

19. 海岸域における放射線量に関する考察

山口 晴幸¹・岡山 伸吾²・伊藤 洋輔³・酒井 裕美³

防衛大学校建設環境工学科¹ (〒239-8686神奈川県横須賀市走水1-10-20)

防衛大学校理工学研究科前期課程³・修了² (〒239-8686神奈川県横須賀市走水1-10-20)

E-mail: yamaguch@nda.ac.jp

種々の調査が進展するにつれて、東日本大震災での福島第一原発事故で大量に放出され拡散した放射性物質による広域的汚染の深刻な実態がより鮮明になりつつある。

本研究ではまず、海岸に打ち上がった多種類の漂着ゴミや海浜砂に加え、消波工ブロックなどの海際構造物での放射線量の計測を通して、海岸域における放射能汚染の実態を明らかにするための海岸踏査を実施している。また大地震直後に発生した大津波によって、震災沿岸域からは家屋などの建造物始め家具家財・車両・船舶など膨大な量の物体が海に引きずり込まれ、海底に沈積したものや周辺海岸域に漂着したもの、今なお瓦礫と化して海洋を漂流しているものなどが大量に存在するとされている。このようなことから、震災沿岸域から流失したと思われる漂着ゴミを検証するための現地踏査を、太平洋沿岸域に加え、太平洋沖合の小笠原諸島硫黄島・南鳥島等で実施した。その調査結果などについて論述している。

Key Words: beach sand, marine litter, radiation quantity, environmental pollution, Iojima Island

1. はじめに

2011年3月11日午後2時46分、宮城県牡鹿半島の東南東沖約130kmの海底を震源として、1000年に一度とされる未曾有の東日本大震災(マグニチュード9.0)が発生し、一瞬にして日本国が壊滅する想像を絶する激甚的な被害を齎した。死者・行方不明者は18879人に達し(2012年5月9日現在)、1995年1月17日に発生した阪神・淡路大震災での6437人のほぼ3倍の犠牲者数となっている。激甚的な被害を被った岩手・宮城・福島県での被害額も未曾有の額に達するとされ、現時点での推定被害総額は16兆～25兆円といわれている。

殊に大地震直後、場所によっては波高10m以上、最大遡上高さ40.5mに達する大津波が襲来した。津波に呑み込まれた東北・北関東太平洋沿岸域では、社会的不安要素の高かった原子力発電所の度重なる水素爆発事故の追い討ちの打撃を被り、絶対にあってはならない放射能被曝の脅威に震撼させられ、その退避の悲惨性は空前絶後の極みといえる。

大地震直後に襲来し、東北・北関東太平洋沿岸域に壊滅的な破壊を齎した高さ10m～20mを超える大津波は建物・家具・家財・車両・船舶など、あらゆる物を呑み込み、多くの物を海に引きずり込んだとされている。海洋に流失し瓦礫と化した大量震災ゴミは海水の汚染、漁

場の破壊、船舶航路の阻害など、環境汚染や危険性を齎すことが懸念されている。また太平洋上を漂流した膨大な震災瓦礫は、米国・カナダ等の他国の海岸域に打ち上がり、甚大な海岸汚染を誘発する危険性が指摘されており、政府等は、海洋震災瓦礫の予測・監視体制や回収撤去・処理処分対策などの施策を確立することに困惑している。

日米共同機関である国際太平洋研究センターのシミュレーションによれば、太平洋上を漂流した大量の震災瓦礫は、2012年3月頃にはハワイ諸島周辺に到達し、2014年3月頃にはカナダバンクーバー～米国西海岸に漂着し、2016年3月には西方に向きを変え、再びハワイ諸島周辺を漂流するという予測結果を報告している¹⁾。また最近、環境省²⁾では、太平洋に流出した約150万トンの震災瓦礫は、本年5月初旬にハワイ諸島の北方を通過し、10月頃には米国・カナダの西海岸に漂着する予測を公表している。漂流予測によるとさらに西海岸を南下し、2013年6月にはメキシコ周辺に到達するとしている。しかしこれらの予測と大きく外れ、2012年3～5月に掛けて、アラスカ湾沖合などに津波で流失した漁船等³⁾⁴⁾の大型漂流物が既に確認されている。しかしプラスチック製などの構造的に弱い生活関連の震災瓦礫などの大半は、遠距離漂流過程で碎片化する可能性が高く流出源の特定が

難しいこと、木柱・木板等の流木関連の震災瓦礫は沈積する可能性が高いこと、また通常でも、太平洋上の島々やカナダ・米国西岸域では、生活・漁業廃棄物の漂着で深刻な海岸汚染に曝されている海岸が多数あることから、我が国から流失した震災瓦礫の漂着痕跡の検証や追跡確認のための現地踏査を早急に実施し、震災瓦礫の漂着実態の状況等を正確に把握することが重要と考えられる。さらに原発事故により大量に放出・拡散された放射能や放射能を浴びた震災瓦礫の流失・漂流の懸念性を考慮して、殆ど論じられていない海岸域への放射能の影響について全国的規模で実態解明し、科学的根拠に基づいて、我が国の海岸域の安全・安心性を検証することによって、海岸環境保全に努めることは重要な事項である。

そこで本報告では、全国的検証調査の一環として、まず海洋へ流失した震災瓦礫の遠距離漂流・漂着の実態を直接確認する目的で、東京都小笠原諸島の硫黄島(2011年9月下旬～10月上旬)と南鳥島(2011年12月下旬)に上陸し、海岸に打ち上がった漂着ゴミの痕跡検証を試みると共に、漂着ゴミや海浜砂の放射線量の現地計測を実施している。また福島原発事故近傍の海岸域から東京湾に至る南東北・関東太平洋沿岸域(2011年10月～11月)において、それぞれ漂着ゴミ・海浜砂に加え、海際構造物・破船の放射線量を計測し、原発事故区域・近傍からの震災瓦礫の流失・漂着の可能性や海岸域における放射能汚染の実態について論述している。さらに南東北・関東太平洋沿岸域との比較検証の意義も兼ね、海岸域への放射性物質の全国的な拡散効果を検証することを主眼として、2012年3～4月には、長崎県対馬、新潟県沿岸・佐渡島、沖縄県琉球列島でそれぞれ同種の現地調査⁵⁾⁶⁾を実施し、考察を試みている。

2. 海岸調査と放射線量の計測

種々の調査が進展するにつれて、大気・海洋に大量に排出され拡散した放射性物質による広域汚染の深刻な実態がより鮮明になりつつある。特に土壌・建造物等への沈着や海域汚染を始め、野菜類・穀物類・魚貝類や一般食品に至るまで、放射能汚染の影響が深刻となっており、社会に大きな不安と打撃を与えている。

ここではまず、海岸に打ち上がった多種類の漂着ゴミ・海浜砂や消波工ブロックなどの海際構造物での放射線量の計測を通して、海岸域における放射能汚染の実態を明らかにするための海岸踏査を実施している。また大地震直後に発生した大津波によって、震災沿岸域からは家屋などの建造物始め家具家財・車両・船舶などの膨大な量が海に引きずり込まれ、海底に沈積したものや周辺海岸域に漂着したもの、今なお瓦礫と化して海洋を漂流しているものなどが大量に存在するとされている。

環境省⁷⁾は、最近、太平洋に流失した震災瓦礫の推定量を公表している。岩手・宮城・福島の3県での震災瓦礫の総量は約2253万トンとの推定で、我が国の一年間の一般廃棄物量の約半分に相当している。そのうち海に流失した震災瓦礫は約480万トン(約2割)とみられているが、その約7割は港湾・漁港などの沿岸海底に沈んだとされている。家屋残骸、生活関連物、流木など、現在、海洋を漂流していると思われる瓦礫は、海に流失した震災瓦礫の約3割に当たる約150万トンと推定され、膨大な量の漂流ゴミとなっている。

このようなことから、漂流震災瓦礫の漂着実態を検証することが可能か否かを確認することも含め、漂着ゴミ等の放射線量の計測を伴った代表的な海岸域での現地調査を実施している。ここでの調査対象とした海岸域は、

