

# 洪水に関する気候変化の 適応策検討ガイドライン

【日本語版】



2010年10月

River Bureau  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



# も く じ

<b>1</b>	<b>概説</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1	ガイドラインの目的 . . . . .	1
1.2	適応策検討の基本的な考え方 . . . . .	1
1.2.1	PDCA サイクルによる順応的な対応 . . . . .	2
1.2.2	適応策の検討対象とする年次 . . . . .	3
1.2.3	検討の主な流れ . . . . .	4
1.3	不確実性の扱い . . . . .	5
<b>2</b>	<b>気候変化とその影響の把握</b> . . . . .	<b>7</b>
2.1	既往降雨等のデータの収集・整理 . . . . .	7
2.2	将来の降雨の予測 . . . . .	10
2.2.1	気象外力の設定 . . . . .	10
2.2.2	温暖化シナリオの設定 . . . . .	10
2.2.3	気候モデルの選定 . . . . .	12
2.2.4	ダウンスケーリング . . . . .	13
2.2.5	雨量統計解析 . . . . .	16
2.3	海面水位上昇の予測 . . . . .	17
2.4	流域データ等の収集・整理 . . . . .	18
2.5	ハザード、脆弱性、リスクの把握 . . . . .	19
2.5.1	ハザード、脆弱性、リスクの把握の重要性 . . . . .	19
2.5.2	ハザード、脆弱性、リスクの把握のための条件設定 . . . . .	20
2.5.3	ハザード、脆弱性、リスクの分析手法 . . . . .	20
<b>3</b>	<b>適応策の検討</b> . . . . .	<b>29</b>
3.1	治水対策の目標の設定 . . . . .	29
3.2	適応策の最適な組合せ . . . . .	30
3.2.1	施策メニュー . . . . .	30
3.2.2	目標に応じた適応策の適正な組合せの基本的な考え方 . . . . .	44
3.2.3	適応策の組合せの立案と評価 . . . . .	45
3.2.4	適応策の組合せの選定 . . . . .	45
3.3	適応策の実施手順の検討 . . . . .	46
3.3.1	実施手順の複数案の立案と検討の考え方 . . . . .	46
3.3.2	実施手順の評価 . . . . .	46
3.3.3	実施手順の策定（ロードマップの作成） . . . . .	46
<b>4</b>	<b>モニタリング</b> . . . . .	<b>47</b>

## はじめに

人間活動に起因する地球温暖化に伴う気候変化（一般に気候変動と訳されているが、本ガイドラインでは以下「気候変化」という。）は、その予想される影響の大きさと深刻さから見て、人類の生存基盤そのものに影響を与える重要な課題である。その影響は広範囲に及び、大雨の頻度増加、台風の激化、海面水位の上昇等により、洪水等の強度と頻度の増加が懸念されている。

気候変化に関する政府間パネル（IPCC）（以下「IPCC」という。）の第4次評価報告書では、CO<sub>2</sub>等温室効果ガスの削減を中心とした温暖化の「緩和策」には限界があり、「緩和策」を行ったとしても気温の上昇は数世紀続くことから、温暖化に伴う様々な影響への「適応策」を講じていくことが「緩和策」と同様に重要であることが指摘されている。

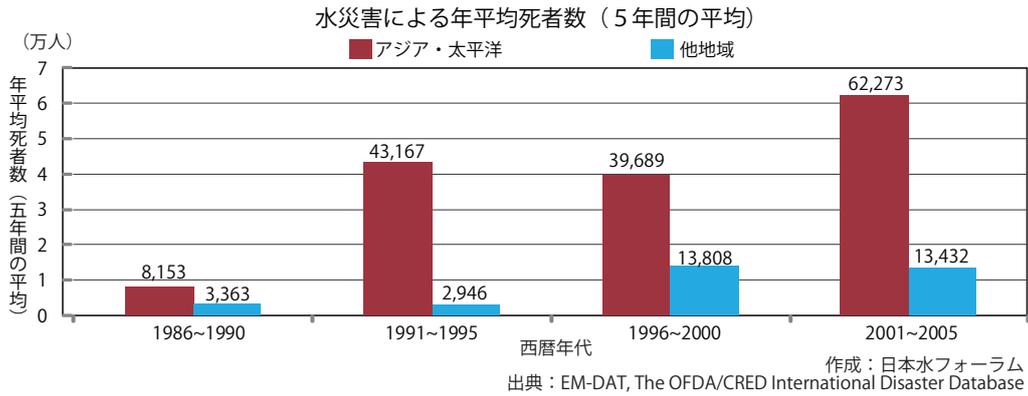
気候変化に起因する洪水の強度と頻度の増加等は、地球規模の課題であり、地域によって影響の有無や度合は異なるものの、世界共通の課題である。その中でも、特にアジア・大洋州地域には、モンスーンアジアという気候条件や沖積地を生産・生活の基盤としているという土地条件が我が国と類似している地域が多く、このような地域で気候変化への適応を図るためには、国、地方、コミュニティなど様々

