

アスベスト問題の現状と無害化処理事業の将来展望

Present Conditions of the Asbestos Issue and Future Prospects of the Detoxification Processing Business

内 田 季 延^{※1}

Hidenobu Uchida

【要旨】

アスベストは採取も容易で産出量も多い天然鉱物で、優れた物理的、化学的性質がある。産業革命以降の近代においては、様々な分野で広く大量に利用されてきた。しかし、発がん性等の有害性が判明し、多くの国では新たな製品の製造や使用は禁止されている。我国でも重量比0.1%以上のアスベスト製品を新たに製造・輸入・使用することは法律で禁止されている。しかし高度成長期に大量に輸入し、建設資材に利用されたアスベストの大半は、まだ建物等の一部材として私たちの生活環境に存在している。

筆者らは、アスベストが生活環境にストックされている潜在的なリスクの軽減にも寄与する、アスベスト廃棄物の高効率無害化処理技術を開発、事業化した。本報は、我国が直面しているアスベスト問題の現状と、無害化処理事業の将来展望について報告するものである。

【キーワード】 アスベスト 無害化 事業 廃棄物

1. はじめに

アスベストという言葉は、「消すことができない」、「永遠不滅の」というギリシャ語に起因し、燃えない、腐朽しない魔法の素材として古くから知られてきた。1950年代から1970年代の高度成長期に、我国は大量のアスベスト（石綿 以下、本報では法律用語等で「石綿」と表記されるものを除いて、アスベストで統一）を輸入し、主に建築材料等に利用してきた。火に強い、添加することで材料の強度や摩耗性が優れるなどのベネフィットがあることから、アスベストの利用は建築基準法や JIS 規格でも規定されていた。現在は、肺癌や中皮腫などの疾病発生のリスク要因であることから、新たにアスベスト製品を製造、輸入、使用することは禁止され、建築基準法や JIS 規格も改定、廃止されている。しかし、アスベスト製品は2004年まで製造されており、過去に製造された膨大な量のアスベストを含む建材等も含めて、それらの製品を利用した建物の多くが私たちの周囲に今でも多数存在している。

筆者らは、大量かつ広域に使用されているアスベスト製品を早期に回収処理するためのスキームや無害化処理の高効率化等の研究開発を進めてきた¹⁾³⁾。2013年3月には、開発成果である高効率無害化処理システムを採用した処理施設に環境大臣の無害化処理認定を取得し、同

年8月より、共同開発者である(株)最上クリーンセンターによって無害化処理事業を開始している。

無害化処理認定制度は、環境省が有害廃棄物の処理を促進する目的で、2006年にアスベストを含む廃棄物を対象として創設した制度である。2009年には微量 PCB 汚染廃家電機器等が処理対象に追加されている。

アスベストも PCB も、その優れた特性から国内で多量に使用されているのが、毒性が判明したことで廃棄物の厳格な処理が求められている点は共通している。しかし、処理の促進を図る為に創設された無害化処理認定制度の活用では、顕著な違いが出ている。アスベストを含む廃棄物を対象とする無害化処理認定施設は、制度創設から今日までの8年間でわずか4件であり、内2件はすでに認定を返上している。一方、PCB 汚染廃家電機器等の無害化処理施設は、2012年以降、処理可能範囲が微量 PCB から低濃度 PCB に拡大されたことを受け申請が相次ぎ、2014年8月現在で17施設が認定を受けている。

本報では、アスベスト問題を俯瞰したうえで、無害化処理認定制度の対象であるアスベストと PCB 廃棄物の違いを比較し、アスベストの無害化処理事業がどうあるべきか、将来展望についての検討結果を報告する。