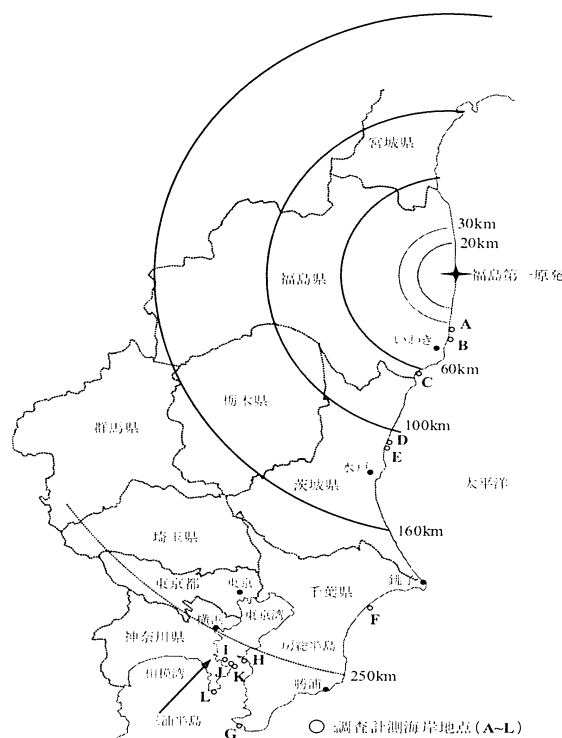


図1 南東北・関東太平洋沿岸域調査海岸

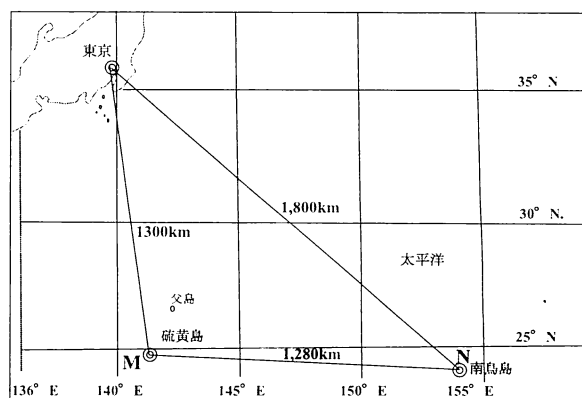


図2 太平洋沖合上の小笠原諸島硫黄島・南鳥島

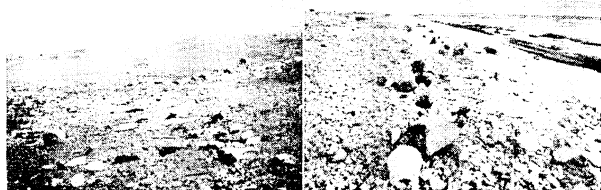


写真1 硫黄島と海岸線

写真2 南鳥島と海岸線

全国調査の一環として実施している、①南東北・関東太平洋沿岸、②小笠原諸島硫黄島・南鳥島、③琉球列島の主に宮古・八重山諸島、④新潟県沿岸・佐渡島、⑤長崎県対馬である。

(1) 調査海岸域

まず、図1に示すように、震災沿岸域や福島第一原発の事故地近傍から流失し、太平洋岸の周辺沿岸域に漂着したと思われる漂着ゴミの検証確認の現地調査は、2011年10月～11月に南東北・関東の太平洋沿岸域で実施した。事故地から30kmの計画的避難区域を示す境界線の数km手前1に位置する福島県のA海岸から東京湾の湾口に面する神奈川県の大海岸に至る福島・茨城・千葉・神奈川県の太平洋岸12ヶ所の海岸である。調査海岸域の近海域は、概ね、親潮海流が北から千葉県銚子沖に掛けて南下し、千葉県房総沖を北上する黒潮海流と衝突合流して、太平洋沖合に潮流する海域である。



写真3 沖縄県与那国島の海岸

また、震災沿岸域から太平洋沖合に大量流失したとされる震災瓦礫の遠距離漂流の実態痕跡を検証するために、図2に示すように、2011年9月下旬～10月上旬には東京都小笠原村の硫黄島(図中M地点)、2011年12月下旬には同南鳥島(図中N地点)での海岸域での現地踏査を実施している。硫黄島は小笠原諸島父島の約300km南方にあり、東京から太平洋沖合約1300kmに浮かぶ絶海の孤島である(写真1)。南鳥島は硫黄島のさらに東方約1280kmの地勢にあり、我が国最東端の島嶼である(写真2)。

さらに、3度の水素爆発によって放射性物質は我が国全土に拡散したとする予測結果も公表されていることから、2012年3月初旬～4月初旬に掛け、放射性物質の海岸域への影響の検証を兼ね、新潟県沿岸・佐渡島で7海岸、

長崎県対馬で9海岸、沖縄県琉球列島の6島37海岸で漂着ゴミ調査を実施している(写真3)。なお琉球列島では、図-3に示すように、宮古・八重山諸島を主体に、他に本島で1海岸を調査している。

当研究室では、小笠原諸島硫黄島・南鳥島や琉球列島での漂着ゴミ調査を十数年前から継続している。これまで琉球列島の島嶼や硫黄島には毎年1度、また南鳥島には4度程上陸して、島を周回しながら海岸域での漂着ゴミ調査を試みてきた。ちなみに最高海拔7mの平坦な南鳥島では、今回の大地震では、約0.5mの高さの津波が押し寄せたが被害はなかったとされている。南鳥島からさらに東方2885kmにある米国領ミッドウェー諸島で

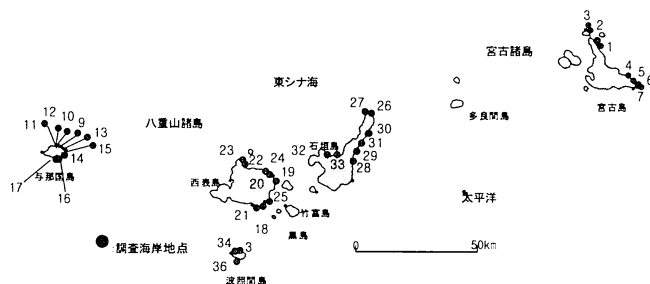


図3 沖縄県宮古島・八重山諸島での調査海岸

は、波高1.5mの津波が襲来し、約11万羽以上のコアホドリが犠牲になったと報じられている⁸⁾。

(2) 放射線量の計測と震災瓦礫の漂着検証

拡散した放射性物質による海岸域における汚染の実態と、震災沿岸域から他の海岸への瓦礫の漂着実態を把握する目的で、南東北・関東太平洋沿岸、小笠原諸島硫黄島・南鳥島、琉球列島、新潟県沿岸・佐渡島、長崎県対馬において、震災沿岸域から流失したと思われる漂着ゴミを確認検証しつつ海岸踏査し、漂着ゴミの表面約1cm

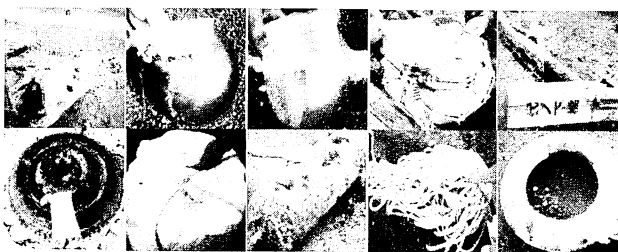


写真4 各種漂着ゴミの放射線量の計測状況

の高さでの空間放射線量を計測した(写真4)。家屋・家財道具・車両類等からの大型の震災瓦礫類の流失を考慮して、確認検証では、主に下記に示す漂着ゴミを対象に試みている。

- ①木材関連類：木柱片類、木板片類、流木類
- ②生活用品関連類：プラスチック容器類、ビン・缶類、靴・サンダル類、畳・ゴザ・シート類、雑貨・遊技具類、屋根瓦・トタン類
- ③漁業関連類：プラスチックブイ類、発泡スチロールブイ・容器類、漁網・ロープ塊類、漁仕掛け具類

表 1(a) 南東北・関東太平洋沿岸と硫黄島・南鳥島調査

地点 記号	計測海岸名	所在地	計測期日	調査海岸長 (km)	計測サンプル数(個)		他の計測物体
					漂着ゴミ	海浜砂	
A	A海岸	福島県双葉郡	2011.11.13	0.5	117	3	消波工ブロック、護 岸壁面・床面 消波工ブロック、護 岸壁床面、俊船瓦 碑
B	B海岸	福島県いわき市	2011.11.13	1.5	77	3	
C	C海岸	福島県いわき市	2011.11.12	0.4	72	3	
D	D海岸	茨城県日立市	2011.11.12	0.5	61	3	
E	E海岸	茨城県日立市	2011.11.12	1.2	67	3	
F	F海岸	千葉県横芝光町	2011.11.26	1.5	74	3	護岸壁面
G	G海岸	千葉県館山市	2011.10.23	2.5	83	4	
H	H海岸	千葉県富津市	2011.11.3	2.3	95	4	
I	I海岸	神奈川県横須賀市	2011.10.29	0.5	45	4	
J	J海岸	神奈川県横須賀市	2011.10.11	0.5	22	3	陸奥側表土(4サン プル)
K	K海岸	神奈川県横須賀市	2011.10.11	1.5	22	4	
L	L海岸	神奈川県三浦市	2011.10.22	0.2	58	3	
M	硫黄島海岸域	東京都小笠原村	2011.9.28～ 10.4	11.2	164	19	
N	南鳥島海岸域	東京都小笠原村	2011.12.19～ 12.20	3	74	6	陸奥側表土(4サン プル)

