

E-0809 中国における気候変動対策シナリオ分析と国際比較による政策立案研究

(3) 建築分野施策と住宅省エネルギーに関する研究

北九州市立大学国際環境工学部 高偉俊

〈研究協力者〉

北九州市立大学 国際環境工学部	玄姫・高永志
佐賀大学 理工学部	李海峰
早稲田大学大学院 創造理工学部建築学科	蘇媛
埼玉大学経済学部	外岡 豊
上海電力学院 環境・エネルギー学部	任建興、顧群音、楊涌文
吉林建築工程学院 市政与環境工程学院	尹 軍・韋新東
大連理工大学 能源動力学院	寧亜東
浙江大学城市学院	田 軼威
浙江大学 建筑工程学院	葛堅・範理揚
清華大学 建築学院	楊旭東
中国農業大学 水利と土木工程学院	南国良
香港大学 機械工程系	李玉国

平成 20～22 年度累計予算額：14,573 千円（うち、平成 22 年度予算額：2,200 千円）

予算額は、間接経費を含む

〔要旨〕中国の建築分野におけるエネルギー消費全般に関わる各種の統計と資料を収集し、都市部、農村部における住宅と非住宅（業務建築）のエネルギー消費実態についてデータ整備し、経年動向データと省別分布について解析した。農村部住宅のエネルギー消費量については統計データの信頼性に疑問が持たれて来たが、あらたに調査された結果と比較し関係研究者とも討論して真の実態についての検討を行った。

とくに非住宅のエネルギー消費量についてはこれまでほとんど推計されていなかったが、いくつかの仮定のもとで最新年次の建物用途別・省別・エネルギー用途別エネルギー消費量の推計を試みた。

省エネルギーと温室効果ガス排出削減の政策立案に際し正確な実態の把握が不可欠であるが、そのため事務所、商業、ホテル等、建物用途別エネルギー消費量原単位データの収集を行い、また長春市と上海市において都市部建築を対象に用途別のエネルギー消費量、エネルギー利用効率等に関する実態調査を行った。この結果を上記、建物用途別エネルギー消費量推計にも用いた。

中国農村部住宅とそのエネルギー利用について、既存の各種統計データを用いた推計と解析を行って来たが、その信頼性について確認するため専門家に対するヒアリングを行い、農村部住宅

エネルギー（特にバイオマス燃料）の利用状況と政策動向に関わる情報収集を行った。並行して現地実態調査を行い、中国大連市農村地域を対象にアンケート調査と実態見学を実施した。

[キーワード] エネルギー消費、温室効果ガス、CO₂、建築、中国

1. はじめに

筆者等は日本についての研究経験¹⁾²⁾をもとに中国の建築部門におけるエネルギー消費、CO₂及び各種の温室効果関連物質、大気汚染物質排出と室内環境について研究してきた³⁻¹²⁾。その対象は大きく都市部と農村部の住宅と都市部の非住宅に分けられる。また寒冷地では地域暖房が用いられており、既往研究報告では地域熱供給された暖房用エネルギーを「北方採暖地区」、「長江流域採暖地区」分として分離した分析もなされている¹⁴⁻¹⁷⁾。

中国の建築のエネルギー消費量は諸統計、既往研究の間で一致しない問題があり、分析に先立ち矛盾する諸データの中から最も信頼できるデータを選び、どれが実態値なのかを見極める必要がある。エネルギー消費量データの比較検討と差異の理由確認を(a)データ間比較、(b)実態調査、(c)文献情報収集、(d)専門研究者討論、(e)日本との比較などの手法により追求してきたが、それぞれの時点での知見に基づいて現況分析を行った結果を随時報告してきた^{11)12)22)24)他}。

都市部の住宅に関してはそのエネルギー消費量推計において通常用いられている能原統計²⁵⁾によらず家計消費統計を用いた独自の推計を試みて来た⁶⁾⁷⁾。またその際、家庭用エネルギー機器の効率に着目し、実エネルギー消費量実績だけでなく、効率をかけた有効エネルギー消費量を定量分析することで、燃料種類構成の変化、機器種類、方式と効率の経年的な動向と地域格差を定量化して明確に分析する手法を開発してきた⁶⁾⁷⁾。また筆者等の直接の研究ではないが日本建築学会において、中国住宅環境とエネルギー特別研究委員会とその後の小委員会活動において、多数の都市で都市部住宅の室内環境実測とエネルギー消費実態調査が行われている²⁶⁾。

農村部については能源統計に基づく省別詳細推計を行うとともに、本研究に先行して外岡等は西安市近郊、黒竜江省、吉林省等で実態調査を実施してきた⁹⁾¹¹⁾¹²⁾。本研究ではそれらの成果に加えて大連市近郊での調査を行い、さらに清華大学の研究成果とも比較して総合的な検討を行った。資料により異なる数値が示されていることは都市部住宅でも同様であるが、中国の関係研究者とくに清華大学建築節能研究中心の江億グループ、香港大学の李玉国、中国農業大学の南国良等とも討論を重ねデータ間の食い違いについて客観的な分析を行った。

非住宅建築に関しては本研究で独自の推計を試み、建物用途別省別エネルギー種類別に暖房用を含む総エネルギー消費量とCO₂排出量の推計、分析を行い、各所で報告した²¹⁾⁻²⁴⁾。建物用途別床面積の推計は比較的安定した推計が得られたが、エネルギー消費量については原単位の調査結果が限られており、個別建物において電力以外の燃料消費量のデータが極めて乏しく、電力消費量のデータは調査例はあるが熱用途構成が得られない場合が多く、そのままでは使えない調査結果が多い。また北方採暖地域における熱供給事業は非住宅、住宅の両方に供給している場合が

ほとんどであり、非住宅向けの供給量を定量的に特定することが難しい。このような様々な問題がある中で、本研究では継続的に推計の改良を試みて来た。2010年7月に北京に行き清華大の江億等と討論した際には、まだ妥当性を欠く部分が見られたが、その後さらに改良を加えた結果をここに報告する。中国国内で各地の大都市における個別建物のエネルギー消費実態調査がなされているが結果が公開されていないため、その成果を我々の推計に十分反映させることができない。既往の文献値の収集とそれらの数値との比較により設定値の妥当性検討を行ったが、まだ改良の余地が大きく残されており、そのため現時点では論文投稿できていない。

中国は世界最大の人口大国であり、2008年末の総人口は132802万人、そのうち都市人口は60667万人（総人口の45.7%）であるが、2030年には中国の総人口は約15億人に達し、そのうち都市人口は9億人（総人口の60%）～最大11億人（先進国並みの70%）に達すると予測されている。今後の中国の人口増加と農村部から都市部への大量の人口移動、経済成長に伴う所得の増加とライフスタイルの変化等によって、建築分野（特に住宅）における化石燃料、電力の基礎エネルギー需要量は人口増加の数倍も拡大する可能性が高く、それに伴う温室効果ガス排出の急増に対する抑制・削減対策は急務である。そこで、この分野での省エネルギーと再生可能エネルギー導入は重要な課題であるが、中国の場合同時に居住環境の改善も課題であり、とくに農村部では気密性が低い故に厳寒地区、寒冷地区では冬期の室内気温が10℃程度であったり、夏暑地域では室内が高温多湿であったり室内環境の快適性、健康性の達成確保も同時に考えた対策が望まれる。また伝統竈（かまど）やカン（炕、kang）でのCO（一酸化炭素）発生や、PM（微小粒子状汚染物質）等、地域によっては石炭中のヒ素やフッ素、放射性物質等の大気汚染暴露の健康影響の問題もあり¹³⁾、それらの対策を農村人口の高齢化と人口減少傾向のもとで推進しなければならない。

都市部では、住宅においては生活水準の向上に伴うエネルギー需要の増大、とくに電力需要の増大が懸念される。特に後述する非住宅（これを中国では公共建築と呼ぶ）では大型公共建築として区分される、20,000 m²以上の床面積があり、かつ空調システム、エレベータ、OA設備があるオフィス、ホテル、ショッピングセンター、複合建築及び交通ターミナル等、従来建築に比べて床面積当エネルギー消費量が数倍のエネルギー多消費型建築が各地で建設竣工されていることが、冷房用を含む電力需要と地域暖房を含む暖房給湯需要の急激な増大を招いている。気候変動対策として中国都市部の非住宅建築の動向は一大重点対策対象である。

2. 研究目的

本研究では上記の背景を踏まえ、中国の建築分野におけるエネルギー消費構造と温室効果ガス排出の現状を正確に調査・分析し、今後のエネルギー消費及び温室効果ガス排出量の基礎負荷量の予測及び、その抑制・削減対策のシナリオの構築により、政策立案の検討に基礎的な資料を提供することを目的とする。とくに非住宅・業務用建築については経済成長とともに急激に床面積が増大し、かつ建物の高級化も進んでいるためエネルギー消費量は床面積以上に急成長しているが実態はよくわかっておらず、その省エネルギー化と温室効果ガス排出削減の検討のために本推

計は極めて貴重な基礎情報を提供するものである。

3. 研究方法

上記の研究目的を踏まえ、本研究では主に次の4点について研究作業を実施した。

- (1) 都市部住宅についてエネルギー消費の経年動向と省別分布を分析し、あわせて室内居住環境（室温、快適性及び健康性等）実測に関する研究資料を収集した。
- (2) 農村部住宅についてもエネルギー消費の経年動向と省別分布の分析を行うとともに、大連近郊等で実態調査を行った（この部分は大連理工大学の協力により埼玉大学経済学部と共同実施）。
- (3) 農村部住宅でのバイオマス燃料利用について最新研究による知見を収集した（この部分是中国農業大学の協力による）。
- (4) 中国における非住宅建築のエネルギー消費量と温室効果ガス排出量の経年動向を分析し、床面積当たりのエネルギー消費原単位について最新の研究情報を収集した。併せて長春と上海において非住宅建築の用途別のエネルギー消費量及びエネルギー利用効率に関する調査を行った。住宅以外の業務建物（工場、倉庫除く）について省別・建物用途別・エネルギー種類別に推計する手順は、大きく2つの部分に分けられるがまず建物用途別床面積を推計する。非住宅全体の床面積は統計値がある。竣工床面積については省別・建物用途別に統計が取られている。そこで毎年の建物用途別竣工床面積の累計値から建物用途別床面積構成比を算出して、年末非住宅床面積を建物用途別に推計した。

次に床面積当エネルギー消費量原単位を設定する。中国各地の建築気候の違いを考慮して実施された代表都市における建物用途別エネルギー消費実態調査結果をもとに、各省の暖房冷房デグリーデイ（以下 DD）と経済指標を用いたクラスター分析により代表都市データの適用地域を決定し、エネルギー種類別のエネルギー用途構成については、中国の実測データが得られない場合には日本の推計例を参考に構成比を想定して与え、さらに DD による暖房、冷房エネルギー消費量の地域補正を行って各省のエネルギー消費原単位を設定した。推計結果の地域間格差、エネルギー用途構成等の相互関係の妥当性を検討し、エネルギー原単位の設定を修正して、よりもらしい推計結果となるよう設定値の微調整を行った。

4. 結果・考察

(1) 中国建築エネルギー消費の構成

中国は国土が広く、気候の差異が非常に大きいため図1に示す5つの建築気候区に分けて居住環境や建築省エネルギーに関する政策が行われている。

北方採暖地域では冬季には地域集中暖房が不可欠であり、都市部の建築延べ床面積の約70%は地域暖房を行っている。現行の地域暖房では建物毎または住戸毎での熱計量システムが導入されておらず、建物の延べ床面積を基準に暖房費用が徴収されているため、省エネルギーを促す力が弱く、エネルギーの浪費が生じている。しかし2000年以降、新築の建物に対して建物毎または個々の住戸に熱量メーターの設置が実験的に進められ、関連の基準と法規も整備されつつある。一方、それ以外の暖地では政策として地域集中暖房を行わない地域になっており、中国の建築エ

エネルギー消費を考える場合には、北方採暖地域の暖房エネルギー消費だけを分離して別途独立して取り扱う区分方法もある。最近ではそれ以外の地域でも長江流域都市部地域など、生活水準の向上に伴い、空調機・小型ボイラー等の分散型暖房形式が採用されている場合がある。

中国では、住宅以外の建物を「公共建築」と呼び（図2）業務、商業ビルという呼び方をしないが、本研究では「非住宅建築」という呼び方で、工場倉庫等を含まない日本の業務建築に相当する建築を総称する。非住宅建築建物は規模によってエネルギー消費の差が大きく、延べ床面積が20,000 m²を超える建物は一般的に中央空調式を採用するが、小規模の非住宅建築に比べ、床面積当のエネルギー消費量は3~8倍も高い。そのため、中国の建築におけるエネルギー消費実態と省エネルギー対策についてまとめた中国建築節能研究発展報告¹⁾では中国の建築エネルギー消費調査に当たって、以下のような分類を行っている。

