

これからの防災・減災 ー 建築からの視点とSIP防災の取り組み

2016年8月31日

京都大学防災研究所
教授 中島 正愛

日本建築学会

一般社団法人日本建築学会は、会員相互の協力によって、建築に関する学術・技術・芸術の進歩発達をはかることを目的とする学術団体です。1886年(明治19年)に創立されて以来今日にいたるまで、わが国建築界においてつねに主導的な役割をはたしてきました。現在、会員は3万5千名余にのぼり、会員の所属は研究教育機関、総合建設業、設計事務所をはじめ、官公庁、公社公団、建築材料・機器メーカー、コンサルタント、学生など多岐にわたっています。

会長 中島 正愛
副会長 田辺 新一、栗山 茂樹、緑川 光正、松村 秀一、
野原 文男
専務理事 真木 康守



発表の構成

Long Past	1995年阪神・淡路大震災
Immediate Past	2011年東北大震災
Investment 1	Eーディフェンス
Investment 2	レジリエントな防災・減災機能の強化(内閣府総合科学技術・イノベーション会議)

兵庫県南部地震における建物被害の特徴

木造住宅の被害



1層の崩壊



1層の崩壊



鉄筋コンクリート(RC)造りの被害



中間層崩壊



中間層崩壊



壁の破壊



柱のせん断破壊

古い鉄骨造の被害



1層の崩壊



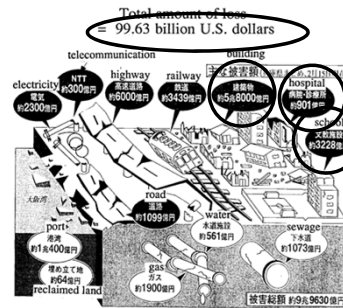
大きな変形



腐食の進行

1995年兵庫県南部地震における人的・物的被害

Property Loss
(provided by Hyogo Pref. on Feb.15, 1995)



死者の95%が建物被害に依存

総物的被害の70%が建築被害

顕著な被害レベルの違い

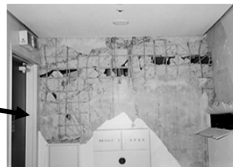


継続使用

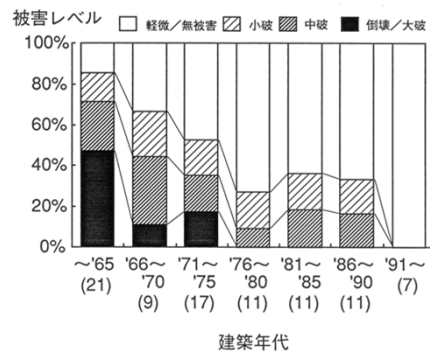
3層崩壊

After 1981

Before 1981



壁の損傷



被害地震に学ぶ耐震工学

耐震工学は古来「被害地震に学ぶ」ことから、その技術を発展させてきた。

1964年新潟



液状化

1968年十勝沖



RC柱のせん断破壊

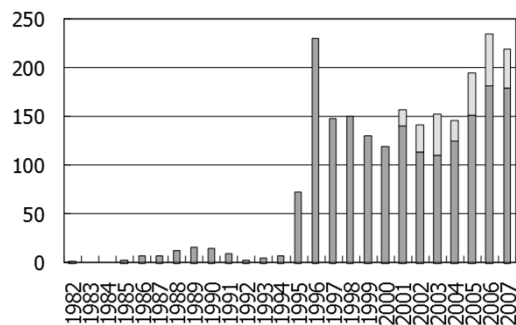
1995年兵庫県南部



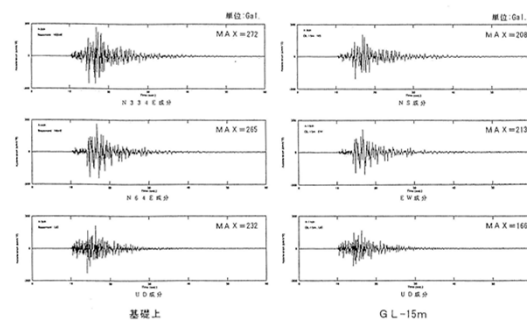
耐震補強

免震建物・制振建物への認知と激増

わが国における免震建物の建設状況 (日本免震構造協会提供)



