

厚生労働科学研究費補助金
化学物質リスク研究事業

家庭用品中化学物質のリスク評価
に関する総合研究

平成 16～18 年度 総合研究報告書

主任研究者 安 藤 正 典

平成 19 (2007) 年 3 月

厚生労働科学研究費補助金 化学物質リスク研究事業

家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究（平成16～18年度）

（順不同、敬称略）

主任研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授

分担研究者 嵐谷 奎一 産業医科大学 産業保健学部 教授

石光 進 国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部 第四室長

神野 透人 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 第一室長

長野 嘉介 日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 部長

野崎 淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

大坪 泰文 千葉大学 工学部 教授

協力研究者 内山 茂久 千葉大学 工学部 非常勤講師

大河原 晋 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 助手

森田 健 国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部 主任研究官

松島江里香 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 技術補助員

香川 聡子 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 技術補助員

大西 誠 日本バイオアッセイ研究センター 分析室 室長

武 信 日本バイオアッセイ研究センター 分析室 室長補佐

樺田 尚樹 産業医科大学 産業保健部 助教授

吉田 安宏 産業医科大学 医学部 講師

浅井 佳祐 千葉大学大学院 自然科学研究科

北尾奈穂子 千葉大学大学院 自然科学研究科

委託研究機関 グリーンブルー株式会社

目 次

1. 総括報告書

家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究	1
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	

2. 分担研究報告書

I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究

1. 家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性

1. 1. 日用品からの化学物質検出頻度から見た吸入暴露の寄与率の評価	85
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 2. 芳香剤、消臭剤、脱臭剤等	103
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 3. 家電製品	109
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 4. 内装材	
i) 床材、壁装材	119
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) カーペット、下地材	123
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iii) カーテン、ブラインド	127
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 5. 寝具	131
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 6. 家庭用品からの有害物質の検出頻度	135
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	

1. 7. 汚染対策塗料	
i) 自然塗料 (その1)	141
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) 自然塗料 (その2)	145
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iii) 自然塗料 (その3)	149
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 8. 畳材	
i) チャンバー試験による評価	153
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) 化学物質発生量の実態把握と低発生量対策	159
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iii) 家屋使用畳等における内分泌攪乱物質	161
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
1. 9. 建具	165
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 空気汚染対策品の低減化技術とその評価	
2. 1. 室内空气中化学物質の低減対策の実態に関する研究	
i) 室内環境配慮型建材	173
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) 家庭用空気清浄機による室内空气中化学物質の除去性の評価	197
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iii) 一般住宅における化学物質濃度低減対策における実態調査	217
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iv) 吸着建材	227
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
v) 光触媒	239
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	

vi) 実環境における濃度低減技術	249
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
vii) ホルムアルデヒドの直接低減化手法の開発	257
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 2. 漆喰材、炭素系建材、吸着カーペット	267
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 3. グラフト重合技術	273
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 4. リン酸チタニア化合物	277
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 5. ベイクアウト技術の評価	
i) 住宅設備機器	281
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) 多孔質材のベイクアウト	285
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 6. 循環型換気システム	289
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 7. 発生抑制技術	293
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3. 実測調査による室内化学物質濃度の把握と対策技術の検証	
3. 1. 一般住宅	
i) 化学物質の濃度	299
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
ii) 一般住宅における低減対策品導入による実態調査	309
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
iii) 浴室における家庭用品中化学物質の暴露に関する研究	315
国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 神野 透人	

iv) 大学施設における揮発性有機化合物に関する研究 321
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典

3. 2. 事務室 333
東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫

II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質の

データベースの構築に関する研究

1. 未調査化学物質の室内での存在に関する研究

1. 1. 家庭用品から放散させる揮発性有機化合物の
相対的評価測定方法に関する研究 339
国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 神野 透人

1. 2. 室内における微小ナノ物質の挙動及び健康影響評価に関する研究 . . . 347
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典

2. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究 349
国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部 石光 進

III. 室内空気中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究

1. 吸入による低濃度長期及び高濃度短期の暴露における健康影響評価に関する研究

1. 1. 家庭空気中化学物質の中長期低濃度及び
短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究

i) トルエンの吸入毒性の評価に関する研究 357
日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 長野 嘉介

ii) トルエンとクロロホルムの吸入毒性の評価の違いに関する研究 367
日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 長野 嘉介

iii) エチルベンゼンの吸入と経口毒性の評価に関する研究 389
日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 長野 嘉介

iv) 経口あるいは腹腔内暴露からの毒性評価から吸入暴露の予測 407
日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 長野 嘉介

