

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510030

研究課題名(和文)瓦礫飛散粉じん中有害汚染物質濃度の多点モニタリングと健康リスク度の可視化

研究課題名(英文)Visualizations of health risk and multi-point monitoring of atmospheric particulate matter concentrations from the stockyards of tsunami disaster debris

研究代表者

齊藤 貢 (Saito, Mitsugu)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号：20271843

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：東日本大震災で大量に発生した瓦礫が風により飛散することが予想され、飛散粉じん中の有害物質による周辺住民への健康影響が危惧された。本研究では、瓦礫処理場からの飛散粉じん状況を調査するため、マイクロ繊維シート捕集材による多点モニタリングを実施し、GISを用いて飛散粉じん量および有害物質の分布状況を可視化した。さらに、瓦礫飛散粉じんによる健康リスク度の評価を行った。継続モニタリングの結果、大気環境状況は、平成26年度の瓦礫処理作業終了後には周辺地域と同程度にまで回復され、周辺地域への健康リスク度は低いことが考察された。

研究成果の概要(英文)：It is predicted that particulate matters (PM) are emitted from stockyards of tsunami disaster debris that has been brought by the Great East Japan Earthquake into the air. And, the health risks of workers and neighborhood residents are concerned. In this study, we measured the amount of PM collected on micro fiber sheets (MFS) which provide a simple monitoring method of PM in the areas where tsunami disaster debris were stocked. We also visualized PM and hazardous substances concentration in the air using GIS. Furthermore, we evaluated the health risk level by PM and hazardous substances. As a result, the PM and hazardous substances concentration were showed the high value inside areas of the stockyards of tsunami disaster debris in 2012-2013. However, PM and hazardous substances concentration were recovered to the concentrations of the surrounding inhabitable area in 2014. And, we considered the health risk level was low at the surrounding inhabitable area.

研究分野：環境影響評価

キーワード：飛散粉じん 多点モニタリング GIS

## 1. 研究開始当初の背景

“持続可能な社会”や“安全・安心な社会”といった言葉がマスメディアを始め様々なところで聞かれるようになり、国内外を問わず自然環境の保全や健康影響への配慮を第一に望む声が高まっている。そんな中、平成 23 年 3 月 11 日に起きた東日本大震災は、一瞬にして被災地域住民の“安全・安心”な生活を奪ってしまった。被災地域住民にとっては、“持続可能”で“安全・安心”な場が失われたのみならず、「瓦礫の集積」という健康および精神的にも劣悪な環境下での生活を余儀なくされた。いたるところで集積された瓦礫から火災が起こり、飛散粉じんによる喉の痛みや悪臭の苦情が報告された。瓦礫から飛散する粉じん中には多くの有害化学物質が含まれているものと推察されるため、地域住民や瓦礫処理作業従事者の健康影響が危惧された。

## 2. 研究の目的

瓦礫から飛散する粉じん中には、不完全燃焼由来の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) や多くの有害化学物質が含まれているものと推察される。瓦礫からの飛散粉じんは、集積した状態でも風によって拡散される。重機による瓦礫の掘削や運搬、分別処理作業が進行するにつれ、瓦礫の大気中への飛散量は増大することが予想され、どの程度の範囲に影響が及ぶかをモニタリングし、地域住民や瓦礫処理作業従事者の健康影響を評価する必要がある。そこで、本研究は、『瓦礫飛散粉じん中有害汚染物質濃度の多点モニタリングと健康リスク度の可視化』を研究テーマに掲げ、以下の 2 点を研究目的とした。

(1) ミクロ繊維シート (MFS) パッシブモニタリング材による飛散粉じん (PM) および有害汚染物質の多点モニタリングの検討

(2) 飛散 PM 量および有害汚染物質濃度の可視化と健康リスク度評価の検討

## 3. 研究の方法

本研究の対象エリアは、岩手県太平洋沿岸地域の 3 エリアを選定し、(1) 瓦礫飛散 PM 量および有害汚染物質の多点モニタリング、(2) 飛散 PM 量および有害汚染物質濃度の可視化、(3) 瓦礫飛散 PM による健康リスク度評価を、以下に示す方法で行った。

