

# 日本におけるアスベスト被曝による肺がん死亡数の推定手法

## A SIMPLE METHOD TO ESTIMATE THE NUMBER OF LUNG CANCER DEATHS DUE TO ASBESTOS-EXPOSURE IN JAPAN

織山和久\*, 横山禎徳\*\*

*Kazuhisa ORIYAMA and Yoshinori YOKOYAMA*

Since it is difficult to identify the cause, the lung cancer risk caused by the scattering of asbestos during building demolition seems to have been overlooked. Our study applies a simple method to estimate the number of lung cancer deaths based on basic epidemiological data. It indicates that 20.4% of men and 12.8% of women have been exposed to asbestos and it causes 39,000 lung cancer deaths each year in Japan. In order to decrease the enormous number of victims from now on, we need to widely recognize the serious risk of asbestos-exposure and to prevent them by using fundamental measures e.g. real-time monitoring.

**Keywords:** Asbestos-exposure, lung cancer deaths, estimation method, epidemiological data

アスベスト被曝, 肺癌死亡者数, 推計方法, 疫学データ

### 1. はじめに

本研究は、建物解体時におけるアスベスト飛散対策の重要性を改めて認識するために、アスベスト被曝による肺がん死亡者数の規模を推定することを目的としている。

アスベスト関連疾患としては、石綿肺、肺がん、中皮腫及び非腫瘍性の胸膜病変がある<sup>1)</sup>が、これまでは中皮腫の対策が先行している。悪性胸膜中皮腫死亡数の将来予測では、Age-Cohort model を用いて、2000~29 年の 30 年間の死亡数 58,000 人程度といった推定が公表され<sup>2)3)4)</sup>、社会的な認知も広まった。2005 年にはクボタ旧石綿管製造工場の中皮腫発生が周辺住民に及び社会問題となり、2006 年「石綿による健康被害の救済に関する法律」が制定された。中皮腫患者の約 80%には職業性石綿被曝が認められる<sup>5)</sup>ことから、石綿健康被害救済制度による認定疾病別認定件数(平成 18~24 年度)において中皮腫 7,484 件、肺がん 1,061 件、石綿肺 52 件、びまん性胸膜肥厚 50 件(合計 8,647 件)と中皮腫が主体である。

一方、今後の建築物の解体時のアスベスト飛散による肺がんの発生リスクについては過小評価の懸念がある。アスベストの累積輸入量は 1930 年以降で約 1 千万 t に上る<sup>6)</sup>。1986 年には輸入量の 78%、1996 年には輸入量の 93%が石綿セメント製品(建材)に、とアスベストの大半は建築物に使用された<sup>7)</sup>。建設作業者は、吹付け作業<sup>8)</sup>、はつり<sup>9)</sup>、スレートの切断・研磨・穿孔等の際にアスベストに被曝するために、関連疾患の発症も多く報告されている<sup>10)</sup>。首都圏の建設作業員について部検した 35 例のうち 30 例(85.7%)にア

スベスト被曝による生体反応である胸膜肥厚斑が確認された。さらにこうした建設作業員の肺癌 77 例のうち、石綿関連肺癌は胸部の CT にて胸膜肥厚斑を認めた 57 例 74%、との臨床所見を有している。このように、ほとんどの建設作業員にアスベストの汚染が進行しているのが現状である<sup>11)</sup>。