1. 2.	低濃度アセトアルデヒド経気道曝露による生態影響評価	445
	産業医科大学 産業保健部 嵐谷 奎一	
2.	免疫、神経、生理学あるいは生化学に関連する	
	新たな毒性評価指標による影響に関する研究	
2. 1.	家庭用品中化学物質による過敏症の発現機構に関する研究	453
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
2. 2.	TRPV3 受容体の細胞発現系を用いた in vitro スクリーニング系の確立	459
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
IV.	家庭用品由来化学物質の測定技術の開発と室内濃度予測手法に関する研究	
1.	家庭用品中放散性化学物質の検索及び放散方法の開発に関する研究	
1. 1.	家庭用品から放散される揮発性有機化合物の測定方法に関する研究	463
	国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 神野 透人	
2. 1.	放散試験のための分析方法の検討	
i)	炭素系吸着材の常温吸着・熱脱離特性の測定	473
	千葉大学 工学部 大坪 泰文	
ii)	アルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体の異性化	483
	千葉大学 工学部 大坪 泰文	
iii)	カルボン酸とアルデヒド・ケトン類の同時分析	497
	千葉大学 工学部 大坪 泰文	
iv)	フタルアルデヒドの分析	507
	千葉大学 工学部 大坪 泰文	
2.	評価手法の検証のための実験装置・周辺機器の開発	
2. 1.	小型家庭用品の放散試験方法の開発	517
	千葉大学 工学部 大坪 泰文	
2. 2.	微量化学物質測定チェンバーの性能検証	531
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	

2. 3.	ガス定常発生装置の検証	535
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
2. 4.	初期性能と空気濃度予測	539
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3.	家庭用品由来化学物質の室内化学物質の濃度予測	
3. 1.	化学吸着材	543
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3. 2.	脱臭剤	545
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3. 3.	家庭用空気清浄機	547
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3. 4.	換気システム	549
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
3. 5.	居住状態における室内化学物質濃度予測手法の開発	551
	東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 野崎 淳夫	
V.	家庭用品由来化学物質の暴露のシナリオと推計モデル開発に関する研究	
1.	家庭用品からの暴露の様式に伴う類別化と暴露の機会に関する研究	557
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
2.	家庭用品中化学物質の放散パターンと暴露経路の概念に関する研究	567
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
3.	家庭用品の放散量の試験方法に関する研究	573
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
4.	総合暴露評価に関する研究	577
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
5.	総合暴露評価の具体的算出に関する研究	583
	武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	

VI. 家庭用品中放散性化学物質の総合的リスク評価に関する研究	
1. 室内化学物質濃度が呼気へ及ぼす影響調査	589
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
2. リスクアセスメントの概念と安全性評価の作業手順の提案	601
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
3. 家庭用品のリスクアセスメントの手順と各論	605
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
4. 安全性評価（安全性の検証：リスクアセスメント）	609
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
5. 家庭用品中放散性化学物質の具体的総合的リスク評価の例	613
武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 安藤 正典	
VII. 添付資料	617

家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究（H16-化学-一般-004）

主任研究者 安藤正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授

室内環境での健康の問題は、シックハウス症候群や化学物質過敏症といった社会的に一般化した用語としてマスコミ等で頻繁に取り上げられてきた。主任研究者は、この問題を科学的立場から、問題の整理とその解決方策を探るため、平成 10～12 年度にかけていわゆる「化学物質過敏症」の臨床的研究、ホルムアルデヒドの免疫的研究等を実施し、我が国における状況を把握した。さらに、13～15 年度にかけて 150 種にのぼる化学物質についての全国の実態調査、室内空气中化学物質等の総合評価手法の開発を行ってきた。これら研究によって、我が国における特に建築資機材由来の室内空气中化学物質の存在状況がはじめて明らかになるとともに、厚生労働省における 13 化学物質の指針値策定に貢献した。その結果を受けて、国土交通省や農林水産省においては、建築資機材についてホルムアルデヒドなどの発生量の抑制の施策や建築基準法の改正による 24 時間強制換気の設置等による室内空気質の改善が義務付けられるなど、建築資機材と建築物に対する規制が実施されてきた。しかしながら、室内空气中化学物質のもう一つの発生源である家庭用品の状況把握やそのリスクについてはなんら評価されておらず、国民の室内空气中化学物質の制御と健康影響防止の観点からは片手落ちの状況は否めない。そこで、家庭用品全般を俯瞰した上での化学物質の放散の実態を把握し、そこから得られる情報を整理して、安全性評価に係る研究を早急に行うことは、国民の健康維持の観点から緊急の課題である。

本研究では、家庭用品中化学物質の安全対策に資する観点から、これまでの研究により我が国あるいは国際機関等で空気質汚染対策の対象とされている化学物質について、各種の家庭用品からの放散量、放散特性等を把握し、この測定結果を基に暴露予測によって暴露評価を行うことと、毒性情報が少ない化学物質についての吸入毒性試験を実施することによって用量-反応評価の課題の整理と修正を行うことを目指している。最終的に暴露評価の情報を整理して安全性を総合的に解析して、リスク評価し、今後の厚生労働省における家庭用品中化学物質のリスク管理方法を提案することを目的とした。

研究計画は、以下に示す 6 課題を中心として研究を推進した。

- I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究
- II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質のデータベースの構築に関する研究
- III. 室内空气中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究
- IV. 家庭用品由来化学物質の測定技術の開発と室内濃度予測手法に関する研究
- V. 家庭用品中化学物質への暴露のシナリオと推計モデル開発に関する研究
- VI. 家庭用品中放散性化学物質の総合的リスク評価に関する研究

