

# すごろく“コレクター” テキスト

平成14年3月

環 境 省

## 目次

I. ゲームの進め方	1
1. 目的	
2. 概要	
3. 遊び方	
4. 製品のシルエットと得点	
5. 製品と原料	
II. 学習への展開	10
1. 調べ学習の手がかり	
III. ゲームの小道具	14
IV. 解説	15
1. 身の回りの製品と原料	15
2. 化学製品の製造と環境汚染	21
3. 環境汚染を防ぐための努力	24
4. 化学物質のリサイクル	26

# I. ゲームの進め方

## 1.目的

「コレクター」は、子供たちがすごろくのようなゲームをしながら、化学物質（原料）と、身の回りにある製品（完成品）との関係を理解したり、興味を持ったりすることをねらいとしています。

私たちの身の回りには、たくさんの製品があります。これらの製品は、もとは石油や鉄や塩などですが、多様な化学物質という中間原料を経てできています。また、製造から廃棄までの各段階で、環境を汚染するおそれがあります。このゲームは、製品の原料を集めることで、多様な化学物質から身の回りの製品ができることや、「アンラッキー」という材料を失うマス目を通じて環境が汚染されるおそれがあることを表現しています。楽しく遊びながら、製品ができるまでの多様さと環境が汚染されるおそれについて学べるようになっていきます。

## 2.概要

このすごろくには遊び方が2通りあります。「通常版」と「簡単版」です。どちらもパズルのピースで表現された原料を集めて、製品(パズルのシルエット)を完成させることになるという点では同じです。違いは、通常版では、ゲームの最後まで完成したパズルが身の回りのどの製品に当たるのか分からないのに対して、簡単版では、完成したパズルが身の回りのどの製品に当たるのかが初めから分かっているという点です。

通常版は原料と製品との関連の意外性によってゲームが楽しめるようになっていきます。これに対して簡単版は、初めから原料を集めて製品を作ることに楽しさの重点を置いています。

## 3.遊び方

このすごろくには遊び方が2通りあります。「通常版」と「簡単版」です。通常版の方が時間(50分程度)がかかります。時間があまりないときは、簡単版(30分程度)を使ってください。

### 【通常版】

5～6人で、すごろく盤上を進みながら、原材料となるパズルのピースを集め、パズル(製品)を完成させます。製品を完成させると得点がもらえます。得点の合計が500点になった人が「あがり」となります(図1参照)。

それぞれのプレイヤーは、「スタート」のマス目から、さいころを振って、出た目の数だけすごろくのマス目を進みます。進むルート(道)は3通りに分かれています。プレイヤーはどのルートを進んでもかまいません(図2参照)。ゲームが進行してルートを一回りした後でも、次にどのルートを進むかは、スタートのところのマス目を通るときに決めればよいことになっています。この3通りのルートは、石油系原

料のルート 2 つと、鉱物（鉄・塩・銅）系原料のルート 1 つとなっています。

すごろくのマス目の 1 つ 1 つには原料(化学物質名)が書いてあり、そこに止まるごとに、かかっている原料を手に入れることができます。原料は、パズルのピースの形をしています。

いくつかの原料(パズルピース)を集めて、シルエット(影絵)で示されている形を作ります。それぞれの形を作ると、あらかじめ決められた点数を得ることができます。得点は、表 1 にかかれています。

また、マス目には、「大ラッキー」「小ラッキー」「アンラッキー」というマス目もあります。

「大ラッキー」のマス目に止まると、プレイヤーは自分が欲しい原料を 1 つもらうことができます。

「小ラッキー」のマス目に止まると、そのルートの中にある原料のうち、好きなものを 1 つもらうことができます。

「アンラッキー」のマス目に止まると、プレイヤーが持っている、まだ製品にしていな原料のうち、石油系の原料を 2 つ失うこととなります。持っている原料のうち、どの 2 つを失うかは、プレイヤーが選んで決めることができます。もし、アンラッキーのマス目にとまったときに石油系の原料を全く持っていなかった時には、原料を失うことはありません。また、石油系の原料を 1 つしか持っていなかったときには、失う原料は 1 つです。

できるだけ多くのパズルを完成させて、合計が 500 点に達したら「あがり」となります。

ゲームが終了したら、シルエットで示されている製品がなにかを公表します。これは、表 3 に書かれています。

### 【通常版・遊び方の説明】

次のことを説明してください。

- (1)すごろくと同じで、さいころをふって出た数だけ進めること。
- (2)回るルートは 3 通りあるが、好きなルートを通っていいこと。
- (3)止まったマスにかかっている原料がもらえること。原料はパズルの 1 ピースとなっている。
- (4)原料をいくつか集めて、パズルを完成させること。完成品はシルエット(影絵)で表 1 に示されている。ピースは裏返して使ってもかまわない。表 1 はみんなが見えるところに張り出されている。
- (5)パズルを完成させると、それぞれ、あらかじめ決まっている得点をもらうことができる。
- (6)小ラッキー、大ラッキーのマス目にとまると、その指示に従って、ほしい原料をもらえること。
- (7)アンラッキーのマス目にとまると、その指示に従って、持っている原料を失うこと。

(8)得点の合計が 500 点以上になると「あがり」。

### 【簡単版】

5～6人で、すごろく盤上を進みながら、原材料となるパズルのピースを集め、パズル(製品)を完成させます。製品を完成させると得点がもらえます。得点の合計が 500 点になった人が「あがり」となります(図 1 参照)。

それぞれのプレイヤーは、「スタート」のマス目から、さいころを振って、出た目の数だけすごろくのマス目を進みます。進むルート(道)は 3 通りに分かれています。プレイヤーはどのルートを進んでもかまいません(図 2 参照)。ゲームが進行してルートを一回りした後でも、次にどのルートを進むかは、スタートのところのマス目を通るときに決めればよいことになっています。この 3 通りのルートは、石油系原料のルート 2 つと、鉱物系原料のルート 1 つとなっています。

すごろくのマス目の 1 つ 1 つには原料(化学物質名)が書いてあり、そこに止まるごとに、かかっている原料を手に入れることができます。原料は、パズルのピースの形をしています。

いくつかの原料(パズルピース)を集めて、シルエット(影絵)で示されている形(製品)を作ります。製品を作ると、あらかじめ決められた点数を得ることができます。得点は、表 2 にかかれています。

またマス目には、「大ラッキー」「小ラッキー」「アンラッキー」というマス目もあります。「大ラッキー」のマス目に止まると、プレイヤーは自分が欲しい原料を 1 つもらうことができます。

「小ラッキー」のマス目に止まると、そのルートの中にある原料のうち、好きなものを 1 つもらうことができます。

「アンラッキー」のマス目に止まると、プレイヤーが持っていて、まだ製品にしていな原料のうち、石油系の原料を 2 つ失うこととなります。持っている原料のうち、どの 2 つを失うかは、プレイヤーが選んで決めることができます。もし、アンラッキーのマス目にとまったときに石油系の原料を全く持っていなかった時には、原料を失うことはありません。また、石油系の原料を 1 つしか持っていなかったときには、失う原料は 1 つです。

できるだけ多くの製品を完成させて、合計が 500 点に達したら「あがり」となります。

### 【簡単版・遊び方の説明】

次のことを説明してください。

- (1)すごろくと同じで、さいころをふって出た数だけ進めること。
- (2)回るルートは 3 通りあるが、好きなルートを通っていいこと。
- (3)止まったマスにかかっている原料がもらえること。原料はパズルの 1 ピースとなっている。
- (4)原料をいくつか集めて、製品を完成させること。製品はシルエット(影絵)で表 2 に

示されている。ピースは裏返して使ってもかまわない。表2はみんなが見えるところに張り出されている。

- (5)製品を完成させると、それぞれ、あらかじめ決まっている得点をもらうことができる。
- (6)小ラッキー、大ラッキーのマス目にとまると、その指示に従って、ほしい原料をもらえること。
- (7)アンラッキーのマス目にとまると、その指示に従って、持っている原料を失うこと。
- (8)得点の合計が 500 点以上になると「あがり」。

