

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	アスベスト含有建築物の解体改修等作業に対する自治体の監視方策に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	飯田裕貴子
Author(English)	yukiko iida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11263号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:村山 武彦,浅輪 貴史,錦澤 滋雄,時松 宏治,坂野 達郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11263号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

学位論文

アスベスト含有建築物の解体改修等作業に対する
自治体の監視方策に関する研究

2019年9月

指導教員 村山 武彦教授

錦澤 滋雄准教授

東京工業大学大学院

総合理工学研究科 環境創造理工学専攻

飯田 裕貴子

本論文の概要

本研究は、自治体の立入検査における現状と課題を明らかにした上で、アスベストの漏えい監視の要である大気中アスベスト濃度測定方法について検討し、アスベスト含有建築物解体改修作業のより効果的な監視方策を提案した。

第1章では、研究の背景として、約800万トンのアスベストが建築物として一般環境に残されており、解体現場から一般環境へのアスベスト漏えい防止を目的として自治体による立入検査が実施されているが、立入検査の実施は自治体に任されており、実施状況が把握されていないことを指摘した。本研究では立入検査の状況把握と課題抽出を行い、より効果的な監視方策を提案することを示し、本研究の意義を明確にした。

第2章では、建築物のあらゆる箇所にアスベストは使用されている可能性があることを述べ、立入検査の位置づけと内容を整理し、立入検査時に行う大気中アスベスト濃度測定の方法が測定環境の変化とともに増やされてきたことを示した。また、『建築物の解体等における石綿飛散防止検討会報告書』より、解体現場での解体改修時間に対して大気中アスベスト濃度測定の測定時間が長く測定結果を現場の改善に活かせていない事、また大気中アスベスト濃度測定方法のいずれを優先させるかの検討が十分に行われていない事を問題として位置づけ、大気中アスベスト濃度測定の「分析精度」と「測定時間」のバランスが重要であることを述べ、本研究の枠組みを提示した。

第3章では、立入検査業務が委譲されている144自治体を対象として質問紙調査を行い、立入検査の状況と課題について分析を行った。質問紙は7つの大項目「自治体のガイドライン等」「立入検査」「養生・負圧等の目視確認」「大気中アスベスト濃度の測定」「報告書」「改善指導」「測定に重要視する点」、56の小項目で設計した。質問紙調査は2017年7月3日～26日に実施し、回収率は83.4%であった。

状況分析では「立入検査の実施状況」の分析を行った。その結果、立入検査は97%の自治体で実施されているが、大気中アスベスト濃度測定は実施率47%、現場への改善指導は実施率24%であることが明らかになった。また、自治体規模が小さくなるに伴って、特定粉じん排出作業届出件数は少なくなり、大気中アスベスト濃度測定および測定後改善指導の実施率は低くなり、さらに立入検査の予算枠も少なくなり、しかし逆に大気中アスベスト濃度測定の外部委託率は高くなっている現状が明らかとなった。中核市以下の自治体においては、より上位の自治体である政令指定都市や都道府県と連携し、政令指定都市や都道府県が立入り検査肩代わりする方法も考える必要がある。

また、「解体改修時におけるアスベストの漏えい」においては2011～2016年度の大気中アスベスト濃度測定件数と確認された漏えい件数より、自治体全体で3.1%の漏えいが確認されていた。漏えい3.1%に「1自治体あたり平均特定粉じん排出作業の届出件数/年」を乗ずると、全国での推定漏えい件数は300件/年となった。アスベストの漏えい有りと判断する基準値が自治体によって異なり、大気中アスベスト濃度1本/L(23自治体)と10本/L(26自治体)の2つの基準が使用されているため、推定漏えい件数は、「少なくとも300件」という位置づけになる。「大気中アスベスト濃度測定方法」の項目では、20%の自治体(11/54自治体)が、大気中アスベストモニタリングマニュアルに規定されている測定条件を、独自に短縮して測定を実施している事が明らかとなった。

さらに、課題分析の「大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由」では、「測定を義務付ける規定がない(27/58自治体)」が最も多く選ばれていた。次に、「大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題」では「多くの時間がかかる(23/58自治体)」が最も多く選ばれていた。「改善指導を行った理由」は「測定によってアスベストの漏えいが確認されたため(31/33自治体)」が最も多く選択されていた。さらに、「改善指導の課題」では「測定結果が出る事には解体作業が終了しており、現場への指導がアスベスト飛散防止対策に反映しづらい(20/33自治体)」が最も多く選ばれていた。

大気中アスベスト濃度測定の実施率を上げると共に、測定結果を改善指導に活かすために、大気中アスベスト濃度測定の迅速化が望まれていることが明らかになった。

第4章では、第3章で示された立入検査の問題点を踏まえて、アスベストモニタリングマニュアルに記載されている8種の測定方法を、測定方法の検証実験結果、実際に自治体の実施している測定方法、文献調査の3つの情報を用いて比較した。比較項目は、分析精度、分析に必要な時間、解体現場への可搬性、測定機の購入価格、分析上の利点と課題、測定機の整備状況である。比較結果より、結果より、分析精度を保ちつつ位相差顕微鏡法の迅速化を検討する事が、自治体がアスベスト含有建築物解体改修時にアスベスト漏えい防止を目的として行う、大気中アスベスト濃度測定方法として最も有効であると判断した。

次に、位相差顕微鏡法の分析精度を保ちつつ、より迅速に測定結果を得られる測定条件を検討するために、自治体が行っている測定方法も含めて15種の測定条件を設定し、分析精度(検出下限値、測定値誤差範囲)と測定時間の関係について検討を行った。測定条件7:捕集2時間で計数50視野、測定条件9:捕集1時間で計数100視野は、「特に迅速性が求められる場合」としてアスベストモニタリングマニュアルに記載されている

測定条件 15: 捕集 0.5 時間と計数 100 視野と比較して、分析精度で比較項目とした定量下限値は 2 倍の精度があり、測定誤差範囲は 0.6 倍とより誤差が少なく、測定時間はほぼ同等であった。測定条件 7, 9 は、迅速性においてはアスベストモニタリングマニュアルに記載された「特に迅速性が求められる測定条件」とほぼ同等であり、かつ分析精度はより高い測定条件である。アスベスト含有建築物の解体改修時における迅速な大気中アスベスト濃度測定方法として使用可能だと考える。

第 5 章では、以上の要約を結論とし、また今後の課題を示した。

—目次—

第1章	研究の背景と目的	1
1.1	研究の背景	2
1.1.1	日本におけるアスベストの輸入量と使用用途	2
1.1.2	アスベストの健康影響	2
1.1.3	アスベストの使用禁止	2
1.1.4	今後のアスベスト取扱い作業	2
1.1.5	アスベスト含有建築物の解体改修作業についてのマニュアル類	2
1.2	先行研究の整理	3
1.2.1	建築物解体作業の危険性	3
1.2.2	建築物からアスベスト漏えいを防止するための事前調査	3
1.2.3	建築物からアスベスト漏えい防止・監視のための立入検査	4
1.2.4	立入検査に関する先行研究	4
1.3	研究の目的	6
第2章	研究の枠組み	7
2.1	建築物のアスベスト使用箇所	8
2.2	立入検査の位置づけ	8
2.3	立入検査の内容	9
2.4	立入検査の実施・責任主体	10
2.5	アスベストモニタリングマニュアル改定の経緯	11
2.6	大気中アスベストの規制基準	12
2.6.1	敷地境界基準 10 本/L	13
2.6.2	アスベストモニタリングマニュアルに規定されている 規制基準 1 本/L	13
2.7	大気中アスベスト濃度測定の方法	13
2.8	総繊維数濃度の算出手順	14
2.9	「建築物の解体等における石綿飛散防止検討会」および「石綿飛散 防止専門委員会」において指摘されている大気中アスベスト濃度 測定の課題	15
2.10	研究の枠組み	17
2.11	用語の説明	18
第3章	質問紙調査による立入検査の現状分析	19
3.1	本章の目的	20

3.2	本章の枠組み	20
3.2.1	自治体職員への聞き取調査による立入検査の課題抽出	20
3.2.2	質問紙の設計	20
3.2.3	質問紙調査対象自治体の選定	22
3.2.4	質問紙調査の実施概要	23
3.2.5	回答自治体の分類	24
3.2.6	3章の枠組み	24
3.3	質問紙調査の結果	25
3.3.1	自治体区分別の特定粉じん排出作業届出件数	25
3.3.2	立入検査を実施する事業所の選択	25
3.3.3	立入検査の実施状況分析	26
	(1) 立入検査の内容別実施割合	26
	(2) 立入検査による建築物解体改修時にアスベスト漏えい防止	28
	(3) 立入検査を実施する作業場の絞込み	29
3.3.4	立入検査時に自治体を実施する大気中アスベスト濃度測定方法の現状分析	29
	(1) 大気中アスベスト濃度測定の結果を「漏えい有り」と判断する基準値	29
	(2) 自治体で使用されている大気中アスベスト濃度を測定するための機器類	30
	(3) 自治体において実施されている大気中アスベスト濃度の測定方法	30
3.3.5	立入検査の課題分析	31
	(1) 大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題	31
	(2) 大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由	32
	(3) 大気中アスベスト濃度測定の難易度	33
	(4) 大気中アスベスト濃度測定の外部委託	33
	(5) 立入検査において解体現場への改善指導を行った理由	34
	(6) 立入検査において解体現場への改善指導の課題	34
	(7) 立入検査において解体現場への改善指導を行わなかった理由	36
3.3.6	大気中アスベスト濃度測定によって認識されたアスベストの漏えい	37
3.3.7	改善指導時のチェックリスト使用	37
3.3.8	立入検査の予算	37
3.3.9	立入検査に関わる人員数	38
3.3.10	本章の分析結果図	39
3.4	3章のまとめ	40
3.4.1	立入検査の実施状況	40

3.4.2	自治体による大気中アスベスト濃度測定の実況.....	40
(1)	測定結果を評価するための環境基準.....	40
(2)	自治体に置いて実施されている大気中アスベスト濃度の測定方法...	40
(3)	大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題および 実施していない理由.....	41
(4)	自治体職員が感じている大気中アスベスト濃度測定の高易度と 外部委託比率.....	41
(5)	自治体による建築物解体改修時のアスベスト漏えい防止.....	41
3.4.3	立入検査の課題.....	42
(1)	自治体区分別でのアスベスト漏えい監視体制.....	42
(2)	アスベスト漏えい監視方法の課題.....	43
(3)	立入検査の予算.....	44
(4)	立入検査の実施体制.....	46
第4章	大気中アスベスト濃度測定方法の検討.....	49
4.1	本章の目的.....	50
4.2	4章の枠組み.....	50
4.2.1	アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法.....	50
4.2.2	測定方法と測定対象粒子.....	50
4.2.3	大気中アスベスト濃度測定方法の比較項目.....	51
4.2.4	大気中アスベスト濃度測定方法の比較基準.....	51
4.2.5	4章の枠組み.....	51
4.3	位相差顕微鏡法と走査型電子顕微鏡法による アスベスト標準フィルターの分析.....	52
4.3.1	計数可能繊維径の検証.....	54
4.3.2	測定時間の検証.....	54
4.4	アスベストモニタリングに記載されている測定方法の比較.....	55
4.4.1	アスベストモニタリングマニュアルに記載されている 測定方法比較の結果.....	56
4.4.2	アスベスト含有建築物の解体改修等作業の監視に最も適した 測定方法の選定.....	59
4.5	位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲） および測定時間.....	63
4.5.1	立入検査において実施されている位相差顕微鏡法の問題点.....	63
4.5.2	位相差顕微鏡法において設定した15測定条件.....	63
4.5.3	アスベストモニタリングマニュアル初版より	

測定値誤差範囲（95%信頼区間）の計算式	64
4.5.4 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）および測定時間	65
4.6 4章のまとめ	67
4.6.1 アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法の比較	67
4.6.2 顕微鏡法における検出下限値	68
4.6.3 位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）および測定時間	68
第5章 結論	71
5.1 各章のまとめ	72
5.2 アスベスト含有建築物の解体改修等作業に対する自治体による監視方策の現状と対策案	74
5.3 今後の検討課題	75
参考文献	76
謝辞	79
巻末資料	
資質問紙	2

－図目次－

図 1.1：日本におけるアスベスト輸入量と解体作業量	3
図 2.1：建築物のアスベスト使用箇所例 （目で見えるアスベスト建材，2006年3月，国土交通省）	8
図 2.2：セキュリティゾーン外観（建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル， 2014年6月，環境省）	9
図 2.3：立入検査の工程	9
図 2.4：アスベスト規制の歴史	11
図 2.5：アスベストモニタリングマニュアルの測定対象エリアおよび大気中アスベスト 濃度測定方法	12
図 2.6：アスベストモニタリングマニュアル第4.1版に記載されている測定機 （緑色エリア：顕微鏡法，ピンク色エリア：リアルタイム測定法）	13
図 2.7：大気中アスベスト濃度測定の流れ	14
図 2.8：総繊維数濃度の算出手順	15
図 2.9：研究の枠組み	17
図 3.1：質問の流れ	21
図 3.2：立入検査の実施概要	23
図 3.3：3章の枠組み	24
図 3.4：実施内容別の立入検査実施状況	27
図 3.5：自治体区分別の大気中アスベスト濃度測定および 測定後の改善指導実施状況	27
図 3.6：立入検査による建築物解体改修時にアスベスト漏えい防止効果	28
図 3.7：大気中アスベスト濃度測定の結果を「漏えい有り」と判断する基準値	29
図 3.8：自治体において実施されているサンプリング時間および計数視野数	31
図 3.9：大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題	32
図 3.10：大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由	32
図 3.11：大気中アスベスト濃度測定の難易度	33
図 3.12：大気中アスベスト濃度測定の外部委託割合	34
図 3.13：改善指導を行った理由	34
図 3.14：改善指導の課題	35
図 3.15：改善指導を行わなかった理由	36
図 3.16：立入検査に携わる自治体職員数	38
図 3.17：3章の分析結果図	39
図 3.18：関東圏の自治体区分色分け図	43
図 4.1：測定対象粒子と測定方法	50

図 4.2 : 4 章の枠組み.....	52
図 4.3 : アスベスト標準フィルターの作製手順.....	52
図 4.4 : 位相差顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いた分析手順.....	55
図 4.5 : 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲） および測定時間.....	67

－表目次－

表 3.1 : 質問紙調査の対象自治体	22
表 3.2 : 平成 23～28 年の特定粉じん等排出作業届出件数	25
表 3.3 : 立入検査の実施事業所を選択する視点	26
表 3.4 : 大気中アスベスト濃度測定結果の判定タイミングと測定方法	36
表 3.5 : 大気中アスベスト濃度測定によって認識されたアスベスト漏えい	37
表 3.6 : 立入検査の予算	38
表 3.7 : 自治体区分別での特定粉じん排出作業届出件数と大気中アスベスト濃度 測定件数外部委託率	42
表 3.8 : 大気中アスベスト濃度測定機器類の固定費試算	45
表 3.9 : 立入検査消耗品および移動費の試算	46
表 4.1 : アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版に記載されている 測定方法の比較（顕微鏡法）	56
表 4.2 : アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版に記載されている 測定方法の比較（リアルタイム・モニター）	58
表 4.3 : アスベストモニタリングマニュアルに記載されている 8 種の 測定方法比較結果	59
表 4.4 : 位相差顕微鏡法における 15 測定条件	64
表 4.5 : 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と 測定値誤差範囲）および測定時間	66

第1章

研究の背景と目的

第1章 研究の背景と目的

1.1 研究の背景

1.1.1 日本におけるアスベストの輸入量と使用用途

アスベストは耐熱性が高く・耐薬品性が高く・熱絶縁性があり・伸張性・柔軟性にも優れており、また安価であるという理由によって、産業機器・化学設備・運輸・自動車・建築材料・一般民生用など広く産業に利用されてきた¹⁻³⁾。日本では1930年～2005年に約988万トンが輸入されており(図1.1)、その8割以上が建築材料として使用された。アスベストの使用が禁止された現在においても、約4000万トンのアスベスト混合物が建築物として残されている⁴⁾。

1.1.2 アスベストの健康影響

アスベスト肺、肺癌、悪性中皮腫(1997～2015年に20,525人発症⁵⁾)、良性石綿胸水、びまん性胸膜肥厚などアスベストを吸い込むことによって起こる疾病がある⁶⁻¹¹⁾。加えて、統計モデルを用いた将来予測において、2000～2040年に悪性中皮腫で死亡する男性は約10万人と報告されている¹²⁾。

1.1.3 アスベストの使用禁止

アスベストは国際がん研究機関(International Agency for Research on Cancer)から最も発がん性が高いグループ1(ヒトに対する発癌性が認められる)に分類されている。産業資材として優れた物質ではあったが、その高い発がん性から徐々に使用できる種類や量に法規制がかけられ¹³⁾、2006年には労働安全衛生法施行令が改正され、原則として使用全面禁止となった¹²⁾。

1.1.4 今後のアスベスト取扱い作業

現在残されているアスベスト取扱い作業で最も重要なのは、アスベスト含有建築物の解体改修作業である。国土交通省の推計によれば、これらの作業は2030年前後にピークを迎え、年間10万棟に及び、2055年ほどまで続くとされる(図1.1)¹⁴⁾。

1.1.5 アスベスト含有建築物の解体改修作業についてのマニュアル類

アスベスト含有建築物の解体改修作業について、作業場から一般環境へのアスベスト飛散を防止する目的で、「石綿飛散漏洩防止対策徹底マニュアル2.03版(厚生労働省、平成28年3月)¹⁵⁾」や「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル(環境省・大気環境局大気環境課、2014.6)⁷⁾」、「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル(社団法人 日本作業環境測定協会、平成18年7月発行)¹⁶⁾」、「建築物の解体等工事における石綿粉じんへのばく露防止マニュアル(建設業労働災害防止協会、平成17年8月発

行)¹⁷⁾」などのマニュアルや手引きが出されている。これらは、アスベスト含有建築物の解体改修作業場からアスベストを一般環境へ飛散させないためにどのように作業を行うべきか、適切な作業工程の方法や、解体作業者のアスベストばく露を防止するための個人用保護具の選択などについて詳細に記載されている。

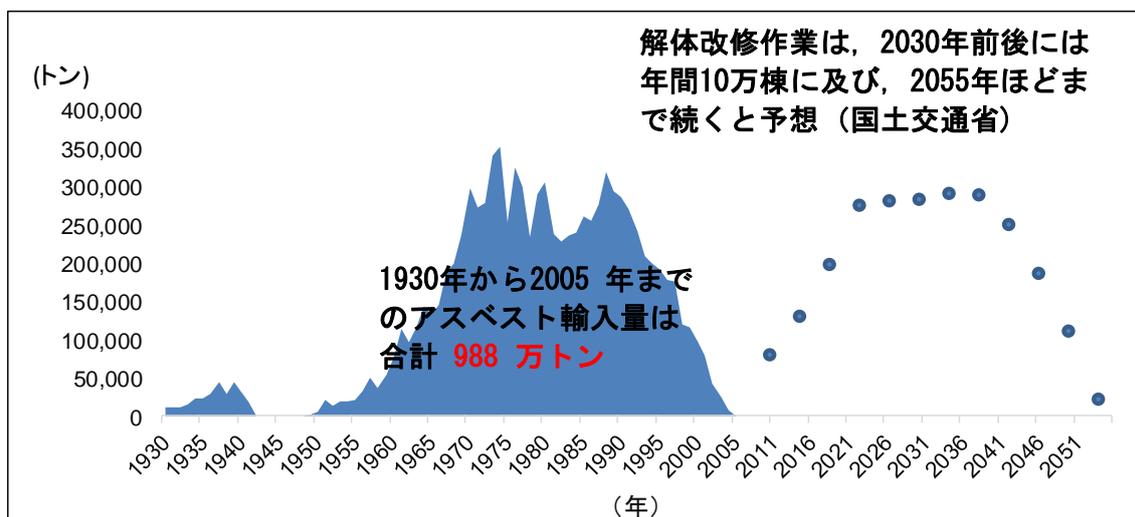


図 1.1 日本におけるアスベスト輸入量と解体作業量

1.2 先行研究の整理

1.2.1 建築物解体作業の危険性

阪神・淡路大震災時において、環境省が実施した大気中アスベスト濃度測定の結果より、解体現場周辺で最高で 19.9f/L のアスベスト飛散がみられたとの報告がされている¹⁸⁾。また、中地は散水せずに解体を行った現場の敷地境界付近で 160f/L と 250f/L という大気中アスベスト濃度測定の結果を報告している¹⁹⁾。一般環境の大気中アスベスト濃度は、近年 0.5 本以下であることが多く²⁰⁾、一般環境の規制基準が 1 本/L であることから考えると、建築物の解体作業が間違いなく高濃度のアスベストを発生させる作業^{21,22)}であることが明らかにされている。

1.2.2 建築物解体改修作業場からアスベスト漏えいを防止するための事前調査

建築物解体改修時に一般環境へのアスベスト漏えいを防止するために、解体前には建築材料にアスベストが使用されているかの事前調査が行われている。しかし、事前調査においてアスベストの見落とし事例が報告されており²³⁾、アスベスト含有建築物からの試料サンプリングと分析の技術の一定レベルを担保するために 2013 年に建築物石綿含有建材調査者制度²⁴⁾が開始された。

1.2.3 建築物解体改修作業場からアスベスト漏えい防止・監視のための立入検査

自治体による立入検査において、建築物から一般環境へのアスベスト漏えいを防止するために解体改修作業を開始する前に養生・負圧等が適切に実施されているか確認が行われている。また、アスベスト漏えいを監視するために、解体改修作業中に養生の外部において大気中アスベスト濃度測定が実施されている²⁵⁾。

アスベストは国際がん研究機構によって最も発がん性が高いグループ1（ヒトに対する発癌性が認められる）に分類されている。また、アスベスト含有建築物の解体改修作業が適切な対応なしで実施された場合に、高濃度のアスベストが一般環境へ飛散する作業であることは明らかとなっている^{18,19)}。適切にアスベスト含有建築物の解体改修作業を実施するためのマニュアル類は作成されているが、そのみでは解体改修作業が適切に行われる保証にはならない。これは、建築物の解体改修作業において手抜きをするほど解体改修作業に必要な経費が少なくなり、解体業者の収入が増えるという状況があるためである。また、アスベストの使用が認められていた時代において、工場等のアスベストが使用される環境では作業環境測定士（環境測定の国家資格）によって大気中アスベスト濃度の測定が行われており、測定結果は工場等から労働基準監督署に提出され測定結果に対して指導が行われていた。建築物の解体改修作業は一般環境の中で行われ、一般環境においては、労働環境よりもさらに高い安全性が求められる。行政は適切な解体改修作業のマニュアルや手引きを示すのみではなく、立入検査の実施によって、適切にマニュアル等を遵守した解体改修作業が行われているか解体改修作業を監視しなくてはならない。

しかし、自治体による立入検査は、自治体によって実施状況に差があると報告されている^{26,27)}。立入検査の実施状況の把握、またどのような原因で立入検査の実施状況に差が生じているのかを特定する必要があるが、立入検査について詳細な調査および状況分析の研究報告は少ない。

1.2.4 立入検査に関する先行研究

寺園淳は、国内で建築物のアスベスト対策として作成された1980年代～現代までのガイドライン等について説明し、建築物の解体に伴うアスベストの調査や対策に関する法整備は進んできたが、その遵守が徹底されていないことを指摘している²⁸⁾。

南らは、47都道府県、17政令指定都市、環境省の調査対象3自治体の合計67自治体に対してアスベスト政策として自治体が実施している健康被害の実態調査・建築物対策・情報普及活動・予算配分についてアンケート調査を行った。その結果、アスベスト健康被害者の実態調査が不十分であること、アスベスト特有疾患の発症リスクが高い住民の把握お

よび健康診断が十分に行われていないこと、建築物対策については公有建築物においても実態把握に不十分な点があるが、それ以上に民間建築物対策が十分でないこと、情報普及活動においてはホームページの開設にとどまっていることを示した。また、アスベスト対策は大枠では国の対策があり、その内容に則って対策を遂行することが基本的に自治体に求められる義務となっており、国の対策や財源措置が十分であれば、それに対応した自治体の対策は概ね十分に機能すると考えられるが、予算配分に関して現状では不十分とする自治体が約3割に上っていることも指摘した²⁷⁾。

総務省行政評価局の報告書「アスベスト対策に関する行政評価・監視－飛散・ばく露防止対策を中心として－結果報告書(2016)²³⁾」は、39 県市における立入検査、指導の実施状況を調査したところ、事業者に対し改善指導が行われた250件のうち55件(改善指導件数の22%)については、改善措置状況の確認が未実施、また57件(23%)については作業終了後に確認が実施されたことを明らかにした。このように改善指導事項に対する改善措置状況の確認を十分に行っていない理由について、県市は、指導事項は事業者が適切に改善しているはずであると考えていること、事業者の提出する作業完了報告書により改善措置を確認していることを挙げている。しかしながら、総務省行政評価局の報告書はアスベストの飛散・ばく露防止措置の履行を確保する上で、指摘事項に対する改善措置の状況を迅速かつ適切に確認しておくことの必要性を指摘している。

以上の先行研究より、アスベストを飛散させずに解体するためのマニュアル等の整備は進んできたことが明らかにされている。しかし、マニュアルに則った解体改修作業の遵守が徹底されていないことが課題として指摘されている。また、自治体による立入検査時の改善指導に対して、解体業者の改善措置状況の確認が、解体作業中には約半分しかできていない状況が課題としてあげられている。加えて、自治体による総合的な建築物のアスベスト対策は、国の対策や十分な財源措置が必要であるが、十分に配分されているとは言えない状況が明らかとなった。

しかし、これらの研究は、アスベスト含有建築物の解体作業からのアスベスト漏えい防止、総合的な建築物のアスベスト対策、改善指導後の措置状況確認による立入検査の実効性について明らかとすることにとどまっており、自治体による立入検査の具体的な内容については、必ずしも明らかにされていない。また、自治体によって立入検査の実施状況に差がある事が述べられているが、その原因については十分に検討されていない。したがって立入検査の実施状況を定量的また詳細に明らかにし、自治体による立入検査の実施状況の差が何を原因として起こるのか示すことは、自治体によるアスベスト漏えい監視方策を現在よりも改善し、今後のアスベスト含有建築物の解体改修時におけるアスベスト漏えい防止を実施する上で重要であると言える。

1.3 研究の目的

自治体の立入検査における現状と課題を明らかにした上で、アスベストの漏えい監視の要である大気中アスベスト濃度測定方法について検討し、アスベスト含有建築物解体改修作業のより効果的な監視方策を提案することを目的とする。

第2章

研究の枠組み

2.3 立入検査の内容



図 2.2 セキリティゾーン外観

(建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル, 2014年6月, 環境省)

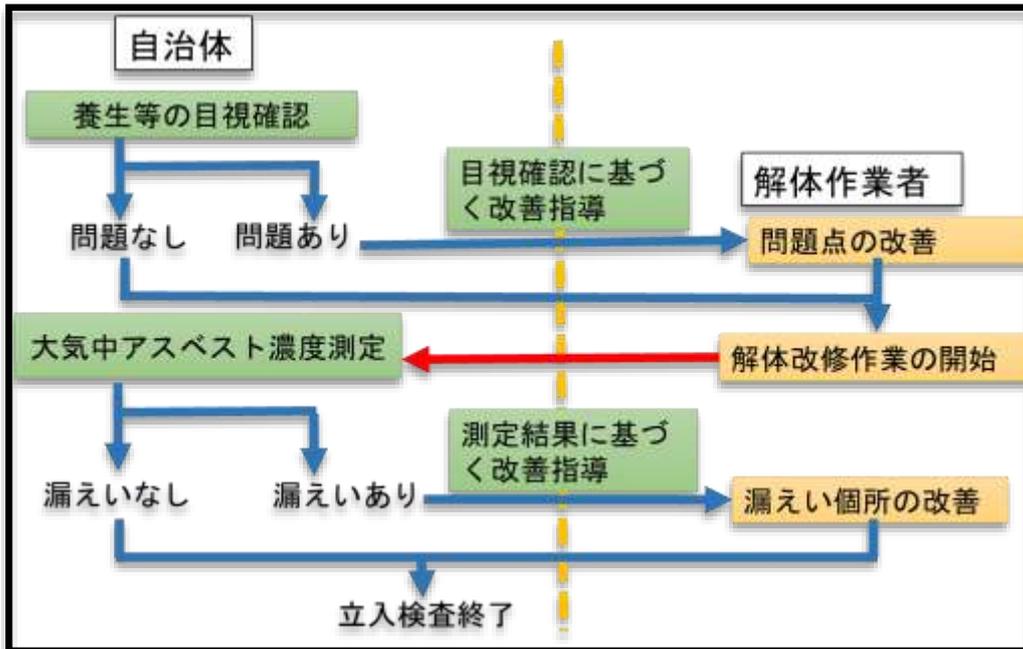


図 2.3 立入検査の工程

解体改修作業場入り口の様子を図 2.2 に示す。アスベストが作業場の外に漏えいしないように作業場全体がシートで覆われており、この覆い込みは養生と呼ばれる。

図 2.3 に示すように、立入検査は 4 つ工程で構成されており、自治体職員が最初に行う事は、解体改修作業場での養生等の目視確認になる。養生等の目視確認では、自治体職員が目視で適切に養生が行われているか、作業場内が陰圧に保たれているか等を確認し、問題があった場合は自治体職員から現場作業員および解体事業者へ改善指導を行う問題がない、また問題が修正されれば解体改修作業が開始される。解体改修作業時に、養生の外側で、自治体による大気中アスベスト濃度測定が行われる。その後、測定結果が判明し、もしもアスベストの漏えいが確認された場合は、再度現場への改善指導を行う。