松村組技術研究所における記録

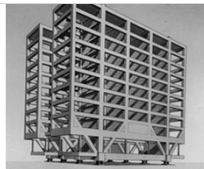


耐震技術革新への道

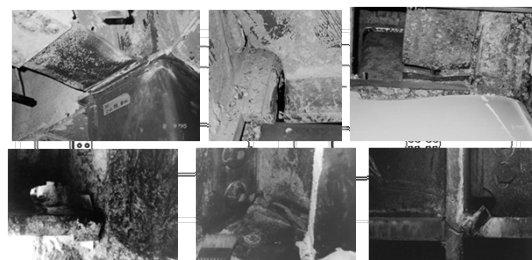
- (1) 同等なコストでより高い安全性が得られる確証があるまでのためらい
- (2) 継続的な広報活動
- (3) タイミング (In the right place at the right time)

条件:

確固たる技術の存在
人的物的資源の確保
(装置、製造、流通)
被害地震

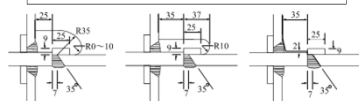


鋼構造における柱梁接合部の損傷・破断 —米国ノースリッジ地震と同様の損傷露見—

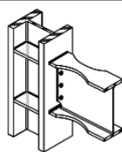


溶接接合部：日米の違い

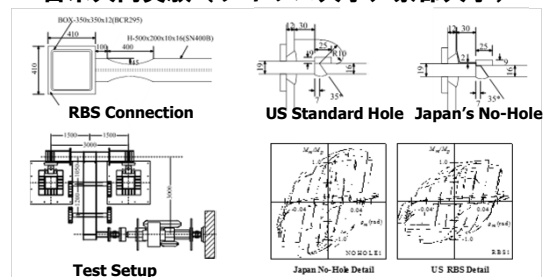
● 改良スラップ



■ カバープレート、ハンチ、RBS



溶接接合部の耐震性能 —日米共同実験 (テキサス大学、京都大学) —



Publication: Suita, K., Tamura, T., Morita, S., Nakashima, M., and Engelhardt, M. D., "Plastic Rotation Capacity of Steel Beam-to-Column Connections Using a Reduced Beam Section and No Weld Access Hole Design," Journal of Structural and Construction Engineering, Architectural Institute of Japan, No.526, December 1999, pp.177-184.

接合部の設計と施工

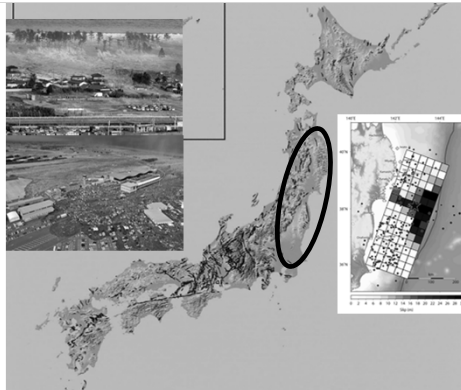
<不可避な取り組みの違い>

- 被害の様相は類似していても、工学（Engineering）においてその解決策は複数である。
- 慣れ親しんできた設計・施工を踏襲（最小限の修正）したい。



東北地方太平洋沖地震における建物被害の概要

東日本大震災(2011年3月11日)



仙台など中核都市の被害



2階建てRC建物の1層崩壊



地震直後の仙台中心部



RC柱のせん断破壊



地すべりによる住宅被害



非構造部材の被害



仙台中心部に建つ高層建物の揺れ



揺れの特徴:

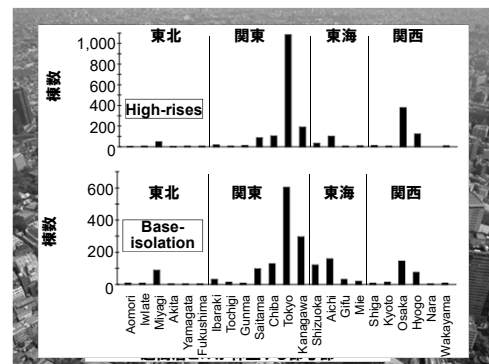
- ・ 震度7の揺れ
- ・ 立ってられないほどの揺れ
- ・ 家具什器の散乱
- ・ 本棚からの本の脱落
- ・ 人命損傷は皆無
- ・ 居住者は整然と階段から脱出
- ・ 駐車場の車の移動
- ・ 建物が折れるのではないかと思うほどの揺れ(外部から)

