

有権者教育のための理科知識・批判的思考力

石巻市立大川小学校津波被災の原因

林 衛

HAYASHI Mamoru

富山大学人間発達科学部

【キーワード】 東日本大震災、マグニチュード、震度、活断層の長さ、震源近傍の強い揺れ

1 2011年3月11日の揺れ

地震とは、断層を境に岩盤の破壊が伝播していく現象だ。マグニチュード7クラスの兵庫県南部地震（1995）では、断層の長さは30km程度で破壊は10秒伝播して止まり、震源近傍の強い揺れも10秒程度だった。マグニチュード8クラスの大正関東地震（1923）では断層の長さは100km程度で、破壊も震源近傍の強い揺れも40から50秒程度であった（ただし、遅れてきた遠地波が重なりあい堆積平野で増幅される現象も知られている）。

2011年東北地方太平洋沖地震はマグニチュード9、約450kmの断層に沿った破壊が2分半も継続したため、揺れの継続時間も長かった。ところが、気象庁は日本各地の広帯域地震計が振り切れていた、つまり過小評価の可能性が高いと考えられる状況であったにもかかわらず、気象庁マグニチュード7.9と大津波警報6m（宮城県）を発表した。七十七銀行女川支店では、この数値をもとに10m超の屋上避難が支店長によって指示され、すぐ近くの高台への避難がされずに、多数の支店員が犠牲となった。

石巻市立大川小学校では、揺れの激しさと長さから、2日前3月9日に経験したマグニチュード7.3の地震とは比べものにならない大津波がくると地球物理学的に正しい直観をした児童たちが、親しみのある裏山への避難を提案した。しかし、教師たちに制止され、校庭に留め置かれたために津波に巻き込まれた。

理科にくわしい生存教員が現場での決断を任されていた管理職に裏山避難を提案したり、校舎2階に避難場所を探したりしていたのも、一般的な地学知識によって、津波到来を予測していたからにちがいない。

大川小学校事故検証委員会は、地元住民の危機意識の低さ、死亡率の高さに着目した報告書をまとめている。しかし、「釜石の奇跡」では率先避難者となった中学生の姿をみて、追いかけた高齢者が高台に登り、津波被害から身を守っている。

大川小学校のある地域でも、津波到達を予想

していた児童や教師の判断が、避難の決断に至ってれば、犠牲者は大きく減ったであろう。

2 命を守り、政府のまちがいを正す理科教育の再構築に向けて

このように、理科知識は自分自身や仲間の命を守るため、また、行政機関や政府、権威者のまちがいを正すためにも役立てられる性質も持っている。これは、有権者教育のためにも重要だと考えられる。

しかしながら、学校で習う理科教育において、そのような意義はどれだけ深められているのだろうか。

中学校「理科」では、震度、マグニチュードの学習が伝統的に続いている。震度＝その場の揺れの大きさ、マグニチュード＝地震の規模（あるいはエネルギー）などと習い、高校受験時にも復習され定着をみせている。勤務校（富山大学）でも、震度とマグニチュードのちがいを知っている学生は多い（震度は7割強、マグニチュードは8割強が正解、両方とも正解は54%）。

中学校では、「震源」とは震央の地下にある1点だとして学習する。“点”であるにもかかわらず、地震ごとに規模やエネルギーが異なるのは、数学や質量保存則、エネルギー保存則の学習を通して身につけた概念と矛盾する、学習者にとって受け入れがたい内容であるはずだ。ところが、震度やマグニチュードを「正解」できたとしても、「震源が点であるのに、なぜエネルギーの大きさが異なるの？」と問いかけるまで、この矛盾に自覚的でない学習者、授業者が少なくない。

受験目的で丸暗記して、矛盾や疑問を捨て去っていく。鵜呑みの教育になってはいないだろうか。このマグニチュードの例にみられるように、理科学習では、矛盾を利用し、思考を深めるどころか、権威に従わせ、あえて考えない学習者を育み続けているのではないだろうか。

ハンナ・アーレントは、ナチス時代を経験したドイツ人から「平庸な悪」を読み取った。人間は、為政者や権威者による嘘に気づいたとき、その強制に対抗するよりもむしろ従ってしまう性向を示す。それと同様の、集団的自己欺瞞の構造を自覚する機会の提供も可能となるだろう。

2015/10/31日本理科教育学会北陸支部大会@金沢大学

有権者教育のための 理科知識・批判的思考力

石巻市立大川小学校津波被災の原因

林 衛

富山大学人間発達科学部

科学コミュニケーション研究室

(教科教育学・市民社会メディア論)

hayashi@scicom.jp

科学研究費助成事業課題番号24501245
原発震災で問われた「発表ジャーナリズムの限界」の検証・克服をめざす基礎研究



大川小遭難事故

- 学校にいた大川小児童74名，同教員10名，迎えにきていた大川中生徒3名，人数が把握できていない大川地区住人が犠牲
 - 現場生存者は児童4名，教員1名
 - 教頭，教務主任，安全主任の少なくとも3名の教員，高学年男子，迎えにきた保護者らの何人もが，山への避難を提案
 - 「科学リテラシー」(文科省推奨)が問われた
 - しかし，大川小事故検証委員会は，学校事故検証を文科省・宮城県教委が指導・監視。遺族が集めた事実・論点を取りこぼす
-
- 「冷静に」「落ち着いて」と先生が避難を提案した児童や保護者を諷めてしまった。
 - マニュアルどおりでない事態のときに，児童・生徒を第一に行動できるかどうか。
 - 児童を教師や保護者の車に分乗させてまでした避難に成功した宮城県山元町立山下第二小学校校長が決断の際によぎったのは，「もしこれで津波がこなったら」「事故があったら」とのこと。
 - 児童の安全を考えられない先生方であったはずはない。近年強まっている事なかれ主義の教育行政につぶされてしまったのでは？
 - 「死人に口なし」の検証では，児童や先生方の悔しさ，無念さに耳を傾けたことにならない。
 - 文部科学省・宮城県教委「指導・監視」の限界？

文科省主導の大川小事故検証委員会

委員	体育	数見隆生	東北福祉大学総合福祉学部社会教育学科教授
	鉄道航空	佐藤健宗	弁護士、鉄道安全推進会議（TASK）事務局長、 関西大学社会安全学部客員教授
	津波工学	首藤伸夫	東北大学名誉教授
	鉄道航空	芳賀 繁	立教大学現代心理学部心理学科教授
	鉄道航空	美谷島邦子	8、12連絡会事務局長
委員長・防災		室崎益輝	関西学院大学総合政策学部都市政策学科教授・ 災害復興制度研究所長、神戸大学名誉教授
調査委員		大橋智樹	宮城学院女子大学学芸学部心理行動科学科科長・教授
		佐藤美砂	弁護士、公益財団法人日弁連交通事故相談センター理事、 宮城地方最低賃金審議会公益委員
		翠川 洋	弁護士、東北大学法科大学院非常勤講師、 公益社団法人みやぎ被害者支援センター理事
		南 哲	神戸大学名誉教授
アドバイザー		前川喜平	文部科学省官房長 兼 子ども安全対策支援室長
指導・監視		伊東昭代	宮城県教育委員会教育次長
事務局		首藤由紀	(株) 社会安全研究所 所長 首藤伸夫の娘



鉄道安全推進会議（TASK）事務局長として遺族とともに鉄道事故検証にあたってきた佐藤健宗検証委員（左）と、建物が壊れない震度5強の神戸市地域防災計画を提案し阪神・淡路大震災（最大震度7）の深刻化を招いた研究者としての責任・反省を語り、その後も、防災研究を進めている室崎益輝検証委員会委員長（右）。



美谷島邦子検証委員（1985年日航ジャンボ機墜落事故の遺族による「8.12連絡会」事務局長）

- 1) 2011年3月大津波、遺族による救援
- 2) 石巻市教育委員会と遺族（それぞれが調査）
- 3) 遺族・文科省・宮城県教委・石巻市「4者円卓会議」を経て、文科省が検証委員会を提案，遺族・遺族指名者の参加では公正・中立にならないので，自らメンバーを決定，宮城県教委とともに指導・監視。
→1次，2次，3次被害（人権侵害）が繰り返す。

事実にもとづかない権威主義的検証

室崎益輝委員長が強調する被災原因例1「学校が4階建てでなかったこと」

→大川小は2階建てであり，避難にふさわしい屋上もなかった。しかし，4階建てでなかったために避難ができなかったといえる根拠が，報告書にあるわけではない。実際には垂直避難ゼロ。ただし，生存教員は校舎2階に避難場所を探したと証言。

同例2「地域の誰かが積極的にアドバイスすれば避難できた」

→児童や保護者からの裏山避難の提案が積極的でなかったあるいは消極的なものであったという証拠はない。検証委が始まる前から調査をしていた研究者，ジャーナリスト，遺族らによって明らかにされてきた証言ほど，「ゼロベース」で調べるとの方針のもと，検証委は厳しく検証の対象とした。（対照的に，石巻市側証言は鵜呑みに近いのは，裁判を意識したらしい）。

