

《論説》

アスベスト汚染対策規制に関する研究

勝 田 悟

目次

- 1 はじめに
- 2 環境リスクとその対策
 - (1) 慢性的毒性
 - (2) 汚染の事前評価
 - (3) 化学物質の性質と安全対策
 - (4) アスベストの MSDS と検出
- 3 汚染物質の拡散
 - (1) 環境汚染の発現までの時間
 - (2) 建材から放出される汚染物質との比較
 - (3) ラドンの放出との比較
- 4 対処
 - (1) 慢性毒性被害の原因
 - (2) LCA
 - (3) 環境中への放出防止
 - (4) 有害性の事前評価による適切な対処
- 5 まとめ

1 はじめに

「環境」の概念は極めて幅広く、感覚的に捉えられていることが多い。「環境問題」とされるものは、身近なゴミのポイ捨てから地球環境に関わるものなど複雑で多岐にわたり、その範囲も定まった概念とはなっていない。このため、環境問題のとらえ方も個人差があり、この認識の違いが、対処を難しくしている。さらに、汚染の影響または被害の発現が、長期間を経ることで、対処すべき原因が相乗的に複雑化する。

地球温暖化問題を例に挙げると、一般公衆は、地球温暖化によって氷河が溶解し海水面が上昇することや、気温が上昇することは理解できても、温暖化によって溶け出した氷河が、地球全体の海流を狂わせてしまったり、気象が異常な状態になってしまっていると気づくことは難しい。同様に、環境影響が短時間で直接被害に結びつくものは、一般公衆にとっても注意しやすいが、複雑なメカニズムを持って長期間を経て発病するものは、原因と結びつけることは困難と思われる。疾病の場合、そもそも、長期間を経たことで、合併症を生じていることも多いと考えられ、自覚することはさらに難しくなる。

アスベスト汚染被害は、この慢性的な影響を伴う問題の典型的な例であり、潜在的な被害者も莫大な数になると考えられている。また、アスベスト以外にも慢性的な毒性をもつ化学物質は身の回りに数多くあり、その潜在的な総リスクは計り知れない。今後のこれら化学物質による汚染に対して、予防、改善するために本規制のあり方が極めて重要であると言える。

2 環境リスクとその対策

(1) 慢性的毒性

有害性が高い化学物質は、反応性に富むものが多く、工業製品に様々に使用されている。その機能は科学技術には不可欠なものと言っても過言ではなく、現在の人間生活を支えている重要な要素となっている。しかし、産業に利用されない性質を調べることは、したがって企業にとっては製品開発のコスト増となり、いわゆる社会的コストの負担を嫌がる傾向がある。産業に利用されている化学物質は、毒性がわからないものが極めて多く存在しており、この全コストは莫大な額になることが予想される。化学メーカーなど企業によっては死活問題になる場合もある。但し、人の生死に関する大きな環境リスクが存在しているにも関わらず、安全対策を施されないまま放置されていることは許されないことである。

特に、この問題に何年あるいは何十年も潜伏期間があるような被害における時間に関わる要素を加えることで、因果関係を明確とすることが極めて難しくなる。加えて、膨大に存在する化学物質の有害性は、未だに解明されていない。中でも慢性毒性に関しては情報が無い。このことが、多くの企業が、慢性的毒性を持った化学物質を社会的に問題視されることなく、社会的コストを負担しないまま使い続けられた理由である。

したがって、慢性的毒性物質による汚染リスクを低下させるには、企業、一般公衆、行政の理解を得て、環境リスクの内容を正確に判明しなければならない。曝露が超微量となると、人に摂取されたこと自体が確認できないのが現状であり、汚染防止の理解はさらに難しくなる。

アスベストは、他の有害物質のように他の物質と化学反応（生体反応）して毒性を発現させるわけではなく、その物理的な形状が毒性の原因となっている。また、一般の環境中では、極めて安定であるため、急性の毒性が問題となることはない。すなわち、微量を吸い込んだ場合、ほとんど自覚症状がないことが最も危険であり、注意すべき点である。

（2）汚染の事前評価

化学物質は、環境条件が異なることにより、さまざまな性質が現れることとなる。産業では、その一部の性質を活用しているのみで、その他の環境条件での性質については、把握されていないことが多い。環境汚染問題は、ほとんどの場合、その把握されていない性質によって引き起こされている。仮にその汚染の原因となる性質がわかっていたとしてもその情報を伝達するシステムが整備されていない。本来ならば、性質の不明な部分には、可能な限り厳しい安全対策が施されなければならない。しかし、現状では、産業で利用される化学物質は、明確な被害を引き起こすことが技術的背景をもって明確に判明されなければ、法律による安全対策を施すことはできない。法律によって強制力が働かない環境保全対策は、化学物質を取り扱う者の自主的行動に頼るほかない。化学物質は、環境中で、空気酸化など他の物質と反応し

たり、紫外線による分解、気化、液化、固化または、放射性崩壊を起こす。また、有害性は、急性的に発生するものもあれば、発ガン性のように摂取から何十年もかかって発現するもの、または奇形など次の世代（子供）へその被害が現れるものと極めて複雑である。リスクをすべて回避するには、最も厳しい安全対策である完全シール（完全遮断）しか方法はないと思われる。

現在人類が持つ技術は、環境リスクに対して技術評価とその具体的対策を実施せずに、生産・使用・廃棄が行われるものがほとんどで、環境汚染の要因のエントロピーは自然の現象に従い増加の一途である。技術の環境リスク（ハザード×曝露〔頻度〕）に対する事前評価には、新技術の動向や経済的効果など不確定要因が多く、予測は非常に困難である。前述の通り、そもそも様々な技術に利用される化学物質も従来から使用されているものに関しては、⁽¹⁾MSDS（Material Safety Data Sheet）も整備されていないのが現状である。

（3）化学物質の性質と安全対策

一般環境の保全を法律で実施する場合は、環境リスクの不明部分も包括的に対象にしなければならない。まず、環境中における物質の排出や移動、及び貯蔵の基礎的データをまず整備することが、現時点における最も必要とされることである。環境中または生体に存在する微量化学物質を検出及びトレースする技術は飛躍的に進歩してきており、今後、挙動などが次第に明らかになっていくことにより、具体的な安全対策も可能となると考えられる。

アスベストによる肺ガンの被害は、1960年代からアスベストを取り扱っていた労働者及び家族に発生していたことが報告されていたにも関わらず、取り扱い企業で十分な対策が取られてなく、法律による対処も極めて遅い歩調だったといえる。その理由は、人がアスベストを吸引しても自覚が無く、長期間を経た後、肺ガンや悪性中皮腫を発症してもアスベストが原因と理解できなかったためである。その結果、実際には極めて多く存在する被害者が発見できなかったと思われる。アスベストが臭いを伴っていたり、急性的な毒性を持っていれば、存在確認が比較的容易に明らかとなり、深刻な慢性毒性の