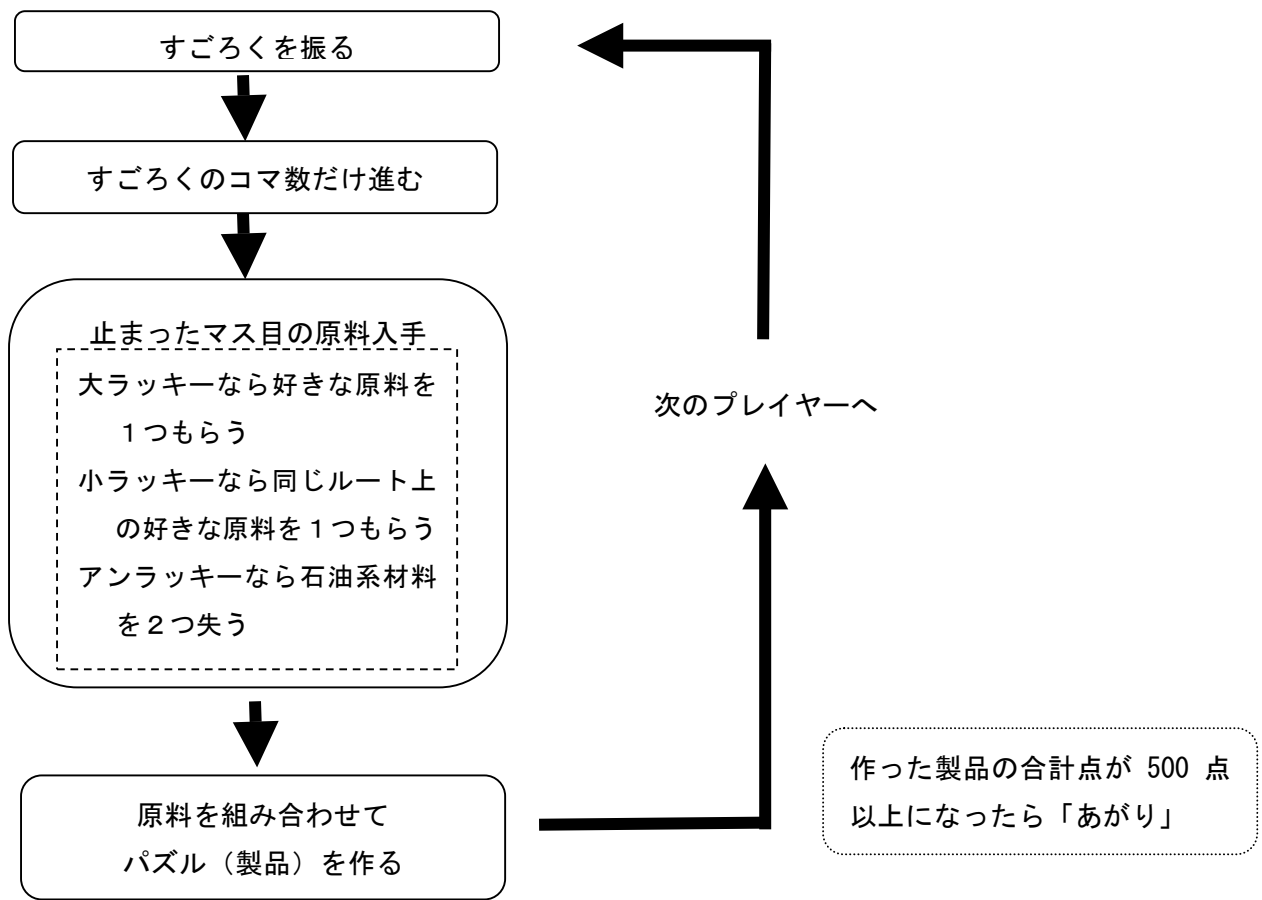


図1 「コレクター」の流れ

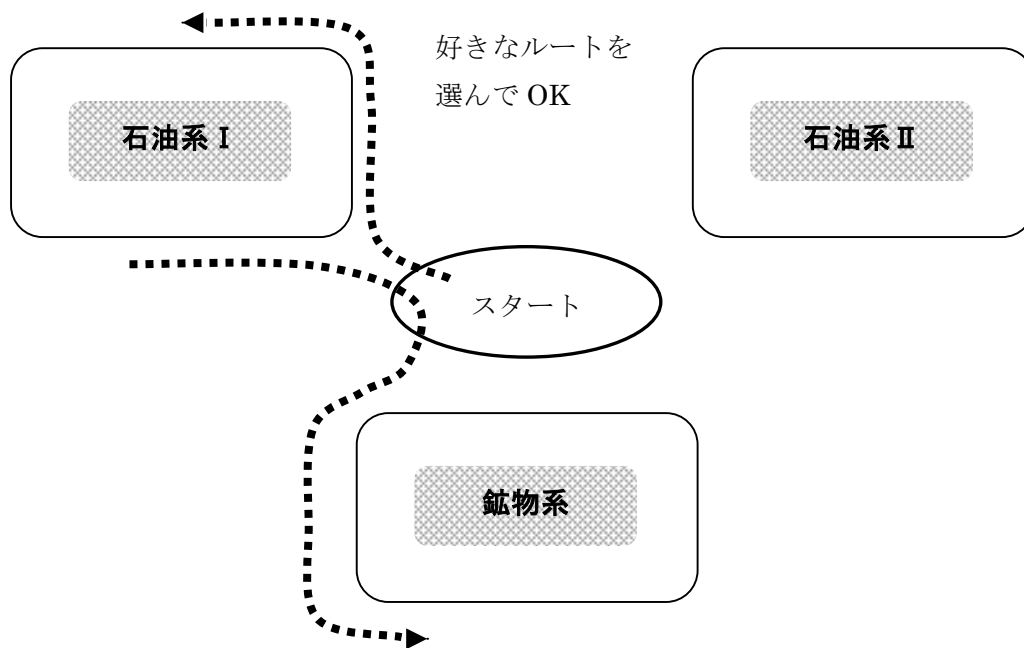


図2 3つのルート

4. 製品のシルエットと得点

表 1 得点表 (通常版)

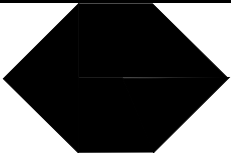
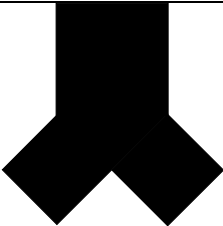






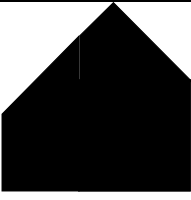
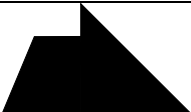
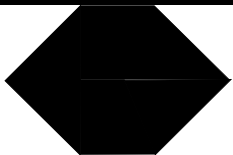
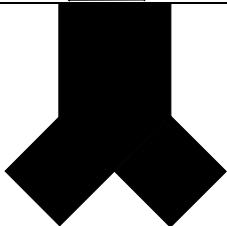

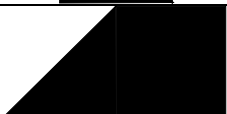




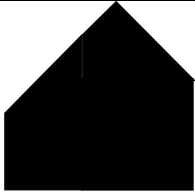
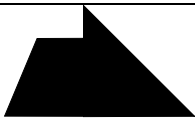
シルエット	得点
	80
	70
	100
	50
	20
	20
	50
	50
	70
	50



表2 得点表（簡単版）

製品名	シルエット	得点
冷蔵庫		80
パソコン		70
自動車		100
ペットボトル		50
トレイ		20
レジ袋		20
サッカーボール		50
自転車		50
テレビ		70
くつ		50

