

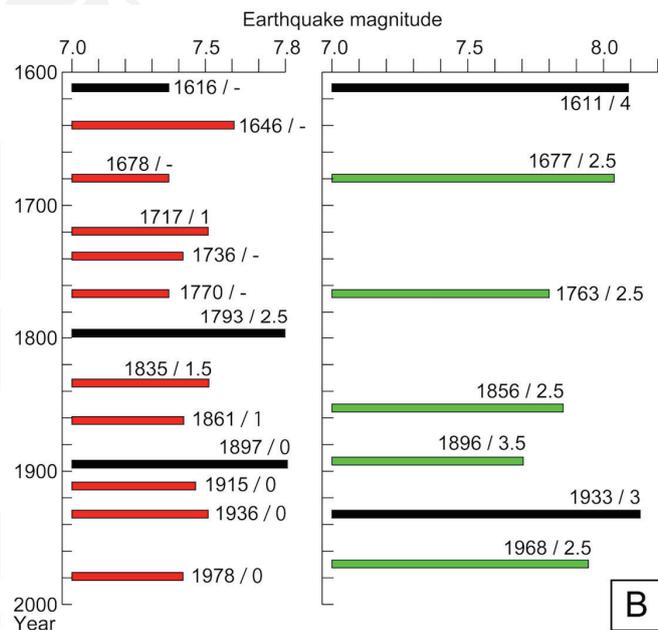
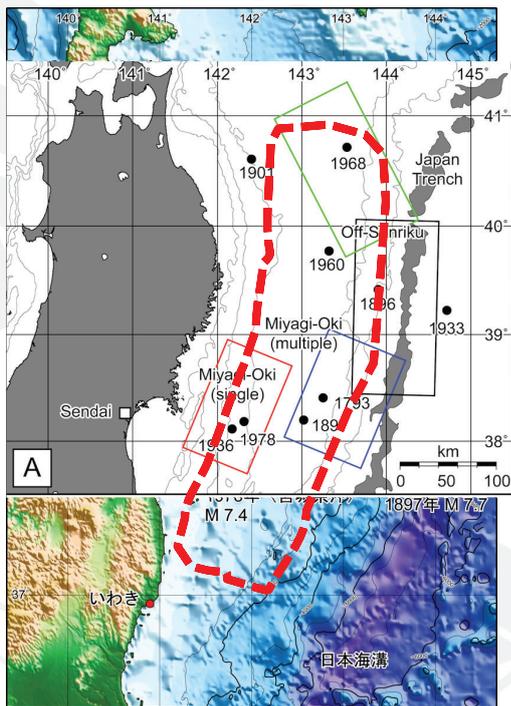
令和3年度
河川情報シンポジウム

東日本大震災10年の経験と今後の防災対応 ーレジリエンス社会構築のための災害情報ー

東北大学災害科学国際研究所
所長, 津波工学教授
今村文彦

当時何が起きていたのか？

東北地方での過去の地震と津波の発生

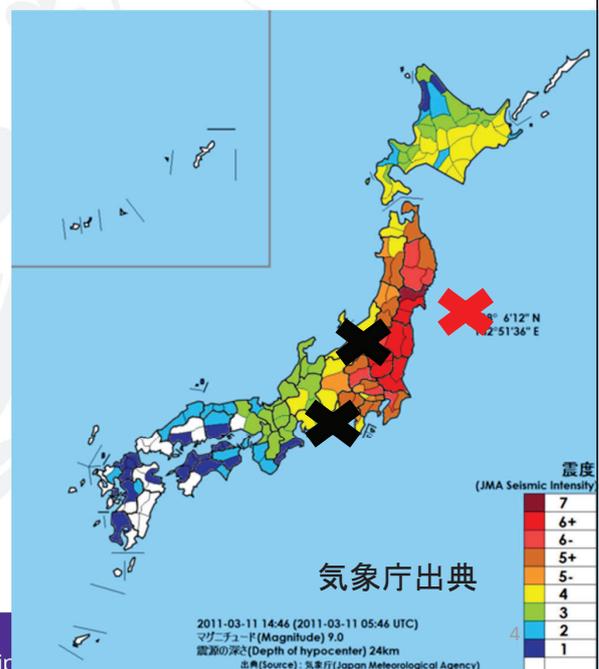


T.Hatori, Distributions of Seismic Intensity and Tsunami of the 1793 Miyagi Oki Earthquake, Northeastern Japan, *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, 62, 297-309 (1987).

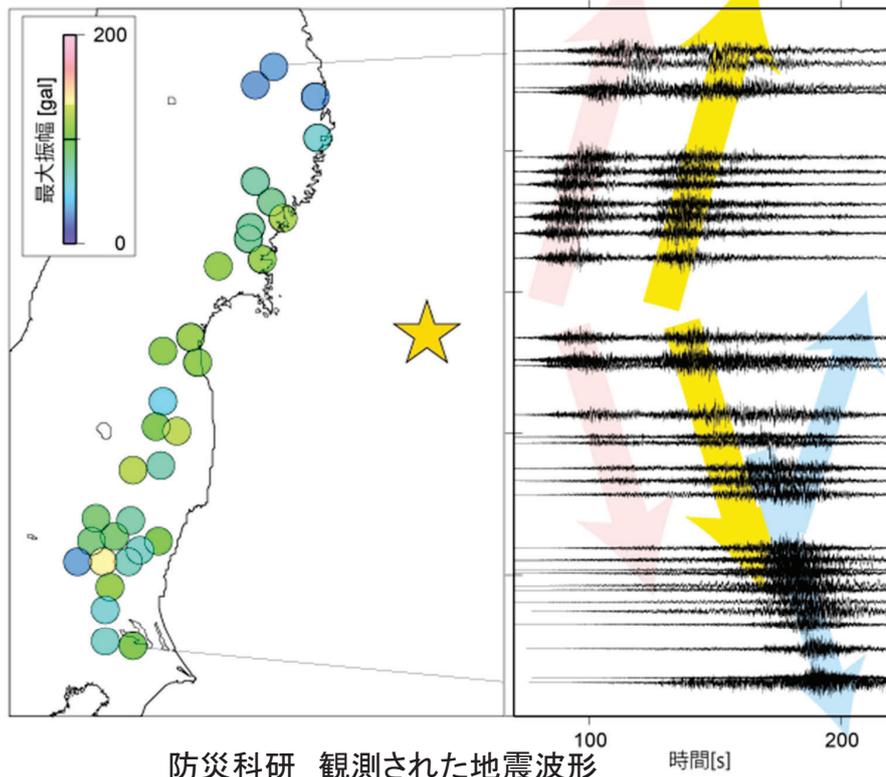
複合災害 Triple Tragedy and Damages

• Triple Disasters: ONE – 地震 The Earthquake

- 発生: 2011年3月11日 March 11, 2011, 2:46pm
- 地震規模 Scale: Mw 9.0 (1900年以降世界で4番目)
- 関連・余震 2 Mw 5+ 地震 (黒印 X)
- 1か月で400回以上
- 現在も続く;
- 2021年2月14日 M7.3
- 2021年3月20日 M6.9
- 2021年5月1日 M6.8



観測された地震波形(防災科研)