影響を受ける可能性は低くなったと考えられる。

したがって、急性毒性が問題となったものは、再発防止のために早急に対処がなされる場合が多い。以前に先端産業とされていた半導体やファインセラミックスの製造現場では、使用している化学物質の急性毒性や発火による事故が多発し、社会問題となった。その事故の原因となった化学物質は、ドーピング工程等製造に用いられている特殊材料ガスで超微量でも人体に悪影響を与えるものである。化学的、物理的な性質や毒性などが、ほとんど知られていなかったため、行政による安全対策の措置が図られた。1988年に労働省（現 厚生労働省）では、「半導体製造工程における安全衛生指針」を策定し、特殊材料ガスの取扱いについて次の内容が示されている。⁽²⁾

①各設備の要件

- a. ガス供給設備
- b. クリーンルーム
- c. 各工程別設備
- d. 排ガス処理装置

②材料、容器等の取り扱い作業等

- a. 酸、アルカリ及び有機溶剤の取り扱い
- b. 特殊材料ガス等の容器の交換作業

③設備のメンテナンス

- a. 半導体用ガス使用設備等のメンテナンス
- b. メンテナンス作業
- c. 真空ポンプ油の交換及び処理

④廃棄物

- a. 廃棄及び貯蔵の方法
- b. 廃液の貯蔵設備
- c. 差し替え作業

⑤緊急対策

- a. ガス検知警報機

- b. 緊急遮断弁又は緊急遮断装置
- c. 異常時の対応
- d. 火災報知設備及び消火設備
- e. 作業規定の設備

⑥保護具

- a. 保護具の使用
- b. 保護具の備付け

⑦健康診断

⑧教育訓練

対策内容には、「化学物質の取り扱い」、「事故の際の対処」、及び「貯蔵、廃棄」の際の安全衛生対策が示されている。さらに、事故の予防措置として、「健康診断」、「教育訓練」も示されている。注目すべきことは、簡易なMSDSというべき「物理的及び化学的性質」が別表1～3（水素及び水素化合物11物質、ハロゲン及びハロゲン化物25物質、その他のガス7物質）に示されていることである。この情報により企業では、安全対策を立てやすくなった。

当該ガイドラインは、労働者に対して行われたため、企業の安全衛生管理の中で有効に働いている。対してアスベスト汚染は、安全衛生対策が行われるべき場所が定まっておらず、専ら吹きつけ材等建材の除去作業における安全衛生が注目されたことから、従来よりの粉じん汚染との分類が困難であったと考えられる⁽³⁾。さらに、アスベストを利用した製品を製造している労働現場では、そのアスベストの有害性や物理的・化学的性質等の理解が低かったため、半導体製造工程における安全衛生のように詳細な対策は定められなかった。その結果、近年莫大な数の被害者を発生してしまった。慢性的毒性という判明しにくい汚染に対して十分な対策が取られないと、数年から数十年後に拡大してしまった汚染の被害が発生することとなる。アスベストの代表的な3種類の慢性毒性による疾病は次⁽⁴⁾に示すように非常に長い潜伏期間を要している。

①アスベスト肺

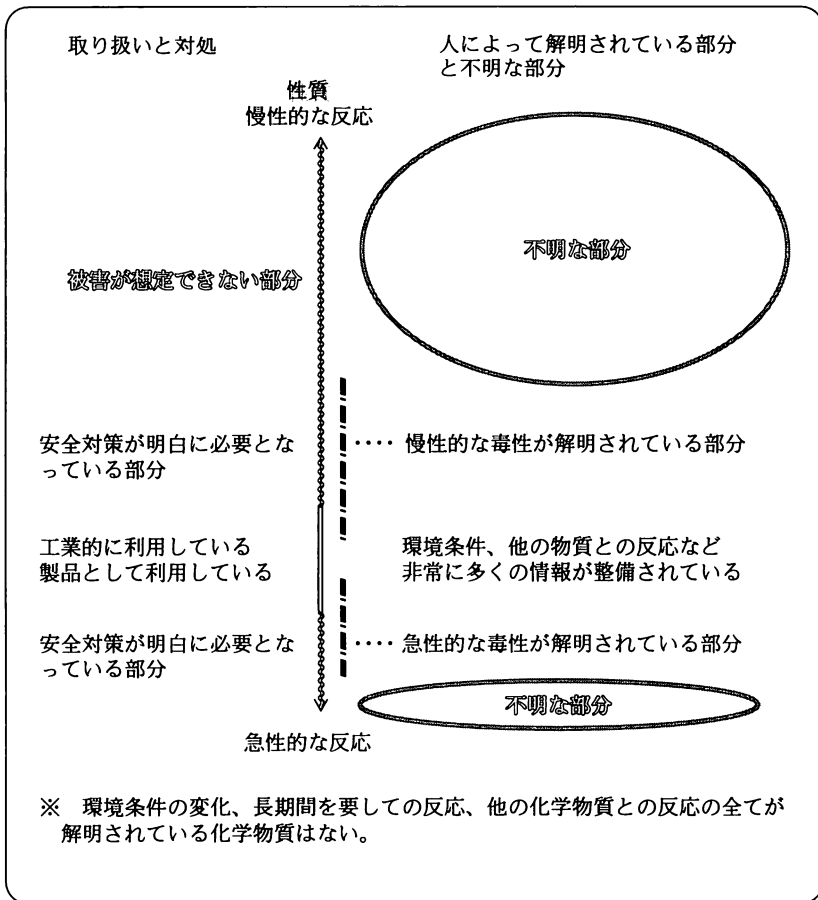
；潜伏期間：15～20年

②肺がん

；潜伏期間：15～40年

（発病のメカニズムはまだ十分に解明されていないが、アスベスト曝露と喫煙との組み合わせで肺がんの発症は相乗的に上昇するとの報告がある）

図1 個別化学物質の性質の解明と対処



③悪性中皮腫

；潜伏期間：20～50年

（若い時期にアスベストを吸い込んだ方のほうが悪性中皮腫になりやすいことが知られている）

また、以前アスベストを含有していた製品には、家庭用品（ドライヤー、ストーブ、オーブン、電気こたつ、トースター、温風器、給湯器、ファンヒーターなど）、自動車部品（摩擦材；クラッチフェーシング、クラッチライニング、ブレーキパッド、ブレーキライニング、ブレーキシュー）、実験室器具（アスベスト金網、実験室のグローブ、実験室のフード／テーブルの表面）、セメント材料への配合（セメント・パイプ、セメント壁板〔窯業系サイディング材など〕、石綿セメント円筒／煙突、住宅屋根に張られた化粧品、防火扉）、吹き付け材、化学プラント設備・施設などのシール材（シリンダー・配管など継目のシール）など極めて多くの材料に利用されており、環境汚染の可能性は非常に広い範囲が対象となる。アスベストの慢性毒性は、針状形状による物理的な刺激等が、健康被害を引き起こす原因とされているため、微量でも有害性を発揮する可能性がある。⁽⁷⁾

