

B-16 家庭等における二酸化炭素排出抑制システムに関する研究

(3) 家庭等における二酸化炭素排出抑制システムの導入に関する研究

- ① 家庭等におけるエネルギー消費が都市環境に及ぼす影響とエネルギー消費の推移に関する研究

研究代表者 国立環境研究所 若松伸司

環境庁 国立環境研究所

地域環境研究グループ 統括研究官 内藤正明
都市大気保全研究チーム 若松伸司・上原・鶴野伊津志
交通公害防止研究チーム 清水浩
(委託先) 仙台市 佐藤信夫・佐藤正基・加藤信弥
東北大学 吉野 博

平成3-5年度合計予算額 25,085千円
(平成5年度予算額 8,794千円)

[要旨]

アンケート調査や住宅における実測結果をもとにエネルギー消費と居住環境の関連性を解析した。モデル都市としては仙台を対象としてアンケート調査による住環境調査、並びにエネルギー消費の将来予測を行った。

局地気象モデルを用いた予測計算結果によれば都市があることにより地上の風速は平坦地に比べ30%程度減少し、ヒートアイランドが出来やすい条件となることが示された。また市街地が密集することにより住宅の換気回数が大きく減少することが風洞実験により明らかとなった。

[キーワード] 家庭エネルギー消費、居住環境、都市環境

1. 序

家庭等から排出される二酸化炭素は増加の傾向にあるが、これは、主に生活スタイルの変化によるものと考えられる。このような生活スタイルの変化は、環境汚染物質の排出構造にも変化をもたらし、ひいては都市の環境にも影響を及ぼしている。一方、都市域における環境変化や、都市構造変化は、民生部門でのエネルギー消費にも影響を及ぼすと考えられるため、両者の相互関係を正しく把握し、家庭等における省エネシステムの最適化、及び生活スタイルのあり方を、二酸化炭素排出抑制の観点から検討していくことが必要となっている。本サブテーマにおいては、住宅、住まい方、都市環境を相互に関連するものとして把握し、その中で住宅エネルギー消費構造の推移を明らかにし、都市における住環境スタイルの検討を行うことを目的として研究を実施した。

2. 研究内容

家庭等におけるエネルギー消費と都市環境の関連性を正しく把握しておくことは、エネルギー

消費の少ない生活スタイルの普及促進のためには極めて重要である。本研究においては東北地方並びにモデル都市仙台を中心に、アンケート調査をもとにした暖房形態や居住性能の解析、エネルギー消費推計モデルを用いたCO₂排出推計等を行った。また同時に構造物が都市気象に及ぼす影響を数値モデルを用いて解析したとともに、都市内部における風環境が住宅に及ぼす影響を調べるための風洞実験を実施した。ここでは3年間にわたって実施した研究成果をとりまとめるとともに特に最終年度の研究内容を詳しく述べる。

3. 東北地方における暖房形態、居住性能のアンケート調査解析

家庭等からのCO₂排出を抑制するために住宅において、より少ないエネルギーでより快適な室内環境を実現する事が必要となってきた。しかしながら、室内環境を考えていく際に必要となる温熱環境や、住宅設備、シェルター性能、エネルギー消費量などの情報は極めて不十分である。このため東北地方の冬期における住宅の居住性能を調査した。東北地方の気候条件は地域によって多様であるから、熱環境からみた冬期の居住性能も地域的に異なった特徴を有するものと推察される。東北地方の冬期の気候特性は太平洋側と日本海側、内陸部と沿岸部など地理的条件によって大きく異なり、東北地方が南北に長いことも相まって、6地区分あるいは7地区分の分類がなされている。したがって住宅の断熱気密性能や暖房環境などの今後のあり方（性能水準）を考えていく上では地域の特徴を十分に把握しておく必要がある。

そこで冬期の暖房環境に重点をおいて東北地方各地の12都市、及び比較のため札幌、府中の住戸約1300戸を対象としてアンケート調査、室温調査を行った。この結果をもとに単純集計、数量化理論などを用いた分析から、現在の住宅における暖房実態を把握し、地域特性を明かると同時に、10年前に実施された同様のアンケート調査結果と比較することによって居住性能の変化についても考察した。

解析の結果を暖房形態について地域的にとらえると①札幌、青森、②八戸、盛岡、秋田、横手、③宮古、山形、酒田、仙台、福島、会津若松、④いわき、府中の4つのグループに分類することが出来た。この中で①は室温が高く、石油消費量が多く、暖房時間、期間が長い地域であり④は室温が①ほど高くなく、石油消費量が少なく、暖房時間、期間が短い地域で、②、③は中間のタイプでそれぞれ①、④に近い地域である。一方居住性能全般に対しての解析結果を10年前の結果と比較したところ東北地方の居住性能は10年前と比べて向上しており、全体的に札幌の居住性能に近づきつつあることがわかった。

4. モデル都市仙台における家庭用エネルギー消費の現状と将来推計

都市におけるエネルギー消費は年々増加の傾向にあり、将来とも家庭等からのCO₂の排出量は増加するものと考えられている。地球温暖化防止への対応は国レベルでの対策が考えられているが、地域レベルでのきめ細かな対策が今後ますます必要になるものと考えられる。今回の研究ではモデル都市仙台市におけるエネルギー消費と都市環境の関係を明らかにした。

<仙台市における家庭用エネルギー消費調査結果の解析>

仙台市の家庭用エネルギー消費原単位、並びにその内訳の推移に関する解析結果を表1、及び図1に示す。仙台市の家庭用エネルギー消費の構造を把握し、さらに用途別エネルギー消費を把

握するには、既存データでは限界があるため実態調査を行った。調査は1993年11月に行い、輸送によるアンケート方式を採用し、回収率を確保するために消費者モニター及び他のモニターを対象としていた。調査の回収率は65%、有効回収率36%であった。回収状況を表2に示す。

エネルギー消費実態調査は単身者が少なく、戸建住宅が多い等、平均的な仙台市のエネルギー消費実態とはやや異なる。ここでは2つの方法で補正を行い。仙台市全体の家庭用エネルギー需要量を推計した。

仙台市の単身者は全体の33%を占めるのに対し、実態調査結果では4%である。世帯構成ではここが最も異なるため、単身者世帯のエネルギー消費原単位とそれ以外の世帯のエネルギー消費原単位を集計し、単身者世帯33%として補正する。

供給側のデータでは電力会社の契約種別電力販売量とガス局の家庭用都市ガス販売量が得られる。電力では従量電灯甲・乙、時間帯別電灯、深夜電力の販売量を家庭用とみなして、電力と都市ガスの総消費量を各々販売量に合わせて補正する。