同例3「山に登る階段があれば」

→マニュアル以上の避難に成功した相川小，雄勝小裏山とを登り比べても，大川小裏山に登るのに困難はない。

同例4「教諭と児童が防災教育を通じて信頼関係が築けていたら」とあたかも信頼関係がないかのように

→同じく根拠不明，「死人に口なし」の検証姿勢を象徴。

有権者教育？

- 権威主義ではない，民主主義社会（市民社会）の主権者＝有権者（市民）を育む
- 有権者は政治的責任の主体（主権者の要請に応えるのが政府の法的責任）→政府の失敗の責任から主権者は逃れられない
- 有権者には，政府の失敗を正す政治的責任（あるいは役割）がある→自らの政府の批判は「お上批判」ではなく，自己批判
- 政府批判は「偏向」ではない
- 公教育（理科固有の知識など）の市民性，一般性は，有権者の政治的責任の遂行のため

ところが

- 「理科離れ」は当然→受験，職業人のため
- 市民性，一般性のある理科教育になっていない→科学リテラシーの育成だけでなく，その「目的」の再確認・再構築こそが大問題
- 有権者としての政治的責任への自覚が弱いまま，「理科」が，そこからの逃げ場，隠れ家になっていないか→無関心や抑制，御用学者の温床→さらなる「理科離れ」
- 科学リテラシーは自動的には発揮されない→受験で励まされれば，そればかりに？

中学校「理科」で震源モデルを学びたい 大川小児童の思いを語り継ぐためにも

富山大学人間発達科学部 林 衛

マグニチュードの大きな地震ほど、大きな断層によってもたらされ、長時間におたる強い揺れと大きな津波をもたらす。地震の原因と結果をつなげるこの一般的性質は、1980年代ごろに確立した震源の断層モデルによってよく理解できるようになった。しかし、中学校「理科」では、明治の大発見である破壊の開始点としての震源決定を強調するもの、いまだに断層モデルを学べない。「地震のエネルギーあるいは規模」として極めて抽象的に導入されるマグニチュードを定量的、半定量的に理解し、震源や地震の多様性の知識を活用するために震源モデルは効果的である。

1. 超巨大地震がもたらす大津波

2011年3月11日、富山大学の研究室で面談相手の学生の「地震です」との声で地震動に気づいた。ガタガタと揺れは続く。もしも、このやや強い揺れが初期微動であれば、この後主要動によって、耐震改修をしたとンタリート4階建て築40年の校舎かもしれないと、緊張感が高まっ



今日本で「ガス抜き」?

「運動型地震の
可能性小さい」

日本地震学会モノグラフ

Monograph of the Seismological Society of Japan No. 4

2015年7月 第4号

同学会HP

<http://zisin.jah.jp/>

出版物・資料ページ
からダウンロード可

学校・社会教育による地震知識の普及

—教育を通じた地震災害軽減の現状と課題—

—地震の研究者と小・中・高等学校教員との連携—

(モノグラフ「学校・社会教育による地震知識の普及」編集委員会)

林衛によるこれまでの分析例、こちらをご覧ください(いずれも無料ダウンロード可)。

NPO法人市民科学研究所『市民研通信』(電子版)

大川小事故検証委員会とはなぜ混迷を続けるのか

<http://archives.shiminkagaku.org/archives/2014/01/post-468.html>

大川小事故検証委員会とはなぜ混迷を続けるのか(その2)

<http://archives.shiminkagaku.org/archives/2014/02/2-11.html>

日本地震学会モノグラフ掲載

中学校理科で震源過程を学びたい—大川小児童の思いを語り継ぐためにも

<http://zisin.jah.jp/> 同学会出版物・資料ページからダウンロード可

林衛の主な学会発表資料(スライドも揃っています)

2014年10月日本災害復興学会・日本災害情報学会合同大会(長岡)

『大川小学校事故検証に残された課題—事実に向き合い・語り継ぐ重要性』

<http://hdl.handle.net/10110/13070>

2014年11月科学技術社会論学会(大阪大学)

『大川小事故検証委員会はどこで道をまちがえたのか』

<http://hdl.handle.net/10110/13165>

2015年8月日本理科教育学会第65回全国大会(京都教育大学)

中学「理科」における震源過程学習の有用性・必要性：石巻市立大川小学校被災の教訓から

<http://hdl.handle.net/10110/14286>

2015年9月日本災害復興学会(専修大学神田キャンパス)

語られないものは残らない：大川小事故検証委失敗原因の比較再検討

<http://hdl.handle.net/10110/14571>

大川小検証委が検証を避けた論点例

現場にいた教員3名(教頭, 教務主任, 安全主任), 児童, 児童を迎えにきた保護者らが裏山への避難を口にしていたのは, 危機感をもっていた証拠である。したがって, このような危機感を抱いたのはなぜか, その危機感が共有されず, 生かせなかったのはなぜか, それこそが検証対象のはずだった。

検証すべきポイント例1: 生存教員はなぜ, 山への避難を提案したのか→一般的地学, 防災の知識あり

同ポイント例2: 児童はなぜ, 山への避難を提案したのか→2011年3月9日のM7.3地震よりも強く, 長い地震動との比較と, 祖父母世代からの伝承を通して大津波を, 過小評価した気象庁よりも正しく想定。→気象庁, 理科教育への教訓でもある。

同ポイント例3: 児童を迎えにきた保護者はなぜ, 山への避難を提案したのか→激しく長い揺れ, ラジオから届く大津波警報, 裏山を知ってた3点。

同ポイント例4: 危機感が教員間に強く共有されなかった原因となりうる研修の内容→石巻市民に震災前配付されていたハザードマップ全体を示さず, 調べられるはずの研修内容も調べず。

同ポイント例5: 危機感があったのに避難が遅れた理由

→山元町立山下第二小学校でも「津波がこなかったら」を考え, 逡巡。大川小でも生じたはず。

津波の危険性は予測されていた

—生存教員の思考(一般的地学知識)をたどる

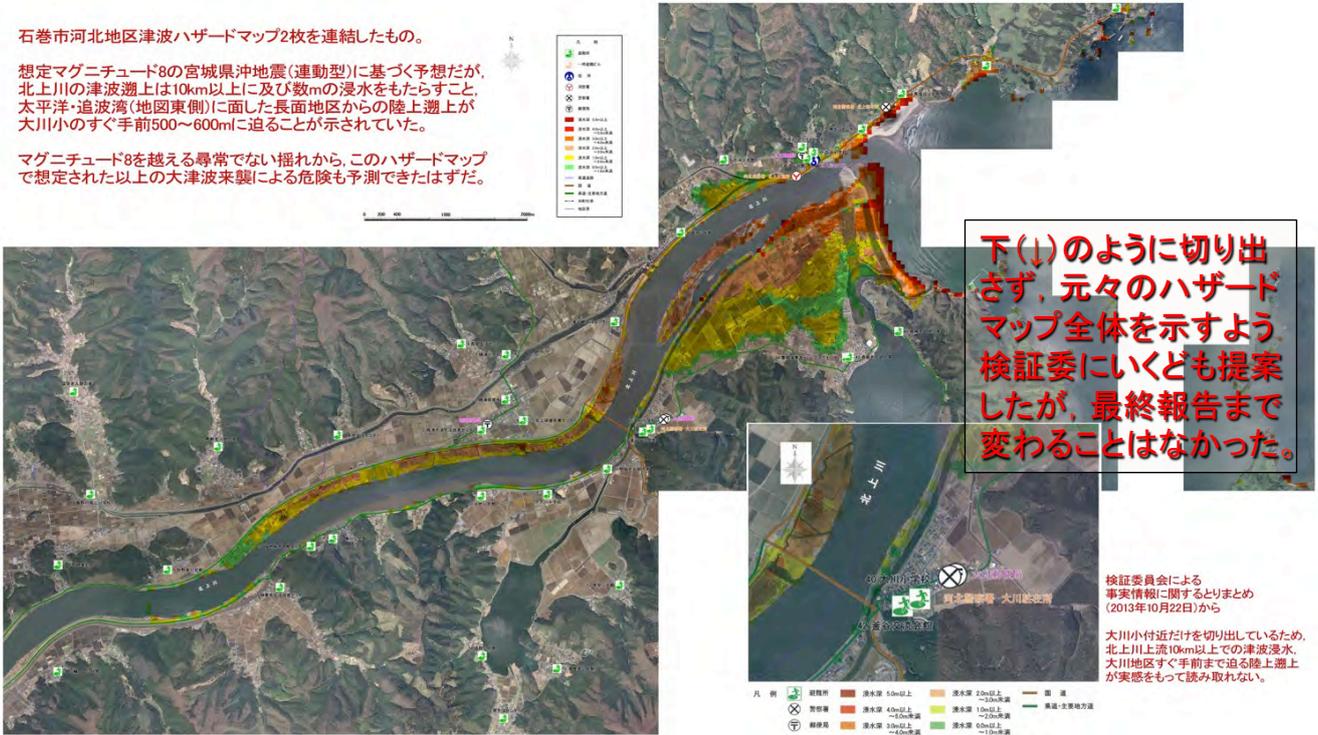
- 昭和三陸大津波の翌年に, 新北上川付け替え工事が完了。その後, 土地利用が進み始めた(新住民に知見を伝える学問, 行政の役割大)。
- 沖積平野には, 上流からの洪水, 下流からの高潮, 津波による浸水は繰り返されてきた(それが沖積平野に関する地理学的知見)。
- 石巻市ハザードマップは, 大川小まで500mに迫る3.5kmもの陸上遡上を示していた(マグニチュード8以上では危険と想定可能だった)