2.4 立入検査の実施・責任主体

アスベストの規制は、原料としてのアスベストの規制と、建築物に使用されたアスベストの規制と、2種類の規制が行われてきた（図 2.4）。アスベスト含有建築物の解体改修作業は特定粉じん排出作業（アスベストを大気中に排出する作業）と呼ばれ、1996年に大気汚染防止法によって規定され、特定粉じん排出作業に対して行う立入検査は、2000年に地方分権一括法によって国から地方自治体に権限が委譲された。

特定粉じん排出作業（アスベストを大気中に排出する作業）は 1996 年に大気汚染防止法によって規定され、特定粉じん排出作業に対して行う立入検査は、2000 年に地方分権一括法によって国から地方自治体に権限が委譲された。また、石綿飛散防止措置が適切に行われているか確認し必要に応じて指導を行う立入検査は、「災害時における石綿飛散防止に係る取扱いマニュアル」³¹⁾においても、自治体の実施・責任主体とされている。加えて、2014 年の大気汚染防止法改正で、自治体は特定粉じん排出作業のみではなく、全ての解体改修作業への立入検査が行えるように変更された^{29,30)}。

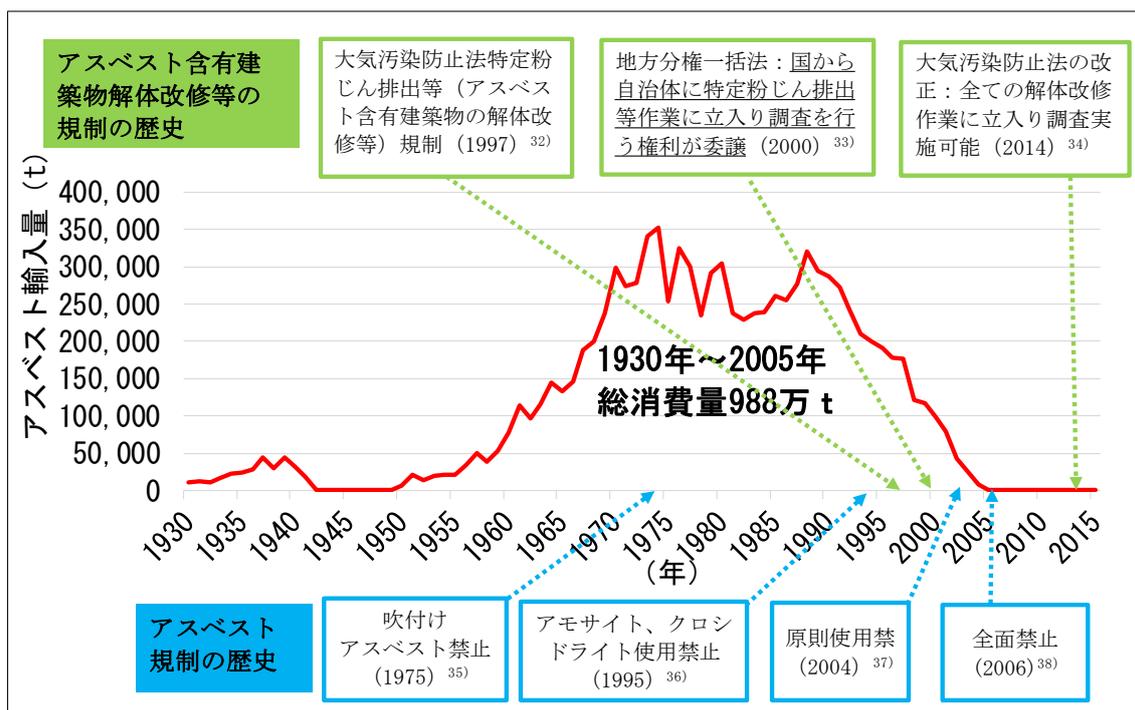


図 2.4 アスベスト規制の歴史

2.5 アスベストモニタリングマニュアル改定の経緯

大気中アスベスト濃度測定方法は、環境省発行の「アスベストモニタリングマニュアル」に記載されている（図 2.5）。アスベストモニタリングマニュアルは、1985年3月に所発行された。当時の大気中アスベスト濃度測定は、アスベスト取扱い工場等および一般大気的环境管理として、半年に1回実施されていた。この半年に1回の測定は、環境の継続的变化を観察することを目的とし、定点観測の意味で実施された。そのため、現在のアスベスト含有建築物の解体改修作業場での測定に比べて、迅速性は求められていなかった。その後、アスベストは使用禁止となり、大気中アスベスト濃度測定の対象もアスベスト含有建築物解体改修作業場と一般大気となった。アスベスト含有建築物解体改修作業は、作業が数時間～数日で終了するため、測定結果をアスベスト漏えい防止に役立てるために、大気中アスベスト濃度測定に迅速性が求められるようになった。そのため、アスベストモニタリングマニュアルは数度改定を行い、新しい方法が加えられた。2017年7月のアスベストモニタリングマニュアル第4.1版²⁰⁾では、測定方法は8種類になった。

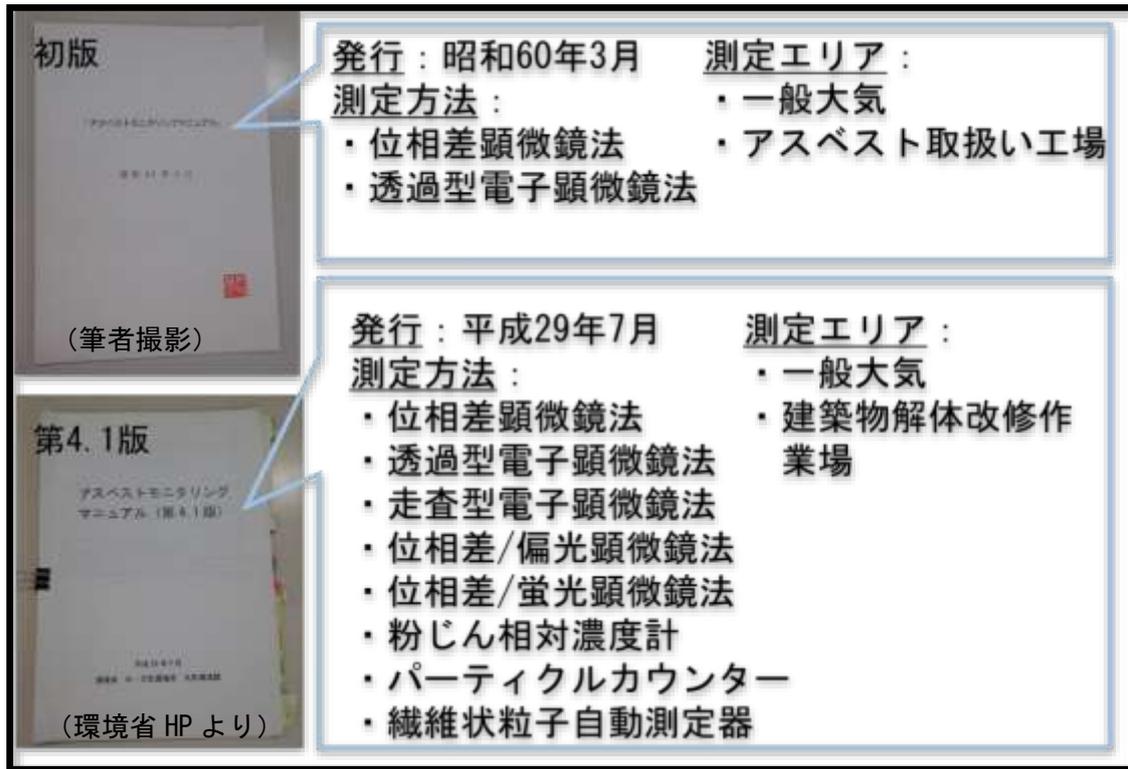


図 2.5 アスベストモニタリングマニュアルの測定対象エリアおよび大気中アスベスト濃度測定方法

2.6 大気中アスベストの規制基準

アスベストが使用禁止になる以前、大気中アスベストの規制基準は、アスベストを使用する工場内等の作業環境評価基準、また労働環境と一般環境の境界になる敷地境界線での規制基準の2つが設定されていた。作業環境の基準は、2005年4月の作業環境評価基準改正³⁹⁾により「大気中のアスベスト濃度が1リットルにつき150本(150本/L)」とされ、現在もアスベスト含有建築物の解体改修作業場での管理基準として150本/Lが使用されている。

一方、一般環境とアスベスト取扱い工場等との敷地境界線での管理基準は「大気中のアスベスト濃度が1リットルにつき10本(10本/L)」⁴⁰⁾とされた。

また一般環境の規制基準は「大気中のアスベスト濃度が1リットルにつき1本(1本/L)」とされた。一般環境の規制基準について、それぞれ基準値が設定された背景を以下に記す。

2.6.1 敷地境界基準 10 本/L

「大気汚染防止法の一部を改正する法律の施行について（依命通達），平成元年 12 月 27 日日環大企第 489 号 環境事務次官より各都道府県知事政令市市長あて」において，「特定粉じんの規制基準は，特定粉じんの発生又は飛散の態様を踏まえ，特定粉じん発生施設を設置する工場又は事業場の敷地の境界線における濃度の許容限度として定める事とした」とし，「大気中のアスベストの濃度が 1 リットルにつき 10 本」と規定された⁴⁰⁻⁴²⁾。

2.6.2 アスベストモニタリングマニュアルに規定されている規制基準 1 本/L

「一般環境のアスベスト濃度は，近年，濃度レベルが低下してきており，総繊維でも概ね 0.5 本/L 以下のレベルで推移している（アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版²⁰⁾ の第 1 部総論）」ため，やや高い値（目安としては 1 本/L 超とする）がアスベスト漏えい監視の基準値とされた。

2.7 大気中アスベスト濃度測定の方法

アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定機の外観を図 2.6，気中アスベスト濃度測定の作業フローを図 2.7 に示す。

顕微鏡法は，大気の捕集，捕集を行ったフィルターを処理して標本を作製し，標本を顕微鏡で分析する事によって結果が得られる。リアルタイムモニターは捕集時間や分析時間は必要なく，測定を開始している時間中，オンタイムで結果が得られる。

位相差顕微鏡法	走査型電子顕微鏡法	透過型電子顕微鏡法	位相差/偏光顕微鏡法
			
<small>*ニコンインステックHPより</small>	<small>*日立ハイテクノロジーHPより</small>	<small>*日立ハイテクノロジーHPより</small>	<small>*ニコンインステックHPより</small>
位相差/蛍光顕微鏡法	粉じん相対濃度計	パーティクルカウンター	繊維状粒子自動測定器
			
<small>*科学技術振興機構HPより</small>	<small>*東田科学HPより</small>	<small>*東田科学HPより</small>	<small>*東田科学HPより</small>

図 2.6 アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版に記載されている測定機
（緑色エリア：顕微鏡法，ピンク色エリア：リアルタイム測定法）

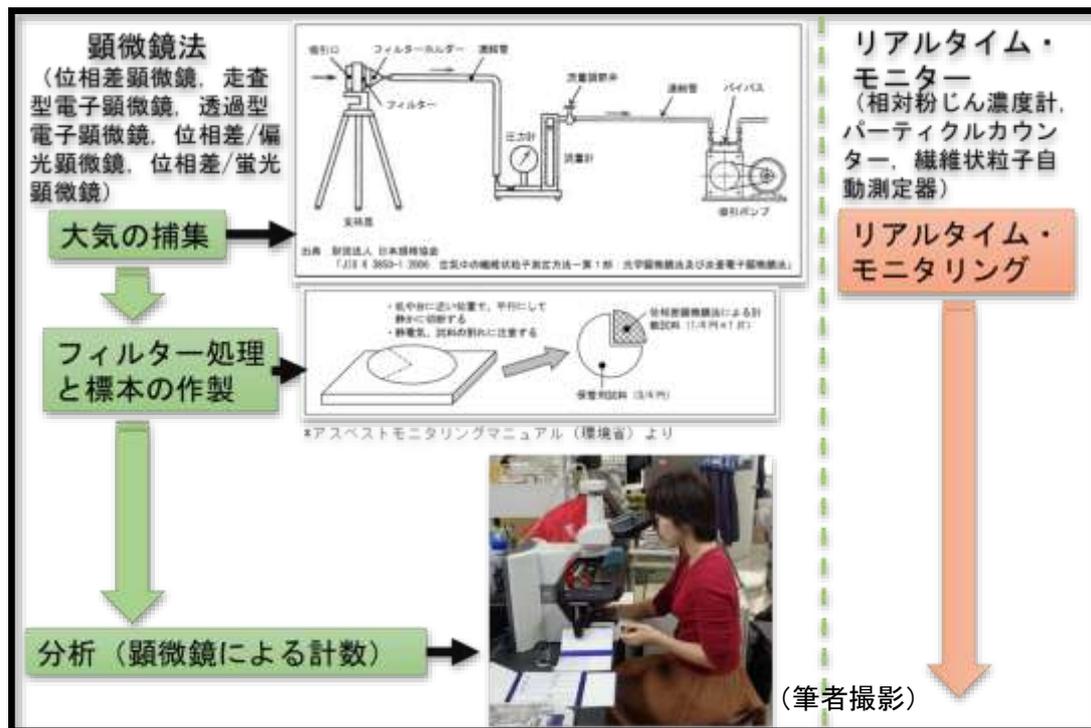


図 2.7 大気中アスベスト濃度測定作業フロー

2.8 総繊維数濃度の算出手順

一般環境中に浮遊している計数対象に該当する総繊維数濃度は以下の式で求められる。

$$F_T = A \times (N_P - N_B) / (a \times n \times V)$$

- F_T : 総繊維数濃度 (本/L)
- A : メンブランフィルターの有効面積 (mm^2)
- N_P : 位相差顕微鏡で計数した繊維数 (本)
- N_B : フィルターブランク値 (本)
- a : 視野範囲 (アイピースグレイティクル) の面積 (mm^2)
- n : 計数した視野数
- V : 吸引空気量 (L)

位相差顕微鏡で粉じんの形状観察を行い、総繊維数濃度を算出する。総繊維数濃度が 1 本/L を超えた場合は、電子顕微鏡を用いて粉じんの形状観察に加えて成分分析を行い、アスベスト繊維数濃度を算出する。総繊維数濃度およびアスベスト繊維濃度を算出するまでの作業の流れを図 2.8 に示す。

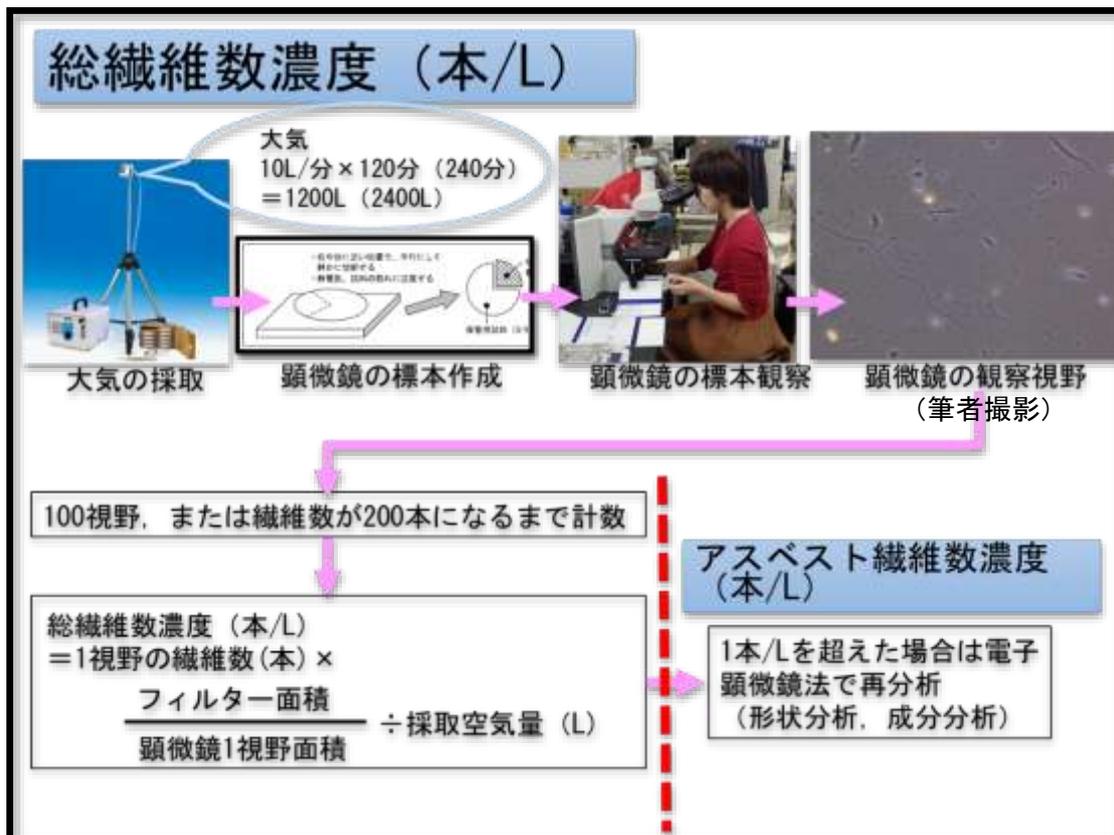


図 2.8 総繊維数濃度の算出手順

2.9 「建築物の解体等における石綿飛散防止検討会⁴³⁾」および「石綿飛散防止専門委員会⁴⁴⁾」において指摘されている大気中アスベスト濃度測定の課題

「建築物の解体等における石綿飛散防止検討会⁴³⁾」では、①アスベスト除去作業（特にアスベストの飛散が懸念される作業）の継続時間、②アスベストの測定方法及び測定に要する時間、③上記を踏まえたアスベスト濃度測定の意味、④今後の方向性特定粉じん排出作業における大気中アスベスト濃度測定の必要性について議論が行われてきた。

アスベスト濃度測定技術の現状について、問題としては、測定結果が出るのは解体工事が全部終わってしまってからであることであり、速やかに結果が出るような測定技術が必要であることが指摘されている。また、測定した結果を判定する基準づくりが必要であることが指摘されている。測定を実施する意味として、解体業者としてはデータがあれば次の作業現場に反映することができ、測定データがあれば解体後に周辺住民から質問があったときに説明しやすく、また、測定の義務化により解体業者は作業基準の遵守を入念に行

うようになることが指摘されている。

測定技術の問題点として、測定結果が得られるまでに、通常では最短でも2日間を要し、結果が得られた時には、長期間継続的に作業が行われる場合を除いて石綿の除去作業等は終了しているため、高濃度のアスベストが漏えいしている測定結果が得られたとしても、作業の改善に役立てることができないことが指摘されている。

「石綿飛散防止専門委員会⁴⁴⁾」では、自治体からの意見として、簡便で迅速な測定方法の選定、安価で精度の高い測定機材の選定、簡易的な大気濃度測定手法とその評価指針の設定が必要と記されている。また、大気環境部会での意見として、現在実施されている大気濃度測定方法を整理し、測定目的に応じてどの測定方法を優先させるのか検討願いたいと記されている。

大気中アスベスト濃度測定は、「2.5アスベストモニタリングマニュアル改定の経緯」に示したように、当初は一般環境とアスベスト取扱い工場において実施されていた。当初は、測定は工場で作業内容等の変更がなければ半年に一度実施されていたため、測定から結果判明までの時間は現在と比べると長くとることができ、最長で次の測定が始まる前までに結果が出れば良かったと聞いている。

以前は測定時間が最長で半年使えた測定方法を、現在は数時間から数日で作業が終了するアスベスト含有建築物解体改修時の管理に用いているため、アスベスト除去作業時間と大気中アスベスト濃度測定時間のミスマッチが起きている。そのため、対策として一般大気の測定では4時間の大気捕集を行うが、解体作業場での測定では2時間の大気捕集で良いとされている。また、迅速に測定結果が得られるように測定方法も追加されており、アスベストモニタリングマニュアル初版では測定方法は位相差顕微鏡法と透過型電子顕微鏡法の2種であるが、改定されたアスベストモニタリングマニュアル第4.1版では8種の測定方法が紹介されている。

しかし、測定方法は増えたものの、測定目的に応じてどの測定方法を優先するのかの検討は行われておらず、測定を実施する自治体において選択しなければいけない状況となっている。加えて、解体現場での大気中アスベスト濃度測定は、建築物の解体現場からのアスベスト漏えい監視を目的として行うため、大気中アスベスト濃度測定の「分析精度」と「測定時間」のバランスが問題となるが、その点について検証は行われていない。

2.10 研究の枠組み

第2章1項目～7項目の問題点を踏まえ、本研究の枠組みを図2.9に示す。

第2章を踏まえ、第3章では立入検査を実施する自治体を対象として質問紙調査を行い、立入検査の状況と課題について分析を行う。状況分析では「立入検査の実施状況」「解体改修時におけるアスベストの漏えい」「大気中アスベスト濃度測定方法」を明らかにする。課題分析では「大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題」「大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由」「改善指導を行った理由」「改善指導の課題」を明らかにする。

第4章では、第3章で示された立入検査の問題点を踏まえて、立入検査時に実施する8つの大気中アスベスト濃度測定方法を、測定方法の検証実験結果、実際に自治体が行っている測定方法、文献調査の3つの情報を用いて比較する。解体作業場のアスベスト漏えい監視方法として最も適している測定方法を選定する。次に、選んだ測定方法での測定条件について分析精度と迅速性の視点から検討を行い、アスベスト含有建築物の解体改修作業に対する自治体の監視方策として最も適した測定方法を提案する。

第5章では、以上の各章の分析を踏まえ、本論文の総合的な結論と今後の課題を示す。

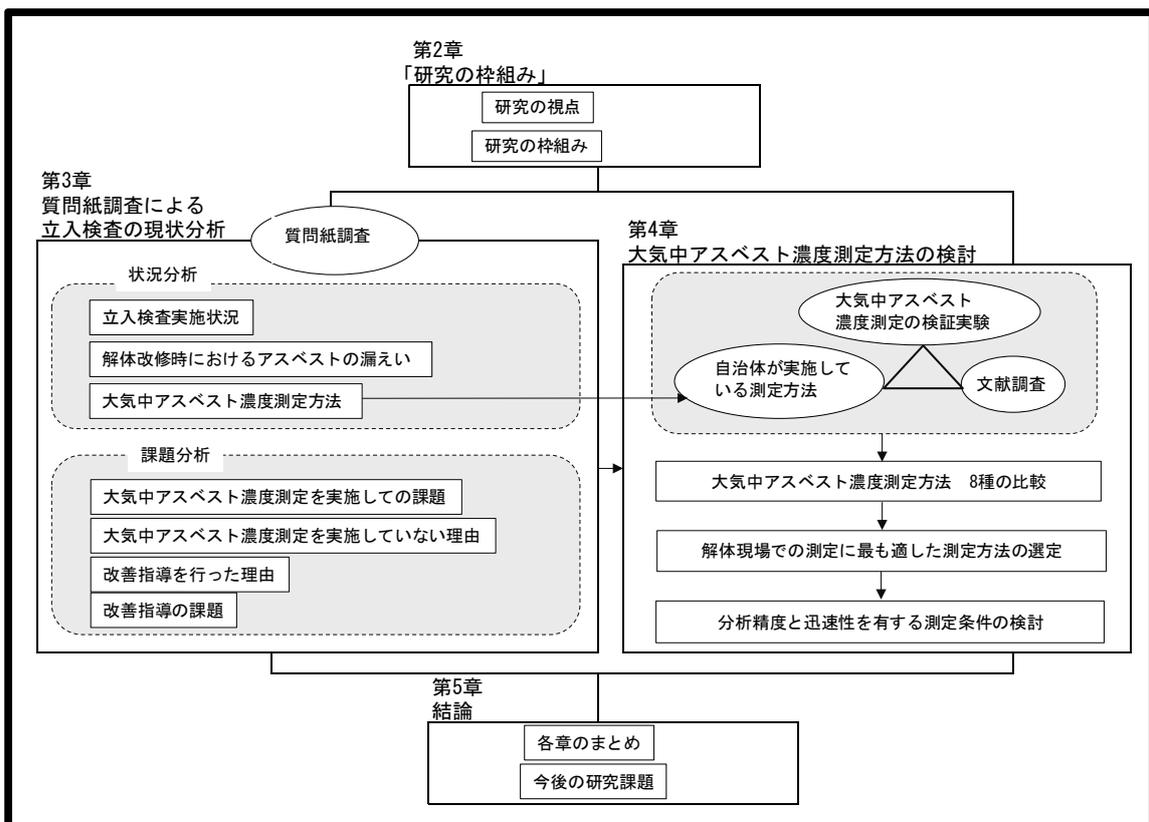


図 2.9 研究の枠組み

2.11 用語の説明

本研究において、「モニタリング」は測定の意味で使用する。「アスベストモニタリングマニュアル」は、「アスベスト測定方法のマニュアル」の意味である。「監視方策」は「測定方法や実施体制を含めた監視方法の検討」の意味で使用する。「自治体のアスベスト監視」は「自治体によるアスベスト漏えいおよび飛散の監視」意味で使用する。

第3章

質問紙調査による立入検査の現状分析

第3章 質問紙調査による立入検査の現状分析

3.1 本章の目的

アスベスト含有建築物の解体改修時に自治体が行う立入検査の実態について定量的に把握し、また立入検査に関わる自治体職員意見から課題を分析し、現状と課題を明らかにする。

3.2 本章の枠組み

3.2.1 自治体職員への聞き取調査による立入検査の課題抽出

アンケート票作成を目的とした事前調査として、立入検査に関わっている自治体職員11名に対して、測定方法、立入検査に関わる職員数、職員の立入検査に携わる任期についてヒアリングを行った。

3.2.2 質問紙の設計

アンケート票は、立入検査の実施状況から実施体制の実態を把握するため、Ⅰ:自治体のガイドライン等(解体申請数等)、Ⅱ:立入検査(実施の基準等)、Ⅲ:養生、負圧等の確認(実施件数、予算、職員数、勤務日数、指導件数等)、Ⅳ:大気中アスベスト濃度測定(測定担当部署、漏えい件数、使用している測定機、測定方法、漏えい有りと判断する環境基準値、電子顕微鏡の有無、測定を実施していない理由等)、Ⅴ:事業者による大気中アスベスト濃度測定報告書の受理、Ⅵ:改善指導(指導を行った動機、チェックリストの使用、改善指導の課題等)、Ⅶ:理想の測定方法の、7つの大項目全57問で構成した。質問の流れを図3.1に示す。

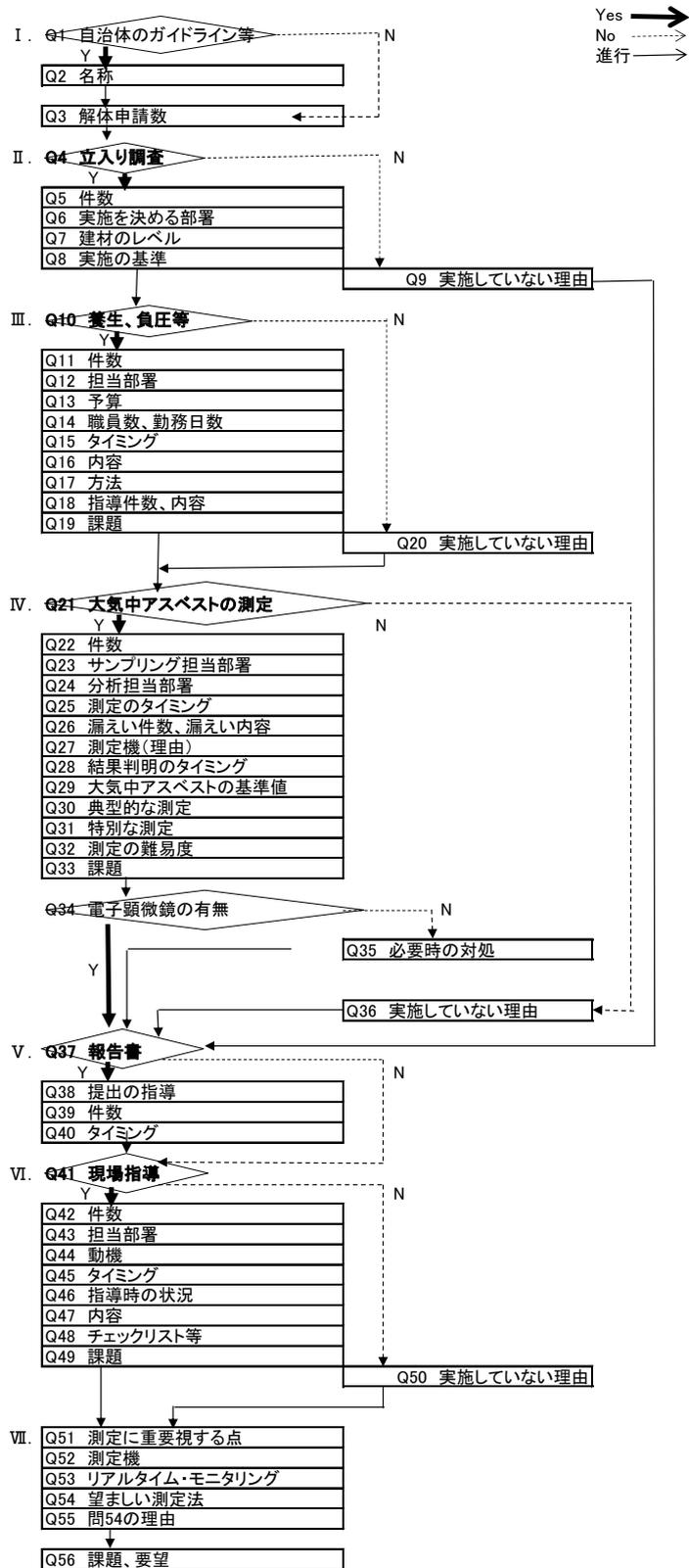


図 3.1 質問の流れ

3.2.3 質問紙調査対象自治体の選定

表 3.1 質問紙調査の対象自治体

地方自治体	規模	特定粉じん排出 等作業・発生施設		一般粉じん	
		事業所	工場	事業所	工場
都道府県 ：47	下記の市 を除いた 地域	○	○	○	○
政令指定 都市 ：20市	人口50万 人以上	○	○	○	○
中核市 ：45市	人口30万 人以上	○	○	○	○
特定特例 市 ：10市	人口20万 人以上	○	—	○	○
政令市 ：8市	人口5万 人以上	○	—	○	—
特例市 ：15市	人口5万 人以上	—	—	○	○