\*この点数配分は、パズルの難しさと、それぞれの製品の価格や便利さを考慮して決められたものです。

5. 製品と原料

表3 解答

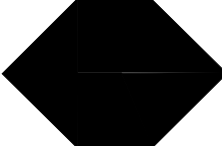
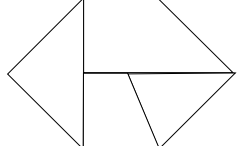
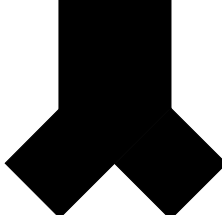
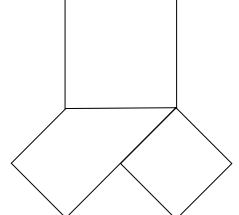

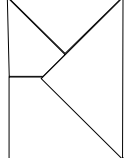

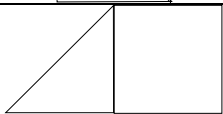

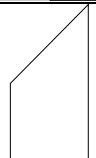



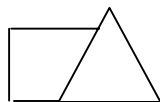

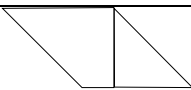
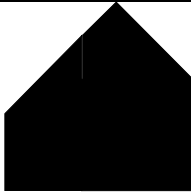
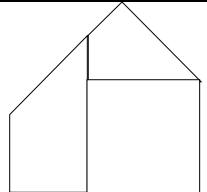
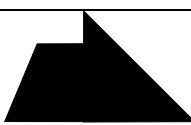
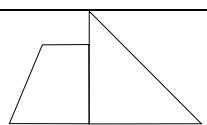
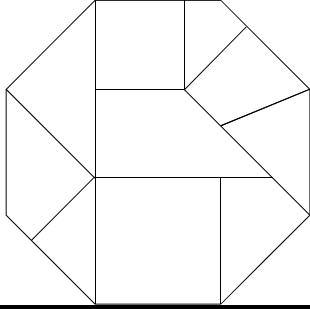

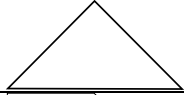

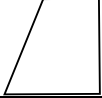
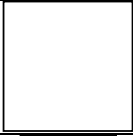


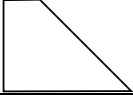

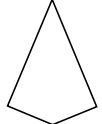
製品名		基礎原料	シルエット	解答
冷蔵庫(4)	A B C D	エチレン プロピレン スチレン 塩素		
パソコン(3)	E C F	ベンゼン スチレン 銅		
自動車(4)	G H B I	ブタジエン 鉄 プロピレン トルエン		
ペットボトル(2)	E B	ベンゼン プロピレン		
トレー(1)	C	スチレン		
レジ袋(1)	A	エチレン		
サッカーボール(2)	D A	塩素 エチレン		
自転車(2)	G H	ブタジエン 鉄		
テレビ(3)	C J E	スチレン 苛性ソーダ ベンゼン		
くつ(2)	D B	塩素 プロピレン		

表4 原料

	基礎原料	個数	シルエット
			
A	エチレン	3	
B	プロピレン	4	
C	スチレン	4	
D	塩素	3	
E	ベンゼン	3	
F	銅	1	
G	ブタジエン	2	
H	鉄	2	
I	トルエン	1	
J	苛性ソーダ	1	

\* 個数とは、すごろく盤上にあるマスの数のことです。

\* 苛性ソーダは、水酸化ナトリウムのことです。

## Ⅱ. 学習への展開

### 1. 調べ学習への手がかり

#### (1)ゲームの製品について調べてみよう。

- ① ゲームの製品は、どんなところが便利なのだろう。
- ② その製品がなかったら私たちの生活はどうなるだろう。
- ③ その製品はいつ頃から使われ始めたのだろう。
- ④ その製品はどんなところで作られているのだろう。
- ⑤ その製品は、日本ではどのくらい作られたり、使われたりしているだろうか。

#### (2)ゲームで使われている原料について調べてみよう。

- ⑥ トルエンとかキシレンとか、カタカナで書いてある原料はどんなものなのだろうか調べてみよう。
- ⑦ 石油から作られているものは、どのようにして原料になるのか、調べてみよう。
- ⑧他にどんな原料が石油から作られるのか調べてみよう。
- ⑨ その原料は、日本ではどのくらい使われているだろうか。
- ⑩ 石油の原料となる原油はどこでとれるのか調べてみよう。
- ⑪ 鉄や銅、塩はどこでとれるか調べてみよう。

#### (3)原料と製品の関係について調べてみよう。

- ① 原料は、どんな段階を経て、製品になるのだろうか。
- ② 製品がどんな原料からできているかは製品のどこに書いてあるだろう。
- ③ 自分が作った製品を実際に作るために他に必要な材料はないか調べてみよう。
- ④ 自分が作った製品と同じような材料でできていそうな製品を考えてみよう。(同じ外見や同じ働きをする製品を調べていくとすぐ見つかるかもしれません)
- ⑤ 自分が作った製品の材料は昔も同じだったかどうか調べてみよう。
- ⑥ 石油は身の周りのどんな製品に使われているのか調べてみよう。
- ⑦ 鉄や銅は身の周りのどんな製品に使われているのか調べてみよう。
- ⑧ いくつかの製品に共通する原料は、どんな性質から共通して使われることになっているんだろう。

## 課題のねらい

- (1) 製品が身近にあることを実感する。
  - ① 身の回りには製品が数多くあることを理解する。
  - ② 身の回りの製品の利便性について考える。
  - ③ 暮らしが多くの製品に支えられていることを知る。
  
- (2) 天然資源から様々な原料が製造されていることを知る。
  - ① 原料のものは、いくつかの天然資源であることを知る。
  - ② 石油から様々な原料が製造されていることを知る。
  - ③ 石油は原料の原油からどのようにして作られるのかを知る
  - ④ 原料となる化学物質について関心を持つ。
  
- (3) 製品と原料の関係について、理解する。
  - ① 製品を構成する原料が多様であることを知る。
  - ② 製品ができるまでには多くの段階を経ていることを知る。
  - ③ 多くの製品は、原料をさかのぼると石油などいくつかの天然資源からできていることを知る。

(4)「アンラッキー」は、原料がなくなってしまうことだけれど、「なくなってしまう」とどんなことが起こるだろうか。

- ①「途中で原料がなくなる」ことにはどんなことがあるだろう。
- ②それはどうして起こるのだろうか？
- ③なくなったものはどんな運命をたどるのだろうか？
- ④なくなるとどんなことが起こるのだろうか？
- ⑤石油を運ぶ途中で起こった事故にはどういうものがあるか調べてみよう。
- ⑥石油から原料を作る途中で「なくなる」ことがある。それはどういうことか、先生に聞いてみよう。
- ⑦製品を使っているときにも「なくなる」ことがあるだろうか。
- ⑧どういう使い方をすれば、上手に使うことができるのだろうか。
- ⑨なくなった量を調べてみよう。(ヒント：化学物質排出把握管理促進法という法律により、化学物質の環境中への排出量(なくなった量)を調べることができます)

(5)「ものの捨て方」と「リサイクル」について、考えてみよう。

- ①ジュースを飲んだ後、みんなはペットボトルをどうしているだろう。
- ②捨てられたペットボトルはどうなっていくのだろうか。
- ③ペットボトルの「リサイクル」ってどういうふうになっているのだろう。
- ④リサイクルされたペットボトルは、何に使われているのだろうか。
- ⑤リサイクルされた製品をお店で見つけてみよう。
- ⑥冷蔵庫や車は、使われなくなった後、どうなっているのだろうか。
- ⑦どういうふうに捨てればいいのか、みんなで調べて考えてみよう。
- ⑧「上手に捨てる」ためには、みんなでどういうことに気をつけたらいいだろう。

