

実験学習による地震・津波防災教育と中学生の災害理解・認識の検討

A Study on Science Experimental Learning about Earthquake and Tsunami for Students in Junior High School

○安倍 祥¹, 今村 文彦²

Yoshi ABE¹ and Fumihiko IMAMURA²

¹ 東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻

Department of Civil Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University

² 東北大学大学院 工学研究科 附属災害制御研究センター

Disaster Control Research Center, Graduate School of Engineering, Tohoku University

Sendai Science Museum gives the opportunity for all Junior high school students in the city to take science experiment, one of which is the topics of natural disaster in the geology. The present study aims to know the efficiency how students could learn about the disaster through using the educational material, which can demonstrate an earthquake, liquefaction and a tsunami. The course tries to simplify a phenomenon by models in the laboratory, and to let them be interested in the contents by adding computer simulation, internet, and video. We found by the questionnaires before and after that the experiment course is very practical to understand the mechanism of natural hazards, and to let some students renewed fear of the disaster. The free answer in the questionnaires suggests that the consciousness of the evacuation for tsunamis become high when students understand the fearfulness of the tsunami.

Key Words: Earthquake, Tsunami, Experience-study, Science Experimental Learning, Disaster Education

1. はじめに

地震多発国である日本では各地で甚大な被害が繰り返されてきた。近年は、東海・東南海・南海地域における巨大地震の発生が予測され、その他の海溝型地震や活断層による地震の発生についても長期評価の作業が進められている。しかし一方では、2004年新潟県中越地震や2005年福岡県西方沖地震のような十分な調査・想定がなされていない地域での地震災害も発生してきた。

我が国では、義務教育期間に様々な教科や単元において災害を題材にした授業・学習がなされている。地震災害については、小中学校の理科において地震の現象を、社会科では災害の歴史や社会の対応などを学習する。教科外の教育でも、避難訓練のような防災対応型訓練において地震の発生を想定して実施する学校が多くある。地震防災教育は全国の学校でこれまでなされてきたが、平成14年度及び15年度より施行された現行の学習指導要領では、自ら学び自ら考えるなど「生きる力」を育む教育が掲げられ、総合的な学習の時間の導入により教科の枠にとらわれない防災教育も取り組まれている。今後の地震対策のあり方に関する専門調査委員会¹⁾は、初等中等教育における防災教育について、総合的な学習の時間の活用や災害についてのイメージを高めるような防災教育の充実の必要性を報告しており、従来の教科教育や避難訓練の型にとらわれない新しい教育方法や教材の模索が全国各地で行われてきた。

1978年の宮城県沖地震からまもなく27年目を迎える仙台市では、同じ宮城県沖を震源とする地震の再来が極めて高い確率で予測されており²⁾、地震災害の発生までの時間的な猶予は非常に限られている。市内の各学校では地震防災訓練の実施や建物の耐震補強など被害軽減のための対策に取り組んでいるが、児童・生徒への防災教育のさらなる充実も求められている。

仙台市内の多くの中学校では、第1学年の後期に理科

第2分野の地震・火山を扱う地学分野の授業が行われている。宮城県沖地震の切迫とそれに関連する報道などから、また2003年の三陸南地震や宮城県北部地震の体験もあり、生徒らの地震災害に対する関心は高い。

仙台市科学館では、中学生を対象とした実験学習の場には地震や津波を題材にした実験を取り入れ、様々な実験の体験を通して現象を観察し、映像教材やインターネット上の情報などを組み合わせて多面的な学習を行うユニークな教育を実践している。筆者らは平成14年度からこの実験学習をサポートし、体験した生徒らを対象にアンケート調査を行ってきた。本稿では生徒らの回答から地震・津波実験学習を通じた防災教育について検討を行い報告する。