* ○:委譲業務

大気汚染防止法における特定粉じんおよび一般粉じんの監視業務が委譲されている 145 自治体（47 都道府県，20 政令指定都市，45 中核市，10 特定特例市，8 政令市，15 特例市，特例市より小さい自治体は都道府県が管理）を対象としてアンケート調査を実施した。

特例市は一般粉じん業務のみ委譲されており，2014 年以前は建築物解体改修作業への立入検査は実施していなかった。しかし，特定粉じん排出作業とされていない建築物の解体改修作業においても事前調査でのアスベストの見落としがあり，アスベストが飛散してしまう事例が指摘されたため^{21, 23, 45)}，2014 年に大気汚染防止法が「自治体は全ての解体改修作業に立入り調査実施可能」と改正された。そのため，特例市においても立入検査を実施する状況となったため，今回の研究では調査対象自治体に加えている。

3.2.4 質問紙調査の実施概要

質問紙調査の実施概要を図 3.2 に示す。まず，立入検査に関わる自治体職員 11 名に立入検査の問題点について聞き取り調査を実施した。聞き取り調査と文献調査の結果を踏まえて，質問紙を設計し，質問紙調査を 2017 年 7 月 3 日～26 日に実施した。調査対象はアスベスト粉塵の監視業務が委譲されている 145 自治体である。回収率は 83.4%であった。

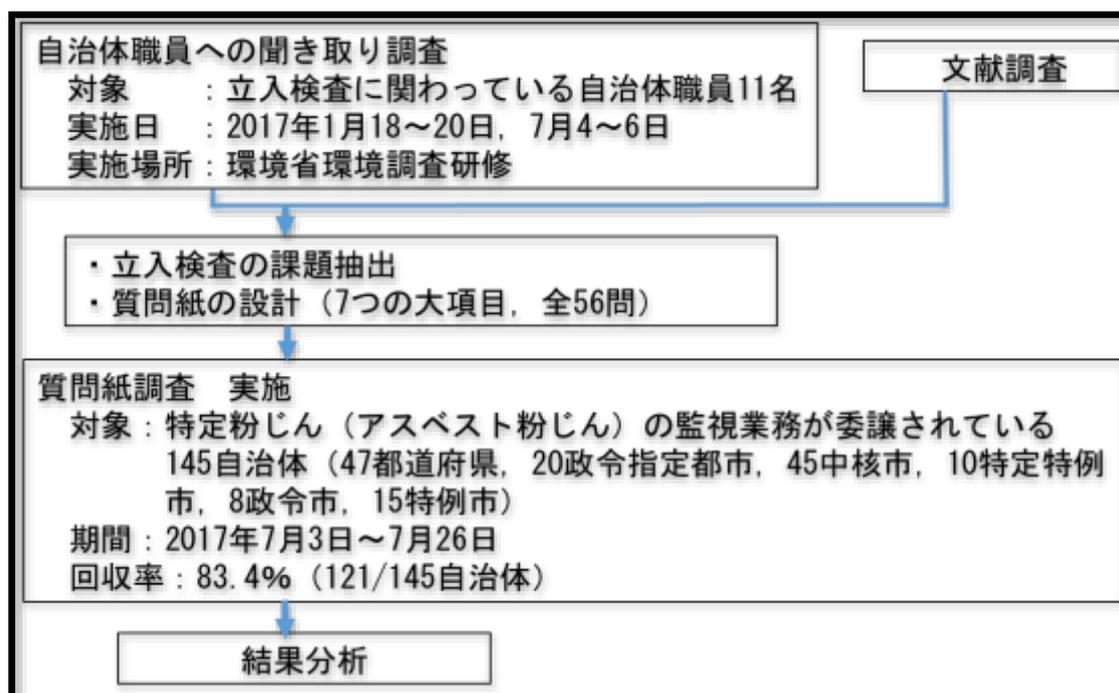


図 3.2 立入検査の実施概要

3.2.5 回答自治体の分類

自治体区分は、都道府県，政令指定都市（人口 50 万人以上），中核市（人口 30 万人以上），特定特例市（人口 20 万人以上），政令市（人口 5 万人以上）と特例市（人口 5 万人以上）は合わせて 1 区分とし，全 5 区分とした。

3.2.6 3 章の枠組み

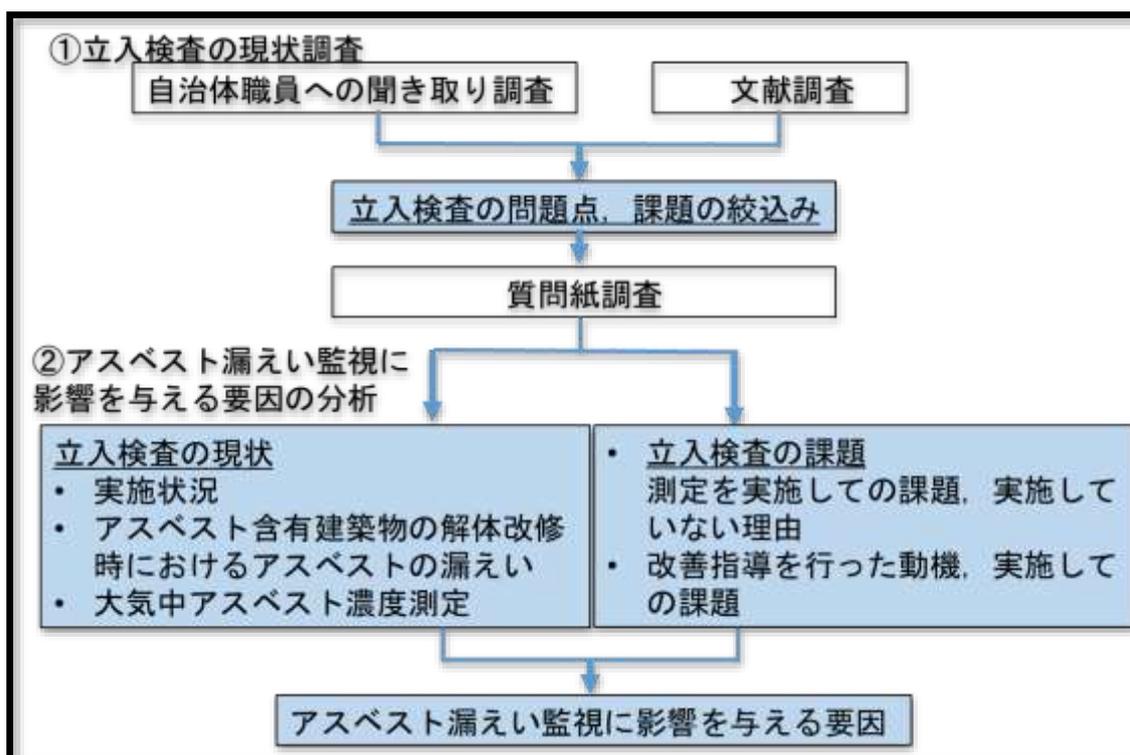


図 3.3 3 章の枠組み

第 3 章の枠組みを図 3.3 に示す。第一に，立入検査の現状調査において「自治体職員への聞き取り調査」と「文献調査」を実施し，立入検査の問題点の絞込みを行う。その後，質問紙を作成し質問紙調査を行う。第二に，質問紙調査結果から「立入検査の現状」と「立入検査の課題」について分析を行い，アスベスト漏えい監視に影響を与える要因を明らかにする。

3.3 質問紙調査の結果

3.3.1 自治体区分別の特定粉じん排出作業届出件数

自治体を規模別に区分し、平成23～28年度までの特定粉じん等排出作業（＝アスベスト含有建築物解体改修作業）届出の平均件数を表3.2に示す。表より特定粉じん排出等作業の件数は、自治体の規模に伴って届出件数の数にも差があることが明らかとなった。

表3.2 平成23～28年の特定粉じん等排出作業届出件数

アスベストが使用されている建築物等の解体、改造、補修作業							
年度届出件数(1自治体あたり)							
	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2011- 2016年度 平均
都道府県 n=31	92.7	95.5	90.1	85.6	85.3	110.5	93.3
政令指定都市 n=17	129.8	145.8	162.4	145.5	150.4	157.8	148.6
中核市 n=39	44.8	45.0	40.9	37.0	39.5	40.4	41.3
特定特例市 n=9	35.0	27.2	31.9	31.8	29.0	34.1	31.5
政令市 n=7	11.7	12.4	11.7	11.7	14.0	11.3	12.1
特例市 n=9	5.2	7.2	6.4	5.0	4.9	6.6	5.9
自治体全体 n=112	64.9	67.8	67.6	62.3	63.8	72.6	66.5

3.3.2 立入検査を実施する事業所の選択

立入検査を実施する事業所を選択する基準としては、「著しく発じん性が高い」石綿含有吹付け材（LV1）と「発じん性が高い」石綿含有保温材、耐火被覆材、断熱材（LV2）の解体改修作業については97%（115/118）の自治体が立入検査を実施していた。特筆すべきは、大気汚染防止法においては届出の対象となっていない「比較的発じん性が低い」とされる成型板等（LV3）の解体改修作業においても、20%（24/118）の自治体が立入検査を実施すると回答していた。自治体によっては比較的発じん性が低いとされる成型板等も条例等で届出を規定していることが示され、20%の自治体は国の法令よりもアスベスト漏えい防止対策が進んでいることが明らかとなった。

表 3.3 立入検査の実施事業所を選択する視点

	実施自治体数				
	立入検査を実施	全ての申請に立入検査実施	LV1建材の解体改修作業	LV2建材の解体改修作業	LV3建材の解体改修作業
都道府県	36	22	35	35	8
政令指定都市	18	10	18	18	4
中核市	39	26	37	37	6
特定特例市	10	9	10	10	4
政令市	7	5	7	7	0
特例市	8	8	8	8	2
全自治体	118	80	115	115	24

3.3.3 立入検査の実施状況分析

(1) 立入検査の内容別実施割合

全自治体の立入検査を内容別に分析すると、回答があった121自治体のうち、立入検査は118自治体、また養生負圧等の確認は117自治体、目視確認後の改善指導は21自治体、さらに大気中アスベストの濃度測定は59自治体、測定後の改善指導は31自治体を実施していた。

解体改修作業を始める前に行う養生等（シートによる解体改修作業場の囲い込み・集じん装置によって作業場内が陰圧に保たれている状態）の確認、確認後の改善指導（本項目のみ、2011～2016年の改善指導件数/立入検査件数より算出した値）、大気中アスベスト濃度の測定、測定結果による改善指導、に分けて実施状況の調査を行った。結果を自治体規模別に区分し、立入検査の内容別での実施割合、また立入検査内容が進むにつれての実施割合の変化を示したものが図3.4である。

目視確認後の改善指導を実施した自治体の割合は17%であった。2011年～2016年度平均で改善指導を実施した件数は、都道府県280件/年、政令指定都市210件/年、中核市69件/年、特定特例市83件/年、政令市14件/年、特例市19件/年であった。目視確認後の改善指導件数は全自治体合計で675件/年であった。養生・負圧等の目視確認後に自治体を実施する改善指導がなければ起こったであろう1年間675件のアスベスト漏えいが、自治体の立入検査によって防止されていたことが明らかとなった。

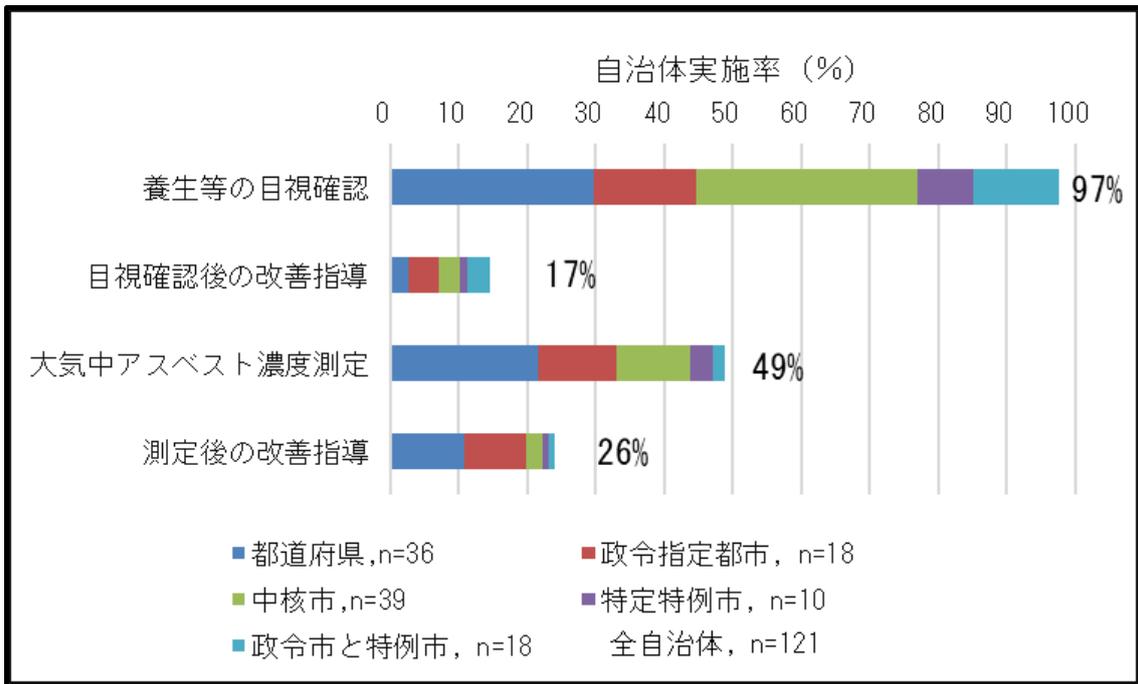


図 3.4 実施内容別の立入検査実施状況

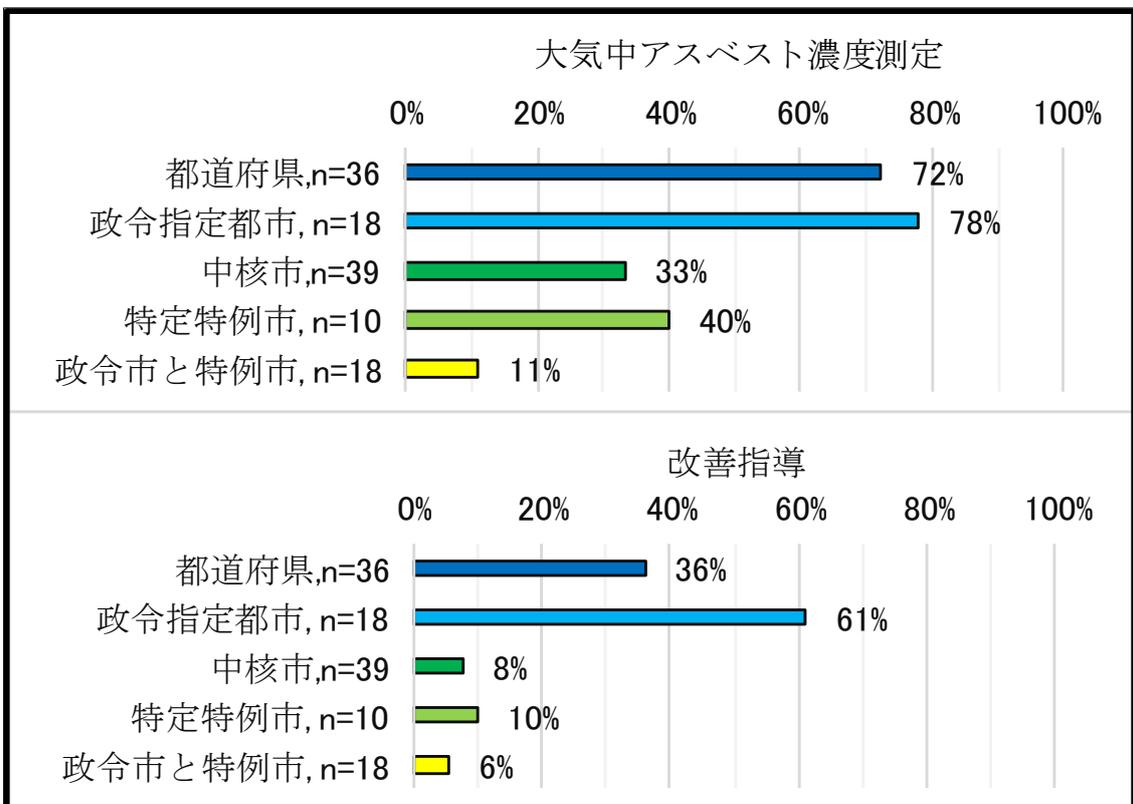


図 3.5 自治体区分別の大気中アスベスト濃度測定および測定後の改善指導実施状況

また、実施率が低くなる大気中アスベスト濃度測定および測定後の改善指導の項目について、自治体区分別に示した結果が図 3.5 である。自治体規模が中核市以下の自治体において、特に実施率が低くなっている事が明らかとなった。

(2) 立入検査による建築物解体改修時にアスベスト漏えい防止効果

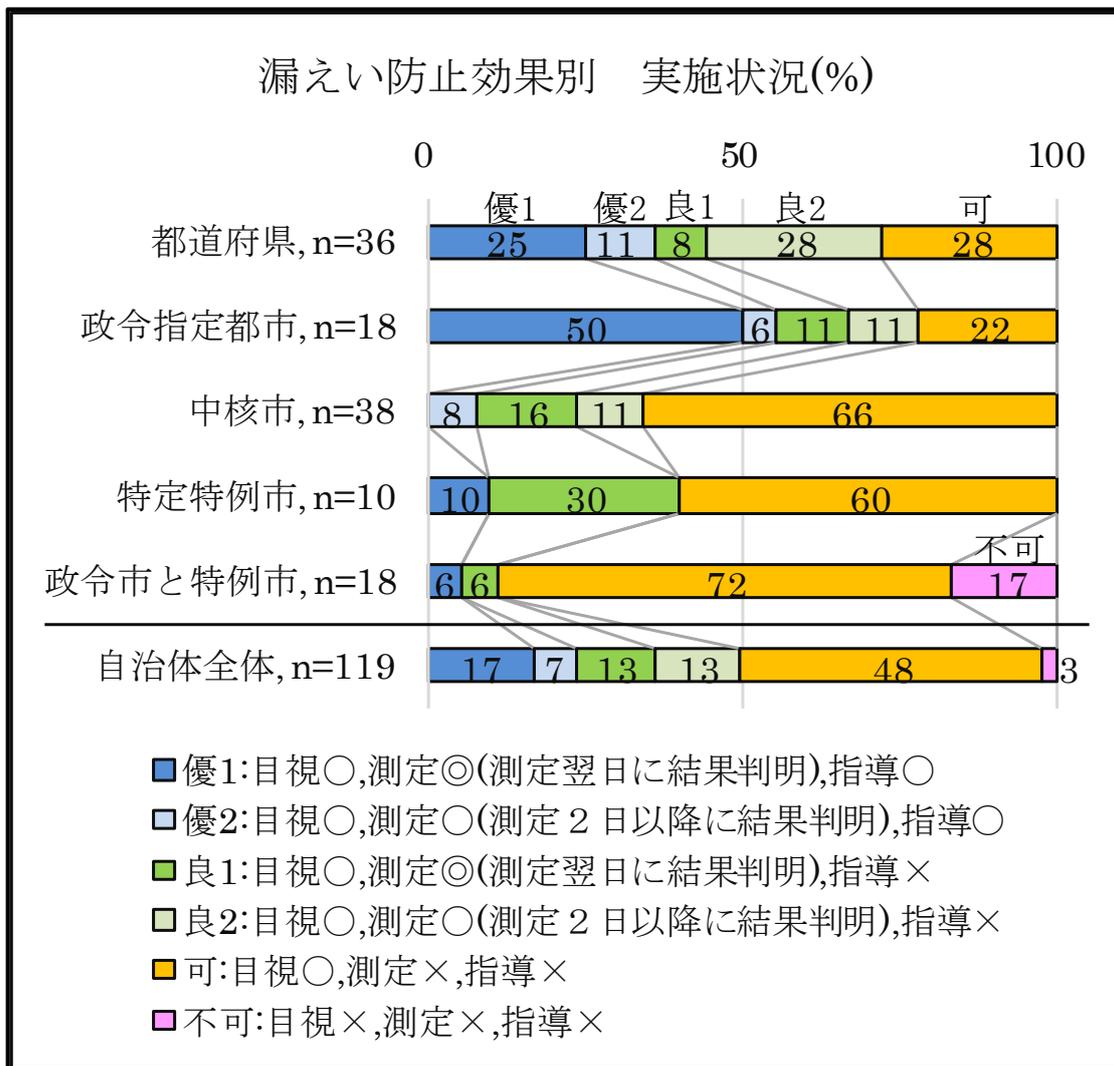


図 3.6 立入検査によるアスベスト漏えい防止効果

立入検査での大気中アスベスト濃度測定をアスベスト漏えい防止に役立てるためには、自治体が発見した問題点について解体事業者に改善指導を行うことが必要である。解体改修作業終了後の改善指導であっても、次回の解体改修作業におけるアスベスト漏えい防止につながると考えられる(検討会コメント)⁴³⁾。そのため、アスベスト漏えい防止につながる最も重要なアクションとして解体事業者への改善指導、次に改善指導を行うために必

要な情報を得るためのアクションとして測定を位置づけた。目視による現場確認と大気中アスベスト測定に加えて改善指導まで行っていれば「優」、目視確認および測定までであれば「良」とした。目視確認のみは「可」とし、立入検査を実施していない場合は「不可」とした。また解体作業は短時間で終了することが多いため、測定結果の判明するスピードによって、翌日までに判明すれば「1」、翌日以降であれば「2」とした。図 3.6 に、優 1（測定結果に基づいて解体改修作業場の改善指導を実施できている）、優 2（改善指導内容が測定を行った解体改修作業場には反映できないが、次回の解体改修作業場に反映されている可能性がある）、良 1、良 2、可、不可の分類結果を示す。

アスベスト漏えいを防止するためには、測定結果に基づく解体事業者への改善指導が必要であるが、図 3.6 より全自治体の約 1/4（31 自治体）しか改善指導を行えていない状況が明らかになった。

(3) 立入検査を実施する作業場の絞込み

申請があった特定粉じん排出作業の全てに立入検査を行っている自治体は、118 自治体の 45%であった。55%の自治体は建築物の規模、毒性の高いアスベストを使用しているか、日程や作業の工法で立入検査を行う作業場を選定していた。

3.3.4 立入検査時に自治体を実施する大気中アスベスト濃度測定方法の現状分析

(1) 大気中アスベスト濃度測定の結果を「漏えい有り」と判断する基準値

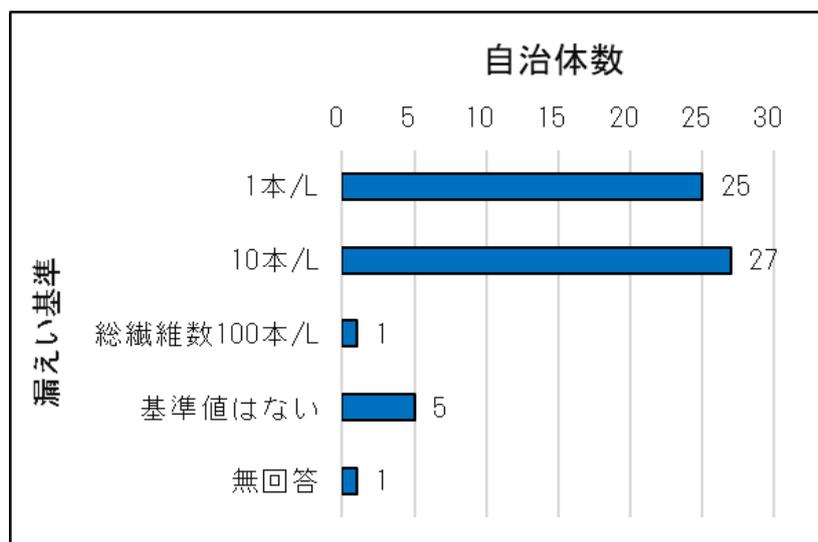


図 3.7 大気中アスベスト濃度測定の結果を「漏えい有り」と判断する基準値

大気中アスベスト濃度測定の結果を「漏えい有り」と判断する基準値について尋ねたところ、59 自治体から回答があり、1 本/L:25 自治体、10 本/L:27 自治体、その他に総繊維

数で 100 本/L:1 自治体, 基準値はない:5 自治体, 無回答:1 自治体であった。

1 本/L と 10 本/L の根拠は, 「2.6 大気中アスベストの規制基準」で前述したが, 10 本/L を現在も基準として使用している自治体があることが明らかとなった。高い発がん性があることから使用が禁止された現在において, アスベストが使用が認められていた時代の基準を用いることは適切ではない。全ての自治体が大気中アスベスト濃度測定において「アスベストの漏えい有り」と判断し改善指導を行う目安の値を, 1 本/L に改めるべきである。

(2) 自治体で使用されている大気中アスベスト濃度を測定するための機器類

複数回答ありで使用している測定機について尋ねたところ, 59 自治体から回答があり, 位相差顕微鏡:40 自治体, 電子顕微鏡:34 自治体, デジタル粉じん計:18 自治体, 位相差/偏光顕微鏡:9 自治体, 繊維状粒子自動測定機:6 自治体, 蛍光顕微鏡:1 自治体との結果であった。また, 電子顕微鏡の所有については, 回答があった 58 自治体のうち, 所有:16 自治体, 不所有:42 自治体であった。

(3) 自治体において実施されている大気中アスベスト濃度の測定方法

測定において時間を要すると考えられる, 大気のサンプリング時間 (以下, サンプリング時間) および, サンプリングしたフィルターを顕微鏡で観察する計数視野数 (以下, 計数視野数) について尋ねた。

自治体が立入検査の作業手順書としているマニュアルは 2 種類ある。『アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版 (以下, モニタリングマニュアル)』(環境省水・大気環境局大気環境課編) と『建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル 2014.6 (以下, 飛散防止マニュアル)』(環境省水・大気環境局大気環境課編) である。モニタリングマニュアルは, 一般環境およびアスベスト含有建築物解体改修時における測定マニュアルであり, サンプリング 240 分, 顕微鏡での計数 100 視野とされている。一方, 飛散防止マニュアルは, アスベスト含有建築物解体改修時のみに対するマニュアルであり, 解体作業時には迅速に測定結果が判明することが重要であることから, サンプリング時間は 120 分に短縮され, 顕微鏡での計数は 100 視野とされている。

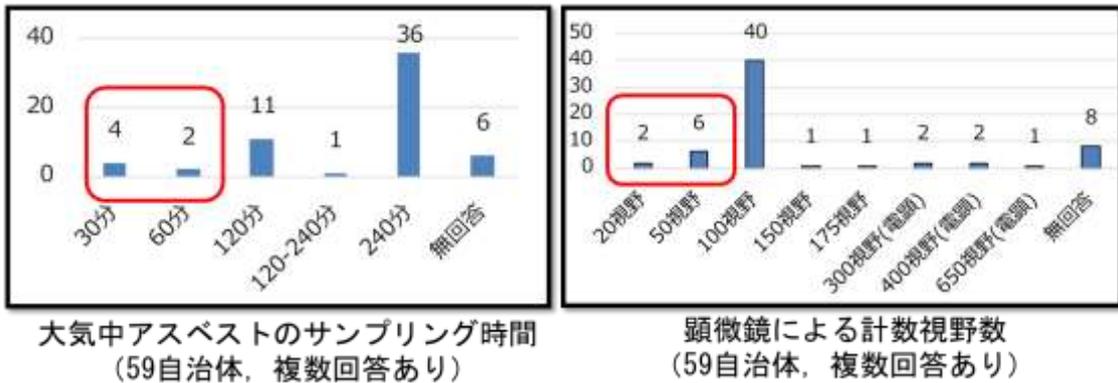


図 3.8 自治体において実施されているサンプリング時間および計数視野数

54 自治体から回答があり，サンプリング時間は，240 分:36 自治体，120-240 分:1 自治体，120 分:11 自治体，60 分:1 自治体，60 分と併行して 240 分（240 分の分析は持ち帰ってから行う）:1 自治体，30 分:4 自治体であった。

計数視野数は，位相差顕微鏡法での視野数のみ報告すると，位相差顕微鏡 100 視野:40 自治体，位相差顕微鏡 50 視野:6 自治体，位相差顕微鏡 20 視野:2 自治体であった。また，基準よりも多い視野数 150 視野と 175 視野で計数を行っている自治体も 1 自治体ずつ確認された。

結果から，マニュアル等に決められている方法よりも短い時間でのサンプリングおよび少ない計数視野数でアスベスト漏えいの判定を行っている自治体が確認された（図 3.8 中の赤色枠）。手法を短縮している理由は「即日分析を行うことでアスベスト飛散を早期発見するため」と回答していた。

3.3.5 立入検査の課題分析

(1) 大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題

大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題を複数回答ありで尋ねたところ，58 自治体から回答があった。結果を図 3.9 に示す。

測定をする上での問題点を複数回答ありで尋ねたところ，58 自治体から回答があり，「時間がかかる」:23 自治体，「測定能力を持った職員が少ない」:18 自治体，「設備の不足」「予算が少ない」:12 自治体，との結果であった。

