

【海外】

先進国における非職業性曝露による中皮腫発生率は、100万人に約1～2人程度と推定されているが[34]、ここ20～30年一般住民での中皮腫発生率が増加してきているという報告がある[35, 36]。中皮腫症例で過去に石綿曝露歴を持たない割合は約5～20%と幅広い[37-40]。しかし、個人が気づかないだけで職業性に曝露している可能性があり、これらは推測の域でしかない。一般環境曝露における中皮腫リスクの上昇や、低い曝露レベルにおいても中皮腫発生量の量反応関係が存在することから、非職業性曝露と中皮腫との因果関係が指摘されている[41]。

②職業性曝露（産業・職業と曝露リスク）

【日本】

厚生労働省より 2004 年度以前の石綿曝露作業における肺がん・中皮腫の労災認定件数が公表されている[42]（表 6）。認定件数別にみると、建設業が約 3 割、製造業が約 6 割と両方で全体の 9 割以上を占めている。建設業では、建築物の造設、補修、解体の際に石綿吹付け作業や、石綿製品の切断、加工、補修等にて石綿粉じん曝露している。特に歩合制で働く大工等の現場作業者は、作業効率を優先し、防じん対策（切断器具への粉じん吸引装置の設置、防じんマスクの使用等）が不十分であったことが指摘されている[43]。

製造業の中では、船舶製造業(修理業を含む)、窯業又は土石製品製造業が、製造業全体の 3 分の 2 と大多数を占めている。船舶には、軽くて、丈夫で、耐火性に富んだ石綿は有用であり、多くの箇所では石綿製品が艀装（装備）された。また、船内のため換気が悪かったこともあり、石綿粉じん濃度は非常に高かったことがハリスの再現実験からも証明されており[44]、造船労働者の石綿曝露が高濃度であったことを示す報告[45, 46]や肺がんによる死亡の増加を示す報告[47]がされている。建築物の解体現場でも船内と同様のことがいえるため、船内作業や建築作業については、間接の職業性曝露による石綿関連疾患の発生にも留意が必要である。

窯業又は土石製品製造業では、石綿パイプの製造、石綿紡績作業、石綿含有の屋根材・タイルの製造等、主要な石綿製品の製造が含まれていることから認定件数の割合が高くなっている。他に、輸送用機械器具製造業ではブレーキライニング、クラッチフェーシングなどの摩擦材として石綿を使用しており、化学工業では、電気分解工程の隔膜として石綿布を使用し、石油精製プラントでは配管の保温材や配管のつなぎ目に石綿を使用していた。なお、直接石綿製品の加工や製造を行わない場合であっても、加熱炉や溶接作業を有する製造業では、石綿含有の断熱材を取り扱っていたため、多数の労災認定を認めている。

建設業や製造業以外では、貨物取扱業の割合が高いが、石綿原綿を取り扱う機会に富んでいたことが原因と思われる。また、最近では歯科技工士や大学研究者が中皮腫で労災認定されているが、歯科技工士は歯冠の鋳造作業で鋳型を取り囲む緩衝材として石綿リボンを使用しており[48]、大学研究者は石綿付実験器具を使用していたことが原因と考えられている。さらに、酒造や醸造業でも、石綿をあく取りのフィルターとして使用していた時期があり、同業労働者では胸膜肥厚様陰影の陽性率が高いことが知られている[49, 50]。また、ゴム製造業や印鑑業ではタルクに含まれる石綿によって、中皮腫や石綿肺が発生している[51, 52]。このように石綿は想像以上に多くの業種で使用され、同時に石綿関連疾患を多数発生させている。

ア) 労災認定

2004 年度から過去 3 年分の労災申請件数は、2002 年度が 61 件、2003 年度が 77 件、2004 年度が 149 件と年々増加しており、そのうち 98%が労災認定されている。一方、同期間における中皮腫の死亡数は 2600 人を超えており、申請者は 1 割程度に過ぎないことがわかる。労災認定システムの周知不足や企業側の被害者（多くは石綿関連作業員）に対するフォローアップの不備があったものと考えられる。

表6 2004年度以前の石綿曝露作業における肺がん・中皮腫の労災認定件数[42]

	事業場数	認定件数			肺がん		中皮腫	
		計	(%)	(うち死亡)	計	(うち死亡)	計	(うち死亡)
建設業 計	208	228	30.9%	176	89	68	139	108
・ 建築事業(既設建築物設備工事業を除く)	122	134	18.1%	102	54	42	80	60
・ 既設建築設備工事業	48	50	6.8%	35	22	15	28	20
・ 機械装置の組み立て据え付けの事業	6	6	0.8%	6	1	1	5	5
・ その他の建設事業	32	38	5.1%	33	12	10	26	23
製造業 計	233	447	60.5%	374	150	120	297	254
・ 食料品製造業(たばこ等製造業を除く)	1	1	0.1%	1	0	0	1	1
・ 繊維工業又は繊維製品製造業	4	4	0.5%	3	1	1	3	2
・ 化学工業	6	7	0.9%	7	4	4	3	3
・ ガラス又はセメント製造業	4	11	1.5%	11	4	4	7	7
・ 窯業又は土石製品製造業	53	181	24.5%	154	80	67	101	87
・ 金属精錬業(非鉄金属精錬業を除く)	6	11	1.5%	9	3	2	8	7
・ 金属材料品製造業(鋳物業を除く)	4	5	0.7%	5	1	1	4	4
・ 金属製品製造業又は金属加工業(洋食器、刃物、 手工具又は一般金物製造業及びメッキ業を除く)	18	18	2.4%	13	4	3	14	10
・ 機械器具製造業(電気機械器具製造業、輸送用 機械器具製造業、船舶製造又は修理業及び計量 器、光学機械、時計製造業を除く)	20	22	3.0%	19	6	3	16	16
・ 輸送用機械器具製造業(船舶製造を除く)	19	28	3.8%	25	4	4	24	21
・ 船舶製造(修理業を含む)	59	108	14.6%	87	31	21	77	66
・ 上記以外の製造業	39	51	6.9%	40	12	10	39	30
交通運輸業	1	1	0.1%	1	0	0	1	1
貨物取扱業	13	13	1.8%	10	5	5	8	5
電気、ガス、水道又は熱供給の事業	3	3	0.4%	3	2	2	1	1
倉庫業、警備業、消毒及び害虫駆除の事業 又はゴルフ場の事業	1	1	0.1%	1	0	0	1	1
その他の各種事業	20	46	6.2%	34	25	17	21	17
合 計	479	739	100.0%	599	271	212	468	387

厚生労働省 報道発表資料「石綿ばく露作業に係る労災認定事業場一覧表」

【海外】

現在、世界中で1億2500万人の人が職業性ばく露をという推定[53]がある[17]。他方、現在までの累積で数百万人の職業性の石綿曝露者が存在し、成人男性の約20-40%が過去に石綿曝露の業務歴があると推定されている[54, 55]。このように推定には大きな幅がある。1つの大規模の石綿曝露労働者の調査結果によると、死亡原因の約5~11%が中皮腫であると考えられている[56-58]。中皮腫症例の約半数が建設業[59]、造船業[60]に従事していたとの報告もある。

イギリス安全衛生庁(Health and Safety Executive (HSE)が2003年に発表した成人男性における中皮腫と職業の統計によると、約200種類もの職業の中でPMR(特定死因死亡比)が高かった上位5つの職業は、車両組立工5.3倍(95%CI:4.2-6.5)、板金工5.0倍(95%CI:4.4-5.7)、配管工4.1倍(95%CI:3.8-4.5)、大工3.9倍(95%CI:3.6-4.1)、電気技術工2.8倍(95%CI:2.6-3.0)であった(表7)[61]。

アメリカ労働安全衛生研究(The National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH)が2003年にHSEと同様の報告を行い、さまざまな産業・職業集団で中皮腫の死亡比(PMR)を増加させると述べた。特に産業別では造船業6.0倍(95%CI:2.4-12.3)、各種化学工業4.8倍(95%CI:2.9-7.5)、石油精製業3.8倍(95%CI:1.2-8.9)、電力産業3.1倍(95%CI:1.5-5.7)、建設業1.6倍(95%CI:1.5-5.7)が高く、職業別では配管工4.76倍(95%CI:2.8-7.5)、機械技術工3.0倍(95%CI:1.1-6.6)、電気工2.4倍(95%CI:1.3-4.2)、小学校教師2.13倍(95%CI:1.1-3.6)が高い値を示した[62]。このように中皮腫発生率と産業・職業は密接に関係している。

学校教師の中皮腫死亡比の上昇は、学校での潜在的な石綿曝露を反映している可能性がある。また建設業の解体作業、点検修理作業は、建物内の過去の石綿により、いまだに石綿曝露のリスクが高いと考えられている[63]。石綿が劣化しなければ、大気中の石綿濃度はかなり低い(<0.001本/ml)が、一旦劣化が始まると15本/mlにまで上昇することがあり、除去をする際にはさらに上昇すると考えられている。

