

中国の住宅におけるエネルギー消費実態と諸対策に関する調査研究

主査 外岡 豊^{*1}

委員 寧 亜東^{*2}, 韋 新東^{*3}, 許 雷^{*4}, 高 偉俊^{*5}, 周 瑋生^{*6}, 三浦 秀一^{*7}

本研究は中国農村住宅でのエネルギー消費について、とくに農村でのバイオマス燃料利用について主として気候変動防止対策推進の立場から総合研究したものである。中国農村部における住宅の厨房用・暖房用燃料消費に用いられるバイオマス燃料（主としてトウモロコシ茎、葉等の農業廃棄物と小枝等、多くは自給）と石炭、LPG等の購入燃料消費実態、竈の種類、炕（カン）と呼ばれる厨房余熱暖房の実態について訪問質問紙調査を実施した。その目的は気候変動対策推進に向けた基礎検討と研究計画を構想立案、それに従った中国での研究体制の確立と国際共同研究における日本の貢献を目指すものであり、実態調査結果にもとづく今後の研究の可能性についても考察した。

キーワード : 1) 中国, 2) 住宅, 3) 農村, 4) エネルギー消費, 5) 気候変動,
6) バイオマス燃料, 7) かまど, 8) 炕, 9) 温室効果ガス, 10) 農業廃棄物

INVESTIGATION ON THE ENERGY CONSUMPTION AND RELATIVE MEASURES IN RESIDENTIAL BUILDINGS IN CHINA

Ch. Yutaka TONOOKA

Mem. Yadong NING, Xindong WEI, Lei XU, Weijun GAO, Weisheng ZHOU and Shuichi MIURA

In this study we surveyed and discussed on energy consumption of rural house in China from a view point of abatement options against climate change. A survey in the form of a questionnaire of energy consumption patterns in rural house in China was undertaken. Use of biomass fuel which are agricultural waste as maize and twigs and commercial fuels as coal products and LPG are surveyed as well as cooking stove types for example traditional cooking stove with “Kang”, which is a combination heat with space heating. The aim of this study is to clarify the state of energy consumption in Chinese rural house and research subject finding for it as well as contribution possibilities from collaboration works from Japan.

1. 序言

1.1 研究目的

中国農村住宅でのエネルギー消費について、とくに農村でのバイオマス燃料利用について主として気候変動防止対策推進の立場から総合研究する。中国農村部における住宅の厨房用・暖房用燃料消費に用いられるバイオマス燃料（主としてトウモロコシ茎、葉）について訪問質問紙調査を実施、対策推進に向けた基礎検討と研究計画を構想立案、それに従った中国での研究体制の確立と国際共同研究における日本の貢献を目指す。

1.2 研究対象の重要性

現状ではエネルギー効率が低く、PM_{fine}（1 μ 微小粒子）、NMVOC、CO、石炭性状によっては水銀、砒素や放射性物質等の各種大気汚染物質排出（室内空気汚染健康影

響含）があり、バイオマス燃料はCO₂排出ゼロ評価であってもCH₄、N₂Oの温室効果ガス、BC（未燃炭素=正の温室効果）、OC（有機炭素=負の温室効果）のエアロゾル排出量も大きい。中国農村部へのLPG普及は熱効率と快適性、家事労働軽減上は良いがCO₂排出量増大を招くだけでなく、結果的に余剰農業廃棄物を野焼きすると上記大気汚染物質、温室効果ガス、エアロゾル大量排出を招くので大きな問題である。一方で農業廃棄物は各地で大量の供給賦存量があるバイオマス資源であり、これを有効利用すれば気候変動対策として有効であるだけでなく、中国国内でのエネルギー（とくに石油製品）供給不足問題、エネルギー輸送問題、農家家計経済（LPGは高価格で支出負担大）、農村住居環境快適性健康性等多面的な効果を期待できる。それには農村住居での燃焼機器だけでなく、暖房方法、太陽エネルギー利用や住宅熱性能（断

*1 埼玉大学経済学部社会環境設計学科 教授

*4 東北工業大学建築学科 講師

*7 東北芸術工科大学環境デザイン学科 准教授

*2 大連理工大学 副教授

*5 北九州市立大学国際環境工学部 教授

*3 吉林建築工程学院 教授

*6 立命館大学政策科学部 教授

熱、気密性、採暖、適正換気)、間取りも同時に改良する住宅総合対策を立案すべきである。中国農村部で農業廃棄物等のバイオマス燃料の有効利用は石油製品需要増大を抑制し中国需要に端を発した世界的な石油製品不足の緩和に役立つ。また温室効果ガス排出削減の大きな可能性を秘めている。とくに日本は京都議定書削減目標達成のため 2012 年までにその成果を出すには早急に削減効果の大きい大型 CDM プロジェクトを立ち上げる必要があるが、中国での民生エネルギー需要における CDM の可能性は潜在可能性が大きく、その一環として農村部バイオマス燃料有効利用は大きな可能性を秘めた排出削減対象である。

1.3 日中共同研究の推進に向けて

これまでの交流から得た印象では、中国の大学の研究者がとかく国外の最新流行研究に目が向き、国内の問題に正面から取り組んでいる研究者が少ないようであった。そこで共同研究を通じて中国国内の問題解決につながる研究経験を両国の研究者が共有できれば最良だと考え、各地の大学と共同研究を行って来たが、例えば本研究に関連して吉林建築工程学院の尹軍総長とは既に共同研究の推進について合意し研究作業を試行してきた。また大連理工大学、ハルビン工大にも実態調査を依頼した。日本建築学会地球環境委員会に中国住宅省エネルギーWG(吉野博主査)が設置され本研究班からも多数が参加し情報交換を行っている。2007 年 10 月、仙台、2008 年 7 月大連での関連国際会議と国際比較標準化のための workshop にも参加し清華大、香港大等の研究者とも交流し最新研究情報を交換できた。日本留学経験のある研究者を通じて協力関係を強化し、実態に踏み込んだ研究を推進することはアジアの環境問題解決に日本の研究者が貢献する実績となる。これは環境省の「21 世紀環境立国戦略」に位置付けられた「国際的に活躍する環境リーダー育成イニシアティブのアジアにおける展開」の下、持続可能なアジアに向けた大学における環境人材育成ビジョンの目的に合致した活動であり、本研究もその目的の下にささやかながら貢献できることを願って実施してきたものである。

