

科学技術振興調整費による生活・社会基盤研究

# 評 価 報 告 書

平成 1 2 年 1 2 月

科学技術会議 政策委員会  
生活・社会基盤研究小委員会



# 科学技術振興調整費による生活・社会基盤研究 評価報告

科学技術会議 政策委員会  
生活・社会基盤研究小委員会

科学技術会議 政策委員会 生活・社会基盤研究小委員会は、科学技術振興調整費による生活・社会基盤研究として実施した研究のうち、平成10～12年度に実施された生活者ニーズ対応研究3課題及び平成9～11年度に実施された地域先導研究3課題を対象として、研究の業績、成果の有効性等について、評価を行った。

また、生活者ニーズ対応研究については、3課題のうち「都市ゴミの生分解性プラスチック化による生活排水・廃棄物処理に関する研究」を第一期移行課題として選定した。

研究課題ごとの評価結果は、以下のとおりである。

## ・生活者ニーズ対応研究（平成10～12年度実施課題）

1. はじめに	5
2. 生活者ニーズ対応研究の概要	5
3. 各研究課題の評価について	
都市ゴミの生分解性プラスチック化による生活排水・廃棄物処理に関する研究	7
内分泌攪乱物質による生殖への影響とその作用機構に関する研究	13
室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境に関する研究	21

## ・地域先導研究（平成9～11年度実施課題）

1. はじめに	31
2. 地域先導研究の概要	31
3. 各研究課題の評価について	
相模湖・津久井湖の藻類による汚濁機構解明と その浄化・資源化技術に関する研究（神奈川県）	33
富山県域の雪の特性解明と利雪に関する高度利用研究（富山県）	41
地域糖質資源の高機能化と環境調和型利用システムの基盤研究（鹿児島県）	49

## ・参考資料

1. 生活・社会基盤研究の評価について	61
2. 生活・社会基盤研究小委員会 委員名簿	64
3. 地域先導研究外部専門家名簿	65



## ・生活者ニーズ対応研究



## 1. はじめに

本報告書は、科学技術振興調整費に平成7年度創設された生活・社会基盤研究の生活者ニーズ対応研究について、科学技術会議 政策委員会 生活・社会基盤研究小委員会によって行われた評価結果である。評価対象は、平成10年度から平成12年度の間に研究を実施した3課題である。(ただし、平成12年度については年度途中の評価。)

評価作業は、生活者ニーズ対応研究の課題の進捗管理等を行う総合推進委員会によりまとめられた報告書とともに、平成12年10月に、研究代表者に対する面接によって行われた。本報告書は主として報告書及び面接時の所見に基づいて作成されている。主な評価の観点は、研究の業績、成果の有効性、二期研究の実施の是非である。

## 2. 生活者ニーズ対応研究の概要

### 2.1 目的・趣旨

安心して暮らせる豊かで潤いのある社会を構築するためには、生活者の立場を重視した科学技術の振興や生活の場としての地域の活性化に資する基盤研究を推進するとともに、その成果を速やかに生活・社会へ適用することが重要である。

生活者ニーズ対応研究は、国立試験研究機関、公設試験研究機関、大学、民間研究機関等の研究ポテンシャルを結集し、生活者や社会のニーズに密着した生活の質の向上に資する研究課題を対象とし、生活者の視点からの意見等を反映させつつ総合的に推進している。

### 2.2 研究費

1 課題あたり年間1～3億円程度

### 2.3 研究実施期間

3年間(必要に応じて第三期研究を実施)





研究課題名：都市ゴミの生分解性プラスチック化による生活排水・廃棄物処理に関する研究

実施期間：第 期 平成10年度～12年度

研究代表者：白井 義人（九州工業大学 助教授）

## 1 研究目標の概要

生ゴミの衛生的、省力的な回収方法としてディスポーザ及び管路による搬送を利用し、これによって回収された生ゴミを原料として高付加価値の工業原料である生分解性プラスチック（ポリ乳酸）を製造する技術システムを開発する。

このため、ディスポーザ経由での生ゴミの搬送、水と生ゴミの混合状態から固液分離によって固形分を抽出し有効成分を選択的・効率的に回収する方法の開発、雑多な成分からなる生ゴミから実際に乳酸を製造し、それを基礎原料として生分解性プラスチックを製造する技術の開発、以上で開発された生ゴミの収集・資源化技術システムを現実の都市に導入するための設計・評価の3つを研究目標として設定し、それぞれをサブテーマとして実施する。

以上によって、生活者の利便性・快適性を格段に向上させた上で、経済性にも優れ、現実に適用可能な有機物資源循環システム技術を開発、提案し、資源循環型社会の実現に貢献する。

## 2 研究成果の概要

北九州市内の集合住宅にディスポーザを設置し、これによって回収した生ゴミを原料として実際に乳酸を製造し、これから高純度の生分解性プラスチック（ポリ乳酸）を製造することに成功した。具体的には、

水と生ゴミの混合状態から、固液分離・処理によって乳酸製造に必要な有効成分の抽出が現実的に可能であることを立証した。

生ゴミの種類にかかわらず、湿潤生ゴミ1トンから概ね100kgの乳酸が製造可能なことを立証した。

生ゴミから製造された乳酸は純度が高く、高付加価値の工業原料（透明度の高い生分解性プラスチックの製造原料）として利用可能な品質であることを立証した。

また、このシステムを実際の都市に導入する場合の問題点、既存システムとの比較検討等の評価を行い、その有効性を立証した。

### 1．ディスポーザと管路による生ゴミの搬送・収集及び生ゴミからの乳酸原料の生成に関する研究

北九州住宅供給公社の協力により、24戸集合住宅×2棟での実証試験の結果

- ・生ゴミの資源化について、生活者の手をわずらわせることなく、生ゴミだけを選択的に回収、一次処理ができた。
- ・リサイクルへの貢献として、生ゴミが占有していた分のごみ置き場（ベランダ他）がすっきりしたため、分別した資源ゴミを置いておく場所が確保できた。
- ・環境の改善効果として、猫、カラスの害が無くなった。また、悪臭の発生が無くなった。

### 2．生ゴミからの生分解性プラスチックの製造に関する研究

- ・生ゴミから乳酸生産の高い再現性と収率（湿潤ゴミ基準で6～10%）を確認した。

- ・生ゴミから実際に高純度の乳酸を経済的に精製することに成功した。
- ・生ゴミから精製された乳酸よりポリ乳酸の合成に成功した。(現在 遂行中、成果予定)
- ・生ゴミ貯留、搬送中に生成する低光学純度の乳酸をプロピオン酸菌により選択的に除去することに成功した。
- ・実験室レベルでの生ゴミから高純度L乳酸の連続生産技術を確立した。
- ・本プロセスから排出される残渣は、肥料やダイオキシン吸着用活性炭の優れた原料になることがわかった。
- ・研究成果の実現性として、生ゴミからポリ乳酸を製造した際に要するコストを試算した。試算の基本条件は次のとおりである。ポリ乳酸の年産2,000トン(生ゴミ量100トン/日)、施設費80億円(含む土地代、20年で償却)、人員24名(年俸700万円)とした。この結果、ポリ乳酸1kgの製造コストは約430円となった。もしゴミ処理費としてトン1万円得られれば、ポリ乳酸の原料費として-180円期待できるため、実際のポリ乳酸製造コストは250円となる。これは現在アメリカで大量生産されているポリ乳酸の工場出荷価格に近く、これからのコスト吟味次第ではさらなるコストダウンも可能であり、コスト面でも本提案法の実現は十分可能である。

### 3．水系管路搬送と生分解性プラスチック製造技術を組み込んだ新たな都市環境システムの設計・評価に関する研究

家庭からの生ごみ搬出の必要が無くなることと、新たな機器・システムを受け入れること等に関する意識をアンケート調査により把握し、統合システムへのニーズ及びその便益評価のための基礎データを取得した。また、これらに基づき、次の成果を得た。

- ・実在都市のデータを利用し、複数のケースを設定することによって、団地規模(100世帯)でディスポーザーを導入することによる影響を、環境面及びコスト面から評価することができた。
- ・LCAでは、ディスポーザーを導入することによりエネルギー消費量や水消費量が増加するが、雑用水を利用することにより水消費量は抑えられる。水質汚濁負荷は、ディスポーザー対応型浄化槽がある場合、現状より負荷が小さくなることがわかった。
- ・LCC(ライフサイクルコスト)では、ディスポーザー導入によるコスト上昇はあるが、廃棄物処理サイドのコスト削減により、トータルの上昇幅はあまり大きくない結果となった。また、主体別では、公共負担が減少し個人負担分が増加することがわかった。

### 3 評価の概要

本研究は、研究目標を概ね達成しており、その成果については、科学的な観点、及び国民生活又は社会的な観点から判断してともに高く、研究成果の波及効果・発展性が期待できる。また、課題設定は適切であったと考えられ、総合的に評価して、本研究は優れた研究であったと結論できる（下表参照）。ただし、サブテーマ3については、国民生活又は社会的な観点から判断して研究成果が十分でないとして評価された。

人間が健全な都市生活文明を望む限り、ゴミ問題の解決は急務であり、本研究は、都市で大量に発生する生ゴミを原料として付加価値をつけて再利用する点で意義深い。今後、現在の石油製品によるプラスチックを生ゴミ由来のものに一部切り替えることができるような成果を期待したい。

第 期への移行に当たっては、サブテーマ1では乳酸のみならずアセトンその他の含炭素有用化合物の産生プロセスの開発にも目を向け、サブテーマ2では生分解性プラスチックの用途とその経済性についてより詳細に検討することが望ましい。なお、サブテーマ3については、テーマが大規模なこともあって未完であり、都市内の有機物資源リサイクルの全体システムの構築をめざし、研究代表者の強力なリーダーシップのもと研究組織の大胆な再編成を行うことが望ましい。

#### < 総合評価 >

評価項目	評 価	課題全体
総合評価	a : 非常に優れた研究であった b : 優れた研究であった c : 優れた研究ではなかった	b
今後の研究の進め方	a : 研究を継続すべきである b : 研究内容を再編成して継続するべきである c : 研究を終了するべきである	b

#### < 全体評価 >

評価項目	評 価	課題全体
・ 研究目標の達成度	a : 十分に達成した b : 概ね達成した c : 達成しなかった	b
-1 . 研究成果の価値	科学的観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
	国民生活又は社会的な観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
-2 . 研究成果の波及効果・ 発展性	a : 期待できる b : 期待できない	a
・ 課題設定の適切さ	a : 適切であった b : 適切でなかった	a

(参考1) 研究成果の発表等  
研究発表等

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	16 件	19 件	92 件	127 件
国外	11 件	5 件	16 件	32 件
合計	27 件	24 件	108 件	159 件

特許出願等

4 件 (国内 4 件、国外 件)

- ・白井義人：生ゴミをリサイクルする方法、特願2000-43113号
- ・白井義人：生ゴミから高光学純度の乳酸を製造する方法、特願2000-078255号
- ・白井義人：生ゴミから肥料を製造する方法、特願2000-080826号
- ・白井義人：生ゴミから乳酸発酵原料を製造する方法及びその装置、特願2000-212940号

受賞等

4 件 (国内 4 件、国外 件)

- ・YOP Mits日本財団賞(平成11年11月) 大分大学 酒井謙二  
「微生物処理を介した生物由来廃棄物リサイクル」
- ・(財)バイオインダストリー協会 発酵と代謝研究奨励賞(平成11年10月) 大分大学 酒井謙二  
「有機廃棄物を原料とする開放型乳酸発酵プロセス確立のための菌叢解析」
- ・土木学会論文賞(平成11年5月) 九州大学 松本 亨, 井村秀文  
「社会資本整備に係わるLCA(ライフサイクルアセスメント)手法の開発と適用」
- ・日本化学会 化学技術賞(平成12年3月) (株)島津製作所 小原仁実  
「再生可能資源からの高分子量ポリ-L-乳酸の工業的製造法開発」

(参考2) 第 期研究における所要経費

「都市ゴミの生分解性プラスチック化による生活排水・廃棄物処理システムの構築」

(単位：千円)