(6)自分たちで「オリジナルすごろく」を作ろう。

- ①製品の得点付けを替えてみよう。自分なら、冷蔵庫やペットボトルに何点をつけるかな。
- ②どうしてそういう点をつけるのか、理由をいってみよう。
- ③身近な製品で、「すごろくの中にあっただ方がいい」という製品をあげてみよう。
- ④その製品がどんな原料でできているか調べてみよう。
- ⑤原料が決まったら、すごろくのマス目を作ってみよう。
- ⑥製品の得点を何点にするか決めよう。
- ⑦実際に遊んでみよう。
- ⑧遊んでみて感想はどうなったか。楽しいすごろくが作れたらだろうか。

## 課題のねらい

(4)化学物質使用のライフサイクルの中で起こる環境汚染の可能性について理解する。

①それぞれの段階で、環境汚染のおそれがあることを理解する。

- 原料採取
- 輸送段階
- 各種製造段階
- 使用・消費段階
- 廃棄段階

②「事故による化学物質の環境汚染事例調べ」を通じて学習する。

③環境中に排出される化学物質について関心を持つ。

④化学物質を適正に管理することの大事さを学習する。

(5)化学物質の廃棄、リサイクル、リユースについて理解する。

①リサイクル、リユースの違いについて学ぶ。

②だれがリサイクルにかかる費用を負担するのか考える。

③リサイクルのために、自分でできることはなにか考える。

(6)自分たちで製品と原料の関係を調べてゲームに追加する。

- 原料の追加
- 製品＋原料の追加
- 製品の点数の付け方、原料の分け方

### Ⅲ. ゲームの小道具

#### ゲームに必要な小道具

- すごろく盤
- 原材料となるパズルのピース
- さいころ(人数分あるとスムーズにゲームがすすむ)
- こま(人数分)
- 得点記録用のメモ用紙
- 鉛筆またはペン



## IV. 解説

### 1. 身の回りの製品と原料

このゲームでは、多種多様な製品を原料から製造する過程をすごろくにしている。実際の過程はどうなっているのかを説明する。

#### 1) 製品と材料、原料

ゲームで取り上げられた製品の材料、原料の関係は、非常に簡略化されたものです。実際には、ゲームで扱ったのは、原料、基礎原料であり、その後、中間原料、部品という加工を経て、最終的に製品になります。製品ごとまでの流れを見てみると、以下

製品	部品	中間材料	基礎原料	原料
冷蔵庫	外側	鉄板	鉄	鉄鉱石
	内箱	ABS樹脂	スチレン	石油
	棚	ポリプロピレン	プロピレン	石油
	パッキン	塩化ビニル樹脂	塩素	塩
パソコン	プリント基板	エポキシ樹脂	ベンゼン	石油
	パネル	ポリスチレン	スチレン	石油
	配線	銅線	銅	銅鉱石
自動車	タイヤ	ゴム	ブタジエン	石油
	フレーム	鉄板	鉄	鉄鉱石
	バンパー	ポリプロピレン	プロピレン	石油
	人工皮革	塩化ビニル樹脂	塩素	塩
ペットボトル	PETボトル	ポリエチレンテレフタレート	ベンゼン	石油
			プロピレン	石油
トレー	トレー	ポリスチレン	スチレン	石油
レジ袋	レジ袋	ポリエチレン	エチレン	石油
サッカーボール	人工皮革	塩化ビニル樹脂	塩素	塩
			エチレン	石油
自転車	タイヤ	ゴム	ブタジエン	石油
	フレーム	鋼管	鉄	鉄鉱石
テレビ	パネル	ポリスチレン	スチレン	石油
	ブラウン管	ガラス	苛性ソーダ	塩
	プリント基板	エポキシ樹脂	ベンゼン	石油
靴	合成皮革	塩化ビニル樹脂	塩素	塩
	靴底	ウレタン	プロピレン	石油

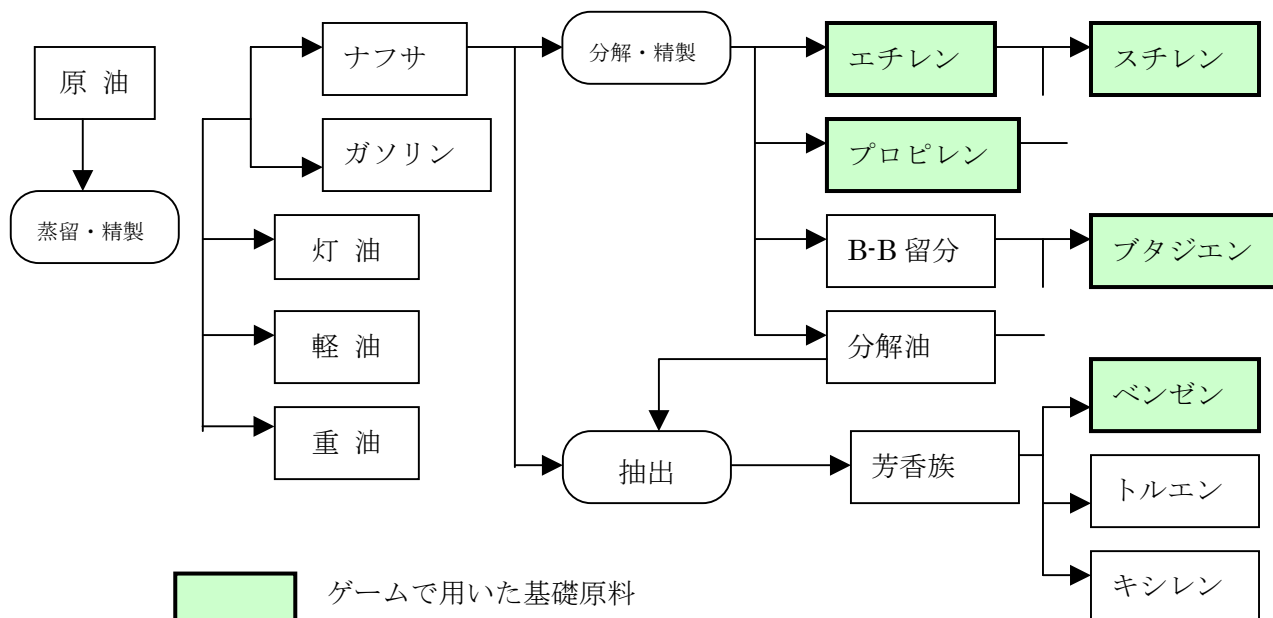
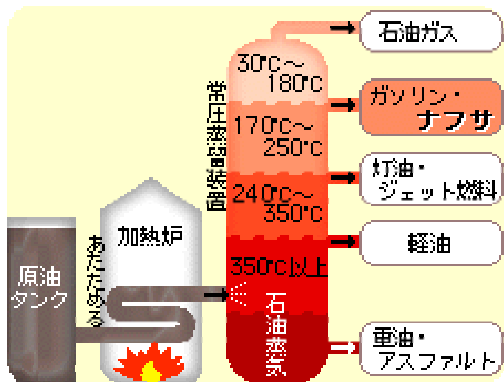
のように整理されます。

## 2) 石油から生産される製品

原料の中で一番わかりにくいのが石油を原料とする化学製品だと思います。

海外から輸入された原油は、まず蒸留塔で蒸留・精製されます。この段階で、ナフサ、ガソリンの他、灯油、軽油、重油などが分離されます。このナフサを元にゲームでも用いたさまざまな基礎原料、中間材料が生産されます。この原油から分離段階のものを原油を含めて一般に「石油」と総称されます。

原油は、地中から天然に産出したままのもので、各種の液状炭化水素を主成分に少量の硫黄化合物、酸素化合物、窒素化合物、微量の有機金属化合物を含んでいます。灯油、軽油、重油は原油から沸点の違いで分離された石油で、灯油は暖厨房用燃料、軽油はディーゼル軽油として内燃機関の燃料、重油は窯業、金属精錬、大型内燃機関、ボイラーの燃料として利用されます。



