

大災害多発時代の防災減災に向けて 一環境地盤工学が目指すもの一

一般社団法人
環境地盤工学研究所
Research Institute for Environmental Geotechnics
URL: <http://rieg.jp/>

嘉門 雅史
京都大学 名誉教授
(一社) 環境地盤工学研究所 理事長

防災に関わる63の学協会から成る「防災学術連携体」の過去10年間の活動は、従来の学協会のセクト主義の呪縛を解きほぐし、相互連携協働の大きな波を創出した。

地球沸騰時代に、世界の環境対策は危機に瀕している

「地球沸騰時代」とは2023年7月に国連事務総長のグテーレス氏の発言から世界に広がったが、残念ながらこれは修辞ではなく、これまで築き上げてきた「防災」の前提そのものが、「沸騰」によって溶け去ろうとしている。

米国の役割が喪失したことの影響は絶大であり、地球沸騰化が確実に加速されるだろう。

気象庁は我が国の2024年度の平均気温は平年に比べて1.48℃高くなって、1898年の統計開始以降、観測史上最も暑い年になったと発表した。

世界気象機関 (WMO)は世界全体の気温が産業革命以前と比べて1.55℃上昇したことを確認した (2025年1月10日)。

単に猛暑だけでなく、豪雨、洪水、熱波、森林火災、干ばつ、海面上昇など、異常気象への対応が喫緊の課題となっている。

脱炭素への解決策 (適応策: 温室効果ガスの排出量を半減させることがカギ) としての取り組みの一層の促進が求められる。

WMOは2025年10月16日にCO₂、CH₄、N₂Oの全球の地表大気中平均濃度は2024年にいずれも過去最高を更新し、特にCO₂濃度は423.9ppmとなり、1957年以来過去最高の上昇幅(3.5ppm)となったと発表した。

プラネタリーバウンダリー: 2009年に3つの指標が限界を超えたとされたが、2023年にはさらに3つの指標が限界値を超えたとされる。

惑星境界フレームワークの更新により、9つの境界の内6つが超えているとされ、地球は人類にとって安全な活動空間から遥かに外れていることが示唆される。
(Stockholm Resilience Centre by Richardson, et al, 2023)

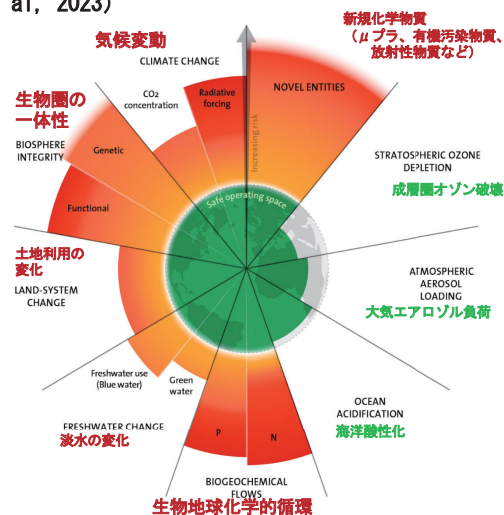
地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を目指さねばならない。

微生物とウイルスの存在

地球は微生物の惑星と言われる
土壌生態系の保全は極めて重要

英知を結集して、人間の活動範囲を安全な領域へ戻す努力が必須である。

ウェルビーイングの視点



環境地盤工学の課題とリスク (環境地盤工学とは、“Environmental Geotechnics” という用語を、1984年に嘉門が日本語訳したものである。)

地盤工学の課題はリスクそのものである。

- ・ 軟弱地盤、傾斜地、造成地 (地盤自体のリスク)
- ・ 汚染地盤 (地盤が受けるリスク)
 - 宅地造成地の地震時挙動
 - 地盤改良の範囲の同定と効果の評価
 - 土構造物の耐震性
 - 地盤汚染による環境影響
 - 土構造物の健全性・耐久性
 - 自然災害の軽減
 - 基礎構造物の課題
 - 地盤を構成する岩盤中の重金属等

これらの課題克服 (リスクの軽減) のための科学技術として、環境地盤工学は多大の貢献を果たしてきたが、地盤の挙動を解析することの先に、その上に住む「人の生命と財産」を守ることは最大の重要使命である。

東日本大震災で失った科学への一般市民の信頼を取り戻すには、学問の目的を「技術」から「生存」へとシフトしなければならない。

大災害多発時代の防災・減災

気候変動の激化と変動期を迎えた地球における安全・安心を確保した上での持続可能社会の構築

喫緊の課題：

- 1：避難所環境の革命的な改善整備 (スフィア基準以上の快適な避難所の統合的運営)
- 2：インフラの老朽化に伴う維持管理と大災害対応インフラ整備
- 3：減災を目指す災害対応施策のバランス
- 4：襲来が想定される首都直下地震や東南海地震への対応