3.5kmもの津波陸上遡上が予言 マグニチュード8以上では明確に危険

石巻市河北地区津波ハザードマップ2枚を連結したものを。

想定マグニチュード8の宮城県沖地震(運動型)に基づく予想だが、北上川の津波遡上は10km以上に及び数mの浸水をもたらすこと、太平洋・追波湾(地図東側)に面した長面地区からの陸上遡上が大川小のすぐ手前500~600mに迫ることが示されていた。

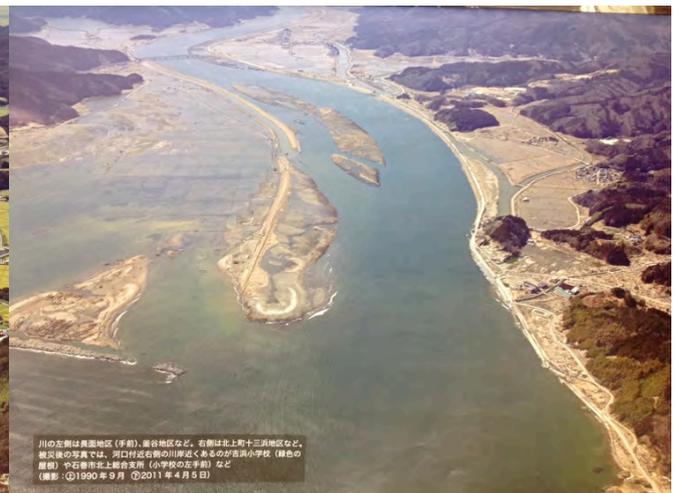
マグニチュード8を越える尋常でない揺れから、このハザードマップで想定された以上の大津波来襲による危険も予測できたはずだ。



三陸河北新報社刊「空撮」写真集から

沖積平野が谷間に広がり、リアス式海岸と平野部両方の特徴を示す新北上川河口付近。北上大橋の左手前、河口からおよそ4km上流の集落に大川小学校は位置する。

(詳細はこの大判の写真集参照)





三陸リアス式海岸地域だけでなく、仙台平野などの広々とした沖積平野で津波浸水に注目が集まった。大川小学校のある石巻市河北地区では、仙台平野で注目された最大4kmの内陸への津波遡上が予言されていた。その内容が、職員、教職員の研修でどのように扱われていたのかは、筆者が意見書で示しても検証委員会は検証しなかった。

他方、名取市の検証委員会は浸水予測を生かせなかった経緯を掘り下げている(次ページ)。

そこで、想定津波として、気象庁より発表される津波の量的予想に対応させ、津波の高さを8m、4m、2m、1m、0.5mの5通りとして、津波遡上シミュレーションを行った。閑上港の改修による影響を評価するために改修前後の浸水予測図を作成した。また、基本的には標準潮位の時の予測を行ったが、波高8mについては、満潮時についても浸水予測を行った。

その結果、①閑上港の航路開通の影響は小さいこと、②標準潮位の場合、閑上地区については、閑上公民館、閑上小学校、閑上中学校の3つの避難場所すべてが浸水しないことがわかった。しかし、満潮時(+1.5m)に津波高8mが来襲したときに

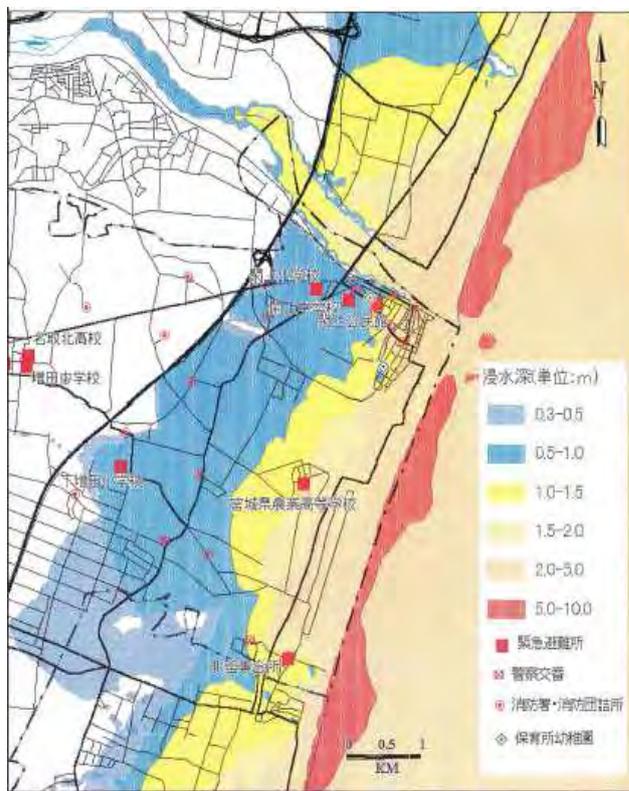
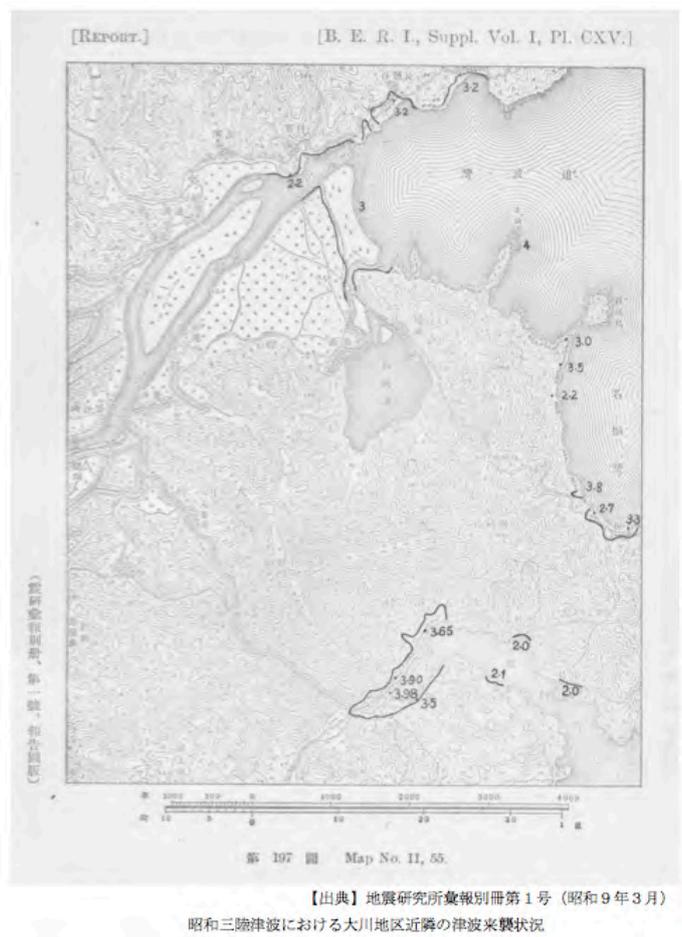


図4 満潮時(+1.5m)、津波高8m来襲による浸水予想



大川小学校事故検証委員会報告書は、昭和三陸大津波の際の浸水域を引用している。

追波湾に面した長面の砂丘域に浸水高さの表示があるが、追波川(昭和三陸大津波の翌年に付け替え工事が完了して新北上川になる)には浸水域の表示がない。

しかし、中州や旧河道にあたる湿地帯に浸水がなかったはずはない。

調査結果が不十分な理由

1) 湿地帯は、洪水や高潮によって、上流かも下流からもしばしば浸水していたため、津波浸水域の特定が困難だった(沖積平野一般の特徴)。
2) 集落が未形成、人工物が少なく、被害発生による浸水域特定がされなかった。

3) 付け替え工事の進展によって、古い地形図と調査時点の地形が変わっていた。

これらは、防災研究者にとって自明だが、検証委は言及せず。

3月11日「宮城県沖地震か」と気づいた人多数、それ以上かもしれないとも

- 名取市防災安全課防災担当係長：緊急地震速報が鳴った直後、「予測されていた宮城県沖地震が来た!」と思ったが、強い揺れが長く続いたので、違う地震ではないかとも感じたという(名取市東日本大震災検証委員会報告書概要版(案)から)。
- 大川小遺族：突然の大きな横揺れと揺れの長さのただ事ではない...これは、高い確率で発生すると言われている宮城県沖地震なのかと思った。