表 1(c) 新潟県沿岸・佐渡島と長崎県対馬調査

地点 番号	県・島名	海岸名	計測期日	調査海岸長 (km)	計測サンプル数(個)		他の計測項目
					漂着ゴミ	海浜砂	
1	新潟県沿岸	出雲崎海岸	2012.3.4	0.2	56	3	消波工ブロック
2		井鼻海岸	2012.3.4	0.5	69	3	
3		五十浦海岸(佐渡島)	2012.3.5	0.3	69	3	
4	佐渡島	岩谷口海岸(佐渡島)	2012.3.5	0.3	61	3	護岸床面、浜 焼き跡、岩礁 岩礁
5		枳尾海岸(佐渡島)	2012.3.6	0.3	70	3	
6		系浜南側(佐渡島)	2012.3.6	0.3	69	3	
7		系浜中央部(佐渡島)	2012.3.6	0.3	69	3	
1	長崎県 対馬	小茂田浜	2012.3.19	0.25	70	3	護岸床面、浜 焼き跡、岩礁 岩礁
2		小茂田浜西側	2012.3.19	0.4	69	4	
3		越高海岸	2012.3.20	0.2	72	3	
4		越高海岸漁港脇	2012.3.20	0.2	69	3	
5		志多留海岸	2012.3.20	0.3	68	3	
6		三宇田浜東側	2012.3.30	0.1	75	3	
7		木坂海岸漁港脇	2012.3.21	0.15	85	3	
8		木坂海岸固地前	2012.3.21	0.15	81	3	
9		青海海岸	2012.3.21	0.25	69	3	

④粗大物体類：家電製品類，家具類，ガスボンベ・ドラム缶類，タイヤ類

⑤記念・貴重・表示品類：アルバム・写真・絵画類，表札・看板・標識類，その他(特定・推定可能な物品)

なお確認検証は，①漂着ゴミのラベル・印字・刻字等の標記文字，②漂着ゴミの種類・特徴・国籍，③漂着ゴミの付着物(貝・海藻類等)，④その他，の事項に主に注視した現地での目視観察による。

表 1(a)～表 1(c)には放射線量の計測状況をまとめており，各海岸での現地計測は，2011 年 9 月下旬～2012 年 4 月初旬に掛けて実施している。調査海岸長は数百 m から 10km を超える海岸に及び，全 66 海岸での総調査海岸長は 42.63km に達する。硫黄島(周囲約 22km)では 7 海岸で 11.2km の調査海岸長であるが，断崖等を除く踏査可能な海岸域はほとんど計測調査している。また周囲約 6km の南鳥島では，漂着ゴミのほとんど打ち上げられない海岸域を除いて，約 3km の海岸域で計測調査を試みている。

表 1(a)に示すように，原発事故地に最も近い福島県の A 海岸と硫黄島(M 地点)の海岸域では，それぞれ計測した漂着ゴミ数は 100 個以上となっている。ちなみに南東北・関東太平洋沿岸域と硫黄島・南鳥島での全 14 海岸域では 1013 個，琉球列島での 6 島 37 海岸では 2593 個，

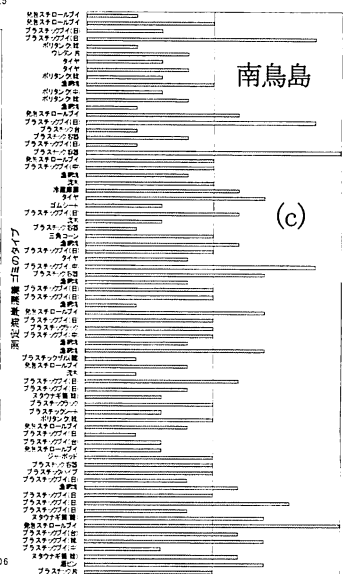
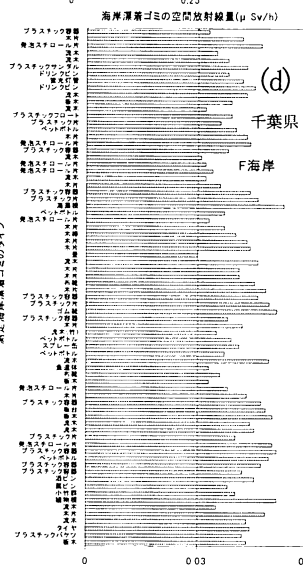
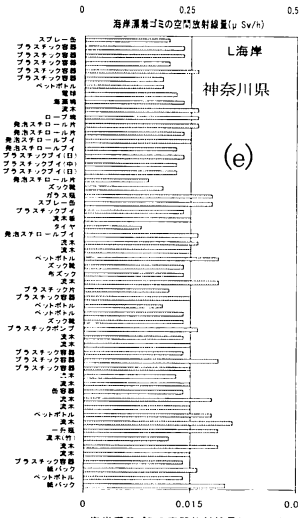
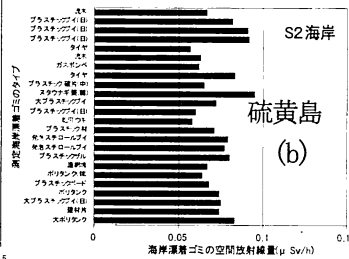
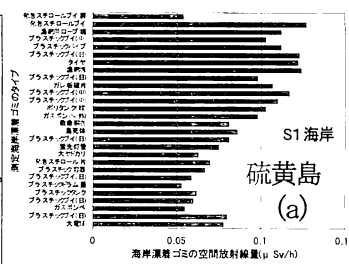
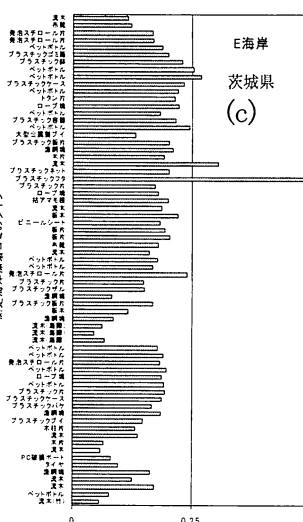
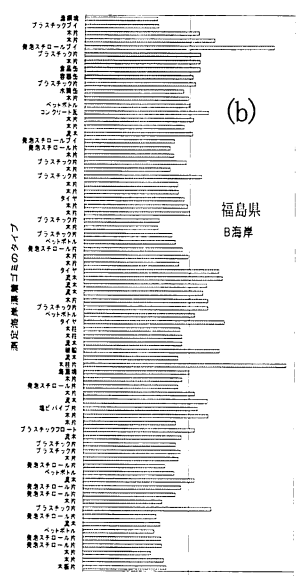
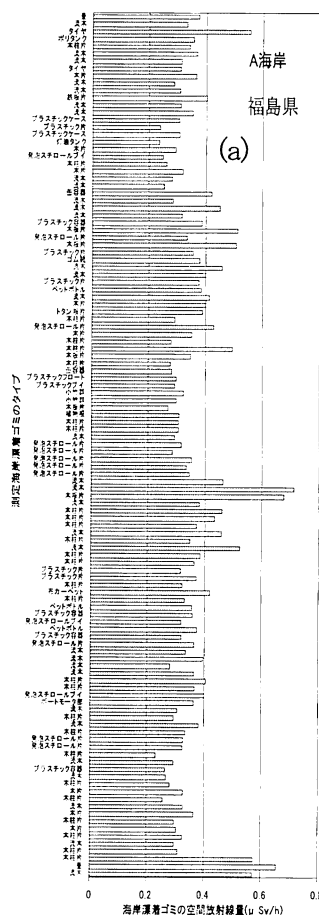
表 1(b) 沖縄琉球列島での調査

地点 番号	島名	海岸名	計測期日	調査海岸長 (km)	計測サンプル数(個)	
					漂着ゴミ	海浜砂
	沖縄本島	波の上ビーチ	2012.3.27	0.07	35	3
1	宮古島 8海岸	狩俣海岸東側	2012.3.23	0.3	86	3
2		池間海岸西側	2012.3.23	0.25	71	3
3		池間海岸北側	2012.3.23	0.3	69	3
4		新城海岸	2012.3.24	0.3	83	3
5		吉野海岸	2012.3.24	0.4	70	3
6		東平安崎岩礁海岸	2012.3.24	0.05	87	3
7		保良漁港脇海岸	2012.3.25	0.2	70	3
8		島尻海岸	2012.3.25	0.15	81	3
9	与那国島 9海岸	ウブドゥマイ浜	2012.3.28	0.4	119	3
10		ツア浜	2012.3.28	0.2	91	3
11		四畳半ビーチ	2012.3.29	0.03	70	3
12		六畳半ビーチ	2012.3.29	0.05	26	3
13		アリン浜	2012.3.29	0.25	92	3
14		カタブル浜	2012.3.30	0.4	91	3
15		比川浜	2012.3.30	0.4	48	3
16		ウバマ浜	2012.3.31	0.15	29	3
17		ウマ浜	2012.3.31	0.1	71	3
18	西表島 8海岸	大原海岸	2012.4.1	1.65	72	3
19		野原海岸	2012.4.2	1.2	69	6
20		高那海岸	2012.4.2	0.3	71	3
21		豊原海岸	2012.4.2	0.3	71	3
22		上原海岸	2012.4.3	0.4	73	3
23		中野海岸	2012.4.3	0.5	75	3
24		ユツ川河口海岸西側	2012.4.4	0.55	81	3
25		仲間崎海岸	2012.4.4	0.3	70	3
26	石垣島 8海岸	平野海岸	2012.4.5	0.45	87	3
27		平久保崎灯台下海岸	2012.4.5	0.2	73	3
28		南星野海岸	2012.4.6	0.45	70	3
29		伊野田海岸	2012.4.6	0.2	70	3
30		明石海岸	2012.4.6	0.55	70	3
31		伊原間海岸	2012.4.6	0.45	72	3
32		米原海岸	2012.4.7	0.25	30	3
33		吉原海岸	2012.4.7	0.3	70	3
34	波照間島 3海岸	港脇北側海岸	2012.4.8	0.4	40	3
35		ブドゥマリ浜	2012.4.8	0.2	70	3
36		べムチ浜	2012.4.8	0.55	73	3

