.56
住宅地	1535.0	1941.6	1788.4	1788.4	2019.9	2053.6	2006.2	2031.7	1990.4	1970.16
年	1981	1984	1987	1990	1993	1996	1999	2002	2005	2007
商業地	192.47	183.76	180.64	185.04	194.99	50.87	50.7	49.49	47.97	48.52
工業地	410.12	395.71	384.38	383.49	396.01	249.48	252.34	253.75	247.65	229.51
住宅地	1961.36	1969.45	1994.22	1994.52	1962.62	2224.07	2206.75	2204.28	2214.90	2226.95

3.4.1.2 地域の環境特性

4 地域の自然環境において、大田北は、台地部と低地部の混在地域で台地部は比較的緑が多い。大田西の台地部は、武蔵野台地の先端にあたり、比較的小面積だがまとまった樹林地帯が、分散した形で残されている緑の多い地域である。大田南・大田東は低地部で、ほとんどの地域が人工的環境に置き換えられていて、区内随所にある社寺林等の小規模な緑地が点在する緑の少ない地域となっている。大田南の東京湾に流入する多摩川の河川敷は、ほとんどが緑地として整備されているが、その多くの地域が運動場等である。そのなかで、河口部の大師橋緑地付近に広がるヨシ原は、数少ない自然景観を残している。また、大田東地域は面積比率から他地域に比べ工場が最も多い地域である。

一方、埋立地を除く 4 地域の面積 39.10km²に占める割合は、大田北 30.64%、大田西 29.23%、大田東 11.38%、大田南 28.75%である。一方、工場数(2008 年)4,154 に占める割合は、大田北 30.79%、大田西 9.56%、大田南 35.84%、大田東 23.81%であり、密度からしても地域の環境特性が分かる。

また、4 地域行政センター別に大田区の将来像(環境)について[2]、アンケート調査を実施した結果大田北では、住民は他の地域よりも樹木が多いきれいな環境と快適な環境をより強く求める傾向がある。大田西では、住民は緑の多い地域に関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向がある。大田南では、商業施設の中心地域が含まれており、樹木の多い自然環境が求められている。大田東は、工場が多い地域であり、住民は樹木が多い住環境と快適環境を求める傾向がある。

3.4.1.3 世帯数の増加

「大田区の数字」[4]によると、区全体では、1966年の人口733,842人が最も多く、1975年は271,156世帯・690,770人、2002年は309,696世帯・644,251人、2013年は359,776世帯・696,734人と、人口は1974年(274,012世帯・696,792人)当時になっているが世帯数が増加していることがわかる(表3-4)。世帯数の増加は空調機器の設置に繋がり、ヒートアイランド現象による電力需要の増加に影響があるものと思われる。

表3-4 大田区の世帯数・人口推移 (大田区の数字(1947～2013)より作成)

年	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958
世帯数	80502	82543	88315	96838	104188	111999	118022	130875	138494	142724	149639	160313
人口	318262	324654	346225	381142	414263	449811	492979	539461	564881	572131	593818	624543
年	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
世帯数	170296	183132	202115	220964	237423	248422	261003	271286	276411	276500	279395	281561
人口	646386	668449	692745	706587	718658	727059	729993	733842	730673	728324	730217	728161
年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
世帯数	281761	279858	277143	274012	271156	268928	265958	264025	263152	262715	262606	262902
人口	722238	715094	705314	696792	690770	683734	674981	668667	664533	661196	657503	656053
年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
世帯数	265458	268126	271093	273350	275940	276038	275773	278105	280081	282250	284315	285437
人口	657713	658250	661084	651544	662072	658006	652826	651095	648125	645406	642839	639128
年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
世帯数	286477	288489	291774	294920	298914	301672	304978	309696	313890	317839	321687	326647
人口	636374	634834	636268	637077	638938	639372	640583	644251	647316	651081	654934	660161
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013					
世帯数	331632	336897	341519	344808	346065	348245	359776					
人口	664660	668423	671891	674527	674920	676359	696734					

(区住民登録者で外国人登録者を含まず)

3.4.1.4 エネルギーの利用

大田区[6]では、家庭部門で殆どLPガスが使用されていないので、エネルギーの利用としては、電気、都市ガス、灯油について算定した。2012(平成24)年度のCO₂排出量は、1990(平成2)年度に比べて電気が18%増、都市ガスが20%増、灯油が39%減で、トータルで14%増と予測(表3-5)していたが、実際には電灯、電力等の使用量はトータルで増加していることがわかる(表3-6・図3-2)⁹。これは明らかに世帯数の増加と関係があるものと考えられる。

以上からヒートアイランド現象による夏季の冷房負荷の増大によって、電力、ガスの需要増加等のエネルギー消費の増大という影響を受けているものと思われる。

⁹ 電灯・電力の使用量(MWH)の数値を区は2006年以降『大田区の数字』に載せておりません。

表 3-5 大田区のCo2 排出量の推移 単位：千 t (大田区地球温暖化対策地域推進計画(2007)より作成)

年度	1990	2000	2004	2012
電 気	425	471	569	503
都市ガス	227	258	254	273
灯 油	64	47	35	39
計(伸率%)	716(100)	776(108)	858(120)	815(114)

表 3-6 大田区の電灯・電力使用量推移 単位：MWH (大田区の数字(1974～2005)より作成)

年	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
電灯	599811	627482	637656	658920	712128	722220	702230	727960	732537	787050	827784
電力	1605627	1446231	1551000	1561776	1665768	1728684	1718629	1808641	1828041	1854581	1707854
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
電灯	858423	868820	941863	963757	1036727	1111586	1156461	1183665	1182357	1298515	1330893
電力	1766665	1786504	1924064	1978978	2149979	2276131	2349696	2329269	2383588	2565884	2567205
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
電灯	1310812	1349126	1380437	1428447	1458653	1432660	1501575	1445799	1552265	1586881	
電力	2571887	2623565	2613496	2671407	2693111	2611824	2615743	2536014	2557584	2527405	

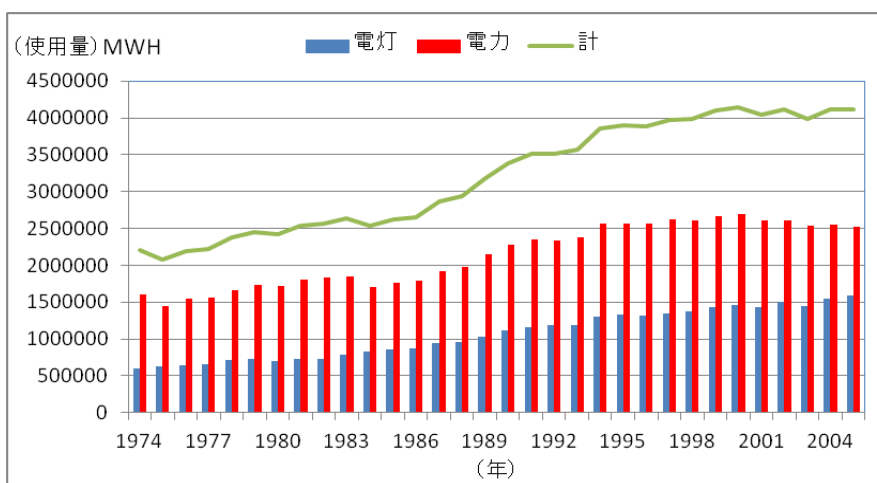


図 3-2 大田区の電灯・電力使用量推移 (大田区の数字(1974～2005)より作成)

3.4.2 道路舗装について

道路舗装により自然地形がアスファルトなどで覆われたために、降雨があっても表面から素早く排水され、地表面の水分保持と水分蒸発による冷却作用がなくなったことで、都市地表面の高温化による熱汚染という都市気候を形成する要因となった。

道路舗装の緩和対策としては、水を浸透させる排水性(透水性)、保水性をもつ舗装に変える方法がある。さらに舗装面に遮熱コート材を塗布して、路面温度を低減する遮熱性舗装がある。

区道の舗装面積は1974年(昭和49年度)の4,102,772㎡に対し、2013年(平成25年度)には約117万㎡多い5,270,827㎡になっている(表3-7)。この中には排水性(透水性)、保水性、遮熱性舗装が含まれている。

表3-8~10は大田区の道路種別道路現況を示したものである[9]。また、表3-11は既存道路の安全で円滑な交通を確保するため、現地調査を行い道路状況に応じた舗装や歩行者空間(歩道、緑道等)の整備をしている[9]。当然ながらこの中には、都市地表面の高温化の緩和対策としての舗装が含まれている。

表3-7 大田区の区道舗装面積の推移 単位：㎡ (大田区の数字(1974~2013)より作成)

年	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
区道舗装面積	4102772	4107878	4114973	4134707	4148322	4154494	4168234	4553130	4555938	4608314
年	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
区道舗装面積	4622499	4623374	4639608	4639973		4645427	4649745	4660398	4660477	4665734
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
区道舗装面積	4676160	4679662	4686789	4690855	4695487	4849853	4937020	5091113	5094044	5091289
年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
区道舗装面積	5099645	5101436	5104692	5105860	5107588	5123673	5256574	5264299	5266390	5270827

表3-8 道路認定内容

		延長(m)	面積(㎡)
供用	実延長	774,206	5,270,827
	重複延長	19,895	—
未供用		5,965	136,315
合計		800,066	5,407,142

表3-9 区内の道路現況

	区道	国道	都道	自動車専用道路
延長(m)	774,206	2,189	36,608	16,362
面積(㎡)	5,270,827	625,723	1,070,398	543,351

表3-10 区道の現況

		延長(m)	面積(㎡)
特別区道	一般区道	769,305	5,244,756
	自転車歩行者専用道路等	4,901	26,071
	特別区道計	774,206	5,270,827

表 3-11 地域行政センター別舗装改良整備面積

単位：㎡

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
大田北地域	4,187	4,822	9,910	9,211	13,909	11,588	10,392	11,011	5,302	1,580	446
大田西地域	3,283	3,174	10,114	5,834	7,841	7,192	5,323	10,277	4,290	1,277	3,666
大田南地域	1,873	2,658	2,659	6,904	6,906	6,673	9,004	16,252	6,913	2,254	0
大田東地域	3,797	4,695	7,763	8,040	10,724	11,076	13,755	9,910	2,357	2,846	3,650

3.4.3 緑化について

夏季の日中、樹林の中では周辺より涼しく感じられる。これは、樹冠部による日射の遮蔽と蒸散の蒸発冷却作用によるものである。樹木の温熱緩和効果を、大西他[10]は地表面温度と空閑地・樹木・草地のそれぞれの関係を明らかにし、空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した結果、効果は確保できる空間地の面積次第で変化するが、そのポテンシャルは決して低くないことを確認している。また、宮本[17]は樹木の緑による温熱感の緩和の程度を把握した結果、樹木の緑という視覚刺激の有無が大きく影響を与えていることを明らかにし、視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和し、温熱的快適感を増す効果があることが示唆されたと考えられると述べている。大田区の公共系の屋上緑化面積は約 2.5ha で全体の 25%ほどあり、表 3-12 は各地域行政センター別屋上緑化状況である。そこで、地上部の緑化不足を屋上緑化において補填を考慮すべく区内の小中校 88 校すべてを大幅に屋上緑化した場合を想定して、今回大田区馬込の立正大学付属中高キャンパスで、気温・湿度の実測を行った¹⁰。なお、緑化箇所の大凡の面積は外構緑地 5,215 ㎡、屋上緑化 1,151 ㎡、壁面緑化 1,238 ㎡、樹木は高木を含め 200 本以上である。表 3-13 は立正広場と屋上における気温の推移、表 3-14 は立正広場と屋上における湿度の推移である。

表 3-12 各地域行政センター別屋上緑化面積状況 単位：㎡

	箇所数	屋上緑化面積	1箇所あたり緑化面積
大田北地域	1,027	28,682.59	26.75
大田西地域	915	19,040.33	20.80
大田南地域	803	22,470.50	27.98
大田東地域	261	6,950.17	26.12

(臨海部の埋立て地域・島・羽田空港は含まず)

¹⁰ 測定機器：温湿度、大気圧データロガー（測定高さ地上 1.5m）

表 3-13 立正広場の地表面と屋上緑化における気温(°C)の推移 (2014年8月19日 晴れ一時曇り)

時刻	9:40	9:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20
屋上緑化	31.8	32.0	32.5	33.0	32.9	32.6	32.1	33.2	33.7	33.5	33.5
地表面	37.5	44.8	48.8	46.8	41.8	43.1	46.8	51.8	43.6	48.9	48.3
時刻	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10
屋上緑化	31.6	34.7	34.0	34.0	33.7	34.6	35.9	35.2	35.2	35.2	37.2
地表面	46.8	49.4	51.4	47.4	47.0	46.9	49.3	52.4	47.6	48.5	50.4
時刻	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00
屋上緑化	34.7	34.2	34.7	36.0	34.8	33.9	36.6	36.4	37.8	33.6	34.4
地表面	43.9	43.9	47.0	45.5	41.1	43.6	41.0	44.5	42.3	41.4	40.3

表 3-14 立正広場の地表面と屋上緑化における湿度(%)の推移 (2014年8月19日 晴れ一時曇り)

時刻	9:40	9:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20
屋上緑化	53	53	51	50	53	54	55	52	50	52	52
地表面	35	35	36	35	34	33	35	36	34	35	34
時刻	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:20	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10
屋上緑化	62	48	49	50	53	49	43	48	47	47	43
地表面	36	35	35	35	35	35	35	36	34	35	36
時刻	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00
屋上緑化	52	55	50	45	52	54	44	43	42	57	52
地表面	35	34	34	33	35	34	35	34	33	34	35

3.4.4 水空間について

大田区においても熱環境に配慮した内川の護岸整備や歴史的水路の六郷用水の再生、洗足池からの洗足流れ、呑川(のみかわ)の水辺を取り入れたオープンスペース整備など様々な試みがなされている。

とくに水空間は水が蒸発するときの気化熱に伴うクールスポットとしての働きがある。そこで、各地域行政センター別の現状把握と検討をするために[9]の資料より表3-15~17および表3-18・19を作成した。

表 3-15 各地域行政センター別 水面積 単位:ha

	公園内	公園以外 (川・海)	合計
大田北地域	5.58	17.97	23.55
大田西地域	4.18	19.48	23.66
大田南地域	0.36	64.93	65.29
大田東地域	0	35.63	35.63

表 3-16 各地域行政センター別 公園水面積

単位:ha

大田北地域	水面積	大田西地域	水面積	大田南地域	水面積	大田東地域	水面積
大森東1丁目第2	0.99	洗足池	3.50	下丸子	0.01	—	—
大森南1丁目	0.01	上池台小池	0.63	矢口3丁目	0.02	—	—
大森ふるさとの浜辺	4.28	田園調布せせらぎ	0.02	多摩川六郷橋	0.32	—	—
山王花清水	0.02	宝来	0.02	南六郷	0.01	—	—
平和の森	0.22	吹上緑地	0.01				
本門寺	0.05						
池上梅園	0.01						

表 3-17 各地域行政センター別 町丁目別水面積

単位:ha

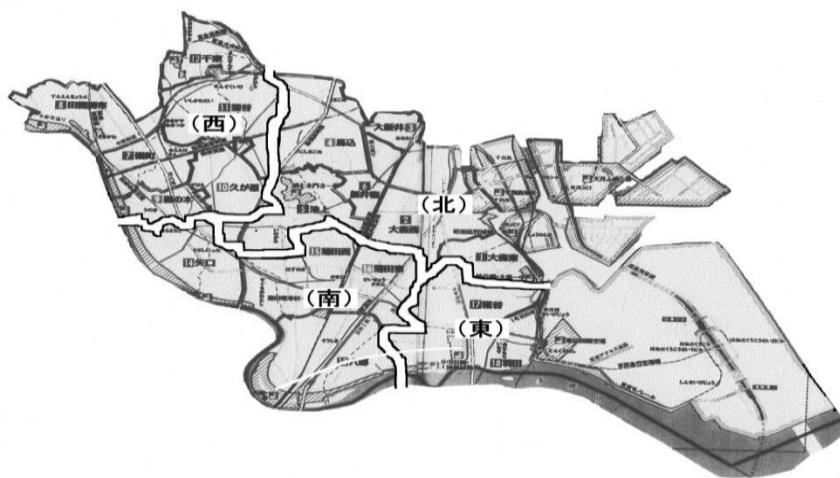
大田北地域	公園	公園以外	大田西地域	公園	公園以外	大田南地域	公園	公園以外	大田東地域	公園	公園以外
大森東1~5	5.27	4.77	東・西・北嶺町	0.00	0.00	東六郷1~3	0.00	2.98	東糶谷1~6	0.00	6.30
大森南1~5	0.01	6.57	田園調布南	0.00	3.69	西六郷1~4	0.32	13.36	西糶谷1~4	0.00	1.31
大森中1~3	0.00	0.00	田園調布本町	0.00	2.27	南六郷1~3	0.01	18.32	北糶谷1~2	0.00	0.84
大森西1~7	0.00	1.08	田園調布1~5	0.05	7.68	仲六郷1~4	0.00	3.47	羽田旭町	0.00	1.50
大森北1~6	0.00	0.01	雪谷大塚町	0.00	0.00	下丸子1~4	0.01	14.91	羽田1~6	0.00	7.88
大森本町1~2	0.00	3.82	糶の木1~3	0.00	3.61	矢口1~3	0.02	4.58	本羽田1~3	0.00	17.80
山王1~4	0.02	0.00	千鳥1~3	0.00	0.00	東矢口1~3	0.00	0.00	萩中1~3	0.00	0.00
平和の森	0.22	0.02	南久が原1~2	0.00	0.00	多摩川1~2	0.00	3.45			
東馬込1~2	0.00	0.00	久が原1~6	0.00	0.54	東蒲田1~2	0.00	0.56			
南馬込1~6	0.00	0.00	南千束1~3	3.50	0.05	南蒲田1~3	0.00	0.54			
中馬込1~3	0.00	0.00	北千束1~3	0.00	0.00	西蒲田1~8	0.00	1.23			
西馬込1~2	0.00	0.00	石川町1~2	0.00	0.44	蒲田1~5	0.00	1.53			
北馬込1~2	0.00	0.00	仲池上1~2	0.00	0.49	蒲田本町1~2	0.00	0.00			
中央1~8	0.00	0.35	東雪谷1~5	0.00	0.31	新蒲田1~3	0.00	0.00			
池上1~8	0.06	1.34	南雪谷1~5	0.00	0.40						
			上池台1~5	0.63	0.00						

表 3-18 大田区の河川

	河川名	延長	区間	
			上流端	下流端
一級河川	多摩川	16,300m	左岸 田園調布五丁目 右岸 神奈川県	左岸 羽田空港二丁目 右岸 神奈川県
	海老取川	1040m	左岸 羽田六丁目 右岸 羽田空港二丁目	左岸 大森南五丁目 右岸 羽田空港一丁目
二級河川	丸子川	1,680m	左岸 田園調布五丁目 右岸 田園調布五丁目	左岸 田園調布一丁目 右岸 田園調布一丁目
	呑川	9,010m	左岸 石川町一丁目 右岸 目黒区	左岸 大森南五丁目 右岸 東糶谷六丁目
内川	内川	1,550m	左岸 大森西一丁目 右岸 大森西四丁目	左岸 大森東一丁目 右岸 大森東二丁目

表 3-19 各地域行政センター別 呑川管理区域

河川名	所管	延長	区間(橋間)
呑川	大田北地域	3,160m	境橋上流～池上橋
	大田西地域	1,750m	池上橋～双流橋
	大田南地域	1,600m	双流橋～夫婦橋
	大田東地域	2,500m	夫婦橋～海老取川合流(右岸)



図

図 3-3 大田北・大田西・大田南・大田東地域行政センター別 4 地域
(大田区地図帳より作成)

3.5 4 地域における道路・緑化・水空間についての考察

3.5.1 道路舗装についての考察

表 3-7 に示している通り区道の舗装面積は 1974 年(昭和 49 年度)の 4,102,772 m² に対し、2013 年(平成 25 年度)には約 117 万 m² がアスファルト化され 5,270,827 m² になっている。一方で、道路舗装は改良を含め経過年数によって繰り返し施行されるために熱環境緩和対策としての排水性(透水性)、保水性、遮熱性舗装のこれまでの施行データは把握できないのが現状である。

3.5.1.1 調査結果

表 3-7 における 2013 年(平成 25 年度)の舗装面積 5,270,827 m² を含めた道路認定内容を

表 3-8 に示す。また、図 3-4 に示した 1974~2013 年の区道舗装面積の推移からも大幅な増加が見てとれる。

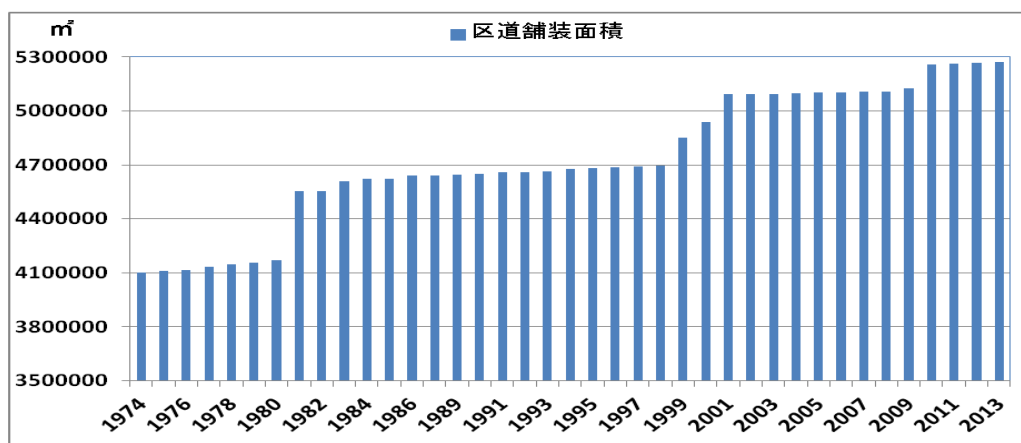


図 3-4 大田区の区道舗装面積の推移 (大田区の数字(1974~2013 年)より作成)

3.5.1.2 調査結果の検討

榎本[1]は、熱環境の現状と変化の把握・その他の影響分析・気象データ観測・アンケート調査で、緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する点では、有効であることを確認している。気象観測データ、アンケート調査や施工箇所とその環境面、遮熱コート材の色等、種々の要素から環境面の改善における感じ方の違いを道路舗装の熱環境問題緩和対策にどの様に生かしていくか、さらに費用対効果における地域特性を大田区全体で、どのように評価するかが今後の課題と言える。

道路舗装による熱環境緩和対策としては、水を浸透させる排水性(透水性)、保水性をもつ舗装に変える方法と遮熱性舗装がある。遮熱性舗装は、都市地表面の高温化の進行を抑える道路舗装の技術改良によって生み出されたもので、遮熱コート材を舗装表面に塗布することによって路面温度の低減をはかることを目指す舗装であるが、一般の舗装に比べてコスト高という点、交差点での耐久性が弱いという点でも大幅な施工が出来ないのが現状である。さらに約 530 万㎡という舗装面積にもよる。舗装面積から熱環境緩和対策としては、4 地域のいずれにするかに拘らず区内全域とすべきである。

なお、都市における環境問題が種々の点で明らかになっている現状では、熱環境問題緩和対策だけでなく他の環境施策との調整を図り環境配慮の地域づくりをすべきである。

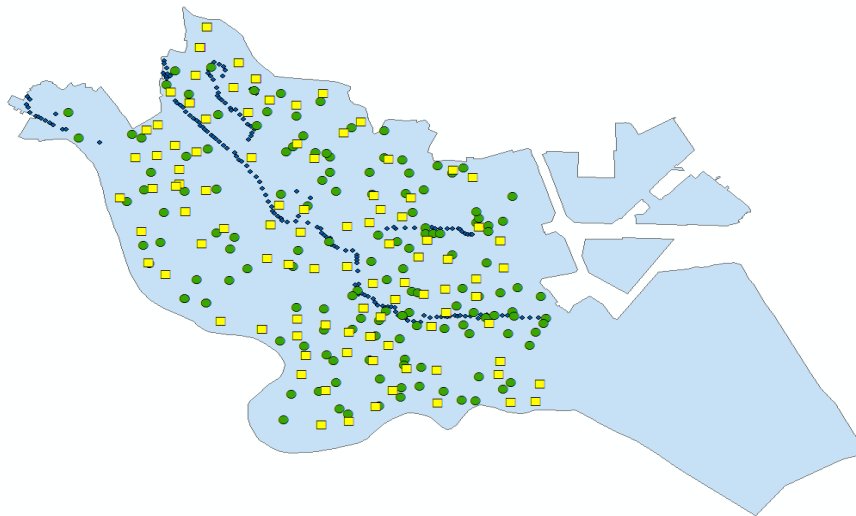


図 3-5 ●水空間・●公園・□アンケート被験者の分布

3.5.2 緑化についての考察

3.5.2.1 調査結果

大田区みどりの実態調査において、街路樹は 18,142 本、生垣は 1,914 箇所、壁面緑化は 91 箇所、屋上緑化は 3,098 箇所、300 m²以上の樹林地は 766 箇所、直径 40 cm以上の樹木は 10,224 本、高さ 10m 以上の樹木が 10 本以上の樹林地は 138 箇所(公園・緑地等を除く)である。

