

震災1年後の宮城県（石巻、松島等）を視察して

技術士（衛生工学・建設・環境）・環境カウンセラー

第一種放射線取扱主任者、甲種危険物取扱者など

環境計画センター 専任理事 ^{かぎや}鍵谷 ^{つかさ}司

平成24年3月に（社）日本技術士会近畿本部環境研究会の主催する「東北研修旅行」に参加した。参加者は様々な部門の技術士25名であり、1泊2日の強行日程であった。20日、21日に震災1年後の仙台市、石巻市、多賀城市、松島町、女川町等を訪れた。あまりにも甚大な津波被害のため街がほとんど残っていない女川町、住宅があったとしても地盤沈下等により日常生活ができない石巻市、1年を経ているにもかかわらず復興の必須条件であるがれきの処理が進んでいない。それほどに被害が大規模であり、深刻であったかの裏返しであるが、もどかしい。さらに、放射性物質で汚染された区域の除染が試験的に始まっており、それに伴って汚染土壌が膨大に発生することになるが、その保管先や最終処分先も不確実な状況である。

私は、サーベイメータを持参したので、先々で空気中のγ線を測定した。20日に石巻工業港、海岸から数百m離れた門脇小学校、その裏山の日和山を視察した。また、宿泊地の松島では21日早朝に松島港と瑞巖寺を訪ねた。被災現場を技術士の眼で見ると多くの知見や新しい発見があった。単なる被害報告ではなく、技術士らしい視点で報告を試みます。

1. 震災1年後の東北視察旅行の概要

視察旅行の日程と簡単なコメント（※印）を記します。なお、参加者はそれぞれ視察報告書を主催者へ提出し、視察報告書としてホームページ（PEECO Technology）に掲載さ

れていますので、ご覧下さい。

【3月20日】早朝に大阪空港を出発し、9時過ぎには仙台空港に到着した。バスで移動しながら周辺のほとんど何も残っていない景色に茫然とした。テレビでは何回も繰り返し見ているが、現場で見ると津波が押し寄せた状況が脳裏をかすめるので迫力が違う。

①復建技術コンサルタント（株）会議室で説明会
講演：学都「仙台・宮城」サイエンスデイの
取組み；大草芳江（NPO Natural Science
理事）

講演：東日本大震災による女川原子力発電
所の被害状況の概要及び緊急安全対策等の
対応

古舘淳光（東北電力（株）原子力部原子力技術
訓練センター所長）、大谷順一原子力部部長
同席

※講演後、女川原発の地震時の対応や津波対策について質疑があり、とくに、原発の地盤高さの決定（14.8m）、非常用電源の確保状況などに質問が集中した。地盤沈下が1mもあり、実質地盤高さが13.8mに波高13mの津波が押し寄せたと聞いて驚いたが、自家発電設備は稼働可能であり、外部電源の一部が確保できていたなど福島原発との違いが際立った。なお、福島第一原発の海側エリアの地盤高さが4m、想定波高5.7mに対し14.5mの津波が押し寄せ、自家発電設備や外部電源の受電鉄塔の倒壊により長時間にわたり電源確保ができなかったことが大事故を招いたことがよくわかった。

②仙台市折立団地の視察；

階段状に造成した団地の道路、擁壁、陥没等の被害状況を視察

③石巻班と女川班に分かれて日本技術士会東北本部の会員の方々に案内していただいた。

※私は、石巻工業港、門脇小学校のある南浜地区、その裏山の日和山を訪ねた。

④宿泊；ブリーズベイ・シーサイドリゾート松島で夕食・懇親・交流会

【3月21日】ホテルは小高い山に位置するので、松島湾を一望できるすばらしい景観

①早朝散歩；松島湾まで徒歩10分位。雪がチラつく中を瑞巖寺まで散歩した。

※街を横断して松島港に面した松島グリーン広場まで歩いたが、松林が緑々とし、津波の痕跡が見当らない。沿岸部を囲むようにわずか1mの防波堤が整備されているが損壊等はない。さらに、瑞巖寺まで10分位を歩いたが、平坦地であるにもかかわらず損壊の痕跡が少ない。わずか10数km離れた石巻湾、40km離れた女川湾では7.4mから17.5mもの津波が押し寄せているのに不思議に思い、素人ながらに調べてみた。

