## 4. 2 エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発

わが国のエネルギー消費のうち家庭部門の占める割合(13.1%)は、産業(48%)や運輸部門(24%)と比較すると小さいが、伸び率が大きいために省エネルギー対策が最も強く求められている分野のひとつである。一方で、居住の質的向上も求められており、省エネルギー化と質的向上の相反する課題を同時に解決する合理的な建築技術の確立と普及が求められていた。このような住宅をここでは自立循環型住宅と呼び、与えられた敷地や家族形態などの条件のもとで極力自然エネルギーを活用し、居住性や利便性を向上させつつ居住時のエネルギー消費量(CO2排出量)を、2000年頃の標準的な住宅と比較して半減することが可能な住宅と定義し、総プロ「循環型社会及び安全な環境形成のための建築・都市基盤整備技術の開発(エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発)」(平成13~16年度)等において関連技術の開発を行った。

この技術開発においては、住宅に係る様々な分野の省エネルギー技術に関する実証実験住宅を用いてそれぞれの技術の検証を行い、それぞれの技術を導入した場合のエネルギー削減効果について取りまとめた。また、汎用性が高く実用化しうると考えられる技術を優先して取り上げ、そうした技術の具体的な設計・適用方法を分かりやすく説明し、各技術を用いた場合の省エネルギー効果について評価した「自立循環型住宅への設計ガイドライン」を作成し、現在、講習会等を通じて普及に努めている。



図 6 自立循環住宅の概要

#### 4. 3 既存住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究

住宅でのエネルギー消費により我が国の総  $CO_2$ 排出量の 13.3%が排出され、またその増加率は 1990 年比 28.8%(2002 年度)と、温暖化対策推進大綱における 2010 年までの削減目標マイナス 2%との乖離が著しくなっている。その対策として、新築住宅(約 110 万戸/年)の断熱化が省エネ基準等の整備により促進されているが、一方で約 5000 万戸の既築住宅を対象とした躯体断熱化及び省エネルギー設備の導入も極めて重要不可欠な課題である。



図 7 既存住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究における改修のイメージ

そこで、事項立て研究「既存住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究」(H17年度~)において、既築住宅の省エネルギー性能向上目的の改修を支援するための技術体系(対象住宅及び設備の現状を的確に把握する診断手法、改修内容を施主の要望に合わせて最適化する計画手法、低コストかつ簡便な工事手法等)を整備するため、現状で不足している各種の技術開発に取り組んでいる。

## 4. 4 木質系建築廃棄物発生抑制技術の開発

木造建築物の解体除却時に発生する廃棄物量は年々増加する傾向にあるが、木造建築物由 来の建設発生木材はリサイクル率が低迷し、その再資源化を促すための関連技術を早急に整 備する必要があった。

総プロ「循環型社会及び安全な環境の形成のための建築・都市基盤整備技術の開発—木質系建築廃棄物発生抑制技術の開発」(平成12~14年度)では、解体時における廃棄物の発生抑制について設計・計画段階で配慮した木造構工法の設計・施工技術を確立すること、建築材料及び部材の合理的な再資源化技術を確立すること、技術普及のために必要な木造建築物の環境負荷評価ツールを提案すること、廃棄物の発生を抑制するための技術・政策を検証するためのモデルを開発すること、により木質系建築廃棄物の発生抑制を目的とした技術開発を行い、分別・解体・再資源化しやすい木造建築物の設計・施工事例マニュアル、解体材の再資源化技術に関する技術指針、木造建築物のマテリアルフローに係るデータと評価手法などを作成した。



図8 木質系建築廃棄物発生抑制技術の開発

#### 4.5 民間による ESCO 事業などの取り組み

民間で行われている  $CO_2$  排出量削減に対する企業活動として ESCO 事業があげられる。 ESCO 事業とは、Energy Service Company の略で、個々の建物において主に運用時のエネルギー消費量の削減のために、診断・コンサルティングを行い、施工後の運営管理により、一定の省エネルギー効果を保証するものである。また、経済産業省などでは、導入支援、金融上の助成措置および税制上の助成措置を通じて <math>ESCO 事業の推進を図っており、事業者数も(財)省エネルギーセンターのリストでは76 社を数えている。エネルギーの使用形態は個々のビルでその性格が異なることから、このようにミクロ視点の事業が重要となっており、更には、よりマクロ視点の総量としての  $CO_2$  排出量低減に効果がある対策も必要となるといえる。

