

研究概要書： 健康的な居住環境の確保に関する研究

プロジェクトリーダー名： 建築研究部 環境・設備基準研究室長 澤地孝男
技術政策課題： 安心して暮らせる生活環境
関係研究部： 住宅研究部
研究期間： 平成12年度 ~ 平成15年度
総研究費： 約 800百万円

1. 研究の概要

室内環境の健康・快適性に対する関心が高まる中で、建物の気密化や様々な化学物質を発生する建材・薬剤の多用などがあいまって住宅内の空気環境を悪化させる、いわゆる「シックハウス問題」が社会的に関心を呼び、早急な対応が求められてきている。

本プロジェクト研究は、その改善と防止に不可欠な合理的材料選択と換気確保を実現するための技術開発、ならびにその普及誘導にかかわる制度整備への支援を通じて、空気汚染による健康影響がなく安心して安全な住まいと暮しづくりへの貢献、シックハウス問題の予防・低減を図ろうとするものである。

2. 研究の背景と経緯

近年の建築物には接着剤、防蟻剤、防腐剤、溶剤、可塑剤など様々な化学物質が、建材製造・施工・運用・居住などの各段階に用いられ、居住環境における快適性や利便性の改善と維持に重要な役割を担っている。しかし、そこに用いられた化学物質の一部は揮発等により室内に放散されることから、一方で進行している建物気密性の向上と、生活スタイルや都市環境の変化による通風換気の減少とが相乗し、室内空間への滞留・蓄積を進行させて居住者の健康に影響を及ぼす、いわゆるシックハウス問題の危険性が指摘されている。

環境設備・衛生の分野では、古くから調理・燃焼器具、喫煙などからの燃焼廃ガスや人体からの呼気を主な汚染源とみなし、現象解明・予測・評価技術、換気や浄化の手だてが論じられてきた。しかし、先に述べたような化学物質は、これら古典的汚染に比して何れも著しく微量で汚染濃度や挙動がつかみにくく、定量的対策の基盤となる被害実態あるいはその形成メカニズムに関する知見が不十分であったことから、国民の健康・安全性にかかわる大問題であるにもかかわらず社会的認知と技術的対応に遅れが生じてきた。また、既往の研究の多くが材料レベルの検討に基づいていること、化学物質の測定・定量に高価な機器と高度な技術を要するため、事例研究の域を脱することが難しく、統計的な分析やマクロな現象解明に資する情報が整備されていなかったことも原因として挙げられる。

わが国ではこのような事態に対処すべく、建設省(当時)が中心となって平成8年から4省庁が「健康住宅研究会」を組織し、優先的に取り組むべき対象化学物質・薬剤の範囲（ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン、防蟻剤、木材保存剤、可塑剤）を定めたほか、平成9年6

厚生省（当時）が示した濃度指針値に則った、わが国初の消費者向け「ユーザーズマニュアル」、設計施工者向け「設計施工マニュアル」の策定を行うことで、以後の研究開発と対策の方向を明らかにした。また、これらの成果は、平成 11 年 10 月の住宅性能表示制度の運用開始時に、ホルムアルデヒド対策を主な内容とする空気環境性能項目として活かされた。

建設省建築研究所（当時）では、上記の活動に協力する一方、平成 9 年度より官民連帯共同研究として「健康的な居住環境形成技術の開発」の課題に取り組み、基礎的実態資料の整備、測定・評価技術の改善を行うとともに、より定量的で具体的な「健康な住まいづくりのためのユーザーズガイド」及び「健康な住まいづくりのための設計施工ガイド」をとりまとめた。また、それにやや遅れて日本建築学会に設けられた特別研究委員会では、公衆衛生・医学・社会学などの学際的アプローチによる「室内化学物質空気汚染の健康・衛生居住環境の開発」（平成 10～12 年度）が実施されている。

これらの研究を通して解決の方向性は視野に入ってきたが同時に、有効な対策技術体系の確立には、先に述べた通り変動性や空間分布の著しい微量成分を対象とした測定・分析技術の未成熟、空気汚染の実態或いはそのメカニズムに関する知見の不足、対策に不可欠な建材発散や対策技術の性能効果に関する合理的客観資料の不足などが克服すべき課題として明らかとなってきた。

一方、平成 12 年度に行われた 5000 軒の実態調査（国土交通省主導の室内空気対策研究会、実態調査部会）において、汚染実態に関するマクロな状況が初めて明らかにされ、ホルムアルデヒドについては四分の一以上、トルエンについても約八分の一の住宅における室内濃度が指針値を超えている事態が判明したことから、社会的にも重大な問題と認識され、広範で確実な対策の実現・普及が強く求められる契機となった。