理想的には、アスベスト含有製品の全てが完全シールとなっていれば、汚染は起こらないと言えるが、現実には不可能である。少なくとも有害性が判明した時点で、関連製品の製造を禁止しなければ、生産現場、製品の利用場所、廃棄処理・処分関連の場所における潜在的な汚染は着実に拡大すると言える。すなわち、製造が禁止されなかったアスベストによる被害は、一般環境に拡散して存在しているため今後も増加し続けることとなる。2005年に公表された環境省の試算によると、アスベストを原因とする中皮腫及び肺ガンによる死亡者が、2006年から2010年の5年間で、最大で15,000人を超えている。

図1に示すように、化学物質の性質は、「工業的に利用している」又は「製品として利用している」部分については正確な情報が整備されているが、それ以外の有害性等の部分まで調査されているものは限られる。汚染による

被害を無くすためには、この不明な部分に対して最も厳しい対策を行うか、または、強制的に有害性等の調査を実施し、その結果に即した安全衛生対策を実施しなければならない。アスベストの有害性に関してもまだ明確に解明されていない部分が多い。アスベストを吸い込んだ量と中皮腫や肺がんなどの発病との間には相関が確認されているが、発病する量は未だ判明されていなく、今後の汚染対策は厳しいものが必要であると言える。

（4）アスベストの MSDS と検出

アスベストは、1986年に国際労働機関（International Labour Organization：ILO）で採択された「アスベストの利用における安全に関する条約」では、アスベストを岩石を形成する鉱物のうち、次に示すその分類のもの、または、その一種類以上を含有する混合物と定めている。しかし、未だそれぞれの MSDS の情報は十分に整備されていない。

①蛇紋石の群に属する繊維状の鉱物性ケイ酸塩鉱物

クリソタイル [Chrysotile]（白石綿）

②角閃石の群に属する繊維状の鉱物性ケイ酸塩鉱物

クロシドライト [Crocidolite]（青石綿）

アモサイト [Amosite]（茶石綿，カミングトン閃石—グリュネ閃石）

アンソフィライト [Anthophyllite asbestos]（直閃石）

トレモライト [Tremolite asbestos]（透角閃石）

アクチノライト [Actinolite asbestos]（緑閃石）

「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」では、MSDS に関して「指定化学物質等取扱事業者は、指定化学物質等を他の事業者に対し譲渡し、又は提供するときは、その譲渡し、又は提供する時まで、その譲渡し、又は提供する相手方に対し、当該指定化学物質等の性状及び取扱いに関する情報を文書又は磁気ディスクの交付その他通商産業省令で定める方法により提供しなければならない。」（第14条1項）となっており、2001年1月から施行されている。アスベスト（当該法施行令第

表1 アスベストの有害性データ

種別／ 政令番号	CAS番号	物質名								
特定1種 26	1332-21-4	アスベスト（全形態）（政令名 石綿） asbestos								
発がん性 クラス	変異原性 クラス	経口慢性毒性 クラス	吸入慢性毒性 クラス	作業環境 クラス	生殖 クラス	感作性 クラス	発がん性 クラス	生態 クラス	オゾン層 破壊	製造・輸入量 区分
1				2					100000	

主な物質	CAS番号	物質名
	12001-28-4	クロシドライト
	12001-29-5	クリソタイル
	12172-73-5	アモサイト

1. 発がん性データ

CAS番号	IARC	EPA	EU	NTP	AGGIH	産業衛生学会
1332-21-4	1	A		a	A1	1
12001-28-4	1			a	A1	
12001-29-5	1			a	A1	
12172-73-5	1		1	a	A1	

2. 経口慢性毒性データ

データなし

3. 吸入慢性毒性データ

データなし

4. 作業環境データ

ACGIH 許容濃度	CAS番号	TWA (ppm)	TWA (mg/m ³)	TWA 換算 (mg/m ³)	作業環境 クラス
産業衛生学会 許容濃度	1332-21-4		0.1fiber/cc	0.1fiber/cc	2
		許容濃度 (ppm)	許容濃度 (mg/m ³)	許容濃度換算 (mg/m ³)	作業環境 クラス

5. 生殖毒性データ

データなし

6. 感作性データ

データなし

7. 生態毒性データ

データなし

8. オゾン層破壊係数

該当せず

9. 変異原性データ

データなし

出典：環境省インターネットホームページより

(8)

1 条別表第一、26) は、第一種指定化学物質として定められており、環境省のインターネットホームページで、クロシドライト、クリソタイル、アモサイトの3種類のみの有害性に関するMSDSが公表されている。発ガン性の真があることは確認できるが、その他の毒性データは無しとなっており、十分な情報を備えているとは言えない。

