

## 東日本大震災の教訓

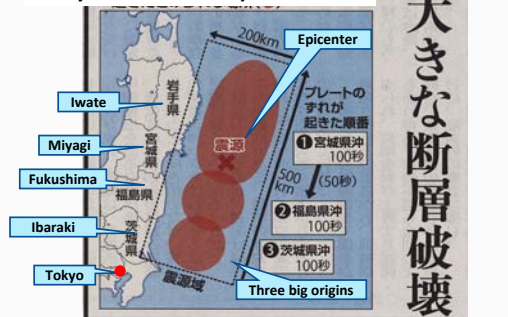
● 村井俊治

- はじめに
- 津波対策(防潮堤)の功罪
- ハザードマップ(指定避難所)の失敗
- リモートセンシングの役割
- 航空測量の役割
- 復興測量・町づくりの課題
- おわりに

## はじめに

- 東日本大震災で成功や失敗、悲運や幸運があったが、事実を受け入れて、深く分析や反省をして、将来の教訓にすることが大切である
- 「想定外」という言訳は、「想定すべきことをしなかった」だけのことであり、技術者として恥ずべき発言である
- 数百年から千年に一度の大震災であったが、過去には同じかそれ以上の規模の大震災が記録として残っている

Very Wide Area of Epicenter



## 被災状況(2011.5.11現在)

- 死者 14,981人
- 行方不明 9,951人
- 避難 115,098人
- 建物被害 219,555軒
- 火災 357件
- 浸水面積 507平方キロ
- 新幹線 1,200箇所損傷
- JR在来線 6000か所
- 高速道路 15路線停止
- 国道 161区間通行止め
- 漁船 18,890隻流出
- 漁港 326港破壊
- 田畑浸水 23,600ha
- 東電発電所:
- 原発:7/11 停止
- 火電:8/15 停止
- 52MKWが31MKWに
- 1ヶ月後に50MKWに回復

Tsunami attacking Miyako City, Iwate Pref.  
At 3pm, March 11, 2011 (The height: 10m)



A big boat flown on the roof of a building  
in Otuchi Town, Iwate Prefecture



釜石市の港湾事務所に迫る津波



釜石市の港湾事務所付近最大高さの津波



### 防潮堤は津波を止めたか？

- **止めなかった例:**
  - 1) 釜石市の世界最深防潮堤(水深:63m、厚さ20m:ギネスブックに登録)
  - 2) 宮古市田老地区の「万里の長城」防潮堤(10m高さ、2.4km総延長)
- **止めた例:** 岩手県普代村の防潮堤および水門(15m高さ)

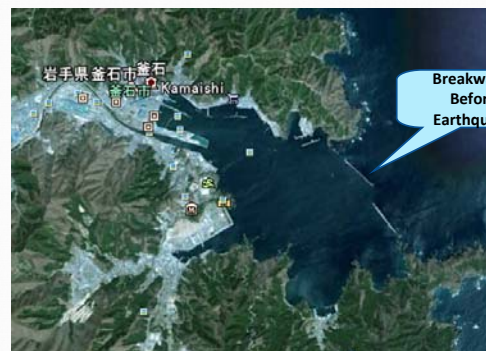
### 津波の高さ(2011.5.11付け)

場所	海岸の高さ	遡上高さ	死者	行方不明
● 宮古	12.1	37.8	411	1871
● 山田	9.5		561	378
● 大槌	15.0		759	1903
● 釜石	9.3	21.4	824	533
● 大船渡		23.6	310	153
● 陸前高田	12.8		1466	718
● 気仙沼	10.0	19.8	914	617
● 南三陸	15.8		509	664

### 津波の高さ(2011.5.11付け)

場所	海岸の高さ	遡上高さ	死者	行方不明
● 石巻	10.3		2933	2770
● 女川	18.3		466	690
● 東松島			1029	740
● 仙台	9.3		680	180
● 名取	9.0		895	158
● 南相馬			534	404
● 福島原発	15.0			

The Deepest Breakwater against Tsunami in Kamaishi Bay, Iwate Prefecture



©Google

### Destructed Breakwater in Kamaishi Bay By Tsunami



世界最深の防波堤 無残

©Yomiuri Newspaper

### 宮古市田老地区の津波防災対策



防波堤 (河川局管) 89-92年 (TP+10.0m防波堤完成・村営工事) 838-42年 (●●●に改良・海岸高潮)

