

技 報

# こまくさ

K O M A K U S A 発行：平成21年9月

第八号

在来工法による木造戸建住宅の環境負荷に関する研究  
—— 建築学科 高村 秀紀



(財) 信州大学工学部 若里会

## 目 次

技報「こまくさ」第8号の発刊にあたって	1
在来工法による木造戸建住宅の環境負荷に関する研究	2
	建築学科 高村 秀紀
研究助成受領者名簿	

## 信州大学工学部 60周年記念を迎えて

信州大学名誉教授  
(財)信州大学工学部若里会  
副理事長 神田 鷹久

信州大学工学部は、昭和18年に長野高等工業学校を前身とし、昭和19年長野工業専門学校を母体に、戦後の学制改革による学校教育法に基づき昭和24年5月に信州大学工学部となり本年、創設60周年を迎えることとなりました。

60周年記念事業の一つとして、産学連携研究施設を建設することを決定いたしました。これは地域産業振興とそれに携わる人材育成と母校支援をめざし「信州科学技術総合振興センター(Shinshu Advanced Science and Technology; SASTec)として母校施設内に建設し主事業を推進していくものです。当初は事業主体が(財)若里会でしたが、その後施設を効果的に運営し、教育、研究の双方を鑑みて大学が主体となり現在建築工事が進められております。SASTecは3階建て、総床面積2320㎡、総工費約6億円の大きな建物です。費用の3億円は経済産業省の補助があり残り3億円は同窓生、後援会、企業、教職員および自治体等からの募金を主としております。本事業は(財)若里会の全面的な協力のもと60周年を機に、信州大学工学部が産官学の連携をより強力に進め、地域発イノベーションによる新事業、新産業の創出に向け発展することを目標としています。

平成21年度(財)若里会発行の技術情報紙「こまくさ」8号をお届け致しました。ご高覧いただければ幸いに存じます。技報「こまくさ」は創刊にあたって、柳沢理事長が述べておりますが、工学を基盤とした公益性と社会寄与目的としています。60周年記念事業の一つとしてのSASTecの建設が信州大学のさらなる発展となり、そして同窓生および学生が

研究の夢を語り、それを実現す“場”として、また同時に研究成果・技術を社会に発信する“場”として活用、利用される大きな礎となることを確信して「こまくさ」8号の発刊の言葉と致します。

# 在来工法による木造戸建住宅の環境負荷に関する研究

高村 秀紀, 浅野 良晴

信州大学工学部建築学科

The 2008 World Sustainable Building Conference

2008年9月20日～9月26日

オーストラリア メルボルン

## 要旨

住宅の建設及び住宅の運用によるCO<sub>2</sub>排出量は日本国内における全CO<sub>2</sub>排出量の約18%を占めている。住宅に関連するCO<sub>2</sub>排出量の削減対策を講ずるためには住宅の環境負荷を正確に把握しなければならない。著者らはまず住宅建設時に蓄積される建築資材（以下蓄積資材）と端材や梱包材などの副産物の重量の実測調査を行った。次に居住者の生活スケジュールと運用時のエネルギー消費量の調査を行った。結果次のことが分かった。1)蓄積資材重量の延床面積あたりの重量は $1.03 \times 10^3 \text{kg/m}^2$ であり、副産物の延床面積あたりの重量は $12.9 \text{kg kg/m}^2$ であった。2)蓄積資材による延床面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量は $0.319 \times 10^3 \text{kg-CO}_2/\text{m}^2$ 、副産物による延床面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量は $13.1 \text{kg-CO}_2/\text{m}^2$ であった。3)対象住宅の1年間の電力エネルギー消費量は1年目が $30.6 \text{GJ/年}$ であり、2年目が $28.6 \text{GJ/年}$ であった。4)実測調査に基づく対象住宅の建設及び入居後2年間のCO<sub>2</sub>排出量が $389.07 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$ であった。

## 1. はじめに

住宅建設及び住宅の運用によるCO<sub>2</sub>排出量は日本国内における全CO<sub>2</sub>排出量の約18%を占めている。住宅に関連するCO<sub>2</sub>排出量の削減対策を講ずるためには住宅の環境負荷を正確に把握しなければならない。

近年の住宅は高断熱・高气密化など高性能化が著しく、昔の住宅に比べて住宅を構成する建築材料が大きく変化し、製造過程や廃棄時に地球環境への影響が大きい工業化製品が多用されている。こうした工業化製品を多用した住宅の建設時における環境負荷を把握することは住宅建設における地球環境へのインパクトを明らかにする為に重要である。そこで、著者らは住宅建設時の環境負荷を明らかにするために蓄積資材と副産物の重量を計測した。

日本国内における既往の研究では住宅建設時の環境負荷算出にあたり、算出根拠となる建材の重量を設計図書から算出している。この場合、副産物のうち梱包材の重量を算出することが困難であると考えられる。また、図面と見積書からの算出値と実測値には差があると考えられる。著者らは、正確に計測した建材及び副産物重量から建設時のCO<sub>2</sub>排出量を明らかにすることができた。

一方、建設時のみならず運用時のエネルギー消費によるCO<sub>2</sub>排出量に着目することも大

切である。そこで建材の重量を計測した住宅に対して、電力消費量と水道消費量を計測した。対象住宅の給湯システムはエコキュートで調理器具は IH、暖冷房はエアコンを使用している。そして、住宅運用時における CO<sub>2</sub> 排出量を実測したエネルギー消費量から明らかにすることができた。

さらに、住宅建設時における CO<sub>2</sub> 排出量削減方法の検討を行った。そのために、住宅建設時に使用する建築資材を製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が少ない建材に置き換え、住宅建設時の CO<sub>2</sub> 排出量削減可能量を算出した。

## 2. 対象建物概要

実測対象建物の建設地は長野県長野市である。1階部分を RC 造とし、2・3階部分を在来木造軸組工法とする 3 階建であり、延床面積は 162.0m<sup>2</sup> である。対象建物の熱損失係数は 2.36W/m<sup>2</sup>・K、相当隙間面積は 1.73cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> であり長野市が該当する次世代省エネルギー基準における III 地区の熱損失係数と相当隙間面積の基準を満たしていることから、高断熱・高气密住宅と言える。断熱材は天井に厚さ 100mm のグラスウール(10kg/m<sup>3</sup>)を 2 層に充填し、壁に厚さ 100mm のグラスウール(16kg/m<sup>3</sup>)を充填し、床に厚さ 80mm のグラスウール(32kg/m<sup>3</sup>)を充填している。開口部にはプラスチック金属複合サッシとペアガラスを使用している。暖房機としてエアコンを洋室とリビングに設置し、さらにリビングには PTC 電気床暖房が設置されている。給湯には自然冷媒ヒートポンプ式電気給湯機を設置している。外壁材は厚さ 13mm のサイディング(繊維混入セメント押出成型板)、屋根材は厚さ 0.4mm のガルバリウム鋼板、内装材は壁がクロス(塩化ビニル製)で床は厚さ 12mm の複合フローリングである。2 階平面図を図 1 に、3 階平面図を図 2 に示す。また、南面立面図を図 3 に示す。