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費 3か年間
1. ディスポーザと管路による生ゴミの搬送・収集及び生ゴミからの乳酸原料の生成に関する研究			
1) ディスポーザと管路を用いた生ゴミ搬送及び中水利用システムの開発	東陶機器(株)	清水 康利	69,820
2) 生ゴミからの原料分離プロセスの開発	九州大学大学院 工学研究科	楠田 哲也	29,501
3) 貯留生ゴミの防腐・防臭技術の開発	九州工業大学工学部	尾川 博昭	41,946
4) 貯留生ゴミの防腐・防臭技術の開発	環境テクノス(株)	古崎 勝	22,901
2. 生ゴミからの生分解性プラスチックの製造に関する研究			
1) 加圧熱水法による再生不能紙の糖化	工業技術院九州工業技術 研究所	柴田 昌男	31,346
2) 生ゴミを資源化する最適乳酸菌の探索	大分大学工学部	酒井 謙二	36,646
3) 生ゴミ起源の乳酸から生分解性プラスチックの生産	九州工業大学情報工学部	白井 義人	28,714
4) 生ゴミ起源の乳酸から生分解性プラスチックの生産	(株)島津製作所	小原 仁実	78,534
5) 生ゴミ乳酸化・生分解性プラスチック化の諸装置に関する研究	(株)武蔵野化学研究所	三浦 重信	58,272
6) 生ゴミ乳酸化・生分解性プラスチック化の諸装置に関する研究	(株)前川製作所	坂下 茂	39,960
7) 要素技術の統合化試験	(株)北九州テクニカルセンター	原田 芳文	205,894
3. 水系管路搬送と生分解性プラスチック製造技術を組み込んだ新たな都市環境システムの設計・評価に関する研究			
1) 生活者・社会システムに及ぼす影響に関する研究	建設省建築研究所	山海 敏弘	28,472
2) 費用効果・環境改善効果等から見たシステムの総合評価及び最適設計	九州大学環境システム科学 研究センター	松本 亨	32,085
4. 研究推進	科学技術庁研究開発局		2,657
合計			706,748

## 第 期移行の考え方

「都市ゴミの高付加価値資源化による生活排水・廃棄物処理システムの構築」

別添pdfファイル参照

研究課題名：内分泌攪乱物質による生殖への影響とその作用機構に関する研究

実施期間：第 期 平成10年度～12年度

研究代表者：森田 昌敏（環境庁国立環境研究所 地域環境研究グループ 統括研究官）

## 1 研究目標の概要

現代の私達の生活環境中には、きわめて多数の化学物質が存在しているが、その中には、ホルモン類似の構造を持つなどにより、内分泌系の攪乱をひきおこす物質の存在が危惧されている。これらの物質による影響がヒトや野生生物の生殖に影響を与える可能性が指摘されるが、このような事象に対して、内分泌攪乱物質とその生体影響を高感度に検出できる計測手法を開発し、またその影響の発現メカニズムを分子レベルで解明することを通じて、内分泌攪乱物質が人、及び地球上にすむ生物種の存続に与えるであろう影響の実態とその意味を明らかにしようとするものである。更に、社会的な関心事となりつつある内分泌攪乱問題について、求められる行政施策や対策技術上の基礎となる知見の集積を得つつ、危険の未然防止のために化学物質の評価手法を確立することを目的として総合的に研究を実施することとした。

## 2 研究成果の概要

### 1 - . 内分泌攪乱化学物質の高感度分析手法の開発及びそれを用いた環境中濃度の把握

環境水中のエストラジオールの分析法を改良し、人畜由来のホルモンの正確な測定が可能となった。霞ヶ浦湖水の測定値は一斉調査報告値の1/10以下であり、環境中のエストロゲン活性の評価を大きく変える結果となった。本法は、環境庁の内分泌攪乱化学物質の調査法として、1999年度より、調査に採用されている。ノニルフェノールを高度に分離し、エストロゲン活性の高い画分が同定された。ノニルフェノールの合成法を変えることにより弱毒化できる可能性が示された。また、東京湾底質コアや日本海の調査より、ノニルフェノールが近年上昇傾向にあること、深海に汚染が及んでいることが示された。含有する化学物質が食品へ移行する可能性のあるポリスチレン容器、塩化ビニル製包装・容器中の添加剤89物質、有機スズ9物質の詳細な分析がなされ、高濃度に添加された製品が市販されている実態や、添加物の分解によりノニルフェノールが生成している製品があることが示された。また塩ビ製手袋から高濃度のフタル酸エステルを溶出を見出したが、その使用の中止にむけて行政的な対応がなされた。不純物や代謝産物などを含めた有機スズ化合物24物質の測定法が開発され、有機スズの蓄積、代謝、環境残留について基礎的検討され、有機スズの環境動態が明らかとなった。トリアジン系除草剤の免疫化学的測定法が開発と河川・土壌の調査が行われ、日本では本物質による地下水汚染の懸念が小さいことが推定された。金属元素の2次元イメージング非破壊多成分分析法の装置開発が行われ、微量元素の局所分布及び必須元素のバランスシフトを検出できるようになった。

### 1 - . 内分泌攪乱物質の評価手法の開発

子宮内暴露によるスクリーニング法の開発では、エストロゲン（DES）、抗アンドロゲン（ビクロゾリン）、アンドロゲン（メチルテストステロン）、抗エストロゲン（タモキシフェン）および有機スズ（ホルモンレセプターを介さない系、作用機構は不明）の試験、毒性発現の機構解明が行われた。陽性となった試験結果からいくつかの毒性とも関係する指標パラメーターが認められ、内分泌攪乱作用を特異的に検出できる試験系になりうることを示された。ホルモ

ン受容体を用いるスクリーニング手法の開発では、エストロゲン受容体では、ヒト、マウス、トリ、カエル、魚の評価系が作成され、アンドロゲンではヒト、ラットの評価系が確立された。また、エストロゲンではヒトのエストロゲンレセプター と の応答性の違いが酵母を用い簡便に評価できる系が作成され、種間差を評価するための体系が整った。二世代試験では、軽度障害を有する個体からは次世代に奇形が増加するが、その影響には閾値があることが示された。魚類を用いる試験系では、サケマス類およびメダカのビテロゲニン、コリオゲニンのELISA法による測定法が確立され、ベースラインとエストロゲン曝露への応答性が示された。メダカの実験影響の試験法が提示された。ラットの次世代の高次機能への影響を行動影響から検査できる試験法が提示され、PCB曝露による影響が検討された。また、情報科学的研究では情報データベースを作成した。

## 2. 内分泌攪乱の発現メカニズムの解明に関する研究

メカニズムの解明に直結するような“対象となる攪乱課題”の中から、特に、1)低用量(非線形反応、閾値問題、相乗・相加)、2)ステロイドホルモン代謝異常・性分化・性行動影響、3)次世代影響(胎仔、新生児、その他)、4)高次生命機能、5)異物反応シグナル、などを課題としてとりあげ、以下のような成果をあげた。

**低用量問題**では、雄成熟ラットにDES、ビスフェノールA(BPA)、ビクロゾリンを与えて生殖機能の異常を調べた。BPAについて精巣重量とDSPに変化がみられ、LOEL20 µg/kgという低用量作動性を観察した。

**ステロイドホルモン代謝異常・性分化・性行動影響**で、C.elegansを用いた評価系を樹立し、また、C.elegans遺伝子群のマイクロアレイによる評価が可能となった。インボセックスと関連して、巻貝類のステロイドホルモンの測定系が樹立された、また水槽実験において、ライフサイクル試験を行った。ノニルフェノール(Np)を曝露したマミチヨグの受精卵での孵化直後の殆どの死亡を観察した。

**次世代影響**では、Bisphenol A(BPA)の胎盤通過性と胎仔移行性を証明し、さらに、比較的少量のBPA.0.2, 2 µg/kgの全実験群で有意な次世代の早期腔開口を観察した。マウス胎児脳からのER応答遺伝子のスクリーニングで、ERE様配列をもつクローン52を得ている。

**高次生命系機能**では、Xenoestrogen(XE)であるBisphenol-A(BPA)、Nonylphenol(NP)がMCP-1産生を低下させることを発見し、こうした物質の免疫系への影響のはじめての可能性を示した。また、ニワトリ胚におけるビテロゲニンII mRNAの発現を定量的に検出する方法を確立した。bFGF存在下で神経幹細胞を含む細胞群を維持し、LIF、BMP-2共存下で、アストロサイトに分化し、bFGF無添加で、ニューロン細胞などに分化する系を樹立したこと、子宮腫瘍発癌モデルを用いて、tamoxifenによって発癌が若干促進される可能性を見出したこと、また、PhIPに内分泌攪乱作用がある可能性を見出した。

**異物代謝反応シグナル**では、内分泌かく乱化学物質のシグナルモデルとして、AhRがシャトルタンパクとして機能することを証明した。

## 3. 生物界における内分泌攪乱物質の実態の解明に関する研究

淡水魚の野外試験においては、多摩川河川及び神奈川県内河川のコイの調査を行った結果、少数例ながら精巣及び未分化精巣が観察された。ビテロジェニンの誘導合成は多摩川において見出されたが、神奈川県河川においては明確ではなかった。また、金魚を熊本県市内河川10



ヶ所に1ヶ月間移して曝露した試験においては、2ヶ所では全個体死亡、2ヶ所ではビテロジェニンの発現が見られた。

周防灘、広島湾および博多湾のマコガレイを調べた結果、組織像、血中ホルモン濃度において対照区とは差がなかった。周防灘の工業地帯5地点にケージを置き、キスを1週間収容した後、回収し血中ビテロジェニン濃度を測定したが、汚染地点と対照地点で差はなかった。周防灘及び広島湾の一部の雄魚に血中ビテロジェニンの高い値(757~1771ng/ml)を認めたものの、組織的な異常は認められなかった。また1個体の雌魚に精細胞が見出されたものの内分泌攪乱物質の影響と判断することは出来なかった。沿岸域海水中にin vitro法ではエストロゲン汚染が認められ、またビスフェノールA、エストラジオール等が検出された。しかしこれらの濃度は、魚類の生理的異常を引き起こすほど高くないため、内分泌攪乱物質の海産魚類に対する影響は明確ではない。また一方、マハゼの全国的規模の調査では、一部海域において雄魚血清中のビテロジェニンの上昇が見られており、引き続き原因解明が必要である。

巻貝の有機スズ化合物による雌性化として、カプトボラにおいても新たにインボセックスが観察された。イボニシの定点観測と全国調査の結果は一部地域で改善がみられるものの、尚広範囲でインボセックスが観察され、有機スズ汚染が現在もなお、継続している可能性を示した。一方バイは1980年代以来より漁獲量激減がつづいているが、有機スズによるインボセックスや卵巣の成熟阻害、精子形成阻害が主因であろうと考える研究結果が得られた。アワビにおいて世界ではじめて有機スズによる雄性化現象が組織観察等から明らかとなった。

沿岸性の代表的な水鳥であるウミネコを共通研究対象種として内分泌攪乱物質の汚染実態の解明をすすめた結果、新たな汚染物質として、ジオクチルスズ化合物およびTCPE(およびTCPEOH)やプラスチック類が検出された。一方、外洋性の海鳥の中に高濃度のPCBの汚染がみられ、また天然記念物オオワシ、オジロワシにおいて、鉛中毒が見られ、これらは急性中毒であるが、より低い汚染レベルでの生殖系への悪影響も危惧された。過去数十年間にわたり行われた鴨類の標識調査で1971年から1998年までに放鳥されたオナガガモ123,278個体の解析結果では、新放鳥個体の雄の割合は1970年代には50%前後であるが、1980年代以降40%前後に低下する傾向がみられた。この性差の変化は注目する必要がある。

健常人精液性状の現状把握のため生殖年齢にある369例(東京172名、九州128名、四国69名)の調査を行った。検査の結果は平均精液量3.0ml、精子濃度 $95.1 \times 10^6$  ml直進運動率27.6%、正常形態率57.8%、生存率77.9%であり、他の項目は従来の我が国の報告と比較して同程度であるが、運動率が低いことが認められた。また精子濃度の年齢別の比較では、20歳代が低値を示し、精液の質に年代差が存在することが明らかとなった。

一方で、過去50年間にわたる日本人の精子形成状態に関するretrospectiveな検討の結果は、精巣重量は1960年度から1980年前後にかけて上昇した後、1990年度にかけてやや減少する傾向を示した。また精巣重量の立ち上がり及びピーク到達年齢に若年化傾向が認められている。ダイオキシンと関連して、男性生殖能(乏精子症)、女性生殖能(子宮内膜症)との関連について調査も行われた。関連を示唆するデータも得られているが、今後更に詳しく調査する必要がある。内分泌攪乱化学物質の一種であるビスフェノールを取り扱う職場における曝露と子供の性比を調査した結果は、非取り扱い者の子供は男17名女17名に対し、取り扱い者の子供は男3名、女9名と女兒がやや多い傾向を示したが、人数が限られ、統計学的に有意ではなかった。