区内における屋上緑化の推進を考慮して、エコスクールを先導する大田区馬込の立正大学付属中高キャンパス芸術棟で、気温・湿度の実測を行った¹¹。図 3-6 は、立正広場と屋上における気温の推移で、立正広場と屋上での気温差は 4.5~18.6℃であった。一方、図 3-7 の立正広場と屋上における湿度の推移を観察してみると、立正広場と屋上での湿度差は 7~26%となり、気温・湿度の観測結果よりクールスポットとなっていることが確認できた。観測中における 4 分程度の曇りは影響がなく風の影響の方があるように思われた。判断材料として風速の観測も遮熱性舗装と同様に必要と考えられる。なお、遮熱性舗装の場合は殆ど影響がなかった。また、大田区みどりの実態調査[7]において作成の図 3-8 の樹林地については、樹林地面積 300 m²以上、樹林地平均高さ 10m以上で公園緑地以外のものである。各地域行政センター別屋上緑化面積状況を図 3-9 に示す。屋上緑化の建物が多いのは、台地部の地域 1,089 箇所、多摩川沿いの地域 657 箇所、大森駅周辺の地域 582 箇所の順である。

図 3-10 にみどり率・緑被率を示す。みどり率は、『緑の東京計画』で設定された指標で

¹¹ 測定機器：温湿度,大気圧データロガー (測定高さ地上 1.5m)。

ある。「ある地域における，樹林地，草地，農地，宅地内の緑（屋上緑化を含む），公園，街路樹や，河川，水路，池沼などの面積がその地域全体の面積に占める割合」『緑の東京計画』（平成12年12月・東京都）より。

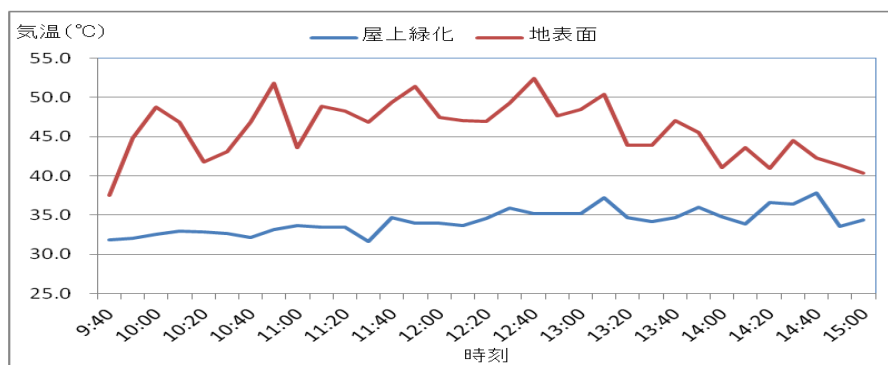


図3-6 立正広場の地表面と屋上緑化における気温の推移(2014年8月19日 晴れ一時曇り)

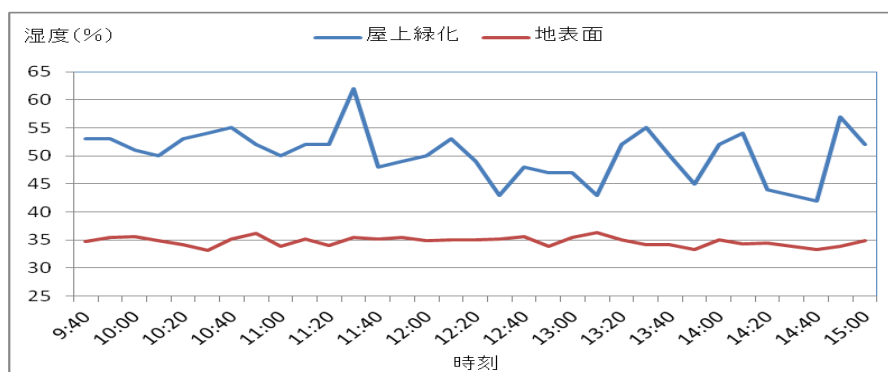


図3-7 立正広場の地表面と屋上緑化における湿度の推移 (2014年8月19日 晴れ一時曇り)

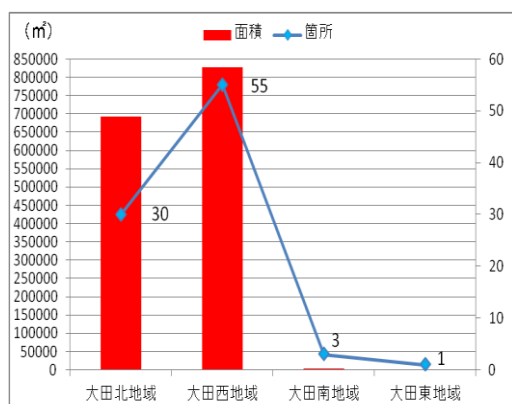


図3-8 各地域行政センター別 調査対象樹林地

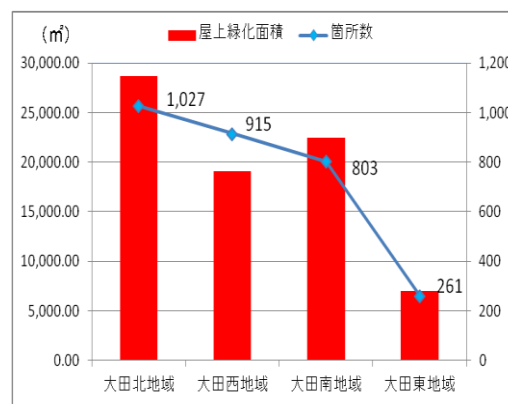


図3-9 各地域行政センター別 屋上緑化面積

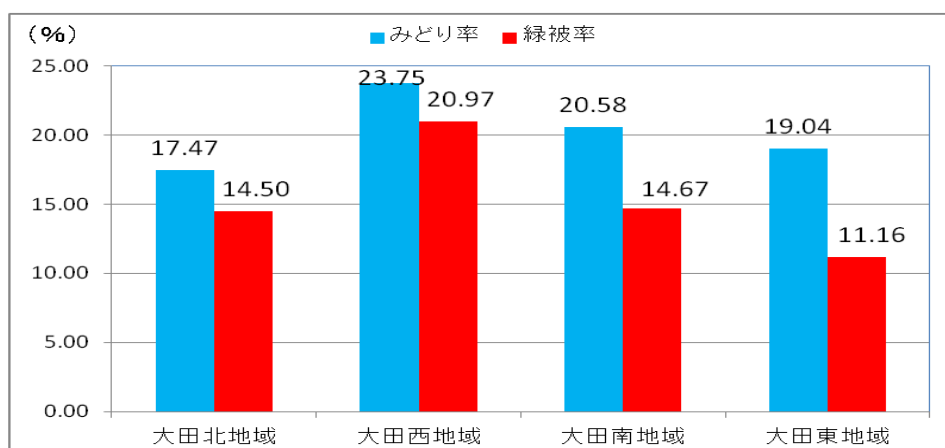


図 3-10 各地域行政センター別 みどり率・緑被率

3.5.2.2 調査結果の検討

夏季の日中、樹林の中では周辺より涼しく感じられる。これは、樹冠部による日射の遮蔽と蒸散の蒸発冷却作用によるものである。大西他[10]は空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した結果、その効果を確認している。

区の緑化において熱環境緩和の該当箇所は 2011 年 4 月 1 日現在 144 箇所（内 10,000 m²以上が 17 箇所）あり、その 17 箇所の中に 100,000 m²以上が 3 か所ある(図 3-3 と図 3-5 を参考にして欲しい)。その他に児童公園が 342 箇所ある。これらの箇所では公園の改善と整備を行いクールスポットの効果を上げる。

また、これまでに大田区が行ってきた既存の緑地の空閑地を含めた緑化の推進による緩和対策は温暖化の緩和と地域住民の生活環境に大いに貢献していると考えられる。

なお、面積が 76,950.94 m²ある公園で、都道（中原街道）に接している洗足池公園については、その気温・湿度の実測を行った¹²[3]。その結果、樹林内と街路における気温の推移で、樹林内と街路での気温差は 0.5 ～ 5℃であった。一方、樹林内と街路における湿度の推移を観察してみると、樹林内と街路での湿度差は 1 ～ 18%となり、クールスポットとなっていることが確認できた。この洗足池公園や立正大学附属中高の屋上緑化の事例からも、他の 10,000 m²以上の公園、10,000 m²以下の公園、児童公園の整備とさらなる緑化の推進が熱環境緩和に不可欠と考えられる。

3.5.3 水空間についての考察

3.5.3.1 調査結果

¹² 測定機器：温湿度、大気圧データロガー（測定高さ地上 1.5m）

大田区においても熱環境に配慮した内川の護岸整備や歴史的水路の六郷用水の再生、洗足池からの洗足流れ、呑川の水辺を取り入れたオープンスペース整備など様々な試みがなされている。とくに水空間は水が蒸発するときの気化熱に伴うクールスポットとしての働きがある。

そこで、各地域行政センター別の現状把握と検討のために図3-11の大田区の河川の位置、図3-12のセンター別公園・公園以外の水面積、図3-13の大田区の河川、図3-14のセンター別呑川の管理区域、図3-15のセンター別呑川の水面積を作成した[9]。

- 内川は、東京の南部、大田区に位置し、延長1.55km、流域面積3.25km²の二級河川である[14]。
- 呑川は世田谷区用賀地先を源として、大田区大森南5丁目地先で東京湾に注ぐ、延長14.4km、流域面積17.54 km²の二級河川(大田区部分は延長9.01km、流域面積6.75km²)である[15]。
- 多摩川は、関東山地南部の山梨県塩山地先の笠取山（標高1,941m）にその源を発し、東京都大田区羽田地先で東京湾に注ぐ、延長138km、流域面積1,240 km²の一級河川である(国土交通省)。
- 海老取川は、多摩川から分派し、海老取運河に接続するまでの、延長1.04kmの一級河川である(東京都)。



図3-11 大田区の河川の位置

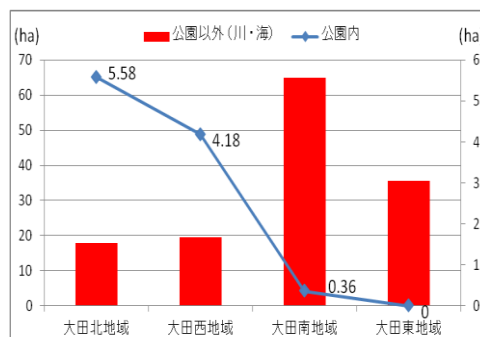


図3-12 地域行政センター別 水面積

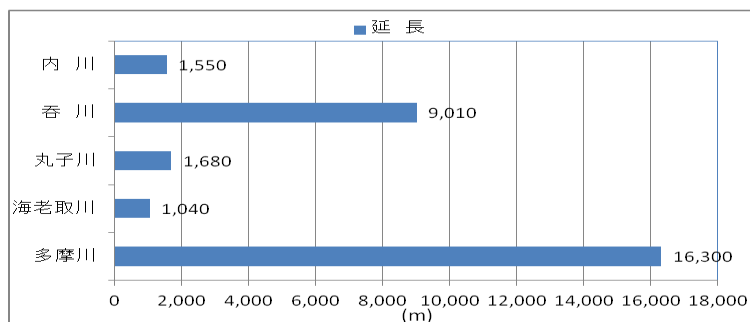


図3-13 大田区の河川

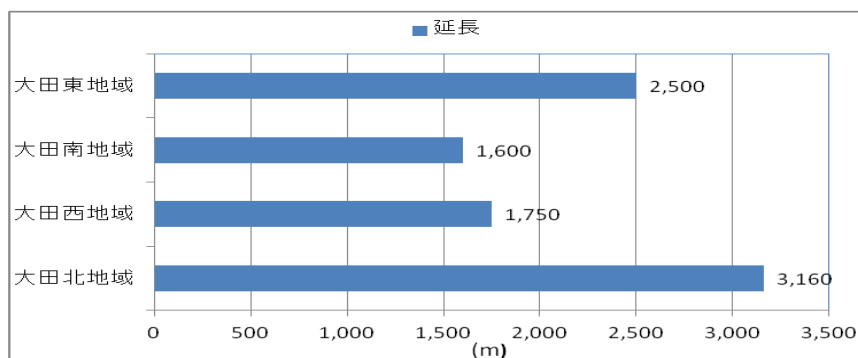


図 3-14 各地域行政センター別 呑川の管理区域

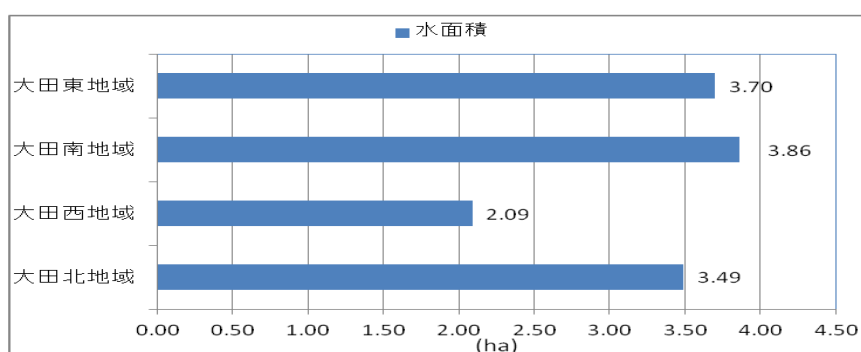


図 3-15 各地域行政センター別 呑川の水面積

3.5.3.2 調査結果の検討

大田区においても平成9年の河川法の改正により、河川環境の整備と保全が河川法の目的に加えられたことで、内川流域連絡会を設置し、熱環境に配慮した内川の護岸整備や呑川の水辺を取り入れたオープンスペース整備など様々な試みがなされている。また、佐々木他[7]の調査をふまえ、水路のせせらぎは都市空間を形成して行く上で視覚同様に重要な要素として捉え、六郷用水の再生、洗足池からの洗足流れ等の水の流れの整備をも推進すべきと考える。

また、図 3-3 の大田北・大田西・大田南・大田東地域行政センター別 4 地域と図 3-5¹³⁾を参考として示す。水空間は、公園内では大田北が最も多く 5.58ha、次いで、大田西の 4.18ha、大田南が 0.36ha の順で、最も少ないのは大田東の 0 ha である。一方、公園以外(川・海)では大田南が最も多く 65.29ha、次いで、大田東の 35.63ha、大田西が 23.66ha の順で、

¹³⁾ 図 3-5 は、大田区の熱環境緩和対策における地域の状況を把握するために、水空間(川・池等)、公園、アンケート調査の被験者の分布状況を示したものである。水空間については、旧六郷用水の再生部分・親水公園の噴水や水辺はプロットされていない。なお、公園については「下丸子二丁目」のように同じ丁目に二つ以上あるので、実際の数との相違がある。同様に、被験者の数も個人情報の問題で丁目までの記入しかできないため数の相違がでている。

最も少ない大田北でも 23.55ha である。

水空間は水が蒸発するときの気化熱に伴うクールスポットとしての働きがある。そこで、これら既存の水空間は、都市空間において重要な要素でもあることから水空間を緩和対策として維持して行かねばならない。

3.6 おわりに

本研究では、熱環境緩和対策において環境変化と地域の状況を把握するために、道路舗装、緑化、水空間について資料の収集と調査を実施することにした。

地域に適合した熱環境緩和対策において、道路舗装による熱環境緩和対策として路面温度の低減効果を有する遮熱性舗装が事情により困難な場合に鑑みて、緑化、水空間、何れかの熱環境緩和対策に置き換えて、より良い環境対策を行う指針としての研究である。

熱環境緩和対策として大田北・大田西・大田南・大田東地域の何れの地域が遮熱性舗装、緑化、水空間による緩和対策に適合しているか確認するためである。

①道路舗装（遮熱性舗装）による熱環境緩和対策については、約 530 万 m²という舗装面積から熱環境緩和対策としては、大田北・大田西・大田南・大田東の 4 地域のいずれにするかに拘らず区内全域とすべきである。しかし、一般の舗装に比べてコスト高の点、交差点での耐久性の点を考慮して施工箇所、地域を選択すべきである。

②緑化による熱環境緩和対策については、区の緑化において熱環境緩和の該当箇所は 2011 年 4 月 1 日現在 144 箇所の公園（内 10,000 m²以上が 17 箇所）が、その 17 箇所の中に 100,000 m²以上が 3 箇所あり、その他に児童公園が 342 箇所ある。公園は大田北 49、大田西 25、大田南 40、大田東 30 箇所、児童公園は大田北 107、大田西 94、大田南 81、大田東 60 箇所である。

なお、図 3-8 の樹林地の少ない大田南と大田東、図 3-9 の屋上緑化の少ない大田東、図 3-10 の緑被率の少ない大田東を考慮して水空間による熱環境緩和対策をすべきである。

③水空間による熱環境緩和対策については、図 3-11 の公園以外の水面積の少ない大田北、大田西と公園内の水面積の少ない大田南、大田東を考慮して緑化と公園内の水面積の増加による熱環境緩和対策をすべきである。

また、規模、形態、地域に適合した環境配慮の都市づくりの基礎資料として、熱環境緩和対策において遮熱性舗装との併用を目指すべきと考える。

参考文献

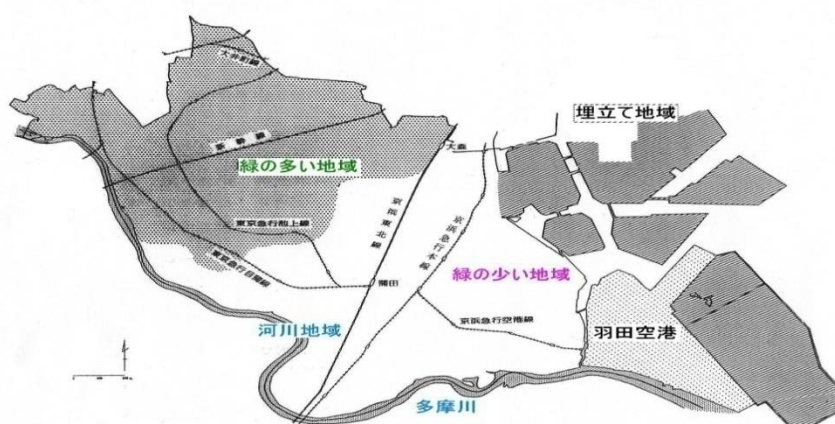
- [1] 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—,” 『日本地域学会 地域学研究』第 42 巻 第 2 号, 2012 年 10 月, pp. 409 - 421.
- [2] 榎本 毅, “環境変化と地域における熱環境緩和に関する研究—大田区の将来の環境に関するアンケート調査を通して—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第 3 号, 2012 年 3 月, pp. 1 - 13.
- [3] 榎本 毅, “大田区における環境変化に関する研究—大田区の環境アンケート調査を通して—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第 5 号, 2014 年 3 月, pp. 1 - 15.
- [4] 大田区 『大田区の数字』1950-2013 年.
- [5] 大田区 大田区まちづくり推進部まちづくり管理課 大田区緑の基礎調査報告書『大田区みどりの実態調査 その 1』2010 年 3 月.
- [6] 大田区大田区地球温暖化対策地域推進計画『計画書』2007 年.
- [7] 大田区 大田区まちづくり推進部まちづくり管理課 地域力を活かしたまちの魅力発掘調査『大田区みどりの実態調査 その 2』2010 年 3 月.
- [8] 大田区 大田区史編纂委員会 『大田の史話』1983 年 11 月.
- [9] 大田区 都市基盤整備部事業概要 2011 年.
- [10] 大西暁生・森杉雅史, “名古屋市中心部における空閑地緑化が都市熱環境緩和効果に与える影響,” 『社会技術研究論文集』Vol. 8, 2011 年 4 月, pp. 149 - 158.
- [11] 加藤浩司・山本美沙・辻原万規彦・岡本孝美, “夏季の風環境に関するアンケート調査 — 密集した漁村集落の生活環境に関する研究その 3 —,” 『日本建築学会九州支部研究報告』第 45 号, 2006 年 3 月, pp. 453 - 456.
- [12] 菅菜々子・加納年勝・仙田 満・矢田 努, “都市における親水空間に関する研究 空間規模とその心理的効果,” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』1997 年 9 月, pp. 55 - 56.
- [13] 佐々木由佳・三浦秀一, “山形市の水路と音環境に関するアンケート調査 山形市の水路が形成するサウンドスケープに関する研究 (その 2),” 『日本建築学会東北支部研発表会』1997 年 6 月, pp. 113 - 116.
- [14] 東京都 東京都建設局 『内川河川整備計画』2006 年 1 月.
- [15] 東京都 東京都総合治水対策協議会 『呑川流域豪雨対策計画』2009 年 11 月.
- [16] 東京都 総務局統計部調整課 『東京都統計年鑑』1950-2007.
- [17] 宮本征一, “樹木の緑という視覚刺激が屋外における温熱感に及ぼす影響,” 2008 年 9 月, pp. 77 - 80.
- [18] 吉田伸治・大岡龍三・持田 灯・富永禎秀・村上周三, “樹木モデルを組み込ん

だ対流・放射・湿気輸送達成解析による樹木の屋外温熱環境緩和効果の検討,”『日本建築学会計画系論文集』第 536 号, 2000 年 10 月, pp. 87 - 94.

