震災・水災・土砂災害等の複合災害と レジリエントな建築・まちづくり ー耐複合災害建築への取り組みー

日本学術会議公開シンポジウム
第13回防災学術連携シンポジウム
自然災害を取り巻く環境はどう変化してきたか
2022年5月9日（オンライン開催）

日本建築学会
久田嘉章（工学院大学・建築学部）

概要

- **自然災害・社会環境の変化と建築の対応**

  建築分野では耐震・耐火・耐風・耐雪が主対象

  市街化と地球温暖化と風災害（総合治水・流域治水）

  少子高齢化・人口減、財政赤字、持続可能・コンパクト化

- **マルチハザード対応と耐複合災害建築への取り組み**

  耐震・耐火・耐風・耐雪＋耐水・耐土砂・耐火山噴火など

⇒マルチハザードに対応する耐複合災害建築の必要性

日本建築学会の取組の紹介・展望

自然災害と建築対策（耐震・耐火・耐風・耐雪）

〇耐震・耐火：1923年関東大震災：強震動と都市火災
- **1995年阪神淡路大震災**：活断層帯地震と強震動、旧基準建築の診断・改修⇒2000年耐震基準・品確法（2016年熊本地震で成果）
- **2011年東日本大震災**：津波、長周期地震動、液状化、複合災害・巨大都市、想定外の地震災害（最大級被害想定の必要性）

〇耐風・耐雪：地域特性、多段階ハザード（L1・L2）の考慮

⇒建築基準法・消防法・都市計画法、学協会指針・ガイドライン

1923年関東大震災
（地震動と都市火災）

1995年阪神・淡路大震災
（活断層帯地震動と老朽化建築）

2011年東日本大震災
（津波・原発・巨大都市）

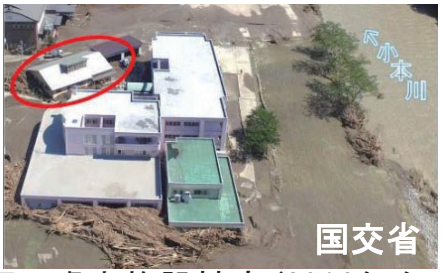
過去10年間の風水害・土砂災害と対応

主な風水害・土砂災害：（ ）内は死者・不明者数
- 2013年10月台風26号（伊豆大島土砂災害：43名）
- 2014年8月西日本豪雨（84名）
- 2015年9月関東・東北豪雨（20名）
- 2016年8月台風10号（北日本豪雨災害：29名）
- 2017年7月九州北部豪雨（42名）
- 2018年7月西日本豪雨（271名）
- 2019年9月房総半島台風（3名）、10月東日本台風（94名）
- 2020年7月九州豪雨（86名）
- 2021年7月熱海土砂災害（27名）、8月西日本豪雨（13名）

広島市土砂災害（2014年豪雨）

関連法規改正・ガイドライン整備（国土交通省など）
- 2013年**水防法及び河川法**の一部改正
- 2014年**土砂災害防止法**の改正、・2015年**水防法**の改正
- 2017年**水防法**及び**土砂災害防止法**の改正
- 2020年**建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン**
- 2021年**水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン**
- 2021年**水防法及び土砂災害防止法**の改正

⇒レッド・イエローゾーンの指定、ハザードマップ整備、要配慮者利用施設・地下街等の避難確保計画・訓練の義務化など



要配慮者施設被害（2016年台風）

超高層集合住宅の水災（2019年台風）

自然災害と社会環境の変化と水災害対策の動向

・総合治水から流域治水へ（主に河川洪水・内水氾濫）

⇒高度成長期の市街地・住宅地の拡大、地球温暖化と風水害増大、
計画規模浸水（再現期間100年）から想定最大規模（同1,000年）へ

流域治水の概念図

流域治水：気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域から氾濫域にわたる流域に関わる全ての関係者が協働して水災害対策を行う考え方