中長期的課題：

- 1：少子高齢化社会の国土管理体制
2. 2040年には全国市町村の50%が消滅する可能性があり、2050年には国土の60%で人口が半減、20%で無人となる

令和元年台風19号災害では20水系、71河川、140か所で堤防が決壊したが、これまでとは様相の異なる国土管理施策が必要になっている。

社会構造の脆弱化に鑑み、緩和策 (mitigation) とともに適応策 (adaptation) の推進が重要である。

国は気候変動適応計画 (令和5年一部変更) を閣議決定して、施策の推進に努めている。

大災害への備え

自然災害の発生は防止できないが、災害を可能な限り減らすように努めねばならない。特に、人為災害の発生防止に努める責務がある。

災害の種別：

- 自然災害 (地震、津波、台風、豪雨、高潮、噴火、豪雪、落雷、竜巻、etc.)
- 人為災害 (交通事故、火災、爆発、放射線災害、電波災害、サイバー攻撃、テロ、武力攻撃、戦争、etc.)

発生リスクと許容確率： 10^{-5} とされているが、 10^{-6} であるべきか？

「備えあれば憂いなし」は事前の災害想定 (想像力) が必須

居安思危 思則有備 有備無患
安きに居りて危きを思う 思えばすなわち備えあり 備えあれば患い無し
中国の「春秋」の注釈書「春秋左氏伝」からきている (紀元前8~5世紀の頃)

ゼロリスクを求める社会の要求——リスクと共生することへの理解

東日本大震災以降の主な自然災害（地震と風水害）

	地震（最大震度6強以上）	風水害
2011 (H23) 年	東北地方太平洋沖地震(H23.3.11) Mj8.4	H23.7新潟・福島豪雨、 台風12号による大雨（紀伊半島中心に日本全土に及ぶ、深層崩壊の土砂災害）
2012 (H24) 年		H24.7九州北部豪雨
2013 (H25) 年		台風18号による大雨、台風26号による防風・大雨
2014 (H26) 年		H26.8豪雨
2015 (H27) 年		H27.9関東・東北豪雨（鬼怒川で溢水、200mにわたる堤防決壊）
2016 (H28) 年	熊本地震(H28.4.14、4.16) Mj7.3	台風7号、9号、10号、11号及び前線による大雨・暴風
2017 (H29) 年		H29.7九州北部豪雨
2018 (H30) 年	大阪北部地震(H30.6.18) Mj6.1 北海道胆振東部地震(H30.9.6) Mj6.7	H30.7豪雨（全国の従来の観測記録更新の大雨、小田川（倉敷真備町）の決壊） 台風21号による暴風・高潮等（関西国際空港連絡橋にタンカーが衝突）
2019 (R1) 年	山形県沖の地震(R1.6.18) Mj6.7	台風19号による大雨（国管理河川6水系7河川で溢水による堤防決壊、氾濫）
2020 (R2) 年		R2.7豪雨（九州南部で記録的大雨、球磨川で越水被害）
2021 (R3) 年		R3.7大雨（静岡県熱海市逢初川での土石流災害）
2022 (R4) 年	福島県沖の地震(R6.3.16) Mj7.4	台風11号、15号による大雨、R4.7大雨
2023 (R5) 年	能登半島沖の地震(R5.5.5) Mj6.5	R5.6～7大雨、台風6号、7号による大雨
2024 (R6) 年	能登半島地震(R6.1.1) Mj7.6	R6.6～7大雨、台風10号による大雨（奥能登に豪雨、被災地に2重苦）
	南海トラフ地震臨時情報(R6.8.5)（巨大地震注意情報の発令）	

風水害が多発する理由は？

誘因：災害をもたらす要因：地震、台風、豪雨、火山噴火等のハザード

素因：災害に対する脆弱性

- ┌ **自然的素因**：断層の存在、標高、地形、気候風土
- └ **社会的素因**：危険な場所の宅地化、諸対策の遅れ、高齢化

水害が多発する7つの原因

- (1) 水害の危険性の高い低平地や山麓部への都市の進出
- (2) 都市化の進展、都市構造そのものの複雑化
- (3) 下水道、特に雨水排水システムの整備の遅れ
- (4) 河川整備の遅れ
- (5) 外力（豪雨、台風）の増大化