2. 仙台市科学館における地震・津波実験学習

仙台市科学館では仙台市内の全中学校における第2学年の生徒を対象に「科学館学習」を行っている。科学館学習は館内の展示施設を使った「展示学習」と、実験室で行われる「実験学習」からなり、展示施設や実験機材を扱いながら中学校の授業では体験できない工夫された学習が行われている。実験学習は物理、化学、生物、地学の4分野から生徒が希望するコースを選択し、1単位90分の実験や観察を行う。実験学習は科学館の専属スタッフの指導のもと、実験機材やコンピュータを使い実験学習を進める。近年では学校週5日制の導入により、授業時数や学習事項の制約から実験や観察などの不足が問題視される今日では、科学館における体験重視の取り組みは貴重といえる。

地学コースの実験学習では平成13年度より『「ゆれる大地」―地震と災害―』というテーマが設定され、地震や津波の発生とその性質、過去の災害などを学習する。生徒らの地震災害への興味・関心も高く、平成15年度は科学館学習全受講者の30%を超える約3,000名が地学コ

ースを選択している³⁾。実験学習では生徒は2ないし3人のグループに分かれて、それぞれの実験卓上におかれた器具を用いて実験を進める。以下に平成15年度までの地学コースで設定されていた4つの実験を示す。

(1)実験1：最新の地震情報「地震は今！」

地震は日本各地で発生し日常生活の中で体感される場合もあるが、多くの地震は規模の小さなものや無感地震であったり震源からの距離が遠く揺れを感じないために、その頻度についてはあまり認知されていない。ここではインターネット上の地震情報にアクセスして毎日のように発生する地震の履歴や震度などの情報について調べる。また、実物の計測震度計にゆれを与えて、地震動の記録や震度決定の仕組みを学ぶ。

(2)実験2：断層と地層に加わる力「大地に力が！」

万力を使って氷塊に強い圧縮力を作用させ、内部に発生する亀裂の成長や氷塊の変形、割れることによって発する音、氷塊の破壊までを観察する。地盤も同じように強い力を受けて内部にひずみを蓄えいつかは破壊に至ることを説明し、地下で発生する現象のイメージをふくらませる。さらに、偏光板を利用した観察装置の中で光弾性樹脂に力を加えて変形の様子や応力の分布などを視覚的に観察する。コンピュータではCGにより断層の種類やその成り立ちを確認する。

(この実験は平成16年度より内容が一部変更された)

(3)実験3：液状化の再現「大地が沈む？」

地震の揺れに伴い発生する液状化現象を観察する実験である。電動マッサージ器上で十分含水させた砂を入れた容器をおき、住宅やビルの模型をおいて振動を発生させ、模型が支持力を失い沈下、転倒する様子や、水が噴き出したり地割れが起きる、建物の基礎部に杭がある場合は倒れにくいことなどを観察し、さらに三陸沖か沖地震や茨予地震で発生した液状化の映像などを見て地震により液状化被害のおそろしさを考える。

(4)実験4：津波の発生「海もゆれる？」

実験卓上に長い水槽をおき、水槽の底部で波を発生させ、それを津波に見立てて水槽内の伝播時間を計測する。水槽内の水深を3通りで変えて実験を繰り返し、波の伝わる速さをコンピュータに計算させる。他のグループの計測結果を統合して、波の速さは水深が深いほど速く、その関係はグラフに右上がりの曲線で書けることを学習する。さらに、実際の津波の速さについてふれ、水深がおおよそ5,000mと深いところでは波の速さがジェット機並に速いこと、沿岸部で水深が浅くなって速度が落ちて陸上の短距離走選手並であって、津波を視認してから逃げては間に合わない、地震の揺れを感じたり警報など沿岸で聞いたなら速やかに避難する必要があること教わる。コンピュータを使い、津波の発生時や伝播のシミュレ-

ション映像を見て、1960年チリ地震津波には地球を半周して津波が日本にまで押し寄せ沿岸各地で被害を生じたことも学習する。

4つ実験が終了したあとはコンピュータでプレートテクトニクスについて復習できる映像を見たり、インターネット上で地震に関する情報を自由に集めることもでき、さらに学習を深めることができる内容となっている。