### 3 評価の概要

本研究は、研究目標を概ね達成しており、その成果については、科学的な観点、及び国民生活又は社会的な観点から判断してともに高く、研究成果の波及効果・発展性が期待できる。また、課題設定は適切であったと考えられ、総合的に評価して、本研究は優れた研究であったと結論できる（下表参照）。ただし、サブテーマ2及び3については、科学的な観点から判断して研究成果の価値は高いが、国民生活又は社会的な観点から判断して価値が十分でないとして評価した。

内分泌攪乱物質に関する研究は大変重要であり、国民の関心も高いものであることに変わりはないが、すべてについて結論が出るまでには、まだ時間を要するものと考えられる。現在、関係各省庁がそれぞれの行政目的に沿った試験研究を積極的に進めるようになり、科学技術振興調整費で継続する必要性はそれほど高いといえない状況になっていることから、今後は、各研究機関、とりわけ施策を担当する各省庁の研究機関において、本研究で得られた基礎的・基盤的な成果を活用し、引き続き研究を行うことを期待する。

#### < 総合評価 >

評価項目	評価	課題全体
総合評価	a : 非常に優れた研究であった b : 優れた研究であった c : 優れた研究ではなかった	b
今後の研究の進め方	a : 研究を継続すべきである b : 研究内容を再編成して継続すべきである c : 研究を終了すべきである	c

#### < 全体評価 >

評価項目	評価	課題全体
・ 研究目標の達成度	a : 十分に達成した b : 概ね達成した c : 達成しなかった	b
-1 . 研究成果の価値	科学的観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
	国民生活又は社会的な観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
-2 . 研究成果の波及効果・発展性	a : 期待できる b : 期待できない	a
・ 課題設定の適切さ	a : 適切であった b : 適切でなかった	a

(参考1) 研究成果の発表等  
研究発表等

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	69 件	202 件	416 件	687 件
国外	114 件	29 件	92 件	235 件
合計	183 件	231 件	508 件	922 件

特許出願等

3 件 (国内 3 件、国外 件)

- ・大川秀郎、中田昌伸、福島あずさ：フルシトリネートの抗体及び測定方法、特願平11-155962
- ・窪田他：ステロイド骨格をもつ物質の除去方法および装置、特願平11-316342
- ・大嶋雄治：水質評価装置および水質評価方法、特願平2000-048024

受賞等

4 件 (国内 4 件、国外 件)

- ・JTS優秀発表奨励賞 (平成12年7月) 岡崎国立共同研究機構 井口泰泉
- ・日産科学賞 (平成11年3月) 愛媛大学 田辺信介
- ・平成11年度日本獣医公衆衛生学会(北海道)北海道獣医師会長賞 (平成12年1月) 北海道衛生研究所 神和夫
- ・日本内分泌学会学術奨励賞(平成12年6月) 東京大学 森田豊

## (参考2) 第 期研究における所要経費

「内分泌攪乱物質による生殖への影響とその作用機構に関する研究」

(単位：千円)

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所用経費 3か年間
1. 内分泌攪乱物質の計測手法及び評価手法の開発			
(1) 内分泌攪乱物質の高感度分析手法の開発及びそれをを用いた環境中濃度の把握	環境庁 国立環境研究所	白石 寛明	29,896
内分泌攪乱物質の高感度分析法の開発と環境中濃度の把握	通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所	宮崎 章	6,578
トリアジン系除草剤の環境中濃度の把握のための免疫化学測定法の開発とその応用	農林水産省 農業環境技術研究所	石井 康雄	20,345
生体内における外因性内分泌攪乱物質の非破壊多成分分析法の開発に関する研究	神戸大学 農学部	大川 秀郎	9,175
内分泌攪乱物質の食品用器具、容器包装中の検索と食品への移行性、並びに環境経由食品汚染の評価手法の開発	科学技術庁 放射線医学総合研究所	湯川 雅枝	40,684
	厚生省 国立医薬品食品衛生研究所	豊田 正武	43,972
(2) 内分泌攪乱物質の評価手法の開発			
げっ歯類の子宮暴露によるスクリーニング手法の開発	(株)三菱化学安全科学研究所 協和醗酵工業(株) 広島大学 医学部	池田 保男 納屋 聖人 安田 峯生	37,157 9,622 31,547
ヒト由来ホルモン受容体導入細胞系によるスクリーニング試験技術の開発	(株)住友化学工業 大阪大学大学院 薬学研究科 (財)化学品検査協会	金子 秀雄 西原 力 矢可部 芳州	31,459 16,022 16,466
胎児期及び新生児暴露による次世代生殖機能障害を中心とした影響に関する研究	(財)食品薬品安全センター	小野 宏	30,411
魚等の生物に対する内分泌攪乱作用の生物検定法の開発	環境庁 国立環境研究所 九州大学 農学部 北海道大学 水産学部	白石 寛明 大嶋 雄治 原 彰彦	36,038 9,064 14,738
職場環境に関わる内分泌攪乱物質の効率的な生物試験法の開発	労働省 産業医学総合研究所	宮川 宗之	47,858
内分泌攪乱物質の情報科学的研究	環境庁 国立環境研究所	森田 昌敏	32,781
2. 内分泌攪乱の発現メカニズムの解明に関する研究			
(1) 分子レベルでの内分泌攪乱の発現メカニズムの解明			
性ホルモンレセプターと結合する化学物質の内分泌攪乱の発生メカニズムの解明	環境庁 国立環境研究所 岡崎国立共同研究機構 基礎生物学研究所 熊本県立大学 環境共生学部 東京大学 医学部 埼玉県立がんセンター研究所	遠山 千春 井口 泰泉 有園 幸司 松島 綱治 川尻 要	30,755 14,939 15,487 29,629 14,993
高次系での内分泌攪乱物質の影響に対する分子レベルでの発生メカニズムの解明	厚生省 国立医薬品食品衛生研究所	井上 達	44,460
内分泌攪乱物質による器官形成不全の解明	環境庁 国立環境研究所 厚生省 国立がんセンター研究所	曾根 秀子 中釜 斉	23,886 14,707
巻貝の性転換の機構の解明	環境庁 国立環境研究所	堀口 敏宏	15,553
海産魚における性転換機構の解明	水産庁 瀬戸内海区水産研究所	山田 久	21,272

( 所用経費続き )

研 究 項 目	研究担当機関	研究担当者	所用経費 3か年間
3 . 生物界における内分泌攪乱物質の実態の解明に関する研究			
(1) 野生生物等における内分泌攪乱の実態の解明	岡崎国立共同研究機構 基礎生物学研究所	井口 泰泉	23,615
淡水水生生物における内分泌攪乱の実態の解明	水産庁 瀬戸内海区水産研究所	山田 久	8,743
海産魚類における内分泌攪乱の実態の解明	広島大学 生物生産学部	飯島 憲章	8,942
	九州大学 農学部	本城 凡夫	6,257
	水産庁 北海道区水産研究所	松原 孝博	8,839
巻貝等における内分泌攪乱の実態の解明	環境庁 国立環境研究所	堀口 敏宏	24,107
長寿命生物における内分泌攪乱の実態の解明	環境庁 国立環境研究所	柴田 康行	15,571
	愛媛大学 農学部	田辺 信介	11,939
	北海道大学 水産学部	小城 春雄	11,609
	(財)山階鳥類研究所	杉森 文夫	12,327
	北海道立衛生研究所	神 和夫	12,860
(2) ヒトにおける内分泌攪乱の実態の解明			
性腺・精巣組織における内分泌攪乱の実態の解明	環境庁 国立環境研究所	森田 昌敏	15,338
	東京大学 医学部	堤 治	14,217
	帝京大学 医学部	梅田 隆	14,715
	千葉大学 医学部	森 千里	15,079
	自治医科大学 医学部	香山不二雄	14,070
	産業医科大学 医学部	川本 俊弘	14,817
4 . 研究推進	科学技術庁研究開発局		984
合 計			923,523



研究課題名：室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境に関する研究

実施期間：第 期 平成10年度～12年度

研究代表者：村上周三（東京大学生産技術研究所 教授）

## 1 研究目標の概要

建築物・住宅内における化学物質空気汚染に関する問題を解明し、健康で衛生的な居住環境を整備する方策を提案する。

研究対象物質としてホルムアルデヒド、VOC、及びその他の殺虫剤、可塑材とする。

これら化学物質の室内空間への放出及びその室内拡散を含めた汚染のメカニズム、予測方法、最適設計・対策方法を解明すること及びその情報データベースを作成するとともに、生活者への効果的な成果還元のためのマニュアルを整備する。

このため、以下の研究を行う。

実態調査を行い、化学物質汚染の現況を把握し、室内汚染に対する影響因子を解析する。

化学物質の人体影響を医学的観点から検討し、人体に対する汚染負荷の限度を検討する。

建築材料からの化学物質発生量の測定・評価手法を開発し、発生量データを用いた汚染予測モデルの開発を行う。

生活者への成果還元をはじめとして建設業者、住宅製造者、住宅設備建材メーカー等の建築および住宅生産関係者も参照できるデータベース並びに室内環境の診断評価システムを作成する。

室内居住域の化学物質濃度を健康で衛生的な範囲内に留めるための多岐にわたる建材使用の条件、室内の換気方式、除去分解方法を検討し、提案する。

室内での汚染質の希釈・除去のためには清浄な屋外空気、並びに窓開放によりこの屋外空気取り入れを可能とするための良好な屋外環境（音、光、熱、空気環境）が必要となる。そのための市街地環境整備・改善技術並びに交通制御技術を併せて開発する。

## 2 研究成果の概要

### 1. 化学物質汚染に関する居住環境・人体汚染負荷調査と医学的影響の解明

#### (1) 化学物質汚染に関する住まい手の意識と居住環境の実態調査

新潟の一戸建て木造住宅110戸の調査では、ホルムアルデヒド濃度が指針値（0.08ppm）を超えている住宅が約30%もあったが、築後年数が長いとホルムアルデヒド濃度は低くなる傾向が認められた。また、これらの調査結果を有効に活用するため、AFoDAS、AVoDASの2つのデータベースシステムを作成し、データを蓄積した。このデータベースは、インターネットで公開している。

#### (2) 化学物質の人体に対する汚染負荷調査と医学的影響の解明

シックハウス症候群（化学物質過敏症を含む）の患者を対象として、発作を引き起こす原因物質を同定しその濃度を解析する手法を開発した。その手法を用いて日常生活状態で、患者の呼吸空気質を解析し、患者が発作を引き起こす化学物質濃度の解析を世界で初めて行った。その結果、ホルムアルデヒドについては指針値の1/7で症状が現われる人がいることが明らかにされた。化学物質の人体影響を詳細に検討するため、化学物質フリーのクリーンルームを利用して、疑

わしい化学物質の負荷を診断する二重盲検法を世界で初めて施行した。これによりホルムアルデヒドに関しては、指針値の1/10から1/20の低濃度で反応する例のあることを見出した。また視覚系に関する診断を研究し、ホルムアルデヒドが粘膜、中枢神経、皮膚に障害を惹起し、トルエンは中枢神経特に平衡障害で眼球異常、キシレンは粘膜症状、パラジクロロベンゼンはアレルギー反応、有機燐剤はムスカリン、ニコチン症状が出現する神経症状が強いことなどを明らかにした。

## 2．化学物質汚染発生の測定・評価法と抑制対策手法の開発

### (1) 化学物質発生量の測定方法と評価方法の研究

簡便性、感度、再現性に優れた建材のVOC分析法として、発生ガス濃縮導入装置をガスクロマトグラフィー質量分析装置に直結したオンラインによるダイナミックヘッドスペースガス分析システムを開発した。建材・施工材からの化学物質放散量測定方法、装置に関する国内外の文献、基準・規格などの文献を収集しそれらをまとめた。収集した文献の調査・研究に基づき、建材からの化学物質放散速度測定用小型チャンバー(ADPAC)を開発するとともに、アルデヒド類、揮発性有機化合物(VOC)のサンプリング方法、分析方法、評価方法を確立した。さらに化学物質空気汚染のレベルを人間が嗅覚で判断する感覚尺度に関し手検討し、人体の臭覚は発生量の多い少数のVOCに対する反応が支配的で加法則が成立しないことを見出した。さらにこれを考慮して化学物質空気汚染レベルの嗅覚による定量化手法を開発した。

