

堤防破壊確率を用いた水害リスクの 評価法とこれを考慮した河川と流域 の治水適応策の考え方について

中央大学研究開発機構
福岡捷二

1.はじめに

近年，洪水外力の規模の増大，頻度の増加によって，水災害が毎年のように発生しており，さらに気候変動による洪水外力の増大に対し，河川・流域が抱えるリスクを踏まえた総合的な治水適応策の立案が強く求められている。

気候変動に伴って降雨外力が変化すると予想されているが，現段階では，その変化は，治水計画の外力の見直しを行うなわなければならないほどには明らかとはなっていない。現在の施設計画外力，河川堤防の計画高水位を見直すには，その根拠は弱いといえる。すなわち，**施設計画の規模については，これを変えない**。今後の雨量データの蓄積と豪雨災害発生状況を見ながら，変化の傾向が明確になった時点で，施設計画の外力の見直しを検討することになる。

しかし，多くの河川は整備途上であり，また大雨に伴って，計画高水位を超える洪水流は起こり得る。この時，**洪水は堤防の余裕高部分をも流れることになる。洪水流の一部が，余裕高部分を流れる場合も期待できるが，**余裕高部分は，土で出来ており，水位の上昇とともに破壊危険率は高まり，計画に考慮できるほどの安定した安全性は有していない。したがって，余裕高部分の役割は，計画高水位を超えて流れる**洪水流に対して危機管理としての役割を持っていると考えるべきものである。**

信頼性に問題の多い危機管理効果といえども、堤防余裕高によって、何とか洪水が流れれば、結果的には超過洪水に対して意味を持つことになる。また、地域の持つ氾濫リスクに対しソフトとハード対策を実効性のある施策として進めるためにも、堤防余裕高部分の破壊危険確率を求め、これに基づく河川と流域の治水適応策の考え方が整理できれば、超過洪水に対する今後の施策展開が期待できる。

本文では、施設計画規模レベルを超える水位となって流れる洪水流に対し、堤防余裕高内を連続的に上昇する水位変化に対する浸透、滑りについて力学的解析と信頼性解析から堤防の破壊危険確率を検討する。

具体的には、いつ、どこで、どのような機構で堤防が破堤する危険性を有するかを推定する技術が望まれる。堤防の形成過程を考えれば、これを力学的に求めることは現状では困難である。長大な線状構造物である土堤防の破堤箇所を推定するためには、堤体土質の不確実性を考慮する信頼性解析が必要である。

ここでは、最初に、大規模洪水の危機管理対策に向けた堤防評価技術の進展を目指し、水理解析モデルと、国土交通省による堤体のボーリング調査データに基づいた堤防の浸透、裏法滑りの破堤確率の縦断分布を調べる。本手法は、計画高水位を超過した信濃川下流域の平成23年7月洪水に適用し、浸透及び滑りによる堤防破壊確率を求めている。次に、堤防破壊確率の検討結果を、水害リスク分析として実務に使うためにどのようなことが検討されるべきかについて考え方を示している。

2. 今後の水災害分野の気候変動適応策の基本的な考え方

- ・都市河川等、整備途上河川にあっては、現状流下能力を上回る種々の規模の外力に対して減災を図る。
- ・気候変動等により、施設計画規模を上回る洪水が起こることが考えられることから、「危機管理対応のための外力」を設定し、減災を図る。
- ・国、地方公共団体、企業、住民等は、水災害が流域、地域の「命、財産」、「社会経済に与える壊滅的な被害」に与える影響を共有し、それぞれが連携、協働して被害の軽減に努める。
- ・さらには、国は、最大洪水外力を推定し、最大被害想定シナリオに基づき、流域、地域における持続的・長期的な視点での「水災害減災立国」への道を示すための検討を始めるべきである。

今後、少子高齢化、地域産業の衰退等が一層進行し、人、物、情報、サービス等が都市に集まり、これらの移動の効率性が重要になる。このような社会・経済の変化は、必然的に都市政策の課題として集約型街づくりにつながっていく。地方や中山間の人口減少地域を含め河川流域の管理をどのような方式で進めるかは、今後の河川管理の大きな課題である。

社会資本整備の新しい方向性は、ハード施策とソフト施策の融合、施策の連携である。河川管理者は、治水政策と都市政策を統合的に考え、安全・安心な都市を築く視点で関連する分野の専門家との議論を深め、新しい技術政策の展開に柔軟に対応することが望まれる。

これまでの地域づくりが、主に、地域主権の問題として捉えられてきたが、これと併せて、今一度、河川流域における河川を軸とした安全で活力ある連携した地域づくり、地域経営を国と地方で一緒に考えることも必要である。

3. 超過洪水対策に向けて考えるべきこと

- ・超過洪水を現在の治水計画、都市計画等との関係でどのように整理し、位置付けるかは、危機管理対応上の外力の設定、ハード施策とソフト施策の融合、他事業との連携を含め、十分な検討が必要である。
- ・2011年3月の東日本大震災を踏まえ、今後発生する可能性が高い南海トラフ巨大地震、首都直下地震を考慮して制定された「津波防災地域づくり法」は、その考え方が超過洪水対策にも通じるものであり、人の命を守ることを最優先とし、多重防御により減災を図ることが明記された。
超過洪水対策には、新たな制度とともに「津波防災地域づくり法」の考え方をどのように生かすかについて検討が必要である。
- ・超過洪水による氾濫対策の検討にあたっては、都市、地域に関わる多くの法律、制度と関わりを持つことから、これらについても十分勉強し、都市・地域関係者との理解の共有が必要である。

4. 施設による超過洪水対策への技術的検討の道筋

計画流量を超える超過洪水流量の検討は大切ではあるが、整備レベルが低いために現河道の流下能力を超える「超過洪水」被害に対応する検討が優先的に行われなければならない。