また、アスベストの検出は、溶液の濃度やばいじんのパーティクルをカウ

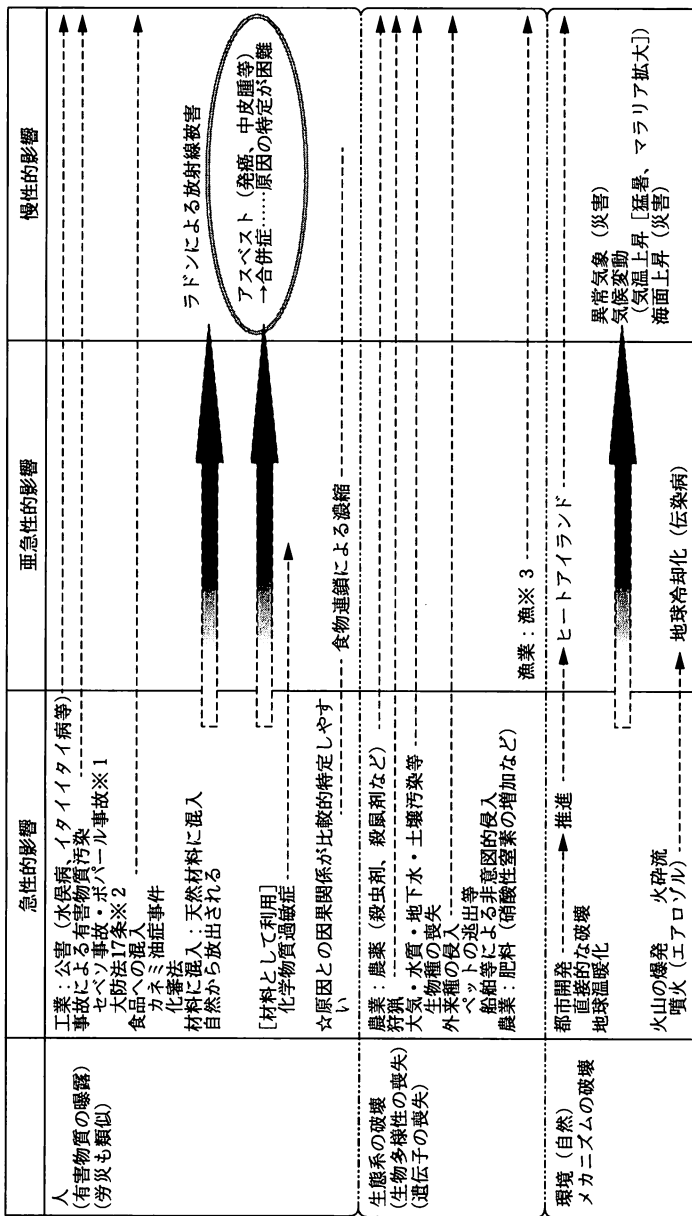
ントするような方法ではなく、結晶化した無機物質の性質を利用して、エックス線や電子顕微鏡を利用した化学分析が行われる。比較的高度な方法を必要とすることから、正確に存在を確認し、定量分析を実施できる分析機関は限られる。⁽⁹⁾ また、他の粉じんが同時に発生していると、アスベストと分類して取り扱うことは極めて困難となる。但し、他の有害物質のように溶解することはないため、所定の測定により分析すれば、環境中での存在は正確に把握できると考えられる。

3 汚染物質の拡散

(1) 環境汚染の発現までの時間

ここで、アスベスト汚染が様々な環境汚染の中でどのような位置づけにあるかを検討したい（図2参照）。急性的影響（汚染後すぐに被害が発生するもの）、亜急性的影響（汚染後、直接又は副次的に少し時間が経過した後、被害が発生するもの）、慢性的影響（時間がかかり経過した後、被害が発生するもの）におおまかに分類し、人への影響、生態系の破壊、環境メカニズムの破壊に分けて分析する。化学物質は、環境条件が異なることで多くの性質を現し、生体と反応すると、急性的な影響による被害であっても後遺症など長期間にわたる影響が現れ続けることもある。インド・ボパールやイタリア・セベソの農薬工場で発生した有害物質放出事故においては、後遺症や副生成物（ダイオキシン類）などで現在も苦しんでいる被害者が存在する。対して、アスベストの人体への急性的な影響は知られていないため、慢性的な毒性に限定した問題として取り扱われている。また、アスベストの採掘場や最終処分（埋め立て、場合によっては不法投棄を含む）などで環境に飛散した場合の生態系への影響に関しては不明である。鉱物として地中にあったアスベストが新たに一般環境中（地上）に存在するようになったことから、生態系に何らかの影響を与えることが無いとは言えない。他方、アスベストが環境メカニズムそのものに影響を及ぼしているという報告もない。しかし、

図2 汚染物質と人への影響



※1 セベソ事故：1976年7月にイタリアのミラノ近くのセベソで発生したセベソで発生した農薬工場（ボフマン・ラ・ロッジ）の爆発事故により周辺にダイオキシンが放出された事件で、翌年集団的流産被害が発生した。ボパール事故：1984年12月インド・ボパールの市の農薬工場（ユニオンカーバイド・インド）から貯槽中のメチルイソシアナートが漏洩し、その毒性により死者2000人以上、被災者20万人以上を出した。

※2 大気汚染防止法では、17条にのみ「特定物質に関する事故時の措置」が設けられている。

※3 養殖の場合、生態系への影響は無くなる。しかし、養殖時に魚に投与される抗生物質などが大量に利用される薬物が問題となっている。

地球温暖化防止対策のように法律によって省エネルギーや再生可能エネルギーの導入が図られる際に、対摩擦性、耐熱性など性能がよく安価な材料であるアスベストが使用されることも考えられるため、利用や使用を制限する対策を施す必要がある。各種製品を輸入する際にも事前にチェックする規制が必要である。新たな環境保全対策が新たな汚染を発生させることは避けなければならない。

（2）建材から放出される汚染物質との比較

シックハウス症候群⁽¹⁰⁾では、アスベストと同様に建材から発生する微量の汚染物質によって人への被害が発生している。曝露された者の症状は、頭痛、めまい、物忘れ、臭気異常等のアレルギー性疾患が認められている。原因とされる化学物質は新建材に含まれる微量のホルムアルデヒドや揮発性有機物質（Volatile Organic Compounds; VOC／キシレン、トルエンなど）による複合毒性と考えられている。アスベスト汚染と異なり、汚染物質の影響が比較的短時間でアレルギー症状として表れたこととで、社会的に注目を浴びた。また、汚染物質に悪臭を発する性質があったことで、人の嗅覚による存在確認も可能となり、法律による具体的な規制も進められた。

シックハウス対策のために改正された建築基準法（2002年7月公布、施行）では、危険有害物質濃度を回避する対策として以下の項目が示されている。

①規制対象とする化学物質：クロルピリホス及びホルムアルデヒド

②クロルピリホスに関する規制居室を有する建築物には、クロルピリホスを添加した建材の使用を禁止

③ホルムアルデヒドに関する規制

a. 内装の仕上げの制限居室の種類及び換気回数に応じて、内装仕上げに使用するホルムアルデヒドを発散する建材の面積制限を行う。

b. 換気設備の義務付け、ホルムアルデヒドを発散する建材を使用しない場合でも、家具からの発散があるため、原則として全ての建築物に機

械換気設備の設置を義務付ける。

c. 天井裏等の制限天井裏等は、下地材をホルムアルデヒドの発散の少ない建材とするか、機械換気設備を天井裏等も換気できる構造とする。

したがって、有害物質による環境汚染問題は、短時間で被害が発症、または存在が自覚できると、技術的な説明もすすみ社会的にも注目されやすくなる。対して、アスベストは、汚染が予想できていたにもかかわらず、労働現場を除いて、使用禁止には至っていない。やはり、慢性毒性への理解があまり無いことが問題であると考えられる。