このような背景を踏まえ、国土技術政策総合研究所では、平成 12 年度より本プロジェクトの母体となる総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」（但し 12 年度は建設省建築研究所（当時）補正予算）に着手し、本格的なシックハウス対策の実現に向けて、先に技術的課題として挙げた、被害の様相の把握、汚染源の所在と居室への伝播経路の解明、室内空気質の簡易な測定・評価技術の開発、材料選択・内装設計に関する基礎資料整備と設計施工技術の開発及び関係情報の流通のあり方、換気対策技術の整備などに関する総合的研究開発に取り組むこととなった。

なお本プロジェクトは、事態の緊急性と重要性に鑑み、国土交通省住宅局と密接な連携を保ちながら、法整備への支援（社会資本整備審議会/室内化学物質対策部会審議、基準法改正・政令・告示策定）を基礎的な技術開発と並行して進めることで、行政ニーズの迅速な把握と的確な対応、成果の有効な活用を図った点に大きな特徴がある。

3 . 研究の成果目標（アウトプット目標）

本プロジェクト研究では、合理的な材料選択と適切な換気確保実現のための研究開発・技術資料整備及び法制等の施策支援を通じての、空気汚染による健康影響がなく、安心で安全な住まいと暮しづくりの実現に資する技術的基盤確立を目標とした。

前項に指摘した技術的課題の克服と併せて、建築基準法の改正と住宅品質法（住宅の品質

確保の促進等に関する法律)の整備に関する支援、公的設計指針や融資基準、性能表示制度、建材規格等への活用を視野に入れ、以下の項目を目標に掲げて研究開発を実施した。
(括弧内は期待された成果物)

室内空気汚染と健康被害、発生(抑制)、伝播に係る実態の解明
(汚染状況と原因に関する「実態基礎資料集」及び「標準的汚染診断法」の作成)
費用や精度の点で課題の多い現場測定・評価システムの改善と性能情報の整備
(簡易汚染測定機器等の「性能評価方法」提案・検証と「評価結果資料」公表)
各種対策技術の評価法とその試行に基づく設計施工技術、換気設計技術の開発
(建材・薬剤・機器・換気システムなど「対策技術評価方法」提案とその性能評価試験の
「試行・検証資料」公表、及びそれに基づく要素技術の開発・改良(共同研究))
消費者保護と産業育成に資する技術情報等の収集とその活用方法の整備
(スクリーニングや試行実験など「規制対策を要する建材特定のための技術資料」、小
屋裏等の発生源と伝播モデル検討など「規制範囲・方法提案のための技術資料」、躯体
気密の実態調査や換気設計の課題検討に基づく「(空気環境対策のための)換気設計技
術指針」、事前診断のための「簡易予測評価プログラム」等の作成)

4. 研究の成果の活用方針(アウトカム目標)

本プロジェクト研究では、安全・安心にかかわる住生活の質を低下させる、室内空気汚染による健康影響(いわゆるシックハウス問題)を、その解明と対策技術・制度の整備を通じて防止・軽減し、安全な材料と適切な換気等により健康影響のない住宅等の普及促進(ホルムアルデヒド濃度指針超過割合及び室内平均濃度水準の低減)をアウトカム目標として設定した。

目標となる指標の選定については、低減を図るべき化学物質の種別、対象の範囲、基準として参照すべき濃度水準、健康影響との関連性、発生源・メカニズムに関する知見の蓄積、代替の可能性、目標水準の明確さなどに留意する必要がある。

ホルムアルデヒドが、いわゆるシックハウス問題のきっかけとなった主要な汚染物質であることは先に述べた5000軒の全国実態調査からも示唆されているほか、主要な発生源として木質製品接着剤と防腐剤の存在が既に知られ、代替の可能性が検討段階に入っていたことなども採用理由である。

また、本指標については国土交通省が財団法人 住宅リフォーム・紛争処理支援センターに実態調査委員会を置いて2001年以降継続的な調査を行っている。

(この指標の改善は、本プロジェクト成果の反映先である建築基準法及び住宅品質法の成果に負うところが大きい、最終的な効果の定量化という点でこれに勝る指標は考えられない。なお、本プロジェクト期間中ではあるが、平成14年の建築基準法改正において規制対象物質となっている)

