

集合住宅のエネルギー消費に関する中日比較研究

劉 俊

1. はじめに

中国の住宅部門におけるエネルギー消費は年々増加しており、その実態把握が必要である。本研究では中国の6つの都市と日本の3つの地域で行った実測調査のデータに基づき、両国の住宅におけるエネルギー消費状況の比較を行う。

2. 対象都市の概要

各都市の位置を図1に示す。各都市を緯度と気候によって、3地域に分ける。同じ地域に分けられた住宅について、比較する。対象となる住宅の概要と実測調査期間を表1に示す。

3. 中国地域暖房エネルギー消費量の算出

3.1 第1段階（基本推定）

本研究対象の一部である中国の厳寒地区と寒冷地区の住宅は地域暖房を使用しており（北京01邸を除く）、そのエネルギー消費量は年間消費量に大きな割合を占めているが、実測調査では制限があるため、個別の消費量が測定出来なかった。そのため、地域暖房熱消費量の推定方法¹⁾を用いて、各住宅の地域暖房エネルギー消費量の算出を行った。地域暖房熱消費量の推定方法は以下の通りである：

- 2000年北京市怀柔熱供給管理所が北京市の湖光団地（住戸の平均延床面積は80㎡である）に対して実施した地域暖房プラントの熱供給量に関する実測調査¹⁾によれば、北京市

における単位床面積当たりの暖房エネルギー消費量は0.429GJ/年・㎡である。

- 中国の標準気象データを用いて、4都市（ハルビン、瀋陽、大連、北京）におけるモデル住宅の年間暖房負荷の数値シミュレーションを行い、各都市のモデル住宅の単位床面積当たりの年間暖房負荷を算出する。数値シミュレーションの計算概要を表2、シミュレーション用集合住宅モデルの壁体仕様を表3に示す。また、地域暖房（プラント）の運転効率を70%、途中熱搬送損失率を10%、住戸側のパネルヒーターの放熱効率を90%と想定する。

- 北京市の地域暖房用熱消費量の原単位をモデル住宅の単位床面積当たりの年間暖房負荷で除した係数 α を求める。

$$\text{係数 } \alpha = \frac{0.429\text{GJ/年}\cdot\text{m}^2(\text{地域暖房用熱消費量原単位})}{y} = 1.49 \dots \text{式1}$$

$$y = \frac{y_1(x - x_2) - y_2(x - x_1)}{x_1 - x_2} \dots \text{式2}$$

- y: モデル（湖光団地の平均延床面積80㎡）の年間暖房負荷
- x: モデルの面積
- y₁: モデル1の年間暖房負荷
- x₁: モデル1の面積
- y₂: モデル2の年間暖房負荷
- x₂: モデル2の面積