計画規模を超える超過洪水に対する技術は、このような洪水に対する技術検討の延長上に位置づけられる。

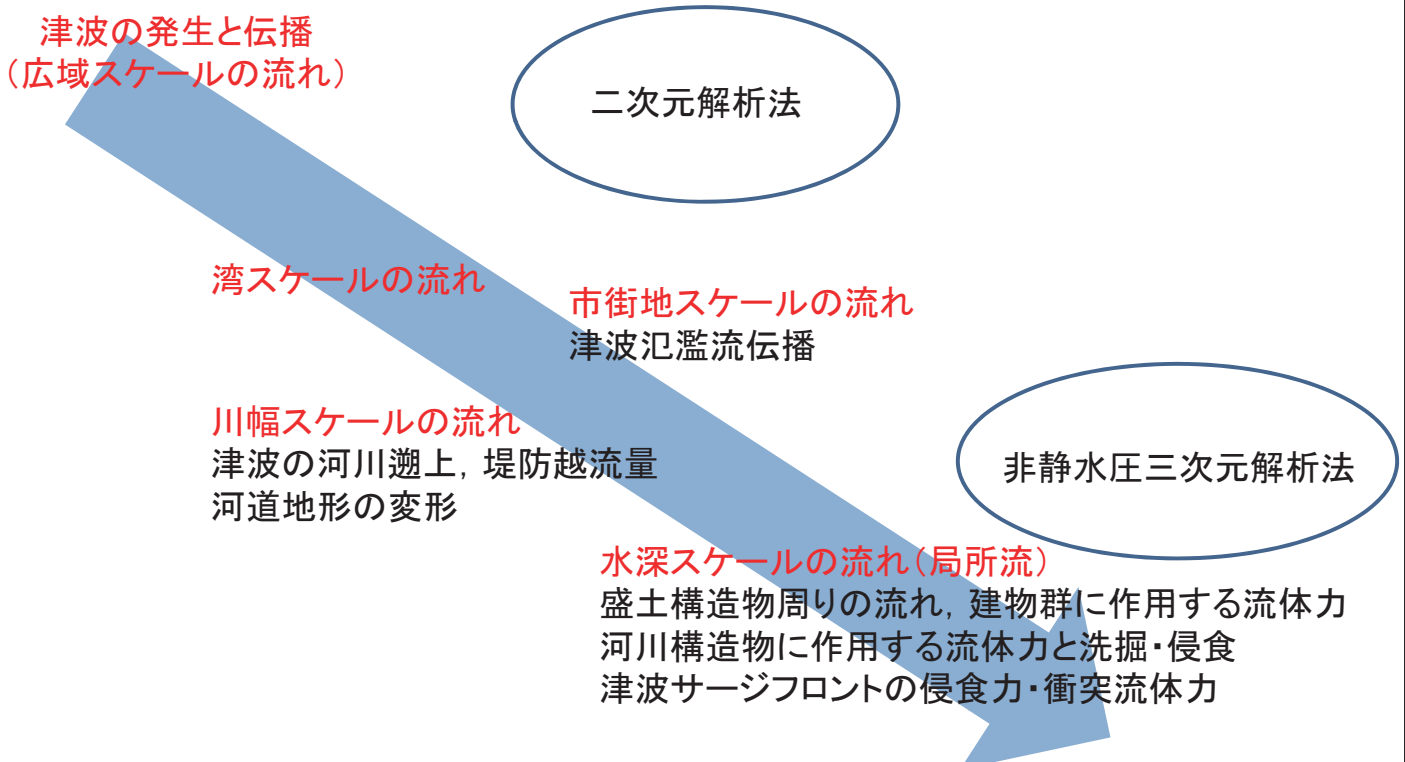
異なる空間スケールで起こる種々のスケールの水理現象を統合的に解析する河川技術

河川は、山地域から海岸域まで変化の大きい地形、地質を呈し、流路延長、河幅や河床材料等、異なるスケールのものから河道は構成されている。現在の河川技術は、局所的な水理現象を説明する技術が中心で、長い河道区間で生じている混在するスケールの異なる水理現象を一体的、統一的に説明する解析技術になり得ていない。異なる河道スケールで規定される水理現象を時・空間的に統合して扱うことが可能な解析技術、計画技術、設計技術が求められている。

河川の洪水時、平水時の水理現象においては、内田、福岡³⁾による準三次元解析法が有効であり、具体の河道設計・管理に活用されている。

7

広域の平面二次元流れと構造物周辺の局所三次元流れの一体解析法の必要性



8

5. 平成23年新潟・福島豪雨災害から学ぶ(委員会最終報告)

5.1 流域における水害の危険性の分析とその情報の共有

1. 平成16年7月水害を教訓として信濃川下流域で行われたハードな治水対策は、平成23年7月洪水に対し大きな効果を上げた。
2. しかし、五十嵐川や中ノ口川の下流区間では、現状の河川の安全度を大きく上回り、極めて危険な状況にあった。これらの区間では、降雨の規模やパターンが変わっていれば、破堤が生じていた可能性が高い。
3. 信濃川下流域の破堤の危険性が高い状況の中で、河道の一部区間を除いて内水のポンプ排水が継続された。外水氾濫と内水の湛水被害が生じている中で、ポンプ排水の停止には、沿川地域住民の理解が必要であり、排水規制をどのようにするか重要な課題である。
4. 信濃川下流域の自治体において、平成16年水害後に、水害対応マニュアルの作成、防災情報伝達手段の多様化、防災訓練の実施など講じられた様々なソフト対策によって、円滑な避難勧告がなされた。

5. 河川管理者は、破堤の危険性の高い出水状況の下で、住民避難を判断するための情報提供の内容、タイミング等、地域の総合政策を担う市町村長による水害体験の意見を十分踏まえ、提供する情報の有効性を高める必要がある。
6. 計画高水位または氾濫危険水位を超える洪水や整備途上にある現状の河川の安全度を上回り、且つ破堤の危険性の高い信濃川下流域の今回のような出水に対しては、浸水による被害の程度や社会的影響など、流域内の水害リスクを考慮した対応が必要であり、また上・中・下流で水害リスクを分担する運命共同体としての性格を有することが再認識された。
7. 信濃川下流域は、流域が一体となって水害リスク情報の共有、上・中・下流で洪水流出の抑制を分担し、連携しながら流域全体で治水安全度を高めていく全国河川のモデルケースになるものである。

