

1.2 ヒートアイランド現象の要因について

・ヒートアイランド現象の主な要因として、地表面被覆の人工化、都市形態の高密度化、人工排熱の増加が挙げられます。

ヒートアイランド現象の主な要因として、①地表面被覆の人工化（緑地の減少と舗装や建物などによる人工的被覆面の拡大）、②都市形態の高密度化（密集した建物による風通しの阻害や天空率の低下）、③人工排熱の増加（建物や工場、自動車などの排熱の増加）の3つが挙げられます。これら3つの要因には主に以下の特徴があります。

- ① 地表面被覆のうち、アスファルトやコンクリート等の舗装面や建物の屋根面は、夏季の日中に日射を受けると表面温度が50～60℃程度にまで達し、大気を加熱します。また、日中に都市内の舗装面に蓄えられた熱は、夜間の気温低下を妨げる原因となります。

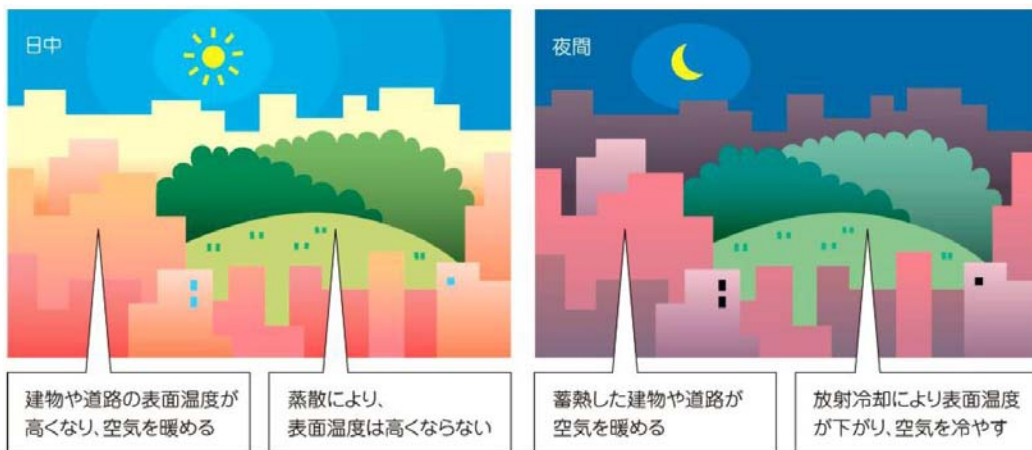


図 1.25 地表面被覆の状態と気温の関係 資料) 環境省：ヒートアイランド対策ガイドライン

- ② 中高層の建物が増加して高密度化すると、風向きによっては地上近くの風が弱まり、熱の拡散や換気力を低下させる可能性があります。また、高密度化した都市内では、天空率が小さく、夜間の放射冷却が阻害されるために、熱が溜まりやすくなります。

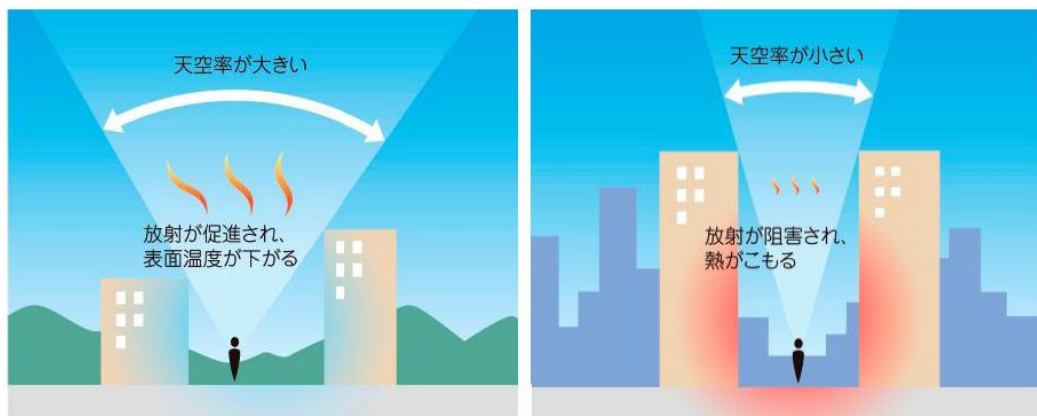


図 1.26 天空率と放射の関係 資料) 環境省：ヒートアイランド対策ガイドライン

- ③ 建物の空調機器や自動車、工場や清掃工場、火力発電所におけるエネルギー消費は最終的に熱として環境中に放出されます。空冷式の空調機器や燃料の燃焼に伴って発生する熱の大部分を占める顕熱は大気を暖め、気温上昇の原因の一つとなります。



図 1.27 都市における人工排熱の排出 資料) 環境省：ヒートアイランド対策ガイドライン

★顕熱と潜熱

物質を加熱・冷却する熱には「顕熱」と「潜熱」があります。

顕熱：物質の状態変化を伴わず、その物質の温度上昇に使われる熱のことで、本マニュアルでは放射により加熱された地表面などから大気へ対流する熱のことを指します。顕熱は、地表面の温度と大気との温度の差が大きいほど、また風が強いほどその量は大きくなり、大気を暖めます。空冷式の空調機器や自動車などから出される熱の多くは顕熱で、そのまま大気を暖めます。

潜熱：物質の状態が変化するときに必要なとされる熱エネルギーのことで、本マニュアルでは水が蒸発する際に気化熱として地表面などから奪われる熱のことを指します。潜熱を放散しても空気を暖めませんが、湿度は上昇します。植物は、日中に日射から受けるエネルギーの多くを蒸散により潜熱として放出します。また、水冷式の空調機器などは排熱のほとんどを潜熱として排出します。

ヒートアイランド現象は大都市を中心として都市圏全体に影響がある広域的な問題ではありますが、本マニュアルではヒートアイランド現象が顕著な大都市（東京都区部、名古屋市、大阪市、福岡市（対象となる都市区域については図 1.28、1.29 参照））を対象に、これらの3つの要因の変化について、特に経年変化に着目し以下に整理しました。要因の変化の把握においては、対象都市全体に関する各指標の経年変化を推定し、各都市で必要な統計データ等が概ね利用可能な1950年代以降の変化を比較しました。

