

ペンキ中の鉛から子どもを守るための 実験教材と授業実践

入江 和夫、前田 典子、吉田 啓子、
河野 泰子*、鹿庭 正昭**

Development of Experimental Teaching Materials to Protect
Children from Lead in Paint and Their Utilized Lessons

Kazuo IRIE, Noriko MAEDA, Keiko YOSHIDA,
Yasuko KOUNO* and Masaaki KANIWA**

(Received September 28, 2001)

1 はじめに

鉛は柔らかく加工しやすいことから、水道の鉛管、はんだなどに使用されてきた。しかし、水道水中の鉛濃度の低減化（東京都水道局，2000）、また、半導体企業によるはんだの鉛フリー化（松下電子工業，1999）が推進されているように、今日の日本は鉛を使わない方向に進んでいる。鉛は環境汚染物質の一つであり、体内に取り込まれれば蓄積する性質をもった重金属である。鉛中毒は痛みを伴わないため、気づきにくく、子供の症状はIQ、読み書き能力、聴力、注意力などの低下を引き起こす（EPA，1998）とされている。

アメリカにおいて、子供の鉛中毒は大きな社会問題となっている（Newsweek 1992）。それは古い建物などに塗られた規制前のペンキ塗膜に高濃度の鉛が含まれるからである。アメリカ政府は家屋のペンキ塗膜の鉛中毒から購入・借入者を保護する法律を制定し、0.5%鉛濃度以上のペンキ塗膜を危険値とした（Residential Lead-Based Paint Hazard Reduction Act of 1992）。最近、消費者製品安全委員会は、屋外の公園遊具のペンキ塗膜に注目し、ここでも危険値を超えた鉛があることを報告している（CPSC，1996）。有害物質と疾病登録機関は有害物質トップ20中のNo.1に鉛をランク（ATSDR，1996）し、さらにアメリカ環境保護庁は環境的健康障害のトップがペンキによる鉛中毒であるとしている（EPA，1996）。またアメリカ教育省は「子どもの鉛中毒防止プロジェクト」を掲げ、鉛源となるものを確認することとしている（アメリカ教育省，

* 山口大学附属山口中学校

** 国立医薬品食品衛生研究所

1997)。

一方、日本においてペンキ製品の鉛含量に関する規制はなく、食品衛生法に玩具塗料の規制があるだけである(日本薬学会, 1980)。また、ペンキの鉛に関する分析研究は少ない。国立医薬品食品衛生研究所は日本のペンキ製品や建物のペンキ塗膜に関する分析を行い、危険値以上に鉛が含まれていることを明らかにした(鹿庭正昭他, 1981)。最近、著者らは何にでも口に入れてしまうような、基本的な生活習慣が不十分な幼児が通う幼稚園、保育園などの遊具に注目し、ペンキ塗膜を分析した結果、ここでも危険値以上の鉛が含まれていることを明らかにした(入江和夫他, 1997)。こうした中、日本を含めた8カ国環境大臣会合が開かれ、ペンキやさび止め禁止に取り組み、鉛暴露による子供のリスクに関する喚起を行うことなどを内容とした宣言が出された(環境庁, 1997)。

そこで、著者らは幼児の鉛中毒の懸念から、健康を守るための環境教育の教材開発を家庭科の保育領域で行うことにした。まず、鉛中毒に関する家庭科の取り扱いを明らかにするために、小・中・高等学校の教科書記述内容を分析した。次にペンキ中に鉛を確かめるための実験教材の開発を検討し、「ペンキ」「基本的な生活習慣」「幼児の健康と安全」の関心を高めることなどを目標とした授業を行い、目標達成度や実験教材の評価を明らかにしたので、これらの結果を報告する。

2 研究方法

2.1 家庭科教科書の鉛に関する記述調査

鉛中毒に関する記述を調査した家庭科教科書の内訳は日本の場合、小学校2社(A,B)、中学校2社(C,D)、高等学校は7社の15種類(E~S)であり、アメリカの場合、高等学校1社(T)である。(以下、教科書を略号としてアルファベット(A~T)で示す。)