1.4 研究概要

中国の統計データを用いて、都市部、農村部別に家庭部門エネルギー消費構造(経年動向、地域特徴)を推計解析した。さらに、中国農村部を中心として実態調査を行った。ここではその一連の実態調査から東北地区黒龍江省と 2 回の吉林省の農村家庭部門の調査結果について報告する。

2. 中国住宅エネルギー消費実態概要

2.1 全体概要

中国のエネルギー消費は急速な経済成長に伴う需要増大に対し、石油、石炭、天然ガスの化石燃料資源供給制約面と電力不足、エネルギー輸送面、エネルギー利用効率、農業廃棄物等のバイオマス燃料利用、その大気汚染物質排出、エアロゾル排出とその正負両面の温室効果など多側面が同時に関係し、かつ急速な変化を遂げており、なかでも住宅のエネルギー需要は都市から農村まであまねく各地に散在し、その総需要量が大きいこと、さらに需要が伸びる可能性が大きい一方で、エネルギー利用効率の改善の余地もあり、農村部の伝統かまどでのバイオマス燃料利用は利用方法の改善によっては大きな温室効果ガス排出削減対策対象ともなり得る可能性を秘めている。

実態調査に先立ち中国全土合計の実績動向を概観する。その 1981 年からの経年変化を都市部と農村部別に分けて概観し、主要な影響要因についてもふれる。図 2-1 は都市部と農村部合計の中国住宅エネルギー消費量経年動向である。2006 年には合計 13.6EJ(中国都市部、農村部計 2 次エネルギー)であった。これはバイオマス燃料を含む中国 1 次エネルギー供給量 81.3EJ の 17%に相当する。

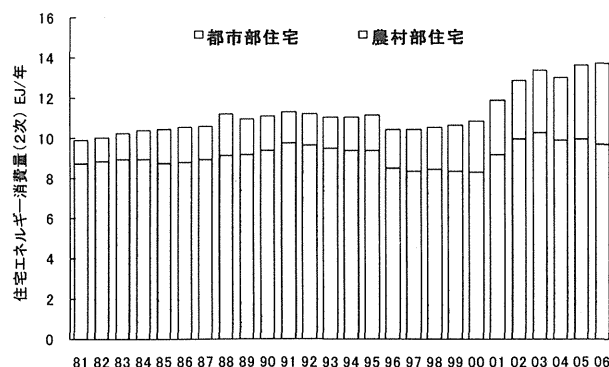


図 2-1 中国住宅エネルギー消費量(2次)都市部+農村部計 1981-2006 年

2.2 都市部と農村部：異なる傾向と特徴

中国の家庭部門エネルギー消費の特徴は都市部と農村部で全く異なる。図 2-2, 2-3 に両者の経年動向を示したが農村部は経年的な変化は小さく、主として農業廃棄物(トウモロコシの茎、葉、芯、麦わら)、薪(見学した限りでは小枝が多い)の自給バイオマス燃料が厨房、暖房用に用いられている。それらが不足する夏季には石炭も使われる。また厨房用には練炭も通年使われている。寒冷地における一つの典型的な方法は図 2-4 に示す伝統的な厨房かまどの煙道を居室の寝床の下を通して余熱を暖房に使うカン(炕)またはフオカン(火炕)と呼ばれる方法である。写真 2-1 は伝統かまどの例で、台所の壁の向こう

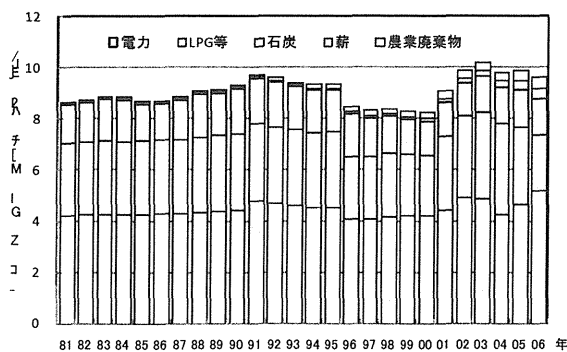


図 2-2 中国住宅エネルギー消費量(2次)農村部 1981-2006

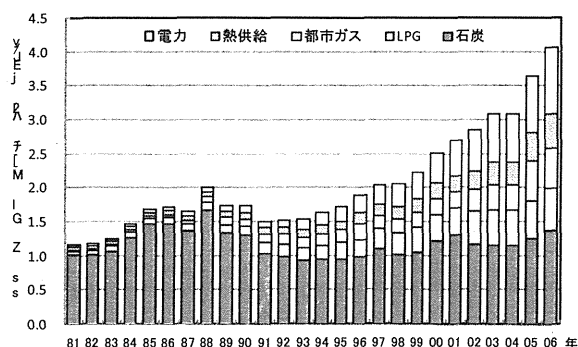


図 2-3 中国住宅エネルギー消費量(2次)都市部 1981-2006

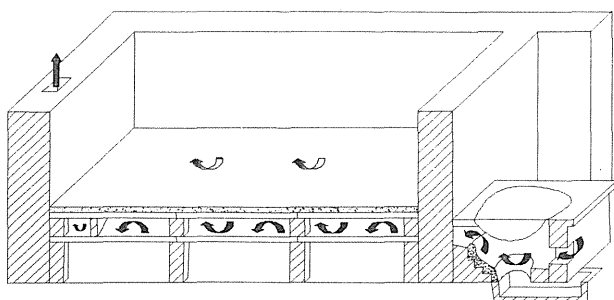


図 2-4 炕(kang)の構造 (Li Yuguo 原図)

注：右は厨房用伝統かまど、左は居室の寝床

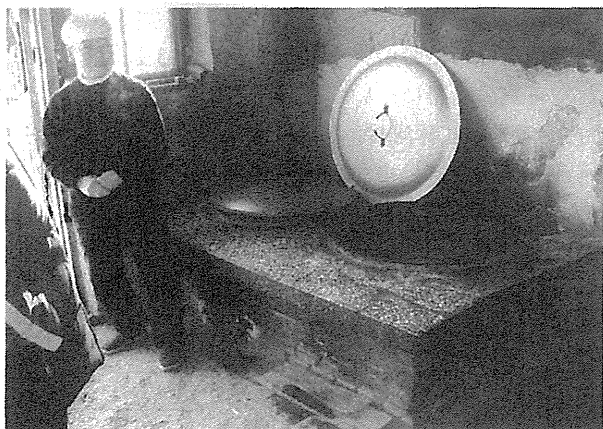


写真 2-1 伝統かまど・長春近郊農村

注：手前の板の下から灰を掻き出す

は居室ですぐに寝床がありカン(炕)になっている。最近
は都市近郊から厨房用に LPG コンロも普及し始めてい
るが、今でも農村部エネルギー消費量の 8 割は自給バイ
オマス燃料である。農村での電力消費水準は現況では極
めて低いが、最近では家電機器としてテレビ、冷蔵庫、電
気炊飯器、電気洗濯機等が普及している。それでも電力
需要は 3%程度を占めるに過ぎず、翻って今後急速に電
力需要が伸びる可能性が大きいが、電力供給施設整備が
問題となる。2000 年以降農村部のエネルギー消費量が急
上昇に転じており、その内訳は現時点ではバイオマス燃
料が伸びているが、これからの数年大きな構造変化が起
きる可能性もある。以上は統計値および一般知識と西安
近郊、長春近郊での実態調査にもとづいて記述した。

