

平成 23 年度「東日本大震災がれき処理作業等における石綿気中濃度モニタリング」調査結果について

(独)労働安全衛生総合研究所

## 1. 目的

厚生労働省による「東日本大震災がれき処理作業等における石綿気中濃度モニタリング」結果について、作業毎の石綿飛散状況についてまとめ、その特徴や対策、今後さらなる調査を要する現場の選定についての情報を得ることを目的とする。

## 2. 方法

今回の調査対象作業場は、大きく建築物の解体作業場とがれき集積場に分類することができる。建築物の解体については建築物の種類(木造、鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造)、がれき集積場での作業については集積・分別作業及び破碎作業に分けて、石綿飛散状況の特徴や問題点等を検討する。

## 3. 結果

### 3.1 建築物の解体作業場

#### (a)木造

木造建築物の解体作業の測定は 17 か所で行われ、事前の調査で石綿含有建材の使用が確認された例はなかった。そのため、隔離をして除去作業を行っている例はなかった。使用されていた建材としては吹付け材、保温材、断熱材、成形材（スレート板等）が挙げられており、6 か所については疑わしい建材ありとのことであった。それ以外は不明との記載が多く、主に木材という記載が 1 か所、一般木造家屋が 2 か所あった。使用されていないという現場はなかった。

位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では、全 65 測定点(定点 17、個人ばく露 48)のうち、30 f/L を超えたのが 7 点(全て個人ばく露)、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 18 点(定点 4、個人ばく露 14)、3 f/L 以下が 40 点であった。最大値は宮城県 No.31 個人ばく露②で、393.91 f/L とかなり高い値であった。同現場では個人ばく露①でも 382.76 f/L と高い値である。この時の作業は、手作業で壁などを剥がす内部解体である。一方、定点においては 0 f/L であるのは、作業者が建屋内部で作業していたのに対して定点を建屋外に設定したためと考えられる。個人ばく露①及び②についての電子顕微鏡による分析結果から、個人ばく露①で 1 本(7.0 f/L)、トレモライトもしくはアクチノライトの可能性のある繊維が確認されたが、それ以外(個人ばく露①49.5 本、個人ばく露②5.5 本)は石綿以外の繊維であった。そのため、大量の石綿にばく露した状態ではなかったと考えられる。個人ばく露が 3 点とも 30 f/L を超えた宮城県 No.35 における作業も建屋内部で床板や壁などの剥がす作業であり、こ

のような作業では換気の少ない状態で粉じん濃度が下がらないことが高濃度になる原因と考えられる。

電子顕微鏡による組成分析から、上記以外に福島県 No.34 の個人ばく露③でアモサイトが 1 本(8 本中)、石綿の可能性のある繊維として確認された。偏光顕微鏡による観察から、石綿の可能性のある繊維が検出されたのは 6 点で、いずれもクリソタイルという判定であった。本数としては最大で 3 本(3.56 f/L、岩手県 No.12 個人ばく露①と福島県 No.33 個人ばく露①)、割合としては最大で 50%であった(岩手県 No.12 個人ばく露①)。

## (b)鉄骨構造

鉄骨構造(S 造)建築物の解体作業の測定は 10 か所(ただし、うち 3 か所は同一現場である。)で行われた。事前の調査で石綿含有建材の使用が確認された例は 5 か所(ただし、うち 3 か所は同一現場である。)で、使用されていた建材としては吹付け材、断熱材であった。使用が確認された現場では隔離をして除去作業が行われていた。石綿含有建材の使用が確認されなかった 5 か所で使用されていた建材としては吹付け材、保温材、断熱材、耐火被覆材、成形材(スレート板等)が挙げられており、このうち 1 か所については疑わしい建材ありとのことであった。それ以外の 4 か所は不明とされている。