## 5. 持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発(SB 総プロ)

#### 5.1 研究技術開発の内容

総プロ「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発 (SB 総プロ)」では、建築物の環境性能項目のうち環境負荷の定量評価が可能な CO2排出と廃棄物排出について、ライフサイクルにおける排出負荷総量の算出手法、評価データの整備、技術選択の設計支援技術の開発を行うことにより、建築設計における排出負荷の定量把握に基づく適切な対策技術選択を促し、建築ストック全体での負荷低減促進を目指すものであり、その概要を図9に示す。

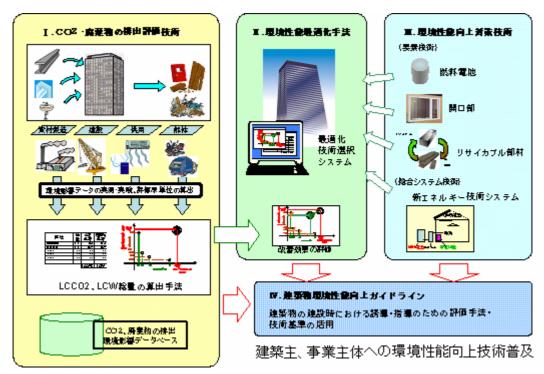


図9 SB総プロの技術開発内容の概要

具体的な技術開発内容は、下記の通りである。

(1) 排出負荷総量の算出・評価手法マニュアル及び負荷原単位データベース 設計・計画時における LCCO<sub>2</sub>、LCW 負荷算出・評価手法のマニュアル、及び資材・建材・

機器の排出負荷評価のための原単位データベースの開発

(2) 対策技術選択のための設計支援システム

LCCO<sub>2</sub>とLCWの負荷総量を表示し、それぞれについて達成目標値実現のための最適な技術選択を可能とする設計支援システム(3次元建築設計CADと連動して排出負荷量の算出ができる情報システム技術)の開発

(3) 負荷低減対策技術資料集

環境性能向上、排出負荷削減のための技術資料集(技術ライブラリ)の開発・整備

### 5.2 研究技術開発の体制

本総プロの技術開発にあたり、関連調査研究・技術開発の学識経験者、行政部局関係者、 国総研で開発主体となる研究者をメンバーとする検討会を設置し、技術開発課題について相 互の情報共有を図りながら、技術開発の方向性、留意点、プロセス、普及方策等の実施につ いて検討を進めている。検討会における議論の他に、専門性が高く、関連分野の有識者と集 中的に議論する必要がある特定の課題については、3つの部会を設置して検討を行っている。

(1) LCCO<sub>2</sub> 検討部会(主査: 坂本雄三東大教授)

ライフサイクルにおける  $CO_2$ 排出負荷の評価と対策技術の開発において、建築物を構成する設備機器の製造・施工や廃棄、使用段階のエネルギー消費に伴う  $CO_2$ 排出の負荷算出のための評価データの収集・整備や、対策技術の開発・評価にあたって解決すべき技術的課題へ

の取り組みについて、関係分野の有識者を交えて検討する。具体的には、事務所ビルや学校、病院、店舗など、建築物の使用状況と対応したエネルギー消費の把握・分析方法や、新しい技術の CO<sub>2</sub>排出負荷低減効果評価の実用性について検討する。

(2) LCW 検討部会(主査:野城智也東大生研教授)

