

廃棄物を使ったバイルシュタイン法による 高分子化合物の化学教育

宮崎昭仁¹

要旨：生活・産業の隅々にまで使われている現代は、プラスチック時代といえる。各種の表示がプラスチック製品に付けられ、多種多様なプラスチックが様々な用途に使用されている。食品用ラップフィルムの素材を調べた。また、環境中の「ダイオキシン」のヒトに対する毒性は小さい。ゴミを使って、プラスチック中の塩素原子の検出法であるバイルシュタイン法の学生実験を行った。アンケートの結果、小中学校で化学実験を経験していない者が多い、学生実験として極めて効果的と言える。検定教科書は問題が多く、自らの頭で考える技術者を養成するためには、独自の新しい教材を開発しなくてはならない。

キーワード：プラスチック，高分子化合物，食品用ラップフィルム，「ダイオキシン」，バイルシュタイン法，ゴミ，廃棄物，検定教科書。

プラスチック

人類の歴史は、デンマークの考古学者、クリスチャン・ユルゲンセン・トムセン（Christian Jürgensen Thomsen）により、主に利用されていた道具の物質に基づき、石器時代、青銅器時代、鉄器時代と時代区分されている。

1869年に半合成高分子のセルロイド、1909年には合成高分子のフェノール樹脂（ベークライト）が発明されて以来、次々と新しいプラスチックが登場し、1970年代には工業用部品として使用可能なエンジニアリング・プラスチックが、1980年代にはさらに高度なスーパー・エンジニアリング・プラスチックが現れた。このように、プラスチックは、衣食住などの生活から産業、科学、技術、軍事など社会の隅々にまで使用され、現代文明を支える基盤物質であり、現代はプラスチック時代と呼ぶことができる。

元々、プラスチック（plastic）とは、ギリシア語由来の単語で、「形成する、塑造できる、どんな形にでもなる、柔軟な」という意味の形容詞だが、プラスチック（plastics）と名詞化して、「可塑性物質、合成樹脂」の意味で使われている。プラスチックは、熱可塑性樹脂・熱硬化性樹脂に大別され、特に多用されている、低密度ポリエチレン（LDPE）、高密度ポリエチレン（HDPE）、ポリプロピレン（PP）、ポリスチレン（PS）、ポリ塩化ビニル（PVC）の5種の熱可塑性樹脂を汎用5大プラスチックと呼ぶ。低密度ポリエチレン（LDPE）と高密度ポリエチレン（HDPE）をポリエチレン（PE）と一まとめにして、汎用4大プラスチックと呼ぶ場合もある。

2009年の統計¹⁾によると、日本国内での汎用5大プラスチックの生産量は、低密度ポリエチレン（LDPE）1,325,168 t、高密度ポリエチレン（HDPE）

818,622 t、ポリプロピレン（PP）2,277,678 t、ポリスチレン（PS）959,926 t、ポリ塩化ビニル（PVC）687,470 t。ただし、低密度ポリエチレン（LDPE）の統計にはL-LDPE（直鎖状低密度ポリエチレン）を含み、EVA（エチレン-酢酸ビニル共重合体）を除いている。また、ポリスチレン（PS）は、GPPS（汎用ポリスチレン）HIPS（耐衝撃性ポリスチレン）の和で表している。

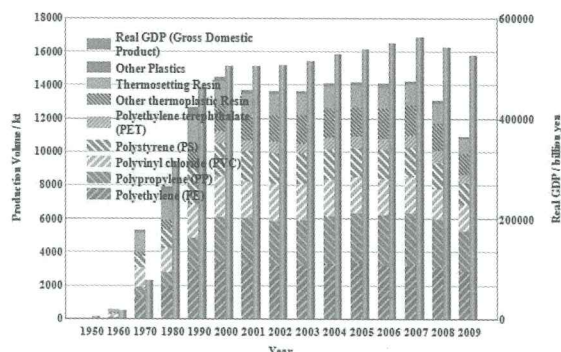


Fig. 1 Annual Plastics Production and Real GDP in Japan.

Fig. 1で、日本国内でのプラスチックの生産量の年次推移を棒グラフ、実質GDP（国内総生産）を右に添えた棒グラフで示した。プラスチックの生産量と実質GDPとの間に、極めて良い比例関係が見られる。1960年あたりからの高度成長、1990年のバブル崩壊からの「失われた20年」と言われる日本経済の停滞、2008年09月に米国の投資銀行リーマン・ブラザーズが破綻し、これが世界的な金融危機の引き金となったリーマン・ショック（Lehman Shock）を、プラスチックの生産量と実質GDPが見事に表している。社会地球化学²⁾的に

1 舞鶴工業高等専門学校 自然科学部門 准教授

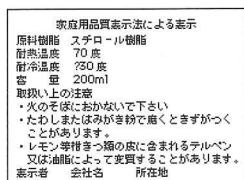
見れば、プラスチックは、現代文明を支えている基幹物質であり、プラスチックの物質移動と経済価値の移動という人間活動が連関している。

プラスチックは、軽量，加工性，着色性，経済性に優れているため，現代社会のほぼあらゆる場所で使われている。安定で変化しにくく，ポリエチレンを分解する納豆菌のような数例を除くと，プラスチックを分解する微生物がほとんど存在しない。

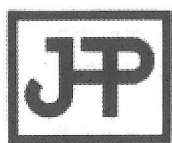
経済活動としての物質移動の一応の最終段階が廃棄物である。プラスチックは，安定という使用時には長所だった性質が，逆に廃棄物となった場合は短所となる。プラスチック廃棄物は，埋立地ではよく目立ち，比重が小さいため，廃棄物の中における容積占有率が高く，処理場・埋立地不足を加速する元凶と見做される。また，自然環境に散逸したプラスチックは，回収することが非常に困難で，海洋投棄されたプラスチックは，海流に乗って漂い続け，水鳥の足に絡みついたり，ウミガメなど海生生物の腹内に入り，野生動物の命を脅かしている。木や木綿と同じように，微生物の働きによって分解する生分解性プラスチックが開発されているが，強度や信頼性の問題，再利用（リユース），再生（リサイクル）が困難という欠点をもっている。