資料)「石油化学ガイドブック」石油化学工業協会

<http://www.pai.gr.jp/html/ecotown/index.html> 石油連盟 をもとに作成

※詳細は石油工業協会ホームページ <http://www.jpca.or.jp> を参照

原料



石油

石油化学基礎製品



石油化学誘導品

<b>プラスチック</b> ポリエチレン ポリプロピレン 塩化ビニル樹脂 ポリスチレンなど	<b>合成繊維原料</b> エチレングリコール テレフタル酸 アクリロニトリル カプロラクタムなど	<b>合成ゴム</b> スチレンブタジエンゴム ブタジエンゴム クロロプレンゴム	<b>塗料原料・溶剤</b> アルキド樹脂 ポリウレタン メチルエチルケトン 酢酸エチル ブタノールなど	<b>合成洗剤、界面活性剤原料</b> アルキルベンゼン 高級アルコール エチレンオキサイドなど	<b>その他</b>
---	---	---	---	---	------------

関連産業

プラスチック加工業	繊維工業	ゴム工業	塗料工業	合成洗剤、界面活性剤工業	接着剤、染料・顔料 肥料、農薬、医薬、 可塑剤、不凍液など
-----------	------	------	------	--------------	-------------------------------------

最終製品

自動車	衣料	自動車・自転車	自動車	家庭用
船舶・鉄道車両	インテリア	各種工業	鉄道車両	工業用
家電・電子	産業資材・その他	日用品・その他	船舶	
通信			建築・建造物	
その他機械			電気・その他機械	
住宅・建設			木工・家庭用	
農水産業				
医療・保育				
包装・容器				
日用品・雑貨				

### 3) 塩から生産される製品

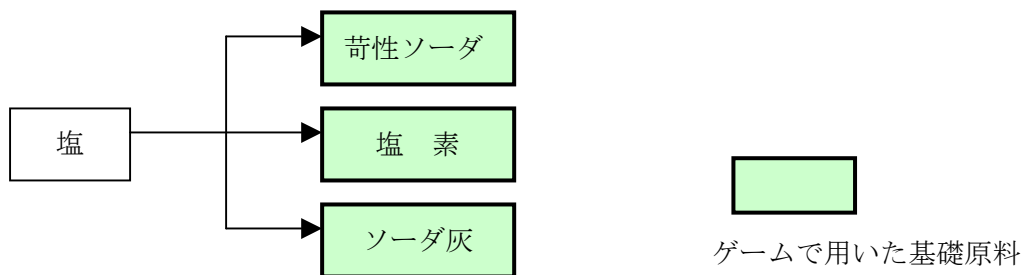
日本は世界最大の塩輸入国で全消費量の 85%を輸入し、輸入先はメキシコとオーストラリアの 2 国に集中しています。このうち生活用に使われるのは 7%にすぎず、93%がソーダ工業で消費されます（下図参照）。

塩水を電気分解すると各種産業の原料・副原料、反応剤に使われる「苛性ソーダ」「塩素」「水素」ができます（電解ソーダ工業）。また、塩に炭酸ガスやアンモニアガスを反応させるとガラス製品の原料となる「ソーダ灰」ができます（ソーダ灰工業）。

「苛性ソーダ」は一般名称で、化学名は「水酸化ナトリウム」といい、ほとんどが濃度 50%の水溶液として出荷されます。アルミニウムや化学繊維、石鹼・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基礎原料として使われています。

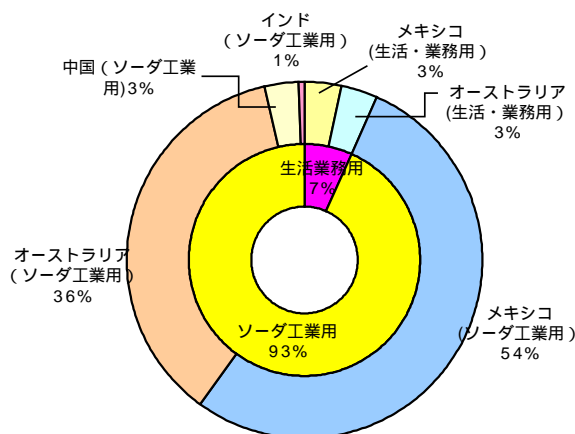
「塩素」はガス状のまま関連製品の製造に直接使われる他、塩酸、次亜塩素酸ソーダ、さらし粉、高度さらし粉などの塩化物として出荷され、塩化ビニル樹脂やウレタンフォーム等のプラスチック類の原料、合成ゴムや各種化学薬品、溶剤や医薬品の製造に使われたり、シリコンやチタンなどの工業材料の製造に使われます。

「ソーダ灰」は、炭酸ナトリウムまたは炭酸ソーダといわれるアルカリ性化学物質のことで、ほとんどが粉末で出荷されます。多くが板ガラスやガラス製品の原料として使用されます。



※詳細は日本ソーダ工業会ホームページ <http://www.jsia.gr.jp> 参照

参考：日本塩工業会「塩の情報室」<http://www.siojoho.com/s01/index.html>



日本の塩需給の特色（平成 12 年度）

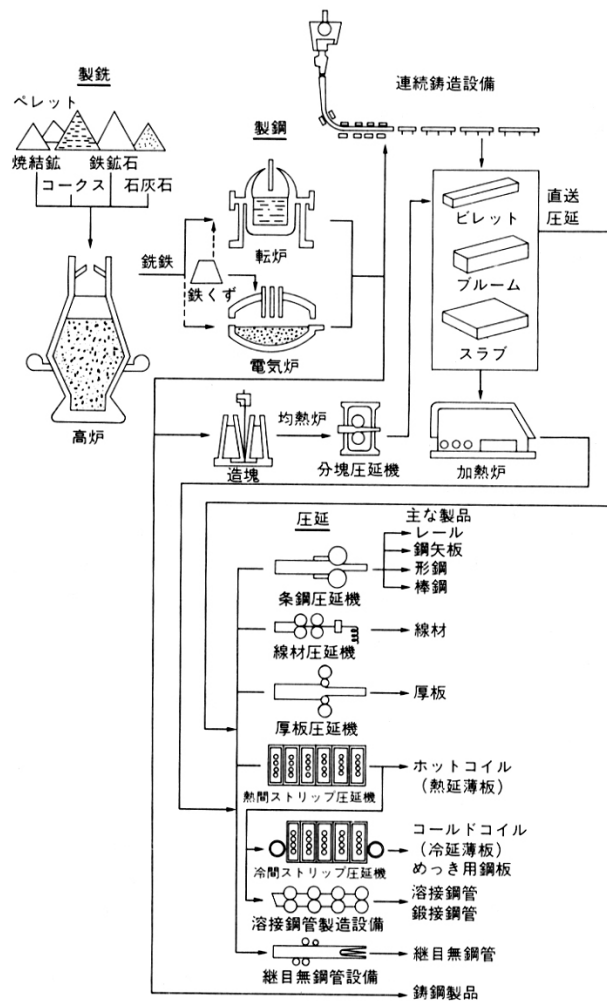
資料：日本塩工業会「塩の情報室」<http://www.siojoho.com/s01/index.html> より作成

#### 4) 鉄から生産される製品

鉄は隕石を除くと自然界に鉄としては存在しておらず、化合物として土壌・岩石・鉱物中に存在しています。鉄を多く含む鉄鉱石は、ブラジルやオーストラリア、インド、南アフリカから輸入されており、輸入依存度はほぼ 100%となっています。鉄は、鉄鉱石以外にも石炭、石灰石などの原料やエネルギーを多く使って製造されます。

鉄鉱石には鉄以外の成分も含まれ産地によって異なるため、ブレンドして高炉に入れて溶かし、鉄以外の不純物と分けられ銑鉄となります。こうして取り出された銑鉄は、溶銑予備処理という工程で、硫黄やリン、ケイ素などが取り除かれます。そして転炉の中に入れられ鋼となり、鋼を固められてスラブ、ブルーム、ビレット、ビームブランク鋼片という半製品になります。その後、圧延、熱処理され、より強い鋼になり、利用目的に応じて鋼板や棒鋼、線材、H形鋼などの鋼材に加工され、ジュースの缶、橋、車、タンカーなどが作られます。