新潟県沿岸・佐渡島の 7 海岸と長崎県対馬の 9 海岸ではそれぞれ 463 個と 658 個で，総計 1121 個の漂着ゴミについて，放射線量の計測を試みている。

また漂着ゴミとの比較検証のために，海岸域での海浜砂の放射線量の計測を試みている。海浜砂については，各調査海岸において複数ヶ所で，しかも海浜面から高さ 1cm に加え，50cm と 100cm での 3 ヶ所の高さで空間放射線量を計測している。さらに大量放出された放射性物質の海岸域における建造物等への直接的な沈着・吸着状況を把握するために，特に原発事故地の近傍に位置する福島県の A 海岸と B 海岸に加え，比較のための千葉県房総半島の F 海岸では，消波工ブロックやコンクリート護岸などの海際構造物や漁港に残積された破船の空間放射線量の計測を試みている。なお次節以降の議論においては，新潟県沿岸・佐渡島と長崎県対馬での計測結果に関しては，紙面の関係上省略する。

放射線量の現地計測には携帯型の放射線測定器(HORIBA 製 Radi(PA-1000))を使用した。放射性セシウム(Cs^{134} ・ Cs^{137})などから放出される γ 線の放射線量を計測するのに優れている。測定範囲は $0.001\sim 9.999\mu\text{Sv/h}$ で，指示誤差は $\pm 10\%$ 以内，サンプリング時間は 60 秒となっている。計測単位である [$\mu\text{Sv/h}$] は 1 時間当りの放射線量(マイクロシーベルト)を表している。



3. 海岸域における放射線量と震災瓦礫の漂着検証

(1) 漂着ゴミの放射線量

南東北・関東太平洋沿岸(図 1), 小笠原諸島硫黄島・南鳥島(図 2), 沖縄宮古・八重山諸島(図 3)の海岸で、それぞれほぼ海岸長全域に亘って踏査しつつ、主要な漂着ゴミを対象に表面より約 1cm の高さでの空間放射線量の計測を試みると同時に、震災沿岸域から流失した漂着ゴミの可能性の有無を、表記文字等や放射線量の計測値を基に調べた。調査時点に、海岸清掃活動などが実施された形跡のある海岸も多く、そのような海岸では漂着ゴミも少ない。そのため表 1(a)～表 1(c)に示したように、放射線量を計測した漂着ゴミの数量は海岸によって異なっている。しかし、漂着ゴミを 50 個以上計測した海岸では、各海岸での典型的なタイプの漂着ゴミをほぼ海岸長全域に亘って計測することが可能であった。

まず、原発事故地近傍の福島県の A 海岸と B 海岸、茨城県の E 海岸、千葉県の F 海岸と G 海岸、神奈川県 I 海岸と L 海岸での南東北・関東太平洋沿岸の計測結果を図 4(a)～図 4(e)に示す。各海岸で、漂着ゴミ間での放射線量の測定値にはかなり相違のあることが認められ

図 4 太平洋沿岸域の漂着ゴミの放射線量

図 5 漂着ゴミの放射線量(硫黄島・南鳥島)

るが、漂着ゴミのタイプによって必ずしも測定値には明瞭な高低の傾向は窺われないことがわかる。海岸間で認められる大きな特徴は、やはり当初予想していたように、原発事故地に近い海岸ほど、漂着ゴミの放射線量が高い傾向にあることである。特に 30km の計画的避難区域境界線の手前数 km に位置する A 海岸では計測した 117 個すべてにおいて、また B 海岸では 77 個の内 63 個(約 82%)において、放射線量が $0.2 \mu\text{Sv/h}$ を超えていることがわかる。また茨城県鹿島灘、千葉県房総沿岸、神奈川県東京湾岸と原発事故地から遠く離れるにつれて、各海岸での漂着ゴミの放射線量は $0.05 \mu\text{Sv/h}$ 以下に

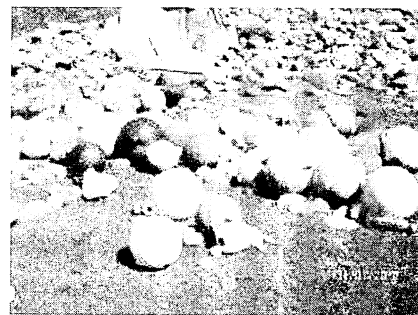


写真 5 硫黄島の S2 海岸

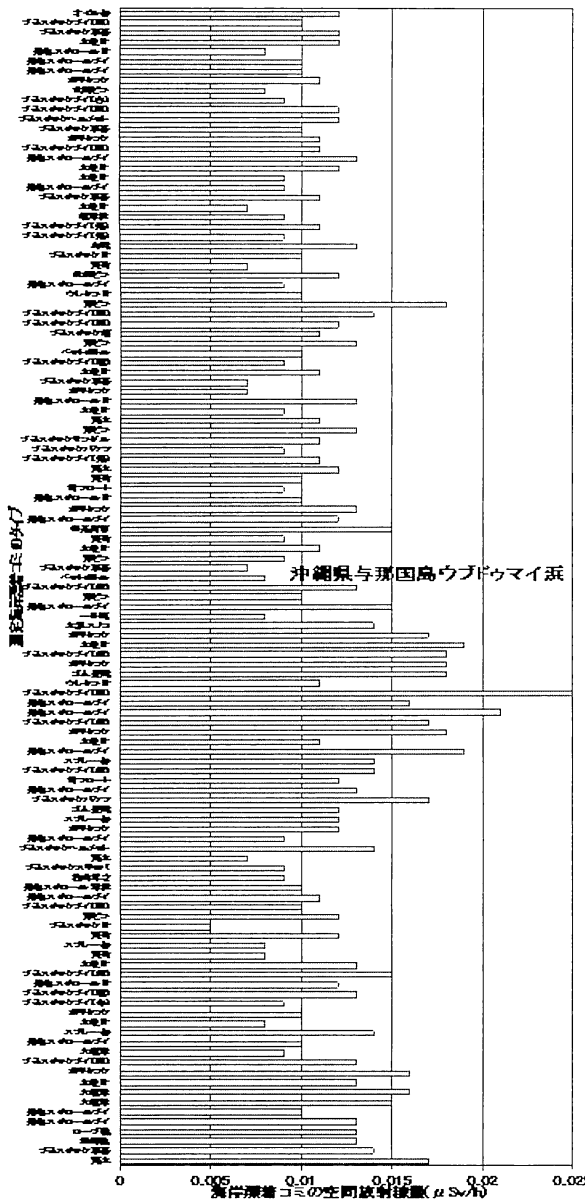


図6 漂着ゴミの放射線量
沖縄県与那国島ウブドウマイ浜

大きく低下しているのがわかる。東京湾口に位置する神奈川県L海岸での計測では、すべて $0.02 \mu\text{Sv/h}$ 以下で、A海岸での漂着ゴミの1/10以下の値となっている。

一方、図5(a)と図5(b)には、太平洋沖合の小笠原諸島硫黄島(M地点)と南鳥島(N地点)での漂着ゴミの放射線量の計測結果を示している。硫黄島では7海岸で164個の漂着ゴミの計測を行っている。ここでは多少高い放射線量が計測された漂着ゴミの多かった2海岸(S1海岸、S2海岸)での計測結果を例示している。硫黄島では計測した164個の内17個(約10%)の漂着ゴミで $0.1 \mu\text{Sv/h}$ を超えており、この17個の内11個がS1海岸で計測したもので、S2海岸では28個の計測数の約39%を占めていた。S2海岸は硫黄島の南西端に面した海岸で、大型のプラスチックブイや発泡スチロールブイなどの漁具類ゴミが大量に漂着している海岸域である(写真5)。これに対し