月別エネルギー消費より、暖房、冷房、給湯、照明・動力・その他用のエネルギー消費原単位を推計する。

エネルギー種別の用途を以下のように設定する。

電気（電灯）	：暖房、冷房、照明・動力・その他
深夜電力	：給湯
都市ガス	：暖房、給湯、その他（煮炊き）
LPG	：暖房、給湯、その他（煮炊き）
灯油	：暖房、給湯

6、7月の平均を中間期のエネルギー消費としこれより高い消費を示すものを暖房用あるいは冷房用とみなして推計する。ただし厨房用は「家庭用エネルギー統計年報」の平均値を用い、各月とも同様とみなす。

補正後のエネルギー消費原単位は合計10,531Mcal/世帯・年と統計データによる推計値に近いものになっている。また用途別エネルギー消費原単位は暖房用4,099Mcal/世帯・年、冷房用8Mcal/世帯・年、給湯用3,344Mcal/世帯・年、その他用3,079Mcal/世帯・年である。また、総消費量は $3,797 \times 10^9$ Kcal/年である。これらの結果を表3、4、図2～4に示す。

<仙台市における家庭用エネルギー消費の将来推計>

仙台市の家庭用エネルギー消費の将来推計を行うためには、過去のエネルギー消費実態のデータを確保する必要がある。また二酸化炭素削減の可能性を検討するためには用途別のエネルギー消費を把握する必要がある。仙台市の過去のエネルギー消費実態は「家計調査年報」総務庁をもとにした推計で得ることができるが、経年の継続性の点に問題があること、用途別エネルギー消費が把握できないことなどに問題がある。両者を満足するデータでは「家庭用エネルギー調査年報」住環境計画研究所による東北地方の用途別エネルギー消費原単位の推移が最も仙台市の状況に近いと考えられる。ここでは、「家庭用エネルギー統計年報」の用途別エネルギー消費原単位の推移をもとに、計量経済の手法を用いた将来予測モデルの例を示す。

モデルはおおきくマクロ経済ブロック、住宅・設備ブロック、エネルギー価格ブロック、エネ

表1 仙台市の家庭用エネルギー消費原単位の推移 (Mcal/世帯・年)

	電気	都市ガス	LPG	灯油	石炭	その他	合計
1978	2,216	2,508	1,670	4,157	0	15	10,567
1979	2,260	2,422	1,913	3,137	72	52	9,855
1980	2,176	2,331	1,634	3,516	6	70	9,733
1981	2,191	3,001	1,182	3,265	0	60	9,699
1982	2,149	3,012	938	3,241	0	72	9,411
1983	2,004	3,218	1,351	3,464	0	91	10,128
1984	2,352	3,598	977	3,454	30	21	10,433
1985	2,244	3,366	1,086	3,632	0	74	10,403
1986	2,276	3,914	902	4,324	38	18	11,471
1987	2,405	3,771	887	3,786	23	0	10,871
1988	2,348	3,838	772	3,387	76	0	10,421
1989	2,355	3,660	1,055	2,744	0	0	9,814
1990	2,336	3,824	806	2,998	0	0	9,964
1991	2,591	3,948	788	2,955	0	0	10,282
1992	2,806	4,068	1,057	3,389	0	0	11,320

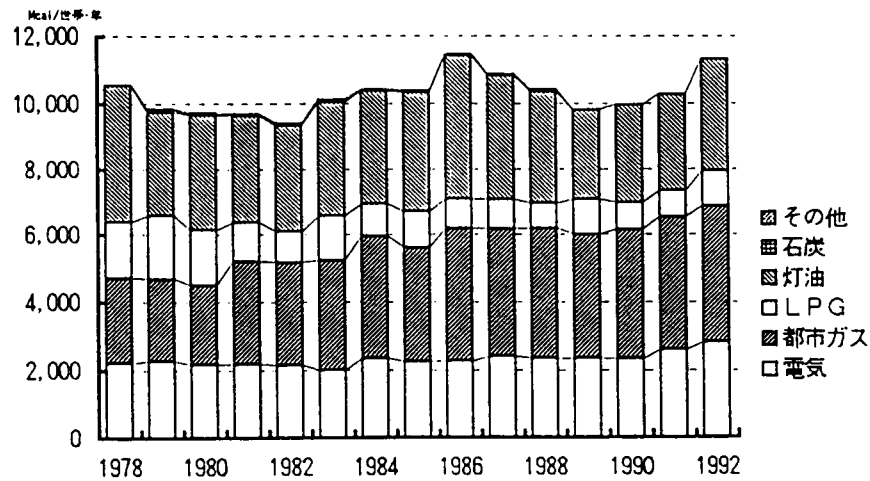


図1 仙台市の家庭用エネルギー消費原単位の推移

表2 エネルギー消費実態調査の調査対象及び回収状況

	配布	回収	回収率	エネルギー消費 有効回答	有効率
消費者モニター	325	248	76.3%	134	41.2%
他のモニター	670	405	60.4%	224	33.4%
市職員等	70	44	62.9%	25	35.7%
合計	1,065	697	65.4%	383	36.0%

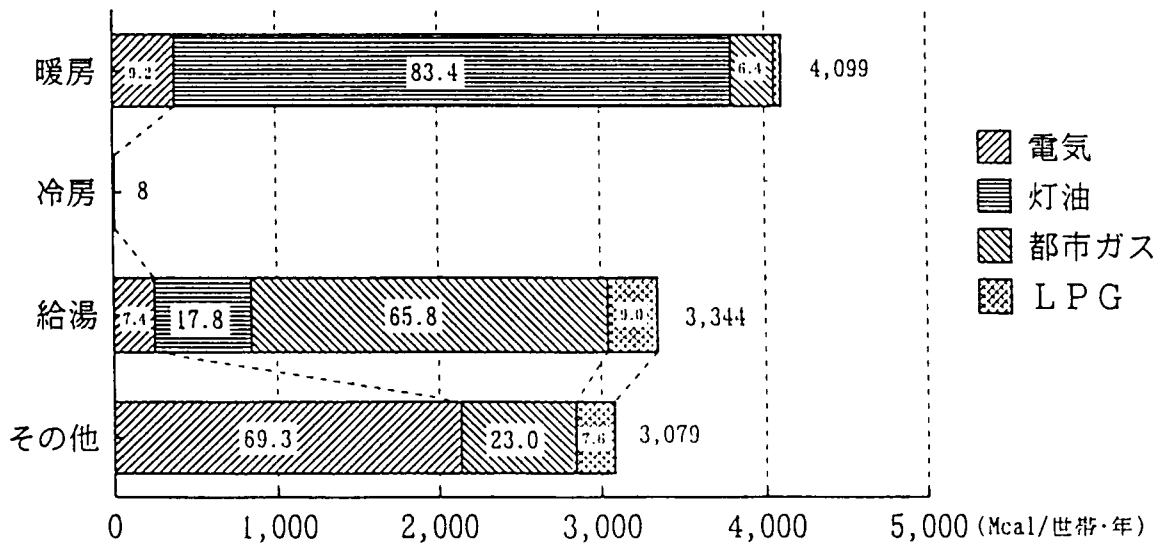


図2 仙台市の家庭用用途別エネルギー種別消費原単位 (1992年)