なレベルにおいて、政策決定者、実務者、市民、企業、科学者等幅広い関係者の理解と適応のための能力向上が重要である。

本ガイドラインは、我が国のこれまでの経験、施策、技術を踏まえて、気候変化に起因する洪水の強度と頻度の増加に対する適応策の検討手順の枠組みを示すものであり、アジア・大洋州地域を始めとする社会経済の発展及び人口の増加に伴う都市域の拡大や市街地の高度利用の進展が予測され、沖積地を生産・生活の基盤とし、治水対策が整備途上である国等における流域を単位とする河川や水資源の管理主体の実務者を主たる対象として作成するものである。

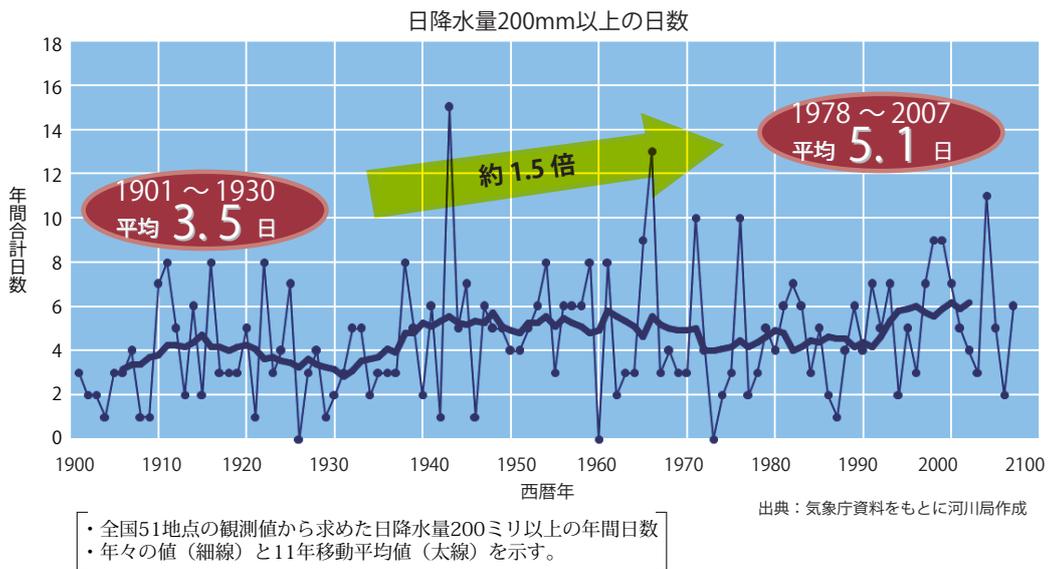
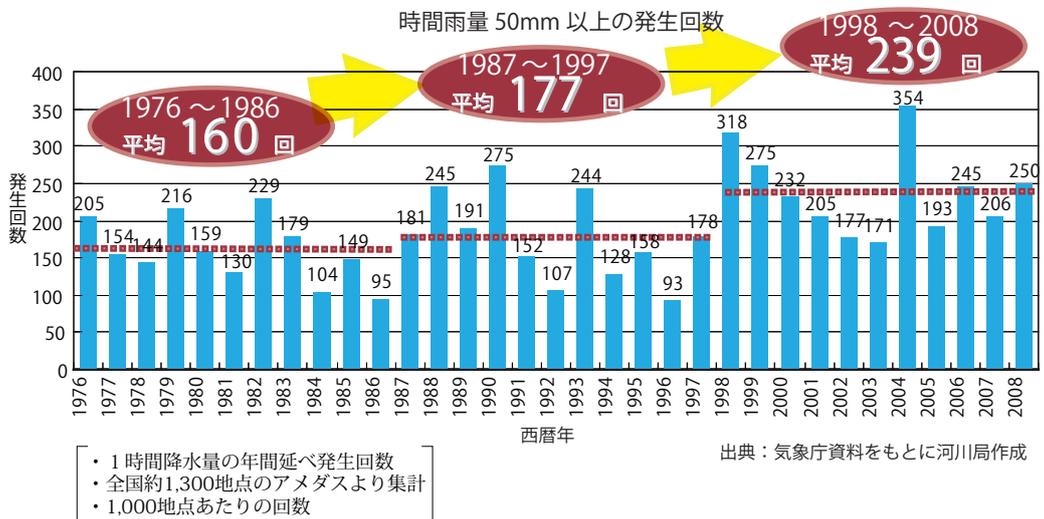
また、本ガイドラインでは、洪水の増大を引き起こす現象として、降水量の増加又は海面水位の上昇を取り扱うものとする。特に、気候変化への適応に際しては、これまでの洪水管理に関するガイドラインとは比重が異なり、降雨等の気象外力を見積もる手法が重要であるため、本ガイドラインでは、気象外力の設定に関する部分を充実させた構成としている。

