

<論 文>

中国における建築省エネルギーグリーン開発メカニズム
(CDM)事業の導入可能性に関する研究
— 浙江省湖州市を事例として —

任 洪 波・周 璋 生・仲 上 健 一

Study on the Introduction Feasibility of Clean Development Mechanism
(CDM) for Building Energy Saving in China: Case Study on Huzhou in
Zhejiang Province

REN Hongbo, ZHOU Weisheng, NAKAGAMI Ken'ichi

Due to rapid development of the Chinese economy, the total energy consumption in China has dramatically increased. Especially, as the improvement of people's living quality and the acceleration of urbanization process, there is a dramatic increase in building energy consumption. On the other hand, Chinese buildings usually have relatively high density of energy consumption, which leads to strong potential for energy saving. Under this background, the Chinese government has settled various measures to promote energy conservation and utilization of renewable energies in buildings. However, facing such a hard task, besides the efforts of the Chinese government itself, the international cooperation is always necessary.

As one of the most well developed mechanisms for international cooperation, the Clean Development Mechanism (CDM) is considered to be a good option for the building energy saving projects in China, which are encountering various problems including technical and financial aspects. However, actually, until recently, among the whole CDM projects in China, no one is related to building energy saving fields. In this study, the methodologies for integrating CDM in building energy saving projects are promoted. As an illustrative example, a model area in Huzhou, China, has been selected for analysis. According to the calculation results, there is large potential of CO₂ reduction in building energy saving

projects. However, in order to promote the building energy saving CDM projects, some policies, for example, government subsidies are necessary.

Keywords : Clean Development Mechanism, Building energy saving, China, Economic effect

キーワード : クリーン開発メカニズム、建築省エネルギー、中国、経済性

1. はじめに

経済発展が著しい中国では、電力不足、石油の対外依存度の増大などのエネルギー問題や、酸性雨、二酸化炭素排出量の急増などの環境問題が相次いで表面化し、経済発展と環境・エネルギーの矛盾は明らかになってきた。2008年、中国のエネルギー総消費量は28.5億トン標準石炭に達し、世界で二番目のエネルギー消費国となった。エネルギー消費の増大に伴う温室効果ガスや廃熱放出の増大を引き起こし、中国はアメリカを抜いてCO₂排出量が世界一になるのが現状である。今後も経済の高成長が見込まれ、エネルギー需要は益々増加すると考えられる。特に、この数年、中国の都市化が急速に進んでいる中、建物の建設(延べ床面積増)及び生活水準の向上(エネルギー消費原単位増)によって、建築エネルギー消費は急増している。中国の現有建築面積は400億m²近くであるが、95%以上は高エネルギー消費建築物であり、単位建築面積あたりのエネルギー消費は先進国の約3倍に達している。こうした状況を踏まえて中国政府は、建築分野での省エネルギーの普及促進に向けた施策を策定し、エネルギーの長期的な安定供給や環境汚染防止に積極的に取り組んでいる。しかしながら、中国において建築省エネルギー事業が大きな成果を上げていくためには、技術水準の向上、事業モデル、金融システムづくり、法整備、市場啓発など解決すべき課題は多く、まずは中国の自助努力が重要であり、国際協力も必要不可欠である¹⁻²⁾。

近年では、地球温暖化対策として、様々な国際協力の仕組みが提案された。その中で、いち早く進み始めているのは、2000年からクレジット取得が認められるクリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism : CDM)である。CDMとは、先進国から途上国に、温室効果ガス(Green House Gas : GHG)削減のための技術・資金を移転して、途上国にて削減プロジェクトを実施し、その削減量を先進国の削減目標の達成に利用できる制度である。CDMの実施を通じて、先進国が途上国の環境改善に対して技術や資金を提供することにより、途上国の持続可能な発展を支援すると共に、先進国としては、京都議定書の約束を費用効果的に達成することができる。これは双方にとって有益となるため、協力し合い温室効果ガスの排出量を減らすことが望まれている³⁾。

一方、日本などの先進国は既に省エネルギー対策が進んでおり、様々な省エネルギー技術を保有しているが、京都議定書の目標達成には国内対策だけでは困難な状況にあるため、CDM

に期待しているところが大きい。従って、GHG削減ポテンシャルが大きい建築省エネルギー分野において、CDMスキームを利用して、先進国のGHG削減目標を達成すると共に、途上国のエネルギー効率の向上を促進できるという認識も既に認められている。しかし、その省エネルギーがCDMに生かされていないのが現状である。中国では、今まで登録されたCDMプロジェクトの中、建築省エネルギーに関する案件は全くないという状況がある。これは建築省エネルギー事業自身の複雑性に関連し、その分野に関する研究の不足のためである。

そこで、本研究では建築エネルギー消費量の増加が激しい中国沿海部の上海・南京・杭州の巨大経済圏に隣接する浙江省湖州市をモデル地域として選定し、建築省エネルギー分野に関するCDMプロジェクトを実行する可能性を検討することを目的とする。まず、湖州市における建築エネルギー消費の実態を調査し、その特徴及び省エネルギーのポテンシャルが明らかにする。また、様々な建築省エネルギー技術の調査・検討を通して、CDM事業に適用する技術を選定する。その上で、調査結果を踏まえ、ケーススタディより、建築省エネルギーによるCDM事業を導入する際のGHG削減量及び関連するコストと収入を試算し、プロジェクトによる経済性について評価を行う。

2. 建築エネルギー消費の現状に関する調査

建築物運用中のエネルギー消費は建築エネルギー消費の主体であり、建築物中の空調、動力、照明、調理、給湯などに消費されるエネルギーを含めている。産業用建築エネルギー消費は企業の生産消費に入れる場合が多い。民生用建築物は省エネルギーの主要な対象であり、省エネルギー化を実施するためには、まずエネルギー消費の実態を把握する必要がある。

2.1 全体の状況

静態的な視点から見ると、2004年の中国の総延べ床面積ストックは約400億 m^2 （都市部は約140億 m^2 ）で、そのうち省エネルギー建築（気候設計と省エネルギー基準に従って、建築計画のパーティション、群体と単体、建物の方向・間隔、太陽輻射、風向及び外部空間の環境などを十分に考慮した上、設計したエネルギー消費量が低い建物）は約3.2億 m^2 、建築総面積の1%に足りない。建築における一次エネルギー消費は約15.2 EJ（5.1億トン標準石炭）で、全国総エネルギー消費の25.5%を占めている。また、全国温室効果ガス排出量の約25%は建築エネルギー消費により排出される⁴⁾。