- ①農村部住宅エネルギー消費：厨房、照明及び家電製品等が含まれるが、厨房用には主にとうもろこしの茎、葉、芯、麦わら、稲わら、柴（小枝、木の葉等）、薪等の伝統的なバイオマス燃料（直接燃焼）が使われている。またバイオマス燃料の使用状況は地域の経済状況や利用できる農業廃棄物や森林資源によって大きく異なるが、現状の中国ではこの部分に関する正確な統計データが十分整備されていない。
- ②北方暖房地区・都市部の建築暖房エネルギー消費：ここでの北方都市とは、集中（地域）暖房方式を採用している暖房指定都市を指している。これらの都市では約70%の建物に集中暖房方式が採用され、暖房用エネルギー消費は建築の断熱性、暖房方式や機器効率に大きく関係している。また、その熱源の一部は熱併給発電である。
- ③長江流域都市部の住宅暖房エネルギー消費：長江流域都市部は、冬季には短期間に零度前後の外気温度が現れるが、日平均気温では、零度以下になる日が極めて少ないため、法的に指定された暖房地域がほとんどない。しかし、近年の生活水準の向上に伴い、一部地域では暖房エネルギー消費も出はじめている。
- ④都市部住宅エネルギー消費（暖房エネルギー消費を除く）：照明、家電、空調及び厨房等を含む生活エネルギー消費である。空調エネルギー消費は気候によって左右されるが、それ以外のエネルギー消費は主に経済レベルに影響される。
- ⑤都市部一般非住宅建築エネルギー消費（暖房エネルギー消費を除く）：一般非住宅建築とは、事務所、学校、商店等を含め、単体で20,000 m²以下あるいは単体では20,000 m²を超えるが、中央空調方式を採用していない非住宅建築を指す。そのエネルギー消費は照明、動力設備、給水設備等がある。
- ⑥大型非住宅建築エネルギー消費（暖房エネルギー消費を除く）：大型非住宅建築とは、20,000 m²以上かつ中央空調方式を採用しているオフィス、ホテル、ショッピングセンター、複合建築及び交通ターミナル等を指す。そのエネルギー消費は一般非住宅の建築設備に加えて空調システム、エレベータ、OA（パソコン、サーバー等）機器及びその他の設備がある。



図1 中国建築熱環境設計のための気候区分

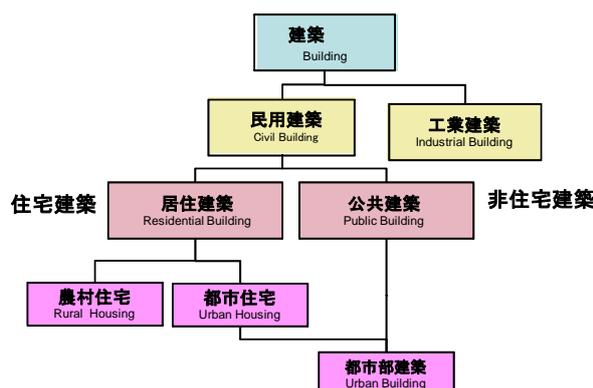


図2 中国の建物分類

(2) 建築延べ床面積の動向

急速な経済成長につれて中国の都市化が急速に進んでいる中、近年では一年間に竣工された建築の延床面積は20億 m^2 以上に達している。図3に示すように、2008年末の建築部門全体の床面積は432億 m^2 あり、都市部196億 m^2 、そのうち都市住宅125億 m^2 、非住宅71億 m^2 、農村部（すべて住宅とされる）建築床面積236億 m^2 となっている¹⁴。北方暖房面積（暖房がある都市部建築床面積、住宅用、業務用ともに含む）は88億 m^2 であった¹。農村部住宅が床面積の過半数55%を占めており、都市部住宅は29%、非住宅は15%であった。

2008年の農村部人口は7.2億人、その床面積は1人当32.4 m^2 （2008年）であるので、農村部住宅面積は236億 m^2 となる。また一戸当の床面積は121 m^2 と計算される。1978年時点では1人当床面積は8.1 m^2 であったので2008年には4倍（年平均成長率4.46%）に伸びている。農村住宅

面積は当時 64 億 m^2 で、2008 年には 3.7 倍（年平均成長率 4.45%）に伸びている。

（3）都市部住宅エネルギー消費

2008 年の都市部住宅エネルギー消費量推計結果は 1 次エネルギーとして 7.6EJ である。2 次エネルギー換算では 5.1EJ となった（図 2）。石炭が 1.7EJ、33%、（液化石油ガス（LPG）と都市ガス合計 1.4EJ、28%、熱供給は 0.8EJ、15%、電力は 1.22EJ、24%であった。1981 年の 1 次エネルギー消費量は 1.2EJ であったので、2008 年にはその 6.2 倍に、2 次エネルギーでは 1.17EJ から 4.4 倍に伸びている。

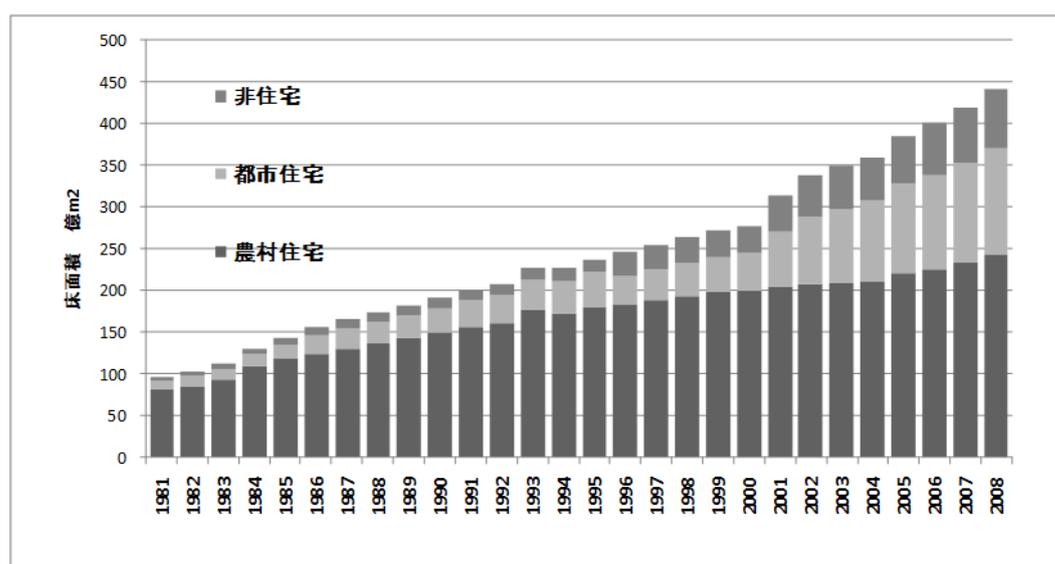


図 3 中国 建築床面積の経年動向 1981 - 2008 年

2008 年の都市部住宅エネルギー消費量推計結果は 1 次エネルギーとして 7.6EJ である。2 次エネルギー換算では 5.1EJ となった（図 4）。石炭が 1.7EJ、33%、（液化石油ガス（LPG）と都市ガス合計 1.4EJ、28%、熱供給は 0.8EJ、15%、電力は 1.22EJ、24%であった。1981 年の 1 次エネルギー消費量は 1.2EJ であったので、2008 年にはその 6.2 倍に、2 次エネルギーでは 1.17EJ から 4.4 倍に伸びている。別の推計として清華大学の建築節能年度発展研究報告によるものがある。図 5 はその 2011 年版¹⁷⁾による 1996 年から 2008 年の動向で、2008 年値は上記、図 4 の推計より年間 1EJ 大きい。その主な理由は住宅熱供給（地域暖房）の差で図 5 では「北方採暖」と喚ばれる区分が大きい、図 4 では小さい。これは能原統計の住宅用熱供給がその住宅を工場敷地内に持つ各産業用の一部として計上されているからと考えられる。都市住宅エネルギー消費量の真値は図 4 に熱供給だけは図 5 を入れた値が実態に近いだろうと考えているが、省別データによる確認等、詳しい解析は今後の課題としたい。

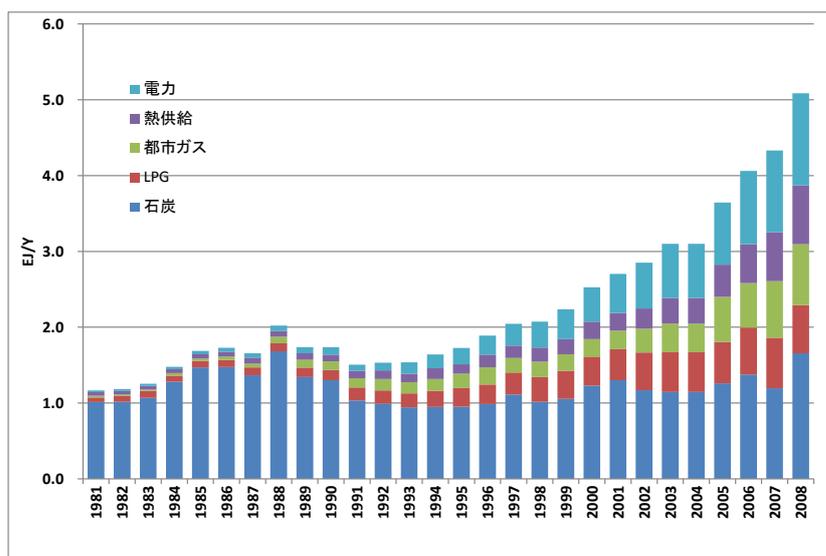


図4 中国における都市部住宅2次エネルギー消費量推移（1981～2008年）
家計消費調査などから推計

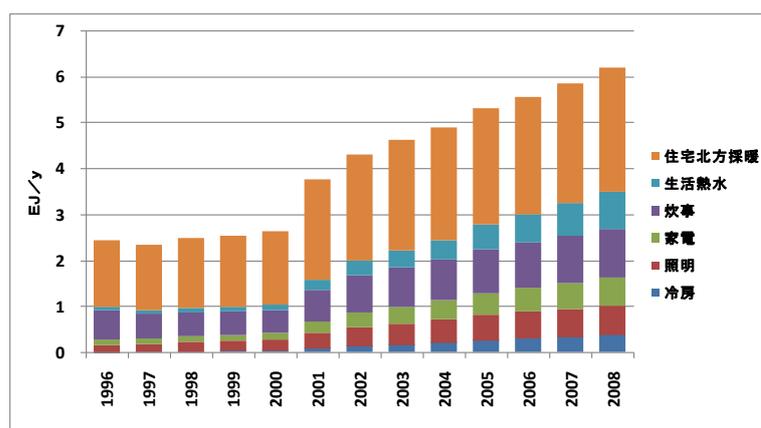


図5 中国における都市部住宅2次エネルギー消費量推移（1981～2008年）
建築節年度発展研究報告2011より推計（北方採暖のうち住宅用含）

（4）農村部住宅のエネルギー消費

1）農村部住宅のエネルギー消費量

図6に示す中国能源統計による推計では2006年について石炭15%、石油製品2.2%、電気4.9%（2次エネルギー、3.6MJ/kWh換算）、薪柴22%、農業廃棄物54%、バイオガス1.6%で、合計9.6EJである。

2006～2007年に清華大学建築科学技術系が24省で調査した結果¹⁾に基づく推計によると2006年の農村生活用エネルギー消費量推計結果は1次エネルギーとして31,775万トン標準炭、9.3EJである。2次エネルギー換算すると8.4EJとなった（図7下）。この調査は北方15省、88地域、南方9省、62地域、延べ4382戸について調べたものであり、初めて農村部住宅のエネルギー消

費実態が詳しく分析された新しい研究成果である。その燃料構成は図7上に示すように中国全体の平均では石炭50%、LPG4%、電気6%（2次エネルギー、3.6MJ/kWh換算）、柴27%、農業廃棄物13%でバイオマスは40%であった。1戸当平均33.39GJ/年、1人当8.87GJ/年に相当する。床面積当では289.9MJ/m²年である。能原統計ではバイオマス燃料が78%を占めており（図6と図7上）、調査結果（図7下）とはかなり異なった構成になっている。清華大の楊旭東、李定凱等によれば中国能源統計のバイオマス燃料消費量は過大であることであった。一方、最近公表された農業調査⁶⁾では厨房用にどのようなエネルギーが使われているか主要エネルギー源について地域別に分析しているが、図6に示すようにどの地域でも自給バイオマス燃料が半分以上を占めている。これは厨房用だけの主要な燃料種類についての構成比である。主要燃料が農業廃棄物や柴、薪である場合でも石炭やLPGを併用するケースが多いため、暖房用も電気機器も含む全エネルギー消費量の構成においてバイオマス燃料が40%しかない上述の調査結果と両立しないものではない。しかしこれまで寧重東、外岡の研究では中国能源統計をもとに農村部では8割がバイオマス燃料であるとしてきた（図7上）。中国能源統計から1人当バイオマス燃料消費量を計算すると1980年代からほとんど変化しておらず、農産物収量が増えていることとの関係について説明しがたい等の疑問が残るが、他にデータがないため中国能源統計値をもとに分析してきた経緯があった。今回の広域的な実態調査では逆にバイオマス燃料の構成比が半分以上、と全く異なる傾向を示したが、近年の農村部の可処分所得の向上などを考慮するとバイオマス燃料の地位が相対的に低下する傾向は妥当と考えられ、中国能源統計のバイオマス燃料使用量は実態より過大であると考えられる。LPGの普及率を省別に見ると上海、浙江、江蘇省などで高く、電力の消費も同様の傾向を示していることから、農村部の所得向上に伴ってLPG、電力の消費が増大しバイオマス燃料の地位が相対的に低下する傾向が見て取れる。石炭消費量についての調査結果は中国能源統計よりかなり大きいだが、これらの数値はどちらが実態に近いのかを裏付ける補助情報は少ないが、図6は今でもバイオマス燃料が根強く使われていることを示唆している。現時点での見解として真の実態はバイオマス燃料は農村部で現在でもかなり使われているが能原統計は過大であり、一方、報調査結果は石炭の割合が高くバイオマスの割合が半分以上であるのは比較的都市近郊に近い現金所得が高い地域に偏った結果であって典型的な農村の姿ではないと考える。バイオマス燃料の割合は78%より低く、40%よりは高いとして、図6を根拠にその中間点より高めであるとすれば60%強程度が中国全土平均値ではないかと考えるのが妥当であると考えている。