- 単位床面積当たりの年間暖房負荷に係数 α を乗じて、各都市の地域暖房用熱消費量の原

表1 対象住宅の概要と調査期

国	中国											
	厳寒地区				寒冷地区				夏暑冬寒地区			
地域分類	厳寒地区				寒冷地区				夏暑冬寒地区			
住戸名	ハルビン01邸	ハルビン02邸	瀋陽01邸	瀋陽02邸	大連01邸	大連02邸	北京01邸	北京02邸	上海01邸	上海02邸	長沙01邸	長沙02邸
建築年	2001	1999	2003	2003	2004	2002	2004	2006	2002	1996	1999	2000
床面積 (㎡)	1805	1040	1100	1000	1014	1080	805	900	1300	1296	1060	1030
階数	7	3	11	6	11	9	7	8	4	12	12	3
構造・工法	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造
用途別エネルギー源	暖房	地域暖房	地域暖房	地域暖房	地域暖房	地域暖房	ガス	地域暖房	電気	電気	電気	電気
	冷房	電気	電気	電気	電気	電気	電気	電気	電気	電気	電気	電気
	給湯	地域給湯	電気	電気	電気	ソーラー	電気	ガス	ガス	地域給湯	ガス	電気
	調理	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス
家族人数	3	3	5	2	2	4	3	4	3	5	4	3
調査期間	2007/1-2008/1			2008/2-2009/1			2007/12-2008/12		2008/12-2009/12		2006/12-2007/12	
国	日本											
	第I地域 厳寒地区			第II, III地域 寒冷地区			第IV, V地域 夏暑冬寒地区					
地域分類	第I地域 厳寒地区			第II, III地域 寒冷地区			第IV, V地域 夏暑冬寒地区					
住戸名	札幌01邸	札幌02邸	札幌03邸	札幌04邸	仙台01邸	仙台02邸	盛岡01邸	盛岡02邸	福岡01邸	福岡02邸	福岡03邸	福岡04邸
建築年	2001	2002	1990	1997	2000	2000	1998	2000	2001	1996	1996	1996
床面積 (㎡)	1040	970	991	87.1	723	780	783	800	8236	726	726	726
階数	8	11	9	8	7	7	7	7	3	15	15	14
構造・工法	SFC造	SFC造	SFC造	RC造	SFC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造
用途別エネルギー源	暖房	灯油	灯油	ガス	電気	灯油	電気	灯油	電気	電気	灯油	電気
	冷房	-	-	-	-	-	電気	電気	電気	電気	電気	電気
	給湯	灯油	灯油	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	電気	ガス	ガス	ガス
	調理	電気	電気	ガス	ガス	ガス	ガス	ガス	電気	電気	電気	電気
家族人数	4	3	3	2	3	3	4	2	4	6	4	4
調査期間	2002/11-2004/2						2002/11-2004/2					

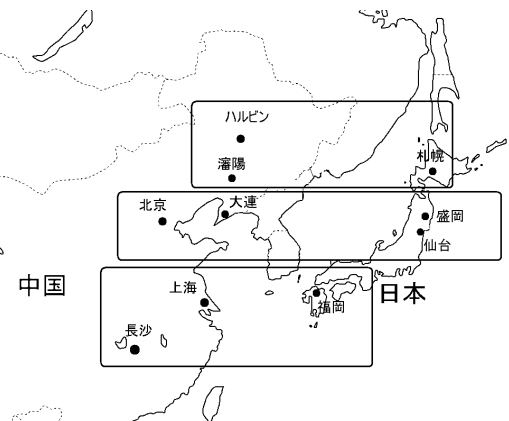


図1 対象都市の位置

単位を算出する。結果を表4に示す。

5. この原単位に各住宅の延床面積を乗じて、4都市における各住宅の地域暖房用熱消費量の推定値を算出する。結果を図2(項目:基本推定)に示す。

3.2 第2段階(実測算出)

基本推定法を検証するため、実測データに基づき、各住宅の実際の状態を反映できるようにシミュレーションを行った。数値シミュレーションの計算概要を表2に、シミュレーション用集合住宅モデルの壁体仕様が第1段階と同じものを使用し、表3に示す。結果を図2(項目:実測算出)に示す。基本推定値と実測算出値の間に大きな差がある。

- 瀋陽01邸と02邸、ハルビン01邸、北京02邸の場合は、実測算出値は基本推定値より大きい。その原因は基本推定の計算条件の中で、室内温度は設計温度の18℃を用いるが、実測調査の結果、実際に各住宅の室内温度は設計温度より高いと考えられる。各住宅の室内温度は平均20~26℃もあるため、設計温度の18℃より消費されるエネルギーが多いと考えられる。その他、基本推定の計算条件の中に、家族構成が3人、在室パターンが一つしかないが、実際の各住宅の家族構成と在室パターンは様々である。家族人数とライフスタイルの違いによるエネルギー消費量の変化が考えられる。

- ハルビン02邸、大連01邸と大連02邸の場合は基本推定値が実測算出値より大きい。その原因は表1に示すように、ハルビン02邸、大連01邸と大連02邸の場合はメゾネット型マンションであるため、1階の天井から2階床への熱伝導や室内空気の流動による熱対流などの原因で、室内温度が高いにもかかわらず消費するエネルギーが少ないと考えられる。

3.3 第3段階(改良推定)

第2段階の結果を踏まえ、基本推定法の改良が必要であると考えられる。そのため、影響がもっとも大きい設定温度について検討を行った。設定温度を18℃から各都市の各住宅の室内温度(表4に示す)に変更し、シミュレーションを行った。