第4章 将来の環境に関するアンケート調査

4.1 はじめに

大田区は、東京都のほぼ南東部に位置し、面積は 59.46 km²で、2008 年 1 月 1 日現在、総人口は 685,854 人である。産業別事業数は、第 1 次産業が 9 事業所で 0.03%、第 2 次産業が 8,117 事業所で 25.40%、第 3 次産業が 23,824 事業所で 74.57%である(2006 年 6 月の事業所調査)。また、地理的に区内は、北西部の台地、南東部の低地及び河川地域と埋立地に分かれている。台地部は、武蔵野台地の先端にあたり、比較的小面積だがまとまった樹林地帯が、分散した形で残されている緑の多い地域である。低地部は、ほとんどの地域が人工的環境に置き換えられていて、区内随所にある社寺林等の小規模な緑地が点在する緑の少ない地域となっている。また、東京湾に流入する多摩川の河川敷は、ほとんどが緑地として整備されているが、そのほとんどの地域が運動場等である。そのなかで、河口部の大師橋緑地付近に広がるヨシ原は、数少ない自然景観を残している。図 4-1 より埋立て地域を除いた 3 つの地域(緑の多い地域、緑の少ない地域、河川地域)を、大田区のなかで、人間と自然とのかかわりが深い地域としてまとめることができる。



図

図 4-1 区部の 4 地域

(公害環境部公害対策課、大田区の概況より作成)

4.2 既存研究と本研究の位置づけ

本研究に関連する熱環境緩和対策としての①道路舗装、②緑化、③水空間による既存研究についても、これまでに数多くの研究が行われている。

①道路舗装について、榎本[1]は2009年夏に行った道路舗装（遮熱性舗装）調査で有効性に言及し、関連の研究例を挙げている。本研究に関連の研究例として、加藤他[5]は夏季の風環境に関するアンケート調査の結果を整理して、そのなかで路地空間も住宅も多少の差異はあるものの、ともに風が通り抜けていると感じている人が7割程度いた。また、理由を考察することは今後の課題となるが、常に風通しが良いと感じられているエリアがあることも読み取ったと述べている。

②緑化については、樹木の温熱緩和効果の研究例として、大西他[4]、宮本[8]、吉田他[9]などの研究がある。大西他はIKONOSから抽出した樹木や草地といった植生被覆のデータと名古屋市が整備した土地利用データを利用することによって、季節ごとの地表面温度と空閑地・樹木・草地のそれぞれの関係を明らかにし、さらに、春と夏の昼間を対象に、空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した。この結果、その効果は確保できる空間地の面積次第で変化するが、そのポテンシャルは決して低くないことが示唆されたと確認している。

宮本は夏季から冬季にかけて、樹木の緑の量が異なる4測定点において、景観の評価および温熱環境の測定と温冷感申告を行い、樹木の緑による温熱感の緩和の程度を把握した。その結果、4測定点の景観評価に、樹木の緑という視覚刺激の有無が大きく影響を与えていることを明らかにした。また、樹木の緑という視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和し、温熱的快適感を増す効果があることが示唆されたと考えられると述べている。吉田他では樹木の植栽が常に温熱環境を緩和するとは限らず、植栽による温熱環境緩和効果を利用する場合、樹木の適切な密度と配置を検討する必要があることが確認されている。

③水空間については、水路を含む水辺の研究例として、菅他[6]、佐々木他[7]などの研究がある。菅他は水空間の心理構造を表す4因子軸を抽出し、そのうち水空間の物理量と相関の高い<躍動性>と<豊水性>に着目した結果、水空間の躍動性は $H/D=0.5$ 付近の時、噴水や滝のもつ躍動感が最も感じられる。水空間の豊水性は幅50m・水面積1800㎡付近で、70%の人が「満々とした」印象を持つ、本研究は比較的小規模な心理実験の結果をまとめたものであるが、水辺景観形成のための計画・設計資料作成に有用な知見を得ることができたと述べている。佐々木他は調査により、水路に対する現状の評価は必ずしも高くはないことや、その水路の音に耳を傾けている人は多くないことが明らかになった。しかし、今後より快適性の高い都市空間を形成して行くには重要な要素となると考えられ、その可能性に対する意識として水路の存在を重要視していることもまた確認でき、水路に対する市民の評価構造にとって音環境は重要な要素であることが明らかになったと述べている。

これらを含めた既存研究において複数の地域単位で、アンケート調査結果をもとに複数の熱環境緩和対策は検討されてはいない。本研究では前述の研究例を参考にしうえて、地域行政単位のアンケート調査結果をもとに地域に有効な複数の緩和対策を導き出し、大田区全体の緩和対策を検討する。

本研究の位置づけは、地域における熱環境緩和対策において、菅他[6]が述べているよう

な豊水性を満たす水面積が不可能な場合や吉田他[9]が確認している樹木の適切な密度と配置等が無理な場合に一部を遮熱性舗装に置き換え補完することで、より良い緩和対策を行う。逆に遮熱性舗装の緩和対策の場合においても同様に一部を緑化・水空間に置き換えて補完を行うことである。

4.3 研究目的と方法

現在、ヒートアイランド現象に関する対策が求められている状況において、榎本[1]は、ヒートアイランド現象を熱環境問題の主要要因として捉え、2009年夏に行った気象データ観測・アンケート調査により緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する点では、有効であることに言及しているが、地域特性を大田区全体でどのように評価するかという問題に関しては都市環境と地域性の視点からアプローチする。

そこで、熱環境緩和対策において環境変化の地域の状況を把握するために、4地域行政センター別に大田区の将来像（環境）について、アンケート調査を実施することにした。アンケート調査を通して問題点を含め明らかにすることが本研究の目的である。

研究方法は次の通りとする。はじめに、アンケート調査の分析を行い、大田区の環境変化の実態を明らかにする。次に、環境変化の種々の原因について論じる。この結果から、環境変化の地域差、また、種々の変化が環境変化を進展させているか明らかにし、複数の緩和対策として道路舗装・緑化・水空間を検討する。

4.4 4地域における将来の環境調査と分析

4.4.1 将来の環境調査の概要

本研究で用いたデータは、図4-2の4地域行政センター別に実施したアンケート調査結果による。

アンケート調査票は、2010年8月に4地域行政センター別に70部、計280部を配布し、188票（回収率67.1%）を回収した。アンケート調査票の内容は、A4用紙に、性別・年齢・住所および大田区は将来どのような環境の町になって欲しいか23項目（複数回答可）の記入を依頼した（付録1）。

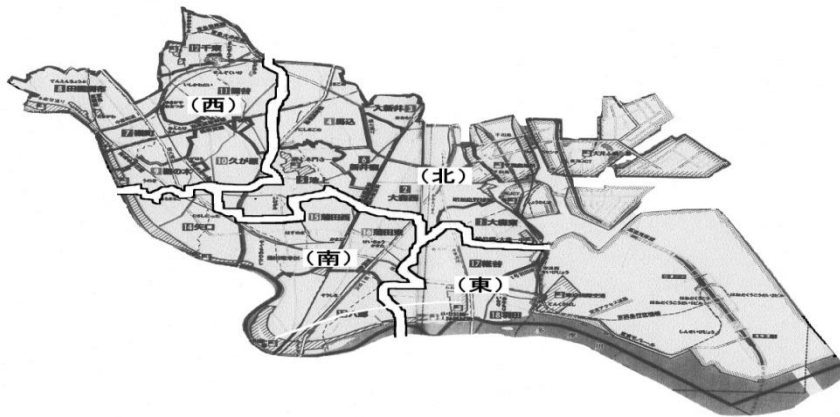


図 4-2 大田北・大田西・大田南・大田東地域行政センター別 4 地域
(大田区地図帳より作成)

4.4.2. 地域行政センター別アンケート調査結果

表 4-1 の地域行政センター別アンケート調査結果から大田北地域において、01・03・09・11・14・18・20・23 の項目の割合が多く、回答者が選択した項目数についても他の地域と比べて多いことから、回答者が現在の環境状況に関心を持っているものと考えられる。

表 4-1 地域行政センター別アンケート調査結果 (選択数の割合)

項目	回答者数	回答者数	回答者数	回答者数	回答者数
	割合 (%)	割合 (%)	割合 (%)	割合 (%)	割合 (%)
	大田北地域	大田西地域	大田南地域	大田東地域	住所記入なし
01. 空気がきれいな環境	95	76	80	73	92
02. 工場が少ない環境	28	13	14	9	23
03. 排気ガスの少ない環境	68	51	46	68	62
04. 畑が多い環境	30	14	18	14	31
05. 池の水がきれいな環境	58	59	36	36	69
06. コンビニが多い環境	20	6	6	14	0
07. アスファルトの道路が多い環境	10	0	4	0	0
08. ホタルがいる環境	43	27	30	36	31
09. 樹木が多い環境	83	73	72	68	69
10. レストランが多い環境	23	8	8	9	15
11. ゴミが少ない環境	65	60	58	64	69
12. 商業施設(商店等)が多い環境	38	25	24	27	23
13. 公園が多くある環境	55	48	44	36	38
14. 地震など災害の被害が少ない環境	63	44	54	64	46
15. 日当たりが良い環境	50	52	36	68	54
16. 水辺が多い環境	38	19	26	23	38
17. 工場が多い環境	5	0	10	5	0
18. 川の水がきれいな環境	85	65	68	68	92
19. アスファルトの道路が少ない環境	25	11	8	9	23
20. 花が多い環境	63	57	48	45	62
21. 歴史が残っている環境	55	43	34	36	38
22. 鳥が多い環境	45	19	22	23	31
23. 景色が良い環境	60	41	50	50	54

4.4.3 地域行政センター別におけるデータ分析と住民の受容性

4 地域の住民の調査結果を見ると、将来に望む環境がある一方、現実にはそれとは異なる環境の中で生活している状況がある。このように異なった環境においても生活しているのは、本質的には、環境に対する意識や生活状況に原因があるものと考えられる。そのため、地域住民にとっての受容性とはなにかを念頭に置きながら、熱環境緩和に取り組む必要がある。

地域別主成分分析と因子分析によって、地域行政センター別アンケート 23 変数から共通因子を抽出する。得られた共通因子は将来の状況を示す情報であり、これらが住民にとって受容性のある熱環境緩和における課題となるか否かを考察する。

4.4.3.1 地域別主成分分析

表 4-2 は、一変量と二変量解析の結果である。相関行列をみることで主成分分析することに意味のあるデータかどうかを吟味できる。主成分は、主成分負荷量が大きい変数の特徴が反映された値であり、主成分負荷量から主成分の特徴を解釈できる。主成分 1 は、主成分負荷量がすべて正であることから、将来のきれいな環境を総合的に示す指標と考えられる。一方、主成分 2 は、低い負荷量であるが大田東のみマイナスであるのは、工場が多く集まっている環境のためと考えられる。

表 4-2 基本統計量・相関行列・主成分負荷量 n = 23

	合計	平均	標準偏差	
大田北地域	1105	48.043	23.815	
大田西地域	811	35.261	24.121	
大田南地域	796	34.609	22.340	
大田東地域	845	36.739	24.428	
	大田北地域	大田西地域	大田南地域	大田東地域
大田北地域	1.000	0.958	0.967	0.918
大田西地域	0.958	1.000	0.944	0.918
大田南地域	0.967	0.944	1.000	0.926
大田東地域	0.918	0.918	0.926	1.000
変数	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
大田北地域	0.9841	0.1132	-0.0419	0.1305
大田西地域	0.9779	0.0881	0.1831	-0.0490
大田南地域	0.9822	0.0641	-0.1474	-0.0973
大田東地域	0.9626	-0.2706	0.0072	0.0156

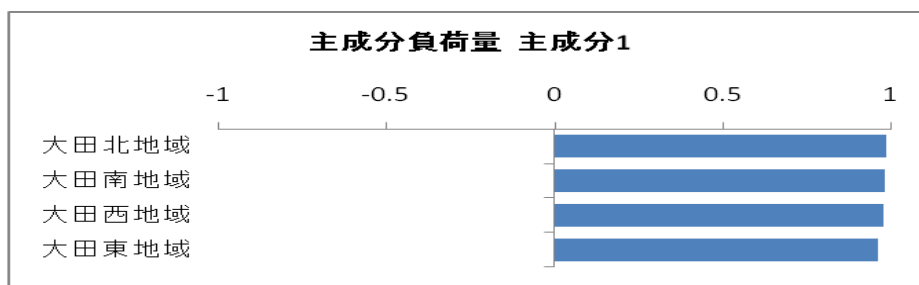


図 4-3 主成分負荷量グラフ

4.4.3.2 因子分析

表 4-3 の固有値表からバリマックス回転後の各固有値は 0.9490～1.9799 までになり、固有値 1 以上の因子が 5 個である。しかし、図 4-4 のグラフと固有値から取り上げるのは第 3 因子までとした。

表 4-3 固有値表

因子	初期解			抽出後			回転後		
	固有値	寄与率	累積寄与率	固有値	寄与率	累積寄与率	固有値	寄与率	累積寄与率
1	5.5380	24.08%	24.08%	4.9769	21.64%	21.64%	1.9799	8.61%	8.61%
2	2.1011	9.14%	33.21%	1.6657	7.24%	28.88%	1.9564	8.51%	17.11%
3	1.4223	6.18%	39.40%	0.8863	3.85%	32.73%	1.7615	7.66%	24.77%
4	1.3092	5.69%	45.09%	0.7783	3.38%	36.12%	1.2086	5.25%	30.03%
5	1.1941	5.19%	50.28%	0.6357	2.76%	38.88%	1.2054	5.24%	35.27%
6	1.0836	4.71%	54.99%	0.5434	2.36%	41.24%	0.9517	4.14%	39.41%
7	1.0076	4.38%	59.37%	0.5262	2.29%	43.53%	0.9490	4.13%	43.53%
8	0.9015	3.92%	63.29%						
9	0.8555	3.72%	67.01%						
10	0.7929	3.45%	70.46%						
11	0.7412	3.22%	73.68%						
12	0.7102	3.09%	76.77%						
13	0.6977	3.03%	79.80%						
14	0.6384	2.78%	82.58%						
15	0.5897	2.56%	85.14%						
16	0.5568	2.42%	87.56%						
17	0.5204	2.26%	89.83%						
18	0.4984	2.17%	91.99%						
19	0.4429	1.93%	93.92%						
20	0.4251	1.85%	95.77%						
21	0.3839	1.67%	97.44%						
22	0.3282	1.43%	98.86%						
23	0.2612	1.14%	100.00%						

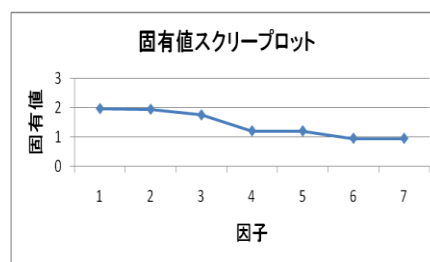


図 4-4 回転後固有値グラフ

表 4-4 の回転後の因子負荷量の絶対値をみると、第 1 因子は 5 番, 11 番, 18 番, 第 2 因子は 4 番, 8 番, 16 番, 22 番, 第 3 因子は 6 番, 7 番, 10 番の変数で大きくなっている。特に、6 番の変数は第 3 因子で大きくなっているため、その因子との結びつきが強く、生活の便利さを求める人ほど第 3 因子の傾向が表れるものと考えられる。

表 4-4 回転後の因子負荷量

	因子1	因子2	因子3
01 空気がきれいな環境	0.3886	0.0984	0.0466
02 工場が少ない環境	0.1253	0.1062	0.1321
03 排気ガスの少ない環境	0.3628	0.1249	-0.0535
04 畑が多い環境	-0.1651	0.4424	0.1111
05 池の水がきれいな環境	0.6048	0.3321	0.0656
06 コンビニが多い環境	-0.0363	0.0551	0.9118
07 アスファルトの道路が多い環境	0.1013	0.1029	0.5387
08 ホテルがある環境	0.2982	0.5537	0.0318
09 樹木が多い環境	0.1433	0.1555	-0.0194
10 レストランが多い環境	0.0863	0.1095	0.6038
11 ゴミが少ない環境	0.4687	-0.0317	0.1369
12 商業施設(商店等)が多い環境	0.1654	0.0472	0.3030
13 公園が多くある環境	0.1803	0.2273	0.0626
14 地震など災害の被害が少ない環境	0.2001	0.0306	0.1057
15 日当たりが良い環境	0.3336	0.1392	0.0843
16 水辺が多い環境	0.2671	0.5927	0.1420
17 工場が多い環境	-0.0139	0.0925	0.1460
18 川の水がきれいな環境	0.5486	0.2402	0.0323
19 アスファルトの道路が少ない環境	0.1596	0.2620	-0.0777
20 花が多い環境	0.3712	0.2916	-0.0325
21 歴史が残っている環境	0.3063	0.1517	0.1170
22 鳥が多い環境	0.1722	0.6769	0.0536
23 景色が良い環境	0.2590	0.3598	0.1875

図 4-5 の回転後の因子負荷量グラフから、因子と結びつきの強い変数がよくわかる。因子負荷量の大きい変数から第 1 因子のイメージとして「きれいな環境」が挙げられる。第 2 因子のイメージとして「自然環境」が挙げられる。また、第 3 因子のイメージとして「快適環境」が挙げられる。

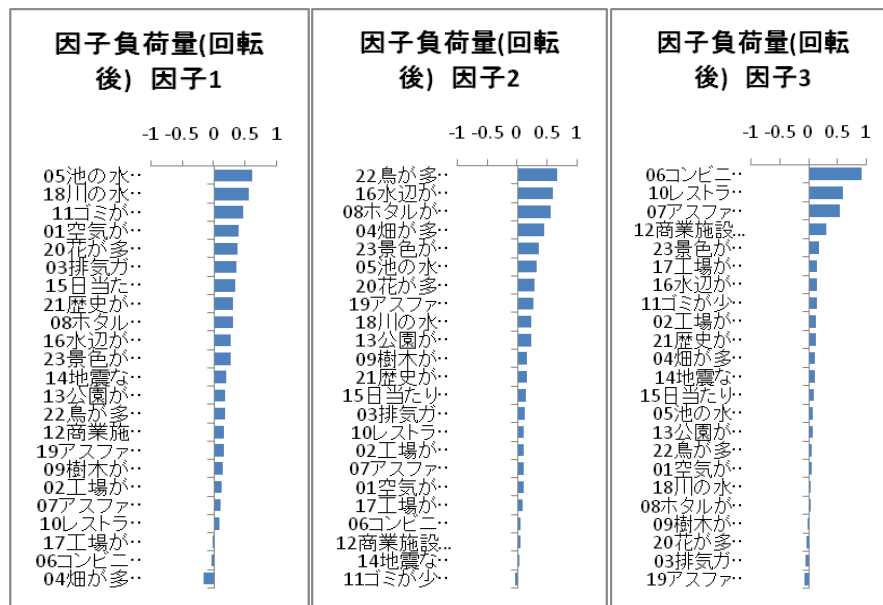


図 4-5 回転後因子負荷量グラフ

4.4.3.3 住民の受容性

4 地域の住民は、きれいな（空気、水、ゴミの少ない）環境を求めている。その中で、大田北では、住民は他の地域よりも樹木が多いきれいな環境と快適な環境をより強く求める傾向がある。大田西では、住民は緑の多い地域に関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向がある。大田南では、商業施設の中心地域が含まれており、樹木の多い自然環境が求められている。大田東は、工場が多い地域であり、住民は樹木が多い住環境と快適環境を求める傾向がある。

これらの望む環境に沿って道路舗装・緑化・水空間の住環境整備を行えば、住民にとって受容性のある熱環境緩和対策になるものと考えられる。

4.5 地域に適合した熱環境緩和対策

熱環境緩和対策は、「区民がやすらいで暮らせる環境と環境に関心を持つこと」を目的とし、緩和対策における道路舗装においては、車より放出される熱の「路面吸収削減」、夜間の気温上昇を抑えるための「地表面の改善」、計画道路の拡幅で「高温の大気を分断する空間の確保」といった方法を用いる。緑化において該当箇所は 2006 年 4 月 1 日現在 142 か所（内 10,000 m²以上が 9 か所）あり、その他に 10,000 m²以上が 3 か所ある。これらの箇所では公園の改善と整備を行いクールスポットの効果を上げる。水空間については、洗足池、上池台小池、山王弁天池、本門寺弁財天池と丸子川、内川、新呑川および旧六郷用水等の親水空間の整備と旧六郷用水の新設を行い、クールスポットを創出する。

なお、面積が 10,000 m²以上ある公園の 1 つで、都道（中原街道）に接している洗足池公園については、その気温・湿度の実測を行った¹⁴。図 4-6 は、樹林内と街路における気温の推移で、樹林内と街路での気温差は 0.5 ～ 5℃であった。一方、図 4-7 の樹林内と街路における湿度の推移を観察してみると、樹林内と街路での湿度差は 1 ～ 18% となり、クールスポットとなっていることが確認できた。さらに、他の 10,000 m²以上の公園と 10,000 m²以下の公園の樹林内とその周辺街路の比較が必要である。

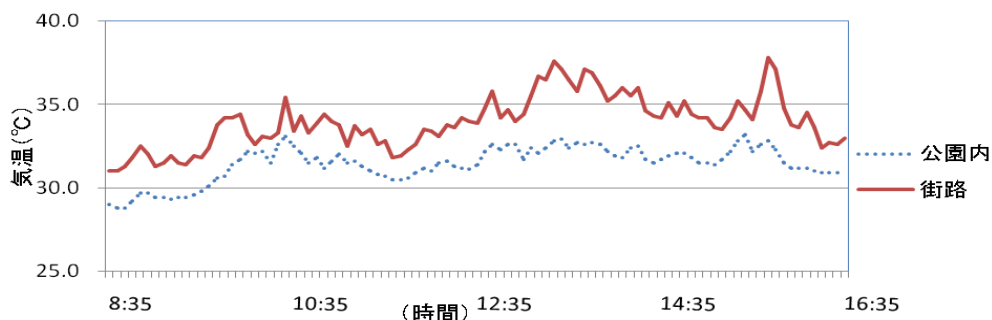


図 4-6 樹林内と街路における気温の推移（2011 年 8 月 6 日 日中晴れのち時々曇り）

¹⁴ 測定機器：温湿度、大気圧データロガー（測定高さ地上 1.5m）。

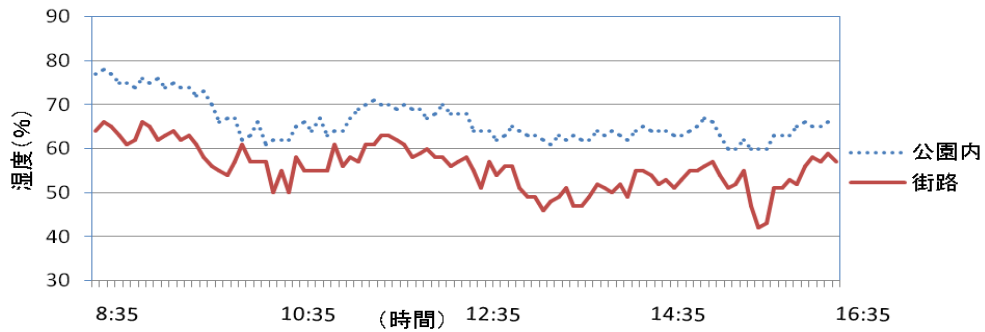


図 4-7 樹林内と街路における湿度の推移 (2011 年 8 月 6 日 日中晴れのち時々曇り)

図 4-8 は、大田区の熱環境緩和対策における地域の状況を把握するために、水空間 (川・池等)、公園、アンケート調査の被験者の分布状況を示したものである。水空間については、旧六郷用水の再生部分・親水公園の噴水や水辺はプロットされていない。なお、公園については「下丸子二丁目」のように同じ丁目に二つ以上あるので、実際の数との相違がある。同様に、被験者の数も個人情報の問題で丁目までの記入しかできないため分布状況に数の相違がでている。

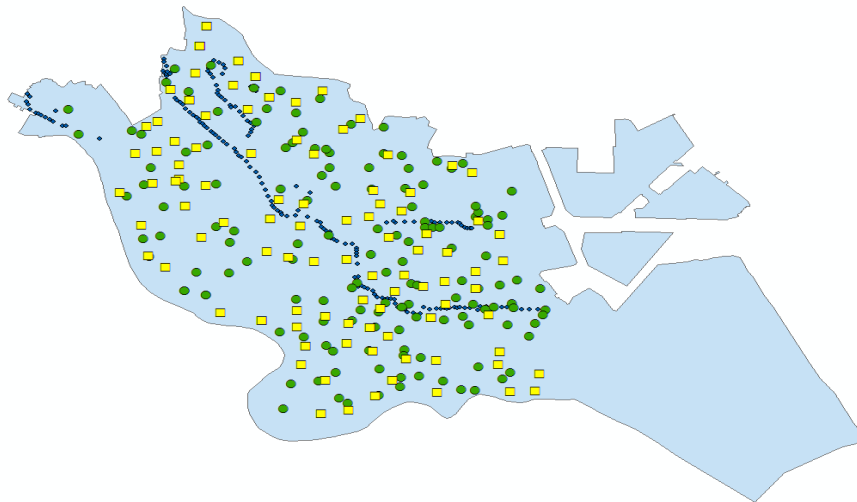


図 4-8 ●水空間・●公園・□アンケート被験者の分布

そこで、アンケート調査・多変量解析結果をもとに道路舗装・緑化・水辺対策を複合的に行えば、有効な熱環境緩和対策が可能であると考えられる。

4.5.1 道路および遮熱性舗装による熱環境緩和対策

道路舗装による熱環境緩和対策としては、水を浸透させる排水性(透水性)、保水性をもつ舗装に変える方法と遮熱性舗装がある。遮熱性舗装は、都市地表面の高温化の進行を抑える道路舗装の技術改良によって生み出されたもので、遮熱コート材を舗装表面に塗布することによって路面温度の低減をはかることを目指す舗装である。榎本[1]では、熱環境の現状と変化の把握・その他の影響分析・気象データ観測・アンケート調査で(表 7-2・3)、緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する(表 7-4・5)点では、有効であることを確認することができた。そこで、遮熱性舗装を緩和対策の1つとする。

なお、本研究に関連する研究例として、加藤他[5]は夏季の風環境に関するアンケート調査の結果を整理して、その中で路地空間も住宅も、多少の差異はあるものの、ともに風が通り抜けていると感じている人が7割程度いたと述べている。このことから、「風の通り道をつくる」という視点から道路の新設・拡幅および「高温の大気を分断する空間の確保」をもう1つの緩和対策とすることができる。

4.5.2 緑化による熱環境緩和対策

夏季の日中、樹林の中では周辺より涼しく感じられる。これは、樹冠部による日射の遮蔽と蒸散の蒸発冷却作用によるものである。樹木の温熱緩和効果を、大西他[4]は地表面温度と空閑地・樹木・草地のそれぞれの関係を明らかにし、空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した結果、効果は確保できる空閑地の面積次第で変化するが、そのポテンシャルは決して低くないことを確認している。また、宮本[8]は樹木の緑による温熱感の緩和の程度を把握した結果、樹木の緑という視覚刺激の有無が大きく影響を与えていることを明らかにし、視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和し、温熱的快適感を増す効果があることが示唆されたと考えられると述べている。一方、吉田他[9]は樹木の植栽による温熱環境緩和効果を利用する場合、樹木の適切な密度と配置を検討する必要があることを確認している。

これらの研究から、温熱緩和効果は面積次第で変化するが、ポテンシャルは決して低くなく、視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和する効果があると示唆している。このことより、既存の緑地の空閑地を含めた緑化を緩和対策とすることができる。

4.5.3 水空間による熱環境緩和対策

大田区においても熱環境に配慮した内川の護岸整備や歴史的水路の六郷用水の再生、洗足池からの洗足流れ、呑川の水辺を取り入れたオープンスペース整備など様々な試みがなされている。

水空間の研究で、菅他[6]は水空間の躍動性はH(高さ)/D(幅)=0.5 付近の時、噴水や滝のもつ躍動感が最も感じられ、水空間の豊水性は幅 50m・水面積 1800 m²付近で、70%の人が「満々とした」印象を持つ、と述べている。佐々木他[7]は調査により、水路に対する評価は必ずしも高くなく、水路の音に耳を傾けている人も多くない。しかし、今後より快適性の高い都市空間を形成して行くには重要な要素で、水路の存在を重要視し、水路の評価構造にとって音環境は重要な要素と述べている。

水空間は水が蒸発するときの気化熱に伴うクールスポットとしての働きがある。そこで、これらの研究結果から既存の水空間は、都市空間において重要な要素でもあることから水空間を緩和対策とすることができる。

4.6 おわりに

本研究では、熱環境緩和対策において環境変化の地域の状況を把握するために、4 地域行政センター別に大田区の将来像（環境）について、アンケート調査を実施することにした。表 4-1 のアンケート調査結果から大田北地域において、01・03・09・11・14・18・20・23 の項目の割合が多く、回答者の各項目における選択数においても他の地域と比べて多いのは、大田北地域においてこれらの項目について環境変化が生じていることから、回答者が現在の環境状況に関心を持つようになったためであると考えられる。他の地域でも割合が多い項目は同様に環境変化が起きていると考えられる。

なお、本研究は、地域行政センター別に実施したアンケート調査結果をもとに、緑化と水空間の規模、形態、地域に適合した環境配慮の都市づくりの基礎資料として、熱環境緩和対策において遮熱性舗装との活用を目指したものであり、図 4-8 の分布を考慮してアンケート調査結果をもとに、種々のデータ分析により大田区全体の熱環境緩和対策を検討すべきと考える。

さらには、種々の関連データにより経済活動との関連を分析することで、道路・緑化・水空間環境にも配慮した大田区の都市づくりや生活改善面に導入する指標として提示する必要も考えられる。

参考文献

- [1] 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—『立正大学大学院年報 経済と環境』第 2 号, 2012 年 3 月.
- [2] 大田区 『大田区史』1951 年.
- [3] 大田区 大田区史編纂委員会 『大田の史話』1983 年 11 月.
- [4] 大西暁生・森杉雅史, “名古屋市中心部における空閑地緑化が都市熱環境緩和効果に与える影響,” 『社会技術研究論文集』Vol.8, 2011 年 4 月, pp.149 - 158.
- [5] 加藤浩司・山本美沙・辻原万規彦・岡本孝美, “夏季の風環境に関するアンケート調査—密集した漁村集落の生活環境に関する研究その 3—,” 『日本建築学会九州支部研究報告』第 45 号, 2006 年 3 月, pp.453 - 456.
- [6] 菅菜々子・加納年勝・仙田 満・矢田 努, “都市における親水空間に関する研究 空間規模とその心理的効果,” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』1997 年 9 月, pp.55 - 56.
- [7] 佐々木由佳・三浦秀一, “山形市の水路と音環境に関するアンケート調査 山形市の水路が形成するサウンドスケープに関する研究 (その 2),” 『日本建築学会東北支部研発表会』1997 年 6 月, pp.113 - 116.
- [8] 宮本征一, “樹木の緑という視覚刺激が屋外における温熱感に及ぼす影響,” 2008 年 9 月, pp.77 - 80.
- [9] 吉田伸治・大岡龍三・持田 灯・富永禎秀・村上周三, “樹木モデルを組み込んだ対流・放射・湿気輸送達成解析による樹木の屋外温熱環境緩和効果の検討,” 『日本建築学会計画系論文集』第 536 号, 2000 年 10 月, pp.87 - 94.