今回で「ガス抜き」? 「連動型地震の 可能性小さく」

9日の地震はいわゆる「プレート境界型」。陸側のプレートに太平洋プレートが沈み込みつつある宮城県・牡鹿半島東沖の太平洋で起きた。震源が海底直下(深さ8km)だったために、比較的高い津波が発生したとみられる。

県沖では、今後30年以内に99%の確率でマグニチュード(M)7・5前後の「宮城県沖地震」が起きると予想される。今回の震源は、県沖地震の想定震源域(領域A)から約50km東の「領域B」にあった。Aの地震と同時にBでも地震が起きる「連動型」大地震が過去にあり、再来が心配されている。今回は県沖地震そのものではないが「関連地震」と言える。

**結果的に「前震」
だったが見落とした**

2011年3月10日
朝日新聞朝刊

東北大地震・噴火予知研究観測センターの松沢暢教授は「領域BでM7級の地震が起きたことでエネルギーが小出しに解消され、次の県沖地震が連動型になる可能性は小さくなった」と指摘。余震については「本震のM7・3を超える規模では起きにくい、M6級の余震にはしばらく注意が必要だ」と見る。



震災直後の緩斜面

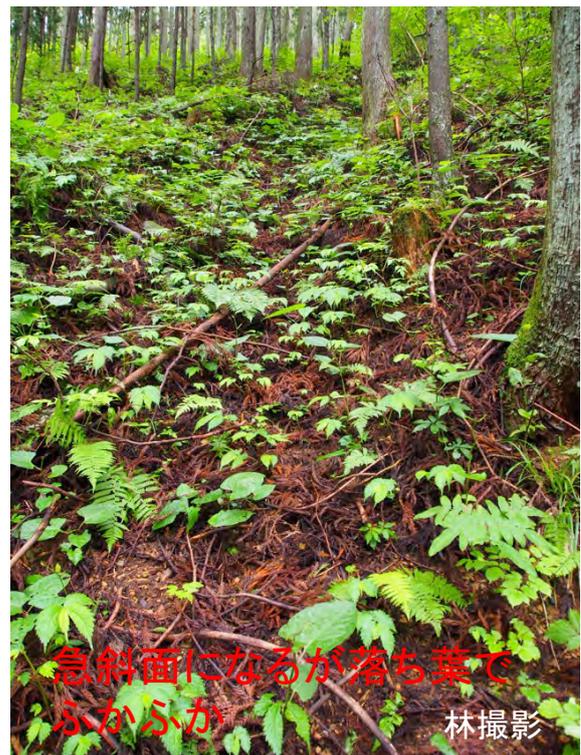
遺族提供



14分登れば開けた林道に
(2014年6月11日)

林撮影

大川小裏山に、小学生が登る
困難はなかった



急斜面になるが落ち葉で
ふかふか

林撮影

大川小裏山コンクリートたたき台(津波避難に好適)
震災前年に3年生の写生を校長が撮影,スナップ頒布。



校長撮影・頒布

2014年5月に佐藤敏郎氏撮影



校長撮影・頒布

校長頒布写真とほぼ同じ位置から(2014年6月11日)



林撮影

最高到達点上の
たたきまですぐ



裏山比較からいえること

- 大川小裏山に、避難に成功した小学校裏山やトントンの森に比べて大きな危険性があったとはいえない。つまり、遠足や体育、運動会以上の危険はない。
- 避難できなかったのは別の大きな要因による。
- 倒木の音がほんとうに激しかったのならば、その原因は検証すべき。
- 斜面崩壊を心配していたのならば、斜面直下の校庭に留まっていたのと矛盾。
- 生存教員はメガネを失ったが土地勘と3年生生存児童の眼とを頼りに、この林道を利用したはず。
- 高学年児童が、避難提案した際には、探検遊びで経験済みの林道をイメージしていたはず。

ではなぜ50分も校庭に留まったのか

- 危機感があったが共有されず(知識の問題:本日はなかでも理科教育の問題点を議論)、避難の判断はあったが決断に至らなかった(組織の問題)。
- 当然、裏山・高台を考えただろうが、マニュアルで具体的に決まっていないうちに避難して、「もしも津波がこなかったら」「トラブルがあったら」ばどうしようとの心配(他の学校でもみられた)が逡巡をもたらした。
- 2009年から職員会議が諮問機関になり、ボトムアップによる教員間の協力関係の構築が困難に。
- 大川小は単級(1学年1クラス)のため、担任は自分のクラスに集中しさえすれば日常の役割ははたせた。緊急時に求められる決断力が弱かった。

あの日、大川小学校の校庭で起きたこと

学校に80数名の子ども **11名の教員**

14:46 地震発生 体験したことのない強い揺れ

14:52 大津波警報

手段



↑ 体育館裏の山～傾斜9°上に貯水槽
マラソコース脇 平成19年まで椎茸栽培



幅 約4m 広さは十分

↑ 校庭脇の山～低学年の授業で登っている



校長先生は何度も山から撮影

植樹した山にも行ける(バットの森)

スクールバス

方向転換を済ませ、避難を進行

助かる手段は

全員が知っていた

時間

地震後
51分

警報後
45分

情報

指揮台の上のラジオ

迎えに来た保護者
「津波が来る、逃げて」

広報車、防災無線
「津波が来ます、高台へ」

子どもたち

「ここにいたら死ぬ」
「山さ逃げっぺ」

普通なら

・必ず来る

・もしかしたら来る

・まさかここまで
は来ない

・どう考えたとしても

念のため避難

大川小では

**子どもを預かり、
守る組織として
どうあるべきか**

組織の機能停止
逃げようと強く言えない
意思決定の遅れ
津波到達1分前
まで移動せず

パニック

狭く、行き止まり、
川へ向かうルート、
移動距離先頭で180m



15:37 津波到達

三角地帯

大津波警報は全員に伝わっていた

佐藤敏郎先生(国語担当中学校教員:当時), 小さな命の意味を考える会代表・提供
<http://311chiisanainochi.org/>

小さな命の意味を考える会

http://311chiisanainochi.org/

ホーム 大川小学校事故の概要 検証委員会など メディア メッセージ Q&A **意見** ギャラリー リンク

あなたの大好きな学校の
教室 廊下 校庭 体育館
風にそよびた桜の花びら
空に向かってこいだブランコ
絵本といっしょに
バスを待っていた図書室
あの笑顔を忘れない
あの歌を忘れない
あの思い出を忘れない
あの悲しみも忘れない

「5つてきます」
あの朝の
いつもと同じ風景を
忘れない
どろだらけの教科書を
洗って 干して

「小さな命の意味を考える会」を作りました

<http://311chiisanainochi.org/>

情報も時間(50分)も手段(裏山スクールのバス)も揃っていた

	できごと・およその経過時間	東北放送(TBC)ラジオの主な放送内容(NHKラジオ第1の情報も一部加えた)
14時46分	巨大地震発生(直後に緊急地震速報)	
	2分後	震度6強宮城県北部、中部、6弱宮城県南部、岩手県、揺れが続く
	3分後	震度7宮城県北部。津波の恐れありますのでこのまま放送を聞いてください 大津波警報太平洋沿岸、高いところで3m以上、三陸沿岸では非常に高く
14時49分	気象庁：大津波警報(宮城県6m、岩手、福島県3m：気象庁マグニチュード7.9をもとにしたため過小評価)	
	4分後	岩手から福島太平洋岸に大津波警報。宮城県は6m、午後3時到達予想
	6分後	津波到達予想宮城県石巻市鮎川3時10分、仙台港3時40分
14時53分	気象庁：震源とマグニチュード(気象庁マグニチュード7.9)の情報を発表(テレビ画面には直後に反映)	
	7分後	時間がありません、ただちに高台へ避難してください。大きな津波が押し寄せ、6m以上、とくに三陸沿岸では高くなる (津波や余震への警戒メッセージが繰り返される緊迫感の高い放送が続く)
14時59分	気象庁：内部でモーメントマグニチュード9.1と計算	
	20分後	マグニチュード7.9の巨大地震(気象庁マグニチュードの数字が音声で流れる)
	24分後	数cmから20cm程度の津波の到達(NHK)
15時14分	気象庁：大津波警報更新(宮城県10m、岩手、福島県6m)→AMでは15時21分ごろまで放送されなかった。	
	28分後	★岩手県釜石で港の市場に浸水映像実況(NHK) 宮城県女川港情報カメラ映像実況では明らかな波の変動はわからない
	31分後	★岩手県大船渡で津波が川を逆流映像実況、釜石でも津波被災続く映像実況(NHK)
	33分後	★女川が津波被災。情報カメラ映像による実況 ★福島県小名浜の港で道路冠水映像実況(NHK)
	38分後	大津波警報が茨城まで。検潮所水位(津波高さ)：大船渡3.3m、釜石4.2m、鮎川で3.3m、岩手県宮古で2.8m(NHK)
	39分後	★宮城県気仙沼で渦を巻く津波映像実況(NHK)
15時30分	NHK：ラジオセンターに切り替え(テレビ放送音声とは独立した放送開始) 気象庁：大津波警報再更新(岩手から千葉県10m以上)	
	45分後	大津波警報宮城県10m以上(NHK)：15時14分気象庁発表からおおよそ16分遅れで放送
	48分後	検潮所津波高さ、宮古4m、大船渡3.3m、釜石4.2m、鮎川3.3m
15時37分	このころ釜谷地区、大川小が津波にのまれる(地震発生から51分ごろ)	
16時直前	気象庁：気象庁マグニチュード8.4(暫定値)と修正発表	
16時すぎ	NHKテレビで仙台名取川へ中継映像放映(住宅地を押し流す泥流、立ち上る火災)	
17時30分	気象庁：モーメントマグニチュード8.8と修正発表(13日12時55分に同9.0と修正発表)	