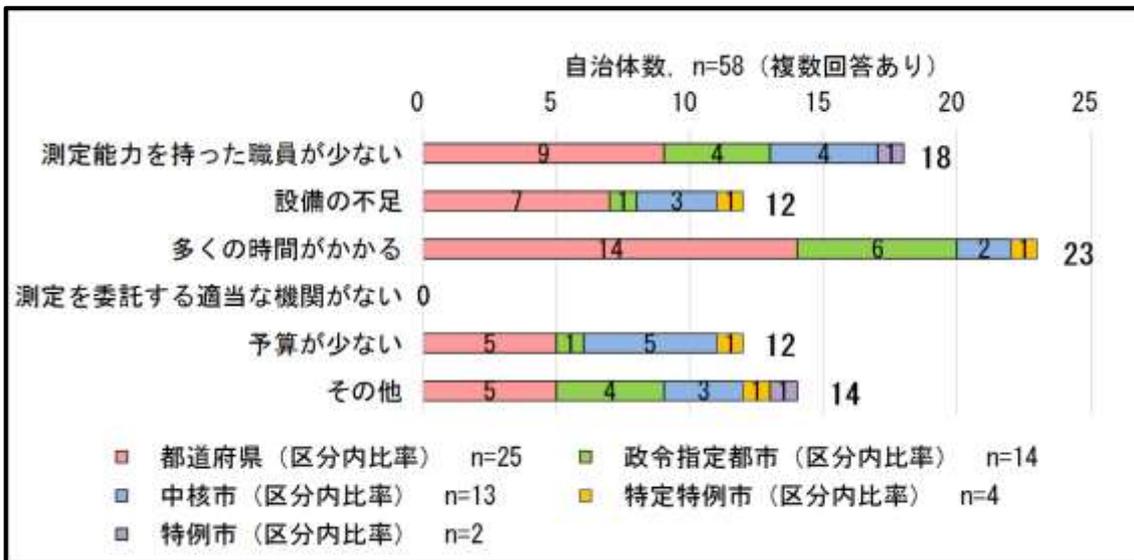


図 3.9 大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題

(2) 大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由

大気中アスベスト濃度測定を実施していない 60 自治体に測定を行っていない理由について複数回答ありで尋ねたところ、57 自治体より回答を得た。結果を図 3.10 に示す。

測定を実施していない 60 自治体に測定をしていない理由について複数回答ありで尋ねたところ、57 自治体の回答より、「測定を義務付ける規定がない」:30 自治体、「設備がない」:28 自治体、「予算がない」:23 自治体、「能力を持った職員がいない」:13 自治体、「必要と思わない」:6 自治体、との結果であった。

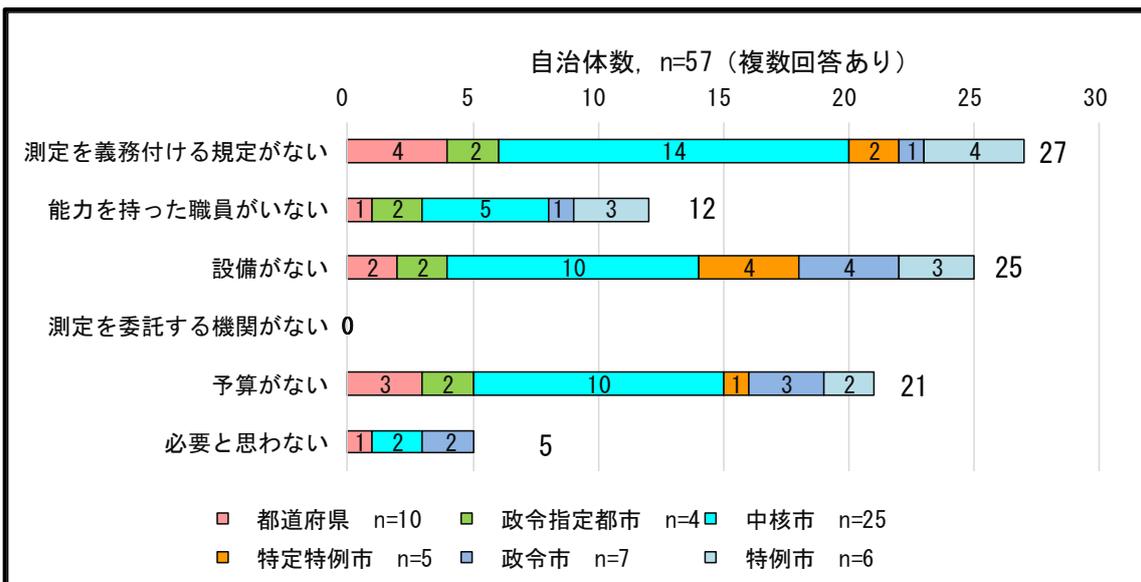


図 3.10 大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由

(3) 大気中アスベスト濃度測定 of 難易度

測定 of 難易度について尋ねたところ、57 自治体から回答があった。結果を図 3.11 に示す。自治体全体で見ると、回答割合は、「まったく難しくない」と「難しくない」を合わせて 27%、「難しい」と「とても難しい」を合わせて 45%、「測定を外注している」28%であった。

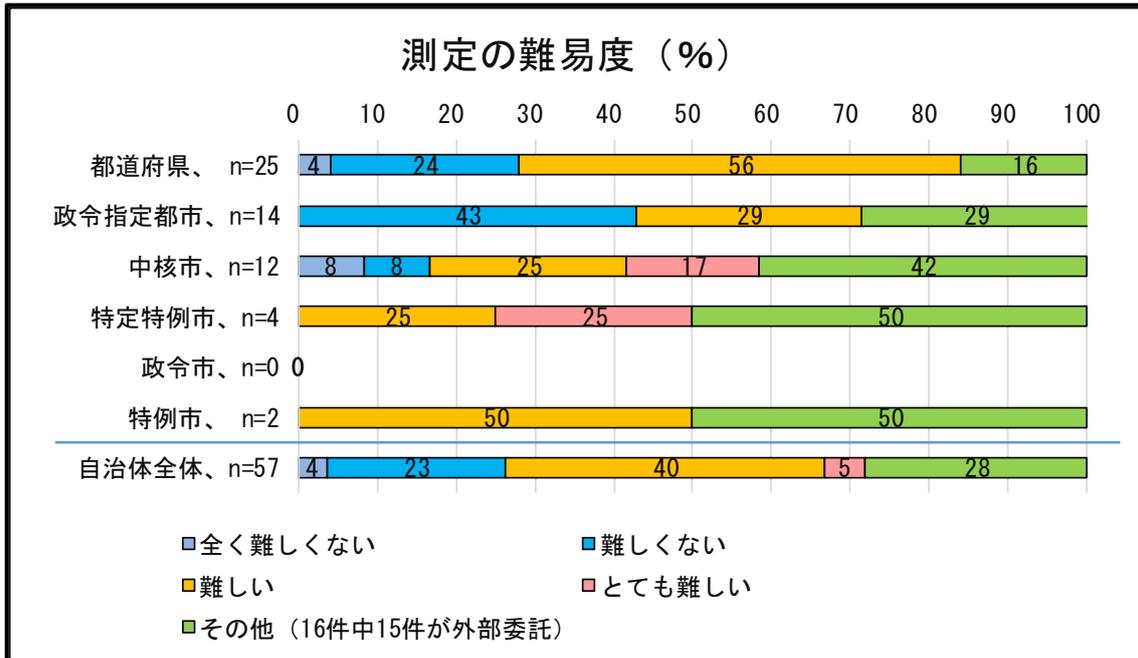


図 3.11 大気中アスベスト濃度測定 of 難易度

(4) 大気中アスベスト濃度測定 of 外部委託

測定 of 自機関内実施 (以下、自) と外部委託 (以下、外) と of 比率について尋ねたところ、59 自治体から回答があった。結果を図 3.12 に示す。自治体全体として見ると、自機関内実施と外部委託は、サンプリングも分析も、ほぼ半数ずつであった。自治体別に見ると、自治体規模が小さくなるに伴って、外部委託 of 割合が高くなっていった。

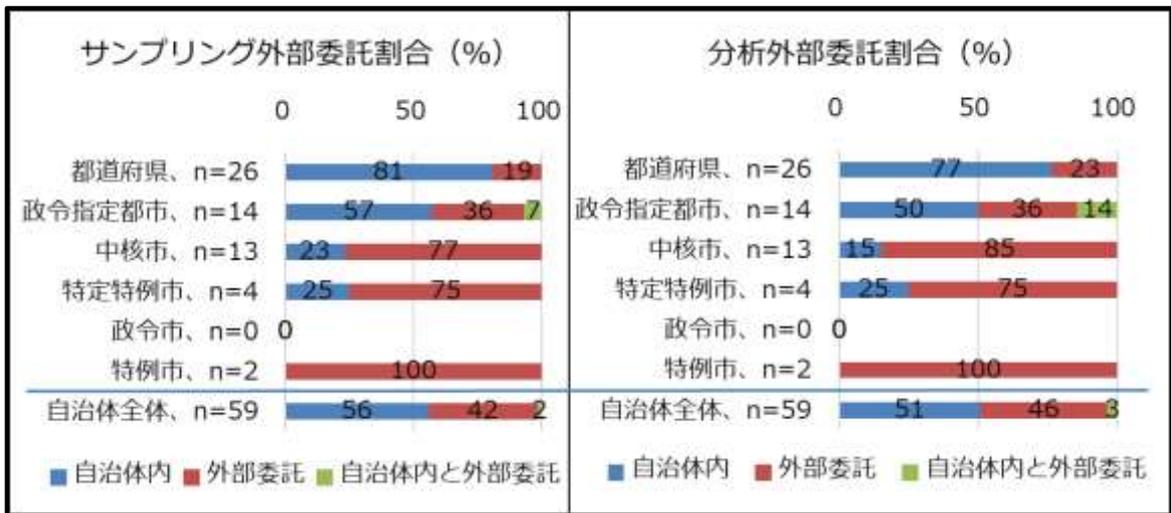


図 3.12 大気中アスベスト濃度測定的外部委託割合

(5) 立入検査において解体现場への改善指導を行った理由

改善指導を行った理由について複数回答ありで尋ねたところ、33 自治体から回答があった。結果を図 3.13 に示す。「測定結果より、指導の必要性有り」:31 自治体、「測定結果が判明後も解体が続く作業場だった」:13 自治体、「住民の要望」:2 自治体との結果であった。

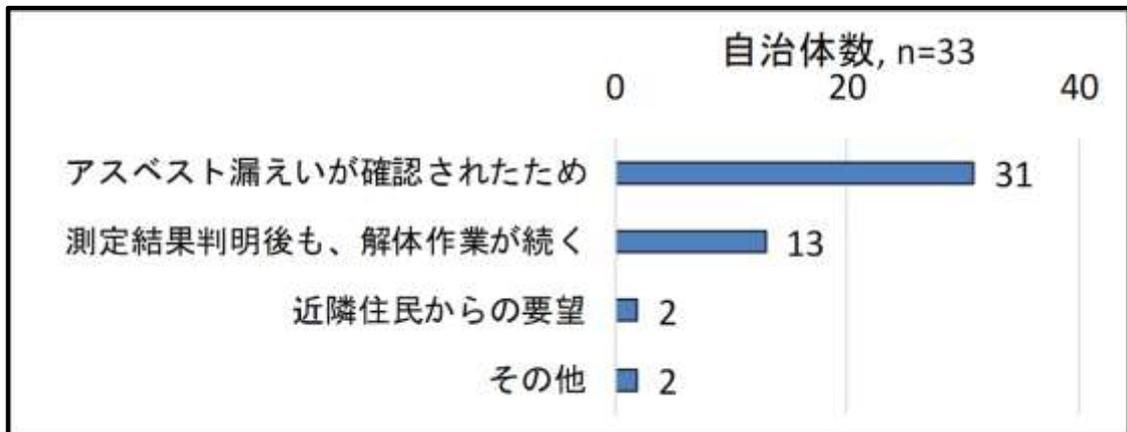


図 3.13 改善指導を行った理由

(6) 立入検査において解体现場への改善指導の課題

改善指導を実施する上での課題を尋ねたところ 27 自治体から回答があった。結果を図 3.14 に示す。「測定結果が判明する頃には解体作業が終了しており、指導がアスベストの飛散防止に反映しづらい」:20 自治体、「指導の必要がある作業場が多く、手が回らない」:4 自治体、「職員によってスキルの差があり、一定の指導水準を保つことが難しい」:3 自治体、との結果であった。

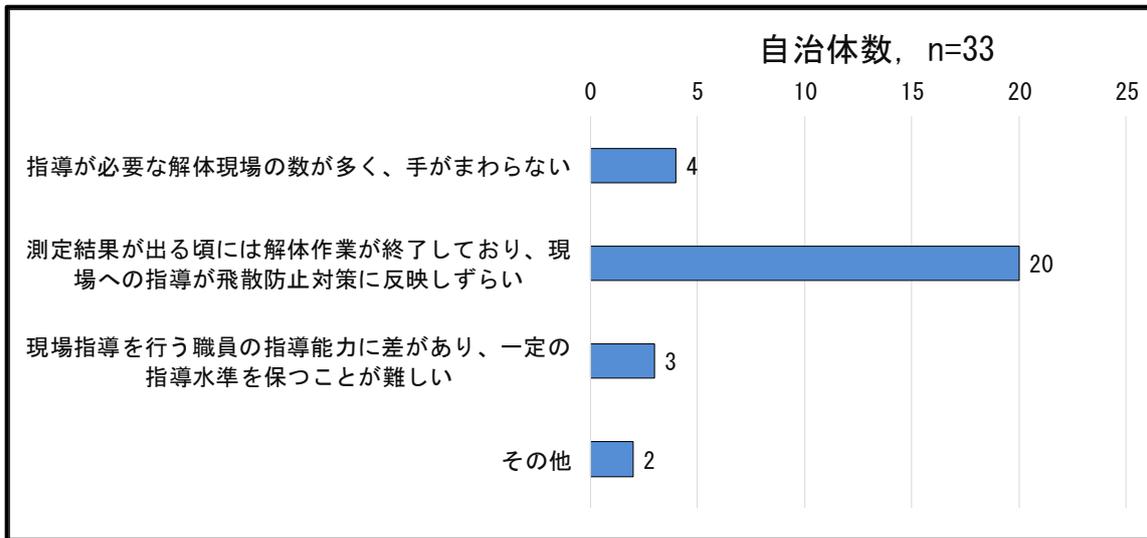


図 3.14 改善指導の課題

図 3.14 改善指導の課題において、「測定結果が出る頃には解体作業が終了している」が最も多く選択されていた。表 3.4 に大気中アスベスト濃度測定結果の判明タイミングと使用している測定方法を示した。

表 3.4 より、大気中アスベスト濃度測定結果が解体作業中に得られている自治体数は、全自治体で見ると 33 自治体 (61%) であった。自治体区分別に見ると、都道府県 12 (46%)、政令指定都市 10 (71%)、中核市 6 (46%)、特定特例市 3 (75%)、政令市 0 (測定を実施していない)、特例市 2 (100%) であった。

解体作業終了後に測定結果が判明する自治体数は、全自治体で見ると 21 自治体 (39%) であった。自治体区分別では、都道府県 12 (46%)、政令指定都市 2 (14%)、中核市 7 (54%)、特定特例市 0、政令市 (測定を実施していない)、特例市 0 であった。

測定を自治体内で実施しているか、外部委託によるかは、測定結果判明タイミングに影響を示さなかった。

解体作業中に測定結果が得られている自治体において、アスベスト迅速測定法、リアルタイム測定を使用している自治体数は 16 自治体 (測定方法を複数実施している自治体も有り)、また位相差顕微鏡法を短縮して実施している自治体数は 9 自治体であった。解体作業終了後に結果が得られている自治体においては、アスベスト迅速測定法、リアルタイム測定を使用している自治体数は 6 自治体、また位相差顕微鏡法を短縮して実施している自治体数は 1 自治体であった。当然ではあるが、測定方法によって、測定結果が得られるまでの時間が変ることが示された。測定結果をより迅速に得て、解体現場の改善に活かし

たいと考えている自治体において、アスベスト迅速測定法とされる位相差/偏光顕微鏡法や位相差/蛍光顕微鏡法，リアルタイム測定の普及が進んでおり，また位相差顕微鏡法の短縮が実施されている事が推測された。

表 3.4 大気中アスベスト濃度測定結果の判明タイミングと測定方法

		都道府県	政令指定都市	中核市	特定特例市	政令市	特例市	全自治体
解体測定結果判明	自治体数	12	10	6	3	0	2	33
	アスベスト迅速測定法，リアルタイム測定：自治体数	位相差/偏光顕微鏡法：2，繊維状粒子自動測定器：3，粉じん相対濃度計：3	繊維状粒子自動測定器：1，粉じん相対濃度計：4	位相差/偏光顕微鏡法：3，粉じん相対濃度計：1	位相差/偏光顕微鏡法：1，粉じん相対濃度計：2	—	—	位相差/偏光顕微鏡法：6，繊維状粒子自動測定器：4，粉じん相対濃度計：10
	位相差顕微鏡法を短縮して実施している自治体数	4	3	1	—	—	1	9
解体測定結果後判明	自治体数	12	2	7	0	0	0	21
	アスベスト迅速測定法，リアルタイム測定：自治体数	位相差/偏光顕微鏡法：1，位相差/蛍光顕微鏡法：1，繊維状粒子自動測定器：1，粉じん相対濃度計：1	—	繊維状粒子自動測定器：1，粉じん相対濃度計：2	—	—	—	位相差/偏光顕微鏡法：1，位相差/蛍光顕微鏡法：1，繊維状粒子自動測定器：2，粉じん相対濃度計：3
	位相差顕微鏡法を短縮して実施している自治体数	—	—	1	—	—	—	1

(7) 立入検査において解体現場への改善指導を行わなかった理由

改善指導を行っていない86自治体に指導を行っていない理由について尋ねたところ，69自治体から回答があった。結果を図3.15に示す。「測定結果から指導の必要なし」：63自治体，「指導を義務付ける規定がない」：3自治体，「測定結果が判明する頃には解体作業が終了している」：3自治体，との結果であった。

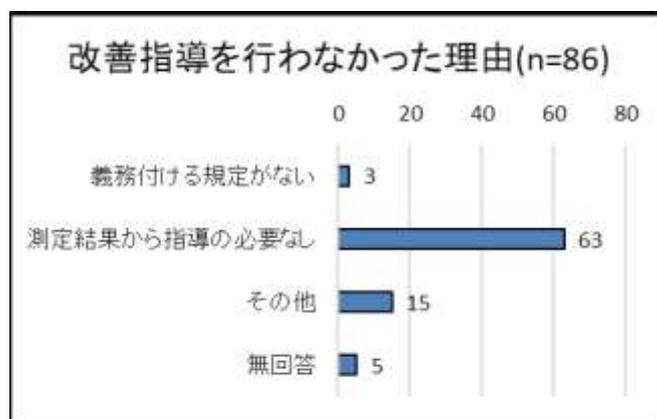


図 3.15 改善指導を行わなかった理由

3.3.6 大気中アスベスト濃度測定によって認識されたアスベストの漏えい

2011～2016年度の大気中アスベストの測定件数と、測定によって発見された漏えい件数を表3.5に示す。漏えい率は0～11.1%が確認され、年度や自治体規模での傾向は確認されなかった。全自治体平均漏えい率3.1%に「区分別で特定粉じんの管理を委譲されている自治体数」と「自治体区分別での1自治体あたり平均特定粉じん排出作業の届出数/年」を乗じ、測定を実施していない自治体も含めて、発生していると推定される漏えい件数を求めた。全自治体で1年間に発生している漏えい件数は、300件と推定される。

表3.5 大気中アスベスト濃度測定によって認識されたアスベスト漏えい

	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2011-2016年度
都道府県, n=20	3.4% (6/176)	3.2% (5/185)	2.2% (4/185)	3.2% (6/186)	5.1% (11/216)	3.9% (7/180)	3.5% (39/1101)
政令指定都市, n=8	1.6% (2/128)	2.7% (3/113)	6.8% (10/ 147)	0% (0/163)	0.8% (1/129)	1.2% (2/165)	2.1% (18/ 845)
中核市, n=11	4.3% (4/92)	1.6% (1/61)	5.3% (3/57)	4.9% (3/61)	1.6% (1/61)	5.3% (4/76)	3.9% (16/ 408)
特定特例市, n=4	0% (0/11)	11.1% (1/9)	0% (0/17)	0% (0/18)	0% (0/25)	7.7% (1/13)	2.2% (2/93)
政令市と特例市, n=0	—	—	—	—	—	—	—
全自治体, n=43 (漏えい件数/測定件数)	2.9% (12/407)	2.9% (10/341)	4.2% (17/406)	2.1% (9/428)	3.0% (13/431)	3.2% (14/434)	3.1% (75/2447)

3.3.7 改善指導時のチェックリスト使用

改善指導時に一定水準の指導内容を維持するためにチェックリスト等を使用しているかについて尋ねたところ、30自治体の回答より、使用:23自治体、使用していない:7自治体との結果であった。

3.3.8 立入検査の予算

立入検査の予算を、測定を実施している自治体と実施していない自治体で分けて平均値を求めた結果を、表3.6に示す。同じ年度、同じ規模の自治体において、測定を実施している自治体と実施していない自治体とで、予算に約2倍～50倍の差が確認された。

表 3.6 立入検査の予算

		予算（万円）							
	大気中ア スベスト 濃度測定	回答自治 体数	2011年 度	2012年 度	2013年 度	2014年 度	2015年 度	2016年 度	2011-2016年 度平均
都道府県, n=19	実施	14	197	102	80	86	165	119	125
	不実施	5	33	32	30	34	34	32	33
政令指定都市, n=5	実施	5	162	62	84	86	72	109	96
	不実施	0	—	—	—	—	—	—	—
中核市, n=9	実施	3	93	81	115	48	450	210	166
	不実施	6	10	10	17	16	9	12	12
特定特例市, 政 令市, 特例市, n=9	実施	5	11	18	32	39	40	51	32
	不実施	4	7	7	7	7	6	17	18
全自治体, n=42	実施	27	145	76	76	73	156	114	107
	不実施	15	17	17	18	19	16	20	18

* 注：—は回答なし

3.3.9 立入検査に関わる人員数

立入検査を実施している 119 自治体に、立入検査 1 件に携わる正職員数を尋ねた。回答より、自治体の 80%が立入検査を 2 人体制で行っていた。

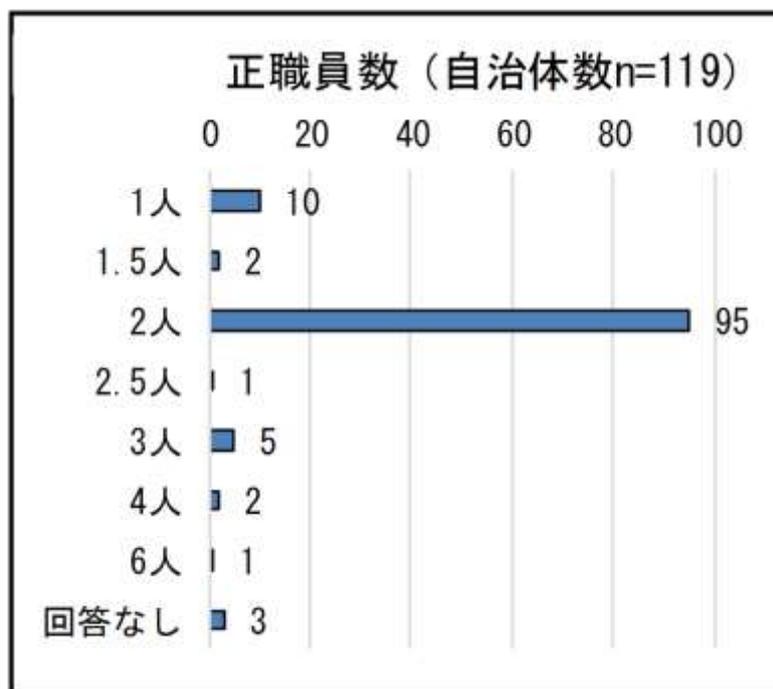


図 3.16 立入検査に携わる自治体職員数

3.3.10 本章の分析結果図

3章の分析結果を図3.17に示す。課題分析において最も多く選択されていた状況と課題を赤線で繋いだ。「大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題」および「改善指導の課題」共に、「大気中アスベスト濃度測定に多くの時間がかかる」点を最も大きな課題として捉えていた。

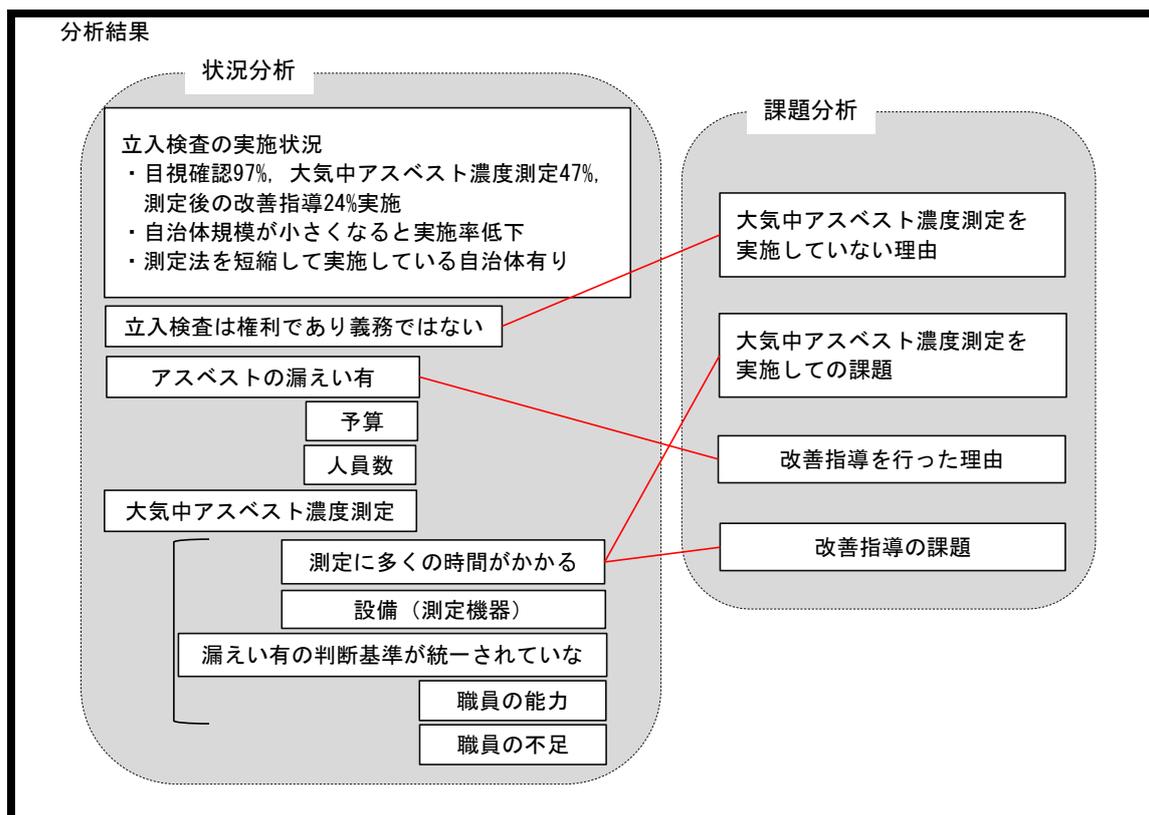


図 3.17 3章の分析結果図

3.4 3章のまとめ

3.4.1 立入検査の実施状況

自治体が実施するアスベスト含有建築物への立入検査は、何らかの形で98%の自治体が発行していた。しかし、立入検査を実施内容別に分類すると、大気中アスベスト濃度測定、次に改善指導の項目において、段階的に実施率が低くなっていることが判明した。また、自治体の規模別に分類すると中核市以下の自治体において、測定および改善指導の実施率が低くなっていた。自治体の規模が小さくなるほど予算が少なく、測定の実施が難しいことが予想される。その中で、測定を実施している自治体がなぜ実施できているのかを考察した。特筆すべき点として、測定を実施している中核市以下の自治体は、全てアスベストばく露による死亡者が出ており、訴訟が起こった地域であった。アスベストの有害性が認識されていることが、測定の実施につながっている可能性が考えられる。

3.4.2 自治体による大気中アスベスト濃度測定の現状

(1) 測定結果を評価するための環境基準

飛散防止マニュアルにおいて「環境省の近年のモニタリング結果から、一般大気環境中の総繊維数濃度は概ね1本/L以下(2016年度:平均0.1-0.3本/L)であることから、漏えい監視の観点からの目安は、石綿繊維数濃度1本/Lとすることが適当である」とされている。しかし本調査から、1本/Lと10本/Lが基準値として用いられていることが明らかになった。10本/Lは、アスベストの使用が認められていた時代の、アスベスト取扱い工場又は事業場の敷地境界線における許容限度として定められた値である⁴⁰⁻⁴²⁾。アスベストの発がん性が認識され、使用が全面禁止となった現在の管理基準値として10本/Lは相応しくない。全ての自治体が基準値を1本/Lと改める必要があると考えられる。

(2) 自治体において実施されている大気中アスベスト濃度の測定方法

3.3.4(6)より、自治体職員は「測定結果が得られる頃には解体作業が終了している」点を問題として感じていることが示された。また、3.3.3(3)より11自治体が環境省のマニュアルに記載されている方法より、短いサンプリング時間、少ない計数視野数でアスベスト漏えいの判断を行っていることが確認された。この11自治体の内、4自治体は届出があった全てのアスベスト含有建築物の解体改修作業に立入検査を実施していた。これらの11自治体で行われていた測定方法は、「測定結果が作業の改善に役立てることができない」ことを改善するために、限られた職員数と予算と時間の中で、自治体内で独自に工夫し、考案された方法であると考えられる。