(1) 瓦礫飛散 PM 量および有害汚染物質の多点モニタリング

瓦礫集積場周辺の多点モニタリングは、安価で場所を選ばないオリジナルな MFS 捕集材によるパッシブモニタリング法を採用した。7 日間のモニタリング後に MFS 捕集材を回収し、重量測定および捕集 PM 中の PAHs、重金属類の定量分析を行った。

(2) 飛散 PM 量および有害汚染物質濃度の可視化

それぞれの有害汚染物質濃度の多点モニタリング結果をポイントデータとして地理情報システム (GIS) に入力し、未測定エリ

アを内挿計算により推定した。なお、内挿計算には、過去の研究結果を踏まえてスプライン法を採用した。

(3) 瓦礫飛散 PM による健康リスク度評価

物質ごとの健康リスク度は、WHO が発表している“吸入ユニットリスク”を係数として、MFS モニタリングにより測定された各汚染物質濃度を乗じることで、物質ごとの健康リスク度を算出した。また、それぞれの汚染物質の複合的な影響を算出するため、物質ごとの健康リスク度を GIS によりマップ化し、それらをオーバーレイ (加算) することで評価した。

## 4. 研究成果

研究方法に示した順に沿って (1) 多点モニタリング結果の経年推移、(2) GIS を用いた可視化による瓦礫飛散 PM 量および有害汚染物質分布状況の考察、(3) GIS を用いた健康リスク度の評価について、検討結果を以下に示す。

(1) 多点モニタリング結果の経年推移

図 1 にモニタリング対象とした 3 エリアの 3 年間の平均飛散 PM 量の推移を示す。A エリアでは、平成 24 年 9 月に瓦礫処理場内で低 PM 量が観測されたが、全体的には分別処理作業が終了する平成 25 年度末にかけて飛散 PM 量の減少傾向が見て取れた。一方、居住地域においては、分別処理後の復興資材 (復興整備に使用される分別土壌) の一時保管が確認された平成 24 年度末から 25 年度にかけて高 PM 量が観測されたが、処理作業が収束するに従い飛散 PM 量の減少が見られた。B エリアでは、平成 25 年度に瓦礫処理場内で高 PM 量が観測されたのみで、居住地域では 3 年間を通して低 PM 量で推移したことが見て取れた。最も広範囲にわたる瓦礫の処理作業が行われた C エリアでは、他のエリアに比べて平成 24・25 年度の瓦礫処理場内における飛散 PM 量が高い結果であった。一方、居住地域は 3 年間を通して低 PM 量で推移しており、処理場周辺の防塵フェンスが効果的に作用したためと推察された。

PAHs 濃度は、ベンゾ(a)ピレン (B(a)P)、ベンゾ(k)フルオランテン (B(k)F)、ベンゾ(g,h,i)ペリレン (B(g,h,i)P) の 3 種類を対象とした。B(k)F、B(g,h,i)P の 2 種類の濃度は、瓦礫処理が行われていた平成 25 年度と処理作業が終了した平成 26 年度を通して全てのエリアで低濃度であり、経年変化は見られなかった。一方、B(a)P の経年変化を見ると、全てのエリアにおいて瓦礫処理が行われていた平成 25 年度に高濃度であった。A エリアおよび B エリアでは、処理作業の終了した平成 26 年度では低濃度となったものの、C エリアでは 6 月に高濃度で観測された。C エリアでは瓦礫処理作業終了後すぐに、処理場跡地の復興工事が開始されたことから、瓦礫処理終了後の影響によるものと考察された。