1. 建設事業本部 技術研究所 技術開発 G 第二研究室

2. アスベスト問題の現状

2.1 日本におけるアスベストの利用と健康被害

図-1に、我国のアスベスト輸入量の推移と、中皮腫での死者数の推移を示す⁴⁾。癌の一種である中皮腫は、国内では、ほぼアスベストが唯一の発生要因である。アスベストは、国内でも戦時中、僅かに産出していたが、ほぼ大半を輸入している。1950年から1970年代の高度成長期に飛躍的に輸入量を増やし、1970年から1990年までの約20年間は、年間20万トン以上を輸入している。1990年以降、アスベストによる健康被害や法整備等もあり急速に輸入量を減らした。それでも、2000年には1万トンを輸入し、製品製造は2004年まで続けられた。

1990年頃から増え始め2000年代に入り急増している中皮腫での死者数の増加傾向は、1950年代から1970年代の高度成長期に飛躍的に拡大した石綿輸入量の増加傾向と、およそ40年の歳月を経て一致している。労災法適用者の多くがアスベスト工場作業員であることから、当初はアスベスト工場の作業環境が問題である労働災害と考えられていた。しかし、2005年にアスベスト工場の近隣住民に、アスベストを要因とする健康被害が生じていることが周知となり、アスベストは、労働災害だけでなく環境公害であることが広く認識されることとなった。

2.2 処理すべきアスベスト製品量と処理方法の課題

比較的確かな統計データのある重量比1%以上のアスベストを含有する製品の国内出荷量は、吹付石綿と石綿含入断熱材・保温材等が約172万トン、含有建材・工業製品その他が約5,800万トンとされている。一般的な比重で換算した容積ベースの製品量は、吹付石綿と石綿含入断熱材・保温材等が240～480万 m^3 、含有建材・工業製品は5,700～11,500万 m^3 、アスベスト製品全体では、約6,000～12,000 m^3 と推定される。

現在、重量比0.1%を超えるアスベストを含有すると規制対象となるため、廃棄時点で含有分析をせずにアスベスト含有として処理する「みなし処理」分や、除去工事で汚染される防護服やシート等が存在するため、廃棄物総量は相当量増大するものと考えられる。(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は1億トンになるとの推定も示している。

表-1に2012年度の廃棄物最終処分量と最終処分場の残存容量の環境省公表資料を示す。年間1千万トン強の廃棄物が埋立処分され、処分場の残存容量は1千万 m^3 程度減少している。統計資料のあるアスベスト製品だけで、約6,000～12,000 m^3 の容積と推定されている。これは、2012年時点の最終処分場残存容量18,000万 m^3 の1/3～2/3に匹敵する量である。前述したように、規制基準の強化に伴うみなし処理分や除去作業で汚染される防護材等の工事関係廃棄物も含めると、処理量はさらに増大することが想定される。新規の最終処分場開設が困難な現状を鑑みれば、アスベスト製品の最終処分場での埋立処分も、早晚困難になってくることは明らかであり、埋立処分以外の対応が必要とされている。

表-1 廃棄物最終処分量と処分場の残存容量

区分	最終処分量 (万t)	残存容量 (万 m^3)
全国	1,244 (1,426)	18,606 (19,452)
首都圏	332 (371)	1,762 (1,471)
近畿圏	176 (204)	2,603 (2,859)

注) 首都圏は茨城・栃木・埼玉・千葉・東京・神奈川・山梨。近畿圏は三重・滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山をいう。()内は前年度調査結果