略号	国	学校段階	著者	発行年	教科書名	出版社
A	日本	小学校	洪川祥子他	1997	新しい家庭5、6年	東京書籍
B	日本	小学校	斉藤健次郎他	1996	わたしたちの家庭科5、6	開隆堂
C	日本	中学校	鈴木寿雄他	1996	技術・家庭科上、下	開隆堂
D	日本	中学校	石田晴久他	1997	新しい技術・家庭科上、下	東京書籍
E	日本	高等学校	伊藤セツ他	1998	家庭一般	実教出版
F	日本	高等学校	伊藤セツ他	1998	生活一般	実教出版
G	日本	高等学校	藤枝真子他	1998	家庭一般	大修館書店
H	日本	高等学校	牧野カツコ他	1998	生活一般	東京書籍
I	日本	高等学校	洪川祥子他	1998	食物	学研
J	日本	高等学校	西村弘子他	1998	生活一般	中教出版
K	日本	高等学校	小比木啓吾他	1998	生活技術	教育図書
L	日本	高等学校	倉田忠男他	1998	新食物	教育図書
M	日本	高等学校	香川芳子他	1998	新・家庭一般	中教出版
N	日本	高等学校	一番瀬康子他	1998	家庭一般	一ツ橋出版
O	日本	高等学校	一番瀬康子他	1998	生活一般	一ツ橋出版
P	日本	高等学校	一番瀬康子他	1998	生活技術	一ツ橋出版
Q	日本	高等学校	伊藤央子他	1998	生活一般	教育図書
R	日本	高等学校	小比木啓吾他	1998	新生活一般	教育図書
S	日本	高等学校	大日向雅美他	1998	新・生活一般	学研
T	米国	高等学校	Leavenworth et. al.,	1991	家庭生活(Family Living)	Prentice Hall

2.2 実 験

2.2.1 機 器

赤外線分光装置 Nicolet 製 Impact 410、フレイム原子吸光分析装置 Shimadzu 製 A-680

2.2.2 試 薬

硝酸は有害金属測定用（比重1.38、濃度61%、和光純薬）をそのまま用いた。鉛標準溶液は原子吸光分析用鉛標準液（硝酸鉛溶液、鉛として $1000\mu\text{g/ml}$ 、和光純薬製）を1%硝酸で希釈して1、5、10、20、 $40\mu\text{g/ml}$ の濃度に調整し、使用した。クロム酸カリウム（片山化学工業特級）5%水溶液を調整した。さび止め用である鉛が含まれる合成樹脂エナメル塗料（SDシアナミドサビナイト（S/No.95A-217-4527））（以下、サビナイト）、鉛を含まない製品アクアレタン青（S/No.95A-217-4375）は関西ペイントからの提供品である。

2.2.3 器 具

ろ過器としたプラスチック製注射器（トッププラスチック製シリンジ（針なし））にキムワイプ（十條キンバリー社製）を充てんし、用いた。

2.2.4 ペンキ塗膜

分析するペンキ塗膜は「サビナイト」、「アクアレタン」製品と山口大学教育学部の自転車置き場フェンスに塗られたペンキ塗膜（以下、フェンスペンキ）の3種類である。

(1) 「サビナイト」「アクアレタン」の前処理

「サビナイト」「アクアレタン」をガラス板に塗り、乾燥後はく離させ、重量変化がなくなるまで加熱乾燥し、ペンキ塗膜として使用した。

(2) フェンスペンキの前処理

自転車置き場のフェンスに塗られている劣化したペンキ（以下、フェンス）をピンセットではく離させ、重量変化がなくなるまで加熱乾燥し、ペンキ塗膜として使用した。

2.2.5 鉛の検出実験

乾燥したペンキ塗膜0.25gをふた付きのサンプル管に入れ、氷酢酸0.5mlを加えた。接触面積を増やすため、ハサミで細かく切断し、ふたを閉めて1分間振とうした。次に駒込ピペットで蒸留水1.5mlを加え、1分間振とう後、白色懸濁溶液を得た。これを紙（キムワイプ）1/2枚を敷き詰めたプラスチック注射器にそそぎ込み、ピストンを押すことによって、透明なろ液を得た。そこに5%クロム酸カリウム水溶液を加えた。「サビナイト」と「フェンス」から黄色沈殿が生じ（前者を沈殿a、後者を沈殿bとする。「アクアレタン」からは沈殿を生じなかった。化学薬

品を使用するので理科実験室で行ない、使用後の廃液は流しに捨てないように指導するとともに、回収した。

2.2.6 クロム酸鉛の同定

2.2.5の黄色沈殿 a, bの赤外線吸収スペクトル (KBr) はクロム酸鉛の文献値 (Allen E et al., 1952) と一致した。硝酸による湿式灰化後、原子吸光分析から計算した純度は沈殿 a が 97% と沈殿 b が 91% であった。

2.3 授業実践

- *対象：山口大学附属山口中学校3年生、3クラス 合計112名
- *実施日：平成9年2月6日、7日
- *実施場所：山口大学附属山口中学校理科実験室
- *家庭科，保育領域「幼児の遊びについて考えよう」2時間扱い
- *授業方法：吉田・河野によるティーム・ティーチング
- *授業前後の調査内容：関心度の変化
 - ：幼児とペンキに関する意識変化
 - ：実験操作の簡便性
 - ：実験に関する自由記述の内容分析