都市部ではかつては石炭利用がほとんどであったが、
厨房用には都市ガス、LPG も使われるようになってきた。
暖房用には現在も石炭が使われており、大都市の集合住
宅では地域暖房もあるが、その集中ボイラ燃料は石炭で
ある。

3. 黒龍江省農村部家庭部門でのエネルギー調査

3.1 調査地域及びサンプル分布

1) 黒龍江省における自然・資源・社会に関する概要

黒龍江省は中国東北部、北東アジア地域の中心部に位
置する。同省北側とロシア間の国境線は 3700km 余りに
及ぶ。人口は 3700 万人余りで、その 95%を占める漢民
族を中心に、モンゴル族、満族、朝鮮族、オロチョン族、
ホジェン族など 45 の少数民族が居住しており、人口は
956 万人で、面積は 45.48 万 km^2 で日本の約 1.2 倍に相当
する。省都はハルビン市である。

黒龍江省は天然資源に恵まれ、森林面積、木材蓄積量、
木材生産高、石油・黒鉛埋蔵量はいずれも国内最大であ
り、石炭生産高は国内で上位を占める。黒龍江省の気候
は寒暖の差が激しい大陸性亜寒帯に属し、1 年で最も気
温が高くなるのは 7 月で平均気温が 22.8°C 、最も低くな
るのは、1 月で平均気温が -19.4°C で、北部では -52°C
の最低気温を記録したこともある。年間降水量は 400mm
～650mm、年間日照時間は 2400～2800 時間である。

2) 調査地域の選定

今回の調査は、黒龍江省の行政府所在地ハルビン市の
周辺の農村部で実施した。地理条件、経済発展水準、エ
ネルギー供給特徴、ライフスタイルなどの条件を考慮し
た上、五つの地域を選んだ。これらの地域はそれぞれ賓
県の賓陽村、双鴨山市紅星村、綏化市富国村、海林市紅
林河村、尚志市南星村である。調査対象地域の地理位置
分布を図 3-1 に示す。

3) 調査対象地域の特徴とサンプル数

今回調査に選んだ地域について、賓県の賓陽村はハルビン市に近い。双鴨山市と綏化市は石炭資源が豊富であり、調査対象である双鴨山市紅星村、綏化市富国村の周辺にはいくつかの炭鉱がある。海林市紅林河村は木材の生産地である。尚志市南星村は朝鮮民族の居住地であり、村には韓国に出稼ぎに行く若者が多い。今回の調査は、5地域で各地域12世帯、合計60世帯に訪問調査を実施した。

調査対象地域とサンプル数を表3-1に示す。



図3-1 調査地域地理位置の分布

表3-1 調査対象地域とサンプル数

地域	県・市名称	村名称	サンプル数	注
地域Ⅰ	賓県	賓陽村	12	行政府ハルビン市に近く
地域Ⅱ	双鴨山市	紅星村	12	石炭の生産地
地域Ⅲ	綏化市	富国村	12	石炭の生産地
地域Ⅳ	海林市	紅林河村	12	木材の生産地
地域Ⅴ	尚志市	南星村	12	朝鮮族群居地

3.2 調査内容

1) 調査の実施方法

今回の調査は調査員が調査対象世帯に直接訪問し、調査内容を説明して、アンケート用紙を配布し、調査員が訪問対象と調査項目を確認し、記入する方法を取った。今回の調査は、直接訪問調査であり、回収率は100%である。

2) 調査項目

今回の調査では、四つの調査票を用意した。

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を調査する。

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

を調査する。

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を中心とする。

3.3 調査結果分析

1) 世帯人員構成

各地域の世帯人員の構成を表3-2に示す。南星村の調査対象平均世帯人員は3.67人であり、他の4地区の平均世帯人員は3人前後で、南星村は、ほかの地域より世界規模が大きい。南星村は朝鮮族の居住地であり、少数民族は1人子政策の対象外となっているため世帯人員が多いと考えられる。全調査対象の世帯人員構成のヒストグラムを図3-2に示す。3人世帯が一番多く、50%を占めている。

表3-2 各地域の世帯人員の構成（平均値）

地域	人/世帯
賓陽村	3.17
紅星村	3.25
富国村	3.17
紅林河村	2.92
南星村	3.67

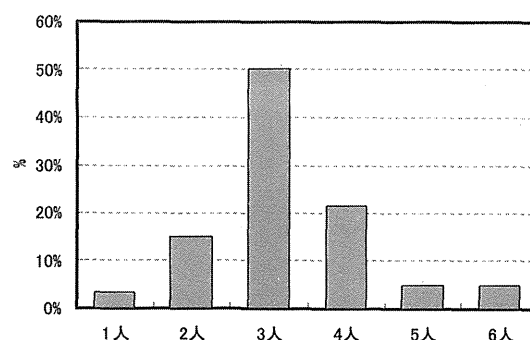


図3-2 世帯人員構成のヒストグラム（全調査対象）

2) 可処分所得

各地域の可処分所得の平均値を表3-3に示す。世帯当たり可処分所得について、賓陽村と富国村は1万元以下で、紅星村、紅林河村、南星村は1万5千元前後である。ハルビン市に近い賓陽村の所得が高い傾向は見られず、逆に低所得であった。

表3-3 各地域の可処分所得（平均値）

地域	元/世帯	元/人
賓陽村	9083	2868
紅星村	15083	4641
富国村	9583	3026
紅林河村	15708	5386
南星村	14583	3977