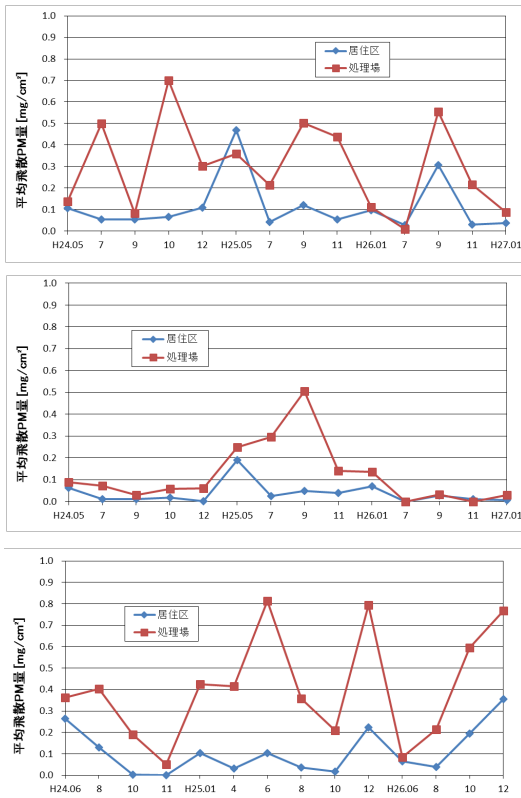


図1 平均飛散PM量の推移  
(上:Aエリア、中:Bエリア、下:Cエリア)

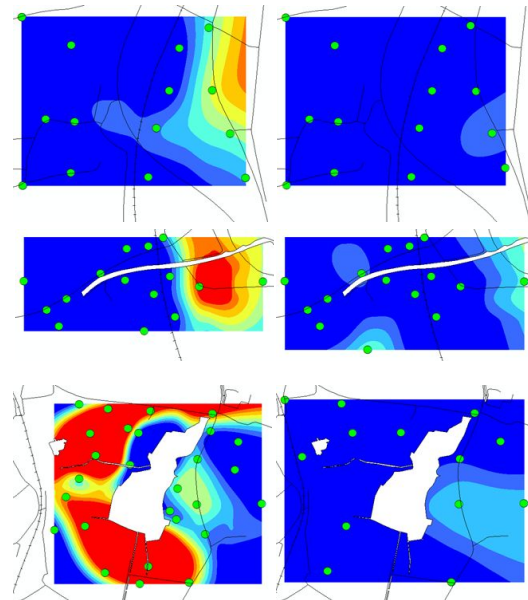
(2) GISを用いた可視化による瓦礫飛散PM量および有害汚染物質分布状況の考察

図2に各エリアの分別処理作業実施中および終了後の飛散PM量の可視化図を示す。暖色系になるほど高PM量を示している。瓦礫分別処理作業時の全てのエリアの可視化図において、所々に高PM量の領域が分布していることが見て取れた。Aエリアでは復興資材保管所の位置、Bエリアでは瓦礫処理現場、Cエリアでは瓦礫集積所および重機運搬道路と合致することから、処理作業の影響が反映された結果といえる。分別処理作業終了後の全てのエリアの可視化図では、瓦礫処理場内を含む全領域において低PM量の領域が分布しており、大気環境の回復が見て取れた。

図3に各エリアの分別処理作業実施中および終了後の大気中B(a)P濃度の可視化図を示す。PM量と同様に暖色系になるほど高B(a)P濃度を示している。Cエリアでは、処理作業終了後も処理場内南部で高濃度分布域が見て取れる。この高濃度域付近は、処理作業終了後から行われている復興工車の出入口として利用されており、多くの車両移動に由来するものと推測された。また、Cエリアにおける同時期のPM量(図2最下段)とB(a)P濃度(図3最下段)を比較すると、処理作業中の可視化図ではPM量が高い分布域においてB(a)P濃度も高濃度域となっているのに対し、処理作業終了後の可視化図はPM量が高い分布域のB(a)P濃度は低くなっている傾向が見て取れる。このことより、処理作業終了

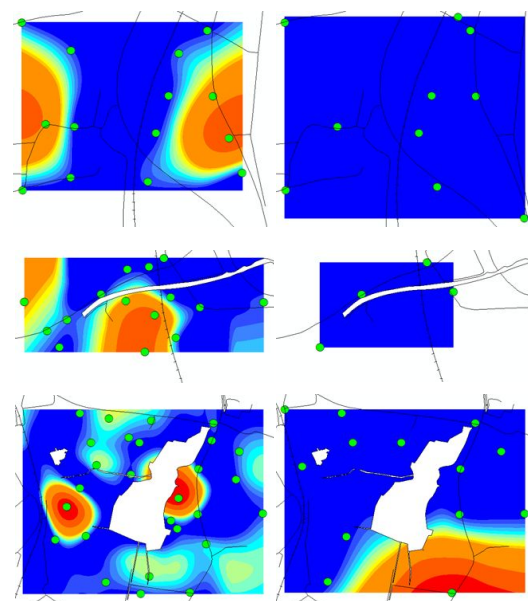
後のB(a)P発生源は、平成25年度の処理作業に伴う発生源とは異なると考察された。なお、AエリアおよびBエリアのB(a)P濃度においては、処理作業が終了した平成26年度には、処理場内・居住地域共に高濃度域は見られなかった。