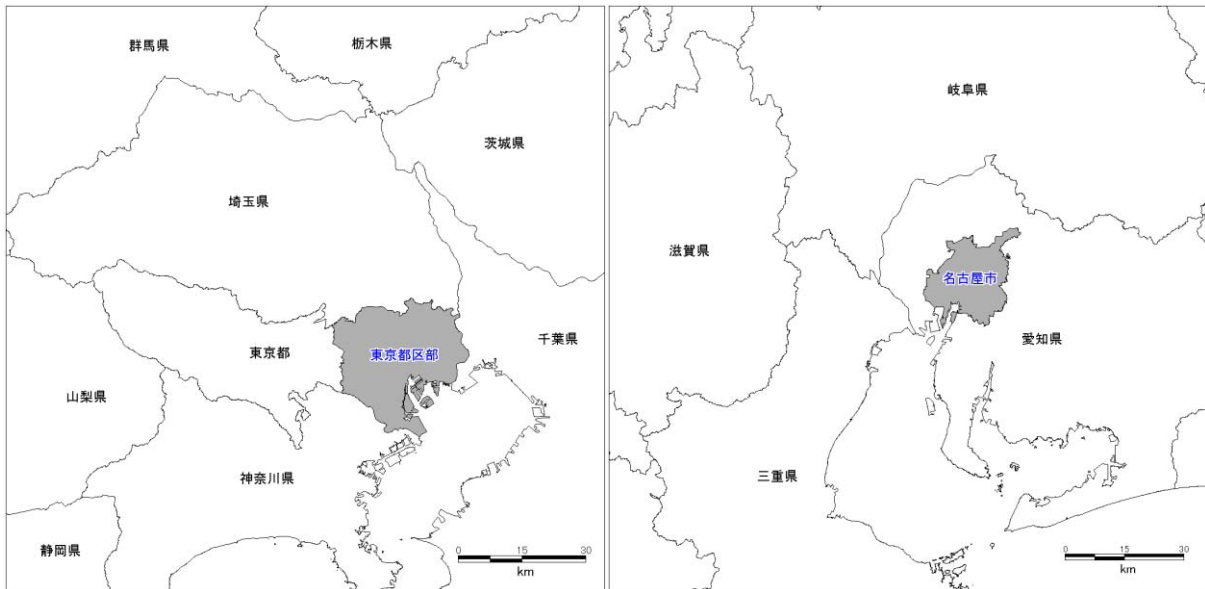


図 1.28 対象都市（東京都区部、名古屋市）

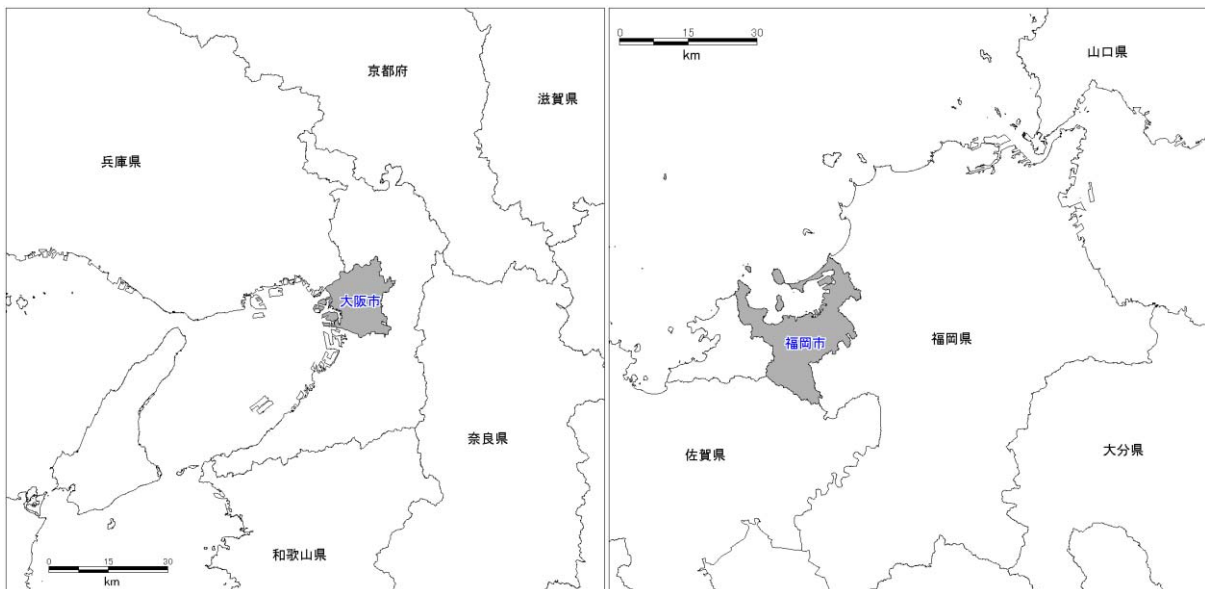


図 1.29 対象都市（大阪市、福岡市）

1.2.1 地表面被覆状況の変化

- ・公園・緑地等は整備により増加していますが、宅地化による山林・農地等の面積率の減少や、海面の埋立による水面の減少が大きいため、自然的被覆全体では減少しています。
- ・宅地化とそれに伴う道路等の都市基盤整備により、舗装面積率が増加しています。
- ・スプロール^{※1}化が進行している大都市では建物面積率の増加が続いていますが、スプロール化がほぼ落ち着いた大都市では1970年代後半以降の建物面積率の変化はわずかです。

1) 自然的被覆

国土地理院の「細密数値情報（10m メッシュ土地利用）」や「数値地図 5000（土地利用）」のデータが整備されている三大都市圏を対象に、図 1.30、図 1.31 のとおり、東京都区部、名古屋市、大阪市における 1970 年代以降の自然的被覆（山林・農地等、公園・緑地等、水面）の変化を見ると、いずれの都市も宅地化によって山林・農地等が減少し、海面の埋立により水面も減少しており、特に名古屋市における山林・農地等の減少が大きいことがわかります。公園・緑地等（公園内等には一部人工的な被覆も含まれます）は整備により増加はしていますが、自然的被覆（山林・農地等、水面、公園・緑地等の合計）全体では減少しています。