5 . 研究内容、年度毎実施内容

別紙 1 を参照されたい。

6 . 研究実施体制

別紙 2 を参照されたい。

7 . 研究の成果(アウトプット)と目標に対する達成状況

以下、「3.研究成果目標」に示した項目に沿って達成状況について述べる。

室内空気汚染と健康被害、発生（抑制）、伝播に係る実態の解明

（汚染状況と原因に関する「実態基礎資料集」及び「標準的汚染診断法」の作成）

費用や精度の点で課題の多い現場測定・評価システムの改善と性能情報の整備

（簡易汚染測定機器等の「性能評価方法」提案・検証と「評価結果資料」公表）

各種対策技術の評価法とその試行に基づく設計施工技術、換気設計技術の開発

（建材・薬剤・機器・換気システムなど「対策技術評価方法」提案とその性能評価試験の「試行・検証資料」公表、及びそれに基づく要素技術の開発・改良(共同研究)）

消費者保護と産業育成に資する技術情報等の収集とその活用方法の整備

（スクリーニングや試行実験など「規制対策を要する建材特定のための技術資料」、

小屋裏等の発生源と伝播モデル検討など「規制範囲・方法提案のための技術資料」、

躯体気密の実態調査や換気設計の課題検討に基づく「(空気環境対策のための)換

気設計技術指針」、事前診断のための「簡易予測評価プログラム」等の作成)

8 . 研究成果の活用状況(施策への反映等、アウトカム)

施策への主な反映状況を以下に列記する。

【建築基準法】

木造床下構造等の防蟻対策に用いられていた「クロルピリホス」の放散性を実験により定量把握するとともに、後で触れる住宅躯体内移送伝播モデルに則って開発した数値シミュレーションに適用して、現実的な気密性能や気密措置では室内濃度を厚生労働省指針値以下に保つことが困難であることを示す資料を作成し、社会資本整備審議会化学物質対策部会（村上周三委員長）に提供した。これに基づき、クロルピリホスの住宅への使用は禁止されることとなった。

室内空気汚染物質濃度の実態と被害に関する資料を収集・整理し、ホルムアルデヒドによる汚染被害が最も大きく、材料レベルの放散・吸脱着現象に関する知見整備が進んでいるのに対し、他の化学物質に関しては発生源・伝播機序・被害実態等の資料が乏しく、

合理的な放散や濃度形成に関する予測は困難であることを示し、ホルムアルデヒド規制の優先性を示唆した。

様々な屋内外境界条件におけるホルムアルデヒド室内濃度に関する試算を提供し、構造躯体の窓・扉・換気口の使用・性能と、建物形状、換気設備性能の影響に関する基礎的知見を提供した。特に、「標準状態」と称する境界条件設定の妥当性検証、感度分析などを詳細に行い、規制方法の構築に貢献した。

室内に面する内装材等からだけでなく、躯体内部に隠された下地材や構造材から放散されたホルムアルデヒドが室内に流入する場合のあることを指摘するとともに、その機序と影響度を実験的に確認して上述の化学物質対策部会に提供した。これに基づき、「小屋裏等」からのホルムアルデヒド流入が認知され、基準法に固有の規定が盛り込まれることとなった。

機械換気システムの実情と問題点、躯体気密性との関連などについて実施した調査と実験を行い、多くの住宅で実効的な換気量の不足が生じている知見を提供した。これに基づき、換気機器及びシステムの合理的な設計施工方法開発とその普及啓蒙の必要性が認識され、解説書に大きなスペースを割いて啓蒙するなどの措置がとられた。

外皮構造の気密性と室内空気汚染状況との関連について調査研究を実施し、一定以上の隙間を有する伝統的或いは開放的住宅においては、機械換気設備を設ける必要が無いことを示し、規制の例外事項として反映された。

ホルムアルデヒド発生が疑われる建材を対象に放散性を確認するスクリーニング試験を実施し、規制を必要とするか否かの判定に供した。

基準法が規制の根拠としている、建材からの放散性規格（JIS、JAS等）、使用面積とその空間の換気量から室内濃度を推定する基礎式を様々な条件を与えた実大規模の室に適用し、過小に見積もることは無くほぼ妥当な精度を有することを示した。