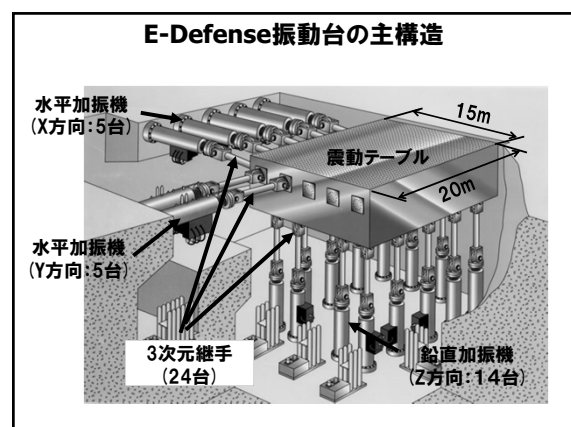
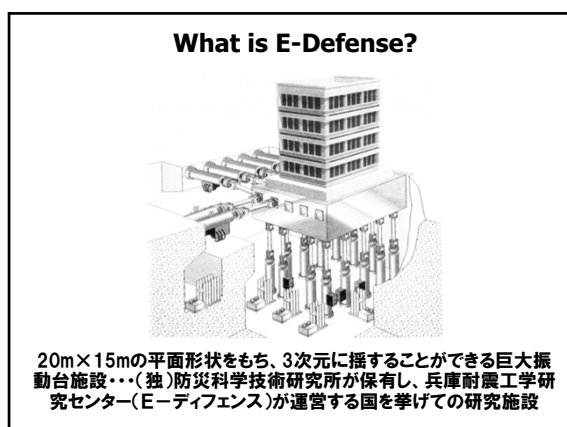
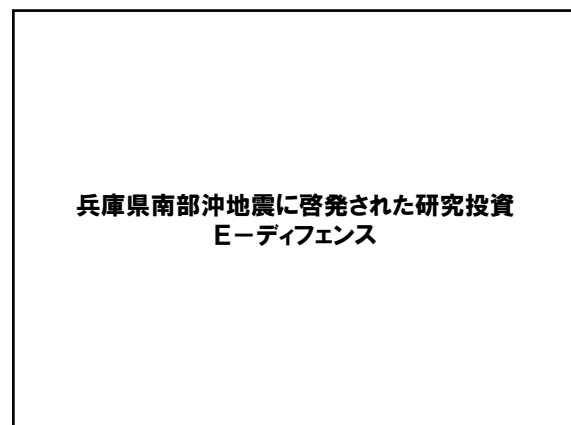
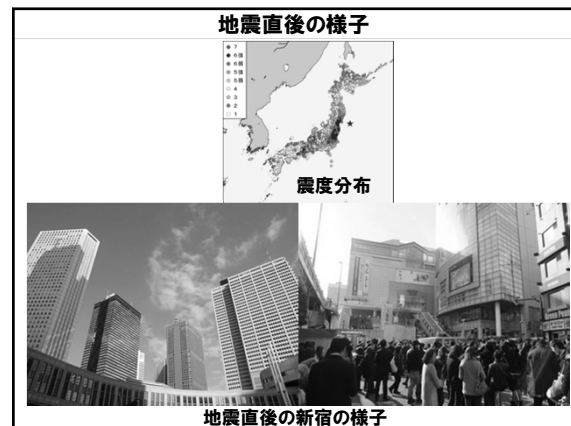
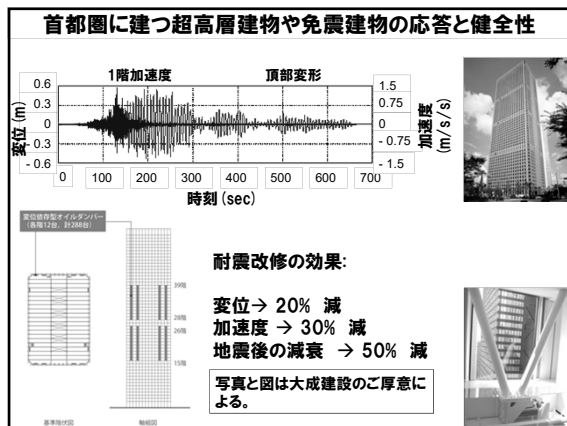
建設年: 1998