第5章 環境緩和対策としての環境税

5.1 環境税とは

環境省において地球温暖化対策のための税の導入は、低炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギーの導入や省エネ対策をはじめとする地球温暖化対策（エネルギー起源CO₂排出抑制対策）を強化するため、平成24年10月1日から「地球温暖化対策のための税」が段階的に施行されており、平成26年4月1日からは2段階目の税率が適用される。具体的には、石油・天然ガス・石炭といったすべての化石燃料の利用に対し、環境負荷（CO₂排出量）に応じて広く公平に負担を求めるものである[7]。

5.1.1 地球温暖化対策税の仕組み

5.1.1.1 概要

地球温暖化対策のための税（以下「地球温暖化対策税」と言います。）は、石油・天然ガス・石炭といったすべての化石燃料の利用に対し、環境負荷に応じて広く薄く公平に負担を求めるものである[7]。

・ 地球温暖化対策のための税について

- 全化石燃料に対してCO₂排出量に応じた税率（289円/CO₂トン）を上乗せ
- 平成24年10月から施行し、3年半かけて税率を段階的に引上げ
- 税収は、我が国の温室効果ガスの9割を占めるエネルギー起源CO₂排出抑制施策に充当

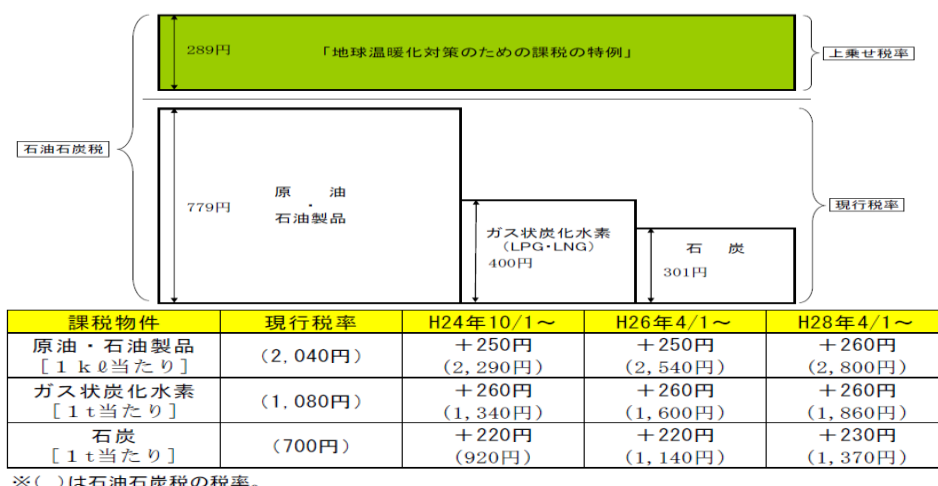


図5-1 CO₂排出量1トン当たりの税率

税収 初年度：391億円 / 平年度：2,623億円

⇒ 再生可能エネルギー大幅導入，省エネ対策の抜本強化等に活用

5.1.1.2 具体的な仕組み

具体的には、化石燃料ごとのCO₂排出原単位を用いて、それぞれの税負担がCO₂排出量1トン当たり289円に等しくなるよう、単体量（キロリットル又はトン）当たりの税率を設定している。また、急激な負担増を避けるため、税率は3年半かけて3段階に分けて引き上げられる[7]。

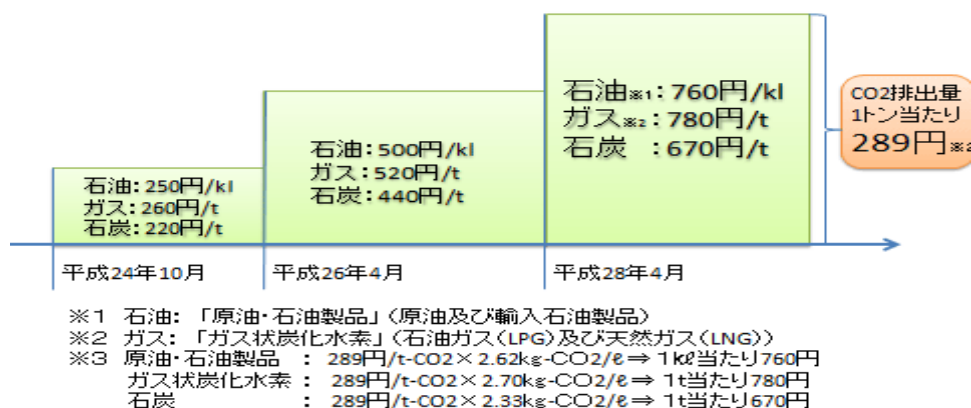


図 5-2 段階的施行のイメージ

また、地球温暖化対策税は、全化石燃料を課税ベースとする現行の石油石炭税の徴税スキームを活用し、石油石炭税に上記の税率を上乗せする形で課税されます[7]。

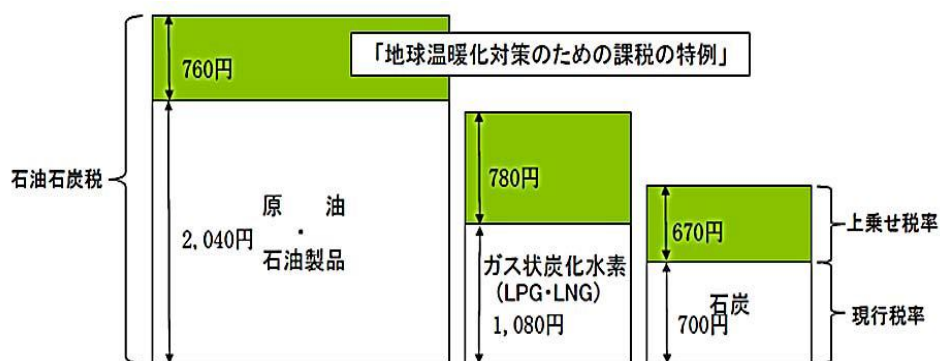


図 5-3 地球温暖化対策税

5.1.2 外部不経済

市場を通じない取引のことで、価格がつかない。そのため、量の調整が価格によって行われない。市場を通じない取引によってプラスの効果が生じる場合は外部経済であり、マ

イナスの効果を生じる場合は外部不経済である。外部経済と不経済が存在する場合、市場を通じない取引が行われるため効率的な資源配分は達成できない。

市場を経由しない取引である外部経済・不経済が存在する場合、それは市場の効率性を損なう。外部不経済の代表的な例は、公害問題である。たとえば、公害は直接企業の工場から排出された有害物質や汚染物質は、工場から直接住民に与えられている。そのため市場を通じない、あるいは市場の外での取引ということで、外部不経済という用語が使われている。

外部不経済が生じた場合は、私的限界費用に外部費用¹⁵を加えたものが社会的限界費用となる。外部不経済が発生すると最適生産量は市場均衡の生産量より減少し、最適価格は均衡価格より高くなる。そこで社会的限界費用と私的限界費用との差を埋めるための公的手段が必要になる[15]。

5.1.3 内部化

企業が外部不経済効果によって生じさせた費用を外部費用という。公害が発生した場合、それに伴う費用は外部費用になる。

外部費用の内部化とは、外部費用を企業に負担させる方法のこと、具体的には①規制、②税金、③課徴金、④負担金等である[15]。

一方、藤岡[16]は、外部不経済効果を内部化するための手法として、課税方式（あるいは課徴金方式）と当事者間交渉方式の2つがある場合、企業は第2段階として新しい技術の導入を行うのかどうか、あるいは新しい技術の導入を行うための条件とは何かについて検討し、外部不経済効果の内部化について見解を述べている。

なお、環境税は欧州諸国では既に導入が進んでいる。税収の地球温暖化対策への還流により、低コストによる温室効果ガス削減効果が可能であるとの試算もある。一方で、日本では既に省エネルギーや温室効果ガス削減おこなうことにより取り組みを行っている産業界の反対も根強い。また、欧州諸国における現行の環境税政策の評価分析等から、既存のエネルギー関連税制による価格弾性力の低下や、実施段階における特定業種の優遇により、削減効果が低下する場合があることも指摘されている[14]。

¹⁵ 例えば、企業の生産過程で化石燃料を使用すると二酸化炭素が発生し、それが地球の温暖化をもたらす。そこで、二酸化炭素の発生量を測定し、その量を金銭で評価したものが外部費用となる。

5.2 大田区における環境変化

5.2.1 気温の現状

大田区の気象データ(1975～2002年)から、図5-4、5-5に現われているように大田区においても真夏日・熱帯夜日数は、増加傾向が見られる。このことは大田区においてもヒートアイランド現象が進展していることを示すものと思われる。

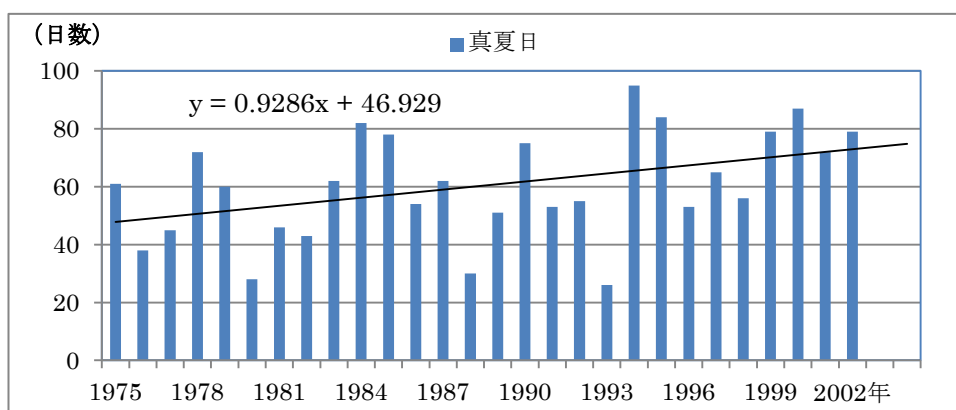


図5-4 大田区の真夏日(日最高気温が30℃以上の日)日数(7～9月)の経年変化 大田区中央八丁目観測

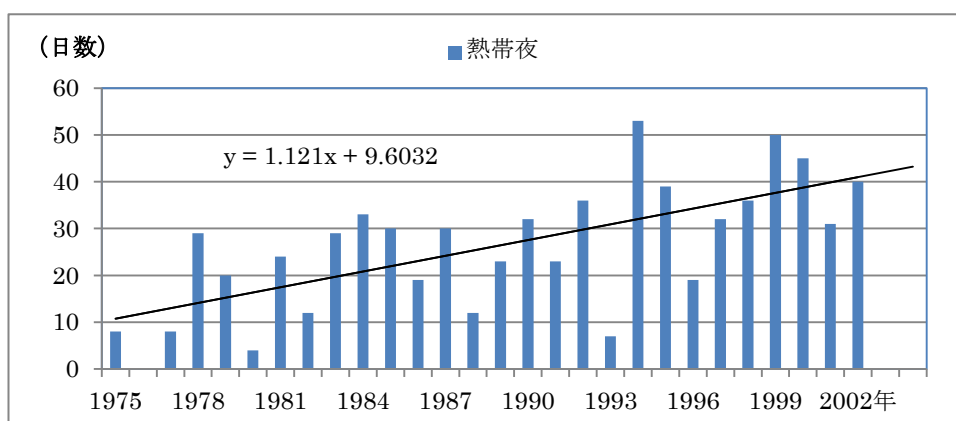


図5-5 大田区の熱帯夜(日最低気温が25℃以上の日)日数(7～9月)の経年変化 大田区中央八丁目観測

5.2.2 環境変化

5.2.2.1 土地利用の変化

図5-6から明らかなように大田区においては、1950年の商業地(80.1)、工業地(793.2)、住宅地(1535.0)が、2002年の商業地(49.49)、工業地(253.75)、住宅地(2,204.28)となってい

る(単位 km^2)。住宅地の増加は、大型小売店舗による中小店舗の減少と工場の区外移転による住宅地への転換，という土地利用変化に数値的に一致[2]する。

しかも、自然被覆の減少が大田区においては、1950年の田(58.6)、畑(194.0)、山林(25.9)、原野(79.6)の面積が、1963年には、田(0)、2002年には畑(6.15)・山林(2.69)と減少している(単位 km^2)¹⁶。[12]これは、地表面の構成の変化を示している。

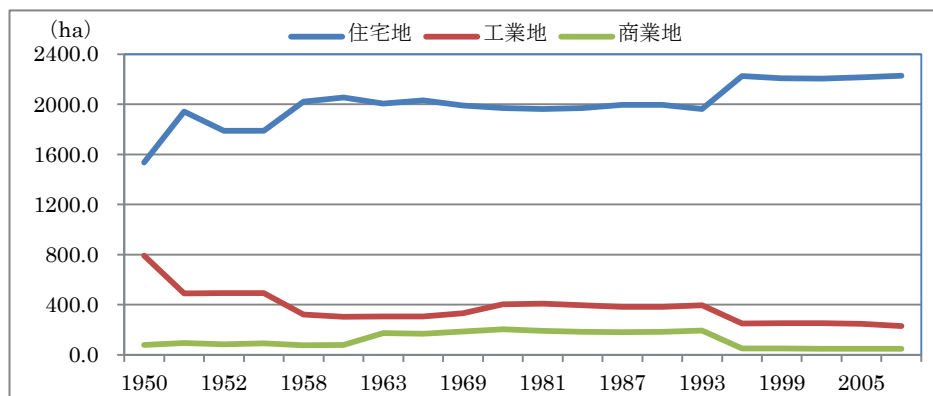


図5-6 商業地・工業地・住宅地の土地面積推移 (出典：東京都統計年鑑(1950～2007年)・筆者作成)

5.2.2.2 工場数の推移

図5-7は、埋立地を除いた従業者4人以下も含む全数調査年の工場数で、工場の区外移転等により1985年以降減少傾向を示している。これは、大型小売店舗による中小店舗の減少と同様に住宅地への転換，という土地利用変化を生じている。

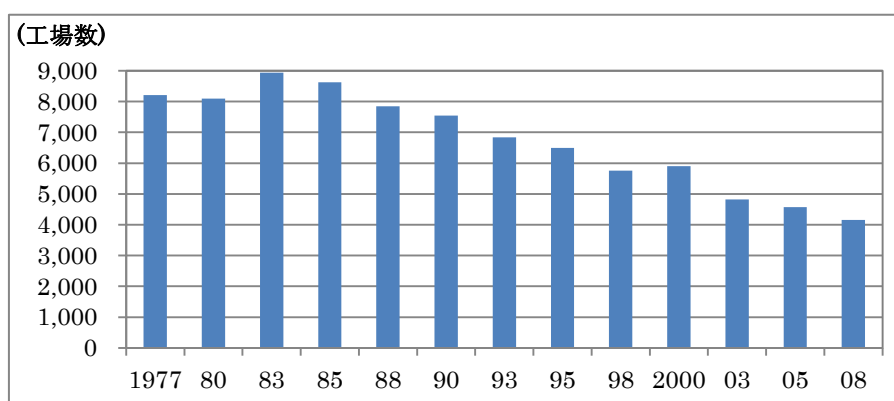


図5-7 大田区の工場数の推移 (従業者規模に関係ない全数調査年)

(出典：大田区データ(1977～2008年)・筆者作成)

¹⁶ 東京都統計年鑑の1950年(坪・反)・51年(坪)・52年(町)・55年(坪)・58年(m^2)・60年(m^2)・63年(アール)の単位を66年以降のヘクタールに換算。

また、図 5-8 は、4 地域行政センター別工場数の推移を示したものである。埋立地を除く 4 地域の面積 39.10 km²に占める割合は、大田北 30.64%、大田西 29.23%、大田東 11.38%、大田南 28.75%である。一方、工場数(2008 年)4,154 に占める割合は、大田北 30.79%、大田西 9.56%、大田東 23.81%、大田南 35.84%であり、密度からしても地域の環境特性が分かる。

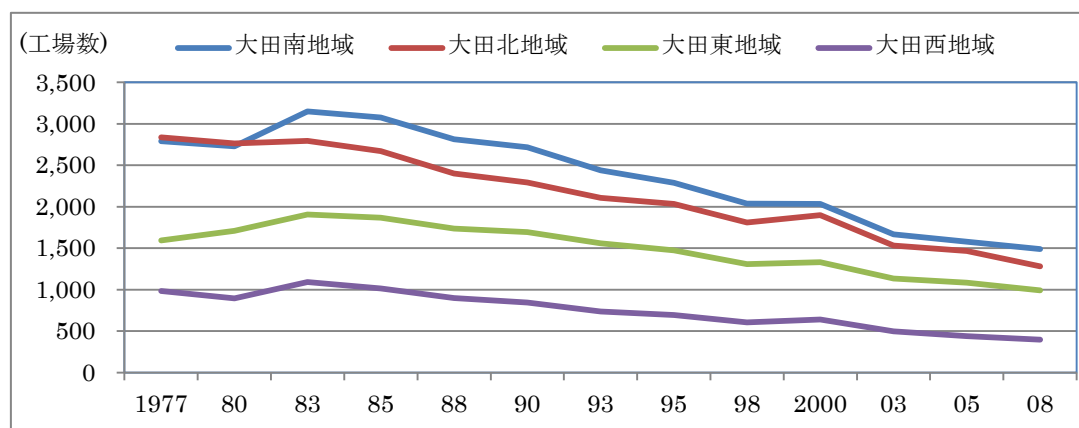


図 5-8 大田区の地域別工場数の推移 (従業員規模に関係ない全数調査年)

(出典：大田区データ(1977~2008 年)・筆者作成)

5.2.2.3 世帯数の増加

「大田区の数字」[2]によると、区全体では、1966 年の人口 733,842 人が最も多く、1975 年は 271,156 世帯・690,770 人、2002 年は 309,696 世帯・644,251 人、2007 年は 336,897 世帯・668,423 人と、人口は減少しているが世帯数が増加していることがわかる。世帯数の増加は空調機器の設置に繋がり、ヒートアイランド現象による電力需要の増加に影響があるものと思われる。

5.2.2.4 エネルギー利用の増加

大田区[4]では、家庭部門で殆ど LP ガスが使用されていないので電気、都市ガス、灯油について算定した。2012 (平成 24) 年度の CO₂ 排出量は、1990 (平成 2) 年度に比べて電気が 18%増、都市ガスが 20%増、灯油が 39%減で、トータルで 14%増と予測している (図 5-9)。運輸部門では自動車燃料であるガソリン、軽油、LP ガスについて算定し、トータルで 16%増になると予測している。

以上から熱環境の変化による夏季の冷房負荷の増大によって、電力、ガスの需要増加、自動車燃料の増加等のエネルギー消費の増大という影響を受けているものと思われる。

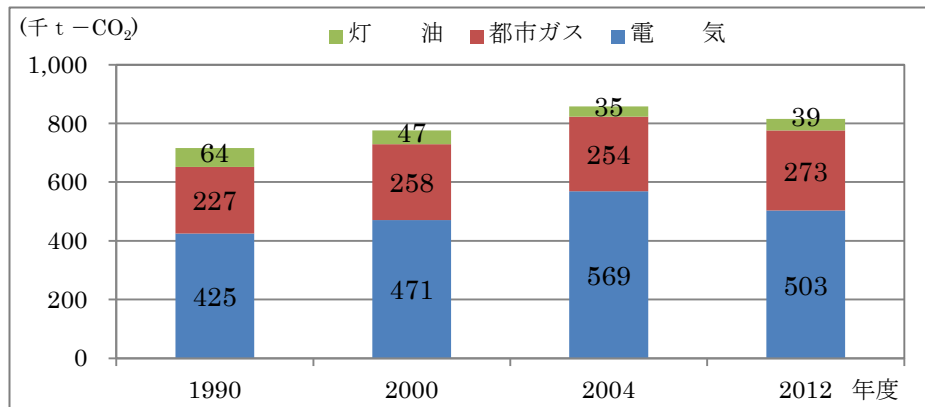


図 5-9 家庭部門の二酸化炭素排出量 (出典：大田区地球温暖化対策地域推進計画(2007)・筆者作成)

5.3 熱環境緩和対策に関する先行研究

5.3.1 研究対象地域

本研究の対象地域における自然環境の概要は次の通りである。

4 地域 (図 5-10) の自然環境において、大田北は、台地部と低地部の混在地域で台地部は比較的緑が多い。大田西の台地部は、比較的小面積の樹林地が、分散した形で残されている緑の多い地域である。低地部の大田南・東は殆どが人工的環境の地域で、緑の少ない地域となっている。大田南・東が接する多摩川に広がるヨシ原は、数少ない自然景観を残している。また、大田東地域は面積比率から他地域に比べ工場が最も多い地域である。

5.3.2 研究方法

本研究は、地域における熱環境緩和対策において、路面温度の低減効果を有する遮熱性舗装が事情により困難な場合に鑑みて、各種データ分析から地域に適合したより良い環境対策を行うための研究である。

現在、ヒートアイランド現象に関する個別の対策が求められている状況において、大田区全体における地域特性をどのように評価するかという問題に関して都市環境と地域性の視点から検討してみる。

そこで、熱環境緩和対策において環境変化の地域の状況を把握するために、4 地域行政センター別に行った大田区は将来どのような環境の町になって欲しいかについてのアンケート調査及び CO₂削減のために環境税が導入された場合のアンケート調査をおこなった。これらを通して問題点を含め、地域の状況を明らかにし、地域に適合した環境緩和対策を検討するのが本研究の目的である。