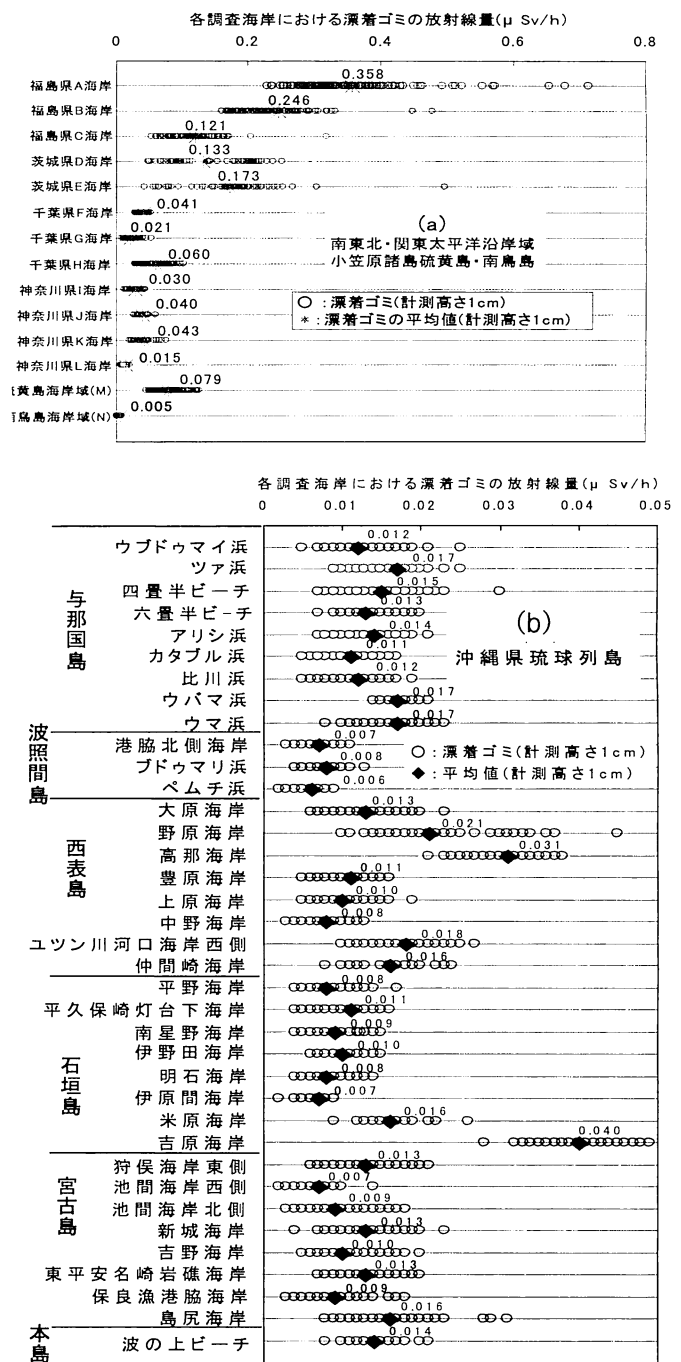


図7 一連の調査海岸での漂着ゴミの放射線量

て硫黄島からさらに東方約1280kmの太平洋沖合に位置する南鳥島では、計測した74個の漂着ゴミのすべてが $0.01 \mu\text{Sv/h}$ と極めて低い放射線量で、しかも $0.005 \mu\text{Sv/h}$ 以下の計測値を示したものが、約72%を占めていた。図6には、福島原発事故地から約2500km離れた我が国最西端島の沖縄県与那国島ウブドウマイ浜での計測結果を例示している。南鳥島の場合と類似し、予想通り琉球列島で計測した2593個のすべての漂着ゴミで、 $0.05 \mu\text{Sv/h}$ 以下の低い放射線量が検出され、全計測個数の約90%の大半(2297個)は $0.02 \mu\text{Sv/h}$ 以下であった。

以上、代表的な海岸での漂着ゴミの放射線量の特徴等について概説したが、図7では、調査対象とした各海岸



図8 各調査海岸での漂着ゴミの放射線量の平均値

で計測したすべての漂着ゴミについての放射線量の結果を同一紙面上に再度プロットして比較している。同図中の*印(数値)は各海岸で計測した漂着ゴミの放射線量の平均値を表しており、その結果を図化したのが図8である。両図のように整理すると、対象とした調査海岸において、各海岸への放射線の影響状況がより理解しやすい。上述したように、明らかに原発事故に近い海岸では、放射線の影響が極めて高いことがわかる。この計測結果の傾向をみると、特に、福島県のA海岸から茨城県のE海岸に掛けて、その影響の高いことが漂着ゴミの放射線



写真6 高い放射線量を示す陸側奥の漂着ゴミ



写真7 硫黄島での水蒸気噴煙口と熱泥水噴口

量の計測結果からも明瞭である。これらの海岸では、放射線量の平均値が高いばかりではなく、漂着ゴミ間での放射線量の測定値範囲にもかなり幅のあることがわかる。特に高い放射線量の漂着ゴミの場合には、原発事故地近傍から海に流失して周辺の海岸域に再漂着した可能性を促す一つの指標ともなる。

原発事故地に近い海岸域で、漂着ゴミの高い放射線量が計測される主要な理由として、下記の事項が挙げられる。

①海岸に漂着している状態で、大量放出された放射性物質を浴び既に漂着ゴミが汚染されている。

②未だに高い空気中の放射線量や海浜砂の放射線量が計測される海岸域があり、漂着ゴミもそれらの影響を受けて汚染されている。

③漂着ゴミの特定は難しいが、高濃度の放射能汚染区域から流失し、周辺海岸へ再三に亘って漂着を繰り返したゴミが残存している。

上記①事項に関連し、太平洋岸の原発事故地に近い大半の調査海岸では、空気中の放射線量がほぼ通常値の $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以下に低下した 10～12 月の調査時点では、打ち上がって間もない波打ち際付近の漂着ゴミの放射線量は、大半が $0.1 \mu\text{Sv/h}$ 以下と低い値であつが、砂浜奥の植生帯に長い間残存していたと思われる漂着ゴミ(写真6)では、 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える非常に高い放射線量が計測される場合もあった。このような漂着ゴミは、既に放出された放射性物質が沈着している可能性が高いと推察される。

なお図7(a)にみられるように、千葉県房総沿岸のF海岸から神奈川県東京湾岸のL海岸に掛けては、福島・茨城県のA～E地点の海岸に比較して漂着ゴミの放射線量は、かなり低いことがわかる。しかも各海岸での漂着ゴミ間での放射線量のばらつきも少ないことがわかる。このような漂着ゴミの放射線量の海岸域における推移傾向から判断すると、黒潮海流が北上する影響もあるが、原発事故地の汚染区域から高濃度の放射線を浴びた震災瓦礫が、千葉県房総沿岸や神奈川県東京湾岸に漂着している可能性は極めて低いと判断される。

ところで図8では、硫黄島での漂着ゴミの放射線量の計測値(平均値で $0.079 \mu\text{Sv/h}$)は南鳥島での値(平均値で $0.005 \mu\text{Sv/h}$)よりかなり高く、平均値で約 16 倍となつて

おり、房総沿岸や東京湾岸よりも高い値であることを指摘した。南鳥島は琉球列島の島嶼と同様にサンゴ礁の小島であるが、硫黄島は軽質凝灰岩の地層を主体とした火山島で、硫黄臭が立ち込め小規模な水蒸気噴煙に至る所でみられる島である。このような地勢環境が計測値に影響を及ぼしている可能性が高いのではないかと推察して、熱水が噴出する噴煙口や硫黄臭の強い地表面での計測を試みたが(写真 7)、そのような地点ではいずれも $0.05 \mu\text{Sv/h}$ 程度の値であった。だが海岸によっては、火山起源の岩礁やスコリア性の海浜砂礫が比較的高い放射線量を示す地点も確認されることから、地層起源の可能性が推察される。ここでは明確な理由について言及できないが、大地震直後の 3 度の水素爆発によって、大量の放射性物質が太平洋にも広範囲に亘って拡散したという予測結果が報告⁹⁾されている。また最近の海上保安庁の調査¹⁰⁾によって、千葉県銚子沖から硫黄島沖合までの 12 ヶ所の海域のうち、小笠原諸島父島を含め 8 ヶ所の海域でセシウム 134 が検出されている。事故時の際、高濃度や低濃度の汚染水が大量に海に流出・放出された経緯があることから、原発周辺海域から流出したものが潮の流れで拡散し外洋に達したとみられている。硫黄島はそのような影響を受けている可能性も否定できないことから、今後さらに、漂着ゴミに加え、陸域の地層などの放射線量の計測調査を継続する必要があると考えている。

