

科学リテラシーと塩ビについて

2022年4月20日
塩ビ工業・環境協会

○経済協力開発機構(OECD)が定期的実施する調査事業 PISA(Programme for International Student Assessment)では、科学リテラシーについて、「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」と定義しています。

○同調査結果では、我が国の学生は世界トップレベルの科学リテラシーを有していますが、最近、一部のメディアや団体等が塩ビを巡って科学的根拠が薄弱な議論を行っているのが見受けられます。

○今回のトピックスでは、PISAの結果から見る我が国の科学リテラシーの現状やVECのプラスチック教育への支援の取り組み等について報告するとともに、近年塩ビを巡り誤った情報が流布された事例について、その解説を行いたいと思います。

1. 科学リテラシーについて

(1) 経済協力開発機構(OECD)が各国の教育を比較する事業の一環として PISA(Programme for International Student Assessment)と呼ばれる国際的な学習到達度に関する調査を3年に1回、実施しています。PISA 調査の目的は、義務教育終了段階の15歳の生徒が、それまでに身に付けてきた知識や技能を実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを測ることにあります。PISA 調査では数学リテラシー、科学リテラシー、読解リテラシーの3分野について調査します。今回注目する科学リテラシーについては、「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」と定義されています。

(2) 日本は2000年から毎回本調査に参加し、直近の調査は2018年でした(183校、約6100人が参加;なお、次回調査は当初2021年に実施される予定でしたが、2022年に延期)。調査結果は世界トップレベルに位置し、OECD加盟国(37か国)の中で2位(1位はエストニア、3位フィンランド、4位韓国、5位カナダ、9位英国、11位ドイツ、13位米国)でした。2006年~2018年のトレンドで見ても世界トップレベルを維持しており、15歳時点での日本人学生の科学リテラシーは大変高いと評価できると思います。

2. 学習指導要領上のプラスチックの扱いとVECの小中学校向けの活動

(1) 我が国でプラスチックが義務教育で取り上げられるようになったのは2008年に告示された中学校理科の学習指導要領からです。以下抜粋します。

「2. 内容

(2) 身の回りの物質

身の回りの物質についての観察、実験を通して、固体や液体、気体の性質、物質の状態変化について理解させるとともに、物質の性質や変化の調べ方の基礎を身に着けさせる。

ア 物質のすがた

(ア)身の回りの物質とその性質

身の回りの物質の性質を様々な方法で調べ、物質には密度や加熱したときの変化など固有の性質と共通の性質があることを見出すとともに、実験器具の操作、記録の仕方などの技能を身に付けること。

3. 内容の取扱い

内容の(2)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)については、有機物と無機物との違いや金属と非金属との違いを扱うこと。また、代表的なプラスチックの性質にも触れること。

(注:下線は VEC が付記) (以下省略)」

(2)VEC は、これを機会にプラスチック業界の関係4団体(日本化学工業協会、日本プラスチック工業連盟、プラスチック循環利用協会)と連携して「プラスチック教育連絡会」を結成し、プラスチック教育を支援してきています。当時は、まだプラスチックの認知度が低い教育現場において、少しでも役立てばとの思いから、理科の先生向けにワークノートとなるように小冊子「調べてわかるプラスチック」を作成し、全国の中学校等に配布しました。さらに、2017年3月に告示された改訂学習指導要領では、プラスチックに触れると共に日常生活や社会で、幅広く利用されて私たちの豊かな生活を支えていることを理解する内容が盛り込まれたため、VEC は日本プラスチック工業連盟及び発泡スチロール協会と共同で、東京都中学校理科プラスチック教育研究会及び大日本図書の協力を得て、新しい補助教材を制作し、小冊子「調べてみようプラスチック」を発行しました(2020年1月)。



(3)この他、VEC では、プラスチック製品に触ったり、プラスチックの性質を実験で体験したりしながら、プラスチックが身近な存在でわたしたちの暮らしを支えていることを理解していただけるように、小学校、中学校等を対象として出前授業を受け付けています。

3. 塩ビに対する科学的リテラシー(ケーススタディー)

上記1, 2で記述したように日本人(少なくとも15歳時点の学生)の科学的リテラシーは世界的に見ても高く、さらに近年では義務教育でも塩ビ樹脂を含むプラスチックについて授業で取り扱われているにも関わらず、一部偏向した情報が世の中に跋扈している事例が見られますので以下に紹介し、解説したいと思います。

