

宮城県石巻市における環境調査について*

坂口浩範^{*1}・林 隆義^{*2}・山本 淳^{*1}
 榎野光永^{*3}・佐久間 隆^{*3}・佐藤 郁子^{*3}
 菊池 恵介^{*3}・江谷 勉^{*4}・笠井 紀夫^{*5}

キーワード ①東日本大震災 ②環境調査 ③大気粉じん ④津波堆積物 ⑤咳症状

要 旨

岡山県環境保健センターは岡山県医師会医療救護チーム「JMAT おかやま」の要請を受け、岡山県医師会被災地支援プロジェクト2012「宮城県石巻市における健康および環境に関する調査」として、2012年9月に石巻市において宮城県環境保健センターとともに大気粉じんおよび津波堆積物に係る環境調査を行った。その結果、東日本大震災から1年半が経過し、津波被害を受けていない地域との間に大きな差異はなく、震災発生時に懸念された顕著な環境汚染は確認できなかった。

また、岡山県において地震による津波が発生した場合の環境影響について知見を蓄積するために、今後、岡山県南部に位置し閉鎖性水域である児島湾の底泥調査等を行う必要があると考えられた。

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災(以下、震災)は東北地方に未曾有の被害をもたらした。岡山県医師会(以下、医師会)では、震災発生直後から医療救護チーム「JMAT おかやま」(以下、JMAT おかやま)を宮城県石巻市に派遣し、102日間にわたって石巻市医療圏において避難所での医療救護活動の一翼を担ってきた¹⁾。

石巻市での医療救護活動の中で、被災者の中に咳症状を訴える者が多かったことから、医師会で

は被災地での呼吸器疾患増加の原因究明を目的として、2011年に健康と環境に関する合同調査チーム「岡山県医師会被災地支援プロジェクト」(以下、プロジェクト)を編成し、石巻市内で調査を実施するとともに、現地の医療機関に対して分析データを提供してきた¹⁾。

こうした中、2012年にJMAT おかやまからプロジェクト2012「宮城県石巻市における健康および環境に関する調査2012」²⁾として、岡山県環境保健センターにフォローアップ調査の協力要請が

* Environmental Research in Ishinomaki City, Miyagi

^{*1} Hironori SAKAGUCHI, Jun YAMAMOTO (岡山県環境保健センター) Okayama Prefectural Institute for Environmental Science and Public Health

^{*2} Takayoshi HAYASHI (岡山県備前県民局) Okayama Prefecture Bizen General Service Bureau

^{*3} Mitsunaga KAYANO, Takashi SAKUMA, Ikuko SATOH, Keisuke KIKUCHI (宮城県環境保健センター) Miyagi Prefectural Institute of Public Health and Environment

^{*4} Tsutomu ETANI (国立療養所長島愛生園) National Sanatorium Nagashima-Aiseien

^{*5} Norio KASAI (国立療養所邑久光明園) National Sanatorium Oku-Komyoen

あった。このため、同年9月に当センター職員3名が石巻市において宮城県保健環境センターとともに大気粉じん(総粉じん。以下、TSP)および津波堆積物(以下、堆積物)に係る環境調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 大気粉じん調査

2.1 調査目的

旧北上川の河口より約1 km 上流の東岸に位置する石巻市立湊小学校(石巻市吉野町)は、津波被害を受けながらも震災発生後は大規模避難所として機能していた¹⁾。湊小学校では震災直後から多くの避難者に咳症状が発生しており、それは石巻市内全域でも同様であった。