ライフサイクルにおける廃棄物排出負荷の評価と対策技術の開発において、建築物を構成する材料・部材の資源消費量の絶対量算出や、製造・施工や廃棄に伴う廃棄物排出の負荷算出のための評価データの収集・整備、対策技術の開発・評価にあたって解決すべき技術的課題への取り組みについて、関係分野の有識者を交えて検討する。具体的には、資材組成が明らかにされていない部品・機器等を含めた資源消費量の絶対量の算出の手法や、新しい技術の廃棄物排出負荷低減効果評価の実用性について検討する。

(3) 設計支援システム検討部会(主査:小玉祐一郎神戸芸工大教授)

CO<sub>2</sub> と廃棄物排出の環境性能を両立する技術選択を可能とする最適化手法の開発において、建築物の新築、改修工事の設計・計画時に、建築設計 CAD と連動して環境負荷量が算出・評価できる設計支援システムの実用化や、環境性能向上のための対策技術の最適選択手法の開発にあたって解決すべき技術的課題への取り組みについて、関係分野の有識者を交えて検討する。

# 5. 2. 1 CO<sub>2</sub>部会の研究

(1)研究目的と研究概要

本部会では、 $LCCO_2$ の検討のうち、主に非住宅について、 $CO_2$ 排出の詳細なデータが不足しているランニング時を研究対象とし、一定の精度を有する  $LCCO_2$ 算出法の作成を目的として、実績エネルギー消費データの解析や PAL/CEC の算定構造を基本とした推定手法の検討を行う。また各種高効率機器の導入および自然エネルギーや未利用エネルギーの積極的な活用についても評価できる形での取りまとめを行う予定である。本部会の下、以下の3つの SWG を組織し解析を行う。

- ・空調・換気 SWG (主査:川瀬貴晴教授…千葉大学)
- ・照明・E V・電気設備 SWG (主査:斉藤満氏…大林組)
- ・給湯・給水・SWG(主査:岩本靜男教授…神奈川大学)

#### (2) これまでの成果の概要

設計値である PAL/CEC と実績エネルギー消費データとの比較を行うため、設備機器やエネルギー源ごとに整理された年間エネルギー消費量に関するデータの取得を開始し、IBEC の環境省エネルギー建築賞への応募物件のうち 12 件のデータが収集できた。データの取得項目の概要を以下に示す。

- ・建築の概要 (用途、面積など)
- ・省エネルギー計画関連 (PAL, CEC/AC, CEC/V, CEC/L, CEC/HW\*)
- ・設備概要(空調方式、熱源方式、熱源容量など)
- ・エネルギー消費実績値(1)(標準的な使用状況、年間エネルギー消費量)

- ・エネルギー消費実績値(2)(電力・ガス・油別の1月ごとの消費量)
- ・エネルギー消費実績値(3)(用途別のエネルギー消費量 年積算値)
- ・エネルギー消費実績値(4)(用途別のエネルギー消費量 各月データ) \*既取得ではデータ無いが順次、データの拡充を行っている

表 1	実績値デー	AT	か 得 な	行っ	た建物

用 途	既取得	継続中
事務所	8 (うち特に詳細 3)	3
物販店舗	2(うち特に詳細 1)	
ホテル		3
病院		1
学校		3
飲食店		
集会所		
その他	2	

(データの依頼範囲は更に拡張している)

以下に取得された実績データのうち事務所建築のエネルギー消費量の内訳の例を示す。これら例に示すように、ビルによってその使用実態が異なり、運用時のエネルギー消費量構造が複雑であることがわかる。また、ビル毎にデータの取得系統が異なるため今後の検討には、データ取得系統や建築側の情報が重要となる。

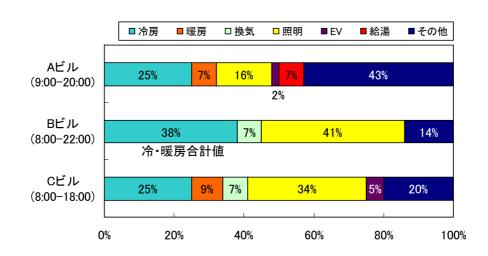


図 10 収集されたデータによる事務所ビルの電力使用量の内訳の例 ビル名後ろのかっこ内は事務所部分の標準的な使用時間

#### (3) 今後の研究実施計画

・実績エネルギー消費データ取得の拡充 省エネルギー建築賞応募建物を中心に、実績エネルギー消費データを有していると 思われる建築に順次データの提供をお願いする。 ・実績エネルギー消費データの整理・解析

