Technical Report

Urban Household Energy Consumption Structure in China (Part II) —A Provincial Analysis—

Yadong NING^{*1}, Yutaka TONOOKA^{*1}, Hailin MU^{*2}, Yasuhiko KONDO^{*2}, and Weisheng ZHOU^{*3}

(Received October 26, 2004)

中国都市部家庭部門におけるエネルギー消費構造に関する研究 (II) —地域特徴—

寧 亜東^{*1}, 外岡 豊^{*1}, 穆 海林^{*2}, 近藤康彦^{*2}, 周 瑋生^{*3}

In Part II of this paper, regional (provincial) variations in energy consumption of urban households in China are analyzed using fuel expenditure data from the China Family Income and Expenditure Survey in 1999. A three dimensional matrix data of energy consumption by fuel type (including electricity), thermal-use type, and provinces is estimated using the methodology developed in Part I. In addition, the relationship with the underlying factors that affect the energy consumption structure such as, energy supply conditions, heating or cooling load, and income level are analyzed. The maximum energy consumption per household in 1999 was 36.99GJ/year·household in Heilongjiang and the minimum was 8.56 GJ/year·household in Sichuan province. The average for this year was 18.81GJ/year·household. The regional variations are due primarily to differences in: space heating load, coal supply conditions and life styles, from variations in levels of income and urbanization.

Key Words

China, Urban, Household, Residential house, Energy consumption, Electricity, City-gas, LPG, Coal

1. はじめに

前報 (Part I)¹⁾ では、中国都市部家庭部門エネルギー消費構造の経年動向 (1981年～2000年) について、解析手法を確立し、20年間の燃料種別・熱用途別エネルギー消費構造の経年動向を詳細に解析した。中国の国土は広く気候条件の違いや経済発展の不均衡により中国家庭部門のエネルギー消費実態は地域により多様である。従って、中国家庭部門エネルギー消費構造を検討するには、地域ごとのエネルギー消費構造の多様性を十分考慮した分析が必要と考えられる。また、中国家庭部門の省エネルギー対策、大気汚染防止対策、気候変動防止対策を検討するには、地域的なエネルギー消費構造の違いも考慮せざるを得ない。中国地域別都市部家庭部門エネ

ルギー消費についてはいくつかの研究が行われてきたが、燃料種別・熱用途別のエネルギー消費構造を詳細に検討した研究は少ない。既往の研究事例として例えばBrockett D, et al.²⁾ は数ヶ所の大都市で電力消費について実態調査を行い需要実態を解析しているが電力だけのミクロな調査事例である。張ら^{3)～8)} は中国都市部家庭部門エネルギー消費量を推計し気象データを用いた地域別暖冷房特性を解析したが、大都市だけを対象とした解析に止まっている。

本稿では、中国地域別都市部家庭部門エネルギー消費構造の特徴を解明するために、前報 (Part I) で用いた中国都市部家庭部門エネルギー消費構造の推計方法を地域別推計に適用して中小都市を含めた地域別都市部家庭部門エネルギー消費

* 1 Saitama University
255 Shimo-okubo, Sakura-ku, Saitama-shi, Saitama
338-8570, Japan

* 2 National Institute for Advanced Industrial Science and Technology
16-1 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8569, Japan

* 3 Ritsumeikan University
56-1 Toji-in Kitamachi, Kita-ku, Kyoto 603-8577, Japan

* 1 埼玉大学
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

* 2 (独)産業技術総合研究所
〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1

* 3 立命館大学
〒603-8577 京都府京都市北区等持院北町 56-1

構造の特徴についてクロスセクション分析を行う。ここでは地域とは台湾、香港、マカオを除く中国の大陸部の省別を指す。なおチベット自治区についてはデータがないので除外した。対象年次は1999年である。

2. 推計手法

2.1 分析に用いたデータ

中国都市部家計調査⁹⁾では全国平均値の一人当り石炭、LPG、電力の個々の消費量が得られたが、省別にはこれらの消費量は得られず年間一人当り石炭、LPG、電力の個々の購買額⁹⁾が得られる。中国価格年鑑¹⁰⁾の省別都市部石炭、LPG、電力の価格を与え一人当り石炭、LPG、電力消費量を推計し、都市部在住人口¹¹⁾により省別石炭、LPG、電力の消費量を推計した。省別の熱供給消費量は中国能源統計年鑑¹²⁾の値、都市ガス消費量は中国経済情報ネットワーク¹³⁾の値を用い、都市部家庭部門における省別・燃料種類別エネルギー消費量を

推計した。これらのデータをTable 1に示す。省別・燃料種類別エネルギー消費量の推計手順をFig. 1に示す。また、1999年の省別都市部家庭部門エネルギー消費構造推計に用いた主要なデータをTable 2に示す。