本研究で提案した結果を基に、具体的嗜好の可能性と問題を整理し、実証的研究を推進する必要がある。

家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究（H16-化学-一般-004）

主任研究者 安藤正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授

研究要旨 室内環境での健康の問題は、シックハウス症候群や化学物質過敏症といった社会的に一般化した用語で代表されるようにマスコミ等で連日のように取り上げられている。主任研究者は、この問題を科学的立場から、問題の整理とその解決策を探るため、平成10～12年度にかけていわゆる「化学物質過敏症」の臨床的研究、ホルムアルデヒドの免疫的研究等を実施し、我が国における状況を把握した。さらに、13～15年度にかけて150種にのぼる化学物質についての全国の実態調査、室内空气中化学物質質量等の総合評価手法の開発を行ってきた。これら研究によって、我が国における特に建築資機材由来の室内空气中化学物質の存在状況がはじめて明らかになるとともに、厚生労働省における13化学物質の指針値策定に貢献した。その結果を受けて、国土交通省や農林水産省においては、建築資機材についてホルムアルデヒドなどの発生量の抑制の施策や建築基準法の改正による24時間強制換気の設置等による室内空気質の改善が義務付けられるなど、建築資機材と建築物に対する規制が実施されてきた。しかしながら、室内空气中化学物質のもう一つの発生源である家庭用品の状況把握やそのリスクについてはなんら評価されておらず、国民の室内空气中化学物質の制御と健康影響防止の観点からは片手落ちの状況は否めない。そこで、家庭用品全般を俯瞰した上での化学物質の放散の実態を把握し、そこから得られる情報を整理して、安全性評価に係る研究を早急に行うことは、国民の健康維持の観点から緊急の課題である。

本研究では、家庭用品中化学物質の安全対策に資する観点から、これまでの研究により我が国あるいは国際機関等で空気質汚染対策の対象とされている化学物質について、各種の家庭用品からの放散量、放散特性等を把握し、この測定結果を基に暴露予測によって暴露評価を行うことと、毒性情報が少ない化学物質についての吸入毒性試験を実施することによって用量-反応評価の課題の整理と修正を行うことを目指している。最終的に暴露評価の情報を整理して安全性を総合的に解析して、リスク評価し、今後の厚生労働省における家庭用品中化学物質のリスク管理方法を提案することを目的とした。

研究計画は、以下に示す6課題を中心として研究を推進した。

- I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究
- II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質のデータベースの構築に関する研究
- III. 室内空气中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究
- IV. 家庭用品由来化学物質の推計モデルの開発と濃度予測に関する研究
- V. 家庭用品中化学物質への曝露推計モデルの開発に関する研究
- VI. 家庭用品中化学物質の総合的リスク評価に関する研究

各課題の研究結果の概要は以下のとおりである。

I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究

本項では、1. 家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性、2. 空気汚染対策製品の低減化技術とその評価、3. 実測調査による室内化学物質濃度の把握と対策技術の検証について研究を実施した。

I-1. 家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性

I-1. 1. 日用品からの化学物質検出頻度から見た吸入暴露の寄与率の評価

日用品・家庭用品（一般家具、住宅設備家具、衣料、開放型暖房器具、スプレー、接着剤）の有害化学物質発生量を整理し、個々の製品における有害化学物質の検出頻度及び検出強度を把握した。1,2,3-トリメチルベンゼン、デカン、ウンデカン、エチルベンゼン、酢酸ブチルの検出が顕著であり、これらは塗料や接着剤の溶剤として用いられることが多いことが明らかになった。

I-1. 2. 芳香剤、消臭剤、脱臭剤等

本研究では、1)消臭剤、芳香剤、脱臭剤等の化学物質発生量と2)その化学物質除去性能を定量的に明らかにすることを目的とした。

I-1. 3. 家電製品

本研究では、以下に示した多種多様な家電製品の化学物質発生量、発生特性を実験的に求めた。

(1)電子レンジ、(2)掃除機、(3)オイルヒーター、(4)電気敷毛布・電気コタツ（ヒーター部）、(5)空気清浄機、(6)マルチリスニングプレーヤー、(7)MDプレーヤー、(8)電子辞書、(9)ノートパソコン、(10)コタツ内

I-1. 4. 内装材

i) 床材、壁装材

本研究では、内装材として壁紙と床材から発生する化学物質を定量的に明らかにした。

ii) カーペット、下地材

本研究では、カーペットA、B、Cの3種とカーペットの滑り止めシートの化学物質放散速度を検討した。

iii) カーテン、ブラインド

本研究では、カーテン(2検体)とブラインド(1検体)の計3検体を測定対象とした。

I-1. 5. 寝具

寝具からのガス状化学物質の発生は、未だ解明されていないため、マットレスのVOC発生量を定量的に明らかにした。

I-1. 6. 家庭用品からの有害物質の検出頻度

検出頻度の大きな有害化学物質について、その用途や健康影響についても把握することを目的として、総括的に有害化学物質の検出頻度及び検出強度を把握した。

I-1. 7. 汚染対策塗料

家庭用品に必ず使用されるものの一つである無溶剤型塗料(自然塗料)またはワックスを塗布した無垢材からの化学物質放散速度、放散化合物及び減衰について検討した。

I-1. 8. 畳材

i) チャンバー試験による評価

本研究では、畳材の室内空気環境に与える影響を把握するため、1)畳構成材の残留農

薬を定量的に明らかにし、2)畳試験片からの有機リン系化合物の発生量をチェンバー実験により明らかにすることを目的とした。

ii) 化学物質発生量の実態把握と低発生量対策

化学物質低放散量と合成樹脂製畳を実際の住居に敷設し室内アルデヒド類濃度、VOC濃度の実測調査を行った結果、1) 合成樹脂製畳からスチレンの発生を確認した。2) いずれの畳からもホルムアルデヒド、アセトアルデヒドが10~20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 放散していることがみられた。3) チェンバー実験と実測調査の比較検討を行う事により、今回実施した室内化学物質低減対策の有効性を明らかにした。