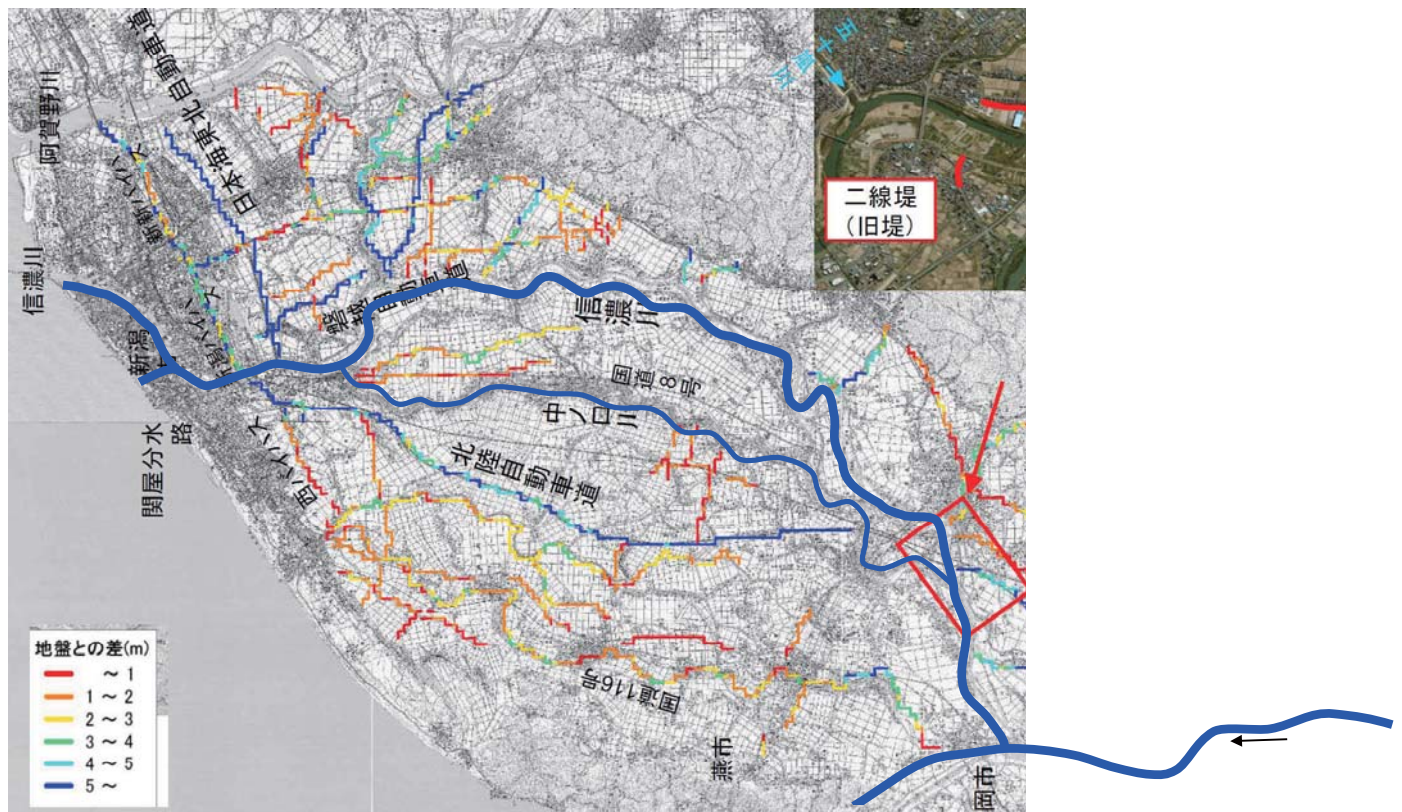
5.2. 流域の水害リスクを考慮した河川整備, 氾濫解析

1. 信濃川流域の治水の基本は水位を下げることである。河川整備にあたっては、これまで上中下流において洪水流出量を調節しながら洪水流量のピークカットを基本としてきた。平成23年洪水でも、上流域のダム群や刈谷田川遊水地が効果を上げた。今後も流域全体として洪水流量を貯める対策が必須である。
2. しかし、流域全体をみると、信濃川下流本川の水位を下げるのが特に効果的である。このためには、平成16年、23年洪水について十分な解析を行い、河道の必要流下断面、河道貯留量等を評価し、適切な改修につなげる。中ノ口川と本川は一体的に整備・管理すべき特性をもつ河川である。このため、既往出水データに基づき水理検討を行い、国・県・市で課題を共有して整備を進める。
3. 計画高水位を超えるような危機的な状況が生ずるような河川流域では、洪水の水害リスクを想定し、流域の上下流バランス、内水・外水バランス等を検討し、河川整備に反映させる。破堤した場合に、水害リスクの高い地域に影響を及ぼす堤防については、その強化を優先的に検討することになる。

4. 超過洪水対策を考える場合でも、計画高水位までの河川の実力を確かなものにする河道の改修が最も重要であり、優先的に考えなければならない。
5. 河川の計画高水位内の計画である施設計画と危機管理対策としての超過洪水対策は別個のものと考えず、連続した洪水・氾濫現象と捉えるべきである。
6. 近年全国の河川堤防でボーリング調査による堤防の土質データが集められている。これらのデータを活用し、大洪水時に堤防の余裕高部分まで洪水水位が上昇した危機的状況の河川管理に当たっても堤防の破壊確率を信頼性解析等によって評価するなど行い、堤防の信頼性と堤内地のリスク分析を合わせた氾濫域のリスクマネジメントを行うことを考えるべきである。
7. さらに、洪水氾濫に対し、個人の資産の復旧等に対する洪水保険や税等のリスクファイナンス等の新しい治水施策を考えていくべきであろう。

信濃川下流における二線堤の存在状況

信濃川下流区間の堤内地には、旧堤や、道路盛土等の二線堤が存在している
氾濫域を詳細に把握するためには、これらの構造物の反映も重要



出典；第1回 平成23年7月新潟・福島豪雨水害の検証を踏まえた
治水方策に関する懇談会 平成23年10月31日

6. 都市、河川、下水道等の連携による水災害への安全性も確保したコンパクトシティの形成

1. コンパクトシティの多くが地方の都市河川流域で実施されることになる。
当然、コンパクトシティ計画は、安全で快適な街づくりでなければならない
2. 特定都市河川水害被害対策法は、コンパクトシティのような新しい都市の政策や既成市街地対策等、安全サイドから都市政策に活用出来るものである。また、河川、下水道、流域におけるハード施策と法律・制度等による規制・誘導、自助、共助を促す取り組み等のソフト施策を、行政、民間、住民が一体となって総合的視点から有効に機能出来るようなものであることが期待される。
3. 2014年8月の広島土砂災害への対応は、土砂流出環境を十分考慮に入れた砂防・河川と都市の総合問題として捉え、土砂流出に対して安全なコンパクトシティの代表例として計画、施工されるべきである。