なお、家計調査のデータにより推計したエネルギー消費量は実物量であるが、本研究では低位発熱量に換算してJoule単位で示す。電力は二次エネルギー(3596kJ/kWh)として分析する。

2.2 熱用途別エネルギー消費量の推計手順

本研究では、前報(Part I)で示した中国都市部家庭部門エネルギー消費構造の推計方法に基づいて、同様に省別エネルギー消費構造を推計した。省別都市部家庭部門燃料種類別エネルギー消費量の熱用途分解の手順をFig. 2に示す。電気機器別エネルギー消費原単位と省別の各種電気機器の保有率、床面積、都市ガス化率及び省別暖冷房デグリーデイのデータに基づいて、省別燃料種類別エネルギー消費量の熱用途別分

Table 1 Annual energy purchasing, prices and consumption of city-gas and heat by province in urban household in China (1999)

Province	Annual purchasing			Prices			Consumption	
	Coal	LPG	Electricity	Coal	LPG	Electricity	City-gas	Heat
	RMB/capita ·year	RMB/capita ·year	RMB/capita ·year	RMB/100kg	RMB/kg	RMB/100kWh	10 ⁴ m ³	PJ
Beijing	25.56	23.84	125.03	18.17	1.85	36.22	150455	11.2
Tianjin	2.45	19.32	159.07	18.17	2.50	37.90	27967	30.2
Hebei	28.11	37.09	85.59	18.00	2.00	36.80	107144	20.3
Shanxi	17.12	16.03	63.99	10.04	2.00	37.00	47466	16.0
Inner Mongolia	29.37	15.10	70.57	10.04	2.00	31.75	7238	11.2
Liaoning	14.70	25.85	91.79	24.69	2.40	37.00	114326	38.2
Jilin	30.62	34.37	87.54	25.00	1.90	33.90	51152	16.4
Heilongjiang	38.52	26.63	94.16	23.45	2.00	33.90	29030	20.0
Shanghai	0.26	13.66	217.79	18.17	2.60	61.00	207056	0.2
Jiangsu	16.04	62.88	128.18	21.00	2.40	48.82	342214	0.0
Zhejiang	4.33	75.00	167.57	25.62	2.29	53.00	25921	0.0
Anhui	28.59	43.80	98.97	21.00	3.10	45.20	27773	2.5
Fujian	9.22	81.75	169.27	23.83	3.07	36.70	3683	0.0
Jiangxi	17.43	57.26	74.59	13.40	2.71	44.90	36464	4.0
Shandong	18.31	25.87	83.90	28.50	2.58	40.73	115664	0.0
Henan	32.83	21.18	79.07	15.00	2.46	38.25	121990	5.9
Hubei	24.46	65.20	107.00	17.00	2.33	44.57	21420	0.0
Hunan	19.53	61.81	90.60	24.00	2.00	51.10	49967	1.1
Guangdong	5.09	142.66	283.06	28.85	2.79	69.00	11245	0.0
Guangxi	3.78	106.67	127.54	18.00	3.30	43.60	2567	0.0
Hainan	0.67	110.61	92.19	27.58	3.30	55.85	216	0.0
Chongqing	1.67	1.66	140.03	21.37	4.23	36.85	41120	0.0
Sichuan	15.24	16.32	124.38	18.87	2.67	43.50	45244	0.0
Guizhou	20.27	32.84	111.32	18.00	2.67	35.09	6306	0.0
Yunnan	5.63	37.52	100.72	24.00	2.52	37.57	13832	0.0
Shaanxi	24.95	35.73	71.71	25.00	2.00	38.91	14156	1.4
Gansu	16.27	28.05	44.15	26.00	2.10	37.28	28422	9.9
Qinghai	26.50	39.89	51.39	18.00	1.78	27.00	24	0.9
Ningxia	17.76	28.79	65.32	20.80	1.78	35.00	3289	3.2
Xinjiang	27.10	48.75	53.57	11.20	1.33	37.51	2450	8.6

Source: China Investigation Statistical yearbook on Prices and Urban Household Income and Expenditure 1999⁹⁾, Price Yearbook of China 1999¹⁰⁾, China Energy Statistical Yearbook¹²⁾ and China Economic Information Network¹³⁾

Table 2 Selected data used for estimating energy consumption in urban household by province in 1999