宮城県 No.3、No.15 及び No.20 については、大規模な漏えいが確認され、すでに第 5 回合同会議においても報告されているので、詳細は省略する。石綿含有建材の使用が確認され、隔離が行われていた残りの 2 か所の現場において定点 2、隔離内 2、前室付近 2、排気口付近 2 の測定が行われた。なおこれ以降、石綿繊維数濃度が高くなることが予想される隔離内のデータについては考察から除外する。隔離外のデータについて見てみると、定点、前室付近、排気口付近の計 6 点において総繊維数濃度で 3 f/L を超える値は測定されなかった。これらの現場ではしっかりと隔離が行われ、漏えいは起こっていなかったと考えられる。

石綿含有建材の使用が確認されなかった 5 か所において、位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では、全 20 測定点(定点 6、個人ばく露 14)のうち、30 f/L を超えた点は無く、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 9 点(定点 3、個人ばく露 6)、3 f/L 以下が 11 点であった。最大値は岩手県 No.11 定点①で 16.64 f/L であった。同地点では個人ばく露②でも 14.27 f/L と若干高い値であり、その他 2 点も 3 f/L を超えていた。この時の作業は、重機(クラッシャー)による解体作業と飛散防止の散水作業を行っていた。発生源と考えられる重機のオペレーター(個人ばく露①)よりも周辺作業員(個人ばく露②)及び定点①が高いのは、構造上重機運転席内に粉じんが入りにくいためと考えられる。偏光顕微鏡観察結果から、これらの繊維は全て石綿以外の繊維であった。

岩手県 No.11 以外の現場では、偏光顕微鏡による観察から石綿の可能性のある繊維が検出されたのは岩手県 No.20 個人ばく露③の 1 点で、クリソタイルという判定であった。本数としては 1 本(1.18 f/L)、割合としては 33%であった。

### (c)鉄筋コンクリート構造

鉄筋コンクリート構造(RC 造)建築物の解体作業の測定は 27 か所で行われた。事前の調査で石綿含有建材の使用が確認された例は 10 か所で、使用されていた建材としては吹付け材、保温材、断熱材、耐火被覆材であった。使用が確認された現場では隔離をして除去作業が行われていた。石綿含有建材の使用が確認されなかった 17 か所で使用されていた建材としては吹付け材、保温材、断熱材、耐火被覆材、成形材（スレート板等）が挙げられており、2 か所については疑わしい建材ありとのことであった。それ以外は不明なものが 11 か所、主にコンクリートであったものが 3 か所、事前調査により不使用であるとされたものが 1 か所であった。

全 105 測定点のうち、石綿含有建材の使用が確認され、隔離が行われていた 10 か所の現場において定点 10、隔離内 9、前室付近 9、排気口付近 9、任意点 2 の測定が行われた。ここで、宮城県 No.17 では内部の損傷がひどいため施工業者からの要望で建屋内部への立ち入りができなかった。そのため、建屋外部において任意点を 2 点設定して測定を行った。

隔離外のデータについて見てみると、定点、前室付近、排気口付近及び任意点の計 30 点において、位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では 30 f/L を超えたのが 4 点(定点 1、前室 3)、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 6 点(定点 2、前室 3、排気口 1)、3 f/L 以下が 20 点であった。

30 f/L を超えていた 4 点のうち、福島県 No.29 前室付近では総繊維数濃度が 98.70 f/L であったが、電子顕微鏡による分析結果から石綿は確認されず、すべてその他の繊維であった。それ以外の 3 点では、電子顕微鏡による分析結果から石綿が確認された。茨城県 No.1 では、前室付近で総繊維数濃度 443.81 f/L と高い値が測定され、電子顕微鏡による分析結果からクリソタイル 1 本(37 本中、3%、7 f/L)、クロシドライト 35 本(37 本中、95%、245 f/L)確認されている。事前調査で確認されている石綿もクリソタイルとクロシドライトであり、漏えいしたものと考えられる。この現場では、定点においても総繊維数濃度で 38 f/L、電子顕微鏡による分析結果から 4 本(5 本中、80%、28 f/L)のクロシドライトを確認しており、広範囲に飛散していたと考えられる(発生源から定点までの距離はおよそ 15m)。