iii) 家屋使用量等における内分泌攪乱物質

本研究では、昨年引き続き、和室におけるSVOC汚染の実態と汚染メカニズムを明らかにする基礎的研究として、実際に家屋に使用した状況における化学物質放散を検討した。

I-1. 9. 建具

本研究では、1)建具の化学物質発生量の実態解明を行い、室内化学物質汚染の防止を意図した、2)化学物質低放散仕様建具を作製し、その発生量を実験室実験で検証した。

I-2. 空気汚染対策製品の低減化技術とその評価

I-2. 1. 室内空气中化学物質の低減対策の実態に関する研究

i) 室内環境配慮型建材

建材と封止系塗料を塗布した現場施工部材からの化学物質放散速度を検討した。塗布7日後の放散速度は、自然塗料：187-260 $[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 、自然系ワックス：32-491 $[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 、無垢材（ナラ）：66 $[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であった。放散化学物質中には、エタノール、アセトンが多く含まれている実態が明らかになった。封止系塗料を塗布した現場施工材においては、表面より裏面の放散量が大きいケースもあった。

ii) 家庭用空気清浄機による室内空气中化学物質の除去性の評価

室内での化学物質の1)定常発生法による性能評価試験法の開発、2)空気清浄機の化学物質除去性能と相当換気量、3)高精度の室内化学物質濃度予測法を検討した。家庭用空気清浄機では、ホルムアルデヒドは16.4~25.7 (m^3/h)、VOCは29.6~51.6 (m^3/h)の相当換気量が示され、本予測手法は高精度の室内化学物質濃度予測法であることが判明した。

iii) 一般住宅における化学物質濃度低減対策における実態調査

化学物質濃度低減対象品の実環境の実測調査からその性能を検証した。光触媒製品は室内VOC濃度が約33%減少した。珪藻土壁では、トルエン濃度が約94%減少したが、エタノール濃度は約23%増加した。吸着系内装材では、ホルムアルデヒドではホルムアルデヒド濃度は減少する吸着効果が見られた。空気清浄機は、VOCに対して約45%の低減効果が確認された。放散面遮断技術では、抑制効果は確認されなかった。

iv) 吸着建材

化学物質吸着系建材の吸着性能を検討した結果、ホルムアルデヒドの相当換気量は、塗り壁状漆喰内装材:0.30-0.94(m^3/h)、粉末状漆喰:0.25-1.10(m^3/h)、炭素系吸着建材:0.26-0.98(m^3/h)であった。同様にトルエンの相当換気量は、炭素系吸着建材:0.38-0.50(m^3/h)であった。

v) 光触媒

光触媒による室内化学物質分解性能について検討したところ、光源の紫外線量が足りないためか、明確な化学物質濃度の低減効果は見られなかった。また、光触媒粒子の接着面や光触媒塗料自体から光触媒のアルデヒド類分解に伴う中間生成物(VOC)発生が示唆された。

vi) 実環境における濃度低減技術

化学物質濃度低減対象品のチェンバー実験によりその性能を明らかにした。当該光触媒製品はホルムアルデヒドに対して効果が見られなかったが、VOCは、ある一定の分解除去性能が確認され、相当換気量で $0.78[m^3/m^2 \cdot h]$ となった。吸着系内装材では、ホルムアルデヒドに対して吸着効果が示され、約78%の濃度低減率を示した。一方で、トルエンに対しては吸着効果は確認されなかった。放散面遮断技術は、ビニールシート及び水性アクリルエマルジョンと水性ウレタン塗料の重ね塗りにおいて発生抑制効果が確認された。

vii) ホルムアルデヒドの直接的低減化手法の開発

家具内部から発生する化学物質の放散速度を抑制するために、その効果が期待される物質を塗布し、塗布前後の濃度を測定することにより低減効果を評価した。尿素がホルムアルデヒドと反応して、メチロール尿素等を生成し固定されたことが推測されるが、尿素は人体に対する毒性が極めて低く、また、非常に安価な物質なので今後有効な利用が期待される。

1-2. 2. 漆喰材、炭素系建材、吸着カーペット

吸着建材・製品に着目し、室内化学物質の吸着性能について、定量的に明らかにすることを目的とて、漆喰材、炭素系建材、吸着カーペットからのホルムアルデヒドやVOCの放散量から、相当換気量を求め、その低減化効果を評価した。