1994~2004 年にアスベスト含有建材は製造・使用が順次禁止されたが、使用中及び解体時には飛散リスクがある。建材に使用された吹付アスベストは、ほうきで掃く、扇風機の気流を当てる、といった解体作業よりも相当に軽度の乱し行為でも、室内に多量に浮遊する<sup>12)</sup>。今後、1970~90 年代にアスベスト含有建材を用いて建設された建物が相次いで寿命を迎える。解体によって、非飛散性アスベスト廃棄物は 2040 年頃まで毎年 40~50 万 t、飛散性では 2030 年頃まで毎年 2~3 万 t が発生することが予測されている<sup>13)</sup>。こうした建築物の解体・改修作業の際にアスベストが空中に浮遊すれば<sup>14)</sup>、解体作業員および周辺住民にも肺がんリスクが生じる。解体等の作業における石綿ばく露防止対策等については、平成 17 年に施行された石綿則等に基づく措置、平成 18 年の石綿則改正による対策等が講じられた。しかしリアルタイムモニター<sup>15)</sup>は実施されず、分析会社は除去業者の依頼を受けて検査するために、依頼主の意向を受けて検出結果の改竄も横行している<sup>16)注 1)</sup>。さらに公共建築においてもアスベスト飛散事故が報告されている<sup>14)注 2)注 3)</sup>。

このように解体時のアスベスト飛散対策が徹底されない状況は、肺がんを含めた関連疾患リスクへの影響が十分には認知されてい

\*横浜国立大学先端科学高等研究院客員教授 博士(学術)  
株式会社アーキネット 代表取締役

\*\*東京大学エグゼクティブ・マネジメント・プログラム 特任教授  
建築学修士、経営学修士

IAS Visiting Professor, Yokohama National University, Ph.D.  
Chief Executive Officer, archinet, inc.

Project Professor, The University of Tokyo Executive Management Program  
M. Arch. and M.B.A.

いことも一因であると考えられる。本研究はこのリスクの社会的認知を高めるために、このアスベスト被曝による肺がん死亡者数を簡便な推定式によって導くものである。

2. アスベスト関連疾患としての肺がん死亡者数の予測

1979 年のアメリカ・カナダのアスベスト関連疾患に関する疫学調査<sup>17)</sup>によると、10 万人当りの肺がんによる死亡率について

非喫煙・非アスベスト被曝	11.3
非喫煙・アスベスト被曝	58.4
喫煙・非アスベスト被曝	122.6
喫煙・アスベスト被曝	601.6

との数値が得られている。

ここで、喫煙とアスベスト被曝を独立事象と仮定し、喫煙率を  $c$ 、アスベスト被曝の比率を  $a$  とすれば

非喫煙・非アスベスト被曝の死亡者数	$(1-c) \times (1-a) \times 11.3$
非喫煙・アスベスト被曝の死亡者数	$(1-c) \times a \times 58.4$
喫煙・非アスベスト被曝の死亡者数	$c \times (1-a) \times 122.6$
喫煙・アスベスト被曝の死亡者数	$c \times a \times 601.6$

と書ける。

日本における喫煙率<sup>18)</sup>と肺がん死亡率<sup>19)</sup>は既知であり、以上の総和をとれば  $a$ （アスベスト被曝率）を求めることができる。男性の場合、喫煙率 32.2%、肺がん死亡率 85.1 であるから、 $a=20.4\%$  となる。次に、非喫煙・アスベスト被曝と、喫煙・アスベスト被曝の率を足すことで、アスベスト被曝による肺がん死亡率 47.6 が得られる。これは肺がん全体の死亡率のうち、55.9%に相当する。同様に、女性の喫煙率 8.2%、肺がん死亡率 32.1 から求めれば、アスベスト被曝率 11.3%。アスベスト被曝による肺がん死亡率は 14.1 である。これは肺がん全体のうち、43.9%に当る。

なお、このアスベスト被曝率の男女差は、建設労働の就労者数の違いを反映していると推測される。アスベスト被曝率について男性全体 20.4%、男性建設作業員 85.7%<sup>11)</sup>、非建設作業員については女性と同水準の 11.3%、喫煙率はいずれも同等とすると、同様の計算から建設作業員比率（男性）12.2%が導かれる。この比率 12.2%は、15 歳以上の男性就業者人口における建設業就業者の比率 11.1%（1970 年）、13.6%（1980 年）、13.4%（1990 年）<sup>20)</sup>に近似する。

そして日本の男女比は、女性 100 に対して男性 94.8 であるから、加重を按分するとアスベストによる肺がん死亡率 30.4 が求まる。この死亡率を日本全体の人口 12,730 万人<sup>21)</sup>に当てはめれば、アスベスト被曝による肺がん死亡者数は毎年 39 千人に及ぶことが推計される。単純にこの 20 年分をとると、774 千人にも上る。