3) 財産の保有状況

財産保有状況を表 3-4 に示す。家電製品の保有状況は、総体的に低い水準に留まっていることが分かる。品目別では各地域ともテレビの保有台数が多く、意外なことに各地域で電気炊飯器の保有台数が多い。通信設備の電話と携帯電話の普及は近年の話であり、普及の速度は速い。特に携帯電話の保有は若者の間で流行しており今後一層拡大すると考えられる。各地域別に見ると朝鮮族居住地である南星村の保有率が高い。

表 3-4 家電機器等保有率

(1) 家電機器	
保有財	保有率
テレビ	92%
電気炊飯器	72%
電話	57%
洗濯機	45%
携帯電話	45%
ミシン	43%
ラジオ	40%
VCD/DVD	28%
冷蔵庫	17%
パソコン	2%
電子レンジ	0%
(2) 移動機器	
自転車	55%
トラクター	27%
バイク	22%
車・トラック	7%

注：黒龍江省 5 地域平均, n=60 世帯

4) 厨房用要燃料の使用状況

厨房用主要燃料について、最多消費の燃料種一つを回答してもらった。各地域の厨房用燃料は季節によってその構成は違っているが、主に農業廃棄物、薪、小枝でバイオマスが 90%を占めている。石炭は 9%、LPG の使用は 1%未満で未普及である。厨房用に電力は使用していない。賓陽村ではバイオマス燃料 100%、富国村では農業廃棄物が 98%を占め、紅林河村では薪が 100%、紅星村と南星村では石炭を含む各種燃料が使われており、LPG が使われているのは南星村だけであった。厨房用燃料種類別世帯当エネルギー消費量は 30～65GJ/世帯、平均 22GJ/世帯となっている。

5) 湯沸し用燃料の使用状況

各地域の湯沸し用主要燃料の使用状況は厨房用燃料と同じ傾向が見られ、一年間では農業廃棄物が一番多く使われている。湯沸し用エネルギー消費量は 10～20GJ/世帯となっている。

6) 暖房用燃料種類別世帯あたりエネルギー消費量

各地域における暖房用エネルギー消費量は 14～37GJ/世帯、平均 29 GJ/世帯である。全体的には、石炭が一番多く、約 56%を占め、つぎは薪 19%、小枝 13%、農業廃棄物 12%である。バイオマス燃料小計 44%と半分以下であったのは意外であった。

7) 暖房、厨房、湯沸し用燃料の使用状況

この調査では詳細正確な実態把握を目的として暖房、厨房、湯沸し用に用途を分けて質問したがカン(炕)の使用も多く暖房期には厨房用と区別しがたいので、3 用途を一括した評価をしてみた。55～121 GJ/世帯、平均 87 GJ/世帯であった。燃料種類はバイオマス燃料が 70%であったが、地域により構成がかなり異なり、薪主体の紅林河村、石炭が半分以上であった紅星村は一般的な農村とは異なるものと考えられ本調査の単純平均が省全体の平均像ではないと考えられる。そこで特異地域を除く賓陽村、富国村、南星村の 3 地域の平均を求めると 70 GJ/世帯、バイオマス燃料は 74%、うち農業廃棄物 49%、小枝 15%、薪 10%、石炭 25%、電力と LPG は各 1%であった。このような姿がこの地域の一般的な農村住宅のエネルギー消費構成と考えられる。

8) 用途別電力エネルギー消費量

各地域における世帯あたりの電力消費量は 0.5～2.7GJ であり、まだ低い水準にある。地域別の用途別電力消費構成を表 3-5 に示す。電気炊飯器の電力消費量が 37%を占めている。

表 3-5 家電機器・電力消費量

電気機器	電力消費量 (MJ/年世帯)
テレビ	216
電気炊飯器	504
冷蔵庫	207
洗濯機	23
その他電気	60
白熱灯	245
蛍光灯	108
合計	1364

注：黒龍江省 5 地域平均, n=60 世帯

9) 照明機器の構成

白熱灯のみの家庭は 56%で、白熱灯と蛍光灯を併用している家庭は 29%、残りの 15%家庭では蛍光灯だけを使用している。

10) 燃料種類別構成と熱用途構成

図 3-3 に燃料種類別エネルギー消費構成を示す。地域

及び世帯により燃料種類の構成が異なっていることが分かる。各地域の平均値は約 87GJ/世帯・年となり、そのうち農業廃棄物が約 34%、石炭が 31%、薪が 19%、電気は 14%であった。LPG の使用は僅か 2%しかない。

図 3-4 に用途別世帯当りエネルギー消費構成を示す。厨房用が最も多く 37%を占め、ついで暖房用 33%、湯沸し用 26%である。

11) エネルギー消費マトリックス

図 3-5 に調査サンプル平均のエネルギー消費マトリックスを示す。世帯当のエネルギー消費量は 89GJ/年、世帯人員 1 人当 27.2GJ/人・年となった。厨房、暖房、湯沸しには農業廃棄物、薪、小枝が同じように用いられている。石炭も同様であるが主な用途は暖房用である。

12) 可処分所得とエネルギー消費量の関係

図 3-6, 3-7 に可処分所得とエネルギー消費量の関係を示す。可処分所得と 1 世帯当のエネルギー消費量（電力消費量を含む）の相関関係は弱いことが分かる。この傾向は西安近郊での調査結果でも同様の傾向が見られたが、農村部の家庭では所得水準と無関係にどここの家庭でも自給バイオマス燃料を用いていることを示唆しているのであらう。