プラスチック製品についている表示³⁾

廃棄物として回収，再利用（リユース），再生（リサイクル）などを目的として，各種の表示が，プラスチック製品に付けられている。



① 家庭用品品質表示法 ② JIS (日本工業規格)



③ JHP (塩ビ食品衛生協議会) ④ JHOPA (ポリオレフィン等衛生協議会)



⑤ 1) 衛検済 2) 品検済 3) 電子レンジ容器

検済 (日本プラスチック日用品工業組合)



⑥ 灯油かん推奨認定 (日本ポリエチレンブロー製品工業会・灯油かん部会) ⑦ 食品衛生法，電気用品取締法 ST (Safety Toy) (日本玩具協会)



⑧ PET ボトル (飲料・しょうゆ・酒類用) (PET ボトル協議会) ⑨ 資源有効利用促進法 (プラスチック容器包装リサイクル協議会)



⑩ 1) 生分解性プラスチック 2) バイオマスプラスチック (日本バイオプラスチック協会)

Fig. 2 The Marks on Plastics Products in Japan.

Fig. 2 の⑧は，アメリカのプラスチック産業協会 (Society of the Plastics Industry, SPI) が実施主体となり，リサイクル関係者の樹脂分別を助けるために，1988 年 07 月から PET ボトルにマークを付け始め，1989 年に 1～7 までの樹脂番号を制定したプラスチック製容器の材質表示制度を流用したもので，日本プラスチック工業連盟⁴⁾がプラスチックの容器の材質表示及びリサイクルを促進するため，この米国 SPI コードに準じ，1～7 までの表示を行っている。また，PET ボトルリサイクル推進協議会⁵⁾も同様に SPI コードを 500mL 以上のペットボトル容器すべてに付けている。ドイツでも SPI に準じた 2 桁表示を行っている。

日本では，Fig. 2 の⑨のように，容器包装リサイクル法で定められた容器包装識別マーク⁶⁾が付けられるようになった。分別収集のときにわかりやすい表示として設けられ，平成 15 (2003) 年 04 月以降は義務化されている。容器包装リサイクル法の正式名称は「容器包装に係わる分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」で，ビン，缶を含めたあらゆる容器や包装の廃棄物を，市町村が分別収集し，包装材の製造者，使用者等の事業者が再生利用することを義務付けた法律であり，小規模事業者には，

義務不履行に対する罰則等は適用されない。表示は、印刷の場合は高さ6 mm以上、刻印・エンボスの場合は高さ8 mm以上で使用するように定められ、表示範囲や容器包装の大きさ等に対応して相似形で運用される。複合素材の場合は、主たる材質に下線を付ける。また、容器包装識別マークとSPIマークを併記することは、消費者が混乱する可能性があり望ましくないとしている。

プラスチックの用途

次いで、現代社会でのプラスチックの用途をまとめてみた。

(1) ポリエチレン (PE ; Polyethylene)

ポリエチレンは蠟の仲間で、蠟のように燃え、炎から出すとポタポタと垂れ、炎を吹き消すと蠟の臭いがする。それは、熱で分子が切断されると蠟燭の原料のパラフィンと同じ、炭素数が20前後の炭化水素ができるためである。

低密度ポリエチレン (LDPE ; Low Density Polyethylene) (高圧法) : 耐熱温度 70 ~ 90 °C. 食品包装ラップ, ショッピングバッグ袋, ロープ, ネット類, マヨネーズ, ケチャップのスクイズボトルや容器の蓋, 瓶のキャップ, 紙と張り合わせたポリエチレン加工紙として, 牛乳, ジュースなどの容器フィルム

高密度ポリエチレン (HDPE ; High Density Polyethylene) (中低圧法) : 耐熱温度 90 ~ 100 °C. スーパーの買い物袋, おしぼりの袋, ポリバケツ, ゴミ容器, 硬いフィルム, パイプ, 水道管, 灯油缶, 洗剤やシャンプー容器, 試薬瓶, いわゆるビニール袋 (白, 黒), ビールコンテナ, 農業用シート

直鎖状低密度ポリエチレン (LLDPE ; Linear Low Density Polyethylene) : 用途はLDPEと重複する分野が多いが, フィルム厚さはLDPEより薄くても良い。食品包装フィルム, 農業用フィルム, 米袋, 肥料袋

(2) ポリプロピレン (PP)

ポリエチレンに比べ, 耐熱温度が高い (100 ~ 140 °C). 米菓, ラーメン, レトルト食品の包装。マーガリンの容器, 弁当箱, 食用油, ケチャップのボトル, 米麦袋, ティーバック食品保存容器, ポリプロピレンフィルムにアルミニウムを蒸着させて, ゼリー等の水物包装容器, ストロー, 洗面器, ランチボックス, 文具, カセットテープケース, コップ, 卵ケース, パッキング材, テレビ, ビデオ等の家庭用電気製品, バンパー等の自動車用部品, ビールのコンテナ, 荷造り用バンド, 蝶番のない蓋と本体が一体になった箱

(3) ポリスチレン (PS ; Polystyrene) 耐熱温度 70 ~ 90 °C.

汎用ポリスチレン (GPPS ; General Purpose Polystyrene) : 包装フィルム, トレー, コップ, 調味料入れ, 食品包装材料 (容器, トレー, カップ) 魚, 肉, 野菜のトレー, カップ麺の容器, 弁当などの折箱, 野菜, 果物, 魚を運ぶコンテナ

耐衝撃性ポリスチレン (HIPS ; High Impact Polystyrene) : GPPSにゴム成分を加え乳白色。VTRのカセット, 家電製品 (TVの筐体, エアコン外装, CDケース), OA機器 (複写機外装, プリンター外装), 玩具, プラモデル, 日用品, 乳酸菌飲料容器のほとんど, トレー, 使い捨てコップ

(4) ポリ塩化ビニル (PVC ; Polyvinyl Chloride) 耐熱温度 60 ~ 80 °C.

硬質 : 水道管・配水管, レコード盤, 定規, 苺・卵のパックケース

軟質 : テーブルクロス, 壁紙, 床タイル, ホース, 人形, 鞆, サンドル, ビニールハウス用のフィルム, 肉や魚をラップしているフィルム, 電線被覆, 工業用ビニールシート, 血液バッグ

(5) ポリ塩化ビニリデン (PDVC ; Polyvinylidene Chloride) 耐熱温度 130 ~ 150 °C.