※詳細は、社団法人日本鉄鋼連盟ホームページ <http://www.jisf.or.jp/index.htm>  
 および 社団法人日本鉄鋼協会ホームページ <http://www.isij.or.jp/index.htm> 参照



鉄鋼製品ができるまで

出典：鉄鋼の実際知識第 6 版 鋼材倶楽部編 東洋経済 1991 年 9 月

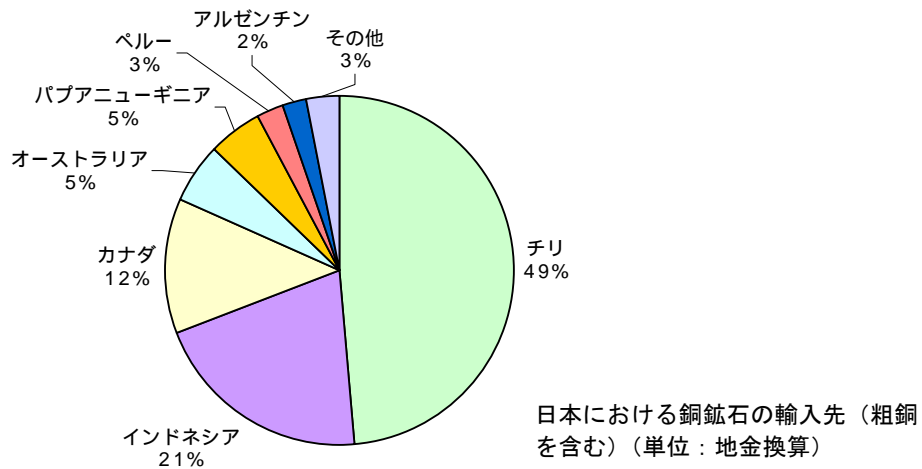
## 5) 銅から生産される製品

原料となる銅鉱石の主なものは黄銅鉱です。明治時代のわが国は米国に次ぐ世界第2位の銅産国でしたが、後で述べるような環境汚染問題（足尾銅山鉱毒事件など）を引き起こしました。現在ではほとんど海外からの輸入で、2000年の銅精鉱の輸入は447万トン（銅分約30%）にのびります。その輸入先は、チリ（全体の42%）、インドネシア（23%）、カナダ（12%）、パプアニューギニア（7%）、オーストラリア（7%）など世界各地にわたっています（下図参照）。日本の2000年の銅地金消費は124万トンで、このうち電線向けに59%、伸銅向けには38%が消費されています。

伸銅品とは、銅及び銅に亜鉛を加えた黄銅（昔は「しんちゅう」とも呼ばれた）、すず及びりんを加えたりん青銅、ニッケル及び亜鉛を加えた洋白（洋銀）などの銅合金を、溶解、鑄造、圧延、引抜き、鍛造などの熱間又は冷間の塑性加工によって板、条（コイル状）、管、棒、線などの形状に加工した製品の総称です。

銅は銀に次いで熱および電気の伝導度が大きく、その特性を生かして電気・電子部品、ガス管・水道管等の配管、機械や日用品の部品などに使用されています。

※ 詳細は、社団法人日本銅センターホームページ <http://www.jcda.or.jp/>  
および 日本伸銅協会ホームページ <http://www.jcda.or.jp/> 参照

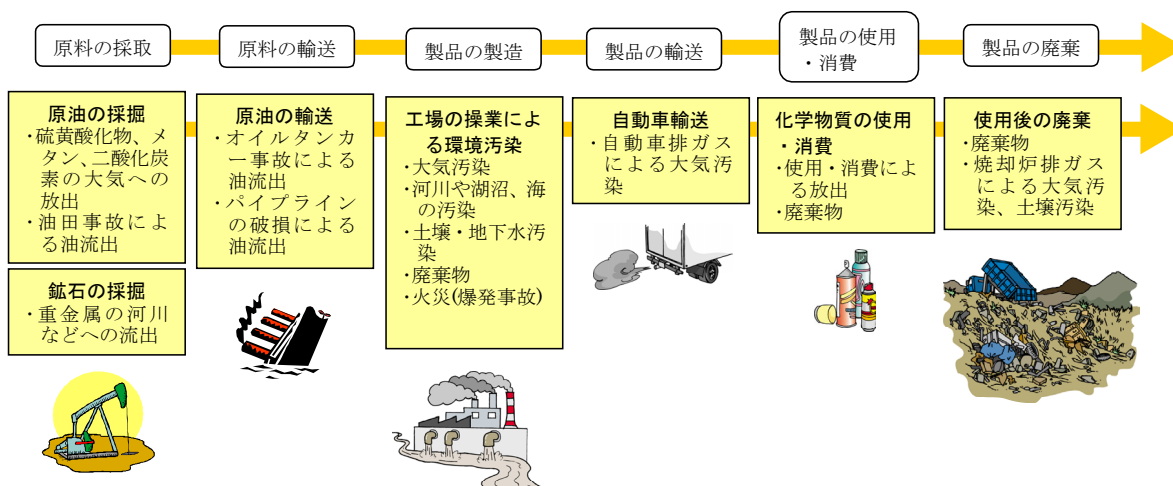


※ 資源エネルギー庁資料より加工 <http://www.enecho.meti.go.jp/energy/mineral/minerall1.htm>

## 2. 化学製品の製造と環境汚染

### 1) ライフサイクルから見た環境汚染の可能性

製品には、原料の採取から始まって原料の輸送、製品の製造、輸送、使用・消費、廃棄の段階に至るまでの各段階があり、これをライフサイクルと呼んでいます。このライフサイクルの中で事故や漏出、あるいは製造工程からの排出などさまざまな形の環境汚染の可能性が考えられます。



### 2) ライフサイクルから見た環境汚染の事例

過去に発生した環境汚染の例には次のようなものがあります。

#### 【原料の採取】

##### ○足尾銅山鉱毒事件<sup>1</sup>

明治時代の三大鉱毒事件（日立鉱山煙害事件、別子銅山煙害事件）の一つで、わが国の公害問題の原点ともいわれています。わが国最大の銅山であった栃木県の足尾銅山（明治10年創業）から流出する鉱毒で、渡良瀬川沿岸の住民が大きな被害を受けました。田中正造が、国会でこの問題を取り上げ、また明治天皇にも直訴してから、社会の注目をひくようになりましたが、当時は既存の製造設備の改善が難しいとなると、対策として被害者との示談や和解、場合によっては被害者側の移転、さらには被害者の泣き寝入りということもありました。

#### 【原料の輸送】

##### ○タンカー座礁による油流出事故と対策

1989年のアラスカ沖でエクソン社のタンカー“バルディーズ号”が座礁事故を起こし、約4万キロリットルの原油が流出しました。汚染された海岸線は約1,800km、汚染された海域は約7,700平方キロメートルにも及びました。事故発生から4カ月間に90種類、3,000羽の野鳥の死亡が確認され、総計では100,000から300,000羽の野鳥が死亡したと推定されています。

日本の近海では、1997年1月にロシアのタンカー“ナホトカ号”が19,000キロリットルの重油を積載したまま島根県沖で沈没し、6,240キロリットルの重油が流出したと推定されています。

<sup>1</sup>環境科学事典 東京化学同人 1985年、環境庁二十年史 環境庁 1991年

油流出事故は、周辺に生息するあざらしや水鳥などの命を奪うだけではなく、水産資源にも損傷を与えるなどして、周辺住民の生活にも影響を及ぼしました。ナホトカ号の事故の際は、地元住民やボランティアなどによる重油の回収作業が行なわれました。

### 【製品の製造】

#### ○四大公害

わが国の四大公害といわれる①熊本水俣病、②新潟水俣病、③イタイイタイ病、④四日市ぜん息は鉱山や製品を製造する工場での排水や排ガスがもとになって発生した公害です。

水俣病<sup>2</sup>：施設の操業（アセトアルデヒド製造）に伴って排水として排出された有機水銀が魚介類に蓄積し、その魚介類を食料としていた沿岸住民に中枢神経系疾患をもたらし、死者も多数でした。