構造形式: 制振ダンパー付き鉄骨鉄筋コンクリート造

高さ: 145 m (31階)

首都圏に建つ超高層建物や免震建物の応答と健全性





E-ディフェンス実験の変遷

初期:破壊・崩壊の再現



中期:機能の保持



最近:レジリエンス(崩壊余裕度、モニタリング)

木造住宅実験

京町屋実験
2005年11月7～11日
(一般公開:250人来場)

[Test click here](#)

木造補強住宅実験
2005年11月21～24日
(一般公開:700人来場)

[Test click here](#)



Complete Collapse Test of Four-Story Steel Moment Frame

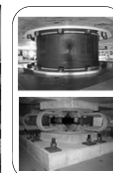


E-Defense Steel Collapse

既存実大医療施設の振動台実験



鉄筋コンクリート造
4階建て



免震構造



耐震構造

医療施設配置・・・その2

機器稼働、通信
状態で加振



CT
(撮影室)



サーバラック
(情報通信室)



人工透析器
(人工透析室)



医療棚、混注デスク
(スタッフ室)



手術機器
(手術室)



給排水、消防設備
(ライフライン)

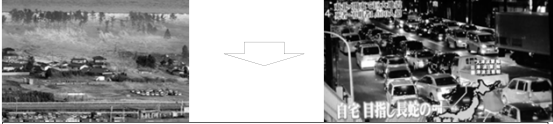
都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化
プロジェクト(文部科学省)

都市の機能維持・回復のための調査研究

耐震工学におけるこれからの研究課題

東日本大震災からの教訓—地震防災、とりわけ耐震工学、に突きつけられた新たな課題:

- (1) 想定を超す地震に対する対処
- (2) 事業や生活の継続と速やかな回復

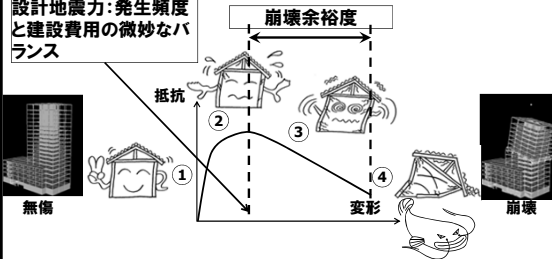


教訓に照らし合わせて耐震工学が取り組むべき研究:

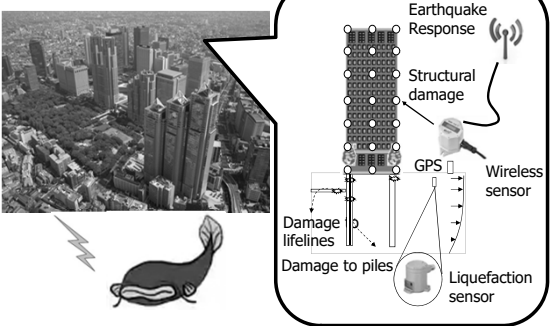
- (A) 高層ビル等都市の基盤をなす施設が完全に崩壊するまでの余裕度の定量化
- (B) これら施設の地震直後の健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築

完全に崩壊するまでの余裕度の定量化

設計地震力:発生頻度と建設費用の微妙なバランス



健全度を即時に評価し損傷を同定する仕組みの構築



研究体制

研究監視委員会

鎌川光正(北大), 西山京(阪大), 北村孝幸(東大), 梶谷孝典(東大), 西谷剛(京大), 横田伸夫(名大), 中井正一(千葉大), 原川三郎(東工大), 金指通孝(JSCE), 伊藤康(JSCE), 杉山義孝(建設協)

研究本部

- ・京都大学・防災研究所 (中島正俊、研究代表)
- ・(独)防災科学技術研究所 (防災科技研)・兵庫耐震工学研究センター (梶原浩一、研究副代表)
- ・(株)小堀謙二研究所 (小堀紀英、全体幹事)