3 結果と考察

3.1 家庭科教科書における鉛の記述

授業を実践するには、事前に鉛に関する教科書の記述を明らかにする必要がある。そこで、家庭科教科書を調査し、表1に示した。

表1 家庭科教科書の「鉛」に関する記述

小学校	
A	記載なし
B	記載なし
中学校	
C	記載なし
D	記載なし
高等学校	
E 家庭一般	記載なし
F 生活一般	記載なし
G 生活一般	記載なし
H 生活一般	記載なし
I 食物	記載なし
J 生活一般	記載なし
K 生活技術	記載なし
L 新食物	記載なし
M 家庭一般 (p116)	食器からの溶出物 (鉛・・・)
N 家庭一般 (p101)	残留有害金属による食品汚染 (鉛・・・)
O 生活一般 (p66)	残留有害金属による食品汚染 (鉛・・・)
P 生活技術 (p94)	残留有害金属による食品汚染 (鉛・・・)
Q 生活一般 (p94)	化学物質による食中毒-有害重金属 (鉛・・・)
R 新生活一般 (p109)	化学物質による食中毒-有害重金属 (鉛・・・)
S 新・家庭一般 (p94)	化学物質による食中毒 (鉛・・・)
T 家庭生活 (p310) (Family Living)	鉛の毒性は特に小さな子どもにとって危険である。古い家屋の室内・室外にかつて使われていたペンキ破片を子どもが口に入れたときに鉛が摂取されてしまう。・・・鉛の毒性だけでは死に至らないが中枢神経を損傷させ、精神的な遅延を引き起こす。

日本の教科書について述べる。小・中学校家庭科教科書 A~D および高校教科書 E~L に鉛中毒に関する記述はなかった。教科書 M に「食器からの溶出」とあるが、ペンキに関する記述はない。教科書 N、O、P に「残留有害金属による食品汚染 (鉛…………)」、教科書 Q、R、S に「化学物質による食中毒-有害重金属 (鉛)」の記述があるが、ペンキに関する記述はない。しかしアメリカの高校家庭科教科書 T 「家庭生活 (Family Living)」には記述があった (Leavenworth C et al., 1991)。それは子供に関する「事故防止 (Accident Prevention)」の項目の中にあり、内容は鉛中毒が特に小さな子どもにダメージを与えること、鉛はペンキ中にあること、小さな子どもはペンキを口にしてしまい鉛を摂取してしまうことなどが記述されている。この内容は基本的な生活習慣の重要性に関することであり、日本の中学校家庭科で考えれば、保育領域に相当する。

以上のようにアメリカと違って日本の家庭科教科書にはペンキによる鉛中毒に関する記述は全くなく、鉛危害を防ぐための環境教育の教材として、そのまま利用することはむずかしい。それ

だけに、ペンキ中に鉛が含まれることをしっかりと把握し、鉛危害を防ぐことができるような教材の工夫が必要である。それには鉛を検出するための実験教材などの検討と、授業実践による評価を明らかにする必要がある。

3.2 教材と学習効果

3.2.1 実験教材

遊具は特にカラフルなペンキが使われている。ペンキ中の鉛を検出する実験教材の報告はまだないことから、簡便に、明確に検出できるように溶媒、ろ別、試薬に関する実験教材の検討を行った。

(1) 抽出溶媒

塗料から鉛を効果的に抽出するためには、内部まで溶媒が浸透する必要がある。食品衛生法による鉛抽出溶媒は酢酸水溶液が使われている（日本薬学会，1980）。「サビナイト」は水に不溶な合成樹脂が含まれるため、酢酸水溶液では膨潤が認められなかった。そこで、最初に氷酢酸を溶媒としたところ、塗膜の膨潤が認められ、塗膜内部まで酢酸が浸透していることから効果的な抽出が期待でき、この方法で鉛を抽出することにした。内容物が飛び散らないように安全性の観点から蓋つきのサンプル管を3つ用意し、そこに事前に切断しておいた3種類のペンキ塗膜を別々に入れ、別に用意した酢酸（0.5ml）を注ぎ込ませ、蓋を閉めて1分間振とうさせた。このままでは合成樹脂も溶け出すおそれがあるので、次に水を体積比で氷酢酸の3倍量加えたところ、白色懸濁溶液を得た。

(2) ろ別

懸濁溶液のままでは鉛を析出させる反応の様子が明確に把握できない。そこでろ過が必要である。ろ別はろ紙による自然ろ過が一般的であるが長時間、要するのが欠点である。そこで、ガラス器具のふき取りなどに用いられる紙「キムワイプ」を注射器に詰め、懸濁溶液をそそぎ込み、ピストンで押すことによるろ過法を考えた。これは短時間でろ過が行える利点がある。得られたろ液は無色の透明な溶液であった。