ちなみに死因簡単分類別にみた主な死亡率では、脳梗塞 55.7、急性心筋梗塞 31.8、自殺 20.7、糖尿病 11.0、交通事故 4.8、火災等 1.0、となっており<sup>19)</sup>、これらの要因と比較してもアスベストによる肺がん死亡率 30.4 が高リスクであることが分かる。

3 時系列モデルによる検証

こうした推計値を病理学に基づいて直接的に検証することは難しい。したがって検証としては、この推計方法を既往の疫学調査を踏まえた時系列モデルに展開し、肺がん死亡率実績値の推移との整合性を観察するものとした。

禁煙経過と肺がん死亡リスクについては、日本人男性を対象とした疫学調査<sup>22)</sup>により、非喫煙者 1.00 に対して禁煙継続年数毎に

現在喫煙者	4.71
0~4 年	3.99
5~9 年	2.55
10~14 年	1.87
15~19 年	1.21
20~24 年	0.76
25 年以上	0.67

といった調査結果が得られている。このように長期に亘るほど禁煙効果は高まり、禁煙が 20 年継続した場合は、もともとの非喫煙者の肺がん死亡率に遜色ないほどの効果がある。

一方、肺がん発症までの潜伏期間については 135 例（うち男性 131 例）を対象とした調査<sup>22)</sup>により、平均  $47.2 \pm 10.6$  年という結果が得られている。さらに、石綿肺がん症例の生存曲線として、1 年生存率 56.0%、3 年 28.4%、5 年 18.0%という結果が報告され、 $n$  年後の生存率は  $0.571n^{-0.691}$  で近似される。

これらの結果を踏まえると、ある年次  $T$  における実質禁煙率  $c(T)$  は、 $\gamma$  を比例定数、 $s(T-t)$  を禁煙継続年数による肺がん死亡率、 $n(t)$  を  $t$  年次における喫煙率とくと

$$C(T) = \gamma \sum s(T-t)(n(t) - n(t-1))$$

ただし  $t=T$  のとき  $n(t) - n(t-1) = 1$

として算定できる。

またアスベスト被曝率については潜伏期間を遡った  $t$  年次における人口比アスベスト輸入量  $u(t)$  に比例すると仮定して、 $T$  年次における発症確率を  $p(\bar{T}-t)$ 、 $T$  年次に発症したときの  $T$  年次の死亡率を  $d(T-\bar{T})$ 、とくと、 $T$  におけるアスベスト被曝率  $a(T)$  は、

$$a(T) = \alpha \sum_t \sum_{\bar{T}} u(t)p(\bar{T}-t)d(T-\bar{T})$$

と推計した。

このとき  $c=c(T)$ 、 $a=a(T)$  とおき、前章 2. のように喫煙の有無、アスベスト被曝の有無による死亡率を掛け合わせ、 $\gamma = 0.1081$ 、 $\alpha = 0.121$  としたときに 20 年間(1995~2015)の肺がん死亡率の実績値に近似できる( $R^2=0.9789$ )ことが検証された(図 1)。

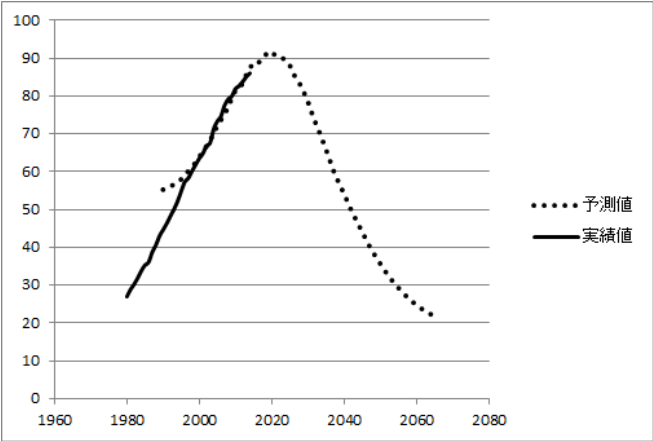


図 1 肺がん死亡率 予測値と実績(男性 10 万人当り)