(1)2022年大学入学共通テスト 英語リーディング問題

本件は2月17日の記者会見でご説明しましたので詳細は省きますが、PVCのマークの意味やPVCがリサイクルされているがどうかについては、調べればすぐにわかる事項です。しかしながらこうしたチェックを一切せずに大学入試問題として出題するという出題者(注:大学教員の方であると推測されます。)は研究者として、さらには教育者として科学的リテラシーに欠けているのではないかと疑われます。今後、こうしたことが2度と起きないように関係者には猛省を促したいと思います。

(2)ダイオキシンと環境ホルモン

昨年、一部のメディアが「ダイオキシン」と「環境ホルモン」の問題について過去、科学的根拠が薄弱で世の中の不安を煽った件について反省の弁を述べていたことは大変評価できることだと考えています。一方で未だにこうした問題が塩ビの安全性／危険性を科学的根拠に基づいて論ずる科学記事としてではなく風評被害を受けた事業者等に焦点を当てた社会記事としてのみ掲載されている限りは、正しい情報が一般国民には伝わらないと考えます。以下にダイオキシンと環境ホルモンについて塩ビとの関係について説明します。(出典;VEC HP https://www.vec.gr.jp/kankyo/kankyo2_1.html (ダイオキシン)、https://www.vec.gr.jp/anzen/anzen2_3.html (環境ホルモン))

① ダイオキシンと塩ビについて

○ダイオキシンには構成元素として、塩素が含まれています。塩ビ樹脂にも塩素が含まれるため、塩ビ樹脂がダイオキシン生成の元凶のように扱われた時期がありました。しかし、焼却時のダイオキシンの発生は、燃焼させるものによるのではなく、燃焼条件に依存することが分かっています。環境省作成のパンフレット(関係省庁共通パンフレット「ダイオキシン類」(2012年))によれば、「塩化ビニルなどの塩素を含むごみの影響は相対的に少なく、燃焼状態や排ガス処理の状況などの方がダイオキシン類濃度に大きな影響を及ぼす」と記されています。

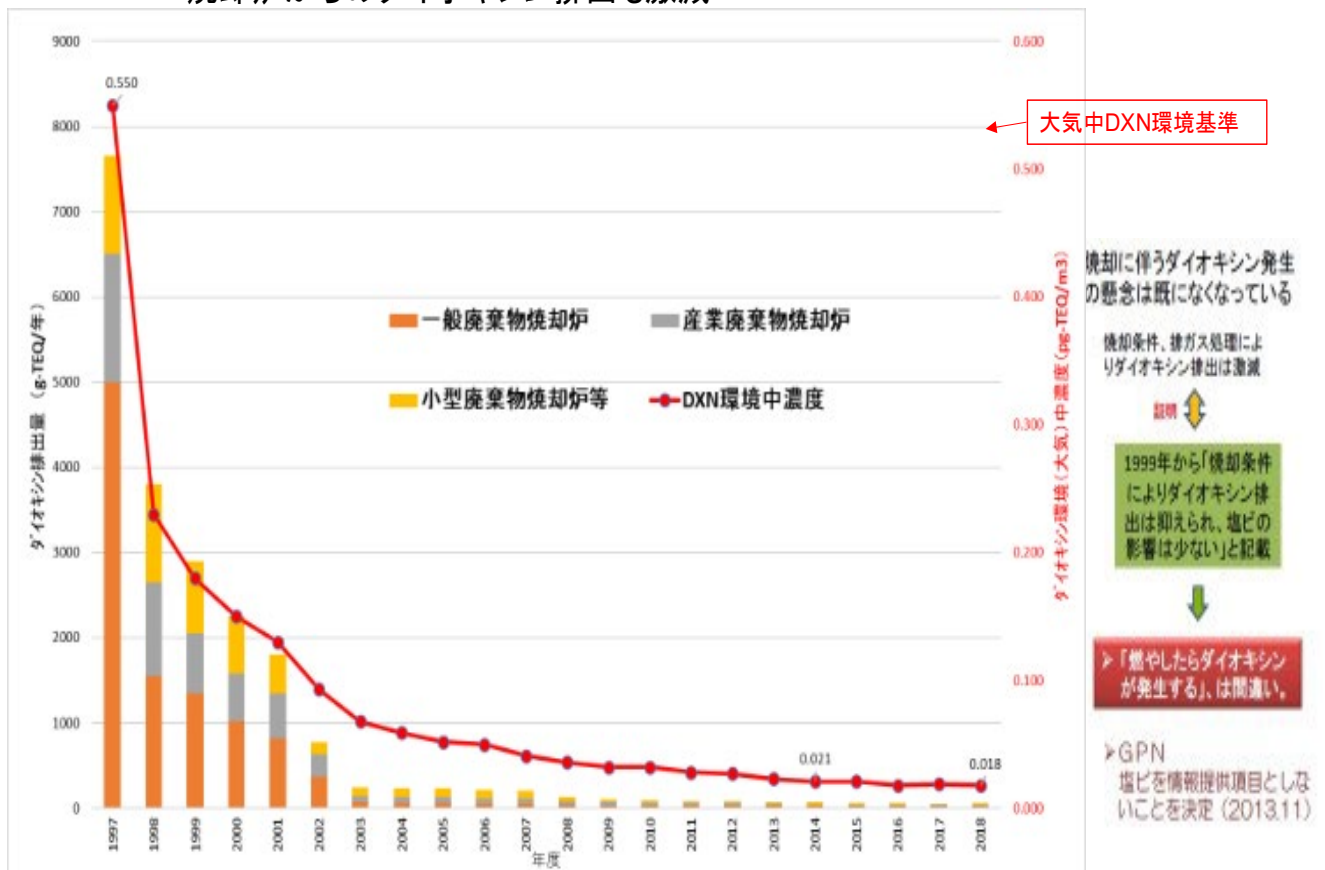
○2000年1月に施行されたダイオキシン類対策特別措置法等に基づき日本政府が取った各種施策により、焼却炉の改良と運転管理の改善が行われ、ダイオキシン類の生成量は劇的に削減されました。廃棄物焼却施設(一般廃棄物焼却施設/産業廃棄物焼却施設)由来のダイオキシン類排出量だけを見ても、2019年にはすでに1997年(インベントリー調査開始年)の約1/130となっており、大気中の濃度(平均値)も環境基準値の約1/35となっています。