石綿の曝露リスクが高い職業は年代とともに変化しており、ここ数十年でどのように変化してきているかを認識・評価することは、石綿関連疾患の予防や介入のあり方、より現実的な石綿関連疾患の発生率の将来予測が可能になると考えられる。しかし、労働者の多くは石綿曝露の有無についての不確かな記憶しかなく、産業・職業についての曝露レベルを正しく評価するのは非常に難しい。

表7 イギリス安全衛生庁(HSE)発表の「中皮腫と職業の統計」(2003年)[61]

Table1 1980-2000年 成人男性の職業と中皮腫の比例死亡比(PMRs)

職業コード	職業名(日本語)	職業名(英語)	死亡数	比例死亡比 (PMRs)	95%信頼区間	
					下限	上限
7	政府監査員	Government Inspectors	42	139.9	101	189
27	化学技術者と科学者	Chemical Engineers And Scientists	52	221.2	165	290
30	その他の専門技術者	Professional Engineers nec	276	173.0	153	194
31	製図者	Draughtspersons	85	157.4	126	195
32	実験技師者	Laboratory Technicians	76	158.1	125	198
37	その他の技術者	Technicians nec	72	166.5	130	210
39	建設現場監督者	Managers In Construction	123	200.2	166	237
101	室内装飾作業	Upholsterers	34	184.2	128	257
104	大工	Carpenters	887	387.5	362	413
105	家具職人	Cabinet Makers	35	168.5	117	234
124	機械器具操縦者	Machine Tool Operators	505	135.9	124	148
132	製品組立工(取り付け、裁断)	Production Fitters	850	209.4	196	224
136	電気設備工 電気製品据付工	Electrical And Electronic Production Fitters	27	259.9	171	378
137	電気工	Electricians	496	279.0	255	304
138	配電操作員	Electrical Plant Operators	54	262.6	197	343
143	電気技術者	Electrical Engineers (so described)	140	215.7	181	253
144	配管工(ガス配管など)	Plumbers And Gas Fitters	619	413.0	381	446
145	板金工	Sheet Metal Workers	144	234.8	198	275
146	めっき工	Metal Plate Workers	265	502.5	444	565
147	鋼鉄組立工	Steel Erectors	62	168.0	129	215
148	足場組立工	Scaffolders	36	188.0	132	260
149	溶接工	Welders	204	188.4	163	215
153	輸送機器(車両)組立工	Vehicle Body Builders	83	525.6	419	652
160	その他の塗装工・装飾工	Painters And Decorators nec	361	161.0	145	178
167	左官	Plasterers	65	152.5	118	194
168	屋根ふき工 ガラス工	Roofers And Glaziers	56	148.6	112	193
169	建築業者	Builders etc.	338	173.8	156	193
174	建設作業員	Construction Workers nec	486	213.1	195	232
191	港湾労働者・荷役作業	Dockers And Good Porters	151	150.7	128	176
194	ボイラー技師	Boiler Operators	83	219.2	175	272
111(O)	その他の経営者	Managers Nec	212	153.9	134	175
276(O)	金属、宝石、電気製品加工者	Other Metal, Jewellery, Electrical Production Workers	166	146.6	125	170
348(O)	その他の各技術者	All Other In Miscellaneous Operations Nec	15	211.6	118	349

※職業コードはSouthamptonの職業分類(イギリス)による

職業コード番号の(O)はSouthamptonの職業分類によって分類できなかった、職業分類1980(イギリス)による分類を示す

Table. 2 1980-2000年 成人女性の職業と中皮腫の比例死亡比(PMRs)

職業コード	職業名(日本語)	職業名(英語)	死亡数	比例死亡比 (PMRs)	95%信頼区間	
					下限	上限
54	郵便局員	Postal Workers	9	249.2	114	473
57	販売員	Sales Representatives	8	242.2	105	478
74	繊維製品製造労働者	Other Textile Workers	20	164.6	101	254
75	化学製品製造労働者	Chemical Workers	15	554.5	310	913
86	プラスチック製品製造作業	Plastics Workers	3	1079.9	221	3131
98	衣服仕立工、製造作業	Tailors And Dressmakers	18	222.4	132	352
146	めっき工	Metal Plate Workers	2	2745.8	346	10321
204(O)	その他の原料加工業者	Other Material Processing - All Other (Excluding Metal) Nec	2	1169.1	142	4250
346(O)	その他	(Foremen/Labourers Etc) Other	40	312.3	223	425

※職業コードはSouthamptonの職業分類(イギリス)による

職業コード番号の(O)はSouthamptonの職業分類によって分類できなかった、職業分類1980(イギリス)による分類を示す

③傍職業性曝露

【日本】

1986年に職業性石綿曝露者の妻における胸膜中皮腫の発生が報告されており[64]、1988年には日曜大工による石綿肺の発生が報告されている[65]。

【海外】

Magnaniらは、石綿作業者と同居する者の中皮腫発症のオッズ比が4.5、作業者の子供でオッズ比が7.4になると報告した[66]。また Steenlandらは、女性の中皮腫発生については職業性の石綿曝露との関連がかなり低いと考えられるため、傍職業性曝露による中皮腫の寄与危険度割合は約90%に及ぶのではないかと報告している[67]。また中皮腫だけではなく、胸膜肥厚、胸膜石灰化、肺線維症の発生原因になるとの知見がある[68-70]。WHOの2006年のposition paperでは、世界で非職業性ばく露を含む石綿関連疾患により年間数千名の死亡があるとの推定値を紹介している[17]。

④近隣曝露

【日本】

1983年に初めて近隣曝露による胸膜中皮腫の発生が報告されている[71]。また、環境省の取りまとめによる一般環境経由の可能性が否定できない中皮腫症例140名のうち、89名(64%)がクボタの旧神崎工場(最盛期は国内の石綿輸入量の約1割を使用、クロシドライも年間数千トン使用)が所在していた尼崎市で発生している[72]。また、同工場を同心円の中心とした時、300メートル以内に居住していた人では男女とも10倍以上の死亡率であったことがわかっており[73]、特に同工場から南側の地域に中皮腫が多発している。これは当時北から吹く風が大半であったことが主な原因と考えられている[74]。このように、石綿の種類、使用量(工場外への排泄量)に加え、発生源からの距離、風向きが大きく影響していたと思われる。

かつて石綿鉱山や石綿工場があった熊本県松橋町周辺地域では、石綿胸膜病変が多発しており[75]、同地域により非職業性の胸膜中皮腫の発生が報告されている[76]。

1976年の旧労働省の通達には、石綿作業従事者の家族や工場近隣住民の中皮腫発生を報告したイギリスの論文[77]が含まれており、環境省にも報告されていた。同省は1977年～1996年まで、継続的に石綿製品製造工場周辺で環境濃度を測定し、1989年には大気汚染防止法の中で敷地境界基準10本/1を策定している。このように1970年代には、石綿の環境汚染や公害に関する行政側の認識はあったものと考えられる。なお、1977年～1978年にかけての測定結果では、集じん機の排出口濃度が最高で69890本/1、敷地境界濃度が最高で58本/1であったこともわかっている[1, 78]。

【海外】

一般生活環境に比べ、主要な石綿工場・鉱山が近隣に存在すると中皮腫発生や石綿曝露のリスクが高くなることが知られている。カナダケベック州のクリソタイル鉱山近隣において、女性の胸膜中皮腫の相対危険度が7.6倍であったとの報告がある[79]。また石綿と直接関わりの無い近隣住民は一般住民に比べて肺内の石綿繊維濃度が10倍検出されたとの報告がある[80]。

近隣曝露の寄与危険度割合はかなり低いと考えられているが、イギリスの大規模な研究では全症例の3%に及ぶのではないかと推測している[37]。

石綿繊維は発生源から数キロ以上の距離を飛散する可能性があり、1965年のNewhouseの報告では0.5マイル(0.8km)以内はリスクが有意に上昇すると報告したが、2001年に発表された1つの症例対照研究では、石綿工場の周辺2.5km以内の居住者においてリスクが上昇すると推測している[81]。

また主要な石綿工場・鉱山が近隣に存在しなくても、建物の建設および解体現場、道路、廃棄物処分場の近くでは現在および過去に使用された石綿により曝露リスクが高くなると考えられている[82-84]。

都市環境では石綿工場ならびに他の産業での石綿の利用に関連して、石綿の曝露リスクは地方に比べて高くなると考えられている[85, 86]。造船産業で伝統的に栄えたイギリスのClydebankの地域では、中皮腫死亡率が国内で最も高く、平均の10倍近くに及ぶとの報告があ