3. アンケート調査

(1)調査の概要

地学コースの実験学習で体験する地震や津波の実験が、生徒らにどのような知識、災害の認識、感想を与え、また他のコース（物理・地学・生物）を選択した生徒も含めて市内の中学生における地震・津波災害の知識や防災意識などを調査するため、アンケート調査を平成14年度から15年度にかけて実施した。(A)平成14年度は地学コース選択者を対象に時間的な経過を追うために4回のタイミングで調査し、(B)平成15年度7月は三陸南地震の経験や実験の感想問う予備的な調査として、(C)平成15年度12月～3月は仙台市内22中学校の2学年全生徒を対象に実施した。調査概要について表1に示す。

(A)平成14年度の調査

アンケートにおける質問項目は、地学コースを選択した動機に始まり、地震についての認識や災害に遭遇した場合の対応、災害への関心や備えについての質問、実験学習で興味を持った実験や、一番印象的・おもしろかった実験、実験で得られる知識のチェックなど、系統的に把握できるよう多様な選択式の設問を準備した。

(B)平成15年度7月の調査

15年度後期に行うアンケートの予備調査として実施した。5月に発生した三陸南地震の体験、感想などと、地学コースの実験学習についての感想、コメントをあわせて自由記述の文章で回答させた。

(C)平成15年度12月～3月の調査

対象となる22中学校の2学年生徒全員に、科学館来館の数日前と数日後（概ね1週間前後に依頼）に各中学校で、地震や津波の知識、宮城県沖地震についての知識、避難の判断や災害への関心、準備などを選択式で、また理由や認識に関する設問では自由記述式の文章での回答を求めた。質問紙には「2003年は三陸南・宮城北部・十勝沖のように東北地方では大きな地震が3回連続しました」、「それらを思い出した上で地震などの災害についてみなさんが考えていることを質問します」と表紙に示し、生徒らに地震について想起させた上での回答を促した。さらに地学コース選択者には実験学習が修了した直後にも感想文を書いてもらい、2ないし3回のアンケート

表1 仙台市科学館におけるアンケート調査の概要

調査時期	(A) 2002年4月～2003年3月 ①実験学習の開始直前 ②実験学習の終了直後 ③実験学習の数日後 ④実験学習の数ヶ月後			(B) 2003年7月 ①実験学習の直後	(C) 2003年12月～2004年3月 ①実験学習の数日前 ②実験学習の終了直後 ③実験学習の数日後		
調査対象	7中学校の地学コース選択者			3中学校の地学選択者	22中学校の第2学年生徒全員		
調査方法	質問紙法 ①、②は科学館実験室で配布・回収 ③、④は各中学校で配布・回収			質問紙法 実験室で配布・回収	質問紙法 ①、③は各中学校で配布・回収 ②は科学館実験室で配布・回収		
回答数	前期	後期	合計		地学コース	他コース	全体*
①	62	127	189	96	575	1898	2574
②	51	126	177		688		
③	61	123	184		585	1824	2492
④	41	118	159				*実験コース不明を含む

トは学校名, クラス, 出席番号を記入してもらいパネル調査とした。

(2) 地学コースで学習する事項についての回答

地震について実験の中では, インターネットの地震情

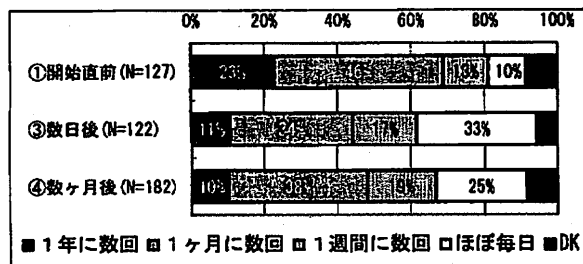


図1a 有感地震の頻度に関する回答(A,2002)

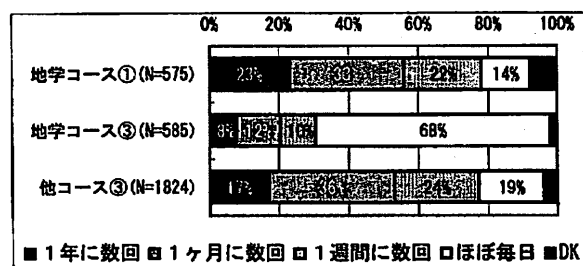


図1b 有感地震の頻度に関する回答(C,2003③)