I-2. 3. グラフト重合技術

本研究では、1) 定常ガス発生装置を用いて、ホルムアルデヒドのチェンバー内定常状態を構築する事に成功した。2) 定常発生法による、グラフト重合高分子吸着材のホルムアルデヒド吸着性能を定量的に明らかにした。3) 汚染物質曝露時間の増大に伴い、ホルムアルデヒド吸着性能は低下する傾向が示された。4) 試験体B、Eは、粉末状の備長炭に近似したホルムアルデヒド相当換気量を有する事が明らかとなった。5) 吸着容量が小さく、物質選択性の無い物理吸着材と比較すると、グラフト重合利用の化学吸着材は一度吸着した化学物質を脱離しにくいことが観察された。また、吸着容量、吸着力や性能持続性の面で非常に優れているため、吸着対象物質が限定された環境下において有効な対策技術となりうる。

I-2. 4. リン酸チタニア化合物

本研究では、1) リン酸チタニア化合物利用対策品による明確な化学物質濃度低減効果は示されなかった。2) リン酸チタニア化合物利用対策品設置チェンバー内でVOC濃度の上昇が確認された。

I-2. 5. ベイクアウト技術の評価

i) 住宅設備機器

ホルムアルデヒドでは、1) ホルムアルデヒド低減率は5.61~27.3[%]の範囲にあった。なお、相対湿度20[%]の低湿度条件ではほとんどホルムアルデヒド発生量を低減できないが、相対湿度を50[%]まで増大させることにより、20[%]台の発生量低減率が示された。2) 測定対象の洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策が施されており、ホルムアルデヒド発

生量は比較的小さかった。

VOCでは、1) 測定対象とした洗面化粧台のVOC総発生量の約60~90[%]をMEKが占めている事が明らかとなった。2) ベイクアウトにおける湿度条件の違いにより、化学物質発生量は同じ物質であっても変化する事が示された。

ii) 多孔質材のベイクアウト

実環境において、ガス状汚染物質は内部（畳床）に徐々に浸透するものと考えられた。この場合の R_m は小さくなり、今回の実験結果とは異なる傾向を示す可能性もあることが認められた。

I-2. 6. 循環型換気システム

本研究では、ホルムアルデヒド定常発生時における循環型換気システムの除去性能を定量的に明らかにした。同機器の相当換気量は家庭用空気清浄機並みの大きさを有し、同機器は室内ホルムアルデヒド、VOC汚染低減対策として有効であることが示された。

I-2. 7. 発生抑制技術

室内化学物質の発生抑制技術の検討を行うことを目的として、建材等の化学物質放散面をある方法（ビニール製被覆テープ、杉製カバー、塗料により被覆、コーティング）で被覆し、化学物質発生量の低減性を実測調査、実験室実験により明らかにした。

I-3. 実測調査による室内化学物質濃度の把握と対策技術の検証

I-3. 1. 一般住宅

i) 化学物質の濃度

本研究では、種々の空気汚染対策製品・技術を適用した住宅において、実測調査を行いその濃度低減効果を明らかにした。

ii) 一般住宅における低減対策品導入による実態調査

本研究では、各種対策品・対策技術を導入した住宅における室内化学物質濃度の把握を行った。また、全ての測定対象室において、エタノールの発生を確認した。これは、以前塗布した封止系塗料に起因する。

iii) 浴室における家庭用品中化学物質の暴露に関する研究

家庭用品に起因する室内環境中での化学物質暴露を明らかにする目的で、浴室内空気中の化学物質を加熱脱着-GC/MS法により測定した。その結果、水道水に由来する化学物質に加えて、家庭用品に由来すると考えられるD-Limoneneなどのテルペン類や揮発性シリコーンOctamethylcyclotetrasiloxane、抗酸化剤Butylated Hydroxytoluene (BHT)が検出された。

iv) 大学施設における揮発性有機化合物に関する研究

公共施設（大学施設）と一般住宅の室内における揮発性有機化合物（VOCs : Volatile Organic Compounds）濃度比較を行った。TVOCに占めるアルコール類の割合（9%）が芳香族炭化水素類（34%）、脂肪族炭化水素類（41%）に次いで高かったが、建築で使用される溶剤がアルコール系にシフトしていることを示唆し、大学施設と一般住宅を比較するとテルペン類（39%）と我が国固有成分（22%）の中のエタノールに高い傾向が見られた。我々は日常生活の80%を室内で過ごすため、発生量を注意深く監視する必要がある。

I-3. 2. 事務室

本研究では、実在事務室の備品を除く 1) 主要発生源の仕様、使用量、化学物質発生量を

明らかにし、2)事務室内濃度の実測調査を行った。また、ここで得られた化学物質発生量を室内濃度予測式に代入して、事務室(A)、(B)の室内濃度予測を行った。

II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質のデータベースの構築に関する研究

本課題では、平成15年度までの過去8年間にわたる全国調査により、室内空気中での存在が明らかとなった化学物質について発生源である各種家庭用品それぞれの寄与率を評価するための基盤的研究を実施した。さらに、過去に調査がなされていないWHO等の国際機関等により、室内汚染が指摘されている化学物質については存在実態を明らかにした上で評価を行った。

