

姉崎高校 特別講演 2023.6.20

化学産業と化学物質

～化学物質のリスクを正しく恐れる～

(一社)京葉人材育成会 代表理事・会長
東京大学工学系研究科 非常勤講師
中村昌允

KY 一般社団法人京葉人材育成会

私の略歴

1968年 ライオン油脂株式会社 (現 ライオン株式会社)入社
1988年 プロセス開発研究室長
1992年 素材開発センター所長
1998年 ライオンオレオケミカル(株)取締役坂出工場長
2001年 ライオンエンジニアリング(株)取締役
2005年 東京農工大学 大学院技術経営研究科 技術リスクマネジメント専攻教授
2008年 東京工業大学イノベーションマネジメント研究科客員教授を兼任
2016年 同特任教授(現在 環境・社会理工学院イノベーション科学系技術経営専門職学位課程)
2017年 安全工学会「北川学術賞」受賞
2018年 中央労働災害防止協会「顕功賞」受賞
セーフティグローバル推進機構「向殿安全賞」功労賞受賞
2021年 (一社)京葉人材育成会 会長

博士(工学)、技術士(化学部門)、労働安全コンサルタント(化学部門)

日本学術会議:リスク共生アプローチ小委員会副委員長、産業災害情報発信分科会委員

日本原子力研究開発機構 安全シニアアドバイザー、労働者健康安全機構:外部評価委員会委員長

JR東日本「安全のヒューマンファクターに関する検討会」委員、日本能率協会ISO-45001認定審査委員

日本化学工業協会:保安事故防止WGアドバイザー、PL相談センター運営委員

事故調査委員会委員:三井化学(株)岩国大竹工場爆発事故、(株)日本触媒姫路製造所爆発火災事故、
(株)荒川化学工業富士工場爆発事故、堺化学工業小名浜事業所湯川工場

KY 一般社団法人京葉人材育成会

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 2

本日、申し上げたいこと

1. モノには、リスクとベネフィットがある。
正しい知識を学んで、理解する。
2. 世界人口は、21世紀中に100億人に達するので、
エネルギー、食糧などの資源が不足する。
それを乗り切れるのは科学技術である。
3. 日本の国際競争力は、34位（スイスIMD評価）
一人当たりの国民所得は、27位
これからの生き残りのために、
一人ひとり覚悟が必要である。

概要

1. 化学産業と社会との関わり

化学産業は、日本で自動車に次いで2番目の産業である。

2. 化学物質は、怖いのか？

- (1) 一般社会の認識と専門家の認識
- (2) 化学物質の安全性はどのように評価するか。
- (3) 化学物質とリスク

3. 化学物質の安全性

4. これからの技術と社会との関わり

- (1) 地球上の資源、食料はいつまでもつか？
- (2) カーボンニュートラルと化学産業

1. 化学産業と社会との関わり



一般社団法人京葉人材育成会

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 5

身の回りの化学物質

・私たちの身の回りのすべてのものが化学物質でできている。
 現在、利用されている化学物質は数万種類ともいわれ、
 私達の生活は、多くの化学物質に支えられている。

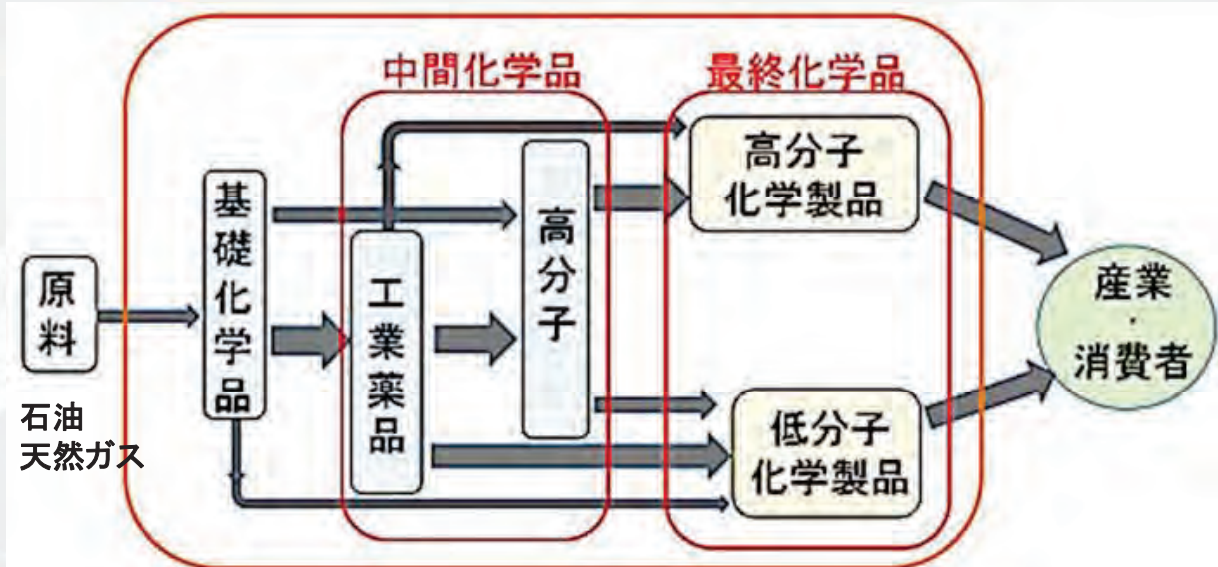


化学の可能性



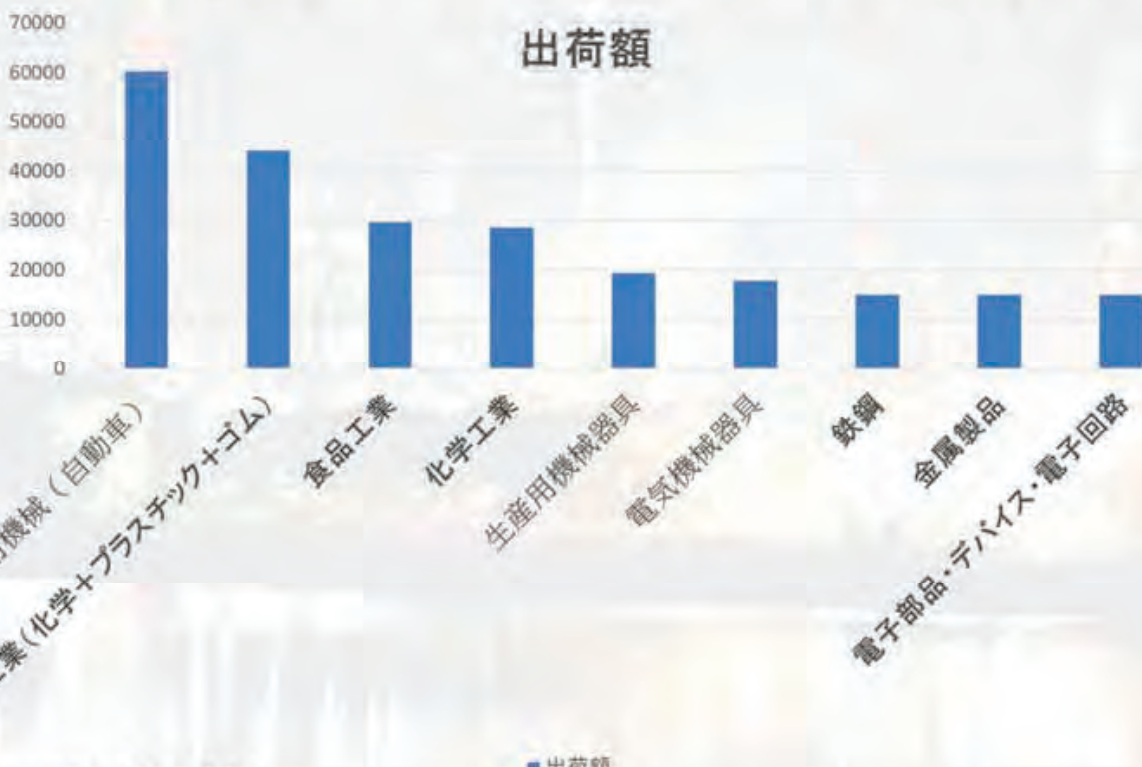
Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 6

(1) 化学産業の構成



出光興産 エネオス	住友化学 三井化学 三菱ケミカル 旭化成	デンカ AGC JSR 日産化学	ライオン 花王 資生堂 P&G ユニ・チャーム
--------------	-------------------------------	---------------------------	-------------------------------------