更に、動態的な視点より、中国の都市化は急速に進んでいる中、年間増加する建物の延べ床面積は約16億～20億 m^2 で、97%以上は高エネルギー消費建築（居住また運用する時、エネルギー消費が非常に高く、国の省エネルギー基準を上回る建物）である。近年では、中国の建築エネルギー消費は年々上昇していて、総エネルギー消費に占める割合が1970年代の10%か

ら25%まで増加した。今後、中国経済の発展が続けば、建築エネルギー消費は建築の建設及び生活水準の向上によって更に増え続ける。現在の建設速度によれば、2020年まで、中国における建物の総延べ床面積は約700億 m^2 に達し、建築材料の生産を含むライフサイクルエネルギー消費は全国総エネルギー消費の47%を占めると見込んでいる⁴⁾。

現在、中国国内では、建築エネルギー消費及び環境問題の深刻さについて多くの研究が行われている。特に、清華大学の研究グループは毎年「中国建築省エネルギー年度発展研究報告」を発行し、中国における建築分野のエネルギー消費と省エネルギー対策を検討している⁵⁾。図1には2004年中国建築別のエネルギー消費の割合を示している。図から見ると、農村部のエネルギー消費は最も大きな割合を占め、約35%である。続いて、北方都市の暖房エネルギー消費は約25%を占めている。

また、清華大学グループの研究により、中国における延べ床面積当たり年間エネルギー消費量は先進国の3倍程度であるが、一人当たり年間建築エネルギー消費は先進国の4分の1程度になっている。以上の分析では、各国のエネルギー統計方法や体系の違いを考慮しても、概ね妥当な数値だと考える。しかし、中国の経済発展による生活レベルの向上等により、建築エネルギー消費が急増していることは事実であり、建築分野での省エネルギー対策は焦眉の急と言える。

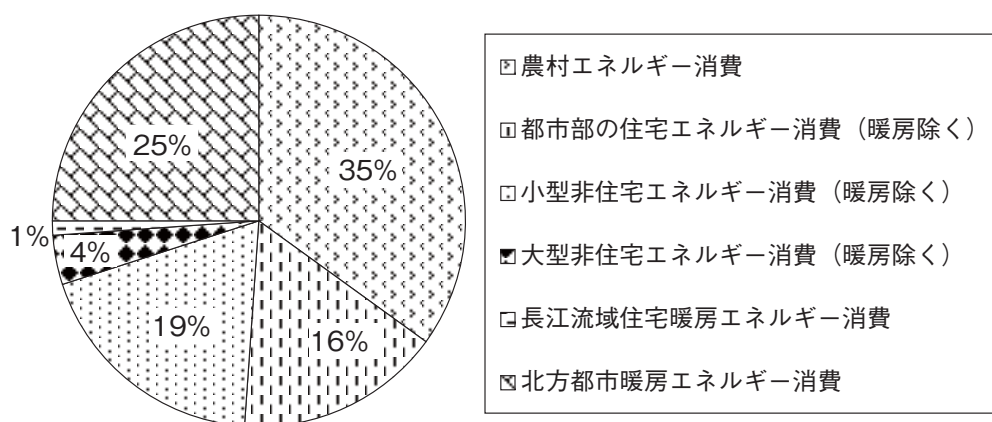


図1 中国における建築別のエネルギー消費の割合

2.2 対象地域

本研究では、モデル地域として、農村部と都市部の両者を含み、高度経済成長に伴って多様なエネルギー・環境問題を抱えている典型的な地域である中国浙江省・湖州市を選定した。湖州市は上海・南京・杭州の巨大経済圏に隣接し、中国政府に指定された循環経済モデル都市であり、社会経済が高度に発展し、日本などの先進国との交流も経済、環境など多岐にわたり、

国際協力による技術移転やコンサルティングを大いに期待している国際互惠型モデル地域と位置付けられる。

湖州市の産業構造は従来の伝統的なシルク、建築材料から、いまでは新型紡績、新型建築材料、医薬化学工業と特色ある機械電気産業を柱として、電子情報と環境産業も急速に発展する局面に達し、先端製造業の比率は工業のGDPの50%に達した⁶⁾。

図2には湖州市におけるエネルギー消費構造の推移を示す。図から見ると、エネルギー消費は年々増加しており、2006年の消費量は2000年と比べて2倍以上に増えている。なかでも原炭の消費量は最も大きい比率を占め、約86.8%である。次に電力、ディーゼルと続いており、割合はそれぞれ10.8%と1.2%である。特に、近年、地域の電力消費は著しく増加しており、2006年には86億kWhとなっている。その中で工業用として消費される電力は77億kWhで、民生用は9億kWhである⁷⁾。

また、湖州市国民経済と社会発展十一・五計画により、省エネルギーと環境保全を基本方針とし、各種地域の主体機能を区分し、省エネルギーと環境保全に利する生産モデル、消費モデルと都市建設モデルを推進している。その中、既存建築の省エネルギー改造、新築の省エネルギー標準(省エネルギー率65%)の確保、建物一体型太陽光発電システムの開発、高効率照明器具の推進などの建築省エネルギー重点プロジェクトは注目を集めている。また、短期目標として、同市では、2010年まで、エネルギーの総合利用率が40%に達するという目標を設定した。