II-1. 未調査化学物質の室内での存在に関する研究

II-1. 1. 家庭用品から放散させる揮発性有機化合物の相対的評価測定方法に関する研究

本研究では、我が国の室内空気中で高頻度に検出される70種類のVOCsを選定し、Dynamic Headspace- GC/MSによる家庭用品からの放散ガス分析に適用し、その有用性を明らかにした。

II-1. 2. 室内における微小ナノ物質の挙動及び健康影響評価に関する研究

本研究では、1) 事務所、一般住宅及び走行自動車車内のバックグラウンド（ベースとなる数濃度）は概ね $1\sim 1.5\times 10^4$ p/ccであった。2) 事務所内でOA機器使用時に除塵高圧スプレーを使用すると 1.6×10^5 p/ccの数濃度が観測された。3) 一般住宅では、暖房、調理及びヘアスプレー使用時に $2\sim 5.5\times 10^5$ p/ccオーダーの数濃度が観測された。なお、植物周辺でも数濃度の増加が観測された。調理の過程（テフロンコーティングしたフライパンの使用時）でナノ粒子が増加することが報告されている¹⁵⁾が今回の結果はこれを裏付けるものである。4) 走行自動車車内では、外気導入時に一般道路走行時に最大で約 7.0×10^4 p/cc、高速道路走行時に 10^5 p/ccオーダーの数濃度が観測された。5) 室内や労働環境において自動車排気ガスと同程度もしくはそれ以上の微小粒子（ナノ粒子含む）の数濃度が観測された。また、暖房、調理などの他にスプレーの使用などでも微小粒子が急激に増加する傾向が見られた。これらのことから人体への影響が懸念され、今後、粒径別の数濃度や家庭用品を使用する生活行為に伴う数濃度の増減など実態を把握することが重要と考えられた。

ナノ粒子は肺胞壁を通過し血中まで移行することが懸念されており、実態把握として、今年度は粒径別にナノ粒子を測定し、より詳細な濃度を把握した。

II-2. 家庭用品に使用される化学物質のデータベースの構築に関する研究

平成16年度は、IARCのPress releaseで、従来Group 2A(動物実験の証拠からヒトに対する発がん性があると推定される物質)に分類されていたホルムアルデヒドをGroup 1(ヒトに対する発がん性が既知である物質)に分類することが報告された。そこで、ホルムアルデヒドのモノグラフに用いられた文献の入手のための探索及び入手した主要文献について日本語訳の翻訳を行った。

平成17年度は、現在13物質の指針値を厚生労働省は制定しているが、現実にはその数倍以上の化学物質が室内空気中に検出されているため、更に室内濃度指針値の策定の必要性があるものと思われる。そこで、日本の室内空気中で検出された揮発性有機化合物(VOC)についてGHS(Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)分類に

基づいてVOCの10項目の健康に対する有害性の情報を入手し、評価を行った。

平成18年度は、家庭用品から室内環境中に放散する化学物質は、主に吸入経路により体内に侵入するが、化学物質の吸入毒性の情報は少ない。そこで吸入暴露による毒性を経口投与実験のデータから推定するための基礎データを得ることを目的としているが、個々の化学物質の経口等の暴露データ及びその物性を知る必要がある。そこで、トルエンとクロロホルムについて、GHS分類に基づいて、10項目の健康に対する有害性及び16項目の物理化学的危険性の情報を入手し、評価を行った。

Ⅲ. 室内空气中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究

家庭用品中に含有する化学物質の吸入毒性の情報は極めて少ないので、家庭用品で用いられる化学物質のうち、昨年度までの研究の情報を基にプライオリティ上位の化学物質について、吸入毒性試験及び毒性評価研究を以下のテーマで実施した。

Ⅲ-1. 吸入による低濃度長期および高濃度短期の暴露における健康影響評価に関する研究

Ⅲ-1. 1. 家庭空气中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究

i) トルエンの吸入毒性の評価に関する研究

トルエンについて、吸入暴露と経口投与による体内曝露量の推移を比較した。その結果、血液中トルエン濃度の推移は、投与経路及び投与用量により異なる。吸入暴露の生物学的半減期（105～166分）は経口投与（30～60分）より短かった。体内曝露量（血液中濃度の最高値およびArea Under the Curve）は、経口投与では投与用量の増加に相応して上昇し、吸入暴露では高濃度になると曝露濃度の増加を超える上昇を示す現象がみられた。経口投与の実験データから換算式を用いた吸入暴露の推定は、561 mL/kg体重・分と呼吸量が換算され、体内曝露量に基づいて推測された曝露濃度に近似した値が得られた。