### (2) 居住環境における化学物質発生の抑制対策手法の開発

建材・接着剤などの材料単体からの発生量および材料が複合された部位レベルでの化学物質発生量を測定(フラスコ法)し、経時変化や温度・測定法の影響等を把握した。また、化学物質の吸着機能を有する材料等の効果を同様の実験で評価し、塗膜による抑制効果や材料の吸着効果を明らかにした。これらにより、材料のラベリング手法確立に必要な基礎的な知見を得るとともに、吸着・分解材等の評価法を整備した。施工現場における化学物質濃度を測定し、施工工程毎の危険度を明らかにし、作業環境における安全対策を示した。また、日常生活における化学物質発生源調査を行い、一般住宅における家具量や濃度水準を明らかにするとともに、家具や暖房器具等の日常生活用品からの発生量を測定し、日常生活における対策手法をまとめた。建材・内装材等を発生源とする住宅由来の化学物質を吸着・分解する機器・材料の性能試験・評価方法を提案し、試験装置を開発した。これらを用いて、市販されている空気清浄機等の試験・評価を実施し、ホルムアルデヒド除去効果のある製品を選別すると共に、それらの浄化能力や効果持続時間などの基本性能を明らかにした。さらに、これを実際の住宅に適用し、効果を検証した。

## 3．人体吸気汚染防止のための室内環境計画の最適化手法の開発

### (1) 室内における化学物質の放散・拡散過程の解明と人体吸気濃度予測手法の開発

室内流れ場を対象としたモデル実験を行い、実験により得られたデータを基に、建材・施工材内部、建材・施工材と空気境界面、室内空気中、の各部における化学物質輸送現象の数値モデルを吸着・脱着の効果を含めて、世界で初めてこれを数学モデル化した。この数学モデルは、室内気流及び室内空気汚染のCFD(Computational Fluid Dynamics:数値流体力学)シミュレーションに組み込み可能のものであり、建材の基本的な性質、換気性状が与えられれば、汚染質の室内濃度分布性状が予測されるものである。このCFDの手法を用いて化学物質の室内汚染拡散状況の予測及び人体周辺微気象シミュレーションによる人体吸気の濃度評価手法を開発した。特



に後者は世界初の成果である。モデルルームを対象とした化学物質の室内汚染拡散状況の解析で、室内にはその平均濃度に対して数倍から十倍に至る高濃度領域が存在することが明らかになった。床面が汚染源の場合、床面近傍濃度は容易に平均の数倍程度に達し、幼児や床に就寝する人は、平均濃度の数倍以上の高濃度汚染に晒されることが判明した。この室内汚染拡散性状予測に人体吸気の濃度評価手法を統合して、室内各部位から発生する汚染質がどの程度の人体吸入リスクをもつものかを具体的に解析した。室内の換気性状にもよるが床面の汚染発生は最終的な人体吸入リスクが高く、床、壁、天井が同じ汚染発生強度の場合、立位時で人体吸引量の50%以上、臥位時では70%以上が床面からの汚染発生であることが判明した。室内化学物質空気汚染制御の観点から床面の汚染発生抑制が重要であることが明らかになった。

#### (2) 人体呼気汚染低減のための省エネ型ハイブリッド換気・空調システムの開発

屋外に設置する大型実験箱や実在住宅における実測並びに数値計算によって、化学物質による室内空気汚染低減のための省エネルギー型ハイブリッド換気・空調システムを開発した。これは、室内で発生した化学物質汚染を希釈し屋外に排出する換気システムの各因子がその濃度低減にどのように影響するかを定量的に評価するものである。これにより各種の条件に対応した最適な換気システムを設計する評価・選定マニュアルを作成している。

### 4. 化学物質汚染防止対策の実用化と住まい手マニュアルの作成

#### (1) 住まい手並びに設計・施工者のための汚染防止対策の総合評価システムの開発

室内化学物質汚染に関する様々な情報や換気性状、居住空間の状況を簡易に予測・評価する技術として、総合評価・情報発信システムの基本フレームを作成した。これは、住い手及び設計者が室内化学物質汚染に対して、自己診断するための問診票、住まいの簡易診断システム、及び研究成果情報データよりなる。これらはいずれもコンピュータ上で構築されインターネット展開も可能なシステムとなっている。

#### (2) 住まい手マニュアルの作成と研究成果の社会発信・還元と研究推進の全体調整

各研究課題で得られた基礎研究成果に基づき、ホルムアルデヒド類、VOCを対象とした「住まい手用マニュアル」と「設計・施工者用マニュアル」の作成を行った。また、研究成果の一般社会への発信・啓発活動として、専門家向けには研究成果中間報告会、各種シンポジウム、国際会議、「ヘルシーハウスアイデアコンペティション」の開催、住まい手向けには5回シリーズの連続講座「ヘルシーな室内環境」の開催、さらにはIAPOCパンフレット（和文・英文版）の作成、インターネットのホームページでの情報の提供を行った。

### 5. 適切な換気を可能とするための技術開発（汚染防止のための屋外環境計画の最適化手法の開発）

#### (1) 市街地環境整備・改善技術の開発

地区の土地・建物データ、まちづくりニーズ等から地域の一体的建築プランを策定する技術を開発するとともに、住環境、都市施設整備状況等の物理指標から、地区の健康・衛生居住の快適さ、満足度を総合的・客観的に評価するための基礎技術を開発した。

#### (2) 交通に関する環境影響制御技術

新たな交通の発生が、道路渋滞等による大気汚染、騒音等の公害発生を通じてもたらす快適性損失、環境負荷増大等の社会的費用を計測する技術を開発し、具体的に各都市における社会的費用を算出した。この社会的費用を発生原因者に課し、料金を徴集する技術を開発し、都市部における自動車交通による環境影響を適切に制御する方策を提案した。

### 3 評価の概要

本研究は、研究目標を概ね達成しており、その成果については、科学的な観点、及び国民生活又は社会的な観点から判断してともに高く、研究成果の波及効果・発展性が期待できる。また、課題設定は適切であったと考えられ、総合的に評価して、本研究は優れた研究であったと結論できる（下表参照）。

当初、建築物・住宅内における化学物質空気汚染に関する問題を解明し、健康で衛生的な居住環境を整備することを目的として本研究が推進された。特に、空気汚染は床からの影響が大きいことをつきとめ、評価法や対応策の見通しが出来たことは大きな成果であり、波及効果も大きいものと考えられる。

ただし、第 期の研究で、室内の化学物質汚染に関する基礎的な部分は完了しており、本プロジェクトの目的は十分達成されていると考えられることから、今後は、本研究で得られた基礎的・基盤的な成果を活用し、関係各省庁及び企業等との連携において、適切な対策がとられることを期待する。

#### < 総合評価 >

評価項目	評価	課題全体
総合評価	a : 非常に優れた研究であった b : 優れた研究であった c : 優れた研究ではなかった	b
今後の研究の進め方	a : 研究を継続すべきである b : 研究内容を再編成して継続すべきである c : 研究を終了すべきである	C

#### < 全体評価 >

評価項目	評価	課題全体
・ 研究目標の達成度	a : 十分に達成した b : 概ね達成した c : 達成しなかった	b
-1 . 研究成果の価値	科学的観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
	国民生活又は社会的な観点から判断して a : 高い b : 乏しい	a
-2 . 研究成果の波及効果・発展性	a : 期待できる b : 期待できない	a
・ 課題設定の適切さ	a : 適切であった b : 適切でなかった	a

(参考1) 研究成果の発表等  
研究発表等

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	29 件	22 件	146 件	197 件
国外	17 件	5 件	12 件	34 件
合計	46 件	27 件	158 件	231 件

特許出願等

0 件 (国内 件、国外 件)

受賞等

0 件 (国内 件、国外 件)

(参考2) 第 期研究における所要経費  
「室内化学物質空気汚染の解明と健康・衛生居住環境の開発に関する研究」

(単位：千円)

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費 3か年間
1. 化学物質汚染に関する居住環境・人体汚染負荷調査と医学的影響の解明			
(1) 化学物質汚染に関する住まい手の意識と居住環境の実態調査			
化学物質汚染に関する住まい手の意識と生活に伴う汚染発生の実態調査	新潟大学大学院 自然科学研究科	赤林 伸一	35,350
化学物質汚染に関する全国の住宅を対象とした実態調査	厚生省国立公衆衛生院	池田 耕一	35,308
(2) 化学物質の人体に対する汚染負荷調査と医学的影響の解明			
日常の生活状態における人体に対する化学物質汚染負荷量の調査	東京大学大学院	柳沢 幸雄	31,151
化学物質の人体に対する医学的影響の解明とガイドライン値の検討	北里研究所	石川 哲	20,256
2. 化学物質汚染発生の測定・評価法と抑制対策手法に関する研究			
(1) 化学物質発生量の測定方法と評価方法の研究			
化学分析とサンプリングの最適手法の研究	お茶の水女子大学 生活科学部	久保田紀久枝	19,914
建材・施工材からの放散量の測定、評価方法の研究	早稲田大学理工学部	田辺 新一	54,629
汚染化学物質の知覚空気質による評価方法の研究	鹿児島大学工学部	岩下 剛	23,962
(2) 居住環境における化学物質の抑制対策手法の開発			
建材からの発生量抑制対策手法の開発	建設省建築研究所	本橋 健司	42,357
現場施工と日常生活に関わる発生源調査と抑制対策手法の開発	建設省建築研究所	坊垣 和明	68,636
設備機器・生活用品に関わる抑制対策手の開発	千葉工業大学工学部	小峯 裕己	30,102
3. 人体吸気汚染防止のための室内環境計画の最適化手法の開発			
(1) 室内における化学物質の放散・拡散過程の解明と人体吸気濃度予測手法の開発			
放散・拡散過程に関するモデルルーム実験と数値モデルの開発	東京大学生産技術 研究所	村上 周三	58,320
CFDによる拡散場解析と換気効率指標を用いた人体吸気濃度の予測手法の開発	東京大学生産技術 研究所	加藤 信介	54,481
(2) 人体呼気汚染低減のための省エネ型ハイブリッド換気・空調システムの開発	東北大学大学院 工学研究科	吉野 博	22,074

( 所用経費続き )

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費 3か年間
<p>4. 化学物質汚染防止対策の実用化と住まい手マニュアルの作成</p> <p>(1) 汚染防止対策の統合並びに住まい手マニュアルの作成と研究推進の全体調整</p> <p>(2) 住まい手並びに設計・施工者のための汚染防止対策の総合評価システムの開発</p> <p>5. 適切な換気を可能とするための技術開発</p> <p>(1) 市街地環境整備・改善技術の開発</p> <p>室内汚染防止のための屋外環境整備に係る汎用技術開発</p> <p>室内汚染に影響する屋外環境評価システムの構築</p> <p>(2) 交通に関する環境影響制御技術</p> <p>交通による室内汚染の社会的費用計測</p> <p>室内汚染防止のための屋外環境整備計画策定技術の開発</p> <p>室内汚染防止のための交通による空気汚染制御システムの構築</p> <p>6. 研究推進</p>	<p>(社)日本建築学会</p> <p>大成建設(株)</p> <p>(株)社会空間研究所</p> <p>東京大学大学院 工学研究科</p> <p>東京大学空間情報科学研究センター</p> <p>筑波大学大学院 社会工学研究科</p> <p>法政大学社会学部</p> <p>科学技術庁研究開発局</p>	<p>川田 昭朗</p> <p>森川 泰成</p> <p>久米 良昭</p> <p>浅見 泰司</p> <p>八田 達夫</p> <p>大村謙二郎</p> <p>福井 秀夫</p>	<p>25,032</p> <p>19,515</p> <p>76,144</p> <p>14,587</p> <p>15,183</p> <p>10,127</p> <p>9,666</p> <p>652</p>
<p>合 計</p>			<p>667,446</p>



## . 地域先導研究





## 1. はじめに

本報告書は、科学技術会議政策委員会生活・社会基盤研究小委員会によって行われた科学技術振興調整費生活・社会基盤研究のうち地域先導研究に関する事後評価の結果である。平成9年度から平成11年度の間研究を実施した3課題について評価を実施した。