2012(H24)年度環境省データ

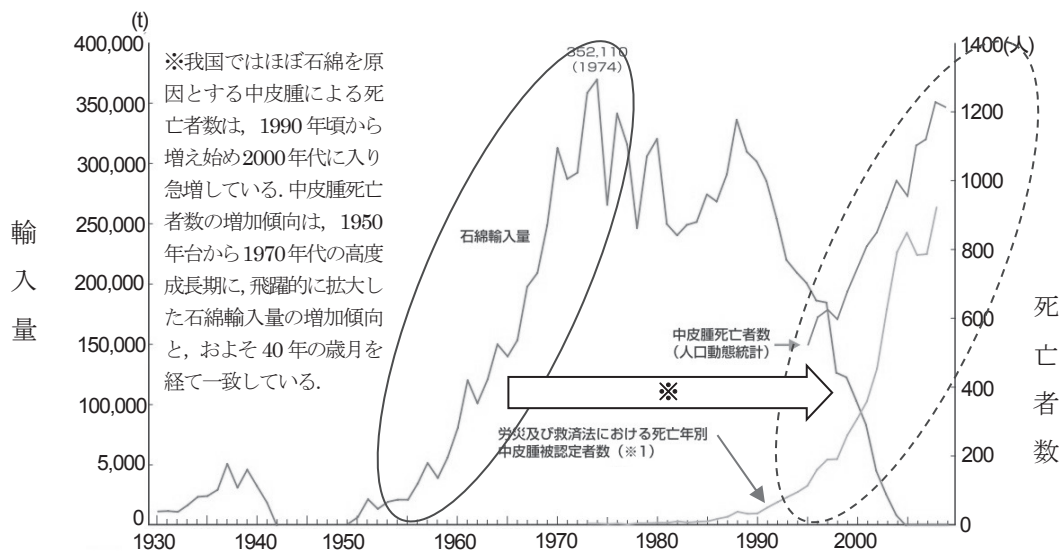


図-1 アスベスト輸入量と中皮腫死者数の関係(文献4の図に追記)

2.3 現在のアスベスト問題

アスベストは、過去の労働あるいは環境暴露に伴う疾病の救済、分析方法や担当者の技量などの精度管理、不適切な解体工事、不法投棄など制度及び実態活動上の問題など、個々にも多くの課題がある⁵⁾。しかし、最大の問題は、アスベスト製品が生活環境に大量にストックされている日常である。

自然災害の多い我国においては、災害による家屋の倒壊、破損に伴い、建材に利用されているアスベスト繊維が飛散する潜在的リスクがある。阪神淡路大震災のがれき処理でのアスベスト飛散の教訓は、必ずしも東日本大震災のがれき処理に生かされていない。震災時、行政は当面の対応に手一杯となり、アスベストに限らず有害物質の飛散による汚染には、十分な対応ができないのが現状である⁶⁾。事前対応にしても、これまで国の防災対策等において既存建物の倒壊に伴うアスベスト飛散対策が示されたことはなく、生活環境に大量に存在する潜在リスクへの対応は、解体除去、処分対応への判断も含めて所有者に委ねられているのが現状である。

3. 無害化処理

3.1 無害化処理とは

アスベストやPCBの無害化処理は、環境省による特例認定制度によるものである。この認定制度は、法令で認められていない技術であっても、基準とする無害化の条件を満足することを技術的に立証し、事業者の資質やアセスメント等の要件も満足する場合に、申請する施設に対して認定した無害化処理を認めるものである。様々な無害化技術が研究室レベルで開発されているが、無害化処理認定制度が求める事業化を前提としたアスベストの無害化処理では、高温熔融以外の方法での認定は無い⁷⁾。

3.2 アスベストとPCB廃棄物の違い

表-2にアスベストとPCB廃棄物の概要を比較して示す。PCBは戦後まもない1954年に生産を始め、1968年のカネミ油症事件もあり1972年に行政指導で製造が中止された。その後、処理方法が決まらず国内使用量約5.4万トンのPCBを含む製品は、長期保存を余儀なくされてきたが、現在は高濃度PCBは日本環境安全事業株式会社（JESCO）での処理が義務付けられ、低濃度PCBを民間の無害化処理施設が担っている。日本は、2002年にストックホルム条約を締結し2025年までのPCB使用の全廃と2028年までの適切な処分を国際公約している。そのため、PCB特措法などを整備し、厳しい罰則規定も設けてPCB製品の適切な保管、処分を誘導している。