(3) ラドンの放出との比較

大地から大気中に慢性的な毒性を持った気体であるラドン (^{222}Rn) が放出されている。この気体は、ラジウムが α 崩壊して生成される放射性化学物質である。国連科学委員会 (UNSCEAR) の報告では、ラドン及びその娘核種⁽¹¹⁾は自然放射線の57%に及ぶとされている。ウランが原子崩壊して生成した化学物質は、ラドン以外は常温ですべて個体であるので、あまり一般には知られていない。さらに慢性的な毒性が問題であるため、一般公衆にとってリスクを理解することは難しい。人体にラドンガスが吸引され生体内の細胞(肺)に入り込むと、その後放射線を出し続け、長期間の被爆となってしまう。放射能による慢性的な健康障害として貧血、白血病、老化の促進、突然変異等の虞があり、ラドン特有のものには肺ガンの発症が指摘されている。アスベスト汚染とは、空気中から経口摂取されることと、生体内の細胞に強い刺激を与えることで健康障害を生じる点が類似している。汚染源となりうるものには、天然鉱物が配合された建材や土地そのものから発生するラドン、及び地下水、天然ガス、液化天然ガスに含まれているラドンの気化である。

しかし、わが国では放射性物質は、環境関連の法律での規制対象にはできない。その理由は、「環境基本法」第13条で「放射性物質による大気の汚染、水質の汚濁及び土壌の汚染の防止のための措置については、原子力基本法

（昭和30年法律第186号）その他の関係法律で定めるところによる。」とされていること、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」第2条の廃棄物の定義でも「放射性物質及びこれによつて汚染された物を除く。」とされていること、さらに「土壤汚染対策法」第2条第1項でも放射性物質は同様に法の対象から除かれることが定められているからである。したがって、環境中に存在するラドンは、環境法による安全対策は取られていない。

国連科学委員会（UNSCEAR）では、気密性が高い室内や浴室内（シャワー室内）でラドン濃度が高くなるとしている。特に省エネルギー性を高くした密閉性がよい室内の被爆が大きくなることを懸念している。わが国にもラドンが発生する地点は数多く存在しており、天然鉱物が配合された建材も多い。しかし、それらの危険性を確認されることはなく、現状も把握されていない。また、一般公衆に注意を促すこともされていない。ラドンは、アスベストと同じ慢性毒性であるため、被害が発生しても原因を特定することは困難と思われる。また、アスベスト被害と同様に被害が発覚した時点で既に莫大な数の被害者が存在してしまっていることにもなりかねない。環境汚染は、行政区分に関係なく時間的空間的に拡大するものであり、縦割りにされた行政によって非合理的な対処になってしまっていることが懸念される。

4 対処

（1）慢性毒性被害の原因

慢性的な毒性による被害は、長期間を経る間に複数の原因が考えられることがあり、因果関係の証明が極めて困難になってしまうことがある。米国では、既にアスベストと喫煙による慢性毒性の被害原因の競合が発生している⁽¹⁴⁾。

Herman, v A. C. & S., Inc, Porter Haydan Co (1991) 事件では、32年間防熱用アスベストで覆われたボイラー及びパイプ・タンク等が据え付けられた区間で作業していた者（原告、32歳）が、アスベストが原因の肺ガン等を発症していたとして損害賠償を求めている。アスベストを利用した装置を使

用していた雇用主（被告，S., Inc, Porter Haydan Co）は，アスベストの粉塵飛散が原因ではなく，原告の喫煙が原因であるとした。対して，原告は，肺ガンの発症が認められた14年前に禁煙していたので主たる原因はアスベストであるとしている。

当該訴訟は，和解となり，原告雇用主69%，工事請負業者と資材供給業者が31%の過失を認め，和解金額の1,662,500ドルが原告に支払われている。

現在では，有害物質の影響を評価する研究では，喫煙量が多い者は原因が不明確となることから正確な結果が得られないとされており，喫煙は少なからず生体影響を与えていると言える。今後わが国におけるアスベスト被害者を救済する際，他の汚染源との因果関係が問題になると考えられる。医学的説明は極めて困難であるため，様々な情報を客観的に審査し，アスベストによる発症の蓋然性の高さを判断することになる。

(2) LCA

LCA（Life Cycle Assessment）の検討では，海外での原材料の採取の際の汚染及び，輸送時の汚染部分を除いて検討されることがある。例えば，地球温暖化原因物質である二酸化炭素の排出に関する LCA 分析では，海外での原料採取や移動の部分が除かれ，国内の排出量にのみに焦点が当てられることが多い。地球温暖化原因物質の環境放出を防止するための国際的規定を定めた京都議定書では，各国内についての温暖化物質排出について削減目標を示しているため，現材料の調達先である海外の放出状況には余り目が向けられない。このため，地球温暖化という地球全体の環境問題であるにも関わらず，国際間を移動する原材料であっても，国内の中のみしかライフサイクルの評価がなされていないのが現状である。地球環境保護の目的を明確に捉えているとは言えない。

アスベストについても，海外での原材料の状況についてはあまり注目されていない。国内で利用されているアズベストは，旧ソ連，カナダ，ジンバブエ，南アフリカなどから大量に輸入されたものである。原料鉱物の掘削の段

階では、鉱物の状態であり、毛羽だった状態に加工されていないが、採取方法によっては飛散している恐れもある。さらに国際間における輸送の状況も調査し、正確な LCA を実施する必要がある。また、過去には、国内でもアスベスト鉱山が操業していたこともあるため、汚染の事例を過去から調査し、現在のこれら鉱山におけるアスベストの飛散防止など安全対策について再確認する必要もある。

一方、前述のとおり以前家庭で使用していたトースター、ドライヤー、天花粉などにもアスベストが含有されており、これらの製品の現状を把握する必要がある。また、現在でも多くの建築物にも利用されていることから、使用状況等を確認し、環境リスクを確認する必要がある。アスベストの有害性は、数十年を要する慢性毒性であることから LCA 情報が整備されなければ、将来の莫大な被害を予防することはできない。

また、アスベストのように産業界に様々に利用されてしまうと、使用中止による経済的なデメリットも大きくなってしまい、代替品の開発・普及の制約も大きくなる。また、LCA 分析を行う際にも、用途毎の極めて多くの情報収集と評価が必要となり、環境リスクを把握することも困難となってしまう。