Province	Population in China 1000,000 person	Population in urban 1000,000 person	Percentage of urban population %	Household in urban 1000,000 household	Persons Per household persons/ household	Disposable income in urban		Area of floor space		Energy self- sufficiency rate %	Gas Diffusion rate %	Ownership of TV Unit/100 household	Ownership of refrigerator Unit/100 household	Ownership of washing machine Unit/100 household	Ownership of air conditioner Unit/100 household	Ownership of electric fun Unit/100 household	Ownership of electric rice-cooker Unit/100 household	Ownership of ventilation fan Unit/100 household	Ownership of hot-water supply Unit/100 household
						RMB/ capita ·year	RMB/ household ·year	m ² / capita	m ² / household										
Beijing	12.57	9.36	74.46	3.28	2.85	9183	26171	14.86	42.35	186	97.1	141.4	102.8	99.6	49.9	145.4	83.7	62.9	67.1
Tianjin	9.59	6.63	69.13	2.22	2.98	7650	22796	8.10	24.14	55.5	95.0	131.2	98.8	97.4	59.8	131.4	66.0	64.4	64.6
Hebei	66.14	16.56	25.04	4.71	3.52	5365	18885	12.76	44.92	90.1	91.0	108.0	83.0	93.7	21.8	177.4	50.5	47.5	39.4
Shanxi	32.04	10.74	33.52	3.03	3.55	4343	15416	12.00	42.60	400.8	73.7	106.3	71.1	94.5	3.2	78.3	33.2	43.1	20.0
Inner Mongolia	23.62	9.68	40.98	2.79	3.47	4771	16554	8.40	29.15	202.2	54.1	104.9	66.7	89.8	0.3	44.4	139.3	36.9	16.6
Liaoning	41.71	21.72	52.09	6.87	3.16	4899	15480	8.30	26.23	89.3	88.9	109.0	78.4	85.5	2.2	69.0	78.5	58.3	39.7
Jilin	26.58	12.68	47.70	3.65	3.47	4480	15546	8.00	27.76	75.2	72.7	99.2	61.2	90.8	0.4	59.3	127.6	55.8	31.0
Heilongjiang	37.92	18.77	49.49	5.57	3.37	4595	15486	8.00	26.96	116.7	69.7	99.4	59.2	87.3	0.4	43.0	166.5	54.2	16.5
Shanghai	14.74	12.50	84.80	4.42	2.83	10932	30937	16.00	45.28	2.3	100.0	144.2	103.0	93.4	85.2	230.8	151.4	53.4	60.0
Jiangsu	72.13	28.74	39.84	9.55	3.01	6538	19680	11.80	35.52	31.7	94.9	113.5	81.5	97.1	33.6	271.0	134.2	55.5	50.5
Zhejiang	44.75	20.91	46.74	6.58	3.18	8428	26801	12.00	38.16	5.1	97.1	130.9	98.7	92.4	51.4	271.9	106.5	68.3	67.9
Anhui	62.37	16.66	26.70	4.58	3.64	5065	18435	13.08	47.61	89.8	73.2	99.1	78.4	87.4	21.6	242.0	82.1	42.3	37.6
Fujian	33.16	13.24	39.92	3.47	3.81	6860	26136	13.10	49.91	43.1	87.3	115.4	84.8	94.0	25.9	240.5	126.2	39.6	73.7
Jiangxi	42.31	11.24	26.57	2.93	3.84	4721	18127	13.06	50.15	75.8	65.8	100.2	73.0	80.4	15.5	263.5	84.2	38.3	52.1
Shandong	88.83	32.41	36.49	9.73	3.33	5809	19344	12.82	42.69	151.6	87.9	110.7	87.0	89.6	17.4	193.6	71.5	65.9	48.2
Henan	93.87	20.91	22.28	5.64	3.71	4532	16815	8.40	31.16	136.5	68.7	101.9	70.2	89.6	26.0	221.1	43.7	30.3	22.9
Hubei	59.38	22.93	38.62	6.28	3.65	5213	19027	12.71	46.39	21.1	83.5	103.8	85.8	93.0	31.3	238.1	90.4	36.7	47.4
Hunan	65.32	18.66	28.57	5.47	3.41	5815	19830	9.91	33.79	43.4	75.5	106.7	85.5	94.1	28.0	252.2	56.2	34.8	52.1
Guangdong	72.70	38.40	52.81	9.95	3.86	9126	35226	17.60	67.94	48.2	93.0	130.3	81.0	97.1	83.5	325.6	96.9	72.0	94.7
Guangxi	47.13	12.74	27.03	3.17	4.02	5620	22591	16.38	65.85	38.7	89.7	109.7	79.1	92.5	14.0	316.5	137.6	51.6	77.8
Hainan	7.62	2.93	38.52	0.73	4.04	5338	21567	14.31	57.81	3.8	91.8	106.4	50.5	76.6	10.2	187.4	141.1	33.3	54.1
Chongqing	30.75	9.77	31.77	3.06	3.19	5896	18808	8.65	27.59	112.7	73.0	120.7	99.3	95.0	74.3	210.7	89.0	36.3	80.0
Sichuan	85.50	21.91	25.63	6.62	3.31	5478	18132	8.65	28.63	112.7	72.4	116.3	81.6	94.5	13.9	199.2	132.4	36.8	67.2
Guizhou	37.10	8.50	22.92	2.15	3.96	4934	19539	8.34	33.03	105.9	50.7	109.3	78.8	95.1	2.5	100.2	113.7	39.8	33.4
Yunnan	41.92	9.40	22.43	2.57	3.66	6179	22614	10.16	37.19	111.5	78.8	109.9	65.2	96.0	0.2	29.4	175.3	60.6	42.2
Shaanxi	36.18	11.21	30.98	3.06	3.66	4654	17034	12.35	45.20	184.7	64.9	112.2	72.4	93.5	21.5	150.0	71.0	47.2	36.1
Gansu	25.43	5.86	23.06	1.58	3.71	4475	16603	13.30	49.34	75.7	43.9	111.3	67.2	95.7	0.9	38.9	42.0	48.6	29.4
Qinghai	5.10	1.70	33.38	0.47	3.63	4703	17073	11.78	42.76	106.0	48.9	107.8	69.8	98.2	0.0	2.2	12.9	54.9	14.6
Ningxia	5.43	1.69	31.14	0.48	3.54	4473	15834	13.30	47.08	214.9	76.6	111.0	68.6	89.8	0.6	64.5	129.8	40.5	30.0
Xinjiang	17.74	5.76	32.48	1.69	3.41	5320	18140	14.45	49.27	212.2	92.5	104.1	78.0	91.3	2.0	44.8	92.2	57.0	41.1
Average in China	1259.09	437.48	34.78	126.38	3.44	5854	18382	12.96	44.59	83.0	81.7	111.6	77.7	91.4	24.5	171.7	101.8	48.6	45.5