一方、アスベスト被曝を考慮しない場合は、 $\gamma$  にどのような正值をおいても、近年の喫煙率の低下傾向と相反するような肺がん死亡率の上昇をこの推計モデルは説明することができない(図 2)<sup>注 4)</sup>。

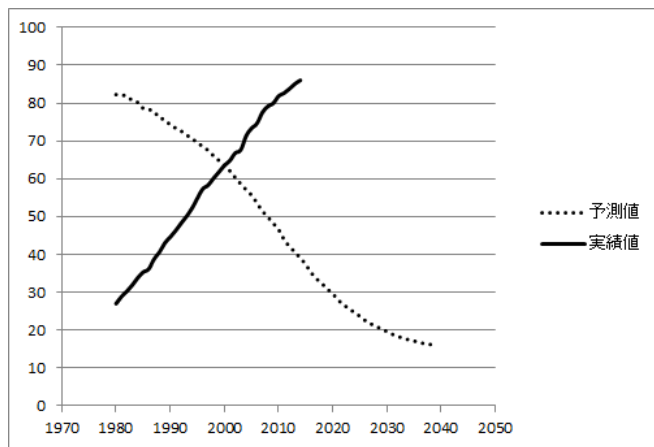


図2 喫煙要因のみの肺がん死亡率 予測値と実績  
(男性 10万人当り)

#### 4 考察

この推計方法から、肺がん死亡率の要因別にその動向を追うことができる。将来の肺がん死亡率と要因毎の死亡率については、喫煙率がこれまでの傾向のまま低減するとして

$$y \text{ 年後の喫煙率} = -99.588y^2 - 5.4594y + 0.8197 \quad (R^2=0.9951)$$

と仮定した。

時系列モデル（図3）において、10万人当りの死亡率は1990年に55.2人、その要因はアスベスト非被曝・喫煙43.1人が78%を占める。2020年に91.2人とピークを迎え、その大半はアスベスト被曝・喫煙52.2人、アスベスト被曝・非喫煙15.6人と全体の74%がアスベスト被曝に由来する。

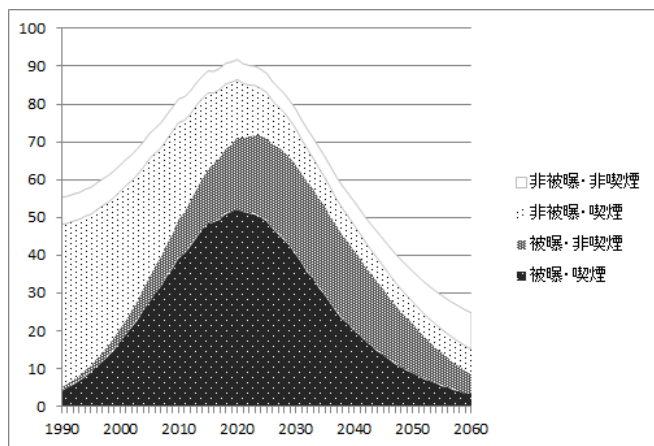


図3 要因別肺がん死亡率の予測(男性 10万人当り)

そして特に留意すべき点は、解体時のアスベスト飛散による影響である。アスベスト含有建材を用いた建築物も寿命を終えて、今後2040年頃まで相次いで解体される。解体時のアスベスト含有廃棄物は40～50万tにも上ることが予想される<sup>13)</sup>。その際にアスベスト飛散防止措置が徹底されていなければ、解体作業員も周辺住民もアスベストに被曝し肺がん罹患する恐れが大きい。時系列モデルでは2020年をピークに肺がん死亡者数は減少するが、解体時のアスベスト飛散防止措置が徹底されない場合は、肺がん死亡者数は予測値から数千人から数万人規模上回ったまま21世紀終わりまで推移