(3) 鉛析出試薬について

一般に鉛を検出する方法として、硫酸鉛、クロム酸鉛として沈殿させる反応が考えられる。環境汚染の観点から考えれば、後者のクロム酸カリウム（6価クロム）を用いることは避けるべきである。しかし、次の理由からクロム酸カリウムを選択せざるをえなかった。(1)で述べたようにペンキ塗膜から鉛を抽出する方法として氷酢酸を用い、次いで水を加えて酢酸水溶液の中で鉛を検出しなければならない。この溶液中に硫酸を加えたところ、硫酸鉛は沈殿せず、一方、クロム酸カリウムを加えたところ、クロム酸鉛の沈殿を生じたからである。このことは酢酸水溶液中における硫酸鉛、クロム酸鉛の溶解度の違いに起因していると考えられる。たとえ酢酸を除去し、水のみを溶媒とした場合でも、硫酸鉛 $PbSO_4$ の水に対する溶解度は $0.0040g/100ml$ （ $15^\circ C$ ）

(化学大辞典編集委員会、1962a) に比べ、クロム酸鉛 PbCrO_4 は $0.000007\text{g}/100\text{ml}(20^\circ\text{C})$ (化学大辞典編集委員会、1962b) であり、硫酸鉛はクロム酸鉛に比べ、約571倍溶解しやすい。このことからクロム酸鉛として沈殿させることにした。サンプルは鉛が含まれている市販品のペンキとして「サビナイト」、含まれていないペンキ「アクアレタン」と、身の回りのペンキ塗膜として山口大学教育学部自転車置き場の「フェンスペンキ」を用意して行った。前者の2つは黄色沈殿を生じ(写真1)、後者は生じなかった。沈殿はすでに赤外線スペクトル、原子吸光分析からクロム酸鉛として同定されている。

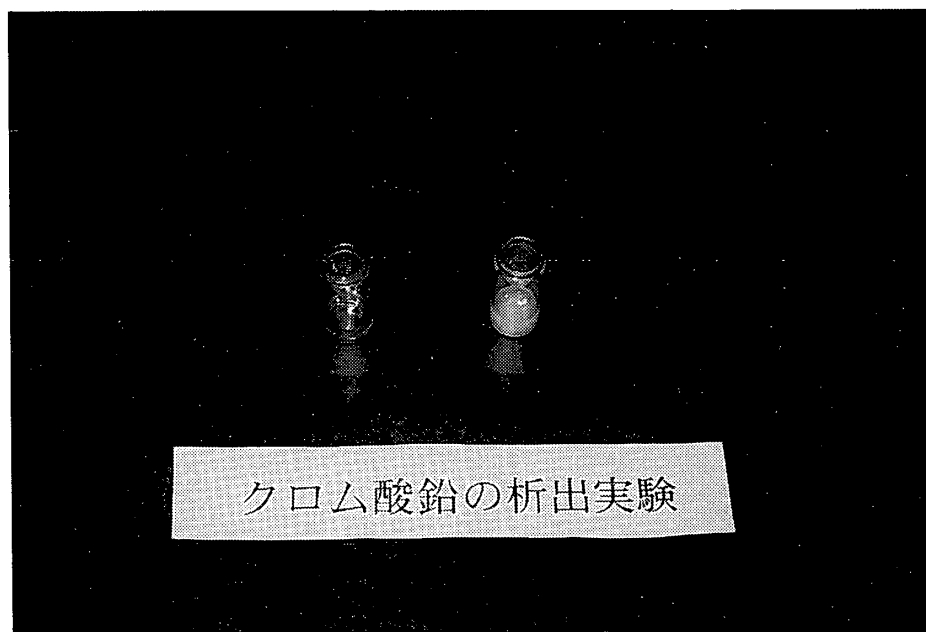


写真1

(4) クロム酸鉛の毒性および回収方法

沈殿形成に必要なクロム酸カリウムの量はわずかであるとは言え、その毒性および処理方法を生徒に理解させる必要がある。この処理は硫酸酸性下、重亜硫酸ソーダによって還元し、 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ として沈殿、回収する(化学同人編集部、1993)。回収された $\text{Cr}(\text{III})$ は一般の重金属と同じ廃棄処理になる。山口県教育委員会の場合、一般の重金属の廃棄処理は各学校から産業廃棄物として業者に依頼することになっている。