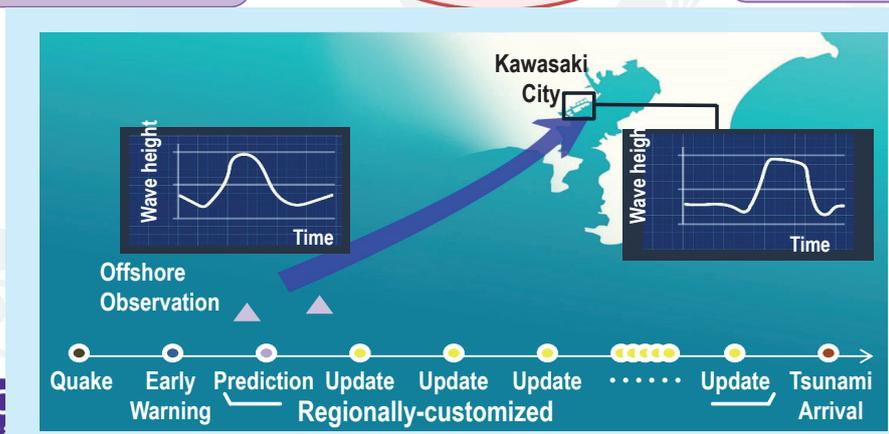
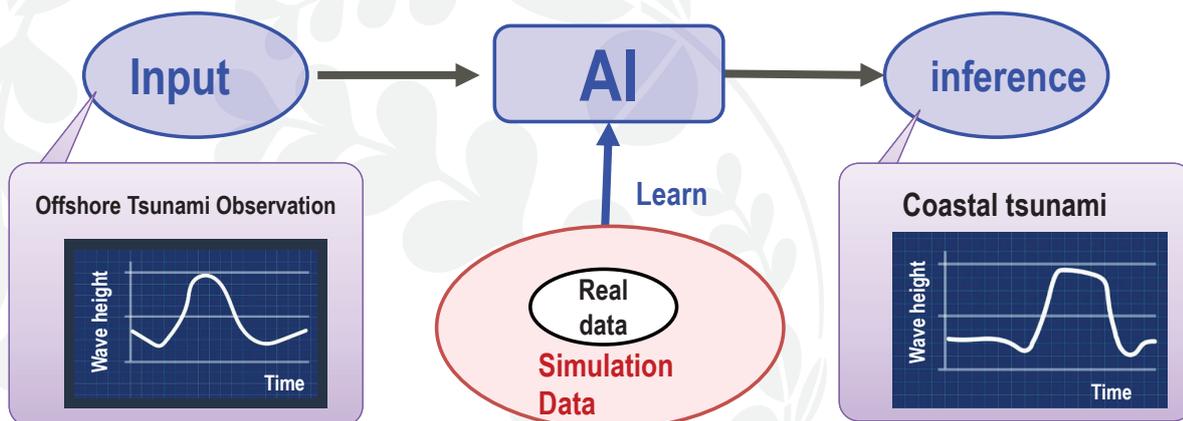
• Triple Disasters: TWO – 津波 Tsunamis

- 地震発生3分後に津波警報, その後に避難指示等の発令
- 到達時間, 三陸沿岸に20-30分後
- 6時間で7回の津波来襲
- 2日間以上の継続時間
- その間, 警報・注意報解除されず



- 記録値
- Highest wave recorded: 9.3m
- 津内遡上高さ
- Highest run up-height : 35 m
- 内陸への遡上距離
- Farthest inland reached: 8km

観測データが限られてるいる地域； AIの適用

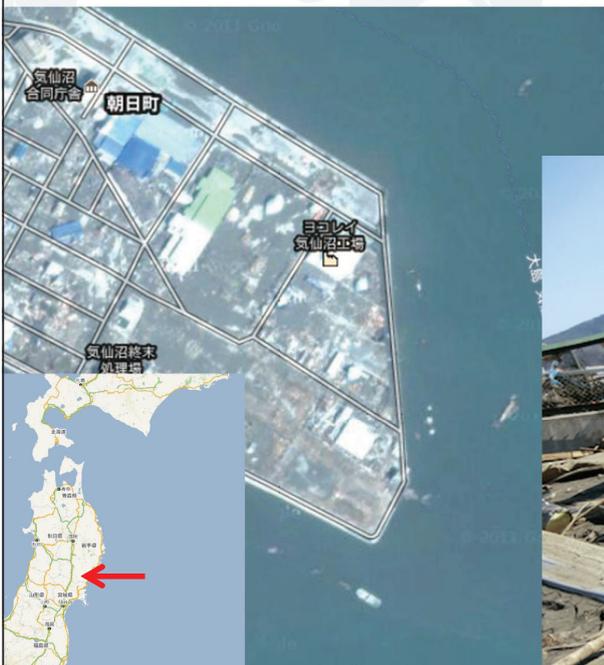


各地での被害

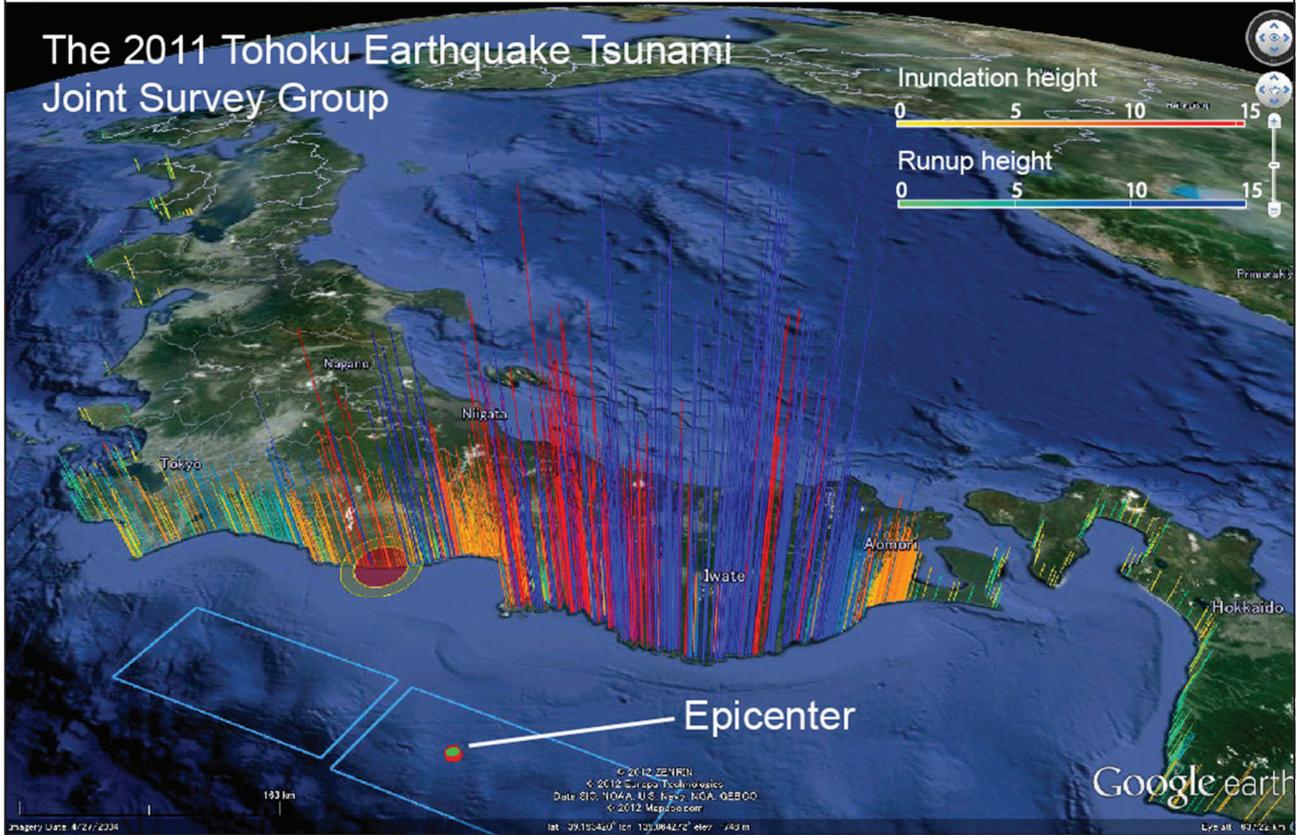
仙台空港での被害と復旧

- 津波警報発表を受け、周辺の住民や高齢者施設の入所者らが徐々に避難
- ビル1階部分に大量海水が流れ込み、周辺に高台がない空港は「孤島」に、ライフラインは寸断
- 一時1700人孤立
- 土産物店商品があり、食料心配なし
- 隣接する貨物ターミナルに引火して全焼。しかし、ターミナルビルは延焼を免れた。燃料タンク元栓を閉めていた。
- 翌日の午前10時過ぎに富山県高岡市の消防隊がボートで到着
- 米軍が大規模な支援活動「トモダチ作戦」の一環として東北の空の玄関の復旧活動に加わり、約1カ月で国内線が再開