研究チーム

①-1:S造高層余裕度
責任機関: 福島(岩崎光義、項目代表)
協力機関: 清水建設、小堀研、京都大学(牧田博一郎、部会主席)、防災科技研

①-2:RC造余裕度
責任機関: 大林組(藤原英雄、項目代表)
協力機関: 清水建設、京都大学(西山博広、部会主席)、防災科技研

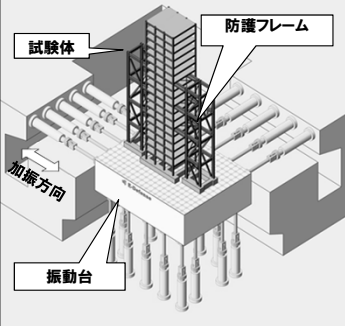
②-1:モニタリング上部
責任機関: 清水建設(斎藤知生、項目代表)
協力機関: 福島、大村組、名古屋大学(南沢潤、部会主席)、京都大学、防災科技研

②-2:モニタリング地盤
責任機関: 大成建設(藤井俊二、項目代表)
協力機関: 小堀研、京都大学(田村修次、部会主席)、防災科技研

②-3:モニタリング連続システム
責任機関: 小堀研(岡野創、項目代表)
協力機関: 京都大学、清水建設、大成建設、竹中工務店、横浜国立大学(橋本浩一、部会主席)、防災科技研

③:MeSO-net観測
責任機関: 竹中工務店(小林嘉久二、項目代表)
協力機関: 東京大学地震研究所(西井慎一、部会主席)、京都大学、防災科技研

18層鉄骨造崩壊試験(2013年12月)



■振動台
Eーディフェンス利用

■試験体
Eーディフェンスの高さ制限(約27m)を考慮高さ25m以上に設定

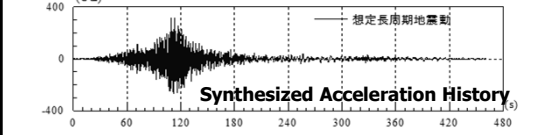
■防護フレーム
試験体の完全崩壊を安全に保護するとともに試験体設置時の受け台に活用

■地震入力
1方向入力

加振方向

振動台

模擬地震動時刻歴と振幅調整



・振幅の設定

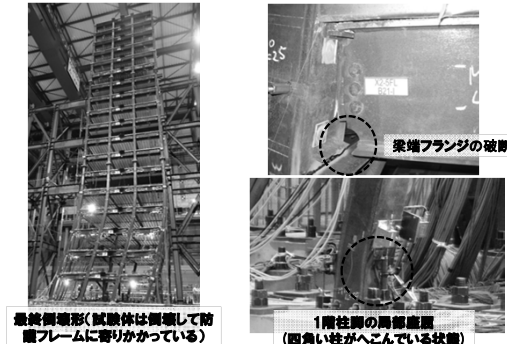
Amplitude	Baseline
Average (110cm/s)	baseline
Large (180cm/s)	1.64 times
Very Large I (220cm/s)	2 times
Very Large II (250cm/s)	2.27 times
Very Large III (300cm/s)	2.73 times
Very Large IV (340cm/s)	3.1 times (at the table capacity)

・Contracted to $1/\sqrt{3}$ with respect to time domain

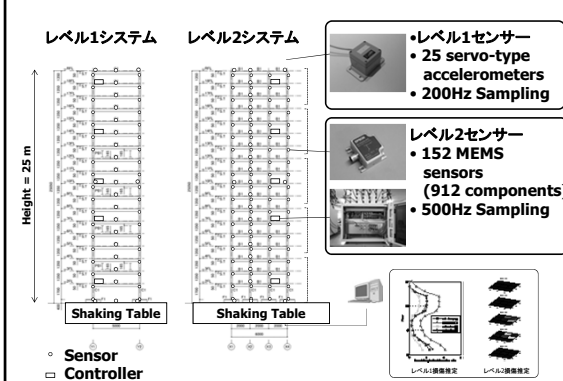
全体挙動・最終倒壊 (pSv=420cm/s_3)