Source: China statistical yearbook⁽¹⁾, 1999 Statistical Yearbook by province⁽²⁾ and China Energy Statistical Yearbook⁽²⁾

Fig. 1 Estimation procedure of energy consumption in urban household by province

Fig. 2 Estimation procedure of energy consumption by use type in urban household

解を行う。LPG と都市ガスはほとんど厨房・給湯に消費されている。石炭は暖房と厨房・給湯に消費され、省別都市ガス化率と燃料種類別の厨房・給湯エネルギー効率の想定から厨房・給湯に用いられる石炭消費量の推計を行い、その残りはすべて暖房に消費されとする。電気機器エネルギー消費原単位については、前報 (Part I) で推計した結果を用いる。この電気機器別エネルギー消費原単位により、省別電気機器の保有率と世帯数、住宅床面積及び暖房・冷房デグリーデイから積み上げ推計した熱用途別電力消費量を仮値とし、Table 1 の家計調査値により推計した省別電力消費量で合計調整した値を最終値として採用した。家庭部門熱用途別エネルギー消費量に影響を与える要因のうち、気候条件は重要な要因である。気候の影響を受けやすい熱用途は暖房、冷房であり、気温との相関関係が特に強い。本研究では、省別の行政府所在地の月平均気温データ¹⁴⁾を省別都市部全域の代表値として用

い、暖房デグリーデイ、冷房デグリーデイを推計した (Table 3 に示す)。暖房デグリーデイとは、ある基準の気温を下回ると暖房すると想定した暖房の必要度を示す指標である。ここでの基準温度は 14℃ とし、それを下回る日の平均気温と 14℃ との差を合計したものをを用いた (HDD_{14-14})。冷房デグリーデイについては基準温度を 22℃ とした (SDD_{22-22})。省別地理位置を理解するために、省名入りの中国地図を Fig. 3 に示す。

2.3 エネルギー消費構造の推計式

本研究では、以下に示す式 (1) ~ (4) までの推計式を用いて、省別・燃料種類別・熱用途別エネルギー消費量を算出する。

$$E_i = \sum_u E_i^u = \sum_f \sum_u E_i^{fu} = \sum_f \sum_a E_i^{fa} \quad (1)$$

ここで、 E_i : i 省における都市部家庭部門エネルギー消費量。

i : 対象地域の 30 ケ省, $i = 1 \sim 30$ 。

Table 3 Degree day for space heating and cooling by province

Province	Heating degree-day	Cooling degree-day
Beijing	1821	384
Tianjin	1854	366
Hebei	1467	450
Shanxi	2085	141
Inner Mongolia	3063	138
Liaoning	2985	189
Jilin	3708	96
Heilongjiang	4059	90
Shanghai	801	363
Jiangsu	1059	345
Zhejiang	843	399
Anhui	975	420
Fujian	111	708
Jiangxi	609	606
Shandong	1335	387
Henan	1194	399
Hubei	759	576
Hunan	687	441
Guangdong	0	945
Guangxi	51	810
Hainan	0	1230
Chongqing	438	525
Sichuan	660	231
Guizhou	693	90
Yunnan	273	90
Shaanxi	1248	342
Gansu	2043	45
Qinghai	3036	0
Ningxia	2721	111
Xinjiang	3177	81
Average in China	1474	355