一方、アスベストは、戦後すぐに軍需品を払下げ利用し、輸入を再開してから2000年代まで輸入と製品製造が続けている。世界的な規制の流れを受け、1975年には30%

1980年には5%以上のアスベストの吹付け材への含有が規制され、1995年には毒性の強い青石綿（クロシドライト）と茶石綿（アモサイト）製品の製造使用を禁止、2004年には1%以上の白石綿製品の製造使用を禁止し、翌年には石綿障害予防規則を施設・施行、さらに2006年には濃度規制基準を0.1%に一気に10倍厳しくするなど、矢継ぎ早な対応をしている。これには、2005年にアスベスト製品製造工場近隣住民の健康被害が明らかとなり、環境公害対応が必要となったことが影響したものと推察される。

PCB製品が廃棄物として処理待ちの状態であるのに対し、前述のように、国内使用量約930万トンのアスベストを利用した6,000万～1億トンにもなるアスベスト製品の多くは、現在も、個人や法人の資産である建物等に使われた状態で存在している。PCBと異なり、アスベスト製品には国際公約での処分期限はなく、国の環境行政も建物等の使用期限を定める対応はとれていない。また解体除去後の処分も、無害化処理以外に従来からの延長である最終処分場での埋立処分を認めている。

負の遺産であるアスベスト廃棄物の処理を市場原理に任せてしまっているため、一般的には埋立処分よりも高価となる無害化処理の現状割合が、処理全体の1割程度であることの大きな要因となっている。

4. 事業化

4.1 アスベスト無害化処理事業の市場

図-2に、アスベスト廃棄物の国内発生量・市場規模推移の推定結果と廃石綿処理量実績を示す。アスベスト廃棄物の発生量及び市場規模は、2004年から2013年の10年間は、年間130万トン程度の発生と2,500億円程度の市場規模で推移している。今後、2020年の東京オリンピックに向け、東京を中心とする再開需要の高まりを受け、排出量、市場規模ともに拡大し、ピーク時には年間170万トン程度の廃棄物が発生し、3500億円程度の市場規模になるものと推定される。その後は減少傾向となることが推定されているが、それでも年間発生量が50万トンを下回ると推定される2033年においても、750億程度の市場規模が見込まれ、それ以降も20年間程度は廃棄物の発生は続くものと想定される。

ここで、アスベスト廃棄物のなかで、廃石綿等の処理量は全体の処理量推移とは異なった傾向がみられる。これは、2005年にアスベストの環境飛散の影響がマスコミ報道などで広く知られたことを受け、翌年の処理量が突出したものである。その後、リーマンショック、東日本大震災等の経済的停滞要因に際しての著しい処理量の落ち込みはなく、年間3万～4万トンの処理量で推移していることから、この量が現在の社会状況下での基礎的な廃石綿等の発生量であるものと推察される。