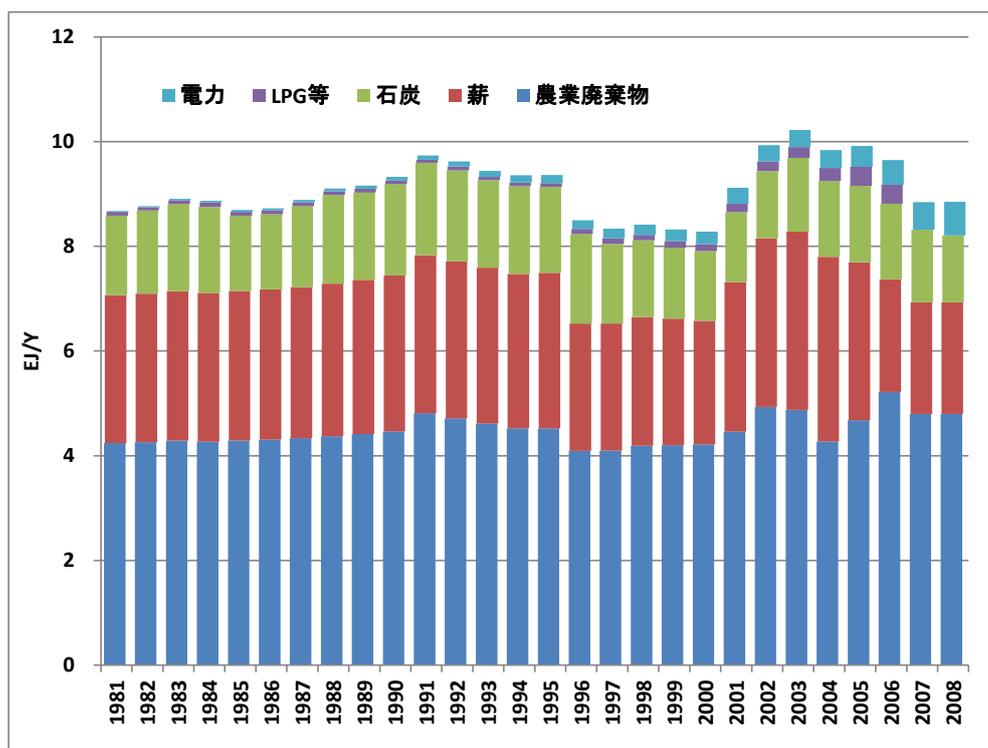


図6 中国における農村部住宅のエネルギー消費量推移 (1981～2006年)

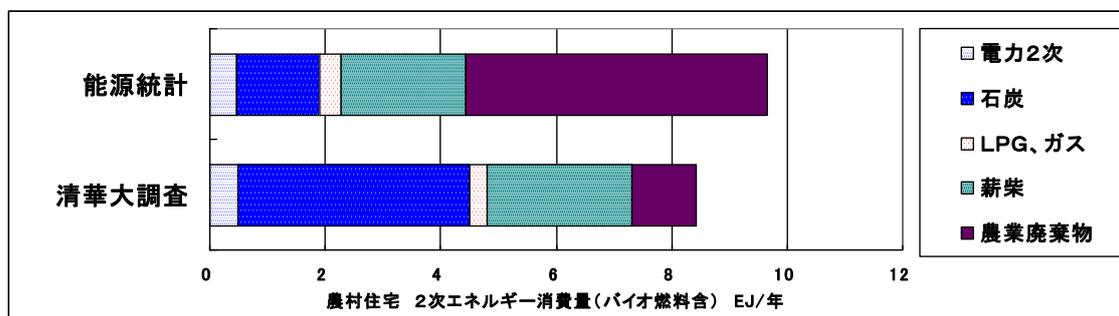


図7 中国農村部の住宅エネルギー消費量の推計値比較 2006年

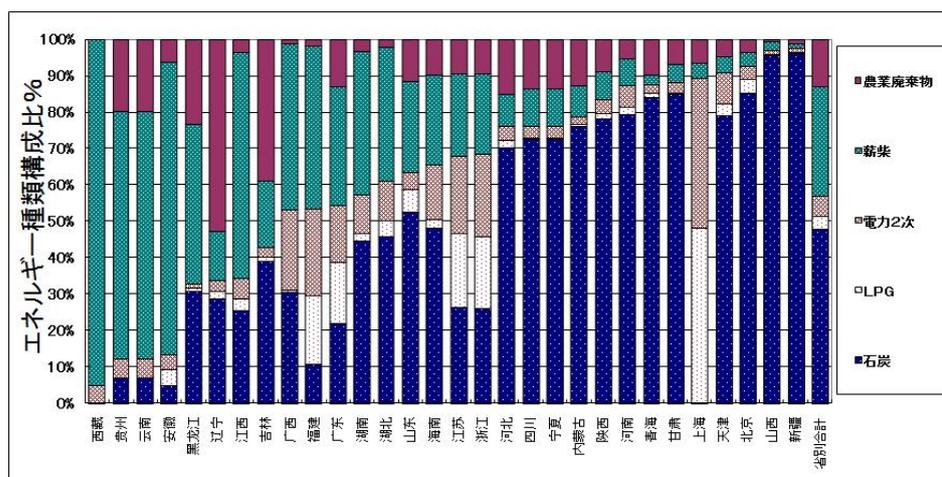


図10 省別・中国農村部住宅エネルギー消費量・エネルギー種類構成 2006年実態推計(文献¹⁴⁾より作図)

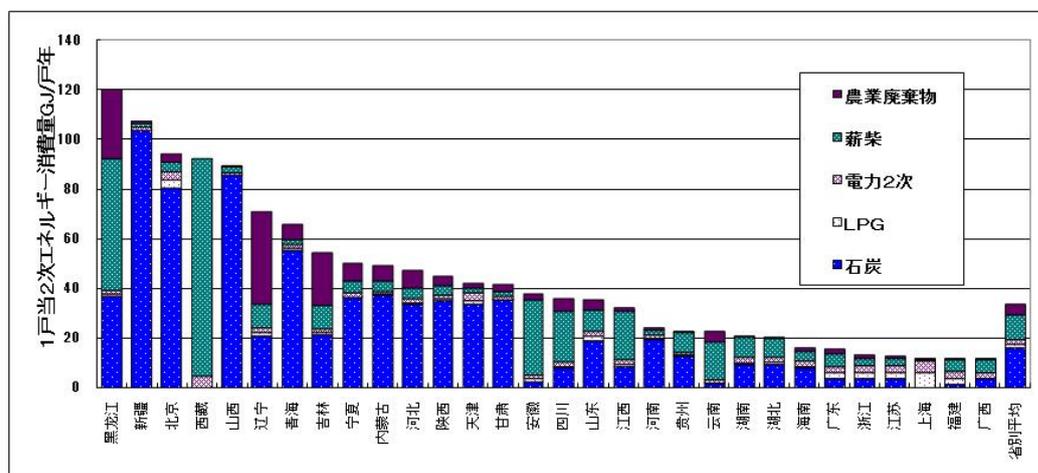


図11 省別・中国農村部世帯当・住宅エネルギー消費量 2006年実態推計¹⁴⁾より作図

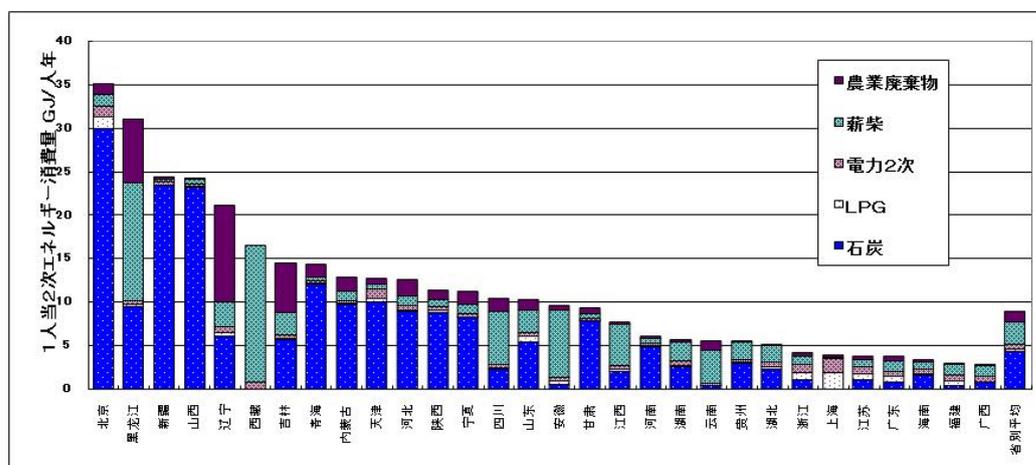


図1.2 省別・中国農村部1人当・住宅エネルギー消費量 2006年実態推計¹⁴⁾より作図

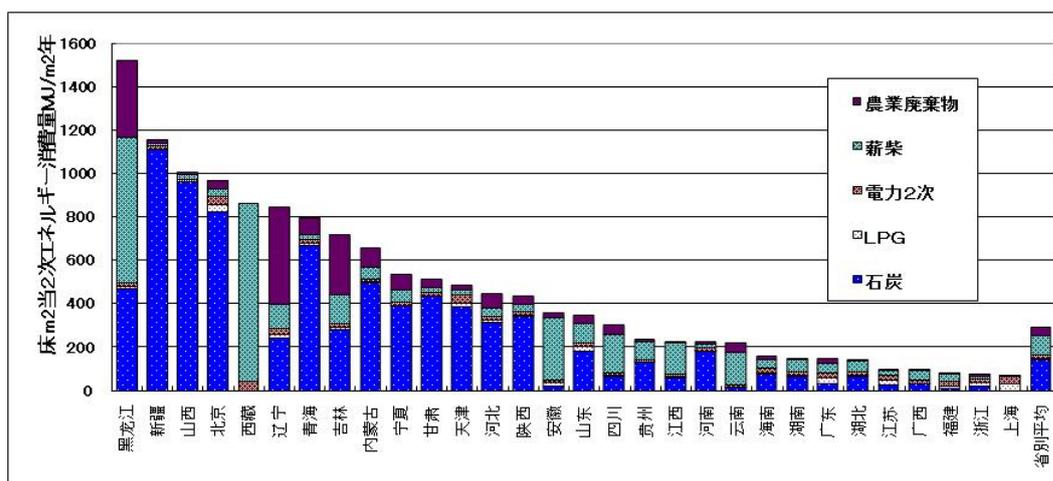


図1.3 省別・中国農村部床m²当・住宅エネルギー消費量 2006年実態推計¹⁴⁾より作図

図1.0～1.3に示す省別分布ではバイオマス燃料の消費は黒龍江省、遼寧省、吉林省、四川省、安徽省、雲南省などでその割合が大きい、山西省、新疆ウイグル自治区など石炭依存が大きい地域もあり、地域による燃料構成の特徴はかなり異なっている。上海市、北京市、浙江省のような都市化が進んだ地域ではLPG、電力の消費水準が他地域より高い。北方14省は暖房エネルギー消費が顕著な地域であり、その平均は農家当50.0GJ/戸、1人当13.3GJ/人年、床面積当517MJ/m²年である。これに対し南方8省では暖房負荷は小さく、その平均は農家当22.6GJ/戸、1人当6GJ/人年、床面積当178.0MJ/m²年である。しかし四川省と安徽省ではバイオマス燃料の依存度が高くとくに四川省では北方並のエネルギー消費水準である。この値が正しいのか異常に大きいのか、未だに判断できる情報が得られない。

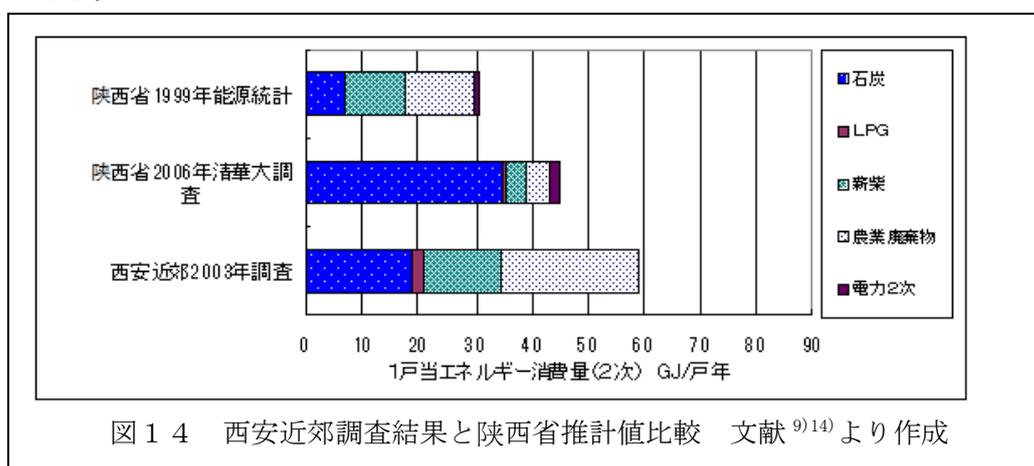
2) ミクロ実態調査結果との比較検証

図9から13に示したものは省別統計を用いたマクロな分析結果であるが、それを正しく解釈し間違いのない分析を行うには並行して実態調査を行う必要がある。本論の後半で中国研究者による実態調査結果を引用して具体像の理解に参考となる写真などを示すが、我々自身でも、寒冷的な東北地方を中心に実態調査を行っている^{9),11),12)}。限られた地域の、少ないサンプルによるミクロな事例に過ぎないため広大な中国を代表する一般性ある知見を引き出すことは困難であるが、調査結果の一部を紹介する。