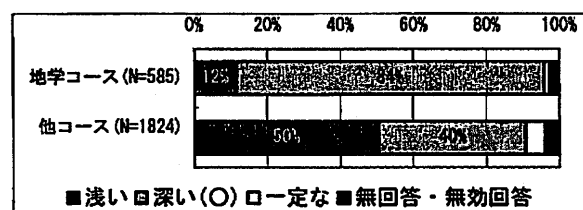


図2 水深と津波の速さに関する回答(C,2003③)

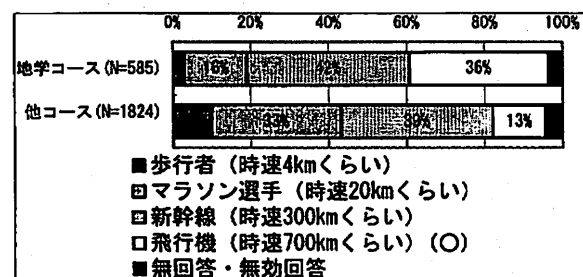


図3 沖合での津波の速さに関する回答(C,2003③)

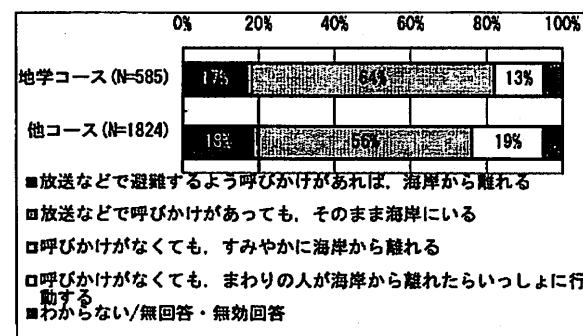


図4 海岸近くで地震に遭った場合の行動に関する回答(C,2003③)

報を使い地震の震度や規模の見方を学ぶ。あわせて地震の履歴も調べて日本列島ではほぼ毎日のように地震が観測されていることを学習している。

図1aに14年度の調査結果を示す。「ほぼ毎日」を答える割合は実験後に増加するが最大で1/3程度であった。図1bは15年度の結果であり、事前の回答や他コース選択者の回答がばらついたのに対して地学コース選択者の事後の回答で68%が学習事項を選択している。地学コース選択者の事前・事後について対応のある回答であることを考慮して比率の検定にマクネマー検定を用い前後の回答には差があることを確認した ($p < 0.01$)。

津波の実験では、実験卓上の長い水槽で波を発生させ、水槽内を伝わる伝播速度を求め、津波は水深が深いほど速いことを学習する。また、関連する知識として「沖合の深い海ではジェット機並の速度になる」、「沿岸部においても陸上選手並の速さで押し寄せるので目撃してからでは逃げられない」ことを解説される。津波の速さについては、水深と速さの関係を質問した集計結果を図2に、沖合の速さについての結果を図3に示す(ともに15年度の結果)。どちらも χ^2 検定で正解(○印)と地学コースの回答に強い関係性があつた(いずれも $p < 0.01$)。

(3) 津波についての知識と地震発生時の避難

津波にそなえた避難の判断として、海水浴などで海岸近くにいたときに大きな地震があつた場合(15年度・図4)の避難について検討する。半数以上の生徒は呼びかけ等がなくとも「自分の判断で速やかな避難」を選択しており、そのうち地学コース選択者はその割合が多い(χ^2 検定: $p < 0.05$)。ただし、残りは避難の情報や周囲の行動に判断を依存していると考えられる生徒であり、海岸付近では地震直後に「地震=津波」と想起して自主的に速やかな避難を判断できることが望ましく、そのためには津波の危険性を正しく理解させる必要がある。