福島県 No.27 においても前室付近において総繊維数濃度 58.26 f/L と高い値が測定され、電子顕微鏡による分析結果からアモサイトが 5 本(6 本中、83%、35 f/L)確認されている。事前調査で確認されている石綿もアモサイトであり、漏えいしたものと考えられる。

偏光顕微鏡による観察から、石綿の可能性のある繊維が検出されたのは 3 点で、いずれもアモサイトという判定であり、これは事前調査で確認されている石綿と同種であった。福島県 No.26 の前室付近では 9 本(19 本中、47%、10.70 f/L)のアモサイトが確認された。この現場についても漏えいの疑いがある。

石綿含有建材の使用が確認されなかった 17 か所の現場においては、定点 17、個人ばく露 49 の測定が行われた。このうち宮城県 No.32 個人ばく露②で計数不能となったため、個人

ばく露データ数としては 48 である。位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では 30 f/L を超えたのが 4 点(全て個人ばく露)、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 14 点(全て個人ばく露)、3 f/L 以下が 47 点であった。

宮城県 No.32 では、非繊維状粒子が多く浮遊しており、個人ばく露②においては視野のほとんどを占めていたため、計数不能となっている。作業としては、マンションの部屋の内部を手作業で解体しており、石膏ボード等を剥がす際に大量の粉じんが舞っていたと記載されている。個人ばく露①及び個人ばく露③も同じ状況であったが、ここで注目すべき点としては両者の繊維数濃度が高いだけでなく、電子顕微鏡による分析結果から個人ばく露①においてクリソタイル(1 本)とアモサイト(4 本)、個人ばく露③においてアモサイト(1 本)が検出されていることである。特に個人ばく露①のアモサイトについては全 25 本中 4 本であり、アモサイトが混入した建材であった可能性がある。事前調査に問題があったものと考えられる。

最大値は上記の宮城県 No.32 個人ばく露①の 158.03 f/L であり、この現場では個人ばく露③も 138.51 f/L と 2 番目に高い値となっていた。作業としては内部解体であり、この作業で濃度が高いというのは木造の場合と同様である。実際に、他に 30 f/L を超えていた 2 点(宮城県 No.34 個人ばく露①及び個人ばく露②)も内部解体作業であった。またこの宮城県 No.34 の個人ばく露②では、上記宮城県 No.32 と同様に電子顕微鏡による分析結果からクリソタイル 2 本とアモサイト 2 本を検出している。この現場では石綿含有建材の有無は不明とだけ記載されており、事前に建材の分析を行ったかどうかについてはわからないが、石綿含有建材が使用されていた可能性がある。

電子顕微鏡による組成分析から、上記の通り宮城県 No.32 の個人ばく露①及び個人ばく露③、宮城県 No.34 個人ばく露②の 3 点で石綿の可能性がある繊維として確認された。偏光顕微鏡による観察から、石綿の可能性のある繊維が検出されたのは 3 点で、いずれもクリソタイルという判定であった。本数としては最大で 1 本(岩手県 No.15 個人ばく露③、福島県 No.31 個人ばく露②及び福島県 No.32 個人ばく露②)、割合としては最大で 33%であった(福島県 No.32 個人ばく露②)。

#### (d)鉄骨鉄筋コンクリート構造

鉄骨鉄筋コンクリート構造(SRC 造)建築物の解体作業の測定は 15 か所で行われた。事前の調査で石綿含有建材の使用が確認された例は 10 か所で、使用されていた建材としては吹付け材及び耐火被覆材であった。使用が確認された現場では、福島県 No.1 を除き隔離をして除去作業が行われていた。福島県 No.1 では、現場責任者からの聞き取り調査を元に、建材(吹付け材)にクロシドライトが含有されていたと記載されている。しかし、測定時には解体作業が進行しており、作業は鉄骨とがれきの仕分けと搬出であったことから、石綿含有建材はすでに除去され、隔離が撤去された後に当該作業を行っていたものと推察される。石綿含有建材の使用が確認されなかった 5 か所で使用されていた建材としては断熱材、成