西安近郊での調査は2003年当時の実態であり燃料消費量の年間値は冬季の調査結果からの推計で正確ではないが59GJ/戸・年であり、清華大調査による2006年陝西省推計値平均44.7GJより大きな値であった。中国能源統計による1999年値は30.6GJと小さかった。西安近郊であるために陝西省平均より消費量が高めである可能性もあると考えられる(図14)。

類似の調査を2007年について吉林省の4地区で実施したが、その40サンプルの単純平均値は80.47GJ/戸・年と大きく、清華大調査による2006年吉林省推計値平均54.2GJよりかなり大きな値であった。中国能源統計による1999年値は61.8GJであった(図15)。

この2つの調査結果に共通することは対象地域では省平均に比べて農業廃棄物の使用量が多いことである。その分、機器の燃焼効率が悪いのでエネルギー消費量も大きめであると考えれば有効エネルギー消費量(実消費×熱効率)は調査対象地域と省平均とで大きな違いはないとしてよい。調査地区の選定に当たってその地域の典型的な農村部であることを方針としたが、寒冷地域における典型的な農村とは伝統かまどと火炕が使われている地域であるため、農業廃棄物依存が低い都市近郊寄りの地域を含む省平均より農業廃棄物の割合が大きいのは頷ける傾向と言えるであろう。



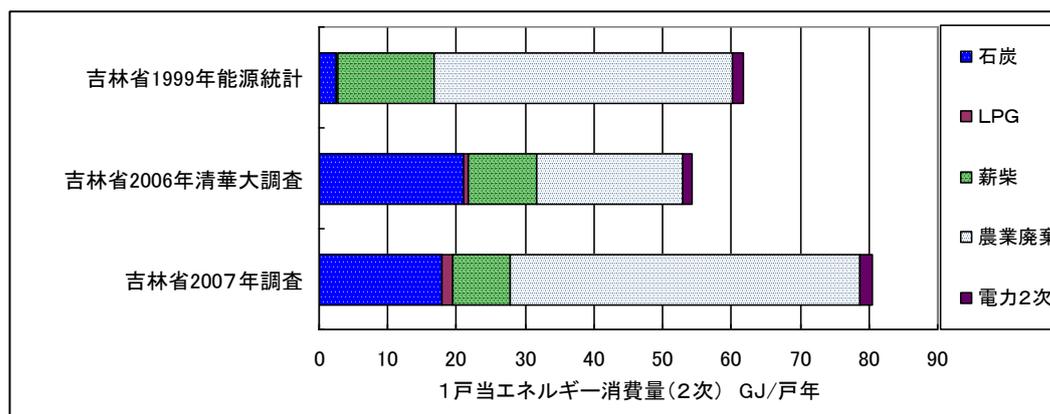


図15 吉林省4地域調査結果と吉林省推計値比較 文献¹²⁾¹⁴⁾より作成

3) 農村住宅の概況

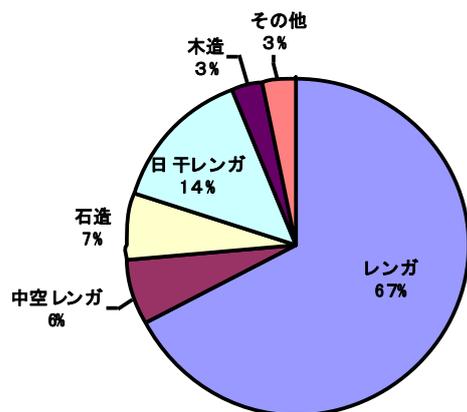
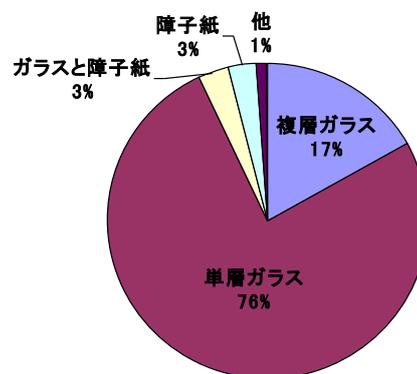
広大な中国の各地に特徴的な農村住宅を概括的に語ることは難しいが、楊等⁵⁾のまとめを引用して概説する。彼等は、大きく寒冷な北方と高温多湿な南方に分けて、その特徴を次のようにまとめている。

*北方では単層（1階建）住居が多いが、南方では2階建が多い。

*北方では寒冷で長い冬に対処するため熱損失を小さくするような配慮が必要であるが、多くの農民はそれへの関心は薄く、表面積が大きい、熱性能が低い家に好んで住んでいる。

*南方での典型的な様式は自然換気に適したものが多い。

農村住宅の構造は図16に示すように多くがレンガ造であり、中空レンガ造を含めると73%になる。日干しレンガ造も14%ある。熱性能に関する開口部の窓様式は図17に示すように76%が単層ガラスで複層ガラスは17%であった。農村部では寒冷地でも通気性が高い開口部が多く、熱損失も大きい。北京近郊農村での調査事例では単層ガラスで $5.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ であった。これは北方都市の典型的な住宅の窓が $2\sim 4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ であるのに比べて熱損失が大きい。また冬季の換気回数は1回/h以上あり、熱負荷計算を行うと冬の熱損失の50%以上が窓からの損失であった。南方でも開放的な天窗等、冬の寒さ対策に不利な非常に通気性が高い住宅が多く見られる。なお屋根の構成はタイル34%、モルタル18%、セメント16%、等となっている¹⁴⁾。

図16 中国農村住宅の構造構成¹⁸⁾図17 中国農村住宅の窓様式構成¹⁸⁾

4) 農村住宅の暖房・炕(kang)

多くの地域で写真1から3に示すように炊事に伝統かまどが用いられているが、寒冷地ではかまどに接続して炕(kang)が用いられている(写真4から7)。炊事に使われた燃料の余熱で居室にある寢床を暖めるもので、寒い季節には別の焚口から追い焚きを行う形式のものも多い(写真5, 6)。その燃料は農業廃棄物と柴(木葉、小枝等)、薪などの自給バイオマス燃料と石炭である(写真3)。かまどがある台所と寢床がある居室は別室になっている場合が多いが、居室にかまどがある住居様式もある。通気性が高く断熱性が低い家屋構造において寢床の表面からの輻射熱だけで室内を暖房するため、居室の室内気温は概して低く10℃に満たない場合が多い。熱効率が良い形式として架空炕(elevated kang)も提案されている(写真7)。旧来型の炕の熱効率は40%とされるが架空炕方式では熱効率は70%に改善される¹⁹⁾。

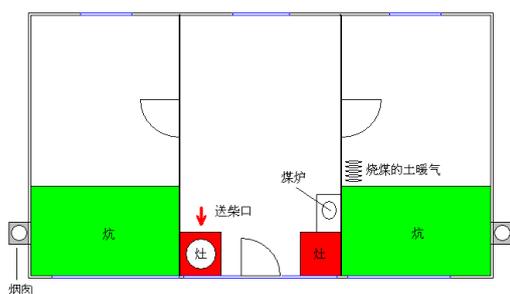
図18 炕がある農家の間取 写真8の住宅¹⁹⁾

写真1 伝統かまど吉林省長春市近郊の例



写真2 改良かまど 大連市近郊の例



写真3 かまどの燃料



写真4 カン火炕 Kang 7)



写真5 カン炕 Kang
室内に追焚口が設置されている例 19)

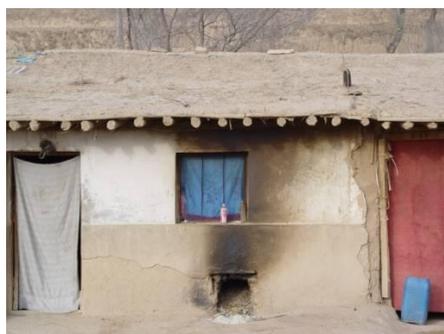
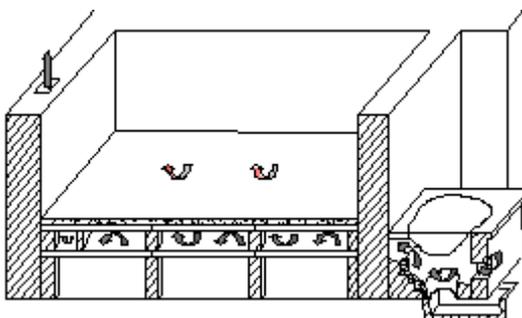


写真6 屋外にある炕の焚き口例 19)



架空カン炕の構造 19)



写真7 架空炕 (熱効率70%改良型炕) 19)



写真8 図18の農家の外観 19)



写真9 同農家の煙突 19)

5) 室内空気汚染

伝統かまどでは炊事作業中の高濃度汚染暴露など室内空気汚染が問題になる。表1は各地の農村住宅での実測事例である。旧式の火抗を持つ住宅と新式の火抗を持つ住宅との比較が行われている。黒龍江省の実測例ではPM10濃度が $10000\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えている事例が報告されており、香港の環境基準 $180\mu\text{g}/\text{m}^3$ の50倍を超える高濃度であった¹⁴⁾。極寒冷地域では火抗の焚き口が居室内にもある場合や、居室内で石炭ストーブや練炭を使う場合もあり、CO中毒への危険性にも配慮が必要である。

表1 中国の農村住宅における厨房・炊事時の室内空気汚染:*a¹⁸⁾

	遼寧省		黒龍江省		甘肅省	
	架空火抗	旧火抗	新火抗	旧火抗	新火抗	旧火抗*b
PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			4948	10233	3126	1458
CO ppm	8.1	20.8	3.4	8	11.4	24.6
CO2 ppm	852	1056	1385	1171	782	1817

* a: 炊事時間 1時間平均

* b: 0時～朝6時の平均

6) 広域大気汚染

広域大気汚染の観点から中国の各種汚染物質排出量を考えると、特にブラックカーボン(BC)、有機炭素(OC)等、農村住宅の排出寄与が大きい排出物質が多い(サブテーマ(1)表2)¹³⁾。OCは有機炭素で白色粒子であり地球温暖化には冷却効果を持つとされる。BC(BlackCarbon、サブテーマ(3)で扱うが正確にはEC, Elementary Carbon)は未燃炭素(すす)の微粒子で黒色なため温室効果があるとされ、農村住宅、とくに農業廃棄物の燃焼から発生する多様な排出物質は大気汚染と大気中の物理化学的変容を経て大陸規模大気汚染と気候変動に複雑につながっている¹³⁾。

農村住宅での燃料選択と深く関係しているが、収入が増え豊かになった都市近郊農村ではLPGが普及し結果的に麦わら等の農業廃棄物の燃料用使用が減り、近年畑で野焼きすることが多く行われた。その大気汚染物質排出が問題になり現在では禁止されているはずであるが、実際には規則が守られていない可能性が大きく、そのBC, OC排出量も多く、温室効果面からも重要な問題である¹¹⁾。

7) 太陽熱利用

中国は世界一の太陽熱利用国であり、世界の太陽熱温水器設置能力88GWthの63.1%、55.5GWth(2005年末)は中国に設置されている²⁰⁾。都市住宅の屋上にも設置されているが、農村でも普及している。多くはガラス管方式である(写真10)。



写真 10 太陽熱温水器 大連近郊農家の例 金州 王宅

8) 新しい農村住宅の提案

北京郊外のモデル地区で農村住宅における熱性能改良を行って省エネルギーと室内環境の改善を実現した 2 つの例⁵⁾を紹介する。85 m²の住宅例では壁体の熱損失係数を 1.57W/m² K から 0.58W/m² K にし換気回数を 1.2 回/h から 0.5 回/h に低減、暖房期室内温度を改造前 8℃から各部屋 13.1℃と 15.2℃に向上させながら省エネルギーにもなっている。96m²の住宅では、壁体の熱損失係数を 1.57W/m² K から 0.70W/m² K にし、換気回数を 0.9 回/h から 0.365 回/h に低減(実測結果)、改造前石炭消費量が 2.8 トンあったが改造後は 2.0 トンに削減され、室内気温も 8℃から 13.3℃、15.0℃に改善された。

9) ペレット・ボイラの開発

農業廃棄物などを押し固めてペレット化し効率よく、また低汚染で燃焼させる研究がおこなわれている。ペレット密度は 1.1~1.4t/m³、体積縮小率は 1/6~1/8 である¹⁴⁾。

10) 大連近郊実態調査

中国東北部の遼寧省大連市農村地域(普藍店市長山地区)を対象として、2008年5月に直接訪問調査を実施した。5地域の計30世帯を訪問し、下記の4つの調査票を用意しアンケート調査を行った。①家庭基本状況調査(世帯人員構成、職業、財産、所得など項目を含む)。②住宅特徴調査(住宅構造と厨房構造)。③生活用燃料及び消費状況調査(生活用燃料、燃焼機器、消費量及び竈(かまど)の特徴)。④家電機器と電力消費状況調査(家電機器の保有状況、容量、使用時間及び電力消費量)。

トウモロコシの芯や茎、葉を主として柴(小枝など)と石炭を副燃料に使った伝統かまどでの炊事とその廃熱煙道をベッド下に通した炕(kang)による暖房がどこでも典型であり、黒竜江省、吉林省、西安市郊外での実態調査とあまり変わらない燃料、用途構成になっており、中国農村部の極寒冷、寒冷地域における燃料消費実態は燃料の構成に関してあまり地域差がないことを示唆する結果となっている。とくにトウモロコシ栽培を主とした農業地域に共通の実態と言