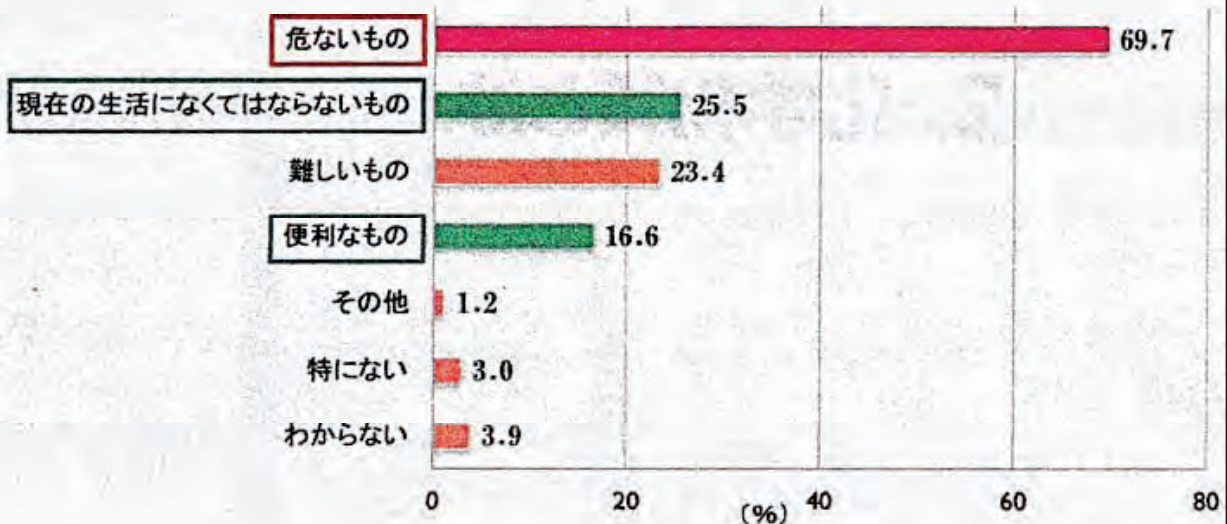
(2) 化学工業出荷額は、第2位



(3) 化学物質に対する認識

調査対象: 全国20歳以上の者 3,000人、有効回答数: 1,942人(回答率64.7%)
 調査期間: 平成22年6月17日~27日(調査員による個別面接聴取)

「化学物質」という言葉の印象



6 出典:「身近にある化学物質に関する世論調査」の概要(平成22年8月、内閣府政府広報室)

化学産業のイメージ

1. 化学産業は、日本で第2位の産業である。
 消費者向けの製品の材料となる素材を作っているので、
 何を作っているかは、一般からはイメージしにくい。
2. 化学産業は、我々の生活を支える「縁の下の力持ち」。
3. 化学物質に対する認識は、
 「現代の生活になくてはならない」、
 「便利なもの」だが、「危ないもの」というイメージが強い。

2. 化学物質は本当に怖いのか？

(1) あなたは、どう考えるか

- ① 化学物質は、「安全な物質と有害な物質に二分される」
- ② 農薬と食品添加物は、発がん性物質である。

(2) 化学物質安全性

① 化学物質毒性評価の歴史

スイス Paracelsus 「あらゆるものは毒である。
無毒にするのは、服用法のみである」

- ② 安全性評価方法
- ③ 「用量－反応関係」
- ④ 人間に対する安全量
事例 農薬

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 11

(1) 合成物質の安全性に対する理解

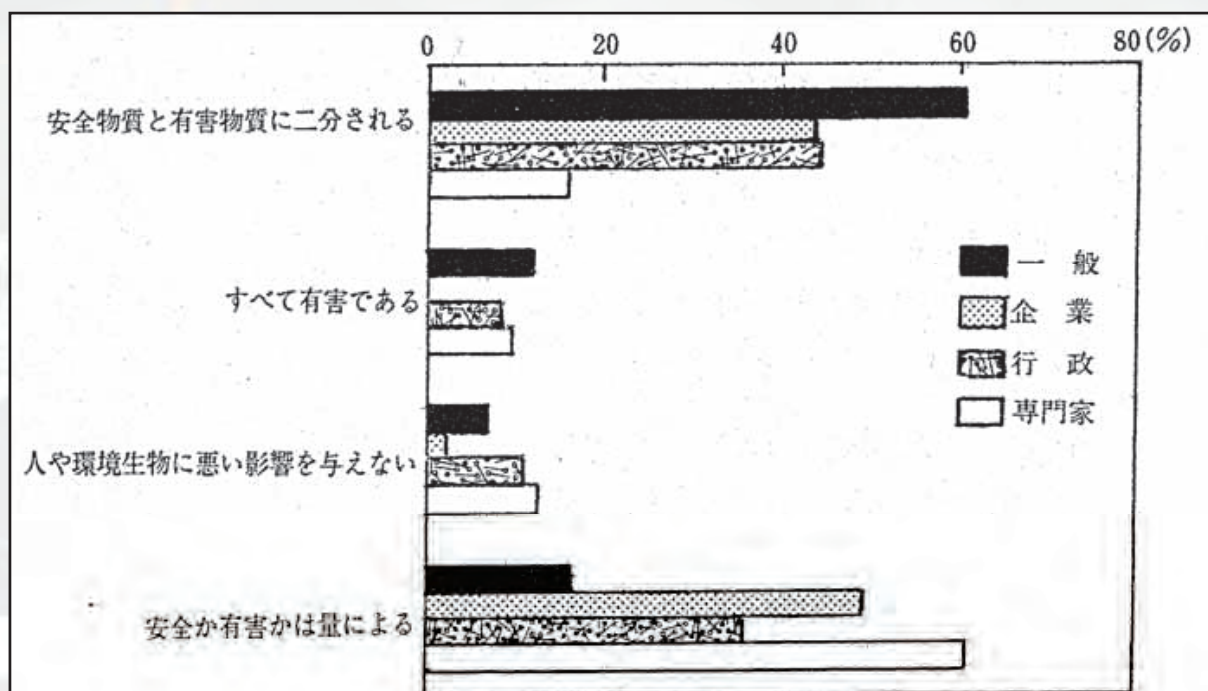


図 2・5 合成化学物質の理解

北野大 他「循環型社会への提言」、p63、研成社(2002)

北野大は、ビートたけしのお兄ちゃん



北野 大(きたの まさる、1942年5月29日)
化学者、教育者。
秋草学園短期大学学長。明治大学元教授
淑徳大学名誉教授。
専門は環境化学、安全学、工学博士

ビートたけし(1947年1月18日)
お笑い芸人。
本名は、北野 武(きたの たけし)、
漫才師・俳優・映画脚本家・監督

北野 大 先生の解説

1. 安全性に対し、生活者と企業の専門家、科学者の間で、最も大きな意見の相違は、
一般の生活者が、
「合成化学物質は安全物質と有害物質に二分される」
専門家は、「安全か有害かは量で決められる」と考えている。
2. 専門家でも60%しか、
化学物質の安全性を正しく理解していないことは残念なことです。

北野大 他「循環型社会への提言」、p63、研成社(2002)

(2)がん発生原因に対する 主婦と疫学者(専門家)の認識

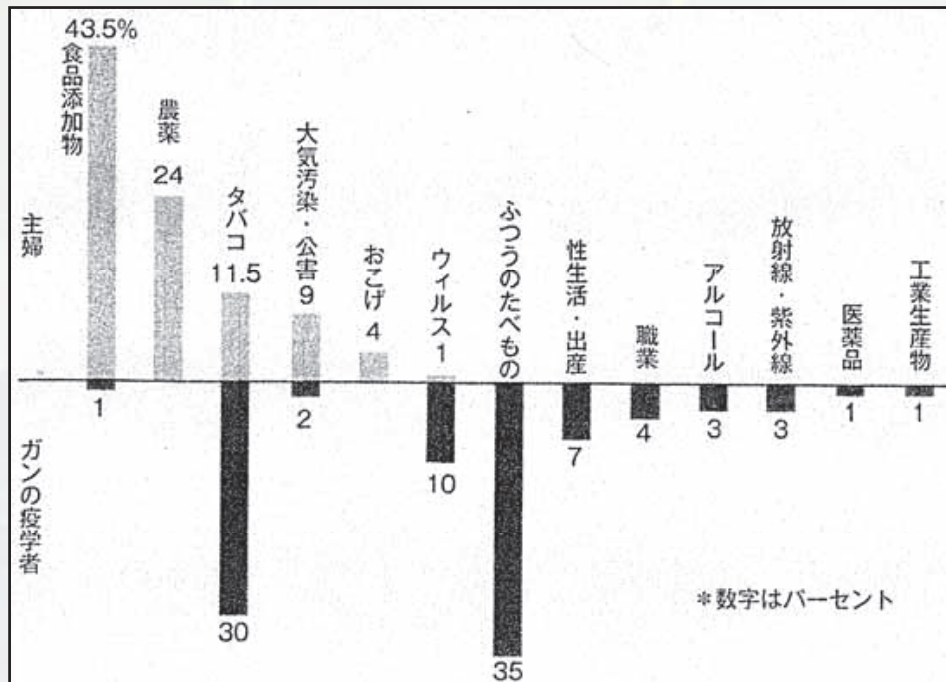


図 4.1 がん発生原因に対する主婦とがん疫学者の認識

出典：黒木登志夫、「人はなぜガンになるのか」、暮しの手帖、45号(1990)



© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 15

あなたは、どう考えるか？

1. 化学物質の安全性

- ・ 一般の人は、「安全物質」と「有害物質」に二分される。
- ・ 専門家(がんの疫学者)は、「安全か有害かは量による」

2. 発がん性物質について

- ・ 一般の人(主婦)は、食品添加物や農薬が危ない。
- ・ 専門家は、一般の食べ物が危ない。

(3) 毒性学の大前提

全ての物質は毒である。毒でないものは何もない。



あらゆるものは毒であり、
毒無きものなど存在しない。
あるものを無毒とするのは、
その服用量のみによってなのだ。

Alle Ding' sind Gift und nichts ohn'
Gift; allein die Dosis macht, das
ein Ding kein Gift ist.

Paracelsus (1493/94—1541) スイスの医学者、化学者

(4) 化学物質の安全性評価

＜安全性評価方法＞

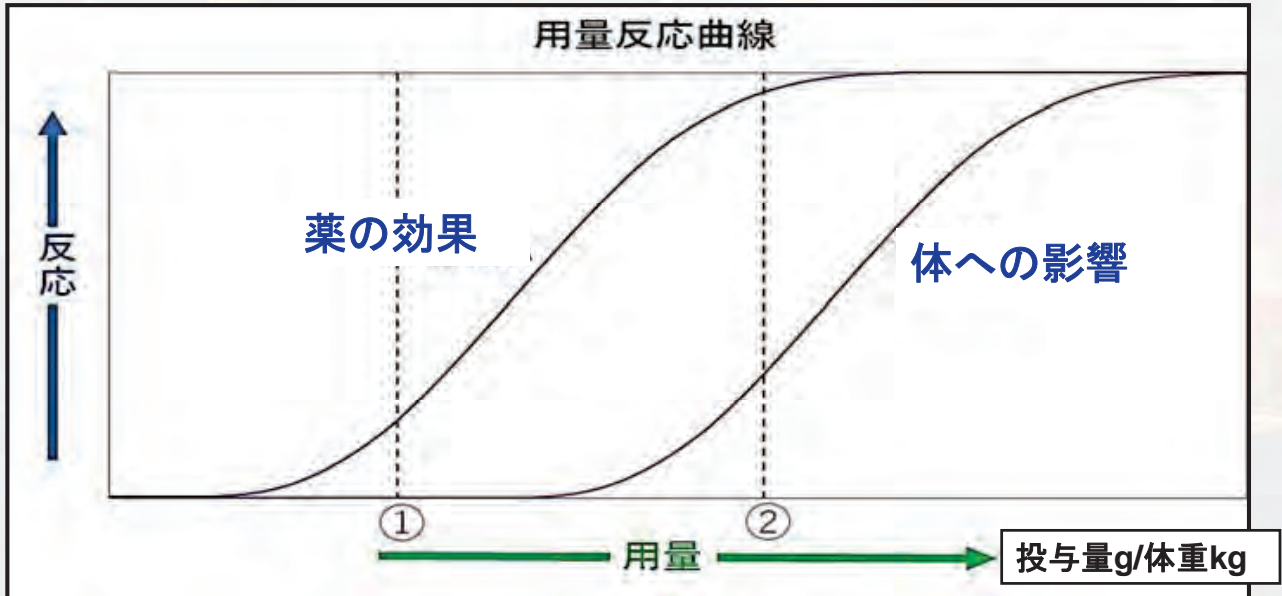
動物実験で得られる「用量反応関係」などから
「TDI: 耐容一日摂取量(1日に食べてもよい量)」を求め、
予測される摂取量と比較して、安全かどうかを判断する。

- ・ 毒性の強い物質であっても、
摂取量が無毒性値(NOAEL)より少ない場合は悪い影響はない。
- ・ 毒性の弱い物質であっても、
摂取量が無毒性値(NOAEL)より多い場合は悪い影響がある。

(5) 化学物質の用量反応関係

生物に化学物質などを投与した時に、その化学物質の用量と生物との反応(毒性や薬の効果など)との関係

横軸に化学物質の用量(投与量 g/体重 kg)、縦軸に生物などの反応



Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved

砂糖でも食塩でも食べ過ぎると害

＜動物実験から求めた半数致死量(LD₅₀)＞

毒性の程度	超毒性	強毒性	中等度毒性	軽度毒性	実際無毒性	實際上無害
LD ₅₀ 値	1mg以下	1~50mg	50~500 mg	0.5~5g	5~15g	15g以上
例	テトリス毒素 ホウ酸	パラチオン ニコチン 胃酸加	アセチルコリン カフェイン	塩化マグネシウム 酢酸	食塩 アルコール 石鹸 合成洗剤 シャンプー	外ウ 炭酸加ソーダ しょう油 砂糖

ライオン株式会社 知っ得情報「人体安全性のサイエンス」(2003)

LD50: 半数致死量のこと。化学物質をラット、モルモットなどの実験動物に投与した場合、実験動物の半数が試験期間内に死亡する用量のこと。投与した動物の50%が死亡する用量は、体重当たりの投与量(mg/kg)として表す。

(6) 人間に対する安全量

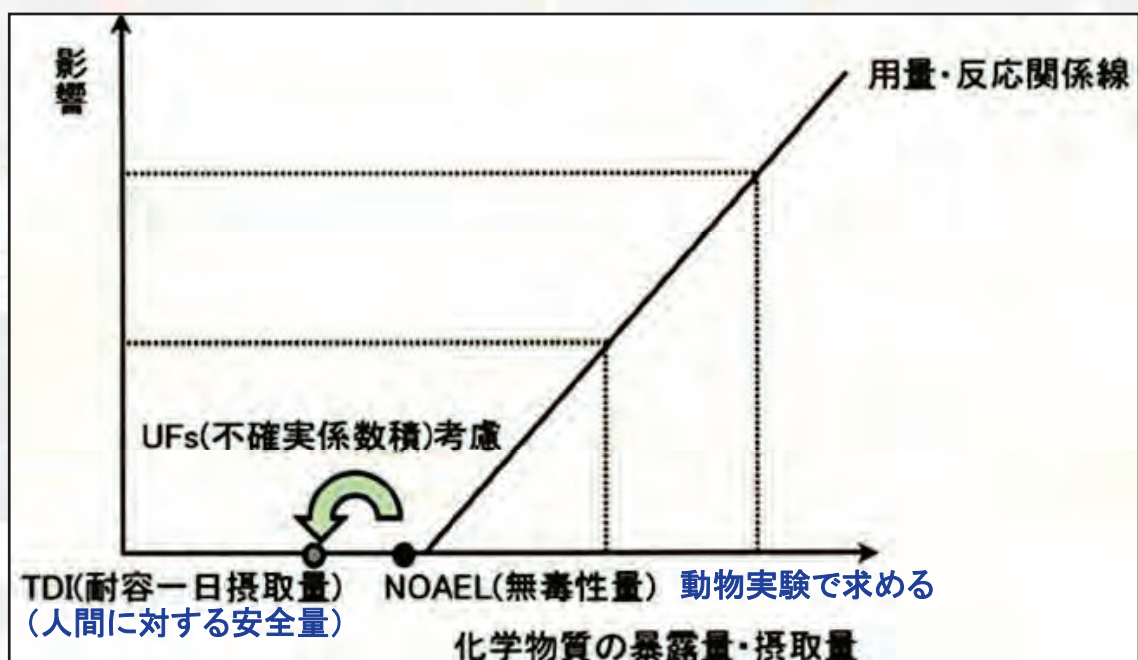
1. 動物実験によって、無毒性量 (NOAEL) を求める。

NOAEL: No Observed Adverse Effect Level
 化学物質が悪い影響を認められない無毒性量
 体重1kgあたりの1日の摂取量 (mg)

