

## 研究概要書：かしこい建築・住まいの実現のための建築技術体系に関する研究

プロジェクトリーダー名：建築研究部長 平野 吉信  
技術政策課題：(6) 安心して暮らせる生活環境  
関係研究部：建築研究部、住宅研究部、危機管理技術研究センター  
研究期間：平成15年度～平成17年度  
総研究費：約54百万円

### 1. 研究の概要

今日の高度化・多様化しつつある建築物に求められる機能や性能を実現しようとした場合、材料・部材自体が具える物性等に依存して諸性能を確保してきた従来の建築技術体系では、全ての要求を満たす適切な解を見出すことが困難である。これに対して、技術革新や高性能化が飛躍的に進展している IT 等の高知能・高機能化技術を活用し、様々な外力や負荷・状態の変化や経時的な劣化を感知することにより、構造物の性能特性や空間の状態を自ら制御・修復する技術を建築物に組み込むことによって、より合理的に必要な機能や性能を実現できるような仕組みが実用化されることが期待される。

このため、本研究では、技術革新が進展している情報・通信技術や制御技術・高機能材料等を活用して、「かしこい技術」を確立し、これを建築物に組み込むことによって、合理的な経済性の下に、建築物・居住環境に対するニーズ・要求性能の高度化・多様化に対応することができる「かしこい建築・住まい」を実現するための新たな建築技術体系に関する開発・整備を行うものである。

本研究成果の活用により、安全と安心の確保という社会的ニーズに応える建築物の防災機能等の拡充強化を低コストで実現することができる。加えて、波及効果として、住宅・建築及び IT 関連産業の活性化も期待できる。

この「かしこい建築・住まい」を実現するための建築技術体系として位置づけたものは、以下のとおりである。

第1は、「かしこい技術」の狙った特性が確実に建築・住まいで実現されるようにするための、耐震、火災安全等の各種の機能・性能項目に対応する個々の技術適用パターンを想定した「かしこい建築・住まい」の設計・建設・維持に関する技術体系である。

第2は、こうした「かしこい建築・住まい」の建設・供給が実現されるための必須条件としての、組み込んだ「かしこい技術」の有効性・信頼性を社会として評価し受け入れるための「かしこい建築・住まい」に対応した建築基準体系である。

### 2. 研究の目的

「かしこい建築・住まい」のための技術体系の開発として研究の目標として掲げた内容は次のとおり。

- (1) 耐震、火災安全等の各種の機能・性能項目に対応した各々の「かしこい技術」システムの候補（技術適用パターン）を抽出し、それぞれについて以下の事項を検討；
  - ① 個々の技術適用パターンに応じた「設計・建設・維持のための技術的要件（ガイドライン）」の開発（民間企業による個々の実用化技術の開発のための基盤とする。）
  - ② 個々の技術適用パターンに応じた、建築基準への適合を評価するための性能評価手

法・基準の開発

- (2) 「かしこい技術」に関する性能評価手法・基準を組み込んだ、合理性の高い建築基準体系の構成方法の明確化

### 3. 自己点検結果

#### ○目標の達成度

前項(1)の「かしこい技術」システムの候補(技術適用パターン)に応じた、①「設計・建設・維持のための技術的要件(ガイドライン)」の開発、②「性能評価手法・基準」の開発の成果・活用方針については、別紙様式に示すとおりである。①の設計・建設・維持のための技術的要件の開発に関しては、概ね目標を達成できた。しかし②の性能評価手法・基準の開発に関しては、適用技術の試行適用や稼働の信頼性を裏付ける運用データの採取困難等の理由により、目標を達成できなかったものも多い。

(2)の「かしこい技術」に関する合理性の高い建築基準体系の構成方法の明確化に関しては、建築基準としての受け入れ可能性、性能表示のための指標として「発生する事象により生ずるリスクを受け入れ可能な水準以下にする」という仮説を設け、その実現可能性について検討したが、個々の技術適用事例に関するデータの収集が進捗しなかったこと等により、枠組の検討・確立の段階に留まってしまっており、また、建築基準を取り巻く社会的環境の変動等もあったことにより、十分な目標達成には至っていない。