本調査は、2011年6月にプロジェクトが実施した第1回調査から約1年3カ月後のフォローアップと、咳症状発生メカニズムを究明することを目的とした。

2.2 調査地点

調査地点を図1に示す。調査地点として湊小学

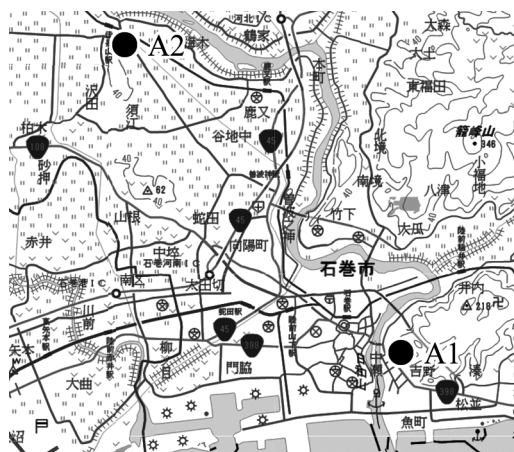


図1 TSPの調査地点

校(A1)の校舎屋上を選定し、対照地点として津波被害を受けなかった石巻市立河南東中学校(石巻市須江、A2)の校舎屋上を選定した。

2.3 調査項目

本調査で選定した調査項目は次のとおりである。

- (1) 質量濃度
- (2) 金属元素：マンガン(Mn)、クロム(Cr)、ニッケル(Ni)、ベリリウム(Be)、ヒ素(As)、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、銅(Cu)、鉛(Pb)、バナジウム(V)、カドミウム(Cd)
- (3) 無機化合物：酸化ナトリウム(Na₂O)、酸化マグネシウム(MgO)、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、二酸化珪素(SiO₂)、五酸化二リン(P₂O₅)、三酸化硫黄(SO₃)、塩素(Cl)、酸化カリウム(K₂O)、酸化カルシウム(CaO)、酸化マンガン(MnO)、酸化鉄(Fe₂O₃)、酸化ニッケル(NiO)、酸化亜鉛(ZnO)、酸化銅(CuO)

2.4 試料採取方法

試料採取は主として宮城県保健環境センターが実施した。調査地点にハイボリウムエアサンプラー(紀本電子工業(株)製 MODEL123SL)を設置し、1回当たり24時間連続してサンプリングを実施した。本調査では、二酸化珪素の成分分析を行う必要があることから、採取用のろ紙は(株)相互理化学硝子製作所製のテフロンろ紙 PF-040、203×254 mm を用いた。試料採取日時等を表1に示す。

2.5 分析方法

分析は岡山県環境保健センターで実施した。採取試料の質量濃度の秤量は、試料を温度20℃ ± 1.5℃、湿度50% ± 5%の条件で24時間コンディ

表1 TSP 試料の採取日時等

採取試料		調査地点		試料採取日時	
番号	番号	名称	所在地	開始日	開始時刻
A1-1	A1	湊小学校(屋上)	宮城県石巻市吉野町	9月4日	12:00
A1-2	A1	湊小学校(屋上)	宮城県石巻市吉野町	9月6日	13:14
A2-1	A2	河南東中学校(屋上)	宮城県石巻市須江	9月4日	10:37
A2-2	A2	河南東中学校(屋上)	宮城県石巻市須江	9月6日	10:09
MB	—	茂平一般環境大気測定局	岡山県笠岡市茂平	9月10日	10:00

表 2.1 TSP の質量濃度

番号	名称	質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A1-1	湊小学校屋上(1回目)	22.5
A1-2	湊小学校屋上(2回目)	20.7
A2-1	河南東中学校屋上(1回目)	19.1
A2-2	河南東中学校屋上(2回目)	24.4
MB	茂平一般環境大気測定局(参考)	31.5

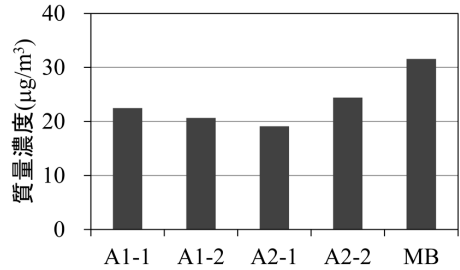


図 2.1 TSP の質量濃度

表 2.2 TSP の分析結果(金属元素)

単位: ng/m^3 (20℃, 1atm)

番号	名称	Mn	Cr	Ni	Be	As	Al	Fe	Zn	Cu	Pb	V	Cd
A1-1	湊小学校屋上(1回目)	8.5	1.29	1.14	0.00840	0.560	459	386	13.8	3.30	2.81	1.62	0.062
A1-2	湊小学校屋上(2回目)	8.6	2.08	1.55	0.00734	0.398	434	378	18.1	3.05	6.83	1.97	0.065
A2-1	河南東中学校屋上(1回目)	8.2	2.31	1.93	0.00745	0.616	487	384	11.3	2.06	3.77	1.75	0.057
A2-2	河南東中学校屋上(2回目)	12.7	1.11	0.78	0.00960	0.558	584	457	17.2	5.05	6.84	1.76	0.091
MB	茂平局(参考)	53.1	3.82	2.99	0.01430	1.004	309	1665	51.3	12.14	18.46	5.55	0.622