表2 数値シミュレーションの計算概要

項目	第1段階 基本推定	第2段階 実測算出	第3段階 改良推定
延床面積	モデル1: 666m ² モデル2: 1282m ²	各住宅の延床面積	モデル1: 666m ² モデル2: 1282m ²
住宅構造	RC造		
住宅位置	中間階中間住戸	各住宅実際の位置	中間階中間住戸
世帯人数 構成	3人世帯 夫婦(二人とも通勤者) 子供(1人 学生)	各住宅実際の人数と構成	3人世帯 夫婦(二人とも通勤者) 子供(1人 学生)
暖房設備(設置場所)	地域暖房(入室24時間)		
冷房設備(設置場所)	無し		
暖房設定温度	18℃	各住宅の室内温度	各住宅の室内温度
気象データ	中国基準気象データ		
プログラム	多数室温変動 熱負荷計算プログラムTrp ²⁾ 生活スケジュール自動生成プログラム ³⁾ SCHEDULE Ver.20		

表3シミュレーション用集合住宅モデルの壁体仕様

部位	仕様モデル	番号	材料	材厚t	熱伝導率λ W/mK	熱貫流率K W/m ² K
外壁	1	1	モルタル 珪砂セメント	20mm	0.93	0.50
		2	ポリスチレン発泡板	60mm	0.05	
		3	普通コンクリート	200mm	1.74	
		4	モルタル 石灰	20mm	0.87	
内壁	1	1	モルタル 石灰	20mm	0.87	1.52
		2	普通コンクリート	180mm	1.74	
		3	モルタル 珪砂セメント	20mm	0.93	
床	1	1	モルタル 珪砂セメント	20mm	0.93	0.52
		2	普通コンクリート	120mm	1.74	
		3	ガラスワール	90mm	0.054	
		4	モルタル 珪砂セメント	20mm	0.93	
開口部			二重(ペア)ガラス 普通サッシ(サッシ、ブラインド等なし)			3.00

表4 単位床面積あたりの年間暖房負荷

1m ² あたりの年間暖房負荷 (GJ/年・m ²)	基本推定	実測			
		瀋陽	ハルビン	大連	北京
		モデル1	モデル2	モデル1	モデル2
	基本推定	0.524	0.719	0.364	0.287
	改良推定	0.508	0.472	0.369	0.289
	モデル1	0.691	0.805	0.511	0.468
	モデル2	0.466	0.519	0.343	0.322

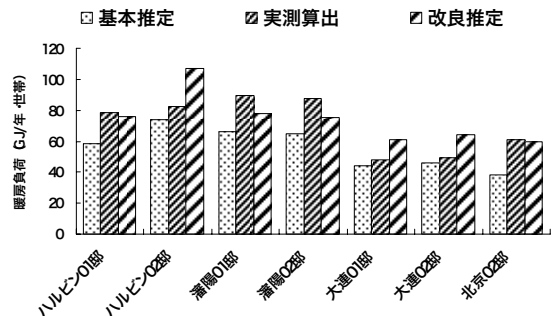


図2 各住宅の地域暖房用熱消費量の推定値比較

表4 各住宅の実測室内温度(単位:℃)

	瀋陽01邸	瀋陽02邸	ハルビン01邸	北京02邸
実測室内温度	21	21	23.5	24
	ハルビン02邸	大連01邸	大連02邸	
実測室内温度	26	22.5	23	

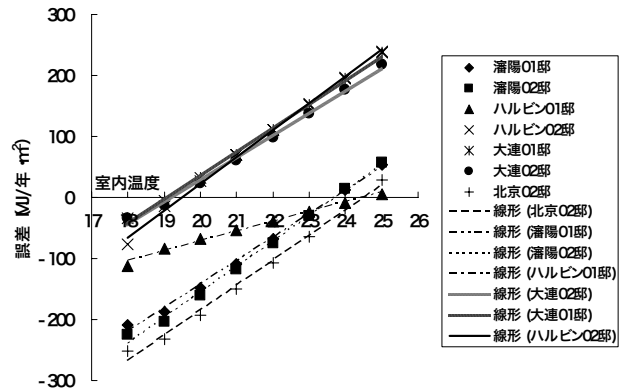


図3 各住宅各温度設定で推定値と実測算定値の誤差
数値シミュレーションの計算概要を表2に、シミュレーション用集合住宅モデルの壁体仕様は第1段階と同じものを使用し、表3に示す。結果を