する可能性がある。この解体時のアスベスト飛散と肺がん発症リスクについては既往の疫学的な調査もないため、そのリスクは社会的認知が得られにくい。

いままでの一般的な認識では、肺がんの最大の原因としてはたばこの影響が指摘されてきた<sup>注5)</sup>。しかし時系列モデルが示すように、近年から将来は、肺がん死亡の大半はアスベスト被曝に由来する。このような認識を広く共有することによって、今後の解体時のアスベスト飛散防止策を徹底する必要がある。

#### 5 まとめ

アスベスト被曝による肺がん死亡者数は、年間約39千人に上ると推計される。近年、喫煙率が低下しているにもかかわらず、肺がん死亡者率が上昇している。この現象は、年間輸入量約30万tものアスベスト使用時に被曝し、発症・死亡するまでの潜伏期間が50年超に及ぶためと考えられる。肺がん発症の最大の原因は、アスベスト被曝に求められる。

今後、特に懸念されるのは、今後の解体時のアスベスト飛散である。防止策は講じられているが、リアルタイムモニタリングはなく、解体業者が依頼した分析会社に検出結果を改竄させる例も横行して、公共建築でもアスベスト飛散事故が報告されている。国内累計で1,000万tものアスベストを使用した建物群が順次寿命を迎え、2040年頃までアスベスト含有廃棄物が毎年40～50万tが発生することが予測される。飛散防止措置が不十分なままでは、解体業者及び周辺住民がアスベストに被曝し、21世紀末まで毎年数万人規模の犠牲者を再び出す恐れがある。

今後はこうした甚大な被害を予防するために、このアスベスト被曝による重大な肺がん罹患リスクを、建築関係者のみならず広く社会に共有する必要がある。それとともに建物解体時においてアスベスト飛散防止対策として、リアルタイムモニタリングを基本に不備・不正が生じない合理的な制度設計を検討したい。

#### 注

注1) 「真面目にやったら損するよ。日本では、みんな除去業者が雇った分析会社がエアモニして、工事中は全部『不検出』の結果が出る。行政に届けた完了報告書も問題無く受領されるんだからね。もし30年後、隣の人が中皮腫になっても、行政に出された報告書は問題が無いんだから、その因果関係を証明できないでしょ。だから真面目に測定して、飛散しましたと馬鹿正直に報告に行くのは、やらないよ。誰もやってないんだから。」<sup>16)</sup>

注2) 仙台市は2011年11月30日、大震災で被害を受けて解体工事の旧ホテルサンルート仙台（青葉区中央4丁目）周辺の大気中からアスベスト繊維数360本/l（最大）、WHOが定める基準を13～36倍上回るアスベスト（石綿）が検出されたと発表した。

注3) 東京都から都営住宅の営繕業務を受託している東京都住宅供給公社（本社・渋谷区）は2015年6月1日、2008年度以降、13区市の都営住宅25団地54戸で、法定の飛散防止対策をとらず、アスベストを含んだ天井吹き付け材の撤去工事をした可能性が高いと発表した。

注4) 図2では2000年次の肺がん死亡率に合わせて、 $y=0.174$ としている。

注5) たとえば日本医師会「がん検診 肺がんの原因」のホームページ  
<https://www.med.or.jp/forest/gankenshin/type/lung/cause/>

#### 参考文献

- 1) 森永謙二：疫学からみた石綿関連疾患，過去、現在、未来，肺癌 49(1), pp.39-47, 2009-02-20
- 2) 車谷典男・名取雄司・高橋謙・村松武彦：わが国における悪性胸膜中