4. 居住誘導地域としての集約先と集約元について、河川管理者と都市・地域づくり関係者は連携し以下のコンパクトシティ施策が検討されるべきである。
- ・立地適正化計画全体のマスタープランの中に、水災害、土砂災害からの安全性の確保を組み込むことが望まれる。また、特定都市河川浸水対策法の既成市街地への効果的な活用法を検討すべきと考える。
 - ・居住誘導地域への誘導にあたって、集約元の地域のリスク評価とともに、税制、自然災害保険など様々なインセンティブの付与など積極的な誘導メニューが検討されるべきである。
 - ・居住誘導地域外の跡地は、遊水池や雨水浸透施設などに活用し居住誘導地域の安全性を高めることを考えるべきである。
 - ・居住誘導地域には治水安全度の低い都市河川が流れていることが多い。これらの都市河川は、河幅を少しでも広げることが出来れば安全度を上げることが可能となる。既成市街地についても、市街地整備手法、都市再開発手法等を用いて河幅の拡大を行い、コンパクトシティと地域交通のネットワークからなる新しい市街地整備が考えられるべきである。

7. 堤防余裕高の今日的問題

1. 我が国の河川堤防は、明治時代は不連続堤防であった。利根川では明治43年の大水害を契機に、連続堤方式による治水計画へと変わっていった。
2. 不連続堤防では、扇状地から出たところ、上流河川の合流点付近で洪水流は溢れ、下流には大量の水が到達しなかった。このため、下流堤防から洪水が流れ出すことはほとんどなかった。これが自然状態に近い河川の洪水の流れ方であり、下流域の治水の基本的な考え方であった。
3. 堤防が連続堤でなかった時代には、余裕高に相当する河川堤防部分は、水面に現われる波や、流木、水防等のために必要な高さであったと思われる。
4. 上流の堤防が整備されてくると、河道に集められ水が上流域で溢れずに下流に流れてくるために、人びとが住む下流域で氾濫が生じ、大きな被害が発生するようになった。堤防が連続堤になることで、下流での氾濫は河川管理者の管理責任問題に発展することが多くなった。

5. 連続堤では、大洪水時には計画高水位から天端までの余裕高部分にも水が流れるようになり、超過洪水に対する余裕高部分の持つ位置づけと安全性をどのように考えるのかについて考えを求められるようになってきた。
6. 計画規模内の洪水に対する堤防等河川施設の絶対的な安全性の確保と、超過洪水等で溢れた時の堤内地のリスク管理のあり方、流域の被害最小化をどのように考えるべきかについて、整理の必要性が求められるようになってきた。すなわち、余裕高の治水上の扱いを明確化することが必要となった。
7. 河川の洪水は、計画規模の洪水と超過洪水とでは、その規模が突然ジャンプするのではなく、その間のいろいろな大きさの洪水が発生し、洪水水位は連続的に変わる。したがって、その間の水位では、余裕高部分が洪水流下の上で重要な役割を果たすことになる。余裕高部分が洪水流下時にどの程度の破壊危険性があるのかを見積もり、流域管理につなげていく段階にある。

8. 堤防盛土の破堤危険確率に基づく危険個所推定の必要性

超過洪水が生じた場合、水位は計画高水位を超えるばかりでなく、堤防天端を越流する危険性がある。しかし、堤防からの越流以前の技術的問題として、計画高水位を超える水位上昇に対して、堤防はどの程度危険となるのかを理解し、これに基づく堤防の危険個所の推定技術、堤防強化技術を持つことは、今後の超過洪水対策としての水害リスク評価、リスク管理の上から喫緊に必要なことである。

堤防については、これまで技術的、学術的立場から破堤のメカニズムが研究の中心課題であったように思う。超過洪水対応としての破堤の危険性については、その判断材料を与える評価法の調査・研究が少なく対応が遅れており、早急に改善しなければならない技術課題である。

このためには、現在ある堤防データを駆使し、蓄積された技術、学術情報を用いて堤防の破壊確率等を求め、これを道具として、堤防の計画論、構造論、危機管理論の技術的根拠と判断を引き出すことが特に重要で緊急を要することである。

以下に、長い線状構造物である堤体盛土について、実測データに基づく信頼性解析により破堤危険確率を検討する。基盤漏水破壊は、基盤の構造がわかれば、水工学、地盤工学分野の力学的な検討対象となる性質のものであることから、ここでは、検討対象としていない。