食品ラップフィルム, ケーシング用フィルム, コーティング材, 人工芝, 防虫ネット

(6) ポリエチレンテレフタレート (PET ; Polyethylene Terephthalate)

磁気テープ, 写真フィルム, OHPシート, 醤油・ソース・食用油・清酒・ビールの容器, 台所用液体洗剤, シャンプー, 化粧品, PETボトル (清涼飲料水, 酸飲料, ジュース, ウーロン茶, コーヒー, スポーツ飲料), カセットテープ, フロッピーディスク

(7) ポリブチレンテレフタレート (PBT ; Polybutylene Terephthalate)

電気・電子機器部品, 自動車部品, 精密機械部品, 餅つき機部品, 両推計部品, 濾過器部品, 食品用コンテナ, 歯ブラシの毛先, 漬物の袋

(8) ポリアリルスルホン (PASF ; Polyaryl Sulfone)

琥珀色の透明な非結晶性樹脂。耐熱性, 耐熱水性, 耐スチーム性, 耐酸性, 耐アルカリ性, 寸法安定性などに優れたプラスチック。

(9) 非晶ポリアリレート (PAR ; Polyarylate)

電気用品, 機械部品, 自動車用品

(10) ヒドロキシ安息香酸ポリエステル (HBP ; Hydroxybenzoate Polyester)

リレー, ボビン, コネクターなどの小型電子部品, 電子レンジ, オープンレンジ容器

(11) ポリエーテルイミド (PEI ; Polyether Imide)
調理用耐熱容器, 電気, 電子部品, 航空機部品

(12) ポリシクロヘキシレンジメチレンテレフタレート (PCT ; Polycyclohexylenemethylene Terephthalate)
医療器具, 電子機器製品, 冷凍調理食品, ベーカー製品, 機内食サービス

(13) ポリエチレンナフタレート (PEN ; Polyethylene Naphthalate)
磁気テープ, 機内食用ジャム容器, ゼリー容器

(14) ポリエステルカーボネート (PPC ; Polyester Carbonate)
自動車のヘッドランプ, リフレクター

(15) ポリアセタール (POM ; Polyoxymethylene)
自動車用品, OA 用品, 機械部品, アイスクリーム・フリーザーの羽根, 食器洗い機の部品, 洗瓶器フレーム, 飲料水のコック, ジャー, 魔法瓶の部品, 自動販売機部品

(16) ポリメチルペンテン (PMP ; Polymethyl Pentene)
血液分析用セル, プレフィルド注射器, 血液バック, 医療用コネクタ, 耐熱ラップ, 青果用鮮度保持包材, 電子レンジ食品, プリント基板用離型フィルム, PET 合成紙改質材, ゴムホース製造用シース, マンドレル

(17) ポリブテン-1 (PB - 1 ; Polybutene-1)
水・給水パイプ

(18) ポリカーボネート (PC ; Polycarbonate)
CD, 光ファイバー, 家電製品, カメラ, 携帯電話, OA 機器, 電子機器, 医療機器, 自動車などの部品, ゴーグル, ヘルメット, 安全眼鏡, ドームの屋根材やガラスに代わる窓材のような建築材料, 哺乳瓶, 水羊羹やカレールの容器, 弁当箱, ビールのジョッキ

(19) ポリビニルアルコール (PVA ; Polyvinyl Alcohol)
繊維製品の透明包装用フィルム, 農業用の保温材, 直掛けネット, 多層ブローボトル, 深絞りカップの中間層, マヨネーズ, ケチャップ, 味噌, サラダ油, 天ぷら油, チーズケーキ, ゼリー, ジャムに使用. ガス置換包装, 真空包装, 脱酸素剤入り包装 (鯉パック, 煮干し, 昆布, 蒲鉾, スライスハム, ソーセージ, 味噌, 液体スープ, 醤油, 漬物, お茶, コーヒーカステラ, 饅頭, ピーナッツ, 樟脳, パラ

ジクロロベンゼン, ケミカルカイロ)

(20) ナイロン (ポリアミド) (PA ; Polyamide)
ストッキング, インナーウェア, スポーツ衣料, 重量物・水物・真空包装品・インスタントラーメンの液体スープ用容器包装 (ポリオレフィンとラミネートしたナイロン, 共重合ナイロン), ハンバーグ等のボイル殺菌食品・レトルト食品の包装材料, 冷凍・冷蔵食品の包装材料, 自動車用のガソリントank・ラジエータータンク, 吸気部品等に使用されているほか, 電気・電子部品であるコネクタ, 電気開閉器 プレーカ, 電線被膜, 建設資材や椅子の脚, 歯ブラシ, スポーツ用品, 釣り糸, 傘の生地, キャスター, 容器の留め具

(21) 変性ポリフェニレンエーテル (m-PPE ; modified-Polyphenyleneether)
ポンプインペラー, 水道用バルブ, 家庭電気製品, 自動販売機の部品

(22) ポリアクリロニトリル (PAN ; polyacrylonitrile)
毛糸, 食品包装 (味噌カップ, 魚卵容器, 菓子容器, 精米容器, 茶, コーヒー容器), 医薬品 (ハブ剤や 風邪薬等のパウチ包装), 化粧品容器化学薬品包装, 電子部品搬送容器, 大型部品のキャリアーボックス, 部材保管ケース, 電子チップのキャリアーテープ

(23) フッ素樹脂 (FR ; Fluorocarbon plastics)
PTFE (ポリテトラフルオロエチレン ; Polytetrafluoroethylene), PFA (ペルフルオロアルコキシフッ素樹脂 ; Perfluoroalkoxyfluoro plastics), FEP (テトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体 ; Tetrafluoroethylene hexafluoropropylene copolymer, Fluorinated Ethylene Propylene Copolymer) : 半体製造装置, 自動車用途 (シール部品, 索導管, 電線, 情報機器 (携帯電話, プレナムケーブル等), 化学プラント (パッキン・ガスケット, ライニング等), 機械用途 (ピストンリング, 軸受け等), 家庭機器 (厨房器等)
ETFE (エチレン-テトラフルオロエチレン共重合体 ; Polyethylene-Tetrafluoroethylene), PCTFE (ポリクロトリフルオロエチレン ; Polychlorotrifluoroethylene), ECTFE (エチレン-クロトリフルオロエチレン共重合体), PVDF (ポリフッ化ビニリデン ; Polyvinylidene Difluoride) : 自動車料ホース化学プラント (ライニング, LNG シール, 電線用途 (耐熱電線, 通信電線, ロボット電線), 農業用シート, 薬防湿フィルム