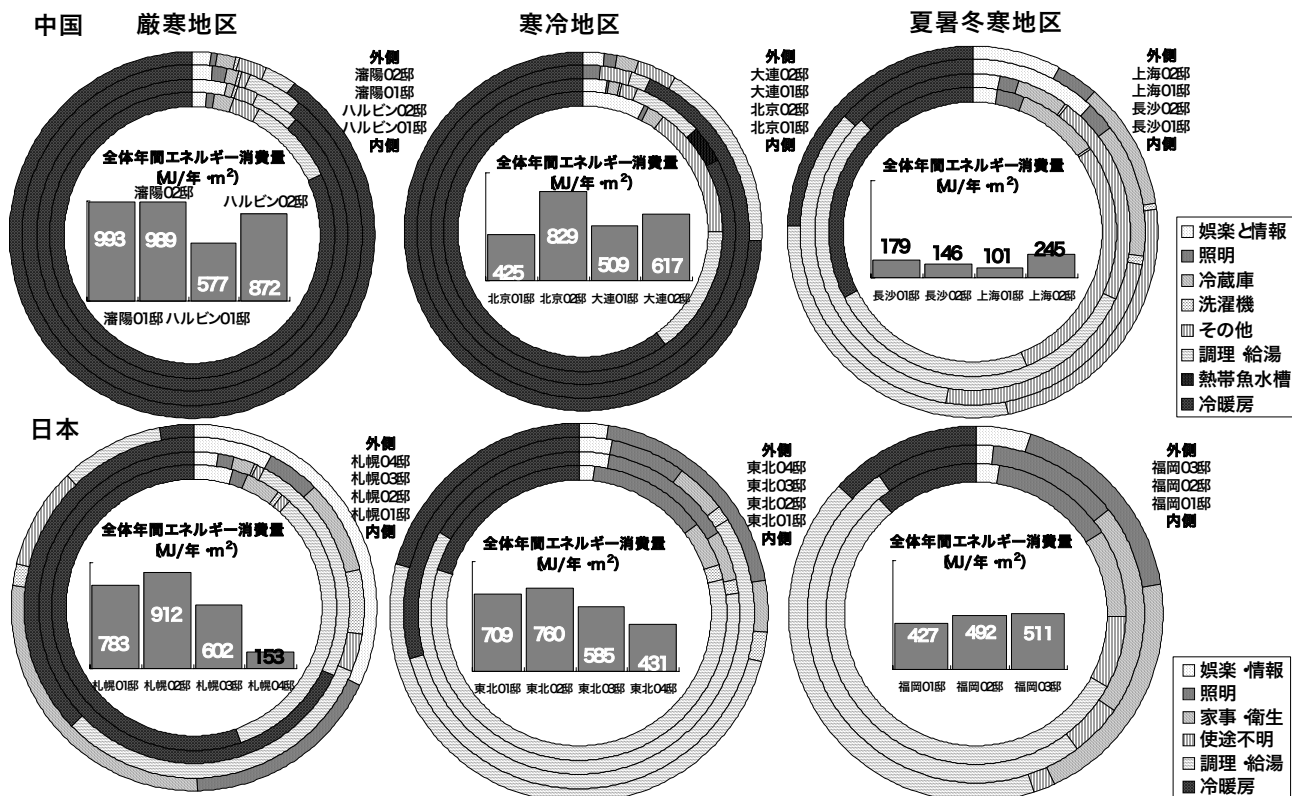


図 4 各地区における住宅の単位面積当たりの年間エネルギー消費量

図 2 (項目：改良推定) に示す。結果から改良推定値は実測算出値により近づくことがわかる。しかし、ハルビン 02 邸、大連 01 邸と大連 02 邸のようなメゾネット型マンションの場合はその差がさらに広がる。