河川堤防の安全度評価の現状と課題

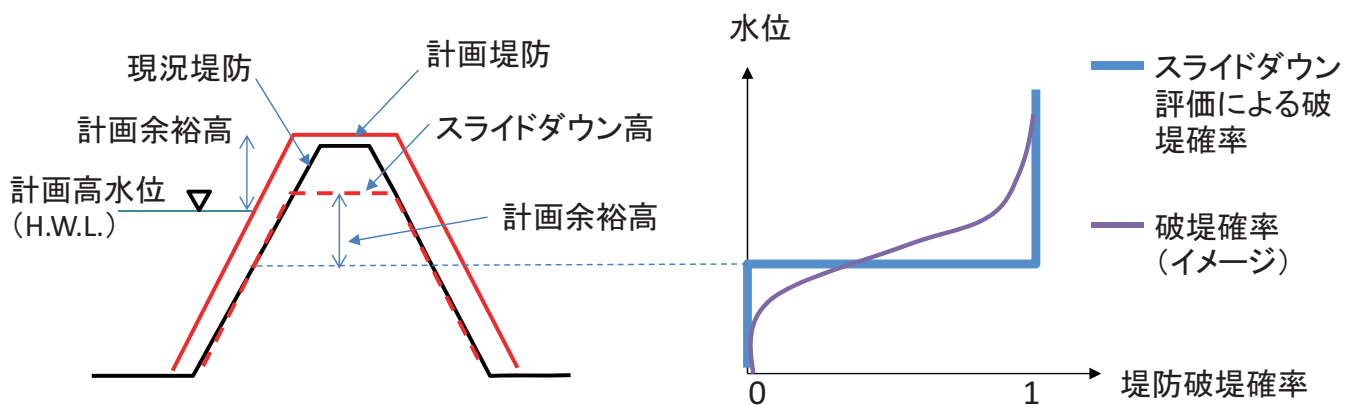
浸透・滑りによる破堤

水位が堤防天端に達しなくても堤防の破壊が起こり得る。
堤体内の土質構成が明確でないため破堤予測が困難といわれている。

現在の評価法・・・堤防の安全性は、「スライドダウン高－計画余裕高」が計画高水位（H.W.L.）より高いかどうかで評価される（堤防の断面形状のみに依存）

しかし、河川堤防は、築堤履歴や堤体内の土質特性が極めて複雑

⇒ 様々な不確定要因により、浸透・滑り破壊に対する河川堤防の耐力は変動性を有する。



スライドダウンの考え方による堤防の安全度評価

19

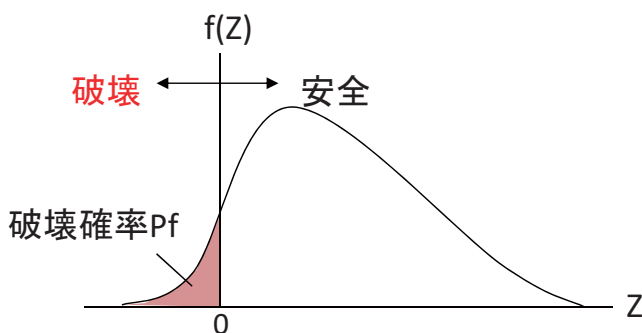
信頼性解析の概要

不確定要因のもと変動する耐力を確率論的に扱い、構造物の破壊に対する危険度を定量的に評価する手法

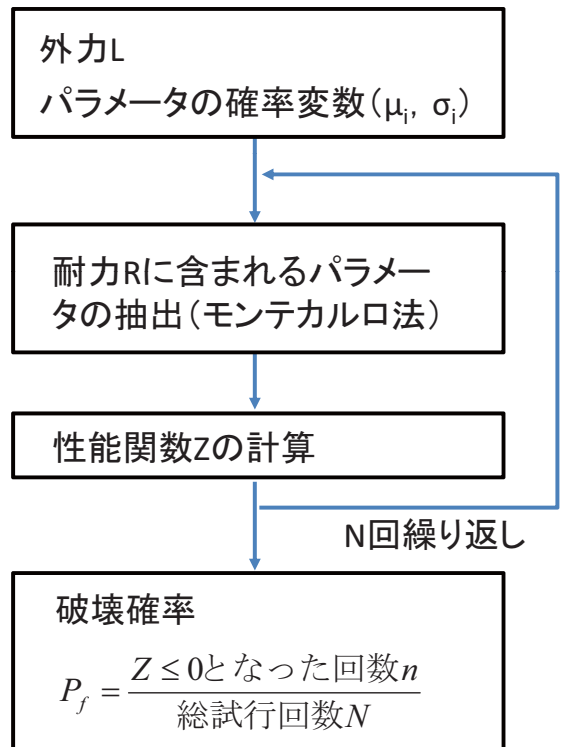
破壊に関する性能関数 $Z = R - L$

(R: 耐力, L: 荷重)

耐力Rには、物性に関する不確定なパラメータ(x_1, x_2, \dots, x_i)を含む。



性能関数の確率密度分布



信頼性解析による破壊確率算出の流れ

20

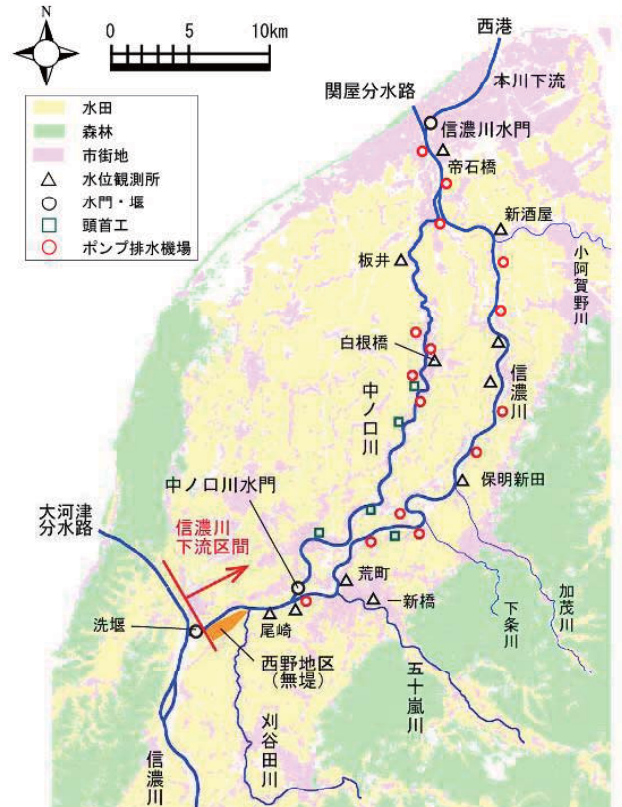
信濃川下流域における堤防の治水機能評価

信濃川下流域

- 支川の分流・合流, 水門, ポンプ排水等, 複雑な河道システムを有する低平地河川
- 日本海側最大の都市域を形成
- 近年, 整備水準を上回る規模の大洪水が頻発