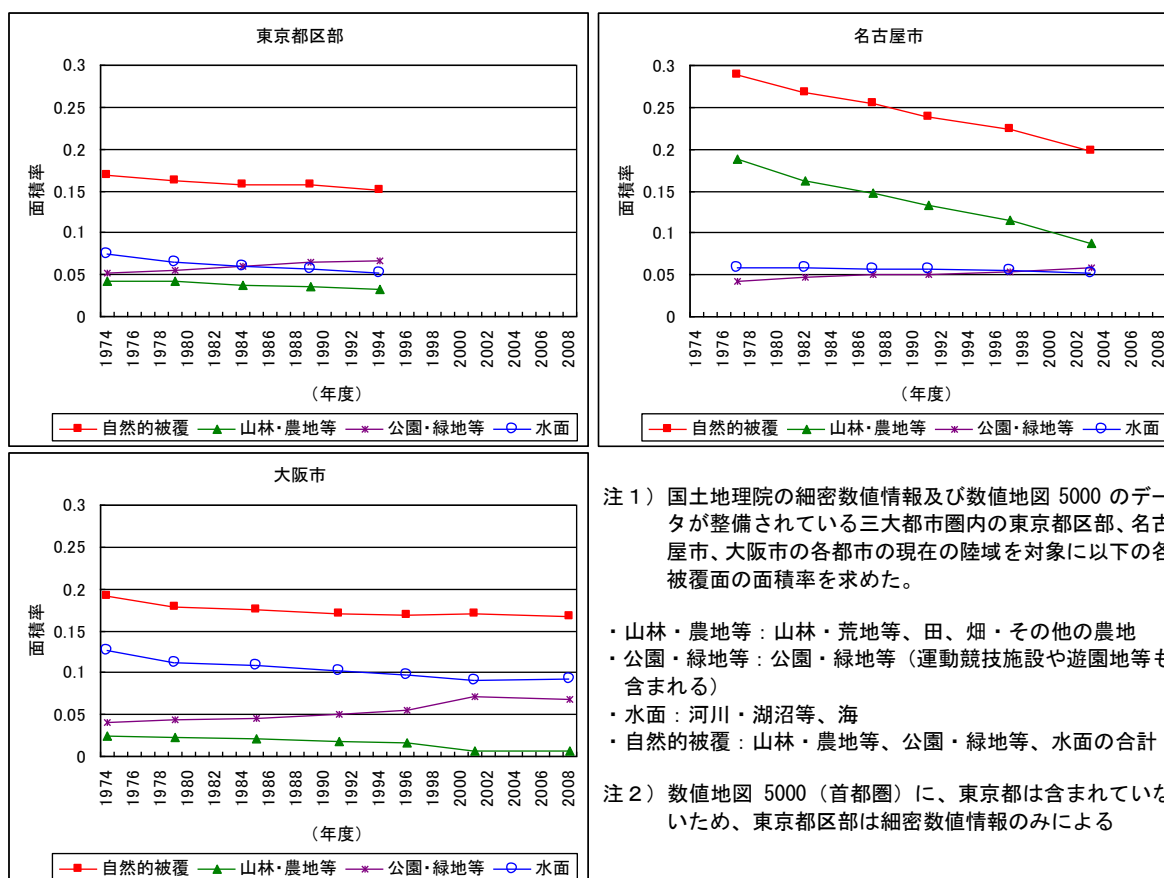


図 1.30 自然的被覆面積率の推移

※1 スプロール：市街地が無計画に郊外に拡大し、虫食い状の無秩序な市街地を形成すること

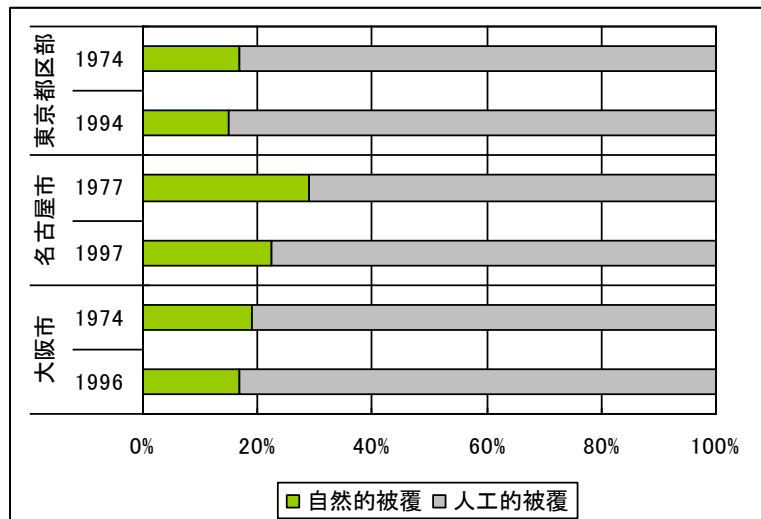
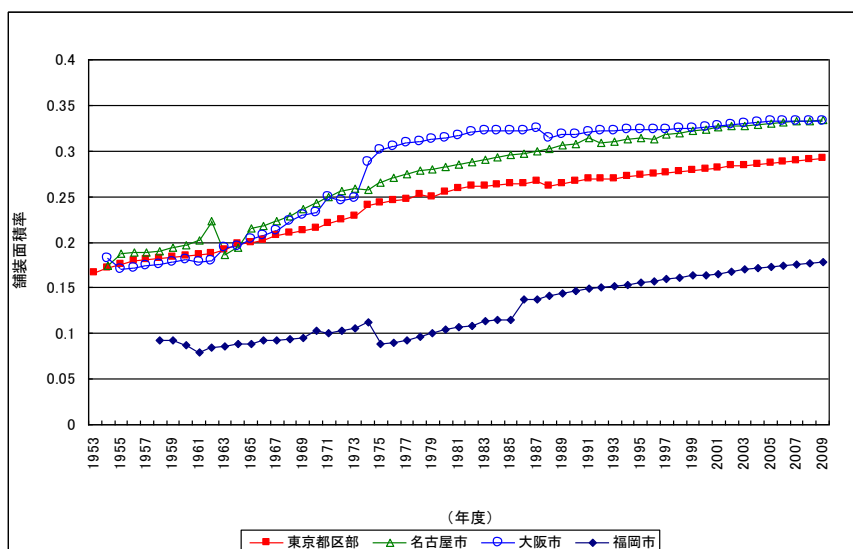


図 1.31 都市ごとの自然的被覆と人工的被覆の構成比
資料) 細密数値情報

2) 人工的被覆 (道路・建物)

図 1.32 のとおり、気温を上昇させる方向に作用するアスファルトやコンクリートなどの舗装面積率の推移を見ると、宅地化とそれに伴う都市基盤整備に併せて、いずれの都市においても増加しており、名古屋市と福岡市は東京都区部や大阪市よりも変化が大きくなっています。

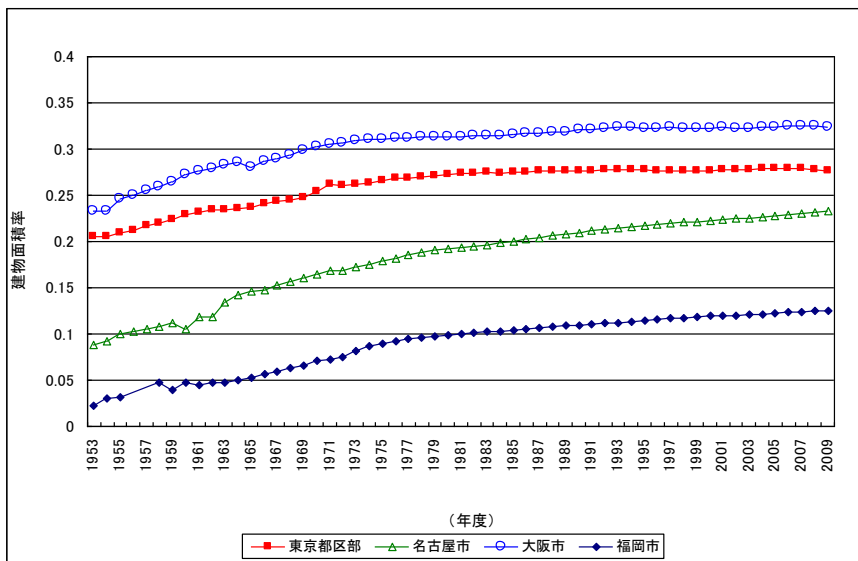
また、建物面積率の増加によって地表面被覆の人工化が拡大することから、建物面積率の推移についても、図 1.33 のとおり把握を行いました。名古屋市や福岡市は建物面積率の増加が続いており、まだ現在もスプロール化が進行している状況が見られますが、スプロール化がほぼ落ち着いた東京都区部や大阪市では、1970 年代後半以降、建物面積率はあまり変化していません。