検討結果は以下の通りである：

- 基本推定法を用いて地域暖房のエネルギー消費量を推定する場合、設計温度の 18°C をシミュレーション室内設定温度とすれば、その結果は実際の消費量と誤差が大きく、住宅実際の室内温度をシミュレーション室内設定温度にする必要がある。
- 図 3 に示すように 24°C をシミュレーション室内設定温度として算定した結果は実際の消費量との誤差は 6% 左右であり、単純な推定に用いるのが効果的であると考えられる。
- しかし、メゾネット型マンションの場合は例外であり、更なる研究が必要とされる。

4. 年間エネルギー消費量の中日比較

4-1 厳寒地区

厳寒地区における住宅の単位面積当たりの年間エネルギー消費量を図 4 に示す。中国と日本の単位面積年間エネルギー消費量をそれぞれ ECc と EQ と略記する。ECc の平均値 858MJ/年・m² に対して、EQ の平均値は 766MJ/年・m² (札幌 04 邸は欠

測があるため除く) であり、ECc は EQ の 1.1 倍であり、消費量はほぼ同じである。内訳をみると、暖房用エネルギー消費量は ECc が 8~9 割、EQ が 3~7 割であり、全体に占める割合がもっとも大きい。室内平均温度が同じく 20~25°C であるため、ECc の平均値は 738MJ/年・m² であり、EQ の 425MJ/年・m² の 1.7 倍であり、エネルギー利用効率の悪さを表している (図 5)。暖房用以外のエネルギー消費量をみると、調理・給湯部門では、EQ の平均値が 224.4 MJ/年・m² であり、ECc の 45.2 MJ/年・m² の約 5 倍である (図 6)。その中で給湯用は日本が 9 割、中国が約 6 割であり、給湯用エネルギー消費量は日本が中国の約 7 倍となる。照明部門では、EQ の平均値が 19.4 MJ/年・m² であり、ECc の 5.2MJ/年・m² の 3.7 倍である (図 7)。娯楽・情報部門では、EQ の平均値が 34.4 MJ/年・m² であり、ECc の 19.5 MJ/年・m² の 1.8 倍である。

4-2 寒冷地区

寒冷地区における住宅の単位面積当たりの年間エネルギー消費量を図 4 に示す。ECc の平均値は 595MJ/年・m² であり、EQ の 621MJ/年・m² とほぼ同じである。しかし、内訳をみると、冷暖房用エネルギー消費量は ECc が 6~9 割であり、EQ の 2 割より遥かに大きい。ECc の平均値は 471MJ/年・m² であり、EQ の 133MJ/年・m² の 3.5 倍である (図

5). 冷暖房用以外のエネルギー消費量をみると、調理・給湯部門では、EQの平均値が 352.1 MJ/年・㎡であり、ECcの 58.3 MJ/年・㎡の約 6 倍となる (図 6)。その中で給湯用エネルギー消費量は日本が中国の約 9 倍である。照明部門では、EQの平均値が 81.0 MJ/年・㎡であり、ECcの 5.3MJ/年・㎡の 15.4 倍である (図 7)。娯楽・情報部門では、EQの平均値が 17.6 MJ/年・㎡であり、ECcの 13.9 MJ/年・㎡の 1.3 倍である。

4-3 夏暑冬寒地区

夏暑冬寒地区における住宅の単位面積当たりの年間エネルギー消費量を図 4 に示す。EQの平均値は 477MJ/年・㎡であり、ECcの 168MJ/年・㎡の 2.8 倍である。内訳をみると、冷暖房用エネルギー消費量はECcでは 2~3 割であり、EQでは 1 割である。ECcの平均値は 37.4MJ/年・㎡であり、EQの 41.0 MJ/年・㎡とほぼ同じである (図 5)。冷暖房用以外のエネルギー消費量をみると、調理・給湯部門では、EQの平均値が 177.1 MJ/年・㎡であり、ECcの 64.2 MJ/年・㎡の約 2.8 倍である (図 6)。その中で給湯用エネルギー消費量は日本が中国の約 4 倍である。照明部門では、EQの平均値が 52.8 MJ/年・㎡であり、ECcの 5.2MJ/年・㎡の 10.2 倍である (図 7)。娯楽・情報部門では、EQの平均値が 10.9 MJ/年・㎡であり、ECcの 11.8 MJ/年・㎡とほぼ同じである。