防波堤 (水産庁所管) 848-53年に

防波堤 (水産庁所管) 837-32年

防護区域 A=100.4ha

防護区域 A=94ha

田老漁港

田代川水門および河川堤防 847-53年

至喜古市


至喜島町

国道45号



宮古市田老地区の10m 防潮堤

…これでも津波は止められない！



宮古市田老地区に明治、昭和の津波高さが記されていた。

明治津波: 38m

…これでも想定外と言うのか？

### 明治三陸津波は38.2mを教えていた！

#### 明治三陸大津波伝承碑

明治29年6月15日 (旧暦5月5日) 午後8時7分頃襲来。釜里村は被害戸数296戸、溺死1350人を数え、この地にて本州津波史上最高の38.2mの波高を記録する。

「白波は真口の太平洋に直面するもって水撃を逆る何物もなきによるべく、野を越え山を走りて道合に至り両傍の海水遶るるに至る。所謂水合か。」(「釜里村誌」)

「釜里村の惨状」

「釜里村の如きは死者は頭蓋を砕き、或いは手足を抜き足と折り突に石状すべからず、村役場は村長一名を残すのみ、尋常小學校、職在所みな流失して形跡を止せず。(密子崇知子より内務大臣への報告)

「その屍たまた道路に濁ち沙濱に横たわり敵軍宮うべからず、晩暮体側に随って汚上に移がなまの数十日、屍の屍にすがりて慟むものあり子の頭を抱き悔哭するものあり、多くは死体変化し、父子とも尚その容貌を弁する能はざるに至る。頭足、所を異にするに至りては惨の最も惨なるものなり。」(「釜里村誌」)

平成10年6月15日

釜里地区消防100周年記念事業実行委員会 建立

### 宮古市田老地区の被災状況



釜里地区2.4km<sup>2</sup>に及ぶ「日本一の防波堤」(1kmで交差している部)の一部が崩壊した密子崇知子氏の田老地区。防波堤の先端部も崩壊された。(2頁目、本社欄の右) —宮古市より撮影

**15m堤防・水門 村救う**  
 明治の津波教訓 死者ゼロ不明1人  
 岩手・普代

岩手県普代村の15mの堤防と水門が3000人の村人を救う



**岩手県普代村の15m防潮堤**



**15m高さの堤防と水門は過剰設計と批判されていた。津波は12m高さだった**



押し寄せる津波を防ぎ、市街地を守った普代水門＝6日、岩手県普代村

**避難は適切だったか？**


- **誤っていた例：**
- 1) 分かっているだけで、陸前高田(35/68)、南三陸(31/78)、女川(12/25)にあった指定避難所の40～50%が津波に流された
- 2) 仙台若林地区の東六郷小学校は、危険視されて指定箇所の変更要望書が出されていたにも拘わらず、無視され津波の被害にあった。要望書を提出した大友さんは、以前から調べていた東北高速道の高い場所に避難し、300人と一緒に助かった。指定避難所の小学校は2階まで津波が来た

**避難は適切だったか？**

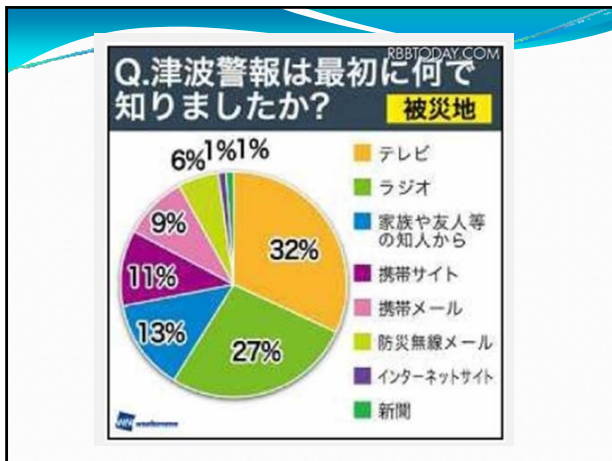
- **誤っていた例：**
- 3) 釜石市の鶴住居(うのすまい)地区防災センターに200人が避難したが、津波に襲われ54人が遺体で発見された。地震1週間前に避難訓練していた。センターは海岸から1.5km離れており、想定津波地域ではなかった。皮肉にも防災訓練に参加しなかった人は高台に逃れ、難を免れた
- 4) 南相馬市の老人介護施設は、ハザードマップに指定された海岸から500mまでの津波想定区域外だったが、津波が襲い30人が死亡した