【住宅品確法】

基準法に提供した放散性状、予測方法、伝播モデル等の知見を勘案し、それらを設計時及び竣工時の性能表示用に修正・適用した。

【アウトカム】

本プロジェクトで主要な実現方策・成果反映先として位置づけた、建築基準法の策定・整備に伴う直接的効果は、これが新規の建設フローを対象とした規制であるため、新築及び建替え（年間約110万戸）については100%の改善（シックハウスの完全防止）が期待できると考えられる。一方、住宅品確法（住宅の品質確保の促進等に関する法律）は既築にも対応するが実績は少なく、改修時以外の既築ストックに対する影響を予測することは難しい。

従来環境関連施策の多くが誘導的なものであったのに比して、規制法が制定されることの効果は大変大きく、改修や住み替えなどの機会を捉えて換気設備の付加などの形で波及・増幅される可能性も期待できる。

新築住宅のすべてが規制対象となることから、住宅ストックの

当面、その効果を量る指標としては全国調査における濃度指針値超過率が有力で、ホルムアルデヒドについては2001年度調査の指針値超過率27.3%からの低減が指標と考えられる。しかしながら、

9 . 研究成果の公表状況(予定含む)

各課題から多数の学术论文発表、マスコミ・学業界誌への掲載、シンポジウム講演等を実施しており、顕著な情報提供を果たした。

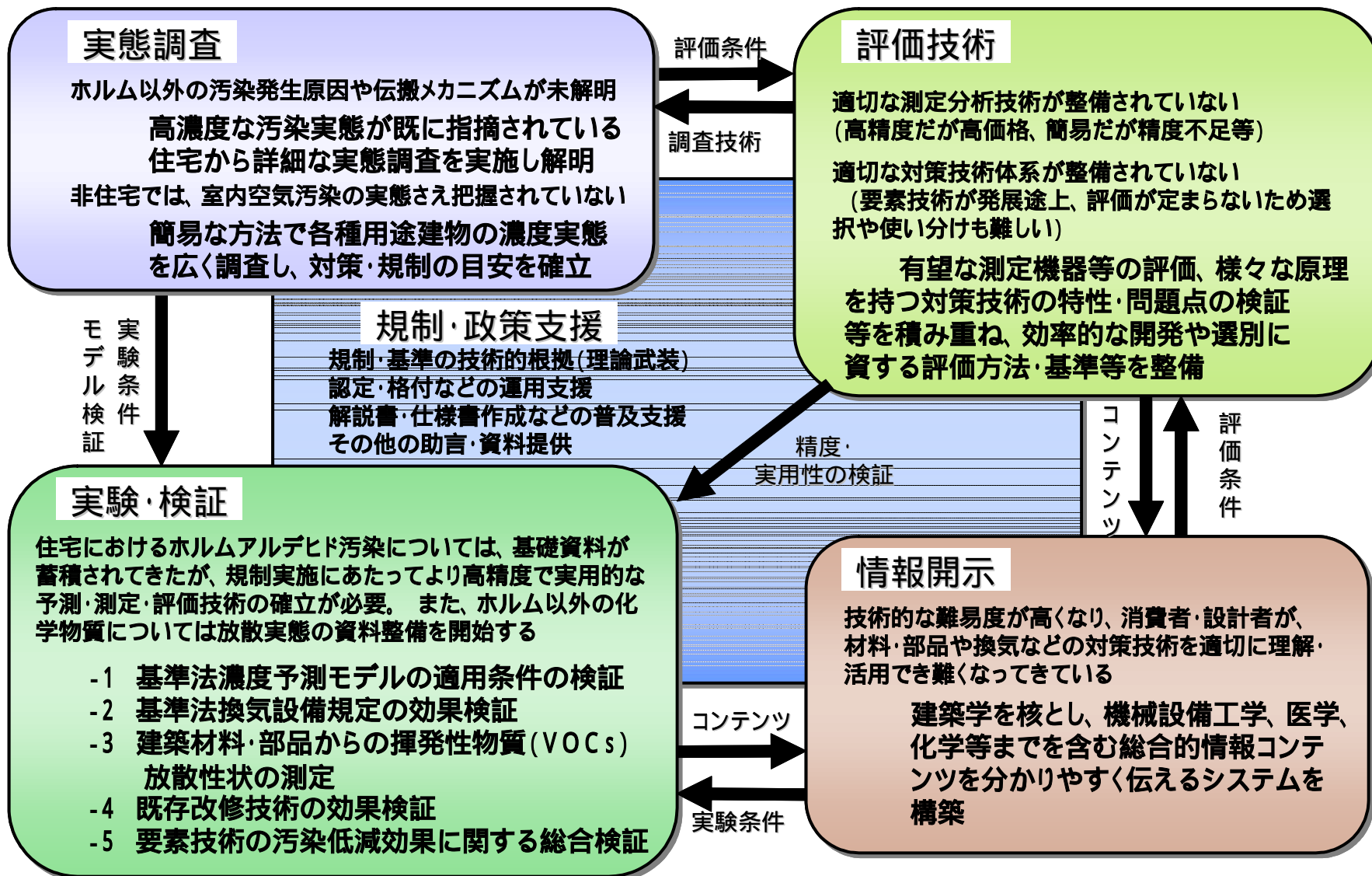
10 . 新たな課題と研究の方向性

クロルピリホスとホルムアルデヒドに関しては、実態把握、測定法整備、材料規制シナリオ整備、合理的な換気評価設計方法の提案などに一定の成果を挙げ、被害の低減・予防に寄与できたと考える。一方、その他の化学物質(いわゆるVOC)に関しては、汚染実態把握、測定方法整備には相当の知見を得たが、必ずしも有効な汚染予測と評価のシナリオを構築するには至らなかった。

別紙 1 (研究計画)

	12年度 補正	平成13年度	平成14年度	平成15年度	