○なお、空気中には微量ながら塩素が浮遊しており、それはダイオキシン生成には十分です。約 8000 年前の大阪湾の地層をはじめ、南極の土や火山灰等からもダイオキシン類は検出されていることから、太古の昔から幾度となく繰り返された火山の噴火や山火事など自然界の現象によってもダイオキシン類は生成していたということです。

ダイオキシンの環境排出量推移



焼却炉からのダイオキシン排出も激減



VEC 塩ビ工業・環境協会
Vegetarian Environmental Council

環境 45

(注)DXN:ダイオキシン

GPN: グリーン購入ネットワーク(環境配慮型製品やサービスの情報提供とそれらの販売を促進し、グリーン市場の拡大に取り組む日本で最大級の団体)

- ② 塩ビの可塑剤の安全性について(いわゆる環境ホルモン作用への対応)
 - 塩ビの可塑剤として使用されるフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)(DEHP)の内分泌かく乱作用、いわゆる環境ホルモン作用は、環境省の「環境ホルモン戦略計画 SPEED'98」(SPEED'98)の取組の結果により否定されています。
 - 環境省は、SPEED'98 の取組の結果を順次明らかにしていますが、フタル酸エステル類に関する報告では、2002年6月、人(哺乳類)への影響に関して、DEHP(一緒に試験した9物質も同じ)は『低用量(文献情報等により得られた人推定暴露量を考

慮した比較的low濃度)での明らかな内分泌かく乱作用は認められなかった』と報告しています。

○更に、2003年6月、魚類(メダカ)を用いた生態系への内分泌かく乱作用に関する試験結果によれば、『(DEHPなど)5物質については、頻度は低いものの、精巣卵の出現が確認されたが、2002年度に実施した精巣卵の程度と受精率との関連等に関する追加試験の結果を踏まえると、受精率に悪影響を与えるとは考えられず、明らかな内分泌攪乱作用は認められなかった』と発表しています。このことは、DEHPを含むフタル酸エステル類の内分泌かく乱作用が否定されたことを意味します。

○なお、多量投与でみられた齧歯類(げっしうい: りす、ねずみ、やまあらしが代表的。上顎と下顎に門歯(人間の切歯に相当する歯)があり、犬歯を持たない。)の生殖毒性は、すぐに代謝される哺乳類では現れませんが、予防的観点からフタル酸エステル類の小児用玩具等への使用が制限されています。日米欧の規制内容はほぼ同じです。(VEC HP https://www.vec.gr.jp/anzen/anzen2_4.html 参照)