研究方法は次の通りである。はじめに、熱環境緩和対策を示す研究例及び関連研究を示す。次に、環境変化の種々の原因について論じる。また、アンケート調査の分析を行い、大田区の環境変化の実態を明らかにする。この結果から、環境変化の地域差、また、種々の変化が環境変化を進展させているかなどを明らかにし、緩和対策として4地域に適合した道路舗装・緑化・水空間の何れかあるいはそれらの組み合わせを選択する。

5.3.3 既存研究

本研究に関連する熱環境緩和対策としての①道路舗装、②緑化、③水空間による既存研究についても、これまでに数多くの研究が行われている。

①道路舗装について、榎本[1]は、2009年夏に行った道路舗装（遮熱性舗装）調査で有効性に言及し、関連の研究例を挙げている。

榎本[1]は、熱環境の現状と変化を把握し、それらに基づく影響分析・気象データ観測・アンケート調査で、緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する点では、有効であることを確認することができた。

道路舗装（遮熱性舗装）に関連の研究例としては、木内他[9]が挙げられる。彼らは反射日射により大気が加熱されるという指摘から、遮熱性舗装による都市熱環境改善の可能性に関して考察を行っている。その他に木内[10]、西岡[13]、吉中他[19]などの研究がある。

木内は都市被覆の改善によるヒートアイランド対策としての遮熱性舗装の試験舗装で、8月の晴天日において、密粒舗装では60°Cを超えるのに対して遮熱性舗装の最高表面温度はこれより15°C低下していたことを確認している。

西岡は大阪市立大学構内で実施した3色の高反射性舗装（黒色、灰色、白色）について表面温度を比較している。実験結果として、在来舗装が59.7°Cであるのに対し、黒色では52.9°Cと6.8(K)の温度低減が見られ、灰色では12.2(K)、白色では19.9(K)の温度低下が実現しており、外気温よりやや高い程度の温度にとどまるとしている。しかし、歩行者への影響については放射と気温から改善するのか劣悪化するのか評価が分かれ、気温低下は実験区画の寸法が3m×3mと小さいために、観測値に現れなかったと考えられる、と述べている。

吉中他は遮熱性舗装について、つくば市の土木研究所構内に構築した試験舗装ヤードで比較用の密粒舗装に対して表面温度が14.4°C低下する性能を有していることを確認している。一方、被験者実験によって夏季における遮熱性舗装上の人体の温冷感は、密粒舗装に比べて良好な感覚を与えること、足元を中心に、暑熱感を軽減する効果のあることがわかったとしている。

なお、本研究に関連する研究例として、加藤他[6]は夏季の風環境に関するアンケート調査の結果を整理して、その中で路地空間も住宅も、多少の差異はあるものの、ともに風が通り抜けていると感じている人が7割程度いたと述べている。このことから、「風の通り道

をつくる」という視点から道路の新設・拡幅および「高温の大気を分断する空間の確保」をもう1つの緩和対策とする。

②緑化については、樹木の温熱緩和効果の研究例として、大西他[5]、宮本[17]、吉田他[18]などの研究がある。

大西他は地表面温度と空閑地・樹木・草地のそれぞれの関係を明らかにし、空閑地を緑化した場合の熱環境緩和効果を分析した結果、効果は確保できる空間地の面積次第で変化するが、そのポテンシャルは決して低くないことを確認している。また、宮本は樹木の緑による温熱感の緩和の程度を把握した結果、樹木の緑という視覚刺激の有無が大きく影響を与えていることを明らかにし、視覚刺激は、不快な温冷感と暖涼感を緩和し、温熱的快適感を増す効果があることが示唆されたと考えられると述べている。一方、吉田他は樹木の植栽による温熱環境緩和効果を利用する場合、樹木の適切な密度と配置を検討する必要があることを確認している。

③水空間については、水路を含む水辺の研究例として、菅他[8]、佐々木他[11]などの研究がある。

菅他は水空間の躍動性は H (高さ)/ D (幅) $=0.5$ 付近の時、噴水や滝のもつ躍動感が最も感じられ、水空間の豊水性は幅 50m ・水面積 1800 m^2 付近で、70%の人が「満々とした」印象を持つ、と述べている。佐々木他は調査により、水路に対する評価は必ずしも高くなく、水路の音に耳を傾けている人も多くない。しかし、今後より快適性の高い都市空間を形成して行くには重要な要素で、水路の存在を重要視し、水路の評価構造にとって音環境は重要な要素と述べている。

これらを含めた既存研究において複数の地域単位で、アンケート調査結果をもとに環境変化の現状を把握し、複数の熱環境緩和対策は検討されてはいない。本研究では前述の研究例を参考にしたうえで、地域行政単位のアンケート調査結果をもとに地域に有効な複数の緩和対策を導き出し、大田区全体の緩和対策を検討する。

本研究の位置づけは、地域における環境緩和対策において、菅他[8]が述べているような豊水性を満たす水面積が不可能な場合や吉田他[18]が確認している樹木の適切な密度と配置等が無理な場合に一部を道路舗装（遮熱性舗装）に置き換え補完することで、地域に適合したより良い緩和対策を行う。逆に道路舗装（遮熱性舗装）の緩和対策の場合においても同様に一部を緑化・水空間に置き換えて補完を行うことである。

5.4 地域における環境税のアンケート調査

5.4.1 環境変化のアンケート結果

4章で述べたように本研究で用いたデータは、図5-10の4地域行政センター別に実施したアンケート調査結果による。アンケート調査票は、2010年8月に4地域行政センター

別に 70 部、計 280 部配布し、188 票（回収率 67.1%）を回収した。アンケート調査票の内容は、A4 用紙に、性別・年齢・住所および大田区は将来どのような環境の町になって欲しいか 23 項目（複数回答可）と環境税についての記入を依頼した(付録 1)。

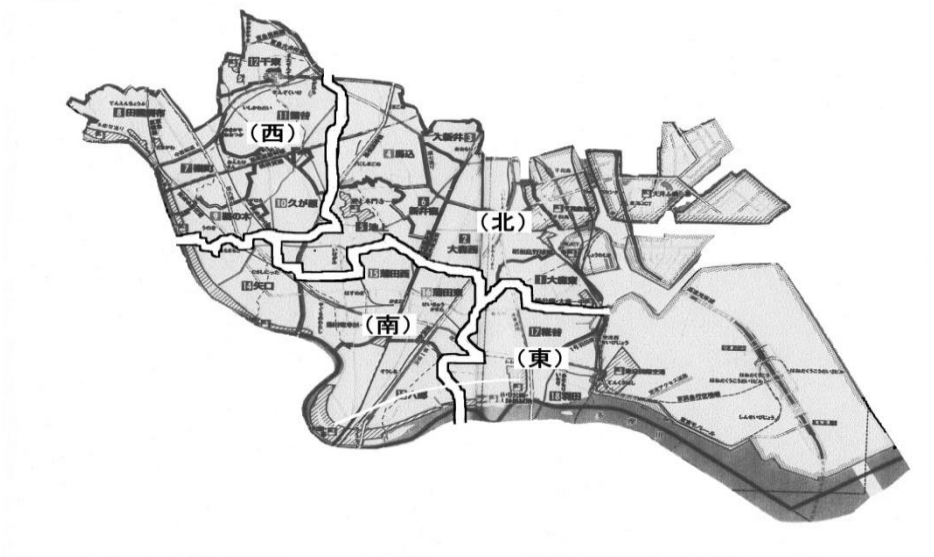


図 5-10 大田北・大田西・大田南・大田東地域行政センター別 4 地域（出典；大田区地図帳・筆者作成）

5.4.1.1 環境に関するアンケート

(1) アンケート項目

アンケート調査は 2010 年 8 月にアンケート用紙を手渡し、23 項目の選択肢を用意し、その中から選んで（複数回答可にして）記入してもらう形式をとった。しかしながら、示されている範囲に束縛されるというバイアスを避けることはできないので、その他の意見欄を設けてみることにした。

(2) 調査結果

表 5-1 は地域行政センター別アンケート調査の結果をまとめたものである。

表 5-1 地域行政センター別アンケート調査結果（選択数の割合）

項目	回答者数	回答者数	回答者数	回答者数	回答者数
	割合(%)	割合(%)	割合(%)	割合(%)	割合(%)
	大田北地域	大田西地域	大田南地域	大田東地域	住所記入なし
01. 空気がきれいな環境	95	76	80	73	92
02. 工場が少ない環境	28	13	14	9	23
03. 排気ガスの少ない環境	68	51	46	68	62
04. 畑が多い環境	30	14	18	14	31
05. 池の水がきれいな環境	58	59	36	36	69
06. コンビニが多い環境	20	6	6	14	0
07. アスファルトの道路が多い環境	10	0	4	0	0
08. ホテルがある環境	43	27	30	36	31
09. 樹木が多い環境	83	73	72	68	69
10. レストランが多い環境	23	8	8	9	15
11. ゴミが少ない環境	65	60	58	64	69
12. 商業施設(商店等)が多い環境	38	25	24	27	23
13. 公園が多くある環境	55	48	44	36	38
14. 地震など災害の被害が少ない環境	63	44	54	64	46
15. 日当たりが良い環境	50	52	36	68	54
16. 水辺が多い環境	38	19	26	23	38
17. 工場が多い環境	5	0	10	5	0
18. 川の水がきれいな環境	85	65	68	68	92
19. アスファルトの道路が少ない環境	25	11	8	9	23
20. 花が多い環境	63	57	48	45	62
21. 歴史が残っている環境	55	43	34	36	38
22. 鳥が多い環境	45	19	22	23	31
23. 景色が良い環境	60	41	50	50	54

大田区の将来の環境についての地域行政センター別アンケート調査結果から4地域の住民は、「空気がきれい」、「池の水がきれい」、「ゴミが少ない」などの環境に関連する項目について高い評価を与えていることから、きれいな環境を求めていることが分かる。その中で、武蔵野台地の面影が残り樹林が点在するような地域である大田北では、住民は他の地域よりも樹木が多いきれいな環境と快適な環境をより強く求める傾向がある。大田西では、住民は緑の多い地域に関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向がある。大田南では、商業施設の中心地域が含まれており、樹木の多い自然環境が求められている。大田東は、工場が多い地域であり、住民は樹木が多い住環境と快適環境を求める傾向がある。

5.4.2 環境変化に対する環境税の結果

5.4.2.1 環境税に関するアンケート

(1) アンケート項目

調査の対象は、環境項目と同じ地区住民である。調査では、個人に単に選択を求める方法として、CVM（仮想評価法）の質問形式のうちの金額の選択肢を用意し、その中から選んでもらう支払いカード方式で行った。さまざまな支払意志額を提示し、その中から被調査者が一つを選択するものにした。しかしながら、示されている範囲に束縛されるというバイアスを避けることはできないので、その他の項目を設けてみることにした。

(2) 調査方法

支払意志額のアンケート調査は2010年8月に各地域センター別にアンケート用紙を手渡し、回答者自身に記入してもらう形式をとった。

(3) 調査結果

この調査の回答アンケート数は188人(表5-2)、その内訳は(大田北40、大田西63、大田南50、大田東22、住所記入なし13)で、回収率は67.1%であった。また、記入なし16人を除いた回答者の172人をサンプルとした(付録2)。

回答者172人中、79.1%にあたる136人が1,000～3,000円の支払意志を提示している。1,000円46人、2,000円44人、3,000円46人である。

各地域と住所記入なしにおける支払意志者の金額において最も多い割合は大田北では37人中2,000円が29.7%、大田西では56人中3,000円が41.1%、大田南では48人中1,000円が35.4%、大田東では18人中1,000円が44.4%、住所記入なしでは13人中1,000円が30.8%であった。

表5-2 支払額と回答者数(単位:人)

支払額	大田北地域	大田西地域	大田南地域	大田東地域	住所記入なし	回答者数
0円	2	2	2	1	0	7
10円	1	0	0	0	0	1
120円	1	0	0	0	0	1
300円	1	0	0	0	0	1
500円	0	1	1	0	0	2
1,000円	7	10	17	8	4	46
2,000円	11	13	14	3	3	44
3,000円	7	23	10	3	3	46
4,000円	1	3	0	0	0	4
5,000円	5	3	4	3	3	18
6,000円	0	1	0	0	0	1
10,000円	1	0	0	0	0	1
記入なし	3	7	2	4	0	16
合計	40	63	50	22	13	188

なお、1,000円以上の支払意志額を提示している人は93.0%で、地域環境に対して住民は高い関心を示していると考えられる。

(4) 調査結果の検討

支払意志額と回答者数の結果より、仮に区の財政が逼迫した場合に環境緩和政策を執行すると仮定した場合に予算を試算するうえでの支払意志額の平均は、大田北地域は2,417円、大田西地域は2,473円、大田南地域は1,990円、大田東地域は2,111円、住所記入なしは2,615円で、全体では2,299円で、この支払意志額においても地域の環境特性が現われていると考えられる。

アンケート調査による支払意志額(全体での平均 2,299 円)に、大田区の世帯数(2009年)341,519 世帯をかけた仮想予算額は 785,152 千円である。

この仮想予算額は、2009 年度予算額における道路維持費 1,776,407 千円と公園管理費 2,270,608 千円の合計額の約 20%に相当し、地域別の環境維持に活用できると思われる。

しかし、この評価は、大田北、大田西、大田南、大田東の地域特性を示しているものと思われ、表 5-3 に現れているような男女別、年代別の特性を考慮した評価も必要であろう。

また、評価は人の価値意識に基づくものであり、回答者をとりまく地域の情勢、置かれている立場などにより、変わる可能性がある。したがって、評価は絶対的なものではないので、活用する際には十分な注意を払う必要がある。

表 5-3 支払額と男女・年代別の回答者数 (単位: 人)

支払額	人数	男性	女性	10代	20代	30代	40代	50代	60代以上
0円	7	3	4	0	0	1	4	1	1
10円	1	1	0	0	0	0	0	1	0
120円	1	1	0	0	0	1	0	0	0
300円	1	0	1	0	0	0	1	0	0
500円	2	0	2	0	0	1	0	1	0
1,000円	46	29	17	4	7	9	11	8	7
2,000円	44	23	21	0	5	10	14	8	7
3,000円	46	16	30	0	6	6	13	12	9
4,000円	4	3	1	0	1	0	0	2	1
5,000円	18	12	6	0	1	4	5	6	2
6,000円	1	0	1	0	0	0	0	1	0
10,000円	1	0	1	1	0	0	0	0	0
記入なし	16	3	13	0	1	1	4	5	5
合計	188	91	97	5	21	33	52	45	32

5.4.2.2 地域の環境状況に基づく緩和対策

図 5-11 は、大田区の熱環境緩和対策における地域の状況を把握するために、水空間(川・池等)、公園、アンケート調査の被験者の分布状況を示したものである。水空間については、旧六郷用水の再生部分・親水公園の噴水や水辺はプロットされていない。なお、公園については「下丸子二丁目」のように同じ丁目に二つ以上あるので、実際の数との相違がある。同様に、被験者の数も個人情報の問題で丁目までの記入しかできないため分布状況に数の相違がでてくる。

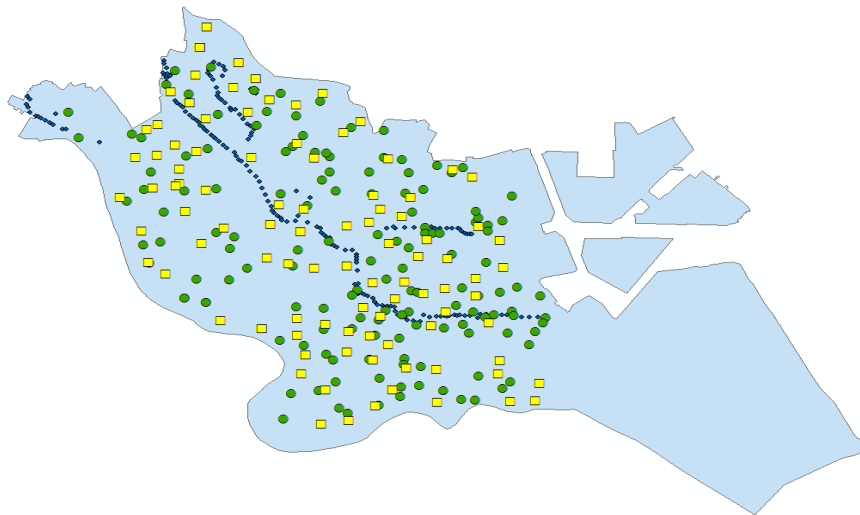


図 5-11 ●水空間・●公園・□アンケート被験者の分布

緩和対策における道路舗装においては、車より放出される熱の「路面吸収削減」、夜間の気温上昇を抑えるための「地表面の改善」、計画道路の拡幅で「高温の大気を分断する空間の確保」といった方法を用いる。緑化において該当箇所は 2006 年 4 月 1 日現在 142 か所（内 10,000 m²以上が 9 か所）あり、その他に 10,000 m²以上が 3 か所ある。これらの箇所では公園の改善と整備を行いクールスポットの効果を上げている。水空間については、洗足池、上池台小池、山王弁天池、本門寺弁財天池と丸子川、内川、新呑川および旧六郷用水等の親水空間の整備と旧六郷用水の新設を行い、クールスポットを創出する。

なお、面積が 10,000 m²以上ある公園の 1 つで、都道（中原街道）に接している洗足池公園については、その気温・湿度の実測を行った¹⁷。図 5-12 は、樹林内と街路における気温の推移で、樹林内と街路での気温差は 0.5 ～ 5℃であった。一方、図 5-13 の樹林内と街路における湿度の推移を観察してみると、樹林内と街路での湿度差は 1 ～ 18%となり、クールスポットとなっていることが確認できた。さらに、他の 10,000 m²以上の公園と 10,000 m²以下の公園の樹林内とその周辺街路の比較が必要である。

¹⁷ 測定機器：温湿度、大気圧データロガー（測定高さ地上 1.5m）

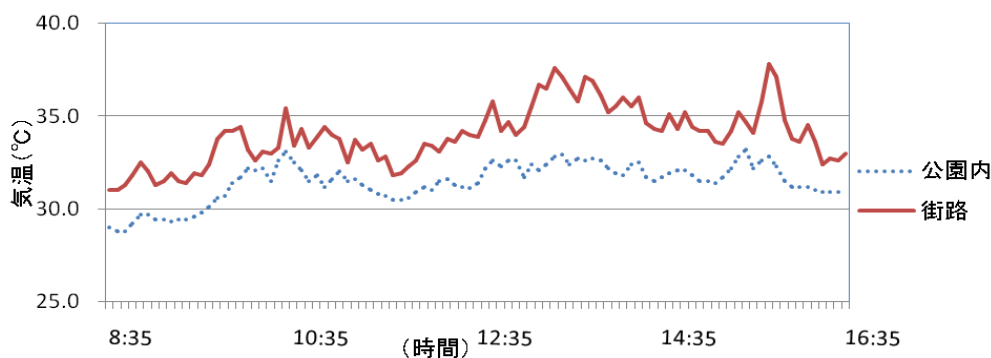


図 5-12 樹林内と街路における気温の推移 (2011 年 8 月 6 日 日中晴れのち時々曇り)

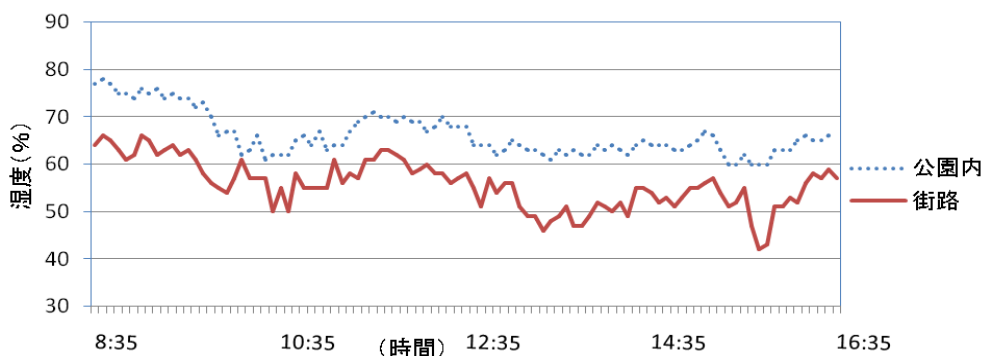


図 5-13 樹林内と街路における湿度の推移 (2011 年 8 月 6 日 日中晴れのち時々曇り)

そこで、アンケート調査結果をもとに地域に適合した道路舗装・緑化・水辺対策を複合的に行えば、地域環境変化に対応した有効な環境緩和対策が可能であると考えられる。

5.4.2.3 アンケート結果の分析

本研究では、環境が変化している地域の状況を把握するため 4 地域行政センター別に、①大田区は将来どのような環境の町になって欲しいか、②CO₂削減のために環境税が導入された場合の支払意志額はいくらかの二つのアンケート調査を通して考察した。

①のアンケート調査結果から表 5-1 の大田北地域において、01・03・09・11・14・18・20・23 の項目の割合が多くなっていることが分かる。回答者の各項目における選択数においても他の地域と比べて多いのは、大田北地域においてこれらの項目について環境の変化が生じていることから、回答者が現在の環境状況に関心を持つようになったためであると考えられる。他の地域でも割合が多い項目は同様に環境が変化している状況に関心を持つ

ているためと思われる。

行政センター別において大田北では、住民は他の地域よりも樹木が多いきれいな環境と快適な環境をより強く求める傾向がある。大田西では、住民は緑の多い地域に関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向がある。大田南では、商業施設の中心地域が含まれており、樹木の多い自然環境が求められている。大田東は、工場が多い地域であり、住民は樹木が多い住環境と快適環境を求める傾向がある。

②のアンケート調査結果から支払意志者の金額において最も多い割合は大田北では 37 人中 2,000 円が 29.7%，大田西では 56 人中 3,000 円が 41.1%，大田南では 48 人中 1,000 円が 35.4%，大田東では 18 人中 1,000 円が 44.4%，住所記入なしでは 13 人中 1,000 円が 30.8% であった。この結果は、6.2.1 の研究対象地域で記した自然環境に対応する地域住民の環境意識の現われであると思われる。一方、1,000 円以上の支払意志額を提示している人は 93.0% で、地域環境に対して住民は高い関心を示していると考えられる。

①と②の調査結果から 4 地域の現状において、例えば大田西では、住民は緑の多い地域にも関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向があり、支払意志額においても 56 人中 3,000 円が 41.1% を示している。この結果から現在の環境を維持あるいは良くして欲しいという思いの表われで、それが支払意志額にも出ていると思われる。

参考文献

- [1] 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—『立正大学大学院年報 経済と環境』第 2 号, 2011 年 3 月, pp.26 - 37.
『日本地域学会 地域学研究』第 42 巻 第 2 号, 2012 年 10 月, pp.409 - 421.
- [2] 大田区 『大田区の数字』1950-2007.
- [3] 大田区 大田区史編纂委員会 『大田の史話』1983 年 11 月.
- [4] 大田区 大田区地球温暖化対策地域推進計画『計画書』2007.
- [5] 大西暁生・森杉雅史, “名古屋市中心部における空閑地緑化が都市熱環境緩和効果に与える影響,” 『社会技術研究論文集』Vol.8, 2011 年 4 月, pp.149 - 158.
- [6] 加藤浩司・山本美沙・辻原万規彦・岡本孝美, “夏季の風環境に関するアンケート調査—密集した漁村集落の生活環境に関する研究その 3—,”『日本建築学会九州支部研究報告』第 45 号, 2006 年 3 月, pp.453 - 456.
- [7] 環境省 総合環境政策局 環境経済課『地球温暖化対策のための税の導入 | 税制のグリーン化(環境税等)』環境省 HP www.env.go.jp/policy/tax/kento.html
- [8] 菅菜々子・加納年勝・仙田 満・矢田 努, “都市における親水空間に関する研究 空間規模とその心理的効果,”『日本建築学会大会学術講演梗概集』1997 年 9 月, pp.55 - 56.
- [9] 木内 豪・吉中 保・深江典之, “ヒートアイランド低減効果を目指した高性能の遮熱性舗装の開発,”『舗装』巻 39 号, 2004 年 10 月, pp.7 - 11.
- [10] 木内 豪, “都市被覆の改善によるヒートアイランド対策,”『建築設備と配管工事』Vol.44, No11, 2006 年 10 月, pp.29 - 35.
- [11] 佐々木由佳・三浦秀一, “山形市の水路と音環境に関するアンケート調査 山形市の水路が形成するサウンドスケープに関する研究 (その 2),”『日本建築学会東北支部研発表会』1997 年 6 月, pp.113 - 116.
- [12] 東京都 総務局統計部調整課『東京都統計年鑑』1950-2007.
- [13] 西岡真稔, “クールペイブメントによる対策,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第 5 章, 学芸出版社, 2004 年 8 月, pp.121 - 131.
- [14] 日本学術会議 資料編 (第 7 章)『7. 横断的事項. 7.1 環境保全における外部不経済の内部化』1995 年 7 月.
- [15] 藤岡明房, 講義における資料『第 7 章 環境税』2011 年.
- [16] 藤岡明房, “外部不経済効果の内部化と技術変化—コースの定理の限界—,”『立正大学経済学季報』第 61 巻 第 3・4 号, 2012 年 3 月, pp.87 - 120.
- [17] 宮本征一, “樹木の緑という視覚刺激が屋外における温熱感に及ぼす影響,” 2008 年 9 月, pp.77 - 80.
- [18] 吉田伸治・大岡龍三・持田 灯・富永禎秀・村上周三, “樹木モデルを組み込んだ

対流・放射・湿気輸送達成解析による樹木の屋外温熱環境緩和効果の検討,”『日本建築学会計画系論文集』第 536 号, 2000 年 10 月, pp.87 - 94.