E^u : 熱用途別エネルギー消費量。

u : 熱用途別。H: 暖房, C: 厨房・給湯, L: 照明, S: 冷房, P: 動力。

f : 燃料種類別。C: 石炭, L: LPG, G: 都市ガス, E: 電力, H: 熱供給。

E_f^u : 燃料種類別・熱用途別エネルギー消費量。

a : 機器別 (Part I の Fig. 2 を参照)。

E_a^u : f 燃料を消費する a 機器のエネルギー消費量。

厨房・給湯用世帯当り有効エネルギー消費水準は使用燃料種によらず一律と仮定し, LPG と都市ガスが普及していない家庭では厨房・給湯用燃料として石炭を使うものと仮定して省別厨房・給湯用石炭消費量を求めた (式(2))。

$$E_{i,C}^C = (E_{i,L} \cdot \eta_L + E_{i,G} \cdot \eta_G) \cdot \frac{(100 - r_i)}{r_i \cdot \eta_C} \quad (2)$$

ここで, $E_{i,C}^C$: i 省における厨房・給湯用石炭消費量。

$E_{i,L}$, $E_{i,G}$: i 省における LPG, 都市ガス消費量。

η_L , η_G , η_C : 厨房・給湯用 LPG, 都市ガス, 石炭の燃焼効率。それぞれ 50.0%, 50.0%, 22.1% とした¹⁵⁾。

r_i : i 省における都市ガス化率, %。

また, 暖房, 冷房は気候の影響を受けやすいため, 省別暖房, 冷房エネルギー消費構造の分析には, 気候要因を考慮し下記の式で推計される。対象機器はエアコンと扇風機である。

$$E_i^H = e_A^H \cdot n_{iA} \cdot m_i \cdot S_i \cdot HDD_i / HDD_C \quad (3)$$

$$E_i^S = (e_A^S \cdot n_{iA} + e_F^S \cdot n_{iF}) \cdot m_i \cdot S_i \cdot SDD_i / SDD_C \quad (4)$$

ここで, E_i^H , E_i^S : i 省における暖房, 冷房の電力消費量。

e_A^H , e_A^S , e_F^S : エアコン (暖房用), エアコン (冷房用), 扇風機のエネルギー消費原単位 (Part I の Table 3 の床面積当り原単位を用いる)。

n_{iA} , n_{iF} : i 省におけるエアコン, 扇風機の保有率, 台/百世帯。

Fig. 3 Chinese map by province

m_i , S_i : i 省における都市部世帯数, 世帯当り床面積。
 HDD_i , HDD_c : それぞれ i 省と中国全域 (平均) の暖房デグリーデー。

SDD_i , SDD_c : それぞれ i 省と中国全域 (平均) の冷房デグリーデー。

3. 推計結果及び考察

3.1 省別燃料種類別エネルギー消費量

式(1)により推計した1999年における中国都市部家庭部門エネルギー消費量は2392PJである。経年全国推計値2238PJ (Part Iの推計結果) に比べて7%大きい。地域別特徴の比較が目的なので、全国値に調整しないで、このまま分析する。また、中国能源統計年鑑¹²⁾の省別エネルギーバランス表より推計した結果は2003PJで、石炭, LPG, 電力について省別家計調査による本推計より14%も小さい。

省別燃料種類別エネルギー消費量を Fig. 4 に示す。最大の消費量は黒龍江省 (Heilongjiang) で205.98PJ, 全国の8.6%を占めるが、それに次いでいるのは広東省 (Guangdong), 遼寧省 (Liaoning), 河南省 (Henan), 江蘇省 (Jiangsu), 吉林省 (Jilin), 湖北省 (Hubei), 河北省 (Hebei), 北京市 (Beijing), 山東省 (Shandong) であり、いずれも100PJを超える。その他の省の多くは50PJ前後であり、最も少ないのは青海省 (Qinghai) の9.28PJである。燃料種類構成は地域によりかなり異なっている。産炭地域である黒龍江省, 吉林省, 遼寧省, 内蒙古自治区 (Inner Mongolia), 山西省 (Shanxi), 陝西省 (Shaanxi), 安徽省 (Anhui) などはいずれも石炭の消費量が多い。一方, 北京市, 天津市 (Tianjin), 上海市 (Shanghai), 広東省, 江蘇省, 浙江省 (Zhejiang), 福建省 (Fujian) などの急成長を遂げた東部沿岸部発展地域ではエネルギー自給率が低く (Table 2を参照), 石炭の消費量が少なく, LPGと都市ガスの消費量が多い。算出された省別のエネルギー消費量を都市部に在住人口, 世帯数と床面積で除し, 1999年の省別一人当たり, 世帯当り, 床面積当り燃料種類別エネルギー消費量を求めた。省別世帯当り燃料種類別エネルギー消費量を Fig. 5 に示す。全般的に寒冷地域では石炭の消費量が多く, 黒龍江省, 吉林省, 内蒙古自治区では石炭はエネルギー消費量の60%以上を占めている。逆に温暖地域の広東省, 上海市, 浙江省, 海南省 (Hainan) では石炭の消費量は少なく, LPGと都市ガスの消費量が多い。また, 北京市, 天津市, 上海市, 重慶市 (Chongqing) の大都市