⇒河川洪水・内水氾濫？
⇒土砂災害（高地から）、高潮・津波（海から）は？

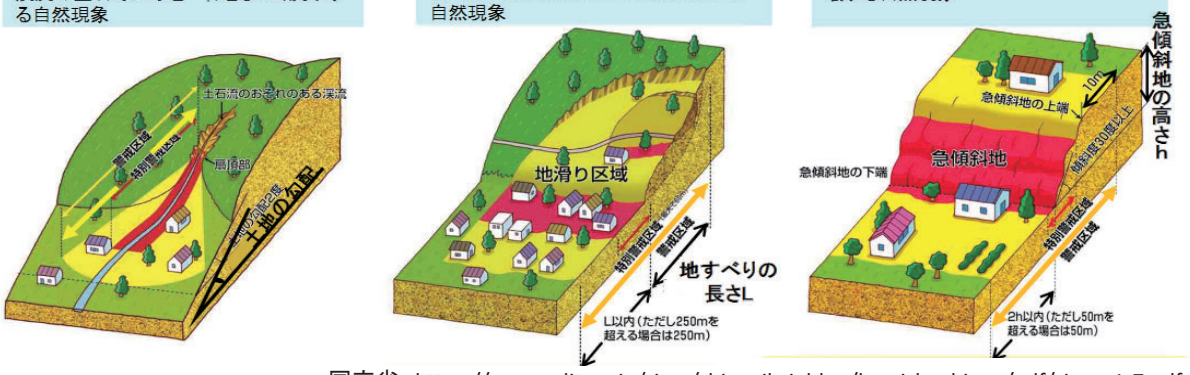
国土交通省河川局：https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf

土砂災害（土石流・地滑り・がけ崩れによる災害）

土石流
※山腹が崩壊して生じた土石等又は渓流の土石等が水と一体となって流下する自然現象

地滑り
※土地の一部が地下水等に起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象

急傾斜地の崩壊
※傾斜度が30°以上である土地が崩壊する自然現象



国交省　https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/koreisha_hinan/pdf/siryou1-7.pdf

土砂災害の特徴
・局所的（中山間地など）に発生
・直前の警報が殆ど出ない
・短時間・高速で到達（死者大）

・土砂災害特別警戒区域
（レッドゾーン：約55万か所）
⇒開発・建築規制あり

・土砂災害警戒区域
（イエローゾーン：約66万か所）
⇒規制なし、警戒避難体制

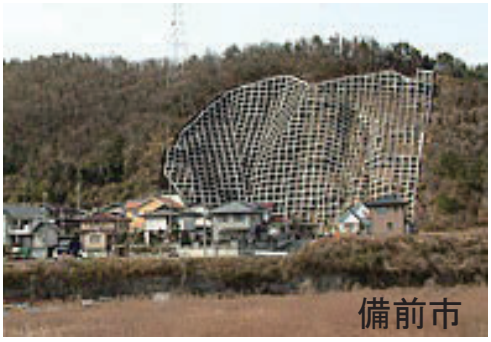
土砂災害危険箇所の整備状況（平成21年）

土砂災害の種類	整備率（平成21年度末）	内容
土石流危険渓流	約22%	人家５戸以上等の土石流危険渓流を対象に、砂防堰堤等が１基以上整備されている渓流の百分率
地すべり危険箇所	約23%	地すべりの危険箇所において整備が概成している箇所の百分率
急傾斜地崩壊危険箇所	約26%	人家５戸以上等の急傾斜地崩壊危険箇所のうちの他事業所管分を除いた要対策箇所数を対象として、概成している箇所に対する百分率

国交省https://www.mlit.go.jp/river/sabo/taisaku_syojoho/kikenkasyo_seibijokyo.pdf

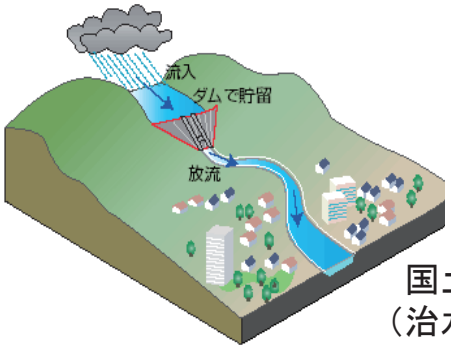
社会環境の変化（少子高齢化・人口減、低成長・赤字財政）
公共土木に依存した対策による持続可能性の限界