燃料タンク(気仙沼朝日地区)



これまでの調査結果
 参加: 約100名
 測点: 約400点(1ヶ月) => 現在4,000点



海岸堤防の高さと 今回の津波の痕跡高さ (国交省)

＜計画天端高さの基本的な考え方＞

- 海岸堤防の高さは、高潮と津波のいずれか高い値を用いて設定。
- リアス式海岸では津波の高さ、その他は高潮で堤防高を決定。

計画堤防高: 津波で決定

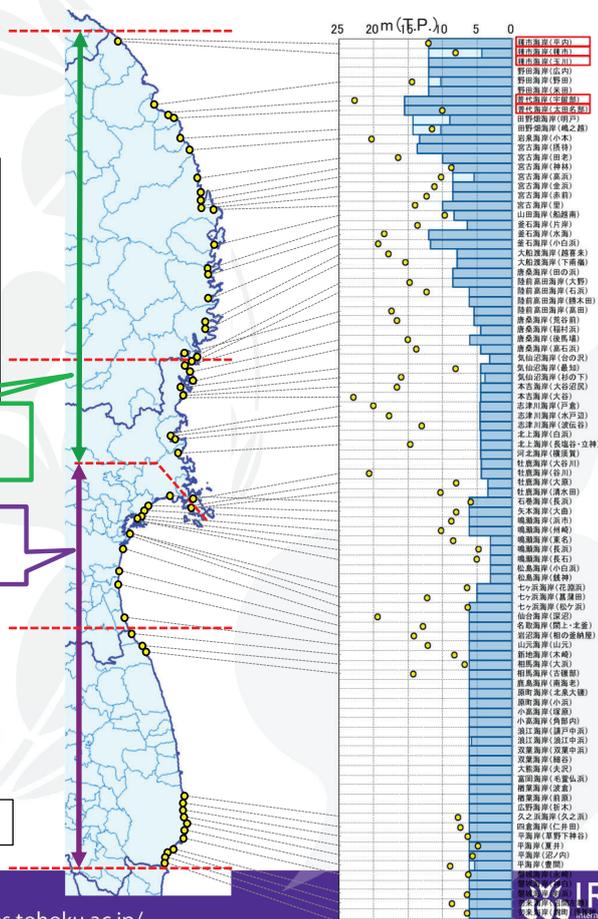
計画堤防高: 高潮で決定

- 現況堤防天端高
- 計画堤防天端高

● 今次津波痕跡高さ※
 (堤防付近で測定された痕跡高をプロット)

□ 背後地の被害状況が無い又は軽微な海岸

※東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループの速報値(7月15日時点)を利用
 (<http://www.coastal.jp/tjt/>)



海岸堤防における被災の状況(宮城県土木部)

相ノ釜海岸 洗掘 天端被覆工の沈下

山元海岸 侵食 真法被覆工の沈下・破損

吉田近海岸 全壊

石巻市長浜海岸 洗掘

高井近大向海岸 前傾 天端被覆工の沈下

東松島市 全壊 天端被覆工の沈下

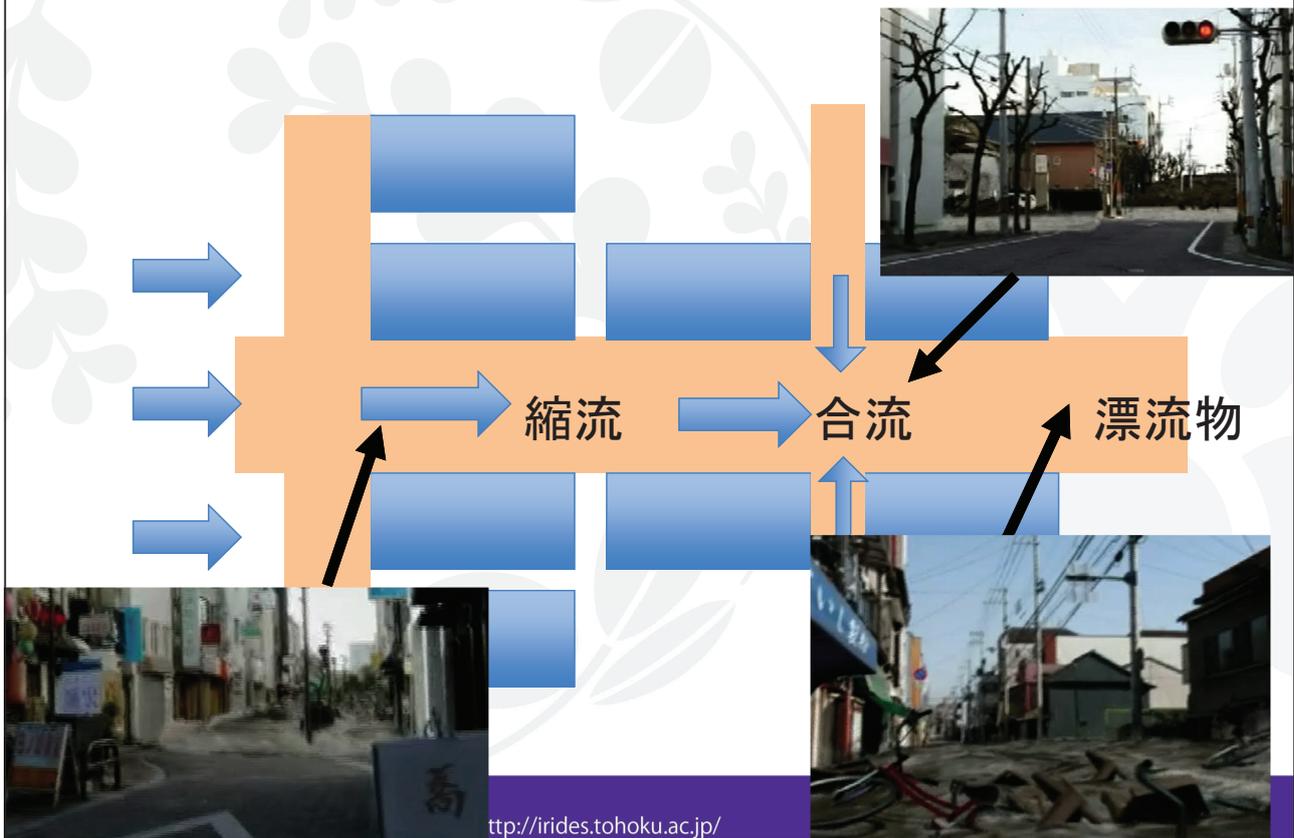
TOHOKU UNIVERSITY //irides.tohoku.ac.jp/ IRIDeS International Research Institute of Disaster Science

都市型(河川)津波

都市域で見られる複合災害
 河川遡上と浸水
 建物間の流れ(縮流)
 車による被害



市街地での津波(流れ)



