

温暖地における住宅の高断熱化と環境負荷低減

LCCO₂ Concerning Thermal Insulation of Housing and Daily Life in Warm Area

井上 隆*

Takashi Inoue

1. はじめに

「温暖地」を本州中部以南とするならば、「温暖地」といっても冬期における室内居住環境の質の確保、快適性の向上という観点から住宅の高断熱化は不可欠である。但し、高断熱化は暖房によるCO₂排出を軽減する一方で、断熱材の製造などに伴うCO₂排出を増加させるため、地球温暖化対策として評価する場合には、両者を勘案した住宅のライフサイクルでの検討が必要となる。ここでは、温暖地において住宅の断熱化を進めることが地球温暖化対策として有効であるか否かをLCCO₂ (Life Cycle CO₂) 評価を用いて検討した結果について述べる。さらに、エネルギー消費のみならず住宅における生活全般からのCO₂排出量の試算を行い、その全体像の把握を試みた。

2. 温暖地の住宅からのCO₂排出量

住宅のエネルギー消費実態調査の結果¹⁾に基づき、地域毎のエネルギー消費量およびエネルギー種別²⁾から、地域毎の単位床面積当たりのCO₂排出量を求めることができる。この値と各地域の住宅延べ床面積³⁾か

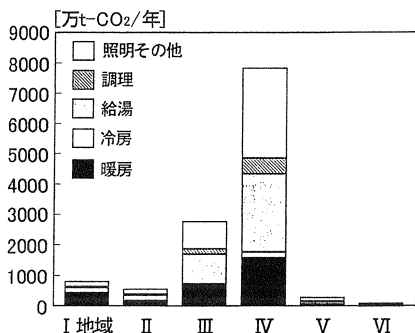


図1 住宅のエネルギー消費に伴うCO₂排出量

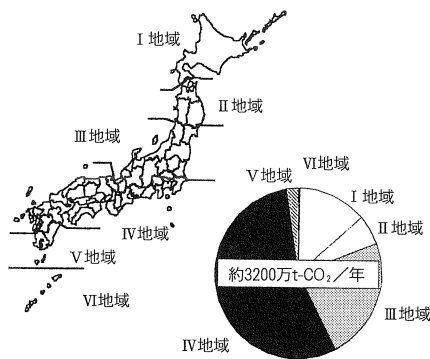


図2 住宅の暖冷房に伴うCO₂排出量

ら、省エネ法のI～VIの地域毎に住宅からのCO₂排出量を算出した結果を、図1に示す。暖房に起因する排出量(図2)は単位床面積当たりでは寒冷地で大きいことは周知のとおりであるが、総量としては人口の集中している温暖地であるIV地域(南関東から九州中部)からの排出量が極めて大きな割合を占めており、これら温暖地の暖房対策が極めて重要であることが分かる。

3. 断熱化のLCCO₂評価

エネルギー消費実態は暖冷房のうち暖房のエネルギー消費が支配的であることから、暖冷房に伴うCO₂排出量の削減対策としてはまず断熱・気密化が講じられる。ここではエネルギー消費実態調査等により実際の消費量との対応が確認されている建築学会標準問題⁴⁾に準じたシミュレーションにより、住宅の断熱化のLCCO₂評価を行う。

対象住宅としては、戸建て住宅は建築学会標準モデル(図3)を用い、熱負荷シミュレーションプログラムは「SMASH」(建設省建築研究所, IBEC)を用いた。暖冷房スケジュール、各室の使用状況等も学会標準モデルに準じた。