15年度の事後のアンケート調査では「津波についてどんなものをイメージしますか? また、あなたが知っていることを教えてください」と質問し、自由記述の回答を得た。この回答をキーワード毎に集計し表2に示す。津波について「大きな波、高い波」とする回答が約半数と最も多いが、それ以外の津波について具体的なイメージを示す回答は全体の半数に満たなかったことから、当時は津波について十分認知されていなかったといえる。知識的なこととして「津波は速い」、「水深が深いほど速い」などのキーワードが地学コース選択者に比較的多く見られた(網掛部)。また誤った認識として「津波は台風など(気象現象)によっても発生する」、他コースの回答には「サーフィンをするのに適した波である」といった文章も見られた。

自由記述に見られた津波についての知識と避難の判断の関係について検討する。表2に集計したような知識やイメージのキーワードについて、一人あたりの回答数は地学コース選択者の方が多い傾向にあったが、地学・他コースともキーワードの回答数と図4に示す避難の判断についてクロス集計すると、キーワード数の多い回答者ほど「自分の判断で速やかな避難」を判断する割合が多く、逆に「避難の呼びかけ」で判断する割合は少なくなる傾向にあることが分かった。

(4) 感想文中に見られる災害のこわさ

地学コースの実験学習では、実験の終了直後に感想文を書かせている。15年度7月の予備調査(B)では、実験学習の感想や発見に関する記述において、「おもしろい」とする回答とほぼ同数の「こわさ・恐怖」についての記

述が見られた。同年5月に三陸南地震を体験していたこともあるが、実験学習において目の前で観察した事象やそれが現実となった時のことに対する恐怖が感想文中に

表2 津波のイメージや知識の分類(C,2003③)

津波の性質	大きな波・高い波 地震で発生する 気象現象で発生(潮) こわす・破壊力がある	地学コース(N=588)		他コース(N=1824)	
		282	48.0%	860	47.1%
被害の対象	人的な被害	50	8.5%	170	9.3%
	家屋・建物の被害	1	0.2%	15	0.8%
	集落・町村規模の被害	15	2.6%	57	3.1%
津波の知識	引き波から始まる	70	11.9%	181	9.9%
	強い引き波	58	9.9%	222	12.2%
	何波も続く	29	4.9%	114	6.3%
避難について の記述	高台へ避難	14	2.4%	50	2.7%
	おしよせる	4	0.7%	19	1.0%
	引きよせる	4	0.7%	15	0.8%
イメージ	おしよせる	59	10.0%	161	8.8%
	怖い	96	16.3%	252	13.8%
	危険・あぶない	21	3.6%	113	6.2%
	こわい・おそろしい	71	12.1%	217	11.9%
	洪水	4	0.7%	19	1.0%

表3 こわい・不安・心配の出現数(C,2003③)

名詞noun	形容詞adjective
恐怖	1
心配	15
不安	6
こわい	103
怖い	68
怖い	33
おそろしい	21
恐ろしい	37
怖ろしい	0

表4 感想文におけるこわさの記述(C,2003③)

実験から地震はこわいと感じた	72	26.0%
地震はこわい	55	19.9%
津波はこわい	55	19.9%
液状化はこわい	50	18.1%
宮城県沖・今後の地震がこわい	16	5.8%
自分・身の周りの被害がこわい	15	5.4%
2003年の地震がこわかった	13	4.7%

「こわい」に関連する語を含む文=277

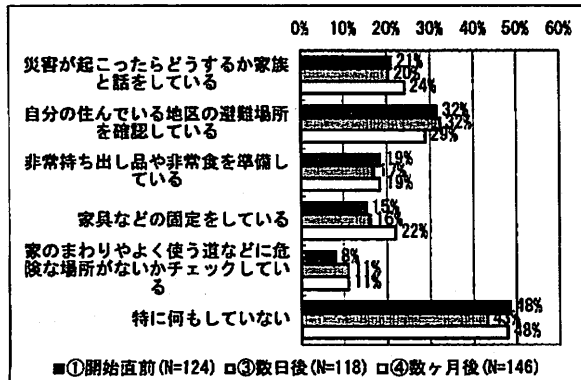


図5 a 災害へのそなえに関する回答(A,2002)

