

安全・安心を目指す化学物質管理の今

Management Aiming at Safety and Security of Chemical Substances

秋葉 恵一郎

Akiba Keiichiro

化学物質は、我々の生活に不可欠である一方、取扱いを誤ると人の健康や環境を脅かす有害な物質として作用する。そのため川上企業から川下企業までのサプライチェーン全体で、ハザードから暴露を考慮したリスク管理へと化学物質の安全管理の水準が上がった。ここにおいて化学部門の技術士として何が出来るかを考察してみる。

Chemical substances are indispensable for our life, but if we mishandle them they act as harmful substances to our health and environment. As a result, the handling level of chemical substances aiming at safety changed from the hazard to the risk considering exposure through the entire supply chain companies. We would like to consider what we can do as a professional engineer of chemistry in this situation.

キーワード：化学物質管理，ハザード，リスク，安全・安心，サプライチェーン

1 はじめに

1962年にレイチェル・カーソンが「沈黙の春」を著わし、発売後半年で50万部売れ、その日本語訳が1964年に刊行された。合成殺虫剤が使用された結果、自然界から鳥や昆虫がいなくなり本来の自然界が沈黙してしまったこと、残留化学物質が自然界を汚染していくさまやそれが人体に蓄積していく経緯等が事実を基にしてこと細かに記述されている。

その後しばらくして、1997年にはシーア・コルボーン他が「奪われし未来」を著わしたので、筆者も興味深く読んだ。環境ホルモン (e.g. DDT, PCB, ダイオキシン) が生体のホルモン作用を攪乱し、生殖障害を引き起こし、雌化現象、人間の精子減少等が現実のものになっていることを警告した。このように化学物質は、残念ながら時には目に見えない被害を引き起こすことが分かり、人々は驚愕し化学物質を悪者として見るようになった。

しかしながら、DDT (図1) は1938年に米国で開発された有機塩素系殺虫剤で、急性毒性が低い割に殺虫力が高く、安価なことから世界的に広く使用されてきた。またPCB (図1) は熱に対して安定で電気絶縁性が高く、耐薬品性に優れ

ているので冷却用熱媒体、変圧器やコンデンサといった電気機器の絶縁油、可塑剤、塗料、ノンカーボン紙の溶剤等幅広い分野に用いられてきた。両製品とも以前は有用な化学物質だったのである。

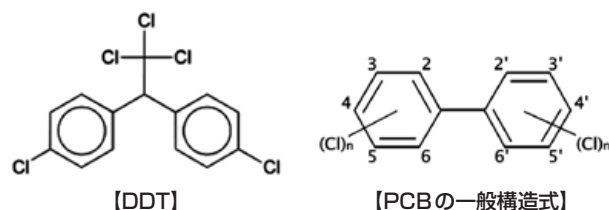


図1 DDTとPCBの化学構造式

2 化学物質の安全・安心な使い方

2.1 ハザード重視からリスク重視へ

お酒は少し飲んだだけでは酔わない。これはアルコールが閾値*¹範囲内で使用されたからである。もっと飲んでLOEL (最小影響量) を超えると生理的変化 (e.g. 顔が赤くなる、酔う) が起こる。「影響量」の範囲に入ってきたからである。更に飲んでかなり酔っぱらうとLOAEL (最小毒

* 1：閾値 (いきち)：「これより少なければ生理的影響なし」という化学物質の摂取量または曝露量を『閾値』という。従って、摂取量がゼロにならない限り有害な生態影響が出る場合は閾値がなく、一定量以下なら有害な生態影響が生じない場合は閾値があることになる。

性量)を超えて中毒(e.g.吐き気催す)を起こす範囲内に入ることになる。お酒以外、例えば食塩を取りすぎた場合には、のどの渇き、血圧上昇、むくみといった特有な生理現象が起こる。その他の化学物質でも図3のような用量反応関係線を描くことができるが、LOELやLOAELそして関係線の傾きは化学物質によって異なってくる。従って、どんな化学物質でも「閾値」の範囲内で使えば化学物質による短期的な悪影響は起こらない。