る。

⑤建築物からの曝露

【日本】

2004年に石綿吹付け店舗での勤務による胸膜中皮腫の発生が報告されている[64, 87]。

【海外】

第二次世界大戦後から1960年代まで、断熱、防音や装飾のために壁や屋根に石綿の吹付けが行われていた。しかし現在、建物に吹付けられた石綿が自然劣化や磨耗した際に、多数の石綿繊維が飛散することが問題化している[88, 89]。

⑤上記以外の特定できない真の環境曝露

上記以外の一般環境における石綿関連疾患の発生については、WHOが1986年の環境保健クライテリアで、「世界都市部の一般環境中の石綿濃度1～10本/lで、その程度であれば肺がんや悪性中皮腫のリスクは検出できないほど低い」と述べている。

日本では、このクライテリアに基づき、大気汚染防止法の中で10本/lを敷地境界基準としている。一方、日本産業衛生学会は2001年に改定した許容濃度の中で、石綿濃度が1本/mlの環境下で50年間過ごすとして、肺がんと中皮腫により1000人あたり6.5人の過剰死亡が発生するというリスクアセスメントをしている。これを単純計算すると、石綿濃度10本/lであれば、10万人あたり6.5人の過剰死亡が発生することになり、クライテリアの「検出できないほどのリスク」とまでいえるかどうかは検討余地がある。

飲料水に含まれる石綿繊維を経口摂取することによる健康リスクについては、WHOが1994年のプレスリリースで、「飲料水中の石綿は健康に対して危険はない」と発表し、2004年の飲料水水質ガイドラインでは、「飲料水における石綿のガイドライン値は健康影響の観点から不要」と否定的な見解を述べている。日本では、飲料水に含まれる石綿についての基準値はなく、飲料水による石綿関連疾患の報告はない。

1-5. 石綿関連疾患

①-1.石綿関連疾患の定義

石綿関連疾患とは、石綿を吸入することによって生じる疾患のことで、石綿肺、石綿肺がん、中皮腫および胸膜疾患をいう。胸膜疾患には、胸膜プラーク(壁側胸膜の限局性肥厚斑)、胸膜炎とその後遺症であるびまん性胸膜肥厚、円型無気肺がある[8]。石綿関連疾患のうち、特に重要な3疾患(悪性中皮腫、石綿肺がん、石綿肺)について後述する。

①-2.歴史

石綿の健康影響については、古くはローマ帝国の時代から石綿鉱山の労働者において早期に肺疾患を発症することが認識されており、石綿労働者の呼吸器症状の多くは結核による症状だと長年考えられていた時代もあった[90, 91]。

1900年初頭にびまん性間質性肺線維症(後の石綿肺)が石綿関連疾患としてイギリスで初めて症例報告された。その後、1955年Doll、1960年Wagnerら[92]、また1964年Selikoffら[93]による大規模な研究報告(後述)により、石綿関連疾患が世界で注目を集めるようになった。

①-3.現状

ILOのTakalaは、世界で毎年少なくとも10万人が石綿関連疾患で死亡すると推測し[94]、またTossavainenは、西ヨーロッパ、スカンジナビア地方、北アメリカ、日本そしてオーストラリア含めると、毎年2万人の石綿肺がん、1万人の中皮腫が発生していると報告している[95]。

近年の多数の研究結果から評価したところ、世界中で過去から現在までの石綿の使用状況から、最終的に500万～1000万人が石綿関連疾患で死亡すると予測している文献もある[96, 97]。

①-4.補償

日本における労災認定基準を表8に示す。

表8 日本における石綿関連疾患の労災認定基準簡易表

石綿肺

石綿曝露作業に従事しているもしくは従事したことがあり、次の①または②に該当

①じん肺管理区分4の石綿肺

②石綿肺に合併した合併症

ア. 肺結核、イ. 結核性強膜炎、ウ. 続発性気管支炎

エ. 続発性気管支拡張症、オ. 続発性気胸

肺がん

石綿曝露労働者に発症した原発性肺がんで、次の①～④のいずれかに該当

①第1型以上の石綿肺

②胸膜プラーク + 石綿曝露作業10年以上

③石綿小体又は石綿繊維 + 石綿曝露作業10年以上

④一定量以上の石綿小体又は石綿繊維

ア. 乾燥肺重量1g当たり5000本以上の石綿小体

若しくは200万本以上の石綿繊維(5 μ m超。2 μ m超の場合は500万本以上)

イ. 気管支肺胞洗浄液1ml中5本以上の石綿小体

中皮腫

石綿曝露労働者に発症した胸膜、腹膜、心膜又は精巣鞘膜の中皮腫で、

次の①または②に該当

①第1型以上の石綿肺

②石綿曝露作業1年以上

良性石綿胸水

石綿曝露作業の内容及び従事歴、医学的所見、療養の内容等を調査の上、

厚生労働本省に協議した上で判断

びまん性胸膜肥厚

石綿ばく露労働者に発症したびまん性胸膜肥厚で次の①～④のすべてに該当

①肥厚の厚さ: 最も厚いところが5mm以上

②肥厚の広さ: 片側にのみ肥厚がある場合は側胸壁の1/2以上

両側に肥厚がある場合は側胸壁の1/4以上

③著しい肺機能障害

④石綿曝露作業3年以上

②疾患別（中皮腫、石綿肺がん、石綿肺）

1)中皮腫

a) 疾患の定義

中皮腫は心臓や胃腸等の臓器を覆う膜を構成する中皮細胞由来の腫瘍の総称であり、胸膜、腹膜、心膜、精巣鞘膜に発生する。その病理や診断基準については、1931年に Kemperer と Rabin によって初めて定義された[98]。中皮腫は石綿との特異性が高く、80～90%は石綿曝露が認められる[28, 55, 99-101]。

b) 歴史（発生・発見）

【日本】

藤村らによると[102]、1916年の大谷による肋膜内皮細胞腫の1剖検例が最初の中皮腫報告例と思われる。その後、新島は胸膜被覆細胞腫3例と腹膜、心外膜に原発した被覆細胞腫について報告し、1956年の市場らの報告例以後はほぼ中皮腫という名前で報告している。石綿との関連性を示した報告では、1973年の石綿肺に合併した腹膜中皮腫症例が初めてであり[103]、1974年には胸膜中皮腫についても報告されている[104]。

【海外】

20世紀前半においては非常にまれな疾患であり、1960年代の北アメリカでの死亡率は100万人に2人で幾分男性に多い程度であった[105]。1940年代に石綿曝露による中皮腫が最初に報告がされたものの、1960年に Wagner らが南アフリカの鉱山労働者・近隣住民における石綿曝露とまれな中皮腫の強い相関が研究報告されるまでは認識が乏しい状況であった[92]。さらに1964年 Selikoff らが、北アメリカの高濃度の石綿曝露を受けた絶縁断熱工の中皮腫死亡率が非常に上昇するという科学的根拠のある研究報告を行い、石綿の健康影響が世界の注目を集めることになった[93]。

c) 疫学（男女比、寄与危険率、潜伏期間、予後、タバコとの相互作用(肺がん)）

【日本】

国際疾病分類（International Classification of Diseases, ICD）において中皮腫に独立した分類コードが与えられた1995年から2004年までの人口動態統計に基づき死亡率の男女比、発生部位、死亡年齢の中央値を算出した。なお、年齢階級別人口数については、総務省統計局が発表している人口推計データを使用した。

同期間における中皮腫全体（分類コード：C45）の死亡数は、男性5244人（40歳未満：67人）、女性1769人（40歳未満：36人）であり、胸膜中皮腫（分類コード：C45.0）の死亡数は男性3517人、女性958人である。中皮腫全体の死亡率については、100万人あたり男性で8.46人、女性で2.73人であり、男女比は3.1：1（胸膜中皮腫のみでは3.8：1）と男性に多い。この差は男性に職業性曝露者が多いためと考えられている。ちなみに職業性曝露の可能性が比較的低いと考えられる40歳未満に限定した死亡率では、100万人あたり男性で0.214人、女性で0.119人となり、男女比は1.8：1と差が縮まっている。

発生部位としては、胸膜4475人、腹膜626人、心膜51人、その他の部位149人、部位不明1712人であり、部位不明(中皮腫全体の約25%)を除くと、胸膜84.4%、腹膜11.8%、心膜1.0%、その他の部位2.8%と、従来の報告と同様[33, 106, 107]、胸膜中皮腫が主体である。

死亡年齢の中央値は男性では65～69歳の年齢階級、女性では70～74歳の年齢階級内にあった。この年齢階級内で各年齢が同数死亡したと仮定すると、男性68歳、女性73歳が中央値となった。この5歳の差については、初回曝露の違い、曝露量の違い、性差による潜伏期間の差等が考えられる。