(24) メタクリル樹脂 (PMMA ; Polymethyl Methacrylate)

温室ガラス, 水槽パネル, 眼鏡レンズ, アクリル板, 自動車テールランプカバー, 計器盤, 弱電機器カバー, 看板, 自動販売機前面カバーおよびカーポート屋根材, カバー, 光学式ビデオディスク盤の材料, レンズ材利用, プラスチック光ファイバー, サラダボール, シュガーポット, 食品売り場間仕切り, 電子レンジ用窓

(25) ポリメタクリルスチレン (MS ; Polystyrene Methacrylate)

メタクリル酸メチルとスチレンの共重合体. 調理加工済みの油性食品・酸性食品・アルコール性食品包装材, 塩入れ, コップ, 酒の容器

(26) エチレン・テトラシクロドデセン・コポリマー (E / TD ; Ethylene-Tetracyclododecene copolymer)

食品包装用フィルム, ボトル

(27) アクリロニトリル・スチレン樹脂 (AS 樹脂 ; Acrylonitrile-Styrene Resin)

スチレン-アクリロニリル共重合体. 冷蔵庫低温ケース, 肉皿, ウォータークーラー部品, ジューサー・コーヒーメーカー部品, 日用雑貨類

(28) アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂 (ABS 樹脂 ; Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Resin)

スチレン-アクリロニリル-ブタジエン共重合体. 歯ブラシの柄, ヘアブラシの柄, パソコンの外枠, 箸箱, 扇風機, ヘアドライヤー, ジューサーミキサー, コーヒーミル, コーヒーメーカー等の部品, 電気 冷蔵庫, 電子レンジの部品, ポット, ジャー, 浄水器, 米櫃計量機, 漆器

(29) ポリウレタン (PU ; Polyurethane)

断熱材, マットレス, ソファのスポンジ, 梱包材, シューズの底

(30) エポキシ樹脂 (EF ; Epoxy Resin)

ギターピック, テニスラケットフレーム

(31) フェノール樹脂 (PF ; Phenol Resin)

電気器具の絶縁部分, 厨房器具 (盆, 皿, 椀, 箸), プラスチックの灰皿

(32) 尿素樹脂 (UF ; Urea Formaldehyde Resin)

硬い食器類, 洋傘の柄, 接着剤, 雑貨類

(33) メラミン樹脂 (MF ; Melamine Resin)

食器, 電気器具, 耐水塗料, 接着剤, ボタン, 紙・繊維の処理剤

(34) ブタジエン樹脂 (BDR ; Butadiene Resin)

自動車・弱電部品, 履物, スポーツ用品, 玩具, 食品用チューブ, ラップフィルム, 青果物包装フィルムスポンジ, 組板, 印刷版, 高硬度ゴム材料, 蕎麦・椎茸の包装, ブロッコリー・胡瓜・筍などの包装

(35) スチレン-ブタジエンゴム (SBR ; Styrene-Butadiene Rubber)

自動車のタイヤ, ガスホース, 振動ゴム, 風船, ゴム栓, パッキング, スーパーボール, ピペット, 履き物, 工業用ベルト

これらのうち, 工業的材料として使用するため, 主に耐熱性を強化してある熱可塑性樹脂をエンジニアリングプラスチック (Engineering Plastics, エンプラ)⁷⁾と呼び, ポリアセタール (POM), ポリアミド (PA), ポリカーボネート (PC), 変性ポリフェニレンエーテル (m-PPE), ポリブチレンテレフタレート (PBT) が5大汎用エンジニアリングプラスチック (5大エンプラ) である. その他にもガラス繊維強化ポリエチレンテレフタレート (GF-PET ; Glass Fiber reinforced Polyethylene Terephthalate), 超高分子量ポリエチレン (UHPE ; Ultra High Molecular Weight Polyethylene), シンジオタクティックポリスチレン (SPS ; Syndiotactic Polystyrene) などがある.

また, 耐熱温度は150℃以上で長期間使用できる性質が強いとか溶剤に対して高い耐性を示す, 非晶ポリアリレート (PAR), ポリスルホン (PSF), ポリエーテルスルホン (PES), ポリフェニレンスルファイド (PPS), ポリエーテルエーテルケトン (PEEK), ポリイミド (PI), ポリエーテルイミド (PEI), フッ素樹脂 (FR), 液晶ポリマー (LCP) などをスーパーエンジニアリングプラスチック (Super Engineering Plastics, スーパーエンプラ) と呼ぶ.

食品用ラップフィルムの素材

10年前前から取り入れているバイルシュタイン法の学生実験のため, 食品用ラップフィルムの素材を調べてきた. いわゆる「ダイオキシン」騒動のため, 明らかに食品用ラップフィルムとして, 耐熱温度や気体透過性, 粘着性に劣るポリエチレンの商品の種類が多かったものが現在では激減し, 塩素原子を含むポリ塩化ビニルやポリ塩化ビニリデンの商品の種類が増大した. また, 塩素原子を含まないプラスチックでも複合素材の種類が増えている.

(1) ポリエチレン (PE)

経済性は高い. 冷蔵冷凍庫との適合性は良い. 粘着性と気体透過性は良くない.