以上より化学物質の安全・安心な使用を考えるためのポイントは二つあると思う。一つは明確な影響、例えば、急性毒性のような「悪影響(ハザード)」を生じさせない閾値を天秤皿の一方に置き、他方には「化学物質のベネフィット」を置いてハザードを生じない範囲でベネフィットを利用するという視点、もう一つは「どのくらいの暴露量でどのような悪影響(e.g.慢性毒性)が生じるかという定量性評価」を天秤皿の一方に置き、他方には「安全係数を考えた上で悪影響を生じない使用方法及び使用量の推定という有害性評価」を置き、長期使用にも耐える使用という視点(科学的アプローチ)である。

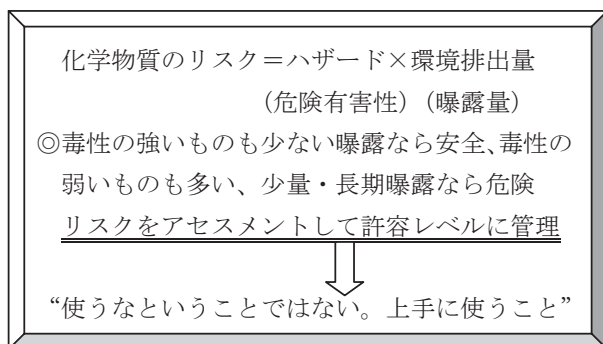


図2 化学物質のリスク管理

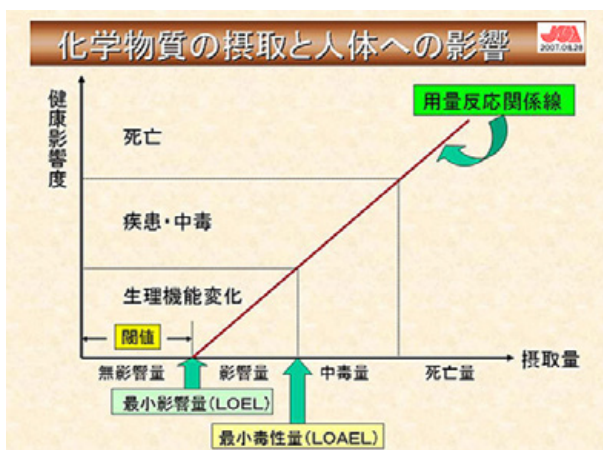


図3 化学物質の用量反応関係線¹⁾

お酒や食塩の場合は、各種のデータが揃っているので、どうすれば安全に使用できるかが分かっている。しかしながら、2012年3月、大阪府内の印刷事業場において印刷業務に従事していた作業者が胆管癌を発症した場合は事情が異なってくる。1,2-ジクロロプロパンが原因物質ではないかと疑われているものの、安全性のデータが事前に十分揃えられておらず、また作業者に知らされていなかったために安全な使用法が前もって採り得なかったためと思われる。1,2-ジクロロプロパンは、金属洗浄を始めとし、多くの工業用およびドライクリーニング用の優れた溶剤として長く使用されてきたので、何も起こらない段階では使われ続ける。天秤の“て”の字も脳裏に浮かばなかったのである。

当該事業所の作業者は地下一階にあるオフセット校正印刷工程で、印刷インクの洗浄にこの1,2-ジクロロプロパンを使用しており、高濃度で暴露されていた形跡があったようだ²⁾。同事業所の場合、胆管癌発症前は「暴露量×暴露時間×有害性」<「安全性×ベネフィット」だったものの、ある時期以降に破断界を超え、“不等号の向き”が逆になってしまったのだろう。

2.2 化学物質が原因の事故

化学物質の人への暴露に対して安全な対処法が前もって採り得ないのは、化学物質が原因となる事故の場合も同様だ。世界中で化学物質は至る所で生産され、取り扱われ、使用されている。種類は多くどこにどんな化学物質があるか、一般大衆には分からない。特に移送中に事故が起こった場合には被害が拡散され甚大だ。国内外で起こった事故事例(表1)を見るとこのことが良くわかる。