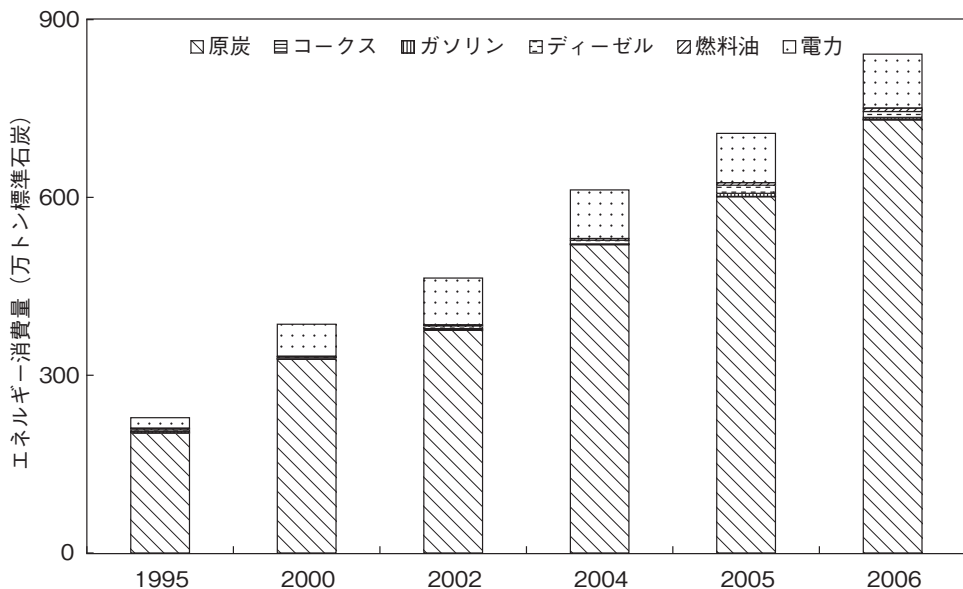


図2 湖州市におけるエネルギー消費構造の推移

2.3 実態分析

本研究では、中国における建築省エネルギー分野に関する CDM プロジェクトの実行可能性を分析するため、浙江省湖州市（市街地中心部建成区）をイメージした仮想的なモデル地域を対象として検討を行う。当該モデル地域（図3参照）は市の政治・経済と文化の中心であり、総面積は30平方kmで、人口が10万人である。民生用建物は主に住宅、オフィス、商業、病院及びホテルから構成されている。住宅の延べ床面積（ $6.0 \times 10^6 \text{ m}^2$ ）が最も多く、続いてはオフィス、病院及び商業施設であり、それぞれの面積は $3.2 \times 10^6 \text{ m}^2$ 、 $3.0 \times 10^6 \text{ m}^2$ と $2.5 \times 10^6 \text{ m}^2$ である。前述より、中国の建物はほとんど高エネルギー消費建築であり、断熱強化はあまり考慮していない。

市の中心部として、この地域の人口密度とエネルギー消費密度は相対的に高く、エネルギー消費の集中地と省エネルギーの重要実行地とも言え、モデル地域として選択される。エネルギー消費の多くを占める商業施設、ホテルなどは建築省エネルギーを実施するポイントである。また、都市化が急速に進んでいる中、生活水準の向上を反映している住宅部門の省エネルギーは都市の持続可能な発展の要点である。特に、対象地域に集中する高級住宅団地では、エネルギー消費密度は高く、省エネルギー意識は低いため、今後建築省エネルギーの一つ重要な柱とも考えられる。

従来研究より、気候条件は建築エネルギー消費に大きな影響を与える。本研究では、同市気候局の気候ネットセンターから、気温、日照時間などの観測データを収集して分析する。年間の気候条件として、平均温度は $12.2 \sim 17.3^\circ\text{C}$ 、平均風速は $1.7 \sim 3.2 \text{ m/s}$ 、累計日射量は $1190 \sim 1295 \text{ kWh/m}^2$ 、年間日照時間は $1613 \sim 2430$ 時間である。



図3 モデル地域のイメージ

地域のエネルギー消費現状は省エネルギー CDM プロジェクト実行の経済性・環境性、つまりそのポテンシャルを評価するポイントとなる。本研究でもエネルギー消費データとして電力、冷暖房負荷、給湯など用途別の消費データが必要である。図4と図5では、モデル地域における民生用建物の月別と時刻別の用途別エネルギー負荷を示す。図から見ると、以下の結果を得られた。

- ① 電力負荷では、1月から12月にかけて消費量の変動が相対的に小さく、平均値が90百万kWを上回る。7月の消費量はピークであり、116百万kWに達する。全体的な消費量を見ると、夏季の消費量は最も多くことが分かった。
- ② 電力負荷と比べて、月別の冷房負荷は顕著な差を示している。真夏の期間では、冷房負荷は電力負荷を超えて、150百万kWまでピークとする。
- ③ 暖房負荷について、冬季を通じて消費された暖房負荷は冷房負荷を上回り、ピークは1月に生じ、122百万kWである。湖州市の気候条件によると、夏季では平均30℃も超え、夏季における暖房負荷はゼロになる。
- ④ 給湯負荷のパターンの変動は通年において穏やかであり、夏季の消費量は少し小さいことが分かった。
- ⑤ 冷暖房負荷は熱負荷の大半を占め、給湯は相対的に小さい。また、冷暖房負荷の時刻別波動は電力より大きい傾向が見られる。
- ⑥ 熱負荷のピーク値と電力負荷のピーク値は異なる時間に生じ、夏の熱・電力負荷のピーク値は16:00と15:00で、冬の場合には9:00と17:00である。