ヒタチラップ MONO (日立化成フィルテック), ポリラップ (宇部フィルム), ハイラップ

PO (三井化学ファブロ), フォーレッシュ (リケンテクノス), ワンラップ HG (日本紙パック), サランプレミアムラップ (ダウケミカル), NEW ローズラップ (シーアイ化成), クリーンラップ (三菱アルミニウム), オカモトラップ環境思いエコノミー (オカモト), ネオラップ (スマイル) 無添加ポリエチレンラップ (ダイエー), トップバリュ食品保存ラップ (イオン)

(2) ポリエチレン (PE) + ポリプロピレン (PP)
ポリエチレンより気密性があり (良く密着する), 電子レンジに適する。

ビューラップ 5 (日立化成フィルテック), NEW 耐熱ラップ (宇部フィルム), 耐熱ハイラップ PO (三井化学ファブロ), 耐熱ワンラップ (日本紙パック), スーパーラップ環境思い, オカモトラップ環境思いハイフィット (オカモト), レンジに強い食品ラップ (日本流通産業), トップバリュ食品保存ラップ (イオン)

(3) ポリメチルペンテン (PMP)

耐熱温度が 180℃ と高く, 溶けにくく食品への移行が少ない。酸素透過性に優れ, 野菜の鮮度保存性が高い。

フォーラップ (リケンテクノス), 電子レンジにも強いラップ (日本生活協同組合連合会, リケンテクノス OEM)

(4) ポリエチレン (PE) + ナイロン (PA)

つきやすく, はがしやすい。

リードラップ (ライオン), ダイアラップ PO-S, ダイアラップ エコぴたっ! (三菱樹脂), トップバリュ電子レンジ対応ラップ (イオン)

(5) ポリ塩化ビニル (PVC)

粘着性と適度な気体透過性が優れている。電子レンジの適性も良い。機能性と経済性で業務用として飲食店で主に使われている。

ヒタチラップ, 抗菌ヒタチラップ (日立化成フィルテック), ダイアラップ, ダイヤラップ handy (三菱樹脂), ハイラップ S, 抗菌ハイラップ S (三井化学ファブロ) ポリマラップ (信越ポリマー), リケンラップ (リケンテクノス), ハイエスソフト (日本カーバイド工業), デンカラップ (デンカポリマー), スーパーラップ, オカモトラップ, オカモトラップ抗菌, オカモトラップグッドラップ (オカモト)

(6) ポリ塩化ビニリデン (PVDC)

バリア性が優れている。(水蒸気や酸素を透過させにくい)。ニオイが他の食品に移行しにくい。

電子レンジに適している。歴史が古く知名度が高く, 圧倒的なシェア。サランはポリ塩化ビニリデン樹脂のダウケミカル社の商品名, 防虫網にも使用。

サランラップ (旭化成ケミカルズ), NEW クレラップ (呉羽化学)

「ダイオキシン」

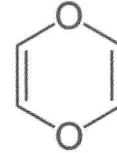


Fig. 3 Structural Formula of 1,4-Dioxin.

ジオキシン (dioxin) とは, 酸素 2 個を含む 6 員環の複素環式化合物のうち, 二重結合を 2 個もつ化合物である。1, 4-ジオキシン構造は芳香環と縮合した形で安定化される。2 個のベンゼン環が縮合したジベンゾジオキシン (dibenzodioxin) 構造に塩素が置換した化合物を日本では「ダイオキシン」と称している。「ダイオキシン」は, ジオキシンの英語読みであって, 英語では「ダイオキシン」とジオキシンはまったく同じ語で, 「ダイオキシン類 (dioxins)」も単なる複数形に過ぎず, 化学物質名としては不適當である。

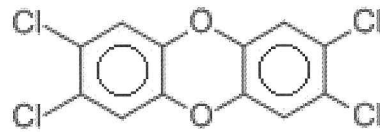


Fig. 4 Structural Formula of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo [b,e] [1,4] dioxin (2,3,7,8-TCDD).

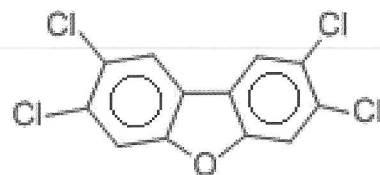


Fig. 5 Structural Formula of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo [b,d] furan (2,3,7,8-TCDF).

「ダイオキシン」には, ポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン (PCDD) (Fig. 4) とポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) (Fig. 5) があり, このうち, 2,3,7,8 の位置に塩素が付いた四塩素化合物 (2,3,7,8-TCDD) は最も毒性が高いことが知られている。「ダイオキシン」の毒性はその構造と密接な関係がある。塩素置換がないか全部塩素で置換したジベンゾ-p-ジオキシンの毒性は極めて弱く, 同じ四塩素化合物でも 1,3,6,8 位に置換したものは毒性が弱いことが知られている。ジベンゾ-p-ジオキシンに

外でも Fig. 5 のように 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾフラン, 2,3,7,8-テトラクロロビフェニレン, 3,4,3',4'-テトラクロロアゾベンゼン, 3,4,5,3',4',5'-ヘキサクロロビフェニルなどが同様な毒性を示す。このことから「ダイオキシン」の毒性は、ある一定の位置にハロゲン置換基を持つ一定サイズの平面型分子に特有のものと考えられている。

「ダイオキシン」は、燃焼や化学物質製造の過程などで非意図的に生成され、燃焼排ガスや化学物質の不純物として環境に排出される。「ダイオキシン」の毒性は一般毒性、発癌性、生殖毒性、免疫毒性など多岐にわたると言われ、ベトナム戦争における枯葉剤、1976年07月10日に発生したセベソ事故 (ICMESA 社の化学工場の爆発で一般市民が 2,3,7,8-TCDD を推定 30kg ~ 130kg 被曝) など、WHO (World Health Organization, 世界保健機関)、環境庁 (当時)、マスコミによって、「ダイオキシン」が「史上最強の猛毒」と誇張された。

日本において、「ダイオキシン」による環境汚染がにわかに社会問題化したのは、1983 (昭和 58) 年。都市ごみ焼却施設のフライアッシュから「ダイオキシン」が検出されたとの報道を契機としたもので、社会的注目を集めた。1995 (平成 07) 年頃には、マスコミにより本格的に煽動され、1997 (平成 09) 年秋には、学校関連のごみ焼却炉は文部省 (当時) 通達で使用禁止・廃止された。ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリ塩化ビニリデン (PDVC) などの塩素系プラスチックが「ダイオキシン」の主要発生源と考えられ、社会問題化し不買運動など集団ヒステリー状態となった。塩ビ業界は社会的に指弾され、落ち葉を焚き火で燃やすことすらできなくなった。

1997 (平成 09) 年の能勢町の焼却炉 (豊能郡美化センター)、1999 (平成 11) 年のテレビ朝日による所沢の「ダイオキシン」騒動など、マスコミは煽り続け、野党 (当時公明党・民主党・社民党) 議員の働きかけで、与野党国会議員 200 余名からなる超党派の議員連盟が設立され、同年 07 月には「ダイオキシン類対策特別措置法」が制定された。