世界各国で起った公害や事故を防ぎ、原因となった化学物質をどう安全かつ有用に生産し使用するかに英知を注ぐため、世界各国が動きだした。2002年に南アのヨハネスブルグで開催された環境開発サミット(WSSD)で『透明性ある科学的根拠に基づくリスク評価およびリスク管理を実施することによって、予防的アプローチに

表1 国内外の事故事例³⁾

原因物質	発生年	発生場所	概要
イソシアン酸メチル	1984年12月	インド・ボパール	農薬製造工場でタンクの安全弁が破裂し、大量の有毒なイソシアン酸メチル等が流出・拡散した。20万人以上が被災。死者多数。
過酸化ベンゾイル	1990年5月	日本・東京都	化学工場で過酸化ベンゾイルの小分け作業中に爆発が起こり、8名が死亡、18名が負傷。
クロルピクリン	1993年4月	日本・愛知県（高速道路）	東名高速道路でクロルピクリン積載車両が交通事故で出火、クロルピクリンが漏洩。1名が死亡。
ヒドロキシルアミン	2000年6月	日本・群馬県	ヒドロキシルアミンをタンク内で再蒸留中に爆発が起こり、4名死亡、近隣住民など約60名が負傷。
硝酸アンモニウム	2001年9月	フランス・トゥルーズ	化学肥料工場で大爆発が起こり、周辺住民を含む31人が死亡、約2500人が負傷。
ベンゼン、ニトロベンゼン等	2005年11月	中国・吉林省松花江	石油化学工場で爆発事故が起こり（爆発で5人死亡）、主にベンゼンを含む多量の汚染物が松花江に流出。事故の影響がロシアにも及んだ。

留意しつつ、人の健康および環境への深刻な影響を最小限にする方法で化学物質を生産し使用することを2020年までに達成することを目指す』という「ヨハネスブルグ実施計画」が採択されている。これにより、国際社会は「ハザード管理からリスク管理」、「川上の化学産業から川中・川下企業までのサプライチェーン全体での化学物質管理」、「化学物質の安全・安心な製造・使用」へと移行する“パラダイムシフト”が起こった。これまでの機能・利益重視のビジネスモデルから、安全性情報が製品の付加価値となり、透明性のあるリスク情報の提供が企業の信頼性に直結するような方向にシフトした。

3 人や環境への影響

3.1 リスクの科学的検証

化学物質によるリスクは古くて新しい事象であり、事故や環境への汚染はなくなる。人の健康への影響は、取り扱っている化学物質を吸い込んだり、接触することで“危険有害性×暴露量”の割合で作業者の健康へ影響する（図2）。

また、一般消費製品の場合、消費者には“露出した皮膚への接触量×同製品使用頻度”の割合で、消費者の健康へ影響する。

人の健康への影響を評価する場合、ヒト無影響量（e.g.TDI：耐容一日摂取量）、取り込み量（e.g.EHE：ヒトへの推定暴露量）、発がんリスクファクター（単位暴露量当たりの発がんリ

スク：用量反応関係式の傾きの係数）等を視点として総合的に評価する必要がある。

また、環境生態への影響を評価する場合、環境中への排出、無影響濃度（NOEC：試験生物への影響が、対照群と比べて有意な差を示さない無作用濃度のうちの最高試験濃度）等を視点として総合的に評価する必要がある。生態環境に対しては、大気、水域、土壌、廃棄物中に排出された化学物質により、“慢性毒性×環境中の生物への経口摂取量（含食物連鎖）”の割合で環境中の生物、そして人の健康にもリスクを与えることになる。

なお、爆発や火災などでは設備や建物、それに人の生命・健康や環境に対してリスクが生じる。この種の事故は、環境中の生物にも“影響の大きさ×事故の発生頻度”の割合でフィジカルなリスクが及び、影響する範囲は広い。事故等による物理・化学的リスクを評価する場合は、事故の頻度・確率、放射熱、火炎飛散物の量を考慮要素として評価する必要がある。

