

調査研究結果の概要と考察

本調査研究は、平成 15 年度ならびに平成 16・17 年度に実施した実態調査と素材調査をもとに、総合的に検証したものである。以下、その概要を報告する。

A 総論と今後の課題

1. 総論

教科書改善の可能性について

現行の教科書から、どの程度の化学物質を削減できるかという教科書改善の可能性について、現時点で可能な限りの物性資料と現状調査を行い、得られた包括的な知見と、医学的諸知見を参考に考察した。

対応した児童・生徒の多くは、就学前より種々の病態を発現し、その発症に至る経緯も多種多様なうえ原因の特定も困難なのが現状である。中には、対応本の配布を依頼したが、体調の改善などが見られて対応本を使用せずに済んだ、印刷物に反応しないが、対応本を依頼する児童もいる など様々であった。

医学的諸知見からも、環境中の種々の低濃度 VOC に反応することや、VOC 以外の温熱的・物理的・精神的環境因子にも過敏状態を示す患者が存在する可能性は否定できない という研究報告がなされており、依然多くの課題が残されている。

教科書から放散される VOC の分析結果を検証した結果、室内の空気汚染としては、極めて低いレベルの影響であり、教科書を使用する状態下の VOC 放散の影響も少なく、問題のないレベルにあると考える。しかし、低濃度 VOC や他の要因で、体調不良を訴える児童・生徒が存在するという事実も実態としてある。

以上の実情に鑑みて、教科書改善の可能性について探るには未解明の要素が多く、現状ではかなり困難な作業にならざるを得ない。このため、教科書と体調不良との因果関係については、明確な解明には至らなかった。

これらの状況から、当面は、化学物質過敏症の児童・生徒用に作成した教科書（＝対応本）によって、関係者および各関連業界の理解と協力を得ながら、対応していくことが必要である。

当面の対応策について

調査研究の結果から、望ましい対応本として、消臭効果のある紙（光触媒）でカバーをかけた「消臭紙カバー本」、天日干し・陰干しをした「天日干し本」が、VOC 削減のうえで有効であることが実証された。当面の対応として、堅牢性と VOC 削減の面から、有効な対応本と考える。

なお、「全頁白黒・カラーコピー本」と「表紙のみコピーをした本」も、強度面・体裁面や対応本作成上注意しなければならない問題はありますが、その有効性が確認されている。

一方では、教室を良好な環境に保つために、室内の利用状況などを考慮して、計画的に換気を行い、室内の TVOC 濃度の低減を図ることが必要である。教室における濃度測定の実験結果から、「学校環境衛生の基準」に則した換気回数の換算値をもとにしたデータによると、換気をすることで約 70% 以上の TVOC 濃度が低減されることが推測される。適切な換気が有効であることは、家庭そして流通倉庫等においても同様である。

関係者の留意すべき点について

1) 学校関係者

保護者・教育委員会と密接に連携をとり、相互認識を深めて、児童・生徒に接し、学校として対応が可能な最大限の配慮に努め、児童・生徒の学校生活に支障をきたさないようにする。

2) 製造関係者

原材料及び製造工程の段階で、VOC 低減可能なところから漸次検討していく。また、PRTR 制度（事業者が、対象化学物質を排出・移動した際には、その量を把握し、国に届け出る制度）を遵守するうえで、化学物質による健康への影響も重要な要素として認識しなければならない。

3) 流通機関

環境配慮型の運輸について一層の努力を要請する。

教科書輸送の際、他商品との混載にあたっては、教科書の特殊性を理解し協力体制をとる。

教科書保管倉庫内の環境整備を行う。特に、車の排出ガスや定期的に行われる害虫駆除処理後の管理については、換気を励行するなど特段の配慮が必要である。

4) 教科書発行会社

各社統一した仕様の教科書作成は困難である。したがって、本調査研究の結果を参考にして充分認識を深め、化学物質過敏症などの児童・生徒にも適した教科書とは何かについて留意しながら教科書を作成する。