「ダイオキシン」は、塩素系プラスチックや食塩が含まれる食品・調味料が塩素源となり、燃焼温度が低い (約 800 °C 以下) 時に不完全燃焼時に発生するススや多環芳香族化合物と反応して生成すると言われる。対処法として焼却炉の性能向上による不完全燃焼率の軽減のため、800 °C 以上の高温焼却炉が必要となり、施設建設で多大な税金などが費やされた。

ところが、「ダイオキシン」の毒性については以前より疑問が呈せられており⁹⁾、WHO のデータは、「ダイオキシン」に対して感受性の強いモルモットの実験データを意図的にヒトに当てはめたものであり、少なくともヒトに対しての急性の発癌性は大きくないことが指摘されている¹⁰⁾。「ダイオ

キシン」は、3 億年前から存在する天然物で、山火事でも発生し、塩素系プラスチック主犯説も誤りで、「ダイオキシン」の源は過去に使われた未分解の農薬であり、焼却炉対策は無意味とされる¹¹⁾。これに対して、WHO や環境省は、カネミ油症事件などで極めて有毒なコプラナー PCB までを「ダイオキシン類」として一括りにした。

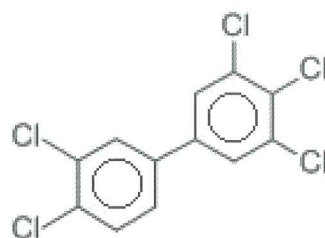


Fig. 6 Structural Formula of
2,3',4,4',5'-Pentachloro[1,1'-biphenyl]
(PCB-123).

PCB を「ダイオキシン類」に括り込めば、毒性が強くないとは言えない。しかし、これは詭弁的偽装であり、科学的議論とは言えない。また、「ダイオキシン」の毒性批判に対する批判もあるが、科学的知識に基づいてない¹²⁾。

「ダイオキシン」の猛毒性を信じて、セベソ事件などで、胎児を中絶したり、自殺した人がおり、「『ダイオキシン』で死んだ人はいないが、殺された人は多い。」と言われることや中小の焼却炉メーカーが商品が売れなくなり、倒産に追い込まれたこと、事業所や学校などに焼却炉がなくなり、情報が流出しやすくなったことを忘れてはならない。

環境問題には、「ダイオキシン」に高温焼却炉や GC/MS などの測定機器など、いわゆる「環境利権」と呼ばれる利権が付きまとう^{13) 14) 15)}。これは、日一欧一米間、先進国と開発途上国の国益が交錯している地球温暖化問題では、2009年11月17日、IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する政府間パネル) のデータが捏造であることが発覚したクライムゲート事件¹⁶⁾に見られるようにあからさまである。しかし、日本ではマスコミが恣意的としか思えないが、ほとんど報道をしていない。

方法

舞鶴工業高等専門学校は、化学の専門学科をもたない、非化学系の高専であり、生物・地学という選択科目を導入しているため、高校課程相当の化学教育の時間は、1年と2年の各2単位の計4単位である。現行の高校での理科総合 A (2単位) の半分を化学とみなし、化学 I、化学 II の2単位ずつを足した計7単位に比して著しく少ない。予算も常勤教員が1人のため、数学の常勤教員1人分と同じであり、普通高校でも定員がある実験助手も存在しな

い。ここで、高校どころか、大学2年程度の化学知識を教育しなくてはならない。

化学実験として、分別収集の際に一般市民にも呼びかけている地方公共団体もある、プラスチック中の塩素原子の検出法である下記のバイルシュタイン法を用いた。実験後、2年2組の41名に対して、Table 1のアンケート(enquête)を行った。用いたプラスチックはゴミ箱から拾ったり、廃棄予定のゴミを使用し、銅線もゴミ箱から拾ってきたものであり、ガスバーナーのガス代以外経費は掛かっていない。

バイルシュタイン法

バイルシュタイン(Friendrich Konrad Beilstein)はロシアの有機化学者で、「Handbuch der Organischen Chemie」はバイルシュタインのハンドブックとして有名。バイルシュタイン法はバイルシュタインによって提案されたハロゲン検出法で、銅線を一度強熱して表面に酸化銅(II)の被膜をつくり、これにハロゲンを含む試料を付けて再びベンゼンバーナーの下部の酸化炭で熱すると、青～青緑色の炎の色が現れる。白金線上に酸化銅(II)末をのせて行うエミツヒ法より簡単。チオ尿素、キノリノール、ピリジン誘導体誘導体なども炎色反応を起こす。フッ素を含む化合物は炎色反応を起こさない。

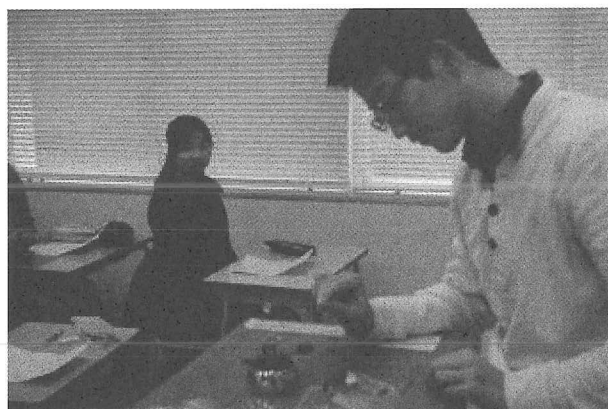


Fig. 7 Students Making Beilstein Test.

Table 1 Questionnaire about a Experiment of Plastics.