最終倒壊後の骨組および部材の状況



モニタリングと健全度評価のための実験



戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 研究開発計画



レジリエントな防災・減災機能の強化 リアルタイムな災害情報の共有と利活用

内閣府 プログラムディレクター
中島 正愛

内閣府
Cabinet Office, Government of Japan

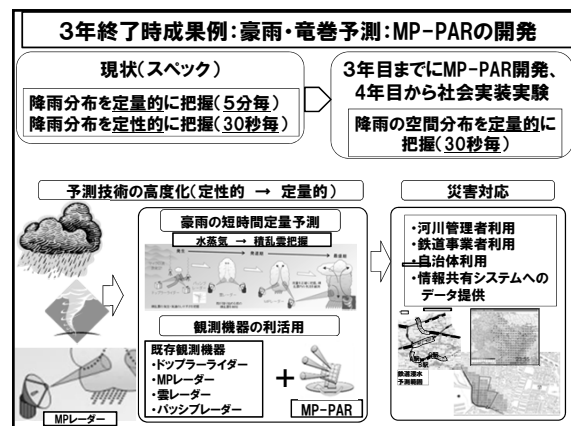
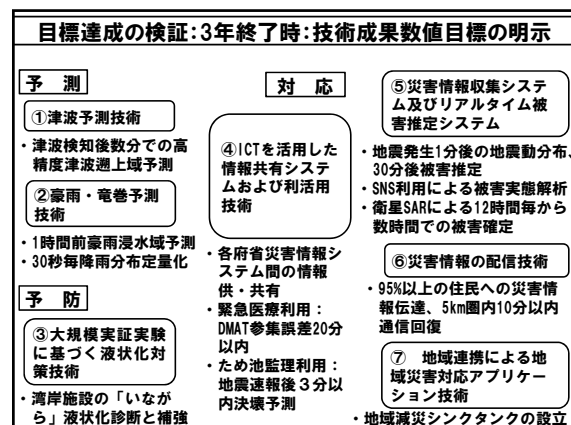
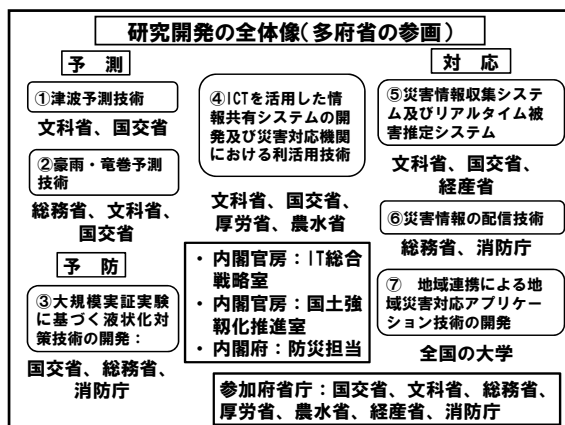
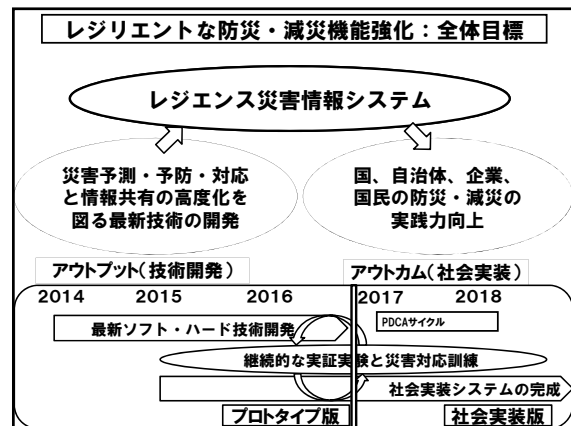
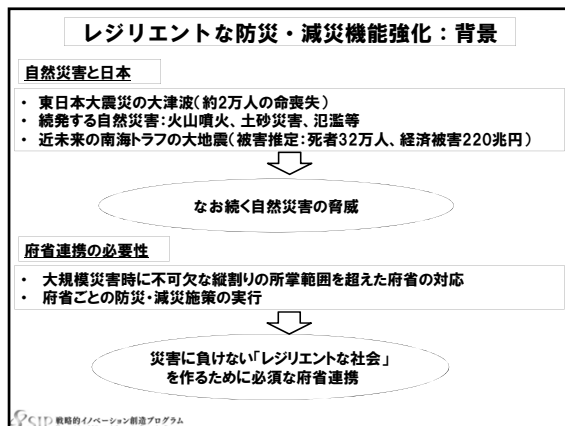
総合科学技術会議の司令塔機能強化