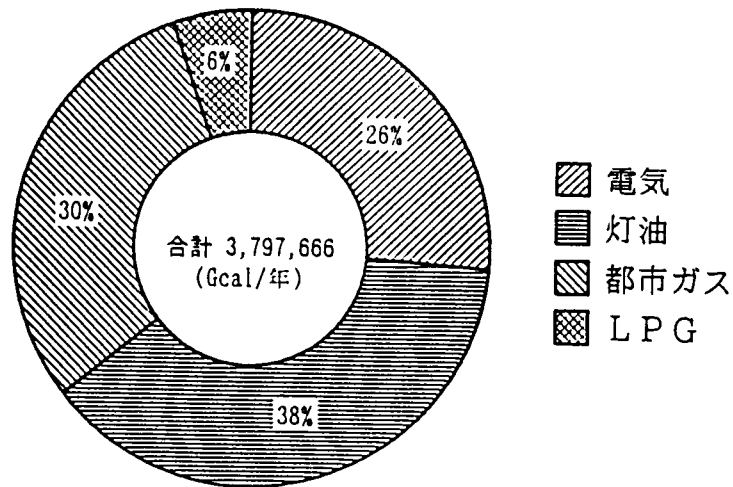


図3 仙台市の家庭用エネルギー種別需要量 (1992年)

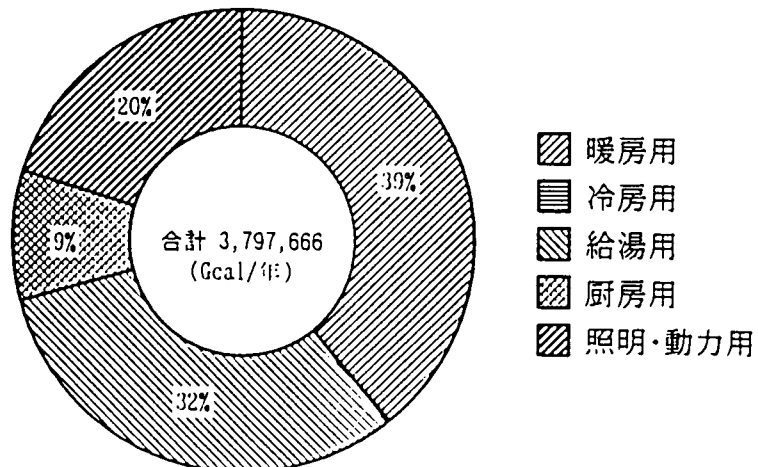


図4 仙台市の家庭用用途別エネルギー需要量 (1992年)

表3 仙台市の家庭用用途別エネルギー種別マトリックス (1992年) (Mcal/世帯・年)

仙台市の家庭用用途別エネルギー種別マトリックス(1992年)										(Mcal/世帯・年)					
	暖房		冷房		給湯		その他		合計						
電気	377	8	247	2,135	2,768	9.2	13.6	100.0	0.3	7.4	8.9	69.3	77.1	26.3	100.0
灯油	3,417	-	594	-	4,011	83.4	85.2	-	-	17.8	14.8	-	-	38.1	100.0
都市ガス	263	-	2,201	709	3,173	6.4	8.3	-	-	65.8	69.4	23.0	22.3	30.1	100.0
LPG	42	-	302	235	579	1.0	7.3	-	-	9.0	52.2	7.6	40.6	5.5	100.0
合計	4,099	8	3,344	3,079	10,531	100.0	38.9	100.0	0.1	100.0	31.8	100.0	29.2	100.0	100.0

- 注) 1. 表中下段左はエネルギー種別構成比、右は用途別構成比(%)
 2. 国勢調査の単独世帯の割合で補正している。
 3. 電気、都市ガスは総量と仙台市の電灯及び深夜電力、家庭用都市ガス販売量にあわせ補正している。

表4 仙台市の家庭用用途別エネルギー種別需要量 (1992年) (Gcal/年)

仙台市の家庭用用途別エネルギー種別需要量(1992年)										(Gcal/年)					
	暖房		冷房		給湯		その他		合計						
電気	136,041	2,993	89,213	769,824	998,071	9.2	13.6	100.0	0.3	7.4	8.9	69.3	77.1	26.3	100.0
灯油	1,232,267	-	214,198	-	1,446,465	83.4	85.2	-	-	17.8	14.8	-	-	38.1	100.0
都市ガス	94,903	-	793,593	255,669	1,144,165	6.4	8.3	-	-	65.8	69.4	23.0	22.3	30.1	100.0
LPG	15,200	-	108,996	84,769	208,965	1.0	7.3	-	-	9.0	52.2	7.6	40.6	5.5	100.0
合計	1,478,411	2,993	1,205,999	1,110,263	3,797,666	100.0	38.9	100.0	0.1	100.0	31.8	100.0	29.2	100.0	100.0

- 注) 1. 表中下段左はエネルギー種別構成比、右は用途別構成比(%)
 2. 国勢調査の単独世帯の割合で補正している。
 3. 電気、都市ガスは総量と仙台市の電灯及び深夜電力、家庭用都市ガス販売量にあわせ補正している。

ルギー消費ブロックの4者からなる。

マクロ経済ブロックは各目国民総生産、為替レート、原油価格等を外生変数として、実質国民総生産、消費者物価指数、可処分所得は内生変数としている。

住宅・設備ブロックでは住宅面積、エアコン、ヒートポンプ、灯油ストーブ、カラーテレビ、冷蔵庫、温風ヒーターの台数普及率を推計する。台数普及率はおおむね上限、下限値を設定している。ただし、冷蔵庫、温風ヒーターはほとんど上限に近いと考えられることから外生変数としている。さらに断熱材普及状況、エアコンの効率、テレビの定格電力消費、冷蔵庫の電力消費量の推計を行っている。これら効率、電力消費は電力価格により変化する。