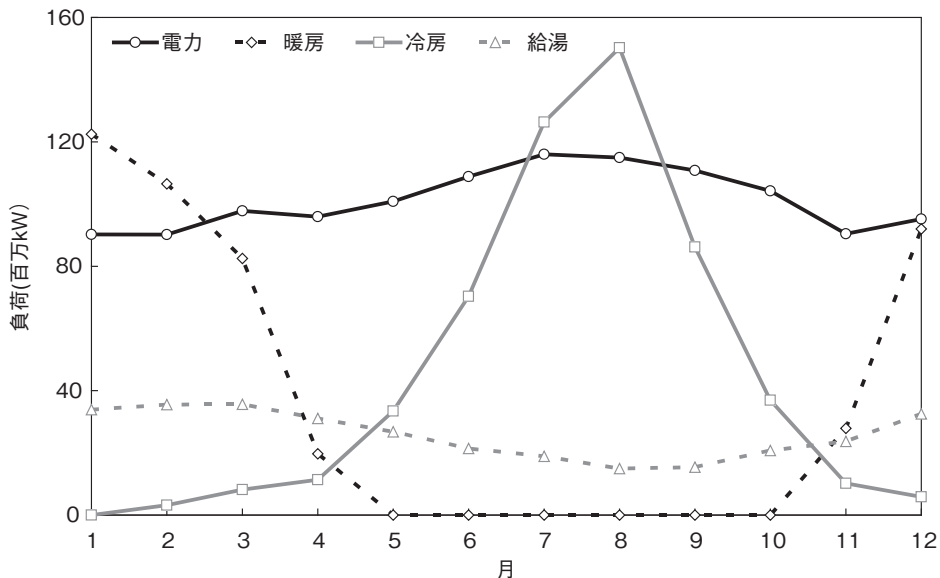


図4 月別エネルギー負荷

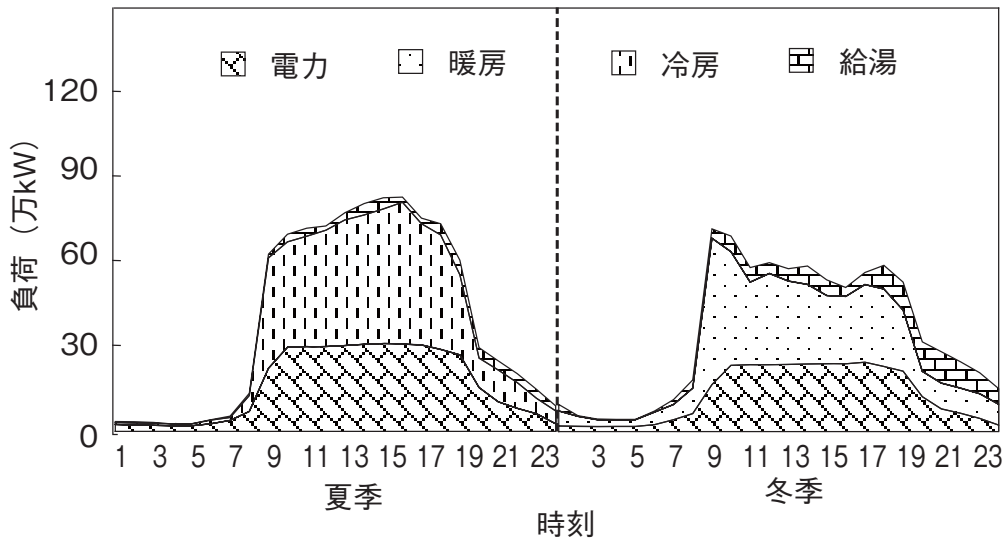


図5 時刻別エネルギー負荷（夏季と冬季）

3. 建築分野の省エネルギー対策

エネルギーの高消費・高成長・低効率の状況に対応して、中国政府は第11次5ヵ年計画期間中に単位GDP当りエネルギー消費を20%ほど下げるという目標を設定した。また、中期目標として、2020年まで、単位GDP当りエネルギー消費を05年の40%～60%まで削減し、GDP当りのCO₂排出量は50%前後削減するという国の社会経済発展の戦略的目標を定めた。それを実現するために、この数年来、中国では大規模な建築省エネルギー対策が次々採用されている。比較的簡単なものから取り掛かり、後に難しいものに取り組んでいる。具体的に、都市部から農村部、新築から改築、北部から南部へと戦略的に推し進め、中国全体での建築の省エネルギーを推進している⁸⁾。

3.1 建築省エネルギーの体制と政策保障

省エネルギー戦略は中国の持続的発展戦略の基礎であり、中国国家や地方政府では省エネルギー戦略を非常に重視しているものの、経済を優先する姿勢は変わっていないため、省エネルギーの実施も前途多難である。こうした問題に対して、中国政府は90年代に入り、省エネルギーに係わる多くの基準や規範を発行している。以下では、主に建築省エネルギーに関する政策保障体制を検討する⁹⁾。

① 建築省エネルギー法規の完備

中国では、2000年に建設部が発布した「民用建築省エネルギー管理規定」は、建築省エネ

ルギー事業の様々な分野で効力を発揮しているが、建築の省エネルギーは建築材料、エネルギー工業、軽工業、家電などの多くの業種に関連するもので、そこには機能の交差する問題が存在している。ゆえに、協調を図る法律によって、建築省エネルギー事業の展開を標準化することが必要である。近年、中国政府には国家の持続可能な発展を続けるための一つの柱として、建築省エネルギーを位置づけることが提案され、関連事業計画の中に組み込み、併せて、建築省エネルギーに関する研究・対策制定を関連部門に指示した。同時に、「中華人民共和国省エネルギー法」に基づいて、建築の省エネルギー管理条例及び関連法規を制定すること、また各関連部門の責任・義務を調和することを提案した。

② 建築省エネルギー基準の規定

中国では、1990年代後半から、建築省エネルギーに関する国と地方の基準が整備され、また「民間建築省エネルギー設計標準」、「夏熱冬冷地区居住建築省エネルギー設計標準」、「夏熱冬暖地区居住建築省エネルギー設計標準」及び「非住宅系建築省エネルギー設計標準」等、各地域の気候に従う様々な省エネルギー基準が公表されている。こうした設計基準の技術的内容については室内の熱環境と建築省エネルギー設計指標、建築と熱設計の省エネルギー設計、建築物の省エネルギー総合指標、及び暖房、空調と通風による省エネルギー設計等が記されている。

③ 建築省エネルギー設計規範の施行

中国は1980年の建築省エネルギー基準の中で、50%削減の目標を提出した。新築建物は必ず50%の省エネルギー基準を達成すると規定している。また、4つの直轄市と北部厳寒・寒冷地域の新築建物では、65%の省エネルギー効果を達成すると厳しく規制しているが、現実には必ずしも基準通りになっていない。2000～2004年に行われた全国大都市における新築設計図面の審査では、北部厳寒・寒冷地域の90%が建築省エネルギー基準に達しているのに対して、夏熱冬冷地域では20%、夏熱冬暖地域では11%しか達成していなかった。また、実際にその基準に従って施工したケースが少なく、基準を満足したのは北部地域では50%、夏熱冬冷地域では14%となった。従って、建築省エネルギー設計基準を実行するため、政府の関連部門の指導監督をどのように強めていくかが問われている。