注 1) 舗装面積率 = 舗装面積 / 各都市の市域面積とし、道路現況調査による道路面積 (大都市比較統計年表) や各都市の土地利用現況調査、数値地図 5000 (国土地理院) 等を用いて各都市における値を推定した。

注 2) 周辺市町村の編入 (名古屋市、福岡市) 等により一時的に舗装面積率の減少がある。

図 1.32 舗装面積率の推移



注) 建物面積率＝建物面積／各都市の市域面積として、宅地面積（大都市比較統計年表）、各都市の土地利用現況調査等の資料を用いて各都市における値を推定した。

図 1.33 建物面積率の推移

3) 人工的被覆（建物緑化）

国土交通省の全国屋上・壁面緑化施工実績調査により、対象都市の属する都府県の 2000 年以降における累積の屋上緑地面積の推移を見ると、徐々に増加してきています。特に全国に先駆けて条例による屋上緑化の義務付け制度を導入した東京都の占める割合が大きいことがわかります。基本的に施工された屋上の緑は維持されていると考えられますが、大都市において緑の減少を補う方策の一つとして、今後も屋上緑化面積が増加していくことが予想されます。

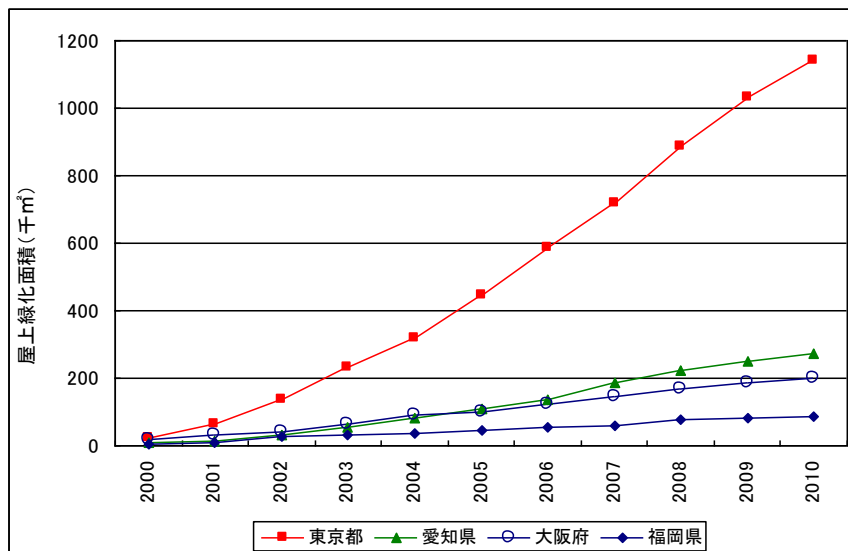


図 1.34 屋上緑地面積の推移

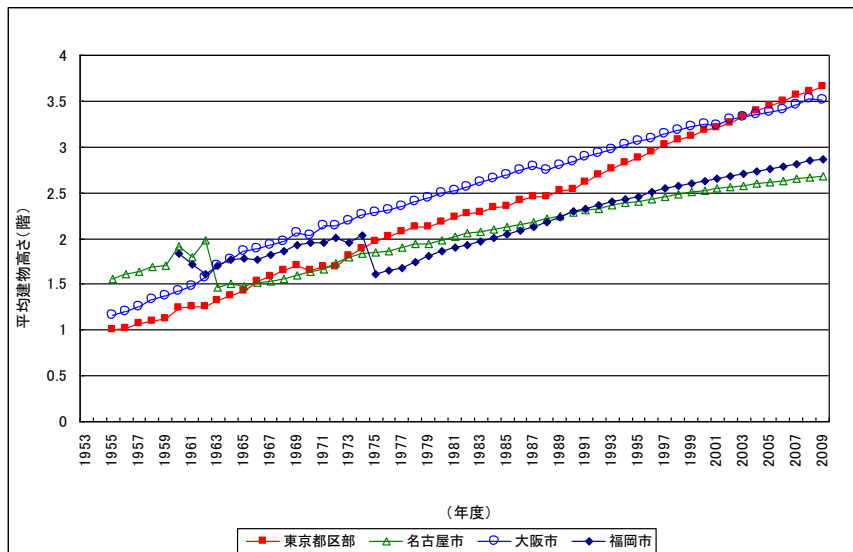
資料) 国土交通省：全国屋上・壁面緑化施工実績調査

1.2.2 都市形態の変化

- ・スプロール化が続いている大都市は、建物密度（建物面積率）が次第に高くなってきている一方で、スプロール化の沈静化した大都市は建物密度の変化はほとんどなく、高い状態が維持されています。
- ・都市における建物の高層化により、平均建物高さが増加の傾向にあります。

建物密度（建物面積率）が高くなると、地表付近の風通しが悪くなり、換気性能が低下するため、熱も拡散しにくくなります。図 1.33 で示した建物面積率の推移を見ると、東京都区部や大阪市では建物面積率が概ね 30%と高く、建物密度が高い状況が見られます。名古屋市や福岡市は東京都区部や大阪市ほど建物面積率は高くはありませんが、徐々に増加している状況が見られ、建物密度が高くなることにより、地表付近の風通しが悪化してきていると考えられます。

一方、高層建物の増加により都市が高密度化すると、夜間の放射冷却が阻害され、都市内から熱が逃げにくくなりますが、図 1.35 に示した平均建物高さの推移を見ると、いずれの大都市も徐々に建物が高くなってきていることがわかります。



注 1) 1.2.2 で推定した建物面積率と固定資産税課税対象建物の延床面積（大都市比較統計年表）を用いて各都市における値の推移を推定した。

注 2) 周辺市町村の編入（名古屋市、福岡市）等により一時的に値が減少する場合がある。

図 1.35 平均建物高さの推移

1.2.3 人工排熱の排出状況の変化

- ・人工排熱には「供給段階の排熱（供給エネルギー量）」、「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」、「排出段階の排熱（環境への排熱量）」があります。
- ・建物からの「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」は、住居系・非住居系の建物のいずれも増加してきており、特に東京都区部における非住居系の建物の近年の増加が大きくなっています。
- ・自動車からの「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」は、1997年頃まで増加を続けていましたが、その後横ばいからわずかに減少傾向に変化しています。
- ・工場からの「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」は、1970年代前半まで増加を続けてきましたが、第1次オイルショック以降は減少を続けています。
- ・清掃工場からの「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」は、ごみの焼却量の増加やごみ発熱量の上昇に伴い、1990年代前半まで増加していましたが、その後ごみの減量などにより減少傾向を示しています。
- ・火力発電所からの消費段階の排熱（消費エネルギー量）は、発電所の新設や施設の増強・改良あるいは廃止の際における変化が大きく、気温の年変動等による発電量の変化の影響もあり、都市化の進行と直接的に関係しているわけではありません。