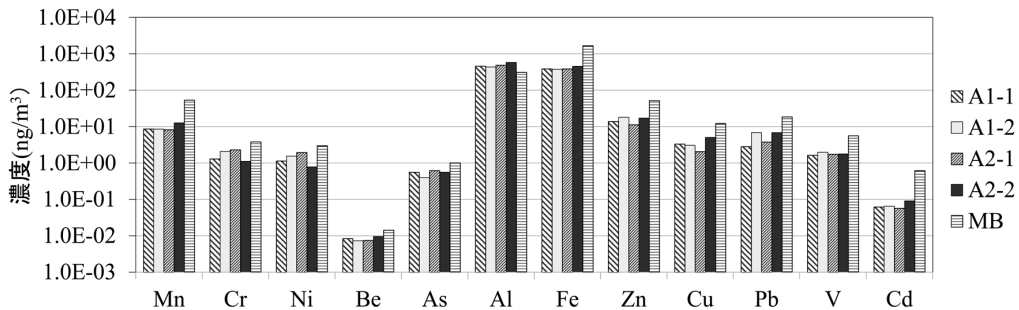


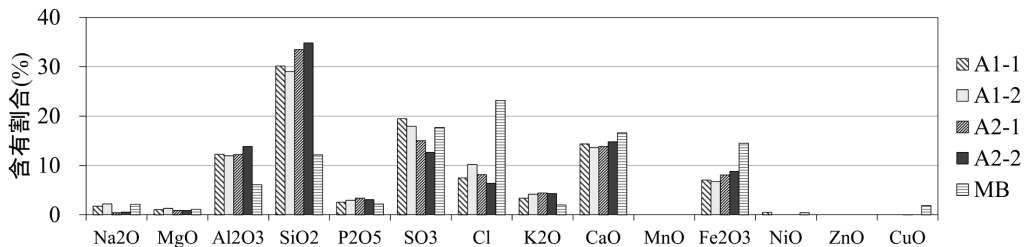
図 2.2 TSP の分析結果(金属元素)

表 2.3 TSP の分析結果(無機化合物)

単位: %

番号	名称	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	MnO	Fe ₂ O ₃	NiO	ZnO	CuO
A1-1	湊小学校屋上(1回目)	1.7	1.0	12.3	30.2	2.6	19.5	7.5	3.4	14.3	0.0	7.0	0.5	0.0	0.0
A1-2	湊小学校屋上(2回目)	2.2	1.3	11.9	29.0	2.9	17.9	10.2	4.2	13.6	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0
A2-1	河南東中学校屋上(1回目)	0.4	0.9	12.2	33.5	3.4	15.0	8.1	4.4	13.8	0.0	8.1	0.0	0.0	0.1
A2-2	河南東中学校屋上(2回目)	0.5	0.8	13.8	34.8	3.1	12.6	6.4	4.3	14.8	0.0	8.8	0.0	0.0	0.0
MB	茂平局(参考)	2.1	1.1	6.1	12.2	2.2	17.7	23.2	2.0	16.6	0.0	14.5	0.4	0.0	1.9

※蛍光 X 線の分析結果については、測定された X 線強度がすべて金属酸化物と仮定して算出している。



※蛍光 X 線の分析結果については、測定された X 線強度がすべて金属酸化物と仮定して算出している。

図 2.3 TSP の分析結果(無機化合物)

ショニングした後、METTLER社製AT261型マイクロ天秤で秤量した。

試料採取後のろ紙を用いて、試料中に含まれる金属元素12成分および無機化合物14成分について分析を行った。分析方法は、「有害大気汚染物質測定方法マニュアル(第6版)」³⁾に従い、ICP-MS分析装置(株島津製作所製ICPM-8500)および蛍光X線分析装置(株リガク製RIX-2000)を用いて分析を実施した。

2.6 結果および考察

TSPの質量濃度を表2.1および図2.1に示す。また、TSPの分析結果のうち金属元素に係るものを表2.2および図2.2に示し、無機化合物に係るものを表2.3および図2.3に示す。なお、比較対象として岡山県内に設置している茂平一般環境大気測定局(笠岡市茂平。以下、茂平局)におけるTSPの質量濃度の測定結果(測定日:2012年9月10~11日)についても併せて記載した。

質量濃度および金属元素濃度については、湊小学校で採取した試料(A1-1, A1-2)相互の差異はほとんど認められず、津波被害を受けていない河南東中学校(A2-1, A2-2)および茂平局(MB)と比較すると同程度かやや低かった。