(2) 震災瓦礫の漂着検証

南東北・関東太平洋沿岸域での 12 海岸の調査は、2011 年 10 月と 11 月に実施しており、震災から 7～8 ヶ月経過した時点である。そのため、大半の調査海岸では、清掃痕跡が確認され、漂着ゴミの多い海岸は比較的少なかった。しかし中には、震災沿岸域から流失したと思われる家屋用建築木材や小型破船などの震災瓦礫が、海岸清掃後、海岸脇に残置されている海岸もあった(写真 8)。原発事故地近傍の福島県の A 海岸では、コンクリート護岸が震災で一部破壊し立ち入り制限されていたことから、大量の漂着ゴミが放置状態にあり、その中に震災瓦礫と思われる量、襖木杵、タンスなどが混じっているのが確認された(写真 9)。

このように震災沿岸域では、明らかに震災瓦礫と思われるものが確認される海岸もあるが、それらの漂着瓦礫が、しかし高い放射線量で汚染された警戒区域や計画的避難区域などから流失したものと特定付けることのできる明確な根拠を得ることは難しい。特に、プラスチックブイ・発泡スチロールブイ等の漁業関連類やプラスチック容器・ビン・缶等の生活用品関連類の漂着ゴミの場合には、特定できる特殊な標記等がない限り、また特に高い放射線量が検出されない限り、震災沿岸域や原発事故区域から流失したことを実証することは難しい。最近の

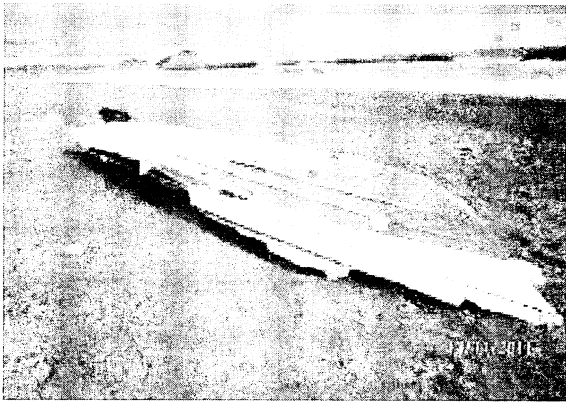


写真 8 福島県 B 海岸に残置された漂着破船



写真 9 震災瓦礫が堆積した福島県 A 海岸

表 2 硫黄島・南鳥島での漂着ゴミの確認検証

漂着ゴミ調査分析項目		硫黄島	南鳥島
調査海岸長(km)		112	3
確認検証漂着ゴミ数(個)		18576	5229
種類別 分析	ビン類(個)	1394	244
	缶・金属類	37	22
	プラスチック類(個)	16260	4730
	漁網・ロープ塊類(個)	179	75
	プラスチックブイ類(個)	604	138
	発泡スチロールブイ類(個)	102	40
国籍別 分析	日本製ゴミ(個)	927	488
	外国製ゴミ(個)	1487	619
	不明ゴミ(個)	16162	4122

茨城県鹿島灘南部に位置する波崎豊ヶ浜での調査速報(2012 年 4 月 24 日)¹¹⁾では、漂着ゴミの放射線量は $0.1 \sim 0.2 \mu\text{Sv/h}$ 範囲であったが、震災沿岸域から流失したと思われる家屋建材用の木材類や小型破船の漂着が確認されている。しかしやはり、他の流木類、プラスチックブイ・発泡スチロールブイ、プラスチック容器類などについては、震災沿岸域から流失した震災瓦礫と関連するものか否かを検証することは困難だとしている。

ところで放射性物質の影響よりもむしろ、震災沿岸域から流失した大量瓦礫の漂流痕跡を辿ることと、漂着ゴミの中から震災瓦礫を判別することが可能か否かを、探ることを主要な目的とした小笠原諸島硫黄島・南鳥島での踏査では、目視観察ではあるが、2(2)項で挙げた漂着ゴミの標記文字・付着物や種類のな特徴などに基づいて、

震災瓦礫に関連する物体の識別や痕跡を把握するために、かなり入念な確認検証を実施した。9月中旬の硫黄島調査は震災から約6ヶ月、12月下旬の南鳥島調査は約11ヶ月経過した時点である。プラスチック容器・ビン・缶類や漁業用ブイ類などの通常の主要な漂着ゴミは、材質・大きさ・形状・比重などに左右されるが、太平洋岸から流出した場合は、概ね数ヶ月でハワイ諸島周辺の海域に到達するとされていることから、今回の硫黄島と南鳥島の調査時点では、震災瓦礫の漂着の可能性は十分に考えられると判断した。

硫黄島では海岸長約11.2kmの踏査で18576個、南鳥島では約3kmの海岸長で5229個の多岐に亘る漂着ゴミについて目視検証し、種類・特徴的分析を実施した。しかし両島での今回の調査では、結論的ではあるが、建造物用等の大型木柱・木板類、家財道具類、破船関連物体など、震災瓦礫に関連すると思われる物体の漂着は確認できなかった。しかも大量に漂着していたゴミ類(表2)は、毎年の調査での傾向とほとんど相違はなかった。

ちなみに硫黄島や南鳥島などへの漂着のように、1000kmあるいはそれ以上の遠距離漂流する場合には、これまでの漂着ゴミの調査から下記の特徴的事項がわかっている。

①プラスチック類等の大半のものは、遠距離漂流過程で波風作用や紫外線による劣化作用を受け、破碎・破損を繰り返し、細片化した状態で漂着するため、原形すら確認できなくなる(写真10)。

②原形を留めているものの大半は、構造的に強いプラスチックブイ、フロート、漁網・ロープ塊等の漁具類ゴミ関係とビン類ゴミである。

③原形を留めたものも含め大半のものは、ラベル・標記文字等が消失・欠損しており、国籍・生産地・流出源等に関する特徴的情報を得ることが不能となる。

④長年の調査より、硫黄島・南鳥島での漂着ゴミの大半は、太平洋上の漁業活動に起因したものが主流と推察している。

なお今回の両島での調査で、震災瓦礫と思われる漂着痕跡を確認検証するに至らなかった主な理由を下記に列挙する。

①大半は漂流過程で沈積(海底・海中ゴミ化)した可能性が高い。

②大半は漂流過程で大破・破損し細片化(原形を認識できない)して広域に拡散した可能性が高い。

③遠距離漂流過程で、硫黄島・南鳥島以外の他方向に移動・拡散している可能性が高い。

④硫黄島・南鳥島にまだ漂流・漂着していない可能性が高い。

⑤たとえ漂着していても震災瓦礫として確認検証がで



写真10 遠距離漂流ゴミの細片化

きない状態にある可能性が高い。

以上、遠距離漂流した震災瓦礫の漂着の場合、沈積せずにしかも構造的に強い破船やコンテナなどの物体でない限り、たとえ漂着しても、震災瓦礫として確認できる可能性は低く、突出して高い放射線量が検知されることなどが無いと、ほとんど検証することは難しいことがわかった。

(3) 海岸構造物と破船瓦礫の放射線量

先述したように、海岸に打ち上がった漂着ゴミの放射線量の計測結果から、福島第一原発事故地から30km離れた計画的避難区域の境界線に近い海岸域では、かなり高い放射線量を発する漂着ゴミが多数確認され、海岸域の汚染が懸念される。境界線数km手前のA海岸では、117個の漂着ゴミの放射線量を計測した結果、すべてが $0.2\mu\text{Sv/h}$ を超え、平均値は $0.358\mu\text{Sv/h}$ と非常に高い値を示した。しかも $0.5\mu\text{Sv/h}$ を超えるものが多数確認され、最高値は $0.714\mu\text{Sv/h}$ であった。政府が居住可能な目安とした放射線量の基準は年間20ミリシーベルトを下回ることとしている。これを単純に毎時当りに換算すると、約 $2.28\mu\text{Sv/h}$ となる。さらに政府は、将来的には、年間1ミリシーベルト(単純換算で約 $0.11\mu\text{Sv/h}$ に相当)を目標値として、除染を徹底していくこと公言している。即ち、除染対象となる放射線量の基準値は、年間1ミリシーベルトと規定している。また神奈川県横浜市などでは、今なお高い放射線量が、建物の雨樋口下の土壌や道路脇の側溝・屋上の土砂などで、度々計測される¹¹⁾。