3.2 建築省エネルギーの技術手段

建築省エネルギーの主な手段には、供給側エネルギーの生産・搬送過程の効率向上及び建物のユーザー側エネルギー消費の削減が含まれており、特に冷暖房の省エネルギー化に注目している。現在では、中国における建築エネルギー消費の中、冷暖房負荷の割合が最も高く（図4参照）、その省エネルギーポテンシャルも非常に大きい。北京市を例として、延べ床面積当たり暖房のエネルギー消費は気候条件の近い先進国の3倍程度になっていて、石炭ボイラの平均効率60%は世界の先進水準より20%低く、ガスボイラの平均効率80%は世界の先進水準より10%低い。冷暖房の省エネルギー技術は建物仕様の断熱強化、熱源設備効率の向上などを含ん

でいる⁵⁾。

建築仕様の熱性能強化はエネルギー削減の重要な手段である。中国における建築仕様、特に熱性能は気候条件に近い先進国と比べて大きな格差がある。現状を見ると、外壁の熱貫流率は先進国の3～5倍、窓の熱貫流率も2～3倍であり、屋根の熱貫流率は3～6倍にもなる。扉と窓の隙間風は3～6倍、単位面積当りの暖房負荷は先進国の3倍以上である。熱性能の強化及び断熱気密住宅の普及には、安価な省エネルギー材料の開発が求められる。

冷暖房負荷を供給する主な熱源設備として、ルームエアコンは家庭における消費電力量の約4割を占める。最近では、熱交換器や圧縮機等の構成部品のコンパクト化・高効率化などハード面での省エネルギーを追求し、従来のエアコンよりエネルギー消費は20%削減できると予測される。

また、照明は中国の電力使用量の約12%を占めている。省エネルギー光源の利用により、照明用エネルギーの20%～40%が削減できる。1996年から、中国政府が照明電力の節約と環境汚染の減少のための“緑色照明プロジェクト”をスタートさせているが、高効率なLED照明を含めた技術を更に開発・普及する必要がある。

その他、建築省エネルギーを推進するためには、省エネルギー型の設備を導入するだけでなく、建物の構造、設備の運用・管理も含めたライフサイクル省エネルギーを図る必要がある。

本研究では、建築省エネルギーCDM事業を導入するため、様々な省エネルギー技術の中から、高効率エアコンと高効率照明器具二つの技術に絞る。その理由は、建築仕様の熱性能強化などの技術では、ベースラインの特定やGHG削減量の算定はできず、CDMプロジェクトに適応しにくいと考えられるからである。

4. CDMによるGHG削減量の理論計算法

4.1 建築省エネルギー CDM 事業の現状

省エネルギー事業のGHG削減ポテンシャルも既に認められている一方、CDMスキームを利用する省エネルギー技術の導入促進はまだ進んでいないというのが現状である。2009年4月27日時点まで、CDM執行理事会(EB)で登録された1959件のCDMプロジェクトの中、エンドユーザの省エネルギーに関する案件は58件しかない。特に、建築省エネルギーに関する案件は5つしか登録されていない。途上国で大きなポテンシャルを持つ省エネルギー事業は未だCDMとして認められていないのが現状である¹⁰⁾。

中国では、初めて認可したCDMプロジェクトであるモンゴル輝騰錫勒地域25.8MW風力発電CDM案件の施行以来、2009年4月27日時点では、EBに登録されたCDM案件は527件があり、世界全体のプロジェクト登録数の約33%を占める。また、2009年5月26日時点では、中国国家発展改革委員会より正式に認可されたCDM案件は2062件がある。しかし、中

国政府は CDM プロジェクトの重点分野（エネルギー効率改善・新エネルギーと再生可能エネルギーの利用・メタンガスと石炭層ガスの回収と利用）を設定したが、今までの CDM 案件は風力発電、小規模水力発電、及び非優先領域である HFC23 破壊プロジェクトを中心に行っている。これは、同レベルの初期投資額で出来るにも関わらず、代替フロンやメタンガスは温暖化係数が高いことから、CO₂換算すると多く削減できるためである。こうした状況に直面し、建築の省エネルギー対策でコストを削減すると共に、CDM としてクレジットを得られるという一石二鳥のプロジェクトを効果的に推進するため、経済や政策面ではまだ多くの課題が残されている。

省エネルギー CDM 案件導入の一つのバリアでは、適切なベースラインとモニタリング手法の不足である。サプライサイドでは、幾つかのコジェネレーション方法論が承認され、多くの CDM 案件も既に登録されているが、デマンドサイド省エネルギープロジェクトに関する方法論は未だ足りないという現状がある。現在では、利用可能な建築省エネルギーに関する方法論は四つしかない。その中の一つ（AM066）だけは普通規模の方法論であり、他の三つは全て小規模プロジェクトに関する簡易方法論である。簡易な様式と手順、プロジェクト設計書（PDD）、環境影響解析、及び安い登録費を設定しているが、小規模 CDM 案件の準備と実行に関する費用は CO₂ 排出権取引からの収入に大きい割合を占めるため、他のプロジェクトカテゴリで多くの小規模 CDM 案件は登録している一方、省エネルギープロジェクトに関する小規模 CDM 案件は未だ進んでいない現状がある。

特に、規模の小さい企業にとって、資金面の需要が高く、省エネルギープロジェクトに CDM を取り込むことにより、投資コストとリスクが低減でき、魅力的と感じているが、CDM プロジェクトの前段階（案件の発掘や案件評価など）のコストを考えると、ある程度の規模がなければ、実施が難しいと考えられる。一方、規模の大きい発電所や地域熱供給などの案件では、政府系の電力会社よりほぼ独占されているため、規模の小さい企業にとって参入しにくい分野であるが、政府の電力会社にとって、資金面の需要がそれほど大きくないため、CDM に対する魅力をあまり感じないのが現状である。

4.2 建築省エネルギー総合方法論の提案

単体建築物の省エネルギー分野において、中国では市場が大きいが、CDM のようなプロジェクトベースで実施された場合、案件ごとの CO₂ の削減効果が小さく、投資コストが高くなり、実施がかなり難しいとされている。しかし、例えば、ある省エネルギー技術（設備）を導入し、多数の建物群をパッケージに CDM 事業の適用性を検討する余地があると考えられる。以下では、この理念に基づいて、建築省エネルギー CDM 案件に関するベースライン、追加性、モニタリング及びリーケージについて検討を行う。