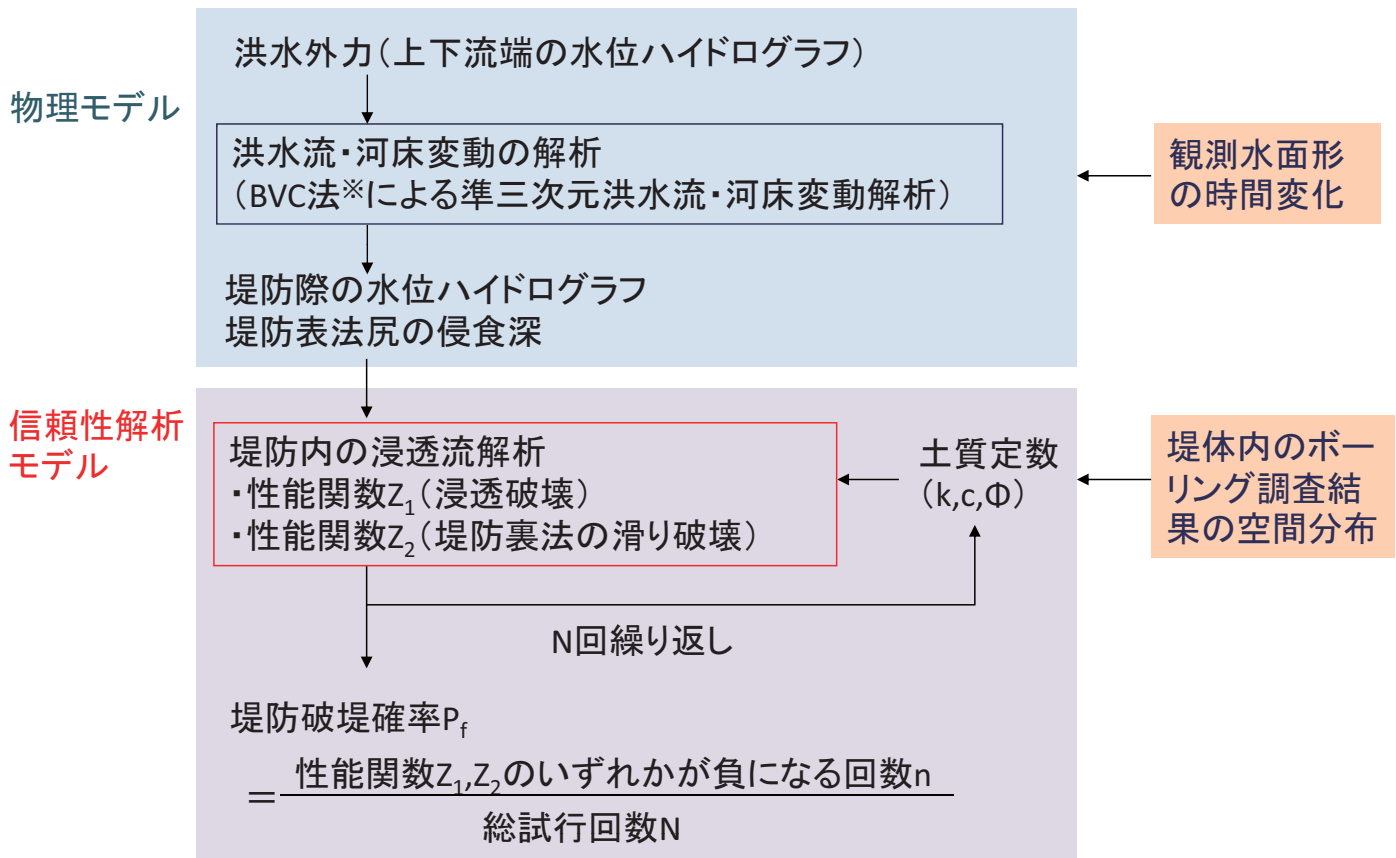
⇒ 超過外力発生時の水害リスクの評価・分析を行い, 適応策を検討していくことが信濃川下流域の重要な課題となっている。

信濃川下流域の平成23年7月洪水を対象として洪水流・河床変動解析と信頼性解析による, 堤防の破堤確率を求める。これにより, 計画高水位以下と以上で流れる洪水流に対する堤防の信頼度を検討する。



信濃川下流域

物理モデルと信頼性解析による堤防破堤確率推定法



※参考文献

内田龍彦, 福岡捷二, 浅水流の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法, 土木学会論文集B1 (水工学), 2012.

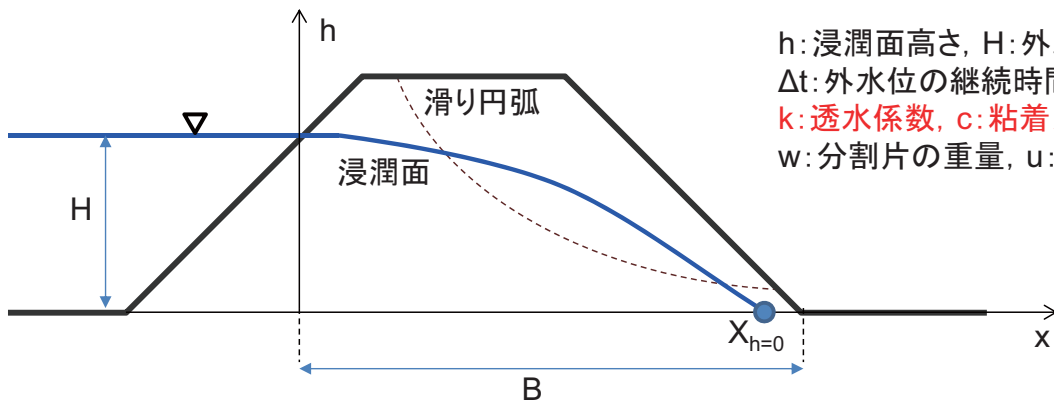
堤防破堤に関する信頼性関数

飽和状態を仮定した堤体内の浸潤面の式(内田茂男, 1952)

$$\frac{h(x,t)}{H} = 1 - \left(\frac{3}{2}\right)^{3/4} \left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha}}\right)^{3/2}, \alpha = \frac{kH\Delta t}{\lambda}$$

浸透に関する性能関数 $z_1 = B - x_{h=0} = B - 2.86\sqrt{\frac{kHt}{\lambda}}$

裏法の安定性に関する性能関数 $z_2 = \frac{\sum (cl + (w \cos \alpha - ub) \tan \phi)}{\sum w \sin \alpha} - 1$



h: 浸潤面高さ, H: 外水位, k: 透水係数,
 Δt : 外水位の継続時間, λ : 堤体の空隙率
 k: 透水係数, c: 粘着力, ϕ : 内部摩擦角
 w: 分割片の重量, u: 間隙水圧

参考文献: 内田茂男, 自由境界を有する非定常浸透流について, 土木学会誌, 1952.

23

土質定数(透水係数k, 粘着力c, 内部摩擦角 ϕ)の設定

【平均値】

・考え方①

ボーリング調査結果を平均して与える.

・考え方②

ボーリング調査が実施されている地点・・・調査結果を直接用いる.
 実施されていない地点・・・近隣の調査結果を基に, 内挿して与える.