胸膜中皮腫の症状確認年齢、曝露期間、初回曝露から胸膜中皮腫の発症までの潜伏期間、予後についての報告を表9にまとめる[28, 108, 109]。症状確認年齢は60歳代前半であり、曝露期間は20年前後、潜伏期間は40年前後、生存期間は1～2年以内となっている。組織型が上皮型以外（肉腫型、二相型、その他）の場合、特に予後が悪い[108]。

表9 胸膜中皮腫の年齢、曝露期間、潜伏期間、予後について

	Kishimoto (2004)	三浦 (2002)	労災認定事例 (2001～03年度)
症例数	106	39	70
症状確認年齢 [平均]	64.8	65.4	60.0
曝露期間(年) [平均]	17.2	27.6	19.8
[中央]	—	28.0	17.4
潜伏期間(年) [平均]	37.0	43.0	36.9
[中央]	—	43	38.6
予後(月) [平均]	9.2	21.3	—
[中央]	—	15.2	—

【海外】

中皮腫の発生部位としては、約60～80%が胸膜、約10～20%が腹膜、心膜・精巣鞘膜はまれにしか発生しない[34, 110]。また発症年齢は50～70歳代に多く、男女比は約4～5:1程度である。男性において率が上昇するのは、職業性曝露を反映する可能性が高いと考えられる。女性における率が上昇している地域では、曝露リスクのある職業への従事が増加していること、また都市環境や屋内汚染が増加していることを反映している可能性がある。

潜伏期は初回曝露から約20年から60年と考えられている[111, 112]。予後は非常に悪く、診断後およそ1年以内の経過で呼吸不全や肺炎に陥り死亡する[113]。1973年の報告では50%生存期間は6ヶ月、1993年の報告では8ヶ月と、公衆ならびに医療での認識により早期発見、診断技術の発展、治療選択肢の増加にもかかわらず、これまでの2,30年間に於いて生存期間はほとんど変化していない[114]。以上について、日本を含む各国間での報告に大きな相違はない。

また肺がんと違って、中皮腫は喫煙の影響および喫煙との相互作用はないと考えられている[115, 116]。

d) 症状

胸膜中皮腫の初発症状は、息切れ、胸痛が最も多く、他に咳、発熱、全身倦怠感、体重減少を主訴とすることもある[117]。

e) 治療

治療は、手術、化学療法（単剤）、放射線療法いずれも単独では局所制御効果・延命効果ともにほとんどなく、標準的治療法は確立していない[118, 119]。現時点では、腫瘍が限局性の場合には外科療法を中心とした集学的治療を、進展している場合は化学療法を中心とした治療を選択する[119]。早期症例を対象にした胸膜肺全摘除術に化学療法と放射線療法を加えた trimodality treatment では、2年生存率38%、5年生存率15%、生存期間中央値19ヶ月であり、延命効果が示唆されている[120]。また、ペメトレキセドとシスプラチンの併用療法では、奏効率41%、生存期間中央値12ヶ月（シスプラチン単独は9ヶ月）であり、わが国でも治験が開始されている。なお、わが国でも使用可能なゲムシタビンにシスプラチンを併用した場合には、奏効率16～48%、生存期間中央値10～13ヶ月である[119, 121-124]。

f) 将来予測(おもに中皮腫)

【日本】

出生コホート分析による2040年までの男性の悪性中皮腫死亡数は、約10万人と推定されている[125]。

【海外】

ほとんどの先進国は1970年代には対策を講じ始めているにもかかわらず、胸膜中皮腫は増加している[126]。1980年代での100万人当たりの男女別の発生率は、1982年アメリカ

カにおいて 11.0 と 2.0 未満、1980 年～83 年のイギリスにおいて 15.3 と 3.2、1986 年のオーストラリアにおいて 28.9 と 4.7 という報告がある[127]。

また 1995～2000 年までの先進 11 カ国(日本を除く)の中皮腫死亡率は、100 万人あたり 35 人のオーストラリアが最も多く、14 人のノルウェーが最も少ない。また 11 カ国の平均は 18 人であった。過去の石綿消費量と中皮腫発生の因果関係について、石綿消費 170 万トン当たり少なくとも 1 人の中皮腫が発生すると報告した[128]。

主要国での中皮腫の将来予測については表の通りで、今後 10～20 年後にピークを迎える国が多いが、アメリカやスウェーデンについてはすでにピークを迎えたと報告されている[129, 130]。中皮腫のピークの時期、発生数の違いは、石綿の使用量・使用時期(ピーク期)、使用した石綿の種類などによると考えられている[129]。発展途上国では、有効な労働衛生上の対策をとることなく今後も石綿使用量が増加し続けると、中皮腫発生数が数十年にわたって増加する危険があると問題提起している[131]。

主な石綿使用国における中皮腫死亡予測を表 10 に示す。

表10 石綿主要国における中皮腫死亡予測

	死亡者数(罹患者数)			
	近年の死亡者数	報告年	予想最高年	最高年での死亡者数(罹患者数)
日本	566(2003)	2006年	2030-2034	ave.4315(2030-39)
アメリカ	2430(2002)	1997年 2004年 2004年	1996-2000 1994 2000-2004	about 2300 - about 2500
イギリス	1795(2003)	1995年 1999年 2003年	around 2020 2020 2010-2015	2700 to 3300 around 2,800 around 1,950-2,450
フランス	816(2002)	1999年 2000年	2015-2019 2025-2040	1550 1140-1300
オランダ	356(2001)	1998年 1999年 2003年 2004年	around 2025 around 2020 around 2017 2015-2021	about 960 930 at least 490 nearly 700
イタリア	753(1999)	1999年 2005年	2015-2020 2012-2024	940 about 800
ドイツ	1094(2004)	1999年	2020-2025	1370
フィンランド	ave.33(1997-2002)	1993年 1997年	around 2010 early 2000s	100 less than 100
スウェーデン	115(2001)	2003年	1991-1995 around 2005	ave.117(1991-1995)
デンマーク	75(2001)	2000年	around 2015	93
オーストラリア	620(2001)	2002年	2010	-
ニュージーランド	56(2000)	2004年	around 2005	-

	消費量(t)		
	最高年	最高年での消費量	近年の消費量
	1974	350,000	110(2005年)
	1973(all) 1960s(amphibole)	803,000	13100(2001年)
	late 1960s	163,019	244(2000年)
	1975	152,357	15(2000年)
	around 1975	35,663	0(2000年)
	around 1980	180529	87(2000年)
	around 1980 early 1970s	440,045 12,035	214(2000年) 10(2005年)
	around 1970	18,646	0(2000年)
	around 1970 1975	28,627 73,139	0(2000年) 1246(2000年)
	around 1975	12,484	0(2000年)

2)石綿肺がん

a) 疾患の定義

石綿起因性の肺がんのことを指すが、石綿以外の原因による肺がんとの臨床的な違いがないため、鑑別には石綿の曝露歴やそれを示唆する臨床所見（石綿肺、胸膜プラーク、肺内の石綿繊維や石綿小体）が重要である。国際的に肺がんの発症リスクを2倍にする石綿曝露量としては、25本/ml×年（例：1本/ml曝露であれば25年従事）が妥当と考えられており[132, 133]、それに相当する医学的所見に基づいて、日本では労災認定基準が作られている。なお、WHOは2003年のWorld Cancer Reportで全世界の45%の肺がんは喫煙によるものと報告している。

b) 歴史（発生・発見）

【日本】

1960年に瀬良らが石綿による肺がん症例をわが国で初めて報告し[134]、1970年に同氏が過去11年間に石綿製造工場に勤務していた石綿肺患者のうち8人が肺がんを発症したことを報告している[31]。

【海外】

最初に石綿肺がんが報告されたのは1935年であったが[135]、1955年にDollがイギリスの石綿織物工場に関する大規模なコホート研究にて、石綿曝露と肺がんとの因果関係を公表してから、一般に認識されるようになった。

c) 疫学（男女比、寄与危険率、潜伏期間、予後、タバコとの相互作用(肺がん)）

【日本】

石綿の初回曝露から肺がんの発症までの潜伏期間は30～40年前後で[136, 137]、予後はWHOが前述のWorld Cancer Reportで5年生存率15%と述べている。肺がん発症において、喫煙と石綿曝露は相乗的に作用するとする説が一般に支持されており[138-141]、日本でも同様の報告を認める[142]。これらが根拠となり、石綿曝露者に対して禁煙が勧められている。

【海外】

石綿はすべての組織型の肺がんに関連していると考えられていて[143]、その潜伏期間は初回曝露から20年を上回る[144]。

肺がんの石綿曝露による寄与危険度割合はヨーロッパの先進国で5%～19%との報告がある[128, 145-149]。2006年の1つの報告では、全ての肺がんのうち石綿肺がんは2-3%で推定している[150]。また石綿工場にて高濃度の石綿曝露を受けた断熱工については、肺がんの1/3以上が石綿曝露に起因するとの報告もある[151]。しかし、石綿肺がんは他の原因による肺がんとの臨床的な鑑別が非常に困難なので、寄与危険度割合は推定の域を脱しない。