**津波から避難したか？45%は避難しなかった！**

Q.どのような行動を取りましたか？ 全国 海岸から近い所に居た



行動	割合
安全な場所だったのでその場で待機	44%
日常と変わりなく行動	21%
発表されていた事を知らなかった	8%
何もしなかった	8%
わからずひとまず待機	8%
高い所に避難した	7%
海岸から退いた	3%
その他	1%



### 避難は適切だったか？

- 判断が正しかった例：
  - 1) 岩手県山田町立船越小学校の校務員が、指定されていた小学校では危険と判断し、生徒、先生たちを40mの高台に誘導し、全員無事だった。小学校は津波に流された
  - 2) 岩手県宮古市姉吉地区の集落は、明治・昭和津波の先人の教訓から、高台に集落を作り、今回の津波では、標高60mの集落に逃げ込み1人以外は助かった

### 校務員さんの誘導のおかげ

#### 卒業式で児童ありがとう

岩手・山田町

津波に襲われた仙台市岩手区東六郷小(手前)の卒業式で、校務員さん(左)が児童(右)に花を渡している。津波で倒壊した校舎の跡地を背景に撮影された。

津波に襲われた仙台市岩手区東六郷小(手前)の卒業式で、校務員さん(左)が児童(右)に花を渡している。津波で倒壊した校舎の跡地を背景に撮影された。

津波に襲われた仙台市岩手区東六郷小(手前)の卒業式で、校務員さん(左)が児童(右)に花を渡している。津波で倒壊した校舎の跡地を背景に撮影された。

### 先人の石碑集落救う

#### 「此处より下に家を建てるな」

海抜60m

津波被害免れる

宮古市姉吉地区

先人の石碑集落救う

先人の石碑集落救う

先人の石碑集落救う

明治津波の教訓から海拔60mの  
高台に建設された姉吉地区の集落



## 避難は適切だったか？

- **判断が正しかった例：**
- 3) 岩手県大船渡市の越喜来(おっきらい)小学校は、津波の時は1階に下りてから避難する回り道が危ないと判断し、2階から避難できるような施設を作っていた。今回の津波の避難でこの施設が有効だった。学校は津波に流された。
- 4) 常磐線新地駅で車両が地震に遭遇したが、二人の警官が海岸から500mの駅は津波にやられると判断し乗客40人を下ろして高田にある新地町役場に誘導した。駅は流されたが乗客は全員無事だった

## 避難は適切だったか？

- **判断が正しかった例：**
- 5) 宮古市の角力浜(すもうはま)は、防潮堤がなく最も無防備な場所と言われていたが、110人の村人は普段の訓練通り高台に避難して、1人以外は無事だった
- 6) 茨城県大洗市の19才の消防士は、眼前に津波が押し寄せる場所で、防災無線で45のスピーカーを通じて、「高台に避難せよ」と叫び続け、津波が引いた後も「その場を動くな」と2時間半叫び続けた。このおかげで全員無事だった

## GPSの役割

- 港湾空港技術研究所のGPS波浪計の津波観測(釜石沖)・・・7波まで来たことが判明
- 海底が5m隆起したことが津波を発生させた
- 海上保安町の海底基準点の観測データ・・・水深1,700m、震源付近で**24m東に移動**
- 国土地理院の電子基準点の観測データ・・・**5.3m東に地殻変動**
- 復興測量・・・地籍測量、境界測量、被害調査など
- 罹災調査・・・補償、保険など

港湾空港技術研究所のGPS 波浪計  
7波まで観測：海面が55cm隆起

GPS Tsunami wave height recorder at Kamaishi  
~7 waves ranging 6.6 m to 1m attacked in 6 hrs.