【ボーリング調査の概要】

調査河川: 全国109水系 (データの出典: 国土技術政策総合研究所河川研究室HP)

調査内容:

基本情報	水系名, 河川名, 左右岸別, 距離標, 調査位置(表法, 天端, 裏法), 採取深度
データ詳細	N値, 土粒子密度, 間隙比, D60, D50, D20, D10, 透水係数, 粘着力, 内部摩擦角

透水係数の推定式

Creagerの式 $D_{20} \geq 0.003(\text{mm})$ $k=0.0036D_{20}^{2.368}(\text{m/s})$
 $D_{20} < 0.003(\text{mm})$ $k=0.000647D_{20}^{1.885}(\text{m/s})$ ※ D_{20} : 20%粒径(mm)

Hazenの式 $k=0.0001CD_{10}^2(\text{m/s})$
 ※ D_{10} : 10%粒径(mm), C=100

24

信濃川下流の土質定数の設定

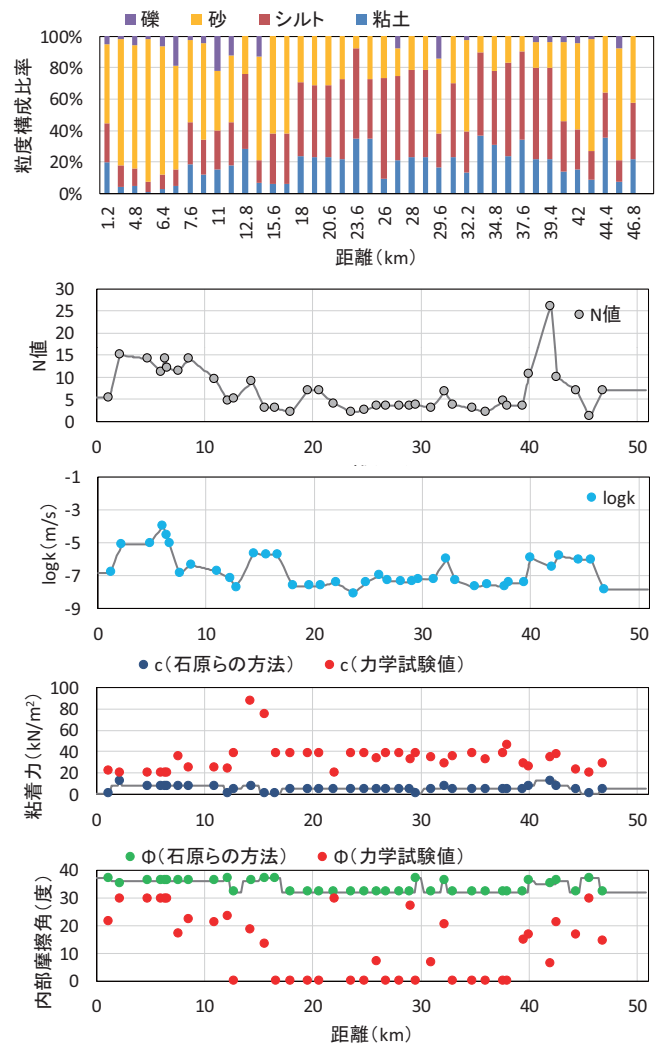
信濃川下流について、石原らの手法により、土質定数を再設定し、滑り破壊確率を算出した。

力学試験値を用いた場合では、粘着力は20~100kN/m²に分布していたが、石原らの手法を用いると、1~13に分布し、小さめの値になる。

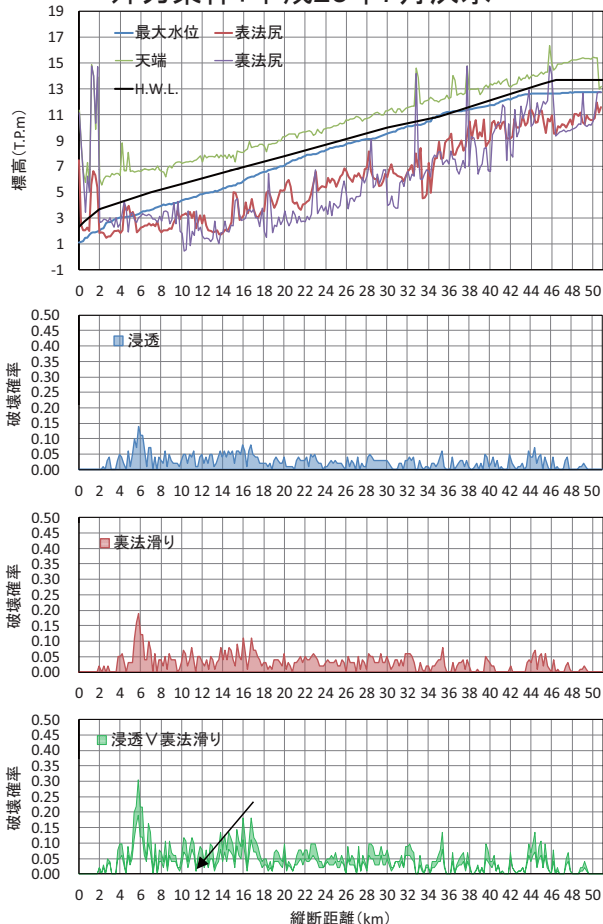
石原らが提案するc, φの分類

- ・砂質土 (15 ≤ N値) : 13 + tan(35°)
- ・砂質土 (6 ≤ N値 ≤ 15) : 8 + tan(36°)
- ・砂質土 (0 ≤ N値 ≤ 5) : 1 + tan(37°)
- ・粘性土 (0 ≤ N値 ≤ 5) : 5 + tan(32°)

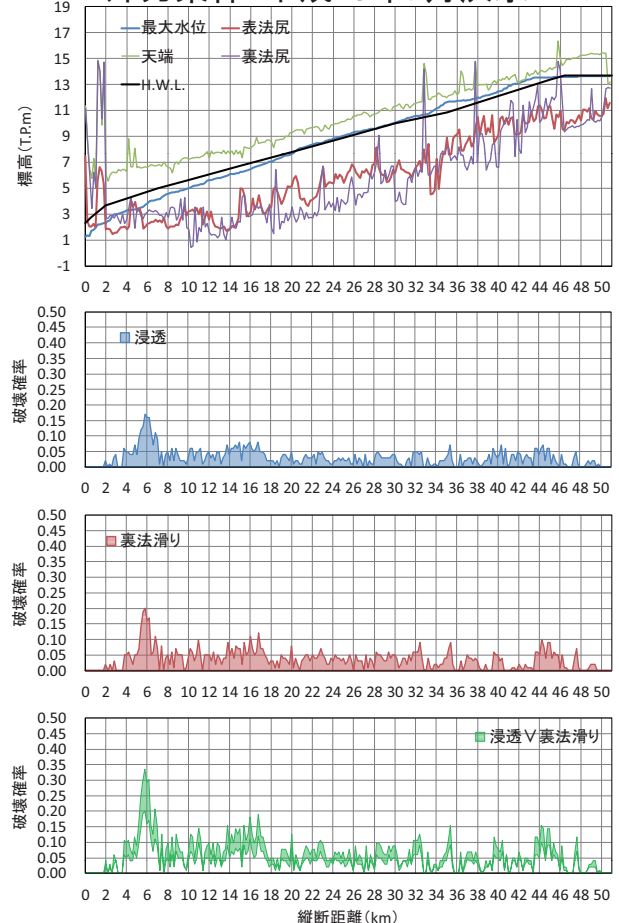
石原雅規・平林学・吉田直人・佐々木哲也, 圧密非排水三軸試験による強度定数と標準貫入試験及び物理試験結果の関係, 第58回地盤工学シンポジウム, 2013.