(3) リサイクルしにくい、もしくは負荷となっているとの理由で塩ビを排除する動き

① 近年、欧米諸国で一部の団体等がリサイクルしにくい、もしくは負荷となっているとの理由で塩ビ製の容器包装等を排除すべきであると各国政府に要請していますが、本年2月17日の2022年大学入試共通テストでの記者会見の際にも説明した通り、日本だけでなく、米国や欧州においても、塩ビはリサイクルされています。米国、欧州、日本の塩ビのリサイクルに関しては以下のサイトが参考になります。

●米国: Vinyl Institute <https://www.vinylinfo.org/recycling/>

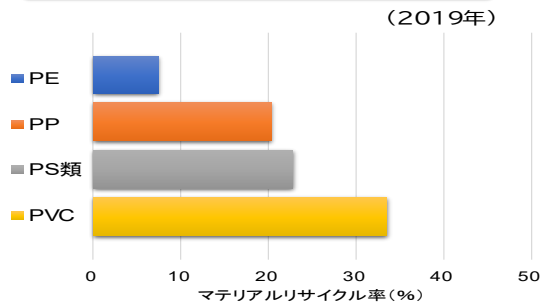
●欧州: Vinyl Plus <https://www.vinylplus.eu/circular-economy/pvc-a-recyclable-material/>

●日本: 当協会 https://www.vec.gr.jp/recycle/recycle1_1.html

我が国では、塩ビの材料リサイクル比率は30%を超えており、他のプラスチック類と比較しても優れたリサイクル特性を有しているものと考えています。

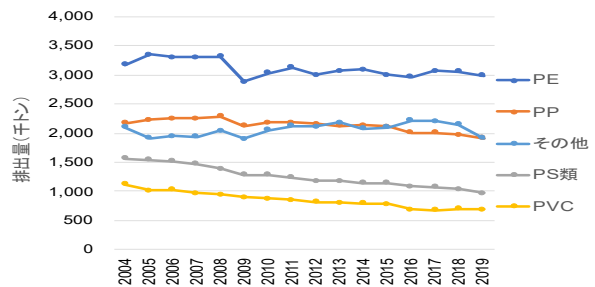
塩ビ樹脂(PVC)のマテリアルリサイクル状況

各種樹脂のマテリアルリサイクル率



※PS類: AS, ABS含む

各種樹脂の排出量の推移



プラスチック循環利用協会
「2019年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況～マテリアルフロー図～」よりVEC作成

② 仮に塩ビを排除した場合、何が起こりうるのか考えてみたいと思います。

○以下のように長所・短所を併せ持つ塩ビは、現在、上下水道や電線といったライフラインや建材などの基礎産業から日用品、最先端のエレクトロニクス、医療器材までさまざまな分野で広く利用されています。このため、塩ビを排除する場合には、代替品を検討しなければなりません。作業性、難燃性、耐久性等を考慮すると適切なプラスチック材料を見つけ出すことは極めて困難であると思います。

【長所】

1. 機械的安全性が優れている。
2. 耐クリープ性に優れている。
3. 可塑剤を添加することで塩ビ製品の柔らかさを自由に変えられる。
4. 耐薬品性が優れている。
5. 透明である。
6. 接着性、印刷性に優れている。
7. 難燃性である。
8. 電気特性が良い。
9. 軟質塩ビ製品の場合、ゴムのようなエラストマーや皮革のような風合いが得られる。
10. 耐久性に優れている。
11. 耐疲労性に優れている。