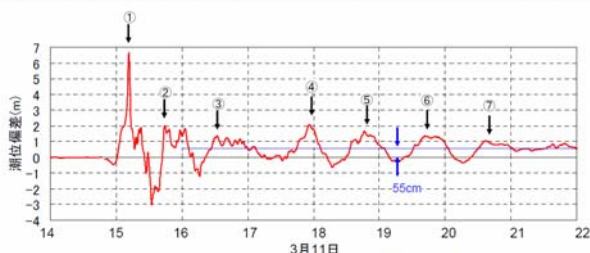


図-2 岩手南部沖GPS波浪計で捉えた津波の初期の波形

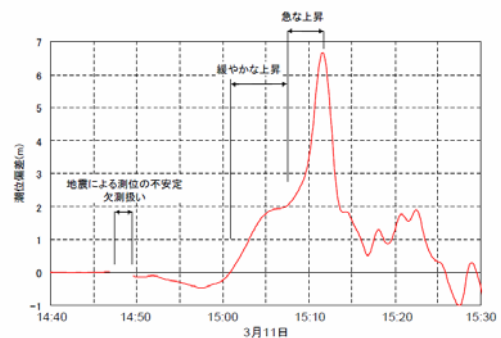
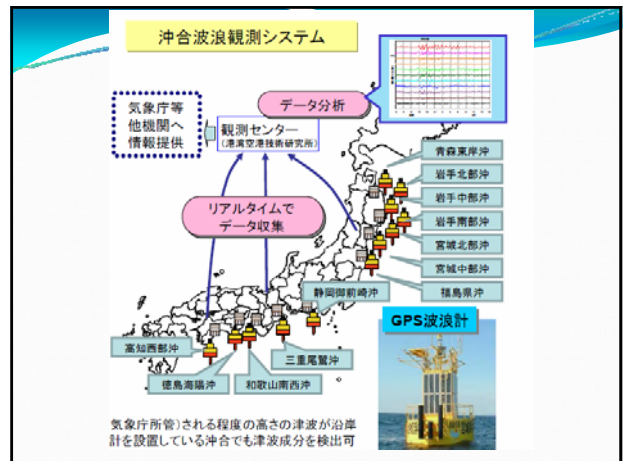
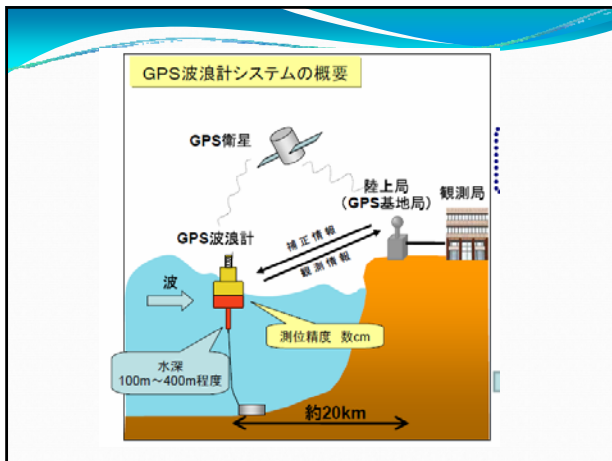
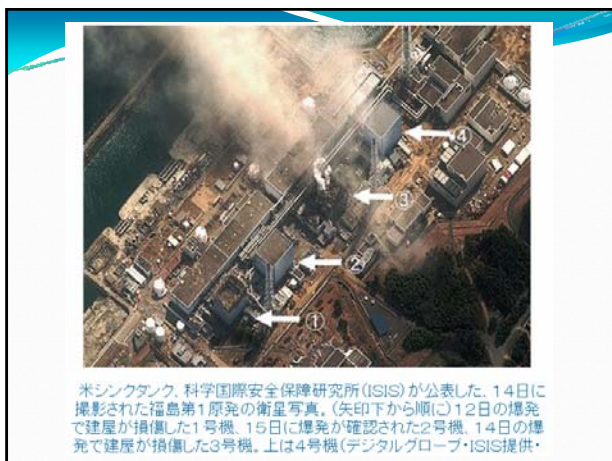


図-3 岩手南部沖GPS波浪計が捉えた津波の第一波



### リモートセンシングの役割

- 高分解能衛星画像・・・被害状況の前後比較、福島原発の状況把握
- レーダー画像：津波冠水地域のマップ作製



### 福島原発の想定せざる過ち

- **警告無視**： 1) 想定津波高さを、**貞観津波**(869年7月15日)を考慮しておくべきとの産総研および産経新聞記事(2009年7月27日付)があったが無視した。想定津波高さはわずか5.7mだった。2) 米国は、**外部電源**が不測の事故に対応できていないと指摘していたが無視した。3) 原子炉の格納容器は、窒素ガスが充満しており、水素が発生しても酸素がないので**水素爆発**は起きないと思い込んでいた。4) 原子炉の圧力容器(鉄の暑さ16cm)、格納容器(3cmの鋼鉄と2mのコンクリート)は**絶対安全**と公言していた