0.59 μ Sv/h を超える場合には、役所が土砂を撤去し、ドラム缶等で安全に保管するようになっている。このような状況から考え

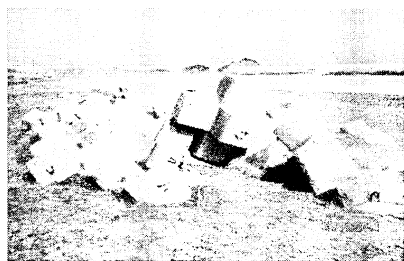


写真 11 海岸構造物の放射能汚染



写真 12 山積みされた破船瓦礫

ても、原発事故地近傍の海岸域における漂着ゴミの放射能汚染の実態は、かなり深刻な状況にあるといえる。

さらに漂着ゴミのこのような汚染状況から判断すると、海岸域の海際建造物等もまた、放射性物質の影響を被っている可能性が懸念される。そこでここでは、原発事故地に近い福島県の A 海岸と B 海岸で、海岸構造物であるコンクリート護岸の壁面・床面や消波工ブロックの壁面における空間放射線量の計測を試みている(写真 11)。計測高さは各物体表面から 1cm, 50cm, 100cm とした。通常、学校校庭の土砂などでは、地表面から 50cm の高さでの計測は、児童の口の位置を、また 100cm の高さは大人の口の位置を想定したものとされている。さらに B 海岸では漁港脇に高く積まれたプレジャーボートやヨットなどの破船瓦礫についての放射線量の計測(計測高さは物体表面より 1cm の位置)を実施している(写真 12)。なお比較検証の意味から、漂着ゴミの放射線量が通常値であった千葉県 F 海岸でのコンクリート護岸壁面での放射線量を計測している。

海岸構造物と破船瓦礫については、計測高さ 1cm での放射線量の計測結果を図 9 に示している。各構造物での壁面・床面や破船瓦礫では、それぞれほぼ 10 ケ所の位置での計測結果をプロットしている。それぞれの構造物での放射線量の平均値は図中に*印で表示している。A 海岸と B 海岸でのコンクリート護岸の壁面や床面及び消波工ブロックの壁面での放射線量は非常に高く、それぞれの平均値は、図 8 で示した漂着ゴミのそれよりもかなり高いことがわかる。A 海岸での護岸壁面と床面上での平均値は 0.4 μ Sv/h 台で、消波工ブロック壁面では 0.327 μ Sv/h である。同様に B 海岸での護岸壁面では 0.359 μ Sv/h、消波工ブロック壁面では 0.439 μ Sv/h となっている。両海岸でのこれらの放射線量の値は、通常値とされる千葉県の F 海岸での 0.047 μ Sv/h に比較して、約 7 ～10 倍の高い値となっていることがわかる。

さらに B 海岸漁港脇に山積みされた破船瓦礫に着目すると、一層高い放射線量が計測されている。瓦礫内の 10 ケ所での計測値の平均値は 0.773 μ Sv/h と、先のコンクリート護岸の壁面・床面の値に比較して、1.7～2.4 倍の高さとなっていることがわかる。このような高い放射線量の状況から判断すると、コンクリート製の海際構造

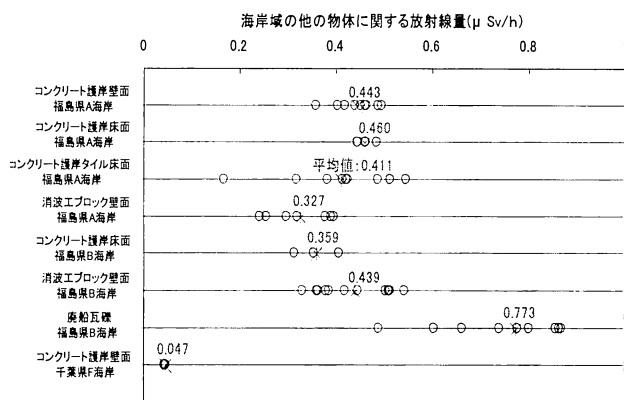


図 9 海岸構造物・破船瓦礫の放射線量

物と同様に破船瓦礫は、水素爆発などの原発事故発生直後の 3 月 12 日頃の時点で、すでに大量に放出された放射線を浴び、放射性物質の沈着・沈積が起こったものと推察される。

ちなみに図 10 には、A 海岸と B 海岸でのコンクリート護岸の床面上から計測高さ 1cm の場合に加え、50cm と 100cm

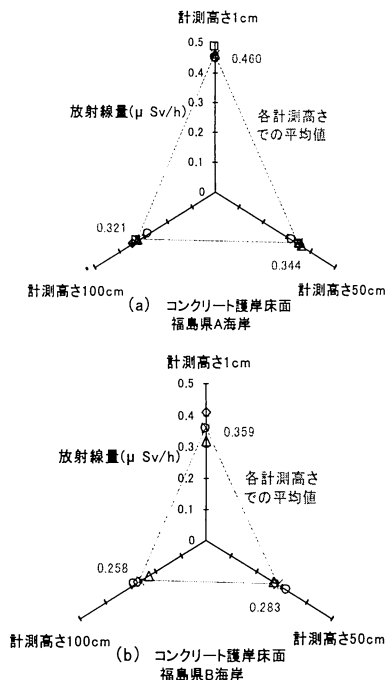


図 10 護岸床面の放射線量

の場合についての空間放射線量を比較している。両図中での数値は、複数ヶ所で計測したそれぞれの高さでの平均値を示している。コンクリート護岸床面から計測位置が高くなるに従って放射線量は低下し、A 海岸では計測高さ 100cm で 0.321 μ Sv/h と、高さ 1cm での 0.460 μ Sv/h の 30% 程低くなっている。同様に B 海岸では、0.359 μ Sv/h (高さ 1cm) から 0.258 μ Sv/h (高さ 100cm) と約 28% 低下している。しかし計測高さ 100cm での放射線量も年間当りに換算すると 1 ミリシーベルト (約 0.11 μ Sv/h に相当) の除

染基準値を遥かに上回っており、両海岸におけるコンクリート製海際構造物は除染対象の構造物となり、立ち入り制限等の措置対策を検討する必要があるように思われる。

(4) 海浜砂の放射線量

前項までは、海浜域での漂着ゴミ、海際構造物、破船瓦礫の放射線量の実態から、海岸域の放射能汚染の状況について述べた。ここではさらに、海浜域での海浜砂の空間放射線量の状況について概説する。原発事故地に近い A 海岸から東京湾岸の L 海岸に至る太平洋岸の 12 ヶ所の海岸では、それぞれ海岸長全域に亘って 3～4 地点、太平洋沖合上の小笠原諸島硫黄島(M 地点)と南鳥島(N 地点)ではそれぞれ 19 地点と 6 地点、また琉球列島 6 島 37 海岸ではそれぞれ 3 地点で海浜砂の放射線量の計測を実施している(表 1(a)～表 1(c))。計測高さはいずれの海岸においても、海浜面上約 1cm、50cm、100cm の位置としている。

図 11 には、各海岸で計測した 3 種類の高さでの海浜砂の放射線量の値をそれぞれ併記してプロットしている。上述した漂着ゴミや海際構造物での計測結果と同様に、原発事故地に近い福島県の A 海岸と B 海岸では、海浜砂の放射線量も非常に高い値となっていることがわかる。各高さ間での計測値には多少差異は認められるが、各高さでの平均値を求めて比較すると、図 12 に示すように、概ね海浜面に近いほど放射線量の値が高い傾向にあることがわかる。

なお計測高さ 1cm での海浜砂の平均値を図8で示した漂着ゴミのそれと比較した図13(a)と図13(b)をみると、特に、漂着ゴミや海浜砂の放射線量が通常値の範囲にある房総沿岸のF海岸から東京湾岸のL海岸に至る太平洋沿岸域、硫黄島(M地点)・南鳥島(N地点)、琉球列島島嶼では、漂着ゴミと海浜砂での放射線量の平均値はほとんど一致していることがわかる。このことから推察すると、