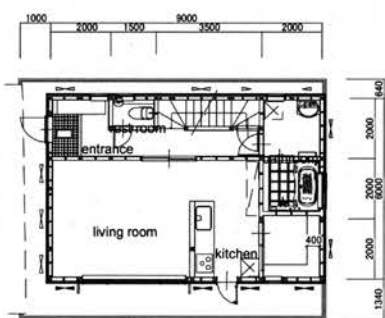


図 1 2 階平面図

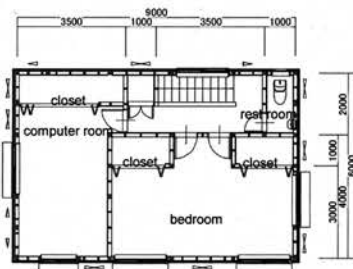


図 2 3 階平面図



図 3 南面立面図

## 3. 入居者属性および設備概要

入居者は 30 代前後の夫婦と 5 歳未満の子供 2 人の 4 人家族である。職業は会社員と専業主婦である。暖冷房設備として、洋室とリビングにエアコン(定格能力は暖房が 3.2kW で冷房が 2.8kW、定格消費電力は暖房が 585W で冷房が 645W)が設置されている。さらにリビングには PTC 電気床暖房(消費電力 2,070W)が設置されている。2 階 PC 室ではハ

ロゲンヒーター（消費電力 800W）を使用している。なお、リビングにおいて 2006 年 12 月から PTC 電気床暖房の代わりにホットカーペット（消費電力 606W）を使用している。換気システムはパイプファンによる第三種換気システム（消費電力 5.7W）が設置されている。給湯は自然冷媒ヒートポンプ式電気給湯機（定格消費電力 1,300W）を使用している。調理器具は IH クッキングヒーター（消費電力 4,000W）を使用している。また、食器洗い乾燥機（消費電力 900W）を使用している。その他、主な家電製品として冷蔵庫（消費電力 186W）、洗濯機（消費電力 150W、1,270W（乾燥時））などを使用している。

## 4. 建築資材と副産物の重量調査

### 4.1 実測調査概要

調査期間中、建設現場にて蓄積資材や副産物の材種と重量を計測した。蓄積資材については建設現場に納入される都度、計測者が台ばかりを用いて計測した。なお、コンクリートは LCA データベース記載の密度を使用し、木材は書籍掲載の密度を使用して体積から重量を換算した。鉄筋は JIS 記載の単位長さあたりの重量を使用して長さから重量を換算した。一部設備機器（給湯機のヒートポンプユニットと貯湯タンクユニット、エアコンの室内機と屋外機）についてはメーカー公表値を用いた。材種については建築資材に明記されている場合はそれを記録し、明記されていない場合は型番等を記録し、メーカーのホームページやカタログ等で確認した。副産物については所定の場所に保管し、ある程度まとまった段階で計測者が材種を確認し、材種毎に重量を計測した。

### 4.2 実測調査結果

建築資材の材種別重量の実測結果を図 4 に示す。なお材種は、木材、金属類、プラスチック類、土石類、紙類、ガラス類、化学製品、ゴム、布・糸、配線ケーブル、複合材の 11 種に区分した。蓄積資材の総重量は  $166 \times 10^3 \text{kg}$  であった。重量が多い上位 3 材種は土石類、木材、金属類であった。すなわち、土石類が 89.7% ( $149 \times 10^3 \text{kg}$ )、木材が 6.0% ( $9.95 \times 10^3 \text{kg}$ )、金属類が 3.1% ( $5.08 \times 10^3 \text{kg}$ ) であった。1 階が RC 造の為コンクリートの使用量が多く、土石類の重量の総重量に占める割合が非常に大きくなった。

各材種の主な資材は、次の通りである。

①木材：集成材、製材、合板、床材、木製建具（戸、扉）、木製家具・装備品（玄関収納等）、造作材（窓枠等）等。②金属類：鉄筋、構造用金物、釘、ガルバリウム鋼板、アンカーボルト、雪止め金具、フラワーボックス、雨樋等。③プラスチック類：クロス、気密シート、塩ビ管、基礎パッキン、フレキシブルホース、ポリブデン管、浴槽、防湿シート等。④土石類：コンクリート、碎石、石膏ボード、サイディング、ケイ酸カルシウム板、セメント、タイル、衛生陶器、アスファルトフェルト等。⑤紙類：屋根下地材の繊維板。⑥ガラス類：窓ガラス、グラスウール、鏡。⑦化学製品：接着剤、塗料、剥離剤、防腐・防蟻剤、ワックス。⑧ゴム：現場発泡ウレタン、シーリング剤、ゴム。⑨布・糸：カーテン。⑩配線ケーブル：電気配線、凍結防止ヒーター、警報用ケーブル、テレビ配線等。⑪複合材：

家電製品（エアコン、自然冷媒ヒートポンプ式給湯機、換気システム（屋外フードその他を含む）、IH、照明機器、テレビアンテナ、分配器、ブースタ等）、シャワーヘッド、洗面化粧台、コンセント等。

副産物の材種別重量の実測結果を図5に示す。副産物の総重量は2,090kgであった。重量が多い上位3材種は土石類、木材、紙類であった。すなわち、土石類が41.2%（859kg）、木材が34.4%（718kg）、紙類が12.9%（268kg）であった。

表1に副産物重量について端材と梱包材が主となる端材以外に分類した内訳を示す。全てが端材となるのは土石類とガラス類、配線ケーブルであり、端材が主となるのは木材であった。全てが端材以外となるのは布・糸であり、端材以外が主となるのは紙類と化学製品であった。各材種の主な資材は、次の通りである。なお、剥離材は再利用される合板に噴霧する為、副産物として計上した。各材種の主な資材は次の通りである。