2. 今後の課題

教科書と体調不良との関連については、前述のとおり明確な因果関係の解明には至らなかった。

当面は、対応本による対処法に拠らざるを得ないが、その際、より良く対応本の配布を行う上で、現在提起されている課題を挙げると次の通りである。

1) 対応本の作成

各発行会社により用紙や造本仕様が多様である現状を改善するには、外部委託など、作成場所を限定する方法も考えられる。また、コピー本に染み込んだタバコ臭が指摘された。これら、「におい」のほかにも、当該者に届くまでの期間、周囲の VOC などが影響する可能性もある。作成者に注意を促すと共に、対応本を保護しつつ、期間を短くして届ける工夫の検討も必要である。

当該者に適した対応本ということであれば、学校関係者や近在の業者と綿密に打ち合わせ、対応本の作成をしてもらうのも選択肢の一つになる。

2) 対応本の対象者が増えた場合

現在は、調査研究のために、対応本の数量把握から作成依頼および出荷手配に至る一連の措置を教科書協会が行っている。今後、その数量が増えて、各発行会社の調整本範囲を超えた場合には、転入・災害などの事態に備える調整本に影響が出てくる。また、教科書協会においては、事務量を消化できない可能性も生じる。さらに、前提となる、事前の数量把握や給与方法についての検討も必要になってくる。

3) 現在は、調査研究用のサンプル提供ということで各発行会社も費用の一部を負担している。今後、この費用負担をどうするかの問題がある。

B 実態調査を通じて

1. 児童・生徒への対応本配布

表1 対応校と児童・生徒数

	小学校		中学校		高等学校		合計		対応冊数
	学校数	人数	学校数	人数	学校数	人数	学校数	人数	
15年度	21	26	1	1	1	2	23	29	268
16年度	23	26	6	6	2	4	31	36	321
17年度	19	26	5	5	1	3	25	34	316

平成15年度に対応本を配布した児童・生徒は、23校29人。平成16年度は31校36人と増加し、平成17年度は25校34人となった。関西圏を中心に8府県に及んでいる。

平成16年度から平成17年度にかけて、6校2人減少している。これは、体調に改善が見られ、対応本を使用せずに通常本での学習が可能になったことなどによる。

2. 対応方法

1) 対応本の種類と対応数

表2 対応本の種類別対応数

対応本の種類	作成方法	対応本を提供した学校数と人数					
		15年度		16年度		17年度	
		校数	人数	校数	人数	校数	人数
消臭紙カバー本	消臭紙でカバーをかける					3	3
全頁カラー本	全頁カラーをとり針金綴じ	3	4	7	7	9	13
全頁白黒本	全頁白黒をとり針金綴じ	1	2	3	7	1	3
表紙本	表紙を剥し表紙の裏でくるむ	19	23	21	22	7	9
天日干し本	天日干し・陰干し(早期配布)					5	6
計		23	29	31	36	25	34

平成15～16年度の対応は、「表紙コピー本」と「全頁白黒・カラーコピー本」を主な対応本とし、学校からの要請によっては、天日干しに要する時間確保のための「早期配布」と「消臭効果のある紙」の紹介を行ってきた。対応本における効果は良好で、VOCも通常本より削減され有効であったが、問題として「コピー本にタバコ臭が染み込んでいる」、「コピー本は見た目も劣り、子どもが持つのを嫌がる」など、作成方法と体裁に対する指摘があった。

学校によっては、「保護者からの要請で対応本を依頼したが、通常本で反応しなかった」、「本人の成長とともに、改善が見られ対応本は使用しなかった」など、症状に改善の見られるケースもあった。また、「化学物質過敏症でもない、印刷物にも反応しない」という状況であるが、印刷物である教科書について対応依頼をするケースもある。対応の糸口を掴むのが困難な状況もみられる。

2) 教科書としての対応本

対応本を配布する中で、指摘された問題点を踏まえ、教科書に適した対応本について検討した。

教科書は、主たる教材として、複数年間使用する本もある。また、造本面が多様化していることから、教科書としての対応本は、VOC の削減が出来ること、強度の保持と体裁上からも違和感が無く、抵抗無く受け入れられることが、本の作成上の懸案となる。個々人に合った対処としては、選択肢の多い方が望ましいが、総合的に検討した結果、強度面とVOC削減効果の面から「消臭紙カバー本」と「天日干し本」が適していると思われた。

このことから、平成17年度の対応は、「消臭紙カバー本」と「天日干し本」を主な対応本としながらも、別の方法を要望している学校については、相談のうえ「コピー本など」で対処した。