形材が挙げられており、全て不明とのことであった。

全 62 測定点のうち、石綿含有建材の使用が確認され、隔離が行われていた 9 か所の現場において定点 9、隔離内 11、前室付近 9、排気口付近 9 の測定が行われた。

隔離外のデータについて見てみると、定点、前室付近及び排気口付近の計 27 点において、位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では 30 f/L を超えた点は無く、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 4 点(定点 1、前室 1、排気口 2)、3 f/L 以下が 23 点であった。偏光顕微鏡による観察から、3 f/L を超えて 30 f/L 以下の 4 点ではいずれも石綿の可能性のある繊維が検出されなかった。

石綿含有建材の使用が確認されなかった 5 か所及び上記の福島県 No.1 の現場においては、定点 6、個人ばく露 18 の測定が行われた。位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では、30 f/L を超えたのが 1 点(個人ばく露)、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 13 点(全て個人ばく露)、3 f/L 以下が 10 点であった。

最大値は宮城県 No.33 個人ばく露①の 41.62 f/L であった。作業としてはマンション室内の内部解体であり、同じ室内で作業を行っていた個人ばく露②及び個人ばく露③でもそれぞれ 3.56 f/L 及び 26.16 f/L と若干高い値であった。しかし、それぞれ電子顕微鏡及び偏光顕微鏡による分析の結果、石綿と判断される繊維は確認されなかった。

福島県 No.1 においては、個人ばく露 3 点でいずれも 6 f/L 程度の総繊維数濃度であったが、偏光顕微鏡による分析結果からいずれもクロシドライトの可能性のある繊維が確認された(個人ばく露①2 本、個人ばく露②1 本、個人ばく露③1 本)。元々使用されていた吹付け材に含まれていた石綿がクロシドライトであったため、除去した後に残存していた石綿が飛散した可能性がある。

それ以外の偏光顕微鏡による分析結果から、クリソタイルが 1 本確認された例が 3 点あるが、いずれも大量の石綿にばく露した状態ではなかったと考えられる。

#### (e)まとめ

今回調査を行った木造建築物の解体現場では、石綿含有が疑われる建材はあったものの、含有が確認された例は無かった。作業中の総繊維数濃度は数百 f/L と高濃度になる例もあったが、電子顕微鏡及び偏光顕微鏡の分析結果からは石綿と判断される繊維はわずかで、石綿繊維数濃度としては数 f/L 程度までであった。この濃度レベルであれば、より高性能な電動ファン付呼吸用保護具を使用しなくとも、防じんマスクの着用で対策としては十分有効であると考えられる。ただし、石綿含有吹付け材等の木造建築物への使用例は少ないと思われるが、屋根や外壁等には石綿含有の成形板等が使用されていた可能性がある。実際、偏光顕微鏡の分析結果では比較的石綿繊維の占める割合の多い例(宮城県 No.12 個人ばく露①において、総繊維数濃度の 50%がクリソタイルと判定されている。)もあったことから、特に内部解体のような総繊維数濃度が高くなる可能性のある作業時には、より慎重に事前調査を行い石綿含有の有無を調べる必要がある。

今回の調査では建築物の解体作業において石綿の測定を行うことを目的としており、石綿含有建材の使用が確認された現場を優先して選定が行われている。同一現場である宮城県 No.3、No.15 及び No.20 を 1 か所と数えると、今回の調査で鉄骨構造、鉄筋コンクリート構造及び鉄骨鉄筋コンクリート構造の建築物の解体作業の測定が行われたのは 50 か所で、そのうちの約半数に当たる 23 か所で事前の調査で石綿含有建材の使用が確認された。このうち 1 か所(福島県 No.1)では測定時にはすでに除去作業が行われた後であったため、隔離された状態で石綿除去作業が行われていた状況で測定を行ったのは 22 か所であった。石綿含有建材の除去作業時に隔離外で高濃度の石綿繊維が測定された現場は、宮城県 No.3 以外に茨城県 No.1、福島県 No.26、福島県 No.27 であった。