河川堤防は改修と維持管理の繰返しであった

- 戦前戦後の度重なる大災害に対して、築堤が急がれた時代には材料と施工は二の次であり、河川堤防に**地盤工学的思考がなかった**。
- 堤体のN値は極端に小さく、基礎地盤は縦断方向に不均一であり、地盤沈下や堤体自体の変形が生じることをやむなしとして受け入れ、度重なる補修で対応していた。
- 水田の高度開発への要請から、河道を狭め直線化するとともに、堤防を高くして連続させる治水方策は、河道に降雨を集めることになるから高水で大規模化し大災害を招くことになった。
- 河川高水流量は計測と解析、予測と制御による流量配分を、河川改修やダム、放水路、遊水池等の機能に基づいて行ったもの。
- 結果として、河川堤防は身近な土質材料で築堤され、洪水毎に不具合箇所を修復して維持管理されているので、内部土質材料が多様であるだけでなく、基礎地盤についても千差万別である。

河川堤防は土堤を原則とする（経済性、材料取得の容易さ、復旧の容易さ、基礎地盤との馴染み易さ、改良の容易さ、環境、その他）**河川管理施設等構造令**が、未だに踏襲されている。

堤防補強、浸透・パイピング防止、法面崩壊防止などの研究に積極的に取り組み、土堤原則の制約から脱皮しなければならない。

河川洪水施策の過去の制約からの脱却と堤防補強研究の掘り起こし

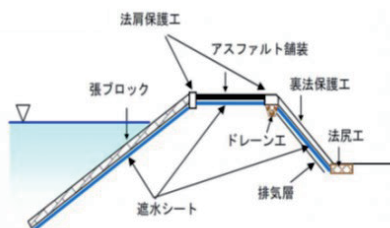
- 1990年代に建設省土木研究所で開発されたアーマーレビー(armor levee: 鎧型堤防)やフロンティア堤防は、十分な耐越水機能を有していることが認められ、河川堤防設計指針に位置付けられ、雲出川や那珂川、加古川等の堤防補強に採用されるなど、全国の河川堤防強化への展開の可能性があった。さらに用地取得費が高価ではあるが、スーパー堤防(高規格堤防)の提案もなされた。
- 河川堤防の強化はそれぞれの河川流域の状況に応じた種々の工法で無理のない堤防補強を迅速に実施されることがバランスの取れた洪水対策として大切である。
- しかしながら、2001年ごろ熊本県川辺川ダム建設に当たって、住民側が堤防を補強すればダム建設は不要であると主張したことから、耐越水堤防の普及がダム建設推進の妨げになると考えられてしまい、残念なことにアーマーレビー等の耐越水堤防の普及はストップしてしまった。

今こそ超過洪水への柔軟な対応が必要である

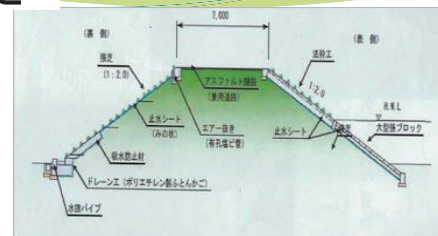
河川の上流の河道計画のバランスある整備には、それぞれの河川の状況に応じた洪水調節ダム、遊水池、放水路、内水対策としての排水施設等の統合的な整備こそが流域の安全・安心確保に重要である。流域治水の考え方に改正されたが、特に、溢水しても簡単には破堤しない堤防(耐越水堤防)にすることが何より肝要であろう。ある程度は溢水しても破堤させないという視点からの減災施策を強く求めるものである。

ちなみに、耐越水堤防の断面形状の例など

雲出川の耐越水堤防(1999年度に完成)(淀川流域委員会の資料より)

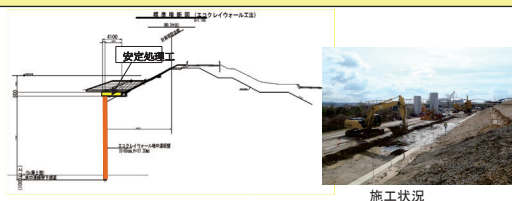


1メートルあたり50~100万円の費用で整備できる安価な工法である。しかし、国交省は2000年代になって、耐越水堤防の普及がダム事業推進の妨げになると考え、その普及にストップをかけた。

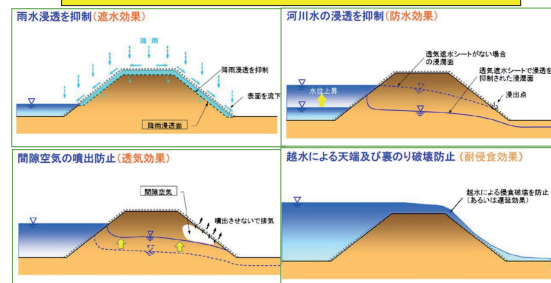


加古川の堤防補強断面

ECウォールと護岸の一体化施工結果(漏水対策)