えるのであろう。調査世帯の平均エネルギー消費量を図19に示すが、59.2GJ/世帯・年、21.4GJ/人・年となっており、上述の統計値からの推計による遼寧省の平均値と矛盾しない調査結果が得られた¹²⁾。

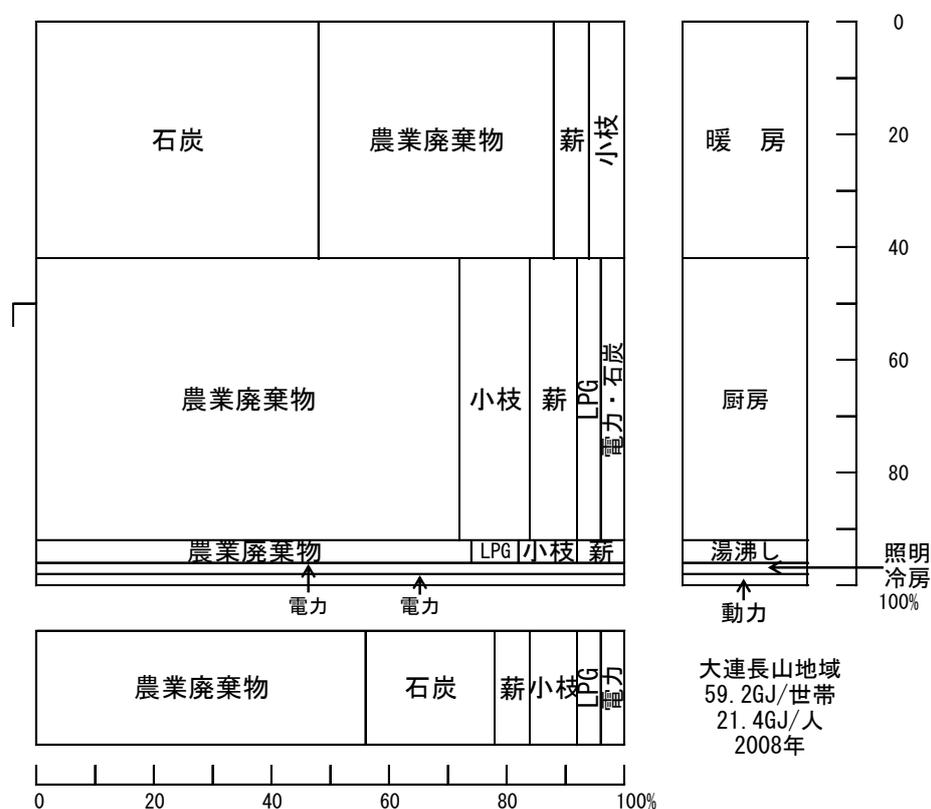


図19 大連地区 農村部実態調査 30世帯平均 エネルギー消費マトリックス

(5) 中国都市部の暖房エネルギー消費

能原統計における非住宅のエネルギー消費量は住宅に比べるとかなり小さい。能源統計のバイオマス燃料量が大きいことから相対的に小さく見えることもあるが、建築節能研究發展報告における北方暖房地区の暖房エネルギー推計値に比べても明らかに小さい。そこで非住宅のエネルギー消費量を検討する前に暖房エネルギー消費量について建築節能研究發展報告¹⁾に掲載されている試算に基づいて先に述べる。

中国の都市建築暖房エネルギー消費は北方暖房地区都市、長江流域都市の2つに分類することができる。歴史的に中国の黄河流域より北地域の都市では暖房施設の設置が義務付けられているが、長江流域より南地域では暖房設置の義務がないため、北方都市と長江流域都市のエネルギー消費の特徴は大きく違っている。

中国北方暖房地区には黄河北部の12省・市の全都市及び陝西、河南、山東の北部都市が含ま

れ、その暖房方式は主に①都市部（石炭コージェネレーション、ガスコージェネレーション、石炭ボイラー、ガスボイラー）、②住宅団地（石炭ボイラー、ガスボイラー、水熱源ヒートポンプ、電気ボイラー）、③個別住宅（電気ヒーター、水熱源ヒートポンプ、空気ヒートポンプ、石炭ボイラー）に別けられる。また、北方都市の暖房熱源にはコージェネレーション（火力発電所熱供給）地域暖房方式が約 35%、ボイラー地域暖房方式が約 35%、分散暖房方式が約 30%を占めている。

清華大学建築節能研究中心の試算¹⁴⁾によると、2004 年の北方採暖地域の都市建築総延べ床面積は約 64 億 m^2 、そのうち 70%以上に地域暖房方式が採用されている。中国北方都市地域平均暖房エネルギー消費は約 586 MJ/ $\text{m}^2 \cdot \text{y}$ 、その年間暖房エネルギー総消費量は 3.8EJ/y であり、中国都市部エネルギー消費量の 40%を占めている。暖房エネルギー消費量が大きい 1 つの原因として現状の延べ床面積に比例する中国暖房エネルギー料金徴収方式による地域暖房の過度な熱供給量は需要量の約 20~30%を占めているという。

一方、長江流域都市部の暖房地域は上海市、江蘇省、浙江省、安徽省等の都市を含む。歴史的には建築集中暖房地区として指定されていないが、近年では生活水準の向上に伴い、暖房エネルギー消費量も徐々に増え続けている。長江流域都市部の暖房方式は主に分散型の直接電熱か、ルームエアコンで、局所暖房形式を採用している。調査結果によると、長江流域都市部の住宅暖房エネルギー消費は約 4~8kWh/ $\text{m}^2 \cdot \text{y}$ 、14~29MJ/ $\text{m}^2 \cdot \text{y}$ である¹⁴⁾。なお、この試算結果は後述する能原統計等による経年データ推計値とはかなり異なり、この試算の北方暖房地区暖房エネルギー消費量はかなり大きい値である。

（6）中国非住宅建築エネルギー消費量と CO2 排出量分析

1) 中国非住宅建築床面積の構成

中国の建築床面積は年々伸びてきているが 2006 年末の床面積は 401 億 m^2 、うち非住宅は 62 億 m^2 である。ここに示す省別エネルギー消費量計算は 2006 年実績であるが、その後正確な省別床面積を計算できる統計データが得られなくなっている。竣工床面積等を使って 2008 年の床面積を推計試算すると 44

1 億 m^2 、うち非住宅は 70 億 m^2 である(図 5)。省別の建物用途別竣工床面積の構成を経年的に見るとこの 10 年間大きな変化はない(全国集計後の住宅、工場を除外した構成を図 20 示す)。そこでこれをデータが得られた期間多年次累計してその構成比を現況 2006 年末の建物用途別建築床面積構成比として扱った。省別の建物用途別床面積推計結果を図 21 に示すが、広東、江蘇、山東、浙江省の床面積が大きく、用途構成は地域による差はあまりない。

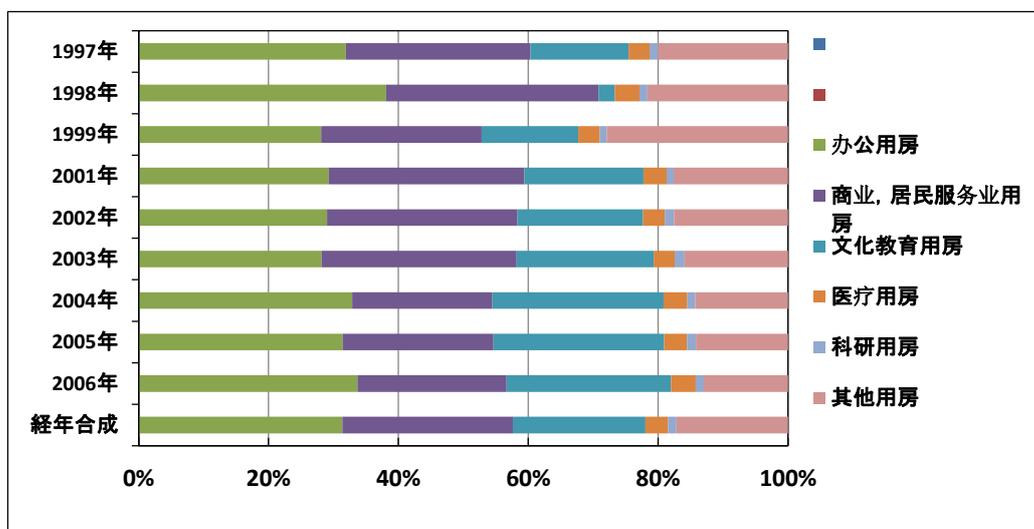


図 2 0 建物用途別竣工床面積構成比の経年変化 1997年から2006年 中国計

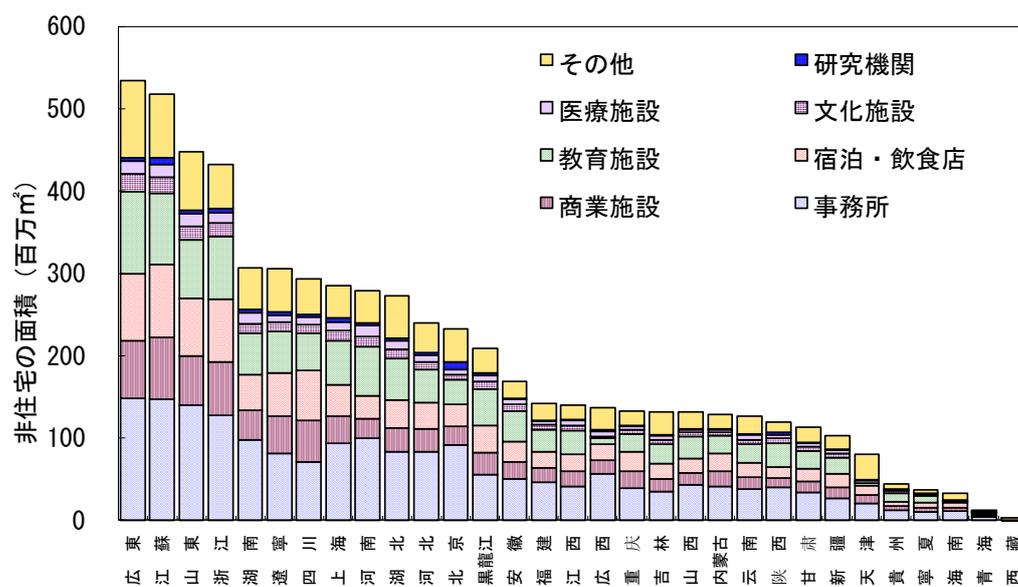


図 2 1 省別建物用途別床面積 2006年

2) 中国非住宅建築エネルギー消費実態

各省別に建物用途別・エネルギー用途別（2次）エネルギー消費量を推計した(図2 1)。ここで用いた床面積当エネルギー消費原単位は最近の中国での調査例を参考に設定したものである。月別のエネルギー消費量調査事例を図2 2に示す。

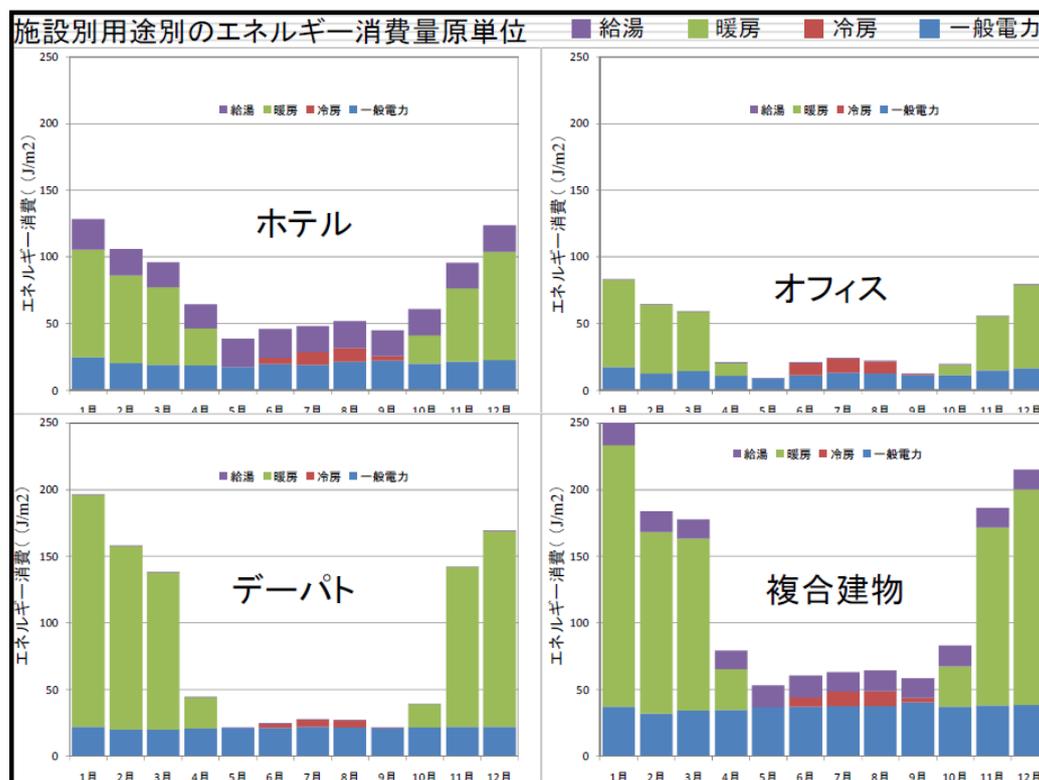


図2 2 中国における非住宅建物用途別エネルギー消費量調査事例

2006年の2次エネルギー消費量の推計結果は2.49EJとなった。事務所、宿泊飲食、教育のエネルギー消費量が大きい。エネルギー消費量の大小には床面積とそのうちの大型公共建築床面積、暖房負荷、冷房負荷の4要素が主要な支配要因である。床面積が大きい沿海部の経済発展地域では、エネルギー消費原単位が大きい大型公共建築の床面積も大きく、冷房負荷が大きい南の地域か、暖房負荷が大きい北の地域か、それらの4つの主要因が重なって非住宅建築エネルギー消費量の省別地域序列ができています。