(3) 環境中への放出防止

①作業環境

作業環境に関しては、「労働安全衛生法」の特別法となる「石綿障害予防規則」（2005年2月制定，7月施行：以下，石綿則とする）で規制されている。本規則は，特定化学物質等障害予防規則より分離されたもので，アスベストを大量に輸入していた頃に作られた建築物の解体に対処するために作られたものである。総則では，事業者の責務として，「①事業者は，石綿による労働者の肺がん，中皮腫その他の健康障害を予防するため，作業方法の確立，関係施設の改善，作業環境の整備，健康管理の徹底その他必要な措置を講じ，もって，労働者の危険の防止の趣旨に反しない限りで，石綿にばく露

される労働者の人数並びに労働者がばく露される期間及び程度を最小限度にするよう努めなければならない。②事業者は、石綿を含有する製品の使用状況等を把握し、当該製品を計画的に石綿を含有しない製品に代替するよう努めなければならない。」ことが定められている。

また、労働安全衛生規則 第36条第37項に、「石綿則第4条第1項で定められている石綿等が使用されている建築物又は工作物の解体等の作業に係る業務」が「特別教育を必要とする業務」と定められた。さらに、行政によって複数のパンフレット等が作成され、安全に関する啓発がなされている。

なお、1995年及び1996年の労働安全衛生法施行令の改正によって、アモサイト、クロシドライトやその他アスベストを含む指定の製品について製造等が禁止され、わが国のアスベストの使用量が大幅に削減された。

他方、アスベストによる被害が長期間を要して発現することから、労働者等の遺族で労災保険の遺族補償給付の支給による権利が時効により消滅した者に、「石綿による健康被害の救済に関する法律」に基づいて特別遺族年金及び特別遺族一時金が、2006年3月から支給されるようになった。すなわち、アスベストの利用に対して十分な防止対策をしなかったため、事後の対応（救済）に大きなコストを要してしまったことになる。環境会計上の非常に悪い例と言えよう。今後、作業者又はその家族から企業へ損害賠償請求が多数行われてくることも予想される。

②一般環境

国内のアスベストを含む廃棄物の処理・処分については、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」で規制されており、「廃石綿等」として特別管理産業廃棄物の扱いとなっている。廃棄物の処理・処分コストが高騰していることから、アスベストを含有した「不法投棄」に注意しなければならない。しかし、アスベストを利用した製品は、3,000種類以上に及ぶとされており、アスベスト含有製品が把握されないまま、一般廃棄物、または産業廃棄物として処理処分されている。それら製品を分離抽出し、適正に処理処分を行わなければ、アスベストによる環境リスクを増加させることもあり得る。

また、大気汚染防止法（以下、大防法とする）では、アスベストは「特定粉じん」（大防法第2条第5項、政令第2条の2）と定められ、特定粉じんの発生施設や排出作業が規制されている。特定粉じん発生施設を設置しようとするときは、都道府県知事に届け出なければならない。そして、特定粉じん発生施設を設置している者は、工場等の敷地境界線におけるアスベスト濃度を測定し、その結果を記録することが義務付けられている。大防法及び環境省令では、特定粉じん発生施設（工場、事業所等）に係る隣地との敷地境界における規制基準（敷地境界基準）を、大気中濃度で1ℓに10本以内と定めている。

さらに、工場等からの排出量や移動量（廃棄物としてまたは下水道への排出される量）に関しては、事業者自ら記録し公表が義務づけられている前述の「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」で規制、管理されている。当該法で公表された情報によるとアスベストの排出量は、2001年度140kg、2002年度95kg、2003年度49kgで、移動量は、2001年度4,159,207kg、2002年度3,167,806kg、2003年度1,866,973kgとなっており、工場等から環境に放出される量は急激に減少している。わが国への輸入量（（社）石綿協会発表）も、2001年度794,63トン、2002年度43,313トン、2003年度24,653トンと減少している。国内での取扱量が減少し、環境中への放出も減ってきていることが推定できる。

他方、不法投棄等で埋め立てられてしまったアスベストの存在確認も必要である。生体内への吸引の自覚や急性的な毒性がないアスベストは、一般環境中に放置されると最も危険な状態となる。土壤汚染の現状把握を目的とする土壤汚染対策法⁽¹⁵⁾では、アスベストは規制の対象となっていないため早急に規制の対象とすべきであろう。ただし、当該法の規制で調査すべき地点は、工場跡地などに限られるため、その他の地域にはガイドライン作成や民間企業の自主規制が望まれる。

③有害廃棄物としての輸出入

「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条

約」(以下、バーゼル条約とする)では、附属書Ⅰ(規制する廃棄物の分類)【有害物質のリスト】Y36石綿(粉塵及び繊維状のもの)及び附属書Ⅷ原則規制対象の化学物質(A表)(A2 A2050 石綿の廃棄物[粉じん及び繊維状のもの])として定められている。国内での輸出入に関しては、国内法となる「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」に基づいて手続き⁽¹⁶⁾がなされる。アスベストは「特定有害廃棄物等の輸出入等の規制に関する法律」では、「別表第二(原則として規制対象となるもの)二(無機物を主成分として金属又は有機物を含むおそれがあるもの)五 石綿(粉じん又は繊維状のものに限る)」,及び「別表第三(規制対象となるもの)三十三 石綿(粉じん又は繊維状のものに限る)を含むもの」として定められている。但し、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の対象となる廃棄物に関しては、一般廃棄物の輸出(第10条)、産業廃棄物の輸入及び輸出(第15条の4の3～4の5)の規定に基づく輸出入の確認が必要である。

なお、OECD加盟国との間で輸出入が行われる場合は、貨物が規制対象物であるかどうかの判断は、「経済協力開発機構の回収作業が行われている廃棄物の国境を越える移動の規制に関する理事会決定に基づき我が国が規制を行うことが必要な物を定める省令」に従うことになる。

これら法律により、アスベストの輸出入は嚴重に規制されるが、バーゼル条約に批准していない国との取引等には注意する必要がある。

(4) 有害性の事前評価による適切な対処

化学物質による環境汚染において、最も重要な問題は原因物質とその影響の因果関係の解明である。化学反応は長期間になるほど不確定要因が増加し、反応を予測するためのパラメータが複雑となる。生体内で生じる無数の反応を経時的に把握するには気が遠くなるような実験データの積み重ねが必要である。発ガン性や変異原性などの実験には、小動物が使用され、そのデータを人間に適応させた場合のNOEL(No Observed Effect Level:無影響量)やNOAEL(No Observed Adverse Effect Level:無毒性量)などを決定