②多賀城市跡地視察；

国府多賀城市跡の見学、海まで約5kmの高台に位置している。平安時代前期の869年（貞観11年）に発生した巨大地震（M8.3以上）で仙台湾に高さ9m程度の津波が押し寄せ、内陸部約2kmまで浸水したと記録されている。女川原発設置時にはこの事例を考慮して地盤高さを14.8mに設定したと説明を受けた。

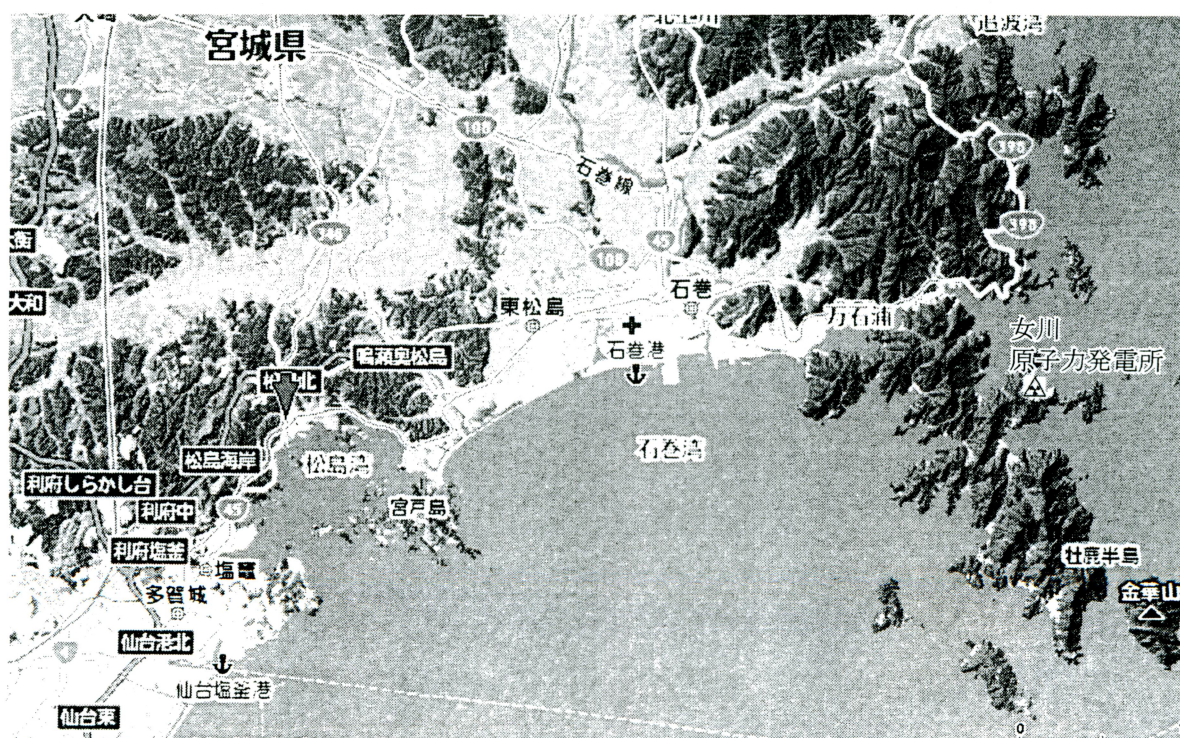
③多賀城市役所訪問；

被災状況、復旧状況等をビデオや担当者による説明を受けた。

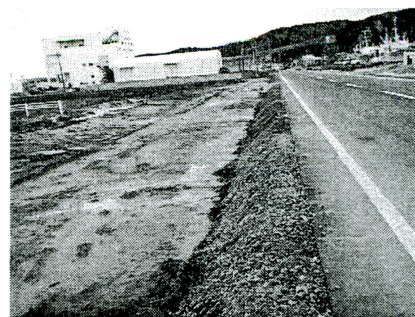
※発生したガレキ類の処理をいち早く近隣の米沢市に依頼し、順調に処理されているとのこと。