喫煙との相互作用については、相乗的な影響があるといくつかの論文で報告されている。1968年Selikoffらは石綿を使用する断熱工と喫煙との関連を研究し、肺がんの相対危険度が各単独のものに比べ有意に高かったと報告した[152]。1979年のHammondとSelikoffによる大規模な研究では、石綿により肺がんのリスクは約5倍増加し、さらに喫煙習慣を伴うと50倍以上に増加すると報告されている[138]。その後も肺がんに対する喫煙と石綿曝露との相乗作用について多数研究報告が存在するが[153]、その程度についてはいまだ一貫していない。また相乗作用の程度については、喫煙習慣の違いが大きく影響していると考えられる[150]。

3)石綿肺

a) 疾患の定義

石綿肺はじん肺（粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化を主体とする疾病）の一種で、石綿粉じんを吸入することによって起こる肺線維症のことである。胸部X線では不整形陰影を主体とし、初期には両下肺野に線状・網状影として認められる。

石綿肺と石綿以外の原因による肺線維症を画像所見だけで鑑別することは難しく、特に間質性肺炎は石綿肺と同じく肺下葉に好発するため、石綿の曝露歴の有無が重要である。石綿小体の存在については、職業性石綿曝露のない一般住民からも認められる報告が多いため[154-156]、そのみで石綿肺の確定はできないと考えられている[157]。

b) 歴史（発生・発見）

【日本】

1927年に鈴木らが石綿肺についてわが国で初めて報告している。1940年に内務省社会局の調査で大阪地方の石綿加工作業者のうち石綿肺有所見者は25.9%（65/251名）であったことがわかっている[158]。戦後は、1956年に宝来らの調査で石綿曝露期間と石綿肺発生数に関連性が示され、じん肺法の制定につながった。

【海外】

1907年にイギリスで初めて石綿肺が報告された[159]。また1924年クックは石綿織物工場で働いていた女性労働者の肺の病理所見を報告し、その後石綿吸入による肺線維症を石綿肺と名付けた[160]。

c) 疫学（男女比、寄与危険率、潜伏期間、予後、タバコとの相互作用(肺がん)）

【日本】

石綿肺の所見は、一般に初回曝露後より10年以上経過して現れる[2, 158, 161]。石綿セメント等の石綿製品製造作業では5年程度の曝露期間で、石綿吹付けや紡織では1年程度の曝露期間で所見がみられることがあり、職業によって差がある[133, 162]。

人口動態統計による1986年から2004年までの石綿肺（分類コード：ICD9⇒501、ICD10⇒J61）の死亡数は、男性319人、女性72人である。死亡率については、100万人あたり男性で0.273人、女性で0.060人であり、男女比は4.5：1と男性に多く、男性では加齢とともに死亡率の増加を認めるが、女性では70歳代がピークとなっている。

予後は、じん肺法における管理区分（管理1～管理4）によっても異なるが、管理4では5年生存率が男性39%、女性64%という報告がある[163]。なお、X線所見における5年生存率は、I型、II型、III型でそれぞれ76%、51%、25%という報告があり[161]、他のじん肺に比べても悪い。また、石綿作業は粉じん作業の中でも管理4の割合が高い（石綿：3.0%、全体：1.8%）ことが報告されている[164]。わが国における石綿肺認定患者を対象とした疫学調査では、肺がんのリスクが男性で15.5倍、女性で4.8倍と非常に高率であった[133]。

【海外】

1991年のLiddellとMillerの報告によると、一般に肺線維症の程度、強度は、測定された肺粉じん負荷量に関連し、進行の速さは年齢、累積曝露の程度、基礎疾患の有無・程度とともに増加する。X線上明らかな石綿肺は曝露終了後しばらくしてから進行・出現することもある。クロシドライトによる石綿曝露の場合には、石綿肺が発生する可能性が高くなると報告している[165]。

イギリスにおける石綿肺の労災補償件数は、1970年代に職場の衛生対策を実施したので、ここ数十年減少傾向にある[166]。またICD10の石綿肺症(J61)のWHOの死亡登録件数によると、2000年においてオーストラリアで53人、カナダで27人、ドイツで113人、アメリカ558人、スウェーデン11人である。

40～50年前には石綿曝露者の肺がんと石綿肺の所見はよく結びつけられていた。しかし、もちろん石綿肺は肺がんの前駆状態ではなく、石綿曝露と量反応関係のある独立した疾患であるとの知見として扱うべきである。実際石綿肺がんは、石綿肺の所見がなくても発生しうると報告されている[143, 167-170]。

d) 症状

息切れ、咳が多く、痰も生じる。石綿曝露を中止後も徐々に症状は進展し、肺機能の著

しい低下をきたす。

e) 治療

本質的な治療法はなく、鎮咳剤や去痰剤の投与、慢性呼吸不全に対する在宅酸素療法などの対症療法が主体である。

1-6. 法律・規制

①日本の法規制、国際動向の変遷

年代別に日本および海外における石綿に関する法規制や動向をまとめた。なお、年代については、a)1945年以前、b)1945年～1960年、c)1960年～1975年、d)1975年～1990年、e)1990年～現在の5つに分類した。日本の法規制や国内外における石綿に関する動向の主要なものについて表1-1に示す。

表 1 1 日本の法規制、石綿に関する国内・海外動向

西暦 元号	国内法規・通達	国内動向	海外動向
1940~49 S15~24	1947 ・「労働基準法」制定	1942 ・第二次世界大戦により石綿輸入途絶 1949 ・石綿の輸入再開	
1950~59 S25~34	1950 ・「労働衛生保護具検定規則」制定 防じんマスクの国家検定制度が発足 1955 ・「じん肺等特別保護法」制定 1956 ・「昭和 31 年通達」発出 石綿の解きほぐしや吹付け作業等の特殊健診を勧奨	1956 ・吹付け石綿施工の開始 ・宝来(奈良県立医科大学教授) 石綿曝露期間と石綿肺発生の関連性を指摘	
1960~69 S35~44	1960 ・「じん肺法」制定 石綿の解きほぐしや吹付け作業等が、 じん肺健診の対象となる(法令化)	1961 ・年間石綿輸入量 10 万トン超 1965 ・日本産業衛生学会 石綿を有害性の最も高い第 1 種粉じんとし、 許容濃度 2mg/m ³ (33 本/ml 相当)を設定 1969 ・年間石綿輸入量 20 万トン超	
1970~79 S45~54	1971 ・「特化則」制定(労働基準法の下) 石綿を管理すべき物質として規定 1.局所排気装置の設置 2.呼吸用保護具の使用 3.作業環境測定の実施 1972 ・「安衛法」制定(労働基準法から独立) 「特化則」制定(安衛法の下) 抑制濃度 2mg/m ³ (33 本/ml 相当)を法令化 1973 ・「昭和 48 年通達」発出 抑制濃度 5 本/ml へ 1975 ・「特化則」大改正 法適用を石綿製品の製造作業から取扱い作業まで拡大 1.特殊健康診断の実施(がん検診が目的) 2.作業の記録(30 年の保存)、掲示、表示の実施 3.吹付け石綿の原則禁止 4.抑制濃度 5 本/ml を法令化 1976 ・「昭和 51 年通達」発出 1.代替化の促進(特に青石綿) 2.抑制濃度 2 本/ml(青石綿は 0.2 本/ml)へ 3.専用作業衣の着用、適切な管理(二次曝露の防止)	1970 ・瀬良(国立療養所近畿中央病院) 過去 11 年間で石綿工場労働者における 石綿肺患者から肺がんが 8 名発生と報告 1974 ・年間石綿輸入量 35.2 万トン(ピーク) ・日本産業衛生学会 許容濃度を改定 1.青石綿以外 2 本/ml 2.青石綿 上記の濃度をはるかに下回る必要あり	1972 ・ILO、WHO 石綿にがん原性を認める 1973 ・アメリカ 石綿に関する製造物責任を認定 以後、石綿関連会社は多額の賠償金のため倒産 1974 ・ILO 「職業がん条約」採択 発がん性物質からの労働者保護を目的 ⇒ ILO 等の最新情報を考慮し、各国に曝露禁止 物質や管理対象物質の定期的な決定を求める
1980~89 S55~H1	1988 ・「作業環境測定基準」策定 作業環境基準に管理濃度を採用し、 管理濃度 2 本/ml(青石綿は 0.2 本/ml)を法令化 1989 ・「大気汚染防止法」改正 敷地境界濃度を 10 本/1と規定	1983 ・藤本(天理よろづ病院) 環境暴露による中皮腫発生を報告 1986 ・名取(須賀赤十字病院) 石綿作業者の妻の中皮腫発生を報告	1986 ・ILO 「石綿条約」採択 1.青石綿の使用禁止 2.吹付け石綿の禁止 ・WHO 環境保健クライテリア発行 世界都市部の環境中石綿濃度:1~10 繊維/l ⇒ 健康リスクは検出できないほど低い 1987 ・WHO (IARC) 石綿代替品(ロックウール等)を 「発がん性の可能性あり」と分類 1989 ・WHO 青石綿と茶石綿の使用禁止を勧告
1990~99 H2~H11	1991 ・「産業廃棄物処理法」改正 吹付け石綿等は特別管理産業廃棄物に指定 1995 ・「安衛法施行令・同規則」及び「特化則」改正 1.青石綿と茶石綿の製造・使用等を禁止 2.石綿含有率を 5 重量%から 1 重量%に適用拡大 1997 ・「大気汚染防止法」改正 吹付け石綿の除去作業を特定粉じん排出作業に指定	1993 ・(社)日本石綿協会 茶石綿の使用中止 1994 ・年間石綿輸入量 20 万トン下回る	1993 ・アメリカ 石綿の使用等を一部禁止 1994 ・WHO プレスリリースで 飲料水中の石綿は健康に対して危険はないと発表 1996 ・フランス 石綿の使用を段階的に禁止 ・カナダ フランスの措置を WTO に提訴
2000~06 H12~18	2004 ・「安衛法施行令」改正 石綿の製造・使用等を原則禁止 (建材、摩擦材等の石綿含有製品 10 品目の製造等禁止) 「作業環境測定基準」改正 管理濃度 0.15 本/ml を法令化 「石綿則」制定(特化則から独立) 建築物の解体時の対策を規定 2005 ・「石綿による健康被害の救済に関する法律」施行 労災補償対象外の石綿健康被害者や遺族の補償を規定 「大気汚染防止法」改正 特定粉じん排出作業の適用範囲を拡大 1.吹付け石綿以外の石綿製品の除去作業も対象 2.規模要件を撤廃 「安衛法施行令」改正 1.石綿の製造・使用等を全面禁止 2.石綿含有率を 1 重量%から 0.1 重量%に適用拡大	2000 ・年間石綿輸入量 10 万トン下回る 2001 ・日本産業衛生学会 許容濃度を改定 1.白石綿 0.15 本/ml(10 ⁻³ リスク相当値) 2.白石綿以外 0.03 本/ml(10 ⁻³ リスク相当値) 2005 ・クボタ(石綿製品製造メーカー) 従業員石綿疾患による死亡および近隣住民の 中皮腫発生を公表 ⇒ 石綿が社会問題化 ・年間石綿輸入量 110 万トン ・ILO 「石綿条約(1986)」を批准	2000 ・カナダ WTO への提訴は敗訴 2001 ・WHO (IARC) 石綿代替品(ロックウール等)を 「発がん性に分類しない」と再評価 (代替品としての安全性を示す) 2002 ・フランス 石綿の使用等を全面禁止 2004 ・WHO 飲料水水質ガイドライン(第 3 版) 飲料水における石綿のガイドライン値は 健康影響の観点から不要と結論 2005 ・EU 石綿の使用等を原則禁止 2006 ・ILO 石綿の使用禁止を決議