2014年4月29日修正版

★印：現地映像をもとにしたラジオ津波実況。

放送内容のうち無印が東北放送ラジオ、NHKとあるのがNHKラジオ第1放送。

東北放送ラジオとNHKラジオ第1の放送音声をもとに林が作成(経過時間は放送切り替えからのおおよその時間)

補足資料：メディア研究部番組研究グループ「東日本大震災発生時・テレビは何を伝えたか」放送研究と調査2011年5月号

気象庁技術報告第133号(2012)/島村英紀：人はなぜ御用学者になるのか―地震と原発、花伝社(2013)



- 1981年から日本で一番採択率の高い東京書籍中学校理科の教科書に→“啓蒙”の最終段階？
- 主体性をうながすには、社会のしくみを問題にする必要性あり

3 変動する大地



図1 ヒンズークシ山脈(アフガニスタン・パキスタン)

アジア中央部のヒンズークシ山脈の標高6000~7000m付近には、石灰岩の地層があり、この中にサンゴや巻貝の化石が見られる。また、写真から地層が大きくなっているようすもわかる。山脈をつくっているこれらの地層は、もともと海底にあったものだが、どうして7000mの高さまで達したのだろうか。地球内部のエネルギーはたらくきと結びつけながら、変動し続ける大地について学習していこう。

1 地震によって大地はどのように変わるか

大きな地震が起こると、地面が深く割れ、この割れ目を境にして、地面がずれることがある。これを断層という。断層



図2 横尾谷断層(岐阜県 本巣郡) 1891年10月28日の震尾地震の直後に撮影。

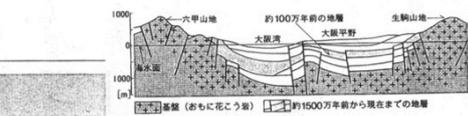


図4 断層によるのようす

には上下方向と水平方向のずれがある。

図2の断層は長さ約80kmに達し、写真のように上下方向に約6m、水平方向に2~3mのずれが生じたところもある。

1回の地震による断層のずれは、大きくて数mであるが、長い年月の間に数多くの地震がくり返されると、そのずれがだいに大きくなる。神戸市の六甲山地の標高約250mのところに約100万年前の地層があり、これと同じ時代の地層が茨城平野の地下約550mのところで発見されている。この地層のずれは断層のくり返してできたものである。日本の火山以外の山は、断層と密接な関係があるものが多い。

2 地形から大地の変動がわかるか

大地の変動による隆起や沈降のようすが、海岸や河岸にも現れていることがある。海岸には、図5のように切り立ったけいと平らな土地とが段になっている地形が各地に見られる。これは、土地の隆起によってつくられた地形で、海岸段丘とよんでいる。



図5 海岸段丘(高知県 室戸市)とそのでき方

100万年で800m
1万年で8m
1250年で1m
600年で約50cm

- この問題を考えるための「基礎・基本」と「主体性」の源泉は？
- 震災・防災につながるマグニチュード理解
- 震災は制御できるし、デザインもできること

戦後50年は「地震国」にとってどんな50年だったか
→どんな震災をデザインしたのか

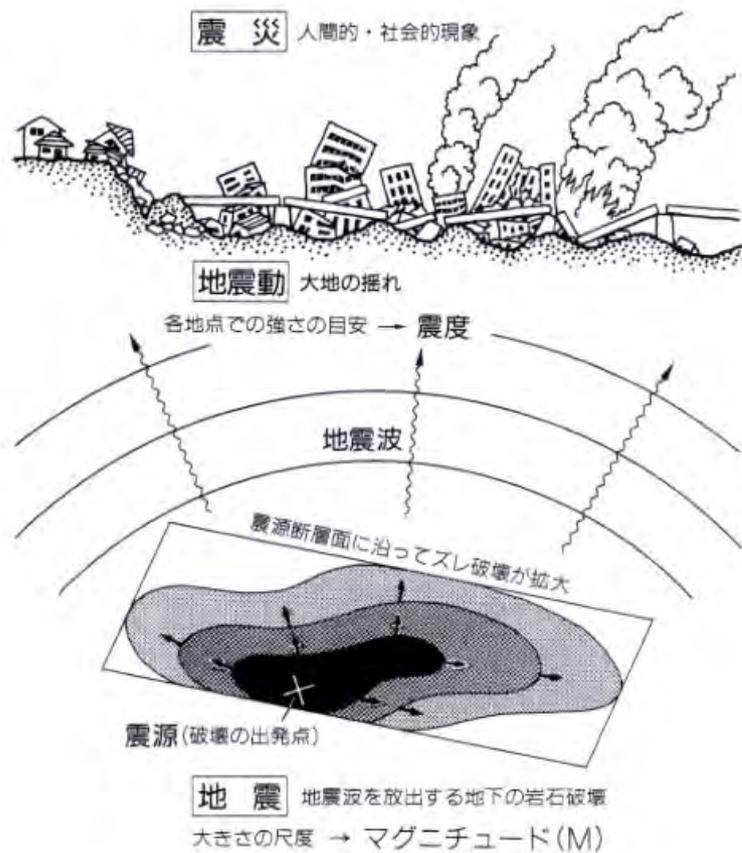


図6・2・1 地震と地震動と震災 (石橋, 1997 a より)

神戸大学(防災研究会) (1999) から

理科教育の知識(質と抑制)の問題 「震度」「マグニチュード」知ってても

- 震度とマグニチュードそれぞれを自由記述 (富山大学理学部・工学部1年生を中心とする教養授業「現代と教育」2013年度後期)
- 正答率: 震度7割強, マグニチュード8割強
- 両方とも正解が54%
- 間違いは, 地震と地震の揺れ(地震動)との区別ができていないなど(原因は, 震源・マグニチュードが不明だからだと考えられる)
- わずかにいる経済学部, 人文学部学生とも差はわからない

ほかの調査も同様，例えば高校生

6. 次の2つの言葉の違いを，どの程度説明できますか。

①よく知っていて説明もできる ②知っていて半分くらい説明できる ③知っているが少しだけ説明できる ④知っているが説明できない ⑤その言葉を知らない

(1)震度とマグニチュード

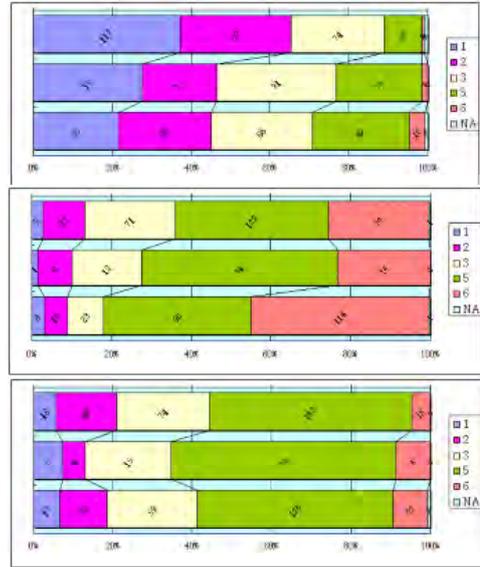
- [A] ①117 ② 89 ③ 74 ⑤ 30 ⑥ 2
 [B] ① 19 ② 13 ③ 21 ⑤ 15 ⑥ 1
 [C] ① 55 ② 60 ③ 66 ⑤ 63 ⑥ 10