3.2.2 授業の流れと教材

前述したようにペンキ中に鉛が含まれていることの記述は日本の場合、教科書にない。そこで授業を効果的に進めるために教科書の代わりとして教材を新規に作成した。これらをスキーム1に示し、生徒の様子とともにおおまか授業の流れを述べる。

スキーム1 授業の流れと教材

<No.1>

幼児とペンキに関する意識

滑り台のところで、遊んでいる子どもにおかあさんが話かけました。



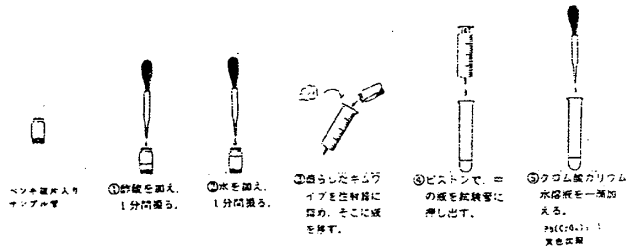
想いつく言葉を書いてみてください。

<No.4>

鉛中毒の症状
*学習能力障害
*聴覚障害
*成長遅延

<No.5>

実験手順



<No.6>

実験のまとめ

サンプルの中で鉛が含まれていたものに○、入っていないものに×をつけてください。

サンプル名	結果
禁止め	
大学の自転車置き場フェンス	
アクリレタン (青)	

<No.2>

アメリカの鉛情報

1) Top 20 Hazardous Substances: (Rank and "Top 20 Substances")

- 1 Lead ()
- 2 Arsenic ヒ素
- 3 Mercury, Metallic 水銀

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
アメリカの有害物質と疾病記載のための公的機関の引用

2) " PROTECT YOUR FAMILY FROM LEAD IN YOUR HOME " ()

<No.3>

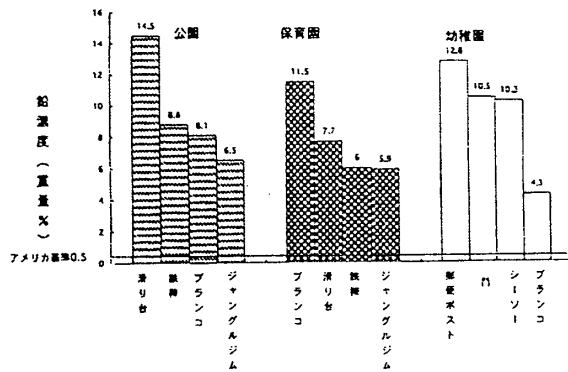
ペンキによる鉛中毒例

89.4.12 夕刊 朝日新聞

日本貨物船で鉛中毒
韓国船員18人が入院
韓国保健社会省が公表
ソウル十二日朝日新聞
韓国保健社会省が十一日、明らかにしたところでは、日本の「マラミン」船会社一所属の貨物船「ホワイトフェニックス」(四、六〇〇トン)乗組みの韓国入船長ら十八人が、船中でのため、釜山と東京の両埠頭に入院治療を受けている。
一昨日から、韓国入船員十八人が下痢、貧血を訴えた。保健社会省が調べたところ、韓国船中毒とわかった。船は昨年七月から十二月まで修理した際、塗料の鉛成分が船内に残ったらしい。

<No.7>

遊具のペンキ塗膜中の鉛濃度



<No.8>

<No.1> 幼児とペンキに関する意識

授業の導入をNo.1~4とした。No.1は授業内容に入る前と終了時 (No.8) に行った。これはペンキが塗られている滑り台で遊ぶ幼児に母親が語りかける言葉を記述させるものである。授業後、幼児とペンキについて意識し、鉛に注意する記述が書けることを期待した。次に、この遊具のペンキに関する授業であることを示しながら、No.2に進んだ。インターネットによる幼児

とペンキに関する情報は日本に少ないが、アメリカには非常に多い。このことを生徒に説明するとともに環境問題を把握するためには日本語にとらわれず、英語によるインターネット検索も有用であることを実感させたいと考えた。このために生徒に英訳させたのだが、Leadの意味はわからなかった。鉛の意味をこちらから提示し、アメリカ ATSDR では危害物質のトップが鉛である(ATSDR,1996)ことを把握させた。アメリカ EPA によるパンフレットタイトル「Protect Your Family from Lead in Your Home」(EPA, 1995)を和訳させた後、室内のどこに鉛があるのかを考えさせた。“釣りに使う鉛”と答えた生徒がいたが、“ペンキ中”と答えた生徒はいなかった。No. 3の「日本貨物船で鉛中毒」の新聞記事(朝日新聞, 1984)を示し、読ませた。ここでペンキ成分として鉛が含まれ、それによって中毒事件があったことを把握させた。No. 4で鉛中毒の症状である学習能力障害、聴覚障害、成長障害を説明し、No. 5で鉛中毒の症状ペンキ中の鉛を確かめるための実験方法を示し、実験をおこなった。生徒はサンプル管の蓋の開けにくさと酢酸のにおいに戸惑う様子が見られたが、中身をこぼすことなく操作できた。ろ別において注射器を使うことで、興味を持ちながら行った様子が見られ、操作時間も短く済むことができた。沈殿反応において、生成しているのかどうかわからないと教師に判断を求める生徒はいなかったことから、ペンキ塗膜中の鉛の有無が明確に判断できたようである。No. 6で実験結果をまとめさせた。No. 7で、著者らの文献(入江和夫他, 1997)から同敷地内の附属幼稚園や市内の保育園や公園の遊具のペンキ塗膜を分析したデータを提示し、身の回りのペンキ塗膜にアメリカの基準以上のものがあることを把握させた。No. 8で幼児とペンキに関する意識の変化を把握するために、No. 1と同じプリントを記述させた。