用語について

- 安衛法 :労働安全衛生法の略
- 特化則 :特定化学物質等障害予防規則の略
- 昭和 48 年通達 :通達「特定化学物質等障害予防規則に係る有害物質(石綿及びコールタール)の作業環境中濃度の測定」(昭和 48 年の通達)のこと
- 昭和 51 年通達 :通達「石綿粉じんによる健康障害予防対策の推進について」(昭和 51 年の通達)のこと
- 抑制濃度 :粉じんを局所的に抑制する局所排気装置の吸い込み口周辺の石綿粉じん濃度が、この値以下になるような局所排気装置の性能を有する基準
- 許容濃度 :労働者が 1 日 8 時間、週 40 時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質に曝露される場合に、当該物質の平均曝露濃度がこの数値以下であれば、ほとんどすべての労働者に健康上の悪い影響がみられないと判断される濃度
- WHO をはじめ、アメリカ、イギリス、ドイツ等の各国は許容濃度と同様の指標を使用
- 管理濃度 :当該単位作業環境管理の良否を判定する際の管理区分を決定する指標
第 1 管理区分:作業場所の 95%以上の場所では有害物質の濃度が管理濃度以下
第 2 管理区分:作業場所の有害物質の平均が管理濃度以下
第 3 管理区分:作業場所の有害物質の平均が管理濃度を超えるもの
※石綿の管理濃度:許容濃度に換算すると 0.4 倍でほぼ等しくなる(管理濃度 2 繊維/ml は、許容濃度 0.8 繊維/ml に相当)
- 10⁻³リスク相当値 :千人当たり 1 人の過剰死亡をもたらす石綿繊維濃度
- ILO :International Labour Organization(国際労働機関)の略
- WHO :World Health Organization(世界保健機関)の略
- IARC :International Agency for Research on Cancer(国際がん研究機関)の略、WHO の下部機関
- WTO :World Trade Organization(世界貿易機関)の略

a)1945 年以前

【日本】

1930 年にけい肺が業務上疾病として取り上げられ、1936 年、鉱山に加え工場労働者に対しても認定が拡大されたが、当時の対策は職業病の予防ではなく補償が主体であった。また、石綿肺をはじめとするけい肺以外のじん肺は、補償の対象ではなかった。なお、戦前において、内務省社会局が石綿肺の実態調査を行っていることから[158]、当時の行政にとって石綿肺は課題の 1 つであったことがわかる。

【海外】

戦前は石綿関連疾患の報告が世界で散見されたが、まだ十分に認知されるに至らなかった。そんな中で、1931 年アメリカで、石綿の職業性曝露に関する最初の規制が出された。また同年イギリスでも政府と産業界が共同して石綿工場法が施行されたが、しかし十分に機能しない状況が続いた[171]。

b)1945 年～1960 年

【日本】

戦後においてじん肺をはじめとする労働者の健康問題が、医学的、社会的、行政的に取り上げられるようになり、1947 年の「労働基準法」制定を皮切りに、1949 年に労働省設置、1950 年に「労働衛生保護具検定規則」制定により防じんマスクに対する国家検定制度が導入され、1955 年に「けい肺等特別保護法」制定によりけい肺健診が開始された。その後、1956 年に宝来らの石綿肺に関する調査等により、けい肺のみならず、広くじん肺全体について適正な予防及び健康管理を講ずる必要性が生じ、1960 年の「じん肺法」制定に至った。

【海外】

アメリカで、石綿曝露濃度が労働者の健康を保護するには高すぎると判断したことを受けて[172]、1946 年に ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)は推奨ガイドラインとして、許容曝露濃度を 5mppcf(1 立方フィート当たり 5 百万粒子)とした[173]。

c)1960 年～1975 年

【日本】

じん肺法によって石綿を解きほぐす作業や石綿吹付け作業等が粉じん作業に該当し、じん肺健診の対象となったが、他の石綿作業は除外された。また、当初は局所排気装置の設置規定がなく、1968 年の通達で初めて石綿吹付け作業等が設置対象作業として指定され、1971 年の通達ですべての石綿取扱い作業に指定が拡大されたが、局所排気装置の排気能力に関しては依然として規定がなかった。なお、日本産業衛生学会では、1965 年に石綿を有害性の最も高い第 1 種粉じんとし、許容濃度 $2\text{mg}/\text{m}^3$ を設定していたが、諸外国に比べ高い基準であった。なお、1968 年のイギリス労働衛生協会 (British Occupational Hygiene Society : BOHS) の勧告では、石綿濃度 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ がメンブランフィルター法測定で 2 本/ml に該当するとしており[174, 175]、日本産業衛生学会の許容濃度 $2\text{mg}/\text{m}^3$ は 33 本/ml に相当した。

1960 年代には諸外国^[92]および国内[31, 134]の報告例より石綿が発がん性物質であるという認識がほぼ確立していた。このような状況を受け、1971 年に有害物質等の規制として「特定化学物質等障害予防規則 (特化則)」を制定し、石綿を管理物質として規定した。特化則制定により、石綿を製造もしくは取扱う作業について局所排気装置の設置および半年毎の作業環境測定が義務付けられ、排気能力についても日本産業衛生学会の勧告に基づき、抑制濃度 (局所排気装置の吸い込み口周辺の石綿粉じん濃度の基準) $2\text{mg}/\text{m}^3$ (33 本/ml 相当) を法令化した。