住宅をより断熱・気密化することで、暖房に伴うCO₂排出量は削減できる一方で、断熱材、窓の複層化

* 東京理科大学理工学部建築学科助教授
〒278-8510 千葉県野田市山崎2641

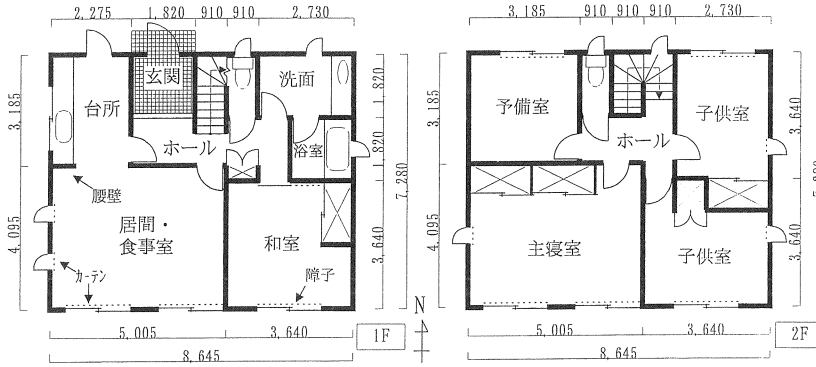


図3 建築学会標準問題モデル住宅

表1 断熱・換気に関する計算条件

地域区別	断熱レベル ¹⁾	グラスウール10K(mm)				開口部 ²⁾	換気 ³⁾
		天井	外壁	板床	畳床		
IV地域	旧基準	45	30	25	0	単板	1.5
	新基準	100	70	50	30	単板	1.0
	次世代	210	115	115	90	複層	0.5

* 1 次世代基準は案 * 2 サッシは全てアルミ
* 3 換気回数 (回/h)

のためのガラス、サッシ断面の増大に伴うアルミなどの製造に伴う建設時CO₂排出量は増加することになる。これを住宅のライフサイクルでみた場合に、高断熱化がCO₂排出削減対策として有効であるか否かについてLCCO₂評価を行った。ここでは、表1に示すように、東京・名古屋・大阪・福岡等を含むIV地域を対象に省エネ法の旧基準（'80年）、新基準（'92年）、さらには次世代基準（'99年）まで高断熱化を推進することのLCCO₂評価を行った^{*)}。

3.1 断熱化による建設時CO₂排出の増加量

断熱する壁・床・天井等の部位面積と各部位の断熱材厚から断熱化に要する断熱材重量が得られる。同様に窓面積、ガラス厚および枚数（複層ガラスでは2枚）を乗じることでガラス重量が求まる。さらにサッシはガラスを複層化する場合、より断面の大きなサッシが必要となりアルミの使用量も増加する。気密シートも必要面積から求める。これら断熱材・ガラス・アルミ・シートの増加量と各々の材料のCO₂排出原単位の積和として、断熱化による建設時CO₂排出量の増分を求めた。ここで、CO₂排出原単位は、建築学会より公表さ

注1) 断熱材については、製造・廃棄時にHFC、HCFC等を放出することのない素材（グラスウール）を対象とした。製造時に用いられるこれら発泡剤の温暖化影響は極めて大きく⁸⁾、環境意識の高い先行諸国のように地球環境負荷の小さな発泡剤への早期移行が望まれる。

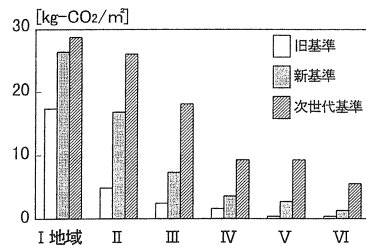


図4 断熱・気密化による建設時のCO₂排出量増分

れている1990年の産業連関表¹⁰⁾による値を用いた。以上の手順で求めた断熱化による建設時のCO₂排出量増分算出結果を図4に示す。

3.2 断熱化による暖冷房時CO₂排出の削減量

前述の実態のエネルギー消費量との対応が確かめられている熱負荷シミュレーションにより、住宅の暖冷房負荷を地域毎に計算する。この暖冷房負荷に地域毎の暖房エネルギー種別から得られるCO₂排出原単位を乗じることで暖冷房によるCO₂排出量が求まる（図5）。