3.2.3 学習効果

(1) 生徒の関心度

幼児の健康を守るため、生徒の「身の回りのペンキについて」「幼児の手を洗うなどの基本的生活習慣について」「幼児の健康と安全について」の関心を喚起することは重要である。これら項目の調査を授業前後で行い、「非常に関心がある」=1、「まあまあある」=2、「普通」=3、「あまり関心がない」=4、「全く関心がない」=5として、これらを間隔尺度として授業前後の変化をt検定により調べ、結果を表2に示した。

表2 「ペンキ」「手洗い」「健康や安全」に対する中学生の関心度の変化

項 目	授 業 前	授 業 後	
身の回りのペンキについて			
平 均	3.93	1.65	***
標準偏差	1.16	0.80	
手を洗うなどの基本的生活習慣について			
平 均	2.46	1.52	***
標準偏差	0.97	0.67	
幼児の健康と安全について			
平 均	3.32	2.21	***
標準偏差	1.14	0.96	

t検定 ***P<0.005 (N=112)

「身の回りのペンキについて」では特に、幼児が鉛中毒に大きなダメージを受けるにも関わらず、保育園や幼稚園や公園はペンキで塗られた遊具が多く、鉛暴露による健康障害が危惧される。このことから考えれば、身の回りにあるペンキに関心を高めておくことは健康や安全を考える上で重要である。授業前の関心度は平均以下の3.93であり、ほとんどペンキに関心を示さなかったが、授業後は1.65と高まり、身の回りのペンキに対する関心度は増加した。

「幼児の手を洗うなどの基本的生活習慣について」は中学校指導書技術・家庭編の「保育」領域（文部省，1994a）に幼児の自主性、社会的に認められる行動様式の必要性から記載されている。これに加えて、鉛危害を防ぐ観点からも重要と考えられる。ペンキは時間が経てば劣化し、剥がれやすくなる。そのような遊具で遊べば、手にペンキ破片は付着する。基本的生活習慣が充分でない幼児にとって、手を洗わないことが鉛を摂取する要因となり、ガイドブック（EPA，1998）では「外で遊んだ後」「食事前」「就寝前」に手を洗わせるように記述されている。関心度は授業前2.46でやや高かったが、授業後1.52とさらに高まり、生徒は幼児の基本的生活習慣について関心を高めた。

「幼児の健康と安全について」は中学校家庭科の「保育」の指導内容（文部省，1994b）に記述されている。子どもは発達段階にあり、物理的、化学的障害を受けやすく、自らを守ることは難しい。幼児の活動は時として保護者の予想を越え、思いも寄らない行動を起こすことも考えられる。異食症をもつ幼児は特に注意が必要であろう。幼稚園、保育園の校庭にはペンキが多いことを考えれば、「幼児の健康と安全について」に対して関心を高める必要がある。授業前の関心度は3.32で、ほぼ普通程度であったが、授業後2.21に高まった。

以上のように授業後、上述した全項目に対して生徒の関心を喚起することができた。

(2) 幼児とペンキに関する意識

アメリカ EPA（EPA，1998）は両親が子どもをどの保育園に入れるかの判断として、ペンキで塗られた遊具を触った後の手洗いを注意し、指導しているか、などのチェックリストをあげて

いる。授業後、中学生が幼児とペンキに意識し、手洗いなど鉛危害防止に関わる注意ができれば、安全な保育となる。そこで、これを確かめるために、滑り台で遊ぶ子どもに語りかける母親の写真に「滑り台のところで、遊んでいる子どもにおかあさんが話しかけました。思いつく言葉を書いてください。」の設問に授業前後で自由記述させ、内容を「ペンキの鉛に関する注意」と「それ以外」の категорияに分け、実人数で分析した。その結果を表3に示した。