①木材：製材、合板、床材の端材等。②金属類：ガルバリウム鋼板の端材、型枠に使用した釘、ばんせん等。③プラスチック類：梱包材のPPバンド、緩衝材、壁紙や塩ビ管の端材等。④土石類：石膏ボード、外装材の端材等。⑤紙類：ダンボール、気密シートの芯等。⑥ガラス類：グラスウールの端材等。⑦化学製品：剥離材等。⑧配線ケーブル：電気配線の端材等。⑨複合材：ユニットバスの端材、接着剤やシーリング材の容器等。

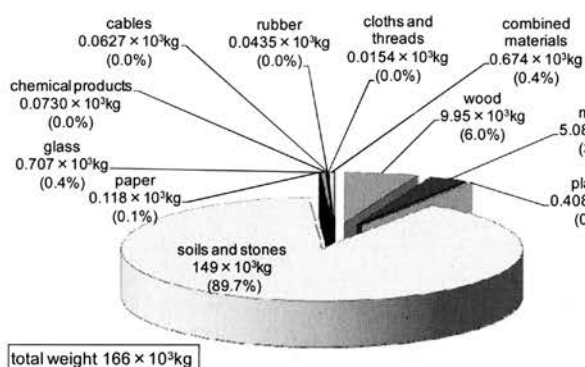


図4 蓄積資材の材種別重量の実測結果

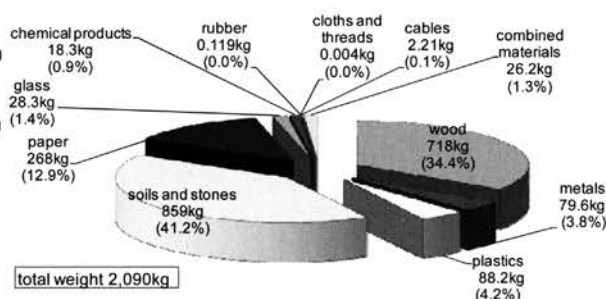


図5 副産物の材種別重量の実測結果

表1 副産物重量の内訳

Materials	Weight of mill ends(kg)	Weight of construction waste excluding for mill ends(kg)
wood	704	14.2
metals	56.9	22.7
plastics	42.7	45.5
soils and stones	859	-
paper	1.40	267
glass	28.3	-
chemical products	0.794	17.5
rubber	0.053	0.066
cloths and threads	-	0.004
cables	2.21	-
combined materials	12.4	13.8
<b>total</b>	<b>1,708</b>	<b>381</b>

## 5. CO<sub>2</sub> 排出量

### 5.1 CO<sub>2</sub> 排出量の算出方法

各資材の重量に 2006 年日本建築学会公表の CO<sub>2</sub> 排出原単位を乗じて資材の生産から流通段階までの CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。なお、CO<sub>2</sub> 排出原単位の名称が合致しない資材については、その内容に最もふさわしい資材の CO<sub>2</sub> 排出原単位とした。

### 5.2 蓄積資材と副産物の CO<sub>2</sub> 排出量

蓄積資材の材種別 CO<sub>2</sub> 排出量の算出値を図 6 に示す。蓄積資材重量  $166 \times 10^3 \text{kg}$  に対する CO<sub>2</sub> 排出量は  $51.7 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  であった。なお、密度などを用いず、実測調査により明らかにした資材重量を基に求めた CO<sub>2</sub> 排出量は  $19.7 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  となり、CO<sub>2</sub> 排出量の総重量に占める割合は 38.1% となった。CO<sub>2</sub> 排出量が多い上位 3 材種は土石類、金属類、木材であった。すなわち土石類が 60.8% ( $31.4 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$ )、金属類が 12.4% ( $6.42 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$ )、木材が 12.4% ( $6.42 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$ ) であった。

図 7 に副産物の材種別 CO<sub>2</sub> 排出量の算出値を示す。副産物重量 2,090kg に対する CO<sub>2</sub> 排出量は 2,120kg-CO<sub>2</sub> であった。CO<sub>2</sub> 排出量が多い上位 3 材種は土石類、木材、紙類であった。すなわち、土石類が 26.5% (562 kg-CO<sub>2</sub>)、木材が 25.0% (529kg-CO<sub>2</sub>)、紙類が 24.7% (523kg-CO<sub>2</sub>) であった。

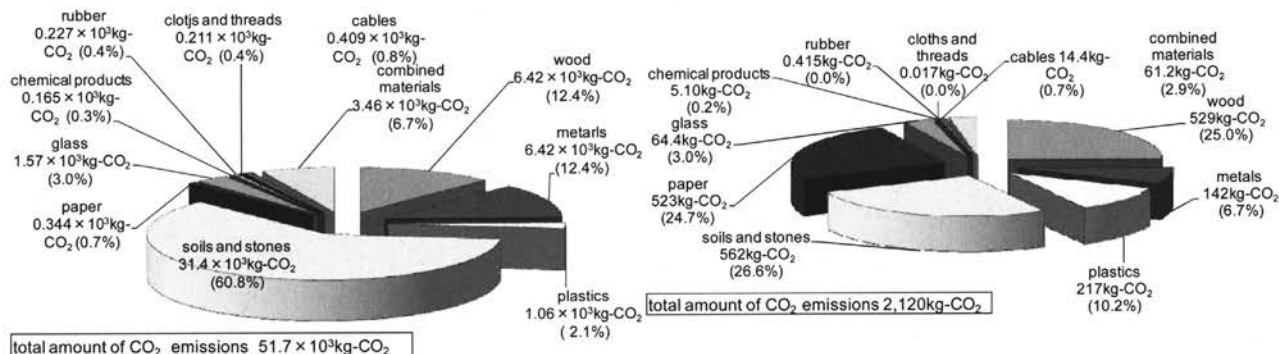


図 6 蓄積資材の材種別 CO<sub>2</sub> 排出量

図 7 副産物の材種別 CO<sub>2</sub> 排出量

## 6. 環境負荷指標の検討

本論文では蓄積資材と副産物の床面積あたりの重量と蓄積資材と副産物による床面積あたりの CO<sub>2</sub> 排出量の値を高断熱・高气密住宅の環境負荷評価指標として整理した。なお、調査対象物件の 1 階が RC 造であり、コンクリートの使用量が通常の在来木造軸組工法よりも多いため、土台上部の工事に相当する木工事以後の全工事における 2・3 階床面積 (108.0m<sup>2</sup>) あたりの値も算出した。