このたび、ガイドラインをとりまとめましたが、引き続きガイドラインの充実を図り、多くの国等の適応策検討に寄与するよう努めていく所存である。

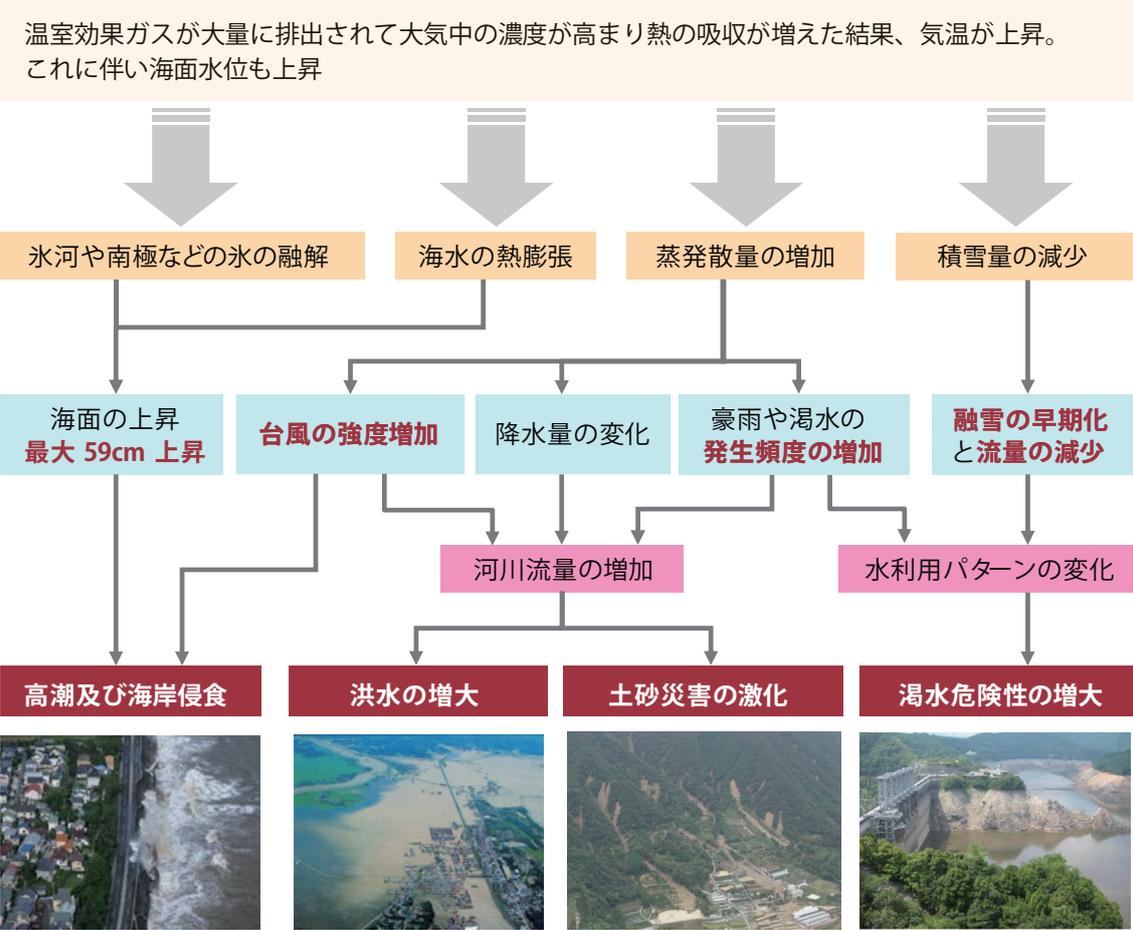


図Ⅰ 世界における水災害による被害

近年の水災害による死者数は、1年あたり数万人に達する（その80%以上はアジア・太平洋地域に集中）



図Ⅱ 極端な気象現象の増加



図Ⅲ 地球温暖化が水分野にもたらす脅威

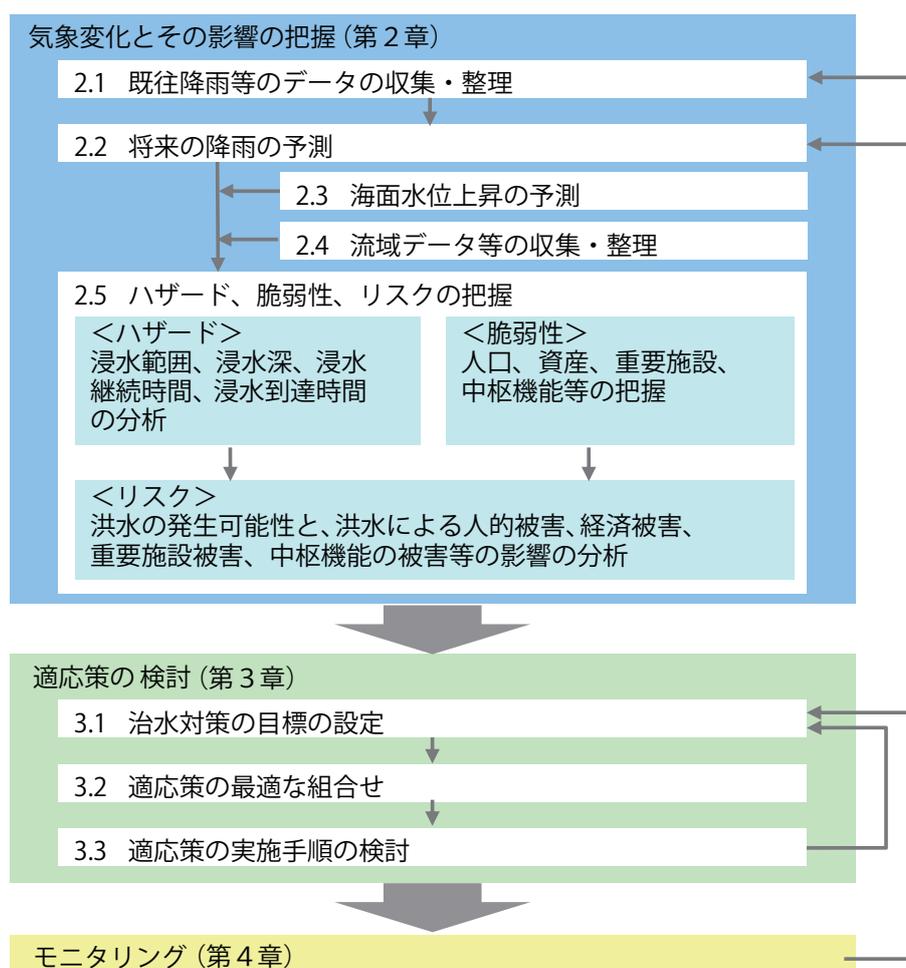
# 1. 概説

## 1.1 ガイドラインの目的

本ガイドラインは、気候変化に起因する洪水（高潮は含まない。）の強度と頻度の増加に対する適応策の検討手順の枠組みを示すものであり、アジア・大洋州地域を始めとする社会経済の発展及び人口の増加に伴う都市域の拡大や市街地の高度利用の進展が予測され、沖積地を生産・生活の基盤とし、治水対策が整備途上である国等を主たる対象とするものである。

## 1.2 適応策検討の基本的な考え方

本ガイドラインは、以下の流れで検討を行う。



## 1.2.1 PDCAサイクルによる順応的な対応

本ガイドラインで示す手法に基づいて策定された適応策は、気候変化状況のモニタリング結果や予測精度の向上に応じて、PDCA サイクルで見直しを実施することにより「順応的に」対応していくことが重要である。