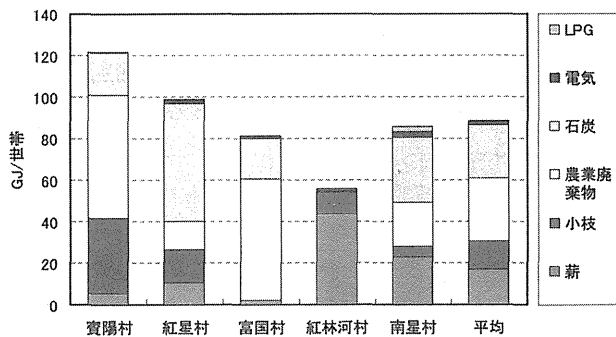


図 3-3 黒龍江省・燃料種類別エネルギー消費構成

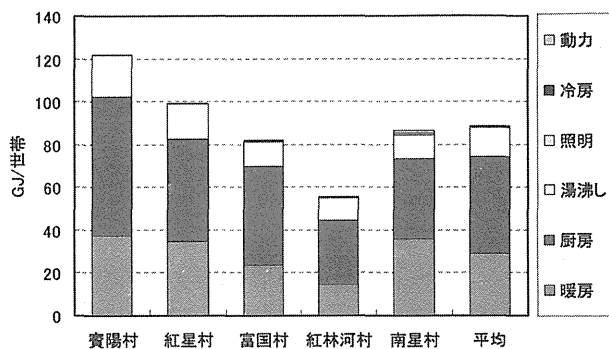


図 3-4 用途別エネルギー消費構成

3.4 黒龍江省調査のまとめ

1) 今回の調査により、ハルビン周辺の五つの農村部地区における燃料種類別・熱用途別エネルギー消費構造の事例が明らかにし、高価格な商業エネルギーの消費は少ない。

2) ハルビン周辺農村部における家庭部門エネルギー消費量はほとんど厨房、暖房、湯沸し消費であり、照明、家電機器のエネルギー消費量の割合は低い。

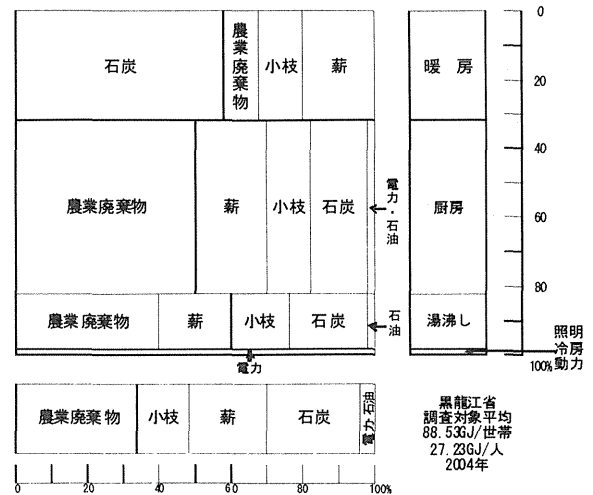


図 3-5 黒龍江省調査対象平均エネルギー消費マトリックス

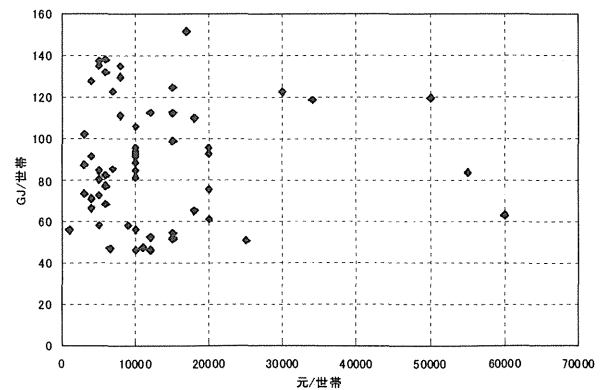


図 3-6 1 世帯当の可処分所得とエネルギー消費量の関係
黒龍江省調査対象 60 世帯

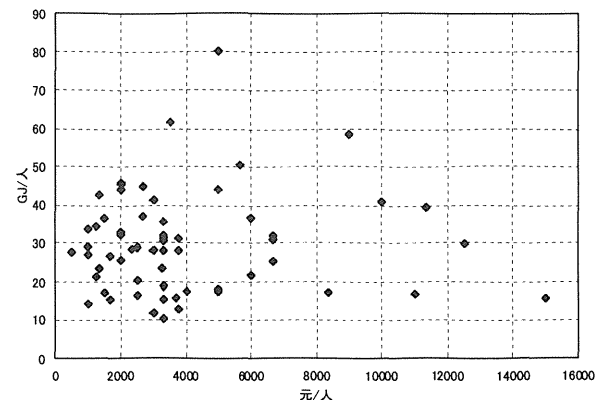


図 3-7 1 人当の可処分所得とエネルギー消費量の関係
黒龍江省調査対象 60 世帯

3) ハルビン周辺農村部における家庭部門燃料種類別エネルギー消費構成はその地域のエネルギー供給状況を反映していされた。

4) ハルビン周辺農村部における家庭部門のエネルギー消費はバイオマス燃料（非商業エネルギー）に依存しており、商業エネルギー消費量の割合は少ないことが分かる。家電製品の普及が進んでいるが、電力消費量は少なく、LPGの消費量も非常に少ない。すなわち地域自給燃料に依存している。例えば、双鴨山市紅星村は石炭の生産地であるため、石炭の消費量が多く、海林市紅林河村は木材の生産地であるため、薪の消費量が他の地域より多く見られる。（この調査では、特徴的な地域を調査対象に含むため5地域合計60世帯の平均値は地域の平均像とはやや異なる可能性があるため結果の見方に注意を要する。

5) 今回の調査結果を、省別統計によるマクロ推計結果と比較すると、世帯当たりエネルギー消費量はおおむね一致しているが、燃料種類別と熱用途の構成には差異が見られる。1999年の黒龍江省農村部平均世帯当たりエネルギー消費（2次）は80GJ/世帯であったが、今回調査5地域の平均は89GJ/世帯であった。また燃料構成も石炭の割合が省平均に比べて大きかったが、それはたまたま石炭生産地域2ヶ所が対象地域に含まれていたためであり、5)に先述した地域的な特殊性に起因する。熱用途別の構成は、今回の調査では暖房用エネルギー消費量がマクロ推計結果より低く、厨房と湯沸し用エネルギー消費量の割合が大きい。その原因としては厨房機器の燃料消費が炕により暖房用に兼用されていても回答として厨房用と答えた場合が多かったものと考えられる。

4. 吉林省農村部家庭部門での第1回目エネルギー消費実態調査

4.1 調査地域及びサンプル分布

中国吉林省は9つの行政地区からなるが、そこで、図4-1に示すように長春行政地区、四平行政地区、松原行政地区、白山行政地区、延辺行政地区の5地区において各20世帯を対象に調査した。調査期間は2005年1月から12月である。調査対象は100件、うち有効数は94件であった。調査手法は黒龍江省とほぼ同じである。

4.2 エネルギー消費量調査結果

図4-2～4-6は各地区の世帯当たりエネルギー消費量である。世帯当たりエネルギー消費量では、各調査地区内の格差は小さいが、行政地区別の平均値の差は大きい（18GJ/世帯～118GJ/世帯）。各調査地区内の格差が小さ