表3 幼児とペンキに関する中学生の意識変化

	授 業 前% (人)	授 業 後% (人)
ペンキの鉛に関する注意	0 (0)	96 (107)
それ以外	100 (112)	4 (5)

***P<0.001 (2×2カイ自乗検定)

授業前の内容として「ペンキの鉛に関する注意」はなく、0% (0人)であった。授業後、「滑り台をさわった手を、お口に入れちゃいけませんよ。」「手を舐めないようにしなさいよ。よく手を洗いなさい。」「ペンキをかじっちゃだめよ。」「鉛中毒になるわよ。ペンキをはがさないでね。」のような注意の記述が95.5% (107名)あった。すなわち、授業後、生徒はペンキに関して子どもに注意する内容を記述した。幼児にとって自分自身の安全を充分に守ることはできない。それだからこそ、中学生が幼児とペンキに意識し、安全に向けた注意ができることは意義がある。

3.2.4 実験教材の評価

実験が生徒にとって難しかったり、理解しにくかったりすれば、効果的な教材とは言えない。スキーム1に示したようにステップの操作があり、難しさが予想される。そこで、実験操作の簡便性について調査し、表4に示した。

表4 実験操作の簡便性

簡 便 性	% (人)	
非常に簡単だった	19 (21)	**
まあまあ簡単だった	45 (50)	
ふつう	28 (32)	
やや難しい	6 (7)	
非常に難しい	2 (2)	

***p<0.01 (1×2カイ自乗検定) N=112

実験操作が「非常に簡単だった」、「まあまあ簡単だった」の合計は64%であり、「ふつう」、「やや難しい」、「非常に難しい」の合計は36%であり、1標本2分類データによる有意差(住田

幸次郎, 1991) があった。すなわち、生徒は実験操作を簡便であったと評価した。さらに実験の様子を把握するために自由記述による調査を行った。カテゴリーを好意的あるいは非好意的内容に分け、表5に示した。

表5 実験に関する自由記述の例

好 意 的 70% (78人)	
a	簡単な実験で重要なことがよく分かった。
b	スムーズな実験をすることができました。
c	実験することで実態が目にはっきり見えて、分かりやすかった。実験自体も、そんなに難しくなかった。
d	「これは濁っているのか濁っていないのかよくわからん」というのがあると思ったが思ったより、結果がはっきり出た。
f	今までの理科の実験方法とは全く異なっていて、おもしろかった。注射器を使ったりと今まで行ったことのない実験方法だったので結構楽しめた。
g	私たちの身近にあるものにも鉛がはいっていることがはっきりと分かった。注射器などを使っておもしろかった。
h	生活に関する実験ができたので、大変興味が湧いた。
i	非常に簡単に実験ができた。家庭科というよりは、より理科的な物ではあるが、非常におもしろかった。このような学習がこれからも増えればいい。
非 好 意 的 30% (34人)	
j	蓋が開けにくかった。
k	瓶の蓋が空けにくかった。他はだいたい簡単だった。
l	酢酸がすごい臭いだった。
m	酢酸の臭いが思ったよりきつかったので少し戸惑ったところもあった。

*** $P < 0.005$ (1×2カイ自乗検定) N=112

好意的な感想の中から代表的なものを述べていく。aは簡便な実験でありながらも重要なことを明らかにすることができると述べ、bは実験のスムーズさを述べている。cはこれに加え、実験の視覚的効果によるわかりやすさを述べ、dも明確な沈殿反応だと述べている。f,gは授業時間短縮のためのろ過器具として用いた注射器をおもしろいと感じ、またgは身近な自転車置き場のペンキに鉛が含まれていることが明確にわかったとしている。hは実験の内容が生活に関することで興味を感じ、iは家庭科における実験をもっと行うべきだと発展的意見を述べている。

一方、非好意的感想に注目すると、大きく2つに分類できる。j、kのように実験器具であるサンプル管の蓋の開けにくさと酢酸のにおいについてである。前者は鉛抽出の過程で酢酸溶液が飛び出さないように考えたことであったが改善する余地があるであろう。後者は酢酸が最適溶媒であるのでやむを得ないが、十分な換気ができるように配慮する必要がある。以上のように、好意的感想が70%、非好意的が30%は有意差(住田幸次郎, 1991)があったことから、生徒は実験教材を好意的に評価したと考えられる。

3.2.5 実験教材の課題

鉛が含まれているペンキやさび止め禁止の取り組み、子供のリスクに関する関心の喚起などを内容とする環境大臣会合の宣言書（環境庁，1997）から考え、これらに関する環境教育の教材開発は重要である。クロム酸カリウムによって鉛を検出する方法の利点は、微量の鉛を検出でき、鋭敏な沈殿反応を利用して、普段気にもとめず、有害とは思わないペンキに対して、鉛含有の有無を視覚的に確かめられることである。そしてこのことが小さな子供の鉛危害を防ぐ大きな力となることである。