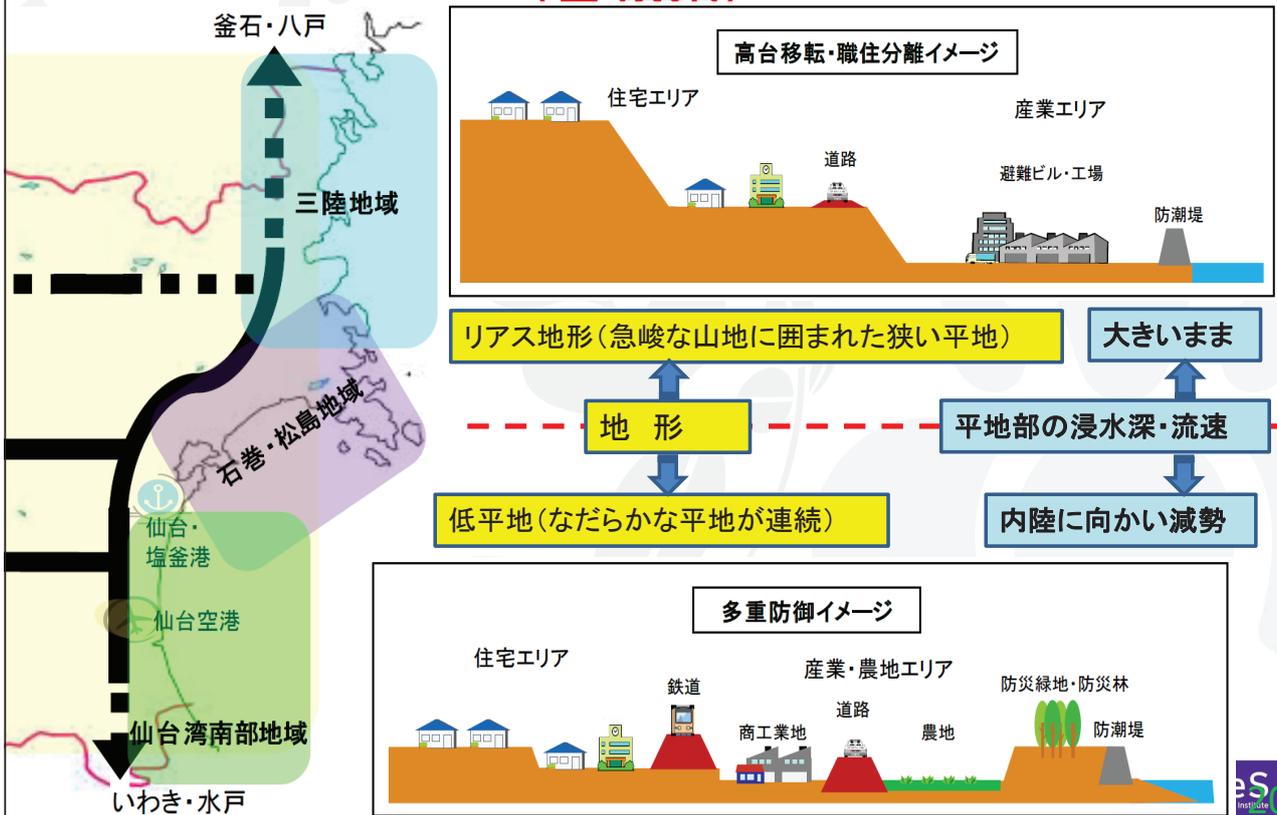
津波(被害)には多様性がある

- 浸水 Inundation (海水だけでなく土砂も含む)
- 流れの強さ Current (タンカーなど大型船舶も漂流)
- 波力の破壊力 Wave force (木造建物は土台のみ残り流失)
- 流れにより, 浸食・堆積 Sedimentation (土砂移動) => 地形変化
- 来襲の後に, 津波火災 tsunami fire

誘因	素因	影響（拡大要因）	被害
浸水 （泥水） Inundation	海水（塩分），土砂移動，地形・土地利用	溺死（呼吸困難，津波肺），大規模延焼，海水植物枯	地域崩壊，消失，農業被害
流れ Current	漂流物・船舶，可燃物，地形・土地利用	破壊，浸食堆積，延焼，土砂移動	家屋・施設被害，インフラ被害，環境破壊
波力 Wave force	浸水 x 流れ ²	破壊力（破壊増）	家屋・施設被害，インフラ被害



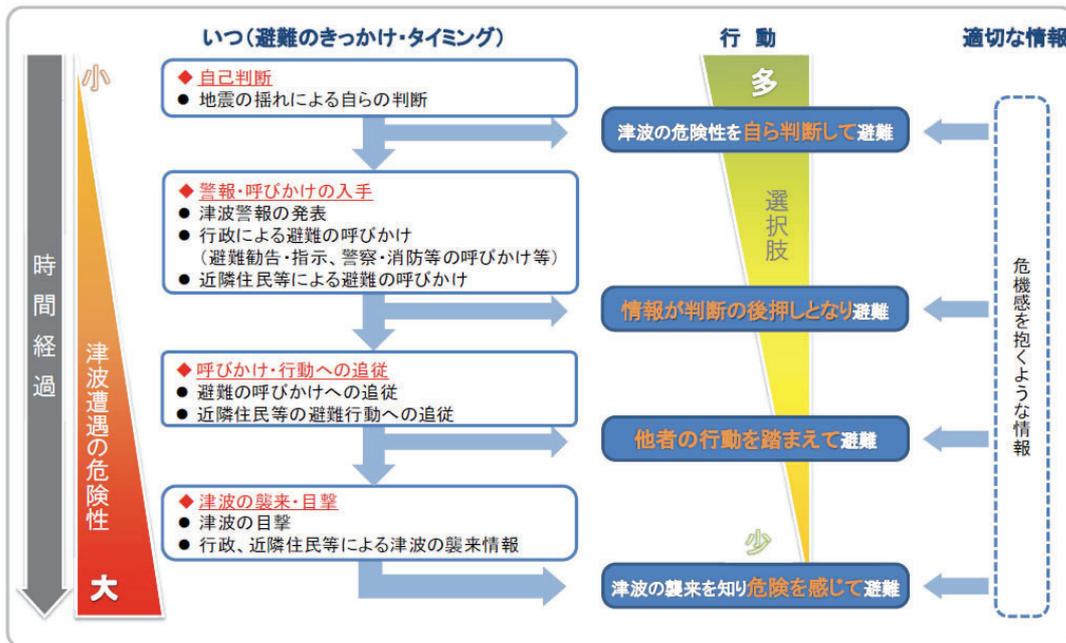
被災地域の津波特性を踏まえた沿岸防護例（宮城県）



人的被害軽減のため

避難について

避難行動の段階的分類



主な「情報(避難の判断材料)」と避難行動の関係 概念図

中央防災会議 津波避難対策検討ワーキンググループ報告(平成24年7月)参考資料集

自動車を使った避難は

・住民の避難ばかりでなく、通過交通の避難誘導も課題



宮城・石巻警察署管内の状況

- ・内陸方向に渋滞が確認された。
- ・図面内に設置されている信号機は、発災による停電で全て滅灯した。
- ・図面内での交通事故(人身事故)の発生は確認されていない。

路面崩壊



出典:東北地方整備局ホームページ

液状化によるマンホールの浮き上がり



出典:茨城県鹿嶋下水道事務所ホームページ

停電による信号機の滅灯

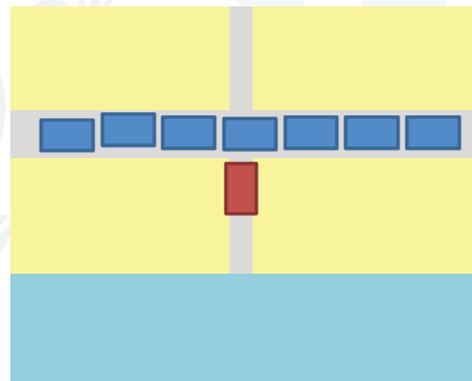
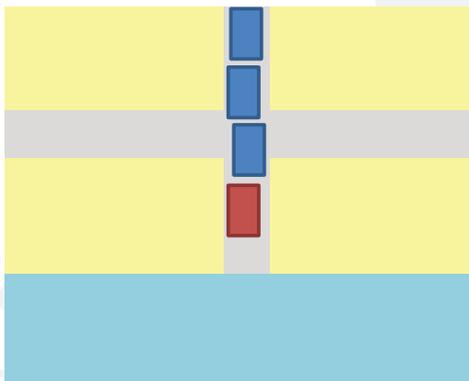


提供:NPO法人環境防災総合政策研究機構

中央防災会議 津波避難対策検討ワーキンググループ報告(平成24年7月)参考資料集

「渋滞」には2種類ある

- ・ 垂直渋滞(東西避難)
 - － 海岸線に対して垂直方向に発生する渋滞(想定内)
 - － 海岸から遠ざかろうとする人(自動車)によって発生する渋滞
- ・ 水平渋滞(南北渋滞)
 - － 海岸線に対して水平方向に発生する渋滞(想定外)
 - － 幹線道路しか知らない人(自動車?)によって発生する渋滞(仙台市の場合)
 - － 若林区の場合は、事故発生による。
 - － 県道塩釜亘理線の例(通過交通?)