イタイイタイ病<sup>3</sup>：この事例は原料の採取に分類されますが、富山県の神通川に沿った一定地域に 1956～1957 年頃をピークに発生した奇病で、骨格の変形、身長短縮、特有の体位をとり、患者は日夜“痛い痛い”と連呼しました。原因は神通川の上流にあった鉱山から排出されたカドミウムによる慢性中毒で、この場合も多くの死者がでました。

四日市ぜん息<sup>4</sup>：三重県四日市市に建設された石油コンビナートから排出される亜硫酸ガスやその他の硫黄酸化物が原因となって、ぜん息様の呼吸困難などの症状が発生し、四日市ぜん息と名付けられました。この問題は、以後に医療費公費負担制度、さらに公害健康被害補償法につながったことから、社会的に大きな影響を与えました。

#### ○PCBによる環境汚染<sup>5</sup>

1968年に福岡県、長崎県を中心とする西日本一帯で黒いニキビ様皮膚症状、腹部症状や神経症状を呈する疾患（油症）が集団発生しました。北九州市にあるカネミ倉庫製の米ぬか油に、熱媒体として使用されたPCB(カネクロール400)が製造工程で混入したとされています。後にPCBに含まれていたより毒性の強いポリ塩素化ジベンゾフラン、コプラナーPCBが原因物質として疑われています。認定患者は1871人（うち死者約300人）。この事件をきっかけに、PCBによる環境汚染に対する懸念が高まり、1974年に製造・使用が原則禁止されました。その後、トランスなど製品中に含まれていたPCBについては回収・保管され、その処理技術が開発され現在、処理が進められています。

#### ○セベソ事件<sup>6</sup>

1976年にイタリアのセベソにある農薬工場でおきた爆発事故（殺菌剤のヘキサクロロフェン製造に使用していた容器の爆発）により発生したダイオキシンの雲で周辺の田園地帯18km<sup>2</sup>が汚染され、900人以上が強制避難をさせられました。事故の翌年の出生異常率は40%も増加しました。事故後に工場そのものは解体されましたが、ダイオキシンの除去、廃棄物の処理が行われました。

<sup>2</sup> 環境科学事典 東京化学同人 1985年

<sup>3</sup> 環境科学事典 東京化学同人 1985年

<sup>4</sup> 環境科学事典 東京化学同人 1985年

<sup>5</sup> 環境科学事典 東京化学同人 1985年

<sup>6</sup> 地球環境キーワード事典三訂 地球環境研究会編集 中央法規出版 2001年  
地球環境用語辞典 E.ゴールドスミス編 不破敬一郎監修 東京書籍 1992年



このダイオキシン類を含む化学物質で汚染された廃棄物は、ドラム缶に封入されて保管されていましたが、1982年3月にドラム缶が持ち出されて行方不明となり、その8ヵ月後に北フランスの小さな村で発見されるという事件がありました。フランス政府はイタリア政府に対して回収を要請しましたが拒否され、最終的に工場の親会社がスイスのバーゼルにあったことからスイス政府が道義的責任に基づいて回収しました。

#### ○インド・ボパール<sup>7</sup>の事故

1984年にインドのボパールで、ユニオンカーバイド社の殺虫剤工場から有害なガスが放出される事故がおきました。農薬原料であるメチルイソシアネート30トンなど化学物質が環境に放出され、被爆者約20万人、身体障害者約1.7～2万人、死者約3,000人を出す大惨事となりました。8ヵ月後に、2つの国際労働組合連盟がまとめた報告書は、事故を引き起こしたのは管理ミス、設備の設計不良、整備の不適當が重なったことにあると指摘しました。現在もその後遺症で苦しんでいる人がおり、有害なガスは広い範囲で井戸水を汚染し、工場から半径2キロの範囲での土壌汚染も引き起こしていました。

#### ○事故以外の排出

化学物質の製造過程においては、事故以外にも化学物質を排出されることがあります。こうした化学物質は、排ガス（煙突の煙）として大気へ排出されたり、排水として河川や湖沼などに排出されます。

### 【製品の使用・消費】

#### ○家庭における、化学製品の誤った使用による事故など

ガソリンを灯油と間違えてストーブに使用したために火災が発生したり、また酸性の洗剤とアルカリ性の洗剤を混ぜて使用したために有毒ガスが発生し、人が亡くなるといった事故が発生しています。

化学製品についての事故や異常に関する相談窓口として「化学製品PL相談センター」が開設され、消費者などからの相談に応じています。同センターの活動報告には様々な事例が報告されています。

詳細は日本化学工業協会ホームページ：PLセンター

[http://nikkakyo.org/organizations/pl\\_center/activ\\_note.php3](http://nikkakyo.org/organizations/pl_center/activ_note.php3)

#### ○家庭・オフィスにおける使用など

殺虫剤や洗剤の使用はその成分である化学物質を排出することになります。つまり、私たちの生活においても、化学物質を環境に排出しています。また、農薬散布や自動車からの排出ガスなど普段の生活に密着したところでも化学物質は排出されています。

### 【廃棄】

#### ○ラブキャナル事件<sup>8</sup>

米国ニューヨーク州のナイヤガラ<sup>8</sup>の滝近くにあるラブキャナルという運河が、1930年代以降

<sup>7</sup>地球環境キーワード事典三訂 地球環境研究会編集 中央法規出版 2001年  
地球環境用語辞典 E.ゴールドスミス編 不破敬一郎監修 東京書籍 1992年

<sup>8</sup>地球環境キーワード事典三訂 地球環境研究会編集 中央法規出版 2001年

産業廃棄物の投棄が行われるようになり、1947年から1953年までフッカー化学が多量の有害化学物質を廃棄しました。同社は、1953年にその土地を整地し、学校や住宅が建設されたものの1976年頃になって廃棄された化学物質がもれはじめました。ニューヨーク州が調査したところ、発ガン性物質を含む多くの化学物質が検出され、緊急事態宣言が出されて住民が避難する事態となりました。その後、地下水の浄化作業が継続して行われています。

### 3. 環境汚染を防ぐための努力

私たちが使っている製品には、多くの工程があり、その各段階で環境を汚染する可能性があります。私たちはこれらの製品や製造とどう付き合えば良いのでしょうか。

現実には、環境汚染を防止するためにさまざまな対策が取られています。ここでは、その対策の概要について説明します。

#### 1) 規制による対応

化学物質の原料採取、輸送、製造、使用・消費、廃棄の各段階でさまざまな法律による規制が行われています。

製品の段階	法制度	環境への排出に係る法律
原料採取	鉱業法、労働安全衛生法	大気汚染防止法
輸送	海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律	水質汚濁防止法
製造	化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律 農薬取締法、薬事法、毒物及び劇物取締法 消防法、労働安全衛生法、食品衛生法、水道法	悪臭防止法 ダイオキシン類対策特別措置法
使用・消費	有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律 特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律	PCB 特別措置法
廃棄・リサイクル	廃棄物の処理及び清掃に関する法律 循環型社会形成推進基本法、各種リサイクル法	

#### 2) 製品の改善による対応

製品が商品化された後に問題が発生した場合においても、製造側で製品の製造中止や代替品の開発などの措置が講じられてきました。例えば、

- ・ガソリンの無鉛化、重油の低硫黄化（大気汚染に対応）
- ・洗濯洗剤の無リン化（河川・湖沼の富栄養化に対応）
- ・ラップの非塩素化（焼却によるダイオキシン類発生への対応）
- ・ガラスの無鉛化（有害廃棄物への対応）