1972 年に労働基準法の安全衛生に係る規定を独立させ、「労働安全衛生法 (安衛法)」を

制定し、特化則も労働基準法から安衛法内に再制定した。1973年には諸外国に比べ高めの基準であった抑制濃度を通達で5本/mlと是正した。1974年にILOが「職業がん条約」を採択し、発がん性物質からの労働者保護における国際基準の確立を図り、各国に曝露禁止物質や管理対象物質を決定するよう求めたため、1975年に特化則の大改正を行った。

【海外】

1960年Wagner、1964年Selikoffらが発表した石綿と疾病の関連についての研究結果より、石綿の発がん性・危険性が確立し、社会問題化した。先進国では職業性曝露に関する曝露基準の導入を推進し、1969年イギリスは石綿規則により2本/ml、1971年アメリカのOccupational Safety and Health Administration(OSHA)も同様に2本/mlとした[176]。しかしその後も先進国での石綿の大量消費は続き、石綿関連疾患の報告が相次いだ。そのような状況下で1972年ILO、WHOがリオ会議で石綿の発がん性を認め、それを受けて1970年代、クロシドライトの使用禁止や吹付け石綿作業の禁止決定が、ヨーロッパ諸国などの先進国において広がる。また石綿企業も訴訟などを恐れて、石綿製品から他の製品への生産の転換がみられた。

d)1975年～1990年

【日本】

特化則の大幅な改正によって①石綿の吹付けの原則禁止、②抑制濃度5本/mlを法令化、③作業環境測定記録の保存期間を3年から30年に延長、④労働者の石綿作業記録の作成(保存期間30年)、⑤特殊健康診断実施(保存期間30年)、⑥石綿等を張り付けた物の破碎や解体等の作業を原則湿潤化、と大幅に石綿対策の強化を行った。

さらに1976年の通達で①石綿の代替化の促進(特にクロシドライト)、②抑制濃度2本/ml(クロシドライトは0.2本/ml)へ強化、③専用作業衣の着用、適切な管理(傍職業性曝露の防止)、とより一層厳格な石綿対策を図った。同時期、製造物責任による補償問題でアメリカの石綿企業が次々と倒産したことを受け、先進諸国の多くが石綿の使用削減、禁止へと向かったが、わが国ではその後10年以上法令等に大きな動きはなく、石綿輸入量も1980年末期まで23万トン～32万トンと高水準を維持した。

1986年、ILOが「石綿条約」を採択し、クロシドライトの使用禁止と石綿吹付けを禁止したことに引き続き、1987年にわが国で学校施設における石綿吹付けが大きな社会問題となった。そのため、1988年に石綿除去作業における曝露防止に関する通達を発出し、さらに同年、「作業環境測定基準」を策定し、1976年の通達で規定していた抑制濃度を管理濃度に改め、同基準2本/ml(クロシドライトは0.2本/ml)をそのまま法令化した。また、この頃、わが国における工場周辺住民や石綿関連作業家族の中皮腫発生例が報告され[1, 64, 71]、石綿による環境問題が取りざたされた。1986年にWHOが環境保健クライテリアで、「大気中の石綿濃度(1～10本/ml)による健康リスクは検出できないほど低い」と示したことを受け、1989年に「大気汚染防止法」を改正し、石綿の敷地境界基準10本/mlを規定した。

【海外】

上記に加え、同年ILO第162号条約(石綿の使用における安全に関する条約)では、曝露限界・曝露基準の設定と見直しと、可能な限り無害または有害性の低い物質への代替化が規定された。1987年IARCは、「石綿は人への発がん影響がある(Group1)」、またロックウール、グラスウールについては「発がん物質の可能性有り」と分類(Group2B)」に分類しており、石綿代替繊維の安全性についてはまだ推測でしか確立されていない状況であった。そして1989年WHOがクロシドライト、アモサイトの使用禁止、また職業性曝露限界値が高い各国は2本/ml(8時間加重平均)に下げる緊急措置が必要であり、さらに1本/mlに変更すべきであると勧告した。このように国際機関の働きかけもあり、1980年代半ばからは北欧諸国を初めとしてヨーロッパ各国に石綿禁止を導入していった。

e)1990年～現在

【日本】

1991年に「産業廃棄物処理法」を改正し、吹付け石綿等を特別管理産業廃棄物に指定することで、解体・除去後の廃石綿の処理に一定の道筋をつけた。1989年にWHOが有害性の高いクロシドライト・アモサイトの使用禁止を勧告したが、クロシドライトについては1987年時点で各企業が自主的に使用を中止していたが、アモサイトについては1989年時点で19事業場が取扱っており、その使用量は約1万3千トン（石綿全体の4.4%）であった[31]。1992年に旧社会党が中心となり、「アスベスト規制法案」を国会に提出したが廃案となり、主要な石綿関連企業のアモサイトの代替化が進展したことを確認後、1995年の安衛法施行令、特化則の改正をもってクロシドライト・アモサイトの使用等を原則禁止とした。この改正で、石綿含有物の規制範囲を5重量%から1重量%へと適用を拡大した。一方、クリソタイルについては、発がん性は有するものの有害性は比較的低いと考えられていたこと、1987年にWHOの下部機関であるIARCが石綿代替品（グラスウール、ロックウール等）を「発がん性の可能性あり」と分類しており、代替品の安全性が国際的に確立していなかったこともあり、管理使用の立場を継続したが、石綿輸入量は着実に漸減し、2000年には10万トン下回り、2004年には8162トン、2005年には110トンとなった。

1996年に世界有数の石綿産出国であるカナダが、フランスの石綿禁止措置に対し、自由貿易に反するとしてWTOに訴えていた問題が、2000年に決着しカナダの訴えが退けられた。2001年、WHO（IARC）が石綿代替品（グラスウール、ロックウール等）を再評価し、国際的に安全性が確立した。このような国際動向や石綿輸入量の漸減（代替化の進展）を受け、2004年に安衛法施行令を改正し、代替可能な石綿製品10品目の製造等を禁止した。また、「作業環境測定基準」を改正し、16年ぶりに管理濃度を2本/mlから0.15本/mlに改めた。その後、2005年に建築物の解体等の作業における曝露防止対策として、「石綿障害予防規則（石綿則）」を制定した。

同年6月、主要な石綿関連企業であるクボタが、従業員の石綿疾患による死亡および近隣住民の中皮腫発生を公表し、再び石綿が大きな社会問題となった。これを受け、2006年2月に、労災補償等の対象とならなかった石綿による健康被害者やその遺族に対する補償を目的とした「石綿による健康被害の救済に関する法律（石綿救済法または石綿新法と呼ばれた）」を制定した。また、同年9月より、ごく一部の例外を除き、石綿を0.1重量%以上含有するすべての物の製造、輸入、譲渡、提供、使用を完全禁止とした。

【海外】

1991年ヨーロッパ共同体(EC)がクロシドライト、アモサイトの使用禁止を正式発表した。加盟国の禁止導入については、足並みが揃わなかった。1996年WHOは、適切な曝露対策を実施することにより曝露リスクは減少し得るが、それでも代替繊維の方が安全性は高いと評価して、代替繊維の安全性を強調した。

1997年ヘルシンキで開催された国際専門家会議で、石綿関連疾患の診断に関して話し合われました。特に石綿肺がんについては、石綿肺の存在だけではなく、肺組織内の石綿繊維の本数、25本/ml×年以上の石綿累積曝露歴、また1年間の重度曝露や5-10年間の中等度曝露があり肺癌発症までに10年の期間などがある場合は、石綿が肺がんの原因になりうる基準を定めた。

1998年WHOがクリソタイル曝露について、量依存的に石綿肺、肺がん、中皮腫のリスクを増加させ、発がん性に関する安全域値は存在せず、クリソタイルより安全な代替物質が利用可能であれば、それを使用すべきであると勧告した。また石綿曝露と喫煙は相互作用により肺がんのリスクが上昇するので、石綿曝露者は禁煙によりリスクを低減することが可能であると発表した。

1999年、ヨーロッパ連合(EU)はクリソタイルを含む石綿の輸入、製造、使用等を2005年までに原則禁止とすると決定した[177]。2001年世界貿易機関が石綿に関する安全な曝露レベルはなく、制限使用が実質不可能であること、より安全な代替繊維の有効性から石綿禁止が正当化されると発表し、依然石綿の安全使用を主張する主要生産国を牽制した[178, 179]。また同年WHOがグラスウール、ロックウールを「発がん性に分類しない

(Group3)」と再評価し、代替繊維の安全性について国際的に確立した。

石綿禁止の流れは、ヨーロッパ主要国だけではなく、2000年以降はアルゼンチン、チリ、オーストラリアなどが石綿を禁止し、世界的な広がりをみせた(後述)。

また先進国においては、過去に使用された石綿建材を含む建設物の点検補修作業、石綿除去作業、解体作業の建物に関する適切な作業方法についての法規制が導入された(イギリス 2002年)。WHOは2006年の position paper で、「石綿の発がん性には閾値がなく、極めて低値の石綿ばく露を経験した集団で発がんリスクが上昇している[18, 180]ことを踏まえれば、石綿関連疾患の根絶にはあらゆる種類の石綿の使用をやめる必要がある」[17]と切り切っている。