評価作業は、平成12年8月末に各事業実施地域から提出された報告書とともに、平成12年10月に地域先導研究の中核的役割を果たす地域中核オーガナイザーに対する面接に基づいて行った。また、この評価は研究目標の達成度、研究成果の価値、研究成果の波及効果・発展性、地域への波及効果、課題設定の適切さ及び総合評価の観点から実施した。

## 2. 地域先導研究の概要

### 2.1 目的・趣旨

安心して暮らせる豊かで潤いのある社会を構築するためには、生活者の立場を重視した科学技術や、生活の場としての地域の活性化に資する科学技術を振興するとともに、その成果を速やかに生活・社会に反映することが重要である。

地域先導研究は、地域の研究機関に地域内外の優れた研究者を結集し、地域中核オーガナイザーのもとで、地域の優れた研究ポテンシャルを活用する、あるいは地域の特殊な自然環境を利用する等地域の特性を活かした地域の活性化に資する基礎的・先導的研究であり、我が国の科学技術水準の向上に資する研究を対象としている。

### 2.2 事業概要

(1) 都道府県は、地域中核オーガナイザー及び研究課題を提案。科学技術会議政策委員会生活・社会基盤研究小委員会での審査を経て政策委員会で研究課題及び地域中核オーガナイザーを選定。

(2) 地域中核オーガナイザーは、参加研究機関および参加研究者の選定、研究計画の作成等を行うとともに研究運営を統括。参加研究機関および参加研究者は、地域中核オーガナイザーのもとで有機的連携を取りつつ研究を推進。

(3) 参加研究機関は、地域内の民間研究機関、大学及び公設試験研究機関、国立試験研究機関等を中心とし、地域外の研究機関の参加も可能。

(4) 都道府県は、地域の研究機関（国立試験研究機関を除く）において、国からの委託による研究と併せて、当該研究費と同程度の自己負担による関連研究を実施。

2.3 事業費 1 課題当たり年間 1 億円程度

2.4 事業実施期間 原則として 3 年間

2.5 事業課題数 平成 9 年度～ 11 年度実施 3 課題



### 3.1 神奈川県

研究課題名：相模湖・津久井湖の藻類による汚濁機構解明とその浄化・資源化技術に関する研究

実施年度：平成9年度～11年度

地域中核オーガナイザー：大垣 眞一郎（東京大学大学院工学系研究科教授）

#### 1. 総合評価

人工湖としての相模湖・津久井湖に着目して、発生する藻類の異常発生機構解明と浄化、資源化技術等の研究が行われたものであり、湖水の三次元流動状況の解析、有毒アオコ対策、要素技術の開発等人工湖沼の浄化を進めていく上で注目すべき研究が行われた。それ以外にも水質改善、資源利用、水質評価に関して重要な知見、有用な成果が積み重ねられており、特に研究成果の価値、研究成果の波及効果・発展性、課題設定の適切さの評価項目において高く評価され、総合的に非常に優れた研究であった。

なお、現時点では、汚濁機構の解明等が藻類の抑制、水質浄化に具体的につながるところまでは至っていないので、引き続き研究を継続し、水質保全対策につながることが望まれる。また、研究成果を実用化していく際には県の積極的バックアップが望まれる。

#### 2. 研究目標の達成度

天候に左右されやすい湖の自然を対象とした研究であり、研究期間中降雨が多いという悪条件の状況もあったにもかかわらず、湖水浄化のための要素技術の開発や毒性アオコの分類等今後の実用化につながる研究成果等も多く得られ、十分に評価できる。本研究ではアオコの除去達成までは目標とせず、複雑系の人工湖における汚濁機構解明を中心とした研究で研究目標は十分に達成している。

#### 3. 研究成果の価値

本研究の成果は、相模湖・津久井湖というダム湖を対象としたものであり、現象解明と水環境保全政策に資する知見が得られているおり、特に、湖水の三次元の流動状況解析、有毒アオコへの着目、要素技術の開発等研究成果の価値は高い。

この研究で得られた成果は、今後、バイオテクノロジー、エコ・エンジニアリング等への活用が期待される。

#### 4. 研究成果の波及効果・発展性

本研究においては、複雑な底部構造を有する人工湖の三次元流動予測に関する研究を行い、かつ有毒アオコ対策の基盤研究及び効果的な要素技術の研究が行われている。得られた成果は、他の人工湖に適用できるものが含まれているのみならず、自然湖沼も含めた湖沼の環境保全対策につながることを期待されることから研究成果の波及効果、発展が期待できる。ただし、それらの波及効果、発展が現実のものとなるためには更なる実証実験を行うことが必要であり、特に、湖内対策のみならず、チッソ、リン等の発生源対策も視野にいれ、総合的な取り組みを行う必要がある。

#### 5. 地域への波及効果

相模湖・津久井湖は神奈川県民の重要な水源であり、本研究によりこれらの人工湖固有の問題を対象として、その汚濁機構解明、浄化・資源化技術の研究に取り組んだことから地域への波及効果が顕著であった。今後は、県による主体的な有毒性藻類対策等による水質保全、水質浄化に取り組むことにより、更なる地域への波及効果が期待できる。

また、相模湖・津久井湖等の人工湖は全国的に数多く存在することから、本研究の成果が他の地域の人工湖を対象とした水質保全対策等に活用されることが期待される波及が考えられる。

## 6. 課題設定の適切さ

本研究は、人工湖である相模湖・津久井湖に着目した藻類の発生機構、浄化・資源化技術の開発、評価等を推進するものである。地域にとって水道水源の確保は非常に重要なテーマであり、水源として重要な役割を果たしている人工湖の相模湖・津久井湖を対象とした課題設定を行っていることは適切であった。

しかしながら、研究項目数がやや多く、達成度にも差が見られたことから、さらに課題が絞り込まれれば、よりよい課題になったと思われる。

### < 総合評価 >

評価項目	評価内容	評価
総合評価	a. 非常に優れた研究であった b. 優れた研究であった c. 優れた研究ではなかった	a

### < 全体評価 >

評価項目	評価内容	評価
研究目標の達成度	a. 十分に達成した b. 概ね達成した c. 達成しなかった	a
研究成果の価値	a. 高い b. 乏しい	a
研究成果の波及効果・発展性	a. 期待できる b. 期待できない	a
地域への波及効果	a. 波及効果が顕著であった b. 波及効果が認められる c. 波及効果は認められない	a
課題設定の適切さ	a. 適切であった b. 適切でなかった	a

## (参考1)

### 1. 研究の目標・概要

人造湖は、水の貯水、放出等の人為的なダム操作による水位変動と滞留時間変動が大きく、その水質改善と管理のためには、従来の自然湖沼を中心とした研究の知見のみでは不十分である。このため、本課題は人造湖の汚濁機構解明とその浄化対策及び資源の有効利用技術の開発のために、貯水池内の限られた場所で生ずる現象やごく短い期間で生じる現象等人造湖固有の現象を解明し、その水質評価手法を開発し、また、その浄化・資源化のための新しい技術の提言を行うことを目標としている。複雑な湖内地形を有し、富栄養化対策のために藻類の発生抑制を目的として人為的な攪拌を行っている相模湖・津久井湖を対象として研究が実施された。

人造湖の水質は、水温、降水量等自然的要因に加え、流域の社会的要因によっても支配されるため、本研究の内容は次のとおりである。

#### (1) 湖水の富栄養化の機構解明に関する研究

藻類の異常繁殖の原因とその抑制に関する研究

底泥及び沈降物が富栄養化に及ぼす影響に関する研究

藻類発生の数理モデルに関する研究

#### (2) 藻類の産生するカビ臭と有毒化合物の制御に関する研究

カビ臭・有毒化合物の産生条件の把握と制御に関する研究

浮遊性藻類の分類に関する研究

生物学的手法によるカビ臭等の分解に関する研究

遺伝子情報を利用した迅速検出法の研究

#### (3) 水質浄化方法とその浄化装置の研究開発

微生物を利用した浄化技術の研究

物理的手法による藻類の増殖制御技術の研究

生活排水等の浄化技術に関する研究

#### (4) 富栄養化により生産される有機物の資源化に関する研究

光合成細菌によるアオコからの光水素生産技術の研究

微生物によるアオコからのエタノール生産技術の研究

微生物による底泥の高機能堆肥化技術研究

#### (5) 水道水としての水質の評価に関する研究

水道水としての水質評価に関する研究

### 2. 成果の概要

#### (1) 湖水の富栄養化の機構解明に関する研究

藻類の異常増殖の原因とその制御に関する研究

湖水中の微量成分であるコバルト、マンガン、ニッケル、バナジウム、鉄等が藻類発生機構に関連があることが示唆された。

底泥及び沈降物が富栄養化に及ぼす影響に関する研究

窒素安定同位体比測定法による窒素の挙動解明方法を確立し、湖水への窒素供給において底泥の寄与が大きいことを明らかにした。

#### 藻類発生の数理モデルに関する研究

湖水の富栄養化の機構解明に際して、湖沼生態系における栄養塩、有機物等の物質循環と食物連鎖を記述する湖沼生態系数理モデルを構築した。また、津久井湖における湖水の三次元流動状況のシミュレーションを行った。

### (2) 藻類の産生するカビ臭と有毒化合物の制御に関する研究

#### カビ臭・有毒化合物の産生条件の把握と制御に関する研究

ラン藻以外のカビ臭産生放線菌の単離に成功し、さらにカビ臭を増加させない殺藻剤の使用方法を明らかにした。

#### 浮遊性藍藻の分類に関する研究

湖水に発生するカビ臭や有毒化合物が相模湖・津久井湖のどのような種類の藻類から発生しているか解明するために、両方の湖のアオコである藍藻13種を明らかにし、基礎資料を提供した。

#### 生物学的手法によるカビ臭等の分解に関する研究

藍藻類やミクロシスチンを分解する微生物の探索を行うために、微生物の溶藻性や分解性を評価するための方法を確立した。また、津久井湖及び相模湖を対象として、溶藻性および分解性を示す微生物の単離を行った。

#### 遺伝子情報を利用した迅速検出法の研究

藻類を培養することなく構成種を検出できる遺伝子プローブを設計し、迅速モニタリング法を確立した。

### (3) 水質浄化方法とその浄化装置の研究開発

#### 微生物を利用した浄化技術の研究

焼成木炭を微生物付着担体とした浄化装置を開発した。

#### 物理的手法による藻類の増殖抑制技術の研究

白金・チタン電極に微弱電流を流す電気化学的ミクロキスティス増殖制御技術を開発し、その実用化のための装置を考案した。

#### 生活排水等の浄化技術に関する研究

二酸化チタン光触媒反応による連続水処理装置を考案し、その効果を明らかにした。

### (4) 富栄養化により生産される有機物の資源化に関する研究

#### 光合成細菌によるアオコからの光水素生産技術の研究

光合成細菌により、アオコ藻体を光水素生産の基質となる有機酸（乳酸）へ改質し、水素に効率良く転換する要素技術を開発した。

#### 微生物によるアオコからのエタノール生産技術の研究

最適な酵素を選定し、それを利用したアオコの糖化とエタノール生産システムを開発した。

#### 微生物による低泥の高機能堆肥化技術研究

底泥を改質し、良好な園芸培土を作成する方法を開発した。

#### (5) 水道水源としての水質の評価に関する研究

##### 水道水としての水質評価に関する研究

トリハロメタン生成の前物質である湖水中有機物質について、その分子量分画特性等に着眼した溶存有機物解析手法を確立した。このことにより、消毒技術、浄水処理技術、ダム湖管理手法の評価方法の見直しにつながる事となった。

#### (参考2) 研究成果の発表等

	原著論文 による発表	左記以外の 誌上発表	口頭発表	特 許	計
国内	1 2	1 2	5 5	2	8 1
国際	1 5	0	1 8	1	3 4
計	2 7	1 2	7 3	3	1 1 5

#### (主な原著論文)

1)ダム湖における湖水流動を考慮した藻類増殖数値モデルの作成と藻類大量発生抑制への応用，  
下ヶ橋雅樹、迫田章義、谷口伸行、鈴木基之，水環境学会誌 23 ( 1 1 ) 697-702，2000

2)Behaviors of trace elements in Tsukui Reservoir inferred from ICP-MS analysis.，  
T.Miyauti, M.Iwashita and T.Shimamura,Kankyou Kagaku 8 13-21 ，1998

3)Direct and indirect inactivation of Microcystis aeruginosa by UV-radiation,  
Alam, M. Z. B., Ohtaki, M., Furumai, H., Ohgaki, S.,Water Research, Vol.35, No.4,

pp.241-247, 2000.