している。検体の個体差（性質の違い等）によってかなりの誤差が生じることは確実であるが、それらデータに基づき環境汚染防止や健康被害防止のための規定が作られている。

EU で来年（2007年）に施行予定の REACH（Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals）規制では、「リスク評価が遅れている約 3,000物質の既存物質について安全性の事前調査を企業に義務づけている。この調査はこれまで行政によって行われてきたものだが、これからは企業の負担、いわゆる社会的コストとして費やされることになる。⁽¹⁷⁾ OECD でも 1992年から「高生産量化学物質点検プログラム」を実施しており、2020年までに5,000物質を調査する予定である。しかし、これまでに330物質しか確認されていないため、あまり期待されていない。REACH 規制が成功すれば、多くの化学物質の性状が国際的に調査されることになり、今後の化学物質の安全対策にとって非常に有効な情報が整備されることとなる。

REACH 規制の概要は、次のようになっている。

- ①年間10トン以上の化学物質を製造・輸入する者に化学品安全性評価書（CSR）の作成を義務づける。
- ②新規化学物質と既存化学物質を同一の枠組みで規制する。既に市場に供給されている既存化学物質についても新規化学物質と同様に登録を義務付ける（年間1t以上の化学物質を製造、輸入する者が対象）。
- ③既存化学物質に登録義務を課すことに伴い、既存化学物質について従来政府が担ってきたリスク評価の実施を産業界に移行する。
- ④リスク評価を、化学物質の製造・輸入者だけでなく、ユーザ業界にも義務付ける。
- ⑤通常の使用状態で放出が意図され、有害性を有する一定の化学物質を含有している成形品（article）についても、成形品の製造・輸入者に対し、含有化学物質の登録を義務付ける。
- ⑥発がんなどの懸念が極めて高い一定の化学物質については、個々の用途毎に上市を認可するシステムを導入（産業界においてリスクが極めて小さ

いこと等が証明できない限り、原則上市を禁止)。

本規制では、化学物質の用途毎に有害性に関して審査、対処されることとなっており、アスベストのように含有製品が多岐にわたるものに対して合理的な対処が期待できる。また、化学物質の安全性調査は高コストを要し、慢性的な毒性試験はさらに高額となる。このため、企業での一般環境中で性質が不明な化学物質や有害性が高いものの使用が減少する経済的な誘導の効果もあると思われる。

他方、化学物質の性状について調査すべき項目は、物理的・化学的性質、生体への影響、環境中での反応による直接的影響及び副次的影響など非常に多岐にわたる。今後新たな有害性や地球環境汚染の原因が発見される場合も考えられ、全ての化学物質が潜在的な環境汚染の可能性を秘めている。しかし、化学物質の安全性に関する定量項目については多くの部分が未調査のままとなっている。化学物質のリスクが定量的に判明した性質の部分には、相当の安全対処を施せば、安全性を高めることができる。しかし、性質が不明な部分については、対処方法も不明である。理想的には、性質が不明な部分をもつ化学物質には、最も厳しい安全管理である完全密閉が必要となることとなる。

わが国では、新規化学物質を製造又は輸入する事業者は、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（1973年公布）」（以下化審法とする）に基づき、事前の届出と試験データの提出が義務づけられている⁽¹⁸⁾。しかし、既に一般に使用されている既存物質⁽¹⁹⁾については、登録のみが行われているだけである。有害性（難分解性、高蓄積性、長期毒性のおそれなど）の試験は行政により漸次行われているが、ほとんどの既存化学物質は、性状はわからないまま使用されているのが現状である。化審法に基づく既存物質登録は約20,000物質あり、労働省（現厚生労働省）の調査では、実際には約48,000物質が職場で使用されていることもわかっている。化審法で新規化学物質とし

て有害性審査が実施された化学物質は少数であるので、両省の化学物質数の差は、非常に重大なことと考えられる。企業で使用されている化学物質の種類の正確な状況を確認する必要がある。事業者は、既存化学物質、または登録していない物質であっても、現場で使用しているものについては、自主的に性状を十分に調査することが望まれる。特に過去に経験がない条件で使用する際に注意を要する。

5 まとめ

アスベスト汚染の経験から、慢性毒性物質は、被害が判明した時点（毒性が発現した時点）で、既に人への汚染が広がっていることが予想できる。したがって、化学物質が持つ慢性的な毒性が解明された時点で、早急に対処を行わなければ、汚染は広がり続けることとなる。すなわち、慢性毒性による化学物質の汚染には、予防が極めて重要と言える。慢性毒性物質による被害を回避するには、まず危険性がある化学物質を見つけ出す必要がある。それには、REACH 規制のように現在利用している化学物質についていち早く有害性調査を実施することが最も合理的な対処であると考えられる。特に、アスベストのように材料として極めて有用で安価な化学物質は、時間の経過と共に様々な用途が次々と開発されていき、同時に汚染が急激に拡散していくこととなるため、対処の遅れは深刻な問題を引き起こすこととなる。

他方、化学物質の慢性毒性を確認するには、非常に多くの調査を必要とするため、長期間を要する。このため、有害性に関し技術的な背景が確認されるまで法規制による具体的な対策は遅延してしまうのが現状である。アスベストの取り扱い等を規制している法律は、「労働安全衛生法」、「大気汚染防止法」、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」、「建設工事に係る資材の再資源化等の促進に関する法律」、及び「石綿による健康被害の救済に関する法律」であり、生産サイドは直接、規制されていない。環境中で製品劣化、又は廃棄の際に飛散、拡散するような有害物質全てについて、環境リスクが判

明した時点で法律による生産抑制又は禁止を実施すべきであると考える。

アスベストのように慢性毒性が判明していたにも関わらず、合法的に様々な製品に使われ、多数の被害者が発生するような汚染は、くり返してはならない。今後は、特に既存物質について慢性毒性を早急に調査するシステムが構築され、毒性が判明次第、新たな具体的措置とる法規制が制定されることを期待したい。

- (1) MSDS とは、化学物質の性質を一覧にまとめ、環境安全や労働安全のための基礎情報として利用することを目的としたシートのことです。例えば、次に示すような内容が記載される。

①物理的性質

分子式、分子量、外観、臭気、ガス比重、液密度、沸点、融点
蒸気圧、臨界圧力、臨界温度、溶解度

②化学的性質

水との反応性、燃焼性、浮遊性、熱に対する安定性
光に対する安定性、空気酸化、その他の物質との反応性

③年間生産量・貯蔵の形態

④生体影響

急性毒性、許容濃度、亜急性毒性、慢性毒性
その他生体毒性評価方法による値

⑤適用法規類

⑥事故事例

⑦その他

各種工業で使用される際の工程
致死量

勝田 悟『一汚染防止のための一化学物質セーフティデータシート』（未来工研、1992年）6～8頁参照。

- (2) 労働現場における以外にも事故時の環境への対策や含有される微量有害物質による廃棄物の処理・処分の対策などが検討された。また、洗浄工程で使用されるトリクロロエチレンや1,1,1-トリクロロエタンの有害性についても問題となった。
- (3) 但し、1971年に「特定化学物質等障害予防規則」が制定され、アスベストは、第2類物質として製造、取扱い作業における規制（発散防止設備の設置、換気装置の設置、特定化学物質等作業主任者の選任、作業環境測定の実施等）及び健康診断の実施などが義務付けられた。さらに、1975年の特化則の改正では、次の規定が加えられた。