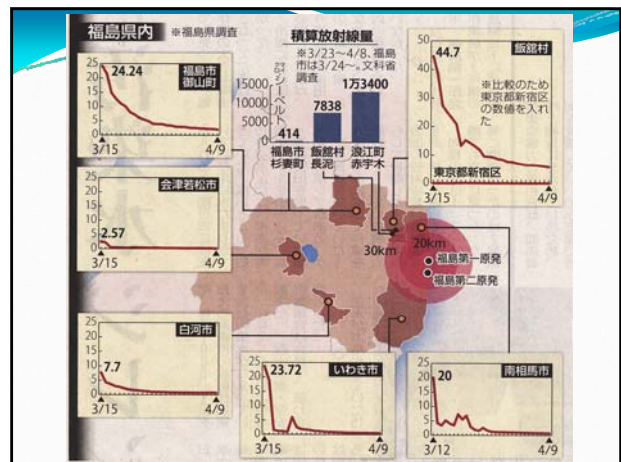
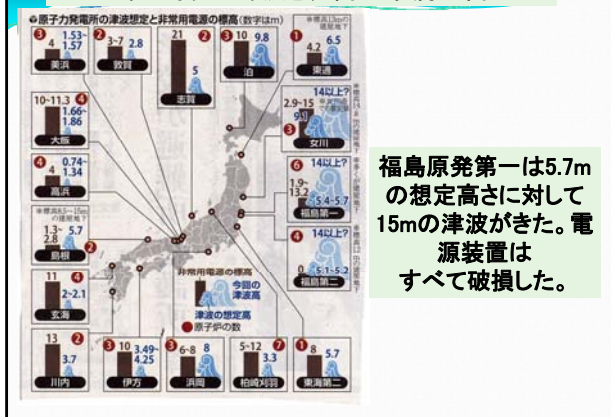
## 福島原発の初動ミス\_1

- 指揮官、指揮系統の不在...誰が決定するのか分からない(未だに同じ混乱状態!)
- 地震直後は、1~3号機の非常用バックアップ電源が起動したとの連絡があったが、津波で非常用電源が13台中、12台が破損した。電源車を向かわせたが到着したのは午後9時でしかもケーブルが足りなかった!
- ベント(圧力を下げるために弁を開放すること)を決定するのに時間を浪費した(3月11日7pmからベントを考慮していたが、東電はぐずぐずして対応が遅れ、菅首相が12日、6:50amに命令を出したが、実際にベントをしたのは10:17amだった。その5時間後の水素爆発が起きた)

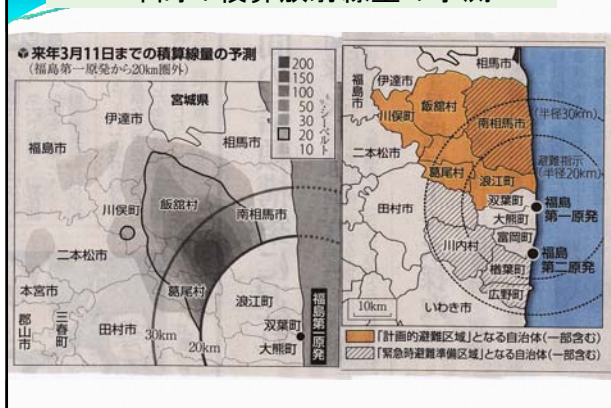
## 福島原発の初動ミス\_2

- 米国、フランスなどへの支援依頼が遅かった
- 最悪シナリオを描いていなかった(米国は、2号炉の炉心が100%破損し、16時間にわたって放射能が放出される、炉心の温度が上昇し、制御不能になるとの危機意識から80km避難命令を出した)
- 政府は最初10km避難を指示し、20kmに広げ、さらに20~30kmは屋内待機と五月雨的な指示だった
- 東電、原子力保安院、政府の説明はすべて楽観的(人体や健康に影響はないとの発言)であった
- 汚染水は海水で希釈され、魚に影響は出にくいと政府が発表した1日後に茨城県の魚が汚染されていた!

