

研究評価委員会
「揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発」
(事後評価) 第1回分科会議事要旨

日 時:平成21年12月2日(水) 13:30~18:00

場 所:世界貿易センタービル

「WTCコンファレンスセンター」3F RoomB

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 藤井 修二 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 情報環境学専攻 教授
分科会長代理 清水 康博 長崎大学 工学部 材料工学科 機能材料化学 教授
委 員 中川 益生 岡山理科大学 理学部 応用物理学科 教授(欠席)
委 員 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
委 員 堀 雅宏 横浜国立大学 教育人間科学部 特任教授
委 員 森 康明 神奈川県衛生研究所 企画情報部 部長

<オブザーバー>

佐藤 努 経済産業省 製造産業局 住宅産業窯業建材課 課長補佐(環境技術担当)
千葉 明 経済産業省 製造産業局 住宅産業窯業建材課 技術係長
松田 明恭 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 技術係長

<推進者>

岡部 忠久 NEDO 環境技術開発部 部長
五十嵐 卓也 同上 主任研究員
宮崎 秀 同上 主査
鈴木 保之 同上 主査
岩根 典靖 同上 主査

<実施者>

柳沢 幸雄 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境システム学専攻 教授(PL)
松原 一郎 (独)産業技術総合研究所(中部) 先進製造プロセス研究部門
センサインテグレーション研究グループ グループ長
平野 和志 パナソニック電工株式会社 技師
伊藤 敏雄 (独)産業技術総合研究所(中部) 先進製造プロセス研究部門
センサインテグレーション研究グループ 研究員
野口 美由貴 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境システム学専攻 研究員
桑沢 保夫 (独)建築研究所 環境研究グループ 上席研究員

<NEDO 企画担当>

坂井 保之 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 研究評価部 統括主幹

寺門 守 同上 主幹
梶田 保之 同上 主査
吉崎 真由美 同上 主査
山下 勝 同上 主任研究員
峯元 克浩 同上 主査
橋山 富樹 同上 主査
室井 和幸 同上 主査
八登 唯夫 同上 主査

一般傍聴2名

議事次第

<公開の部>

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの概要説明
 - 4.1 事業の位置付け・必要性、「研究開発マネジメント」、「研究開発成果」及び「実用化の見通し」
 - 4.2 質疑
5. プロジェクトの詳細説明
 - 5.1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発 (説明、質疑)
センサ素子の開発・デバイス化の研究開発)
 - 5.2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査 (説明、質疑)
モニタリング併用型換気システム開発のための調査／室内環境モニタリングを利用した性能評価法調査／センサ性能評価法の調査
6. 全体を通しての質疑
7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

議事要旨

<公開の部>

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
 - ・開会宣言 (事務局)
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
 - ・藤井分科会長挨拶
 - ・出席者 (委員、推進者、実施者、事務局) の紹介 (事務局、推進者)
 - ・配布資料確認 (事務局)
2. 分科会の公開について
事務局より資料2-1及び2-2に基づき説明し、本分科会は全て公開とすることが了承された。
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
評価の手順を事務局より資料3-1～3-5に基づき説明し、事務局案どおり了承された。
また、評価報告書の構成を事務局より資料4に基づき説明し、事務局案どおり了承された。
4. プロジェクトの概要説明

4.1 「事業の位置付け・必要性」、「研究開発マネジメント」、「研究開発成果」及び「実用化の見通し」
資料5-2に基づき、推進者より「事業の位置付け・必要性」、「研究開発マネジメント」の説明が、実施者(PL)
より「研究開発成果」、「実用化の見通し」の説明が行われた。