I. 空気汚染実態の詳細把握 (1)住宅における調査手法の検討および広域調査の実施 (2)一般建築における調査手法の検討および広域調査の実施 . 汚染物質濃度の測定法・予測法の開発 (1)測定方法の検討 (2)測定機器の検証 . 対策技術試験評価法の開発 (1)新築時の対策手法の評価 (2)換気システムの評価 (3)改修診断評価システムの評価 (4)設計施工支援システムの評価 . 総合性能評価表示手法の開発 (1)情報提供手法の整備 (2)総合性能の検証 (3)空気質性能評価手法の検討 (4)性能表示手法の整備		調査手法提案 測定機器・手順の設定 広域詳細調査実施 分析方法検討	調査手法改善 広域詳細調査継続 汚染水準把握と材料・健康影響の分析	調査手法のとりまとめ 目的別補足調査実施 空気環境実態資料集作成 メカニズムに関する提案	
			調査手法の検討 一般建築における実態調査実施	調査継続・とりまとめ 空気環境実態資料集作成	
		既往技術の収集 測定方法の検討	測定方法検討	測定法の標準化・まとめ	
		既往測定機器収集分析 性能検証実験	既往機器の検証継続	測定機器活用指針作成	
		既往技術の収集分析 対策技術評価方法検討	対策技術試験法検討	対策技術試験法作成	
		既往機器システム評価 実態に基づく開発目標の検討	換気システム試験法の開発	換気システムの性能検証 試験法作成	
		診断技術・濃度低減技術 の調査検討	診断技術・低減技術 の試験法開発	発生源特定法の提案	
		支援技術の検討 ガイドラインの検討	支援技術の検討継続 ガイドラインの検討継続	支援技術・ガイドラインの提案	
			各種情報の収集	情報収集の継続 伝達システムの設計 情報提供システムの提案	
		検証用実験設備の整備	装置の性能確認、 材料実験の実施	換気実験の実施 材料・換気の総合影響実験、 まとめ	
			性能評価の要素と方法の検討	性能評価要素と方法の検討継続 評価精度の検討	性能評価手法とりまとめ
			性能表示手法の検討	実用的な表示方法の 試案作成	実用的 性能表示方法の提案