表-2 無害化処理認定制度対象のアスベスト及び PCB 廃棄物の比較

項目	アスベスト	PCB
生産から禁止までの概略経緯	1941 軍需品としての利用 1945 日本石綿統制株設立 軍需品下げ品利用 1947 石綿輸入懇請委員会誕生 高度成長期に入り大量に輸入・使用 1975 石綿含有率30%超の吹き付けアスベスト原則禁止 1980 石綿含有率5%超の吹き付けアスベスト原則禁止 1995 青石綿、茶石綿を含有する製品の製造・使用禁止 2004 白石綿を1%以上含む建材等の製造・使用全面禁止 2005 石綿障害予防規則漸設・施行 2006 同基準が0.1%以上へと改定されている。 2006 石綿の無害化処理認定制度制定	1954 国内生産開始 1968 カネミ油症事件 1972 行政指導により製造中止 1974 「化学物質審査規制法」PCB機械の製造・輸入・使用の原則禁止、長期保管(廃掃法で一部処理) 2001 PCB廃棄物特措法施行 2002 スtockホルム条約 (POP s 条約) 日本締結 2004 スtockホルム条約 (POP s 条約) 発効 2009 無害化処理認定制度制定に微量PCB処理追加 2012 PCB特措法一部改正(処理期限2016.7→2027.3) 2012 無害化処理認定制度制定に低濃度PCB処理追加
処理対象の量	【石綿(アスベスト)輸入量約930万トン】(重量比1%含有製品) レベル1(吹付石綿):72万トン レベル2(石綿含有保温材・断熱材、耐火材等):100万トン レベル3(石綿含有建材等):5,300万トン レベル3(石綿含有その他製品):512万トン ※重量比0.1%含有製品の残存量等の公的資料はない	【PCB国内使用量約5万4千トン】 高濃度PCB (JESCO処理対象分) ・高圧トランス約1.7万台、高圧コンデンサ約27万8千台等 低濃度PCB (無害化処理施設対象分) ・トランス以外の電機機器類約120万台、柱上トランス約146万台、OFケーブル約1,400kmほか ※特措法に基づく保管事業者からの届け出で量・場所を把握
廃棄物処理フロー		
項目	・なし	・2025年までの使用の全廃、2028年までの適切な処分をストックホルム条約に規定
罰則	・解体除去工事に係わる届出等の違反 ・廃掃法 ※処理処分期限が無く期限内処理に係わる罰則も無い	・特措法 ・廃掃法 ※保管事業者は期限までの適切な処理を求められている
処理方法	・熔融施設での処理(県許可施設) 1,500℃以上の高温熔融 ・無害化処理認定施設での処理(大臣認定) ・最終処分場への埋立処分(廃石綿等:管理型・遮断型、石綿含有産業廃棄物:安定型、管理型・遮断型)	・JESCOでの処理(高濃度PCB処理):国内5施設限定 ・無害化処理認定施設での処理(低濃度PCB処理) ・県許可処理施設での処理(微量PCB処理)
無害化処理認定制度	廃棄物処理法9条の10,15条の4の4 ・廃棄物処理法に「石綿」の無害化処理に係る条文 ・各種、省令および告示で詳細を規定 ・2006~2014の8年間で認定4件(稼働中2件)	廃棄物処理法15条の4の4 ・告示で「PCB」の無害化処理の詳細を規定 ・2009~2014の5年間で認定17件(内、H24年の低濃度PCB処理追加以降15件)

4.2 PCBとアスベスト無害化処理事業の違い

図-3に無害化処理事業の一般的な損益分岐モデルを示す。ここで、操業年数 x の関数として無害化処理事業に掛かる費用 y' を(1)式で、売上 y を(2)式で表す。ただし、変数A, B, Cには(3)~(6)式の関係があるものとしている。図に示すように損益分岐点を下げるには、i)初期費用Cと年間支出Bを抑えるか、ii)売上Aを上げる必要がある。処理単価Dは、市場環境から上限があるため、年間の売上Aを上げるには処理量Eを増やす必要がある。ただし、処理量Eを増やすためにプラント処理能力を上げると初期費用C(固定費)が上昇するので、事業効率的には、初期投資額が少ない小規模プラントで、稼働率を高く維持できることが望ましいことになる。

PCB処理の場合、2012年に処理対象が低濃度PCBに拡大されたことで、処理量Eを増やすことが容易となった。

また処理期限が定められており、処理対象物の国内保管状況も把握できるため、必要な処理量を確保できる見込みが立てやすいことが無害化処理認定の設備投資を促進させた要因の一つと考えられる。一方、アスベストの場合は、処理期限は定められないものの、今後20年程度は、年間100万トン規模の廃棄物が、大都市圏を中心に発生すると想定されており、事業の対象物は十分に存在する。首都圏近傍の最終処分場での埋立処分ですべてをまかなえるわけではなく、現状でも遠方の処分場まで運搬している実態を考えると、処理費用のコストダウンを図ることで、アスベスト廃棄物の無害化処理事業の成立が見込める。