2. 人間に適用するには、 動物実験で得たNOAELに安全係数 (1/100) を掛ける。

- ・ 不確実性指数 : UF (Uncertainty Factor)
- ・ 耐容一日摂取量 : TDI (Tolerable Daily Intake)
- ・ 農薬・食品添加物などの場合
 最大摂取許容量 : ADI (Acceptable Daily Intake)

ADI (1日最大摂取許容量)
 TDI (耐容1日最大摂取量)



不确实係数(UF)の概念

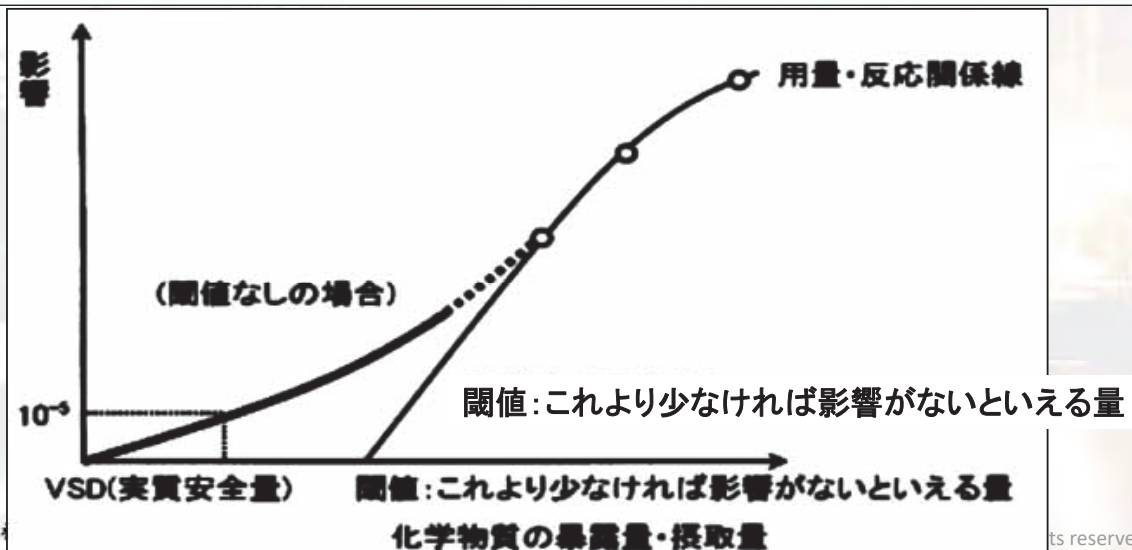
安全係数 = 1 / 不确实係数



出典 独立行政法人 製品評価技術基盤機構

(7)「閾値あり」と「閾値なし」

1. 発癌性物質の「量－反応曲線」には、閾値のないことが多い。
2. 閾値のない物質は、非常に少量の曝露であっても、何らかの影響の出る可能性がある。
どこまでを受け入れるかは、「科学」ではなく、「合意」となる。
実質安全量: 1 / 10万人の生涯 をもって実質安全とする。

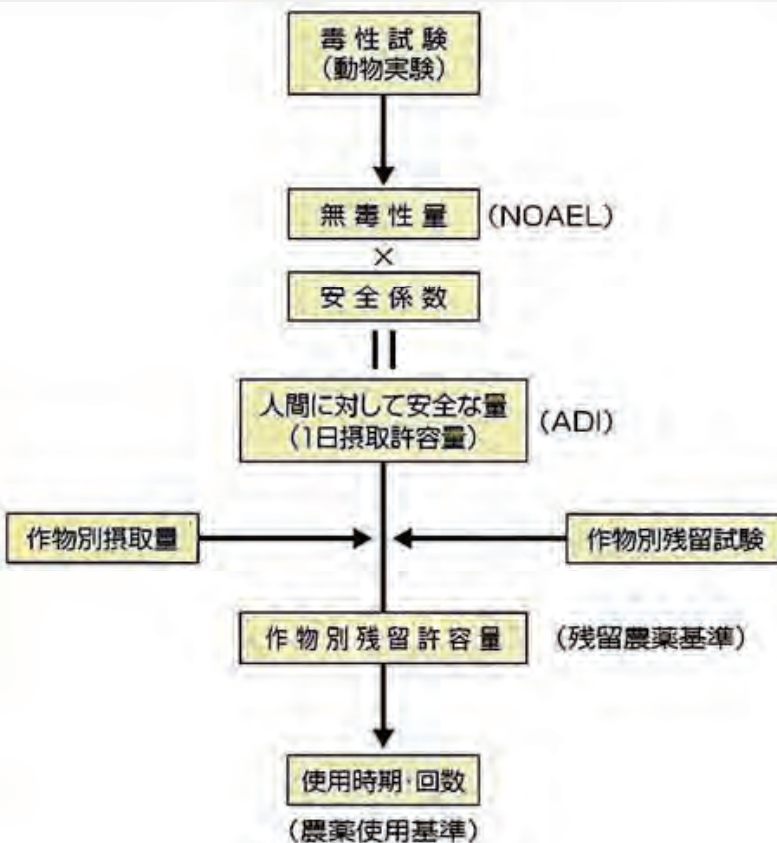


事例 農薬の安全性

＜農薬の使用基準の決め方＞

- ① 動物試験による無毒性量 (NOAEL) に基づき、人間に対する許容量 (ADI) を決める。
- ② 人間が、その農薬を、食物を通してどれだけ摂取するか。
 - ・ その農薬を所定の散布基準で使用した場合の残留農薬量
 - ・ 一人の人間が、その農薬が散布された食べ物を食べる量
- ③ 上記前提で、一人の人間が、その農薬を摂取する量を求め、ADI (許容値) 以下であることを確認する。
- ④ これを満たして、初めて、農薬として認可される。

(1) 農薬の使用基準



＜農薬の安全性評価＞

- 1. 動物実験で無毒性量
- 2. 人間の許容量
ADI: 1日摂取許容量
(安全係数 1/100)
- 3. 作物別摂取量、残留試験
- 4. 作物別残留許容量
(残留農薬基準)
- 5. 農薬の使用基準
(回数、時期、濃度)

農薬の開発には、
約10年、250～300億円
(1/3は、安全性評価費用)

出典「食べ物と農薬」 農薬工業会

農薬の使用基準と事例

1. それぞれの作物について、
食品衛生法に基づき、農薬の残留基準がある。
2. この基準を超えると、出荷停止、廃棄措置

<事例>

ある農薬(ADI 0.15mg/day)が、コメと野菜に使用される。

- ・ コメの成人1人あたりの一日摂取量 0.17キログラム
- ・ 野菜の成人1人あたりの一日摂取量 0.09キログラム
- ・ コメの残留基準 0.2ppm 野菜の残留基準 0.5ppm
 コメ: $0.2 \times 0.17 = 0.034\text{mg/日}$
 野菜: $0.5 \times 0.09 = 0.045\text{mg/日}$
- ・ コメ、野菜からの摂取量の合計 $0.034 + 0.045 = 0.079\text{mg/日}$
- ・ 摂取量の合計 \leq ADI(一日最大摂取量)

宮本純之「反論化学物質は本当に怖い」 化学同人

(2) 農薬ゼミ

食の安全や農薬について、じっくり学んでみませんか

毎日食べている野菜や果物、食卓に並ぶ前に使われている
“農薬”について考えたことはありますか？

家族のためにも“食の安全”を把握しておきたいですね。

農薬工業会が主催する「農薬ゼミ」では、

「農薬って、どんな働きがあるの？」

「人には害はないの？」

「安全性は、どのように確保されているの？」 など

なかなか知る機会のない農薬事情を徹底解説。

専門の先生が、楽しく、分かりやすく教えてくれます。

「農薬ゼミ」は消費者を対象としているため、一般的な講演形式ではなく、
参加者と対話形式で行い、できるだけ分かりやすく解説。

北野大さんの ちゃんと知らなきゃ!!