蓄積資材の床面積あたりの重量と床面積あたりの CO<sub>2</sub> 排出量を表 2 に示す。全工事の延床面積あたりの蓄積資材重量は  $1.03 \times 10^3 \text{kg/m}^2$  であり、蓄積資材による CO<sub>2</sub> 排出量は



0.319×10<sup>3</sup>kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>であった。一方、木工事以後の全工事における2・3階床面積あたりの蓄積資材重量は0.228×10<sup>3</sup>kg/m<sup>2</sup>であり、蓄積資材によるCO<sub>2</sub>排出量は0.225×10<sup>3</sup>kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>であった。

副産物の床面積あたりの重量と床面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量を表3に示す。全工事における延床面積あたりの副産物重量は12.9kg/m<sup>2</sup>となり、副産物によるCO<sub>2</sub>排出量は13.1kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>であった。また、木工事以降の全工事における2・3階床面積あたりの副産物重量は16.9kg/m<sup>2</sup>となり、副産物によるCO<sub>2</sub>排出量は17.0kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>であった。

表2 蓄積資材の床面積あたりの重量と床面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量

Materials	Weight of construction materials		Amount of CO <sub>2</sub> emissions	
	weight per floor(kg/m <sup>2</sup> )	weight per second and third floor(kg/m <sup>2</sup> )	amount of CO <sub>2</sub> emissions per floor(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	amount of CO <sub>2</sub> emissions per second and third floor(kg/m <sup>2</sup> )
wood	61.43	92.10	39.61	59.41
metals	31.35	10.17	39.63	23.75
plastics	2.52	3.48	6.57	9.15
soils and stones	921.49	106.27	193.96	73.14
paper	0.73	1.09	2.12	3.19
glass	4.37	6.55	9.68	14.52
chemical products	0.45	0.68	1.02	1.53
rubber	0.27	0.40	1.40	2.10
cloths and threads	0.10	0.14	1.30	1.95
cables	0.39	0.58	2.53	3.79
combined materials	4.16	6.24	21.38	32.07
total	1,027.24	227.70	319.21	224.59

表3 副産物の床面積あたりの重量と床面積あたりのCO<sub>2</sub>排出量

Materials	Weight of construction materials		Amount of CO <sub>2</sub> emissions	
	weight per floor(kg/m <sup>2</sup> )	weight per second and third floor(kg/m <sup>2</sup> )	amount of CO <sub>2</sub> emissions per floor(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	amount of CO <sub>2</sub> emissions per second and third floor(kg/m <sup>2</sup> )
wood	4.43	5.02	3.27	3.31
metals	0.49	0.55	0.87	0.68
plastics	0.54	0.75	1.34	1.81
soils and stones	5.31	7.55	3.47	5.12
paper	1.66	2.45	3.23	4.75
glass	0.17	0.26	0.40	0.60
chemical products	0.11	0.01	0.03	0.02
rubbers	0.00	0.00	0.00	0.00
cloths and threads	0.00	-	0.00	-
cables	0.01	0.02	0.09	0.13
combined materials	0.16	0.24	0.38	0.57
total	12.89	16.85	13.08	16.99

## 7. 生活スケジュール調査

エネルギー消費量に密接に関係する居住者の生活スケジュールを明らかにするために生活スケジュールのアンケート調査を実施した。アンケート調査の対象者は両親のみとし、子供は5歳未満のため調査対象としていない。調査期間は秋期(2005年11月14日(月)～20日(日))、冬期(2006年2月13日(月)～17日(金)、2月25日(土)～26日(日))、春期(5月15日(月)～21日(日))、夏期(8月28日(月)～9月3日(日))とした。いずれの期間も平日5日と土曜日と日曜日を調査対象日とし、平日20日間と土曜日と日曜日各4日間の調査結果を得た。アンケート調査項目は所在と行動であり、回答

は 15 分刻みとした。

エネルギー消費量と密接に関係があると考えられる在宅起床の行動について整理した。ここで、在宅起床とは在宅かつ起床している行動であり、国民生活時間調査において用いられている行動である。世帯主の冬期（平日）における在宅起床率を図 8 に、夏期（平日）の結果を図 9 に示す。同様に、主婦の調査結果を図 10、図 11 に示す。なお、在宅起床率とは調査期間中の各時間に在宅起床をしていた割合を示した値である。調査結果には国民生活時間調査における調査結果を併せて記載した。図 8、9 では国民生活調査における男の勤め人のデータを示し、図 10、11 では国民生活調査における主婦のデータを示している。

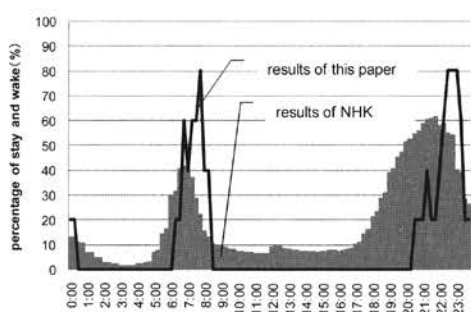


図 8 世帯主の在宅起床率（冬期）

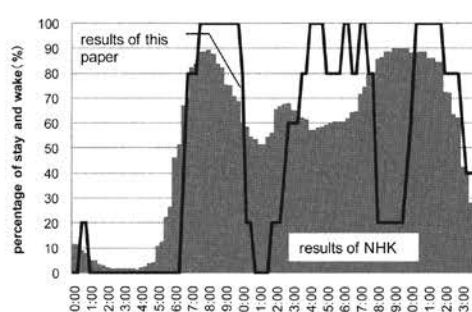


図 10 主婦の在宅起床率（冬期）

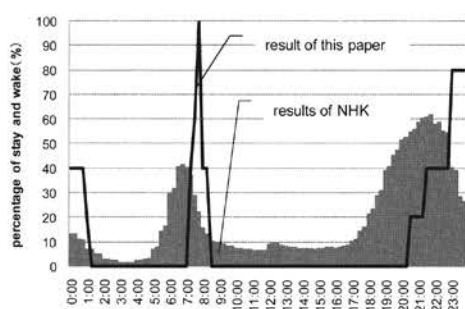


図 9 世帯主の在宅起床率（夏期）

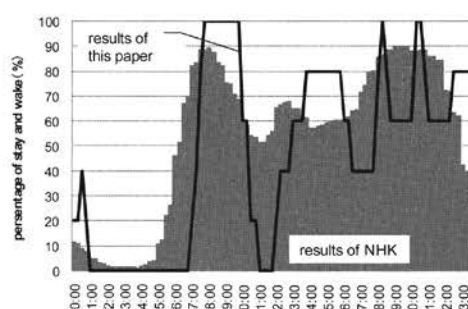


図 11 主婦の在宅起床率（夏期）

## 8. 室内温湿度

1 階リビング、2 階 PC 室、2 階寝室に温湿度記録計を設置し、10 分毎の温湿度を記録した。外気温度は信州大学工学部（長野県長野市）において計測した。

生活スケジュール調査を実施した期間の平日のうち冬期と夏期における室内温度の一時平均値を図 12 と図 13 に示す。夏期の PC 室のデータは欠測している。リビングのアンケート調査期間における平均室温は冬期が 18.3℃、夏期が 26.9℃であった。PC 室のアンケート調査期間における平均室温は 13.9℃であった。寝室のアンケート調査期間における平均室温は冬期が 16.5℃、夏期が 27.4℃であった。