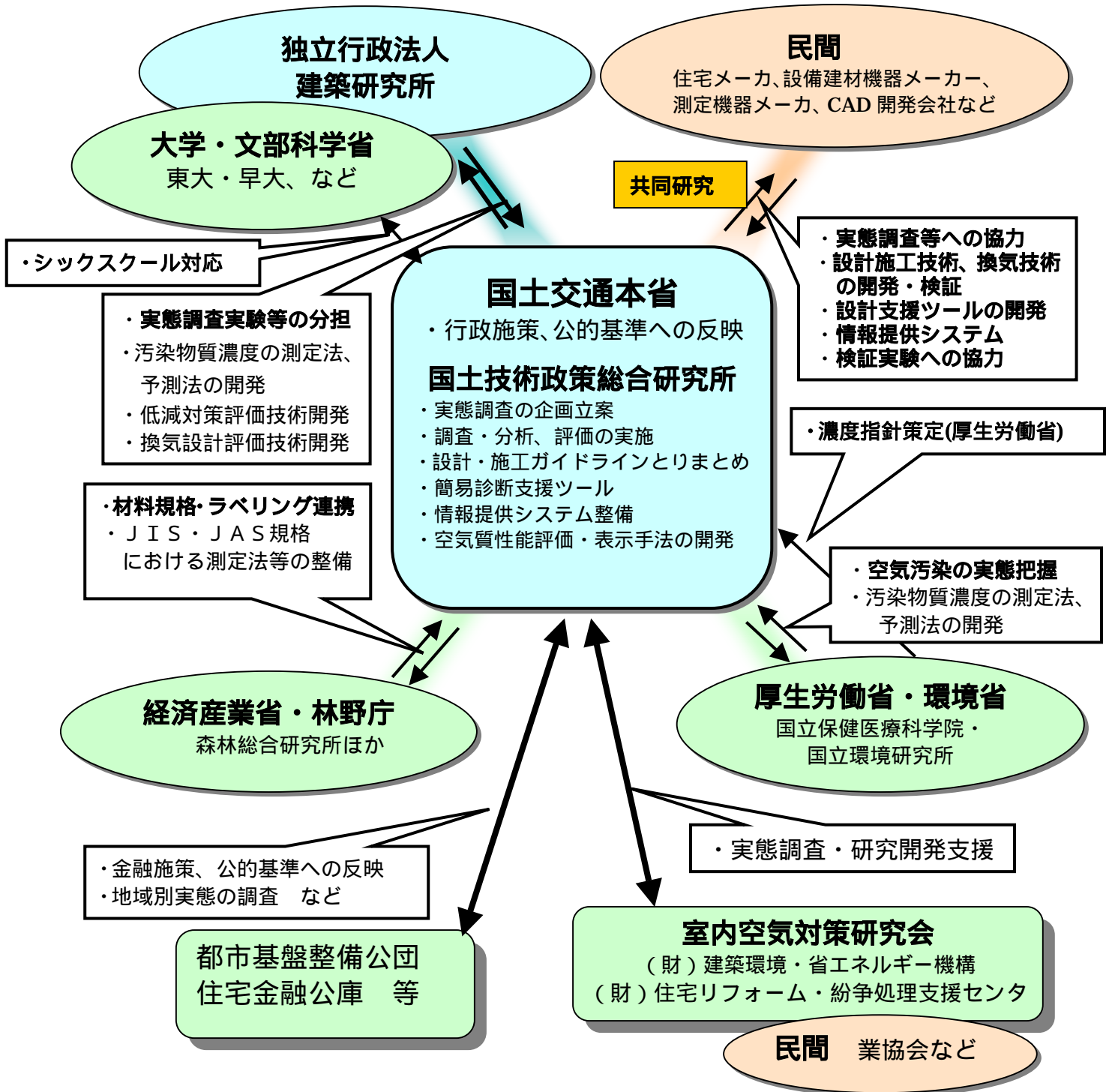
シックハウス対策技術の開発



別紙2 (実施体制)

シックハウス問題に関する医学的データの蓄積を有する厚生労働省と連携をとりながら、実態調査を行い、発生メカニズムを解明する。汚染物質濃度の測定・予測方法については、厚生労働省・環境省、経済産業省・林野庁と連携をとりながら、簡易で実用的な手法を開発・整備する。

また、大学研究室や民間の支援を得ながら、関連する研究開発実績及び必要な知見・実験施設を有する独立行政法人建築研究所と協力して、ガイドライン・対策手法・情報支援システムの開発・整備及び全体調整を実施し、効果的なシステムの開発、普及を行う。



「健康的な居住環境確保」研究マップ

予算計上課題名

- 課題 : 空気環境実態の把握
- 課題 : 伝播メカニズムの解明・検証
- 課題 : 測定・評価技術の開発
- 課題 : 換気対策技術の開発
- 課題 : 材料対策技術の開発
- 課題 : 総合対策技術の開発

共同研究

- 課題 : シックハウス対策技術の評価

分野	アプローチ	調査・把握	検討解明	検証/実証	開発	普及実用
環境実態	実態調査・把握	←		→		
	移動伝播メカニズム		[]			
発生源	発生・吸脱着メカニズム		[]			
	測定・評価技術		←		→	
換気対策	換気計画技術				→	
発生源対策	建材生産・供給		[]			(JIS・JAS)
	非建材発生源					
	内装設計施工技術		[]			
その他の対策	封止・除去対策		[]			(大臣認定)
	空気清浄機・改修その他		[]			

かなり研究が進んでいる研究領域

いくらか研究が進んでいる研究領域

ほとんど研究が進んでいない研究領域

国総研で過去に取り組んできた研究領域