建物用途別・エネルギー用途別に、それぞれ見ると図2 3事務所の例を示すように、主要4要因が省別エネルギー消費量の序列を形成していることがわかる。大型公共建築が多い巨大都市地域では他地域より床面積当電力消費量水準が高く、図2 3では一般電力の割合が大きいですが、都市化の進展とともに内陸省の中心都市でもその傾向が強まり、省エネルギー政策努力下でも増エネルギー要因となるであろう。

なおこの推計では北方採暖地区（中国では地域暖房すべき地域が指定されている）の地域熱供

給についても建物用途別の推計に組み込んでいるが、冬季極寒地域、冬季寒冷地域での暖房エネルギー供給は通常地域熱供給として石炭焚きのボイラから地域配管を通じて供給されている。統計上、供給先が住宅か非住宅か区別されないため、非住宅のエネルギー消費実態をつかみにくくしている1要因となっている。図2-4 ホテル・飲食店の例であるが中国の統計では建物用途区分が宿泊と飲食を分離できない。事務所に比べて給湯、厨房用のエネルギー消費があると推計される。最近では複合用途大規模業務建築が増えており商業、飲食、事務所の正確な分離推計は簡単ではない。

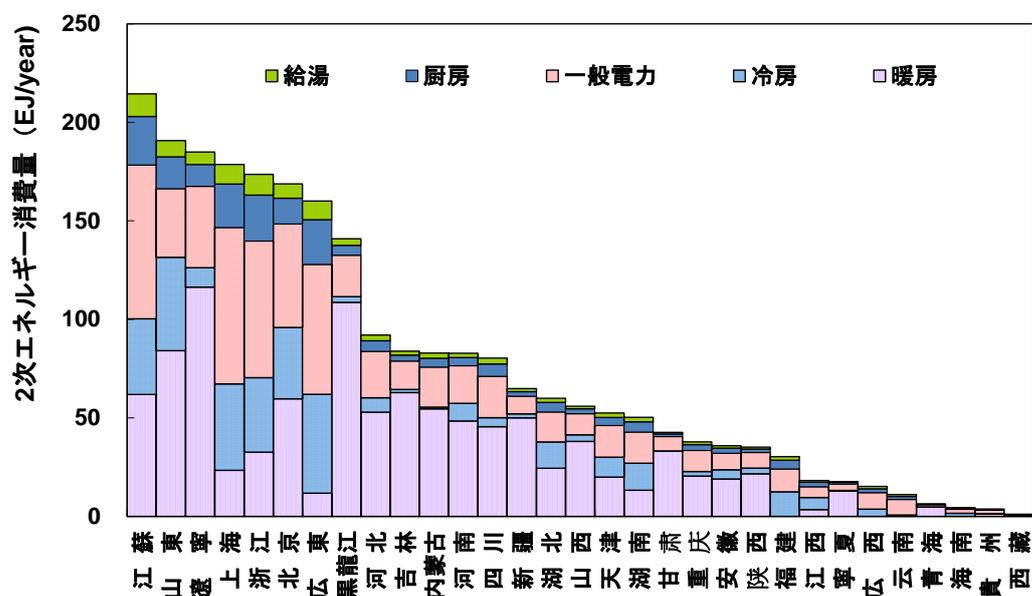


図2-3 非住宅・エネルギー用途別・2次エネルギー消費量・省別推計結果 2006年

得られたエネルギー消費量推計値から中国平均床面積当エネルギー消費原単位を求めてみると図2-7のようになった。この図を用いて設定した省別・建物用途別・エネルギー用途別エネルギー消費原単位の妥当性を日本との比較などにより概略確認できる。さらに省別値を該当中国建築気候区と東京など日本の代表的な気候区との気候条件や空調の質的水準等の違いも考慮しつつ妥当性を確認してエネルギー消費原単位を調整して得られた原単位を与えて推計した。

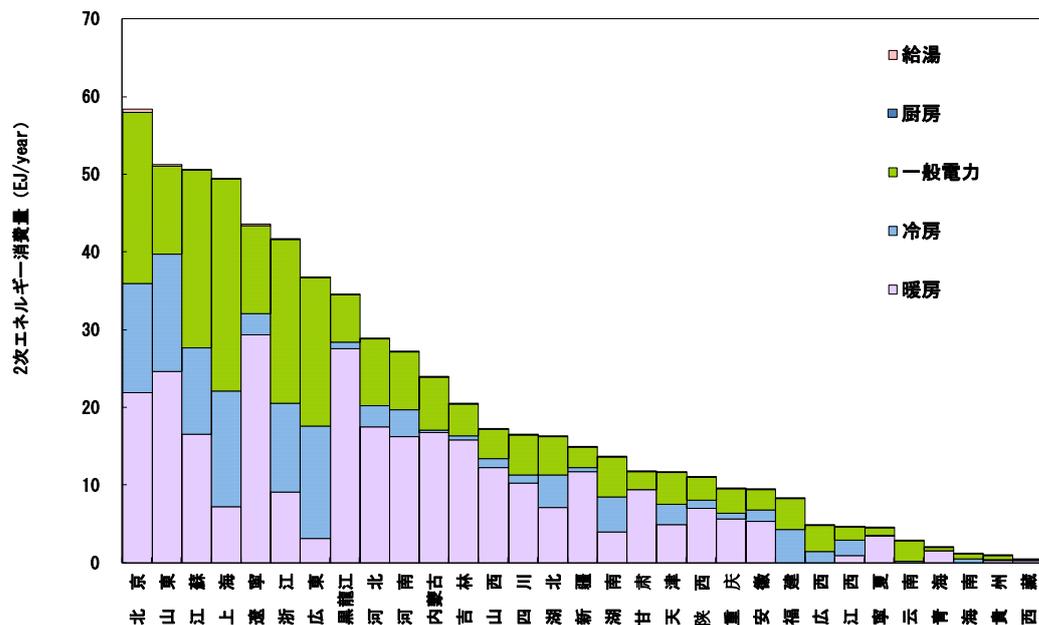


図2.4 非住宅・建物用途別・2次エネルギー消費量・省別推計結果 2006年

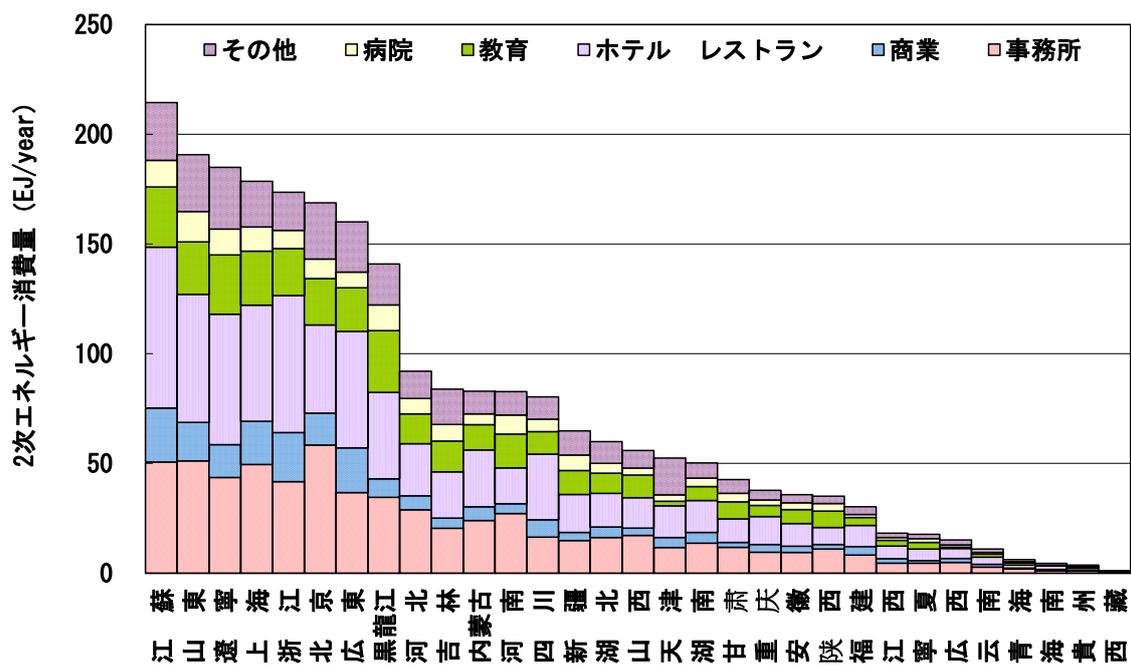


図2.5 事務所・エネルギー用途別・2次エネルギー消費量・省別推計結果 2006年

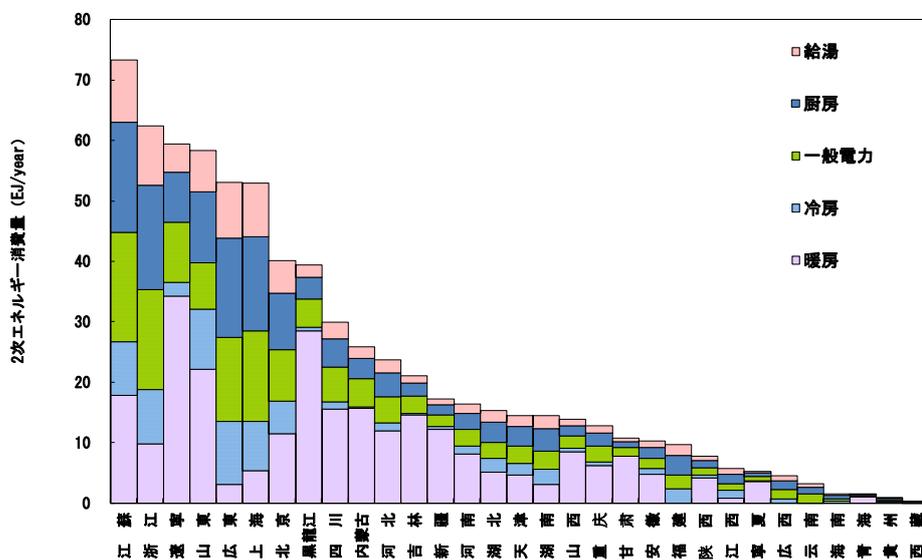


図 2 6 ホテル・飲食・エネルギー用途別・2次エネルギー消費量・省別推計結果
2006年

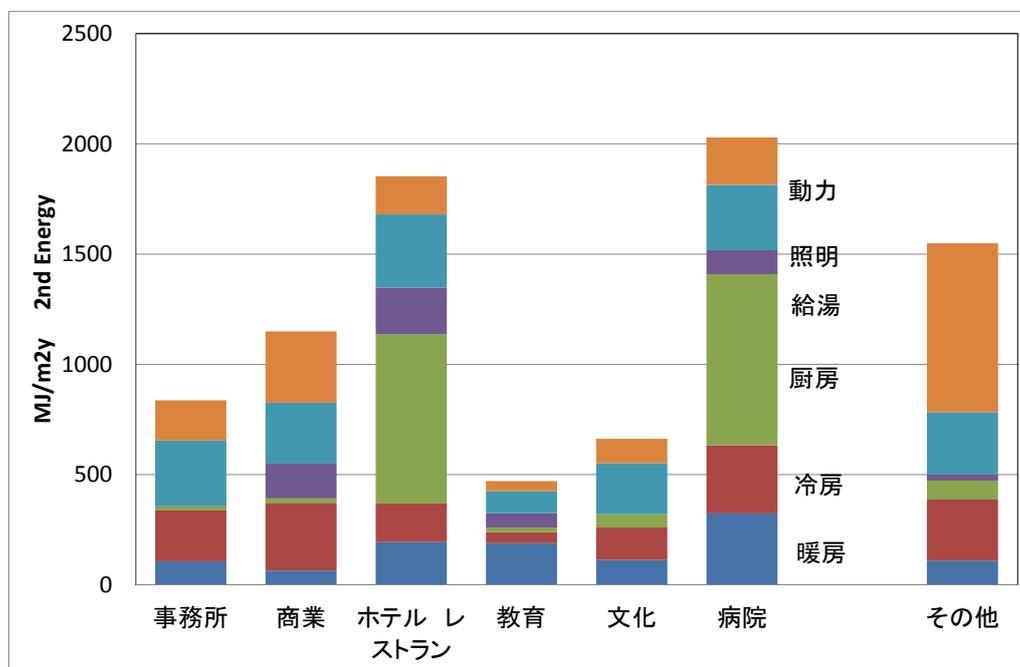


図 2 7 建物用途別・エネルギー用途別・床面積当2次エネルギー消費量・
省別推計中国平均値 2006年

(7) 中国における建築エネルギー消費量の総量推計

寧・外岡（2008）による都市部、農村部住宅のエネルギー消費量推計では、都市部は家計消費調査を主に各種統計を用いた推計であり、農村部については能原統計を用いた推計であった¹⁴⁾。これに能原統計による業務建築相当のエネルギー消費量を加えて建築物のエネルギー消費量を推計すると図28に示すように2006年で15.3EJとなった¹¹⁾。