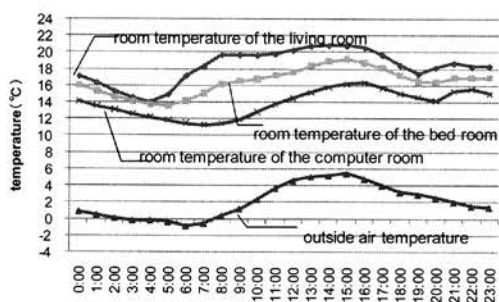


図 12 冬期の居室温度（平日）

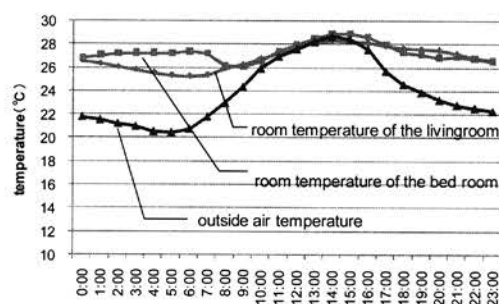


図 13 冬期の居室温度（平日）

## 9. エネルギー消費量

### 9.1 計測概要

対象住宅の電気と水道消費量を計測した。電力消費量は長期データについては電力会社による検針データにより把握した。また、電力消費量の詳細データとして、①給湯を除いた住宅全体、②給湯、③暖冷房機器（1階エアコン、2階エアコン、ホットカーペット、ハロゲンヒーター）の1分毎の電力消費量を計測した。計測期間は給湯を除いた住宅全体と給湯については2005年9月9日～2007年10月11日であり、1階エアコンは2006年8月19日～2007年10月11日であり、2階のエアコンとホットカーペット、ハロゲンヒーターは2006年12月1日～2007年10月11日である。水道消費量については水道局による検針データにより2か月毎の使用量を把握した。

### 9.2 電力エネルギー消費量

図14に月別電力エネルギー消費量を示す。入居後1年目(2005年9月～2006年8月)の年間電力エネルギー消費は30.6GJ、2年目(2006年9月～2007年8月)は28.6GJで1年目と2年目の電力エネルギー消費量に差は無かった。暖房に使用する電力エネルギーの住宅全体で消費する電力エネルギーに占める割合の月平均値は12月が20.2%、1月が20.0%、2月が10.9%となった。また、給湯に使用する電力消費量が住宅全体で消費する電力エネルギーに占める割合の月平均値は12月が36.9%、1月が38.6%、2月が43.1%であった。冷房使用のあった8月において、冷房に使用する電力エネルギーの住宅全体で消費する電力エネルギーに占める割合の月平均値は5.9%であり、給湯における同様の割合は11.3%であった。

図15に冬期における電力エネルギー消費量の時間変動を示す。なお、2月の代表的な平日5日間(2007年2月19日～2月23日)の平均値について示す。暖房による電力エネルギー消費は図8と図10に示した世帯主と主婦の在宅起床率の高い時間帯とほぼ一致している。図16に夏期における電力エネルギー消費量の時間変動を示す。8月の代表的な平日5日間(2007年8月6日～8月10日)の平均値について示す。冷房をほとんど使用していないが、昼間の冷房による電力エネルギー消費は図11における主婦の在宅起床率の高い時間帯とほぼ一致している。

### 9.3 水道消費量

図 17 に水道消費量の 2 ヶ月ごとの値を示す。1 年目（2005 年 9 月～2006 年 8 月）における 9・10 月分は検針の都合上 8 月分も含まれている。1 年目の 9・10 月分を除くと 2 年目（2006 年 9 月～2007 年 8 月）のほうが水道使用量が多くなった。年間の水道使用量は 1 年目が 170m<sup>3</sup>/年、2 年目が 191m<sup>3</sup>/年であった。