②現時点(2006.10)における国別の石綿禁止(実施年、種類)

世界の石綿禁止の動向については、1960年代に石綿による健康障害が社会問題化したことを背景に、当時石綿の大量消費国であったヨーロッパ諸国では、1970年代に危険性の高いクロシドライトの使用禁止や石綿の吹付け作業などの禁止を次々に導入していった。しかし石綿産業界や主要な石綿産出国によるクリソタイトの安全使用・管理使用可能という圧力、石綿の持つ優れた物理化学的特性や安価な経済コスト、また研究開発中の代替繊維の生体影響が当時不明確であったことから代替化が順調に進まず、クリソタイトについては1970年代以降も使用され続けた。しかし、1980年代になると健康被害の拡大ならびにその補償問題などが深刻化し、WHO、ILOなどの国際機関の働きかけもあり、クリソタイトを含む石綿の使用禁止が、1980年代半ばから北ヨーロッパを初めとしてヨーロッパ各国に広がっていった。しかし、ヨーロッパの石綿関連企業は、労働衛生に関する法規制が甘く、石綿の健康影響の認識が薄いアジアを中心とした発展途上国に拠点を移して、現在もなお石綿製品の生産を続けている。

2005年EUが石綿禁止を導入し、現在、EU全加盟国を含む40カ国以上の国がクリソタイトを含むあらゆる石綿を禁止した[17]。しかし、いまだにアメリカ・カナダを含め約60カ国もの国では管理使用のもとクリソタイトを使用している[26]。ILOは、現在石綿の使用禁止国を、今後10年間で少なくとも100カ国に増やしたいと考えている。

次に主要国の職業性曝露限界について考察すると、表の通り0.1~5.0本/mlとかなり差を認め、アジアを中心とした発展途上国では高く、先進国ではより厳しく規制されている。しかし、クリソタイトの厳格な職業性曝露濃度である0.1本/mlでさえ、1000人中、5人の肺がん、2人の石綿肺のリスクがあると推測されており[181]、科学技術や法律上によって、これらのリスクをコントロールするには限界があると考えられている。この厳しい曝露レベルを導入しているのはアメリカや一部の先進国だけであり、それでも容認するにはリスクがまだなお高すぎるといえる。なお、日本産業衛生学会では1本/mlで肺がんと中皮腫により1000人中6.5人の過剰死亡が発生するとリスクアセスメントしている。

Rodelspergerらによると、中皮腫は1本/ml・年以下の低いレベルでも量反応関係が明らかにあるとし[182]、他の動物実験や疫学研究の結果では、中皮腫が発生しない安全な石綿の曝露濃度は存在しないと考えられている[183, 184]。

ILO162号条約は、労働者の石綿曝露を予防・制限し、石綿に関する健康影響から保護することを、使用者が全責任を負い遂行することを目的として、1986年に採択された。2005年8月に批准した日本を含めて、現在批准しているのはヨーロッパを中心に28カ国のみである。批准国以外には法的な拘束力がないことや、批准していても小規模事業場などでは十分な安全対策や設備対策が実施できていないなどの問題点がある。ILOは2006年6月に石綿の廃止に向けた決議文を採択した[185]。また同年10月にWHOは石綿関連疾患の撲滅を目指した政策文書を発表し、石綿の使用禁止、石綿除去(寛解)の際の曝露対策、石綿代替化の促進のための情報提供ならびに技術開発、石綿関連疾患の早期発見・治療、補償状況の改善、石綿曝露者登録制度の確立などを掲げている[186]。

各国のアスベストの禁止状況、職業性曝露限界値(Occupational Exposure Limits :OEL)、ILO第162号条約(石綿条約)の批准状況を表12に示す。

表 1 2 アスベスト禁止、職業性曝露限界値、ILO 第 162 号条約批准状況

国名	クロナドライト	アモサイト	アスベストの種類別の禁止状況(推定)	クリソタイル	職業性曝露限界値	ILO 第 162 号条約批准状況
日本	1995年 禁止	1995年 禁止	1995年 禁止	2004年 禁止	0.15f/ml	2005年
中国	1999年 禁止	2005年 禁止	2005年 禁止	未実施	1.5f/ml	-
韓国	1988年 禁止	1988年 禁止	1988年 禁止	2009年 禁止予定 (2006年発表)	0.1f/ml(2001年現在)	-
シンガポール	1989年 禁止	1989年 禁止	1989年 禁止	1989年 部分禁止	0.1f/ml	-
ベトナム	1998年 禁止	1998年 禁止	1998年 禁止	禁止予定	0.1f/ml(8時間) 0.5f/ml(1時間)	-
タイ	1992年 禁止	2001年 禁止	2001年 禁止	未実施	5.0f/ml	-
マレーシア	禁止	未実施	未実施	未実施	0.1f/ml	-
フィリピン	禁止	禁止	禁止	未実施	0.1f/ml	-
サウジアラビア	禁止	禁止	禁止	1998年 禁止	2.0f/ml	-
クウェート	1995年 禁止	1995年 禁止	1995年 禁止	1995年 禁止	-	-
オーストラリア	1995年 禁止	1995年 禁止	1995年 禁止	2003年 禁止	0.1f/ml	-
ニュージーランド	未実施	未実施	未実施	未実施	-	-
ブラジル	2001年 禁止	2001年 禁止	2001年 禁止	2001年 禁止	0.4f/ml	1991年
チリ	複数の州で禁止	複数の州で禁止	複数の州で禁止	複数の州で禁止	-	1994年
ウルグアイ	2001年 禁止	2001年 禁止	2001年 禁止	2001年 禁止	-	1995年
アルゼンチン	2002年 禁止	2002年 禁止	2002年 禁止	2001年 禁止	-	-
南アフリカ	2000年 禁止	2000年 禁止	2000年 禁止	2001年 禁止	-	-
エジプト	2005年 禁止	2005年 禁止	2005年 禁止	2007-9年 禁止予定(2004年発表)	0.2f/ml(4時間) 0.6f/ml(10分間)	-
欧州連合(EU)	1991年 禁止	1991年 禁止	1991年 禁止	2005年 禁止	青 0.1f/ml 茶 0.1f/ml 白 0.1f/ml(2003年現在)	-
イギリス	1987年 禁止	1987年 禁止	1987年 禁止	1999年 禁止	白 0.3f/ml(4時間) 0.9f/ml(10分間) 白以外 0.2f/ml(4時間) 0.6f/ml(10分間) (2002年現在)	-
ドイツ	1994年 禁止	1994年 禁止	1994年 禁止	1993年 禁止	0.1f/ml	1993年
フランス	1978年 禁止	1978年 禁止	1978年 禁止	1996年 禁止	0.3f/ml(1993年決定)	-
オランダ	1986年 禁止	1986年 禁止	1986年 禁止	1994年 禁止	-	1999年
イタリア	1991年 禁止	1991年 禁止	1991年 禁止	1992年 禁止	-	-
ベルギー	1975年 禁止	1975年 禁止	1975年 禁止	1998年 禁止	-	1996年
ルクセンブルク	1984年 禁止	1984年 禁止	1984年 禁止	2002年 禁止	-	-
スウェーデン	1984年 禁止	1984年 禁止	1984年 禁止	1986年 禁止	0.2f/ml(1999年現在)	1987年
フィンランド	1984年 禁止	1984年 禁止	1984年 禁止	1992年 禁止	0.1f/ml	1988年
ノルウェー	1988年 禁止	1988年 禁止	1988年 禁止	1984年 禁止	-	1992年
デンマーク	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	1986年 禁止	-	2006年
ハンガリー	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
クロアチア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	未実施	-	1991年
ポーランド	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	1997年 禁止	-	-
リトアニア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
エストニア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
ラトビア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2001年 禁止	-	-
アイスランド	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2000年 禁止	-	-
アイルランド	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
チェコ共和国	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
スロバキア共和国	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
ルーマニア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	-
スロベニア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2007年 禁止予定	-	-
オーストリア	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	2005年 禁止	-	1992年
スイス	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	1990年 禁止	-	-
アイスランド	1993年 禁止	1993年 禁止	1993年 禁止	1989年 禁止	-	1992年
スペイン	1991年 禁止	1991年 禁止	1991年 禁止	1983年 禁止	-	-
アメリカ	未実施	未実施	未実施	2002年 禁止	ACGIH: TLV 0.1f/ml OSHA: PEL 0.1f/ml(8時間) 1.0f/ml(30分間) 青 0.1f/ml 茶 0.1f/ml 白 1.0f/ml	1990年
カナダ	未実施	未実施	未実施	未実施	-	1988年