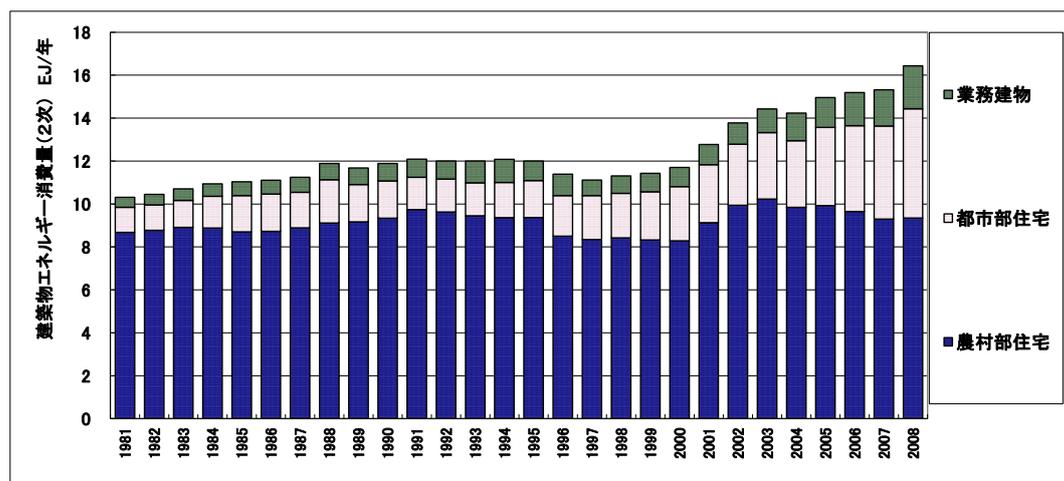


図28 中国能源統計・家計調査（都市部住宅）による建築エネルギー消費量推計
1981-2006年 バイオマス燃料含む

図29は建築節年度発展研究報告1)による1996年から2006年の建築物エネルギー消費量であるが、これはバイオマス燃料を含まない値である。このうち北方暖房エネルギーが大きな割合を占めており、年々その比重も高まっている。2006年時点では建築全体10.6EJの45%、4.7EJが北方暖房エネルギーであった。しかしこれはバイオマス燃料を含まない構成比であり、2006年について実態調査¹⁴⁾による農村部住宅用バイオマス燃料3.6EJをこれに加算してみると合計は14.2EJとなり、北方暖房の割合は33%となる。この調査では上述のように農村部バイオマスの割合が小さいため、建築物合計では図26とあまり変わらない値になっている。2006年について比較してみると図28に示すように建築節年度発展研究報告では北方暖房分が大きく、能原統計では農村バイオマス燃料消費量が大きいがわかる。結果として建築物合計は寧・外岡推計が建築節年度発展研究報告より8%ほど大きい。2006年の中国能源統計の農村バイオマス燃料消費量は7.3EJ、清華大調査推計3.6EJの2倍あったが、能原統計が過大であるとしてバイオマス燃料分を清華大調査推計3.6EJを採用すると寧・外岡推計の2006年延長値は11.4EJとなる。寧・外岡推計では熱供給業のうち住宅と業務相当の業種分しか取り込んでおらず北方暖房エネルギー消費量に比べて暖房エネルギー消費量の見積もりが低めである可能性がある。北方暖房エネルギーの推計値は能原統計の熱供給事業値2.46EJの2倍近くあるが、これが妥当であるとするなら寧・外岡の推計結果は北方暖房についてかなり過小推計であることになる。これらの諸点を総合して各

種資料から部門別に実態に近いと考えられる値を採用して2つの考え方で積み上げて見ると15.7EJ、16.1EJという大きな値が得られた（図2.6の混合推計1,2）。

図2.9Aは清中華大の中国建築節能年度發展研究報告2008によるものである。その後出された2010年版では図2.9Bに示すように上方修正され、2006年について比較すると本研究の推計値16.1EJより大きい16.8EJに改訂され差のない値となっている。中国建築分野の総量で見ると本研究の推計と、2010年版報告は比較的一致した結果となっている。

なお、熱併給発電の発電用投入燃料のエネルギーの内、抽汽または熱回収により地域暖房用に使われたエネルギーは、中国能源統計の熱平衡表において、熱供給事業分として計上されているのか、発電用投入に含まれているのか、確認を要する。後者であれば、その分を推計して実質熱供給業分として加算しなければ正確ではない。建築節能報告2007年によれば、2003年中の発電熱電連産用石炭消費量は1354万トン標準炭で、北方採暖石炭消費量11936万トン標準炭の11%である¹⁾ *a。

以上の検討のように不確定要素が多く残されており中国の建築部門におけるエネルギー消費量は推計により結果が大きく異なる状況にある。しかし最近は中国国内でも様々な研究、調査が進められており、新しく得られた情報と日本との比較等を通じてより実態に迫る分析を更に行って行けば、かなりの前進が期待できると考えられる。中国国内の研究者、関係者等とも討論を重ねて現状把握分析を進め、政策検討に利用できる水準の現況データを整備した上で、中国の建築エネルギー政策関係者と政策に関する討論を行う予定である。

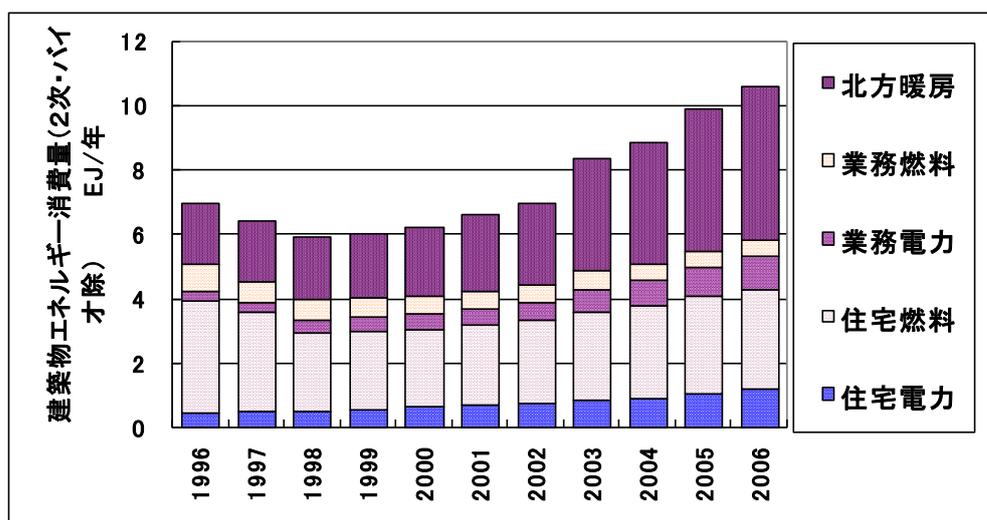


図2.9A 建築節能研究發展報告 2008 による建築エネルギー消費量推計 1996-2006年
バイオマス燃料除く

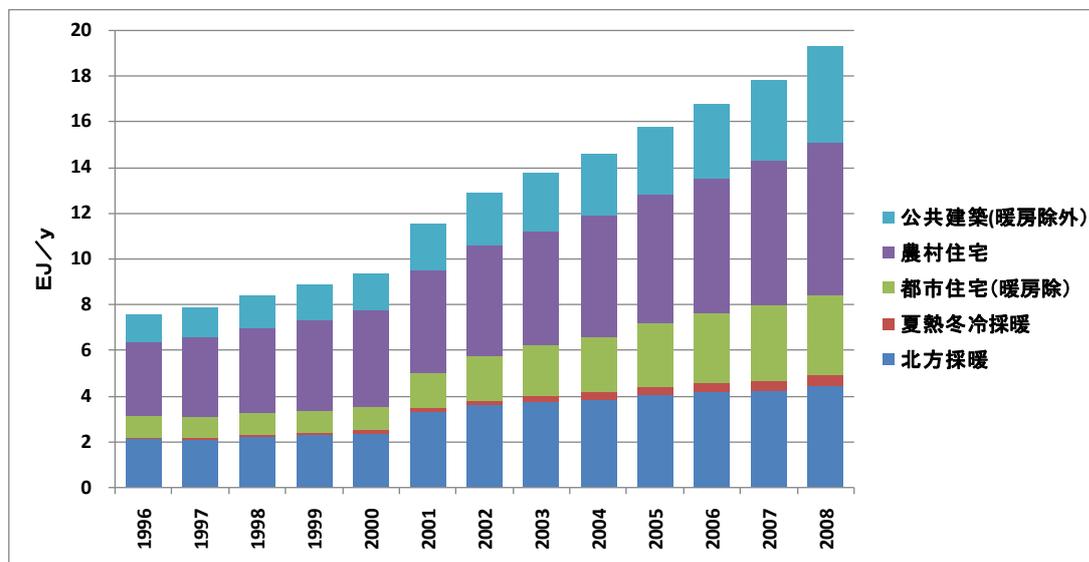


図 2 9 B 建築エネルギー消費量推計 1996-2008 年
バイオマス燃料除く

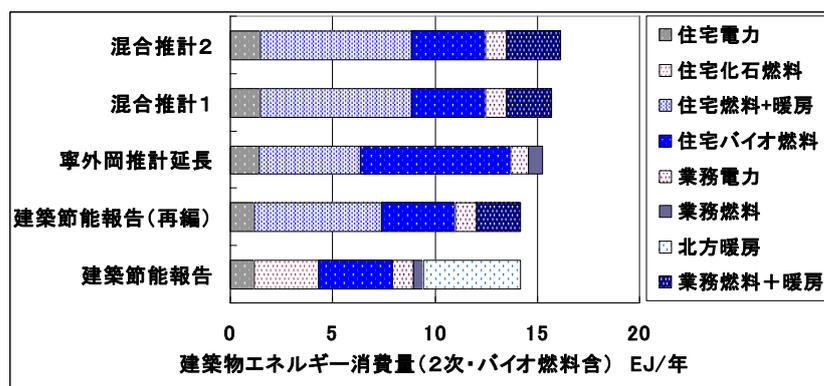


図 3 0 中国建築物エネルギー消費量推計 2006 年値 比較

中国建築節能年度發展研究報告 2008 : 14)244p、附表 3-5

同(再編) 北方暖房分を 65%が住宅、35%が業務として配分

寧外岡延長推計 ; 都市部住宅は家計消費調査、その他は能源統計より推計

混合推計 1 : 都市部住宅は寧外岡推計、農村部住宅は清華大調査、業務は建築節能報告

混合推計 2 : 都市部住宅は寧外岡推計、農村部住宅は清華大調査、業務は能原統計に熱供給業の住宅以外を加算

*a : 単位面積供熱量 0.21GJ/m²年、熱電連産集中供熱面積 21.6億m²、なお 1 MJ=0.03412kg
標準炭換算 (文献¹⁾, 192p)

(8) 中国建築エネルギー消費量とCO₂排出量の将来シナリオ分析

1) 農村住宅エネルギー消費の将来予測例

農村部住宅エネルギー消費量をエネルギー種類別・エネルギー用途別・省別に推計しその地域特徴を解析したが、それに基づき将来シナリオ分析を行った。排出削減対策として次のような項目を想定した。a) 住宅の熱性能向上、b) 機器（照明、家電を含む）の高効率化、c) バイオペレット導入、d) バイオガス導入。現況での農村部住宅は寒冷地でも隙間風が多く換気回数が多い家が多い。西安などで訪問した家庭でも新築住居でさえ開口部を閉鎖する考えがなく、開放的な開口部を持つ住宅が多く見られた。特に寒冷地において、このような農村住宅を密閉性がある開口部サッシュとし、断熱性が高い壁体、屋根に改良した新農村住宅を普及させる。北京市近郊での試みでも成果は確認されており、政府の政策として省エネルギー型農村住宅の開発普及は喫緊の課題と言える。伝統かまどでのバイオマス燃料燃焼は燃焼が不安定で不完全燃焼しやすく熱効率が悪い。また各種の大気汚染物質、温室効果ガスが発生しやすいが、高効率燃焼が可能なバイオマス燃料と厨房暖房機器の導入により大幅な効率向上と排出削減が可能になると想定できる。それは室内空気汚染対策にもなり住民健康被害抑制やCO中毒事故防止の効果も極めて大きい。中国政府は改良型かまどの普及を推進してきたが、昨今の気候変動対策の必要性が高まる中で改良型かまどでは効果が不十分である。方針を転換して抜本的なバイオマス燃焼機器開発普及へと変革される期待がもたれている。

このようなシナリオ分析について黒竜江省の予測例を図3-1示す。すべての対策を導入した場合、71%の省エネルギーになる。建物自体の熱性能向上でかなりの省エネルギーが可能であることは上述の北京市近郊での事例でも明らかであり、また伝統かまどでのトウモロコシ等の農業廃棄物や柴を直接燃焼させる炉の効率は向上の余地が十分あり、バイオマス燃料の形状をペレット化したり、ガス化することで燃焼管理が格段に向上し高い熱効率が期待できることも確実である。

2) 温室効果ガス、大気汚染物質の排出削減効果

すべての対策を導入した場合、CO₂排出量は55%削減、燃焼系CH₄は74%、EC、OCは80%程度の削減が見込まれた。大気汚染物質はSO₂排出量が95%削減され、NO_xは52%、COは74%、PM75%、燃焼系NMVOCは71%削減される結果となった。これらの推計では将来排出係数の設定において各機器の排出濃度低下を見込んでおらず機器の代替による削減だけを見込んだものであり、実際には機器の燃焼管理技術の向上や排出低減技術対策などにより更なる排出削減も十分可能であろうと考えられる。図3-2黒竜江省の農村部住宅のOC排出削減シナリオ予測例であるが各機器の排出係数低減を加味すれば更なる低減が見込まれる。