3. 流通環境の整備について

紙はその特性として、大気中にあるVOCを吸着する性質がある。そのため、教科書を保管している倉庫の環境が、教科書本体にどのように影響するのかが確認するために、倉庫内のVOC測定を行った。その結果は、全国平均の一般居住の室内濃度より30~50%程度と低い濃度であった。

測定したVOCの中には、極めて微量ではあるが、防虫剤・芳香剤などに使われている物質（P-ジクロロベンゼン）が測定された。また、別の流通倉庫に保管されている教科書からも、分析の結果、同物質が検出されている。これは特定出来ないが、トイレ芳香剤・消臭剤、更に、定期的に実施されている害虫駆除処理などとの関連もあると思われる。

室内空気汚染の観点からは、問題のないレベルと考えるが、車の利用（排出ガス）や防虫剤・芳香剤を使用の後には、換気を励行するなど、流通関係の環境整備に配慮することで、教科書に与える影響を少なくする努力は必要である。

4. 医学的諸知見

環境省が公表（平成16年2月）した『本態性多種化学物質過敏状態の調査研究報告書』によれば、ごく微量のホルムアルデヒド曝露と症状誘発との関連性については、症状が様々で明確な関連性は導くことが出来なかったが、化学物質以外の原因による病態が含まれていると推察している。一方、動物実験では、微量（指針値以上）の化学物質の曝露により、何らかの影響を有する未解明の病態の存在が示唆された。

また、厚生労働省が公表（平成16年2月）した『室内空気質健康影響研究会報告書』によれば、化学物質以外の環境因子として、アレルギー性疾患や感染症、温熱環境因子、物理的環境因子、精神的ストレスなどが発症・増悪に関連することから、VOCが係わる症状の関連因子であると判断するためには、十分な除外診断が必要であるとしている。

医学的にも、解決しなければならない問題が多い。

以上の実態調査研究より、教科書と体調不良を訴える児童・生徒との関係は、教科書が直接の原因ではないと思われるが（次項「素材調査を通じて」参照）、実態として発症を誘引する一因になりうることは否定できない。

実態調査を通じていえることは、多くの未解明な問題を含んでおり、確かな対策は困難であるが、関係者の相互理解を深め、きめ細かな対処をしていくことが、最も重要なことと思われる。

C 素材調査を通じて

素材調査においては、製造から流通過程に至る工程別（製造直後・出荷直前・供給直前）に、各々の教科書から放散される VOC を測定した。更に、教科書の使用実態に則した条件設定をして、放散速度の経時変化や、教室に教科書を置いた場合の室内濃度などの調査をした。

分析結果

1) 教科書から放散する TVOC による分析結果

本調査研究においては、個々の物質について究明していくことも必要であると考え、緊急性を要する問題であるため、TVOC の暫定目標値を基本にして検討した。

表3 教科書における室内濃度推定値 (TVOC)

区分	放散速度 (1日目・1冊あたり)	室内濃度推定値	割合
厚生労働省室内濃度暫定目標値		400.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	基準
教科書平均 TVOC	20.61 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$	(40冊) 1.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.40%
最も高い数値の教科書 TVOC	62.20 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$	(40冊) 4.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.08%
最も低い数値の教科書 TVOC	1.30 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$	(40冊) 0.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.03%

(注) 放散速度1日目の値はP25・表11、室内濃度推定値はP29・表15を参照。

「学校環境衛生の基準」を条件に、教室に教科書40冊があることを想定し、放散速度から室内濃度を換算して比較検証した。結果は、厚生労働省室内濃度暫定目標値に対して0.40%の割合で、最も高い数値の教科書でも1.08%、最も低い数値の教科書で0.03%となった。

室内空気汚染の視点からは、教科書の影響は極めて低いものと推測できる。

2) サンプル別の分析結果

対応本のサンプルのTVOCを比較した。

通常本平均と比較して、消臭紙カバー本が0%となり、全頁コピー本11.0%、天日干し本25.0%、表紙コピー本76.3%となった。このうち、表紙未加工本は114.8%となり、加工した通常本より放散量が多くなっている。TVOCの減量化を検討する中で、TVOC増加の影響が大きな問題となる可能性があるため、対応方法から外すことにした。

表4 サンプル別放散速度(1日目)