①アスベスト等の吹付け作業の原則禁止

②特定作業における湿潤化によるアスベスト等の発散防止等による規制強化

③雇入れ時、アスベストの取扱い業務への配置換え時及びその後6月以内ごとの特殊健康診断の実施（じん肺法による健康診断も引き続き実施）

また、1995年の改正時では、「特定作業における保護具、作業衣等の使用」、「解体工事におけるアスベスト等の使用状況の調査」、「吹き付けられたアスベスト等の除去作業における作業場所の隔離等による規制強化」の規制が追加されている。

（４）「南山堂 医学大辞典」（1987年）では、これら疾病の性質は次のようになっている。

①アスベスト肺

アスベスト粉じんが長年にわたって吸入され肺に沈着し、肺に繊維増殖が認められ、次第に肺機能が低下する疾病で、肺が線維化してしまうじん肺症（肺線維症）の一つである。原因となる粉じんの種類によって、ケイ肺、炭肺、鉄粉肺、石肺などがある。

②肺がん

人体に吸い込まれるとアスベストの繊維状の微細な構造が細胞の遺伝子を物理的に刺激し、肺ガンを発生させる。

③悪性中皮腫

中皮腫は、内皮がんとも言われ、肺を取り囲む胸膜や、肝臓や胃などの臓器を囲む腹膜等にできる悪性の腫瘍である。

また、アスベストによる疾病の認定基準（平成15年9月19日付け基発第0919001号）では、石綿による疾病（石綿との関連が明らかな疾病）として、次が示されている。

①石綿肺、②肺がん、③胸膜、腹膜、心膜又は精巣鞘膜の中皮腫、

④良性石綿胸水、⑤びまん性胸膜肥厚

（５）東京都「アスベスト Q&A ver1.03」（2005年8月）34～39頁。

（６）勝田悟『早わかり アスベスト』（中央経済社、2005年）8～14頁。

（７）大気汚染防止法では、特定粉じん発生施設（工場、事業所等）に係る隣地との敷地境界における規制基準（敷地境界基準）を、大気中濃度で1ℓに10本以内と定めている。

（８）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でMSDSの提供の義務となる化学物質は、政令で第一種指定化学物質の354物質と第二種指定化学物質の81物質の合計435物質が定められている。

（９）アスベストの存在を確認するための測定方法は、環境省環境管理局大気環境課「吹付け石綿の使用の可能性のある建築物の把握方法について」（2001年3月）[13～14頁より抜粋]によると、次の方法が示されている。

〈吹付け材料中のアスベスト有無の分析（定性分析）〉

①位相差顕微鏡を使用した分散染色分析法

比較的短時間で容易にアスベストの存在が確認できる簡易定性分析法である。

②電子顕微鏡法

- ・走査型電子顕微鏡法（SEM）

分解能が高く、サイズの小さいアスベストが計数でき、エネルギー分散型X線分析器（EDS）を使用することにより、化学成分が判明し、ある程度繊維の種類の同定を行うことができる。

- ・透視型電子顕微鏡法（TEM）

位相差顕微鏡やSEMよりはるかに微小なアスベストも検出・計数することができる。また、結晶構造の違いを利用した粒子の同定を行うことができる。

〈アスベスト含有材料中の含有率の測定（定量分析）〉

- ③エックス線回折法

材料中のアスベストの含有量を求める分析方法として最も一般的になっている。

- (10) 米国環境保護庁で1987年に室内環境汚染の原因物質の種類を数十物質発表している。また、ホルムアルデヒドの室内環境基準として、ドイツ、オランダ、スウェーデンでは、100ppb、WHOでは80ppb（30分平均）が示されている。
- (11) ラドンは、原子番号は86で、融点 -71°C 、沸点 -62°C 、気体の密度 9.73g/l （ 0°C 、1気圧）となっており、常温では気体である。 α 崩壊及び β 崩壊を繰り返し、最終的には安定な鉛となる。
- (12) 微量放射能による自然界における環境リスクは、ラドン以外にも存在しており、宇宙線、カリウム40、ルビジウム87がある。
- (13) 国連環境計画編／吉澤、草間訳「放射線、その線量、影響、リスク」（同文書院、1989年）13～25頁。
- (14) 米国では1964年にすでに公衆衛生局長の諮問委員会の体系的報告で、喫煙が肺ガン、肺気腫や慢性気管支炎など慢性閉塞性の肺疾病、その他疾病の原因または合併症を引き起こすことが発表されている。また、アスベストは、1973年の鉄骨への吹き付け（1%以上アスベストを含む）の禁止に始まり、1984年に“Asbestos School Hazard Abatement Act”，1987年12月にTSCA（Toxic Substances Control Act：有害物質規制法）に“The Asbestos Hazard Emergency Response Act”が制定され、濃度規制等衛生面の規制が行われた。1992年には、EPAからガイドブックも出されている。
- (15) 土壤汚染対策法（2002年5月公布、2003年2月施行）では、第一条（目的）で「この法律は、土壤の特定有害物質による汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康に係る被害の防止に関する措置を定めること等により、土壤汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護することを目的とする。」と定められている。
- (16) 有害廃棄物の輸入または輸出の申請は、まず外為法に基づき経済産業省にしなければならない。
- (17) 企業は、化学物質をEU域内で1トン以上製造、輸入する場合は、新たに設置される「欧州化学品庁」に、安全性データの登録が義務づけられる。
- (18) MSDS制度が先行している米国では、新規化学物質の製造または輸入に関して

は、有害物質規制法（Toxic Substances Control Act of 1976, 15 U.S.C. 2604, 2607, 2613：以下 TSCA とする）第 5 条で規制している。当該法では新規物質製造事前届け出（Premanufacture Notification：PMN）の規定に従い有害性試験を実施しなければならない。その有害性の有無等化学物質の性質を含んだ MSDS はハザードコミュニケーション（EPA Premanufacture Notice for New Chemical Substances Part 1 -GENERAL INFORMATION）の提供情報として添付が要求されている。

- (19) 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律では、新規化学物質による有害性の審査は、極めて慎重に行われているが、既に市場で使用されている「既存物質」は、工業的性質など限られた性質以外は、ほとんど不明なままのことが多い。