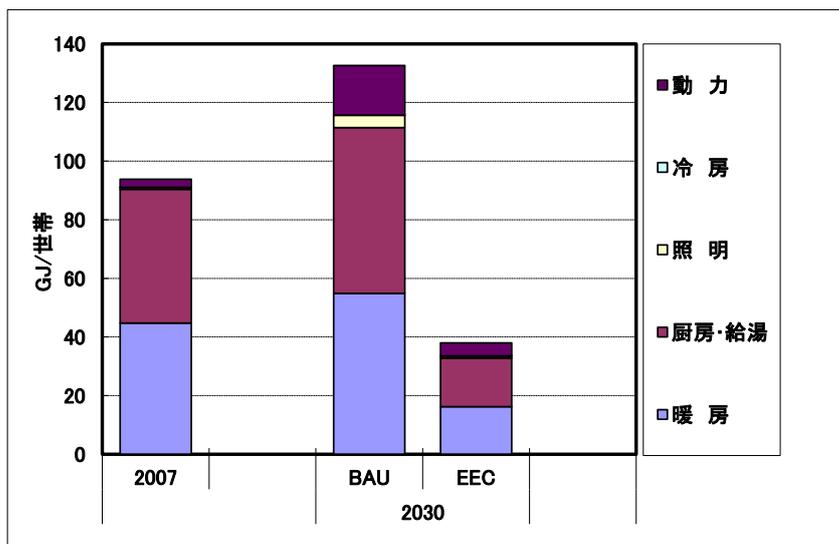


図 3.1 中国農村部住宅エネルギー消費量 削減シナリオ予測
2030 年における黒竜江省の例

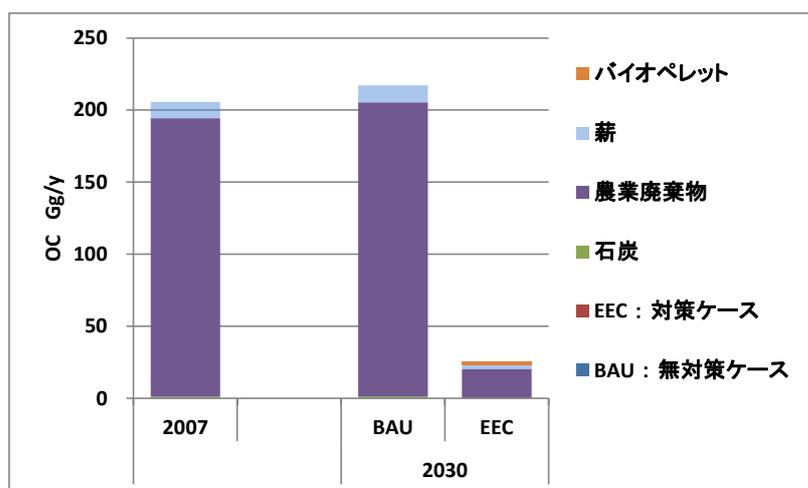


図 3.2 中国農村部住宅エネルギー消費に伴う OC 排出量削減シナリオ予測
2030 年における黒竜江省の例

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

中国の建築分野におけるエネルギー消費構造と温室効果ガス排出の現状については正確な基礎データが得られず未解明な点が多いが、本研究は基礎情報を収集し得られた知見を総合して政策立案検討に利用できる基礎的な分析を行うものであり、現時点での研究成果として次の諸点を挙げる事ができる。

- 1) 中国・建築分野のエネルギー消費量と温室効果ガス排出量について住宅と建物用途別、非住宅建築の都市、農村部別、省別、エネルギー用途別に分析できる基礎的データを収集し、手法を構築し、さらに建物用途別・地域別エネルギー消費量原単位について、より実態を反映した設定を行うよう改訂作業を行った。
- 2) 個別の建物においてアンケート調査や実測によるエネルギー消費量と居住環境の実態例について、詳細分析を並行して行い、1)でのマクロな解析を裏付けるミクロな事例の情報蓄積を行った。
- 3) 関係する政策について最新情報を収集し、本研究から得られた分析結果を実践的政策にすぐに活かせるよう準備している。
- 4) 気候変動対策だけでなく、例えば農村部のエネルギー供給システム、居住環境や住宅のあり方など総合的な社会開発的始点から提案を行う準備がある。そのための広範な学際的研究を試行している。この研究経験は新しい学問分野を開拓するものである。

(2) 環境政策への貢献

世界的な気候変動の防止において中国の温室効果ガス排出削減対策は非常に重要な研究対象である。しかし研究の現状は不十分なものであり正確な実態がわからない部分も多い。とくに建築分野は広大な国土に広がる多様な気候条件と沿海巨大都市から、例えば内陸の少数民族自治区村落まで、多種多様な生活様式の住居がある一方、各地で急激な都市化が進行し画一的な非住宅建築が建設されており、省エネルギーと温室効果ガス排出削減に逆抗する動きも強い。このような状況下で本研究の成果を早く政策実践に反映させるよう北京等で関係者との接触を図っているところである。

なお、これらの調査をベースに、建築分野におけるエネルギー消費と温室効果ガス排出ならびに対策に関するデータベースを構築し、将来シナリオを設定して対策と政策の効果を予測、評価するシステムを整備する。それらの情報を公開することにより、政策決定への科学的知見を提供することができる。

6. 引用文献

- 1) 外岡豊, 他 (2008) わが国民生部門のCO₂排出削減シナリオ, 家庭・業務部門の温暖化対策, 藤沼康実他編, 国立環境研究所, 地球環境研究センター, ISSN1341-4356, CGER-1079-2008, 91-133

- 2) 外岡豊(2010)建物における省エネルギー対策<建築物におけるエネルギー消費、CO2 排出構造の分析・予測>, 建築設備と配管工事 648, Vol. 48, No. 12, P16 - P21
- 3) Tonooka, Y. et al (2003) Energy Consumption in Residential House and Emissions Inventory of GHGs, Air Pollutants in China; Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 2, No1, pp. 93-100
- 4) 寧亜東(2005): 中国農村部家庭部門におけるエネルギー消費構造と環境負荷物質排出量の経年動向に関する研究; 経済科学論究, 2005年5月, 第2号, pp. 61-84.
- 5) 外岡豊(2006)住宅におけるエネルギー問題, エネルギー・資源(特集: グローバル化時代における中国エネルギー問題), (27), 198-202
- 6) 寧亜東, 外岡豊, 穆海林, 近藤康彦, 周瑋生(2006)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(Ⅰ) - 経年動向 1981~2000 -, 日本エネルギー学会誌, Vol185, No5, pp. 371-380.
- 7) 寧亜東, 外岡豊, 穆海林, 近藤康彦, 周瑋生(2006)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 -, 日本エネルギー学会誌, Vol185, No9, pp. 773-782.
- 8) 寧亜東: 中国農村部家庭部門エネルギー消費構造と環境負荷物質の排出動向の地域特徴に関する分析; 経済科学論究, 2006年5月, 第3号, pp. 67-83.
- 9) Tonooka, Y., J. Liu, Y. Ning, Y. Kondou, O. Fukasawa(2006) A survey on the energy Consumption in rural households in the fringes of Xi'an city; Energy and Buildings, Vol. 38, pp. 1335-1342,
- 10) 高偉俊, 渡辺俊行, 吉野博, 外岡豊(2008)中国都市部における建築分野のエネルギー消費の実態とその対策, 2008年度日本建築学会大会(中国)地球環境部門研究協議会資料「アジア地域における建築環境と Sustainable Development, AIJ 0809-01000, p24-32
- 11) 外岡豊(2008)中国農村部の実態, 2008年度日本建築学会大会(中国)地球環境部門研究協議会資料「アジア地域における建築環境と Sustainable Development, AIJ 0809-01000, p33-43
- 12) 外岡豊他(2009)中国の住宅におけるエネルギー消費と諸対策に関する調査研究, 住宅総合研究財団研究論文集 No35, 2008年版, p369-378
- 13) 外岡豊(2007)東アジア地域におけるエアロゾル成因物質の排出量推計, エアロゾルの大気環境影響, 笠原三紀夫/東野達編所収, 京都大学学術出版会, 262-276, 京都, ISBN978-4-87698-698-9
- 14) 中国工程院諮詢項目清華大学建築節能研究中心(2008)中国建築節能年度發展研究報告 2008, 中国建築工業出版社
- 15) 中国工程院諮詢項目清華大学建築節能研究中心(2009)中国建築節能年度發展研究報告 2009, 中国建築工業出版社
- 16) 中国工程院諮詢項目清華大学建築節能研究中心(2010)中国建築節能年度發展研究報告 2010,

中国建築工業出版社

- 17) 中国工程院諮詢項目清華大学建築節能研究中心 (2011) 中国建築節能年度發展研究報告 2011, 中国建築工業出版社
- 18) 中国国家统计局 (2008) 第二次全国農業調査, 2008. 2. 26, <http://www.stats.gov.cn/index.htm>
- 19) Li, Y. et al (2006) North rural energy survey report, The Univ. Hong Kong and Tsinghua Univ., submitted to Ministry of Agriculture, China
- 20) Ren21 (2008) REN21, Global Status Report, 2007 Update, <http://www.ren21.net/>
- 21) 外岡豊, 高偉俊, 李海峰, 玄姫, 寧亜東 (2009) 中国建築部門におけるエネルギー消費、CO2 排出構造の分析・予測, 第 28 回エネルギー・資源学会研究発表会
- 22) Tonooka, Y. W. Gao, H. Li, J. Xuan, Y. Su (2009) Estimation Trial of Non-Domestic Building Energy Consumption in China, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 23) 外岡豊, 高偉俊, 玄姫, 李海峰, 蘇媛 (2010) 中国建築部門におけるエネルギー消費、CO2 排出構造の分析・予測その 2, 第 26 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集 (エネルギー・資源学会) 東京
- 24) 高偉俊, 外岡豊 (2010) 中国の非住宅建築エネルギーの現状と省エネに向けた検討 中国の非住宅建築エネルギー消費原単位の整備, アジア地域における建築環境と Sustainable Development～アジア地域の建築環境の実態～日本建築学会シンポジウム, 東京, p50-54
- 25) 国家统计局 (2010) 中国能源統計年鑑 2009, 中国統計出版社, 各年同統計
- 26) 吉野博 (2010) 中国都市部の居住環境とエネルギー消費, アジア地域における建築環境と Sustainable Development～アジア地域の建築環境の実態～日本建築学会シンポジウム, p42-49

7. 国際共同研究等の状況

(1) 上海電力学院との共同研究

任建興教授と顧群音、楊涌文が北九州市立大学に滞在して共同研究作業を行った。

(2) 吉林建築工程学院との共同研究

現地調査の協力と 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China の共同開催

(3) その他

共同研究者 (吉林建築工程学院韋新東教授、浙江大学城市学院建筑系田軼威講師、浙江大学建築工程学院建筑系範理揚博士後期課程) を短期に招聘し、建築分野におけるエネルギーの予測について共同研究を行った。中国各都市、省の建築研究所に現地調査に関して協力いただいた。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

該当なし

<査読付論文に準ずる成果発表>

なし

(2) 口頭発表(学会等)

- 1) Tonooka, Y., W. Gao, H. Li, J. Xuan, Y. Su (2009) Estimation Trial of Non-Domestic Building Energy Consumption in China, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 2) Li, H, J. Xuan, W. Gao, Tonooka. Y., G. Nan (2009) Urbanization and Rural Problems in China: A Challenge for Environmentally Harmonious and Sustainable Society, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 3) Xuan, J., W. Gao, X. Pei, X. Wei, H. Li, Y. Tonooka, W, Y. Ning (2009) Survey Research on Reality of Energy Consumption in Non-residential Buildings in Changchun in China, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 4) Wei, X., S. Gao, Y. Tonooka, Y. Jun, W. Gao, J. Ling, J. Cui, H. Wu, X. Wang (2009) Investigation and Analysis for the Current Condition of Rural Residential Energy Consumption in Jilin, China, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 5) Gao, W., Q. Gu, J. Ren, Y. Tonooka, H. Li (2009) Kitakyushu's Initiative on Energy Saving and Carbon off of a City, 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
- 6) Gao, Y., W. Gao, J. Xuan, Y. Tonooka (2010) Estimation of Non-residential Building Energy Consumption in China, International Conference Sustainable Architecture & Urban Design
- 7) 李哲, 任洪波, 高偉俊, 外岡豊 (2009) 中国における仮想パワープラント(VPP)の導入可能性に関する研究, 2009年度空気調和・衛生工学会九州支部研究報告D-1分冊 p817-818
- 8) 李哲, 任洪波, 高偉俊, 外岡豊 (2009) 上海市崇明県におけるVPP(仮想発電所)の実施可能性の分析, 日本建築学会研究報告九州支部環境系第2号
- 9) 高永志, 玄姫, 外岡豊, 高偉俊, 蘇媛 (2010) 中国の非住宅建築物のエネルギー消費の推移と構成に関する研究, 日本建築学会研究報告九州支部環境系第2号
- 10) 玄姫, 外岡豊, 龍有二, 福田展淳, 高偉俊 (2010) 熱電力需要比率から見たコージェネレーションシステムの省エネ効果の比較手法に関する研究—中国の夏暑冬寒地域と厳寒地域の複合建築施設におけるケーススタディ, 日本建築学会研究報告九州支部環境系第2号

(3) 出願特許

該当なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

- 1) 6th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Changchun, China
（共催） Gao, W, Tonooka, Y: International Preparing Committee Member and Secretary

(5) マスコミ等への公表・報道等

該当なし

(6) その他

該当なし