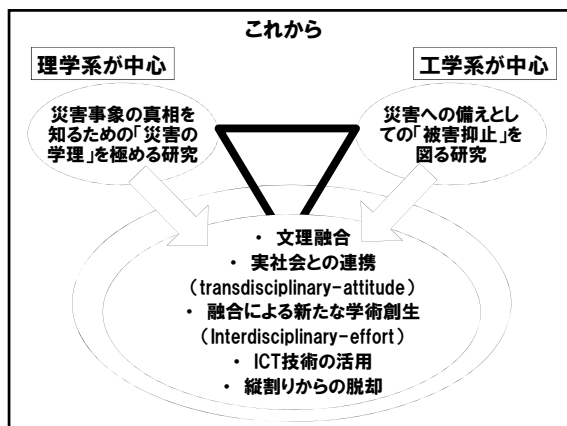
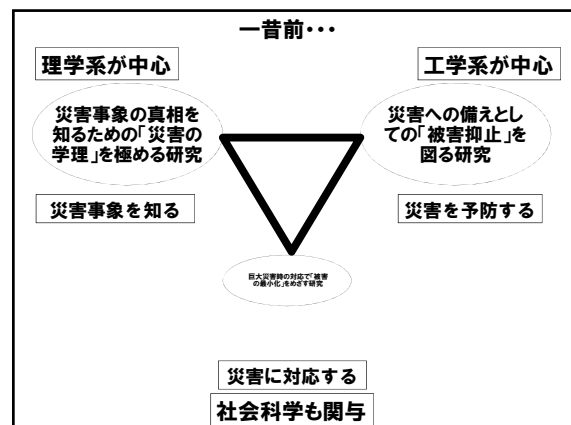
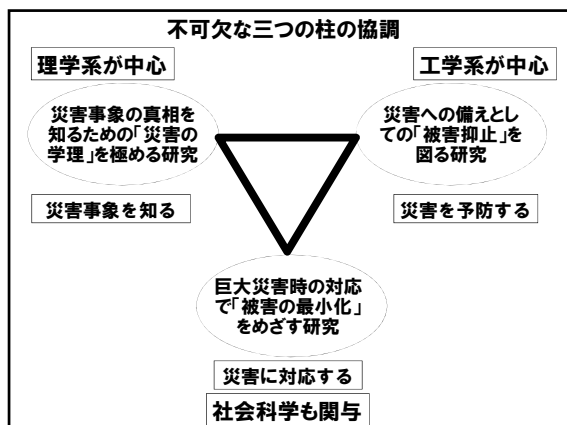
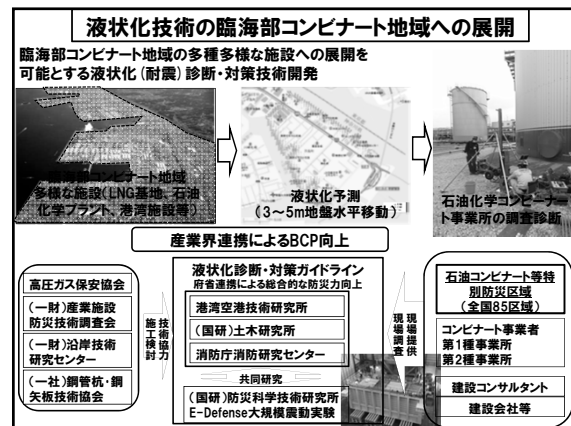
総合科学技術会議の司令塔機能強化の3本の矢

- 1. 政府全体の科学技術関係予算の戦略的策定**
進化した「科学技術重要施策アクションプラン」等により、各府省の概算要求の検討段階から総合科学技術会議が主導、政府全体の予算の重点配分等をリードしていく新たなメカニズムを導入。(大臣が主催し、関係府省局長級で構成する「科学技術イノベーション予算戦略会議」を4回開催)
- 2. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)**
総合科学技術会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分して、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見通え、規制・制度改革を含めた取組を推進。
科学技術イノベーション創造推進費: (H26当初予算) 500億円 (新規)
- 3. 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)**
実現すれば産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的な科学技術イノベーションの創出を目指し、ハイリスク・ハイインパクトな挑戦的研究開発を推進。(H25補正予算) 550億円 (予算計上は文科省)

3. 対象課題候補とPD(政策参与)







本発表の内容は、数多くの機関の方々との共同調査研究等に依っています。関係各位に心から感謝申し上げます。

防災・減災の強化によるわが国の持続的発展に微力を尽くしたいと思います。継続的なご支援をお願いする次第です。