#### ○成果

別紙の通り

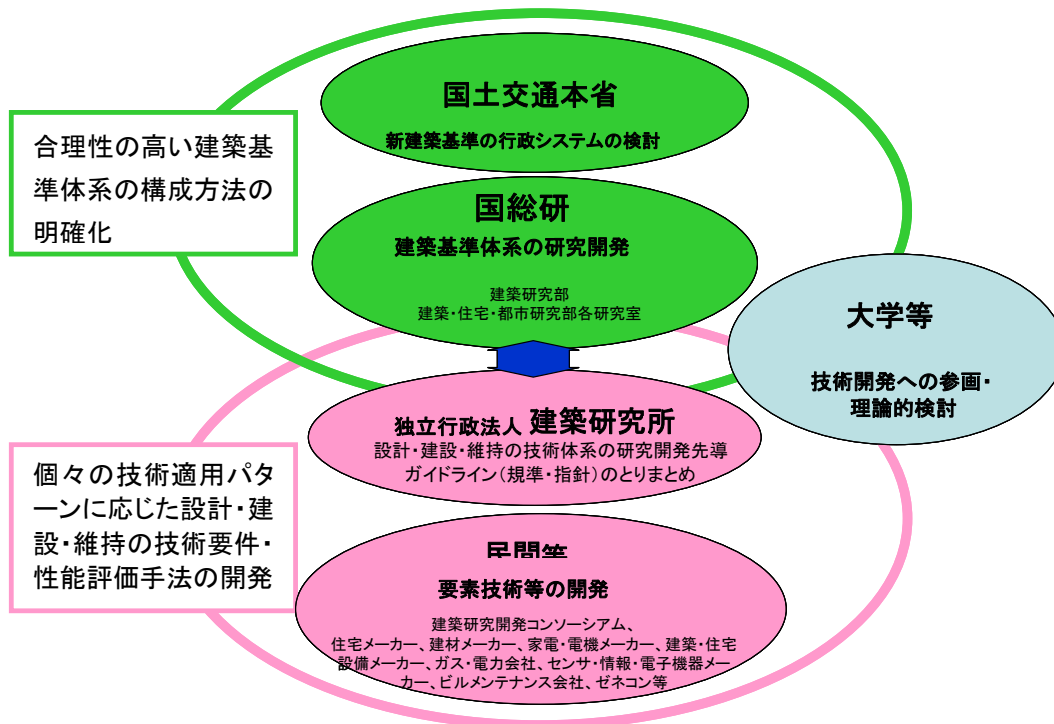
#### ○本研究開発の実施方法・体制の妥当性

##### ●研究の実施体制

「かしこい建築・住まい」の設計・建設・維持に関する技術体系の研究開発を進めつつ、これと相互にフィードバックを図りながら、「かしこい建築・住まい」を社会として評価するための建築基準体系の研究開発が進められるような研究実施体制をとった。これら両研究テーマに共通する基礎的、基盤的な研究の推進等については大学等とも適切に連携をとることとし、別図のような体制とした。とくに独立行政法人建築研究所とは、共同研究を締結し密接な協力の下で研究を推進した。民間等に関しては、(社)建築業協会(BCS)を窓口とした。

ニーズ・シーズの把握段階では、この連携体制は良好に機能したものの、個々の技術適用パターンごとの具体的な技術検討、評価方法の開発等については、項目ごとに民間企業の参加意欲等がばらつき、良好な連携体制が組めなかった領域も少なからず生じてしまった。

建築基準体系の構成方法の明確化に関しては、特に学术界との連携は良好に構築できたが、個々の技術適用に関する産業界との連携が不十分であったため、具体的な基準案の策定段階まで到達できる体制を構築できなかった。



## ●研究の実施方法

設計・建設・維持の技術体系に関しては、まず、建築産業界等へのヒアリングを通して、かしこい技術に関するニーズ・シーズ調査を実施し、本研究で検討する要素技術開発項目を定めた（以下の機能性能項目及び技術適用パターン）。

機能・性能項目	「かしこい技術」の例
耐震（構造安全）	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震動を感知し、その建築物への影響を打ち消したり軽減する方向に、建築物の挙動や挙動特性を制御するもの</li> <li>高機能材料を用い、建築構造物の耐震上の弱点となりうる部位の性能（例：ひび割れを起さず高い強度と変形能を維持することにより地震エネルギーを吸収する等の役割を果たすこと）を必要に応じて作りこむもの</li> </ul>
火災安全	<ul style="list-style-type: none"> <li>火熱や煙発生等を感知し、その避難安全等に対する悪影響を抑制するように煙や火熱の生成・拡散・移動等を制御するもの</li> </ul>
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> <li>外力等の作用履歴やひび割れ・腐食等の発生量を測定・記録し、合理的な維持管理の計画的実施に資するもの</li> </ul>
室内空気質	<ul style="list-style-type: none"> <li>ホルムアルデヒド等の有害化学物質を感知し、素材自らが吸着して室内の濃度を低下させ、空気質を向上させるもの</li> </ul>