「平成15年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書（平成16年3月）」（国土交通省・環境省）において、都市における人工排熱には「供給段階の排熱（供給エネルギー量）」、「消費段階の排熱（消費エネルギー量）」、「排出段階の排熱（環境への排熱量）」があると整理されています。

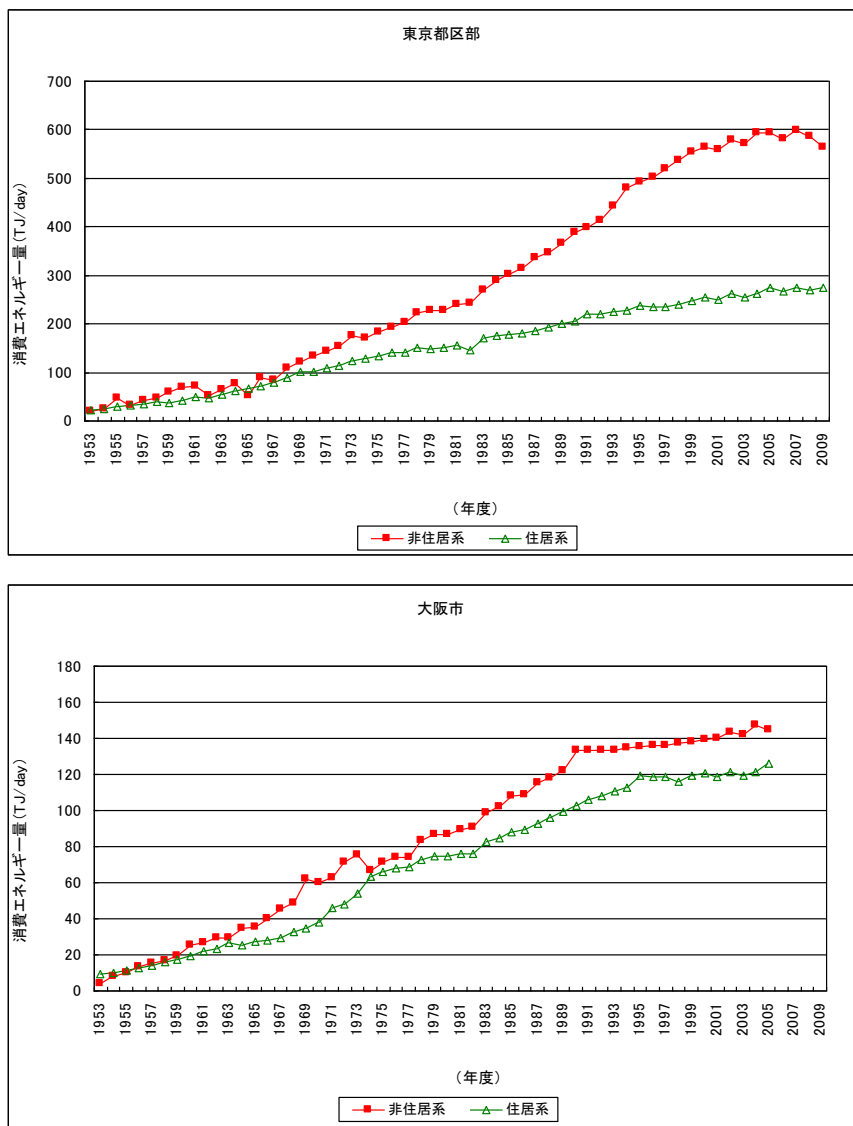
ヒートアイランド現象の要因変化の把握においては、都市の気温等に直接影響を与える「排出段階の排熱^{※2}」の顕熱の把握が有効と考えられますが、「排出段階の排熱」の顕熱は長期間に遡った経年的なデータの入手、推定に限界があります。そのため、本マニュアルにおいては、上記の報告書で主要な人工排熱源として対象とされている建物、自動車、工場、清掃工場、火力発電所について、「消費段階の排熱^{※3}（消費エネルギー量）」の推移を把握しました。各項目の具体的な推定方法については参考資料2を御参照下さい。

※2 排出段階の排熱：空調機や煙突、放熱器から大気、水などに排出される熱を直接捉えるもので、個々の機器から排出（熱交換）される熱量を積み上げて求めた都市全体の人工排熱。空調機の排熱に含まれる日射や人体発熱など自然由来の熱も含まれる。

※3 消費段階の排熱：消費されたエネルギーが最終的にはすべて熱になると考え、電力やガス、石油などのエネルギーが個々の機器で使用される際の使用量で捉え、個々の使用量に当該エネルギーの発熱量を乗じたものを積み上げて求めた都市全体の人工排熱。

1) 建物からの排熱

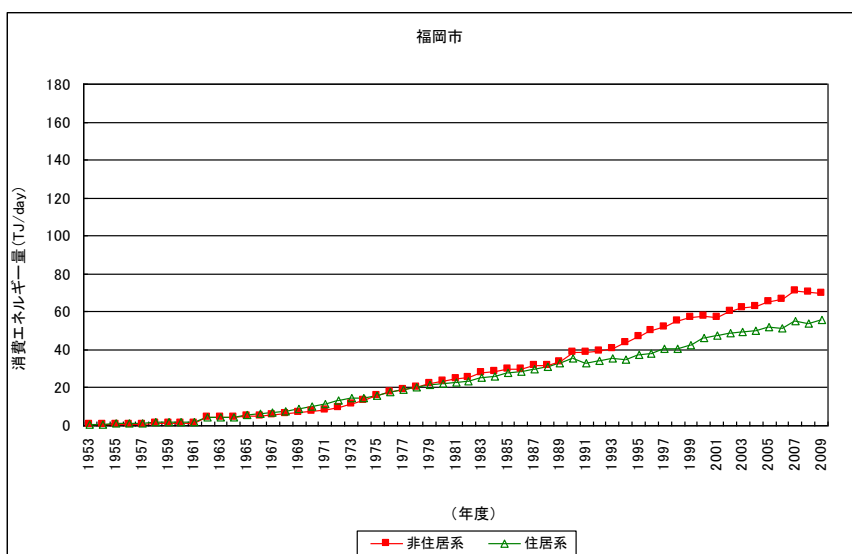
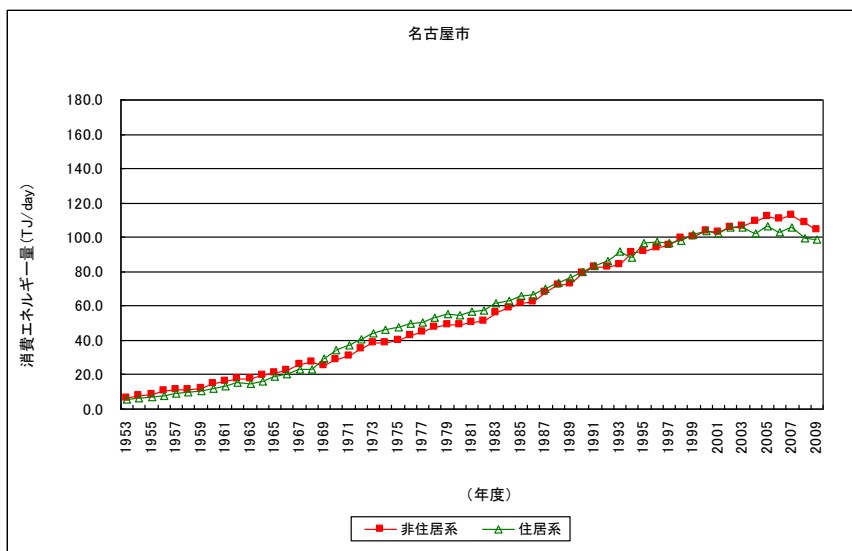
消費段階の排熱量（エネルギー消費量）の推定結果より、住居系、非住居系（業務・商業建物等）のいずれも排熱量が増加し続けており、東京都区部では特に非住居系の建物からの排熱量の割合が多く、近年の増加が大きいことがわかります。