④JAXA角田宇宙センターの視察、コスモタワー見学；

※福島原発から北北西約70Kmの地点に位置し、周辺で放射性Csと思われる空間放射線の高い箇所があった（ホットスポット）。最先端のロケット技術の開発状況や燃焼試験設備を視察できたが、震災とは関係がないので割愛します。



松島湾&石巻湾周辺の地形；女川原発は右の牡鹿半島の女川湾側の中央（グーグル）



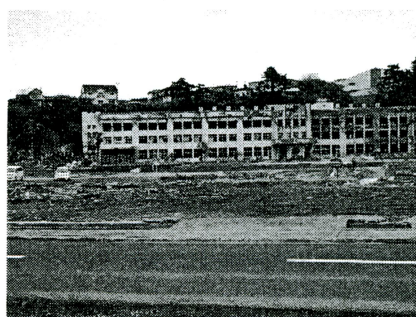
石巻港湾事務所、港内の大型倉庫及び地盤沈下状況（道路面は盛土）

【南浜地区・門脇小学校】

小学校は日和山の麓に位置し、港から750m程度離れた平坦地である。高さ6.3～7.3mの津波が到達し、周囲の全ての木造住宅は壊滅し、鉄骨・コンクリート製病院や工場が散在していた。建物は見えるが、損壊が激しく、地盤沈下やライフラインが復旧していないので、全く使えない状態であった。3階建ての小学校は残っているが、一部火災跡があり、廃墟であった。当時の報道によると「児童約

230人は校庭から墓地脇を抜ける階段を使い、日和山に避難した。また、校庭に避難した多数の車が津波で押し流されて激突し、火災が発生した。」とあった。

この地区は南北にやや細長い日和山（高さ56m）があり、小学校はちょうど南側正面のやや急斜面の麓に位置している。波高分布図を精査すると、津波に対して真正面に対峙していたところが津波の遡上が高い結果であった。



日和山麓の門脇小学校と壊滅的な被害を被った南浜地区（海から750m圏内）

【日和山（ひよりやま）から被災地を望む】

ここが多くの人々を救った高台である。日和山は旧北上川河口に位置する高さ約56mの丘陵地で、松尾芭蕉も訪れた風光明媚な所である。海岸まで約1Kmであり、沿岸部の被害状況を一望できる。この山に避難した多くの人々が住宅地を襲う圧倒的な破壊力を見せつける津波の襲来を絶望的に見ていたテレビ画面を思い出した。息を飲むようなすさまじさだった。

ところで、傍で写真を撮っていた様になっているカメラマンがいた。「景色が素晴らしい

ので、桜の頃にもう一度見たいが、京都なので遠すぎて…」となにげなく話したら、奇遇にも「先日、京都外大で被災地の写真展を開催していた。」と言われた。プロのカメラマンかと尋ね、名刺交換した。彼は、石巻市出身でご家族も大きな被害にあわれ、現在、仮設住宅で生活し、3,000枚以上の被災地の写真を撮り続け、展示会や講演活動を通じて支援を呼びかけているとのこと。現在、彼の活動支援を含めて連絡を取っているところです。フォトグラファーの阿部美津夫氏（写真中央）、ブログを見て下さい。早速、まだ早い桜の木の



海側の被災地に向けられた献花



海岸方向の震災写真を撮影中



まだ早い桜の下で石巻班記念写真

下で石巻班の記念写真をカメラマンに撮影していただいた。

【津波遡上による波高分布について】

石巻市広瀬地区と石巻地区の津波到達区域と波高分布図を提供していただいた。波高の分布状況には次のような特徴がみてとれる。

- ①海（津波）に向かって直角に急斜面が立地する日和山麓の門脇地区の津波高さは約7 mに達する。
- ②その側面は4 m以下に急激に低下し、真裏は1.8 m以下であった。なお、北上川側はやや高い
- ③北上川を挟んで東側1 kmの牧山は急峻な崖にさえぎられているが津波の遡上高さは約5.5 mで1 m以上も低い。牧山（標高；50 m）は津波方向に対してやや斜めに立地しているためと考えられる。
- ④当然、津波を防ぐことができない平坦地は広い範囲に浸水するが、逆にブロックしていないので津波は巨大化することなく、ただらと広範囲に押し寄せるが、その波高は2 m以下と低い。