Fig. 4 Composition of energy consumption by province in 1999

Fig. 5 Energy consumption per household by province in 1999

圏では経済発展と都市化の進行により利便性の高いLPG, 都市ガスと電力の消費量が多いと見られる。世帯当り消費量の最大は黒龍江省の36.99GJ/世帯, 最小は四川省 (Sichuan) の8.56GJ/世帯, 平均は18.81GJ/世帯である。世帯当りの格差は4.3倍となっている。一人当たりエネルギー消費量の最大は北京市の11.29GJ/人, 最小は雲南省 (Yunnan) の2.38GJ/人, 平均は5.47GJ/人である。一人当たりの格差は4.8倍となっている。Fig. 5によると, 中国都市部地域別家庭部門エネルギー消費構造の燃料構成は多様であることが分かる。この多様性は経済的, 気候的及び供給条件など様々な要因に決定されていると考えられる。

3.2 省別熱用途別エネルギー消費量

省別世帯当り熱用途別エネルギー消費量を Fig. 6 に示す。省別世帯当りエネルギー消費量の地域差の主因は気候の違いであり暖房用エネルギー消費量に大きな差がある。また次いで厨房・給湯用の寄与が大きく, その地域差も影響が大きい。照明, 家電機器, 冷房の電力消費の寄与は小さい。中国農村部では電力消費量はさらに低いが都市部においても家電機器の電力消費の割合が低いことは中国家庭用エネルギー消費の特徴である。広東省だけが例外的に冷房用電力消費が大きい。先進大都市, 温暖地域においても各省ともに冷房用エネルギー消費の寄与は小さい。以下熱用途別に実績消費量と有効エネルギー消費量について各論する。

3.3 省別暖房用エネルギー消費原単位

中国北部の寒冷地域では暖房用世帯当りエネルギー消費量

Fig. 6 Energy consumption per household by province and use type in 1999

が多く、黒龍江省の28.49GJ/世帯が最大である。それに次いでいるのは吉林省、内蒙古自治区、山西省、河北省、天津市であり、いずれも15GJ/世帯を超える。一方、南部の温暖地域では暖房用エネルギー消費量がほとんどない省もある。冷房用エネルギーは暖房に比べて小さく、広東省(443GJ/世帯、20%)以外は現状では寄与は小さい。一人当たりでは黒龍江省は8.45GJ/人で平均の3.5倍、寒冷地域では4 GJ/人以上のところが多く、北京市、天津市も4 GJ/人以上ある。床面積当りでは最高が黒龍江省の1.06GJ/m²で平均の5.66倍である。暖房負荷が大きい東北地方や内蒙古では住居規模は小さい傾向があり床面積当り暖房エネルギー消費量が相対的に大きくなっている。天津市では熱供給量が大きく石炭消費が小さい割に暖房エネルギー消費量が大きくなっている。このことから今後東北地方等の寒冷地域で一人当たり都市部床面積が増大すると、それに連れて暖房用エネルギー消費が増大する恐れがある。熱効率向上が熱源のガス化等燃料の転換を契機として実現できればその増大を和らげることが可能になる。本研究では、中国都市部の地域暖房と分散暖房(石炭)の熱効率をそれぞれ64%と56%と想定¹⁵⁾して省別暖房用世帯当り、一人当り、床面積当り有効エネルギー消費量を推計した。省別暖房用一人当り有効エネルギー消費量を Fig. 7 に示す。また、省別一人当り暖房用有効エネルギー消費量と暖房デグリーデ이의 相関関係を Fig. 8 に示す。強い正の相関関係があり、決定係数は

Fig. 7 Effective energy consumption for space heating per capita by province in 1999

Fig. 8 Relationship between heating degree day and effective energy consumption of space heating per capita by province in 1999

0.65 となった。青海省の暖房用有効エネルギー消費量は例外的に低いと見られるが、未開発地域であるため、家庭部門のエネルギーは厨房・給湯に優先して消費され则认为られる。寧夏回族自治区(Ningxia)、甘肅省(Gansu)、陝西省においても暖房デグリーデイに比べて暖房用有効エネルギー消費量が低い傾向がある。これらの省では暖房が不十分で室温が低い可能性がある。