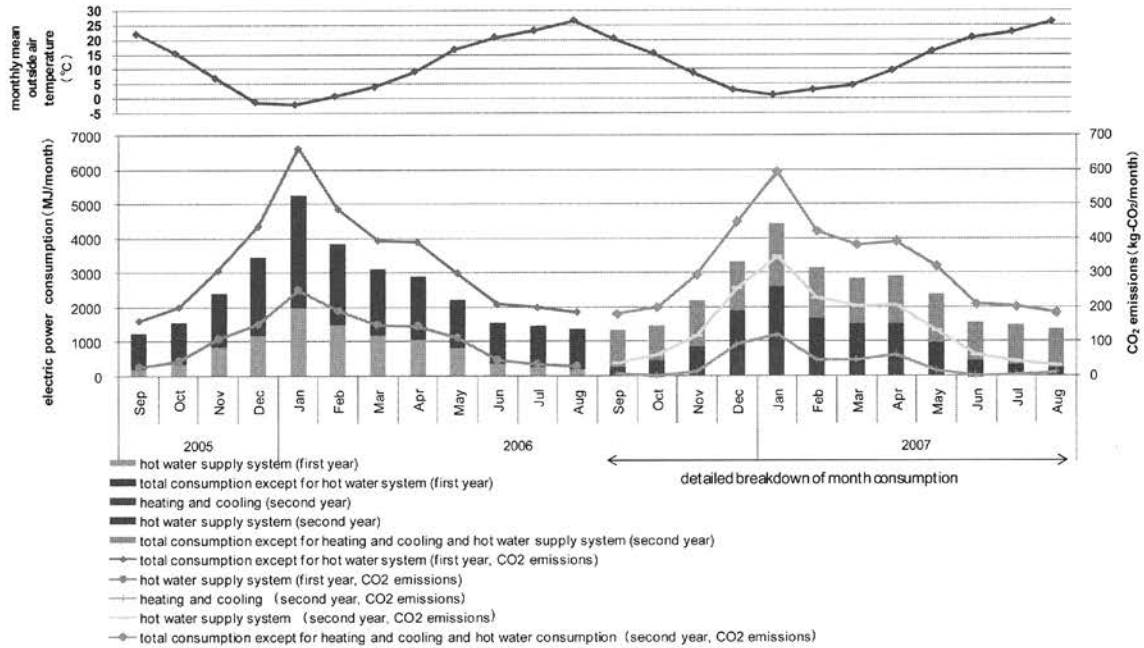


図 14 電力エネルギー消費量

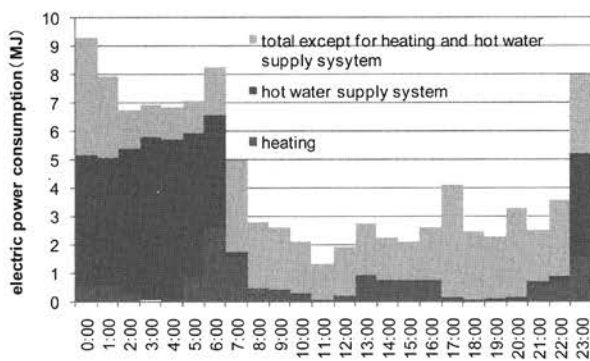


図 15 電力エネルギー消費量の時間変動（冬期）

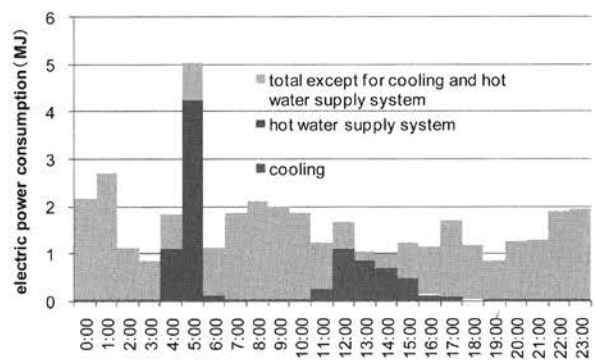


図 16 電力エネルギー消費量の時間変動（夏期）

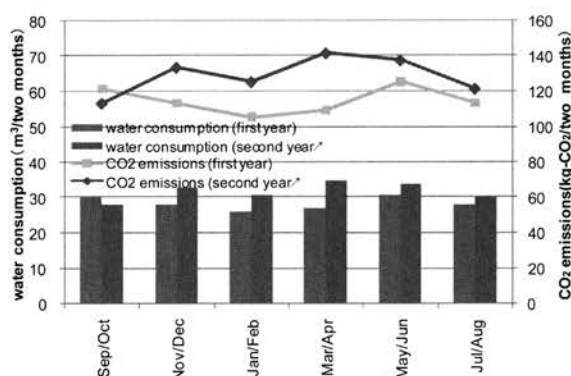


図 17 水道消費量

## 10. 実測調査に基づく LCCO<sub>2</sub> 評価

電力エネルギー消費による CO<sub>2</sub> 排出量を図 14 に示し、水道消費による CO<sub>2</sub> 排出量を図 17 に示す。電力の CO<sub>2</sub> 排出係数は中部電力株式会社公表値の 2005 年度と 2006 年度の値である 0.452kg-CO<sub>2</sub>/kWh と 0.481kg-CO<sub>2</sub>/kWh をそれぞれ用いた。また、2007 年度分の算出値は 2006 年度の CO<sub>2</sub> 排出原単位を用いた。水道の CO<sub>2</sub> 排出係数は LCA データベース記載の上水道と下水道の合計値である 4.503 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を用いた。電力消費による CO<sub>2</sub> 排出量は 1 年目が 3,918kg-CO<sub>2</sub>/年、2 年目が 3,816kg-CO<sub>2</sub>/年となった。また、水道消費による CO<sub>2</sub> 排出量は 1 年目が 689.0kg-CO<sub>2</sub>/年、2 年目が 774.1kg-CO<sub>2</sub>/年となった。

対象住宅の建設及び入居後 2 年間の CO<sub>2</sub> 排出量を表 4 に示す。建設時の CO<sub>2</sub> 排出量は 5 章で明らかにした値を延床面積で除した値である。運用時の CO<sub>2</sub> 排出量は前節で明らかにした電力エネルギー消費による CO<sub>2</sub> 排出量を延床面積で除した値である。厳密な実測調査による入居 2 年後までの CO<sub>2</sub> 排出量は 389.07kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> となることが明らかとなった。

表 4 建設及び入居後 2 年間の CO<sub>2</sub> 排出量

The amount of CO <sub>2</sub> emissions from construction(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	Construction materials	319.21
	Construction waste	13.08
The amount of CO <sub>2</sub> emissions from electric power consumption of heating and cooling(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	First year	-
	Second year	2.55
The amount of CO <sub>2</sub> emissions from electric power consumption of hot water supply system(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	First year	7.94
	Second year	8.10
The amount of CO <sub>2</sub> emissions from total electric power consumption except for heating and cooling and hot water supply system(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	First year	16.25※
	Second year	12.91
The amount of CO <sub>2</sub> emissions from water consumption(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	First year	4.25
	Second year	4.78
The amount of CO <sub>2</sub> emissions from both the construction and two years' use of the house(kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )		389.07

※includes the amount of CO<sub>2</sub> emissions from electric power consumption of heating and cooling

## 11. 建設時の CO<sub>2</sub> 排出量削減

### 11.1 高床式基礎の変更

対象住宅は基礎部分が高床式となっており一般の木造住宅と比べて、コンクリート、鉄筋などの金属類の資材の使用量が多い。このため高床部分を取り除き基礎構造を変更した。これにより資材重量を  $73.4 \times 10^3 \text{kg}$  減らすことが可能となった。高床式の基礎をなくし、一般的な基礎構造としたためコンクリートなどの土石類が  $70.9 \times 10^3 \text{kg}$ 、鉄筋などの金属類が  $2.52 \times 10^3 \text{kg}$  少なくなった。また、CO<sub>2</sub> 排出量を  $15.7 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  減らすことができた。

表 5 高床部分の除去と基礎構造の変更による蓄積資材重量および CO<sub>2</sub> 排出量  
(変更した資材のみ)