専門家、生産者、消費者 安心の農産物めざして

出席者

北野大さん (工学博士・明治大学教授)
 本山直樹さん (農学博士・千葉大学教授)
 真板数三さん (農学博士・財団法人残留農薬研究所理事)
 福永文男さん (南あわじ市農業生産者)
 (懇話会)
 雲野石子さん (フリーアナウンサー)



農薬ゼミ

第1部

第一部ではまず農薬研究の専門家・本山直樹さんが「農薬の定義について「農薬とは農作物を害する害虫」として、殺虫、殺菌、除草を挙げた。

病気、雑草、ネズミなどの防除、制御して作物を保護し、農薬の生産性を高めるために使用する薬剤のことと農薬として国が認められ、国に登録されたものに限られる」と説明。おもな目的として、殺虫、殺菌、除草を挙げた。



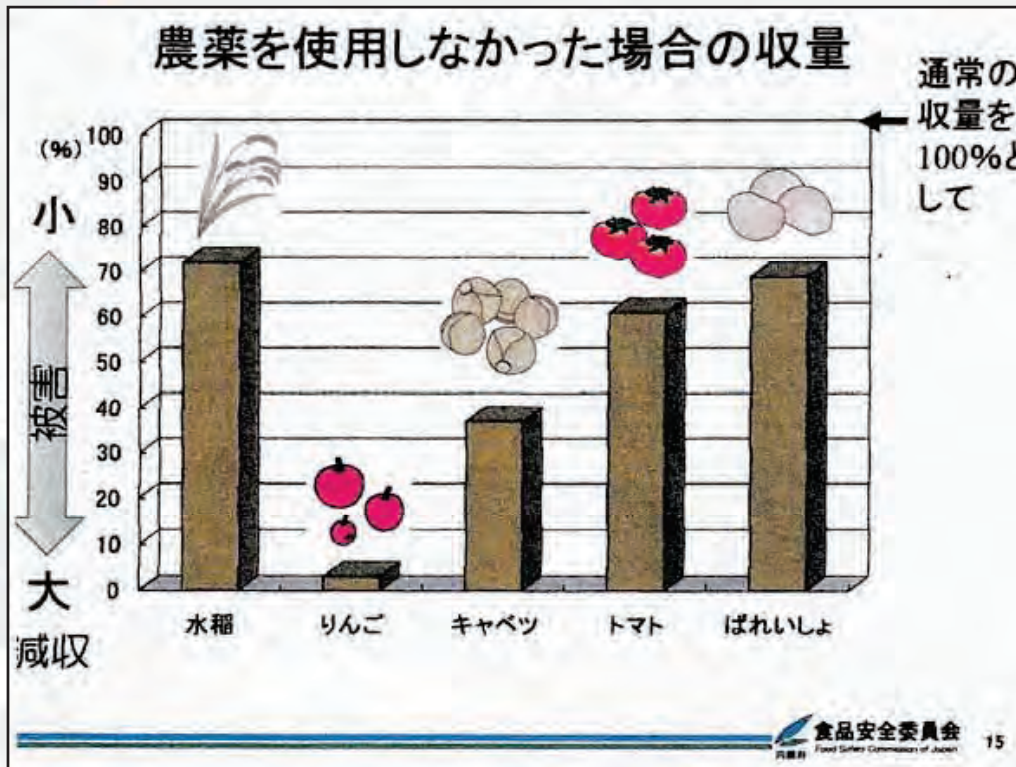
定されている。毎年、無作為に全国四千戸の農家を対象に使用方法をチェックしており、違反には厳しい罰則が設けられている。登録・認可された後も三年ごとに登録更新がされることになっていく。

法規制や農家の現状は

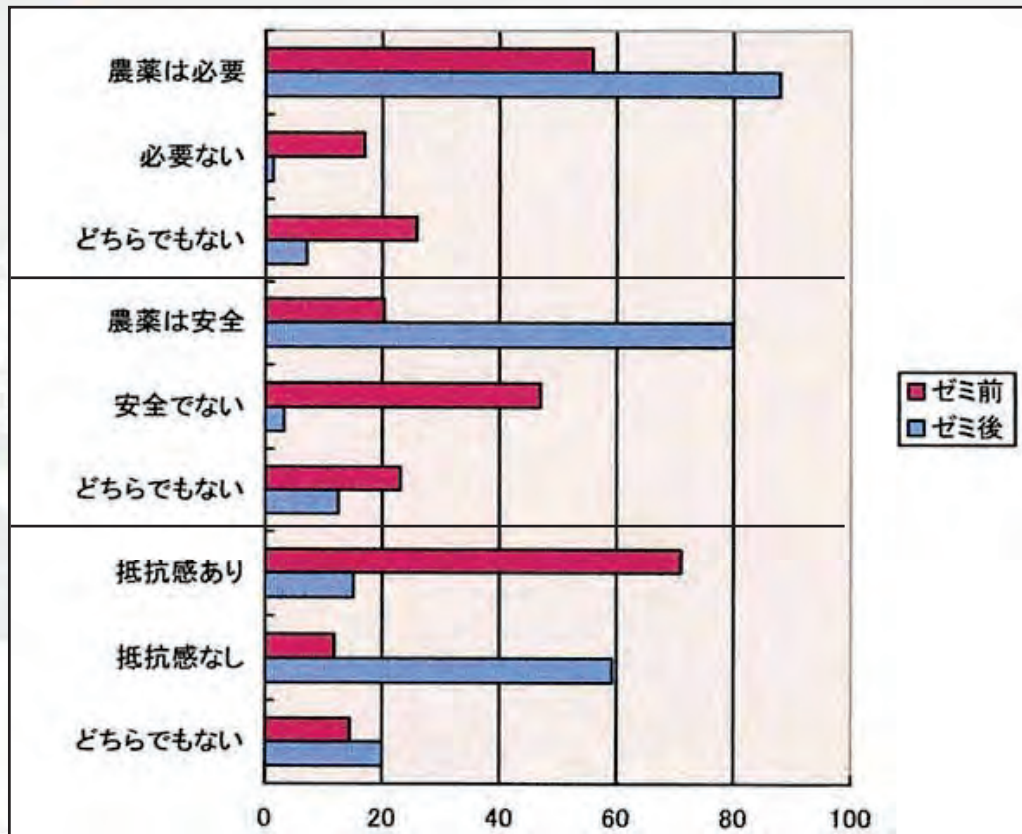
北野さんは「やはり日本の農薬に農家は慣れすぎていない。それなのに農薬に不安を持つのはその安全性についての知識と認識がないからではないかと問題提起し、第一部を締めくくった。」

また、食品衛生法の改正により、今年五月二十九日から「ポジティブリスト制度」が導入され、「流通するすべての食品に残留する農薬について規制されることになった」と紹介。さらに、実際に農薬を営む生産者を表して福永文男さんが「登録した農薬の人は、味や形が良く、カビや細菌に侵されていない農産物を農薬なしで生産するのは不可能」と意見を述べた。法には細心の注意を払い、J-Aの農薬マニュアルに沿って厳正に使用している農家の現状について紹介した。

出典: <http://www.jcpa.or.jp/news/seminar/pdf/20060925.pdf>



(3) 農薬ゼミ受講前後の認識の変化



化学物質の安全性のまとめ

1. 化学物質には、危険性(リスク)があるが、
正しく使えば、人間には害はない。

スイス Paracelsus

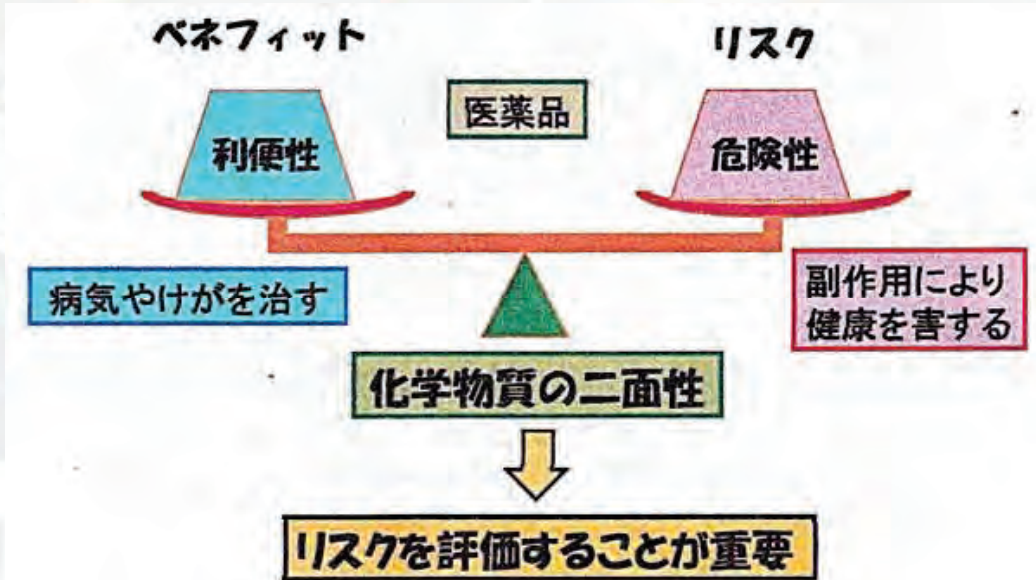
「あらゆるものは毒である。無毒にするのは服用量のみ」

2. 化学物質の安全性評価

- ① 動物実験によって、無毒性量:NOAEL(g/Kg)を求める。
- ② その無毒性量に、安全係数(1/100)を掛けて、
人間に対する安全量とする。
- ③ 安全量は、化学物質によって違いがある。
- ④ 発がん性物質には、
実質安全量 (VSD : Virtually Safe Dose)を採用する。