大震災の経験と教訓を伝承

東日本大震災から10年が経過

東日本大震災の教訓

- 我々は備え以上のことはできませんでした。
- 出来た備え；
 - 耐震化，関係機関協定（有効）⇒啓開・復旧活動，防災訓練（一定の備蓄）
- 出来なかった備え；
 - 津波避難，複合災害対応，帰宅困難者，大規模捜索・ご遺体対応，避難所（運営）
 - 安心・安全なまちづくり⇒各地での合意形成，安心すぎると防災意識の低下（バイアス）

東日本大震災の教訓

- 事前防災(取組)は確実に被害を軽減できませんが、ゼロにはできません
 - インフラ ー 仙台東部道路などのかさ上げ,
 - グリーンインフラ ー 防潮林(地盤高さ重要)
 - 避難場所・避難所 ー 学校での避難(事前の関係者との協議)

東日本大震災の教訓

- 危機管理と対応計画は、最悪のシナリオに基づいている必要があります。
 - 防災計画; 中央防災会議専門委員会ー日本海溝・千島海溝型地震に関する, 平成18年1月, 各県での地震等の被害想定と対策, 第2次みやぎ震災対策アクションプラン(平成21年3月)
 - 巨大地震; 3分強震が継続, 余震活動は現在も
 - 巨大津波; 1.5日津波警報などが解除できず, 黒い津波・漂流物, 河川津波, 長期浸水,
 - 福島原発; 複合・連鎖災害

我々が伝えたい基本メッセージ

「教訓が、いのちを救う」



備えることで救える“いのち”があることを知ってもらう！

学ぶことで助かる“いのち”があることを知ってもらう！

<https://www.311densho.or.jp>

我々が伝えたい基本メッセージ

備えることで救える“いのち”があったという事実



2度の津波被害を受けて整備された巨大堤防（高さ10m、長さ2,600m）が町民の死亡率を激減させた田老村

明治三陸地震（明治29年）

写真：ウィキペディア「明治三陸地震」より
※宮内省・吉川弘文館「明治の日本」



**345戸が一軒残らず流され、
人口2,248人のうち
死者・行方不明者は1,867人**

死亡率
83%

三陸沖地震（昭和8年）

写真：「時事通信社」より
https://www.jiji.com/jc/v2?id=20100822earthquake_disaster_of_japan_05photo



**559戸中500戸が流失、
人口2,773人のうち
死者・行方不明者は911人**

死亡率
33%

東日本大震災（平成23年）

写真：「JFたろう 岩手県・田老町漁業協同組合」より
<http://www.masaki-wakame.com/fukkou.html>



**1467 棟中、全壊は979棟、
人口4,302人のうち
死者・行方不明者は166人**

死亡率
4%

出典：流出家屋、人口、死者・行方不明者は「地震津波による田老町の被害」（辻本研究室 5109421 林那須弘）より
辻本研究室：辻本誠（元東京理科大学国際火災科学研究所教授） <http://tsuimoto.sub.jp/pdf/2012havashi.pdf>

命を繋いだインフラ(仙台東部道路への避難)



仙台東部道路への避難状況(仙台北IC付近)
Evacuations to the Sendai-Tobu Road (near the Sendai Port North Interchange)



仙台東部道路が内陸の市街地への津波・がれきの流入を抑制
The Sendai-Tobu Road blocked the tsunami and rubble from reaching farther inland.



出典: 東北地方整備局HP

URL: http://infra-archive311.jp/sp_sign/infra.html



『教訓が、いのちを救う』

点在する遺構等をネットワークで結ぶ
『3.11伝承ロード®』の形成

多様な方を誘う機会を創出

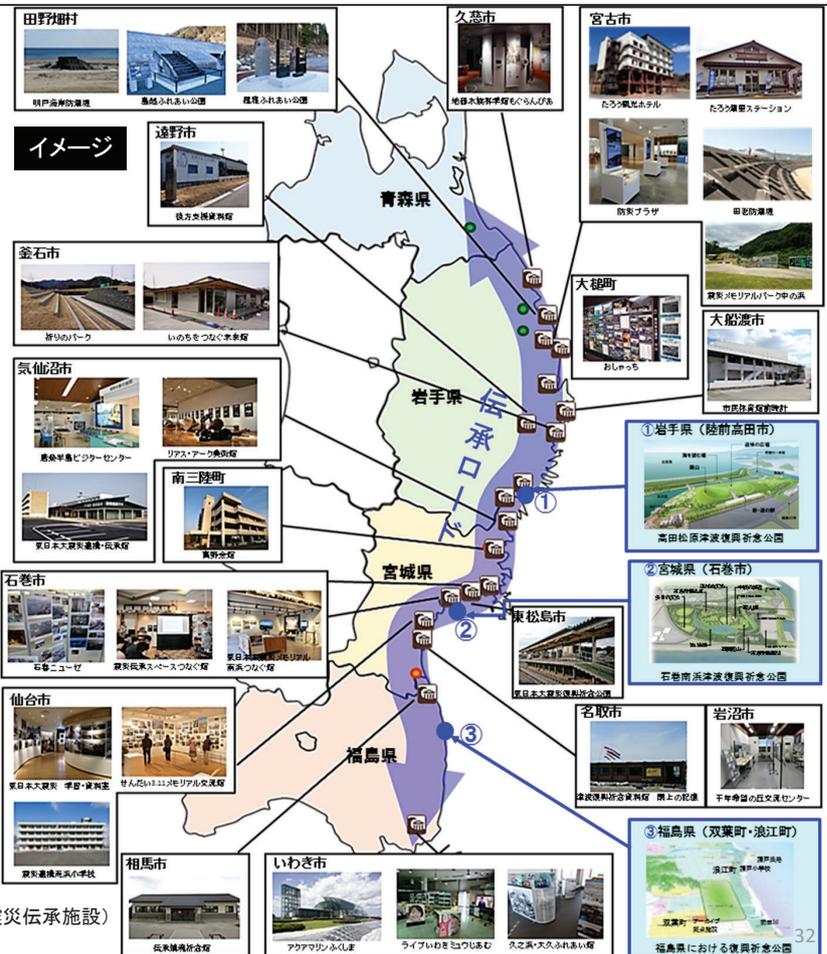
- ・防災専門家
- ・学術・研究機関
- ・修学・学習
- ・自治体関係者
- ・業界関係者
- ・一般の方 など

目標

- ①防災力の向上(教訓の伝承)
- ②地域の活性化(学びの対流)

震災伝承ネットワーク協議会(官)
→<http://www.thr.mlit.go.jp/sinsaidensyou/>

3.11伝承ロード推進機構(民)
→<http://www.311densho.or.jp/> (※主な震災伝承施設)