ii) トルエンとクロロホルムの吸入毒性の評価の違いに関する研究

1)クロロホルムをモデルとして、経口投与実験データから吸入暴露による生体影響を推定する換算式の有効性について体内曝露量を指標にして検証した。その結果、換算式を用いて計算した曝露濃度は体内曝露量に基づいて推測された曝露濃度に比べ約0.5倍近い値になり、毒性を過大に評価する可能性があることがわかった。2)トルエンをモデルとした検証（平成16年度）では、換算式を用いて計算した曝露濃度は体内曝露量に基づいて推測された曝露濃度に近似した値になる。ただし、高濃度ではやや高い値（1.8倍以内）になり毒性を過少に推定するという結果が得られている。クロロホルムとトルエンをモデルとした検証結果は、化学物質の種類によって換算式の有効性が異なることを示している。また、吸入暴露による毒性を経口投与実験のデータから換算式によって推定する場合、換算式から得られた値と実際の値の間には2倍から0.5倍の差が生じる可能性があることを念頭におくことの必要性が示された。3)クロロホルムの吸入暴露による吸収率（10%～32%）は、経口投与による吸収率（30%～54%）に比較して低かった。トルエンの吸入暴露による吸収率は、低濃度では経口投与の吸収率に近似していたのに対し、高濃度では経口投与の約2倍であった。従って、換算式から得られる値と体内曝露量からの推測値の差は吸収率の差が原因になっている可能性が示唆された。この結果は、換算

式を用いて計算に際して吸入暴露の両者の吸収率を考慮することの重要性を示している。4)呼気への化学物質の排泄量を測定するために、吸入実験装置に簡単な改良を加えた装置を作成した。トルエンをラットに腹腔内投与して有効性を調べた結果、腹腔内投与した量の34%から73%が投与後540分までに捕集され、呼気中への排泄量の測定に利用できると考えた。

iii) エチルベンゼンの吸入と経口毒性の評価に関する研究

平成16年度に研究を行ったトルエンと化学構造が類似したエチルベンゼンをモデルとして、経口投与実験のデータから吸入暴露による生体影響を推定する換算式の有効性について体内暴露量を指標にして検証した。

iv) 経口あるいは腹腔内暴露からの毒性評価から吸入暴露の予測

経口投与実験のデータから吸入暴露による生体影響の推定は、化学物質の種類や用量によって異なること、換算式から得られた値と実際の値の間には約2倍から0.4倍の差が生じる可能性があることと結論され、個々の化学物質について経口投与と吸入暴露の吸収率を測定することが必要であると結論された。

III-1. 2. 低濃度アセトアルデヒド経気道曝露による生体影響評価

MCSへの関与などの指摘より代替物質としてのアセトアルデヒドもホルムアルデヒドと同様に発生源、接着剤、防腐剤、フィルム現像液などの使用が増加傾向にある。このような状況下で本年度はアセトアルデヒドについて低濃度経気道曝露実験系を確立し、その生態影響を評価することを実施した。

III-2. 免疫、神経、生理学あるいは生化学に関連する新たな毒性評価指標による影響に関する研究

III-2. 1. 家庭用品中化学物質による過敏症の発現機構に関する研究

本研究では、さまざまな神経疾患の発現に重要な役割を果たす可能性が示されているNMDA ReceptorのSplice Variantを高感度かつ迅速に識別、定量する方法を確立した。本分析法は、室内環境化学物質に起因する本態性多種化学物質過敏状態等の発症メカニズムを明らかにする上で有効な方法となると考えられる。

III-2. 2. TRPV3受容体の細胞発現系を用いたin vitroスクリーニング系の確立

本研究では、化学物質過敏症などの嗅覚に関連する遺伝子の多型について評価するためTRPV3受容体の細胞発現系を用いたin vitroスクリーニング系の確立を行った。TRPV3は、痛覚や体液の調節など生理的に重要な役割を引き起こすイオンチャネル型の受容体である。近年、本態性多種化学物質過敏症の発症機序のひとつとして化学物質によるこの受容体の活性化が指摘された。本研究は、皮膚に多く発現するTRPV3受容体の細胞発現系を構築しカルシウム流入を指標としたスクリーニング系の開発を行った。

IV. 家庭用品由来化学物質の測定技術の開発と室内濃度予測手法に関する研究

IV-1. 家庭用品中放散性化学物質の検索及び放散方法の開発に関する研究

IV-1. 1. 家庭用品から放散される揮発性有機化合物の測定方法に関する研究

本研究ではマイクロチャンバー (μ CTE) による放散試験のHigh Throughput化について検討を行った。

IV-2. 1. 放散試験のための分析方法の検討

i) 炭素系吸着剤の常温吸着・熱脱離特性の測定

大気汚染物質の測定に使用される吸着剤は、現在様々な種類のものが使用されているが、吸着剤の吸着・脱離特性などの基礎情報が測定されておらず、適切な吸着剤や捕集管の選定を困難にしている。本研究で開発された、GC/MSを利用した吸脱着特性測定装置で検討した結果、1) カーボシーブSⅢは表面積が大きく強力な吸着剤であるが、 α -ピネンなどの2環式構造のテルペン類をほとんど吸着することができないことが明らかとなった。2) カーボシーブSⅡ，カーボシーブSⅢ，カーボシーブGに吸着した α -ピネンは、溶媒脱離による回収率が低い結果を示した。3) グラファイトカーボン類では表面積と破過容量が比例することが認められた。4) 標準ガスを吸着した直後は低い温度で熱脱離してしまうので、大気を捕集した後、24時間程度放置してから分析することが妥当であることが認められた。5) テナックスTAの場合、吸着剤の粒子径による熱脱離の差は認められなかった。

ii) アルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体の異性化

純粋なアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体は*E*-異性体しか存在しないが、少量の酸を添加することで異性化が進行し*Z*-異性体を生成し、異性体比*Z/E*は幅広い酸濃度で平衡状態に達し、これらの*E*-、*Z*-異性体は、それぞれ極大吸収波長やモル吸光係数が異なった。