エネルギー価格ブロックでは、電灯、深夜電力、都市ガス、LPG、灯油のエネルギー種別価格を原油価格と卸売物価指数より求める。用途別エネルギー価格は暖房用は灯油、都市ガス、LPG価格より、給湯用は深夜電力、都市ガス、LPG、灯油価格より求め、厨房用は都市ガス、LPG価格より求める。

エネルギー消費ブロックは、各用途別エネルギー消費原単位をエネルギー価格、所得、デグリーデー、機器普及台数、機器効率より説明している。なお仙台市の将来のエネルギー消費原単位は、各用途の年平均伸び率が東北地方の伸び率と同等であるとして推定した。

主要説明変数の推計結果を表5に示す。実質国民総生産は2000年までは3.6%、2010年までは2.9%の成長、原油価格は2000年までは2.1%、2010年までは7.4%という高い設定になっている。

東北地方のエネルギー消費原単位は1990年では12,154Mcal/世帯・年が2000年で16,440Mcal/世帯・年、2010年では17,706Mcal/世帯・年と1990～2000年は3.07%、2000～2010年は0.74%の成長を示す。

仙台市は、1990年9,173Mcal/世帯・年が2000年で12,216Mcal/世帯・年、2010年で13,157Mcal/世帯・年である。1990～2000年は2.91%、2000～2010年は0.74%の年平均伸び率を示す。

暖房用は1990～2000年は3.93%と伸び率が高いが、2000～2010年0.69と鈍化する。冷房用は1990年の冷房需要が高く比較にならないが1992～2000年は4.35%の伸び、2000～2010年では0.24%の伸びを示す。給湯用は1990～2000年は2.21%、2000～2010年は0.55%。照明・動力用は1990～2000年は3.33%、2000～2010年は1.21%の伸び率である。

全体的に2000年までの伸び率が高く、2000年以降の伸び率が低下している。

この結果を表6、7、図5、6に示す。

<仙台市における家庭用エネルギー消費に伴う二酸化炭素排出量推計手法の検討>

二酸化炭素の排出量はエネルギー種別消費量におのおのの二酸化炭素排出原単位を乗じて求めた。二酸化炭素の排出原単位は表8の通りである。

この二酸化炭素排出原単位をもとに表9に示した用途別の排出原単位を計算した。将来のエネルギー種別構成については変化がないものとしている。

仙台市の二酸化炭素排出量は世帯当たりでは1990年801kg、2000年で1,020kg、2010年で1,049kgと2000以降の伸び率が低下する。総排出量は、1990年で273千t、2000年で332千t、2010年で442千t、年平均伸び率は1990～2000年で3.59%、2000～2010年で1.29%である。結果を表10、図7に示す。

表5 主要説明変数の推計結果(東北地方)

	単位	1990	2000	2010	年平均伸び率(%)	
					2000/1990	2010/2000
名目GNP	10億円	435,254	758,715	1,303,380	5.7	5.6
実質GNP	10億円	407,136	581,170	770,862	3.6	2.9
為替レート	円/ドル	141.5	110.0	134.1	-2.5	2.0
原油価格	円/バレル	3,303	4,048	8,287	2.1	7.4
消費者物価	1990=100	100.0	127.5	171.9	2.5	3.0
可処分所得	万円/年	471.6	687.7	971.5	3.8	3.5
住宅面積	m ² /年	115.5	120.6	123.1	0.4	0.2

表6 東北地方の家庭用エネルギー消費原単位推計結果(Mcal/世帯・年)

	暖房	冷房	給湯	厨房	照明・動力	合計
1990	5,474	61	3,347	970	2,302	12,154
1991	5,910	9	3,551	941	2,369	12,780
1992	6,761	19	3,795	944	2,574	14,093
1993	7,232	24	3,848	950	2,665	14,719
1994	7,337	24	3,898	958	2,760	14,977
1995	7,445	25	3,947	966	2,846	15,229
1996	7,556	25	3,993	975	2,925	15,474
1997	7,672	25	4,038	983	3,000	15,718
1998	7,792	26	4,082	991	3,069	15,960
1999	7,917	26	4,124	998	3,134	16,199
2000	8,048	27	4,166	1,005	3,194	16,440
2001	8,103	27	4,193	1,012	3,253	16,588
2002	8,157	27	4,220	1,017	3,306	16,727
2003	8,212	27	4,245	1,023	3,355	16,862
2004	8,267	27	4,269	1,028	3,400	16,991
2005	8,324	27	4,292	1,032	3,441	17,116
2006	8,382	27	4,315	1,036	3,479	17,239
2007	8,441	27	4,337	1,040	3,514	17,359
2008	8,501	27	4,359	1,043	3,546	17,476
2009	8,562	27	4,381	1,046	3,576	17,592
2010	8,625	27	4,402	1,049	3,603	17,706

表7 家庭用用途別エネルギー消費原単位の推計結果(Mcal/世帯・年)

		1990年	1992年	2000年	2010年	年平均伸び率(%)		
						2000/1990	2000/1992	2010/2000
東北地方	暖房用	5,474	6,761	8,048	8,625	3.93	2.20	0.69
	冷房用	61	19	27	27	-7.92	4.35	0.24
	給湯用	3,347	3,795	4,166	4,402	2.21	1.17	0.55
	厨房用	970	944	1,005	1,049	0.36	0.79	0.43
	照明・動力	2,302	2,574	3,194	3,603	3.33	2.73	1.21
	合計	12,154	14,093	16,440	17,706	3.07	1.94	0.74
仙台市	暖房用	3,319	4,099	4,879	5,229	3.93	2.20	0.69
	冷房用	26	8	11	12	-7.92	4.35	0.24
	給湯用	2,949	3,344	3,671	3,879	2.21	1.17	0.55
	厨房用	970	944	1,005	1,049	0.36	0.79	0.43
	照明・動力	1,909	2,135	2,649	2,989	3.33	2.73	1.21
	合計	9,173	10,530	12,216	13,157	2.91	1.87	0.74