北京市、天津市では暖房デグリーデイに比べて暖房用有効エネルギー消費量が大きい都市化に伴う要求水準の上昇(すなわち暖房室温が十分高い)を反映していると考えられる。

3.4 省別厨房・給湯用エネルギー消費原単位

省別一人当り厨房・給湯用エネルギー消費量を Fig. 9 に示す。厨房・給湯用エネルギー消費量は地域により差がある。一人当り厨房・給湯用エネルギー消費量の最大は北京市の5.97 GJ/人、最小は山東省の1.35GJ/人である。その格差は4.4倍となっている。省別一人当り厨房・給湯用有効エネルギー消費量を Fig. 10 に示す。一人当り厨房・給湯用有効エネルギー消費量の最大は北京市の2.94GJ/人である。それに次いでいるのは貴州省、広東省、河南省であり、いずれも1.5GJ/人を越える。寧夏回族自治区以下7地域では0.7GJ/人程度と低い。最小は内蒙古自治区の0.49GJ/人である。その他の多くの省では1.0GJ/人前後である。

3.5 省別電力消費量の熱用途別構成

省別一人当り熱用途別電力消費量を Fig. 11 に示す。福建省、天津市、広東省、重慶市、上海市、北京市の一人当り電

Fig. 9 Energy consumption of cooking and hot water supply per capita by province in 1999

Fig. 10 Effective energy consumption of cooking and hot water supply per capita by province in 1999

力消費量が高い。地域格差を用途別に見ると家電機器と冷房用の電力消費がともに多い地域で一人当たり電力消費量が高い。冷房電力消費が大きい地域は冷房負荷とエアコン保有率が共に高いためである。省別一人当たり可処分所得と一人当たり電力消費量との相関関係を Fig. 12 に示す。経年動向分析 (Part I) と同様に電力消費量は生活水準と正の相関関係があり、生活水準の向上は電力消費量増加の重要な要因であると考えられる。しかし、省別相関の決定係数は 0.46 であり、経年動向の決定係数の 0.98 よりかなり低い。その理由として、経済的な要因以外に気候条件も重要な要因であると考えられ、Fig. 11 に見るように冷房の電力消費量は地域によりかなりの差が見られる。

エアコン、家電機器ともに今後の所得増大に伴い急速に普及が進むものと予想され現状での電力需要水準が低いだけに伸びの余地も大きく、この分析では 1999 年当時のデータであるが、最新現況では電力需要がすでに大幅に伸びている。2002 年北京、上海市と広東省の家庭部門電力消費量は 1999 年の 1.87, 1.33, 1.31 倍となっている。2003 年以降の中国 31 ヶ省市の内、20 ヶ省市以上において広域の停電或いは電力使用制限の状況は家庭部門の電力消費の増加が一つの要因であると考えられており、特に発展地域の北京市、上海市、広東省の電力供給不足がもっとも深刻な状況にある。

Brockett D. et al.²⁾ は北京市、上海市についてたまたま同じ 1999 年に電力消費実態調査を行っている。これは各都市 50 世帯だけの抽出調査であるが、北京市は 4.9GJ/世帯・年、上海市

Fig. 11 Electricity consumption for use type per capita by province in 1999

Fig. 12 Relationship between disposal income per capita and electricity consumption per capita by province

は 5.8GJ/世帯・年で本推計のそれぞれ 1.4 倍, 1.6 倍である。この違いは本推計が行政区域全体の平均であるのに対し抽出調査は市内の中心部に近い住宅地域の高所得者層が対象になっているためと考えられ、妥当な差であろう。本推計で代表される行政区域平均値の背景にはこのような大きな巾をもった個別事例が存在しているということがこの比較から確認理解される。

3.6 省別エネルギー消費マトリックス

Figs. 13~18 は各地域の特徴を代表する省の都市部家庭部門エネルギー消費マトリックスである。黒龍江省は暖房負荷が高い東北地域、山西省は華北地域、上海市は発達先進地域である華東地域、広東省は冷房負荷が高い華中地域、そして西南地域の貴州省および西北地域の陝西省は経済未開発地域の代表である。同時に、上海市と広東省は東部沿岸部経済発

Fig. 13 Matrix of energy consumption in Heilongjiang in 1999

Fig. 14 Matrix of energy consumption in Shanxi in 1999

Fig. 15 Matrix of energy consumption in Shanghai in 1999

Fig. 17 Matrix of energy consumption in Shaanxi in 1999

Fig. 16 Matrix of energy consumption in Guangdong in 1999

Fig. 18 Matrix of energy consumption in Guizhou in 1999

展地域に、黒龍江省、山西省は中部地域に、貴州省と陝西省は経済未開発な西部地域にそれぞれ属している。寒冷地域に位置し産炭地域でもある黒龍江省と山西省では石炭依存度が高く且つ暖房熱需要が大きい。石炭はエネルギー消費量の50%以上、暖房はエネルギー消費量の60%以上を占めている。また、地域暖房の普及率が高いため、熱供給量の割合が高い。一方、エネルギー自給率が低く経済発展地域である上海市と広東省では石炭の依存度が非常に低く、広東省ではエネルギー消費量の10%、上海市ではエネルギー消費量の1%未満である。上海市と広東省の電力消費量の割合はほかの地域より高く、エネルギー消費量の30%以上を占めている。広東省では暖房用エネルギー消費量はほとんどなく、冷房用エネルギー消費量の割合はエネルギー消費量の約20%を占めている。これらの経済発展地域では都市化の進行とライフスタイルの変化により、利便性の高いエネルギーへの転換が進んでいる。