4)Analysis of Microcystins in Sediments Using MMPB Method,K.Tsuji,et al, Toxicon, 39, 5,687-692 , 2001

5)Microbial succesion during composting process as evaluated by denaturing gradient gel electrophoresis analysis.Kosuke Ishii, Manabu Fukui and Susumu Takii., Journal of applied Microbiology. Vol. 89, p.768-777.2000

(特許)

1 光反応流体処理装置

都築浩一, 田中哲也

特願平10 - 132360

2 水の浄化処理装置及びその方法

田中哲也, 都築浩一

特願平11 - 095920

(外国出願: 米、韓、中、英、独、仏)



(参考3) 研究項目と実施体制

研究項目	担当機関	所要経費 (百万円)
(1)湖水の富栄養化の機構解明に関する研究		
藻類の異常増殖の原因とその抑制に関する研究	北里大学医療衛生学部	1.4
底泥及び沈降物が富栄養化に及ぼす影響に関する研究	神奈川県衛生研究所	2.3
藻類発生の数理モデルに関する研究	東京大学生産技術研究所	1.3
(2)藻類の産生するカビ臭と有毒化合物の制御に関する研究		
カビ臭・有毒化合物の産生条件の把握と制御に関する研究	明治大学農学部	1.6
浮遊性藻類の分類に関する研究	国立科学博物館	6
生物学的手法によるカビ臭等の分解に関する研究	神奈川県衛生研究所	2.7
遺伝子情報を利用した迅速検出法の研究	通産省工技院資源環境技術総合研究所	1.7
(3)水質浄化方法とその浄化装置の研究開発		
微生物を利用した浄化技術の研究	トキコ(株)研究所	3.2
物理学的手法による藻類の増殖発生抑制技術の研究	神奈川県環境科学センター	1.3
生活排水等の浄化技術に関する研究	(株)日立製作所機械研究所	2.7
(4)富栄養化により生産される有機物の資源化に関する研究		
光合成細菌によるアオコからの光水素生産技術の研究	通産省工技院生命工学工業技術研究所	1.6
微生物によるアオコからのエタノール生産技術の研究	神奈川県産業技術総合研究所	2.2
微生物による底泥の高機能堆肥化技術研究	神奈川県農業総合研究所	1.3
(5)水道水源としての水質の評価に関する研究		
水道水源としての水質評価に関する研究	東京大学工学系研究科	2.6
合 計		27.2



### 3.2 富山県

研究課題名：富山県域の雪の特性解明と利雪に関する高度利用研究

実施年度：平成9年度～11年度

地域中核オーガナイザー：森谷 誠生（（財）日本気象協会北陸センター所長）

#### 1. 総合評価

今までデータが少なかった日本海側の地域である富山県において、積雪現象、雪の特性解明等の研究に取り組み、雪雲の精密観測等の知見を富山空港においてドップラーレーダーの設置による、欠航率の低下に貢献する等実用化につなげており、一定の成果は見られ、これまで産学官連携等により本格的に取り組みがなかった日本海側の地域で、初めてこのような研究に取り組んだ意義は大きい。しかしながら、特に利雪についての研究については、科学的検証に踏み込んだ取り組みにやや欠けていた点は残念であり、全体としては優れた研究に至らなかった。

研究時期が限られている雪を対象とした研究であり、十分な研究期間が得られなかったという面や課題の絞り込みが十分でなかった点もあるので、地域において引き続き研究を行い、さらなる成果を期待したい。また、本研究によって得られたデータの各方面における活用が期待される。

#### 2. 研究目標の達成度

雪雲の精密観測等の知見を富山空港においてドップラーレーダーによる、欠航率の低下につなげる等降雪現象に関する研究成果を日本海側で応用するという点では、具体的な成果は見られるものの、冷熱エネルギー源としての雪利用研究等利雪技術の研究開発のためのデータ収集、分析等については、当初の目標を十分に達成することができなかった。

また、本来地域先導研究として期待されている研究課題間の連携という面では、個々の研究課題がそれぞれ独自に研究を行っているという印象が強く、研究実施にあたり連携が不足していた。

以上のように、研究目標の達成度については、特に利雪への取組を中心に目標が達成されなかった。

#### 3. 研究成果の価値

局地気象の研究あるいはドップラーレーダを使用した気象分析等重要な成果が得られているものの、研究全般を通じて、既存の手法を富山県に応用した面が強く、やや新規性に欠ける等研究成果の価値は乏しいが、今後さらに研究を進めていく上では、今回得られた日本海側の気象データは貴重なものと考えられるので、今後の取り組みに期待したい。

#### 4. 研究成果の波及効果・発展性

日本海側において降雪、積雪、利雪に関して積極的に取り組んでいくという意欲については評価できるものの、従来の技術や知見を富山県の雪に応用したことに留まっている点等において、現段階では、今回の研究成果の波及効果・発展性は期待できない。

しかしながら、今回得られた研究成果をもとに、他の研究プロジェクトの成果も視野に入れつつ、研究が発展することを期待したい。

また、今後は、冷熱エネルギーとしての雪利用の基礎研究をさらに充実・発展させる等利雪の面で積極的な研究を行うことに期待したい。

#### 5．地域への波及効果

富山空港への視程情報の提供、きめ細かな局地気象研究、冷熱エネルギー利用等は、富山における雪の対策等には有効であると考えられる。降積雪の特性解明、利雪は地域特性を有する課題であり、富山県を対象とした研究には意義がある。また、この研究が、雪に関して日本海側の研究ポテンシャルを統合して実施された初めての研究であることから、地域への波及効果が認められる。

#### 6．課題設定の適切さ

日本海沿岸部をはじめ、豪雪地域といわれている地域にとって降雪予測及び利雪は大変重要な課題である。また、豊富な雪を有効利用しようとする考えも評価できる。多くの課題に取り組んだ意欲は十分に認めることができるが、暖冬等の悪条件もあり、研究に充てることのできる期間が当初の想定よりも短くなった等の理由から、十分に研究に取り組むことができなかった点は否めない。特に利雪についての研究については、科学的検証に踏み込んだ取り組みにやや欠けていた。設定された課題に対する具体的研究計画の検討及びその実施にあたって、研究の重点化を含め課題設定が適切でなかったことは残念である。

##### < 総合評価 >

評価項目	評価内容	評価
総合評価	a．非常に優れた研究であった b．優れた研究であった c．優れた研究ではなかった	C

##### < 全体評価 >

評価項目	評価内容	評価
研究目標の達成度	a．十分に達成した b．概ね達成した c．達成しなかった	C
研究成果の価値	a．高い b．乏しい	b
研究成果の波及効果・発展性	a．期待できる b．期待できない	b

地域への波及効果	a . 波及効果が顕著であった b . 波及効果が認められる c . 波及効果は認められない	b
課題設定の適切さ	a . 適切であった b . 適切でなかった	b

(参考1)

## 1. 研究の目標・概要

本研究は、地域に密着した高度雪情報を発信するため、ドップラーレーダ等最新リモートセンシングや、平野部から山岳域にわたる地上観測で得られる雪氷データを相互に利用し、広域的・立体的な降積雪等の地域特性を解明することを目標とする。また、冷熱エネルギー利用法等の基礎技術の研究を行う。

この雪の特性の総合的解明と冷熱エネルギー等利雪技術開発の基礎研究を柱とする研究の内容は、次のとおりである。

### (1) 富山県域の雪の特性解明の研究

雪雲の特性解明

県域における降積雪の分布特性解明

山岳域の降積雪特性に関する研究

山岳域の気象雪氷モニタリングに関する研究

降雪粒子に関する研究

雪崩の特性解明に関する研究

冠雪森林災害に関する研究

### (2) 利雪に関する高度研究

氷点コントロール技術の研究

貯雪技術に関する研究

積雪の効率的集積技術の開発

融雪水の高機能性に関する研究

## 2. 成果の概要

### (1) 富山県域の雪の特性解明の研究

雪雲の特性解明

ドップラーレーダによって、従来捉えにくかった雪雲の動向や気流場を的確に把握できることが証明され、県域に設置するレーダによる雪雲の実況監視が極めて有効な手段であることが確認された。

県域における降積雪の分布特性解明

局地気象モデルの計算値から降雪現象に関連する気象要素を精度良く予測する手法が確

立された。この結果、局地的な降雪をもたらす現象の知見が得られ、その現象をシミュレーション的に解析することができた。

#### 降雪粒子に関する研究

成長中の雪結晶に関しては、結晶先端は昇華凝結熱の発生のため結晶中心部より1ほど温度が高いことが熱画像解析により明らかになった。一方、降雪粒子の化学成分については、富山の山麓の降雪には多量の海塩成分が含まれていることが判明した。降雪結晶の物理観測から、従来付着不可能といわれていた10 μm以下の微細な雲粒が降雪結晶に多数付着していることが発見された。

奇形雪に関しては、硝酸を含んだ人工の雲から奇形雪が形成されやすいことが見出されたが、通常の酸性雪の原因とされる硫酸、硝酸は天然の奇形雪結晶の原因ではないということが判明した。

#### 山岳域の降積雪特性に関する研究

積雪期を対象とした降積雪モデルについては、室堂平と富山の降水比は一定ではなく、各降水毎や年により1.5～6.5と大きく変動することが明らかになった。また、山岳域で観測した積雪深と気温のデータをもとに、開発した積雪モデルを用いた山岳地での降水量の算出が可能となった。

#### 山岳域の気象雪氷モニタリングに関する研究

山岳地域の高度別集雪特性を調べるため5カ所に気象雪氷モニタリング機器を設置し、データを取得した。また、室堂平において実施したレーダによる積雪層観測は、融雪期における融雪水の融雪内浸透状況を広範囲に渡って把握するために有効な方法であることが確認された。

#### 雪崩の特性解明に関する研究

黒部峡谷志合谷における雪崩観測の結果、雪崩の衝撃力、速度の内部構造並びに雪崩による地震動、特に水平成分の特徴が明らかとなった。また、雪崩検知システムを開発し、同システムが自然雪崩に対して有効であることが確認された。

#### 冠雪森林災害に関する研究

ボカスギはタテヤマスギに比べ1日に降った雪の量が少ない場合でも被災する傾向が認められた。このことにより県西部の里山地帯が冠雪災害の危険性が最も高い一因としてボカスギの造林割合が高いことが示唆された。また、スギの葉の量と降雪量からスギの樹木に積もる雪の荷重をほぼ定量できることが確認された。

### (2) 利雪に関する高度研究

#### 氷点コントロール技術の研究

静水の過冷却実験の結果、各種清涼飲料水(炭酸飲料)が過冷却し易いだけでなく、激

しい攪拌にさらされても安定であることが明らかとなった。また、過冷却状態の容器への依存性として、ポリエチレンテレフタレートが最も過冷却効果が高いことが明らかになった。また、流水の過冷却実験の結果流水を 4 ~ - 6 に過冷却させることが出来た。

写真廃液の減容化と海水淡水化に関する研究において、現像液で 69%、定着液で 63% に減容化、海水は塩分 0.035% まで減塩することが出来た。

#### 貯雪技術に関する研究

トンネルが貯雪のための天然の恒温室として有効であることが確認された。トンネルにおける貯雪実験結果を貯雪槽における実験結果と比較したところ、トンネルにおける貯雪には断熱材の厚さが 113 mm の貯雪槽と同等の貯雪能力があることが分かった。また、雪冷房装置を試作し、冷房能力と雪量を試算した。

#### 積雪の効率的集積技術の開発

試作した雪圧縮成型処理機及び雪ブロック集積機による実用実験結果、雪ブロック作成、仕上げ成型及びパレット積み上げに要する時間が 46 秒/個と高効率であった。また、作成した雪ブロック約 500 個、計 17.4 t の雪をトンネル内に貯雪した結果、3ヶ月後、貯雪量の 53% にあたる 9.3 t が残存していた。材料雪の密度が  $0.2 \text{ g/cm}^3$  以上の場合には雪ブロックの密度は  $0.7 \text{ g/cm}^3$  と高密度に圧縮されていた。これら圧縮雪の pH 及び電気伝導度を測定したところ、雪はほぼ中性であり、電気伝導度も高くないことが判明した。従って、圧縮成型雪の融雪水による環境への影響はないと考えられる。