注 1) 各都市におけるエネルギー消費量実績値（民生業務、民生家庭）、契約形態別の電力使用量や用途別のガス消費量の推移（大都市比較統計年表）を用い、消費段階の排熱量の推移を推定した。

注 2) 建物の空調エネルギー使用は、電気やガス主体への転換が起こる 1970 年代以前には、重油などの燃料が主に使用されていたと考えられるが、各都市における燃料使用を適切に把握できる統計がない。

図 1.36 建物からの排熱量（消費段階）の推移（東京都区部、大阪市）



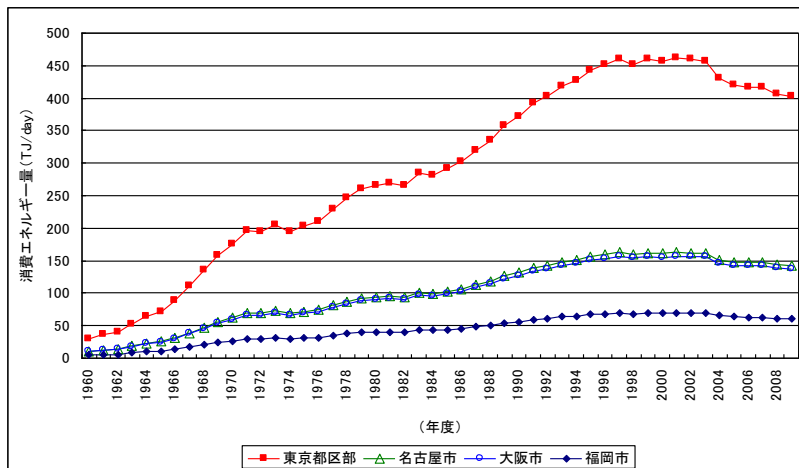
注 1) 各都市におけるエネルギー消費量実績値（民生業務、民生家庭）、契約形態別の電力使用量や用途別のガス消費量の推移（大都市比較統計年表）を用い、消費段階の排熱量の推移を推定した。

注 2) 建物の空調エネルギー使用は、電気やガス主体への転換が起こる 1970 年代以前には、重油などの燃料が主に使用されていたと考えられるが、各都市における燃料使用を適切に把握できる統計がない。

図 1.37 建物からの排熱量（消費段階）の推移（名古屋市、福岡市）

2) 自動車からの排熱

自動車走行に伴うガソリンや軽油等の燃料の消費段階の排熱量について、道路交通センサス調査や自動車輸送統計調査などに基づいて推定した各都市の自動車からの排熱量の推移を見ると、1990年代半ばまで増加を続けていましたが、その後は横ばいからわずかに減少に転じています。

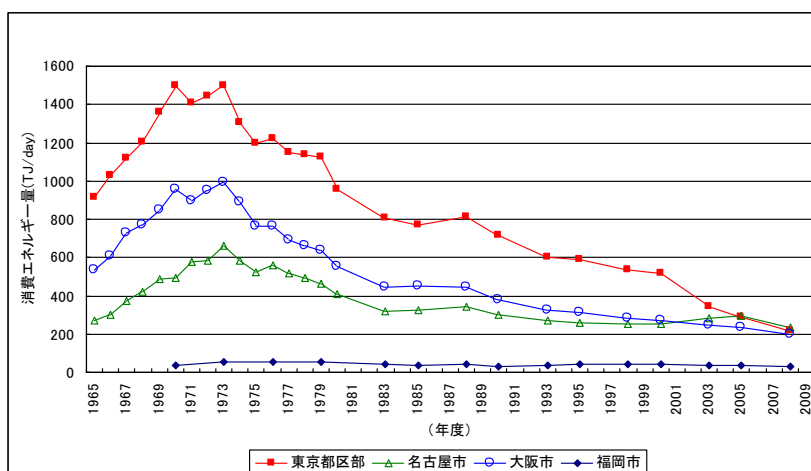


注) 以下の資料を用いて各都市における消費段階の排熱量の推移を推定した。
 ・国土交通省・環境省：平成15年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書，平成16年3月
 ・国土交通省：道路交通センサス調査（平成11年度）、自動車輸送統計年報（昭和35年度～平成21年度）
 ・(社)全国軽自動車協会連合会：軽三・四輪車および全自動車保有台数の年別車種別推移（昭和41年度～平成21年）

図 1.38 自動車からの排熱量（消費段階）の推移

3) 工場からの排熱

工場の生産工程において使用される燃料や電力の消費に伴い、工場の煙突や地上付近から排熱が放出されます。大都市の工場について、総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）と工業統計調査（経済産業省）に基づいて推定した消費段階の排熱量（エネルギー消費量）の推移を見ると、我が国の高度経済成長に伴い1970年代初期まで増加が続きましたが、第1次オイルショック（1973年）を契機に減少に転じ、工場の郊外移転や省エネルギーの進展などにより、徐々に小さくなってきています。