4.3 アスベスト無害化処理事業の損益分岐

図-4に損益分岐点までの操業年数を10年と仮定し

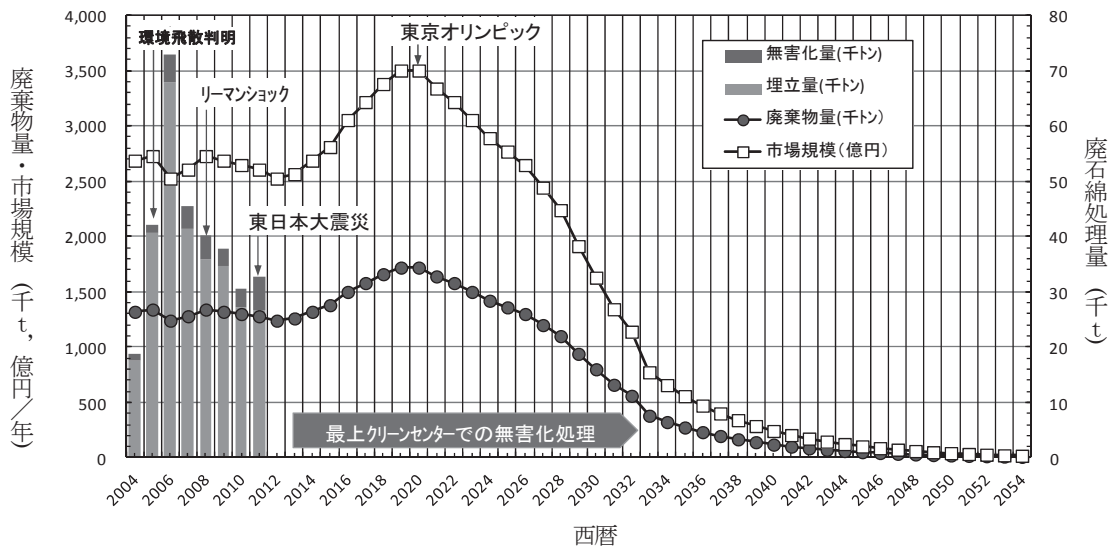


図-2 廃棄物量・市場規模とアスベスト廃棄物発生量の推移推定値

$$y' = Bx + C \quad (1) \quad B = (E \times F + G) \quad (3) \quad C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (5) \quad D: \text{処理単価(円/t)} \quad E: \text{処理量(t/年)}$$

$$y = Ax \quad (2) \quad A = D \times E \quad (4) \quad F = \sum_{i=1}^n F_i \quad (6) \quad F: \text{経費(円/年)}$$

F1: 燃料費(円/t) F2: 人件費(円/t) F3: 諸経費(円/t)
G: 借入金返済額(円/年)

y', y : 費用・売上高(円) x : 操業年数(年) A : 売上(円/年) B : 支出(円/年)
 C : 初期費用(円) $C1$: プラント建設費(円) $C2$: 土地購入費(円) $C3$: 土地造成費(円) $C4$: 手続き費用(円)

て、想定ケース毎のアスベスト無害化処理事業での処理量と価格設定の関係を検討した結果を示す。想定した検討ケースは、施設の稼働率別に処理能力 20t/日で 6 ケース、5t/日で 3 ケースとした。なお日量 5 トンは、無害化処理認定施設での必要最低能力である。廃棄物の嵩比重を 0.1t/m³程度として、管理型処分場での埋め立て費用を 2.4 万円/m³ (24 万円/t) と仮定すると、処理能力 20t/日で稼働率が約 10%(検討ケース 6)の場合を除く 8 ケースでこれを下回っている。ちなみに、10 年間の処理量を 1.2 万トン(年間 1200 トン)とすると、施設処理能力 20t/日で稼働率 25%とするよりも、5t/日で稼働率 100%とした方が、処理単価は低くでき事業、価格競争力の面では有利となる。しかし、大型施設の解体除去工事など、まとまっ

た量を処理する場合は、日量 5t では処理能力不足で対応できないことも想定されるため、事業化施設の規模は、施設立地予定場所での想定商圈内の廃棄物の発生量予測を勘案して決定する必要がある。