また、B(k)F・B(g,h,i)P濃度は、全てのエリアにおいて処理作業実施中から低濃度であり、高濃度域は処理場内および居住地域いずれも見られなかった。



(処理作業時) (処理終了後)

図2 飛散PM量の可視化図  
(上:Aエリア、中:Bエリア、下:Cエリア)



(処理作業時) (処理終了後)

図3 大気中B(a)P濃度の可視化図  
(上:Aエリア、中:Bエリア、下:Cエリア)

### (3) GISを用いた健康リスク度の評価

健康リスクの算出式は Hazard(危険・有害性)と Exposure(暴露量)の2つのパラメータの乗算で表され、値が高いほど健康リスクが高まる。瓦礫飛散 PM の体内進入経路を呼吸と考え、「Hazard(危険・有害性)」には吸入ユニットリスク (IUR) を、「Exposure(暴露量)」にはモニタリング結果を適用した。ただし、IUR 値が示されない成分については、IUR 値のある物質を基準とした有害性比率から算出することとした。例えば、 $B(k)F \cdot B(g,h,i)P$  については、動物への物質投与実験で健康影響が発生するまでの期間を、IUR 値の示されている  $B(a)P$  と比較することで「Hazard(危険・有害性)」の係数を算出した。 $B(k)F$  および  $B(g,h,i)P$  の有害性は、それぞれ  $B(a)P$  の  $1/40$ 、 $1/120$  と見積もられた。また、瓦礫飛散 PM 量は、過去の研究結果を踏まえて SPM 濃度換算し、IUR 値の示されているディーゼル排気微粒子 (DEP) との比較から有害性の係数を算出した。

図4に瓦礫処理作業終了後のCエリアにおける複合健康リスク度 (瓦礫飛散 PM + PAHs) の可視化図を示す。対象のエリア全域において、健康リスク度の目安となる  $10^{-5}$  を下回っており、瓦礫飛散 PM と PAHs によるリスクは健康に影響を与えるレベルではないと推測された。リスク評価の基となった瓦礫飛散 PM 量と PAHs 濃度の可視化図と比較すると、複

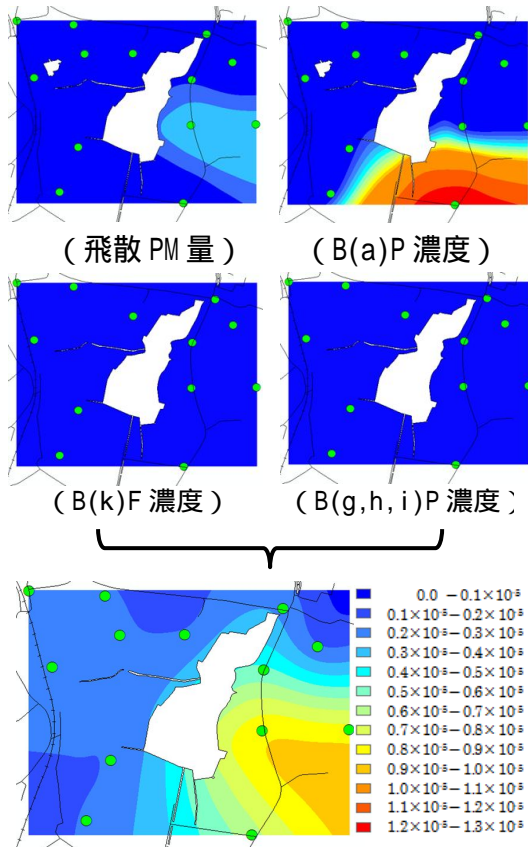


図4 複合健康リスク度の可視化図 (瓦礫飛散 PM + PAHs)