#### 融雪水の高機能性に関する研究

ラット実験の結果、融雪水を与えたラットの方が、水道水を与えたラットよりも採食糧、糞量ともに多くなる傾向があった。また、野菜を用いた雪中栽培実験の結果、乾物率の増加、抗酸化物質の増加、活性酸素分解酵素の活性化等が見られた。

(参考2) 研究成果の発表等

	原著論文 による発表	左記以外の 誌上発表	口頭発表	特許	計
国内	13	28	55	0	96
国際	2	0	2	0	4
計	15	28	57	0	100

(主な原著論文)

- 1) 立山・室堂平の春季積雪に含まれる化学成分の深度分布，長田和雄、木戸瑞佳、飯田肇、矢吹裕伯、幸島司郎、川田邦夫、中尾正義，雪氷62巻1号，2000.1
- 2) 流水の過冷却，対馬勝年、前川佳子，寒地技術論文・報告集15巻，1999
- 3) 融雪水の高機能性に関する研究 - ラットの消化率に及ぼす影響，吉岡龍馬、鈴木俊彦、吉田隆治、木沢進，富山県立大学紀要第10巻，2000
- 4) 集雪の効率的集積技術の開発(1) - 雪圧縮成形処理機による雪ブロック成形・貯雪作業 - ，小林、帖佐、横山、小南、大黒，農作業研究第34巻別号1，1999.3
- 5) 集雪の効率的集積技術の開発(2) - 雪ブロック集積装置の開発 - ，小林、大黒、帖佐、大嶺，農作業研究第35巻別号1，2000.3



(参考3) 研究項目と実施体制

研究項目	担当機関	所要経費 (百万円)
(1)富山県域の雪の特性解明の研究 雪雲の特性解明 県域における降積雪の分布特性の解明 山岳域の降積雪特性に関する研究 山岳域の気象雪氷モニタリングに関する研究 降雪粒子に関する研究 雪崩の特性解明研究 冠雪森林災害に関する研究  (2)利雪に関する高度研究 氷点コントロール技術の研究 貯雪技術に関する研究 積雪の効率的集積技術の開発 融雪水の高機能性に関する研究	日本気象協会北陸センター 日本気象協会北陸センター 名古屋大学大気水圏科学研究 所 富山大学理学部 富山大学理学部 長岡雪氷防災実験研究 富山県林業技術センター  富山大学理学部 北陸電力地域総合研究所 北陸農業試験場 富山県立大学短期大学部	1 2 8 3 4 9 2 5 1 7 1 6 5  4 3 1 3 1 2
合 計		2 7 3



### 3.3 鹿児島県

研究課題名：地域糖質資源の高機能化と環境調和型利用システムの基盤研究

実施年度：平成9年度～11年度

地域中核オーガナイザー：檜作 進（鹿児島大学名誉教授）

#### 1. 総合評価

本研究は、サツマイモという地域特産物に注目した研究であり、農産物を原料とした工業の発展に資するものであり、研究目標は充分達せられるとともに、研究成果の価値も高い。特許出願9件、受賞2件の実績に見られるように、着実に研究を進め実用化、あるいは他の研究制度への展開につなげる等、成果が着実に次の段階に進展しつつあり、研究成果の波及効果・発展が期待でき、また地域への波及効果も顕著であった。特に研究成果の価値、波及効果・発展性、地域への波及効果、課題設定の適切さの評価項目が高く評価され、総合評価としては非常に優れた研究であった。

#### 2. 研究目標の達成度

育種学的手法により低アミロースの品種等が数種選抜されたことは、サツマイモ澱粉の高付加価値化につながることも期待される。研究終了後の展開についても現在企業化の進行中のものが研究参加企業等で4件進行中である等、研究の更なる発展が期待できる。研究代表者のリーダーシップの下、産学官の研究連携によりサブテーマごとにそれぞれ研究成果をあげる等研究目標は十分に達成された。

なお、遺伝子導入による新しいサツマイモの開発はカルスレベルでは成功したものの、植物への分化の段階までは至ってはいないが、研究を継続することによって、近い将来、高アミロース種等の新品種を生み出す可能性が期待できる。

#### 3. 研究成果の価値

サツマイモという地域の資源を高度に有効利用し新しいキトサン分解酵素の製品化を行った他、無麴サツマイモ焼酎、1,5-アンヒドロフルクトースの抗酸化剤としての活用等実用化が図られた価値は大きく、更なる実用化が期待される。新産業につながる革新技術の創出と学術的研究の両面から着実に成果を上げ、今後の発展性が期待できるなど、研究成果の価値は高い。

#### 4. 研究成果の波及効果・発展性

国際的な特許も申請されており、研究成果の具体的な実用化に際しては、コスト・経済性の面をさらに改善することにより、その具体化が期待できる。

麴の代わりに酵素剤を用いて芋焼酎を製造する方法の開発については、コスト低下のみならず、熟練技術者による焼酎の製造に近い酒質へ容易に変化させる可能性を有する。また、焼酎酵母に細胞壁分解の機能を持たせる方法の開発は焼酎粕の低減につながる等研究成果が様々な方面に波及することが期待される。

また、本研究を行うことにより、地域の若い研究者に大きなインパクトが与えられ、また、

新たな研究グループが形成され、人材が育成された点で高く評価できる。以上のように研究基盤の充実という面も含めて研究成果の波及効果・発展は高く評価し、今後も期待できる。

#### 5．地域への波及効果

本研究で得られた成果は、澱粉製造業、焼酎製造業等県内における産業活性化への波及効果が高いとともに、本研究で得られた成果を他の作物を対象として行う等により地域外への波及効果も期待できるなど、本研究による波及効果は顕著である。

毎年、一般を対象とした講演会を開催し、成果の公開を行うことにより、本研究、科学技術等への関心を深めたことも波及効果を高めた活動として注目される。

#### 6．課題設定の適切さ

サツマイモという地域特産物の高度利用を課題に設定したのは鹿児島県の地域特性の観点からも的を得ている。研究途中でも研究課題を適切に絞り込む等新たな展開があり実用化に向けた取り組みがなされたことは評価されるとともに、全体として課題設定は適切なものである。

##### < 総合評価 >

評価項目	評価内容	評価
総合評価	a．非常に優れた研究であった b．優れた研究であった c．優れた研究ではなかった	a

##### < 全体評価 >

評価項目	評価内容	評価
研究目標の達成度	a．十分に達成した b．概ね達成した c．達成しなかった	a
研究成果の価値	a．高い b．乏しい	a
研究成果の波及効果・発展性	a．期待できる b．期待できない	a
地域への波及効果	a．波及効果が顕著であった b．波及効果が認められる c．波及効果は認められない	a
課題設定の適切さ	a．適切であった b．適切でなかった	a

## (参考1)

### 1. 研究の目標・概要

サツマイモは南九州、特に鹿児島県の基幹作物で、全国の生産高(108万t)の38%を占めている。また、サツマイモは単位面積、単位時間当たりのエネルギー生産が作物中最も高く、鹿児島県では、澱粉や焼酎の原料として栽培されている。しかし、澱粉にしても、焼酎にしても、価格の安いトウモロコシや大麦に押されて、産業界に危機感がある。

本課題では、サツマイモに関連する南九州の産業の発展に貢献することを目的とし、サツマイモの品種改良から、高付加価値の工業製品の開発までを対象として実施された。

また、現在のサツマイモ産業は、澱粉製造で発生する多量の澱粉粕や、焼酎製造で発生する焼酎粕の処理が大きな問題となっている。本研究では、これらの問題の解決も目指しつつ、広く生物資源としての糖質の高度利用も視野に入れながら、糖質関連産業の発展に資することを目指した。

本研究の内容は次のとおりである。

#### (1) 糖質資源作物の新育種素材

低アミロースサツマイモ創成のための遺伝子組換えと発現制御

遺伝子組換えによる低アミロースサツマイモの作出

低アミロースサツマイモの創成のための品種選別及び検定

高アミロース種サツマイモの創成

新型澱粉を有するサツマイモの創成

#### (2) 新高機能性酵素と利用技術

多糖の分解と糖の変換

微生物による新機能性オリゴ糖の生産と利用

植物繊維を分解する遺伝子組換え酵母

酵素剤及び新酵母を用いた新規焼酎醸造法の確立

新規な芋焼酎製造法に適した酵素剤の開発

#### (3) 新機能性糖質

アンヒドロフルクトースの生合成と利用に関する基盤研究

シクロデキストリンの高機能化

糖質結合性合成高分子の合成と機能

#### (4) 地域糖質資源の潜在価値の顕在化

澱粉粕から生分解性プラスチック生産のための基礎研究

澱粉・澱粉粕の新素材化技術開発

糖質資源からの有用糖類の生産

澱粉粕の水素醗酵

### 2. 成果の概要

#### (1) 糖質資源作物の新育種素材

低アミロースサツマイモの創成のための遺伝子組換えと発現制御

サツマイモのアミロース合成酵素をアンチセンス及びセンス方向で連結した遺伝子を構築し、カルスから塊根形成に誘導する可能性が見出された。

#### 遺伝子組換えによる低アミロースサツマイモの作出

で構築された遺伝子をアグロバクテリウムとMATベクターを用いて、サツマイモに導入し、アミロースの低下を示唆するカルスが得られた。

#### 低アミロースサツマイモの創成のための品種選別及び検定

多種のサツマイモの交配を通じて、低アミロース及び高アミロース系統のサツマイモを数種類選抜することに成功した。

#### 高アミロース種サツマイモの創成

サツマイモの枝作り酵素をクローニングし、サツマイモへの遺伝子導入を行った。また、枝作り酵素をサツマイモ細胞に導入し、アミロース含量が増加している可能性が見出された。

#### 新型澱粉を有するサツマイモの創成

枝作り酵素の遺伝子をサツマイモに導入することに成功した。また、サツマイモの遺伝子操作の最重要課題であるカルスから植物への再分化の条件を検討し、適切なホルモンの組み合わせ等による処理が有効であることが見出された。

## (2) 新高機能性酵素と利用技術

### 多糖の分解と糖の変換

Aureobasidium属菌から80で作用する3種類の炭水化物加水分解酵素を精製し、その特質と機能を精査した。これらの酵素を固定化することにより、工業的に利用可能であることが示唆された。

### 微生物による新機能性オリゴ糖生産と利用

キトサナーゼ生産能の高いBacillus subtilisHK1の土中からの分離に成功し、キトサンオリゴ糖精製酵素を企業化することに成功した。また、Aspergillus nigerのエンド型イヌリナーゼの遺伝子の一次構造を明らかにした。その他2、3の微生物におけるイヌリナーゼやキシラナーゼの構造と機能を明らかにした。

### 植物繊維を分解する遺伝子組換え酵母

焼酎酵母に4種類の植物細胞壁分解酵素、すなわちエンドグルカナーゼ、セロビオハイドロラーゼ、 $\alpha$ -グルコシダーゼ、キシラナーゼの遺伝子を導入した酵母を作成した。実用化テストの結果では、焼酎製造に有用であることが示唆された。

### 酵素剤及び新酵母を用いた新規焼酎醸造法の確立

麹の代わりに酵素剤を使用する芋焼酎の製造について、検討した結果、1000L規模

のテストで製造期間の50%短縮、作業員数の66%減が可能であることが立証された。また、従来の酒質に比べ、味・匂いなどの変化に富む、新しい焼酎を醸造することが可能となった。

#### 新規な芋焼酎製造法に適した酵素剤の開発

芋焼酎に適する市販酵素剤を選択し、その必要量を明らかにした。また、製造コストの削減として、クエン酸醗酵液を純粋のクエン酸の代わりに使用することが可能であることがわかった。酵母源としてもろみの一部を繰り返し利用すること、及びサツマイモの前処理としてエクストルーダーを利用することが可能であり、焼酎の香気生成にはペクチナーゼやリパーゼ系の酵素が役に立つこと等が明らかになった。

### (3) 新機能性糖質

#### アンヒドロフルクトースの生合成と利用に関する基盤研究

澱粉からリアーゼの作用で生成する1,5-アンヒドロフルクトースの工業的生産法の基本的な条件が確立された。同時に、アンヒドロフルクトースの構造、機能と性質を精査し、アンヒドロフルクトースがビタミンCより高い抗酸化活性を有することや、抗菌作用があることを明らかにした。食品添加物・保存剤として実用化が推進されている。