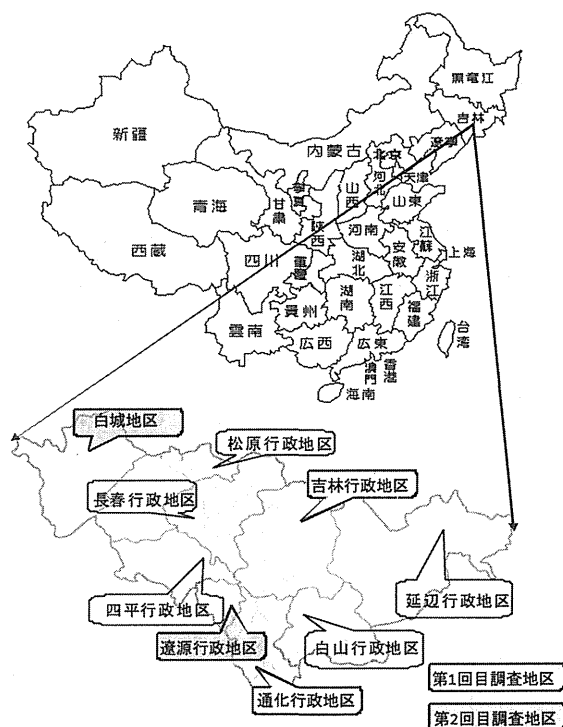


図4-1 吉林省調査対象地区

い理由は調査票に添付された間取り図から明らかであるが、隣近所で住居規模も間取りもほぼ同じ住居が多いことが要因と考えられる。松原地区、白山地区では世帯当エネルギー消費量が省平均の3分の1程度しかない。非常に低いので誤値である可能性を疑ったが、その後の調べでも間違いではないらしく、実際にこの地域で利用できる農業廃棄物等供給量が限られているとのことであった。各行政地区とも9割以上がバイオマス燃料（農業廃棄物、柴、薪）であるが、調査対象地区では石炭と石油の消費は見られず、電力とLPG合わせて10%未満である。本調査で推計した家庭部門エネルギー消費量（全体調査対象の平均）は57.3GJ/世帯・年である。1999年の「中国能源統計年鑑」に基づいて推計した省別農村部家庭部門エネルギー消費量による吉林省世帯当エネルギー消費量は62GJ/世帯・年であり、本推計結果よりやや大きい。地区別に見ると、とくにエネルギー消費水準が低い2地区に対し、四平地区は省平均の2倍近く大量に農業廃棄物を消費しており、長春は平均よりやや低め、延辺は省平均よりやや高めであるが省平均に近い。本調査の推計結果は1999年の省別推計値と比べると、エネルギー種類別には農業廃棄物、ガスの消費量が多く、電力、薪と柴の消費量が少ない。建物延べ床面積当エネルギー消費量は682MJ/m²年、一人当エネルギー消費量は14GJ/人年である。