【短所】

1. 低温時の衝撃強度が低い。
2. 常用耐熱温度がやや低い。

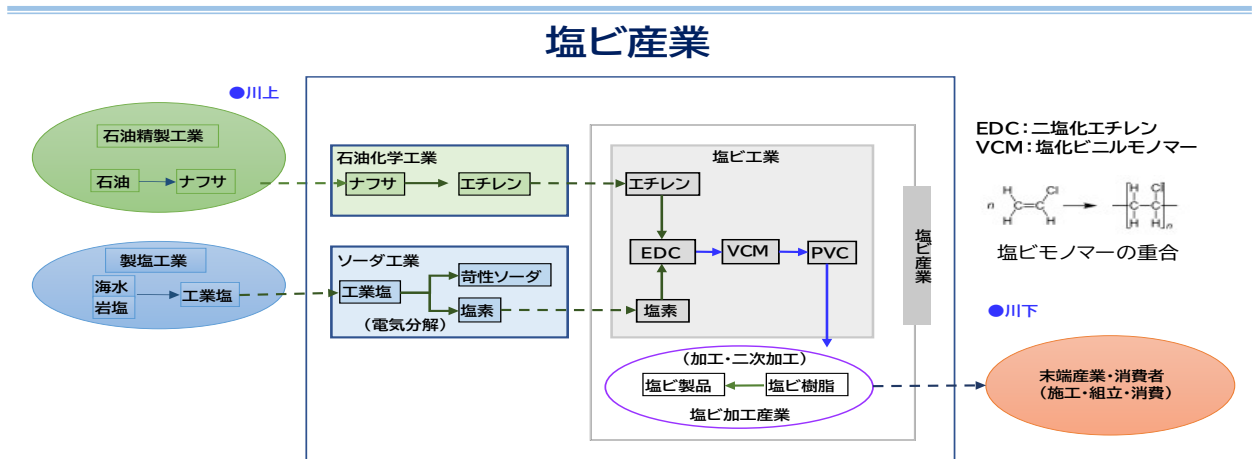
3. 軟質塩ビ製品の場合、可塑剤のしみ出しがある。(にじみ、揮発、移行)
4. 溶融時の粘度が高く、大型の射出成型に向かない。

○一方で、塩ビはイオン交換膜法(電解法)と呼ばれる苛性ソーダの製造工程から発生する塩素(Cl₂)を利用して作られています。言い換えると、塩ビは、それ自体は有害である塩素を最も安定化できる利用法であるとも評価することができます。

塩素は食塩水を電気分解することにより、苛性ソーダ(NaOH)、水素(H₂)とともに常に一定の比率(質量比で、苛性ソーダ:塩素:水素= 1 : 0.886 : 0.025)で製造されますが、もし、塩ビが一般社会から排除され製造されなくなった場合には、新たな塩素需要が見込まれない現状では苛性ソーダを減産しなければならず、その供給量に大幅な不足を招く可能性があります(注)。

苛性ソーダは、アルミニウムや化学繊維、石けん・洗剤の原料として使用されたり、パルプの溶解や漂白、また、さまざまな工業製品の製造に使われています。さらに、上下水道や各種産業の排水処理、還元剤として使用されるなど、非常に幅広い分野で使われています。また、苛性ソーダそのものが最終製品に直接含まれている例は多くありませんが、中間原料となる各種の化学薬品や様々な物質の製造に使われたり、様々な産業・生活用の最終製品の製造に使われています。

このように、苛性ソーダは、非常に幅広い産業分野において基礎素材として使われているため、国民生活に欠かせない物質と言われており、その供給量に大幅な不足が生じれば産業界、国民生活等に大きな影響を与える可能性があります。



石油化学からのエチレンとソーダ工業からの塩素を合成して中間原料の二塩化エチレン(EDC)とし、これを熱分解して塩ビモノマー(VCM)をつくります。この塩ビモノマーから塩ビ樹脂(PVC)を生産しています。塩ビは下流の加工部門である塩ビ加工産業に供給され、そこで安定剤や可塑剤などの各種の添加剤が調合され、これを押出成形加工やカレンダー成形加工して塩ビ製品ができます。このあと建設・土木資材、農工業設備資材、組立産業の部品、日用品として使われています。なお、塩ビ工業と塩ビ加工産業は事業的な繋がりが深く、この二つをあわせて塩化ビニル産業(塩ビ産業)と総称することもあります。

(注) 塩ビの排除に伴う苛性ソーダの減産量について試算すると概要以下の通りです。2020年の世界の塩ビ需要量は約4500万トン。このうち、塩素分は質量比で約60%なので、約2700万トン。食塩水から苛性ソーダと塩素は質量比で、苛性ソーダ:塩素=1:0.886の割合で製造されるため、仮に塩ビが全て排除された場合には、 $2700 \text{ 万トン} \div 0.886 \approx 3000 \text{ 万トン}$ の苛性ソーダを世界的規模で減産しなければなりません。この量は2020年の世界の苛性ソーダ需要量(約8000万トン(IMARCグループ調べ))の約40%に相当します。

以上