つまり、これらの特徴を検討すると、津波の高さを抑えるためには、真正面から津波に対峙しないことがポイントであり、できるかぎり波を分散させることが津波対策のヒントではないか？

3. 松島の奇跡；1 mの防波堤が街を救った理由とは？

21日早朝、松島湾及び瑞巖寺を訪れた。松

島湾に面した松島グリーン広場の松林が緑々とし、全く枯れていないことに驚いた。護岸や観光船の着岸設備などに大きな損壊が見当たらない。広場と港の間には高さ約1 m程度の防潮堤が取り囲んでいる。どうもわずか1 mの防潮堤が津波を防いだようだ。ここから10 km離れた石巻湾で7.4 m、8 km離れた仙台塩釜港で8 m、40 km離れた女川湾で17.5 mの津波が押し寄せて甚大な損害が発生した。にもかかわらず松島湾ではほとんど被害はなさそうである。0.3 mから1.5 mの地盤沈下があったとあるが、非常に不思議に思った！！

湾内には260個もの数多くの島々が散在し、これらが堤防の役割を果たしたとの定性的な説明は多いが、島々はいわば連続壁でもなく、隙間のあいた堤防であり、津波を防ぐとは到底考えられない。また、この付近は水深が10 m以内で浅いことは知られているが、津波の性質は水深が浅くなると盛り上がり波高が大きくなる。地形（袋型）、水深分布、島の数、配置や形状等が津波の波高を低下させたのであろう。津波に関するほとんどの調査報告は、津波が巨大化した事例や原因の解析ばかりである。数mの高さで押し寄せた津波が軽減できた理由はなんだろう！

【松島町の被害状況】

平成23年人口が約1万5,181人であり、津波浸水高が2.9 m、浸水面積が167 ha、浸水範囲人口が4,053人で27%程度である。石巻市の70%や女川町の80%と比べて極端に低い。また、2011年8月の死者は2人で、行方不明

者はなしである。死者の人口割合は0.01%であり、石巻市の2.53%、女川町の9.46%に比べるとほぼ皆無に等しい。また、がれき発生量の推計値は2万トンで、隣接する石巻市の616万トン、女川町の44.4万トン、東松島市の166万トンに比べるとはるかに少ない。いかに被害が少なかったかが分かる。

【奇跡の理由は？】

松島湾の防波堤について調べてみた。これまで報告した防波堤の高さは広場の地盤から1m程度であったが、正しくは海面（+OP）からの高さで判断しなければならない。被災前の松島湾の護岸、胸壁（波返し）は2.9mであったが、復旧後には4.30mに嵩上げする計画であった。津波浸水高は2.9mで、浸水面積は約167haで、浸水戸数は約280戸とあるので、沿岸部を横断する国道あたりまでは浸水したようである。地盤沈下の場所や程度は不明であるが、防波堤を超えた津波は1m程度と推計される。この程度であれば人的な被害も少なく、がれき発生量もかなり少ないと思った。

ところで、津波の押し寄せた際の状況は、島の外海側では津波が遡上して被害が大きかったが、その裏側では大きな被害はないと聞いた。前述したように海に向かって真正面に位置する日和山の麓では津波は高く、その周囲へと分流して裏側では1/3以下に低下した事例と同じである。が、波の逃げ場のない湾内でわずか3m程度にまで低下することは理解しがたい。

素人の知識で7mもの高さで襲来した津波を打ち消せる方法は一つだけ考えられる。湾内に到達した波が合成されて巨大津波になることは良く知られているが、それならば当然その反対も起こりうる。つまり、島々にぶつかった津波の波長が乱れて合成された結果、低くなったと考えると理解できる。理論的に波長が同じならば、位相がずれて最高波高と最低波高が重なると波の高さはゼロになる。さらに、松島湾内には260個もの島々が散在しているので、いわば海面には現れない海中岩礁も多数分布し、これが海中堤防の役割を果たして津波のエネルギーを軽減したのではないか？このため、他では考えられないような自然現象により巨大な津波が消されて低くなったと、一人納得している。