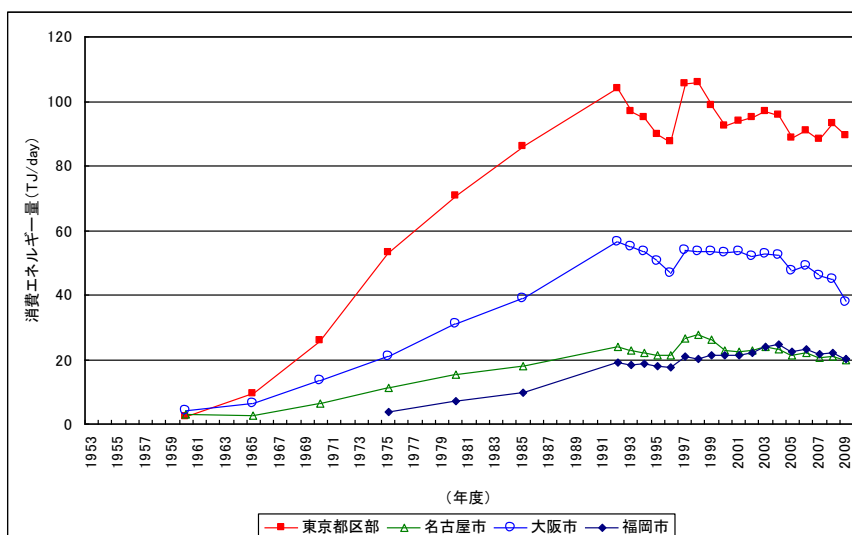
注1) 総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）と工業統計調査（経済産業省）より、各都市における消費段階の排熱量を推定した。
 注2) 全国から各都市への消費エネルギー量の配分に際して、製造業の製造品出荷額等あたりの消費エネルギー量に地域差がある可能性は考慮されていない。

図 1.39 工場からの排熱量（消費段階）の推移

4) 清掃工場からの排熱

都市における清掃工場からの消費段階の排熱量（エネルギー消費量）の推移を、ごみ焼却量とごみ発熱量の推移、ごみ質（水分量）の推移から推定しました。なお、消費段階の排熱量には、ごみ発電の売電分や周辺施設への余熱供給分の熱も含まれます。

大都市への人口集中に伴うごみ焼却量の増加等により清掃工場からの排熱量も 1990 年代前半までは増加を続けました。その後はごみの減量化等により横ばいから減少に変わっています。



注 1) 各都市のごみ焼却量（大都市比較統計年表）、ごみ発熱量及びごみ質の推移（大阪市資料）を用いて各都市における消費段階の排熱量の推移を推定した。

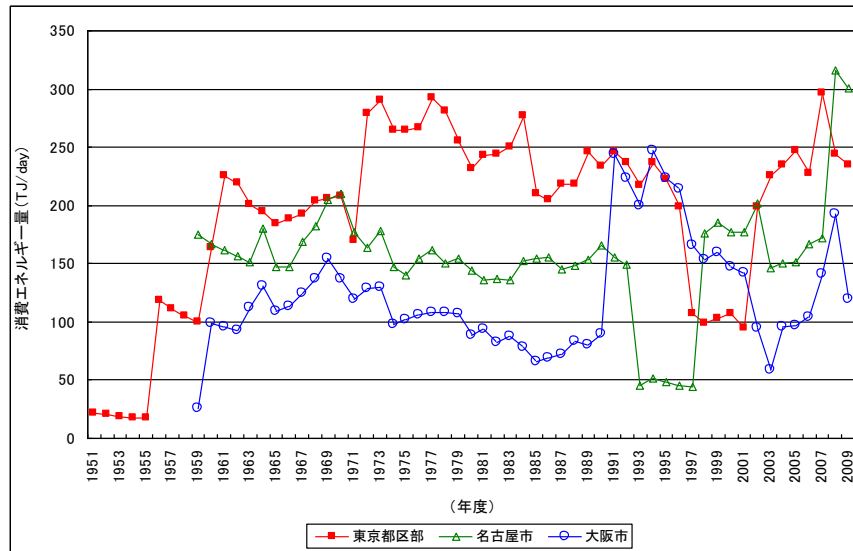
注 2) 清掃工場からの排熱量（消費エネルギー量）には、ごみ発電の売電分と周辺施設への余熱供給分も含まれる。

図 1.40 清掃工場からの排熱量（消費段階）の推移

5) 火力発電所からの排熱

対象都市に立地する火力発電所からの消費段階の排熱（エネルギー消費量）には、発電電力分や地上・煙突からの排熱や温排水が含まれます。

消費段階の排熱の推移を見ると、発電所の新設や施設の増強・改良あるいは廃止の際に大きな変化が生じています。火力発電所はバックアップ電源の役割を有していますが、気温の年変動に応じた発電量の変化に加え、原子力発電所の稼働停止時における発電量の増加も含まれており、都市化の進行と直接的に関係しているわけではありません。



注1) 各都市の以下の火力発電所の定格出力と稼働期間、火力発電所の施設利用率や熱効率の推移（電気事業連合会資料）により消費段階の排熱（消費エネルギー量）を推定した。

- ・東京都区部：千住（～1963年）、新東京（1956～1984年）、品川（1960年～）、大井（1972年～）
- ・名古屋市：新名古屋（1959年～）
- ・大阪市：大阪（1959～2002年）、春日出（1963～2001年）、南港（1991年～）