プラスチックの実験についての質問調査
2年組 番氏名()

下の数直線の数字に○を付けてください。また、記述式の場合は[]の中に入れてください。この調査や写真は教育や研究の用途に使用します。正しく記入してください。

【質問1】今まで、化学実験をしたことがありますか。
全くない(1)、少しはある(2)、普通(3)、多い(4)、頻繁(5)

【質問2】【質問1】で2～5に○を付けた人に質問します。1に○を付けた人は【質問3】へ。

その中で最も印象に残った実験を記入してください。

()

【質問3】今日の実験を以前に知っていましたか。

全く知らない(1)、少しは知っていた(2)、普通(3)、かなり知っていた(4)、非常によく知っていた(5)

【質問4】【質問3】で2～5に○を付けた人に質問します。1に○を付けた人は【質問5】へ。

どこで経験あるいは知識を得ましたか、記入してください。

()

【質問5】今日の実験で、プラスチックに興味が出てきましたか。

全く興味がない(1)、少しは興味がある(2)、普通(3)、かなり興味がある(4)、非常に興味がある(5)

【質問6】プラスチックとは、あなたにとってどういうものですか。例えば、技術者として、生活者としてとか、環境や文明について・・・

()

【質問7】今日の実験について、感想を記入してください。

()

Graded on 5steps	1	2	3	4	5
Q1	12	20	8	1	0
Q2	Flame Reaction, Combustion, Explosive Reaction, Acid-Base reaction, Oxidation-reduction Reaction, Electrolysis, Formation of Hydrogen.				
Q3	31	8	0	0	0
Q4	Science in Elementary School or Junior High School.				
Q5	0	6	21	10	3
Q6	Indispensable, Light, Deformable, Convenient, Useful, Valuable, Familiar, Important, easily worked, Damaged to Environment.				
Q7	Interesting, Beautiful, Useful, Amazing, Fun, Be impressed, Well Understandable.				

結果と考察

Table 1 の Q1 の結果から、現行の小中学校の課程では、ほとんど化学実験を経験しないで、高専に入学している者が多いことがわかった。また、Q2 のように、その少数の者が行ったことのある実験は、燃焼反応や酸-塩基反応、酸化-還元反応、電気分解など教科書に取り上げられている一般的な化学実験だった。

Q3の結果から、バイルシュタイン法の実験を知らない者が大半で、Q4のように、限られた者が小中学校の理科で行っている。現行の学習指導要領「ゆとりの教育」の功罪として取り上げられるように、小中学校間での格差が大きいことがわかった。

Q5のデータは、バイルシュタイン法の実験により、記憶だけで退屈な高分子化合物の学習において、意欲を刺激していることを示していた。また、Q6は、必要不可欠で、加工しやすい、便利、軽い、使いやすい、身近で、重要だという、プラスチックの利点を的確に捉えていることを示した。また、ゴミとなって、環境に影響を与えているので、ゴミを減らす(リデュース)べき、原料という利用(リサイクル)すべき、もっと大事に使って再使用(リユース)していくべきという建設的な意見が見られた。

最後の Q7 で、今回の実験の感想を問うたが、特に銅の炎色反応の緑色が鮮烈に記憶に残ったようで、興味深い、美しい、面白い、役に立つ、驚いた、印象深い、よく理解できたという回答で、学生実験として、極めて効果的であったと言える。

結論

化学を教育した永年の経験から、プラスチックの学習は、事項の記憶に終始する退屈な単元であると感じているが、今回のように身近にあるプラスチックの扱い方1つで、理解が深まり、学習意欲を喚起することができることがわかった。

高等専門学校では、文部科学省の高校用の検定教科書を使う義務はない。各高専ごとに独自のカリキュラムを設定することができる。しかし、比較的安価なこと、色刷りで視覚に訴えることができること、問題集・参考書・補助教材に高校用のものが活用できること、入学試験や編入試験で不利を被らないなどと学生の便宜を考え、検定教科書を使用している。今回、学習指導要領の変遷を調べた。当然のことながら、文部省の高等学校化学の学習指導要領全てで高学年において、プラスチックの単元が導入されている¹⁷⁾。

現行の学習指導要領はいわゆる「ゆとりの教育」と呼ばれている。ところが、OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development, 経済協力開発機構) が 2000 年から 3 年毎に実施している国際的な学習到達度調査 (PISA, The Programme for International Student Assessment), 及び国際教育到

達度評価学会 (IEA, International Association for the

Table 2 Changes of the government course guidelines.

enactment	subject (credit)	compulsory
Showa 38 (1963)	<u>Kagaku A (3)</u> <u>Kagaku B (4)</u>	4 subjects (Butsuri A (3);B (5), Kagaku A;B, Seibutsu (4) Chigaku (2))
Showa 48 (1973)	<u>Kageku I (3)</u> <u>Kagaku II (3)</u> Kisorika (6)	I: 2 subjects or Kisorika
Showa 57 (1982)	<u>Rika I (4)</u> Rika II (2) <u>Kagaku (4)</u>	only Rika I
Heisei 06 (1994)	<u>Kagaku IA (2)</u> <u>Kagaku IB (4)</u> <u>Kagaku II (2)</u> Sogorika (4)	2 portions and 2 subjects from 5 portions (Sogorika, Butsuri IA (2);IB (4);II (2), Kagaku, Seibutsu IA (2);IB (4);II (2), Chigaku IA (2);IB (4);II (2))
Heisei 15 (2003)	<u>Rikasogo A (2)</u> <u>Kageku I (3)</u> <u>Kagaku II (3)</u> Rikakiso (2)	2 subjects including Rikakiso or Rikasogo A, B (2)
Heisei 24 (2012)	<u>Kagakukiso (2)</u> <u>Kagaku (4)</u> Kagaku to Seikatsu (2)	Kiso: 3 subjects or 2 subjects including Kagaku to Seikatsu

Underlined portions indicate curriculum of science and technology course.

Evaluation of Educational Achievement) が実施している国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS, Trends in International Mathematics and Science Study) の結果は日本にとって厳しいものであり、長期低下傾向が認められ、学習意欲や学習習慣に問題が多いことが明らかになった。この順位は国家の順位を示すものであり、特に科学立国を標榜する日本の、算数・数学、理科の学力低下と理科離れは致命的である。¹⁸⁾

このいわゆる PISA/TIMSS ショックにより、「ゆとりの教育」の見直しが、教育課程審議会答申に盛り込まれ、昨今の学習指導要領の手直しが前倒しで実施された¹⁹⁾。さらに平成 24 (2012) 年 (高校課程) から、大規模な改訂が控えている¹⁹⁾。中学校課

程では、批判の大きかった「原子の成り立ちとイオン」などの単元が復活し、これに新たに「代表的なプラスチックの性質」という単元が加わり、中学1年からプラスチックの教育がなされるようになり²⁰⁾。プラスチックの教育の重要性が再認識されている。技術者養成を目的としている高専では、プラスチックを材料として向き合う必要性があり、より高度な教育が必要となる。