なお、ここでいうPDCA サイクルは、適応策の実施状況（Do）に基づいたチェック（C）に加えて、気候変化の状況等をモニタリングにより把握した結果等を踏まえて行うチェック（C）も含んでいる。このため、PDCA サイクル実施時には、気候変化に関する最新の知見、人口や土地利用の変化などの社会状況、治水施設の整備状況やその後の投資余力等を十分に考慮する必要がある。

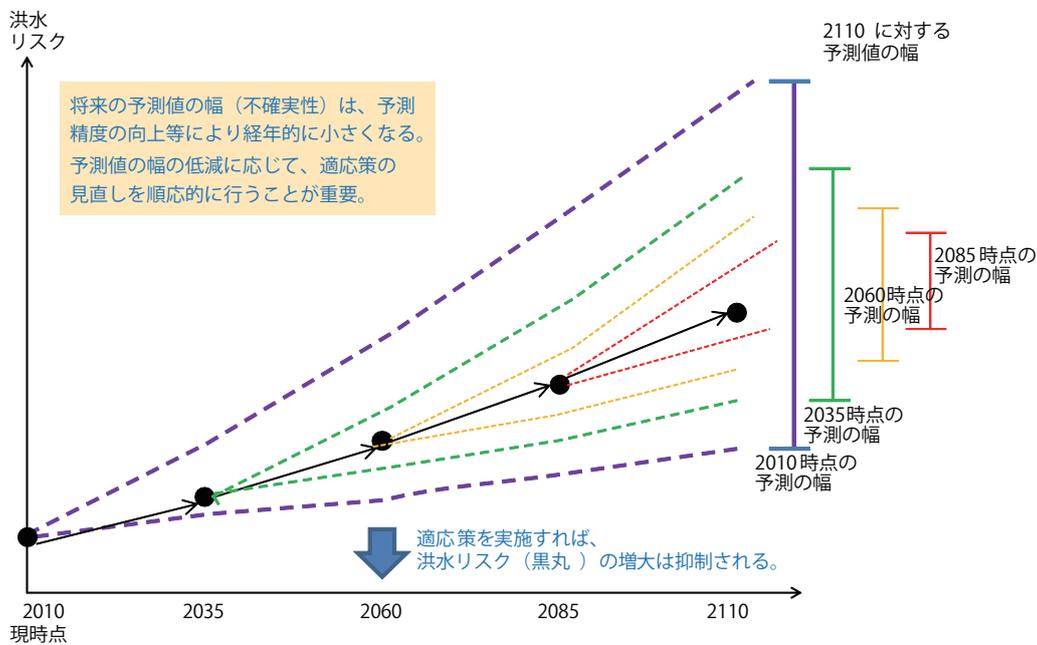


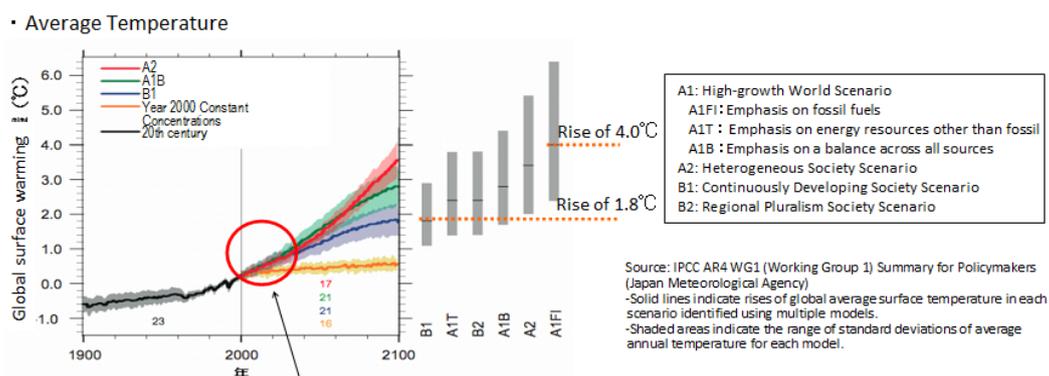
図1-1 「不確実性」への対応の概念図

## 1.2.2 適応策の検討対象とする年次

治水対策は長期的な視点をもって検討することが重要であり、気候変化に関する予測が提供されている年次等を踏まえ、長期的な影響を考慮する対象年次（例えば、100年後）を設定し、適応策を検討することが必要である。ただし、例えば100年後の年次では、温暖化シナリオによって予測結果が大きく変わるため、1.3で述べる不確実性の扱いに留意することが必要である。