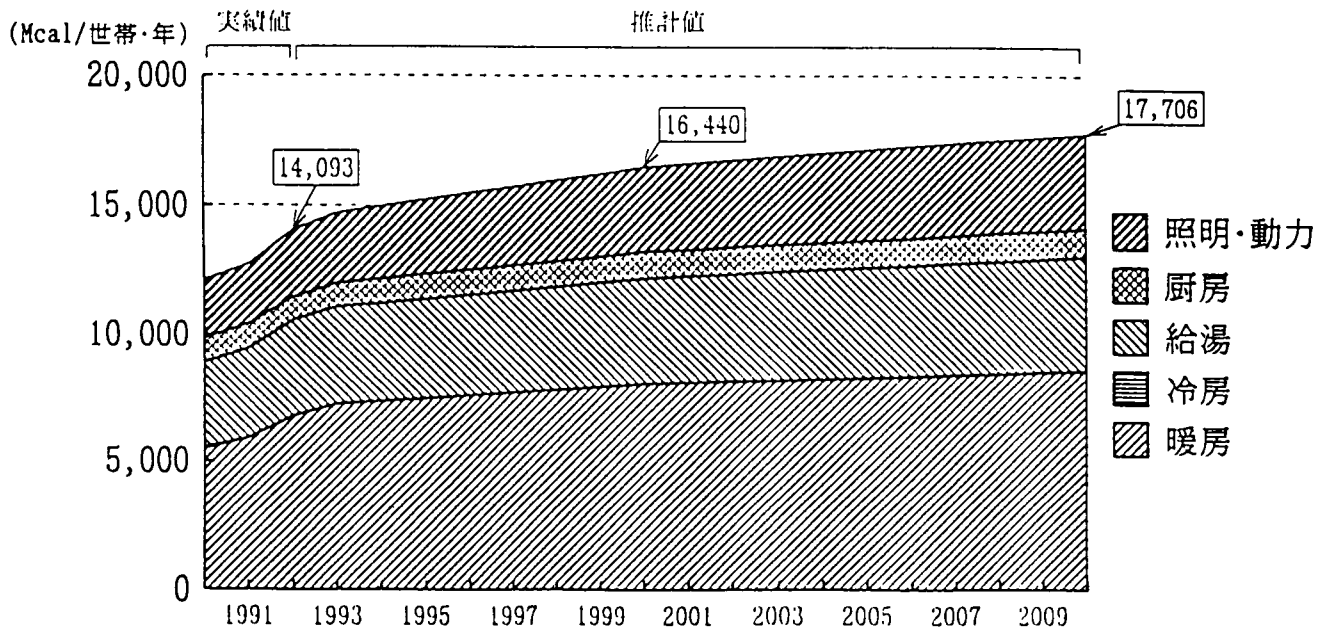


図5 東北地方の家庭用エネルギー消費原単位推計結果

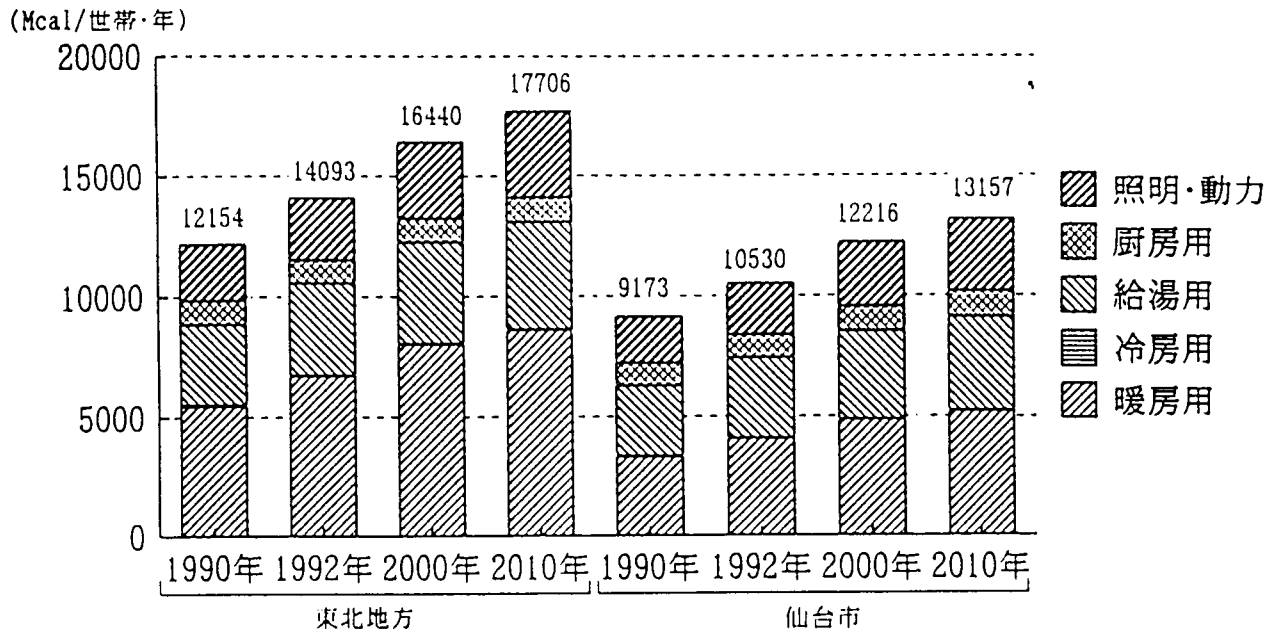


図6 家庭用エネルギー消費原単位の推計結果

5. 数値モデル及び風洞実験による住宅環境の解析

都市域が形成されその中で、人々の生活が営まれることにより、都市独自の気象、気候環境が形成される。その代表的なものとして、都市大気汚染、ヒートアイランド、湿度の低下、平均風速の低下、等があげられる。都市環境の変化は、建造物や道路などの物理的な特性、並びに汚染物質や熱の人工排出源の特性により様々な形態をとって出現する。このような都市環境変化は、都市に居住する人々のエネルギー消費に影響を及ぼす。そこで市街地の粗度が都市域の風の垂直分布に与える効果を数値計算により調べた。都市域における建築物の高度分布・地域分布は、都市内の気流の構造や乱流拡散構造に重大な影響を与える。局地気象モデルを用いて、地上の粗度係数が変化した時の風速の垂直分布を調べたところ、草地、平坦地に相当する粗度係数 1 cm を与えたときには地上 5 m での風速は一般風に対して 40 % 程度減少するのに対して中小規模の都市に相当する粗度係数 100 cm を与えた時には風速の減少率は 70 % となることがわかった。都市域における平均風速の低下は住宅の通風換気を阻害するばかりではなく、垂直方向への熱輸送も減少させるためのヒートアイランドを強める効果をもたらす。