- [1 9] 吉中 保・木内 豪・深江典之, “遮熱性舗装による歩行空間の暑熱環境緩和に関する検討,”『土木学会第 59 回年次学術講演会』2004 年 9 月, pp.1275 - 1276.

第6章 具体的緩和対策としての遮熱性舗装

6.1 はじめに

本章は大田区の熱環境問題（建物・住宅や自動車，工場等の人工排熱の増加による大気温の上昇も要因とされる地表面の高温化の進展）緩和について遮熱性舗装（環境配慮型道路舗装）を通しての研究である。地理的に大田区は，比較的緑の多い西北部の台地，南側から西側にかけて多摩川に接し，東側は東京湾に接しているので一般的には熱環境問題の発生が少ないと考えられるが，種々の環境変化により実際には熱環境問題が進展しているとみなせる。

例えば，大田区史[2]より作成された町村別戸数人口(明治22年)によると，戸数合計(鶴ノ木村は不明)は6,915戸，人口35,988人であった。その後，大森区・蒲田区成立当時の人口(昭和7年)は，大森区169,068人，蒲田区105,716人である。このことは人口増加による土地利用の変化により，水面，樹林，草地等の自然被覆が減少し，自然と人間をとりまく環境が大きく変化したことを意味している。

経済の面からみると，大森区と蒲田区にわかれていた昭和19年2月28日に大森区の菊地慣区会議長[3]が，呑川改修と応急措置について，関係方面に出した意見書の書き出しには，「大森・蒲田は京浜間に於ける産業・交通上の重要地域にして，真に帝都の動脈たる地帯と云うべく，人家の密度，特に軍需生産工業の飛躍的增加拡張に伴い，……。」とある。これによって，昭和19年にはすでに，大田区は工業都市と呼ぶのにふさわしい状態であったことがわかる。一方，『1978東京の工業』[3]をみると，大田区は，工場数・従業員数・製造出荷額などのいずれについても，東京23区中第一位であったことから，工業化による人口集中や住宅問題等の社会変化とそれに伴う土地利用変化は，社会と自然の両面での大きな環境変化を感じ取ることができる。こうした背景を考慮しつつ，本章では大田区における熱環境問題について論じる。

6.2 研究目的と方法

現在，ヒートアイランド現象に関する対策が求められている状況において，ヒートアイランド現象を熱環境問題の主要要因として捉え，その影響の程度及び各種の対策の改善効果や，都市環境と地域性の視点から，大田区の熱環境問題にアプローチする。

そこで，1975～2002年の大田区の気象観測データによって熱環境を把握し，遮熱性舗装の温度低減への効果を調べるとともに，アンケートによる支払意志額の調査を通じてその費用便益分析を行い，熱環境問題緩和対策において遮熱性舗装による緩和対策が有効な方法であるか，問題点を含め明らかにすることが本研究の目的である。

研究方法は次の通りとする。はじめに，東京でヒートアイランド現象が起きていること

を示す研究例及び関連研究を示す。また、大田区でもヒートアイランド現象が起きているであろうことを大田区の気象データ、世帯数の増加、土地利用の変化、エネルギー利用等で示し、大田区の熱環境の影響について述べる。次に熱環境問題緩和対策としての遮熱性舗装における気象データ観測と、アンケート調査を分析して有効な方法であるか明らかにし、併せて遮熱性舗装工事費とアンケート調査データによる環境経済分析を行う。

6.3 熱環境の現状と環境変化

6.3.1 熱環境の現状

6.3.1.1 ヒートアイランド研究例

東京のヒートアイランドの研究例として、足永他[1]、三上[15]、光本[16]などの研究がある。足永他は東京の現状において、東京の8月における日最低気温の月平均値（出典：気象庁年報，2002）の経年変化図を示し、最近の100年間で約3℃上昇していると述べ、夏の最低気温が下がらなくなることは、熱帯夜の発生を招き、都市居住者は寝苦しい思いをする、と環境悪化を述べている。また、夏季の気温と風、都市の熱の行方、緑・河川の減少、ヒートアイランド今昔等を論じている。三上は「都市ヒートアイランド研究の最新動向」で、都市高温化の要因としての人工排熱の増加による大気的直接加熱、都市構造の変化すなわち地表面の人工化や高層建造物の増加、緑地・水面減少、ヒートアイランドと海風効果などを述べている。光本は東京の熱環境の現状について、現在東京では過去100年の間に、地球温暖化に伴う気温上昇（全地球平均0.6℃）の約5倍に当たる、約3℃の気温上昇が観測され、国内の他の大都市の平均気温の上昇が2.4℃、中小規模の都市では1.0℃であることから東京における都市の温暖化の進行は明らかであると述べている。

本研究に関連する既存研究も、数多く行われている。遮熱性舗装に関連の研究例としては、木内他[6]は反射日射により大気が加熱されるという指摘から、遮熱性舗装による都市熱環境改善の可能性に関して考察を行っている。その他に木内[7]、西岡[14]、吉中他[17]などの研究がある。

木内は都市被覆の改善によるヒートアイランド対策としての遮熱性舗装の試験舗装で、8月の晴天日において、密粒舗装では60℃を超えるのに対して遮熱性舗装の最高表面温度はこれより15℃低下していたことを確認している。

西岡は大阪市立大学構内で実施した3色の高反射性舗装（黒色、灰色、白色）について表面温度を比較している。実験結果として、在来舗装が59.7℃であるのに対し、黒色では52.9℃と6.8(K)の温度低減が見られ、灰色では12.2(K)、白色では19.9(K)の温度低下が実現しており、外気温よりやや高い程度の温度にとどまるとしている。しかし、歩行者への影響については放射と気温から改善するのか劣悪化するのか評価が分かれ、気温低下は実

験区画の寸法が 3m×3m と小さいために、観測値に現れなかったと考えられる、と述べている。

吉中他は遮熱性舗装について、つくば市の土木研究所構内に構築した試験舗装ヤードで比較用の密粒舗装に対して表面温度が 14.4℃低下する性能を有していることを確認している。一方、被験者実験によって夏季における遮熱性舗装上の人体の温冷感は、密粒舗装に比べて良好な感覚を与えること、足元を中心に、暑熱感を軽減する効果のあることがわかったとしている。

6.3.1.2 大田区のヒートアイランドの現状

大田区の気象データ(1975～2002年)から、図 6-1、図 6-2 に現われているように大田区においても真夏日日数・熱帯夜日数は、増加傾向が見られる。また、全国 842 地点のアメダス観測データからの 1981～95 年の夏期(7～9月)平均熱帯夜日数については、気象庁(東京大手町)の 27 日[12]に対し、表 6-1 のように大田区は 26.8 日とほぼ同じであった。このことは大田区においてもヒートアイランド現象が進展していることを示しているものと思われる。

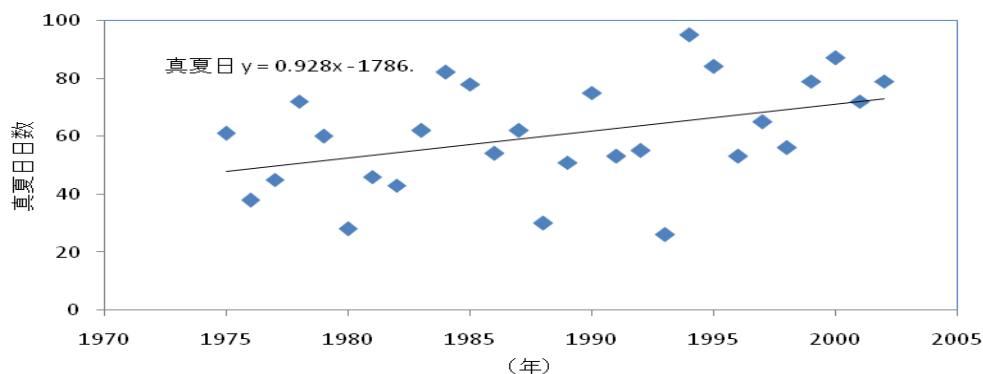


図 6-1 大田区における真夏日(日最高気温が 30℃以上の日)日数(7～9月)の経年変化

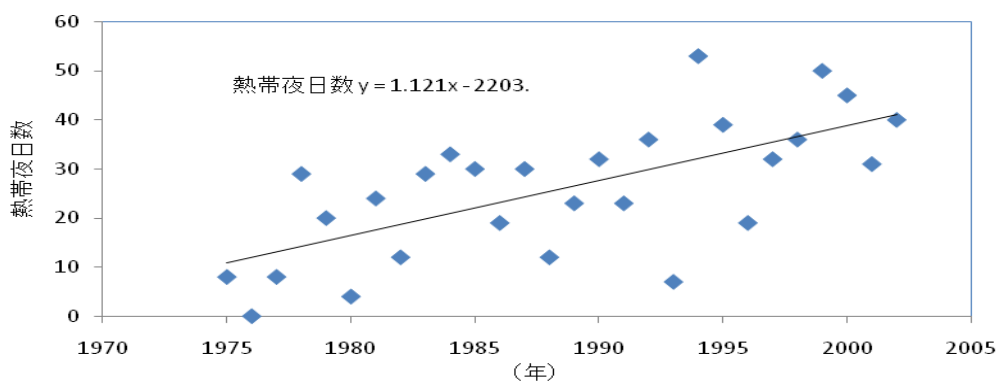


図 6-2 大田区における熱帯夜(日最低気温が 25℃以上の日)日数(7～9月)の経年変化

表 6-1 大田区における 1981～95 年の（7～9 月）熱帯夜日数

年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
日数	24	12	29	33	30	19	30	12
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	
日数	23	32	23	36	7	53	39	

6.3.2 熱環境影響分析

6.3.2.1 世帯数の増加

「大田区の数字」[5]によると、区全体では、1966年の人口733,842人が最も多く、1975年は271,156世帯・690,770人、2002年は309,696世帯・644,251人、2007年は336,897世帯・668,423人と、人口は減少しているが世帯数が増加していることがわかる。世帯数の増加は空調機器の設置に繋がり、ヒートアイランド現象による電力需要の増加に影響があるものと思われる。

6.3.2.2 土地利用の変化

大田区においては、1950年の商業地(80.1)、工業地(793.2)、住宅地(1535.0)が、2002年の商業地(49.49)、工業地(253.75)、住宅地(2,204.28)となっている(単位 km^2)。住宅地の増加は、大型小売店舗による中小店舗の減少と工場の区外移転による住宅地への転換、という土地利用変化に数値的に一致[5]する。

しかも、自然被覆の減少が大田区においては、1950年の田(58.6)、畑(194.0)、山林(25.9)、原野(79.6)の面積が、1963年には、田(0)、2002年には畑(6.15)・山林(2.69)と減少している(単位 km^2)。¹⁸[10]これは、地表面の構成の変化を示している。一方、木下他[8]は都市域表面構成要素の熱収支に及ぼす影響について述べている。この木下他の熱収支の測定の知見から大田区における自然被覆の減少は、昼間の地中熱伝導量は人工表面(アスファルト、タイル)で大きくなるというヒートアイランド現象による熱環境影響の問題を起こしているであろう。

6.3.2.3 エネルギー利用の増加

大田区[4]では、家庭部門で殆どLPガスが使用されていないので電気、都市ガス、灯油について算定した。2012(平成24)年度のCO₂排出量は、1990(平成2)年度に比べて電気が18%増、都市ガスが20%増、灯油が39%減で、トータルで14%増と予測している。運輸

¹⁸ 東京都統計年鑑の1950年(坪・反)・51年(坪)・52年(町)・55年(坪)・58年(m^2)・60年(m^2)・63年(アール)の単位を66年以降のヘクタールに換算。

部門では自動車燃料であるガソリン、軽油、LP ガスについて算定し、トータルで 16%増になると予測している。

以上からヒートアイランド現象による夏季の冷房負荷の増大によって、電力、ガスの需要増加、自動車燃料の増加等のエネルギー消費の増大という影響を受けているものと思われる。

6.3.3 人間の健康に及ぼす影響

日最高気温と熱中症の搬送者の関係を調べてみると、搬送者は最高気温が 32℃付近で増加し始め、35℃付近から急激に増加している。鳴海他[13]は、熱中症の発生は当日の気温以外にも、前日との気温差や風速などの気象条件が大きく影響しているので、気温のみでの評価は難しいが、人間の暑さへの適応に関する閾値が、35℃付近に存在する可能性を示している、と述べている。

また、東京消防庁においては 1999(平成 11)年末以前には熱中症の規定がなく、統計的にも把握できない。統計によれば 2000 年 366 人、2001 年 628 人、2002 年 655 人の熱中症患者を搬送している。そして、2003 年から温暖化の問題もあり、学術的見地よりの取組みも始まっている。大田区においても 2008 年 49 人の熱中症患者が発生しており、ヒートアイランド現象の影響による真夏日・熱帯夜が増え熱中症患者が増加するものと思われる。

6.4 熱環境緩和対策

6.4.1 大田区における熱環境緩和対策

熱環境問題緩和対策は、「区民がやすらいで暮らせる環境と環境に関心を持つこと」を目的とし、緩和対策については、①車より放出される熱の「路面吸収削減」、②夜間の気温上昇を抑えるための「地表面の改善」、③計画道路の拡幅で「高温の大気を分断する空間の確保」といった方法を用いる。

道路舗装は都市機能を支える重要な基盤であるが、自然地形がアスファルトなどで覆われたために、降雨があっても表面から素早く排水され、地表面の水分保持と水分蒸発による冷却作用がなくなったことで、都市地表面の高温化による熱汚染という都市気候を形成する要因となった。

道路舗装の緩和対策としては、水を浸透させる排水性(透水性)、保水性をもつ舗装に変える方法がある。さらに舗装面に遮熱コート材を塗布して、路面温度を低減[17]する遮熱性舗装がある。

人は、舗装の上にいるとき周囲から様々な熱の影響を受けて暑さや涼しさを感じる。遮熱性舗装の場合は、温度低減効果を発揮する方法として日射を反射させているが、この反

射成分のほとんどは近赤外線である。早稲田大学の高木他[9]などの調査によれば、近赤外線は可視光に比べ人の皮膚温度を上昇させにくく、暑さの感じ方や刺激が少ない光であることが分かっている。

6.4.2 遮熱性舗装による緩和対策

都市地表面の高温化の進行を抑える道路舗装の技術改良によって生み出された遮熱性舗装は、遮熱コート材を舗装表面に塗布することによって路面温度の低減をはかることを目指す舗装である。

6.4.2.1 遮熱性舗装の施工箇所

図 6-3 は、透水性舗装表面に遮熱コート材を塗布するものである、ここは南雪谷二丁目 12 番から 15 番先の緑の多い住宅地に位置する東急池上線雪谷大塚駅前商店街で、通行車両が少なく歩行者は歩道を殆ど使わず車道を通行している。図 6-4 は、一般の舗装(密粒)表面に遮熱コート材を塗布するものである。ここは大森西二丁目 26 番先の大田区南東部の平地部で、住宅や店舗、工場が多く集まる商業・工業地帯の一角に位置する場所で、南側に内川という小さな川に接している。

6.4.2.2 遮熱性舗装の施工箇所状況

①の南雪谷二丁目 12 番から 15 番先



基層アスファルト工事完了と歩道部工事



表層アスファルト工事完了



遮熱コート材の塗布(薄茶色下地)



竣工(遮熱コート材薄茶色塗布)

図 6-3 南雪谷二丁目

②の大森西二丁目 26 番先(右側は川)



路盤工事完了



アスファルト工事完了



遮熱コート材の塗布(濃灰色仕上げ)



竣工

図 6-4 大森西二丁目

6.4.2.3 遮熱性舗装と一般の舗装(密粒)における表面温度測定データ

表 6-2, 表 6-3 は温度差確認のために, AM7:00~PM17:30 分までの 30 分毎の舗装表面温度測定データである。舗装の表面温度の比較において、遮熱性舗装の路面温度低減があり, その有効性が見られた。

表 6-2 南雪谷における遮熱性舗装と一般の舗装(密粒)の表面温度(2009 年 8 月 16 日)

時刻	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12
遮熱	26.8	26.8	27.8	28.9	30.1	35.4	36.9	37.5	40.9	42.2	41.5
密粒	27.7	28.1	28.9	29.8	29.8	30.5	31.2	38.7	42.2	45.3	47.4
時刻	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5
遮熱	43.8	44.5	46.7	44.8	44.6	41.9	36.3	35.4	33.9	33.2	32.4
密粒	47.6	51.1	52.3	50.3	51.3	52.3	48.0	45.9	40.7	38.9	36.4

ただし, 南雪谷では 9 時から 10 時の時間帯において密粒舗装よりも遮熱舗装の方が表面温度が高くなるという不規則な変化が存在している。

表 6-3 大森西における遮熱性舗装と一般の舗装(密粒)の表面温度(2009年8月21日)

時刻	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.5	11	11.5	12
遮熱	29.3	30.5	34.8	34.8	35.7	36.4	37.2	38.0	38.7	41.6	43.0
密粒	30.6	32.2	35.4	35.5	36.4	38.1	41.0	44.8	47.9	48.0	49.1
時刻	12.5	13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5
遮熱	42.5	41.6	43.1	45.9	43.8	39.9	39.3	37.8	32.6	32.0	31.4
密粒	49.5	50.1	51.0	52.1	48.2	44.8	44.0	42.2	36.2	34.2	34.1

6.4.2.4 遮熱性舗装と一般の舗装のアンケート調査

アンケート調査は2009年7~8月にかけてアンケート用紙を手渡し、夏季晴天下にそれぞれの舗装上に立ち、からだや足元にどのように暑さ感じたかを回答者自身に記入してもらう形式をとった。

なお、実測研究において永江他[11]は、人体温熱感へ与える影響を東京都内某事業所敷地内において、人体生理モデルにより検討をしている。そこで、実際に人は遮熱性舗装と一般の舗装(密粒)上で温熱感をどのように感じとるか、その有効性を見るためのアンケート調査である。

また、今回の調査では透水性舗装と一般の舗装(密粒)の表面に遮熱コート材を塗布するものであるが、鹿島道路(株)研究所の測定結果では、今回の測定時のように「降雨による透水がない場合に、アルベドは透水性で32~33、密粒では37であり、温度の低減では10℃のとき10.5℃」と人が感じる大きな温度差異はない。

6.4.2.5 からだと足元で感じる暑さのアンケート調査結果

調査の結果、各舗装のからだと足元で感じる暑さについて、①と②の施工箇所の比較では表6-4の①と②から、温冷感について密粒では、①の南雪谷は92%、②の大森西は90%で暑さについて2%減少、遮熱の足温感では、①の南雪谷は29%、②の大森西は36%で①の南雪谷の方が暑さについて7%減少している。

また、表6-5の①と②のどちらの舗装が良いですかという質問については、①の南雪谷は90%、②の大森西は84%の人が遮熱舗装のほうが良いと回答している(付録3)。

これらから、足温感については、遮熱コート材における①の薄茶色と②の濃灰色との色による反射量率の違いから、①の南雪谷の29%との結果が出たと考えられる。

さらに、どちらの舗装が良いかについては、②の大森西は、北側に学校、南側に内川という川に隣接しており、環境面において比較的良好な箇所であるにもかかわらず、①の南雪谷の方が良いとの回答が多かったのは、遮熱コート材の色・商店街といった条件の違いから環境面への改善を強く感じたからであると考えられる。

①の施工箇所(南雪谷)と②の施工箇所(大森西)での暑さの比較

表 6-4 からだと足元で感じる暑さ

①の施工箇所(南雪谷)				②の施工箇所(大森西)							
	温冷感(密粒)	人	%	温冷感(遮熱)	人	%	温冷感(遮熱)	人	%		
からだが非常に暑い		12	25				からだが非常に暑い	10	20		
からだが暑い		23	48	7	15		からだが暑い	19	38		
からだが少し暑い		9	19	18	37		からだが少し暑い	16	32		
どちらでもない		3	6	14	29		どちらでもない	5	10		
からだが少し涼しい		1	2	9	19		からだが少し涼しい		7		
からだが涼しい							からだが涼しい				
	足温感(密粒)	人	%	足温感(遮熱)	人	%		足温感(密粒)	人	%	
足元が非常に暑い		13	27				足元が非常に暑い	9	18	3	6
足元が暑い		19	40	2	4		足元が暑い	21	42	5	10
足元が少し暑い		11	23	12	25		足元が少し暑い	15	30	10	20
どちらでもない		5	10	22	46		どちらでもない	5	10	23	46
足元が少し涼しい				12	25		足元が少し涼しい			8	16
足元が涼しい							足元が涼しい			1	2

どちらの舗装に立った時の方が良いと感じますか

表 6-5 どちらの舗装が良いですか

①の施工箇所(南雪谷)			②の施工箇所(大森西)		
	どちらが良いですか(人)	%		どちらが良いですか(人)	%
密粒の方が良い			密粒の方が良い		
密粒の方が少し良い			密粒の方が少し良い		
どちらでもない	5	10	どちらでもない	8	16
遮熱の方が少し良い	13	27	遮熱の方が少し良い	17	34
遮熱の方が良い	30	63	遮熱の方が良い	25	50

6.4.3 支払意志額におけるアンケート調査

6.4.3.1 支払意志額 (WTP) のアンケート調査の概要

調査の対象は、道路を利用する地区住民、および就業者・学生で、その比率は、南雪谷で45%対55%、大森西で54%対46%である。調査では、個人に単に選択を求める方法として、CVM(仮想評価法)の質問形式のうちの金額の選択肢を用意し、その中から選んでもらう支払いカード方式で行った。さまざまな支払意志額を提示し、その中から被調査者が一つを選択するものにした。しかしながら、示されている範囲に束縛されるというバイアスを避けることはできないので、その他の項目を設けてみることにした。

6.4.3.2 調査の方法

支払意志額のアンケート調査は2009年7~8月にかけてアンケート用紙を手渡し、回答

者自身に記入してもらう形式をとった。

6.4.3.3 支払意志額のアンケート調査

この調査の回答アンケート数は 101 (南雪谷 48,大森西 53), 回収率は 91.8%であった。

また, その他の項目については, 0 円 (2 人), 10 円 (1 人), 500 円 (1 人), 毎月 3,000 円 (1 人), 10,000 円 (1 人), 100,000 円 (1 人), 未記入金額 (14 人) という回答結果であり, 推定に関する設問に回答していない毎月 3,000 円の 1 人と未記入者 (意見等を記入) の併せて 15 人を除いた 86 サンプルとした (付録 4)。

6.4.3.4 外れ値検定

86 サンプルの支払意志額において, 10,000 円と 100,000 円がバラツキの大きいことが見てとれた点を考慮し, 基本統計よりの外れ値検定 (スミルノフ・グラブス検定により, 標本平均から最も離れたデータが外れ値かどうか判断する。外れ値と判断された場合, 外れ値を除いて再度検定を行い, 外れ値が検出されなくなるまで繰り返す。)を行うこととした。その結果, 10,000 円と 100,000 円が外れ値となった。そこで, 0 円, 10 円, 500 円, 1,000 円, 2,000 円, 3,000 円, 4,000 円, 5,000 円を費用便益の計算値に使用する。

6.4.3.5 アンケート結果

一方, 84 サンプルから得られた支払意志額と回答者数は, 表 6-6 のとおりである。

支払意志額と回答者数の結果より, 環境緩和政策としての遮熱性舗装の費用便益を試算するうえでの支払意志額の平均は, ①の南雪谷は 2,710 円で, ②の大森西は 2,032 円であった。

表 6-6 支払額と回答者数 (単位: 人)

支払額	南雪谷二丁目	大森西二丁目	回答者数
0円	0	2	2
10円	0	1	1
500円	0	1	1
1,000円	9	18	27
2,000円	8	10	18
3,000円	13	7	20
4,000円	1	1	2
5,000円	7	6	13
その他	10	7	17
合計	48	53	101