また、11自治体中1自治体においては、サンプリング60分と240分を併行して行い、60分サンプリングは現場で分析し、240分サンプリングは持ち帰って分析を行っていた。

本方法は、測定の手間が増えるが、現場において短時間で測定結果を得ることができる。60分サンプリングでの定量下限値は4時間サンプリングの0.056本/Lより高い0.224本/Lとなる。この値は、モニタリングマニュアルにおいて漏えい有りと判断する基準値1本/Lの1/5の値となる。一般的に環境測定においては、基準値の1/10まで確認できる分析精度が求められる。しかし、240分での併行測定を行っており、正確な測定値も後程得ることができることに鑑みれば、一次スクリーニングとして認められる精度であり、測定に求められるスピードと精度を兼ね備えた方法だと考えられる。

(3) 大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題および実施していない理由

3.3.7より、当然ではあるが測定には経費がかかること、自治体の規模が小さくなるほど予算枠が小さくなっていることが示された。しかし、予算の確保が厳しいと予想される中核市以下の自治体において、測定を実施している自治体は、全て過去にアスベストばく露による死亡者が出ており、訴訟が起こった地域であった。つまり、アスベストの危険性への認識が高い自治体においては、少ない予算でも測定に予算を割いていると推測された。

(4) 自治体職員が感じている大気中アスベスト濃度測定の難易度と外部委託比率

3.3.4(4)より、自治体規模が小さくなるに伴って、測定の外部委託率が高くなっていった。自治体職員は数年間で担当部署を異動するため、現状では職員が測定の専門家となることは難しい。職員の育成方法を検討すると共に、外部の専門家との協力、測定を依頼する民間測定会社の精度管理が必要だと考えられる。

(5) 自治体による建築物解体改修時のアスベスト漏えい防止

3.3.4(6)より、職員によって改善指導スキルに差があることが明らかになった。職員が数年で担当が変わるといふ自治体の状況を考えると、改善指導の実施率を上げるために、また一定の改善指導水準を維持するためには、改善指導チェックリストの作成と使用が有効な手段であると考えられる。3.3.6より、改善指導を行っている自治体の70%がチェックリストを使用していたことも、チェックリストの有効性を示すと考えられる。

3.4.3 立入検査の課題

本章では、アスベスト含有建築物の解体改修時に自治体が行う立入検査の実態を定量的に把握し、また立入検査に関わる自治体職員意見から課題を分析し、現状と課題を明らかにした。それらの重要点を以下に記す。

(1) 自治体区分別でのアスベスト漏えい監視体制

自治体の規模が小さくなるに伴い、特定粉じん排出作業届出件数は少なくなっている状況が確認された。また、自治体の規模が小さくなるに伴って、測定的外部委託率は高くなっている状況も確認された（表 3.7）。

表 3.7 自治体区分別での特定粉じん排出作業届出件数と
大気中アスベスト濃度測定外部委託率

	特定粉じん排出作業届／年 (2011-2016年度平均)	大気中アスベスト濃度測定・ 分析外部委託率 (%)
都道府県	93.3	23
政令指定都市	148.6	36
中核市	41.3	85
特定特例市	31.5	75
政令市	12.1	回答なし
特例市	5.9	100

特例市においては、特定粉じん排出等作業の監視業務は委譲されておらず、一般粉じんの監視業務のみ委譲されている現状がある。しかし、2014年の大気汚染防止法改正によって「全ての解体改修等作業に立入検査を行うことが可能」と改正されたため、特例市の約半数は立入検査を実施してはいるが、大気中アスベスト濃度測定を自治体で行う設備は備えていないため、外部委託にて行っている現状が明らかになった。一部の特例市においては、同じ都道府県内の政令指定都市が特例市の立入検査を実施している報告がされている。また、政令市においても特定粉じん排出作業届は年間12件ほどであり、目視による解体作業場の確認は行われているものの、大気中アスベスト濃度測定は実施されていなかった。

大気中アスベスト濃度測定的外部委託率が高い中核市、特定特例市、政令市、特例市においては、同エリアの都道府県または政令指定都市が立入検査を肩代わりする方法も考える必要がある。図 3.18 に関東圏における自治体区分色分け図を示す。色が付いていない地域の立入検査は、その市町村の属する都道府県が実施している。また、中核市以下の自治体を図 3.18 において確認すると、その割合は全体に対しては多くはなく、都道府県および政令指定都市が代わりに立入検査を行う事は可能と考える。

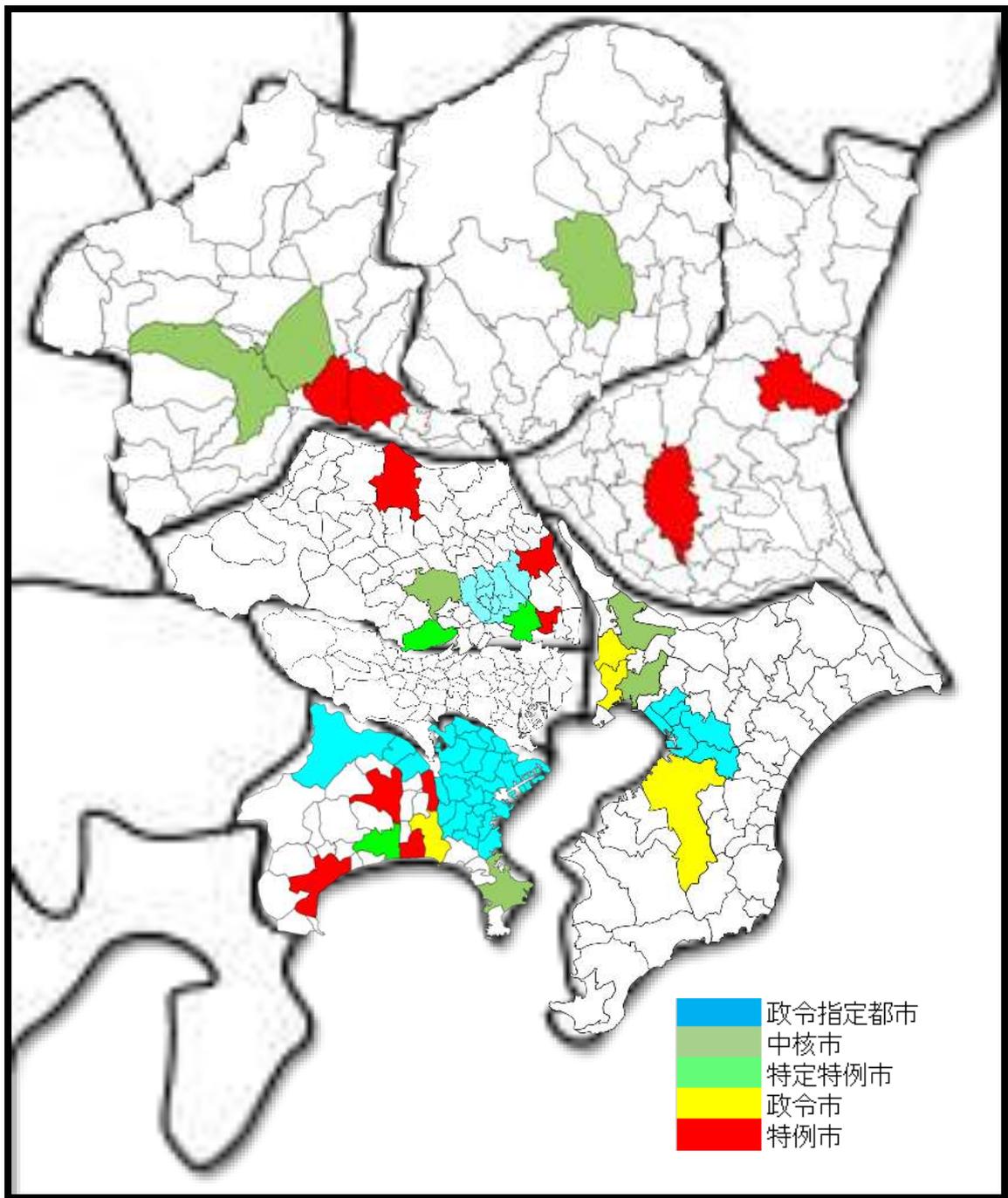


図 3.18 関東圏の自治体区分色分け

(2) アスベスト漏えい監視方法の課題

本研究データより，2011～2016 年度において立入検査時の目視確認後改善指導によって年間 675 件のアスベスト漏えいが防止されており，また大気中アスベスト濃度測定によって年間 300 件のアスベスト漏えいが発見されていることが明らかとなった。目視確認後改

善指導のアスベスト漏えい防止効果は認められるが、目視確認のみではアスベスト漏えい監視方法として十分ではないことも示されたと考える。

今後も、大気中アスベスト濃度測定の実施率が高く、また測定の外部委託率が低い上位2つの自治体である都道府県と政令指定都市においては、自治体内で大気中アスベスト濃度測定を実施していくことが予想される。

課題分析の結果より、自治体職員は測定結果が得られる時に解体改修作業が終了しており、測定結果が解体现場への改善指導に活かさない事を主要な課題と捉えていた。加えて、大気中アスベスト濃度測定の結果を現場への改善指導に活かすために、測定を実施している自治体の20%が測定方法を独自に短縮していた。大気中アスベスト濃度測定の実施率を上げると共に、測定結果を改善指導に活かすためには、大気中アスベスト濃度測定の迅速化が必要である。

(3) 立入検査の予算

「3.4.3 立入検査の課題」において、中核市以下自治体が担当している立入検査業務を都道府県や政令指定都市に集約する提案を行った。提案に沿って、大気中アスベスト濃度測定的外部委託率が低い上位2つの自治体、都道府県および政令指定都市に立入検査を集約し、また自治体内部で全ての特定粉じん排出作業届に対して大気中アスベスト濃度測定を含む立入検査を実施した場合、どの程度の予算が必要であるか試算を行った。

まず、立入検査業務を集約した場合の固定費について検討を行った。現状での自治体所有大気中アスベスト濃度測定機器類（位相差顕微鏡2台と仮定）と、理想の自治体所有大気中アスベスト濃度測定機器類（位相差顕微鏡2台+電子顕微鏡1台）、また現状の自治体毎で立入検査を実施している場合と、立入検査を都道府県と政令指定都市に集約した場合で固定費の試算を行った。

現状での大気中アスベスト濃度測定を実施している自治体が所有している測定器具類固定費は、約263万円と試算された。顕微鏡の耐用年数が8年とされているので、1年あたり約33万円である。「表3.2 平成23～28年の特定粉じん等排出作業届出件数」より、それぞれの自治体での年間届出件数で割った大気中アスベスト濃度測定1件あたりの固定費を算出した。

理想的な大気中アスベスト濃度測定の設定として、位相差顕微鏡2台と走査型電子顕微鏡1台を所有していると仮定すると、固定費は約1463万円と試算された。顕微鏡類の耐用年数8年で固定費を割ると、1年あたり183万円となる。「表3.2 平成23～28年の特定粉じん等排出作業届出件数」より、それぞれの自治体での年間届出件数で割った大気中アスベスト濃度測定1件あたりの固定費を算出した。

次に、「現状の測定器具類」と「理想的な測定器具類」の両方で、立入検査を集約した場合での、立入検査1件あたりの固定費を試算した。立入検査を集約することによって、当然ではあるが立入検査1件あたりの固定費は下がり、「理想的な測定器具類」の位相差顕微鏡に加えて電子顕微鏡を所有した場合においても、「立入検査を集約していない」かつ「現状の測定器具類」の政令市および特例市での立入検査1件の固定費よりも安くなることが明らかになった。

「図 3.9 大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題」および「図 3.10 大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由」から、予算不足と設備不足が課題として示されている。しかし、本研究結果および考察から、立入検査を集約し大気中アスベスト濃度測定機器類を共同で使用することによって、より少ない予算でより効率的に設備を使用できることが示された。

表 3.8 大気中アスベスト濃度測定器具類の固定費試算

	理想的な自治体所有大気中アスベスト濃度測定器具類	現状の自治体所有大気中アスベスト濃度測定器具類																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測定器具類</th> <th>価格</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">【備品】</td> </tr> <tr> <td>・デジタル粉塵計 1台</td> <td>¥300,000</td> </tr> <tr> <td>・位相差顕微鏡 80万円×2台</td> <td>¥1,600,000</td> </tr> <tr> <td>・走査型電子顕微鏡</td> <td>¥12,000,000</td> </tr> <tr> <td>・測定セット×4=54万4000円</td> <td>¥544,000</td> </tr> <tr> <td>測定セット13万6000円</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー</td> <td></td> </tr> <tr> <td>・クイックフィクス 1台</td> <td>¥150,000</td> </tr> <tr> <td>・ハンディビベッター 1本</td> <td>¥34,000</td> </tr> <tr> <td>・スポイド付き試薬瓶 1本</td> <td>¥300</td> </tr> <tr> <td>・ハサミ 1本</td> <td>¥1,500</td> </tr> <tr> <td></td> <td>¥14,629,800</td> </tr> </tbody> </table>	測定器具類	価格	【備品】		・デジタル粉塵計 1台	¥300,000	・位相差顕微鏡 80万円×2台	¥1,600,000	・ 走査型電子顕微鏡	¥12,000,000	・測定セット×4=54万4000円	¥544,000	測定セット13万6000円		ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー		・クイックフィクス 1台	¥150,000	・ハンディビベッター 1本	¥34,000	・スポイド付き試薬瓶 1本	¥300	・ハサミ 1本	¥1,500		¥14,629,800	<table border="1"> <thead> <tr> <th>測定器具類</th> <th>価格</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">【備品】</td> </tr> <tr> <td>・デジタル粉塵計 1台</td> <td>¥300,000</td> </tr> <tr> <td>・位相差顕微鏡 80万円×2台</td> <td>¥1,600,000</td> </tr> <tr> <td>・測定セット×4=54万4000円</td> <td>¥544,000</td> </tr> <tr> <td>測定セット13万6000円</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー</td> <td></td> </tr> <tr> <td>・クイックフィクス 1台</td> <td>¥150,000</td> </tr> <tr> <td>・ハンディビベッター 1本</td> <td>¥34,000</td> </tr> <tr> <td>・スポイド付き試薬瓶 1本</td> <td>¥300</td> </tr> <tr> <td>・ハサミ 1本</td> <td>¥1,500</td> </tr> <tr> <td></td> <td>¥2,629,800</td> </tr> </tbody> </table>	測定器具類	価格	【備品】		・デジタル粉塵計 1台	¥300,000	・位相差顕微鏡 80万円×2台	¥1,600,000	・測定セット×4=54万4000円	¥544,000	測定セット13万6000円		ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー		・クイックフィクス 1台	¥150,000	・ハンディビベッター 1本	¥34,000	・スポイド付き試薬瓶 1本	¥300	・ハサミ 1本	¥1,500		¥2,629,800
測定器具類	価格																																																			
【備品】																																																				
・デジタル粉塵計 1台	¥300,000																																																			
・位相差顕微鏡 80万円×2台	¥1,600,000																																																			
・ 走査型電子顕微鏡	¥12,000,000																																																			
・測定セット×4=54万4000円	¥544,000																																																			
測定セット13万6000円																																																				
ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー																																																				
・クイックフィクス 1台	¥150,000																																																			
・ハンディビベッター 1本	¥34,000																																																			
・スポイド付き試薬瓶 1本	¥300																																																			
・ハサミ 1本	¥1,500																																																			
	¥14,629,800																																																			
測定器具類	価格																																																			
【備品】																																																				
・デジタル粉塵計 1台	¥300,000																																																			
・位相差顕微鏡 80万円×2台	¥1,600,000																																																			
・測定セット×4=54万4000円	¥544,000																																																			
測定セット13万6000円																																																				
ミニポンプMP-Σ300N11 三脚(三段式) ホルダー支持金具 歯科用先曲がりピンセット クイックチャージャー																																																				
・クイックフィクス 1台	¥150,000																																																			
・ハンディビベッター 1本	¥34,000																																																			
・スポイド付き試薬瓶 1本	¥300																																																			
・ハサミ 1本	¥1,500																																																			
	¥2,629,800																																																			
	<p>¥14,629,800/8年間</p> <p>↓</p> <p>¥約183万円/年</p>	<p>¥2,629,800/8年間</p> <p>↓</p> <p>¥約33万円/年</p>																																																		
現状:立入検査を各自治体で実施	<table border="1"> <thead> <tr> <th>2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数</th> <th>大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>都道府県(n=31), 93.3件</td> <td>¥19,614</td> </tr> <tr> <td>政令指定都市(n=17), 148.6件</td> <td>¥12,315</td> </tr> <tr> <td>中核市(n=39), 41.3件</td> <td>¥44,310</td> </tr> <tr> <td>特定特例市(n=9), 31.5件</td> <td>¥58,095</td> </tr> <tr> <td>政令市(n=7), 12.1件</td> <td>¥151,240</td> </tr> <tr> <td>特例市(n=9), 5.9件</td> <td>¥310,169</td> </tr> </tbody> </table>	2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)	都道府県(n=31), 93.3件	¥19,614	政令指定都市(n=17), 148.6件	¥12,315	中核市(n=39), 41.3件	¥44,310	特定特例市(n=9), 31.5件	¥58,095	政令市(n=7), 12.1件	¥151,240	特例市(n=9), 5.9件	¥310,169	<table border="1"> <thead> <tr> <th>2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数</th> <th>大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>都道府県(n=31), 93.3件</td> <td>¥3,537</td> </tr> <tr> <td>政令指定都市(n=17), 148.6件</td> <td>¥2,221</td> </tr> <tr> <td>中核市(n=39), 41.3件</td> <td>¥7,990</td> </tr> <tr> <td>特定特例市(n=9), 31.5件</td> <td>¥10,476</td> </tr> <tr> <td>政令市(n=7), 12.1件</td> <td>¥27,273</td> </tr> <tr> <td>特例市(n=9), 5.9件</td> <td>¥55,932</td> </tr> </tbody> </table> <p>*電子顕微鏡による分析費用は別途必要</p>	2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)	都道府県(n=31), 93.3件	¥3,537	政令指定都市(n=17), 148.6件	¥2,221	中核市(n=39), 41.3件	¥7,990	特定特例市(n=9), 31.5件	¥10,476	政令市(n=7), 12.1件	¥27,273	特例市(n=9), 5.9件	¥55,932																						
2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)																																																			
都道府県(n=31), 93.3件	¥19,614																																																			
政令指定都市(n=17), 148.6件	¥12,315																																																			
中核市(n=39), 41.3件	¥44,310																																																			
特定特例市(n=9), 31.5件	¥58,095																																																			
政令市(n=7), 12.1件	¥151,240																																																			
特例市(n=9), 5.9件	¥310,169																																																			
2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)																																																			
都道府県(n=31), 93.3件	¥3,537																																																			
政令指定都市(n=17), 148.6件	¥2,221																																																			
中核市(n=39), 41.3件	¥7,990																																																			
特定特例市(n=9), 31.5件	¥10,476																																																			
政令市(n=7), 12.1件	¥27,273																																																			
特例市(n=9), 5.9件	¥55,932																																																			
都道府県,政令指定都市に立入検査を集約した場合	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年</td> <td></td> </tr> <tr> <td>・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数</td> <td>大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)</td> </tr> <tr> <td>183万円/115自治体=</td> <td>¥15,913</td> </tr> </tbody> </table>	・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年		・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体		2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)	183万円/115自治体=	¥15,913	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年</td> <td></td> </tr> <tr> <td>・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数</td> <td>大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)</td> </tr> <tr> <td>33万円/115自治体=</td> <td>¥2,870</td> </tr> </tbody> </table> <p>*電子顕微鏡による分析費用は別途必要</p>	・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年		・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体		2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)	33万円/115自治体=	¥2,870																																		
・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年																																																				
・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体																																																				
2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)																																																			
183万円/115自治体=	¥15,913																																																			
・2011~2016年度 平均届出件数 全国合計 =7448件/年																																																				
・7448件/(都道府県31+政令指定都市17) =115件/都道府県または政令指定都市1自治体																																																				
2011-2016年度平均特定粉じん等排出作業届出件数	大気中アスベスト濃度測定1件の固定費(円)																																																			
33万円/115自治体=	¥2,870																																																			

大気中アスベスト濃度測定のコスト試算は次のようになった。1 解体作業場での測定点数は、施工区画周辺の 4 か所 20) にトラベルブランクを 1 つ、立入検査を実施する職員数は 2 人と仮定して試算した。また、測定器具類はすでに所有しているものと仮定し、年間特定粉じん排出届出数に消耗品費と移動費（一律、レンタカー 1 台 6 時間の代金とした）の合計を乗じて試算した。結果を表 3.8 に示す。

年間の消耗品費および移動費合計は、都道府県は 113 万円、政令指定都市は 179 万円となった。2011 年～2016 年の平均予算が都道府県 125 万円、政令指定都市が 96 万円であることに鑑みると、設備・分析機器類は既に所有していると仮定すれば、都道府県の予算は足りている事になる。しかし、政令指定都市においては、試算された必要経費の約半分しか予算が確保されていないことになった。全ての特定粉じん排出作業に立入検査を実施するためには、政令指定都市においては年間予算を約 2 倍にする必要があると考えられる。

表 3.9 大気中アスベスト濃度測定消耗品費および移動費の試算

【消耗品】	購入価格	1解体作業場（4サンプル+1ブランク）、2人体制に対するの使用量	1解体作業場（4サンプル）、2人体制に対するの価格
ろ紙ホルダー（ディスポーザブルグリッドなしφ25用）50コ	¥18,000	5個	¥1,800
スライドガラス（100枚）	¥2,500	5枚	¥125
カバーガラス（200枚）	¥2,000	5枚	¥50
アセトン（研究実験用、500mL）	¥1,000	2ml	¥4
トリアセチン（500mL）	¥2,500	2ml	¥10
スモークテスター（10本）	¥6,000	4本	¥2,400
使い捨て式防塵マスク（10個）	¥3,000	2個	¥600
使い捨て式手袋（100枚）	¥1,000	4枚	¥40
		合計	¥5,029

【移動費】	購入価格	1解体作業場（4サンプル+1ブランク）、2人体制に対するの使用量	1解体作業場（4サンプル）、2人体制に対するの価格
レンタカー	7000円/6時間	1台	¥7,000

【年間消耗品費+移動費】	特定粉じん排出届出/年 (2011-2016年度平均)	(消耗品費+移動費)/年 (届出件数×12029円)
都道府県	93.3	¥1,122,306
政令指定都市	148.6	¥1,787,509

(4) 立入検査の実施体制

アスベスト含有建築物の解体改修時における立入検査は、大気中アスベスト濃度測定はもちろんであるが、目視確認や改善指導においても、解体作業時の労働安全衛生管理に対

する知識や経験，また指導技術が必要とされる業務である。本研究の結果より，立入検査を実施している自治体の80%は職員2人で立入検査を実施していた。さらに，自治体職員は2～4年ほどで部署を異動する。そのため，立入検査に必要な大気中アスベスト濃度測定技術・改善指導技術の引継ぎや経験を積むことが難しい現状も明らかになった。特定粉じん排出作業届が少ない自治体においては，さらに技術と経験の取得は困難だと考える。自治体内での連携や，外部委託を実施する場合は民間測定機関の精度管理，また外部専門家との連携が必要であり，今後の課題である。

第4章

大気中アスベスト濃度測定方法の検討

第4章 大気中アスベスト濃度測定方法の検討

4.1 本章の目的

解体作業でのアスベスト漏えい監視に用いる測定方法という点を踏まえて、迅速性と分析精度のバランスがとれた大気中アスベスト濃度測定方法を確立することを目的とする。

4.2 4章の枠組み

4.2.1 アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法

アスベストモニタリングマニュアル第4.1版には、8つの測定方法が記載されている。位相差顕微鏡法、走査型電子顕微鏡法、透過型電子顕微鏡法、位相差/偏光顕微鏡法、位相差/蛍光顕微鏡法、相対粉じん濃度計、パーティクルカウンター、繊維状粒子自動測定器である。

4.2.2 測定方法と測定対象粒子

位相差顕微鏡画像 (倍率400倍)

- 粉じん濃度：粒子の個数
相対粉じん濃度計 パーティクルカウンター
- 繊維数濃度：繊維状粒子
繊維径 $3\mu\text{m}$ 未満
繊維長 $5\mu\text{m}$ 以上
縦横比3以上
繊維状粒子自動測定機
位相差顕微鏡 位相差/偏光顕微鏡
- アスベスト繊維濃度：
繊維状粒子+繊維の成分分析
走査型電子顕微鏡 位相差/偏光顕微鏡
透過型電子顕微鏡 位相差/蛍光顕微鏡

図 4.1 測定対象粒子と測定方法

大気中粉じんの測定は、測定方法によって測定に必要な時間と、得られる結果が異なる。図 4.1 の位相差顕微鏡画像のように、大気中には色々な形状の粉じんが飛んでおり、形状に関わらず一定のサイズの粒子を数えた結果が粉じん濃度となる。相対粉じん計とパ

ーティクルカウンターは測定対象粒子のサイズ異なるが、両方とも得られる結果は粉じん濃度となる。

繊維数濃度は、顕微鏡による形状観察で繊維径 $3\mu\text{m}$ 未満、繊維長 $5\mu\text{m}$ 以上、縦横比 3 以上の粒子を計数し、結果を用いて大気 1 L 中に何本繊維状物質が存在するか算出した値である。

アスベスト繊維濃度は、形状が繊維状粒子であることに加えて、繊維の成分分析を行い、アスベスト繊維であることを確認する。分析の結果を用いて大気 1 L 中に何本アスベスト繊維が存在するか算出した値がアスベスト繊維濃度となる。

4.2.3 大気中アスベスト濃度測定方法の比較項目

アスベストモニタリングマニュアルに記載されている大気中アスベスト濃度測定の方法を、測定方法の検証実験結果、実際に自治体を実施している測定方法、文献調査の 3 つの情報をを用いて比較した。比較項目は、分析精度、分析に必要な時間、解体現場への可搬性、測定機の購入価格、分析上の利点と課題、測定機の整備状況である。

4.2.4 大気中アスベスト濃度測定方法の比較基準

アスベストモニタリングマニュアルに記載されている 8 種の測定方法について、分析精度と測定時間および普及状況の 3 つの視点で比較を行う。

4.2.5 4 章の枠組み

4 章では、3 章で示された立入検査の問題点を踏まえて、アスベストモニタリングマニュアル²⁰⁾に記載されている大気中アスベスト濃度測定の方法を、測定方法の検証実験結果、実際に自治体を実施している測定方法、文献調査の 3 つの情報をを用いて比較する。比較結果より、大気中アスベスト濃度測定 8 種から解体作業の監査に適した測定方法の選定を行う。最後に、選んだ測定方法での、測定条件について分析精度と迅速性の視点から検討を行う。本章の枠組み図を図 4.2 に示す。

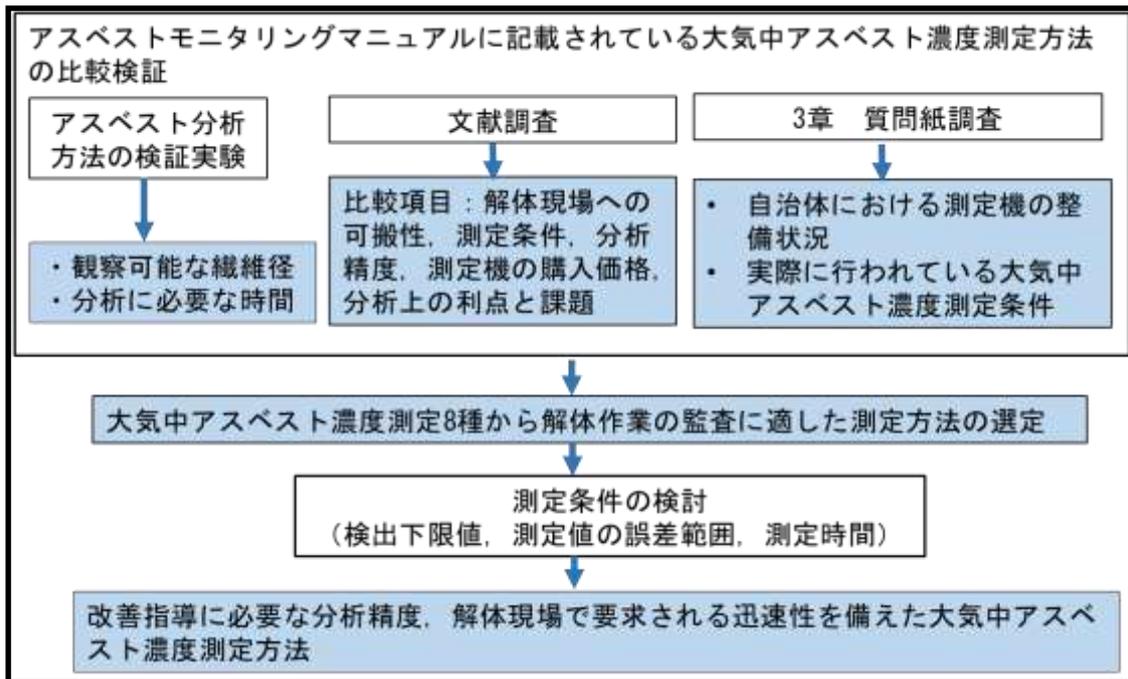


図 4.2 4章の枠組み

4.3 位相差顕微鏡法と走査型電子顕微鏡法によるアスベスト標準フィルターの分析

クリソタイル標準試料（カナダ産B/L 4T-500 : 0.5 mg, ソ連産M-6-40 : 0.8mg, ブラジル産4T : 0.5 mg）を混合

- 水400 mL
- 2分間の超音波
- 水で100倍希釈

試験液40000mL

試験液100mL

- メチルセルロース製
- メンブランフィルター（Pall社, GN-4）でろ過
- フィルターを乾燥（アスベスト標準フィルター）



クリソタイル試験液をフィルターでろ過する様子

図 4.3 アスベスト標準フィルターの作製手順

アスベスト標準試料から作成したフィルター試料を用いて、大気中アスベスト濃度測定の主要な手法である位相差顕微鏡法と走査型電子顕微鏡法のフィルターの前処理および1視野の計数に必要な時間を計測し、認識可能な最小の粒子径を計測した。