数値モデルによる都市風の解析からも明らかのように、都市の風速は都市が過密になるにつれ低下する。都市内の風速の低下は住宅の通風性能に影響を及ぼすと考えられる。住宅の通風性能は室内の温熱環境に大きな影響を与える。特に夏季や中間期における通風は屋内の熱源による温度上昇をやわらげ、自然の快適性を確保するためには欠くことのできないものである。通風量は住宅の外形、方位、風速、周囲の状況などの外部条件と、間取りや開口部など住宅内部の通気抵抗に関する条件によって変化する。特に外部風は通気の原因力となるものであるが、周囲の影響を受けて大きく変化する。例えば市街地が過密化するほど市街地風速は低下し、東京の下町にみられるような住宅の密集地帯では、夏季の生活のための冷房が不可欠のものとなりつつある。そこで都市街区における住宅の通風性が隣接する住宅との相互関係でどのように変化するかを、住宅の隣棟間隔や開口部の位置との関連において調べることがを目的とし、国立環境研究所の中型大気拡散風洞を用いて住宅の通風換気に関する研究を行った。風洞模型の設置状況並びに換気模型と測定位置図を   に示す。 には隣棟間隔による換気回数の変化を 4 つの開口部の組み合わせに対して得られた風洞実験結果を示す。実験の結果住宅間隔が小さくなると建物壁面の前後差圧が低下するための建物内の換気回数が大幅に減少することがわかった。しかし風上側屋根面から風が流入するケース (WR-LR の場合) では住宅間隔による換気回数の減少はそれほど大きくなかった。夏季における住宅の換気は省エネルギー対策として有効であると考えられるため、都市構造と市街地風の関係、並びに住宅密度や住宅の形状と通風・換気技術の関係を検討する必要がある。この目的のために住宅が戸建住宅から集合住宅に変わることにより通風性能や住宅周辺の風速がどのように変化するかを調べた。 に風洞内の模型位置と測定点を  に街区内の模型配置を示した。模型としては 3 種類の住宅 (2 階戸建住宅、3 階及び 5 階建集合住宅) を設定した。実験結果によれば建物が集合住宅化する事による周辺の風速分布は大変複雑であり、必ずしも空地面積が増えることによって風速が増加したり、住宅の風上風下壁面の圧力差 (換気能力) が増大するとは限らないことがわかった。 に風速分布の測定結果を示す。この測定結果によれば 5 階建集合住宅の方がより広い範囲に風の閉塞が生じ通風を妨げる結果となっている。住宅の配置や集合住宅化のすすめ方に関しては今後更に詳しく調査分析して行く必要がある。

表8 二酸化炭素排出原単位

炭素換算

(kgC/10⁴kcal)

灯油	0.7748	
LPG	0.6833	
都市ガス	0.5839	
電気	1.4128	1991年
	1.2270	2000年
	1.0760	2010年

資料) 「地球温暖化防止対策ハンドブック」5 エネルギー編、環境庁企画調整局

(平成4年9月)

ただし、電力は(財)エネルギー経済研究所調べ

表9 用途別二酸化炭素排出原単位 (kgC/10⁴kcal)

	現状	2000年	2010年
暖房用	0.8190	0.8019	0.7880
冷房用	1.4128	1.2270	1.0760
給湯用	0.6748	0.6611	0.6500
厨房用	0.5936	0.5936	0.5936
照明・動力・他	1.4128	1.2270	1.0760

表10 仙台市の家庭用二酸化炭素排出量の推計

原単位 (kg/ 世帯・ 年)		1990年	1992年	2000年	2010年	年平均伸び率(%)		
						2000/1990	2000/1992	2010/2000
	暖房用	271.8	335.7	391.3	412.1	3.71	1.93	0.52
	冷房用	3.6	1.1	1.4	1.2	-9.21	2.53	-1.07
	給湯用	199.0	225.7	242.7	252.1	2.00	0.91	0.38
	厨房用	57.6	56.0	59.7	62.3	0.36	0.79	0.43
	照明・動力	269.8	301.6	325.1	321.6	1.88	0.94	-0.11
	合計	801.8	920.2	1,020.1	1,049.3	2.44	1.30	0.28
	総排出量(千t/年)	273.3	331.8	389.1	442.1	3.59	2.01	1.29