- 皮腫死亡数の将来予測, 第 1 報: 胸膜中皮腫関連死亡に関する ICD 死因分類の変遷, 産業衛生学雑誌 44(臨時増刊), p.328, 2002-03-20, 公益社団法人日本産業衛生学会
- 3) 車谷典男・名取雄司・高橋謙・村松武彦: わが国における悪性胸膜中皮腫死亡数の将来予測, 第 2 報: Age-Cohort model を用いた死亡数の推定, 産業衛生学雑誌 44(臨時増刊), p.329, 2002-03-20, 公益社団法人日本産業衛生学会
- 4) 黒田孝一: 中皮腫死亡者数の将来予測に関する考察, 生活衛生 Vol.51 No.2, pp.106-109, 2007
- 5) Tossavainen A, reporter: Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution, Scand J Work Environ Health 1997;23(4):pp.311-316
- 6) 船坂邦弘・鶴保謙四郎・森義明: アスベスト 問題の現状と課題, 生活衛生 Vol.50 No.5, pp.333-337, 2006
- 7) 厚生労働省: 建築物の解体等における石綿ばく露防止対策等検討会報告書, 平成 20 年 9 月
- 8) 森義明: 吹き付けアスベストに関する環境衛生学的研究, 生活衛生 Vol.36, pp.351-366, 1992
- 9) 車谷典男・松浦良和・熊谷信・中村猛・山根孝・林繁行・片岡明彦: はつり労働者の健康障害, 産業衛生学雑誌 45(2), p.80, 2003-03-20
- 10) 佐本昌平・来嶋安子・宮岡博之・山本昭郎・藤本真次・石橋修: 京都の建築労働者におけるアスベスト検診, 産業医学 32(2), p.150, 1990-03-20
- 11) 海老原勇: アスベストによる被害の広がりと今後の動向 建設作業者の石綿関連疾患の現状をふまえて, 社会労働衛生, 1 巻 4 号 Vol 1-4, 2004 年
- 12) 入江建久・吉沢晋・渡辺勝一郎・山岸 幸平: 乱し行為によるアスベスト発生量, 日本建築学会計画系論文報告集 (410), pp.21-27, 1990
- 13) 小見康夫: 建物解体に伴うアスベスト廃棄物の発生量予測, 建物の長寿命化トレンドにおける建材のストック/排出量の算出方法に関する研究 その 3, 日本建築学会計画系論文集 第 76 巻 第 670 号, pp.2403-2409, 2011
- 14) 古市裕子・船坂邦弘・榎元慶子・山本攻・森義明: アスベスト分析の現状と大阪市内における建築物等の解体・除去等の工事敷地境界での空気中アスベスト濃度の考察, 生活衛生 Vol.52 No.2, pp.112-118, 2008
- 15) 神山宣彦: わが国の一般大気中アスベスト濃度測定の実績と今, 東洋大学紀要 自然科学篇, 54 号, pp.55-67, 2010
- 16) 亀元宏宣: 米国の石綿飛散防止対策の制度及び分析手法等について, 中央環境審議会大気環境部会 石綿飛散防止専門委員会ヒアリング, 平成 24 年 7 月 20 日
- 17) Hammond EC, Selikoff IJ, Seidman H: Asbestos exposure, cigarette smoking and death rates. Ann N Y Acad Sci. 1979;330:473-90.
- 18) 厚生労働省: 平成 25 年 国民健康・栄養調査
- 19) 厚生労働省: 平成 25 年 (2013) 人口動態統計
- 20) 総務省統計局: 国勢調査
- 21) 総務省: 人口推計 平成 26 年
- 22) Kenji Wakai, Tomomi Marugame, Shinichi Kuriyama, Tomotaka Sobue, Akiko Tamakoshi, Hiroshi Saotoh, Kazuo Tajima, Takachiro Suzuki and Shoichiro Tsugame: Decrease in risk of lung cancer death in Japanese men after smoking cessation by age at quitting: Pooled analysis of three large-scale cohort studies, Cancer Science, Volume 98, Issue 4, pp.584-589, April 2007
- 23) 岸本卓巳: 我が国における石綿ばく露による肺がんの調査研究, 労災病院グループ自験症例 135 例の臨床像, 独立行政法人労働者健康福祉機構 アスベスト関連疾患研究センター, 2007

# A SIMPLE METHOD TO ESTIMATE THE NUMBER OF LUNG CANCER DEATHS DUE TO ASBESTOS-EXPOSURE IN JAPAN

*Kazuhisa ORIYAMA\* and Yoshinori YOKOYAMA\*\**

\* Visiting Professor, Institute of Advanced Sciences, Yokohama National University, Ph.D.