5. おわりに

現在のアスベスト製品の無害化処理は、化石燃料を使用して溶融しており、地球温暖化対策面では必ずしも望ましい方法ではない。図-5は、市中のアスベスト製品を、早期に回収一次処理することでストック災害リス

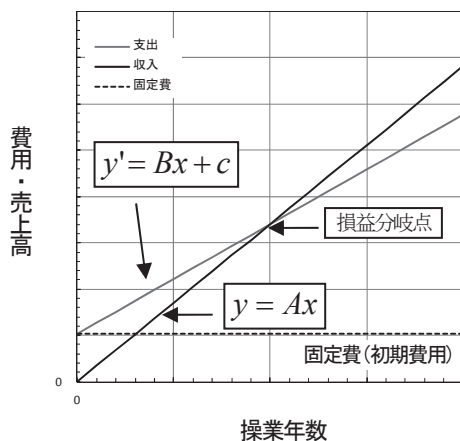


図-3 無害化処理事業の操業年数と費用・売上高の関係

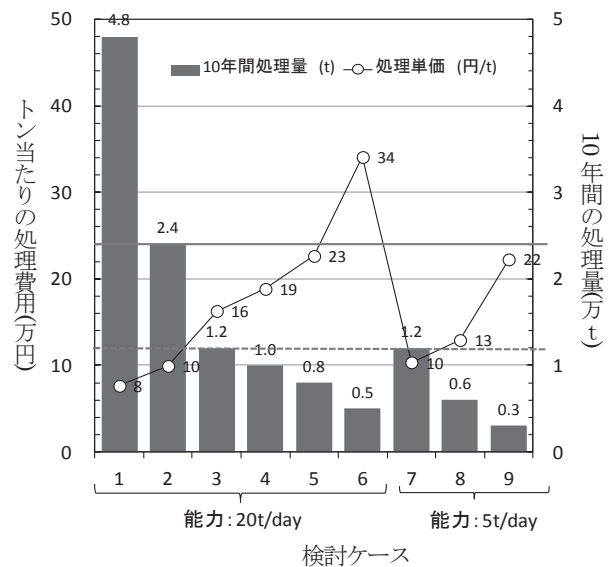


図-4 アスベスト無害化処理事業の処理量とトン当たり設定価格(損益分岐点: 10年に仮定)