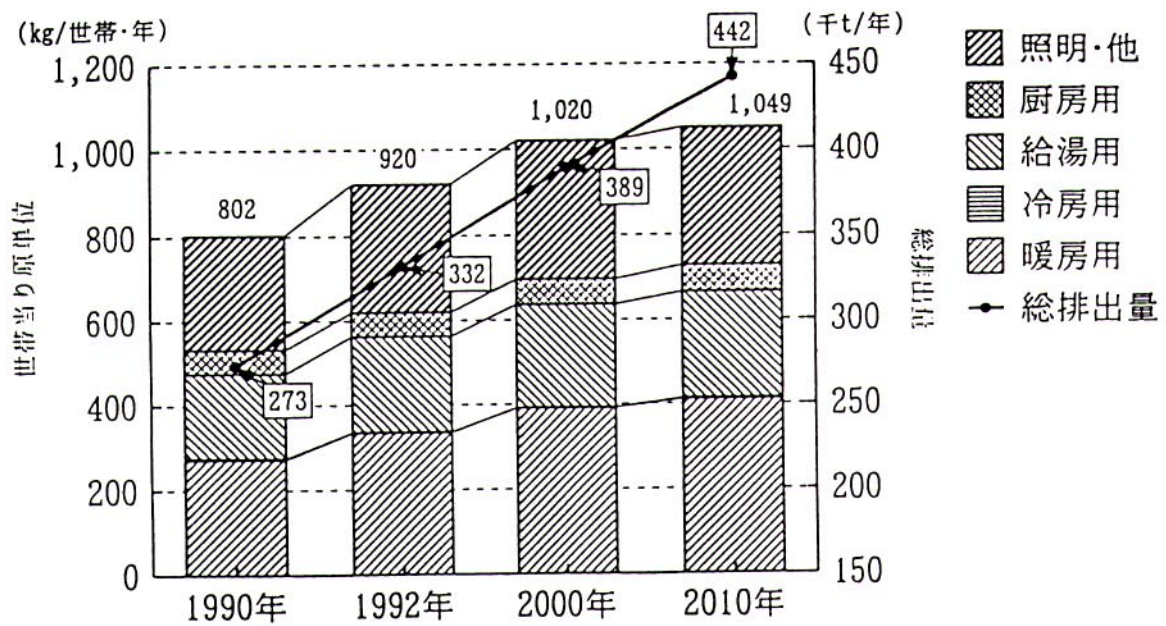


図7 仙台市の家庭用二酸化炭素排出量の推計値

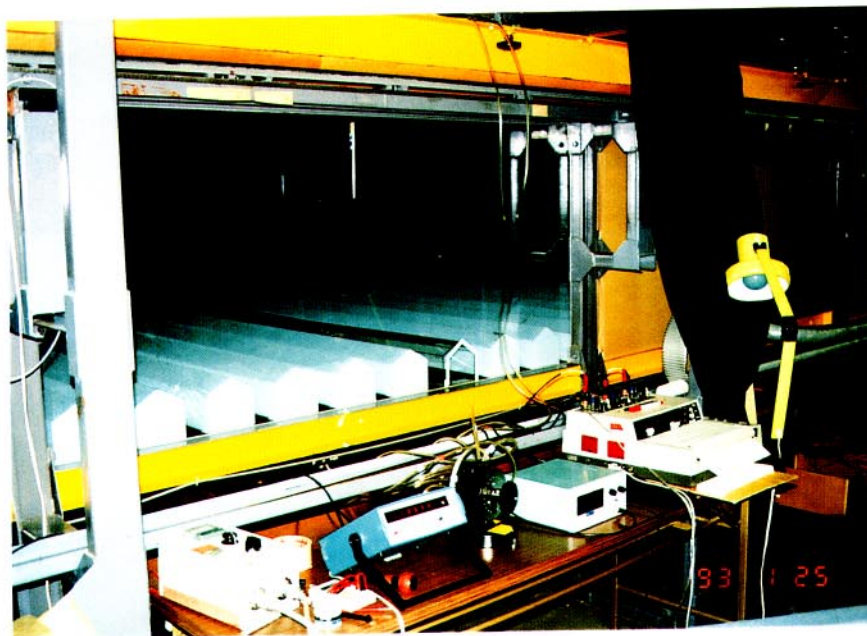


図8 模型の設置状況

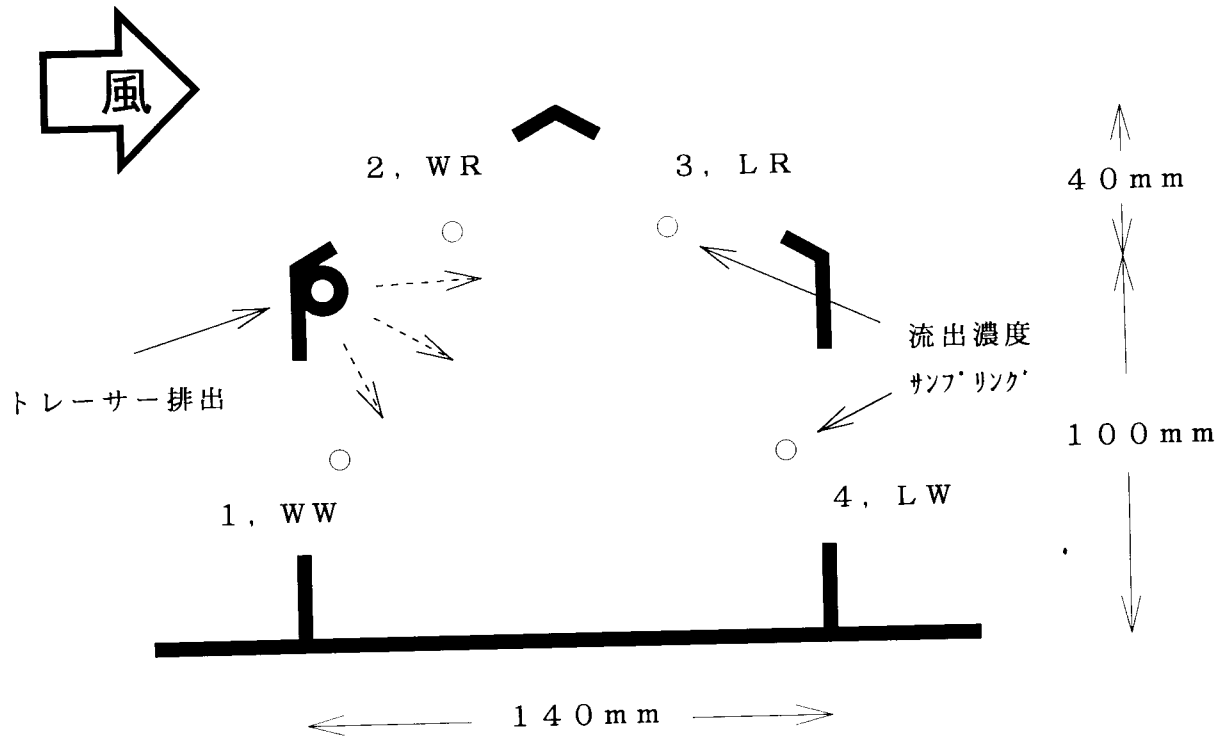


図9 換気模型

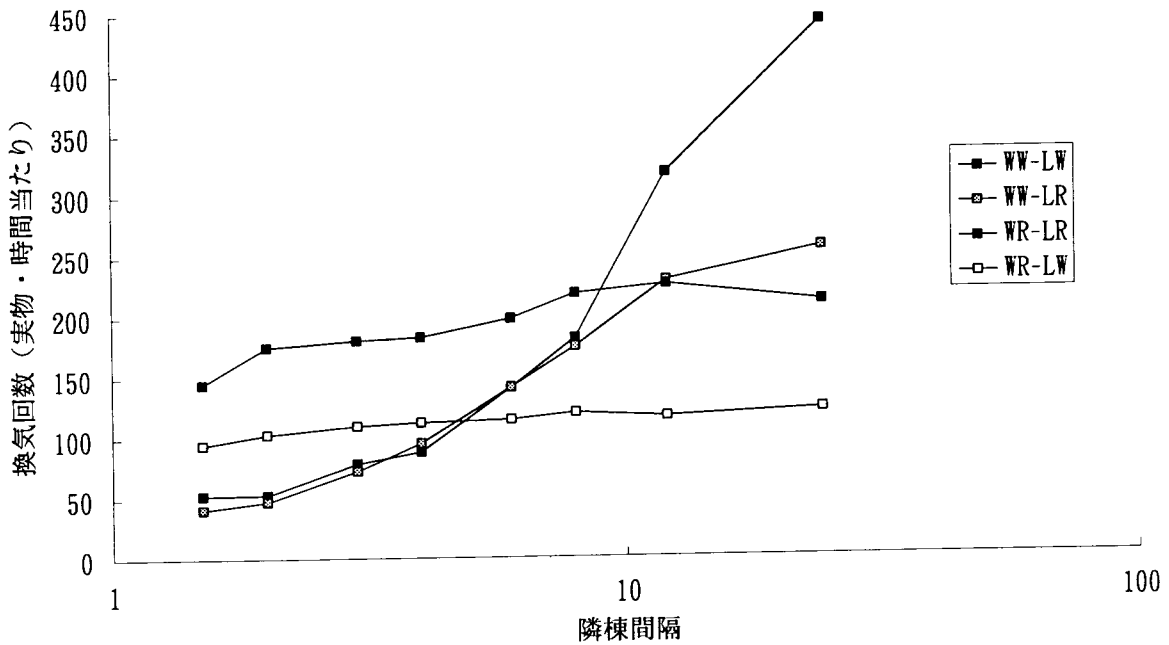


図10 隣棟間隔による換気回数の変化

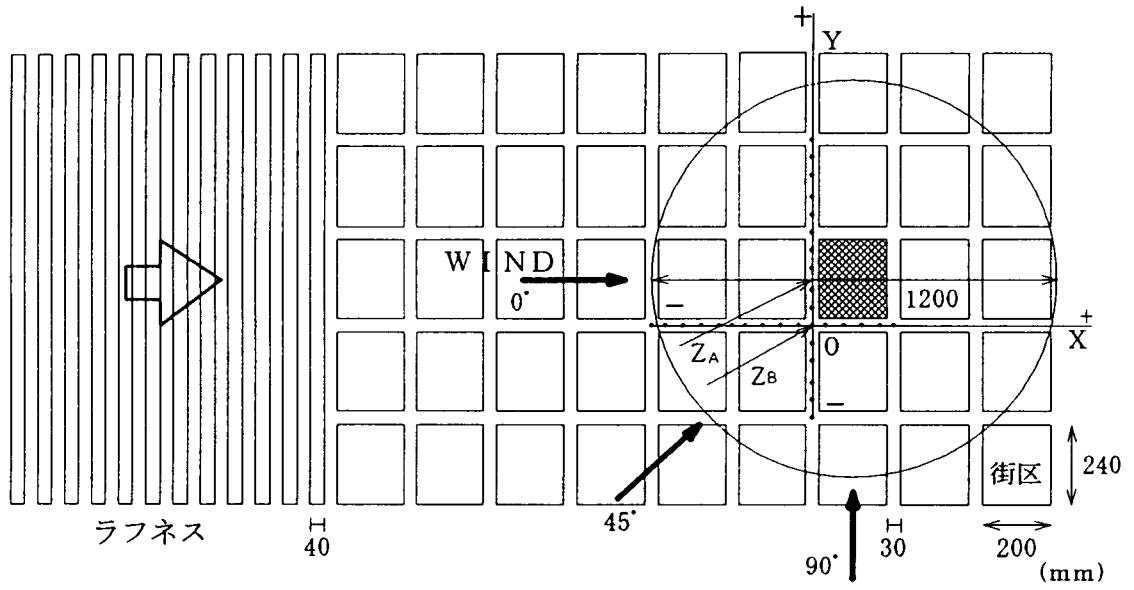


図11 風洞内模型位置と測定点

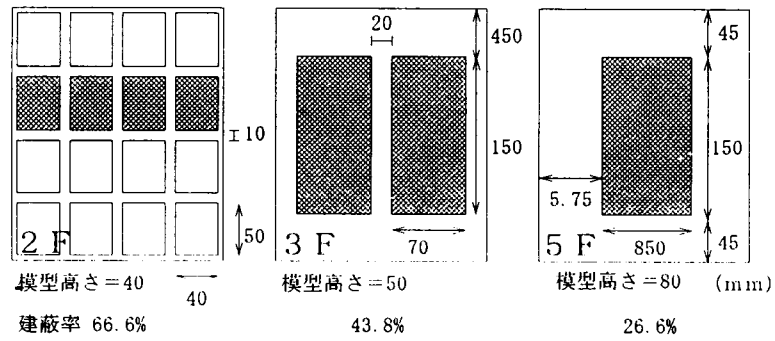


図12 街区内の模型配置と寸法

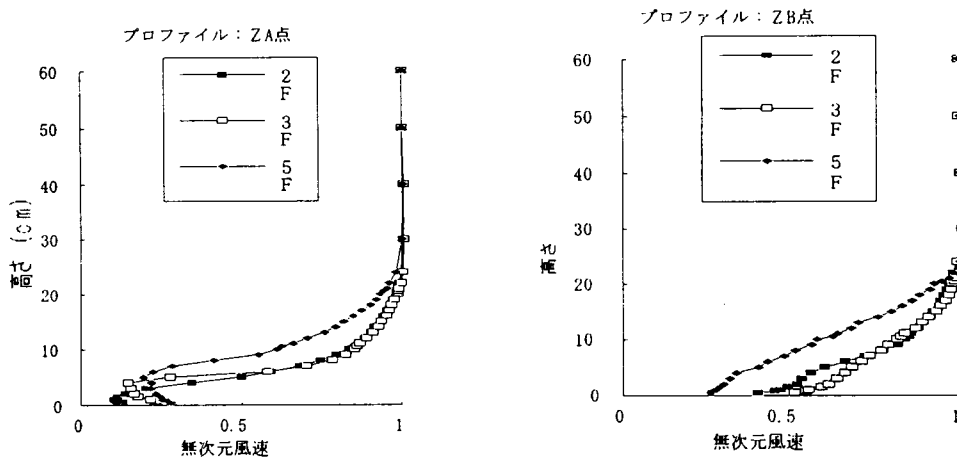


図13 風速鉛直分布

4. まとめ