一般に空気中のアルデヒド類の分析にはDNPH-カートリッジが使用されているが、DNPH-カートリッジには必ず触媒としてリン酸等の酸が含まれていた。その結果、必ず試料溶液中のアルデヒド-2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン誘導体には*E*-、*Z*-異性体の両方が存在する。HPLC分析において、酸を含まない標準溶液は*E*-異性体しか存在せず、これを標準とすると大きな分析誤差を生じることが明らかとなった。したがって、標準試料に酸を添加し、異性体比を試料溶液と同一にしてから、HPLCで分析すべきであることが確認された。

iii) カルボン酸とアルデヒド・ケトン類の同時分析

1) カルボン酸はDNPHと反応しないとされていたが、我々はDNPH-cartridgeを用いることで、C1~C4のカルボン酸がDNPHと反応し安定なヒドラジド誘導体を生成することを発見した。2) これらのヒドラジド誘導体は熱安定性に優れ、極大吸収波長がアルデヒド-ヒドラゾン誘導体に近く、モル吸光係数も比較的大きいので、ヒドラゾン誘導体と同時にHPLC分析することが可能であった。3) RP-Amide C16を分離カラムに用い、350 nmの検出波長で分析すれば、カルボン酸、アルデヒド、ケトン類のDNPH誘導体を同時に測定することができた。4) カルボン酸とDNPHの反応は遅いが、DNPH-cartridgeを空気試料の捕集管として用い、捕集後にカートリッジを80°Cで5時間加熱することで、ギ酸を全てヒドラゾン誘導体にすることが可能であった。

iv) フタルアルデヒドの分析

密閉空間は化学物質濃度が高くなりやすいため、化学反応が起きやすく、予期せぬ化学物質が発生する可能性があることを認めた。本研究で開発した測定方法は、密閉空間の内部、外部を同時に測定できるため、化学物質発生メカニズムを解明する上で極めて有効であることが明らかとなった。

IV-2. 評価手法の検証のための実験装置・周辺機器の開発

IV-2. 1. 小型家庭用品の放散試験方法の開発

分子拡散サンプラー（DSD-VOC, DSD-DNPH）を用いて、樹脂製容器の内外部から発生する化学物質を測定する方法を開発した。悪臭を放つ飲用ボトルをサンプルとして測定を行ったところ、検出されたVOC、カルボニル化合物のほとんどは内部の方が外部より発生量が多かった。また、ギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸などの低級脂肪酸が高濃度で検出され、悪臭の原因であることも明らかになった。本測定法により、密閉空間から発生する化学物質の測定を簡便に行うことが可能になった。

IV-2. 2. 微量化学物質測定チェンバーの性能検証

本研究では、新型の微量化学物質測定用チェンバーの性能検証を行った。具体的には、1) 温湿度と換気量についての制御値と実測値の符合性を検証し、2) チェンバーブランク値の推移を測定し、3) チェンバーブランク値が高い場合の対処法を明らかにした。

IV-2. 3. ガス定常発生装置の検証

シックハウス問題の顕在化に伴い、室内空気汚染対策製品が数多く市販されており、これらの技術製品について多面的な試験評価法の検討が行われている。ただし、いずれの試験法に於いても、チェンバーや試験室にある一定量のガス状汚染物質を供給する装置（以下、ガス定常発生装置）が求められている。本研究では、本実験装置を用いたチェンバー内のホルムアルデヒド定常濃度構築実験を行い、本ガス定常発生装置の実用性の検討を行った。

IV-2. 4. 初期性能と空気濃度予測

本研究では、1) 最新の家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能を求め、2) 家庭用空気清浄機使用室の室内濃度の予測法を明らかにし、3) 家庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去性能の接続性の限界を確認した。

IV-3. 家庭用品由来化学物質の室内化学物質の濃度予測

IV-3. 1. 化学吸着材

近年、室内空気汚染対策として吸着系製品が数多く市販されている。そこで本研究では、化学吸着材の吸着性能をIV. 2. 3. で開発したガス定常発生装置を用いて明らかにした。

IV-3. 2. 脱臭剤

本研究では、空気汚染対策製品設置室のホルムアルデヒド濃度予測を行い、同製品の有効性を検証した。

IV-3. 3. 家庭用空気清浄機

本研究では、同予測式を用いて家庭用空気清浄機設置室の化学物質濃度予測を行い、家庭用空気清浄機の有効性を検証した。

IV-3. 4. 換気システム

本研究では、換気システム設置住宅のホルムアルデヒド濃度予測を行った。

IV-3. 5. 居住状態における室内化学物質濃度予測手法の開発

本研究では、1) 発生源発生量と除去機構の除去性能を予測式に代入することにより、設計段階での室内濃度予測が実現した。2) 本予測条件において、LDKと寝室に室内化学物質濃度の低減対策を施すことにより、全体でホルムアルデヒド濃度は75~76[%]、VOC濃度では84~85[%]の濃度低減が可能であることが明らかになった。