

首都圏の都市気象による電力消費とCO₂排出量増加の推定

○ 松江工業高等専門学校 生産建設システム工学専攻 小村裕子
松江工業高等専門学校 環境・建設工学科 金子大二郎

1. はじめに

本研究は、首都圏の都市気象（ヒートアイランド現象）が温室効果ガスとしてのCO₂排出を増加させている効果を推定することを目的としている。都市の高温化は夏に暑苦しい住居やオフィス環境をもたらす。その結果、電力供給量が増大し、温室効果ガスの排出が増大する。首都圏は産業集積と人口の集中によって日本の総排出量に占める割合が高く、都市気象がCO₂の排出に及ぼす悪影響が大きいと予測される。この影響の実態を気象・電力・CO₂の排出から検討した。

2. 首都圏の都市気象と温室効果ガスCO₂の排出

首都圏の都市気象（ヒートアイランド現象）により夏季にオフィスと家庭のクーラーの使用が増大し、電力需要量が急増する供給問題は良く知られている。一方で環境省は京都議定書に沿って地球温暖化対策推進大綱を定め、CO₂の排出削減に努めている。しかし、家庭とオフィスからのCO₂排出量は、削減目標の中で自動車による運輸部門と共に、排出が逆に増大してしまっている重要な問題部門である。そこで、首都圏の夏季における冷房使用によって起きる電力消費のピーク供給時を中心に、夏季の電力使用とCO₂排出量について都市気象の視点から分析した。都市気象起源のCO₂排出量の評価を試み、そのオーダーを以下に推定した。

3. ヒートアイランドのメカニズムと電力使用との関係

都市の地表気温を決める地表面熱収支は、下記の要因によって決まる。

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + Q_G + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

ここに、 Q^* は純放射、

Q_F : 人工廃熱, Q_H : 顕熱フラックス,

Q_E : 潜熱フラックス, Q_G : 地中伝導熱,

ΔQ_S : 貯熱, ΔQ_A : 熱の移流

都市域については、植生と裸地面がアスファルト化されることによって蒸発散量が減少し、主として潜熱フラックス Q_E が低下し、熱の収支から顕熱フラックス Q_H が増加することで高温化する。この際に、都市の高温化ばかりでなく、電力需要の増大によって電力供給能力の問題と、電力使用に伴うCO₂排出量の増大が、温室効果ガスの削減計画に悪影響を与えている。

4. 使用データ

首都圏の電力供給量の経年変化や、電力ピーク時の発生状況、電力起源のCO₂の排出量については、東京電力の公開データを使用した。また、日本のCO₂排出量については、同様に環境省のデータを用いた。首都圏の都市気象現象の実態把握のための気象データは、気象庁のAMeDASデータによった。更に、首都圏の地表面温度平面分布はMODIS衛星を使用した。クーラーの普及台数や家庭・冷房による電力使用率は東京電力（株）のデータによった。

5. 首都圏の都市気象と電力使用量・CO₂排出量との関係

5.1 首都圏の都市気象と電力使用量

都心における地表気温の季節変化を示しながら、電力使用がピークとなる発生日について、AMeDASの東京地点を対象に図-1に示した。2003年については9月11日に最大の電力需要が発生している。そのピーク電力供給量は57.36 M kWであった。首都圏のヒートアイランド現象による気温上昇の実態を捉えるために、都心と郊外の佐倉地点との気温差を図-2に示した。気温上昇量は約2℃である。MODIS衛星による首

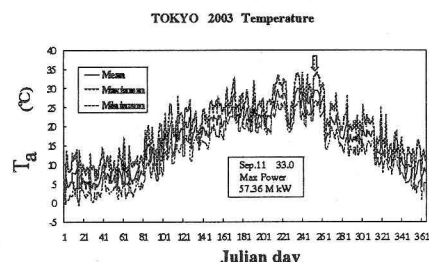


図-1 東京の気温の経年変化

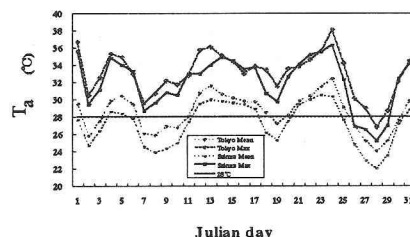


図-2 都心と郊外との気温差の季節変化

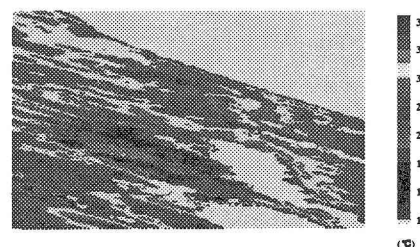


図-3 MODISによる東京の地表面温度の平面分布

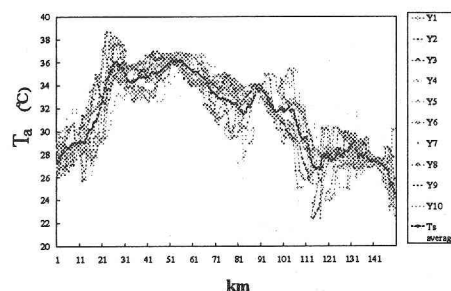


図-4 MODISによる東京の地表面温度の横断分布

都圏の地表面温度の平面分布を図-3 に示した。都心から神奈川県にかけて高温域が広がっている。図-4 に地表面温度の横断分布を示した。郊外に比べ都心の地表面温度が高いことが分かる。これらは潜熱フラックスが減少して高温となるメカニズムである。この都市気象と生活水準の向上に対応し、家庭とオフィスの電力供給量が経年的に増大しており、年変化を図-5 に示した。家庭とオフィスの両分野の電力使用量は、毎年 10% 程度で増え続けており、京都議定書に沿った地球温暖化対策推進大綱の目標達成を妨げている。電力使用量の中で家庭（小口）と業務（オフィス）の占める割合の経年変化を図-6 に示した。家庭やオフィスの占める割合は大きく 36～39%を占め、年々増大している。