この結果をもとに、遮熱性舗装という緩和対策がもたらす費用と施工後のアンケート調査による支払意志額から費用便益を試算することにした。

費用対効果性の分析をする施工箇所①（南雪谷）は、アスファルトコンクリート舗装透水性 35 型であり、車道部分 408 m²のアスファルト工事費(C)を 612 万円と試算した。アンケート調査による支払意志額(平均 2,710 円)に、南雪谷二丁目の人口(2008 年) 2,135 人をかけた便益(B)は 578 万円とすると、費用便益比率 (B/C) が約 94%で 1 を下回り、効率性の観点から妥当であるか検討の必要があると思われる。一方の施工箇所②（大森西）は、アスファルトコンクリート舗装 25 - 2 型であり、車道部分 328 m²のアスファルト工事費(C)を 393 万円と試算した。アンケート調査による支払意志額(平均 2,032 円)に、大森西二丁目の人口(2008 年) 6,550 人をかけた便益(B)は 1,330 万円とすると、費用便益比率 (B/C) が約 338%で、1 をはるかに上回り効率性の観点から妥当であると思われる。しかし、この評価は、南雪谷と大森西地域の特性を示しているものと思われ、表 6-7 に現れているような男女別、年代別の特性を考慮した評価もすべきであろう。

また、評価は人の価値意識に基づくものであり、回答者をとりまく地域の情勢、置かれている立場などにより、変わる可能性がある。したがって、評価は絶対的なものではないので、活用する際には十分な注意を払う必要がある。

なお、支払額に対しては 1,000 円が多いものの、全体として約 8 割の人が支払意志を示している。このことは、環境面の改善における効用の度合によって支払意志額の変化を示しており、今後の遮熱性舗装施工における判断の指針と捉えることが出来る。

表 6-7 支払額と男女・年代別の回答者数（単位：人）

支払額	人数	男	女	10代	20代	30代	40代	50代	60代
0円	2	2	0	2	0	0	0	0	0
10円	1	0	1	1	0	0	0	0	0
500円	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1,000円	27	18	9	9	5	7	4	1	1
2,000円	18	10	8	5	4	1	1	3	4
3,000円	20	12	8	2	2	1	7	4	4
4,000円	2	2	0	0	0	1	1	0	0
5,000円	13	11	2	1	0	3	4	4	1
合計	84	56	28	21	11	13	17	12	10

6.5 おわりに

熱環境の現状と変化の把握・その他の影響分析・気象データ観測・アンケート調査で、緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する点では、有効であることを見ることができた。

しかし、気象観測データ、アンケート調査や施工箇所とそこの環境面、遮熱コート材の

色等，種々の要素から環境面の改善における感じ方の違いを道路舗装の熱環境問題緩和対策にどの様に生かしていくか，さらに費用対効果における地域特性を大田区全体で，どのように評価するかが今後の課題と言える。なお，都市における環境問題が種々の点で明らかになっている現状では，熱環境問題緩和対策だけでなく他の環境施策との調整を図り環境配慮の都市づくりをすべきである。

参考文献

- [1] 足永靖信・尹聖院, “東京の現状,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第2章, 学芸出版社, 2004年8月, pp.33-40.
- [2] 大田区 『大田区史』1951年.
- [3] 大田区 大田区史編纂委員会 『大田の史話』1983年11月.
- [4] 大田区 大田区地球温暖化対策地域推進計画『計画書』2007年.
- [5] 大田区 『大田区の数字』1950~2007年.
- [6] 木内 豪・吉中 保・深江典之, “ヒートアイランド低減効果を目指した高性能の遮熱性舗装の開発,” 『舗装』巻39号, 2004年10月, pp.7-11.
- [7] 木内 豪, “都市被覆の改善によるヒートアイランド対策,” 『建築設備と配管工事』Vol.44, No11, 2006年10月, pp.29-35.
- [8] 木下進一・吉田篤正, “都市域表面構成要素の熱収支に及ぼす影響(熱環境の実測評価, 環境工学Ⅱ),” 『日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, 環境工学2』2008年7月, pp.149-150.
- [9] 高木理佐・成田千恵・江森 豊・田辺新一・尾関義一・小西正哲, “日射の体感影響に関する研究(その5) —可視域, 近赤外線, 中赤外線放射の皮膚温上昇, 熱さ・痛さ感に与える影響—,” 『空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集』2000年9月. pp.1237-1240.
- [10] 東京都 総務局統計部調整課『東京都統計年鑑』1950~2007年.
- [11] 永江崇彦・小笠原 岳・阿部有希子・近藤靖史・金森 博・有働邦広, “クールペイブメント上における人体温熱感(その1) 実測および人体生理モデルによる検討(クールペイブ:環境工学Ⅰ),” 『日本建築学会大会学術講演梗概集』2007年8月, pp.619-630.
- [12] 鍋島美奈子・谷口一郎, “大阪の現状,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第2章, 学芸出版社, 2004年8月, pp.26-32.
- [13] 鳴海大典・下田吉之, “ヒートアイランド現象の環境影響,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第3章, 学芸出版社, 2004年8月, pp.42-58.
- [14] 西岡真稔, “クールペイブメントによる対策,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第5章, 学芸出版社, 2004年8月, pp.121-131.
- [15] 三上岳彦, “都市ヒートアイランド研究の最新動向—東京の事例を中心に—,” 『E-Journal GEO』Vol.1, No2, 2006年, pp.79-88.
- [16] 光本和宏, “東京都の取り組み,” 森山正和編『ヒートアイランドの対策と技術』第8章, 学芸出版社, 2004年8月, pp.177-191.
- [17] 吉中 保・木内 豪・深江典之, “遮熱性舗装による歩行空間の暑熱環境緩和に関する検討,” 『土木学会第59回年次学術講演会』2004年9月, pp.1275-1276.

付録 3. どのように暑さを感じるか、また、どちらの舗装が良いかの質問項目

問：次の No,1、No,2 の質問にお答えください。

No,1 からだで感じる暑さについて□に✓して下さい。

① 透水性舗装

- からだが非常に暑い
- からだが暑い
- からだが少し暑い
- どちらでもない
- からだが少し涼しい
- からだが涼しい

②一般のアスファルト(密粒)舗装

- からだが非常に暑い
- からだが暑い
- からだが少し暑い
- どちらでもない
- からだが少し涼しい
- からだが涼しい

No,2 足元で感じる暑さについて□に✓をお願い致します。

① 透水性舗装

- 足元が非常に暑い
- 足元が暑い
- 足元が少し暑い
- どちらでもない
- 足元が少し涼しい
- 足元が涼しい

②一般のアスファルト(密粒)舗装

- 足元が非常に暑い
- 足元が暑い
- 足元が少し暑い
- どちらでもない
- 足元が少し涼しい
- 足元が涼しい

問：①と②どちらの舗装が良いですか。

- ①の方が良い
- ①の方が少し良い
- どちらでもない
- ②の方が少し良い
- ②の方が良い

付録 4. 支払カード方式における支払意志額の質問項目

問：環境が良くなると思えばいくらまで支払いができますか？□に✓をお願いします。

- 1,000 円
- 2,000 円
- 3,000 円
- 4,000 円
- 5,000 円
- その他 (円)

第7章 熱環境緩和対策の提言

都市におけるヒートアイランド現象の緩和対策としての道路舗装・緑化・水空間（水辺）は、国や自治体を中心に導入が進められている。そこで、提言について述べる前にその現状と大田区の基本計画における概要の一部を見ることにする。

7.1 道路舗装・緑化・水空間(水辺)の現状

7.1.1 道路舗装の現状

(1) 大都市の道路率

東京都は2008年度から、現道に対する遮熱性舗装の本格導入を開始した。これを機にヒートアイランド対策として区においてもアスファルト舗装道路の改良に取り組みを始めた。とくに道路率は大都市において高く、東京都区部・横浜市・名古屋市・大阪市で、およそ63%を占めている(図7-1) [7]。都市部における道路は殆どがアスファルト舗装で覆われており、欧米のように樹冠の大きい街路樹が少ないために日射を受けやすく都市部の高温化の一因にもなっている。

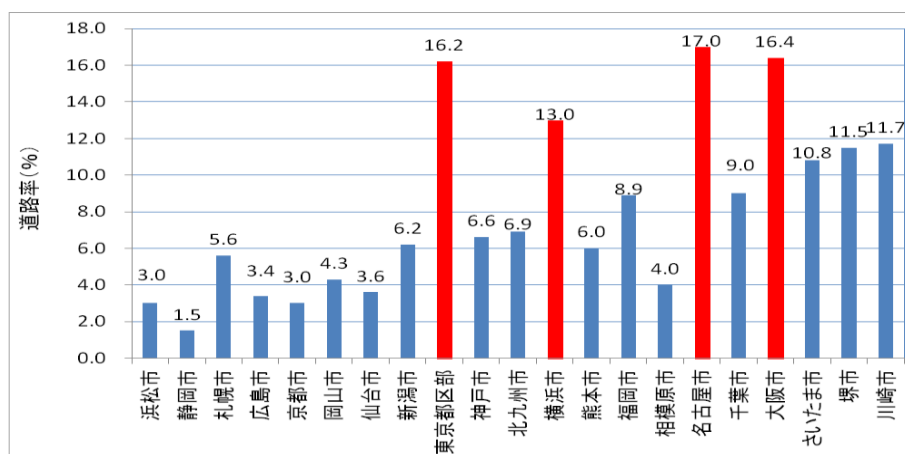


図 7-1 大都市の道路率（道路面積÷市域面積×100）

横浜市 大都市比較統計年表（2012年）『横浜市統計ポータルサイト』から筆者作成

(2) 遮熱性舗装

ヒートアイランド対策として都は、2001年度から2007年度にわたって実施した路面温度上昇抑制の性能を有する遮熱性舗装に関する調査検証の結果に基づき遮熱性舗装設計施工

要領（案）を策定し、2008年度から、現道に対する遮熱性舗装の本格導入を開始した。

都市地表面の高温化の進行を抑える道路舗装の技術改良によって生み出された遮熱性舗装は、遮熱コート材を舗装表面に塗布することによって路面温度の低減をはかることを目指す舗装である。遮熱性舗装は、都が本格導入を開始した2008年度は全国で171,895 m²の面積を施工している(図7-2)[9]。

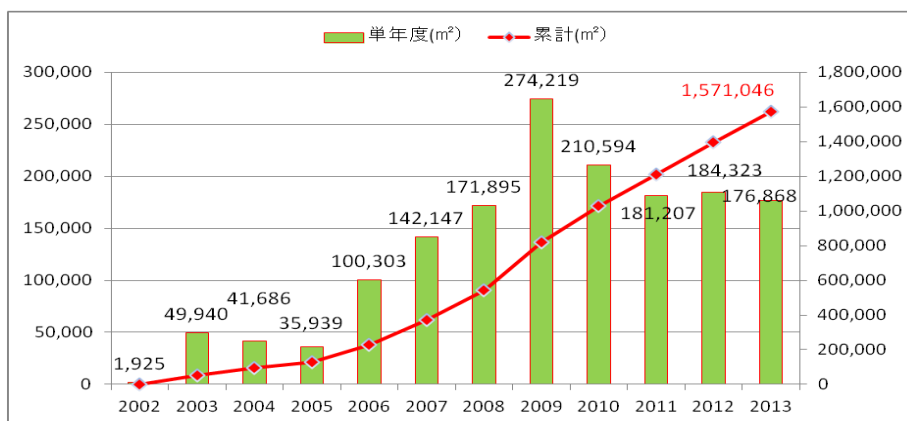


図7-2 遮熱性舗装 施工面積 (2002年度～2013年度) 2014年4月1日現在
路面温度上昇抑制舗装研究会(クール舗装研究会)データより筆者作成

(3) 保水性舗装

一方、日本の昔ながらの打ち水にちなんだ『打ち水キャンペーン』が各所で行われている。この打ち水と同じような効果がある保水性舗装がある。保水性舗装は、水を浸透させない従来の舗装構造を変え、自然土のように水分を内部に浸透させ保持する機能を持たせるものである。保水性舗装は排水性アスファルトの空隙部に、水を保持する添加剤を充填した舗装である。遮熱性舗装を、都が本格導入を開始した2008年度には全国で69,360 m²の面積を施工している(図7-3)[9]。

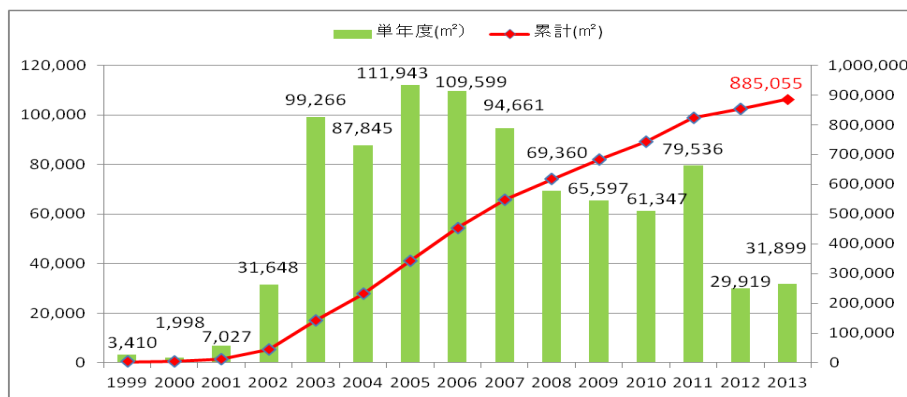


図7-3 保水性舗装 施工面積 (1999年度まで～2013年度) 2014年4月1日現在
路面温度上昇抑制舗装研究会(クール舗装研究会)データより筆者作成

7.1.2 緑化の現状

(1) 屋上緑化

都の2001年4月からの『東京における自然の保護と回復に関する条例』により屋上緑化は、促進のはずみとなり普及してきた（図7-4）[3]グラフの見方¹⁹。確かに、屋上は高温になる箇所の一つで有り、屋上緑化はヒートアイランド現象の緩和対策には有効と言える。

屋上緑化は蒸発散による潜熱消費によって顕熱を低減させ、ヒートアイランドを緩和する効果を有することが確認できた。ただし、その効果は、植物の種類や灌水等により異なることが明らかとなったと述べている[8]。表面温度は、無処理区が最も高く62.5℃であったのに対して、屋上緑化区は全体平均で40.2℃であった。屋上緑化区の中で最も低かったのは、イワダレソウ区で33.2℃で、最も高かったセダム区（49.4℃）とは約16℃の差がみられた点を考慮した施工が現在行われている。

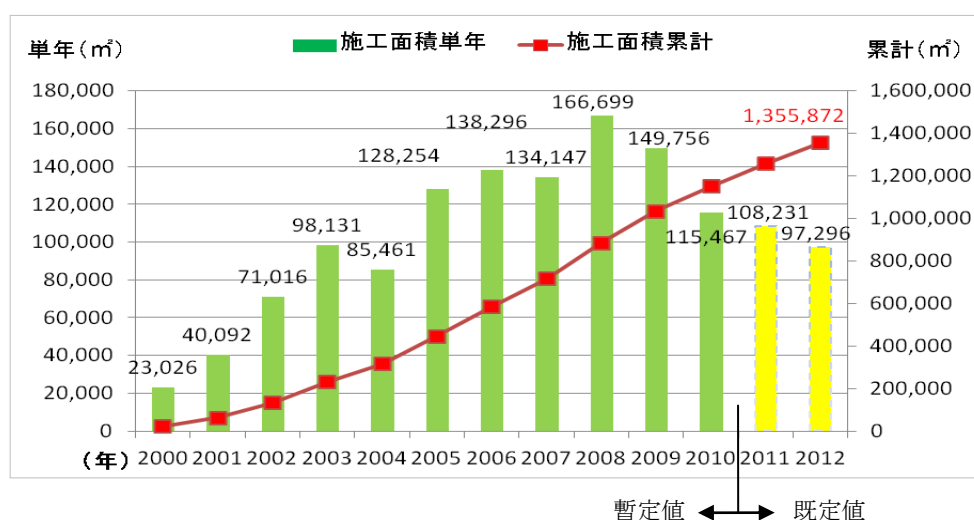


図7-4 東京都屋上緑化施工面積（国土交通省 2013年10月1日報道用発表資料から作成）

(2) 壁面緑化

一方で、屋上緑化ほどではないがヒートアイランドの緩和効果のある壁面緑化も行われている（図7-5）[3]。

¹⁹ 当該年の施工実績を3ヵ年に渡って継続的に調査し、データの追加や重複データの整理等を行っている。したがって、平成22年および平成23年の数値は、昨年（平成21年）の記者発表資料と異なる値となる。全国屋上緑化資料において、例えば、平成23年の屋上緑化施工面積は、暫定値（1年目）252,094 m²→暫定値（2年目）283,569 m²と12.5%増となっている。また、平成22年の施工面積については、本資料が確定値となる。（国土交通省：年別 全国屋上緑化・壁面緑化 施工面積（面積）で確認）。

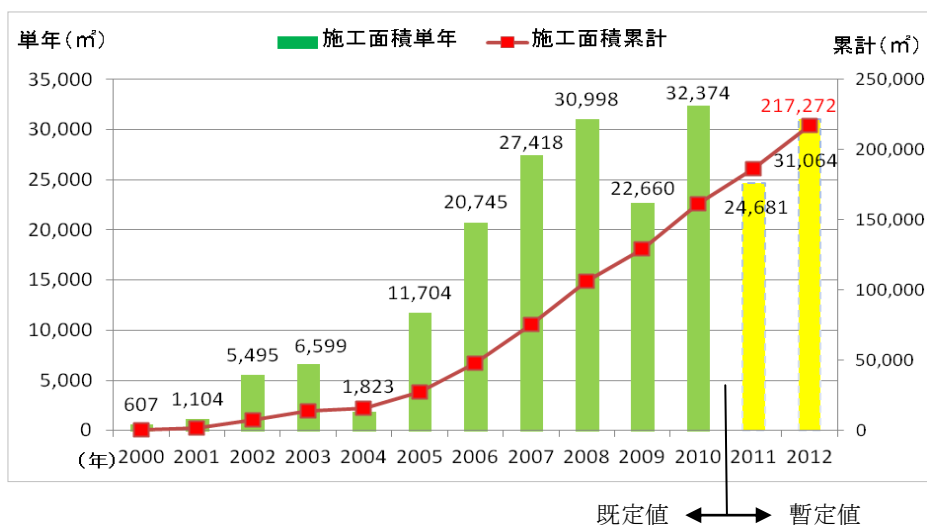


図7-5 東京都壁面緑化施工面積 (国土交通省 2013年10月1日報道用発表資料から作成)

7.1.3 水空間(水辺)の現状

水空間としての運河などの水路は陸上交通機関の発達で減少し、東京においては約43%をも減少したと言われる。また、水質の悪化により暗渠になった小河川や川底までもコンクリートが張られた三面張りという河川が数多くある。

水は都市における自然景観形成の重要な部分で、特に河川は多くの都市において身近な水辺である。様々な河川の形状に応じた多種のレクリエーション活動が行われている。いずれの場所においても、河川の自然性によるものが多い。図7-6は、国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所による水辺の楽校(多摩川)[4]で、遊びながら学べる多摩川自然の楽校である。



図7-6 水辺の楽校(多摩川) 国土交通省 関東地方整備局 京浜河川事務所より

自然的水辺景観は都市に居住する人々に潤いを与え、様々な水辺の利用を快適なものとしていると言われる。図7-7 は東京都の河川分類図である[5]。その他にも都市公園の水空間としての大田区の洗足池公園（図7-8）は池のある公園としては都内でも屈指の広さを有する公園で、公園総面積は約6.7haのうち洗足池は約4haほどとなっており、人々に潤いを与えている。



図7-7 東京都河川分類図

出典：東京都建設局 HP



図7-8 大田区の洗足池公園

筆者撮影

このような現状から、ヒートアイランド緩和対策としての遮熱性舗装，保水性舗装，緑化空間としての屋上緑化，壁面緑化や人間と自然とのかかわりが深い水空間（水辺）を検討することは、これらの技術等を地域に適合した緩和対策として普及させる手助けとなると考えられる。

7.2 大田区の基本計画における概要の一部分

本研究における熱環境緩和対策としての道路舗装，緑化，水空間（水辺）に関連した内容を区の基本計画の中から抽出し検討する。

そこで，大田区長期基本計画の中で提案された“人間優先のみち”としての呑川緑道軸構想の分科会が，検討作業をしてとりまとめた一部分および2011年に策定した大田区緑の基本計画「グリーンプランおおた」を含めた部分の内容を見ることにする。

1984年（昭和59年11月）の大田区長期基本計画「課題別個別計画検討プロジェクトチーム報告書（そのI）」[1]における『呑川緑道軸分科会』メンバーは，当時の公害環境部・学校教育部・土木部・建築部，『ウォーターフロント軸分科会』は，土木部・企画部・公害環境部，『みどりのネットワーク分科会』は，公害環境部・土木部・土木部公園課・建築部の知識豊富な職員で構成されていた。

現在も基本的には当時の大田区長期基本計画に基づいているが，社会の変化，状況に対応した政策を行っている。下記の図7-9・10・13・14は大田区長期基本計画における分科会が検討作業をしてとりまとめた一部分である。また，図7-11・12は2011年に策定した大田区緑の基本計画「グリーンプランおおた」によるものである[2]。

図7-9はA：東工大周辺，B：東調布公園周辺，C：本門寺周辺，D：蒲田駅周辺，E：森ヶ崎公園周辺の拠点整備箇所を表している。

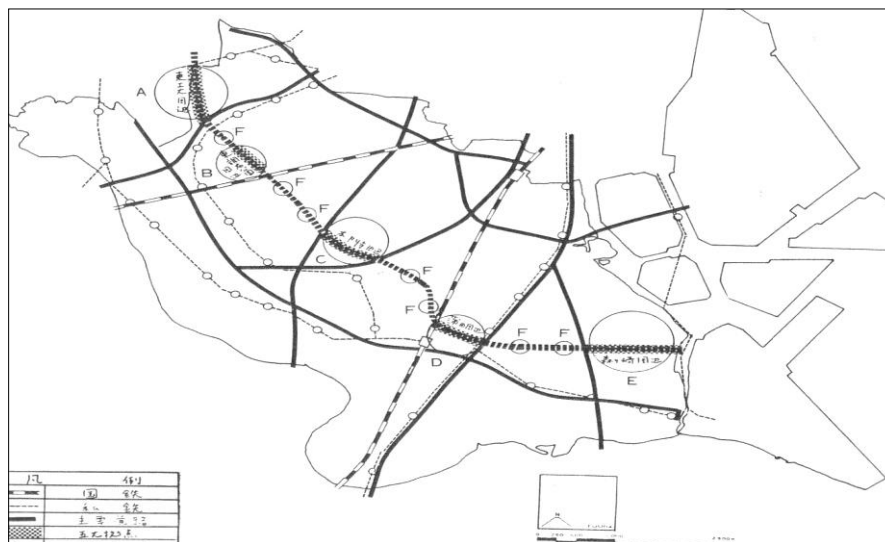


図7-9 拠点整備の5大拠点 A～E [1]

図7-10は近隣公園計画（近隣公園利用圏図）で面積が0.1ha以上，誘致圏としている。これは地区公園計画では，面積が4.0ha以上，誘致圏1,000mとしているためである。

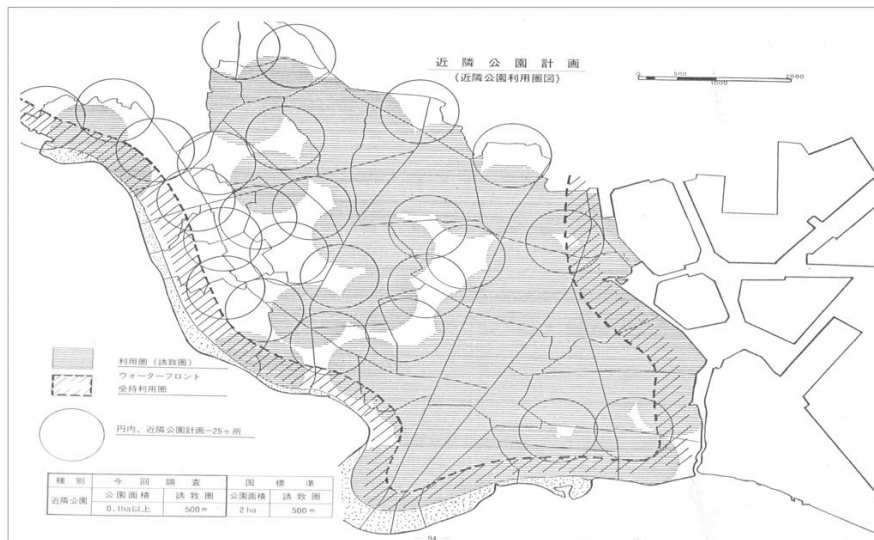


図 7-10 近隣公園計画近隣公園利用圏図 [1]