各 SWG における実績エネルギー消費データの解析項目に従った整理および解析を行う。整理および解析は取得データのうち CEC から設計上の年間消費エネルギーへの換算などの作業やシミュレーションを行うために必要となる入力データの整理を行う。また取得された実績エネルギー消費データのうち、BEMS の測定系統などデータ解析のために必要なヒアリングなどの追跡調査を行う。

- ・シミュレーションによる推定精度の検討および推定法確立のためのデータ拡充 BECS 等のシミュレーション手法により算出されたエネルギー消費量と実績エネルギー消費データを比較し、その推定精度の検証を行う。また検証結果の検討を行い、一定の精度が確認できれば、建物規模や設備機器の性能を変更した場合のエネルギー消費量データを作成し、推定法確立のための基礎データとする。
- ・現場における調査

各 SWG の目的に沿った現場における調査やデータの測定を行い、実績データの精度確認や、データの拡充を目的とした調査を行う。

- ・CO<sub>2</sub>排出量推定法の検討 各 SWG において CO<sub>2</sub>排出量を推定するための検討を行う。
- ・設備機器単体の性能評価方法に関する調査

環境負荷低減技術の開発目標設定の検討基礎資料とすることを目的として、建築設備等のエネルギーシステムの個々の要素技術に関する、エネルギー効率の評価方法・規格等について収集した情報を元に分析整理を行う。この調査は(5)やシミュレーションの入力項目に関する検討の材料とする。

また、各設備機器分野の具体的な検討を行うため民間をメンバーとした SWG が開始された。以下に各 SWG の検討予定項目を記す。

#### A. 空調・換気 SWG

- (1) 空調・換気エネルギーの実績エネルギー消費データの解析
- 1) 実績値の解析
  - ①PAL 値および CEC/AC 値と実績値の比較

CEC については実績エネルギー消費データをご提供頂いた建物の担当者へのヒアリング調査などを行い、CEC 値から設計時の年間空調エネルギー消費量を算定し、実績エネルギー消費データとの比較を行う。

- ②建物の使用時間や建物使用時の気象データを考慮した検討 上記①の検討に建物の実使用時間や建物使用時の気象条件を加味した検討により PALや CEC の値と実績エネルギー消費データとの相関を分析する。
- ③既存のシミュレーション手法との実績エネルギー消費データの比較 主に BECS を用いて、実績エネルギー消費データが取得できた建物をモデル化して エネルギー消費量を算定し、計算値と実績値の比較を行うことにより、シミュレー

ション手法の精度を検証する。

- 2) 実績エネルギー消費データの解析以外の検討
  - ①シミュレーション手法によるデータの拡充 上記1)③におけるシミュレーション手法の精度検証の上、データ拡充を目的としたシミュレーションを行う。
  - ②文献調査
- (2) LCCO2の推定手法の検討
- 1) 運用時
- ①実績値データの解析結果から、空調設備・換気設備の実稼働時間を考慮した年間エネルギー消費量の検討を行う
- ②シミュレーションや調査の結果からデータの裏付けがとれた設備機器に関する省エネルギー性能を推定手法に盛り込む。
- 2) 製造時および廃棄時
  - ①既存のデータの活用
  - ②メーカーに協力を要請
- B. 照明・EV・電気設備 SWG
- (1) 照明用実績エネルギー消費データの解析
- 1)新たに計測器を設置しての照明用の実績エネルギー消費データの取得測定 配電系統が他のコンセントと同一となっているところがほとんどで、測定は難しい。その ため、既取得データを提供頂き、検討を行う。
- 2) 実績エネルギー消費データの解析以外の検討
  - ①簡単に入手できる正確なエネルギー消費データから推定
    - ・建物全体の年間電力消費量を把握する
    - ・これから建物の設備容量をもとに照明用エネルギーを推定する(手法は検討)
    - ・照明用エネルギーを正確に計測している建物データで方法を検証する
  - ②外部の組織(大学、協会など)や既存データベースを活用する
  - ③文献調查
- (2) LCCO<sub>2</sub> の推定手法の検討
- 1) 運用時
  - ①建物用途(CECと同じく8分類程度)ごとに年間の全負荷点灯時間を推定
  - ②この全負荷点灯時間を全照明設備容量に乗じて年間の消費電力量を推定
  - ③年間の消費電力量に排出原単位を乗じる
- 2) 製造時および廃棄時
  - ①照明器具工業会、電球工業会および、メーカーに協力を要請
  - ②ランプの種類別に製造時の CO<sub>2</sub> を簡便に算定できる方法の検討