アスベスト標準フィルター試料は、以下の手順で作成した。クリソタイル標準試料（カ

ナダ産 B/L 4T-500 : 0.5 mg, ソ連産 M-6-40 : 0.8mg, ブラジル産 4T : 0.5 mg) を混合し, 蒸留水 400 mL をビーカーに添加し, 2 分間の超音波照射によりクリソタイルを分散させた。超音波照射後ただちにクリソタイル分散水を 100 倍希釈して試験液とした。試験液を直径 47 mm のメチルセルロース製メンブランフィルター (Pall 社, GN-4) でろ過し, その後フィルターを乾燥させた (図 4.3)。

乾燥させたアスベスト標準フィルター試料を 4 分割し, そのうちの 1 片を用いてマニュアルに従いアセトノートリアセチン法²⁰⁾にて位相差顕微鏡用のアスベスト標準プレパラートを作成した。残ったフィルター試料から約 5 x 5 mm に切り取った 1 片を導電性カーボン両面テープで真鍮製試料台に固定し, 走査型電子顕微鏡用のアスベスト標準試料とした。走査型電子顕微鏡用アスベスト標準試料には, 導電性物質による試料表面のコーティングを施さなかった。

本研究でアスベスト標準プレパラートの観察に使用した位相差顕微鏡は, Eclipse 80i (ニコン社製) である。倍率 40 倍 (ポジティブコントラスト, 開口数 0.75) の対物レンズ, および倍率 10 倍 (直径 300 μm の円が描かれたアイピースグレイティクルを装着) の接眼レンズを位相差顕微鏡に装着した。

走査型電子顕微鏡用アスベスト標準試料の観察には, Miniscope® TM4000 (日立ハイテクノロジー製) を使用した。鏡筒内の真空を 10~50Pa 程度に下げることによって試料表面の帯電を軽減する観察モード (低真空モード, 帯電軽減モード) で観察した。低真空モードでは試料の二次電子像の観察は行えないため, 反射電子像の観察を行った。薄い試料に対して高すぎる加速電圧で電子を照射すると, 試料の裏側で発生した二次電子が干渉して鮮明な反射電子像を得られなくなることが知られている。本研究の事前調査において, 加速電圧 15kV では反射電子像が不鮮明になり, 加速電圧 5kV のときに最も像が鮮明になることが分かった。一方, 加速電 5kV では EDX 分析でアスベストの同定に必要な鉄の特性 X 線を励起させることができず, 加速電圧 15kV では EDX 検出器で検出可能なほぼ全ての元素の特性 X 線を励起させることができる。したがって, 本研究の SEM-EDX 分析では粒子の形状観察および画像の取得の際の加速電圧を 5kV, EDX 分析の際の加速電圧を 15kV に設定した。

位相差顕微鏡による計数は, アスベストモニタリングマニュアルに従い, 総合倍率 400 倍で直径 300 μm の円を一視野として, 検鏡した視野が 100 視野に達するか観察した繊維の合計が 200 本以上になるまで計数を行った。本研究では, 走査型電子顕微鏡による計数を総合倍率 1,500 倍で一視野の面積が 0.05mm² の条件で行った。走査型電子顕微鏡による計数は, アスベストモニタリングマニュアルに従い, 300 視野に達するか, アスベスト繊

維が 200 本以上になるまで検鏡を行った。

全て同じ分析者が計数を行った。位相差顕微鏡法では長さ $5\mu\text{m}$ 以上、幅 $3\mu\text{m}$ 未満、アスペクト比（長さ/幅）3 以上の物質を計数対象とし、走査型電子顕微鏡法では長さ $5\mu\text{m}$ 以上、幅 $0.2\mu\text{m}$ 以上～ $3\mu\text{m}$ 未満、アスペクト比（長さ/幅）3 以上の物質を計数対象とした。

4.3.1 計数可能繊維径の検証

同一のアスベスト標準フィルターを分割し、位相差顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いて計数を行った結果、観察可能な繊維径は、位相差顕微鏡の倍率 400 倍は $0.25\mu\text{m}$ 、走査型電子顕微鏡の倍率 1500 倍は $0.2\mu\text{m}$ 、倍率 10000 倍は $0.05\mu\text{m}$ であった。

4.3.2 測定時間の検証

位相差顕微鏡法と走査型電子顕微鏡とでの計数手順と計数時間を、図 4.4 に記す。位相差顕微鏡法は、環境省の実施する位相差顕微鏡法研修において、実際は 1 視野あたり 1 分以上の計数時間を要する事が多いが、分析に時間がかかり過ぎる事は現実的ではないため「1 視野 1 分で見られるように」と指導を行っている。また、検証実験において位相差顕微鏡でアスベスト標準プレパラートを 32 視野計数したところ、基準の繊維数 200 本に達した。この時の所要時間は 1 時間 20 分であり、1 視野あたりの所要時間は 2 分 30 秒と計算された。

本研究で使用した位相差顕微鏡の分解能は $0.25\mu\text{m}$ と確認された。アスベスト標準フィルターの走査型電子顕微鏡による分析において、幅約 $0.25\mu\text{m}$ の繊維がしばしば観察された。本研究で使用したアスベスト標準プレパラートに含まれる多くのクリソタイル繊維幅は、位相差顕微鏡の分解能に近いので、慎重に計数を行う必要があった。

計数時間はフィルターの捕集状態によって変わるものであるが、環境省の位相差顕微鏡法研修で指導している 1 分/1 視野を「最も短い計数時間」、本検証実験で得られた 2 分 30 秒/1 視野を「最も長い計数時間」と仮定した。この分析時間を用いて、大気のスAMPLING から 1 サンプルの分析結果が得られるまでの、全行程に必要な時間を試算した。

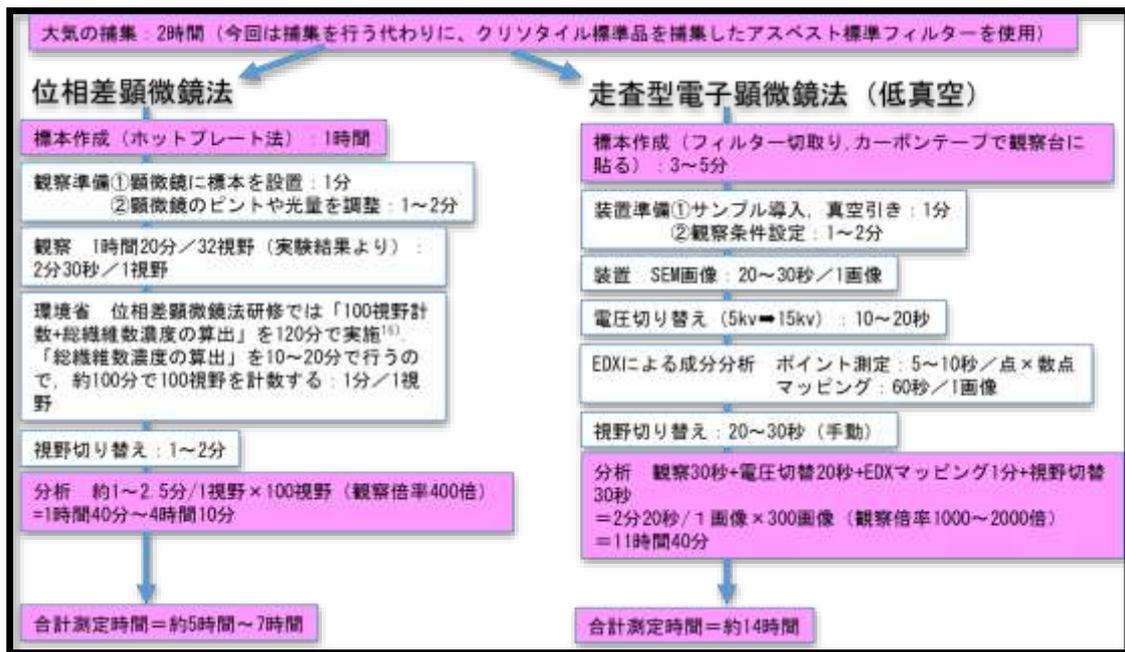


図 4.4 位相差顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いた分析手順

4.4 アスベストモニタリングに記載されている測定方法の比較

石綿飛散防止専門委員会⁴⁴⁾では、「現在、実施されている大気濃度測定方法を整理し、測定方法に応じ、どの測定方法を優先させるのか検討願いたい」との意見が挙げられている。したがって本研究では、位相差顕微鏡法および走査型電子顕微鏡での検証実験結果および文献調査結果を用いて、アスベストモニタリングマニュアル²⁰⁾に記載されている測定方法（位相差顕微鏡法、走査型電子顕微鏡法、透過型電子顕微鏡法、位相差/偏光顕微鏡法、位相差/蛍光顕微鏡法、粉じん相対濃度計、パーティクルカウンター、繊維状粒子自動測定器）について、自治体における測定機の整備状況、解体現場への可搬性、測定条件、分析精度、測定機の購入価格、分析上の利点と課題の項目を比較検討した。

4.4.1 アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法比較の結果

表 4.1 アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版に記載されている測定方法の比較
(顕微鏡法)

		位相差顕微鏡法			走査型電子顕微鏡法		透過電子顕微鏡法		位相差/偏光顕微鏡法		位相差/蛍光顕微鏡法		
所有自治体数 (回答59自治体)*1		40			34		0		9		1		
解体現場等への可搬		○			○(可搬型)		×		○		○		
測定	捕集	捕集条件*2	流量10L/分で、直径47mmのフィルターに捕集する			【特に迅速性が求められる場合】流量5L/分で、直径25mmのフィルターに捕集する				流量10L/分で、直径47mmのフィルターに下記の時間捕集する			
		捕集時間*2	4時間	2時間	30分	4時間	2時間	4時間	2時間	4時間	2時間	4時間	2時間
	フィルター処理時間*2	1時間(ホットプレート法)			5分(低真空)		4-24時間*3		1時間(ホットプレート法)		1時間(蛍光タンバク質液滴下+ホットプレート法)		
	視野の観察倍率	400倍			1500倍*4		1500倍*4		400倍		400倍		
	1視野の観察面積(mm ²)	0.07			0.005		0.005		0.07		0.07		
分析	計数視野数(観察繊維数)*2	100視野(繊維200本)			300視野(繊維40本)*5		300視野(繊維40本)*5		100視野(繊維200本)		100視野(繊維200本)		
	検出下限値(本/L)*13	0.06	0.1	0.4	0.3	0.5	0.3	0.5	0.06	0.1	0.06	0.1	
	計数可能な最も細い繊維径(μm)	0.25*6			1500倍:0.2, 1万倍:0.05*7		1500倍:0.2, 1万倍:0.05*7		0.25*8		0.25*10		
分析精度(測定条件によって定まる)	計数対象粒子	繊維状粒子			アスベスト同定可				アスベスト同定可		アスベスト同定可*9		
	利点	一般大気や労働環境での測定データが多く蓄積されており、測定結果について考察が可能			形状観察からEDXによる元素分析によって、アスベストの種類まで同定可能				位相差顕微鏡で形状確認後、視野を変えずに顕微鏡を偏光顕微鏡に切り替え、アスベストの種類まで同定可能		アスベストと非アスベストの識別可。微細なクリソタイルに関して、位相差顕微鏡法よりも高感度*10		
課題	形状観察のみであることから、総繊維数が1本/Lを超えると電子顕微鏡での分析が必要			倍率1000~2000倍において、計数300視野。1視野1~2.5分と仮定すると計数のみで5~12.5時間が必要		フィルター処理の方法が難しく、かつ時間がかかる。測定から結果を得られるまで2-7日必要*3		1μm以下の繊維径は、アスベストの同定が難しくなる*8、*11		非アスベストに関しては炭化ケイ素ウィスカーもアスベストと同様に蛍光を持つようになる*8。蛍光の退色が起こるため短時間での計数が必要*12			

*1: 参考文献 36). 飯田裕貴子, 村山武彦, 錦澤滋雄, 長岡篤 (2019) 「アスベスト含有建築物の解体改修時における自治体立入検査の現状分析—大気中アスベスト濃度測定に着目して」環境と公害

*2: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P55

*3: 参考文献 37). EPA 600/4-85-049 「Measureing Airborne Asbestos Following An Abatement Action」

*4: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P27, 電子顕微鏡の検出下限は、位相差顕微鏡法と同程度であることが望ましいが、測的の目的に応じて欲求される検出下限値を適宜設定してよい

*5: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P27

*6: テストスライドを用いて位相差顕微鏡で、視認可能な繊維径について確認を行った

*7: 走査型電子顕微鏡を用いて観察可能繊維の実測を行った

*8: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P58, 「偏光顕微鏡には分解能の限界があり観察対象は1μm以上の径の繊維とされている」

*9: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P70

*10: 参考文献 13). アスベストモニタリングマニュアル (第4.1版), P81

*11: 参考文献 38). JIS K 3850-1~4 空気中の繊維状粒子測定方法 解説、日本規格協会、2000、「偏光顕微鏡:結晶性を持つ繊維化か否かの判定および種類のおおまかな判定はできる。なお、繊維径が細い場合は、判定が難しくなる」

*12: 建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル2014.6, P146

*13: 上記の条件で捕集した標本を、上記の視野数観察し、1本繊維状物質が確認された場合の、総繊維数濃度。有効数字2桁目を四捨五入

*14: 参考文献 39). WEB科学機器総覧

位相差顕微鏡と走査型電子顕微鏡を用いた検証実験の結果および文献調査データを用いて、大気中アスベスト濃度測定方法の比較を行った。結果を表 4.1 に示す。

測定を実施している 59 自治体中の 40 自治体が位相差顕微鏡を所有していた。位相差顕微鏡法は粒子の形状を観察する方法であり、計数結果は総繊維数濃度となる。アスベスト含有建築物の解体改修時立入検査において、アスベストの漏えい有りと判断して改善指導を行う目安の値は 1 本/L とされている²⁰⁾。それぞれの測定条件において確認できる検出下限値は、捕集 4 時間では 0.05 本/L、捕集 2 時間では 0.1 本/L、捕集 30 分では 0.4 本/L であった。いずれの検出下限値も、指導の目安となる 1 本/L は担保できる値であった。

測定を行っている 59 自治体中の 34 自治体が走査型電子顕微鏡を所有していた。電子顕微鏡は、アスベスト繊維の種類まで同定可能である。また、計数において、倍率 1000～2000 倍での計数視野数は 300 視野とされている²⁰⁾。電子顕微鏡法の検出下限値は倍率 1500 倍において、捕集 4 時間では 0.3 本/L、捕集 2 時間では 0.5 本/L であった。位相差顕微鏡と比較すると、電子顕微鏡は大きな利点としてアスベストの種類まで同定可能であるが、観察倍率が位相差顕微鏡よりも大きいため、観察視野数が増える事により、測定全体に必要な時間も増える傾向にあり、また検出下限値は位相差顕微鏡よりも高くなる事が確認された。

透過型電子顕微鏡法は、現在はこの方法を用いて大気中アスベスト濃度測定を行っている自治体はなく⁴⁶⁾、測定機の価格も最も高額であり、測定機自体を解体現場へ持ち込む事はできず、さらに測定に必要な時間も 2～7 日と長いため、解体現場での測定には不向きである事が確認された。

位相差/偏光顕微鏡法と位相差/蛍光顕微鏡法は、アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版には、漏えい監視のためのアスベスト迅速測定法と位置付けられている。測定を実施している 59 自治体中の 9 自治体が位相差/偏光顕微鏡を所有していた。位相差/偏光顕微鏡は、解体現場へ持ち込む事が可能であり、総繊維数濃度の検出下限値は位相差顕微鏡法と同様であり、さらに繊維がアスベストか否かの同定が可能である。しかし、本方法は繊維径 1 μm 未満の繊維においては、結晶性による繊維の色を確認する事が難しくなるため、アスベスト繊維の同定ができなくなる事が報告されている。つまり、繊維径 0.25～1 μm の繊維状粒子においては、位相差/偏光顕微鏡法は位相差顕微鏡法と同様に、繊維形状の確認のみになる。本方法は、米国ではアスベスト含有建材の分析には使用されているが、大気中アスベスト濃度の測定には用いられていない。

測定を実施している 59 自治体中の 1 自治体が位相差/蛍光顕微鏡を所有していた。位相差/蛍光顕微鏡は、解体現場へ持ち込む事が可能であり、さらに繊維がアスベストか否かの同定が可能である。加えて、微細なクリソタイルに関して光学顕微鏡法よりも高感度であると報告されている。課題としては、アスベストに結合させる蛍光タンパク質の退色が起こるため短時間での計数が必要である事と、炭化ケイ素ウィスカーにも蛍光タンパクが結合するためアスベストと誤判定する可能性がある事が挙げられる。

表 4.2 アスベストモニタリングマニュアル第 4.1 版に記載されている測定方法の比較
(リアルタイム・モニター)

		粉じん相対濃度計	パーティクルカウンター	繊維状粒子自動測定器
所有自治体数 (回答59自治体)		18*1	ND	6*1
解体現場等への可搬		◎	◎	◎
捕集と分析		リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム
分析精度	カウント可能な最も細かい粒径 (μm)	0.4-10 (値が検出されていない場合も、 $0.4\mu\text{m}$ 以下のアスベストが漏えいしている可能性あり)	メーカーによって異なる：0.1以上	メーカーによって異なる：長さ2以上、長さ5以上、径 $0.1\times$ 長さ1以上、など
	測定対象粒子	粒子	微細な粒子	繊維状粒子
購入価格(万円)*3		10—30	10—50	250以上
利点		捕集や分析なしで、測定結果がリアルタイムで得られる		
課題		水蒸気に関しても測定値として表示してしまう場合がある*2。他の測定方法に課題あり*2	水蒸気に関しても測定値として表示してしまう場合がある*2。他の測定方法との相関に課題あり*2	他の測定方法との相関に課題あり*2

*1：参考文献 36)。飯田裕貴子，村山武彦，錦澤滋雄，長岡篤（2019）「アスベスト含有建築物の解体改修時における自治体立入検査の現状分析—大気中アスベスト濃度測定に着目して」環境と公害

*2：参考文献 13)。アスベストモニタリングマニュアル（第4.1版），p92

*3：参考文献 39)。WEB科学機器総覧

表 4.2 に、自動測定器についての検証結果を記す。自動測定器は、リアルタイムで測定結果が得られるため、迅速性を求められる解体現場での粉じんの漏えい防止の対策に適している。粉じん相対濃度計とパーティクルカウンターは、位相差顕微鏡で確認している繊維状物質に加えて、他の粒形の粉じん全てを含めて検出している。粉じん相対濃度計の観察可能な粒子径は $0.4-10\mu\text{m}$ であるため、位相差顕微鏡では確認できている粒径 $0.25-0.4\mu\text{m}$ の範囲は確認ができていない。そのため、粉じん相対濃度計が測定値を示さない場合においても、微細なアスベストが漏えいしている可能性は残る。

繊維状粒子自動測定器については、測定対象粒子は、位相差顕微鏡法と同様に繊維状物質に限定されている。繊維状粒子自動測定器の測定値は、総繊維数 150 本/L ほどの濃度で

は位相差顕微鏡法の測定値と良い相関を示す。しかし、アスベスト含有建築物の解体改修時において、アスベストの漏えい有りと判断し改善指導を行う目安の値1本/L辺りの濃度では相関が良くない場合があると報告されている。

4.4.2 アスベスト含有建築物の解体改修等作業の監視に最も適した測定方法の選定

「4.2.1アスベストモニタリングに記載されている測定方法の比較」に記載したそれぞれの測定方法について、解体現場での大気中アスベスト濃度測定方法として適しているか判断を行った。判断の基準としては、測定機の自治体における普及状況、価格、測定時間が短い、結果の過小評価がない、過大評価がない、形状分析が出来る、アスベストの同定が出来る、解体現場での測定条件において検出下限値0.1本/Lの担保、測定技術の難易度が低い8項目とした。

判断基準を満たしている場合は○、特に優れていれば◎、状況によって判断基準を満たしていない場合がある△、判断基準を満たしていない×とした。結果を表4.3に示す。

表4.3 アスベストモニタリングマニュアルに記載されている8種の測定方法比較結果

判定基準	位相差顕微鏡法  ニコインスティックHPより	走査型電子顕微鏡法  日立ハイテクノロジーズHPより	透過型電子顕微鏡法  日立ハイテクノロジーズHPより	位相差/偏光顕微鏡法  ニコインスティックHPより	位相差/蛍光顕微鏡法  科学技術振興機構HPより	粉じん相対濃度計  柴田科学HPより	パーティクルカウンター  柴田科学HPより	繊維状粒子自動測定器  柴田科学HPより
自治体における普及台数	40	34	0	9	1	18	ND	6
価格(万円)	30~100	1200前後	5000以上	30~160	30~160	10~30	10~30	250以上
測定時間	○	×	×	△	○	◎	◎	◎
過小評価しない	○	○	○	×	○	×	○	×
				*1: 繊維径1μmより細かい繊維をアスベストか同定出来ない		粒径0.25-0.4μmの粒子は確認できない		測定値のばらつきが大きい
過大評価しない	×	○	○	○	×	×	×	×
	総繊維数としてアスベスト以外の繊維も計数				*2: 炭化ケイ素ウィスカーもアスベストと判定	水蒸気を粉じんと判定	水蒸気を粉じんと判定	測定値のばらつきが大きい
解体現場での測定条件において、検出下限値0.1本/Lの担保	○	×	×	○	○	—	—	—
測定技術の難易度	○	○	×	×	○	◎	◎	◎
形状分析	○	○	○	○	○	×	×	△
アスベストの同定	×	○	○	△*1	△*2	×	×	×

7つの測定方法については、以下の理由より選択しなかった。

- ・ 走査型電子顕微鏡法：本研究結果より、サンプリングと分析に約14時間必要と試算

された。現状、位相差顕微鏡法（5～7時間）であっても測定時間が長いと感じられており、実際に測定方法を短縮して実施している自治体が20%確認されている。14時間は、解体現場でのアスベスト漏えい監視方法としては長すぎ、位相差顕微鏡法の結果が基準値1本/Lを超えた場合に再分析を行う測定方法という位置づけが実際的だと考えられる。

また、建築物の解体改修現場において、アスベストの漏えい有りと判断する基準値は大気1Lあたりアスベスト1本（=1本/L）とされている（20）。環境測定において、測定手法は基準値の1/10以下が確認出来ることが一般的に求められる。そのため、アスベスト漏えいの基準値が1本/Lであるので、0.1本/Lの検出下限値が担保できる測定方法であることが求められる。走査型電子顕微鏡法（透過型電子顕微鏡法も同様）においては、現時点での測定条件においても検出下限値は、解体現場での測定条件「2時間サンプリングと300視野計数」で検出下限値0.5本/Lとなる。また、分析時間を短縮する目的で計数視野数を減らした場合、観察倍率が1000～2000倍であるので計数している位置によるばらつきが計数値に影響してしまうことが予想され、加えて検出下限値もさらに高い値となるため、計数視野数を現状の測定条件から減らすことによる測定時間の短縮は難しいと考えられる。

- ・ 透過型電子顕微鏡法：サンプリングと分析に必要な時間が2～7日と長い。また、測定技術の難易度がとても高く、さらに検出下限値も走査型電子顕微鏡法と同様に0.1本/Lを担保出来ていないため、選択しなかった。
- ・ 位相差/偏光顕微鏡法：繊維径 $1\mu\text{m}$ 以上の繊維はアスベストの同定が行えるが、 $0.25\sim 1\mu\text{m}$ 未満の繊維は位相差顕微鏡法と同様に形状分析のみとなる。建材中のアスベストのような太い繊維束であるアスベストの同定は実施出来るが、大気中に浮遊しているような細かいアスベストの同定には不向きである。
- ・ 位相差/蛍光顕微鏡法：アスベストの同定が可能であるが、非アスベストの炭化ケイ素ウィスカーもアスベストと判定してしまう（フォールス・ポジティブ）ため、基準値1本/Lを超えた場合は、確実性を高めるためには電子顕微鏡での再分析が必要になる。また、2017年調査時において所有している自治体が1自治体のみであった。設備や測定機器は補充されるべきだと考えるが、補充されるまで待つのではなく、現在すでにある測定機を使ってより良い立入検査方策を検討する必要があると考える。位相差/蛍光顕微鏡法は測定方法としては優れているが、現状で測定器の普及が進んでいないため、選択しなかった。
- ・ 粉じん相対濃度計：国際労働機関（ILO）は「石綿（アスベスト）とは蛇紋石および角

閃石グループに属する繊維状の無機けい酸塩鉱物」と定義している。つまり形状分析と成分分析の2つの分析結果よりアスベストと同定される。粉じん相対濃度計は、形状分析も成分分析も行えないため、選択しなかった。

- ・ パーティクルカウンター：粉じん相対濃度計と同様の理由で、選択しなかった。
- ・ 繊維状粒子自動測定器：リアルタイムで総繊維数濃度が得られるが、測定結果にばらつきが大きいことが報告されている⁵¹⁾。アスベストモニタリングマニュアル第4.1版に²⁰⁾には「位相差顕微鏡法による総繊維数濃度よりもやや高い濃度として計測される場合が多い。これは位相差顕微鏡法の場合には繊維の形態を1繊維ごとに確認して計数しているのに対して、繊維状粒子自動測定器の場合は繊維の形態によって発生するパルスの取り扱いにより計測対象の繊維を識別するため、安全側にシフトするような調整が行われている」と記載されている。しかし、他の研究報告において、安全側の過大評価だけではなく、過小評価も起こる場合がある事が報告されている⁵¹⁾。アスベストモニタリングマニュアルは、繊維状粒子自動測定器の誤差範囲については、正確に書かれていない。加えて、繊維状粒子自動測定器は内部に位相差顕微鏡法と同様のフィルターを内蔵しており、正確な総繊維数濃度を算出しようとする、内蔵フィルターを位相差顕微鏡で分析し、その計数結果を用いて繊維状粒子自動測定器の結果を補正しないといけない様になっている⁵²⁾。補正を行わなかった場合、繊維状粒子自動測定器の測定値は、実際の測定値から多い側もしくは少ない側にずれている可能性がある。リアルタイムで総繊維数濃度が得られるものの、結果の信頼性が位相差顕微鏡法に比べると劣るため、アスベスト漏えいの一次判断として総繊維数濃度の評価を行うことは難しいと考え、選択しなかった。

以下の判断から、位相差顕微鏡法を、解体現場での大気中アスベスト濃度測定方法に適していると判断した。

- ・ 自治体における普及台数：最も多い。
- ・ 価格：大気中アスベスト濃度測定を実施している全自治体での2011～2016年度予算平均は107万円であった(表3.6)。測定器の価格が、立入検査を実施している自治体の予算枠内で購入可能な価格である。
- ・ 測定時間：サンプリングと分析時間の合計約5～7時間であり、立入検査を実施した当日または翌日の朝には、測定結果を解体現場へ伝えられる時間だと考えられる。

- ・ 誤判定：測定結果の判定に、測定器の工学的な限界、また分析手法に起因する誤判定を含まない（測定および分析のトレーニングを受けた人が大気中アスベスト濃度測定を実施していることが前提であるので、人に起因する誤判定は除く）。
- ・ 検出下限値：建築物の解体改修現場において、アスベストの漏えい有りと判断する基準値は大気 1L あたりアスベスト 1 本（=1 本/L）とされている（20）。環境測定において、測定手法は基準値の 1/10 以下が確認出来ることが一般的に求められる。そのため、アスベスト漏えいの基準値が 1 本/L であるので、0.1 本/L の検出下限値が担保できる測定方法であることが求められる。位相差顕微鏡法は解体現場での測定条件において、検出下限値 0.1 本/L が担保されている。
- ・ 測定技術の難易度：位相差顕微鏡法は、リアルタイム測定器（粉じん相対濃度計、パーティクルカウンター、繊維状粒子自動測定器）に比べると分析が必要であり難易度が高い。しかし、顕微鏡法の中では最も測定難易度は低い。
- ・ 形状分析：国際労働機関（ILO）は「石綿（アスベスト）とは蛇紋石および角閃石グループに属する繊維状の無機けい酸塩鉱物」と定義している。「繊維状」については、世界保健機関（WHO）は「顕微鏡下で長さが $5\mu\text{m}$ より大きくかつ幅が $3\mu\text{m}$ 未満のもので、長さとの幅の比が 3:1 以上の形状」と定義している。また、電子顕微鏡法でのアスベスト計数は位相差顕微鏡等価アスベスト繊維「長さが $5\mu\text{m}$ より大きく、かつ幅が $0.2\sim 3\mu\text{m}$ 未満のもので、長さとの幅の比が 3:1 以上の形状」⁵³⁻⁵⁵⁾を計数対象としている。この定義されている形状の観察が可能である。
- ・ アスベストの同定：電子顕微鏡では繊維の成分分析、または偏光顕微鏡では屈折率の分析、蛍光顕微鏡では蛍光の観察からアスベスト繊維を同定する。位相差顕微鏡法ではアスベストの同定は出来ない。しかし、厚生労働省の報告より、2011 年～2013 年にかけてアスベスト除去作業を実施した 80 事業所のうち 13 事業所（16%）でアスベストの漏えいが確認されたと報告されている²²⁾。このデータより、逆に 67 事業所（84%）での測定値は基準値 1 本/L 以下であり、アスベストの同定まで行う必要はなく、位相差顕微鏡法の測定結果のみで環境管理を実施出来たことが示されている。