また地域の比較として、湊小学校(A1)および河南東中学校(A2)(以下、石巻地域)と茂平局(MB)を比較すると、石巻地域は土壌成分であるアルミニウムが高く、逆に鉄およびマンガンは低いことが明らかとなった。これは粉じん量の違いによるものと推測され、湊小学校(A1)および河南東中学校(A2)での地表からの距離(採取位置)が茂平局(MB)より高いため、比較的比重の大きい鉄やマンガンが飛散しにくかったためと考えられる。その他の金属については、湊小学校(A1)および河南東中学校(A2)のいずれも茂平局(MB)より低く、人為的な汚染は少ないと推察された。

無機化合物(含有割合)については、二酸化珪素が29~34%と試料間で大きな差異が生じている一方で、酸化カルシウムは13~14%とほとんど差異が見られないものもあった。

以上の結果から、調査を実施した2012年9月においては、津波被害を受けた湊小学校とその他の地点において大気環境に大きな違いは認められないと考えられた。

3. 津波堆積物調査

3.1 調査目的

大気粉じんの発生原因の一つとして、津波で打ち上げられた海底の土砂等の堆積物が微細な粉じんとなり飛散したと推測された。このため、咳症状のメカニズムの解明の一助とするため、大気粉じんに加え堆積物についても調査を行った。

3.2 調査地点

堆積物の調査地点を表3および図3に示す。調査地点は、石巻漁港など津波の浸水地域で、かつ復興工事などで人為的に手が加えられていない地点を選定した。また、対照地点として津波被害を受けなかった石巻赤十字病院(石巻市蛇田, B9)を選定した。

3.3 調査項目

本調査で選定した調査項目は次のとおりである。

表3 堆積物の調査地点

番号	名称	所在地
B1	石巻漁港	宮城県石巻市魚町
B2	石巻門脇郵便局南東	宮城県石巻市南浜町
B3	市立病院北	宮城県石巻市門脇町
B4	湊中学校体育館	宮城県石巻市大門町
B5	渡波小学校	宮城県石巻市渡波町
B6	湊中学校校舎	宮城県石巻市大門町
B7	湊小学校プール	宮城県石巻市吉野町
B8	石巻市民プール	宮城県石巻市不動町
B9	石巻赤十字病院駐車場	宮城県石巻市蛇田
KJ	児島湾(参考)	岡山県岡山市

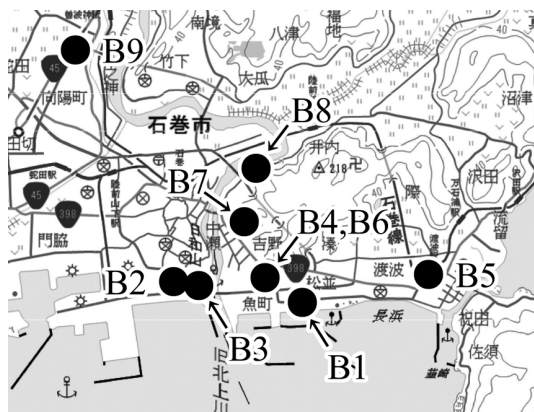


図3 堆積物の調査地点

- (1) 有害物質：カドミウム (Cd), 鉛 (Pb), ヒ素 (As), 総水銀 (T-Hg)
 (2) 生活環境項目：銅 (Cu), 亜鉛 (Zn), 溶解性鉄 (Fe), 溶解性マンガン (Mn)

3.4 試料採取方法

試料採取は主として国立療養所長島愛生園 江谷医長・医局長および国立療養所邑久光明園 笠井医師が実施した。調査地点の表土 (0 ~ 5 cm) を採取し、ポリエチレン製採取容器 (500 mL) に詰めて試料とした。

3.5 分析方法

分析は岡山県環境保健センターで実施した。分析は「底質調査方法」⁴⁾に準じて行った。2 mm メッシュで篩い分けした風乾試料 1 g に王水 30 ml を加えて乾固寸前まで加熱分解した。これを放冷した後に純水 50 ml を加えてろ過し、純水を

加えて 100 ml に定容した。この一部を分取した後、工場排水試験方法 (JIS K 0102) に基づき、項目ごとに前処理を行ったうえで定容して測定試料とした。作製した試料は、原子吸光分析装置 (株島津製作所製 AA-6400F)、ICP/AES 分析装置 (LEEMAN LABS 製 DRE-3000UD) および水銀分析計 (日本インスツルメンツ (株) 製 RA-3000) を用いて分析し含有量を算出した。