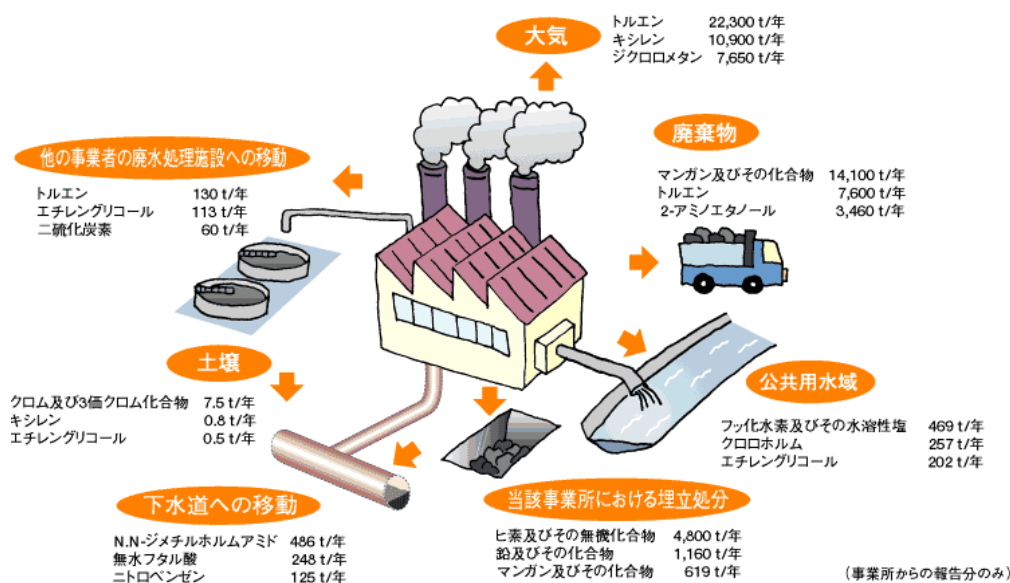
など多くの例があります。

#### 3) 管理による対応

5万種以上にも上る化学物質や物質によっては有害性が明確でないものなどがあり、これまでのように一つ一つの物質に対する規制では対応できないのが現状です。特に大量の化学物質を扱う化学工業界では深刻な問題として受け止められ、1985年カナダで開始されたレスポンシブル・ケアをもとに各国が参加する活動として展開しています。レスポンシブル・ケア活動とは、化学物質を扱うそれぞれの企業が化学物質の開発から製造、物流、使用、最終消費を経て廃棄に至るまでの過程において、自主的に「環境・安全・健康」を確保し、活動の成果を公表し社会と

の対話・コミュニケーションを行う活動です。日本では2002年6月現在114社が参加しています。

さらに、2001年には、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（化学物質排出把握管理促進法、いわゆるPRTR法）が制定され、対象となる354化学物質について環境中への排出量(PRTRデータ)を毎年届け出ることになりました。PRTRデータは公表されるため、工場では自主的に環境への排出量を減らすことが期待されています。この最初の届出が2002年4～6月に行われ、2002年末を目途にその集計結果が公表される予定です。



平成12年度の工場におけるPRTRデータ

出典) PRTRがはじまりました(2001年4月スタート) 経済産業省・環境省

### ○ 米国の緊急時対応計画

米国でもPRTRと同様の報告・公表が1986年からTRI (Toxic Release Inventory) として実施されています。米国の場合は、もともと「地域住民の知る権利」をベースにしており、TRIを含む以下のような情報が提供されることになっています。

- ・ 緊急対処計画策定のための報告 (州緊急対処委員会及び地方緊急対処委員会へ報告)
- ・ 有害化学物質放出事故緊急報告 (同上委員会へ報告)
- ・ 地域住民の知る権利のための報告 (同上委員会及び環境保護庁を経て一般に公表)
  - 1) 有害化学物質一覧表又は化学物質等安全データシート (MSDS) の提出
  - 2) 緊急有害化学物質目録 (年間の保有量、保管場所等)
  - 3) 有害化学物質年間放出目録 (TRI)

さらに、1996年にリスクマネジメントプログラム法が制定され、1999年からは緊急時対応計画や過去の事故事例の報告を地域住民に公表することになりました。例えば、緊急時対応計画では、当該事業所で想定される最悪のケース (Worst case scenario) をもとにその対応計画 (周辺地域も含む) を策定し公表することになっています。つまり、事業所が自ら最悪の事故を想定しその対処計画を策定して地域住民に公表し、理解を得なければなりません。

#### 4. 化学物質のリサイクル

循環型社会形成推進基本法に基づき各分野でリサイクルが行われています。化学物質の分野でもリデュース・リユース・リサイクルの3R活動が積極的に進められています。

##### ○リデュース (Reduce)

限られた資源を可能な限り有効に使い、無駄な消費を控えて、最終的に廃棄する量を極力減らす取組です。

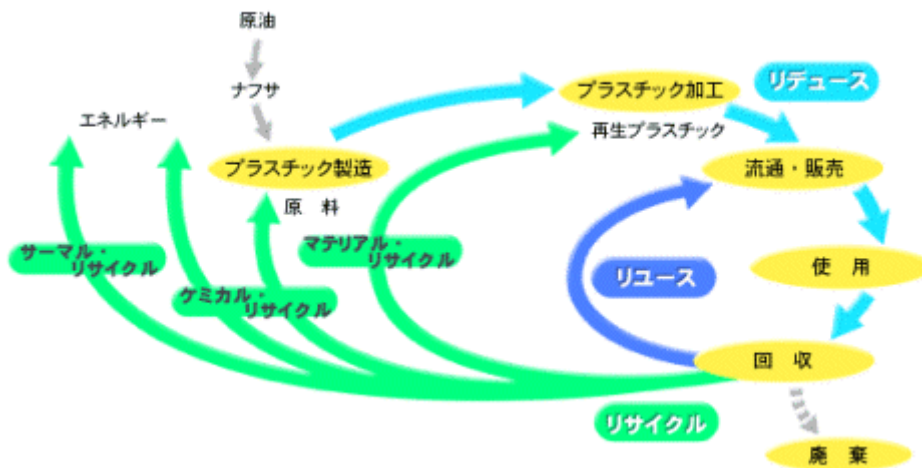
##### ○リユース (Reuse)

容器などの製品をくり返し再使用・再利用することによって、最終廃棄物の発生量を削減し、資源の節約をはかる取組です。

##### ○リサイクル (Recycle)

使えなくなった製品や材料、あるいは製造工程で出る端材などの屑を廃棄しないで、再び活用する取組です。このリサイクルには以下の3通りがあります。例えば、プラスチックを例に挙げると

- ・マテリアル・リサイクル：廃プラスチックを再びプラスチック製品に戻すこと。
- ・ケミカル・リサイクル：廃プラスチックをガスや油、原料（モノマー）に戻して再利用すること。ペットボトルを利用して衣料品を作るのもこうした利用です。
- ・サーマル・リサイクル：廃プラスチックを燃焼してエネルギーを電気や蒸気として回収し、再利用すること。自動車のタイヤを細かく刻んで燃料にするなどが行われています。



※詳細は石油工業協会ホームページ <http://www.jpca.or.jp> を参照

検討会委員

○リスクコミュニケーション推進事業検討会

原科 幸彦 東京工業大学

有田 芳子 全国消費者団体連絡会環境政策担当

大歳 幸男 旭硝子(株)環境安全保安統括本部主幹技師

柳 憲一郎 明海大学不動産学部教授

○教材ワーキンググループ

有田 芳子 全国消費者団体連絡会環境政策担当

吉川 肇子 慶應義塾大学商学部助教授

早瀬 隆司 長崎大学環境科学部教授

村田 幸雄 (財)世界自然保護基金ジャパン シニア・オフィサー

○監修

中杉 修身(独) 国立環境研究所化学物質リスク評価センター長

鳥居 圭市(社) 日本化学工業協会広報部長 兼 産業部長

発行 2002年3月 環境省

制作 (社)環境情報科学センター (株) P to PA

パズル制作 内仲 弘

制作協力 辻井拓也、大竹宏知、佐藤将仁、原科一彦、蓮井剛(慶応義塾大学)