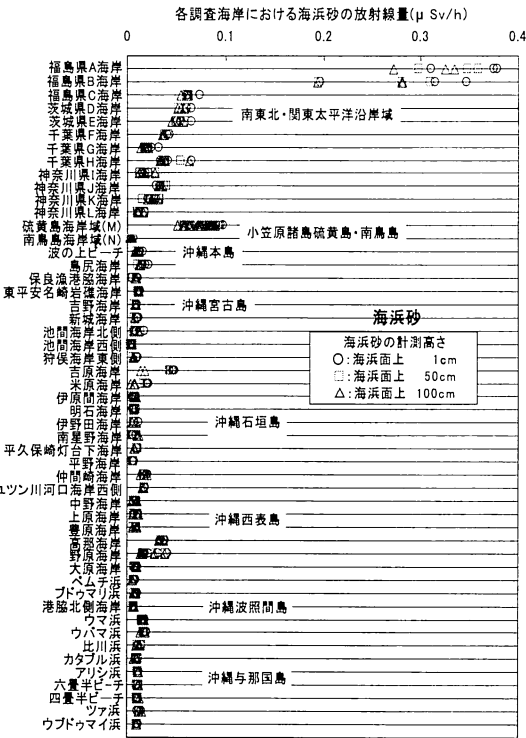


図 11 海浜砂の放射線量

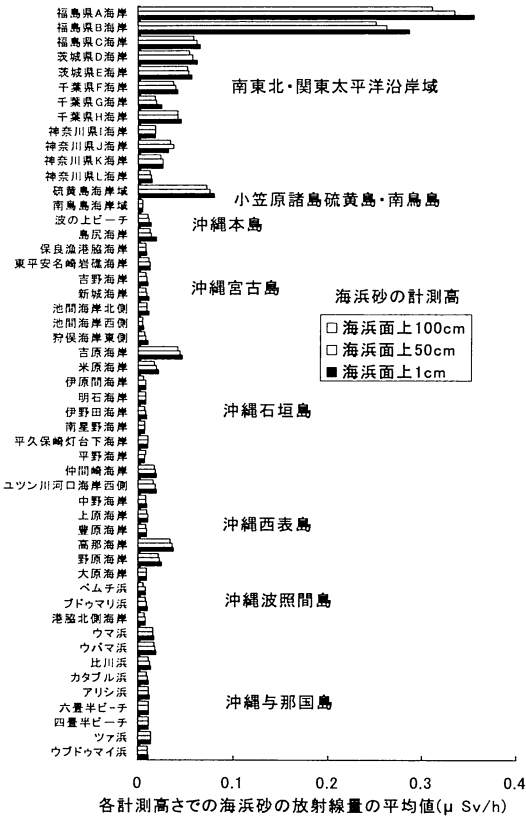


図 12 各高さでの海浜砂の放射線量の平均値

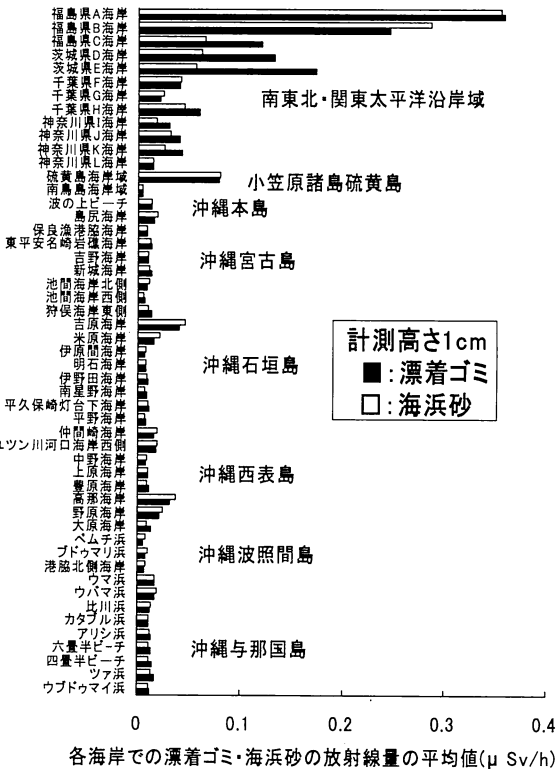


図 13(a) 漂着ゴミと海浜砂との放射線量の比較

ゴミでの計測値は海浜砂の放射線量を検知している可能性が示唆される。ちなみに文部科学省が公表している緊急時環境放射線等モニタリング実施結果¹²⁾を参照すると、B海岸から十数km南下した福島県いわき市では、今回の海岸踏査期間が含まれる2011年9月1日～12月26日間での

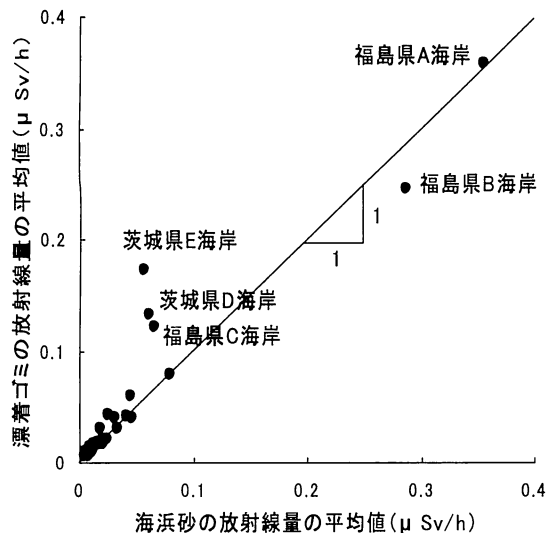


図 13(b) 海浜砂と漂着ゴミの放射線量の類似性

毎日の空間放射線量(車外計測高さ1m)は0.16~0.18 μ Sv/h 範囲であった。また同省の東北・関東の主要地点での空間放射線量の結果(調査時点頃)では、いわき市では0.17 μ Sv/h程度、茨城・千葉・神奈川県のパシフィック・東京湾岸沿いの都市では、いずれも0.05 μ Sv/h程度で、図7と図11で示した漂着ゴミや海浜砂の値にほとんど近似していることがわかる。

4. まとめ

2011年3月11日の東日本大震災に伴って発生した福島第一原子力発電所事故で、大量に放出され拡散した放射性物質による海岸域の広域汚染の実態について論述した。原発事故地に近い福島県の海岸から神奈川県の東京湾岸に至る南東北・関東の太平洋岸沿いに踏査した12ヶ所の海岸、太平洋沖合の小笠原諸島硫黄島・南鳥島、琉球列島島嶼での漂着ゴミ・海浜砂を始め、海際構造物や破船瓦礫の放射線量の計測結果に基づいて得られた海岸域の放射能汚染の実態と震災瓦礫の確認検証に関する主要な事項を、下記に要約する。

1) 原発事故地に近い福島県の海岸域では、各種の漂着ゴミや海浜砂及び海岸構造物などで、除染基準値を超える高い放射線量が計測される物体等が多数確認され、海岸域が深刻な汚染状況にあることがわかった。海岸清掃活動等での漂着ゴミの回収撤去作業などでは、汚染された漂着ゴミの処理処分に十分配慮した作業マニュアル等を作成し、実施する必要がある。また海浜砂を始め、コンクリート護岸・消波工ブロックなどを含めた海際構造物への放射性物質の沈着が高いことから、海岸域における種々の物体についての放射線量に関する綿密な計測を実施し、一刻も速く除染対策を進展させる必要がある。

2) 千葉県房総沿岸から神奈川県の東京湾岸に至る太平洋沿岸や沖縄県の琉球列島の調査海岸では、漂着ゴ

ミや海浜砂に関する放射線量の計測値は、通常値の範囲にあることがわかった。

3) 太平洋沖合約1800kmの小笠原諸島南鳥島での漂着ゴミ・海浜砂の放射線量は調査海岸の中で最も低い値となっていた。しかし同様に、太平洋沖合上にある硫黄島での漂着ゴミ・海浜砂では比較的高い値が計測される海岸もあり、東京湾岸でのそれらの値に匹敵するものもあった。明確な理由について言及することはできないが、今回の原発事故による影響によるものなのか否か、科学的に解明するためにも今後の継続的な調査が求められる。

4) 漂着ゴミの放射線量の計測や表記文字・特徴等に基づいて、震災沿岸域から流失し遠距離漂流して漂着する可能性の高い震災瓦礫の確認検証のための海岸踏査を、小笠原諸島硫黄島・南鳥島で実施したが、今回の踏査ではそのような漂着ゴミを検証するには至らなかった。今後も震災瓦礫に関連する漂着ゴミの確認調査を継続することが重要である。

参考文献

- 1) 読売新聞社：震災のがれき1年後ハワイ、読売新聞、2011年1月14日発行、2011。
- 2) 読売新聞社：漂流のがれき10月頃北米に、読売新聞、2012年4月7日発行、2012。
- 3) 読売新聞社：津波で漂流の船沈没処理、読売新聞、2012年4月6日発行、2012。
- 4) 読売新聞社：漂着ハーレー持ち主判明、読売新聞、2012年5月3日発行、2012。
- 5) 八重山毎日新聞社：八重山の漂着ごみは安全 放射線量の影響なし、八重山毎日新聞、2012年4月13日発行、2012。
- 6) 琉球新報社：漂着ごみ「放射能」なし、宮古、八重山調査、琉球新報、2012年4月14日発行、2012。
- 7) 読売新聞社：がれき480万トン海に流出、読売新聞、2012年3月10日発行、2012。
- 8) 読売新聞社：アハウドリのヒナ 津波受難、読売新聞、2011年6月30日発行、2011。
- 9) 共同通信社：東日本震災関連ニュース特集「東日本大震災半年・東電福島第一原発の半年間(1)大気や水の汚染、広範囲に放射性物質 大量放出」、2011年9月8日発行、2011。
- 10) 読売新聞社：父島沖合でセシウム検出、読売新聞、2012年4月25日発行、2012。
- 11) 日本エヌ・ユー・エス(株)：震災起因海岸漂着物の視察(平成24年4月24日) [速報]、2012年4月28日メール受信、2012。
- 12) 灰田琢磨、伊藤洋輔、山口晴幸：神奈川県三浦半島域における放射性物質による土壌汚染に関する考察、土木学会関東支部、第39回土木学会関東支部技術研究発表会、VII-27、2012。