#### シクロデキストリン(CD)の高機能化

N-アセチルグルコサミニル CD類及び N-アセチルガラクトサミニル CD類等の新規CD誘導体を酵素合成し、その構造を明らかにした。また、マンノシル 2置換及び3置換 CDと CDの多くの異性体をHPLCで単離し、これらの構造と機能を明らかにした。更にDDSに利用するために必要な細胞と親和性を高める目的で、CD環にガラクトースやマンノース分子を2カ所に、スペーサーを入れた長鎖ヘテロ分岐 CD類を合成した。

#### 糖質結合性合成高分子の合成と機能

ポリマー合成を行い、更に化学修飾した結果、ヒト全血凝固時間の延長機能、ヘパリンとは異なる抗凝固作用等の生理活性が見出された。また、生体に対しての低毒性のハイドロゲルへ誘導し、ゲル中に生理活性タンパク質を内包させることで、除放担体として機能すること、更に、材料化の観点から、ポリスチレン超微粒子表面にハイブリッドシュガーを導入することで、糖タンパク質相互作用の発現が明らかになった。

### (4) 地域糖質資源の潜在価値の顕在化

#### 澱粉粕から生分解性プラスチック生産のための基盤研究

澱粉及び澱粉粕を脂肪酸塩化物を用いてエステル化し、構造とその性状を検討した結果、澱粉を生分解性樹脂や紙容器の表面撥水処理、印刷用紙の表面塗工などに利用可能な製品の生産に利用できる可能性が示唆された。また、澱粉粕のエステル化物は、澱粉のものよりも高い強度が示された。

### 澱粉・澱粉粕の新素材化技術開発

澱粉粕のクエン酸醗酵液から、新しい酸性アミラーゼが発見された他、クエン酸残渣から高品質の食物繊維を生産する方法を開発した。

### 糖質資源からの有用糖類の生産

サツマイモ澱粉粕から高機能性食物繊維と新しいユニークな機能を持つペクチンの製法、及びペクチンからウロン酸を生産する技術を開発した。一方、コーンスターチの製造時に副生するファイバーからL-アラビノースを生産する方法を開発し、その栄養・生理的機能を解明した。

### 澱粉粕の水素醗酵

澱粉及び澱粉粕から、絶対嫌気性細菌、通性嫌気性菌、セルロース資源性水素生産菌を用いる効率的な水素生産法の諸条件を精査し、澱粉粕から高収率で水素を生産する方法の確立を行った。

### (参考2) 研究成果の発表等

	原著論文 による発表	左記以外の 誌上発表	口頭発表	特 許	計
国内	24	11	71	10	116
国際	29	6	3	1	39
計	53	17	74	11	155

### (主な原著論文)

- 1) K. Yoshinaga, M. Fujisue, J. Abe, I. Hanashiro, Y. Takeda, K. Muroya, S. Hizukuri, Characterization of exo-(1,4)-alpha glucan lyase from red alga Gracilaria Chorda. Activation, inactivation and the kinetic properties of the enzyme, Biochim. Biophys. Acta, 1472, 447, 1999
- 2) N. Sakamoto, T. Shioya, T. Serizawa, M. Akashi, Direct observation of fibrinogen-heparinoid complexes formation using surface plasmon resonance, Bioconjugate Chem., 10, 538-543, 1999
- 3) 檜作 進, L-アラビノースの栄養・生理的機能と用途, J. Appl. Glycosci., 46, 159-165, 1999



4) 鮫島吉廣，川野秋二，改良酵母および酵素剤を用いた新タイプ焼酎の開発，バイオサイエンスとインダストリー，57(9)，31-34，1999

5) S. Kitahata, T. Tanimoto, A. Ikuta, K. Tanaka, K. Fujita, H. Hashimoto, H. Murakami, H. Nakano, and K. Koizumi, Synthesis of novel heterobranching b-cyclodextrins from 42-O-b-D-galactosyl-maltose and b-cyclodextrin by the reverse action of pullulanase, and isolation and characterization of the products, Biosci. Biotechnol. Biochem., 64(6), 1223-1229, 2000

(特許)

1 キトサナーゼ

小川喜八郎，オムマサバ エー・クリスピナス，吉田直人，井上順一，仮屋勲一  
特願平11-250711

2 1,5-D-アンヒドロフルクトースを含有する細菌増殖の抑制ないし阻止剤

檜作進，竹田靖史，安部淳一，室屋賢康，吉永一浩，藤末真実  
特願平11-266336

3 構成糖に1,5-D-アンヒドロフルクトースを含有する糖鎖

檜作進，竹田靖史，安部淳一，室屋賢康，吉永一浩，藤末真実，石場秀人  
特願2000-17183

4 1,5-D-アンヒドロフルクトースの糖供与体としての用途

檜作進，竹田靖史，安部淳一，室屋賢康，吉永一浩，藤末真実，石場秀人  
特願2000-25540

5 抗酸化剤との併用による1,5-D-アンヒドロフルクトースを含有する細菌増殖の抑制ないし阻止剤

檜作進，竹田靖史，安部淳一，室屋賢康，吉永一浩，藤末真実，石場秀人  
特願2000-87905

6 キレート剤との併用による1,5-D-アンヒドロフルクトースを含有する細菌増殖の抑制ないし阻止剤

檜作進，竹田靖史，安部淳一，室屋賢康，永吉一浩，藤末真実，石場秀人  
特願2000-94791

7 食物繊維の製造法

檜作進，安部淳一，高峯和則，岩屋あまね，下野かおり，間世田春作，峰崎信男  
特願平11-304129

- 8 酸加水分解法による L - アラビノースの製造方法  
檜作進，安部淳一，高峯和則，大崎敏満，柴沼清，森本清一  
特開平 1 1 - 3 1 3 7 0 0
- 9 酸加水分解法による L - アラビノースの製造方法  
檜作進，安部淳一，高峯和則，大崎敏満，柴沼清，森本清一  
P C T / J P 9 9 / 0 2 2 4 0
- 10 糖鎖固定高分子微粒子とこれを用いたタンパク質の捕捉方法  
明石 満、馬場昌範、小林一清、芹澤 武、檜作 進、内田敏朗  
特願 2 0 0 0 - 3 4 1 2 1 8
- 11 焼酎の製造方法  
川野秋二，米元俊一，鮫島吉廣  
特願 2 0 0 0 - 1 7 7 1 6

(受賞等)

2 件 (国内)

- ・シクロデキストリン学会学会賞
- ・高分子学会平成 1 0 年度高分子学会賞

(参考3) 研究項目と実施体制

研究項目	担当機関	所要経費 (百万円)
(1)糖質資源作物の新育種素材		
低アミロースサツマイモの創成のための遺伝子組換えと発現制御	鹿児島大学理学部	1.5
遺伝子組換えによる低アミロースサツマイモの作出	鹿児島県バイオテクノロジー研究所	1.1
低アミロースサツマイモの創成のための品種選別及び検定	農林水産省九州農業試験場	1.3
高アミロース種サツマイモの創成	鹿児島大学農学部	2.2
新型デンプンを有するサツマイモの創成	京都大学大学院工学研究科	1.5
(2)新高機能性酵素と利用技術		
多糖の分解と糖の変換	宮崎大学工学部	1.0
微生物による新機能オリゴ糖の生産と利用	宮崎大学農学部	1.5
植物繊維を分解する遺伝子組換え酵母	鹿児島大学工学部	1.6
酵素剤及び新酵母を用いた新規焼酎醸造法の確立	薩摩酒造株式会社	1.4
新規な芋焼酎製造法に適した酵素剤の開発	国税庁醸造研究所	1.3
(3)新機能性糖質		
アンヒドロフルクトースの生合成と利用に関する基盤研究	日本澱粉工業株式会社	1.4
シクロデキストリンの高機能化	武庫川女子大学薬学部	1.7
糖質結合性高分子の合成と機能	鹿児島大学工学部	2.0
(4)地域糖質資源の潜在価値の顕在化		
澱粉粕から生分解性プラスチック生産のための基礎研究	宮崎大学工学部	7
澱粉・澱粉粕の新素材化技術開発	鹿児島大学農学部	1.8
糖質資源からの有用糖類の生産	鹿児島県工業技術センター	1.3
澱粉粕の水素醗酵	宮崎大学工学部	8
合 計		26.6



## · 參考資料



## 1. 生活・社会基盤研究の評価について

### 1. 評価対象課題

#### (1) 生活者ニーズ対応研究

研究実施3年度目の課題を対象とする。

#### (2) 地域先導研究

前年度に研究を終了した課題を対象とする。

### 2. 評価の目的

科学技術振興調整費のうち生活・社会基盤研究による重要研究業務の総合調整を一層効果的に推進する観点から、研究の成果、推進状況について把握することを目的とする。

また、生活者ニーズ対応研究については、研究継続の必要性の検討(継続の場合の研究目的・目標、実施体制の見直しを含む)を目的とする。

### 3. 評価の方法

生活者ニーズ対応研究については総合推進委員会委員長、地域先導研究については地域中核オーガナイザーによる自主評価の報告を受け、生活者ニーズ対応研究は別紙1、地域先導研究は別紙2の項目について評価を行う。

生活者ニーズ対応研究 第 期評価項目

< 総合評価項目 >

総合評価

- a : 非常に優れた研究であった
- b : 優れた研究であった
- c : 優れた研究ではなかった

今後の研究の進め方

- a : 研究を継続すべきである
- b : 研究内容を再編成して継続すべきである
- c : 研究を終了すべきである

< 項目別評価項目 >

1. 研究目標について

(1) 研究目標の達成度

- a : 十分に達成した
- b : 概ね達成した
- c : 達成しなかった

(2) 研究代表者の指導性

- a : 指導性が発揮された
- b : 指導性が発揮されなかった

(3) 課題全体と研究サブテーマとの  
目的・目標との整合性

- a : 整合性があった
- b : 整合性に乏しかった

2. 研究成果について

(1) 研究成果の価値

科学的な観点から判断して

- a : 高い
- b : 乏しい

国民生活又は社会的な観点  
から判断して

- a : 高い
- b : 乏しい

(2) 研究成果の波及効果・発展性

- a : 期待できる
- b : 期待できない

(3) 研究成果の情報発信

- a : 情報発信が十分になされている
- b : 情報発信が十分になされていない

3. 課題設定の適切さ

- a : 適切であった
- b : 適切でなかった

< 参考評価項目 >

1. 想定外の成果の有無

- a : 想定外の成果があった
- b : 想定外の成果が乏しかった



地域先導研究 事後評価項目

<総合評価項目>

総合評価

- a : 非常に優れた研究であった
- b : 優れた研究であった
- c : 優れた研究ではなかった

<全体評価項目>

1. 研究目標の達成度

- a : 十分に達成した
- b : 概ね達成した
- c : 達成しなかった

2. 研究成果について

(1) 研究成果の価値

- a : 高い
- b : 乏しい

(2) 研究成果の波及効果・発展性

- a : 期待できる
- b : 期待できない

(3) 地域への波及効果

- a : 波及効果が顕著であった
- b : 波及効果が認められる
- c : 波及効果は認められない

3. 課題設定の適切さ

- a : 適切であった
- b : 適切でなかった

<参考評価項目>

1. 想定外の成果の有無

- a : 想定外の成果があった
- b : 想定外の成果が乏しかった

科学技術会議 政策委員会 生活・社会基盤研究小委員会  
委員名簿

氏名	所属
井村 裕夫	科学技術会議議員（常勤）
石塚 貢	科学技術会議議員（常勤）
池上 徹彦	会津大学 副学長
犬伏 由利子	消費科学連合会 副会長
河合 隼雄	国際日本文化研究センター 所長
杉町 圭蔵	九州大学医学部 第2外科 教授
鈴木 昭憲	秋田県立大学 学長
田嶋 尚子	東京慈恵会医科大学 内科学第3 教授
多田 幸一	全国知事会 調査第二部長
野中 勉	鶴岡工業高等専門学校 校長
林 勝彦	NHKエンタープライズ21 スペシャル部 エグゼクティブプロデューサー
眞柄 泰基	北海道大学大学院 工学研究科 教授
丸山 一郎	埼玉県立大学 保健医療福祉学部 教授
渡邊 昌	東京農業大学 応用生物科学部 教授
渡邊 正己	長崎大学 薬学部 教授

地域先導研究外部専門家名簿

氏 名	所 属
稲森 悠平	環境庁国立環境研究所総合研究官
藤吉 康志	北海道大学低温科学研究所教授
小林 一清	名古屋大学大学院工学研究科教授