具体的には、

- ・ 地震時挙動のセミアクティブ制御（MRダンパー、可変オイルダンパー）
- ・ 浮き上がりを活用した地震入力低減
- ・ 高靱性セメント系複合材料の特性評価（①図1、②図4）

- ・ 噴流による煙制御技術による避難安全性向上（①図 2、②図 4）
- ・ 電気化学的手法による材料の耐久性評価（図 3）
- ・ RFID タグセンサーを用いた ON-OFF 型構造物損傷検知
- ・ 吸着性建材による室内空気質の向上

を対象とした。

それらに関して学术界・産業界の協力連携を得た研究開発 WG を組織し、評価基準・ガイドライン等を作成した。

合理的な建築基準体系の構成方法に関しては、かしこい技術において特に重要な位置づけとなるリスクベース評価技術について調査し、個々の技術的用パターンに応じた建築基準への適合を評価するための性能評価手法・基準の開発と相互にフィードバックさせつつ、現状の建築基準体系・制度の下では適切に評価しきれない部分を含めて、かしこい建築を性能評価するためのフレームワークを検討した。

### 年度計画と研究費配分

区分 (目標、サブテーマ、分野等)	実施年度			総研究費 約 54 [百万円]
	H 1 5	H 1 6	H 1 7	研究費配分
(1) 技術適用パターンに応じた技術体系の開発 ① 「設計・建設・維持のための技術的要件（ガイドライン）」の開発 ② 性能評価手法・基準の開発	ニーズ・シーズ調査	要素技術開発	評価基準・ガイドライン作成	約 39 [百万円]
(2) 合理性の高い建築基準体系の構成方法の 明確化	リスクベース評価技術調査	評価フレームワーク作成	評価制度検討	約 15 [百万円]

### ○上記を踏まえた、本研究開発の妥当性

構造体・空間に作用する外力・負荷やそれに伴う状態の変化、経時的な劣化等を自ら感知し、それに基づき安全の確保等のために必要な制御を行う技術を「かしこい技術」として概念を確立し、ニーズ・シーズ調査により抽出した要素技術に関して、個々の技術適用パターンに応じた「設計・建設・維持のための技術的要件（ガイドライン）」の開発を行い、一部ではあるが、建築基準への適合を評価するための性能評価手法を開発したことは意義がある。一方で、「かしこい技術」に関する性能評価手法・基準を組み込んだ合理性の高い建築基準体系の構成方法の明確化に関しては、目標とした状況を完全に達成するまでには残念ながら到達することはできなかった。目指した方向に関して否定的な検討結果が出たわけではなく、かしこい技術・建築であるが故に信頼性・リスク評価に基づく設計・性能評価がより必要となるとともにこれらが非常に難しいものであることを認識することとなった。

### 4. 今後の取り組み

「かしこい建築・住まい」に不可欠なかしこい技術の一部については実用化のためのガイドライン等を作成しており、シンポジウム等を通して広く開示し、これを基盤として民間企業による個々の実用化技術開発を促す。また、ガイドライン等を開発できなかった技

術については、得られた知見を公表し、今後の実用化に向けた研究開発の基礎情報として提供する。

「かしこい建築・住まい」を社会が受け入れるためには、設計・建設・維持の全般にわたり、リスクベースの一貫した評価手法が確立している必要がある。本研究では、このことを明確にしつつ、現時点ではそれが確立していないこと、さらに、それが容易ではないことも明らかにした。今後は、それを実現するための、フィールドデータの収集、リスクベース評価の概念の整理、目標とするリスク水準等に関して系統的な研究開発をすすめ、「かしこい技術」に関する性能評価手法・基準を組み込んだ、合理性の高い建築基準体系実現に向けて継続的に努力したい。