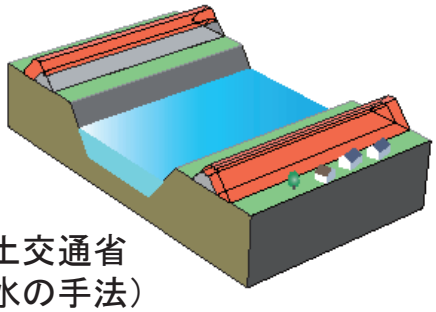
砂防えん堤（土石流）



法枠・法面工（崖崩れ・地すべり）

擁壁工（崖崩れ・地すべり）





国土交通省
（治水の手法）

ダム・堤防嵩上げ・河川掘削・築堤・引堤・遊水地など

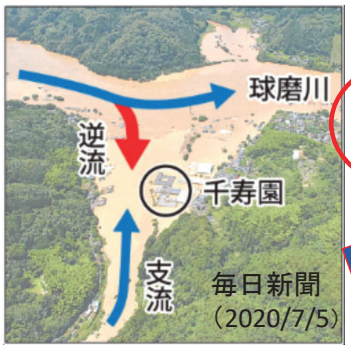
防潮堤（宮古市）

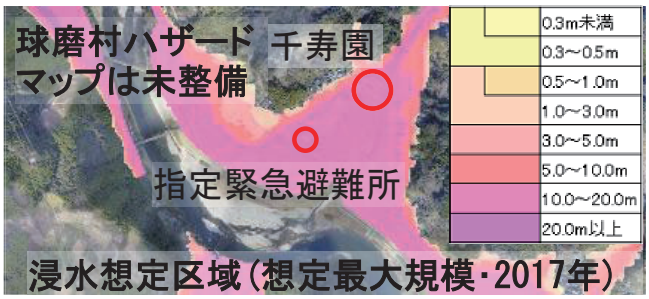
⇒ 国土利用のコンパクト化、複合災害への建築・まちづくり対策の推進

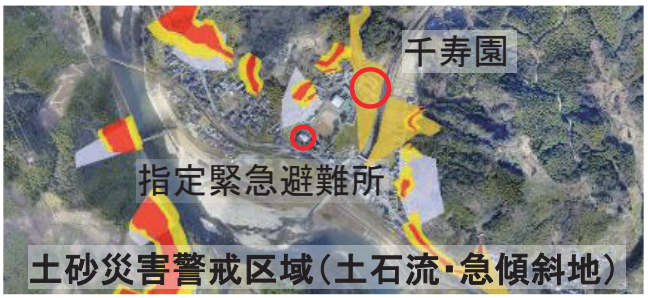
マルチハザード対策・耐複合災害建築の必要性
2020年熊本豪雨災害と特別養護老人ホーム「千寿園」の事例

- **施設**：本館2000年（2F）
  別館2014年（平屋）
- **線上降水帯・支流氾濫**

台風と異なり、事前に正確な豪雨発生の位置・規模・時間の予測困難







- **水防法・土砂災害防止法に基づく避難計画の策定と避難訓練は事前に実施**

浸水は最大規模ではなく、計画規模を想定。土砂災害を想定した避難計画・訓練は実施、南東側の平屋の別館建物へ避難（河川側）、浸水後に2階本館へ移送の試み（14名死亡）

「令和2年7月豪雨災害を踏まえた高齢者福祉施設の避難確保に関する検討会（厚生労働省・国交省）」

水害・複合災害に関する日本建築学会の取り組み

- **特別調査委員会による活動（シンポジウム・報告書・提言など）**

「気候変化による災害防止に関する特別調査委員会報告書(2016)」
「火山災害対策特別調査委員会・活動報告書(2018)」
「提言：激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題～戸建て住宅を中心として～(2020)」
「応急仮設住宅の環境設計と住まい方ガイドライン 一健康に暮らすための室内環境に関する提言(2021)」
「シンポジウム東日本大震災10 周年を機に頻発する複合災害を考える(2021)」