- ③廃棄物処理業者に協力を要請 (廃棄時)
- ④公的な機関にデータが存在しないか調査 (廃棄時)

#### C. 給湯・給水 SWG

- (1) 給水・給湯の実績エネルギー消費データの解析
- 1) 実績エネルギー消費データの解析

湯水の使用量の分離が難しく、正確な給水温度や給湯温度が計測されているか、熱源データの給湯分の分離、各系統の給水利用料の分離、および雨水利用・排水利用の利用量の分離に関する検討が必要であり、実績データを詳細に調査する。

2) 新規計測に関する検討 実績データの取得を行っている建築で新規計測が可能かどうか検討。

3) 実績エネルギー消費データの解析以外の検討 ホテルにおける給水・給湯に関するデータの拡充

## (2) LCCO<sub>2</sub>の推定手法の検討

- 1) 運用時
  - ①給湯に関して日使用湯量や使用スケジュールの設定を CEC/HW と比較
  - ②給湯に関して簡易なエネルギーシミュレーション手法の有無を調査
  - ③給水に関しては既往の研究において推定法等が検討されており、実績値と比較 (雨水利用・排水利用に関しては原単位が文献\*にある)

\*参考文献1:鎌田元康他、空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル

- 2) 製造時および廃棄時
  - ①文献\*に原単位データが存在するため利用が可能(製造時)
  - ②空気調和・衛生工学会の地球環境委員会の成果報告書を参照する(製造・廃棄)

#### 5. 2. 2 W 部会の研究

(1)研究目的と研究概要

企画・計画、設計・積算といった建築のワークフローの上流段階において CAD データや積算情報によって抽出される資材の種別や量に基づいた廃棄物発生量の算出・評価を行うために、投入資材に対応した LCW 算出におけるインデックス情報や、廃棄物発生時の対策水準よる LCW 発生量の原単位情報を収集・整備し、LCW 推定技術の確立を行うことを目的としている。

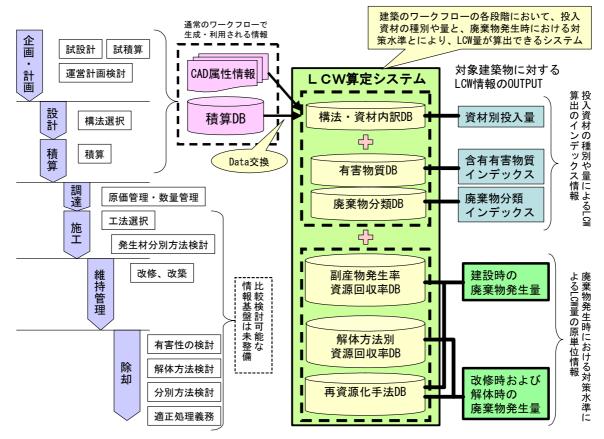


図 11 LCW 部会の研究概要

## (2) これまでの成果の概要

建築物のライフサイクルにおける廃棄物排出負荷評価に関する研究のうち、以下を実施した。

- ・既往の研究による関連データの収集・整理
- ·LCW 算出手法の骨子の検討
- ・モデル建築物を用いた建築物の資源投入量の算出及び算出手法の検討 モデル建築物 (SRC 造の事務所、RC 造の集合住宅) について、投入された資材と その内訳を算出。また、次年度以降データを収集すべき細目の抽出を行った。
- ・廃棄物発生量の試算に係るケーススタディ モデル建築物について、構造、用途、規模から廃棄物発生量を算出。廃棄物の分類 方法、廃棄物発生量原単位の設定に係る問題点を抽出した。また、次年度以降行う 資材投入量からの廃棄物発生量の算定における課題を検討した。
- ・再資源化技術に係る実態調査