家庭等における二酸化炭素排出抑制システムを具体的に検討して行くためには、建造物の高気密・高断熱化や、太陽エネルギーの利用等のハードな部分と、住生活スタイルや都市環境との関連等に関するソフトな部分の研究を同時に行うことが必要である。本研究においては家庭におけるエネルギー消費と地域環境の関係を解析するとともにモデル都市仙台におけるCO₂発生の将来推計を行った。また数値計算により都市気象の特性を把握するとともに市街地密度が建物の通風換気に及ぼす影響を風洞実験により調べた。

今後は都市環境と住まい方の関連性を詳細なエネルギー消費調査をもとに明らかにする必要がある。都市気候モデルの研究においては風の解析のみを行ったが、都市の地表面の性状や、都市域におけるエネルギー消費のデータをもとに熱特性まで含めた評価を行い、都市気候と住環境の相互影響を明らかにすべきである。更に風洞を用いた実験を継続し、住宅における通風換気の方法や市街地形態の検討を行いこれらの結果を総合的にまとめ都市域における二酸化炭素排出抑制のための具体的なシナリオの検討を行うことが今後の研究課題である。

5. 成果発表

上原清、若松伸司（1993），エコハウス設計のための住宅の通風換気に関する風洞実験，
国立環境研究所 F-52-'93/NIES pp43