サンプルの種類	放散速度	割合
通常本平均	20.61 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$	基準
対応本	全頁コピー本	2.27 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ 11.0%
	表紙コピー本	15.72 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ 76.3%
	表紙未加工本	23.67 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ 114.8%
	消臭紙カバー本	0.00 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ 0.0%
	天日干し本	5.16 $\mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ 25.0%

3) 教科書使用状態下の濃度比較 (P30・図6参照)

児童・生徒が教科書を使用する際、顔の位置は教科書から20~30cmのところにあるため、教科書を開いた瞬間のTVOC濃度が、どの程度のレベルにあるかについて測定をした。

測定は、8種類の教科書について実施した。TVOC計のセンサー(半導体検出器)を、教科書から5cm、10cm、30cmと離して、それぞれのTVOC濃度を測定した。その結果、5cm離す程度でTVOC濃度はブランク値(室内濃度)と同程度になることが明らかになった。このことから、通常の教科書を読む状態では、本からのVOC放散の影響は少ないと考えられる。

4) 教室における VOC 濃度測定

室内濃度の評価にあたり、1冊あたりの教科書からの放散速度を、室内濃度に換算した推定値で行ってきた。それと比較して、実際の教室に教科書を置いて置いた時、教室内の VOC 濃度が、どのように変化するか検証をした。

実験結果は、教室に教科書を置いていない場合(A)及び教室に教科書を置いた場合(B)とも、外気に対して室内濃度が高い値を示しており、教室と教科書から VOC が放散していることを示している。

教科書を開いて置くことで、室内濃度は $105.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加している。この濃度は、換気回数 0.85 回/時の値であるため、「学校環境衛生の基準」による中学校の換気回数 3.2 回/時の条件に当てはめて換算した。その結果 $27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、室温 37 の教室に、教科書 40 冊を開いて置いた状態の、教室内の濃度は、 $27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 増加したことになる。

なお、室温約 37、密閉状態の過酷な条件下での実験結果であることも考慮しなければならない。現実的に、教室の室内温度は、外気と同等程度以下と考えられるので、教科書からの放散量は低くなり、教科書を開いたことによる室内濃度の増加 ($27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) も更に低くなるものと推測される。

また、換気をすることで、室内環境は改善されるということである。

5) 放散速度の経時変化

平成 15 年度の分析は、放散速度 1 日目の数値で検証してきた。しかしながら、一般的には放散が安定した時点の数値を用いているため、7 日目までの放散速度を測定して、その経時変化を検証した。平成 17 年度用教科書から、3 種類のサンプルを選定し、放散速度の分析をした結果、平均値で、1 日目の放散速度 $18.1 \mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ に対して、3 日目の放散速度は $9.1 \mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ となり、約 50% の減少を示した。7 日目では $6.1 \mu\text{g}/\text{unit}\cdot\text{h}$ で、約 70% 弱の減少となっている。

素材分析調査では、多方面から検証を行った。

教科書からの VOC 放散量は極めて微量であり、通常の使い方であれば、本からの VOC 放散は殆ど影響が無いという結果に至った。更に、教科書からの放散速度は、経時的に減少する傾向が確認出来た。

留意点として、実測した教室内の TVOC 濃度は厚生労働省の指針値を下回っているが、夏場の高温時には、密閉などの条件によって TVOC 濃度は上昇する場合があるということを認識しなければならない。

分析結果から対処策として言えることは、新しい教科書などは、「天日干し」・「陰干し」をすることにより、高い割合で VOC は揮散すること。また、室内を良好な環境に保つためには、室内の利用状況などを考慮して、計画的な換気を心がけることなどにより、教室内の VOC 濃度を低減することが出来る。

表5 教室内の TVOC 濃度(単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

項目	TVOC	備考
ブランク値(A)	264.0	・教室温度 36.7 (密閉)
サンプル値(B)	369.0	・教室湿度 51% (密閉)
教室内の濃度増減	105.0	・教室の換気回数は 0.85 回/時
外気の濃度	60.4	・外気温度 30.4
厚生労働省指針値	400.0	・外気湿度 73%

(注) ブランク値 (A) は教室内の濃度、サンプル値 (B) は教科書を開いて置いた時の濃度を表している。

図1 放散速度の経時変化(平均)