図 7-11 は 2011 年に策定した大田区緑の基本計画「グリーンプランおおた」において、土地利用の多様性を踏まえて区内を「6つの地域」に区分したものであり、地域別のみどりのまちづくりの方針を示したものである。図 7-12 は地域別方針図の全体図である。

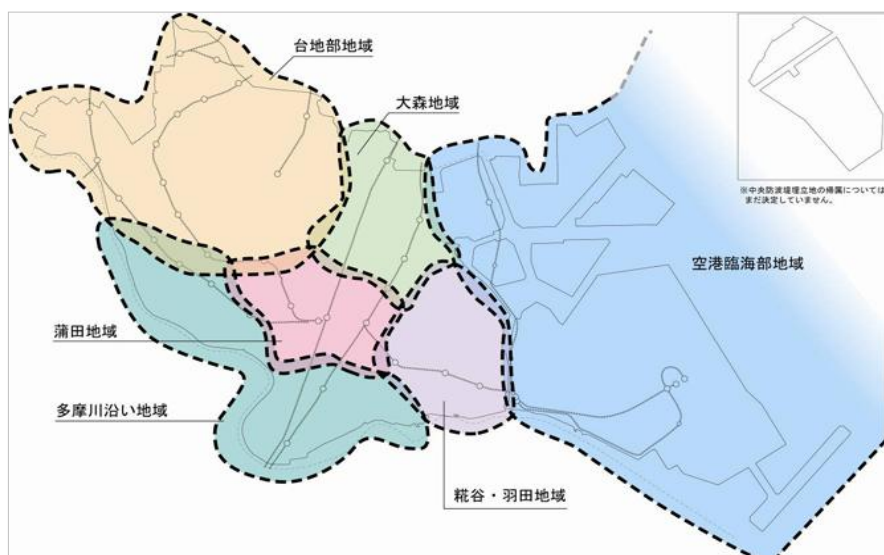


図7-11 6地域の区分図 大田区都市計画マスタープラン（改定素案）より [2]

注：地域の区分は概ねの境を示したものである。このため、地域の境界は相互に重なって表現されている。

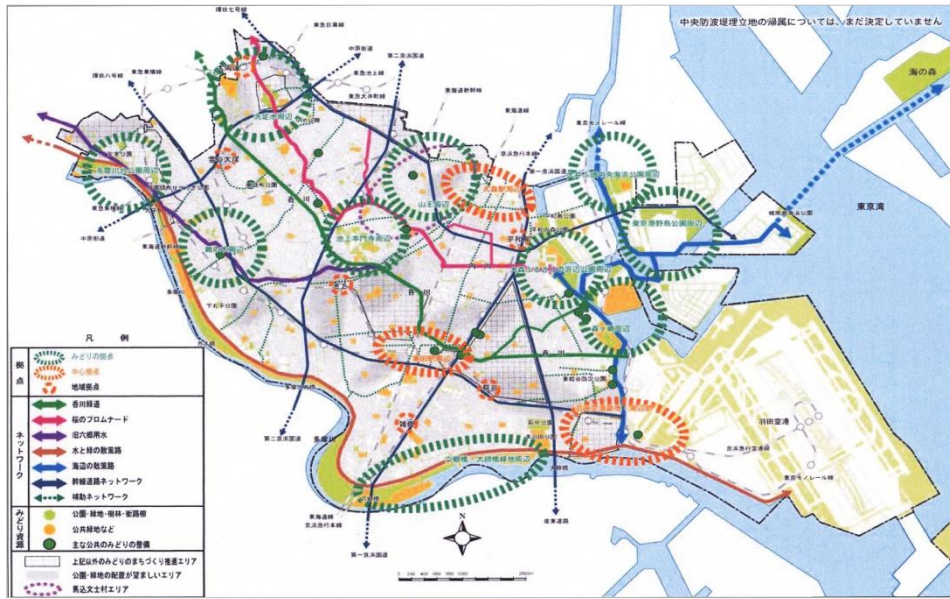


図 7-12 地域別方針図の全体図 [2]

図 7-13 は都市化された大田区において、多摩川・呑川などの河川や海岸線の緑地・水辺は、都市空間の整備にとって重要な役割を持っているためにウォーターフロント対象区域になっている。

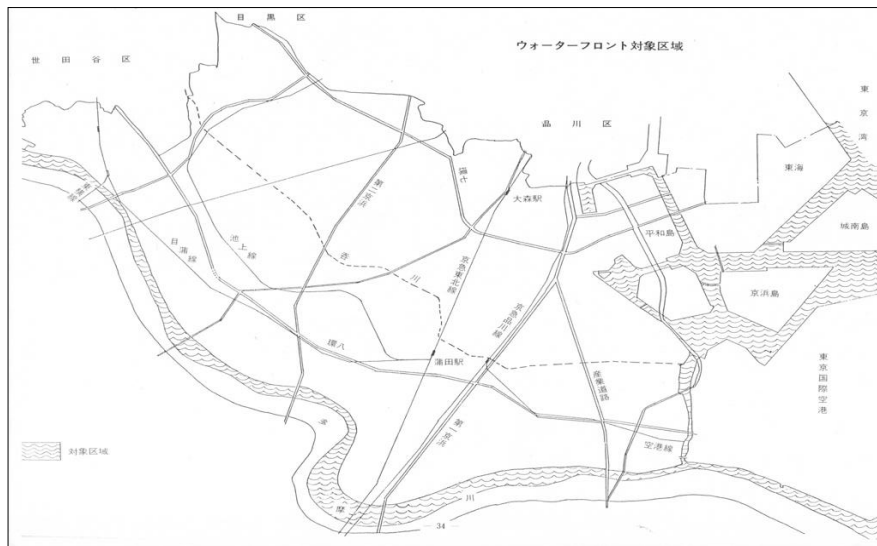


図 7-13 ウォーターフロント対象区域 [1]

図7-14はウォーターフロント軸基本構想図で現況把握をするためであり、多摩川周辺・空港周辺・埋立地を基本構想としている。

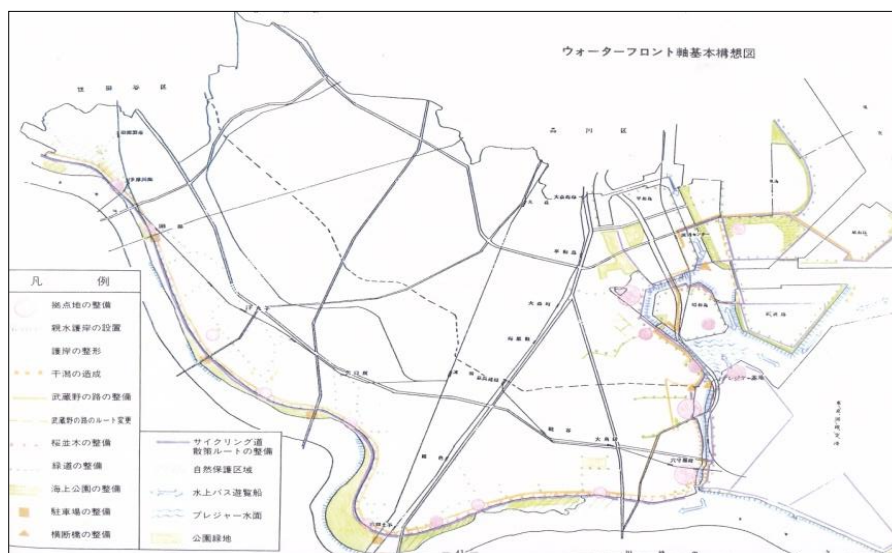


図7-14 ウォーターフロント軸基本構想図 [1]

現在も1984年(昭和59年11月)の大田区長期基本計画“人間優先のみち”としての呑川緑道軸構想に沿ったかたちで、継続され進められている。これは基本的には、ヒートアイランド現象による温暖化を緩和させるための対策である。

提言については、本研究よりのアンケート調査結果や各種資料と1984年・2011年の基本計画をも参考にして述べることにする。

7.3 道路舗装・緑化・水空間(水辺)の提言

7.3.1 道路舗装の提言

道路舗装において、遮熱性舗装は夏季舗装面の高温化を抑制する点で有効であることが検証できた。しかし、施工箇所の環境、遮熱コート材の色等で、改善における感じ方の違いがあることも考慮すべきと考える。

また、約530万㎡という舗装面積から熱環境緩和対策としては、大田北・大田西・大田南・大田東の4地域のいずれにするかに拘らず、1984年(昭和59年11月)の大田区長期基本計画を勘案すると、区内全域の適合した箇所に施行すべきであると考えられる。

7.3.2 緑化の提言

区の緑化において2011年4月1日時点の144箇所(内10,000㎡以上が17箇所)が、その17箇所の中に100,000㎡以上が3箇所あり、その内訳は、大田北49、大田西25、大田南40、大田東30箇所である。

2003年4月1日時点の公園の内訳は、大田北44公園、大田西24公園、大田南42公園、大田東30公園であった。これらの公園において【全樹種統合の日本における都市樹木の年間のCO₂固定量算定式^[6]】の各公園の高木のCO₂固定量は下記の通りであり、公園の有効性が示されていると言える。

CO₂固定量は大田北：13,124本 1,373,339.809 kg、大田西：7,697本 1,063,210.795 kg、大田南：4,747本 673,708.220 kg、大田東：6,687本 766,639.717 kgである。

しかしながら樹林地の少ない大田南と大田東、屋上緑化の少ない大田東、緑被率の少ない大田東を考慮して水空間による熱環境緩和対策をすべきである。また、公園を増やせない状況においては街路樹を増やすことが有効であると考ええる。

【年間のCO₂固定量算定式】

$$Y = 0.111\{(X+1.1)^{2.6173} - X^{2.6173}\}$$

ここでY：年間CO₂固定量 (kg) X：胸高直径 (cm) である。

7.3.3 水空間(水辺)の提言

水空間については、公園以外の水面積の少ない大田北、大田西と公園内の水面積の少ない大田南、大田東を考慮して緑化と公園内の水面積の増加による対策をすべきである。

また、第1章の図1-4のように水空間にめぐまれてはいるが、“風の通り道をつくる”という視点からは海・川に近い部分と内部についての人間の感じ方の違いを考慮すべきである。

何れについても1984年(昭和59年11月)の大田区長期基本計画「課題別個別計画検討プロジェクトチーム報告書(その1)」を考慮すべきであると考えられる。

参考文献

- [1] 大田区 大田区長期基本計画『課題別個別計画検討プロジェクトチーム報告書そのI』1984年11月.
- [2] 大田区 大田区緑の基本計画『グリーンプランおおた』2011年策定.
- [3] 国土交通省 年別 全国屋上緑化・壁面緑化 施工面積『日報道用発表資料』2013年10月.
- [4] 国土交通省 関東地方整備局 京浜河川事務所 『水辺の楽校(多摩川)』HP
- [5] 東京都 東京都建設局 『東京都河川分類図』HP
- [6] 松江正彦・長濱康介・飯塚康雄・村田みゆき・藤原宣夫, “日本における都市樹木の CO₂ 固定量算定式,” 『日緑工誌 J.Jpn.Soc.Reveget.Tech』35(2),2009年 pp.318 - 324.
- [7] 横浜市 大都市比較統計年表 『横浜市統計ポータルサイト』
<http://www.city.yokohama.lg.jp/ex/stat/index2.html> 2012年.
- [8] 横山 仁・山口 隆子・石井康一郎, “屋上緑化のヒートアイランド緩和効果—軽量薄層型屋上緑化に関する検討—,” 東京都環境研究所 2004年.
- [9] 路面温度上昇抑制舗装研究会(クール舗装研究会)HP, www.coolhosouken.com/

第8章 結論。

大田区は、1982年（昭和57年）に基本構想を策定し、2年後の1984年（昭和59年11月）に大田区長期基本計画を作成した。その報告書において、“人間優先のみち”としての呑川緑道軸構想が示されている。その後の2008年（平成20年10月）の基本構想においても同様の構想が示されている。そこで、本研究では、大田区における熱環境緩和対策としての遮熱舗装を含めた道路舗装、環境、環境税についてのアンケート調査を行い、それを通して地域環境対策を考察したものである。本章では、第2章から第6章までの内容をまとめ、本研究全体を通しての結論をだし、今後の課題についても示すことにする。

8.1 各章の内容

(1) 第2章では、ヒートアイランド現象について、世界と日本の現状を紹介し、東京の現状や大田区の現状についても紹介し、その環境影響について述べた。

(2) 第3章では、熱環境緩和対策において環境変化と地域の状況をより詳細に把握するために、道路舗装、緑化、水空間について資料の収集と調査を実施した。

地域に適合した熱環境緩和対策において、道路舗装による熱環境緩和対策として路面温度の低減効果を有する遮熱性舗装が事情により困難な場合に鑑みて、緑化、水空間、何れかの熱環境緩和対策に置き換えて、より良い環境対策を行う指針としての研究であり、熱環境緩和対策として大田北・大田西・大田南・大田東地域の何れの地域が遮熱性舗装、緑化、水空間による緩和対策に適合しているか確認するためであった。

(1) 道路舗装（遮熱性舗装）による熱環境緩和対策については、約530万 m^2 という舗装面積から熱環境緩和対策としては、大田北・大田西・大田南・大田東の4地域のいずれにするかに拘らず区内全域とすべきである。しかし、一般の舗装に比べてコスト高の点、交差点での耐久性の点を考慮して施工箇所、地域を選択すべきである。

(2) 緑化による熱環境緩和対策については、区の緑化において熱環境緩和の該当箇所は2011年4月1日時点で144箇所の公園があり、その内10,000 m^2 以上が17箇所あった。その17箇所の中に100,000 m^2 以上が3箇所あり、その他に児童公園が342箇所ある。公園は大田北49、大田西25、大田南40、大田東30箇所、児童公園は大田北107、大田西94、大田南81、大田東60箇所である。

なお、樹林地の少ない大田南と大田東、屋上緑化の少ない大田東、緑被率の少ない大田東を考慮して水空間による熱環境緩和対策をすべきである。

(3) 水空間による熱環境緩和対策については、公園以外の水面積の少ない大田北、大田西と公園内の水面積の少ない大田南、大田東を考慮して緑化と公園内の水面積の増加による熱環境緩和対策をすべきである。

また、熱環境緩和対策（ヒートアイランド）を考える点において、人間の視覚や温熱環境の規模、形態、地域に適合した環境配慮をする必要があろう。なお、熱環境緩和対策において、古来人間と最も関係の深い道（道路）を考慮した緩和対策を目指すべきと考える。

（３） 第４章では、熱環境緩和対策において環境変化の地域の状況を把握するために、４地域行政センター別に大田区の将来像（環境）について、アンケート調査を実施した。その結果から大田北地域においては、付録１の質問項目２３の中から以下の項目の割合が多かった。

No.01 空気がきれいな環境

No.03 排気ガスの少ない環

No.09 樹木が多い環境

No.11 ゴミが少ない環境

No.14 地震など災害の被害が少ない環境

No.18 川の水がきれいな環境

No.20 花が多い環境

No.23 景色が良い環境

回答者の各項目における選択数においても他の地域と比べて多いのは、大田北地域においてこれらの項目について環境変化が生じていることから、回答者が現在の環境状況に関心を持つようになったためであると考えられる。他の地域でも割合が多い項目は同様に環境変化が起きていると考えられる。

なお、本研究は、地域行政センター別に実施したアンケート調査結果をもとに、緑化と水空間の規模、形態、地域に適合した環境配慮の都市づくりの基礎資料として、熱環境緩和対策において遮熱性舗装との活用を目指したものである。

さらには、費用対効果における地域特性を大田区全体で、どのように評価するかが今後の課題と言える。

（４） 第５章では、環境税導入の意識調査を踏まえて先行研究を参考にし、環境税とは何かを説明し、外部不経済、内部化について論じている。

また、環境が変化している地域の状況を把握するため４地域行政センター別に、(1)大田区は将来どのような環境の町になって欲しいか、(2)CO₂削減のために環境税が導入された場合の支払意志額はいくらかの二つのアンケート調査を通して考察した。

行政センター別において大田北では、住民は他の地域よりも樹木が多いきれいな環境と快適な環境をより強く求める傾向がある。大田西では、住民は緑の多い地域に関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向がある。大田南では、商業施設の中心地域が含まれており、樹木の多い自然環境が求められている。大田東は、工場が多い地域であり、住民は樹木が多い住環境と快適環境を求める傾向がある。

アンケート調査結果から支払意志者の金額において最も多い割合は大田北では 36 人中 2,000 円が 30.6%，大田西では 56 人中 3,000 円が 41.1%，大田南では 48 人中 1,000 円が 35.4%，大田東では 18 人中 1,000 円が 44.4%，住所記入なしでは 13 人中 1,000 円が 30.8% であった。この結果は，5.3.1 の研究対象地域で記した自然環境に対応する地域住民の環境意識の現われであると思われる。一方，1,000 円以上の支払意志額を提示している人は 93.0% で，地域環境に対して住民は高い関心を示していると考えられる。

調査結果から 4 地域の現状において，例えば大田西では，住民は緑の多い地域にも関わらず樹木の多い自然環境を求める傾向があり，支払意志額においても 56 人中 3,000 円が 41.1% を示している。この結果から現在の環境を維持あるいは良くして欲しいという思いの表われで，それが支払意志額にも出ていると思われる。一方，大田北，大田南，大田東における地域住民の環境意識もこのような支払意志額に現われたものと思われる。

なお，本研究は，地域行政センター別に実施したアンケート調査結果を基に，緑化と水空間の規模，形態，地域に適合した環境配慮の都市づくりの基礎資料として，環境緩和対策において遮熱性舗装との活用を目指したものである。

(5) 第 6 章での緩和対策としての遮熱性舗装の研究は，2008 年度から都が現道に対する遮熱性舗装の本格導入を開始した翌年の 2009 年の研究開始当時，舗装研究者による評価はあったものの，まだ一般的な舗装ではなかった。

遮熱性舗装による緩和対策の有効性を明らかにするために舗装面の表面温度の測定，気象データ観測，アンケート調査等を行った結果において，緩和対策として遮熱性舗装が路面温度上昇を抑制する点では，有効であることを見ることができた。

しかし，アンケート調査の回答等から施工箇所とその環境面，遮熱コート材の色等，種々の要素から環境面の改善における感じ方の違いや地域特性を大田区全体で，どの様に生かしていくかが今後の課題と言える。

(6) 第 7 章での提言では，道路舗装・緑化・水空間（水辺）について述べる。

8.2 意識調査の結果

本研究における地域行政センター別住民の環境に対する意識は，以下の様な結果である。

(1) 将来の環境に対して住民は，きれいな（空気，水，ゴミの少ない）環境を要求
大田北は台地部と低地部の混在地域で比較的緑の多い地域で有るのにも拘らず樹木の多いきれいな環境と快適な環境を求めている。

大田西は緑の多い地域にも拘らず北同様に樹木の多い自然環境を求め傾向がある。

大田南は低地部で緑の少ない地域で商業施設の中心地が含まれており，樹木の多い自然環境を求めている。

大田東は低地部で緑の少ない地域で土地の面積割合で他の地域に比べて工場が多く、樹木が多い住環境と快適環境を求めている。

(2) 環境税の導入における支払意志額に対して下記の通りである。

約 80%の人が 1,000 円～3,000 円の支払い意志額を提示している。その中で支払金額の最も多い割合は大田北 2,000 円約 30%，大田西 3,000 円 41%，大田南 1,000 円 35%，大田東 1,000 円 44%である。

全体の平均は約 2,300 円である。

(3) 環境が良くなると思えばいくらまで支払いができるかについて下記の通りである。

支払意志額の平均は大田北 2,417 円，大田西 2,473 円，大田南 1,990 円，大田東 2,111 円である。

全体の平均は約 2,200 円である。

(4) 遮熱性舗装施工箇所における支払意志額は下記の通りである。

南雪谷二丁目（大田西）の平均は 2,710 円である。

大森西二丁目（大田南）の平均は 2,032 円である。

これらの結果から地域全体として住民は環境に対して高い意識を持っている。しかし、現在の環境状態の良し悪しにおいて支払額を決める傾向が見てとれる。

一方で環境税の支払額の平均が約 2,300 円に対して、環境が良くなればの支払額の平均が約 2,200 円とほぼ同額に近いことは、支払意志額からも住民の環境に対しての高い意識を感じ取ることが出来る。

また、遮熱性舗装施工箇所における支払意志額から住民の環境意識の地域性も現われていると思われる。

8.3 今後の課題

今後の課題について以下に記す。

(1) 晴天以外の気象条件を考慮した遮熱舗装のクールスポット効果の温度測定

本研究では、夏季の晴天の日を対象に表面温度の測定を実施した。遮熱舗装のクールアイランド効果は顕著に表れている。しかし、周囲の環境全体を把握するためには、晴天以外の気象条件にも配慮する必要がある。

(2) 樹木のクールスポット効果の気温・湿度の測定を複数の箇所で行う必要性

今回の測定箇所の洗足公園には池があり、水面からの蒸発散や水面に熱量が蓄えられることも考慮し、同規模・同規模以下の他の公園でも測定が必要である。

(3) 公園と河川での水面上と水面周囲の気温・温度・湿度の測定

今回は河川・公園の水面積を地域別に把握して検討するために丁目別に水面積を抽出したのみで、気温・温度・湿度の測定が必要である。

本研究に関する既発表論文等

【審査論文】

- 1) 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—,” 『日本地域学会 地域学研究』第42巻 第2号, 2012年10月, pp.409 - 421.
- 2) Tsuyoshi ENOMOTO, “A Study on Environmental Changes in Ecuador—Through analyzing the Economic Structure of Ecuador—,” 『International Journal of Environmental Engineering and Management』ISSN 2231-1319 Volume 4, Number 2 (2013), pp. 153-172

【査読なし論文】

- 1) 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第2号, 2011年3月, pp.26 - 37.
- 2) 榎本 毅, “環境変化と地域における熱環境緩和に関する研究—大田区の将来の環境に関するアンケート調査を通して—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第3号, 2012年3月, pp.1 - 13.
- 3) Tsuyoshi ENOMOTO, “A Study on Environmental Changes in Ecuador—Through analyzing the Economic Structure of Ecuador—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第4号, 2013年3月, pp.1 - 16.
- 4) 榎本 毅, “大田区における環境変化に関する研究—大田区の環境アンケート調査を通して—,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第5号, 2014年3月, pp.1 - 15.
- 5) 榎本 毅, “大田区における熱環境緩和対策としての道路・緑化・水空間に関する研究,” 『立正大学大学院年報 経済と環境』第6号, 2015年3月掲載予定

【学会発表】

- 1) 榎本 毅, “大田区の熱環境問題緩和に関する研究—大田区における遮熱性舗装を通して—,” 『日本地域学会』2010年10月, 政策研究大学院大学.
- 2) 榎本 毅, “環境変化と地域における熱環境緩和に関する研究—大田区の4地域における道路・緑化・水空間に関する熱環境緩和対策—,” 『日本地域学会』2011年10月, 和歌山大学.
- 3) 榎本 毅, “エクアドルの地域における環境変化に関する研究—エクアドルの経済を通して—,” 『日本地域学会』2012年10月, 立正大学.
- 4) 榎本 毅, “大田区におけるCO₂削減のための環境税導入に関する意識調査” 『日本地域学会』2013年10月, 徳島大学.
- 5) 榎本 毅, “大田区における熱環境緩和対策に関する考察,” 『日本地域学会』2014年10月, 麗澤大学.

謝辞

本論文をまとめるにあたり、懇切丁寧なご指導をいただきました立正大学大学院経済学研究科教授藤岡明房先生に心より厚くお礼申し上げます。社会人大学院生として、常にご配慮をいただき、大変感謝をいたしております。

立正大学大学院地球環境科学研究科教授後藤真太郎先生、立正大学大学院経済学研究科教授北原克宣先生、国立環境研究所王勤学先生には、大変有益なご指摘、ご指導をいただきました。ここに深く感謝をいたし、お礼申し上げます。また、経済学の世界に導いてくださった諸先生に対し心から感謝とお礼を申し上げます。

本論文をまとめるために、さらに多くの方々にお世話になりました。残念ながらその一部の方々のお名前しか上げられませんが、以下に記して感謝の意を表します。

遮熱性舗装の施工と研究に対して、ご教示をいただいた大田区建設工事課馬場正弘氏、石橋克己氏、(株)佐々木組今野弘年氏、(株)河津建設森聡氏、(株)NIPPOコーポレーション武石英人氏。

統計資料の収集にあたって大田区まちづくり課明立周二氏、保科良一氏、伊藤展博氏、建築審査課森住氏、環境保全課の方々。

アンケート調査にご支援とご協力をいただきました雪谷ミュキ共栄会(会長 濱田豊和氏)の皆様、キッズプラザアスク雪谷大塚園、大森学園高等学校、大田区まちなみ整備課職員の方々、区内居住の方々。

最後に、多くの方々にご協力をいただきましたことに感謝申し上げます。