(2)地震と地震動

- [A] ① 9 ② 33 ③ 71 ⑤122 ⑥ 79
 [B] ① 1 ② 6 ③ 12 ⑤ 34 ⑥ 16
 [C] ① 8 ② 15 ③ 23 ⑤ 95 ⑥114

(3)兵庫県南部地震と阪神淡路大震災

- [A] ① 18 ② 48 ③ 74 ⑤160 ⑥ 15
 [B] ① 5 ② 4 ③ 15 ⑤ 39 ⑥ 6
 [C] ① 17 ② 30 ③ 59 ⑤126 ⑥ 22



[A]地学専門教員による地学の履修者 309名

[B]非専門教員による地学の履修者 69名

[C]地学非履修者 262名

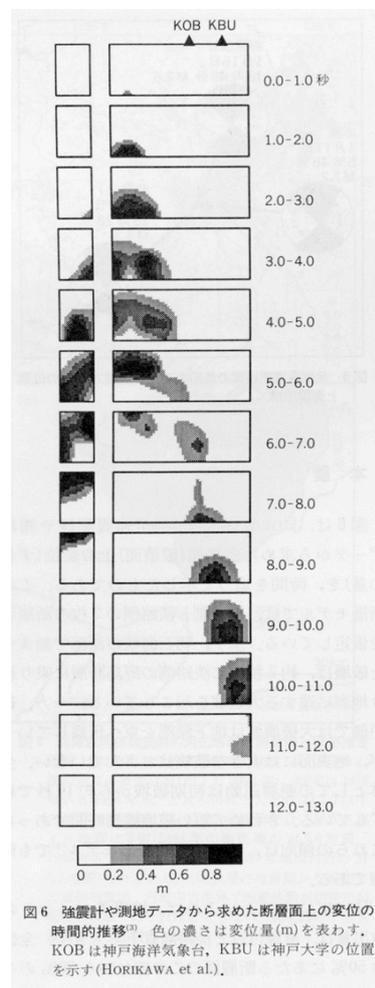
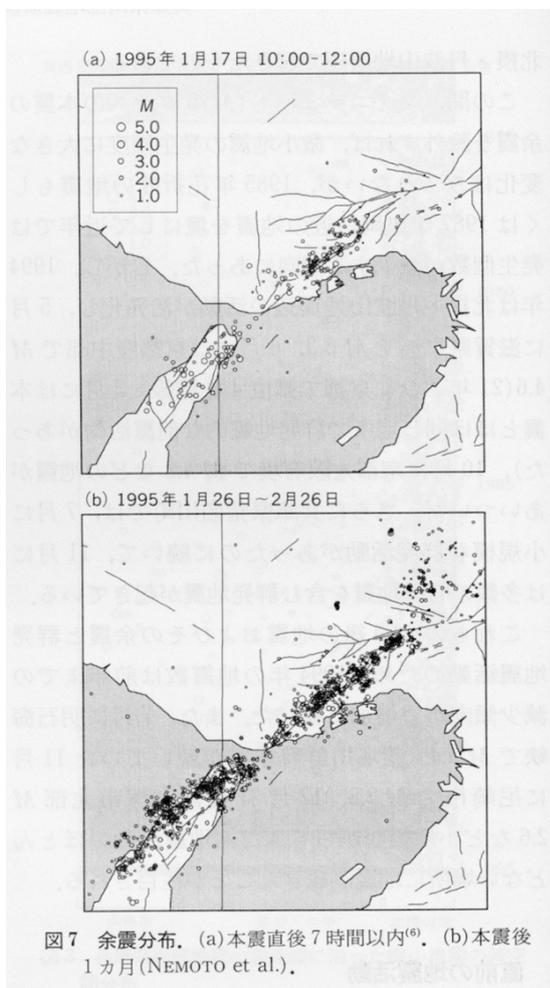
中島健: 県内高校生の地震に関する意識調査, 滋賀科学第47号(2004)

「疑問をもつことを励ます」理科教育 (科学コミュニケーション)

- 「むずかしい，だからおもしろい」ではなく，テストでできる(できればよい)が目的化している？
- 深い学びの途中段階にある。思考停止せず，考え続ける，続けたくなる。
→ところが，「震源は点」として学ぶのにマグニチュードは「震源の規模」が異なると丸暗記。
- 「疑問をもつことを励ます」理科教育になっていない

地震の本体(断層モデル)を習えない

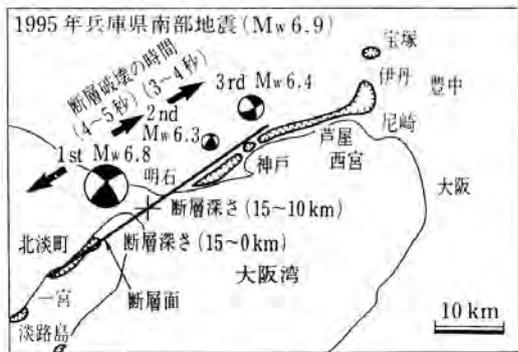
- 中学校理科では、いまだに震源を1点として学ぶ。1点だけで、地震の規模(マグニチュード、地震のエネルギー)が決まるわけではない。数学では習う点概念(広がりがない)、理科1分野で習う質量保存則、エネルギー保存則と矛盾から、おかしいと疑問をもてるはずだが、試験で解ければと思考停止。
- マグニチュード7ならば強震動は10秒程度、8ならおよそ1分、9ならば2, 3分。大川小児童の避難提案は、超巨大地震・巨大津波(だから避難をとの基本)を正しく直感できていた。
- 生存教員も同様に理解していたにちがいない。だから、裏山への避難を提案するとともに、校舎の1階ではなく2階に避難場所を探していた。



マグニチュード7級の兵庫県南部地震は10秒余りで破壊が終わる。30から40kmを秒速3km程度で破壊が拡大。

これこそが、地震=マグニチュードの物理的実態。

片尾浩・安藤雅孝
『科学』2月号(一九九六)



1st, 2nd, 3rdは断層のブロック、兵庫県南部地震は3つのブロックが、関東地震は大きく2つのブロックが動いた。
各ブロックのすべり方を震源メカニズムで示す。
●は横ずれ、●は縦ずれを示す。Mwは各ブロックの地震規模を示すモーメントマグニチュード。
関東地震の1つのブロックの破壊は兵庫県南部地震全体より大きい。