注2) 消費段階の排熱（消費エネルギー量）には、発電電力分や地上・煙突からの排熱、温排水が含まれる。

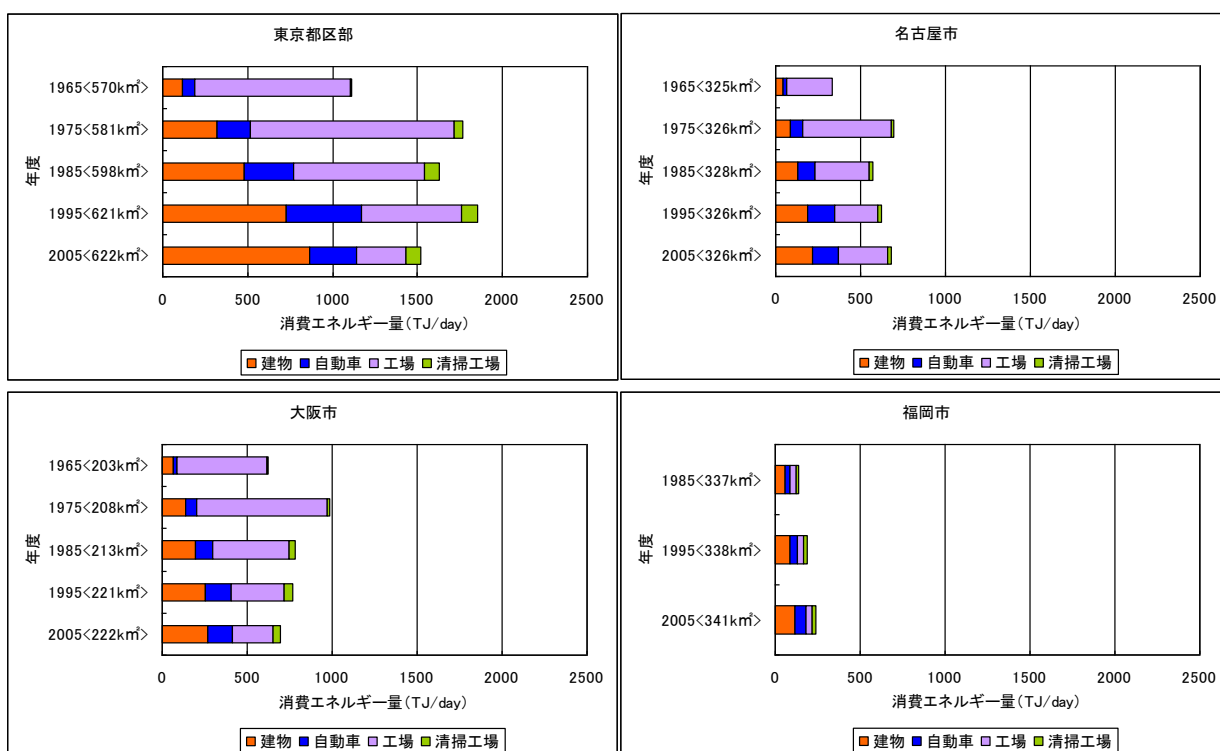
図 1.41 火力発電所からの排熱量（消費段階）の推移

6) 各都市における人工排熱の経年変化

各都市におけるそれぞれの人工排熱の構成が経年的にどのように推移してきたかを図 1.42 に示します。

どの都市も共通していますが、かつて大きなウェイトを占めていた工場からの排熱（消費エネルギー）は徐々に小さくなってきており、建物や自動車からの排熱（消費エネルギー）が増加してきています。自動車については、近年横ばいかやや減少傾向に入っていますが、建物は増加を続けています。

一方で総量に関しては、1970年代の高度成長時期のピーク期よりも減少しています。しかし、継続的な減少傾向にあるとは言えず、人工排熱対策には中長期の継続的な取組が重要であると言えます。



注) 図中の<>内の値は対象となる都市域の面積 (km²) を表している。

図 1.42 各都市における人工排熱（消費段階）の推移

1.2.4 各要因の変化のまとめ

- ・大都市においては自然的被覆が減少し、舗装面や建物等の人工的被覆が増加している状況が見られ、日中の地表面温度の上昇や蓄熱が生じやすくなっていると考えられます。
- ・大都市のうちスプロール化が続いている都市は、建物密度（建物面積率）が次第に高くなってきており、地表付近の換気性能が低下してきていると考えられます。
- ・大都市では建物の高層化が進行しており、天空率が小さくなることにより、夜間の放射冷却が阻害され、熱が溜まりやすい状況に変化してきていると考えられます。
- ・ヒートアイランド現象の要因となる排出段階の排熱（顕熱）を長期に遡って推定することは難しいものの、都市における消費段階の排熱（消費エネルギー量）の推移を見ると、近年においても建物からの排熱は増加を続け、自動車や清掃工場からの排熱は横ばいからわずかに減少に変化し、工場からの排熱は減少を続けています。

★平成 23 年夏季の節電取組による人工排熱削減量の試算

平成 23 年の夏季は電力供給能力の逼迫により、日本全国で節電取組が行われましたが、それによって、人工排熱量が削減された可能性があります。そこで、東京及びその周辺地域における節電取組がもたらす人工排熱の変化量を、現段階で入手可能なデータにもとづき定量的に推定したところ、業務ビルでは 13.8%、住宅では 10.2%、鉄道では 17.8%、工場では 0.4%それぞれの排熱が削減され、合計で 6.5%の排熱が削減されたと推定されました。なお、火力発電所は稼働率の上昇により排熱量が増加していると考えられます。ただし使用したエネルギーの大部分が電気エネルギーと温排水等になるため、大気への顕熱量のみを推定したところ、0.6%増加していました。一部には電力から燃料へのエネルギー転換による排熱の増加が推定されましたが、全体で見れば、今夏の節電により人工排熱が削減されたことが分かります。今後も省エネルギーの取組が継続されれば、ヒートアイランド現象の緩和にも寄与することが期待されます。

表 1.1 東京及びその周辺地域における平成 23 夏季のエネルギー及び人工排熱の変化量(8月)

建物種別		エネルギー使用量の変化			人工排熱量 の変化	
		推定方法	電気(※1)	ガス(※2)		燃料(※3)
建物 排熱	業務ビル(事務所、商業施設、ホテル、学校、その他)、地域冷暖房(※4)	気温とエネルギー使用量の関係を考慮し、平成 23 年 8 月の気温における推定使用量と実際の使用量との比率を算出。	-18%	-9%	—	-13.8% (-77.8TJ/day)
	住宅(戸建、集合)		-14%	-8%	—	-10.2% (-26.2TJ/day)
交通 排熱	鉄道	過年度実績(5年)と平成 23 年の比率を算出(8月)。	-18%	—	—	-17.8% (-5.6TJ/day)
	自動車、船舶、航空機	推定対象外	—	—	—	—
事業所 排熱	工場	過年度実績(電気:5年、燃料:平成 22 年)と平成 23 年の比率を算出(8月)。	-12%	—	+13%	-0.4% (-0.5TJ/day)
	清掃工場、下水処理施設、建設工事	推定対象外	—	—	—	—
合計					-6.5% (-110.1TJ/day)	
事業所 排熱	火力発電所	過年度実績(5年)と平成 23 年の比率を算出(8月)。	—	+8%	—	+0.6% (+1.5TJ/day)

※ 1 : 電気事業連合会「電力統計情報」における東京電力管内の電気使用量を使用

※ 2 : 東京ガス・プレスリリースにおけるガス販売量を使用

※ 3 : 経済産業省「特定業種石油等消費統計」の関東経済産業局管内における A 重油、B・C 重油の消費量(全産業)を使用

※ 4 : 地域冷暖房におけるエネルギー使用量の変化については、業務ビルと同様の傾向を示すと仮定した。

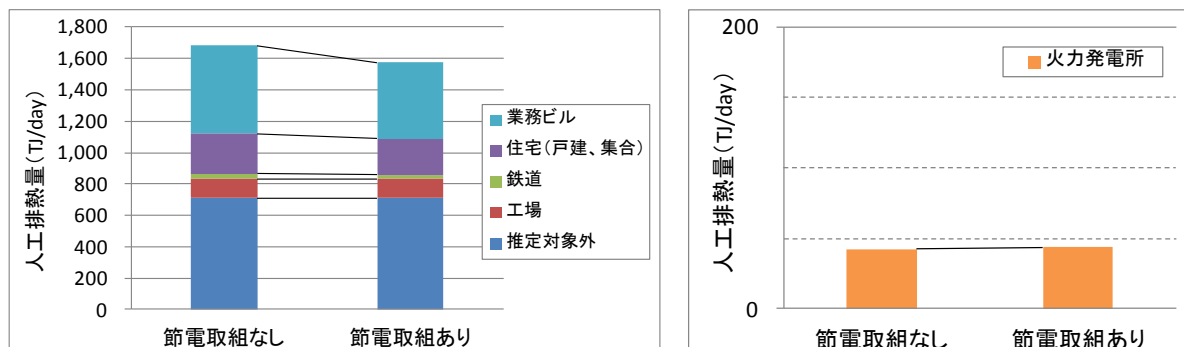


図 1.43 東京及びその周辺地域における平成 23 年夏季の人工排熱の変化量(8月)