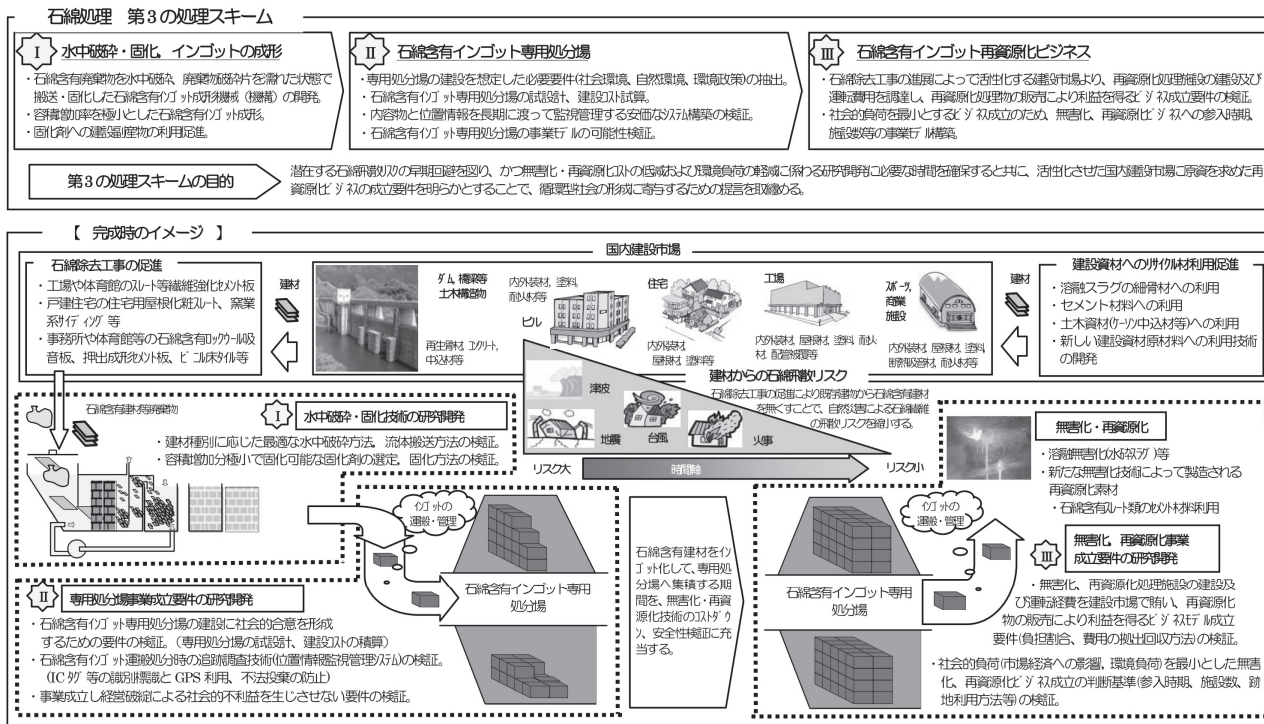


図-5 アスベスト処理 第3の処理スキームのイメージ図¹⁾

クを軽減し、将来、無害化して循環利用する第3の処理スキームの概要を示すものである。現行法令に適さないため、実現には様々な課題を解決する必要はあるが、まず、建築物として広域分布しているアスベスト製品を速やかに回収し、安定した状態で保管する。太陽炉のような化石燃料に依存しない溶融、無害化処理技術を開発し、土木建築資材にリサイクルして循環利用に寄与する事業展開が考えられる。微力ではあるが、今後もアスベスト問題の解決に取り組んでいきたい。

謝辞：報告の研究開発の一部は、科研費（基礎研究 C、課題番号：22510054）及び平成 22 年度、23 年度環境省次世代循環型社会形成推進技術基盤整備事業補助金を得て実施しています。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 内田季延：石綿飛散リスクの軽減と無害化・循環利用

Summary Natural mineral asbestos has physical, chemical superior property. After the Industrial Revolution, the asbestos has been used in large quantities widely in various fields. Because hazardousness became clear, production and the use of a new product are prohibited in many countries. In Japan, it is prohibited by a law that production, import, uses weight ratio more than 0.1% of asbestos products newly. However, the asbestos imported in large quantities for the period of the high growth of economy is used by construction material and still exists in our living environment as part of the buildings materials in large quantities. We developed a high efficiency detoxification disposal of asbestos waste technology, and undertook an enterprise and contribute to reducing a potential risk that asbestos is stocked by living environment. In this report, I report the prospects in the present conditions of our country issue of asbestos facing and the future of the detoxification processing business.

Key Words : Asbestos, Detoxification, Business, Waste

- に係る事業化要件の算定手法に関する研究，廃棄物資源循環学会，平成 24 年度研究討論会ポスター，2012.
- 2) 内田季延，関 眞一：アスベスト含有保温材の効率的溶融無害化のための研究，廃棄物資源循環学会，平成 25 年度研究発表会 E3-1，2013.
 - 3) 内田季延：建設業からみたアスベスト廃棄物処理の課題 PCB 無害化処理との比較，廃棄物資源循環学会，平成 26 年度研究発表会 E1-1，2014.
 - 4) (独)環境再生保全機構：石綿と健康被害 第 5 版，2010.
 - 5) 宮本憲一，森永謙二，石原一彦：終わりになきアスベスト災害，岩波書店，2011.
 - 6) NPO 法人兵庫労働安全衛生センター 震災とアスベストを考えるシンポジウム実行委員会：震災とアスベスト，アットワークス，2010.
 - 7) 小暮幸雄：アスベスト無害化処理のゆくえ，INDUST, Vol.28, No.6, 2013.