Materials	Weight of construction materials(kg)		Amount of CO <sub>2</sub> emissions(kg-CO <sub>2</sub> )	
	actual plan	improved plan	actual plan	improved plan
metals	5,078.1	2,559.7	6,420.6	4,013.3
plastics	407.7	402.9	1,064.2	1,053.0
soils and stones	149,282.1	78,358.4	31,421.0	18,136.0
total (only the altered materials)	154,767.8	8,1321.0	38,905.8	23,202.3

### 11.2 内装材の変更

石膏ボードやフローリング、ビニルクロスなどを製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が少ない無垢の木に置き換えた。複合フローリングや壁材の石膏ボードを檜の無垢材に置き換えた。キッチンにおいては防火対策のためにビニルクロスと石膏ボードを使用した。

内装材の置き換え前の CO<sub>2</sub> 排出量  $6.43 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  に対して、置き換え後は  $1.48 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  となり  $5.13 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  の削減となった。

高床式基礎を除去して基礎構造を変更し、内装材を CO<sub>2</sub> 排出量の小さい資材に置き換えると  $30.9 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  となり、削減量は  $20.8 \times 10^3 \text{kg-CO}_2$  で、40.3%の CO<sub>2</sub> 削減となった。

表 6 資材重量と CO<sub>2</sub> 排出量 (変更した資材のみ)

	Actual plan			Improved plan		
	material	weight [kg]	CO <sub>2</sub> emissions [kg-CO <sub>2</sub> ]	material	weight [kg]	CO <sub>2</sub> emissions [kg-CO <sub>2</sub> ]
floor	flooring material	482.8	614.1	Japanese oak	691.0	220.4
				Japanese oak	2,910.1	928.3
wall and ceiling	plaster board	4,005.5	5,603.7	plaster board	211.4	295.7
	wallpaper made from vinyl	86.8	213.2	wallpaper made from vinyl	8.2	20.0
	adhesion bond, etc.	79.8	175.6	adhesion bond, etc.	2.2	15.2
total (only the altered materials)		4,654.9	6,606.6		3,822.9	1,479.8

## 12. まとめ

著者らは木造住宅建設時の蓄積資材重量と副産物重量を実測調査により明らかにした。そして、実測した蓄積資材と副産物重量をもとに CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。さらに、住宅運用時のエネルギー消費量の実測調査を行い、運用時の CO<sub>2</sub> 排出量を算出した。そして、住

宅建設及び入居後二年間の CO<sub>2</sub> 排出量を明らかにした。また、製造時の CO<sub>2</sub> 排出量が小さい資材に置き換えた場合の CO<sub>2</sub> 排出量の削減量を算出した。

## 謝辞

本研究発表を行った国際会議への参加費及び旅費の一部を財団法人信州大学工学部若里会よりご援助賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会：建物の LCA 指針～温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール、日本建築学会、2006.11
- 2) 建築環境・省エネルギー機構：建築物総合環境性能評価システム CASBEE すまい〔戸建〕評価マニュアル（2007 年度版）、建築環境・省エネルギー機構 2007.9
- 3) 小林ほか：戸建て住宅における設備のライフサイクル CO<sub>2</sub> 評価に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 610 号、pp.83～89、2006.12
- 4) 資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー、あんほるめ、1994.4
- 5) 環境共生住宅推進協議会：環境共生住宅 A-Z、1998.1
- 6) 建築研究所：木造建築物の再資源化・資源循環化技術の開発、建築研究所報告、No. 140、2004.3
- 7) 岡ほか：産業連関表による建築物の評価 その 3 住宅建設によるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量、日本建築学会計画系論文集、第 463 号、pp.75～82、1994.9
- 8) 野城ほか：地球環境・資源問題に考慮した構工法選択のための原単位評価に関する研究—型枠工法及び住宅一棟についての試算例—、日本建築学会 第 9 回建築生産と管理技術シンポジウム、pp.77～82、1993
- 9) 野城ほか：資源有効利用を考慮した住宅溝法システムに関する研究、日本建築学会 第 10 回建築生産と管理技術シンポジウム、pp.267～272、1994
- 10) 近田ほか：住宅に係る地球温暖化影響の全体像、日本建築学会総合論文誌、pp.55～61、2003.2
- 11) 井上ほか：実態調査に基づく戸建て住宅の構成部材の環境負荷簡易推計、日本建築学会計画系論文集、第 549 号、pp.89～93、2001.11
- 12) 井上ほか：戸建て住宅の構成部材に係る CO<sub>2</sub> 排出量の簡易推計法に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第 581 号、pp.103～108、2004.7
- 13) 社団法人住宅生産団体連合会：工法別新築工事における建設系廃棄物の排出量調査 総まとめ、2004.3
- 14) 国土交通省総合技術開発プロジェクト：資源循環型社会及び安全な環境形成のための建築・都市盤整備技術の開発—木質系建築廃棄物発生抑制技術の開発
- 15) 独立行政法人建築研究所プロジェクト：木造建築物の再資源化・資源循環化技術の開発
- 16) Chang-U CHAE et al.: COMPARATIVE STUDY ON THE AMOUNT OF CO<sub>2</sub> EMISSION OF BUILDING MATERIALS BETWEEN REINFORCED CONCRETE AND STEEL STRUCTURE BUILDINGS USING THE INPUT/OUTPUT ANALYSIS, The World Sustainable Building Conference, pp.1880～1883, 2005.9
- 17) 高村ほか：高床式の高断熱・高気密住宅建設時における蓄積資材重量及び副産物重量の実測調査 在来工法による木造戸建住宅の環境負荷予測に関する研究 その 1、日本建築学会環境系論文集、第 619 号、pp.47～52、2007.9
- 18) 山岸ほか：用途別エネルギー消費量の実態 新潟地域の住宅におけるエネルギー消費に関する調査研究 その 1、日本建築学会環境系論文集、第 593 号、pp.25～31
- 19) 赤林ほか：暖冷房機器のエネルギー消費に関する研究 新潟地域の住宅におけるエネルギー消費に関する調査研究 その 2、日本建築学会環境系論文集、第 608 号、pp.75～80、2006.10
- 20) 村上ほか：全国の住宅 80 戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量、日本建築学会環境系論文集、第 603 号、pp.93～100、2006.5
- 21) 赤林ほか：全国の住宅 80 戸を対象とした各種家電機器のエネルギー消費量に関する調査研究、日本建築学会環境系論文集、第 619 号、pp.61～67、2007.9
- 22) 前ほか：用途別エネルギー消費量の年合計および月変動 関東地域における住宅のエネルギー消費量に関する調査研究、日本建築学会環境系論文集、第 610 号、pp.91～98、2006.12
- 23) 井上ほか：用途別エネルギー消費量の日変動 関東地域における住宅のエネルギー消費量に関する調査研究、日本建築学会環境系論文集、第 613 号、pp.49～55、2007.3
- 24) 井上ほか：全国規模アンケートによる住宅内エネルギー消費の実態に関する研究 影響を及ぼす要因に関する分析 その 2、日本建築学会環境系論文集、第 606 号、pp.75～80、2006.8
- 25) 谷本ほか：エネルギー計算に用いる生活スケジュールに関する研究 第 1 報～第 7 報、空気調和・衛生工学会論文集
- 26) 前ほか：生活時間のパターン分類—都心部集合住宅居住者のライフスタイルとエネルギー消費に関する研究 その 1—、日本建築学会環境系論文集、第 573 号、pp.103-109、2003.11
- 27) 木材活用辞典編集委員会編：木材活用辞典、産業調査会事典出版センター、1994.
- 28) JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼
- 29) NHK 放送文化研究所：データブック 国民生活時間調査 2005、日本放送出版協会、2006.3
- 30) 気象庁 HP：過去のデータ検索、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 31) 中部電力株式会社 HP：当社 CO<sub>2</sub> 排出量の推移、[http://www.chuden.co.jp/torikumi/kankyoreport/data\\_co2.html](http://www.chuden.co.jp/torikumi/kankyoreport/data_co2.html)