4.2.1 ベースライン

ベースラインとは、温室効果ガス排出量を測定する基準となる参照シナリオであり、省エネルギー事業が実行されていないエネルギー需給シナリオである。参照シナリオの選択は省エネルギープロジェクトに関わる排出削減量に大きな影響を与える。建築省エネルギーにとって、改築の場合、参照シナリオは取り替えられた既存のエネルギー設備を含めている一方、新築の場合、省エネルギー設備を導入しないと設置しなければならない新しい施設を考慮する。消費された各エネルギー形態の使用量に排出係数を掛け、ベースラインの総排出量は計算できる。

4.2.2 追加性

京都議定書の環境十全性を達成するため、CDM プロジェクトにおいて認証される GHG 排出削減量は、その排出削減プロジェクトを実施しない場合の排出削減量に対して追加的でなければならないと規定されている。そのため、全ての CDM プロジェクトを提案する時、追加性の分析は複雑かつ不可欠なポイントである。現在までに CDM 理事会により承認された建築省エネルギーのベースライン・モニタリング方法論に適用可能な方法論を見ると、追加性の論証方法はいわゆるバリア分析と投資分析の2つの手法が使われている。バリア分析では、BAU ケース (Business As Usual：なりゆきケース) に存在しなく、CDM プロジェクトの導入による特定のバリアを説明しなければならない。経済的意味の追加性とは、BAU ケースに対して提案されたプロジェクトの経済性インディケータ (IRR、NPV など) を評価し、経済性が良くないことを表明する必要がある。こうした分析により、提案するプロジェクトは一般の商業プロジェクトではなく、CDM でなければ実行されなかったという追加性を証明する。

4.2.3 モニタリング

モニタリングでは CDM プロジェクトの実施により確かに温室効果ガスが削減されることを確認する。具体的には、排出削減量の計算に必要なパラメータの選定方法、具体的な測定方法等の技術的な事項と共に、そのモニタリングの質を如何にして確保するか、モニタリングの信頼度を高めるために、どのようなマネジメントシステムを構築するのかといった実施体制に関する事項を含む、現実的なモニタリング計画を策定することが求められる。建築省エネルギーに関して、改築する場合、モニタリングは取り替えた設備の仕様の整備及び省エネルギー施設の導入による省エネルギー量の計算を含める。一方、新築の場合、モニタリングはエネルギー使用量の計量及び省エネルギー量の計算などを考える必要がある。

4.2.4 リークエージ

リークエージとは、プロジェクト設計時に定めたプロジェクトバウンダリーの外部において、予期せぬ温室効果ガスの排出・吸収が生じることを示す。リークエージによる直接または間接的

な排出増加量は、プロジェクトバウンダリー内の排出削減量から差し引く必要がある。省エネルギープロジェクトについて、導入した省エネルギー技術は別の活動から移された機器、又は既存の機器を別の活動に移すなれる場合、リーケージを考える必要がある。

5. 建築省エネルギーにおける CDM 案件導入可能性のケーススタディ

本研究では前述したモデル地域において、適正な省エネルギー技術（高効率エアコンと高効率照明器具 LED）を選択した上、ベースラインとプロジェクトの GHG 排出量から GHG 削減量を算出し、CDM の導入可能性と経済性を分析する。ベースラインバウンダリーとプロジェクトバウンダリーは図6に示す。ベースラインバウンダリーとは、ベースラインシナリオに基づく GHG の排出または吸収が生じる地理的又は物理的境界線である。一方、プロジェクトバウンダリーには、CDM プロジェクトの影響を受けて GHG の排出または吸収が生じる空間的・時間的な範囲を示す。

本研究では、建築総エネルギー需要の中、照明用電力と冷暖房負荷しか考慮しない。中国においては、現状を継続する BAU の下で、建築照明と冷暖房に省エネ機器が今以上普及する状況にはない。この分析ではベースラインとして、今後10年は普通の非省エネ型照明器具とエアコンにより、建築照明と冷暖房負荷を満たし続けられると考えた。