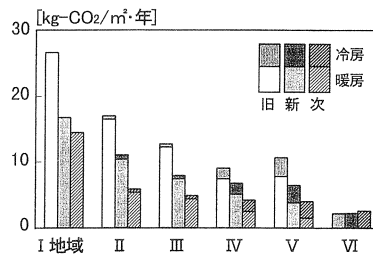


図5 暖冷房時のCO₂排出量

3.3 地球温暖化対策としての有効性

前項までの情報に基づき、断熱化による建設時CO₂排出量の増分が、暖冷房時CO₂排出量の削減によって何年程度で回収できるかについて検討を行った（図6、

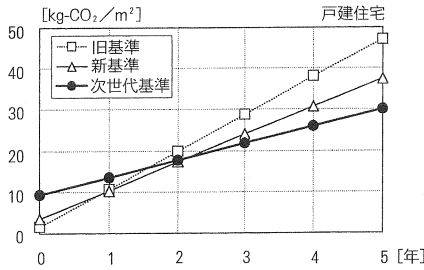


図6 暖冷房に伴うCO₂排出量累積値（5年，IV地域）

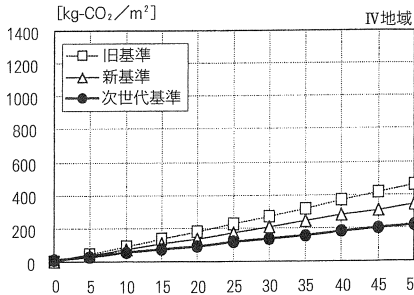


図7 暖冷房に伴うCO₂排出量累積値（50年，戸建住宅）

7). ここでは無断熱（断熱材厚 0 mm および単板ガラス窓）を比較対象とし、各断熱水準ごとに断熱化による建設時のCO₂排出量増分をそれぞれ初期値とし、その後毎年暖冷房に伴い発生するCO₂排出量を累積させている。住宅の断熱化の水準を上げるに伴うCO₂排出量の増分は、極めて早い段階（概ね2～3年程度）で回収可能であることがわかる。さらに、住宅のライフサイクル程度の長期間にわたるCO₂排出量の累積値を求めた結果、図7に示すように、建設時CO₂排出増加量は早期に回収され、その後は着実に削減効果が現れてライフサイクル程度の期間では、ほぼ図5

に示す暖冷房負荷の削減率同様の削減効果が期待できる。

以上のことから、温暖地における住宅の高断熱化は地球温暖化対策としても極めて有効であることが示された。

4. 住宅・生活全般のLCCO₂

前項までは、住宅の省エネルギー対策としてまず話題になる断熱について検討したが、図1にもあるように、温暖地では暖房に関するエネルギー消費は住宅で消費されるエネルギー全体のうち2割程度に過ぎない。給湯や、照明その他の割合の方が大きく、省エネルギーを推進する上でこれらエネルギー消費全体を見据えたバランスのとれた対策が必要である。このことは、東京近郊の高断熱住宅（次世代基準程度）と同規模の一般住宅（旧基準程度）を対象として行ったエネルギー消費実態調査⁹⁾の結果（図8）からも明らかである。断熱水準の差より、個々の住宅の差の方が圧倒的に大きい様子が伺える。高断熱化された住宅が必ずしもエネルギー消費量が小さいとは限らず、逆に冷房負荷増大の懸念も認められた。断熱化のみでは、中間期・夏期対策として不十分であり、効果的な日射遮蔽、通風の確保に留意し、冷房負荷の増大を招くことのないよう注意することも重要である。

さらには、住宅における直接エネルギー消費を伴わない行為も元を辿れば何らかの環境負荷を発生させている。生活全般の環境負荷を把握するため、エネルギー消費に加え、上下水道の利用、食料・飲料・家具・衣服・家電製品・新聞・書籍などの家計購入、エアコン・冷蔵庫のHCFC、ゴミ、さらには自家用車の影響など生活に係わるCO₂排出量の算出を試みた。世帯当りの各項目毎の年間消費量を家計調査年報より求め、こ