3. 化学物質の安全の考え方

(1) 化学物質のリスクとベネフィット



(2) 化学物質のリスクの大きさ

$$\text{化学物質のリスク} = \text{危険性有害性 (ハザード)} \times \text{ばく露量 (摂取量)}$$

ばく露: 吸ったり、食べたり、触れたりすること。≡ 体内に入ること

化学物質の**リスクの大きさ**は、**有害性の強さ**と**体内に入る量**で決まる。
 化学物質が**体内に入らなければ、リスクは発生しない**。
 有害性の強い化学物質が、少量でも体内に入れば、リスクは高い。
 有害性の弱い化学物質でも、大量に体内に入れば、リスクは高い。

まとめ

1. 全く安全な物質はない。
「メリット」と「デメリット」とのバランスで、
トータルリスクミニマムの判断をする。
2. 化学物質のリスクの大きさは、体内に入る量で決まる。
どんな化学物質も、使用方法を間違えれば「害」になる。
化学物質は、そのものが悪いわけではなく、
安全な使い方、安全な使用方法がある。
3. **大切なこと！**
正しい使用方法に基づいて、使用する。

4. 技術と社会はどう向き合うか

1. 21世紀の資源はどうなっているか？

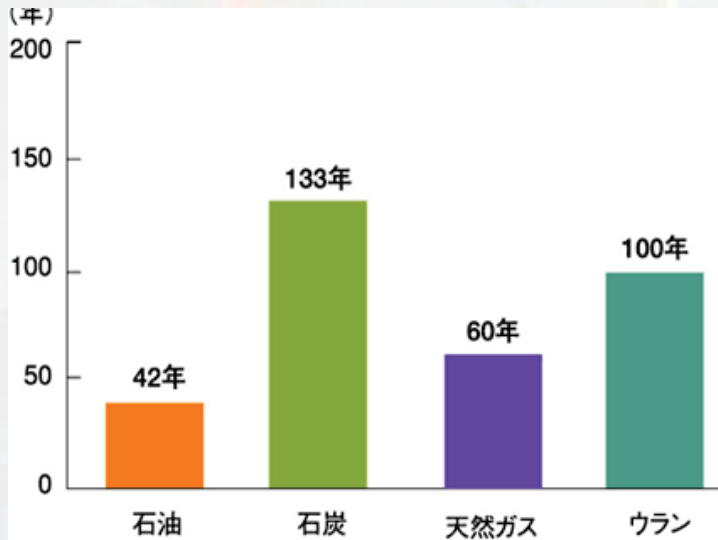
- ・ エネルギー
- ・ 鉱物資源
- ・ 食糧

2. 21世紀の生産の仕組みはどうか？

- ・ カーボンニュートラル
- ・ 地下資源からではなく、人工物から生産する時代

(1) 世界エネルギー資源の可採年数

出典: BP統計2007 及び URANIUM 2007 Resources, Production and Demand OECD・NEA/IAEA



確認可採埋蔵量

現在の技術的・経済的条件の下で
取り出すことのできる資源の量
これを、年間生産量で割ると、
可採年数になる。
需給逼迫により価格水準が
高騰すれば、
開発によって確認される埋蔵量が
大きくなる可能性がある。

出典: BP統計2007, URANIUM2007

**21世紀中には、エネルギー資源がなくなる。
新たなエネルギー源を開発する必要がある。**

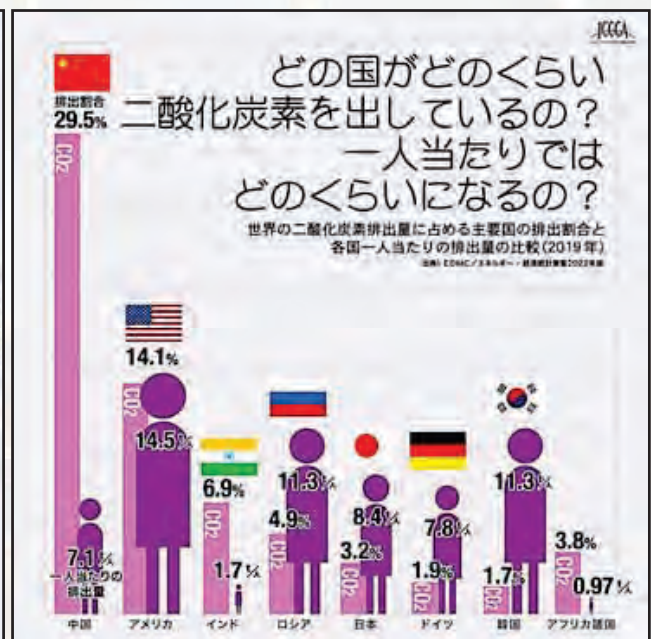
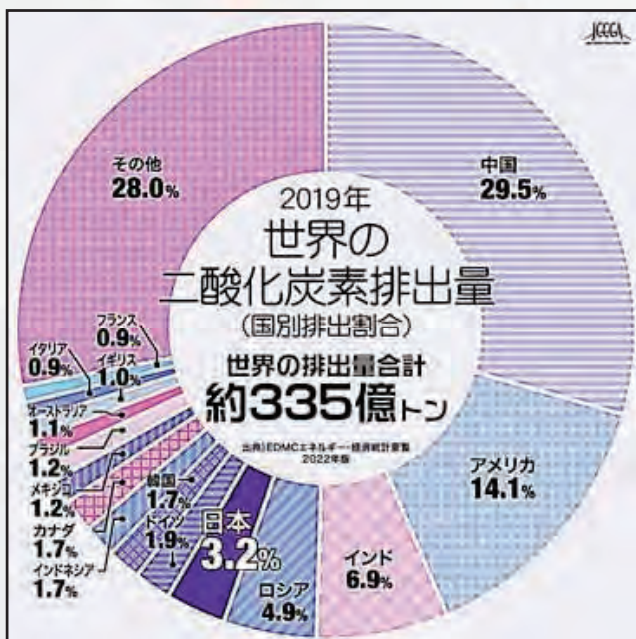