5. 2 首都圏の電力起源 CO₂ 排出量

日本の総 CO₂ 排出量に占める東京電力（株）の排出割合を図-7 に示した。2000 年を例にして見ると、首都圏のエネルギー需要が大きく、日本全体の 34%を占めて、巨大である。電力消費量に占める家庭やオフィスの割合が 51%であるから、首都圏の家庭・オフィスによる CO₂ 排出量は、日本総 CO₂ 排出量 316Mt に東電が占める 34%をかけ、その 51%の割合から 55Mt と計算される。この内、都市気象によって冷房の使用量が増大し CO₂ 排出量が増す悪影響を、夏季の電力使用量に占める冷房の割合と気温上昇量から検討した。電力供給が問題となる夏季のピーク電力量は、東京電力によって測定されており、表-2 に示した。2003 年の夏季最大電力供給量は 55.31MkW である。その 31%が冷房需要であることから、冷房による消費電力は 17.15MkW である。この電力量に CO₂ 発生原単位 0.381kg/kWh を掛けると、6.5kt/hr の CO₂ 排出量になる。人々の冷房使用時間を 1日 10 時間の使用として、この 1時間に排出される CO₂ に 10 時間を掛けて、冷房による 1日の排出量とした。更に、夏季の 7,8,9 月として 3ヶ月間の排出量は、6.01Mt と推定された。

6. おわりに

首都圏の都市気象による電力需要の増大と、冷房使用に伴う CO₂ 排出量への影響を検討した。京都議定書の中で定められた温室効果ガスの排出量の削減目標が、達成が困難となる見通しの中で、家庭やオフィスビルからの影響を評価してみた。温室効果ガスに関するデータが限られているなかで、6.01Mt の推定値を得た。CO₂ 発生原単位についての他の裏付けデータを基に、数値の検証について更に検討を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 金子大二郎 (2002) : NDVI を用いた光合成モデルによる水稻の CO₂ 固定量と CH₄ 放出の検討, 土木学会, 第 32 回環境システム研究論文発表会講演集, 133-139.
- 2) 金子大二郎 (2002) : 首都圏のヒートアイランド現象に及ぼす植生・海風の効果に関するリモートセンシングを用いた実態把握, 環境システム論文集, 30,285-294.

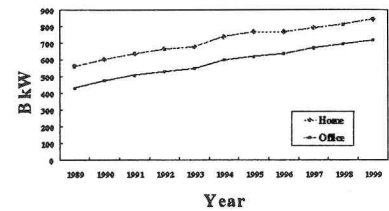


図-5 東京電力の小口・業務電力エネルギー消費の経年変化

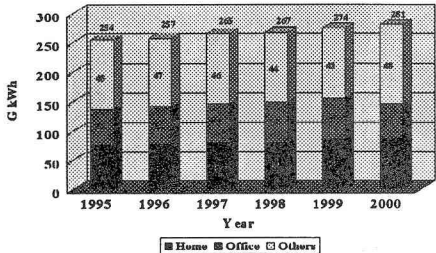


図-6 東京電力の供給量に占める小口・業務電力量の割合

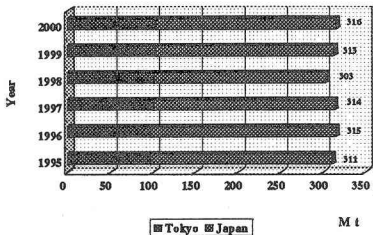


図-7 日本の CO₂ 排出量および東京電力の CO₂ 排出量

表-1 東京電力の CO₂ 排出量と小口・業務電力の割合

電力量の単位はG kWh、CO₂排出量はM t

		1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	
東京電力	年間販売電力量	254	257	265	267	274	281	276	282	276	
	年間CO ₂ 排出量	105	107	105	102	104	107	105	107	105	
都市気象関連	家庭	年間CO ₂ 排出量	30	32	32	31	32	33	32	34	33
		構成比 (%)	30.9	31.7	31.5	30.0	31.0	30.6	30.9	31.7	31.5
	オフィス	年間CO ₂ 排出量	25	27	26	26	27	22	22	23	23
		構成比 (%)	21.2	21.2	21.5	26.0	26.0	20.7	21.2	21.2	21.5
	家庭 +オフィス	年間CO ₂ 排出量	55	57	56	57	60	55	55	57	56
		構成比 (%)	52.1	52.9	53.0	56.0	57.0	51.3	52.1	52.9	53.0

表-2 東京電力の CO₂ 排出量と小口・業務電力の割合によるヒートアイランド効果の割合

電力量の単位はB kWh, CO₂排出量はM t

		1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
夏季時間当り 最大電力量		0.569	0.571	0.566	0.566	0.572	0.578	0.614	0.605	0.553
冷房等夏季需要(推定値)	夏季時間当り 最大電力量	0.22	0.21	0.19	0.20	0.21	0.20	0.24	0.23	0.17
	構成比 (%)	39	37	33	35	36	35	39	38	31
	時間当りCO ₂ 排出量 (×10 ⁻³)	8.45	8.05	7.12	7.55	7.85	7.71	9.13	8.76	6.53
	一日当りCO ₂ 排出量 (×10 ⁻³)	84.5	80.5	71.2	75.5	78.5	77.1	91.3	87.6	65.3
	夏季CO ₂ 排出量	7.78	7.41	6.55	6.94	7.22	7.09	8.40	8.06	6.01
	年間比率 (%)	7.4	6.9	6.2	6.8	6.9	6.6	8.0	7.5	5.7