4.2 質疑

4.1の発表に対し、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容：

- ・換気システムを考える場合、VOC とか対象物質以外に CO₂ やエネルギーの問題がある。従来の換気システムとの関係の中で VOC センシングをどう考えているのかとの質問があり、本システムは第一段階であり、CO₂ も測定できるアレイにし、省エネを含めたアルゴリズムが望ましいとの回答があった。
- ・健康な空気は厚労省指針値の 1/2 制御で確保できるのかとの質問があり、指針値以下であればシックハウス症候群や化学物質過敏症を発病しない。指針値は一度発病した人には高過ぎる値であるが、予防の観点から目標に定めたとの回答があった。
- ・建築基準法の要請の「各居住空間で 0.5 回以上の換気」の換気方法はどのようなものかとの質問があり、部屋ごとの個別換気でもセントラル方式でもよい。本開発システムは、一つの排気ファンで排気し、部屋ごとの排気量をダンパーで調整し、VOC の高い部屋からは多目に排気することをイメージしているとの回答があった。
- ・省エネ効果の根拠は何かとの質問があり、換気量の抑制によるファン電力削減と気温データから計算した換気による熱損失であるとの回答があった。
- ・従来センサー方式の換気システムと比較して本システム特徴は何かとの質問があり、センサーのアレイ化で、一つのユニットで 3 種類を同時に測定することを意識した点であるとの回答があった。
- ・在来の換気システムは熱交換を併用して省エネを図ってきたが、本システムは熱交換併用との比較検討をしたかとの質問があり、開発目的は室内空気品質を確保できる最小換気量を維持することによって省エネ化を目指すシステムとしており、省エネ量には熱交換の効果を加えていない。加えればより有利になるとの回答があった。
- ・人体影響を考える場合、長期対応と短期対応についてどのような概念をもって行う必要があるかとの質問があり、30 分の時間スケールを考えている。厚労省指針値の計測時間 30 分に基づく測定結果を基に風量変化させるシステムであるとの回答があった。さらに、センシングの応答性と 30 分間隔制御はマッチしているのか。長期曝露と瞬間値との間のなんらかのリンクを考えたり、関係性の議論が必要ではないかとの質問があり、タバコの煙などは平均値でみるべきであろうが、30 分間隔制御で値が目標値をオーバーしないようにすれば結果的には指針値以下なると考えている。省エネの観点からはやり過ぎであろうが、との回答があった。さらに、追加として、元々は建材からの発生を想定していたが、フィールド調査結果に基づき途中から突発的に発生する有害成分の制御も対象に加えた。最終的には 10 分間隔制御を考えているとの回答があった。
- ・15 頁で、どこが研究開発組織で再編された部分かとの質問があり、20 年度では、松下はセンサー開発から外れ、調査に重きを置くようになったとの回答があった。
- ・本システムと空気清浄機の臭いを検知し分解する方法とのエネルギー的比較、棲み分けはどうかとの質問があり、空気清浄機の内容は全く考えていないとの回答があった。
- ・(リラクスのため) わざとアロマを充満させる場合への対応はどうかとの質問があり、換気量を強中弱と曖昧な表現にして、「0.5 回以上の換気」に拘らないで、元々ベースが高いこともあるとしたとの回答があった。
- ・外気の T-VOC のほうが高いことがあるが考慮していないのかとの質問があり、室内が高いことを暗黙の前提としたとの回答があった。

5. プロジェクトの詳細説明

5.1 揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発 (説明、質疑)