図4-7に地域別の世帯当たりエネルギー消費量平均値の月別変化パターンを示す。5地区平均のパターンは12月が最大で12%弱、6、7月が最小で6%強であった。季

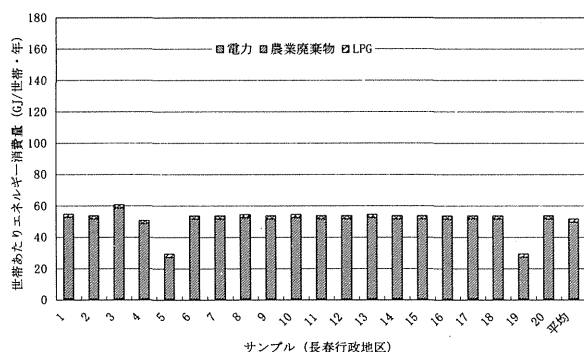


図 4-2 世帯あたりエネルギー消費量（長春行政地区）

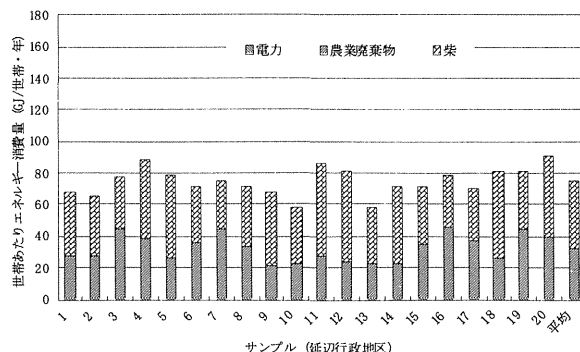


図 4-6 世帯あたりエネルギー消費量（延辺行政地区）

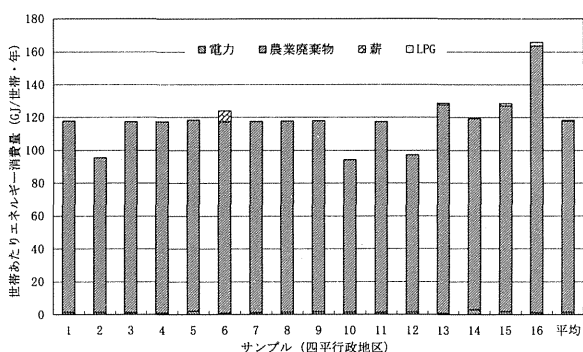


図 4-3 世帯あたりエネルギー消費量（四平行政地区）

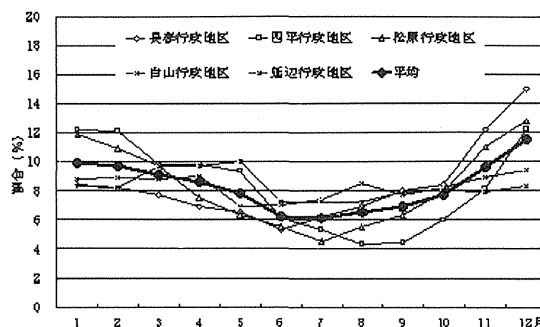


図 4-7 吉林省 5 地区・月別エネルギー消費変動

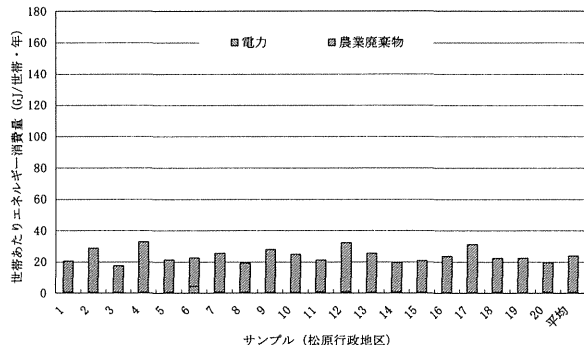


図 4-4 世帯あたりエネルギー消費量（松原行政地区）

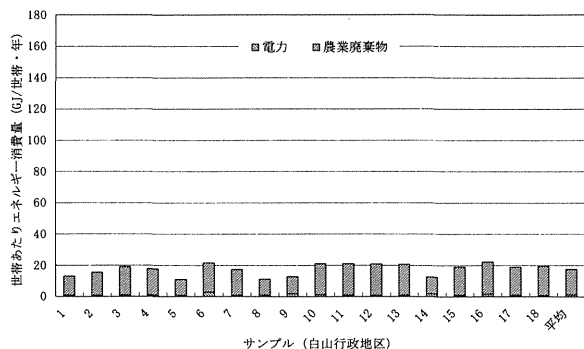


図 4-5 世帯あたりエネルギー消費量（白山行政地区）

節変動幅が大きいのは長春地区で 12 月は 15%、7 月は 4.5%であった。

4.3 住居に関する調査

吉林省調査では住居の間取り、竈の位置についても記録があるが、十分な整理ができておらず紙幅の制約もあってここでは割愛せざるを得なかった。また一部では室内気温の実測もなされている。

5. 吉林省第 2 回目調査

5.1 第 2 回目調査の概要

中国吉林省農村部家庭部門の住宅環境とエネルギー消費実態について第 2 回目調査を行った。

中国吉林省の 9 つの行政地区のうち、第 2 回目調査では吉林行政地区、遼源行政地区、通化行政地区、白城行政地区の 4 地区において各 10 軒を選定した。実施期間は 2007 年 1 月から 12 月である。調査方法と調査内容は上記、第 1 回目調査と同様の訪問調査である。回収率は 100%であった。

5.2 調査結果分析

1) 厨房用エネルギー消費

厨房用世帯当エネルギー消費量は 31GJ/世帯・年となっている。農業廃棄物は 22 GJ/世帯・年、71%を占め、小枝 21%、薪 2%、バイオマス燃料小計 93%となってい

る。LPG4.5%、電力1.7%、石炭は0.5%と小さい。

2) 湯沸用エネルギー消費

湯沸用世帯当エネルギー消費量は12GJ/世帯・年となっている。燃料種類別消費量の構成は厨房より石炭が17%と大きな割合を占めている。(これは練炭が多い)。農業廃棄物等のバイオマス燃料は全体の83%を占めている。

3) 暖房用エネルギー消費

暖房用世帯当エネルギー消費量は37GJ/世帯・年で、バイオマスが56%を占め、石炭42%、電力1.4%である。厨房、湯沸に比べ石炭の使用割合が大きい。

4) 電力消費

電力消費量の内訳を図5-1に示す。世帯当電力消費量は1.8GJ/世帯・年であり、まだ低い水準にある。電気炊飯機、冷蔵庫用電力消費量が最も多く、それぞれ全体の26%を占める。蛍光灯、テレビがその次で、照明には蛍光灯が普及していることが分かる。

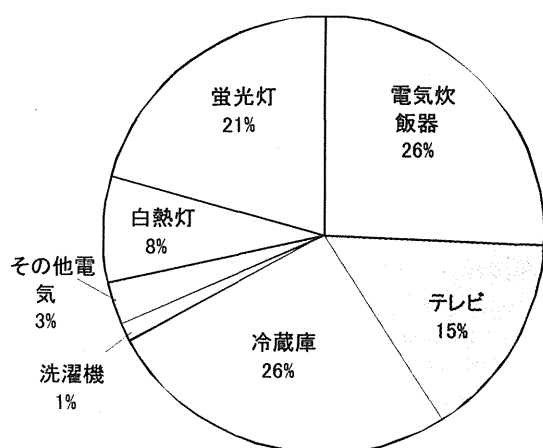


図5-1 吉林省調査4地区平均 電力消費量の内訳

5) 省別統計との比較

本調査で推計した家庭部門エネルギー消費量(全体調査対象の平均)は80GJ/世帯・年である。1999年の「中国能源統計年鑑」に基づいて推計した省別農村部家庭部門エネルギー消費量による1999年の吉林省世帯当たりエネルギー消費量は62GJ/世帯・年であった。今回の調査結果は省別統計によるマクロ推計結果より、世帯当エネルギー消費量が31%大きい。図5-2に吉林省についての他の推計例と比較する。本調査結果では石炭の割合が大きく、その分バイオマス燃料の割合が低めである。用途別には表5-1に示すように、暖房用エネルギー消費量、厨房・湯沸し用エネルギー消費量は多

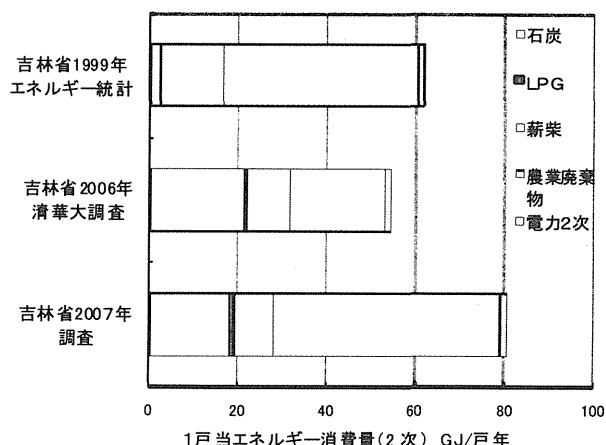


図5-2 エネルギー種類別比較

(吉林省2回目2007年調査4地区平均と他の推計値比較)

表5-1 エネルギー用途別・比較 吉林省

(単位: GJ/世帯・年)

用途別	本調査	推計値
	2007年	1999年
暖房	37.47	33.05
厨房	30.77	27.02
湯沸	11.60	
照明	0.28	0.61
冷房	0.00	0.00
動力	0.35	0.91
合計	80.47	61.59

注: ①本調査: 吉林省第2回目調査4地区平均

②推計値: 能源統計・省別値より推計

い。照明・動力用エネルギー消費量は省別統計データにより推計した結果と比べ、小さくなった。

6. 各地域調査結果比較

先に調査した陝西省西安近郊を含め3省の実態調査結果を比較すると、寒冷地区の黒龍江省で89GJ/世帯(1999年省別推計,80GJ)、吉林省で1回目調査5地区57GJ/世帯、2回目調査4地区80GJ/世帯(1999年省別推計,62GJ)、西安近郊は59GJ/世帯(1999年省別推計,31GJ)であった。西安近郊での調査結果は省別推計に比べて大きかったが、東北2省ではほぼ省平均と大きな離れはなかった。