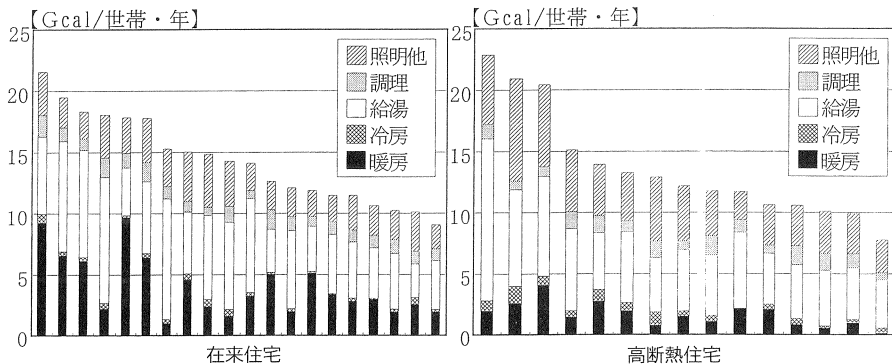


図8 東京近郊の在来・高断熱住宅のエネルギー消費実態調査結果

表2 計算対象項目の分類

分類	項目(一部)	項目数
住宅の維持・修繕	外壁・塀等工事費、設備器具、給排水関係工事費、修繕材料、植木・庭手入れ代、置換え、その他工事費	7
電力	電気代	1
ガス	都市ガス、プロパンガス、カートリッジ式ガスボンベ	3
灯油	灯油	1
上水・下水	上下水道料	1
食料・飲料	米類、パン、めん類、小麦粉、生鮮魚介、牛肉、豚肉、加工肉、牛乳、卵、乳製品、かぼちゃ、タマネギ、ワカメ、昆布、大豆加工品、りんご、レモン、バナナ、食用油、食塩、砂糖、醤油、弁当類、冷凍調理食品、ジュース、ビール、ウイスキーなど	144
家具・被服等耐久財	洋服、運動用具類、履物類、家事雑貨、下着類、婦人用セーター、装身具、かばん類、眼鏡、和服、ブラウス、応接セット、食器戸棚、掛・置時計、室内装飾品、ベッド、茶わん、皿、スプーン、ピアノなど	64
家電製品	パソコン・ワープロ、電気冷蔵庫、テレビ、エアコンディショナ、炊事用電気器具、照明器具、電気洗濯機、ストーブ・温風ヒーターなど	25
新聞・書籍	新聞、雑誌、雑誌・週刊誌、他の印刷物	4
その他家計購入	運送費、電話通信用料、園芸品・同様品、家事用消耗品、切り花、洗濯代など	52
自動車購入	自動車購入・整備費、部品、関連用品、自動車以外の輸送機器購入・整備	6
ガソリン	ガソリン	1
その他	エアコン・冷蔵庫の冷媒(HFC-134a、HCFC-22) 一世代当たりの保有台数 ⁵⁾ と、冷媒の内蔵量(メーカーに対するヒアリング調査結果)およびGWP値より算出	
家庭内ごみ	東京都清掃局調査 ⁶⁾ によるごみ量とCO ₂ 排出原単位より算出	

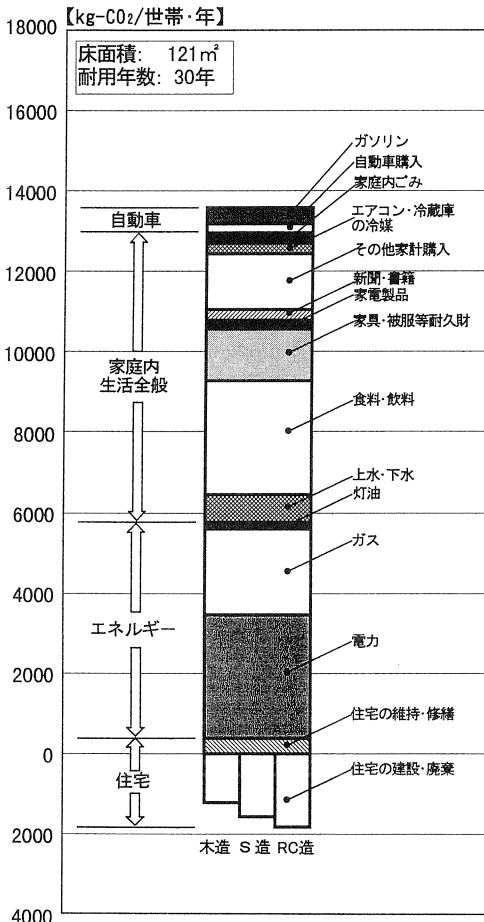


図9 一世代当たりの年間CO₂排出量(東京都区内)

れに産業連関表によるCO₂排出原単位を乗じて計算した結果の一例(東京都区内)を図9に示す。住宅本体に係わるCO₂排出量との比較を行うために、下部には、住宅の建設・廃棄に起因する排出量を併せて示す。これによると、住宅本体の割合は維持管理等を含めても比較的小さいこと、暖冷房がその一部(2割程度)を構成するエネルギー消費全体でも住宅・生活全般のうちの半分にも満たないこと、食料等に関する割合が大きいことなどが分かる。なにより、暖冷房のみならず、生活全般の見直しが不可欠であることが明確に読み取れる。また、ゴミ・下水の比率が小さく表われているが、これは、算定の根拠が産業連関表であることによるところが大きいと思われる。即ち、焼却や埋立てなど現行のゴミ処理を前提とした値であり、環境に及ぼすインパクトを許容できる水準まで処理することを前提とするならば、これらの影響分は大幅に増大するものと予想され、十分な注意が必要である。