アスベストの定義である「石綿（アスベスト）とは蛇紋石および角閃石グループに属する無機けい酸塩鉱物」かつ「繊維状」のうち、位相差顕微鏡法で「繊維状」であるかどうか形状の確認を行い、アスベスト漏えいの一次スクリーニングを実施する。その結果が基準値を超えた場合のみ、電子顕微鏡法等で成分分析を行い、アスベスト繊維数濃度を求める方法が、解体現場でのアスベスト漏えい監視のための測定方法として迅速であり、かつア

スベストの見落としがない実際的な方法だと考える。

本研究での大気中アスベスト濃度測定方法比較結果より、当面の普及策としては位相差顕微鏡法、今後の推奨策としては位相差/蛍光顕微鏡法と考える。

4.5 位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）および測定時間

顕微鏡によってアスベスト粉じんの計数を行う場合、得られた値はどの程度の幅で信頼できるか、また逆にある幅で信頼できるためには、いくつぐらいの視野数をとればよいか、捕集空気量をどの程度に設定すれば良いかということが問題となる。

そのため、位相差顕微鏡法において測定条件を変えた場合の分析精度（検出下限値、測定値誤差範囲）と測定時間について検証を行った。

4.5.1 立入検査において実施されている位相差顕微鏡法の問題点

アスベストモニタリングマニュアルに記載されている位相差顕微鏡法は、マニュアルの作成時に検出下限値と測定値誤差範囲について検討が行われている。しかし、アスベストモニタリングマニュアルで定められた位相差顕微鏡法よりも短い捕集時間、少ない計数視野数で実施している自治体を確認されており¹⁷⁾、これら自治体の測定条件については、分析精度についての検討が十分行われていないと予想される。

4.5.2 位相差顕微鏡法において設定した 15 測定条件

実際に自治体が行っている方法に加えて、捕集 4 時間で計数 20 視野、捕集 2 時間と 1 時間において計数 50 視野と 20 視野を加え、15 測定条件を設定した（表 4.4）。

表 4.4 の測定条件 2, 9, 12, 13, 14 はアスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定条件を、自治体が独自に短縮して行っている測定条件である。また、測定条件 4, 5 は、アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定条件よりも、自治体が独自に計数視野数を増やして測定を行っている。視野数を増やしている理由としては、アスベスト漏えい有りとして指導を行う目安の値（1 本/L）の 10 分の 1 である値（0.1 本/L）を担保するためだとの回答を自治体より得ている。

表 4.4 位相差顕微鏡法における 15 測定条件

測定条件	実施自治体数	サンプリング時間 (hr)	計数視野数
★ 1	36	4	100
2	5	4	50
3	---	4	20
4	1	2	175
5	1	2	150
★ 6	4	2	100
7	---	2	50
8	---	2	20
9	2	1	100
10	---	1	50
11	---	1	20
12	1	0.5	100
13	1	0.5	50
14	2	0.5	20
★ 15	---	0.5	100

★アスベストモニタリングマニュアルに記載されている方法

4.5.3 アスベストモニタリングマニュアル初版より測定値誤差範囲（95%信頼区間）の計算式

アスベストモニタリングマニュアル¹³⁾では、当該測定条件において規定の視野数計数を行い、全視野数中に繊維が1本のみ発見された場合の大気中繊維数濃度（本/L）を検出下限値と定義している。「環境中に浮遊するアスベスト粉塵の測定法に関する委託研究報告書（昭和50年度環境庁委託研究）」³⁶⁾には、測定値誤差範囲（95%信頼区間）は、顕微鏡によってアスベスト粉じん（じん）の計数を行う際、得られた値はどの程度の幅で信頼できるかを示したものであり、計数視野数、採取空気量の設定によって変化する、と記載されている。計算式を、以下に示す。

*検出下限値の計算式

$$X = \frac{A(N - Nb)}{anV} \quad (1)$$

*測定値誤差範囲（95%信頼区間）の計算式

$$\bar{X} = \left(\sqrt{\frac{XanV}{A}} \pm 1.95\delta \right)^2 \times \frac{A}{anV} \quad (2)$$

X：検出下限値（本/L）

A : 捕集・フィルターの有効面積 (mm^2)

a : 計数視野の面積 (mm^2)

N : 計数した総繊維数: 検出下限値なので 1 (本)

Nb : フィルター・ブランク値 (本)。今回は 0 本と設定

n : 計数視野数

V : 吸引空気量

\bar{X} : 測定値誤差範囲 (95%信頼区間) の上限 \bar{X} および下限 \underline{x}

標準偏差の平均 δ : 0.56 (アスベストを取扱っている作業場で採取したサンプルおよび環境大気中で採取したサンプル約 100 例について計算した結果より, 計数地の平方根の標準偏差の平均を求め 0.56 とされた¹⁸⁾)

粉じん数の分散は, 粉じん数が増大するに従って大きくなるが, 粉じん数の平方根の値を取ると, 粉じん数の大きさと相関が無くなるという事が知られており¹⁸⁾, 計算式 (2) もそのように設定されている。

4.5.4 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度 (検出下限値と測定値誤差範囲) および測定時間

15 種類の測定条件で算出した検出下限値と測定値誤差範囲および測定時間を表 4.5 と図 4.5 に示す。また, 計数時間は「4.3.2 測定時間の検証」で得られた 1~2 分 30 秒/1 視野を用いて算出した。

表 4.5 と図 4.5 より, 捕集時間や計数視野数が少ない測定条件では, その測定方法で確認できる最も低い濃度 (=検出下限値) が高くなり, また測定値の誤差範囲が大きくなる事が示された。分析精度 (検出下限値, 測定値誤差範囲) と測定時間 (捕集時間と分析時間の合計) は, 反比例の関係にある事が示された。

位相差顕微鏡法の測定条件を検証するにあたり, 評価の視点として, アスベストモニタリングマニュアルに記載されている解体改修現場での大気中アスベスト濃度測定条件: サンプル時間 2 時間, 計数 100 視野の測定条件をさらに短縮して実施している自治体が確認されている。そのため, 測定時間は測定条件 6 (解体改修現場での大気中アスベスト濃度測定条件) よりも短く, 検出下限値はアスベストモニタリングマニュアルに「特に迅速性が求められる場合の測定条件」とされている測定条件 15 よりも低いこと, さらに測定誤差範囲はアスベストモニタリングマニュアルに「特に迅速性が求められる場合の測定条件」とされている測定条件 15 よりも小さいことを求めた。

表 4.5 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）
および測定時間

測定条件	実施自治体数 ^{*1}	サンプリング時間 (hr)	計数視野数	測定時間: サンプルング+計数 (hr)		検出下限値 (本/L)	誤差範囲の上限 (本/L)	誤差範囲の下限 (本/L)	測定値誤差範囲の上限値 (本/L)	測定値誤差範囲の下限値 (本/L)
				計数1視野1分と仮定	計数1視野 ~ 2.5分と仮定					
★ 1	36 ^{*2}	4	100	5.7	~ 8.2	0.06	0.25	0.00	0.30	0.06
2	5	4	50	4.8	~ 6.1	0.11	0.50	0.00	0.61	0.11
3	---	4	20	4.3	~ 4.8	0.28	1.24	0.00	1.52	0.28
4	1	2	175	4.9	~ 9.3	0.06	0.28	0.00	0.35	0.06
5	1	2	150	4.5	~ 8.3	0.08	0.33	0.00	0.41	0.07
★ 6	40 ^{*3}	2	100	3.7	~ 6.2	0.11	0.50	0.00	0.61	0.11
7	---	2	50	2.8	~ 4.1	0.23	0.99	0.00	1.22	0.22
8	---	2	20	2.3	~ 2.8	0.57	2.48	0.00	3.05	0.56
9	2	1	100	2.7	~ 5.2	0.23	0.99	0.00	1.22	0.22
10	---	1	50	1.8	~ 3.1	0.45	1.99	0.00	2.44	0.45
11	---	1	20	1.3	~ 1.8	1.13	4.96	0.01	6.10	1.12
12	1	0.5	100	2.2	~ 4.7	0.45	1.99	0.00	2.44	0.45
13	1	0.5	50	1.3	~ 2.6	0.91	3.97	0.01	4.88	0.90
14	2	0.5	20	0.8	~ 1.3	2.27	9.93	0.02	12.20	2.25
★ 15	--- ^{*4, 5, 6}	0.5	100	2.2	~ 4.7	0.36	1.57	0.00	1.93	0.36

*1: 参考文献 10)

*2: アスベストモニタリングマニュアル

*3: 建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル

*4: 捕集フィルターの直径: ①~⑭47mm, ⑮25mm

*5: 流量: ①~⑭10L/分, ⑮5L/分

*6: アスベストモニタリングマニュアル, P55, 「特に迅速性が求められる場合」

*7: 検出下限値および誤差範囲は小数第二位を四捨五入

★アスベストモニタリングマニュアルに記載されている方法

表 4.5 と図 4.5 より上記の 3 つの条件に当てはまる測定条件は、測定条件 7, 9 であった。測定条件 7 は測定条件: サンプルングは 2 時間, 計数視野数 50 視野であり, 必要な測定時間は 2.8~4.1 時間, 検出下限値 0.23 本/L, 測定誤差範囲 0.99 本/L であった。測定条件 9 は測定条件: サンプルングは 1 時間, 計数視野数 100 視野であり, 必要な測定時間は 2.7~5.2 時間, 検出下限値 0.23 本/L, 測定誤差範囲 0.99 本/L であった。

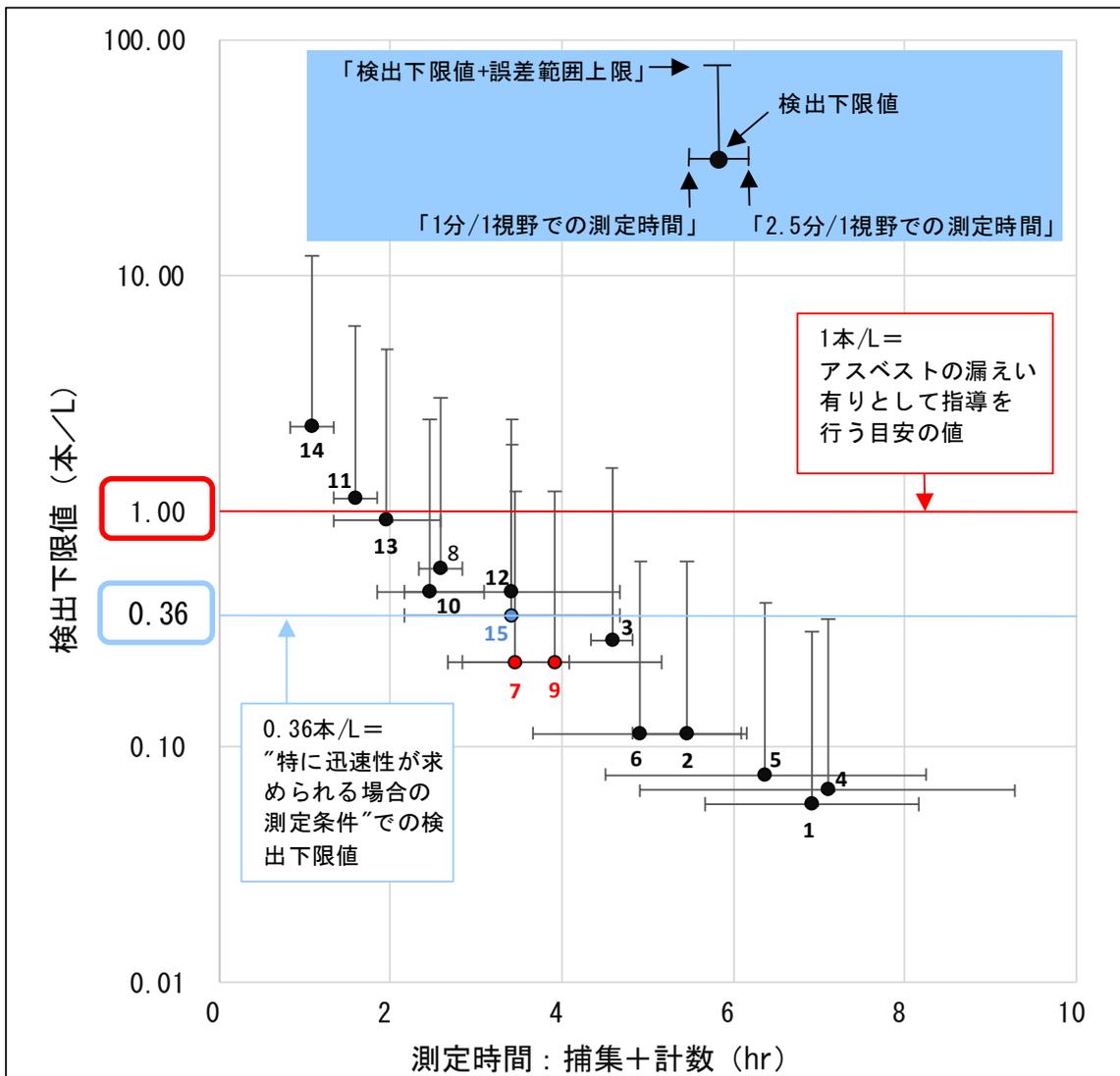


図 4.5 15 測定条件での位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）
および測定時間

4.6 4 章のまとめ

4.6.1 アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法の比較

アスベストモニタリングマニュアルに記載されている 8 種の測定方法について比較検討を行った。現行の測定方法においては、測定精度が高く（アスベスト繊維の同定ができ、検出下限値が 1 本/L の 10 分の 1 が担保できる）、かつ短時間で結果が得られ、さらに測定機が普及している測定方法は、無い事が示された。現状においては、アスベストモニタリングマニュアルにおいて主要な測定フローとして示されている方法、位相差顕微鏡法で総繊維数濃度を測定し、測定結果が基準値を超えた場合に走査型電子顕微鏡法で再分析を行う方法が、現実的であり分析精度も高い方法であると考えられる。

4.6.2 顕微鏡法における検出下限値

一般的に、環境測定においては、基準となる値の1/10まで確認できる測定手法を用いる事が望ましいとされている。つまり、大気中アスベスト濃度測定においては、アスベストの漏えい有りと判断して改善指導を行う目安の値が1本/Lとされている¹³⁾ため、1/10の0.1本/Lが確認できる測定条件が望ましい。

この点を踏まえて、表4.5を見ると、位相差顕微鏡法の捕集4時間と捕集2時間は1/10基準を担保できている。しかし、電子顕微鏡法においては、検出下限値は0.1本/Lよりも高くなっている。電子顕微鏡法においても、捕集時間を延ばす、または計数視野数を増やせば検出下限値を0.1本/L以下とする事は可能である。しかし、現状の測定条件（捕集2時間、倍率1500倍での計数300視野）においても、捕集と分析の合計時間は7時間～14時間35分（1～2分30秒/1視野）と算出された。測定にこれ以上の時間をかける事は現実的ではないため、検出下限値についてはアスベストモニタリングマニュアルの内容検討時に妥協をした事が推測された。

4.6.3 位相差顕微鏡法の分析精度（検出下限値と測定値誤差範囲）および測定時間

測定方法の分析精度を検討する場合、その測定方法で確認できる一番低い濃度（検出下限値）だけではなく、測定値の誤差範囲についても検討を行わなければならない。得られた測定値がどの程度の幅で信用できるのか（誤差範囲）は測定条件によって決まる。理想の測定条件は、「リアルタイムで測定結果が得られ」かつ「検出下限値が0.1本/L以下」、「測定値に誤差範囲を加えても1本/L以下」と考えられる。大気中アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定条件①と⑥は、分析精度の点では、上記の条件に当てはまっている。

しかし課題として、測定結果が得られるまでに時間がかかり、アスベスト漏えいの事後確認になってしまっている事例が報告されている³⁷⁾。また、測定結果を現場の改善指導に活用するために、独自に測定方法を短縮して実施している自治体も確認されている³⁷⁾。

アスベスト含有建築物の解体改修作業を監査しなければならない立場である自治体が行う測定方法として、分析精度と測定時間の双方から検討し、使用可能だと考える測定条件は、「迅速に結果が得られ」かつ「検出下限値が1本/L以下」、「測定値誤差範囲が測定条件15の測定値誤差範囲以下」ではないかと考える。測定条件15は、特に迅速性が求められる場合としてアスベストモニタリングマニュアルに記載されている方法である。この視点で表4.5、図4.5をみると、測定条件7、9が該当する。7、9は、アスベストモニタリングマニュアルに「特に迅速性が求められる場合の測定条件」とされている測定条

件 15 と比較して、測定時間はほぼ同様と考えられる。7, 9 とも、検出下限値は 0.2 本/L で 1 本/L よりも低く、測定値誤差範囲の上限は 1 本/L であり、15 の 1.6 本/L よりも低い値である。測定条件 15 で、測定値が検出下限値の 0.4 本/L の場合、測定値に誤差範囲を加えて考えれば、1.9 本/L まで可能性があることになる。測定条件 7, 9 で、測定値が検出下限値の 0.2 本の場合、測定値に誤差範囲を加えて考えても 1.2 本/L であり、アスベストの漏えい有りとして指導を行う目安 1 本/L に近い値である。

以上の点から、測定条件 7：捕集 2 時間で計数 50 視野、測定条件 9：捕集 1 時間で計数 100 視野は、「特に迅速性が求められる場合の測定条件」としてアスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定条件 15：捕集 0.5 時間で計数 100 視野と比較して、より行政指導に必要な分析精度を備えた、同様に迅速な測定方法である。アスベスト含有建築物解体改修時に自治体が行う立入検査において、迅速性が求められる場合に使用が可能であると考えられる。

第 5 章

結論

第5章 結論

5.1 各章のまとめ

本研究は、自治体の立入検査における現状と課題を明らかにした上で、アスベストの漏えい監視の要である大気中アスベスト濃度測定方法について検討し、アスベスト含有建築物解体改修作業のより効果的な監視方策を提案した。

第1章では、研究の背景として、約800万トンのアスベストが建築物として一般環境に残されており、解体現場から一般環境へのアスベスト漏えい防止を目的として自治体による立入検査が実施されているが、立入検査の実施内容および実施率は自治体に一任されているため、自治体によって実施状況に差があること、またその差が定量的に把握されていないことを指摘した。本研究では立入検査の状況把握と課題抽出を行い、より効果的な監視方策を提案することを示した。

第2章では、建築物のあらゆる箇所にアスベストは使用されている可能性があることを述べ、立入検査の位置づけと内容を整理し、立入検査時に行う大気中アスベスト濃度測定が測定環境の変化とともに測定方法が増やされてきたことを示した。また、解体現場での解体改修時間に対して大気中アスベスト濃度測定の測定時間が長いため、測定結果を現場の改善に活かせていない事、また大気中アスベスト濃度測定方法のいずれを優先させるかの検討が十分に行われていない事を問題として位置づけ、大気中アスベスト濃度測定の「分析精度」と「測定時間」のバランスが重要であることを述べ、本研究の枠組みを提示した。

第3章では、立入検査業務が委譲されている144自治体を対象として質問紙調査を行い、立入検査の状況と課題について分析を行った。質問紙は7つの大項目「自治体のガイドライン等」「立入検査」「養生・負圧等の目視確認」「大気中アスベスト濃度の測定」「報告書」「改善指導」「測定に重要視する点」、56の小項目で設計した。質問紙調査は2017年7月3日～26日に実施し、回収率は83.4%であった。

状況分析では「立入検査の実施状況」の分析を行った。その結果、立入検査の実施率は97%であるが、内容別に分析をすると大気中アスベスト濃度測定は実施率47%、現場への改善指導は実施率24%であることが明らかになった。

特に中核市以下の規模の自治体において、大気中アスベスト濃度測定および測定後の改善指導実施率が低下していた。また、立入検査を実施するための予算枠も少なくなってい

ることが確認された。中核市以下の規模の自治体においては、より上位の自治体である政令指定都市や都道府県と連携をとり、政令指定都市や都道府県が立入検査を肩代わりする事も検討する必要があると考える。

「解体改修時におけるアスベストの漏えい」においては「2011～2016年度の測定によって確認された漏えい件数／大気中アスベスト濃度測定件数」より、自治体全体で3.1%の漏えいが確認された。漏えい3.1%に「1自治体あたり平均特定粉じん排出作業の届出件数／年」を乗ずると、全国での推定漏えい件数は300件/年となった。アスベストの漏えい有りと判断する基準値が自治体によって異なり、大気中アスベスト濃度1本/L(23自治体)と10本/L(26自治体)の2つの基準が使用されているため、推定漏えい件数は、「少なくとも300件」という位置づけになる。「大気中アスベスト濃度の測定」では、20%の自治体(11/54自治体)が、大気中アスベストモニタリングマニュアルに規定されている測定条件を、独自に短縮して測定を実施している事が明らかとなった。

課題分析の「大気中アスベスト濃度測定を実施していない理由」では、「測定を義務付ける規定がない(27/58自治体)」が最も多く選ばれていた。次に、「大気中アスベスト濃度測定を実施しての課題」では「多くの時間がかかる(23/58自治体)」が最も多く選ばれていた。「改善指導を行った理由」は「測定によってアスベストの漏えいが確認されたため(31/33自治体)」が最も多く選択されていた。さらに、「改善指導の課題」では「測定結果が出る事には解体作業が終了しており、現場への指導がアスベスト飛散防止対策に反映しづらい(20/33自治体)」が最も多く選ばれていた。

質問紙調査の結果より、大気中アスベスト濃度測定の実施率を上げると共に、測定結果を改善指導に活かすために、大気中アスベスト濃度測定の迅速化が望まれていることが明らかになった。

第4章では、第3章で示された立入検査の問題点を踏まえて、立入検査時に実施する8つの大気中アスベスト濃度測定方法を、測定方法の検証実験結果、質問紙調査結果、文献調査の3つの情報を用いて比較した。比較項目は、分析精度、分析に必要な時間、解体現場への可搬性、測定機の購入価格、分析上の利点と課題、測定機の整備状況である。比較結果より、建築物の解体改修作業場においてアスベスト漏えい監視を行うための測定としては、位相差顕微鏡法の分析精度を保ちつつ迅速化を検討する事が最も有効であると判断した。

次に、分析精度を保ちつつ、より迅速に測定結果を得られる位相差顕微鏡法による測定条件を検討するために、自治体が実際に行っている測定方法も含めて15種の測定条件を

設定し、分析精度（検出下限値，測定値誤差範囲）と測定時間の関係について検討を行った。測定条件7：捕集2時間で計数50視野，測定条件9：捕集1時間で計数100視野は、「特に迅速性が求められる場合」としてアスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定条件15：捕集0.5時間と計数100視野と比較して，分析精度は高く，測定時間はほぼ同等であった。測定条件7，9は，アスベスト含有建築物の解体改修時における迅速な大気中アスベスト濃度測定方法として使用可能だと考える。

5.2 アスベスト含有建築物の解体改修等作業に対する自治体による監視方策の現状と対策案

本研究は，これまで検討会や論文で問題点として指摘されながらも明らかにされていなかった立入検査の現状について調査を行い，定量的に状況を把握し，現状と課題を明らかにした。前節でのまとめを踏まえ，本研究の結論を以下の5点にまとめる。

1. 自治体が立入検査を実施内容別に分類すると，大気中アスベスト濃度測定，次に改善指導の項目において，段階的に実施率が低くなっていることが判明した。また，自治体の規模別に分類すると中核市以下の自治体において，測定および改善指導の実施率が低くなっていることが明らかとなった。
2. 立入検査において，目視確認のみではアスベスト漏えいの見落としがある事が示された。工場等でアスベストが使用されていた時と同様に，大気中アスベスト濃度測定を用いて監視を行うことが必要であるが，測定に時間がかかる事が，大気中アスベスト濃度測定および測定後改善指導の課題となっている現状が明らかとなった。
3. 中核市以下の規模の自治体においては，より上位の自治体である政令指定都市や都道府県と連携をとり，政令指定都市や都道府県が立入検査を肩代わりする事も検討する必要があると考える。
4. アスベストモニタリングマニュアルに記載されている測定方法を比較し，建築物の解体改修作業場においてアスベスト漏えい監視を行うための測定としては，位相差顕微鏡法の分析精度を保ちつつ迅速化を検討する事が最も有効であると判断した。
5. 位相差顕微鏡法において，15種の測定条件を設定し，分析精度（検出下限値，測定値誤差範囲）と測定時間の関係について検討を行った。結果より，測定条件⑦：捕集2時間で計数50視野，測定条件⑨：捕集1時間で計数100視野は，「特に迅速性が求められる場合」の測定条件としてアスベストモニタリングマニュアルに記載されてい

る測定条件⑮:捕集 0.5 時間と計数 100 視野と比較して、分析精度は高く、測定時間はほぼ同等であった。「特に迅速性が求められる場合」の測定条件としてより優れており、アスベスト含有建築物の解体改修時における迅速な大気中アスベスト濃度測定方法として使用可能だと考える。

5.3 今後の検討課題

本研究の結果より、自治体の規模が小さくなるに伴って予算が少なくなり、また大気中アスベスト濃度測定実施や測定技術の引継ぎが難しく、大気中アスベスト濃度測定の外部委託率が高くなっている現状も明らかになった。自治体がより多くの立入検査を実施し、測定を行うためには予算の増額や、特定粉じん排出作業の届出件数が少ない自治体においては都道府県などの規模が大きい自治体と連携し大気中アスベスト濃度測定の業務を都道府県に集約する、外部の専門家との連携、自治体が測定を依頼する民間測定会社の精度管理なども、今後検討が必要だと考えられる。

参考文献

- 1) 木村菊二 (1988) 「石綿とはなにかーその用途と曝露の機会」『医学のあゆみ』147(6), pp. 515-520.
- 2) 環境庁大気保全局企画課監修 (1987) 「石綿・ゼオライトの全て」, 財団法人日本環境衛生センター
- 3) 中皮腫・じん肺・アスベストセンター (2009) 「アスベスト禍はなぜ広がったのか. 日本の石綿産業の歴史と国の関与」, 株式会社日本評論社
- 4) 木村菊二 (2017) 「平成 29 年度石綿位相差顕微鏡法研修講義資料, 石綿についての基礎, 大気汚染防止法による特定粉じん規制等の体系の概要, 特定粉じんの規制基準, 測定方法の概要」
- 5) 厚生労働省 (2016) 「都道府県別にみた中皮腫による死亡数の年次推移:人口動態統計(確定数)」
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/chuuhisyu15/index.html>, 最終閲覧 2018 年 6 月 7 日.
- 6) 宮本憲一・森永謙二・石原一彦 (編) (2011) 『終わりなきアスベスト災害』岩波書店.
- 7) 環境省水・大気環境局大気環境課 (2014. 6) 「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル」
- 8) Dodson Hammar (2005) “Asbestos : Risk Assessment, Epidemiology, and Health Effects”, Taylor & Francis
- 9) 海老原勇 (1986) 「粉じんと健康障害」, 財団法人労働科学研究所
- 10) 和田修攻・稲葉裕訳 (1987) 「マンガン・アスベスト」, 株式会社東京化学同人
- 11) 兵庫県医科大学内科学第三講座 (1980) 「日本の石綿肺研究の動向」, 株式会社磯田印刷
- 12) Murayama, T., Takahashi, K., Natori, Y., Kumatani, S.. (2006) “Estimation of future mortality from pleural malignant mesothelioma in Japan based on an age-cohort model”, American Journal of Industrial Medicine, 49(1), pp. 1-7.
- 13) 中央労働災害防止協会編 (2006) 「なぜアスベストは危険なのか」, 中災防新書
- 14) 国土交通省 (2014) 「建築物石綿含有建材調査マニュアル」,
<http://www.mlit.go.jp/common/001064663.pdf>, 最終閲覧 2018 年 6 月 21 日
- 15) 厚生労働省 (平成 28 年 3 月) 「石綿飛散漏洩防止対策徹底マニュアル 2.03 版」
- 16) 社団法人日本作業環境測定協会 (平成 18 年 7 月発行) 「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル」
- 17) 建設業労働災害防止協会 (平成 17 年 8 月発行) 「建築物の解体等工事における石綿粉じんへのばく露防止マニュアル」

- 18) 環境庁 (1995) 「阪神・淡路大震災に伴う大気環境モニタリング調査等の実施結果について」
- 19) 中地重晴 (1995) 「被災地のアスベスト汚染の現状と教訓」労働の科学. 50:791-794.
- 20) 環境省水・大気環境局大気環境課 (2017) 「アスベストモニタリングマニュアル第4.1版」, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/106376.pdf>, 最終閲覧 2019年3月6日25日.
- 21) 震災アスベスト研究会 (2015) 「アスベストリスク阪神・淡路大震災から20年」, 震災アスベスト研究会
- 22) 外山尚紀 (2018) 「これからの石綿対策」, 公益財団法人大原記念労働科学研究所
- 23) 総務省行政評価局 (2016) 「アスベスト対策に関する行政評価・監視ー飛散・ばく露防止対策を中心としてー結果報告書」, http://www.soumu.go.jp/main_content/000417847.pdf, 最終閲覧 2018年6月25日
- 24) 国土交通省 (2013) 「建築物石綿含有建材調査者制度等について」, 国土交通省告示第七百四十八号
- 25) K. Miyamoto, K. Morinaga, H. Mori Editors (2011) “Asbestos Disaster : Lesson from Japan’ s Experience” Springer.
- 26) 平岡和久・南慎二郎 (2017) 「震災によるアスベスト飛散・曝露リスクと自治体の対策」『別冊政策科学 アスベスト特集号』 pp. 40-62.
- 27) 南慎二郎・平岡和久 (2009) 「政府・自治体のアスベスト政策ーアンケート調査から見える問題点と課題ー」『環境と公害』38(4):48-54.
- 28) 寺園淳 (2018) 「アスベストによる環境リスクとこれからの課題」保健医療科学. 67(3):268-281
- 29) 大気汚染防止法 第二十六条 第1項
- 30) 大気汚染防止法施行令 第十二条 第9項
- 31) 環境省 (2017) 「災害時における石綿飛散防止に係る取扱いマニュアル (改訂版)」, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/107156.pdf>, 最終閲覧 2018年6月18日
- 32) 大気汚染防止法特定粉じん排出等 (アスベスト含有建築物の解体改修等) 改正 (1997年)
- 33) 地方分権一括法 (2000年)
- 34) 大気汚染防止法の一部を改正する法律 (平成25年法律第58号)
- 35) 特定化学物質障害予防規則改正 (1975年)
- 36) 特定化学物質障害予防規則改正 (1995年)
- 37) 労働安全衛生法施行令改正 (2004年)
- 38) 労働安全衛生法施行令改正 (2006年)
- 39) 作業環境評価基準改正 (2005年)
- 40) 環境省 (1989) 「大気汚染防止法の一部を改正する法律の施行について」日環大企第