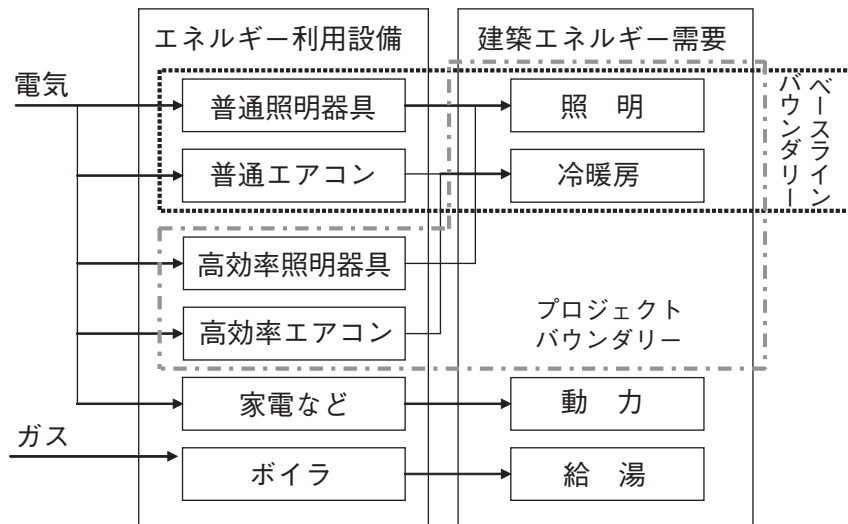


図6 ベースラインとプロジェクトバウンダリー

5.1 建築省エネルギー事業の経済性分析

経済性は CDM 事業の導入を左右する大きな鍵である。図 7 には建築省エネルギーによる CDM 事業の経済性分析のフローを示す。

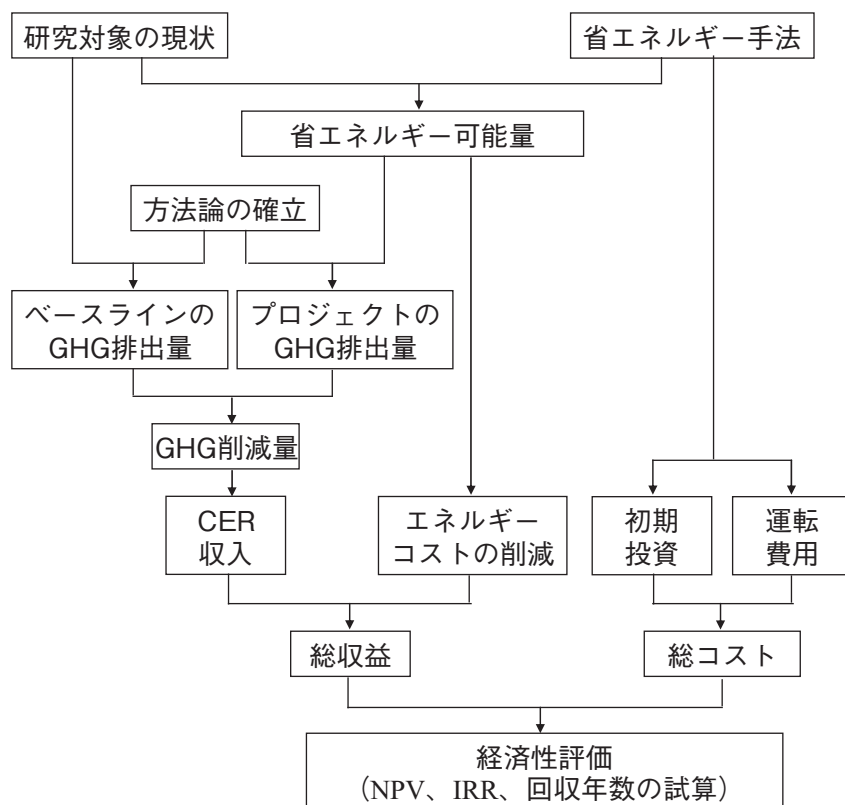


図 7 経済性分析の評価フロー

以下では、モデル地域のエネルギー消費の特徴を考慮した上、高効率エアコンと高効率照明器具 LED を組み合わせて三つのケースを設定し、建築省エネルギー事業の導入に関わるコストと収入を試算し、経済性分析を行う。

ケース 1 では、高効率エアコンを導入し、年間冷暖房負荷を 20% 削減できると仮定する。高効率エアコンでは、熱交換器や、圧縮機（コンプレッサー）等の構成部品のインバータ化・高効率化などハード面での省エネルギー追求をする。今まで、高効率エアコンの CDM 事業に関して、CDM 理事会でまだ有用な方法論が発表されてない。そこで、本研究では、エアコンのエネルギー効率（COP）改善による GHG 排出削減量を概算する。

ケース 2 には、高効率照明器具 LED の導入により、照明用電力消費を 24% 削減できると仮定する。高効率照明器具導入の CDM 事業に関して、CDM 理事会では方法論 AM0046 が発表

されているが、住宅だけに適用する。本研究では、高効率照明器具（LED）は住宅だけではなく、オフィス、商業及び病院にも導入すると仮定する。

ケース3では、前述した二つの省エネルギー技術を全て導入し、建築の電灯負荷と冷暖房負荷を同時に削減できると仮定する。

本研究で検討した各省エネルギー設備及びベースラインのエネルギー利用設備の性能値やコストは文献などに基づいて仮定し、表1に示す。

表1 エネルギー利用設備の性能値とコスト

設備	省エネルギー率	価格 (元/kW)	使用寿命 (年)	導入規模 (MW)
普通照明器具	-	250	2	125
高効率照明器具	24%	1600	10	
普通エアコン	-	1300	10	117
高効率エアコン	20%	2700	10	

その他の計算条件として、CER購入期間は10年、価格は10\$/t-CO₂と仮定している。また、対象地域における電力需要はほとんど地域にある石炭火力発電所から供給されるため、系統電力の使用によって排出されるCO₂の排出原単位は、中国華東電網の平均値（0.94 kg/kWh）を使用する。上記の条件により、各ケースの正味現在価値NPV（ある事業から得られる将来のキャッシュフローを資本コストで割り引いた現在価値から、投資額の現在価値を差し引いた金額で表される）、内部収益率（NPVをゼロとする割引率を指す）、単純投資回収年数を計算した。計算結果は表2にまとめる。その結論は以下のとおりである。

- ① 全てのケースにおいて、CDM事業を実施しない場合（CER収入=0）、省エネルギー事業の内部収益率はマイナスであり、投資回収年数は10年を越え、設備寿命期間（10年）内には回収できず、CDM事業がなければ中国の建築省エネルギーを普及されるのは困難である。
- ② CDM事業の導入により、内部収益率がマイナスからプラスに転じ、投資回収年数を下げることができる。例えば、CDM事業を実施しない場合に比べ、高効率エアコンと高効率照明器具を全て導入する際（ケース3）、内部収益率は-1.2%から2.4%まで上がり、投資回収年数は約2年縮められる。これも経済性の面からCDM事業の追加性を証明する。
- ③ 省エネルギー技術の視点から見ると、高効率照明器具の導入に比べ、高効率エアコンの導入は内部収益率が高く、投資回収年数は短いことが分かった。従って、中国における建築省エネルギー事業を実施する際、省エネルギー技術の優先順位を考える必要もある。
- ④ 全体の面から見ると、CDM事業を導入する際、三つのケースの中、回収年数は少なくとも8.6年がかかるので、中国における建築省エネルギーを普及するためには、政府補助金などの経済手段が不可欠であると思われる。

表2 建築省エネルギー事業の経済性分析

ケース	CDMの有無	CO ₂ 削減量 (トン)	初期投資(万 元)	電気料削減 (万元)	CER収入 (万元)	内部収益率 IRR (%)	単純回収年数 (年)
ケース 1	なし	45891.6	30439.9	2925.8	0.0	-0.7	10.4
	あり		30439.9	2925.8	628.7	2.9	8.6
ケース 2	なし	27049.4	19368.1	1724.5	0.0	-2.6	11.2
	あり		19368.1	1724.5	370.6	1.5	9.2
ケース 3	なし	72941.0	49808.1	4650.4	0.0	-1.2	10.7
	あり		49808.1	4650.4	999.3	2.4	8.8