外力条件: 平成23年7月洪水



外力条件: 平成23年7月洪水 × 1.2



堤防破堤解析結果の解釈

- ・水理解析と堤体ボーリング調査に基づいた信頼性解析によって、堤体浸透と裏法滑りの被害発生確率を算出する手法を提案し、信濃川平成23年7月洪水に適用した。検討の結果、**透水係数が大きく、浸潤線が上昇しやすい箇所において、浸透破壊の発生確率が增大すると共に、裏法の滑り破壊の発生確率も同様に増大する傾向が表現できた。**
- ・信濃川で、**浸透破壊と滑り破壊発生確率の縦断分布が、同様な結果を示すことから、個々の破壊現象が独立して起こるといよりも、両者は、土中の水分量の増加によって密接な関係を持って起こっていると解釈するのが妥当と思われる。**
- ・**堤防の破堤確率の検討結果に基づいて、HWLから堤防天端までの堤防余裕高部分について、超過洪水に対する危機管理対応施設として利用することの技術的背景が構築された。**
- ・今後は、他の河川での検討事例を増やし、河道特性や堤体の形状、堤体材料による特性を調べるとともに、**求めた破堤確率の値の解釈を確かなものにする必要がある。**その結果は、堤防強化やボーリングデータの採取位置等、調査の方法や具体の対策につながっていくようにすることが重要である。

9. 河川堤防に関する検討課題

- ・堤防のボーリングによって、土質構造を知り、また堤防強化の浸透対策を行っているが、効果的、効率的に土質データを集めるためには、どのような調査が必要か、ドレーン設置等の対策と合わせて確かな対応策を出していくことが望まれる。
- ・浸透や滑りによる破堤危険個所の推定には、堤防の土質特性を知り、これに基づく予測技術が必要である。現地で調査項目、地点を絞り込み、工学的な精度を高めていく方法を考えることが特に必要である。
- ・堤体は長い線状構造物であり、土質構造についての十分な情報がない。浸透、滑りの破堤確率がどのような値をとるとき、本当に危険になるのかについては、さらにデータを蓄積し検討が必要である。土質定数のばらつきを考慮した定数の精度向上、も望まれる。
一方、基盤漏水に起因する破堤は、堤体の浸透破壊に比較して力学的な検討になじみやすく、治水地形分類図や、堤防基盤ボーリングデータ等を用いると、危険個所を絞り込みやすいと考えられる。

- ・設置されてから長い年月を経過している樋門、樋管周辺の堤防の破堤危険性の評価は、調査方法も含め特別に考えた検討が必要である。
- ・気候変動の適応策 との関係で、河川堤防の安全性について計画論、構造論、危機管理論の総合視点から整理する必要がある。この結果は、河川構造令、河川砂防技術基準等に適切に反映されなければならない。
- ・堤内地の水害リスクとの関係で、堤防の破壊危険性、強化を考えることが必要である。その際、堤防の余裕高の構造をどのようにするのか等、堤防強化について検討が必要である。
- ・堤防の変状、欠陥箇所を見つけるための現場に即した地道な調査研究、維持管理技術を高める必要がある。
- ・堤防越流に対しある程度の時間持ちこたえる耐久力の高い堤防の構造について検討が必要である。

10 破堤による氾濫リスク解析結果と減災型まちづくりへの活用

1. 計画高水位を超える超過洪水について、堤防の浸透流解析、堤防の滑り解析と信頼性解析を組み合わせ、堤防の破壊危険確率が見積もれる可能性が出てきたことから、異なる洪水外力に対する各地域ブロックごとの堤防の破壊確率が求まり、住民に具体的に示すことにより、浸水被害の大きい地域における公助、共助、自助について積極的に考える機会となる。
2. 対象流域の氾濫によって蒙るハザードを適切に選定することによって、破壊確率を用いて氾濫リスク解析の検討が可能になる。このようにして得られるリスク解析結果を用いて、地域住民は、地域の氾濫リスク情報を正しく得ることが可能になる。
3. 河川沿いに市街地が発展し、平常時のまちが優れた住環境を有している地域が多い。このような地域では、異常時の破堤氾濫によるリスク解析結果を参考に、まちづくりの側からの主体的な検討が必要となる。例えば、流域自治体を中心とする流域協議会などが、検討の場として考えられ、その中に河川管理者も加わることになる。
4. 浸水ポテンシャルのある地域は、その置かれている状況に応じて、広域から小地域、ソフトからハードまでの多様な対応策が考えられる。それらには、まちづくり計画、建築計画、河川計画、水防計画、避難計画・情報といった浸水危険地域のインフラの根本的な在り方、多重防御から小規模な対応で済むものまで多様である。

5. 水害リスクが明らかになると、大規模水災害に対して水害保険や税制などの新しいリスクファイナンス施策も他の施策と同様に考える必要が生じつつある。

- ・水害保険はこれまで何度も適用が検討されてきたが、実現を見ることはなかった。今日、気候変動や激しい水災害多発の中で、また、少子・高齢化、財政状況の悪化、地方の縮退化等、検討当時と環境が大きく異なっている。水害を受けたときに水害保険などによって、住民は自らの住宅等の復旧費用を用意することも考えなければならなくなっている。
- ・水害保険が実施に向かうとすれば、国は、イギリス、フランス、ドイツ、スイス、アメリカなど洪水保険の先進国から制度を学び、保険加入者が多くなるようインセンティブがあり、料率や逆選択等、保険の継続が困難に陥らないように損害保険会社と共に制度をしっかりと作るようにしなければならない。このための水害保険等の適用性についての研究会の立ち上げを望みたい。

以上の他にも気候変動に適応した治水対策の在り方の論ずべき課題は多いが、ここでは、水害リスク分析に絞って議論した。