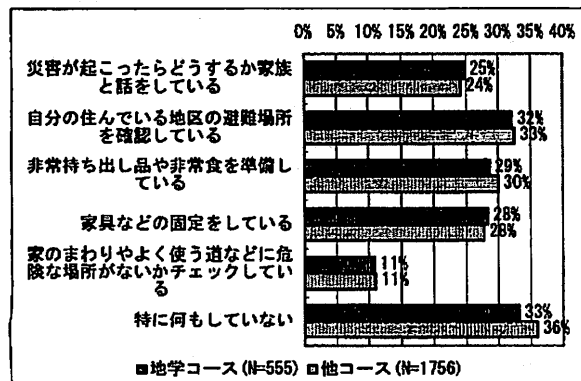


図5 b 災害へのそなえに関する回答(C,2003③)

記述されていた。

その後の本調査(C)では実験学習を選択したアンケート対象の688名が寄せた感想文の中から生徒が感じた災害のこわさを検討した。文章は形態素解析システム ChaSen⁴⁾を用いて形態素に分け、名詞・動詞・形容詞のようなキーワード語を抽出する。災害のこわさや不安に関連する語として表3に示す単語を含む277の文章(249名分)について、その主語となる語を同定して感想文中のこわさに関する文章を表4のように分類することができた。このうち、実験学習での体験からこわさを感じ取った文章が277文中の72文と最も多く、実験を通して改めて地震のこわさを感じ取ったと考えられる。

(5)災害への準備やそなえ

実験学習の中では地震や液状化による被害の様子も実験やコンピュータの映像資料を用いて学ぶ。学習事項が防災の準備につながるかを事後に質問した結果が図5であり、地学コース選択者和他コース選択者の間には差は見られない。実験学習の中では、地震の発生や液状化の被害、津波の速さなどを学ぶが、その内容は現象の再現とその確認が中心であり、具体的にとるべき対策等について踏み込んだ学習はしない。このため実験の体験を通じて現象の理解には効果が見られたが、地震災害に備えた準備や防災意識の高まりにまでは結びつかなかったことがいえる。

4. まとめ

仙台市科学館の実験学習では、災害の姿を実験で捉え、そのメカニズムや性質を学ぶ。地震の頻度や津波の知識など、どちらかというと一般的でない知識の獲得では高い効果が見られた。その一方で、生徒個人の防災の取り組みに結びつけるには至らなかった。

実験学習後の生徒らの感想には様々な文章が寄せられていたが、形態素解析により文章のキーワードを抽出し、感想文を分類することができた。災害のこわさについての記述は、自分の体験や知識をもとにして「こわい」と答える回答が多くあったが、実験学習から地震のこわさを感じたとする回答も分類することができた。

津波についての知識は具体性に欠ける回答も多かったが、表2に示すような分類作業ができた。2004年末のインド洋大津波以降、津波について多くの情報が得られており、津波の知識は今後の比較することが課題である。

参考文献 (参照urlはいずれも2005年4月現在)

- 今後の地震対策のあり方に関する専門調査委員会(2002): 今後の地震対策のあり方について(報告), 22p.
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/taisaku/houkoku/siryoul-2.pdf>
- 地震調査研究推進本部(2000): 宮城県沖地震の長期評価.
<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/00nov4/miyagi.htm>
- 小松尚哉・本郷栄治・今村文彦・牛山素行・安倍祥(2005): 科学館学習「ゆれる大地」を受講した生徒の地震災害の意識に関する一考察-防災教育を含めた体験学習をもとに-, 仙台市科学館研究報告, 第14号, pp.10-19.
- 奈良先端科学技術大学院大学自然言語処理講座, 形態素解析システム ChaSen.
<http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/>
- 仙台市科学館[科学館学習]
<http://www.kagakukan.sendai-c.ed.jp/gakusyu/tigaku.html>