5.2 建築省エネルギー CDM 事業の経済性に関する感度分析

前述したように、中国の建築省エネルギー事業を実施する際、政府補助金などの経済手段が必要である。ここで、高効率エアコンと高効率照明器具を全て導入するケース（ケース3）を対象とし、CER購入期間及び価格、政府補助金などの影響因子がCDM事業経済性に及ぼす影響について調べるために、いくつかのシナリオを仮定し、分析した結果より、以下のような点（表3参照）が明らかになった。

- ① CDM事業を導入する際、政府補助がない場合、CER価格が20 \$/t-CO₂、CER購入期間が10年でも、内部収益率は2.4%しかなく、投資回収年数は8.8年がかかるため、省エネルギー事業の実施は難しい。
- ② CER価格が20 \$/t-CO₂から40 \$/t-CO₂に増加すると、投資回収年数は約1.3年減少し、内部収益率は数パーセント増加する。クレジット獲得期間を2、3年延ばすと、内部収益率は明らかに増加する。
- ③ 中国における建築省エネルギー事業を普及するには、政府補助金が有効な経済手段である。政府補助金が10%であれば、内部収益率が数パーセント上昇し、回収年数を約1年縮めることもできる。20%の補助金を獲得できれば、内部収益率は約5%向上し、回収年数は約2年短縮できる。
- ④ 追加性の面から見ると、政府補助金が20%であれば、CER収入をもらえなくても、NPVはプラスであり、省エネルギー事業の経済性があるため、CDMの追加性の原則より、こうした事業はCDMに適用しないことが分かった。従って、省エネルギー事業の経済性とCER事業の成立性を両立するため、適正な政府補助金を検討する必要がある。

表3 建築省エネルギー CDM 事業の経済性分析

シナリオ	CER 価格 (\$/t-CO ₂)	クレジット獲得 期間 (年)	正味現在価値 NPV (万元)	内部収益率 IRR (%)	単純回収年数 (年)	
政府補助なし	0	-	-8035.8	-1.2	10.7	
	20	5	-23178.6	-16.3	8.8	
		7	-13243.5	-5.5	8.8	
		10	940.4	2.4	8.8	
	40	5	-18468.5	-12.1	7.5	
		7	-6776.1	-1.7	7.5	
		10	9916.7	5.6	7.5	
	政府補助 10%	0	-	-3055.0	0.7	9.6
		20	5	-18197.8	-13.7	7.9
7			-8262.7	-3.0	7.9	
10			5921.3	4.4	7.9	
40		5	-13487.7	-9.2	6.7	
		7	-1795.3	0.9	6.7	
		10	14897.5	7.9	6.7	
政府補助 20%		0	-	1925.8	2.9	8.6
		20	5	-13217.0	-10.5	7.1
	7		-3281.9	-0.2	7.1	
	10		10902.1	6.9	7.1	
	40	5	-8506.9	-5.7	6.0	
		7	3185.5	4.0	6.0	
10		19878.3	10.6	6.0		

6. 結論

本研究では、中国における建築エネルギー消費の実態を調査し、その特徴及び省エネルギーのポテンシャルが明らかにした。また、建築省エネルギー事業による CDM の現状と問題点を発見し、多数の建物群の省エネルギー事業をパッケージに CDM プロジェクトになるという理念を提案した。ケーススタディとして、浙江省湖州市にあるモデル地域を対象として、建築省エネルギーによる CDM 事業を導入する際の GHG 削減量及び関連するコストと収入を試算し、プロジェクトによる環境性及び経済性について評価を行った。分析結果から見ると、CDM 事業を導入することにより、建築省エネルギー事業の内部収益率は増し、投資回収年数を下げることができるが、中国の建築省エネルギー事業を普及するには、政府補助金などの経済手段も不可欠である。しかし、CDM 事業の追加性を満たすため、適正な経済促進手段を検討する必要がある。

今後の課題として、CDM の国際互惠メリットを更に活かせるため、既に省エネルギーを活

気付けた ESCO を CDM にリンクし、中国などの発展途上国のみならず、先進国の経済性も高められるメカニズムを構築したい。また、ESCO 事業の特性から、建築省エネルギー ESCO 事業の CDM プロジェクト化においては、途上国が単独で省エネルギー投資を行う場合と比較してより厳格に追加性の証明を行うことが可能と考えられる。その他、建築省エネルギーなどの小規模 CDM について、簡易な手続と方法論は既に整備されているが、認証費用や、時間的な遅れに伴うコスト増加など様々な付随的なコストが発生し、それが CDM 事業の採算性に大きな影響を与えるため、理論また数値の面から解明する必要がある。

謝辞

本研究は、環境省地球環境研究総合推進費（Hc-084）の支援により実施された。関係各位に対して謝意を表する。

<参考文献>

- 1) Weijun Gao, Toshiyuki Watanabe, Hiroshi Yoshino, Yutaka Tonooka, The Energy Consumption Trend and its Challenge of Building Sectors in Urban Area of China, 5th International Symposium of Asia Institute of Urban Environment, Toyama, Japan, 2008
- 2) Shaoming Ren, Handing Guo, Zhenyan Guo, Externality Feature Analysis of Building Energy Efficiency Market and Incentive Policies in China, Energy-saving Strategies and Policies, 37 (1), 2009, 75-78
- 3) 周 瑋生、気候変動問題における CDM の制度設計について、立命館大学政策科学、7 (3)、2000
- 4) Gaofeng Sun, Discussion on policy system for promoting energy saving buildings in China, Resources and Industries, 9 (3), 2007, 106-108
- 5) 清華大学建築省エネ研究センター、中国建築省エネ年度発展報告、2008
- 6) 湖州市については <http://www.huzhou.gov.cn/> を参照
- 7) 湖州市統計年鑑（平成 19 年版）、2007
- 8) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、中国における CDM スキームを利用した ESCO 事業、平成 16 年度調査報告、2005
- 9) 阿部 祐介、上海における ESCO 事業の現状及び建築の省エネルギー性に関する調査研究、北九州市立大学卒業論文、2005
- 10) UNFCCC（気候変動に関する国際連合枠組条約）、<http://cdm.unfccc.int/index.html>