- **土木学会・日本建築学会の共同研究/覚書締結（2021）**

土木・建築合同TFの設置(2022～)⇒気候変動に伴うCO2削減・複合災害など

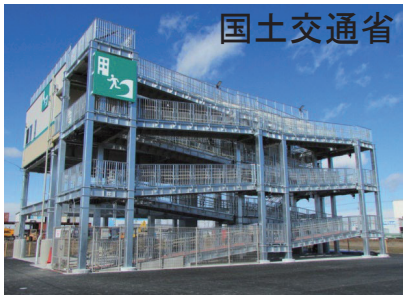
- **マルチハザードに対応可能な耐複合災害建築に関する検討WG（2021～）**
  特別研究委員会「マルチハザードに対応可能な耐複合災害建築に関する研究（2022～）」

⇒建築学会の構造・環境工学・建築計画と土木・地盤工学・火山噴火の研究者が分野横断して、耐複合災害建築の実現化するための体系的・継続的な基礎的な調査研究を推進

近年の様々な建築的な耐震・耐水対策

2015年関東・東北豪雨時の常総市庁舎の浸水被害

防水塀で囲われた電気設備

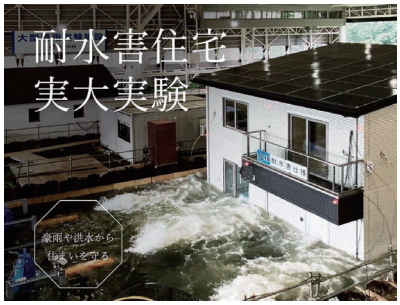


津波避難タワー・ビル

（建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン資料、国土交通省）

三次市民ホール きりり
(2018年西日本豪雨の洪水時の避難所として機能)

http://pc-watang.sblo.jp/article/183866573.html



耐水害住宅の実大実験
（一条工務店）

https://www.youtube.com/watch?v=resXK8CyUXw

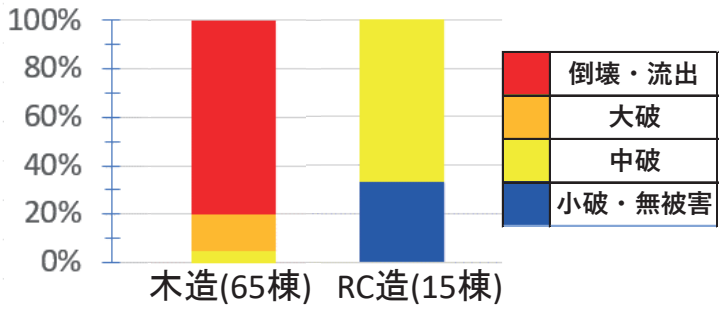
津波避難・免震ビル
（延岡新庁舎：山下設計）
中間層免震で津波荷重低減

https://www.yamashitasekkei.co.jp/

2021年7月熱海市土砂災害と建物被害調査（146棟）

・盛土崩壊で死者・行方不明者29名、家屋損壊128棟、被災地域はイエローゾーン
・市は前日に「高齢者等避難（レベル3）」を発令したが、**「避難指示（レベル4）」は出せず**
・AM7:30頃より**前兆現象あり**、AM:10:30頃（第１報）から**約2時間で海に到達**（by NHK）