合健康リスク度は、瓦礫飛散 PM 量をベースに  $B(a)P$  濃度の影響が付加された分布状況を示しており、両者の寄与が反映されたような結果となった。

また、重金属による健康リスク度の評価は、面的に GIS で可視化できるほどのデータがとれなかったため、モニタリング実施地点における耐容一週間摂取量 (PTWI) と耐容一日摂取量 (TDI) により評価した。一般成人の体重を WHO の PTWI 計算で使用されている 60kg とすると、PTWI は As : 900  $\mu\text{g}/\text{週}$ 、Pb : 1500  $\mu\text{g}/\text{週}$ 、Cr : 1260  $\mu\text{g}/\text{週}$  と算出された。これらの値を健康リスク度の指標とし、瓦礫飛散 PM 中の重金属量によるリスク度を検討した結果、指標値に比べて As では約  $1/530$ 、Cr では約  $1/700$ 、Pb では約  $1/500$  の低リスクであると見積もられた。さらに、重金属の蓄積性を考慮し、一年間摂取した重金属が全て体内に蓄積された (最大リスク度) と仮定しても、指標とした PTWI の As で約  $1/10$ 、Cr で約  $1/14$ 、Pb で約  $1/10$  と見積もられた。これらの結果から、瓦礫飛散 PM 中の重金属類における健康リスクは十分に低いものと考察された。

これらの研究成果は、東日本大震災の復旧・復興工事が進む中、その周辺地域に生活する住民にとって“安全・安心”な生活を送ることができる環境情報の一つとして位置づけられるものとする。複合リスク度の考え方や多成分モニタリングデータの付加により、さらなる精度の向上と信頼性が確保されれば、国内外で頻繁に起こっている自然災害による被災地復旧において、簡易的な多点モニタリング法および健康リスク度評価法としての有用性が期待される。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1件)

松本文雄・齋藤 貢・大塚尚寛, 大気環境指標としてのマイクロ繊維シートモニタリング法の可能性と生活環境における大気中 PAHs の環境リスク評価, 日本リスク研究学会誌, 査読有, Vol.22, No.3, 2012, pp.155-162,

<http://www.sra-japan.jp/book/book.htm>

[学会発表](計 10件)

齋藤 貢・大塚尚寛, 東日本大震災瓦礫処理場周辺における大気飛散粉じん量の経年変化 (平成 24~26 年度), 安全工学シンポジウム 2015, 2015.7.2, 日本学術会議 (東京都)

Mitsugu Saito・Naohiro Otsuka, Visualization and evaluation of atmospheric particulate matter concentrations around the stockyards of tsunami disaster debris along the Pacific coast of the Tohoku region in



Japan , Asia Pasific Symposium on Safety  
2013 , 2013.10.17 , Orchard Hotel  
(Singapore)

齊藤 貢・大塚尚寛, 多点パッシブモニタ  
リング法による震災瓦礫仮置き場周辺の  
大気中粒子状物質量の経月変化と可視化,  
第 54 回大気環境学会, 2013.9.18, 新潟コ  
ンベンションセンター(新潟県)

津志田匡史・齊藤 貢・大塚尚寛, 震災瓦  
礫仮置き場周辺の大気中粉じん濃度の可  
視化, 第 19 回大気環境学会北海道東北支  
部学術集会, 2012.10.19, 北海道大学工学  
部(北海道)

松本文雄・千崎則正・津志田匡史・齊藤  
貢・大塚尚寛, ミクロ繊維シートモニタ  
リング法を用いた大気粒子状物質中の人工  
放射性核種分析の可能性と生活環境にお  
ける濃度分布について, 第 19 回大気環境  
学会北海道東北支部学術集会, 2012.10.19,  
北海道大学工学部(北海道)

〔その他〕

ホームページ等

[http://www.cande.iwate-u.ac.jp/hozen/in  
dex.htm](http://www.cande.iwate-u.ac.jp/hozen/index.htm)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

齊藤 貢 (SAITO Mitsugu)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号 : 20271843

### (2)連携研究者

松本文雄 (MATSUMOTO Fumio)

岩手県環境保健研究センター・地球科学

部・専門研究員

研究者番号 : 60600707