一般社団法人京葉人材育成会

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 37

(2) 地球温暖化問題とはなにか？

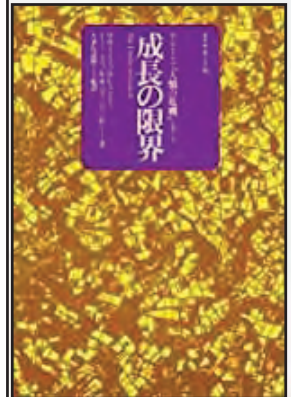
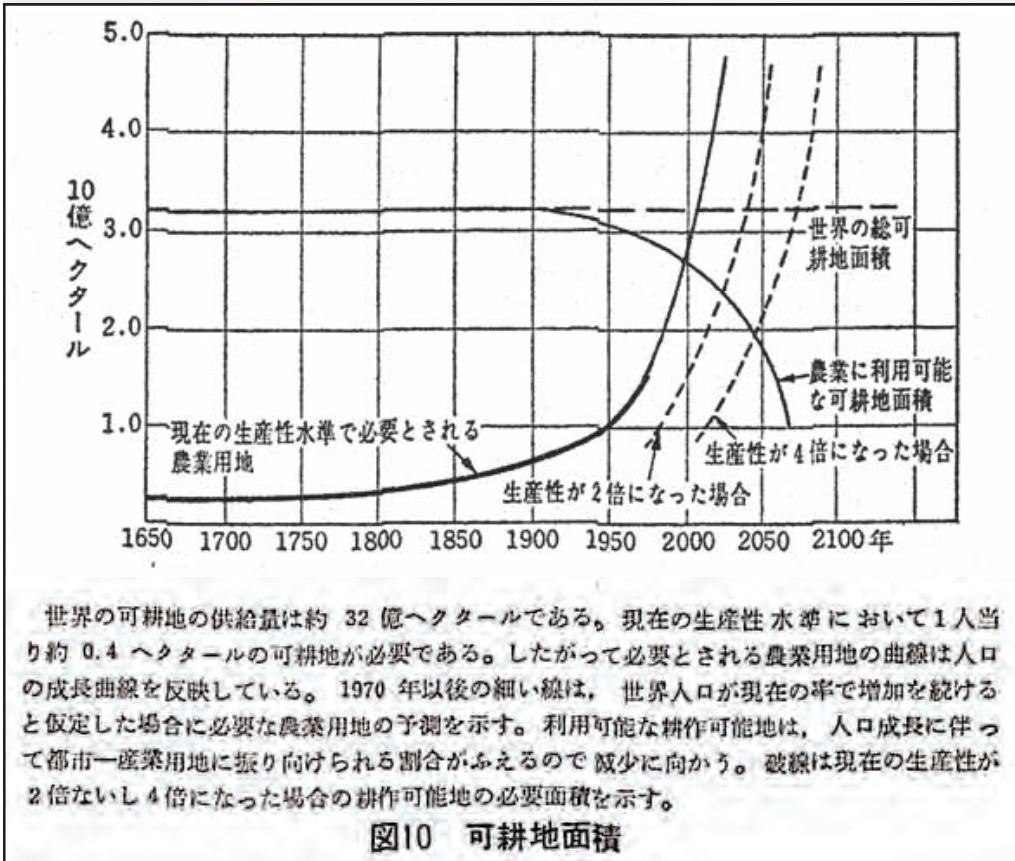
～CO₂排出量制限で解決できるか～



一般社団法人京葉人材育成会

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 38

(3) 食料問題とは何か？



「成長の限界」
ローマ・クラブ
「人類の危機」
レポート

ojinzai. All rights reserved 39

遺伝子組み換え作物輸入量(2019年)

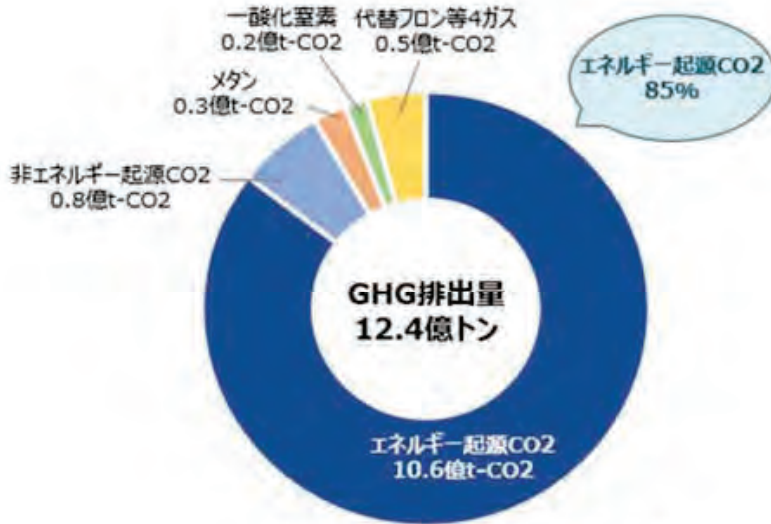
日本には毎年多くの遺伝子組み換え(GM)作物が輸入されている。
日本の食料自給率は、トウモロコシ、ワタおよびナタネでは0%、ダイズでは6%
国内需要を海外からの輸入で賄っており、GM品種が高い割合で使用されている。
日本に輸入されるこれらの農産物の9割程度がGM品種と推測

作物	日本への主要な輸出国 ※カッコ内は各国の 2018年GM作物付比率	作物の総輸入量 (単位：千トン)	うち組み換え作物の 推定輸入量※ (単位：千トン)	組み換え作物 推定輸入比率※
トウモロコシ (自給率0%)	米国 (92%)、 ブラジル (89%)、 アルゼンチン (97%)	15,983	14,476	91%
ダイズ (自給率6%)	米国 (94%)、 ブラジル (96%)、 カナダ (95%)	3,392	3,178	94%
ナタネ (採油用)	カナダ (95%)、 オーストラリア (22%)、 中国 (0%)	2,359	2,153	91%
ワタ (採油用)	米国 (94%)、 ブラジル (84%)、 オーストラリア (100%)	93	76	82%
	合計	21,827	19,883	91%

「農林水産物輸出入概況(R1)」、「ISAAA Brief54」「令和元年度食料需給表」をもとにバイテック情報普及会とりまとめおよび試算

(4) カーボンニュートラル

「我が国は、2050年までに、
温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)の排出を
全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、
脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。」