3.2 技術士と化学物質の安全・安心管理

ここ3年程、技術士化学部門（選択科目：有機化学製品）の二次試験必須科目の問題に、SDS（安全データシート）やPRTR（化学物質排出移動量届出制度）を対象とした化学物質管理に関する問題、化学工場の操業管理や事故防止をどう達成するかに関する問題が出題されている。

一例を挙げれば、前者では「産業現場において適切に化学物質を管理する上で、検討すべき項目を多面的に述べよ」という問題、後者では「化学工場での事故要因を3つ挙げ、それぞれの事故防止策を示せ」という問題である。

筆者は最近、一部上場会社のN社が工場長の下に「化学物質管理者」を置き、工場に「化学物質管理委員」を置いている組織図を見た。これを見て、筆者は技術士に化学物質の製造と取扱いへの安全・安心対応が求められていると感じた。

4 科学の審判に対応できるか

我々は多くの化学物質に囲まれて生活を送っている。食の安全性を求めて食品添加剤、生活の便利さを求めて染料、美しさを求めた化粧品には添加剤、健康を求めて医薬品等が使用されている。また、洗剤には界面活性剤、プラスチック製品には難燃剤、木材には防腐剤が使用されている。

しかし、ご存じのように化学物質からの反逆もある。家を新築した場合、建材や塗料などに含まれている化学物質のホルムアルデヒド等が気密性の高い室内に放散されると「シックハウス症候群」が起こる。他方、界面活性剤や油溶性フェノール樹脂等の原料に使用されているノニルフェノールは水生生物や陸上生物にリスクを及ぼすとEUで判定されている。

人間が生活の満足を得るために作り出した化学物質による公害や事故が“人災である”ことは頭では分かっているが、そうだと簡単に認めるのは余りにも悲しい。しかし、「科学の審判」にさらされていることは、我々も世界も分かってきた。だから、“ヨハネスブルグ実施計画”が採択されたのだ。人間は『パンドラの箱』を開けてしまったが、まだ中には“希望”が残っている。その希望は人間の英知である。経済産業省は化審法、化管法で、厚生労働省は労衛法で、環境省は各種公害防止法でこの審判に対処しようとしている。世界も同様だ。

2018年秋に創立60周年を迎える化学部会

は、以上のニーズに少しでも応えられるように部会内に「化学物質管理研究会」を作り、それを母体にして、「一般社団法人 化学物質管理士協会」を今年中に創設する積りである(図4)。《化学物質管理士》という民間資格制度を創設するためである。今後発展的にデファクトスタンダードを目指し、化学部門等の技術士等が専門的に化学物質管理業務を行えるようになることを目指し、以下の仕組みを考えている。

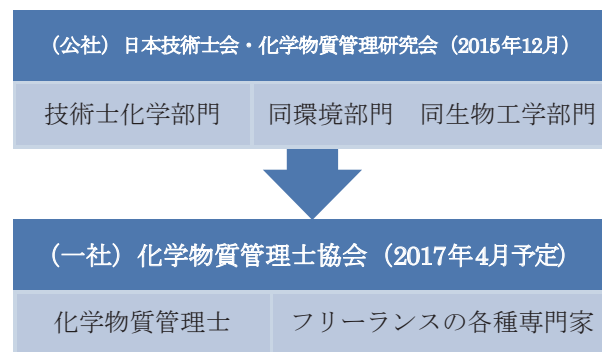


図4 「化学物質管理士制度」の創設

なお、本稿は3回の「安全・安心コーナー」の第1回目のものである。今後は化学物質管理研究会のメンバーが、“安全・安心”を化学の面、技術士の立ち位置、リスクコミュニケーション等から深掘りする予定である。

<参考文献>

- 1) http://jsda.org/w/O1_katud/jcseminar07_01.html
- 2) 「緊急特集 職業性胆管がん」産業保健, 21, 2012, 第70号pp.1-4
- 3) <http://www.nihs.go.jp/hse/c-hazard/jirei/>

秋葉 恵一郎 (あきば けいいちろう)
技術士(化学部門)

化学部会部会長
化学物質管理研究会会長
秋葉技術士事務所
e-mail: akibak@yg8.so-net.ne.jp