## 研究課題名：かしこい建築・住まいの実現のための建築技術体系に関する研究（プロジェクト研究）

研究の成果目標	研究の成果目標		研究成果	研究成果の活用及び活用方針（施策への反映・効果等）	成果目標の達成度	備考
	セミアクティブ制御	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発				
耐震（構造安全）	浮き上がりを利用した地震入力低減	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	浮き上がり構造系の基本挙動の解析モデルの提示	実用化に向けた基礎的技術資料として活用。	△	
	高靱性セメント系複合材料	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	高靱性セメント複合材料の基本特性、設計・建設・維持における主要検討事項を評価基準（案）に取りまとめ。 高靱性セメント複合材料を用いた建築物の構造性能評価手法を評価基準（案）として取りまとめ。	民間企業による個々の実用化技術のための技術資料としての活用を促す。 評価基準（案）の大臣認定等の性能評価業務方法書への反映を目指す。また、他の新しい材料の性能評価手法の雛形として活用を促進する。	○	
火災安全	水平噴流式煙制御システム	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	水平噴流式煙制御技術システムの特徴、設計要件、稼働信頼性確保の方策等をガイドラインに取りまとめ。 水平噴流式煙制御技術システムを組み入れた空間の火災安全性評価手法をガイドラインに取りまとめ。	民間企業による個々の実用化技術のための技術資料としての活用を促す。 ガイドラインの大臣認定等の性能評価業務方法書への反映を目指す。	○	
	電気化学的手法	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	電気化学的手法の特性を活用した劣化モニタリングを含む建築物の維持管理フローとして整理	実用化に向けた技術資料としての活用する。	△	
耐久性	RFDタグラセンサー型構造物損傷検知	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	ON-OFF型構造物損傷検知の基本特性データの集積と実用化に向けた課題のとりまとめ	実用化に向けた技術開発のための基礎的技術資料として活用。	△	
	吸着性建材による室内空気質の向上技術	①設計・建設・維持のための技術的要件の開発 ②性能評価手法・基準の開発	ホルムアルデヒド吸着剤の効果に関する基礎的データの整備。	民間企業による個々の実用化技術開発のための技術資料としての活用を促す。	△	
(1) 各々の「かしこい技術」に関する開発			リスクベースの評価技術・理論について知見を得る。	リスクベース建築基準体系の開発に知見を活用。	×	
			個々の技術に関する検討結果を踏まえて「かしこい技術」を組み込んだ建築物を性能評価するための建築基準体系の必須項目・留意点等をフレームワークとして整備。	大臣認定等の性能評価業務方法書に反映。また、民間の設計者等を対象としたシンポジウムを開催して、フレームワークに基づき、かしこい建築の性能評価の理解・普及に努める。	△	
(2) 合理性の高い建築基準体系の構成方法の明確化			かしこい建築・住まいを建築基準で取り扱う場合に適した評価制度の提示	将来的な建築基準法改定に反映を目指す。	×	

＜成果目標の達成度＞ ◎：十分達成できた。 ○：概ね達成できた。 △：あまり達成できなかった。 ×：達成できなかった。

# 「かしこい建築・住まいの実現のための建築技術体系に関する研究」研究マップ

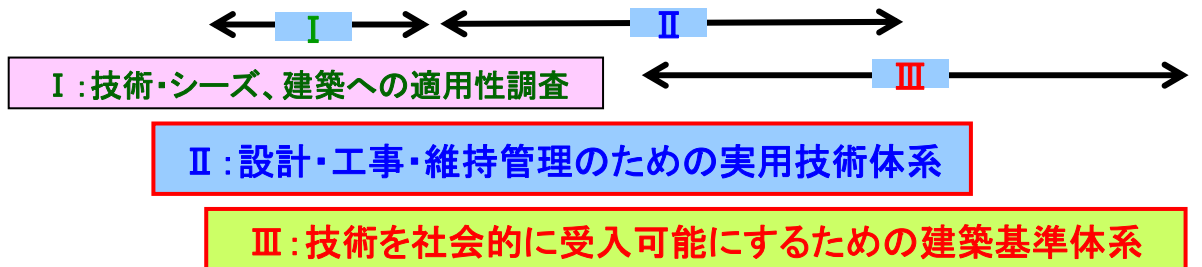
## 予算計上課題名

課題①: ……ITを組み込んだかしこい建築・住まいの実現を誘導する新建築基準体系の構築

## 共同研究

建築研究所(下記の項目Ⅱ、Ⅲにおいて)  
他機関のプロジェクト  
大学との連携

IT等技術の利用法		調査・研究の流れ(検討項目)			
		IT等技術の調査	技術・システムの提案	効果・信頼性	評価手法
建築・住まいの状態(センサー機能)	経年変化(材料・設備)	センサー技術	状態・変化の監視と異常の検知	・測定値の状態とを関連付けるDATA BASE	・性能制御に関する社会的要求(性能レベル、信頼性レベル)の把握・基準化
	居住環境				
建築住まいの性能の維持(センサーと制御を併用)	常時稼働(エレベータ)	センサー技術、制御技術、加力装置、信頼性、社会システム上の問題点	生活の利便を図る	・性能確保、経済性等の評価手法 ・動作信頼性確保に関する評価・保証手法	・社会的要求を満足することの評価/検証技術・手法体系
	短期的荷重(地震・暴風、火災等)		地震時、火災時の人命確保と被害軽減、事後の機能保持		



- 専ら国総研が主導する研究開発
- 専ら民間による技術開発
- 専ら民間・独法の共同研究等を主軸とした技術開発