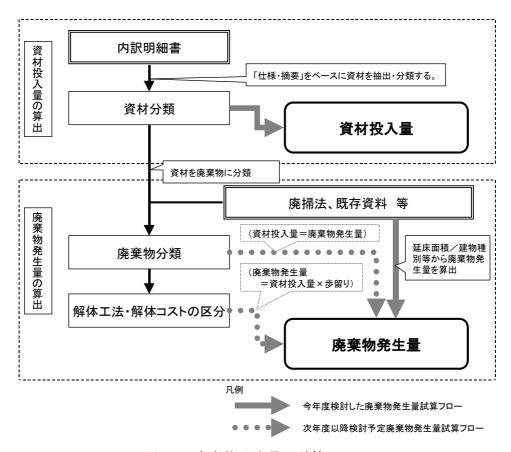


図 12 廃棄物発生量の試算フロー

## (3) 今後の研究実施計画

## (3. 1) LCW 算出ルールの検討

CAD データからの資材投入量算出手法、コスト積算結果からの資材投入量算出手法や各種 データの呼び出しの手法等について標準化を検討する。

- 算出ルール(ひもづけ)のルールを検討する。
- ・CADデータからの資材量算出方法の検討
- ・(3.2) で収集するデータを用いて LCW の試算を実施

## (3. 2) LCW 算出に係るデータの収集

コスト積算手法の資材算出への活用のため以下のデータの収集・充実等を行う。

- ・住設機器、建設資材の資材投入量に係るデータ
- ・ 有害物質に係るデータ
- 廃棄物分類
- ・解体時の廃棄物発生量
- ・再資源化技術および適用条件

表2 データ収集の内容と収集方針(案)

データ		内容	収集方針
1	構法一覧、資材内訳		コスト積算の歩係を活用する。歩係の整備状況について平成16年度に確認。整備されていないものについて優先順位をつけてデータ収集
2	有害物質含有可能性	建設資材に含まれる可能性のある有害物 質、要管理物質等のリスト	既往の成果を活用
3	質量換算値		整備されていないものを対象とする
4	プレハブ、プレキャスト等の工場端材発生 量	場端材発生量を評価する	(18年度)
(5)	廃棄物分類	現状の実施状況、リサイクル技術の整備 状況等を調査し、設定する。リサイクル 技術(リサイクルの内容、適用条件等) とともに整理する。 ※リサイクルに伴う環境負荷、コスト データについてはペンディング	
6	副産物発生量		既往の成果を活用
7	資源回収率	解体方法を数段階設定し、各々資源回収率を設定 ※解体容易な構法、解体に係る新技術等の要素技術については、技術導入時にデータ差し替えで対応	解体方法のレベル設定の検討後

## 5. 2. 3 設計支援システム検討部会の研究

設計支援システム検討部会では、建築物の新築や改修の設計・計画時に、建築設計 CAD における材料・構工法の選択と連動して CO<sub>2</sub> 及び廃棄物排出負荷量の算出・評価ができる利便性と実用性の高い設計支援システムの開発を目的として、以下の検討、技術開発を進めている。