河川堤防への透気性防水シートの適用



地方創生への取組も環境地盤工学の対象とすべきではないか？

- 地方中枢拠点都市(61市)に施策と投資を集中**
生活機能や行政サービスを維持するには、分散した集落を再編してコンパクトシティへの誘導が有効である。中核市間での連携は始まっている。
- 小さな町や村を守り、風土や伝統文化を継承することは大切である。**
誰もが都市に住みたいとは限らないので、各個人の意見を尊重して、それぞれの決断に委ねるべきである。
- 個人が自立した生活機能を保持し得る行政サービスの在り方として、自助・共助・公助の在るべき姿の模索が始まっている。**
- 全国で空き家が13%を超えるとされて、空家対策が始まっている(空家対策特別措置法)**
- 地産地消に基づいた生業の確保が重要**
各地で多様な取組が見られており、Iターン人口増に貢献している。
- 大都市内部でも空洞化が進展している**
地域防災力の向上は、大都市においても同様に重要課題である。

平成26年8月改正都市再生特別措置法の施行

立地適正化計画を策定して、「居住誘導区域」と「都市機能誘導区域」へ支援する。

大災害による被災からの復旧・復興を目指して

- ◆ 令和6年1月1日の能登半島地震では阪神淡路大震災や東日本大震災に比べ、復旧・復興への行程が遅れている。過疎化・高齢化地域における復旧の圧倒的な難しさにより、インフラが途絶し、被災啓開が進まない、被災家屋の解体の難しさ、二次避難で地元を離れる被災者も多く地域コミュニティを維持できない等が原因とされる。
- ◆ これは奥能登地域の特殊事情ではなく、列島各地の過疎地域に起こりうる「未来の縮図」とみなさねばならない。
- ◆ 国土省では「半島振興法」を令和7年7月に改正して法期間を10年間延長し、半島振興実施23地域に網掛けして、配慮規定の充実を目指しているが実現には程遠い状況である。
- ◆ 災害時における道路寸断、山腹崩壊、津波被害等による集落の孤立の危機の恐れは避け得ない。
- ◆ 政府は国土強靭化アクションプラン2015で、市町村における災害廃棄物処理計画の策定率を2018年までに60%に向上することを目標にしたが、その達成は未だ不十分である。
- ◆ 能登地方の例では全壊・半壊住宅の公費解体が約52%にも及び、応急修理でまだまだ住める家が解体に回されているのは残念なことである。
- ◆ 地盤工学会では災害からの復興における社会基盤整備の復興資材等の利用のあり方に関して、「有効活用ガイドライン」を取りまとめているが、災害廃棄物や津波堆積物等の物性を的確に評価して、積極的なリサイクルの努めることが重要である。
- ◆ 環境省では「巨大災害時における災害廃棄物対策のグランドデザイン」をとりまとめ、行動指針を策定しており、八つの地域ブロック協議体が設置されている。

大災害による被災時の環境整備によって、災害関連死ゼロを目指そう

- ◆ 令和7年5月災害対策基本法が一部改正され、災害関連死を防ぐために避難生活や福祉サービスを拡充することを目的として、改善に取り組まれている。
- ◆ 災害救助法の事前対応として災害の予防適用がある
 - 災害の恐れ段階で住民の早期避難を促し、被害を最小限に食い止めること
- ◆ 災害救助法の事後適用は被害ベースでの対応となる(市町村レベルでの対応)
 - 避難所の運営、食事の提供、応急仮設住宅の供与など被災者の生活再建の支援
- ◆ しかしながら、現状での日本の避難所の環境は圧倒的に未熟なままである。
- ◆ 日本の避難所では段ボールベッドの普及で床の冷たさからは解放されたが、体育館の冷気、周囲の咳払い、泣き声、そしてプライバシーの欠如を避けられない。温かい食事、清潔なトイレ、十分な水、電力の供給、医療施設などは残念ながら著しく見劣りしている。
- ◆ 被災者に快適な食住環境を提供することによって、「災害関連死ゼロ」を目指そう。
- ◆ 自治体と民間の強力な連携協働の下に、例えば(株)ShelterOne(避難所環境を抜本的に改善するハードインフラ運用管理システム)のような、新たな活動が芽生えている。
- ◆ そのためには事前に自治体との協議の下に住民をも交えた避難訓練を実施して、新たな避難所が快適であることを、訓練に参加した住民に実感してもらうことが迅速な避難を促すことに繋がるであろう。備蓄基地や仮置き場の充実が必須なので、それを支援する強力かつ継続的な資金支援がなされるよう求めたい。

防災庁の設置による包括的かつ統合的な災害対策の進展を期待する。