RC造は全て残存、生存空間も確保・救出



土砂厚2m程度以上の建物の被害程度

耐震等級3相当の軽量S造（流失せず）

盛土とS造ピロティー建築（軽微な被害）

⇒盛土・高床・ピロティー・RC造の流入防止壁や躯体など建築的対策は可能

耐震対策が耐水・耐土砂・耐地盤変状に有効であった事例

2021熱海市に**土石流**に耐えたRC造建築（久田）

2011年福島県浜通り地震の**断層変位**に耐えた木造建物（久田）

1964年新潟地震の**液状化**で転倒したRC造建物（死者無し）

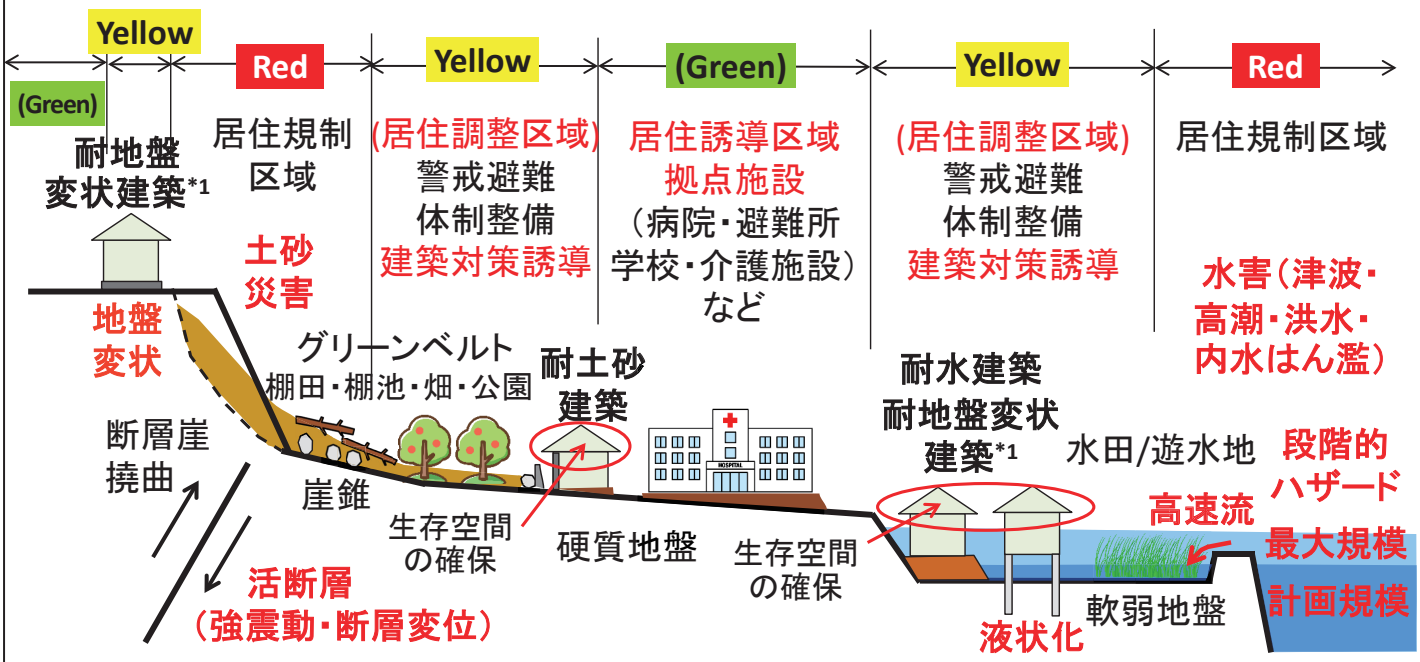
2011東日本大震災の**津波**に耐えた女川町のRC建物（久田）

1999年台湾集集地震の**断層変位**で傾斜と修復したRC建物（久田）

2011東日本大震災の**地すべり**に耐えた木造 住宅（釜井2019）

・**各種対策は矛盾する場合もあり**（例：盛土・高床、地下室、設備機器の設置階、避難階）
⇒ 耐震・耐火・耐風・耐雪＋耐水・耐土砂・耐地盤変状・耐噴火など耐複合災害建築