この一致は調査地区別の格差が大きかったことから偶然とも考えられるが、少ないサンプルと省全域からすれば限られた地区だけの調査の割には矛盾しない傾向の結果が得られたと言える。

7. 農村住宅エネルギー消費と大気汚染問題

7.1 室内空気汚染

中国に限らず途上国農村住居での室内空気汚染問題

については古くから研究もあり様々な指摘、提案もなされて来た。今なおこの問題は存続しており、気候変動との関連でバイオマス燃料消費と、農業廃棄物の野焼きが注目された際にも副次効果として室内と地域の大気汚染防止効果が大きいことはしばしば語られてきた。

中国農村住居でのエネルギー消費と室内空気汚染において、本研究における文献調査や現地調査で確認されたことを手短にまとめると、次の諸点が指摘できる。農業廃棄物にしても石炭（多くは練炭等）にしても不完全燃焼が高頻度で発生していると考えられ、その結果として CO、NMVOCs、PM（大粒子から微小粒子まで）等、大気汚染物質の排出が大きい（表 7-1）。その暴露機会は厨房での炊事における炉端での高濃度汚染と居室、とくに就寝中の長時間暴露の二つに分けられる。前者では高濃度の PM あるいは石炭灰分中の成分が呼吸器系に与える健康影響が大きい、後者では CO 中毒の危険がある。前者は換気がなされていても炉前で高濃度暴露される恐れがあるが、後者は居室の換気との関係が深く、室内温熱環境を快適あるいは健康に影響がない程度に保つことと室内空気質を健康被害や中毒の危険がない水準に保つことと矛盾する。このことは中国住宅の換気に詳しい Li Yuguo も指摘していた問題点である（IAQVAC2007 仙台での議論）。一方で西安近郊の住宅を見学した印象では農村住居にシェルターとしての室内温熱環境維持機能を住民が強く要求しておらず、最近新築した住居でも外気を遮断することなく、室内気温は外気と大差なく暖房しても十数℃の場合が多く見られることである。これは日本建築学会内の研究会でも各地の都市住宅室内気温の実測結果で低温度な事例が多く報告されている。

室内温熱環境を確保するために換気回数を減らすと室内空気汚染と CO 中毒の危険性が高まる矛盾があるが、住民は温熱環境にも空気質にも十分な認識がないままに居住し新築しているらしい実態（例、西安近郊）がある。

7.2 気候変動

いわゆるカーボンニュートラルという考え方からバイオマス燃料からの CO₂ 排出をゼロ評価することが FCCC、京都議定書でも認められている。しかし中国農村住宅での厨房暖房用燃焼から出るエアロゾル BC（未燃炭素）は研究目的にも書いた通り大きな温室効果を持っている。同時に負の温室効果を持つ OC（有機炭素）も排出されるので総合効果を純評価するとどうなるか議論があるところであるが燃焼管理状況が変化すると OC の排出が減少し BC の排出が相対的に残る可能性も否定できない。我々の推計では中国農村部からの BC 排出量は 0.8Tg、都市部も含む中国住宅から 0.9Tg、中国全体で 1.4Tg の BC 排出があった(2002 年値)。Bond, T.C.等(2004)の推計によると全球 BC 排出量は 8.0Tg、うち 3.0Tg が化

表 7-1 大気汚染物質、温室効果物質排出における住宅排出の寄与

GHGs 汚染物質	都市部 * 1	農村部	家庭部門計	全発生源計	家庭部門 %
エネルギー消費#	3.19	9.98	13.18	53.85 EJ	24.5%
CO ₂ バイオ含	0.37	1.18	1.56	4.94 Eg	31.5%
CO ₂ バイオ除	0.37	0.13	0.51	3.89 Eg	13.0%
CH ₄ 燃焼系	0.04	5.34	5.39	5.84 Tg	92.2%
SO ₂	2.20	1.72	3.92	30.81 Tg	12.7%
NO _x	0.77	0.88	1.66	13.71 Tg	12.1%
CO	6.70	97.59	104.29	131.75 Tg	79.2%
NMVOC s	0.76	0.00	16.65	25.34 Tg	65.7%
PM	0.96	6.51	7.47	19.54 Tg	38.2%
BC	0.13	0.81	0.95	1.35 Tg	69.8%
OC	0.20	2.93	3.13	3.42 Tg	91.6%
Hg	4.47	7.49	11.96	185 Mg	6.5%
NH ₃ 2000 年	-	-	-	12.17 Tg	-

注：*：熱供給含；#：エネルギー消費量；家庭部門は 2 次消費量、全発生源は 1 次供給量

石燃料、1.7Tg がバイオマス燃料、3.3Tg がバイオマス野焼きによる排出である（1996 年値）。世界全体の BC 排出量の中で中国住宅の寄与は大きく、農業廃棄物の野焼き（畑地での焼却）も中国での排出が大きいので、これを燃料として有効利用すれば大きな排出削減の機会が生まれる。中国の農業廃棄物を如何に燃料として有効利用するかは気候変動対策として世界的にも大きな影響を持ちうる重要な対策対象である。

<参考文献>

- 1) Tonooka, Y et al, A survey on the energy consumption in rural households in the fringes of Xi'an city, Energy and Buildings, 38,2006,1335-1342
- 2) Tonooka, Y; Ning, Y. ,Future Projection of Household Energy Consumption in China to 2030, Part-I Structure of Domestic Energy Consumption in China, J. of Harbin Inst. of Tech, 14,2007, 98-103
- 3) Bond, T. C., Streets, D. G., et al (2004) A technology- based global inventory of black and organic carbon emissions from combustion, J. Geophys. Res., 109, D14203, 10.1029/2003JD003697, 2004
- 4) 清华大学建筑节能研究中心（2008）中国建筑节能年度发展研究报告, 中国建筑工业出版社
- 5) 韋新東, 外岡豊, 尹軍, 近藤康彦, 寧亜東（2008）中国吉林省農村部家庭部門におけるエネルギー消費構造に関する調査・分析, 日エネ学会大会
- 6) 外岡豊(2008) 農村部の実態, アジア地域における建築環境と Sustainable Development, 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, AIJ 0809-01000

<研究協力者>

劉 京 ハルビン工業大学市政環境工程学院 副教授
近藤 康彦 産総研エネルギー技術研究部門 主任研究員