検定教科書は、専門家が執筆し、教科書会社、著者、教科用図書検定調査審議会において、専門的・学術的な調査審議が行われ、審議会の委員、臨時委員、専門委員及び教科書調査官の調査が行われている²¹⁾。ところが、私が今まで講義で使ってきた検定教科書7社のうち、2社の十数ヶ所の誤りを指摘し、そのうちの大半を訂正してもらった。教科書出版社によると、全国で数多くの高校または高専など教育機関が使用しているにも関わらず、指摘がそれまでなかったというのは、科学立国を標榜する日本の教育機関として、いささか心許ない。

また、「容器包装識別マークと SPI マークを併記することによって消費者が混乱する可能性があり望ましくない。」と経済産業省が公表しているにも関わらず、教科書にアメリカのプラスチック産業協会 (SPI) のマークを日本式の表記とは異なるアメリカ式の表記を検定教科書に載せている。これについて、「間違っていない。」という著者からの返答を戴いた。「間違っていない。」とも言えなくもないが、例えば、日本のペットボトルには、「1」を取り巻く三角の SPI マークの下に「PET」と表記している。これをアメリカ式に「PETE」と書いた検定教科書を使うの適当だと言えるのだろうか。

また、検定教科書では、リサイクルを「プロダクトリサイクル」、「マテリアルリサイクル」、そして、プラスチックを燃焼して処理することを「サーマルリサイクル」と称しているが、これは、和製英語であり、欧米ではサーマルリカバリー (Thermal Recovery) と呼ぶ。燃やして、水と二酸化炭素などに分解してしまうことがリサイクルとは、完全な詭弁である。日本におけるリサイクル神話の現れであり、改善を要する。

他にも批判は多々あるが、次期の学習指導要領では、化学を「化学基礎」と「化学」に2単位と4単位と非対称に分割している。これは、実に使いづらい。かといって高専向けと出版されている非検定教科書の内容にも満足できるものではない。

環境に対する人間活動の最前線の工業に従事する技術者を養成する高等専門学校が使う教科書で詭弁や偽装の言葉遊びを行ってはならない。日本は、科学立国でありながら非科学的、マスコミは真の報道をしないか科学的判断能力がない。この日本で自らの頭で考える技術者を養成するためには、独自の新しい教材を開発しなくてはならないのではないか。

参考文献：

- 1) 経済産業省、塩ビ工業・環境協会
<http://www.vec.gr.jp/>, 日本プラスチック工業連盟
<http://www.jpif.gr.jp/>, 2010.
- 2) 半谷高久, 安部喜也: 社会地球化学 人間社会と自然の新しい見方, 紀伊国屋書店, 1981.
- 3) ポリオレフィン等衛生協議会
<http://www.jhospa.gr.jp/index.html>, 2010.
- 4) 日本プラスチック工業連盟, 2010.
- 5) PET ボトルリサイクル推進協議会,
<http://www.petbottle-rec.gr.jp/top.html>, 2010.
- 6) 経済産業省: 資源有効利用促進法,
http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/la/w/02/index06.html, 2004.
- 7) 井上俊英他: エンジニアリングプラスチック, 共立出版, 2004.
- 8) 大井秀三郎, 広田愷: プラスチック活用ノート, 工業調査会, 1998.
- 9) Henry C. Pitot:: The Molecular Biology of Carcinogenesis, Cancer Supplement, Vol.72, No.3, pp962-970, 1993.
- 10) 遠山千春: ダイオキシンは本当に史上最強の毒物か?, 日本薬学会 HOT NEWS,
http://www.pharm.or.jp/hotnews/archives/1999/10/post_118.html, 1999.
- 11) 渡辺正, 林俊郎: ダイオキシン—神話の終焉, 日本評論社, 1993.
- 12) 川名英之: 実は危険なダイオキシン—『神話の終焉』の虚構を衝く, 緑風出版, 2007.
- 13) 武田邦彦: 環境問題はなぜウソがまかり通るのか, 洋泉社, 2007.
- 14) 武田邦彦: 環境問題はなぜウソがまかり通るのか 2, 洋泉社, 2007.
- 15) 武田邦彦: 環境問題はなぜウソがまかり通るのか 3, 洋泉社, 2008.
- 16) 池田信夫: 「クライメートゲート」事件が壊すマスメディアの情報独占,
<http://ascii.jp/elem/000/000/481/481355/>, 2009.
- 17) 文部科学省: 高等学校学習指導要領解説, 2010. 教育情報ナショナルセンター: 過去の学習指導要領, <http://www.nicer.go.jp/guideline/old/>, 2010.
- 18) 村山航: PISA・TIMSSの結果 概要,
<http://www.p.u-tokyo.ac.jp/coe/sympopaper/murayama2004national.pdf>, 2004.
- 19) 実教出版: じっきょう理科資料, No.66, 実教出版, 2009.
- 20) 東京書籍: ニューサポート高校理科, vol.14, 東京書籍, 2010.
- 21) 文部科学省: 教科書検定の方法,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/gaiyou/04060901/004.htm, 2010.
- 22) 文部科学省: 高等学校用教科書目録,
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2010/05/17/1293922_1_1.pdf, 2010.

(2011. 01. 07受付)

CHEMICAL EDUCATION ABOUT HIGH MOLECULAR COMPOUND
THROUGH BEILSTEIN TEST USING WASTES.

MIYAZAKI Shoji

Abstract : It can be said that the present age is the plastics age using in every corner of life and industry. Various marks are put on plastics products, and various plastics are used for diverse usages. I looked up the material of the cling films for food. Moreover, the toxicity to human of "Dioxin" in the environment is a little. Students made the Beilstein test, which was the detection method of the chlorine atom on plastics inside by using garbage. Lots of students had no experience of the chemical experiment in their elementary and junior high schools, and this experiment is extremely effective as shown in the questionnaire. For a lot of problems of the textbooks approved by the Ministry of Education, we should develop an original, new teaching materials in order to train the students to aim to be engineers who think using their own brain.

Key Words: *Plastics, High Molecular Compound, Cling Film for Food, "Dioxin", Beilstein Test, Garbage, Wastes, Textbooks approved by the Ministry of Education.*