西部地域の貴州省と陝西省では一人当たりエネルギー消費量が低く、厨房・給湯用エネルギー消費量の割合が高い。経済未開発な地域であるため、家庭部門のエネルギー消費量は厨房・給湯用に優先消費されていると考えられる。また、石炭の依存度が高く、特に厨房・給湯用石炭消費量の割合が高い。これらの地域のエネルギー消費が現状で低水準であることは、今後経済発展地域に類似したエネルギー消費構造に移行してゆくことにより、今後の中国のエネルギー消費量がさらに増大する潜在的要因となっていると考えられる。

4. 終わりに

本研究では、前報 (Part I) と同様の方法で1999年における都市部家庭部門燃料種類別熱用途別エネルギー消費量を省別に推計し、エネルギー消費構造の特徴について分析した。分析結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 家計調査データを基礎資料として用いることにより中国省別都市部家庭部門エネルギー構造のより正確詳細な解析が可能になった。
- (2) エネルギー自給率の高い産炭地域の省では家庭部門の石炭消費量が多い (例: 黒龍江省, 山西省)。
- (3) エネルギー自給率の低い省では石炭消費量が少なく, LPGと都市ガス消費量が多い (例: 広東省, 浙江省)。
- (4) 大都市圏では生活水準とライフスタイルを反映して都市ガスと電力の消費量が多い (例: 北京市, 天津市, 上海市)。
- (5) 省別世帯当たり, 一人当たりエネルギー消費量の格差は4.3, 4.8倍となっている。この地域差の主因は気候の違いであり暖房用エネルギー消費量に大きな差がある。
- (6) 省別暖房用有効エネルギー消費原単位は省別暖房デグリーデイと強い正の相関関係がある。
- (7) 省別電力消費原単位, 都市ガス消費原単位は省別の生活水準と正の相関関係がある。

文 献 : References

- 1) 寧亜東, 外岡豊, 穆海林, 近藤康彦, 周璋生, 日本エネルギー学会誌, **85**(5), 371-380(2006): Ning Y. D., Tonooka Y., Mu H. L., Kondo Y., Zhou W. S., *J. Jpn. Inst. Energy*, **85**(5), 371-380(2006)
- 2) Brockett, D., David F., Lin J. M., Lin J., ACEEE Summer Study on Building Energy Efficiency, (Lawrence Berkeley National Laboratory), p. 8.29-8.40(2002)
- 3) 張晴原, 浅野賢二, 日本建築学会計画系論文集, 543, p. 65-69(2001): Zhang Q. Y., Asano K., *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, 543, p. 65-69(2001)
- 4) 張晴原, 浅野賢二他, 日本建築学会計画系論文集, 548, p. 69-74(2001): Zhang Q. Y., Asano K., et al., *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, 548, p. 69-74(2001)
- 5) 張晴原, 浅野賢二他, 日本建築学会計画系論文集, 555, p. 61-68(2002): Zhang Q. Y., Asano K., et al., *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, 555, p. 61-68(2002)
- 6) 張晴原, 浅野賢二他, 日本建築学会計画系論文集, 555, p. 69-76(2002): Zhang Q. Y., Asano K., et al., *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, 555, p. 69-76(2002)
- 7) 張晴原, 浅野賢二, 日本建築学会計画系論文集, 565, p. 55-60(2002): Zhang Q. Y., Asano K., *J. Archit. Plann. Environ. Eng., AIJ*, 565, p. 55-60(2002)
- 8) Zhang Q. Y., *Energy and Buildings*, **36**, p. 1217-1225(2004)
- 9) China Investigation Statistical Yearbook on Prices and Urban Household Income and Expenditure 1999, (China Statistics Press), (2000)
- 10) Price Yearbook of China 1999, (China Price Press), (2000)
- 11) 1999 Statistical Yearbook by province, (China Statistics Press), (2000)
- 12) China Energy Statistical Yearbook 1997-1999, (China Statistics Press), (2001)
- 13) China Economic Information Network, <http://www.cei.gov.cn/>
- 14) China Statistical Yearbook 1999, (China Statistics Press), (2000)
- 15) Hu X. L., Jiang K. J., et al., Evaluation of Technology and Countermeasure for Greenhouse Gas Mitigation in China, (China Environmental Science Press), p. 176-225(2001)