レッド・イエローゾーンと土地利用のイメージ
（少子高齢化・赤字財政下の持続可能な社会に向けて）



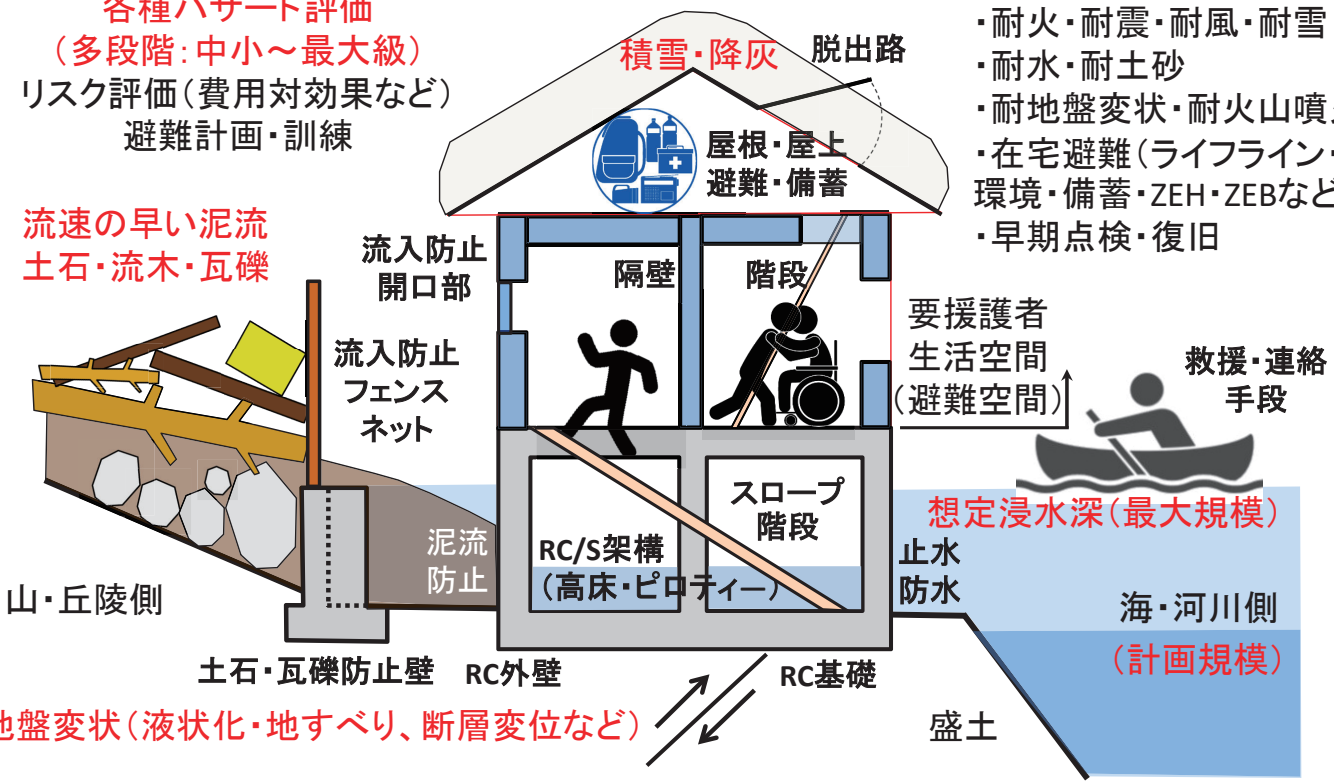
*1 **耐地盤変状建築**：地盤変状（液状化・地すべり・断層変位など）に対して、地盤改良等の変状防止策に加えて、建築物をRC基礎や耐力壁などで剛構造とし、設備配管にも変形追随性を持たせる、家具転倒防止等の室内の安全対策など、地盤傾斜・不同沈下などに対して修復可能とする建築

参考文献
・岩松 暉：シラス文化と防災（2000） https://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/oyo/culture.html
・水谷武司：東京は世界最悪の災害危険都市（東信堂、2018）
・久田嘉章：地表地震断層の断層変位による建物被害と対策（日本建築学会大会PD資料、2019）

地域ハザード特性に応じた耐複合災害建築物のイメージ
（各種有効な対策の組み合わせ）

各種ハザード評価
（多段階：中小～最大級）
リスク評価（費用対効果など）
避難計画・訓練

・マルチハザード評価
・耐火・耐震・耐風・耐雪
・耐水・耐土砂
・耐地盤変状・耐火山噴火
・在宅避難（ライフライン・環境・備蓄・ZEH・ZEBなど）
・早期点検・復旧



⇒今後、各種災害の被害調査・対策を整理、報告書にまとめ、継続的体系的な取組みへ