隔離外の作業者は防じんマスク等を着用していない場合もあるため、特にばく露が懸念される。解体作業時の石綿飛散・ばく露についてはこれまでも再三周知されているところであるが、今後データ数を増やしてより正確な状況の把握に努めるとともに、より実効性のある対策について検討する必要があると考えられる。

石綿含有建材の使用が確認されなかった例においても、気中濃度の測定から複数本の石綿繊維を確認した例があった。総繊維に占める割合は大きいものではなかったが、総繊維数濃度が高くなりやすい内部解体等では問題となる可能性があるため、より慎重に事前調査を行い石綿含有の有無を調べることが重要になる。

また、石綿含有建材除去後の解体作業において、使用されていた石綿と同種の石綿が飛散していた例があった。除去終了時の清掃や隔離撤去の判断等、除去作業終了後の作業における留意点も課題である。

## 3.2 がれき集積場

### (a)集積作業

がれき仮置場、集積場における集積作業の測定は 24 か所で行われた。がれきの種類としては主に様々なものが混在している混合がれきであり、重機及び手作業による分別、集積、搬出等の作業が行われていた。石綿含有建材を受け入れている集積場は無かったが、疑わしい建材等が混在しており、石綿の有無は不明であった。3 か所の集積場(青森県 No.2、福島県 No.22 及び福島県 No.24)では、一角に石綿含有が疑われるものだけを集積しているところもあった。この中で、青森県 No.2 ではスレート材を分別しドラム缶に詰める作業を行っていた。

全 95 測定点のうち、定点 24、個人ばく露 71 の測定が行われた。個人ばく露測定の内訳は重機オペレーター 30、重機周辺作業員 14、がれき分別作業員 14、がれき運搬作業員 6、誘導員 4、ドラム缶詰作業員 1、散水作業員 1、リフト運転員 1 であった。位相差顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では 30 f/L を超えた点は無く、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 36 点、3 f/L 以下が 59 点であった。最大値は千葉県 No.2 個人ばく露②で 15.45 f/L で、10 f/L を超えた測定結果はこの 1 点のみであった。

なお、今回の結果のように、総繊維数濃度が比較的低い場合は、この結果からがれき集積場における繊維数濃度の特徴や問題点を議論することは難しいと考えられる。上記の千葉県 No.2 の結果を見ると、最大値となった個人ばく露②の作業者は重機の周辺で手作業による仕分けを行っていたが、同様の作業を行っていたもう一人の重機周辺作業員(個人ばく露③)の値は 4.75 f/L であった。このことから、同内容の作業員間での測定値においてもこの程度の幅があることがわかる。また、重機オペレーター(個人ばく露①)の総繊維数濃度は 7.13 f/L であり、重機内の濃度もこの範囲内と考えることができる。このように同一現場の同一作業においても濃度に幅があり、濃度自体が低いためにその幅が濃度に対して無視できない程大きいと、作業内容や気象条件等による比較は困難であると言える。

同じく、測定数が 10 以上ある作業毎に最大値と平均値を見ると、重機オペレーターの最大値が 9.51 f/L、平均値が 3.52 f/L、重機周辺作業員の最大値が 15.45 f/L、平均値が 3.90 f/L、がれき分別作業員の最大値が 2.37 f/L、平均値が 1.10 f/L であった。がれき分別作業員が低くなるのは主な発生源と考えられる重機から離れて作業することがあったことから一見、妥当であるように見えるが、この程度まで低い値であると定量的な信頼性は得られないことに注意が必要である。

偏光顕微鏡による観察から、石綿の可能性のある繊維が検出されたのは 18 点で、クリソタイルが 17 点、アモサイトが 3 点(うち 2 点はクリソタイルも検出)であった。本数としては、総繊維数濃度が最大であった千葉県 No.2 個人ばく露②でクリソタイルが 4 本、アモサイトが 1 本を検出したのが最大である(13 本中、38%)。割合としては最大で 67%(3 本中 2 本、岩手県 No.2 個人ばく露①)であった。