凡例
上図 ●●●：兵庫県南部地震の震度7の領域
下図 ●●●：関東地震の木造全壊率50%以上の領域

マグニチュード8級の大正関東地震は小田原付近から房総半島南部までおよそ100km破壊が進行。強い揺れの発生は1分程度。

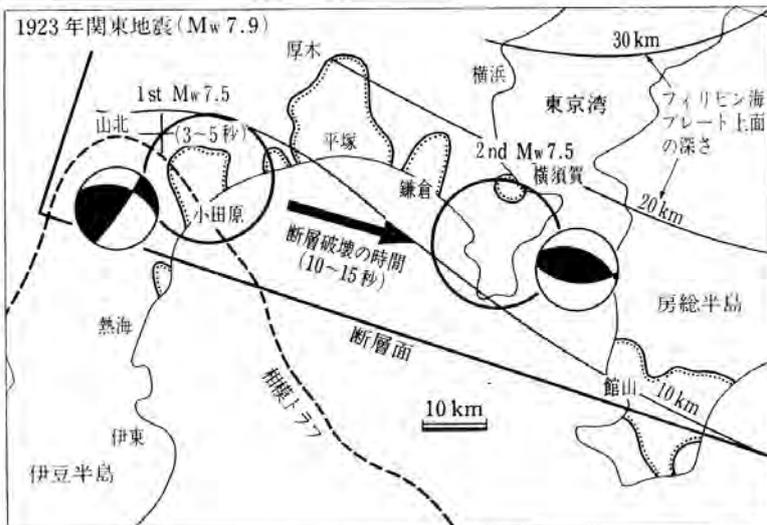


図1-4 兵庫県南部地震と関東地震の比較⁷⁾

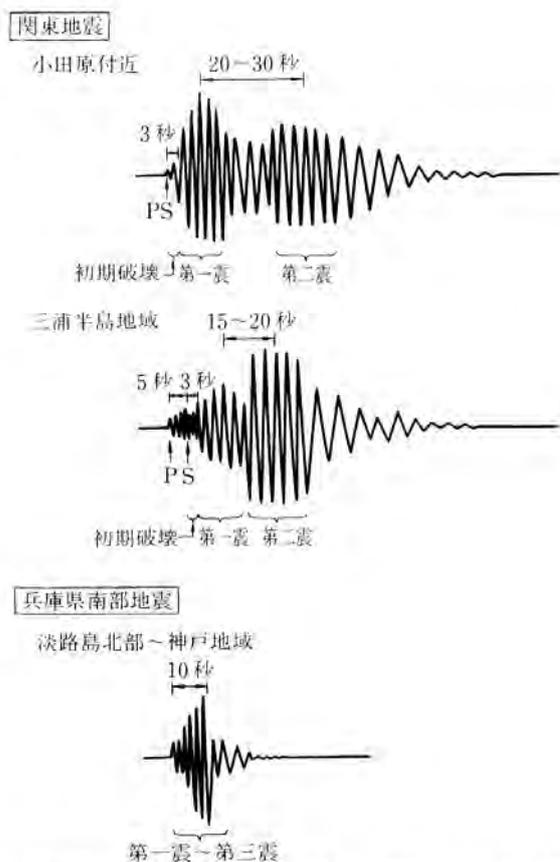
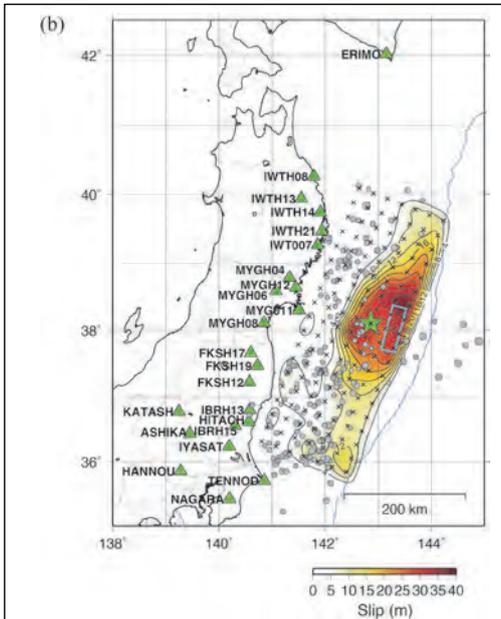
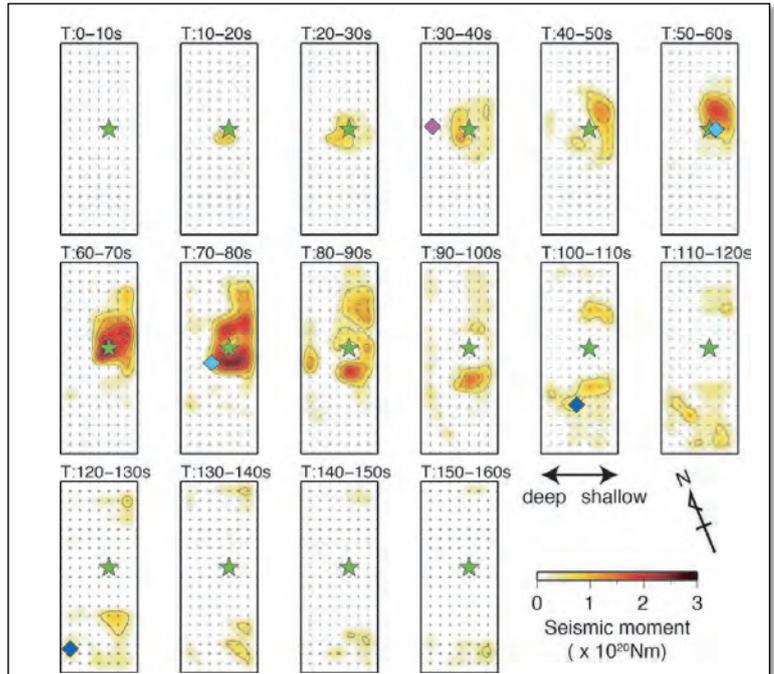


図1-5 関東地震と兵庫県南部地震の震源近傍における揺れ方の特徴



第 1.4.5 図 近地強震記録を使った震源過程解析結果
 (a) モーメントレート関数, (b) 断層面上のすべり分布. 星印は震源 (破壊開始点) の位置, 丸印は本震発生後 1 日以内に起きた M5 以上の余震. × 印は仮定した小断層の中心位置, 三角は解析に使用した観測点を示す. すべり量のコンターは 4m ごとである. 水色の長方形は津波波形記録より求めた海底が大きく隆起した領域 (Hayashi *et al.*, 2011).

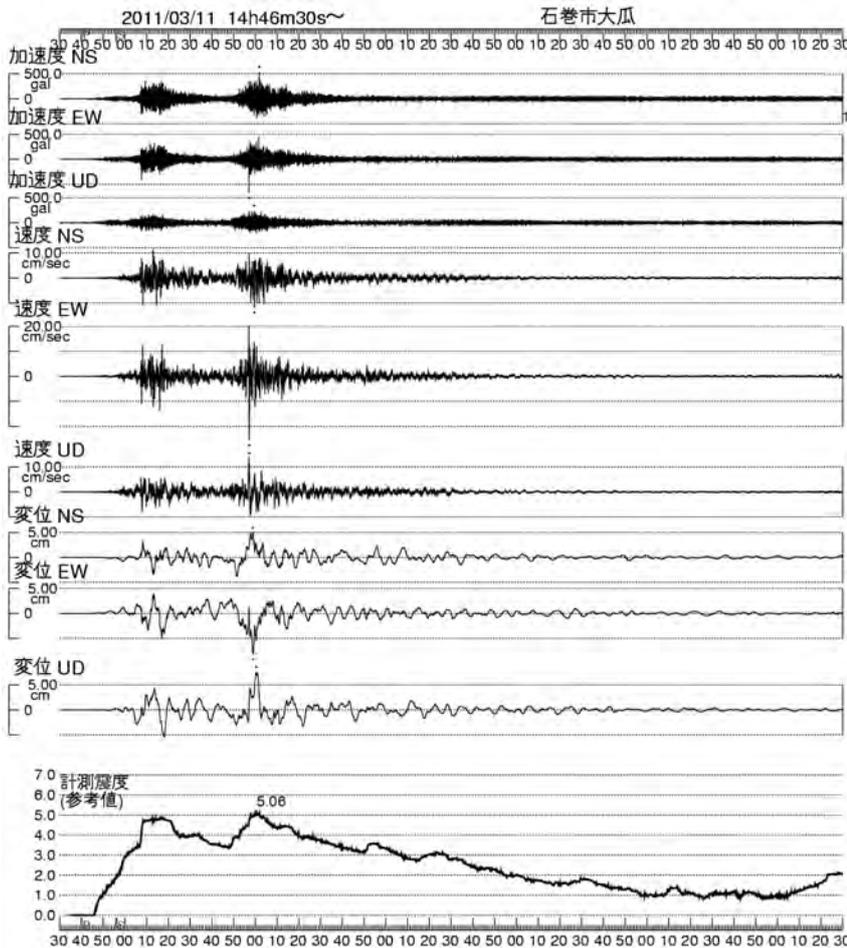


第 1.4.7 図 10 秒ごとの破壊のスナップショット

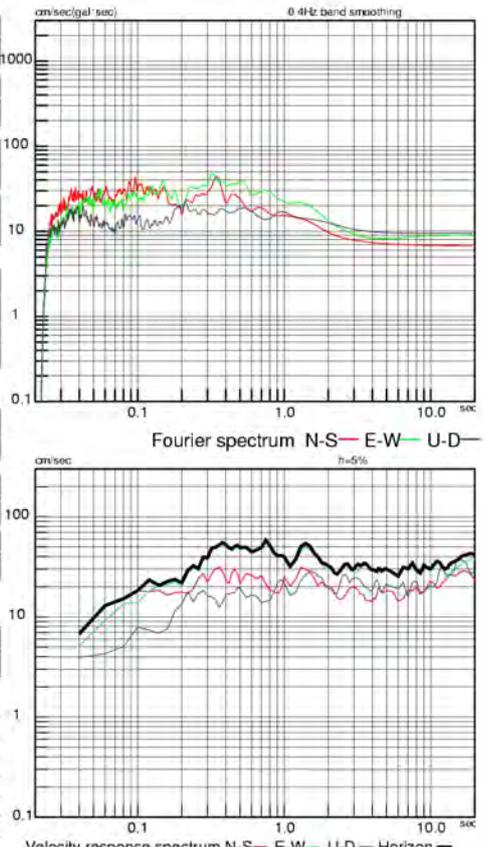
各々 10 秒間のモーメント解放量を示す. コンターの間隔は 5×10^{20} Nm. 菱形は青木ほか (2011) で求めた短周期を大きく励起した場所を示す.