センサ素子の開発・デバイス化の研究開発

実施者より資料 5-3 に基づき発表があり、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容：

- ・資料 5-3 の 10 頁で、アセトアルデヒドは 300ppb 一点だけしか試験していないのかとの質問があり、もう少し高い濃度でも行っている。20%の誤差で、数回での変動係数は出していないとの回答があった。
 - ・資料 5-3 の 7 頁で、層間化合物のセンサーは、他のセンサーに比べて Rg/Ra が小さい。温度や風の強さによって測定データがふらつかないかとの質問があり、材料の安定性に取組み、ドリフトの影響の原因解明をし、抑えることにした。流量については、ポンピングで変動を無くした。室温変動はあまり影響しない。ホルムアルデヒドで数十 ppb レベルでもプロトタイプで測定が出来たとの回答があった。これに対し、層の一部を塞ぎホイットストンブリッジなどを形成させレファレンスにし、外乱をキャンセルアウトさせてはどうかとのコメントがあった。
 - ・消臭スプレーによる失活や鋭敏化は検討したかとの質問があったが、CO、H₂、NO_x の個々のセンサーへの影響は調べたが、シリコン系ガスは調べていない。個々のセンサーの材料や素子だけでこれらの影響を防ぐのではなく、フィルターや前処理（触媒燃焼）の組み合わせを考えているとの回答があった。
 - ・空気中の汚染物質 CO₂ は分圧が高く変動率も大きい干渉性はどうかとの質問があり、芳香族と TVOC センサーは原理的にほぼゼロである。ハイブリッド材料では CO₂ に応答しないことを確認しているとの回答があった。
 - ・24 頁で、各ガス濃度はどの程度かとの質問があり、1ppm での比較であるとの回答があった。
 - ・39 頁で、PID との比較を行っているが、PID は芳香族に対する感度はよいが、鎖状炭化水素が増えているので FID との比較のほうがよいのではないかとの質問があり、ハンディで市販品としてよく使われていることから PID にした。バックグラウンドをどうするかやキャリブレーションの仕方は検討課題である。リアルタイムでの応答性を見るため PID と比較した。各化学種との感度比較には FID のほうがよいとの回答があった。
 - ・多成分のガスを対象に応答性を見ようとしている。今は混合ガスで見ているが、何のガスの応答性を測っているかということが重要である。それぞれの要素に対する応答性を課題として詰めてほしい。取り上げた混合ガスは多少特殊な感じがするとの質問（コメント）があり、VOC の評価の標準化でどういうガス構成を標準ガスとするか、環境ファクターはどういうものをどのように考えるか検討しようとしている。ガス構成をどうするかが一番難しい。26 頁のガス構成はかなり早い時期に実際測定した結果から決めたもので、現状は変わってきているかもしれないとの回答があった。
 - ・長期使用による劣化について質問があり、継続的には使用していないが、1 年前に作ったデモ器はへたっていないとの回答があった。
 - ・センサーデバイスの量産化技術について質問があり、低価格化が重要である。ハイブリッド材料は電子材料として使うのが稀なためシリコン基板上での薄膜化が課題である。金属系は MEMS の技術が使えて問題ないとの回答があった。
 - ・高濃度の湿度問題はエージングで解決したが、10~20% とかの低濃度ではどうなるかとの質問があり、エージングでモデル通りの機構が起きていれば不可逆なため元に戻ることは無いと考えているとの回答があった。これに対し、調べておいたほうがよいとのコメントがあった。
- 5.2 揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査（説明、質疑）
モニタリング併用型換気システム開発のための調査／室内環境モニタリングを利用した性能評価法調査／センサ性能評価法の調査

実施者より資料 5-4 に基づき発表があり、以下の質疑応答が行われた。

主な質疑内容：

- ・18 頁で、換気システムの省エネ性で換気回数を調べるのに、SF₆ を使用した理由は何かとの質問があり、元々SF₆ と N₂O を使って換気回数を測ってきた。24 時間連続測定を VOC で行うには火災等に注意する必要があるとの回答があった。これに対し、温暖化係数の高いガスを用いており、認識不足であるとの指摘があった。また、イソブテンをトレーサーとして検討してはどうかとのコメントがあった。
- ・28 頁、30 頁に概念図が示されているが、突発的・局所的に発生する VOC に対応するため既存の住宅では排気口ごとに新たにファンをつけるという設定なのかという質問があり、既存住宅はダクトを太くしてモーターダンパー式にするにはスペース不足であるため止む無くとしたことで、新築ではダンパー方式を考えているとの回答があった。
- ・住宅の気密性について質問があり、木造でも鉄筋住宅でもよいが本システムは機密性能がないと成り立たないとの回答があった。
- ・排気ファンの能力は、台所の換気ファンと比較してどうかとの質問があり、台所より小さい。台所の換気ファンが動けば、本システムの排気量は減る方向に行く。窓を開けた場合も同様であるとの回答があった。
- ・チューブでのサンプリングはエネルギー面と材質選定面からどう考えているかとの質問があり、各部屋からのダクトのセンサーに近いところにサンプリングチューブの吸入口（端）をもっていくことで、チューブを短くし、吸引圧も下げられるようにする。材質は短いので価格の高いテフロンでよいと考えている。サンプリングは順番に各部屋を行っていくためサンプリングポンプは1台でよい。未だ概念設計の段階であり、実験住宅には取り付けしていないとの回答があった。
- ・センサーの応答速度（90%応答）はどれくらいかまた制御との関係性はどうかとの質問があり、3種類のセンサーのうち酸化物は30秒より速い、ハイブリッドは2分ぐらいであるとの回答があり、さらに10分間隔制御では瞬間的に汚染物質が増えただけの場合に過剰反応するのではないかとの質問があり、拡散やセンシングのタイムラグなどから10分間隔制御は良い線ではないか、省エネも損なうほどではないと考えているとの回答があった。また、平均値制御はできないかとのコメントがあり、センサー開発と制御システム開発は同時並行で行ったため、開発したセンサーを用いて制御システムを未だ実験していないとの回答があった。
- ・センサーを一つ使うとしたらどれかまたは3つとも必要かとの質問があり、建築基準法はホルムアルデヒド、厚生省は指針値に芳香族も挙げている。ホルムアルデヒドは減少傾向にあるが、アセトアルデヒドは微増。脂肪族炭化水素も増えていることからTVOCも測るの必要があり、3種類で測定するのがよい。3つのセンサーは1つの基板に入れてあるとの回答があった。
- ・12 頁の変動図で、石油ファンヒーターが作動すると、上下の線が逆転しているが何故かとの質問があり、NO₂ に対してセンサーが逆応答するのでそれが原因と考えている。NO_x はフィルターで取り除くことが考えられるとの回答があった。