一角に石綿含有が疑われるものだけを集積していた 3 か所の測定結果は特に他の集積場と比べて高濃度であったり、石綿の割合が高いということは無かった。粉じんの飛散に影響を与えると予想される気象条件についても、天気、48 時間累積降雨量、気温、湿度、風速による影響を見出すことは出来なかった。散水を行っていた作業場は 5 か所であった。上記、千葉県 No.2 においても一部で散水が行われていたほか、福島県 No.22 においても散水が行われていたが、最大 5.94 f/L と他と比べて特に低くなっているわけではなかった。

## (b) 破碎作業

がれき仮置場、集積場等におけるがれきの破碎作業の測定は 7 か所で行われた。がれきの種類としては主に様々なものが混在している混合がれきであったが、アスファルト・コンクリートがれきを集めている集積場が 1 か所あった(福島県 No.2)。破碎は重機、破碎機及び砕岩機で行われ、それ以外にも重機及び手作業による分別、集積、搬出等の作業が行われていた。石綿含有建材を受け入れている集積場は無かったが、敷地内に石綿含有建材を保管している集積場が 1 か所あった(福島県 No.7)。

全 28 測定点のうち、定点 7、個人ばく露 21 の測定が行われた。個人ばく露測定の内訳は重機オペレーター 7、重機(破碎機)周辺作業員 5、がれき分別作業員 9 であった。位相差

顕微鏡法による総繊維数濃度の結果では 30 f/L を超えた点は無く、3 f/L を超えて 30 f/L 以下が 3 点、3 f/L 以下が 25 点であった。最大値は岩手県 No.27 個人ばく露②及び個人ばく露③と宮城県 No.13 定点①で 3.56 f/L であった。偏光顕微鏡による観察から、石綿の可能性のある繊維は検出されなかった。石綿含有建材を保管していた福島県 No.7 の測定結果が特に他の集積場と比べて高濃度であったり、石綿の割合が高いということは無かった。

#### (c)がれき集積場まとめ

今回調査を行ったがれき集積場では、総繊維数濃度で 10 f/L を超えることは少なく、数 f/L 程度であった。偏光顕微鏡による分析から、若干の石綿が確認されたが、防じんマスクの着用で対策としては十分有効であると考えられる。また、がれきの破碎作業は粉じんの発生量が多く、総繊維数濃度が高くなることが懸念されたが、今回の調査結果では集積作業と比較して特に高いという結果ではなかった。濃度が低かった理由としては、目視ではあるが石綿含有建材と疑われるものが集積場に搬入されないようにしていたことが一番大きいと考えられる。その他に、作業のほとんどが屋外で行われていたことも挙げられる。分別作業や破碎作業では設備の関係で屋内作業となる場合が想定され、また設備の関係から周囲が囲われたような状況にもなり得る。このため、そのような作業時には、濃度が高くなる可能性に注意が必要である。

#### 4. まとめ

今回の調査では建築物の解体作業 69 か所、がれき集積場 31 か所で測定が行われた。建築物解体作業においては、石綿の使用が確認された建築物の解体時に隔離外で高濃度の石綿が測定される事例が複数あり、今後解体作業における漏えい防止対策をより徹底していく必要がある。また、事前調査で石綿を使用していないと判断された建築物の解体や、石綿含有建材除去後の解体作業において、石綿の飛散が確認された事例があったため、事前調査や除去終了後の解体作業についても大きな課題と言える。がれき集積場においては、総繊維数濃度が比較的低く、高濃度の石綿にばく露するような状況にはなかった。今後は、大規模化・分別化されていく中で、状況が変化するかどうかを監視していくことが重要であると考えられる。これらのことを念頭に対策を考える必要があるが、特に解体作業における事前調査の徹底と濃度レベルに合わせた適切な保護具の着用が重要であると考えられる。

※本資料は平成 24 年 6 月 28 日付け第 7 回東日本大震災アスベスト対策合同会議において配付した資料より、委員より誤記や難解な表現等指摘をいただいた部分について修正を加えております。