5. まとめ

温暖地における住宅の断熱化を、地球温暖化対策としての観点からLCCO₂で評価した結果、断熱化にともなう建設時CO₂排出量の増分は、暖冷房時CO₂排出量の削減によって住宅のライフサイクルのうちの早い段階で回収でき、CO₂排出削減方策として極めて有効であることを示した。居住水準の向上とともにますます増大することが懸念されるCO₂排出を抑制・削減し、

かつエネルギー資源を効率的に使用しつつ室内環境をより快適にするためにも、断熱化は積極的に推進されるべきである。但し、暖房においても、ハードのみでの問題解決は不可能でソフト・住まい方の影響が大きいことは一般論どおりである。次世代省エネ基準レベルの断熱性を確保しても、部分・間欠暖房ではなく、全室暖房、または全室・連続暖房とするならば、CO₂排出量は旧基準並に、あるいはそれ以上に増大する結果となり注意を要する⁸⁾。

さらにここでは、暖冷房を含めたエネルギー消費のみならず、住宅および住宅内の個々の活動が環境にかけている負荷全体の構造把握を試みた。ライフスタイルおよび環境意識の見直しが前提となることに異論はないが、このような情報が整備され、各自が個々の行為の環境負荷を自覚できるようになってはじめて、有効な環境負荷削減行動が期待できるようになると考えられる。

参考文献

- 1) 中野・井上ほか：住宅の暖冷房エネルギー消費実態と熱負荷シミュレーション結果との関係 日本建築学会関東支部1995年8月
- 2) 家庭用エネルギー統計年報：住環境計画研究所
- 3) 昭和63年度住宅統計調査報告 都道府県編：総務庁統計局1990年2月
- 4) 宇田川：標準問題の提案 日本建築学会第15回熱シンポジウム伝熱解析の現状と課題
- 5) 地球環境保全のための都市・建築の計画手法に関する総合的研究 (財)日本建築学会地球環境建築特別研究委員会1995年12月
- 6) 澤地・吉野・井上ほか：用途別エネルギー消費原単位の算出と推定式の作成 日本建築学会 計画系論文集1994年8月
- 7) 小楠・井上ほか：地球温暖化対策としての住宅の省エネルギー手法の評価 その1～その4 日本建築学会大会1995年8月～96年9月
- 8) 菅原・大竹・井上ほか：地球温暖化対策としての住宅の省エネルギー手法の評価 その5 暖房の行い方・材料の影響 日本建築学会大会1997年9月 P843-844
- 9) 菅原・大竹・井上・北村：地球温暖化対策としての住宅の省エネルギー手法の評価 その6～その7 日本建築学会大会1998年9月～99年9月
- 10) 日本建築学会地球環境委員会LCA指針策定小委員会：建築物のLCA指針(案)～地球温暖化防止のためのLCCO₂を中心として～、1998年11月
- 11) 東京都清掃局：排出源等ごみ量性状調査、1997年3月
- 12) 北村、井上他：全国5都市における高断熱住宅の居住性等に関する実態調査その1～2 日本建築学会大会1998年
- 13) 近田、井上他：住宅及び生活全般に係わるCO₂排出量の把握 日本建築学会 関東支部研究報告書 1998年
- 14) 近田、井上他：生活行為を含めた住宅のライフサイクルCO₂の把握その1～2 住宅・生活全般に係わるCO₂排出量の試算 日本建築学会大会1999年9月
- 15) 近田、井上他：Life-cycle CO₂ emission concerning housing and daily life Proceedings of Building Simulation '99, Vol.2, P1019-1026

協賛行事ごあんない

「第17回太陽光発電システムシンポジウム」について

〔開催期日〕平成12年6月14日(水)～16日(金)
 〔会 場〕 発明会館ホール(港区虎ノ門2-9-14)
 〔参加予定〕 1日当たり275人(招待者を含む)
 〔参加費〕 太陽光発電懇話会会員 35,000円
 官公庁及び学校法人等
 の教育、研究機関 20,000円
 上記以外 40,000円

(以上テキスト代含む)

〔主なセッション〕

太陽光発電の普及促進策と技術開発、普及促進策とその展開、太陽光発電の開発状況 等

* 問い合わせ先

太陽光発電懇話会

〒105-0004 東京都港区新橋4-29-6 寺田ビル3階

Tel 03-5459-6351, Fax 03-3459-6595