逆にみると、巨大防潮堤で真正面から津波を受け止めた場合、波は跳ね返されるが、第二波、第三波等が襲来するまでの間に分流する時間がない場合には次々とこれに重なるので、いくらでも巨大化する可能性がある。確かに堤防は津波や波浪を防げていれば有効であり、堤防を越えるまでの時間を遅らせることができる。が、超えた時にはその大きな位置エネルギーが一挙に運動エネルギーに転換して低地へ流入し、甚大な被害をもたらすことになる。つまり、巨大津波の発生原因にもなったとも考えられる。対策の基本は、波が巨大化しないメカニズムを解析すべきであり、松島にヒントがあるのではないか！



穏やかな松島湾の風景



広場前の防潮堤（高さ約1m）



防潮堤上部の剥がれた化粧板

4. 空間放射線線量率の不思議；宮城は関西よりも低かった！

【放射線の測定】

Nalシンチレーションサーベイメータ（5000型、精度 $\pm 15\%$ 、 $1/1,000\mu\text{Sv/h}$ で γ 線を測定）を持参し、京都市内、大阪空港、仙台市、石巻市、松島など先々で空間放射線線量率（ γ 線）を測定した。測定は、高さ約1mで20秒間に示された実効線量率を読み取り、範囲を記録した。

仙台空港に降りて放射線を測定してびっくりした。なんと、京都や大阪よりもかなり低いのである。逆に言えば、関西地区はかなり高いのである。

- ①京都、大阪の空間放射線線量率は $0.1 \sim 0.2\mu\text{Sv/h}$ でかなり高かった。舗装道路、コンクリート構造物の近くで高く、とくに、地下鉄や地下街は高い傾向にあった。測定した地点はいずれも街中のコンクリート構造物の近くである。なお、京都市内のモニタリング結果（伏見区）は $0.04 \sim 0.06\mu\text{Sv/h}$ 程度である。ただし、周りに人工構造物がない、土壌地盤における測定結果である。
- ②宮城県下の測定値は、バス中、舗装された道路付近でも $0.03 \sim 0.06\mu\text{Sv/h}$ で、構造物中では 0.16 程度と高いところもあった。なお、某芝生の上で $0.9\mu\text{Sv/h}$ のホットスポットを見つけた。46日間で防護基準の 1mSv に達する強さである。このような異常値は原発事故以外には考えられない。

その後、北海道（千歳、札幌、小樽）飛行機内広島で、同じサーベイメータを用いて測定した。非常に面白い結果が得られているので、機会をみて寄稿したい。

【解説】

東北地方の放射性物質による土壌の除染基準は $0.23\mu\text{Sv/h}$ 以上であるが、このうち、大

地のそれを $0.04\mu\text{Sv/h}$ としている。なお、除染基準は、あくまでも土壌を除染するための基準であり、汚染されていない関西にそのまま適用することはできないことは言うまでもない。六甲山や比叡山など関西の山々は花崗岩であり、放射性ウラン等が含まれており、その崩壊過程で γ 線を放出するので高い傾向にある。一方、宮城県下の地質は堆積岩である砂岩や粘板岩であり、放射性物質の含有量は少ないと言われており、概して低い。

【感想】

私の専門は廃棄物分野であり、災害廃棄物の仮保管場、そこでの作業などをつぶさに視察したかったが、通り過ぎただけであった。ガレキの早期撤去は、復興の第一歩であり、被災地だけでは速やかに対応できないので、広域的な処理が不可欠であるが、遅々として進んでいない。関西においても災害廃棄物の受け入れを検討しているものの、付着した放射能に対する懸念から反対が強く受け入れる自治体がない。宮城県の空間線量率は関西よりも低いこと、大阪府の災害廃棄物の受入指針では、付着する放射能は 100Bq/kg 以下を対象としている。これは4月1日より基準改正された食料品の新基準と同じなのである。食べ物と同じ基準でも反対が強いのである。あらためて何とかできないかと痛感した。

上記の詳細は「環境計画センター」HPの「放射性物質・災害廃棄物のQ & A」に掲載しています。とくに、追加で「京都市内の放射線測定結果」を掲載しました。この計測器で測定している空間線量率とはどこから発生するガンマ線を測定しているのだろうか、詳細を調査中です。

最後になりましたが、非常に有意義な視察でした。主催した(社)日本技術士会近畿本部環境研究会の幹事の皆さんに感謝いたします。