3.6 結果および考察

堆積物の分析結果を表 4、図 4.1 および図 4.2 に示す。表 4 には、調査地点の海岸からの直線距離 (以下、海岸距離) を記しており、海岸距離の短い順に並べている (番号が小さいほど海岸に近いことを意味する)。また、1997 年に当センターが実施した児島湾 (岡山市) 底泥の調査結果⁵⁾ (10 地点の平均値) についても、併せて記載した。

表 4 堆積物の分析結果

番号	名称	海岸距離 (km)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	T-Hg (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
B1	石巻漁港	0.1	0.13	14.4	3.2	0.03	22.2	269	11500	368
B2	石巻門脇郵便局南東	0.3	0.51	16.0	3.9	0.03	15.3	270	13200	457
B3	市立病院北	0.4	0.68	27.1	3.9	0.05	35.0	330	12400	460
B4	湊中学校体育館	0.7	0.42	12.3	1.8	0.02	19.7	129	10500	349
B5	渡波小学校	0.7	0.38	13.1	2.6	0.03	25.3	164	9760	342
B6	湊中学校校舎	0.8	0.59	15.0	2.6	3.05	19.1	197	11900	481
B7	湊小学校プール	1.8	0.73	19.3	3.7	0.20	27.2	212	12900	679
B8	石巻市民プール	2.9	0.78	8.7	2.3	0.01	14.3	202	11300	449
B9	石巻赤十字病院駐車場	4.6	0.36	6.7	1.8	0.02	10.8	112	13500	423
KJ	児島湾 (岡山市)		0.30	35.2	6.8	0.15	48.6	177	30580	1042
(参考) 土壤汚染対策法含有量基準 ⁶⁾			150	150	150	15	—	—	—	—

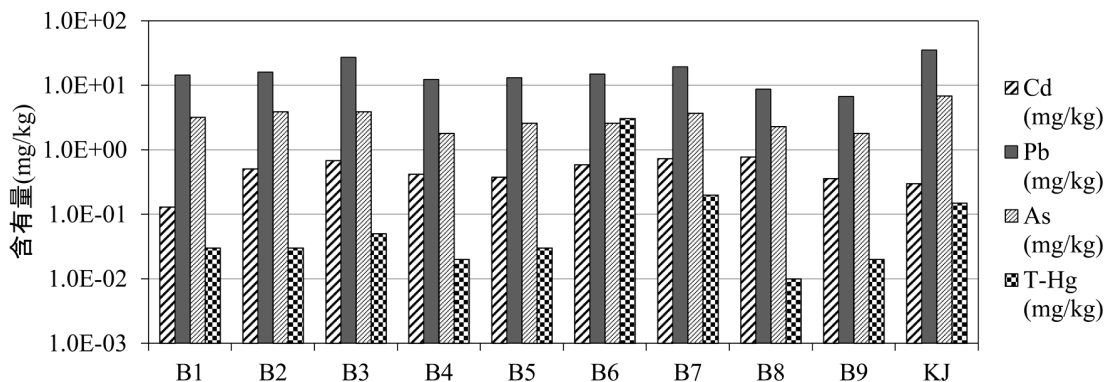


図 4.1 堆積物の分析結果 (有害物質)

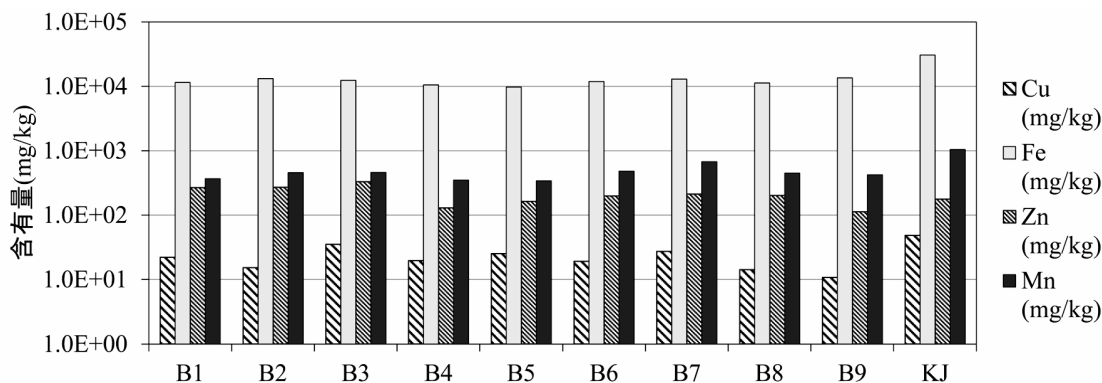


図 4.2 堆積物の分析結果(生活環境項目)