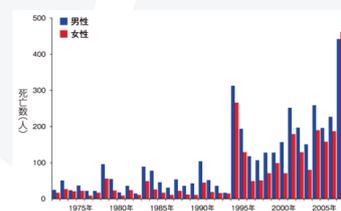


3月11日を「防災教育と災害伝承の日」に 令和3年2月13日

- 東日本大震災(2011年3月11日発生)から10年を迎えようとしています。大震災では2万人を超える尊い命が奪われ、人々に与えた衝撃は筆舌に尽くしがたく、10年たっても癒えるものではありません。
- 東日本大震災を契機として、**防災教育と過去の災害から得られた教訓の伝承**の重要性が確認されました。
- その後の**災害対策基本法の改正**で、この二つの言葉が初めて書き込まれ、**学習指導要領**でも防災教育の内容がさらに充実したものとなりました。
- 自然災害が多発する我が国においては、**これらのテーマを国民全体のものとして受け止め**、東日本大震災だけに留まらず、各地の取り組みを共有し、防災教育と災害伝承の活動を一層強化することが求められています。

東日本大震災から10年間が経過

繰り返される自然災害



近年の主な自然災害

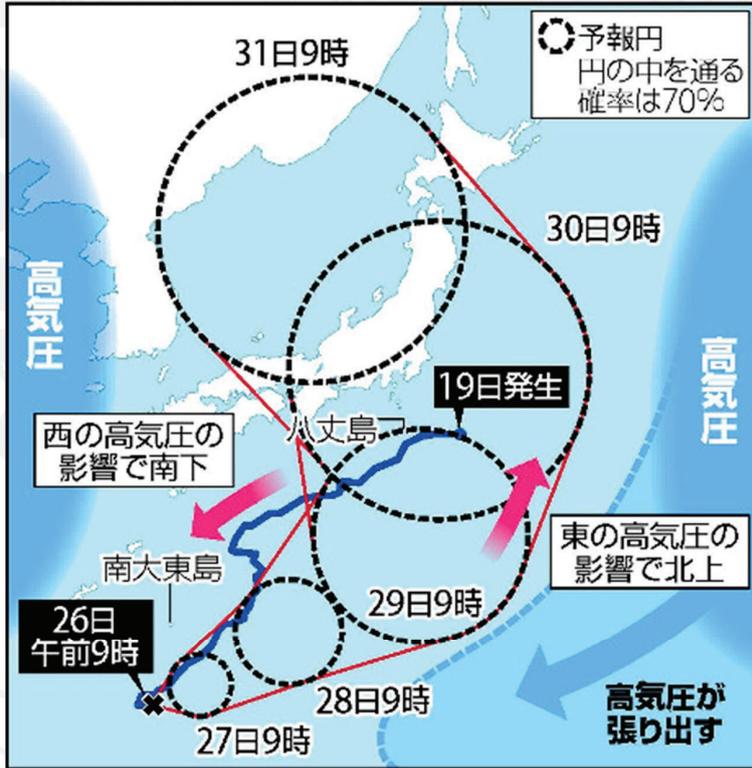
- 2014年8月 広島豪雨・土砂災害
- 2014年9月 御嶽山噴火
- 2015年5月 口永良部島噴火
- 2015年9月 関東・東北豪雨
- 2016年4月 熊本地震(Mj7.3)
- 2016年8月 平成28年度台風10号
- 2016年10月 鳥取県中部地震(M6.6)
- 2016年11月 福島沖地震・津波(M7.4)
- 2017年7月 九州北部豪雨
- 2018年6月 大阪北部地震(Mj6.1)
- 2018年7-9月 西日本豪雨, 高潮・台風
- 2018年9月 北海道胆振東部地震(Mj6.7)
- 2019年6月 山形県沖・新潟県沖地震
- 2019年10月 台風15号, 19号による暴風雨
- 2020年7月 九州豪雨(令和2年7月豪雨)
- 2021年2, 3, 5月 東北地方での連続余震
- 2021年7月 熱海市土砂災害

近年の主な自然災害の空間分布

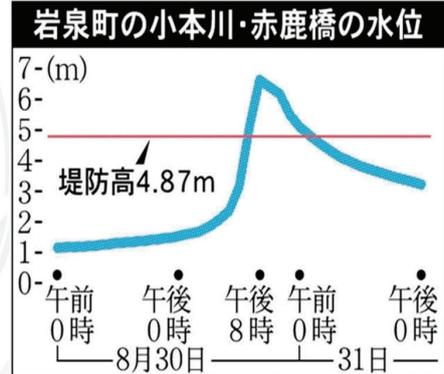


<https://4.bp.blogspot.com/-3ci05PUfGdQ/V7QBW6R7fzI/AAAAAAAAADy4/A6r6Amk2rHMg3W691n1chyO09222PuQ4wQCLcB/s1600/23907f1727637c2c23a87eb18f3fd4eb.jpg>

台風10号の経路と予想進路 (26日午前9時現在)



2016年台風10号の概要



朝日新聞(2016)より

一方で、熱中症による犠牲者増加
そして、現在、新型(COVID-19)感染症の拡大

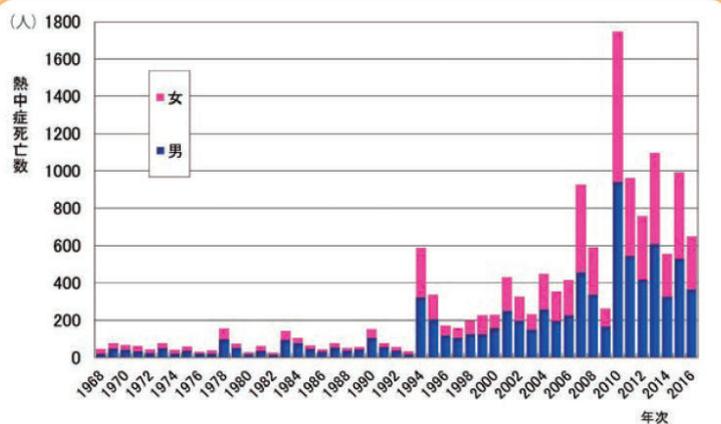


図1-9 年次別男女別熱中症死亡数 (1968年~2016年)

(提供: 京都女子大学 中井誠一氏)

「熱及び光線の作用」(T67)による死亡数を集計

(注) 国内における死亡分類の方法が1995年以降変更となっている点に注意が必要

https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/manual/heatillness_manual_1-3.pdf?fbclid=IwAR12Z7Lt0JicX3aSnYYT-V5kQ1HMBA72r_-ZvOwJUg4ZfNXnQfLhMe2xakQ

様々なリスクがある中 どのように対応したら良いのか？

- ✓ 連携し今の対応・対策を強化すること！
- ✓ 社会のシステム(考え方, 生活様式)を変えること！

レジリエンスとは？世界標準の中で

- 組織が生存し繁栄するために、徐々に起こる環境の変化や突然の危機等を予期し、**備え、対応し、適応する能力**。
 - BSI Group「BS 65000 Guidance for Organizational Resilience」英国規格協会
- 複雑かつ変化する環境下での**組織の適応**できる能力。中断・阻害を引き起こす**リスクを運用管理**する組織の力である。
 - ISO22300 社会セキュリティ

産官学共創の取組開始

産官学共創プロジェクトを開始

2017年11月、防災に強い持続的なまちづくりへの貢献を目指し発足しました



産官学共創プロジェクト KAIZEN PROJECT

KAwasaki Improvement model for regionally customiZed disastEr mitigationN



スマホアプリなどの、ICT活用による津波被害軽減に向けた共同プロジェクト



東北大学
災害科学国際研究所
今村文彦所長



東北大学
地震研究所
古村孝志教授



川崎市
総務企画局
危機管理室



富士通
富士通研究所

川崎から世界へ

四者それぞれの防災技術などを活用し、連携・協力して進めます

川崎市（東京湾）で懸念 される地震・津波

① 南海トラフ地震
(最大震度5強、
津波高3.7m)

② 相模トラフ地震
(最大震度7、
津波高2.9m)