#### (1) 設計支援システムの基本設計(~平成17年度)

建築企画、設計の段階における環境負荷評価(排出負荷量算出)の手法・業務の標準化の検討・提案と実務効率化・合理化のための設計支援情報システム(デザインツール)の基本構成、システム仕様の検討を行う。具体的には、建築 CAD ソフト、数量積算手法に関して、既存ツール(CAD、積算システム、評価システムなど)の現状、設計と評価(及び設計へのフィードバック)の実務上の課題について分析・整理し、3次元 CAD データの活用など新たな技術利用の可能性について検討を行う。また、建築物の構成材にかかる排出負荷評価(CO2及び廃棄物)の基礎数量である資材消費・ストック量算出の電子化・自動化のための情報構造の検討、部品・資材 DB の設定を行う。

### (2) 建築 CAD データリンクプログラムの開発 (平成 17~18 年度)

建築 CAD と環境負荷評価データベースのデータ構造に関して、建築物の構成材(資材・部品)に対して排出負荷評価データを掛け合わせ排出負荷総量を算出する環境負荷積算の電子化・自動化のため、建築 CAD ソフトと連動するデータフォーマットを検討・提案する。また、建築 CAD を用いた設計における構工法選択と連動して、資材消費・ストック量の算出と対応する排出負荷データの参照、連動した排出負荷総量の算出のための情報システムプログラムの開発をソフトウェアベンダーとの共同研究を通じて行う。

### (3) 排出負荷評価データベースの開発(平成17~18年度)

評価データベースの情報構造に関して、建築物の構成材(資材・部品)の内、民間開発による情報データベースの活用、共同化のための情報構造、データフォーマットの分析・整理を行う。

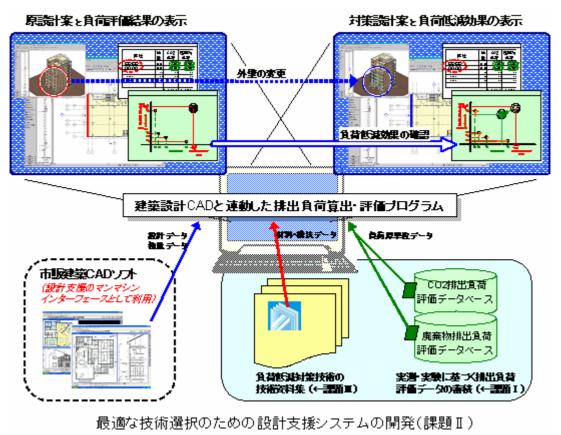


図 13 設計支援システム検討部会の活動

# 5.3 予想される研究開発成果と施策への反映

- (1) 住宅・建築の住宅性能表示に関する環境性能の評価基準(案)の提示
  - ①日本住宅性能評価基準における住宅性能表示項目「温熱環境に関すること」の評価基準 について、省エネ対策の客観的で精度の高い評価手法と評価基準を提示する。
  - ②住宅性能表示項目が設けられていない「省資源に関すること」について、資源消費・廃棄物排出の負荷評価手法と評価基準を提示する。
- (2) 建築生産実務における環境負荷の定量評価手法の提案

建築コスト積算に相当する『環境負荷積算』の手法(定量評価手法)を確立し、建築生 産実務プロセスの中に位置付ける。

- ①建築コスト積算(経済的な負荷の算出)との共通化を考慮した排出負荷総量算出手法の確立を目指す。建築生産実務において積算技術者を排出負荷算出・評価の担い手として期待する
- ②建築コスト積算の"単価表"に相当する負荷評価データベースを開発する。評価データの

拡充・改訂のシステム化を図り、民間データの取り込み、継続的なアップデートを図る。

③メーカー・生産主体における負荷低減技術に関する排出負荷評価データの取込み。"環境負荷見積り"のための標準書式の確立による能動的データ開示の動機付けを図る。

## 6. おわりに

国土技術政策総合研究所では、平成 16 年度から 3 か年計画として、総合技術開発プロジェクト「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発」を実施している。

まず、環境問題として建築由来の $CO_2$ 排出及び廃棄物排出を取り上げ、現状の分析を行った後、その削減に向けた政策や既往の技術開発等について解説を行った。その上で、これら先行する各種の活動との関係を整理して、本総プロの位置づけを明らかとするとともに、技術開発の内容についての解説を行った。