\*\* Project Professor, The University of Tokyo Executive Management Program, M. Arch. and M.B.A.

Exposure to any type of asbestos will increase the risk of lung cancer, mesothelioma and nonmalignant lung and pleural disorders, including asbestosis, pleural plaques, pleural thickening, and pleural effusions. Among these, the risk of mesothelioma caused specifically by exposure to asbestos is being treated most effectively. It was estimated in 2002, and became a matter of social concern, that the number of deaths due to mesothelioma would amount to 58,000 over the next 30 years. After the so-called Kubota shock in June 2005, liable companies were forced to take measurements to compensate the victims. The Act on Asbestos Health Damage Relief was enacted in 2006 and 8,647 certificated patients, which included 7,484 mesothelioma patients, have been compensated between 2006 and 2012. In contrast, they seem to overlook the risk of lung cancer caused by the scattering of asbestos during building demolition, although about 90% of the 100 million tons of asbestos accumulated after 1930 was used for building materials and were to be mostly demolished in the coming 30 years due to aging. Asbestos scattering accidents were often reported because the method of asbestos treatment lacks real-time monitoring and allows alteration of inspections after the fact. We expect that our simple estimation could revive social concerns about asbestos scattering and provide a springboard to completely regulate the method of asbestos treatment during building demolition.

Our estimation method is simple. Epidemiological data on 'ASBESTOS EXPOSURE, CIGARETTE SMOKING, AND DEATH RATIO (1979)' revealed that the death rate per 100,000 man-years is 11.3 for no asbestos-exposure (AE) and no history of cigarette smoking (CS), 58.4 for AE and no CS, 122.6 for no AE and CS, and 601.6 for AE and CS. If we substitute the asbestos-exposure ratio for "a", the cigarette smoking ratio for "c", and suppose that the values of a and c are event-independent:

$$\text{Total lung cancer death ratio} = (1-c) \times (1-a) \times 11.3 + (1-c) \times a \times 58.4 + c \times (1-a) \times 122.6 + c \times a \times 601.6$$

We know the cigarette smoking ratio and lung cancer death ratio by sex in Japan is 32.2% and 85.1 for 100,000 males, and 8.2% and 32.1 for 100,000 females. We can then calculate that the value of a for males is 20.4%, and the value of a for females is 12.8%. As a result, lung cancer deaths due to asbestos-exposure work out to be  $(1-c) \times a \times 58.4 + c \times a \times 601.6$  which is 47.6 for male and 14.1 for female. Considering that the population is 127.3 million, and the population sex ratio is 94.8 for male vs. 100.0 for female, lung cancer deaths due to asbestos-exposure in Japan is estimated to be 39,000 each year. The lung cancer death ratio due to asbestos-exposure of 30.4 is comparable to 55.7 for deaths due to cerebral infarction, 31.8 due to cardiac infarction, 20.7 due to suicide, 11.0 due to diabetic, 4.8 due to traffic accident, and 1.0 due to fire.

We examine validity of our estimation method by time series data that consist of asbestos usage, cigarette smoking ratio, period effect of non-smoking effect, incubation period of lung cancer after asbestos exposure, and lung cancer death. It estimates lung cancer death during 20 years (1995-2015) with a high correlation ( $R^2=0.9789$ ) only if we consider asbestos-exposure. And it predicts that 67.8 lung cancer death for 100,000 males will be caused by asbestos-exposure among 92.1 to the peak of 2020. We concern that careless building demolition cause secondary asbestos-exposure and increase lung cancer death in the future.

Our simple but rough estimation method will indicate the magnitude of asbestos-exposure health risk and the necessities of complete and effective method of asbestos treatment on building demolition for minimizing expected risk.