## 研究助成受領者名簿

平成 7 年度	橋本 佳男 清野龍太郎 山本 佳志 石川 正昭 梅崎 健夫	電気電子 物質 生産システム 生産システム 物質	150,000 100,000 100,000 150,000 100,000 600,000	フランス ハワイ ハワイ カナダ 中国
平成 8 年度	中村 正行 橋本 昌巳 川原 琢也 降旗 健治 曹 西 大久保慶治	生産システム 情報 情報 電気電子 社会開発 電気電子	150,000 150,000 150,000 150,000 150,000 100,000 850,000	フランス オーストリア ドイツ イギリス イタリア 中国
平成 9 年度	大久保慶治 李 健 田中 伸明 伊東 一典 牛 立斌 邵 長城 榊 和彦 アサノ・デービット・ケン	電気電子 社会開発 物質 情報 生産システム 生産システム 生産システム 情報	135,000 135,000 35,000 135,000 135,000 135,000 135,000 135,000 980,000	メキシコ 米国 千葉県 米国 中国 米国 フランス オーストラリア
平成 10 年度	萱津 理佳 北原 司 清水 茂清 田中 清	情報 情報 社会開発 電気電子	150,000 100,000 100,000 100,000 450,000	スロバキヤ 中国 シンガポール インド
平成 11 年度	邵 長城 池田 清志 伊東 栄次 田中 清 田守伸一郎 武井 重人 和崎 克巳 中村 正行	機械システム 電気電子 電気電子 電気電子 社会開発 情報 情報 環境機能	115,000 115,000 115,000 115,000 115,000 115,000 115,000 80,000 885,000	米国 フランス 米国 米国 ニュージーランド 米国 ドイツ 中国
平成 12 年度	川村 隆 松原 雅春 山口 朋浩	社会開発 機械システム 物質	150,000 150,000 150,000 450,000	イタリア 米国 米国
平成 13 年度	伊東 一典 海谷 治彦 榊 和彦 菅 博幸 高瀬 達夫 樽田 誠一 中屋 眞司 牛 立斌 吉野 正人 和崎 克巳	情報 情報 機械システム 物質 社会開発 物質 社会開発 環境機能 機械システム 情報	120,000 80,000 120,000 40,000 80,000 120,000 120,000 80,000 120,000 120,000 1,000,000	米国 中国 ドイツ 横浜市 中国 米国 米国 中国 フランス ドイツ
平成 14 年度	西山 宗雄 辺見 信彦 清水 茂 池田 清志 降旗 建治	社会開発 機械システム 社会開発 電気電子 電気電子	150,000 90,000 150,000 150,000 150,000 690,000	スペイン 韓国 ポーランド 米国 米国
平成 15 年度	阿部 克也 錦織 広昌 海谷 治彦 高瀬 達雄 山口 朋浩 樽田 誠一 大久保慶治 野崎 功一 天野 良彦 榊 和彦	電気電子 環境機能 情報 社会開発 物質 物質 電気電子 物質 物質 機械システム	150,000 50,000 110,000 100,000 50,000 50,000 100,000 50,000 50,000 50,000 50,000 760,000	フランス 奈良市 米国 韓国 名古屋 名古屋 韓国 三重県 三重県 大阪市



平成 16 年度	辺見 信彦 両角 修四郎 千田 有一 伊東 栄次 和崎 克己 牛 立斌	機械システム 機械システム 機械システム 電気電子 情報 環境機能	150,000	ドイツ 千葉県 台湾 フランス 中国・香港 中国・上海
			50,000	
平成 17 年度	池田 清志 清水 茂 新村 正明 國宗 永佳 吉田 尚史 錦織 広昌 アギレ・エルナン	電気電子 社会開発 情報 情報 環境機能 環境機能 情報	100,000	カナダ ポーランド オーストラリア オーストラリア 三重県 米国 (ハワイ) イギリス
			150,000	
平成 18 年度	高木 直樹 武井 重人	社会開発 情報	150,000	米国 京都市
			50,000	
平成 19 年度	武井 重人 岡田 友彦 高野 拓樹 香山 瑞恵	情報 物質 環境機能 情報	200,000	大韓民国 ポルトガル オランダ・オーストラリア カナダ
			100,000	
平成 20 年度	高村 秀紀	建築	150,000	オーストラリア
			100,000	

「技報 こまくさ」 第8号 平成21年9月発行  
(非売品)

発行者 財団法人信州大学工学部若里会  
〒380-8553

住 所 長野県長野市若里4丁目17-1  
TEL (026) 266-8209 (FAX 共有)  
E-mail : wakasat@shinshu-u.ac.jp

印刷・製本 カシヨ株式会社  
〒381-0037 長野市西和田1丁目27-9  
TEL (026) 251-0510

本書の内容の一部あるいは全部を無断で複製すると、著作権及び出版権の侵害となる場合がありますのでご注意ください。





(財) 信州大学工学部 若里会