6. 全体を通しての質疑

以下の質疑応答が行われた。

- ・長期作動での不可逆吸着による感度劣化やベースラインの変化について質問があり、個々のセンサーによって異なるが、シリコンガスやパラジクロールベンゼンなどが考えられ、フィルターで抑える必要があるとの回答があった。
- ・多成分を測れることが出来たが、CO₂、NO_x を含め総合的な換気性能に関する観点が出来たらほしいとの質問（コメント）があり、リビング（タバコの煙が高くなる）、寝室（化粧品成分が高くなる）等ごとにチューブで吸って一つのデバイスでセンシングし、3種類（ホルムアルデヒド、芳香族、TVOC）を満足する換気量を維持することが大事と考えているとの回答があった。
- ・防虫剤がパラジクロールベンゼンからピレスロイド系に代わってきている。本開発の3種類センサーで対応出来るのかとの質問に対し、液体蚊取りはケロシンが入っている。また、ピレスロイドはエステル

であり、貴金属添加でエステルに対する感度が高くなっているとの回答があった。

- ・TVOCの絶対値をセンサーで測るのは難しい。環境ごとに異なる換算係数を使っている。測定値と絶対値との相関性の解明に関して挑戦してほしいとのコメントがあった。

7. まとめ・講評

以下のまとめ・講評が行われた。

- ・森委員：(私は)現場での(有害物質の)測定をしてきた。本プロジェクトは膨大なデータを採取している。住宅内での有害物質の発生は昔より大分減って、良くなった。ご苦労様でした。博物館や美術館はホルムアルデヒドがあると絵画が傷むので本技術が有効ではないか。
- ・堀委員：半導体センサーは湿度の影響、ガスの種類による感度の違いがあるが、素晴らしい成果が出ている。石油ストーブは再現実験をしたらよい。センサーの長期特性の問題が残っている。
- ・野崎委員：建築基準法で積み残した問題に真っ向から取り組んだ。センサーはよいものが出来そうであり、期待している。シックハウス事例は減っているように思えるが、財団法人住宅リフォームセンターの統計ではシックハウス患者対応はそんなに減っていないとの結果が出ている。換気については検討を要す。
- ・清水会長代理：3種類のセンサーでの検討は、成果が出ている。劣化や水蒸気の影響はメカニズムを解明してほしい。よいセンサーが出来ても、システム化が重要であり、宝の持ち腐れに成らないようにしてほしい。研究投資以上の成果が出ている。成果をアピールしたほうがよい。
- ・藤井会長：センサー開発は、難しいところである。VOC対応では非常に努力している。新しいところである。感謝している。なるべく早く製品化してほしい。厚労省が定めている他の成分に対し、新しい計測技術に展開してほしい。総合的換気システムとして、温熱、他の汚染物質を含めてどう考えるかが今後の課題である。

8. 今後の予定

9. 閉会

配布資料

資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について

資料 1-2 NEDO技術委員・技術委員会等規程

資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について (案)

資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について

資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について

資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて

資料 3-1 NEDOにおける研究評価について

資料 3-2 技術評価実施規程

資料 3-3 評価項目・評価基準

資料 3-4 評点法の実施について (案)

資料 3-5 評価コメント及び評点票 (案)

資料 4 評価報告書の構成について (案)

資料 5-1 事業原簿 (公開)

資料 5-2 プロジェクトの概要説明資料 (公開)

事業の位置付け・必要性及び研究開発マネジメント・研究開発成果及び実用化の見通しについて

資料 5-3 プロジェクトの詳細説明資料 (公開)

(1)揮発性有機化合物対策用高感度検出器の開発

資料 5-4 プロジェクトの詳細説明資料 (公開)

(2)揮発性有機化合物対策用高感度検出器利用のための周辺技術調査

資料6 今後の予定