## 日本の原発の津波想定高さを実際の高さ



## 1年間の積算放射線量の予測



## 何故右上の高台に非常用電源を置かなかったのか?



津波により大量の海水が流れ込んだ福島第二原発1号機付近(3月11日撮影、東京電力提供)



津波はこの写真で12mくらいあった！



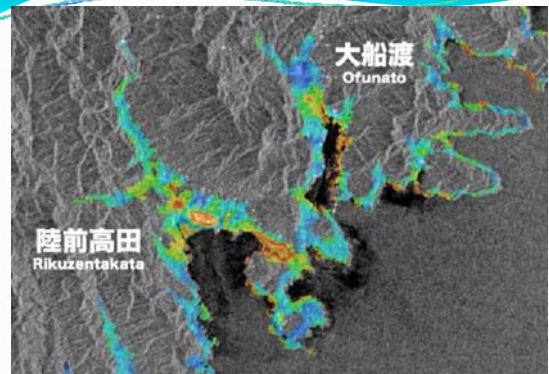
福島第一原発3・4号機の排気筒(左から3本目、高さ約120メートル)に迫る大津波(3月11日撮影、東京電力提供)

福島原発の浸水区域:海水ポンプも非常用電源も低い場所にあり、津波に破壊された！



東日本大震災による津波で浸水した福島第一原発の敷地(青色部分)(東京電力提供)

陸前高田市の高田松原～1667年に6000本の松を植えた。2万本のうち1本だけが生き残った



仙台空港(宮城県名取市)の3月12日(左)と、被災前(2009年)の様子



福島第一原子力発電所(建家爆発前)の3月12日(左)と、被災前(2009年)の様子

## 航空写真の役割

- デジタル航測カメラ・・・極めて詳細が分かる・・・死体も判読できる・・・航測会社の飛行区域は相当制限された・・・自衛隊、米軍は自由だった
- 無人飛行機(UAV): 福島原発のような高放射能汚染上空で有効だった(新潟県フォトサービス社UAV: 航続距離: 40km)・・・実は米軍もUAVを飛行させていた

## UAVによる福島原発撮影



## GISの役割

- ボランティアのマッパーと称する人たちが、Googleの提供した被災高分解能衛星画像を地図化して、被害状況、現地の情報(要求物資や安否など)をGIS上に展開・・・行政体の復興支援およびボランティア活動に役立った

## 測量の役割

- 被災地図の作成・・・倒壊家屋、瓦礫分布など
- 基準点の再測・・・国土地理院が担当
- 標石、図根点、境界杭などの埋設
- 一筆測量・・・登記簿との照合
- 道路、橋梁などの台帳整備
- 海岸の水深測量・・・海底の異物調査を含む
- 市街地、農地、海岸などの地図作成
- 沈下、隆起等の水準測量
- 新しい町づくりの提案・・・エコタウンなど

合成開口レーダー(SAR)と電子基準点(GPS連続観測点)の融合解析による地殻変動(暫定)



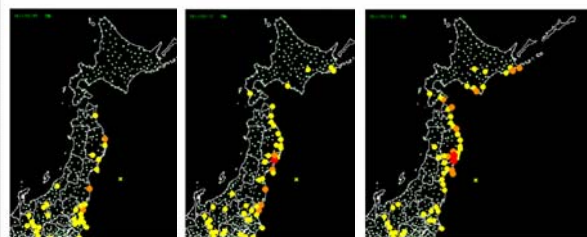
©国土地理院

## 地震発生の危険予測できていたか？

- 清水建設の子会社CSPジャパンは、できていたが、親会社の清水建設会社に公表しないよう口止めされていた
- 使用していたデータは日本測量協会が提供しているクイックルックデータで国土地理院の電子基準点の日データである
- 前兆現象は地震発生約1カ月前から顕著に出ていた！

## 地震発生の危険予測

2011年2月05日現在、F3 ★国土地理院提供データ  
2011年2月12日現在、F3 ★国土地理院提供データ  
2011年2月19日現在、F3データ ★国土地理院提供データ



©CSP Japan

## おわりに

- 東日本大震災を通じて多くの痛い教訓を得た
- 反省すべきこと、補償すべきことが沢山ある
- 将来必ずこの規模の大震災はあり得る
- 次世代が同じ過ちを犯さないように教訓を整理し、記録として残す必要がある
- 特に原発事故を通じて、国家のあるべき姿(エネルギー政策、産業立地計画、企業の供給体制、国民の生活様式など)を「生存可能な開発」の観点から確立する必要がある