調査の結果、湊中学校校舎(B6)および湊小学校プール(B7)の総水銀が他の地点と比べて高かったが、その原因は不明であった。一方、カドミウム、鉛およびヒ素については、いずれの調査地点もほぼ同程度であった。また、いずれの調査項目も海岸距離と含有量の間に相関関係は認められなかった。

津波被害を受けなかった石巻赤十字病院(B9)および児島湾(KJ)の底泥調査結果との比較では、カドミウム(石巻漁港(B1)を除く)および亜鉛がやや高いものの、その他の項目は同程度かやや低く、調査を実施した2012年9月においては、震災から1年半が経過し震災発生時に懸念された顕著な環境汚染は確認できなかった。

有害物質については、土壤汚染対策法の含有量基準⁶⁾(以下、含有量基準)を大きく下回っており、粉じんとなった堆積物が体内に取り込まれても、健康に影響を与えるおそれは少ないと思われた。

なお、南海トラフの巨大地震等が発生した場合、岡山県でも津波被害を受けると想定されており、津波による環境悪化が懸念されている。とくに、市街地に近く県南に位置する児島湾は、指定湖沼である児島湖や一級河川である旭川および吉井川が流れ込む閉鎖性水域であり、石巻湾と比べるとより狭く奥行きのある地形となっていることから、津波が発生した場合に巻き上げられた土砂などによる環境への影響について知見を蓄積するために、今後、児島湾の底泥調査等を行う必要があると考えられた。

4. 患者追跡調査

プロジェクト2012健康調査チーム(以下、健康調査チーム)が2012年9月に実施した患者追跡調査(以下、追跡調査)の結果について、参考までに併記しておく。

今回の追跡調査ではほとんどの再診者の咳症状は消失しており、上気道内視鏡検査の所見も2011年と比較して改善していた。また、血液検査の所見では粉じん吸入の影響を疑わせる特徴的な所見は確認されなかった。健康調査チームでは震災直後に多発した咳症状について、粉じんによる上気道粘膜への化学的刺激が主な原因ではないかと推察している¹⁾。

5. まとめ

2012年9月に石巻市において大気粉じんおよび堆積物に係る環境調査を実施し、次の結果を得た。

- (1) 大気環境について、津波の被害を受けた湊小学校と被害を受けなかった河南東中学校との間に大きな差異は認められず、また、岡山県(茂平局)での測定結果と比較しても大きな差異は認められなかった。
- (2) 堆積物について、津波の被害を受けた一部の地点で総水銀の濃度が高かったが、その他の調査項目では被害を受けなかった地域と大きな差異は認められず、震災から1年半が経過し震災発生時に懸念された顕著な環境汚染は確認できなかった。
- (3) 堆積物に含まれる有害物質については、含有

量基準を大きく下回っており、粉じんとなった堆積物が体内に取り込まれても、健康に影響を与えるおそれは少ないと考えられた。

- (4) 岡山県において、地震による津波が発生した場合の環境影響について知見を蓄積するために、今後、閉鎖性水域である児島湾の底泥調査等を行う必要があると考えられた。

謝辞 本調査の実施に当たり、多大なる御協力をいただきました。宮城県保健環境センター、国立療養所長島愛生園 耳鼻咽喉科医長・医局長 江谷 勉氏および国立療養所邑久光明園 耳鼻咽喉科医師笠井紀夫氏をはじめ、社団法人岡山県医師

会、石巻市教育委員会および関係機関の方々に感謝いたします。

—引用文献—

- 1) 岡山県医師会：東日本大震災 JMAT おかやま活動報告書, 2011
- 2) 岡山県医師会：岡山県医師会報第1365号, p44~48, 2013
- 3) 環境省水・大気環境局大気環境課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル, 2011
- 4) 環境省水・大気環境局：底質調査方法, 2012
- 5) 岡山県環境保健センター：岡山県環境保健センター年報第22号 p33~35, 1988
- 6) 環境省：土壌汚染対策法施行規則第18条第2項(別表第3)