2011年東北地方
太平洋沖地震

- ・1923年大正関東地震 (M8.0)
- ・1703年元禄関東地震 (M8.2)

- ・1944年 東南海地震 (M7.9)
- ・1946年 南海地震 (M8.0)
- ・1854年 安政地震 (M8.0)
- ・1707年 宝永地震 (M8.7)

避難を後押しするスマホアプリ

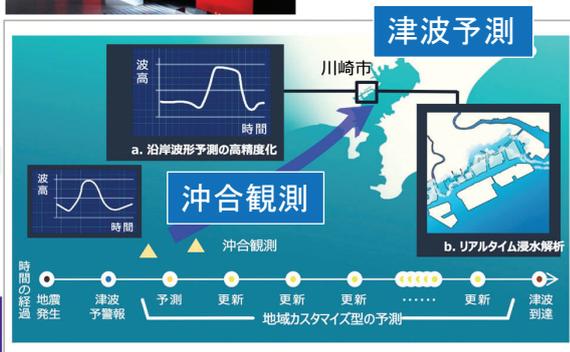
①川崎市役所からの情報

④避難完了人数の情報

スパコンによる津波計算



②現在地の浸水可能性を判定するAI



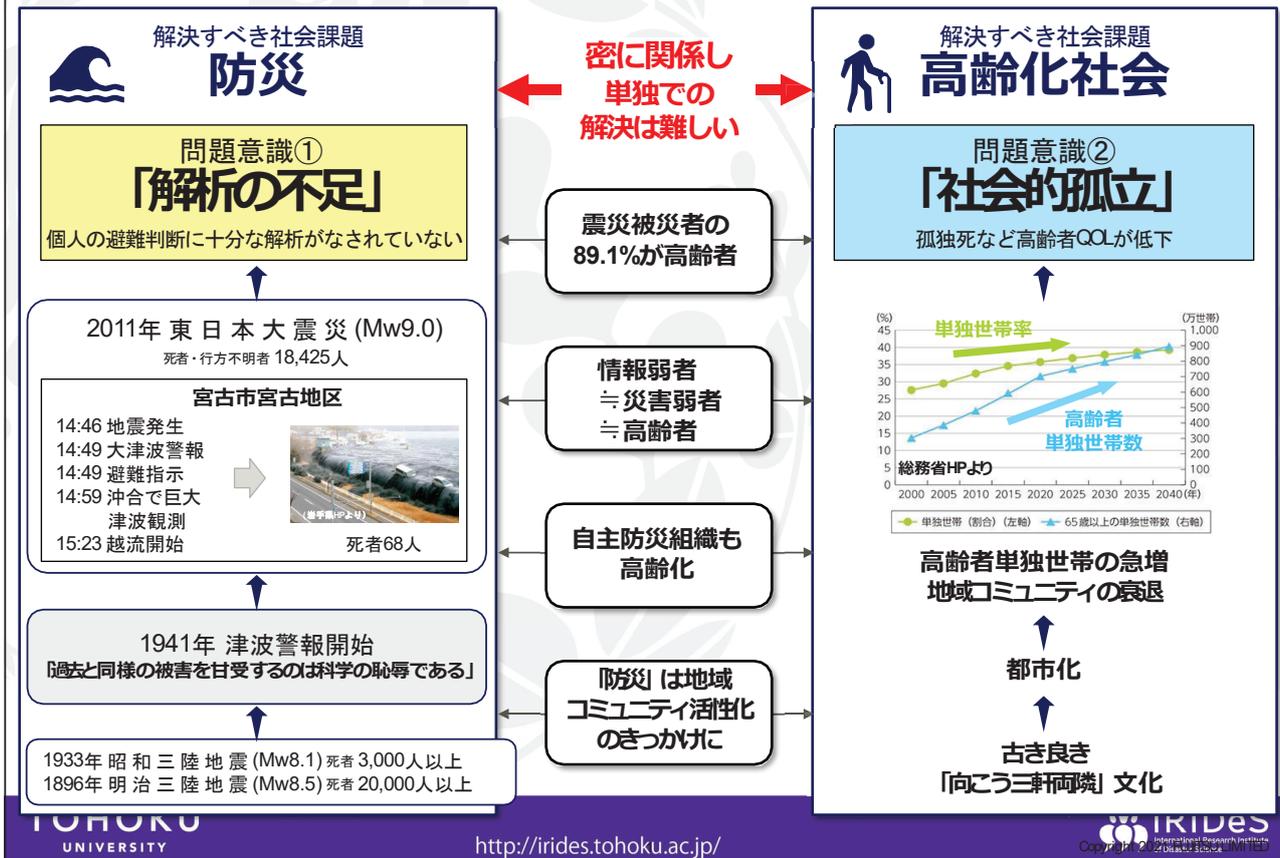
③避難経路での避難者からの情報

tohoku.ac.jp/

IRIDeS
International Research Institute
of Disaster Science

- JST未来社会創造事業「顕在化する社会課題の解決」領域
令和3年度「探索加速型」研究開発提案
 - 「顕在化する社会課題の解決」領域(運営統括:高橋 桂子)
 - 持続可能な環境・自然資本を実現し活用する新たな循環社会システムの構築
- <https://www.jst.go.jp/pr/info/info1524/index.html>
- **デジタル防災コミュニティの市民参加型研究**
- **大石裕介(富士通株式会社研究本部人工知能研究所)**
 - 東北大学災害科学国際研究所
 - 東京大学地震研究所
 - 川崎市総務企画局危機管理室
 - 富士通株式会社, 富士通Japan株式会社
- 産官学共創

密接に関わり合う2つの社会課題: 防災と高齢化

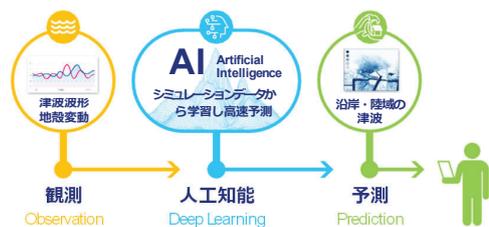


「スポンデータ工場」実現に向けた本提案の計画

ここで何か起きるか

津波予測AIの実用化可能性の探索

- データ生成** 予測の汎化性能を確保する**データ生成手法**
- 観測データ** 津波波形と地殻変動を組合せた**マルチモーダル予測**
- 予測対象** **全国規模**の津波予測
- 予測信頼度** 予測の**信頼度・精度の評価手法**
- 配信** 気象庁警報と整合した**情報配信手段**の検討