489号

- 41) 大気汚染防止法第18条の5
- 42) 大気汚染防止法施行規則第16条の2第1項
- 43) 環境省(2005)「建築物の解体等に伴う石綿飛散防止検討会」,
https://www.env.go.jp/air/asbestos/commi_td/, 最終閲覧2018年6月7日
- 44) 環境省(2012~2014)「石綿飛散防止専門委員会」,
<http://www.env.go.jp/council/07air-noise/yoshi07-03.html>, 最終閲覧2018年6月11日
- 45) 環境省(2018)「石綿飛散防止の現状と課題について」,
<http://www.env.go.jp/press/106032/mat%204.pdf>, 最終閲覧2019年7月9日
- 46) 飯田裕貴子, 村山武彦, 錦澤滋雄, 長岡篤(2018年9月受理, in press)「アスベスト含有建築物の解体改修時における自治体立入検査の現状分析—大気中アスベスト濃度測定に着目して—」『環境と公害』
- 47) 木村菊二(1976)「環境中に浮遊するアスベスト粉塵の測定法に関する委託研究報告書(昭和50年度環境庁委託研究)」『財団法人労働科学研究所』pp.23-25.
- 48) EPA 600/4-85-049「Measureing Airborne Asbestos Following An Abatement Action」
- 49) 日本規格協会(2000)「JIS K 3850-1~4 空気中の繊維状粒子測定方法 解説『偏光顕微鏡:結晶性を持つ繊維化か否かの判定および種類のおおまかな判定はできる。なお,繊維径が細かい場合は,判定が難しくなる』」
- 50) WEB科学機器総覧, <https://www.soran.net/>, 最終閲覧2018年6月7日
- 51) 加藤雅信, 岩井芳典, 星敦彦, 須藤与志勝(2008)「繊維状粒子自動測定器による除去工事中のアスベスト飛散状況の確認」, 平成20年度日本労働衛生工学会誌, pp26-27
- 52) 環境省(2010)「平成22年度アスベスト大気濃度調査計画策定等調査報告書」,
<https://www.env.go.jp/air/report/h24-02/full.pdf>, 最終閲覧日2019年7月20日
- 53) ISO13794
- 54) ISO10312
- 55) ISO14966
- 56) NIOSH7402

謝辞

本博士論文を完成させるにあたり、多くの方からご指導とご助言を頂きました。簡単ではございますが、記して感謝申し上げます。

指導教官である村山武彦教授には、著者が自分で研究の答えを見つけ、また自身の考えを世に問うことが出来るようになるまで、4年間に渡り、時に厳しく、また非常に辛抱強く多くの励ましとご助言を頂きました。研究者として未熟であった著者を、アスベストという社会的に重い研究テーマで博士論文をまとめ上げるまでに鍛えて下さったことに深く感謝申し上げます。

また、錦澤滋雄准教授は、博士ゼミにおいて専門が少し違う分野であるからこそ見える根本的な疑問点を、いつも指摘して下さいました。長岡篤特別研究員は、これまで質問紙調査を行ったことがなく基本的な書き方が理解できていない著者に対して、非常に丁寧に質問紙調査のルールと書き方を教えて下さいました。

私の未熟な博士論文に審査の労を取って下さり、有益なご助言を下さった審査教員の先生方にも感謝申し上げます。坂野達郎教授が下さったご指摘により、立入検査の予算、目視確認後改善指導のアスベスト漏えい防止効果、大気中アスベスト濃度測定の結果が現場への改善指導に間に合っていない自治体の割合について追加で分析を行いました。見落としていた有益なデータを追記出来たことで、博士論文の内容がより良いものになったと考えております。また、浅輪貴史准教授には自治体が立入検査を実施する解体作業場の選択が適切に行えているのか、また大気中アスベスト濃度測定方法8種から解現場でのアスベスト飛散防止対策として最も適した大気中アスベスト濃度測定方法1種を選び出す時の判断基準と分析精度についてご指定頂きました。時松宏治准教授は、著者の博士論文内容をつぶさに見て下さり、タイトル、用語、また章の構成タイトルについてご指摘を下さいました。加えて、研究の内容について肯定的なコメントと励ましを頂きました。いずれも、本研究に対して有益な助言であり、研究内容について再度データを見直し、結果と考察について再考する機会を与えて下さいました。厚く御礼申し上げます。

本多将俊環境省環境調査研修所教官には、大気中アスベスト濃度測定方法の検証実験を行うにあたり、実験にご協力頂きました。厚く御礼申し上げます。

著者の前々職場での先輩であり指導者であった（故）木村菊二大原記念労働科学研究所主管研究員には、12年間に渡りアスベストの分析方法を教えて頂きました。本研究を始めるきっかけとなった、自治体によって立入検査の実施状況が違うという認識も、木村先生が講師をされていた環境省の石綿位相差顕微鏡法研修に同行させて頂いた事が発端でし

た。研究者としてなかなか成長しない著者への長年に渡る愛情のこもったご指導に、心から感謝申し上げます。木村先生は2018年6月に他界されたため、博士修了の報告が出来ないことだけが残念です。

都道府県および政令指定都市，中核市，特定特例市，政令市，特例市の大気環境管理を担当されている自治体職員の方々には，ご多忙の中，ヒアリング調査や質問紙調査にご協力頂き，貴重なデータを提供して頂きました。本研究で明らかにされたデータが，自治体職員の方々の実務に役立つことを願います。

村山・錦澤研究室の方々からも多くのご支援を頂きました。学生，留学生は，それぞれが自分の研究論文をまとめ上げる苦しみを抱えており，それを超えていくために努力する時間を共有する事で，言語を超えた励ましと友情を感じました。研究室仲間の存在に，何度励まされたか分かりません。また，特に研究が行き詰った時に，事務補佐員の望月夏香さんの朗らかな人柄にも，何度も助けられました。心から感謝申し上げます。

母・飯田宏美と濱崎和子には，学会発表や研究の追い込み時期に筆者に代わって家事育児を行うべく，度々手伝いに来て頂きました。また父・飯田史朗と濱崎一郎には，母たちが筆者宅に手伝いに来ている期間，実家での一人暮らしを我慢して頂きました。親族をあげて著者の博士研究を応援して下さいましたことに，感謝申し上げます。

最後になりますが，一番身近にいて，著者の研究進捗状況から家庭内への望まざる多大な影響を受けながらも，著者の学士を取り，社会に役立つ仕事をしたいという強い希望を認め，叱咤激励をし続けてくれた夫・飯田宏一朗と長男・飯田陽登，次男・飯田紬，長女・飯田弓理子に心から感謝致します。

卷末資料

質問紙

質問紙

アスベスト含有建築物のアスベスト除去および解体等における立入り調査に関するアンケート

東京工業大学 環境・社会理工学院
融合理工学系
教授 村山武彦

調査ご協力へのお願い

近年、建築物の解体時において、建材として使用されていたアスベストの飛散が懸念されています。アスベストは、アスベスト肺や中皮腫など深刻な健康被害と環境問題を引き起こす物質です。既に、アスベストを使用した製品の製造は法律で禁止されていますが、現在もアスベストを使用した建築物は多く残されています。建築物に使用されたアスベストの量は約800万トンと推定されています。アスベストを使用した建築物の解体時には、アスベストを飛散させずに作業を行うことが義務付けられており、また自治体による解体作業の立入り調査が行われています。

このような中、私どもの研究室では、アスベストに関する研究、特にアスベストが使用された建築物の解体等における立入り調査に関する研究を行っており、この度、アンケート調査を行うことと致しました。つきましては、アンケート調査票を送付させていただきますので、ご協力よろしくお願い致します。

尚、調査結果は統計的に処理し、個々の自治体名が特定できる形で情報を公開することはありません。アンケートは私どもが責任を持って管理し、研究室内部でのみ扱います。調査結果は、学術研究にのみ使用し、研究以外にデータを使用致しません。その他ご不明点がありましたら、お手数ですが下記問い合わせ先までご連絡下さい。

記入は、貴自治体の立入り調査担当者をお願い致します。回答は、実際に行っている典型的な事例に基づいてご回答下さい。回答日時点で該当する事項に印を付け、具体的に記入する欄にもご記入をお願い致します。

記入にあたっての、ご注意事項

1. 回答は、**平成29年7月26日(水)**までに、同封した返信用封筒にてご返送下さい。
2. **質問の内容がいくつかの部署にまたがる場合は、恐れ入りますが、担当部署と調整の上ご回答下さい。**

この調査に関するご質問は、下記担当者までお願い致します。

問い合わせ先

〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 G5棟-9

東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系 村山研究室

担当 : 飯田裕貴子(いいだ ゆきこ)

メールアドレス : iida.y.ai@m.titech.ac.jp

電話 : 045-924-5550(村山研究室)

I アスベストに関する自治体独自の条例、要綱、方針、マニュアル、ガイドライン等についておたずねします。

問1 自治体独自の条例、要綱、方針、マニュアル、ガイドライン等がありますか。いずれかの番号に○をしてください。

- ① ある。⇒問2にお進み下さい。 ② ない。⇒問3にお進み下さい。

問2 問1で、①「ある」に○をした自治体のみお答えください。

条例、要綱、方針、マニュアル、ガイドライン等の名称を記入して下さい。複数ある場合は、複数記入して下さい。また、レベル3のアスベスト含有建材(成形板等)の立入り調査について規定しているものは、名称の横に(LV3)と記入して下さい。

--

II 立入り調査の実施についておたずねします。

問3 平成23年度～28年度のアスベスト含有建築物のアスベスト除去および除去後解体等作業の申請件数についておたずねします。年度毎に、**全て**ご回答下さい。

平成28年度:	件	平成27年度:	件	平成26年度:	件	平成25年度:	件
平成24年度:	件	平成23年度:	件				

問4 平成23年度～28年度において、立入り調査を実施した事がありますか。いずれかの番号に○をして下さい。

- ① 平成23年度～28年度において実施した事がある。 ⇒問5にお進み下さい。
 ② 平成23年度～28年度において実施しなかった。 ⇒問9にお進み下さい。

* 記入上の注意: 立入り調査とは、解体現場での養生等の確認や、大気中アスベストの測定、解体事業者への指導を意味します。

問5 問4で、①「立入り調査を実施した事がある」に○をした自治体のみお答え下さい。立入り調査を行った実績を、年度毎に**全て**ご回答下さい。

平成28年度:	件	平成27年度:	件	平成26年度:	件	平成25年度:	件
平成24年度:	件	平成23年度:	件				

問6 立入り調査を行うアスベストの除去および解体作業場の選択を行う部署名を記入して下さい。

--

問7 アスベスト含有建材のどのレベルに対して立入り調査を行っていますか。あてはまる**全て**の番号に○をして下さい。

- ① レベル1(アスベスト含有吹き付け材:発じん性著しく高い)
 ② レベル2(アスベスト含有保温材、耐火被覆材、断熱材:発じん性高い)
 ③ レベル3(その他のアスベスト含有建材、成形板等:発じん性比較的低い)

問8 立入り調査の判断基準をおたずねします。あてはまる**全て**の番号に○をして下さい。複数回答可。⇒回答後、問10にお進み下さい。

- ① 申請されたもの全て。
 ② アスベスト含有建築物の規模が大きい。
 ③ クロシドライトやアモサイトなど毒性の高いアスベストが含有されている。
 ④ 解体作業の日程が、部署として立入り調査に入れる日程だった。
 ⑤ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

--

問9 問4で、②「立入り調査を実施しなかった」に○をした自治体のみお答えください。
実施していない理由の番号**全て**に○をして下さい。複数回答可。⇒回答後、問37にお進み下さい。

- ① アスベスト含有建築物の解体等作業の申請がない。 ⑤ 立入り調査に使用する予算がない。
② 立入り調査を義務付ける規定がない。 ⑥ 立入り調査が必要とは思われない。
③ 立入り調査が出来る能力を持った職員がいない。 ⑦ その他 その他の場合、具体的に記入して下さい。
④ 立入り調査での測定に必要な設備がない。

--

Ⅲ 養生、負圧等の確認についておたずねします。

問10 立入り調査時、養生、負圧、除塵装置等いずれかの確認を行いましたか。番号に○をして下さい。

- ① 平成23年度～28年度において確認を行った事がある。 ⇒問11にお進み下さい。
② 平成23年度～28年度において確認を行わなかった。 ⇒問20にお進み下さい。

問11 問10で、①「確認を行った事がある」に○をした自治体におたずねします。養生、負圧、除塵装置等いずれかの確認を行った実績を、年度毎に**全て**ご回答下さい。

平成28年度:	件	平成27年度:	件	平成26年度:	件	平成25年度:	件
平成24年度:	件	平成23年度:	件				

問12 作業場での養生、負圧等の目視確認を行う部署名を記入して下さい。

--

問13 立入り調査のための予算額を教えてください。問12でお答え頂いた部署以外が関与している場合は、その部署の予算と()に部署名も記入して下さい。

平成28年度:	万円		万円	()
平成27年度:	万円		万円	()
平成26年度:	万円		万円	()
平成25年度:	万円		万円	()
平成24年度:	万円		万円	()
平成23年度:	万円		万円	()

問14 立入り調査に関わる職員の人数および勤務日数についておたずねします。

* 記入上の注意: 典型的な状態での立入り調査1件に対して関わる人数、および調査開始から終了までで必要な日数をお書きください。

正職員:	人	正職員の勤務日数:	日
非正規職員:	人	非正規職員の勤務日数:	日

問15 養生、負圧、除塵装置等の確認を行うタイミングについて、もっとも多い状況の番号に○をして下さい。

- ① 解体作業開始前
- ② 解体作業中
- ③ 解体作業後

④ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問16 確認を行った内容についておたずねします。実施している**全て**の確認内容の番号に○をして下さい。複数回答可。

- ①養生
- ②負圧
- ③除塵装置のフィルター
- ④作業員の呼吸用保護具着用
- ⑤作業員の保護衣服着用
- ⑥前室の有無
- ⑦その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問17 養生、負圧、除塵装置等の確認で使っている方法の**全て**の番号に○をして下さい。複数回答可。

- ① 目視による確認
- ② デジタル粉じん計
- ③ スモークテスター

④ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問18 養生、負圧、除塵装置等の確認において、改善指導を行った実績についておたずねします。年度毎に**全て**ご回答下さい。また、指導を行った箇所についても記入して下さい。

平成28年度:	件	指導内容:
平成27年度:	件	指導内容:
平成26年度:	件	指導内容:
平成25年度:	件	指導内容:
平成24年度:	件	指導内容:
平成23年度:	件	指導内容:

問19 養生、負圧、除塵装置等の確認を実施した上での課題について、おたずねします。あてはまる**全て**の番号に○をして下さい。複数回答可。⇒回答後、問21にお進み下さい。

- ① 養生、負圧、除塵装置等の確認が出来る能力を持った職員が少ない。
- ② 養生、負圧、除塵装置等の確認に必要なスモークテスター等の器具が少ない。
- ③ 養生、負圧、除塵装置等の確認に要する予算が少ない。
- ④ 養生、負圧、除塵装置等の確認と大気中アスベストのサンプリングを行う担当部署が異なるため、日程調整が難しい。
- ⑤ 養生、負圧、除塵装置等の確認を正しく行っているか不安である。
- ⑥ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問20 問10で、②「確認を行わなかった」に○をした自治体におたずねします。確認を行っていない理由の番号**全て**に○をして下さい。複数回答可。

- ① 養生、負圧、除塵装置等の確認が出来る能力を持った職員がいない。
- ② 養生、負圧、除塵装置等の確認に必要なスモークテスター等の器具がない。
- ③ 養生、負圧、除塵装置等の確認に要する予算がない。
- ④ 養生、負圧、除塵装置等を確認する必要性がよく理解できない。
- ⑤ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

IV 大気中アスベストの測定についておたずねします。

問21 立入り調査時、大気中アスベストの測定を行いましたか。いずれかの番号に○をして下さい。

- ① 平成23年度～28年度において測定を行った事がある。 ⇒問22にお進み下さい。
- ② 平成23年度～28年度において測定を行わなかった。 ⇒問36にお進み下さい。

問22 問21で、①「測定を行った事がある」に○をした自治体のみお答えください。大気中アスベストの測定を行った実績についておたずねします。年度毎に、**全て**ご回答下さい。

平成28年度:	件	平成27年度:	件	平成26年度:	件	平成25年度:	件
平成24年度:	件	平成23年度:	件				

問23 大気サンプリングを行う部署または外部委託の有無を記入して下さい。

問24 サンプルの分析を行う部署または外部委託の有無を記入して下さい。

問25 作業場での大気中アスベスト測定を行うタイミングについて、もっとも多い状況を1つ選んで番号に○をして下さい。

- ① 解体作業開始直後
 - ② 解体作業の中盤
 - ③ 解体作業の終了間近
 - ④ その他
- その他の場合、具体的に記入して下さい。

問26 大気中アスベストの測定において、漏えいが確認された件数についておたずねします。年度毎に、**全て**ご回答下さい。また、漏えいが起こった具体的な箇所についても記入して下さい。

平成28年度:	件	漏えい箇所:
平成27年度:	件	漏えい箇所:
平成26年度:	件	漏えい箇所:
平成25年度:	件	漏えい箇所:
平成24年度:	件	漏えい箇所:
平成23年度:	件	漏えい箇所:

問27 大気中アスベストの測定で用いている測定機の**全て**の番号に○をして下さい。複数回答可。
また、その測定器を選ばれている理由を下記a～eから選び、()に記入して下さい。複数回答可。

例: ① (a, b)

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ① 位相差顕微鏡 () | ⑥ 繊維状粒子自動測定機 () |
| ② 電子顕微鏡 () | ⑦ デジタル粉じん計 () |
| ③ 位相差/偏光顕微鏡 () | ⑧ その他 () |
| ④ 蛍光顕微鏡 () | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |
| ⑤ 可搬型の分析走査電子顕微鏡 () | |

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| a. 以前から、その分析方法で行っているから。 | 該当する分析方法を選ばれた理由 |
| b. 分析方法が他の方法に比べて比較的簡単だから。 | e. その他 |
| c. 分析の精度が高いから。 | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |
| d. 分析結果が早く分かるため。 | |

問28 大気中アスベストの測定結果が分かるタイミングについて、もっとも多い状況を1つ選んで番号に○をして下さい。

- | | |
|-----------|---------------------|
| ① 解体作業中 | ③ その他 |
| ② 解体作業終了後 | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |

問29 現場測定において作業を中断して漏えいを防止する為に改善対策を行う必要がある、と判断する基準値についておたずねします。
大気中アスベスト何本/Lを基準とされていますか。当てはまる番号1つのみ○をして下さい。

- | | |
|---------|---------------------|
| ① 1本/L | ③ その他 |
| ② 10本/L | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |

問30 顕微鏡を用いる場合、**最も典型的なサンプリング時間、また、計数視野数**についてお答え下さい。また**何故その時間および視野数で行っているのか、理由をお答えください。**

- | | | | |
|-------------|---|---------|----|
| ① サンプリング時間 | 分 | ② 計数視野数 | 視野 |
| 理由を記入して下さい。 | | | |

問31 顕微鏡を用いる場合、**住民からの指摘があった等の特別な場合のサンプリング時間、また、計数視野数**についてお答え下さい。また**何故その時間および視野数で行っているのか、理由をお答えください。**

- | | | | |
|-------------|---|---------|----|
| ① サンプリング時間 | 分 | ② 計数視野数 | 視野 |
| 理由を記入して下さい。 | | | |

問32 大気中アスベストの測定方法の難易度についておたずねします。当てはまる番号1つに○をして下さい。

- | | |
|---------------|---------------------|
| ① 全く難しいとは思わない | ④ とても難しいと思う |
| ② 難しいとは思わない | ⑤ その他 |
| ③ 難しいと思う | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |

問33 大気中アスベストの測定を実施した上での課題について、おたずねします。あてはまる**全ての**番号に○をして下さい。複数回答可。

- ① 測定が出来る能力を持った職員が少ない。
- ② 測定に必要な設備が不足している。
- ③ 測定のために多くの時間がかかる。
- ④ 測定を委託する適当な機関がない。
- ⑤ 測定に使用する予算が少ない。
- ⑥ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問34 電子顕微鏡の所有についておたずねします。当てはまる番号1つに○をして下さい。

- ① 所有している。⇒問37にお進み下さい。
- ② 所有していない。⇒問35にお進み下さい。

問35 問34で、②「電子顕微鏡を所有していない」に○をした自治体におたずねします。

現場測定で繊維状物質が1本/Lを超えた場合の対応についておたずねします。最も当てはまる番号に○をして下さい。⇒回答後、問37にお進みください。

- ① 自治体内の他機関が電子顕微鏡を持っており、必要時には使用できる。
- ② 他自治体の協力機関が持っており、必要時には使用できる。
- ③ 民間の分析会社に電子顕微鏡での分析を依頼する。
- ④ これまで1本/Lを超えた事はないので、考えていなかった。
- ⑤ 1本/Lを超えたことがあるが、電子顕微鏡分析が必要とは知らなかった。
- ⑥ その他

1本/Lを超えた場合の対応を記入して下さい。

問36 問21で、②「測定を行わなかった」に○をした自治体におたずねします。測定を行っていない理由の番号**全て**に○をして下さい。複数回答可。

- ① 測定を義務付ける規定がない。
- ② 測定が出来る能力を持った職員がいない。
- ③ 測定に必要な設備がない。
- ④ 測定を委託する適当な機関がない。
- ⑤ 測定に使用する予算がない。
- ⑥ 測定を必要とは思わない。
- ⑦ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

V 解体業者からの大気中アスベスト測定報告書についておたずねします。

(全ての自治体が記入して下さい。)

問37 立入り調査時また後に、解体業者から大気中アスベストの測定報告を受け取ったことがありますか。いずれかの番号に○をして下さい。

- ① 平成23年度～28年度において受け取った事がある。 ⇒問38にお進み下さい。
- ② 平成23年度～28年度において受け取った事がない。 ⇒問41にお進み下さい。

問38 問37で、①「受け取った事がある」自治体のみお答えください。報告書を提出するように解体業者に指導していますか。いずれかの番号に○をして下さい。

- ① 指導している。
- ② 指導していない。

問39 解体業者からアスベスト測定報告書を受け取った件数についておたずねします。年度毎に、**全て**ご回答下さい。その内何件を自治体でも測定したかも()にお答え下さい。

平成28年度:	件()	平成27年度:	件()
平成26年度:	件()	平成25年度:	件()
平成24年度:	件()	平成23年度:	件()

問40 解体業者から大気中アスベストの測定結果を受け取るタイミングについて、もっとも多い状況を1つ選んで番号に○をして下さい。

① 解体作業中

③ その他

② 解体作業終了後

その他の場合、具体的に記入して下さい。

VI 大気中アスベスト測定の結果が判明してから行った現場指導についておたずねします。

(全ての自治体が記入して下さい。)

問41 立入り調査後、または業者からの測定結果を確認後、解体作業場の管理状態を改善させるためになんらかの現場指導を行いましたか。いずれかの番号に○をして下さい。

① 平成23年度～28年度において指導を行った事がある。

⇒問42にお進み下さい。

② 平成23年度～28年度において指導を行わなかった。

⇒問50にお進み下さい。

問42 問41で、①「現場指導を行った事がある」自治体のみお答え下さい。大気中アスベストの測定結果が分かっから、現場指導を行った件数についておたずねします。年度毎に、**全て**ご回答下さい。

平成28年度:	件	平成27年度:	件	平成26年度:	件	平成25年度:	件
平成24年度:	件	平成23年度:	件				

問43 作業現場への指導を行う部署名を記入して下さい。

問44 指導はどのような動機から行いましたか。該当する**全て**の番号に○をして下さい。複数回答可。

① 大気中アスベスト測定の結果から、指導の必要性を知ったから。

② 測定結果が出た後も、解体作業が続く作業場だったから。

③ 近隣住民からの要望があったから。

④ その他

その他の場合、具体的に記入して下さい。

問45 指導を行ったタイミングについてお尋ねします。最も当てはまる番号一つだけに○をして下さい。

- ① 立入り調査に入った当日に大気中アスベスト測定の結果を出し、指導を行った。
- ② 大気中アスベストの測定の結果が出た翌日に指導を行った。
- ③ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

問46 指導を行った時の解体作業の状態についておたずねします。平成23年度～28年度に行った現場指導のうち、解体作業途中に指導を行った割合は約何割ですか。

割

問47 作業途中で指導出来た場合の指導内容についておたずねします。当てはまる番号の全てに○をして下さい。複数回答可。

- ① 除去または解体作業を一時止めた。
- ② 養生の確認を行った。
- ③ 負圧の確認を行った。
- ④ 除塵装置のフィルター等が適切か確認を行った。
- ⑤ 作業者の適切なマスクを着用を確認した。
- ⑥ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

問48 指導の際、貴自治体で作成されたマニュアルやチェックリスト等を使用されていますか。当てはまる番号一つだけに○をして下さい。

- ① 使用している。
- ② 使用していない。
- ③ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

問49 現場指導を実施した上での課題について、おたずねします。あてはまる全ての番号に○をして下さい。複数回答可。 ⇒回答後、問51にお進み下さい。

- ① 指導が必要な解体現場の数が多く、手がまわらない。
- ② 測定結果が出る頃には解体作業が終了しており、現場への指導が飛散防止対策に反映しづらい。
- ③ 現場指導を行う職員の指導能力に差があり、一定の指導水準を保つことが難しい。
- ④ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

問50 問41で、②「指導を行わなかった」自治体のみお答えください。

指導を行わなかったのは、どんな理由によりますか。もっとも関係の深い番号一つだけに○をして下さい。

- ① 指導を義務付ける規定はない。
- ② 測定の結果から指導の必要は認められなかった。
- ③ 指導の必要性は認めるが、指導が出来る能力を持った職員がいない。
- ④ 指導の必要性はあったが、現在のところ予算がない。
- ⑤ その他

_____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

Ⅶ 大気中アスベストの測定についておたずねします。
(全ての自治体が記入して下さい。)

問51 大気中アスベスト測定で優先するべきと考える特性について、優先度の高い順に□に1～6まで番号を付けて下さい。

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 迅速性 | <input type="checkbox"/> 分析精度 | <input type="checkbox"/> 操作性 |
| <input type="checkbox"/> 簡易性 | <input type="checkbox"/> コスト | <input type="checkbox"/> その他() |

問52 現在の貴自治体の人員数、技術的スキル、予算で扱えると思われる測定機の番号全てに○をして下さい。複数回答可。

- | | |
|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ① 位相差顕微鏡 | <input type="checkbox"/> ⑥ 繊維状粒子自動測定機 |
| <input type="checkbox"/> ② 電子顕微鏡 | <input type="checkbox"/> ⑦ デジタル粉じん計 |
| <input type="checkbox"/> ③ 位相差／偏光顕微鏡 | <input type="checkbox"/> ⑧ その他 |
| <input type="checkbox"/> ④ 蛍光顕微鏡 | その他の場合、具体的に記入して下さい。 |
| <input type="checkbox"/> ⑤ 可搬型の分析走査電子顕微鏡法 | |

問53 リアルタイムモニタリングの必要性について、どう思われるか当てはまる番号一つのものに○をして下さい。

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> ① とても必要だと思う。 | <input type="checkbox"/> ③ どちらとも思わない。 | <input type="checkbox"/> ⑤ 全く必要だと思わない。 |
| <input type="checkbox"/> ② 必要だと思う。 | <input type="checkbox"/> ④ 必要だと思わない。 | |

問54 大気中アスベストの測定について、最も良いと思われる測定の番号に◎、他に良いと思われる組み合わせの番号2つに○をして下さい。

- ① 位相差顕微鏡での分析(サンプリング2時間、計数視野100視野)、必要時は電子顕微鏡分析を行う。
- ② 簡易的な位相差顕微鏡での分析(サンプリング30分、計数視野20視野)、必要時は電子顕微鏡分析を行う。
- ③ 位相差顕微鏡等での分析のみ。
- ④ リアルタイム・モニタリングでの分析のみ。
- ⑤ その他 _____ その他の場合、具体的に記入して下さい。 _____

問55 問54で最も良い番号に選んだ理由を記入してください。

Ⅷ 立入り調査を行う上でのご意見やご要望についておたずねします。

問56 立入り調査を行う上で、さらにスムーズに業務を行うためのご意見やご要望を記入して下さい。複数ある場合は、全てお書きください。

【集計結果の送付について】

送付先と宛名をご記入下さい。アンケート結果について報告を希望される場合は、必ず下記にご記入下さい。

希望する 希望しない

自治体	貴自治体名							
	貴部署名							
	ご回答者名			ご職位				
	郵便番号	<input type="text"/>	<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
		フリガナ						
	所在地							
電話番号								

質問は以上になります。ご協力ありがとうございました。

記入漏れがないか確認の上、同封の返信用封筒にて7月26日(水)までにご返送下さい。

* 封筒に切手を貼る必要はございません。