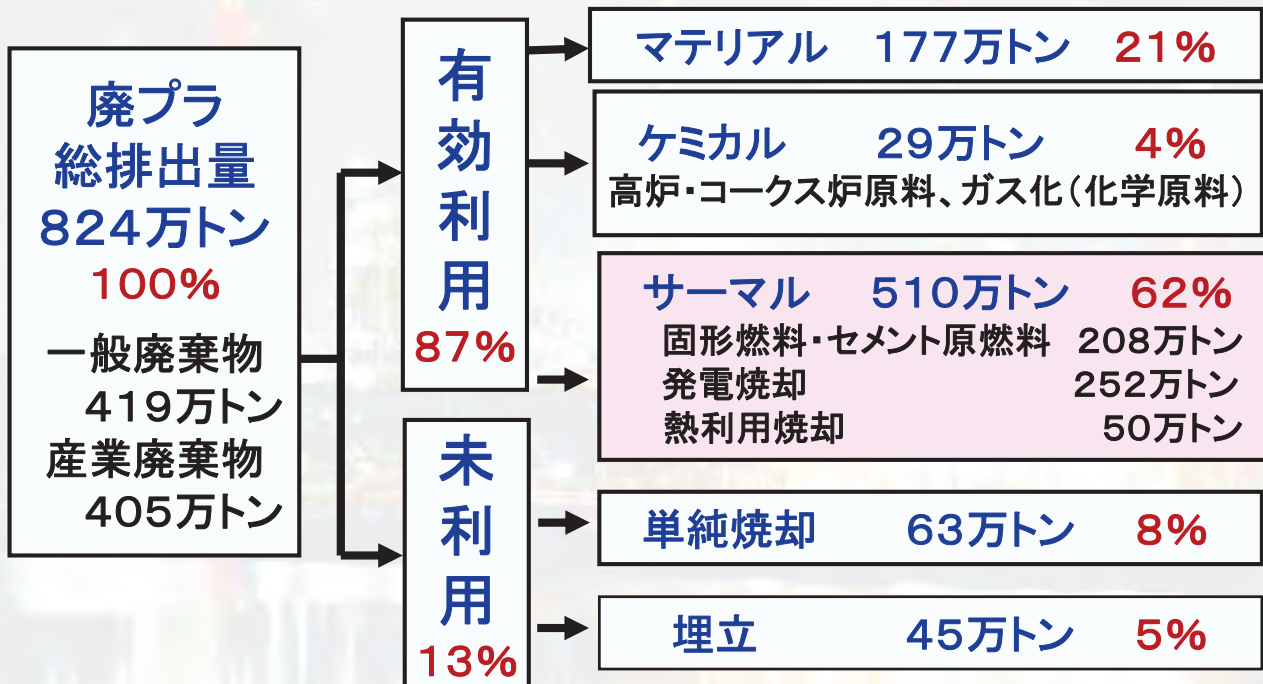
KJ 一般社団法人

※CO2以外の温室効果ガスはCO2換算した数値

Keiyojinzai. All rights reserved 41

プラスチックのリサイクル

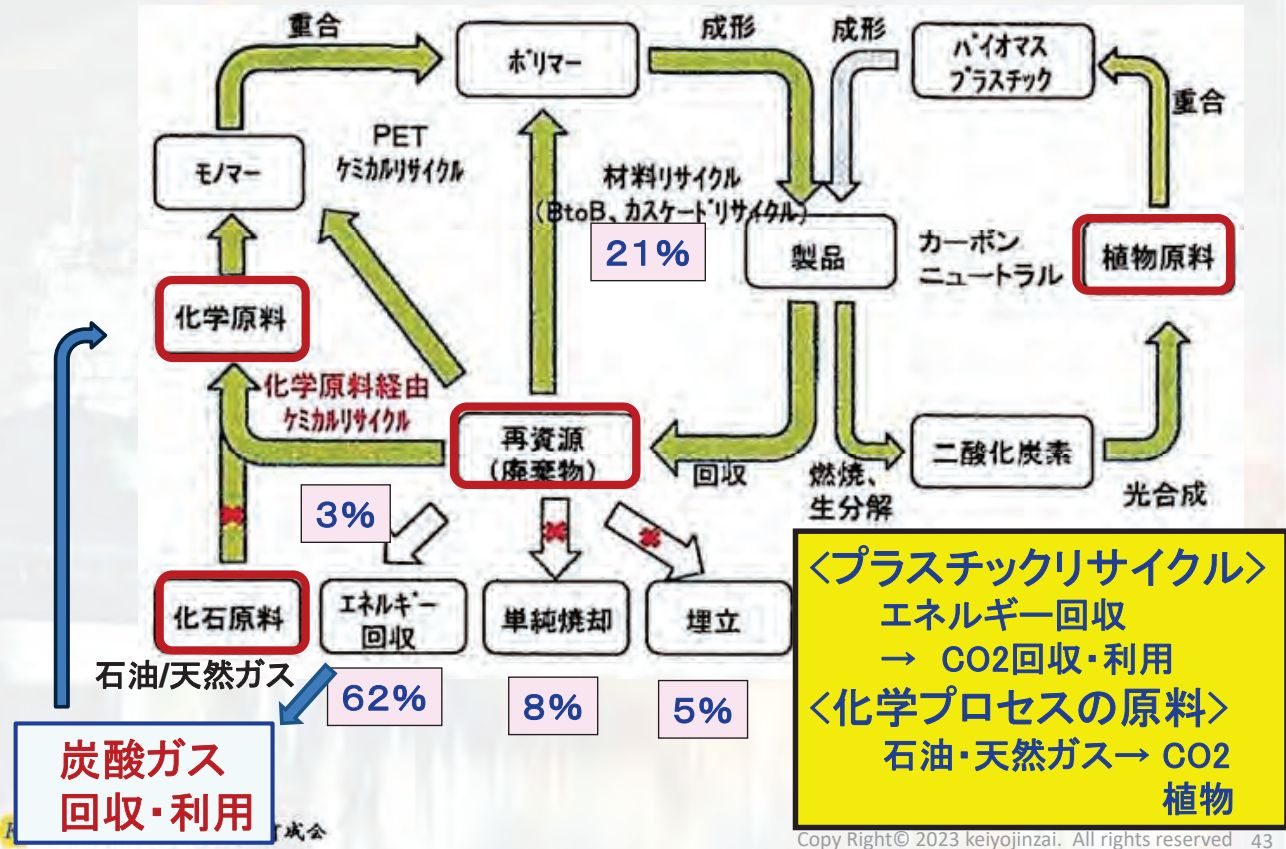
2021年度 プラスチック循環利用協会



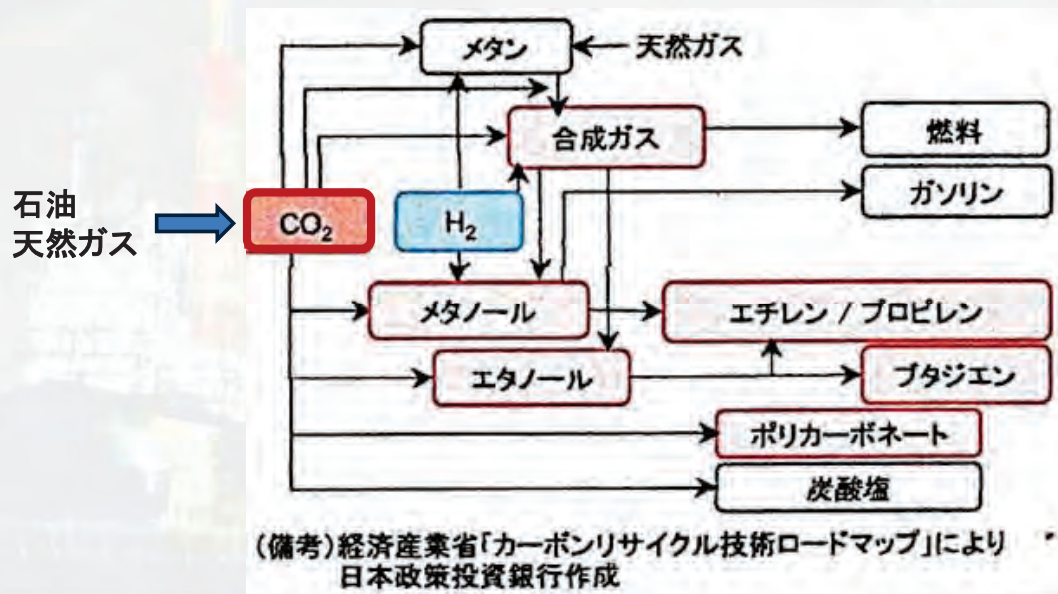
KJ 一般社団法人京葉人材育成会

Copy Right© 2023 keiyojinzai. All rights reserved 42

カーボンニュートラルと化学産業



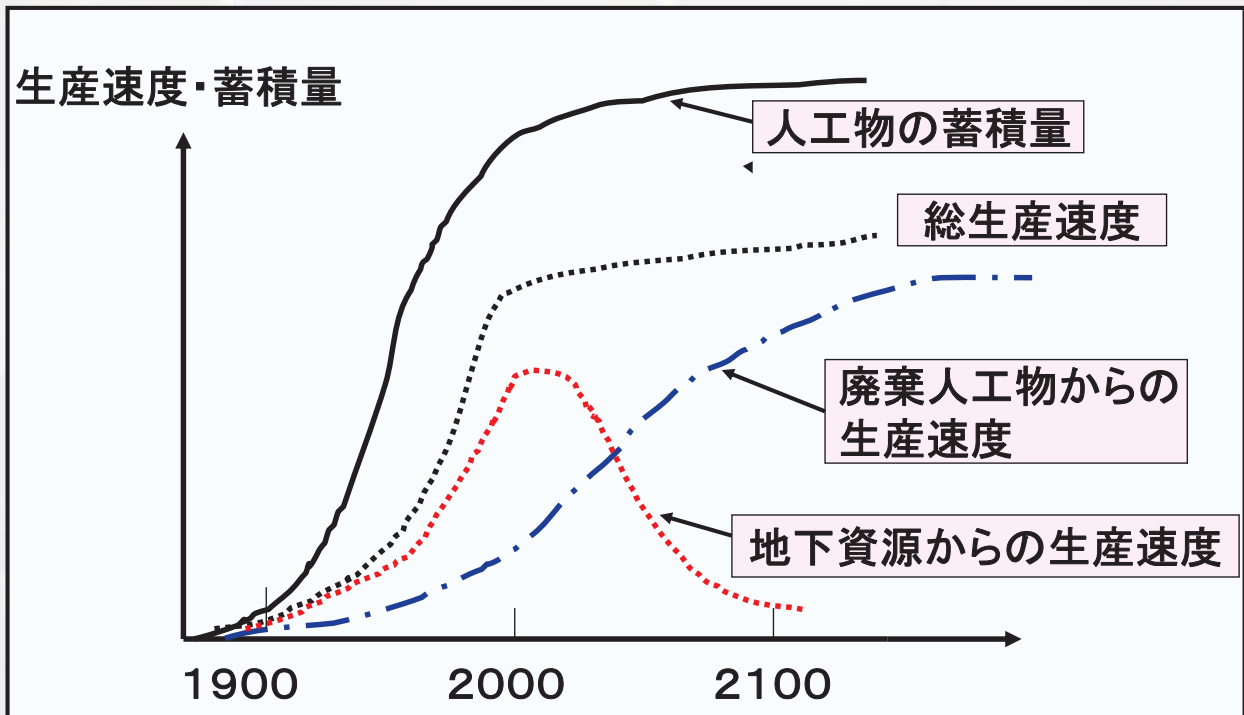
CO₂を出発原料とするプロセス



1. CO₂の吸収・貯蔵技術
2. CO₂を出発原料とする新たな合成技術、触媒技術

人工物の累積と生産の推移(概念図)

小宮山宏「地球持続の技術」岩波新書



宇宙船地球号の未来



皆さんに期待しています