5. 総括

本研究では以下のような結論が得られた。

(1) 中国の厳寒、寒冷、夏暑冬寒地区における 6 都市に合計 12 戸住宅において実測調査を行い、各住戸のエネルギー消費状況と室内環境を分析し、結果をまとめた。

(2) 厳寒、寒冷地区における地域暖房システムの消費量推定方法について検討を行い、その改良を行った。

(3) 中国と日本における住宅の実測調査結果に基づき、両国の消費状況の違いを明らかにするため、比較分析を行った。結果は以下の通りである。

- 1) 中国と日本の住宅における年間単位面積当たりエネルギー消費量は厳寒、寒冷地区ではほぼ同じであり、夏暑冬寒地区では日本の方が多い。
- 2) 厳寒、寒冷地区における暖房用エネルギー

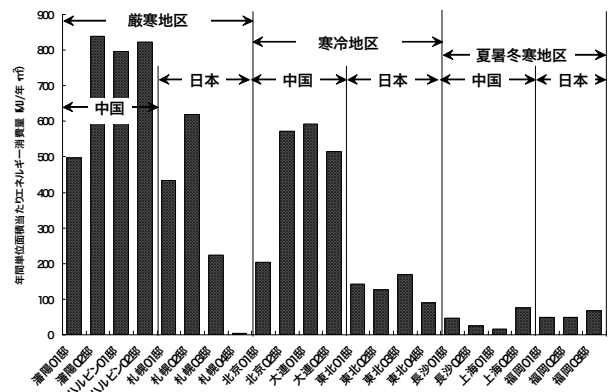


図 5 冷暖房用エネルギー消費量

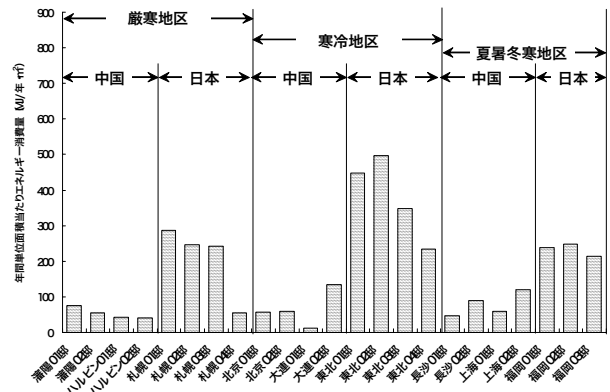


図 6 調理・給湯用エネルギー消費

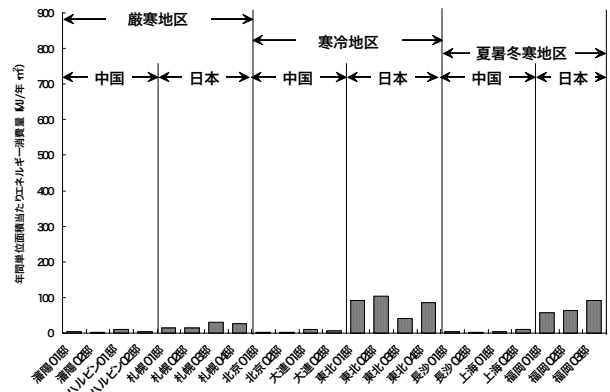


図 7 照明用エネルギー消費量

消費量は中国が日本より遥かに大きい。

3) 給湯、照明などの指標から見ると中国の住宅の快適性及び機能性は日本より低い。中国における住宅の省エネを進めるとともに地域暖房のエネルギー過剰消費の見直しが重要であり、節約できるエネルギーを給湯、照明用へシフトすることが効率的であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 于靚：中国における都市部集合住宅のエネルギー消費に関する研究，九州大学博士論文，2008
- 2) 林徹夫：マイコンによる住宅の多数室室温変動・熱負荷計算プログラムの開発，住宅総合研究財団研究年報，Nb. 19, pp. 337- 346, 1992
- 3) 空気調和・衛生工学会：シンポジウム「住宅における生活スケジュールとエネルギー消費」テキスト付属プログラム「SCHEDULE Ver. 2.0」, 2000.