動くべきか

最適避難行動推奨AIの実現性探索

- 避難行動算出** リアルタイム情報と個人の特性（年齢等）を考慮し、**適切な避難行動を算出**
- 伝達** **適切な伝達方法**を市民参加型で検討

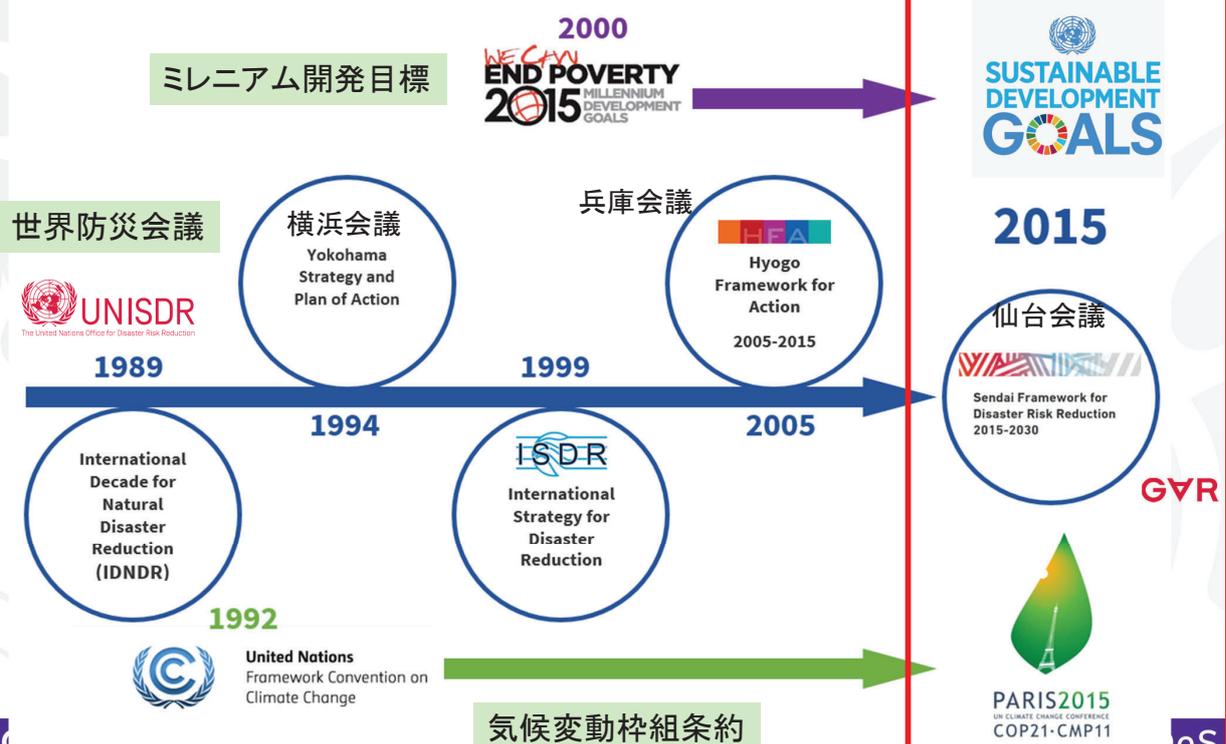


気象災害への展開

✓ 土砂災害、洪水、集中豪雨等、気候変動で激甚化する気象災害への適用

国際社会への貢献に向けて

2015年国連会議を巡る世界的な動き



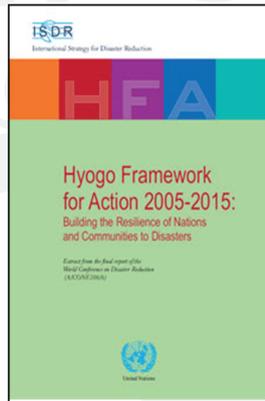
兵庫行動枠組から仙台防災枠組へHFA to SFDRR



Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World

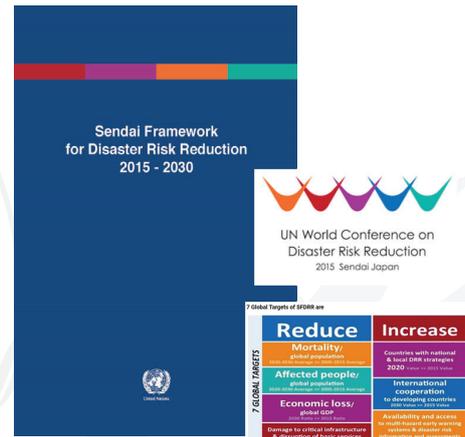
(May 1994 @ 1st WCDR)

横浜戦略
防災について世界で
関心を高めましょう



(Jan. 2005 @ 2nd WCDR in Kobe)

兵庫行動枠組防災・減災への行動を始めましょう



(Mar. 2015 @ 3rd WCDR in Sendai)

仙台防災枠組
防災・減災へ具体的な活動計画・実施へ、減災目標と指標



	Reduce	Increase
7 GLOBAL TARGETS	Mortality/ global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	Countries with national & local DRR strategies 2020 Value >> 2015 Value
	Affected people/ global population 2020-2030 Average << 2005-2015 Average	International cooperation to developing countries 2030 Value >> 2015 Value
	Economic loss/ global GDP 2030 Ratio << 2015 Ratio	Availability and access to multi-hazard early warning systems & disaster risk information and assessments 2030 Values >> 2015 Values
	Damage to critical infrastructure & disruption of basic services 2030 Values << 2015 Values	

世界津波の日, World Tsunami Awareness Day



- 安倍晋三首相が, 2015年9月国連総会で提案
 - Japan in bid for U.N. designation of Nov. 5 as World Tsunami Day
- 日本政府が呼びかけ, 第3回国連防災世界会議のアウトプットとして, 2015年12月で全会一致で決議
 - The World Tsunami Day proposal materialized after the third U.N. World Conference on Disaster Reduction in Sendai in March.
- 安政南海での逸話(いなむらの日)を教訓に
 - The day was chosen in honor of a villager, Mr. Hamaguchi, in the region currently known as Wakayama Prefecture who saved the lives of many by evacuating them in anticipation of a massive tsunami spurred by the Ansei Nankai earthquake of Nov. 5, 1854.旧暦

稲むらの火; 人命救助とレジリエンス社会構築

<http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/000200/nagomi/web/nagomi01/tour.html>

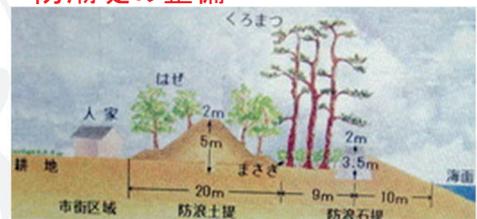


人命救助, 火災の掟

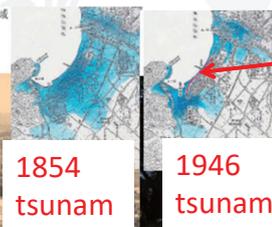
古田庄右衛門「安政聞録」より(養源寺蔵)

安政南海地震津波の浸水域

防潮堤の整備



防潮堤Sea walls



1854 tsunam

1946 tsunam



広川町の海岸



史跡広村堤防



津波祭りの開催

英国少女;ビーチの人々を救う, 教育の重要性

2004年スマトラ地震・インド洋津波での事例

- <https://www.youtube.com/watch?v=V0s2i7Cc7wA>
- Tilly Smithさんは, 当時11才, 家族と一緒にタイのプーケットに滞在
- 彼女は, 突然目の前で海が引いてるのを見て, 津波だと認識
- 両親に伝え, 周辺の方にも声をかけ, 100名以上の命を救った.
- **なぜ, 彼女だけが津波を認識出来たのでしょうか?**
- 数週間前に, 英国の学校で地震や津波の勉強をしたところでした.
- 知識が, 目の前に災害を理解さえ, 多くの命を救った



3月11日を防災教育と災害伝承の日に

- 東日本大震災を契機として、防災教育と過去の災害から得られた教訓の伝承の重要性が確認
- その後の災害対策基本法の改正で、この二つの言葉が初めて書き込まれ、学習指導要領でも防災教育の内容がさらに充実
- 自然災害が多発する我が国においては、これらのテーマを国民全体のものとして受け止め、東日本大震災だけに留まらず、各地の取り組みを共有し、防災教育と災害伝承の活動を一層強化
- 防災教育と災害伝承活動のさらなる実践を全国によびかけるもの
- **ご賛同を;** <https://www.bousai-edu.jp/info/saigai-denshou/>

時事通信 2021/2/13「防災教育と災害伝承の日」に 3月11日、大学教授ら提唱
<https://www.jiji.com/jc/article?k=2021021300467&g=eqa>



東日本大震災の教訓

- 我々は備え以上のことはできません.
- 危機管理と対応計画は、最悪のシナリオに基づいている必要があります.
- 事前防災(取組)は確実に被害を軽減できますが、ゼロにはできません=>
- 不確実な状況下での判断と対応が必要です.
=> **そのためにはレジリエント社会(回復力)構築が必要**
- 皆さんと思いを伴に、そして思いを行動に