気象庁技術報告第133号(2012)から

マグニチュード9の超巨大地震では、破壊終了まで2分半以上かかる。当然、強い揺れが長く続く。



2011東北地方太平洋沖地震



気象庁資料から

表1. 地震の大きさの概略

M	滑り量	断層の長さ	断層面積	例えば...
9	10m	500km	100,000km ²	東北地方くらい
8	3m	150km	10,000km ²	宮城県や岩手県くらい
7	1m	50km	1,000km ²	佐渡島くらい
6	30cm	15km	100km ²	猪苗代湖くらい
5	10cm	5km	10km ²	金華山くらい
4	3cm	1.5km	1km ²	皇居くらい
3	1cm	500m	0.1km ²	東京ドーム2個くらい
2	3mm	150m	10,000m ²	グラウンドくらい
1	1mm	50m	1,000m ²	体育館くらい

*すべての数値は倍～半分くらいのバラツキがあることに注意。

松澤暢氏(東北大学 地震・噴火予知研究観測センター)
講演「2011年東北地方太平洋沖地震が与えた衝撃」
資料から

マグニチュードとは

- 気象庁マグニチュード
「地震計で観測される波の振幅から計算されますが、規模の大きな地震になると岩盤のずれの規模を正確に表せません」
→最大振幅以外の地震の多様性を見落とす
- モーメントマグニチュード
「岩盤のずれの規模(ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ)をもとにして計算。物理的な意味が明確...地震発生直後迅速に計算するのは困難」

なぜ震源断層モデルを中学理科で学べないのか

- 研究の進展と理科教育の相互作用という「科学の文化」の所産
- 科学史的にみると、P波、S波、初期微動継続時間による震源決定は「明治の世界的大成果」
- 受験学力測定に好都合(習得に必要な思考的努力を測れる)→参考書『自由自在』ほか
- 高校地学が独立, 「理系」「文系」問わず習わないままの人が多し。
- 頑迷な東大教授の影響？

336 (2019年) 第2章 大地の変化

第2章 大地の変化 337

実力問題

33 [3] 図1, 2は、震源がほぼ同じ地震の震央と震度の分布を表したものである。震央は、□は震度を示している。次の①～④のそれぞれに適切な答えを入れよ。

地震の⑤の大きさを表す尺度をマグニチュードという。その値をこの2つの地震で比べると、図1の地震のほうが図2の地震より⑥。また地震の発生による⑦、⑧が異なるおそれがあると警報や注意報がでる。

4 [4] 左の図は、ある地震について観測地A～Cで観測された、初発時刻の一部を示したものである。図は観測地Aにおけるもの。図2の記録を示したもので、横軸が時刻、縦軸が振幅からの距離である。震源から観測地Cまでの距離を80 kmとして、次の問いに答えよ。

観測地	初発時刻が始まった時刻	主要動が始まった時刻
A	10時11分7秒	10時11分10秒
B	10時11分27秒	10時11分30秒
C	10時11分42秒	10時11分52秒

1) 初発時刻を起した地震の波の伝わる速さは何 km/秒か。

2) 観測地Bで、主要動が始まった時刻は何時何分何秒か。

3) この地震の発生時刻は何時何分何秒か。

5 [5] 日本海溝を境にして大陸側にプレートが集中し、日本海溝にいくにしたがって震源が深くなっている。このことをプレートが動くという考えで推察すると、次の①～④どれになるか。1つ選び、記号で答えよ。

①海洋プレートが大陸プレートの下にもぐりこむから。

②大陸プレートが海洋プレートの下にもぐりこむから。

③大陸プレートと海洋プレートが正面からぶつかるから。

④海洋プレートと大陸プレートが反対方向に移動するから。

6 [6] 次の①～④の文章の中から正しいものを選び、記号で答えよ。

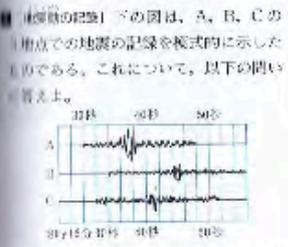
①最も深い地震は地下2000 kmの所で発生する。

②震源からの距離が等しい場所では、震度はどこでも同じである。

③マグニチュード7.5の地震のエネルギーは6.5の地震のエネルギーの約30倍である。

④これまでに起きた最大の地震のマグニチュードは10を超える。

7 [7] 地震の記録 下の図は、A, B, Cの地点での地震の記録を模式的に示したものである。これについて、以下の問いに答えよ。



1) A地点は震源の真上にある。この地震が起きたのは何時何分何秒か。ただし、初めに伝わってくる地震波(P波)の速さは8 km/秒、主要動(S波)の速さは4 km/秒とする。

2) 震源の深さは何 km か。

3) B地点の震央からの距離は何 km か。

8 [8] 化石の観察 夏休みの宿題は石を拾うことであった。

① A君は九州に旅行したとき、福島で緑色の石を拾った。この石に含まれる暗緑色の鉱物をルーペで観ると、表れ始めの鉱物は130度の角をなす2方向に入っていた。

② B君は山梨県の秋吉谷でたくさん見られる白っぽい石を拾ってきた。これにはサンゴの化石が含まれていた。

③ C君は四国の笠岡で見つけて全体に色あざむいた石を拾った。ずしりと重いので密度を測ったところ、 2.7 g/cm^3 であった。

9 [9] 海岸の堆積物 下の図1は、海岸の堆積物の分布を示し、図2はA地点を通る東西の断面を示している。これらについて、次の①, ②の問いに答えよ。

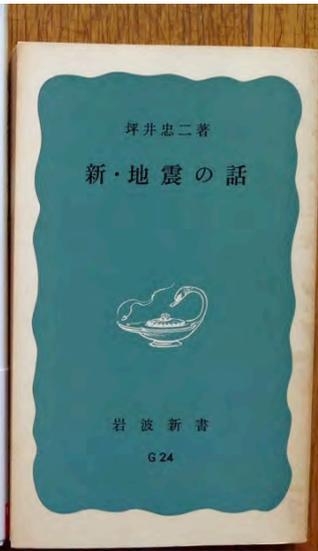
① 海岸の堆積物が、図1のような分布になるのはなぜか。⑦～⑩のうち、最も適切な理由を1つ選び、その記号を答えよ。



2013

金森博雄(1936~)

1959年東京大学理学部物理学学科卒、地震学(地球物理学)に進み岩波新書を読む。
「しかし私は、地震の震源で起こることを「マグニチュード」という極端に単純化した数字だけで扱うスタイルにはあまり魅力を感じられませんでした」—疑問が出発点。



1967

坪井忠二(1902~1982)

地震球体モデルに立ち、濃尾地震、カリフォルニアで蓄積があった断層モデルを否定、球体モデルに固執。

左上の「新」編は、1967年5月20日初刷

1982年10月10日最終16刷

計3000部印刷、最初に1800部製本

翌1983年9月21日残りの1200部に増製本(おそらくその後1年程度で品切)

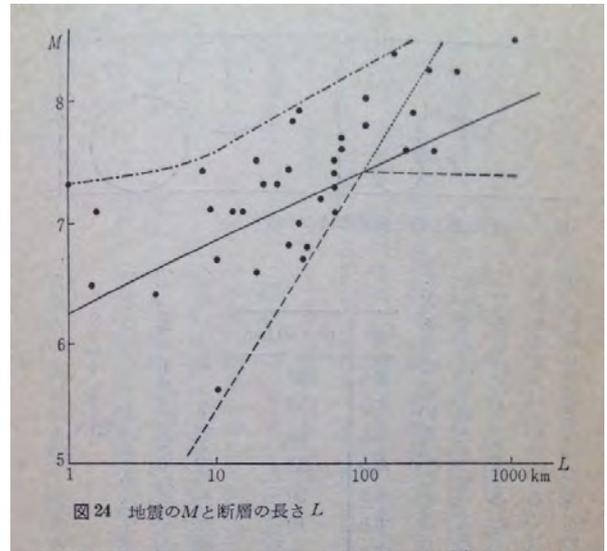


図24 地震のMと断層の長さL

批判的思考力

- 批判的思考とは第1に証拠に基づく論理的で偏りのない思考である。
- 第2に自分の思考過程を意識的に吟味する省察的(リフレクティブ)で熟慮的思考である。
Cf: 日常語の非難・批判とのちがい
- そして第3により良い思考を行うために目標や文脈に応じて実行される目標指向的な思考である。

(楠見2013)

- その「欠如」「育成」より「抑制」こそが課題?!

「語り」の重要性

- 「語られないこと」は「ないこと」になる。
事例:「受忍」を強いられていた広島・長崎の被爆者の被害の共有は「語り」によって実現。

直野章子:被ばくと補償, 平凡社新書(2011)

- 「天災は忘れた頃にやってくる」(寺田寅彦)は, 災害の間隔の長さだけを問題にしたのではない。「前代未聞」「未曾有」の災害」として特殊化し, 現実を直視せず, 教訓を語るよう
でいて, 忘れてしまおうとする知識人(学者,
ジャーナリスト, 為政者ら)への警鐘。

藤井陽一郎:科学史研究(1966)

まとめにかえて

- 津波の危険性は, 現場の教師や児童たちに予見されていたが, 生かされなかった。
- 「山さ逃げよ」は, 過小評価した気象庁よりも正しかった(2分半も続く激しい揺れはマグニチュード8以上の超巨大地震を示唆)。
- 検証の失敗を含め, 問題は科学リテラシーの「抑制」。
- 理科固有の知識が, 自然災害の「人災的側面」(例:政府, 文科省, 検証のまちがいなど)を照らし出せる。
- 科学リテラシーや批判的思考力は, 自動的には発揮されず, しばしば抑制される問題が大きい(理科教育そのものが, 疑問を励ますものではなく「抑制」に加担?)。
- 「有権者教育」のためにも, 科学リテラシー「抑制の自覚」「抑制の抑制」と, 「疑問を励ます理科」が不可欠。