しかし、残念なことに、この方法には欠点がある。すなわちクロム化合物自身が有害物質であるからである。このため、廃液処理が適切にできる教師がいることや重金属の廃液処理施設への持ち運びが可能であることなどが必須条件である。現在、鉛を検出するための安全な試薬の開発を行っている。

4 まとめ

ペンキ中に含まれる鉛に関する家庭科教科書の記述調査、実験教材の開発、および授業実践による学習効果を分析した。

- 1) ペンキ中の鉛に関する記述は日本の小・中・高校家庭科教科書になかったが、アメリカ家庭科教科書にあった。
- 2) 鉛検出実験の条件はふた付きサンプル管中にペンキ塗膜を入れ、酢酸で鉛抽出後、水を加えた懸濁溶液をプラスチック注射器でろ過し、水溶液を得た。鉛の検出方法として、硫酸鉛はこの条件下で沈殿せず、一方クロム酸鉛は容易に沈殿を生じたので、この方法を選んだ。（ただし、6価クロムの毒性、処理方法について生徒に示す必要がある。）実験は簡便性がありと好意的な感想が多かった。
- 3) 授業後生徒は「身の回りのペンキについて」「手を洗うなどの基本的な生活習慣について」「幼児の健康と安全について」について関心を高めた。また、生徒は滑り台で遊ぶ子どもへ鉛危害を防ぐ方法を記述できた。

引用文献

- 東京都水道局，2000，<http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/water-news/2000/n05-04.htm>.
- 松下電子工業，1999，<http://www.mec.panasonic.co.jp/news/news037.html>.
- EPA，1998，「Lead In Your Home/ A Parent's Reference Guide, June」, p5 EPA 747-B-98-002.
- Newsweek, 1992 February 17, 「Lead and Your Kid」.
- 「Residential Lead-Based Paint Hazard Reduction Act of 1992」:Public Law 102-550.
- CPSC, 1996, 「CPSC Staff Recommendations for Identifying and Controlling Lead Paint

- on Public Playground Equipment]. Document # 6006.
- ATSDR, 1996, 「Top20 Hazardous Substance」 <http://www.atsdr.cdc.gov/cxcx3.html>.
- EPA, 1996, 「Environmental Health Threats to Children」, September, p3, EPA 175-F-96-001.
- U.S. Department of Education, 1997, <http://www.ed.gov/pubs/AchGoal8/safety.html>.
- 日本薬学会編, 1980, 「衛生試験法・注解」, p634, 金原出版, 東京.
- 鹿庭正昭, 小嶋茂雄, 中村晃忠, 1981, 「塗料、建物から収集した塗膜、および数種の子供用文具類中の鉛の分析」, 衛生化学, Vol27, No.6, pp.391-398.
- 入江和夫, 前田典子, 吉田啓子, 鹿庭正昭, 1997, 「学校、公園遊具から収集した塗膜中の鉛分析」, 日本家政学会誌, Vol48, No.12, pp.1103-1109.
- 環境庁, 1997, 「8カ国環境大臣会合の結果について」, <http://www.eic.or.jp/kisha/199705/10891.html>.
- Allen E and Hammaker E M, 1952, 「Spectrophotometric Determination of One Component in a Two- Component Mixture」, Analytical Chemistry, Vol24, No.8, p129.
- Leavenworth C et al., 1991, Family Living, p310, Prentice Hall.
- 化学大辞典編集委員会, 1962a, 「化学大辞典」, Vol3, p208A, 共立出版.
- 化学大辞典編集委員会, 1962b, 「化学大辞典」, Vol9, p722A, 共立出版.
- 山根靖弘他, 1981, 「環境汚染物質と毒性、無機物質編」, 化学の領域増刊, 126号, pp.111-117, 南江堂.
- 化学同人編集部, 1993, 「新版、実験を安全に行うために」, pp37-44, 化学同人.
- EPA, 1995, 「Protect Your Family From Lead in Your Home」, May, Document Number: EPA 747-K- 94-001.
- 朝日新聞, 1984, 4.12, 「日本貨物船で鉛中毒」.
- 文部省, 1994a, 「中学校指導書 技術・家庭編」, p96, 開隆堂.
- 文部省, 1994b, 「中学校指導書 技術・家庭編」, p97, 開隆堂.
- 住田幸次郎, 1991, 「初歩の教育心理統計法」, 1標本2分類データ, p170, ナカニシヤ出版.