一方、20～30年後程度の年次では、2.2.3で述べる温暖化シナリオによる全球平均気温の予測結果の差は小さいことが判明している。このため、長期的な影響を考慮しつつ、当面の間の影響に対する具体的な適応策を検討し、着実に実施するために、20～30年後程度の適当な対象年次を設定することが現時点では有効と考えられる。

このように、適応策の検討に当たっては、必要に応じ、検討の対象とする年次を段階的に設定し、手戻りのない対策を検討することが重要である。



20～30年後程度の年次では、温暖化シナリオによる予測結果の差は比較的小さい。

(20～30年後、地球規模での平均的な気温上昇は、温暖化ガスの排出が制御されたとしても、0.6-0.8℃上昇すると推定できる。

図1-2 適応策の検討対象とする年次

今後20年の間、地表面の気温は十年で0.2℃のペースで上昇し、今から100年後には、1.8～4.0℃上昇すると予測されている。また、20～30年後の気温上昇は0.6～0.8℃と予測されており、温暖化シナリオによる予測結果の差は比較的小さい。

よって、現時点で当面の間の影響に対する具体的な適応策を検討・実施するためには、20～30年後程度を対象年次とすることが有効と考えられる。

---

### 1.2.3 検討の主な流れ

前述のフローチャートのとおり、本ガイドラインでは、気候変化とその影響を把握し、それを踏まえて適応策の検討を行い、それを 1.2.1 で述べたようにモニタリング結果や予測精度の向上に応じて見直しを行う PDCA サイクルによって順応的に対応していく方法を示している。

気候変化とその影響の把握に関しては、まず、地上雨量観測、レーダ雨量観測、衛星雨量観測等によって降雨データの収集・整理を行う。次に、将来の社会経済変化を想定した複数の温暖化シナリオのうち、検討するシナリオを適切に設定し、全球気候モデル（GCM）等の気候モデルによる予測結果から、ダウンスケーリング（空間細分化）を行い、雨量統計解析等を行って、検討に必要な降雨の予測を行う。このようにして得られる予測は、様々な不確実性を伴っていることに留意して適切な手法を用いることが重要である。

さらに、海面水位上昇の予測や流域、河川、氾濫域に関するデータの収集・整理を行う。

次に、氾濫域のハザード、脆弱性、リスクの把握を行う。ハザード、脆弱性、リスクの把握は、洪水が引き起こす災害の種々の様態に関わるハザード、脆弱性、リスクが現況から将来にどのように変化するかを分析することによって、適応策の検討等の基礎的情報とするものである。

具体的には、まず降雨等の外力、評価対象年次、治水施設の整備状況等の条件を設定し、流出解析、河道内洪水伝播計算、氾濫解析等を行い、河川の流量、水位、氾濫域内の浸水範囲、浸水深の時間的变化や浸水継続時間等を分析する。

次に、評価対象年次に合わせた社会経済条件を設定し、氾濫域における人口、資産、重要施設、中枢機能等を把握する。

これらの結果を踏まえ、対象とする洪水の発生可能性と、氾濫ブロックごとの人的被害（死者数等）、経済被害、重要施設被害、中枢機能の被害等の影響について把握し、評価を行うのが一般的である。

適応策の検討を行う上では、目標とする年次に向けて、どのような考え方で治水対策を実施するのか、大まかな目標を設定することが必要である。その目標の達成に向けて複数の施策メニューを立案し、それらに対しリスク分析等によって被害軽減効果、コスト、地域社会・環境等への影響、実現性等について総合的に評価を行い、適応策の組合せを選定する。さらに実施手順を検討し、ロードマップを作成する。

これらの過程において、必要に応じて関係住民等の意見を反映させる措置を講じていく。

このような手法で策定された適応策については、モニタリング結果や予測精度の向上に応じて見直しを行うPDCAサイクルによって順応的に対応していく。

洪水の原因となる気候には、降雨によるもののほか、氷河湖の決壊や雪解け水による流量の増加があり、また氷結した流水が堤防を損傷したり流水をせき止めたりする場合もある。これらの現象の予測に関するモデルや統計的なデータ等による解析が可能な場合には、ハザードの対象として検討する。

### 1.3 不確実性の扱い

一般的に、気候変化予測、水文・水理計算、氾濫計算等の手法は、力学的又は統計的な理論に基づいて構築された計算手法であり、計算結果には不確実性が伴うため、それぞれの手法において、再現性の高い解析手法を適切に選択し、現象の再現性や精度について確認を行うことが必要である。

流出計算に際しては、流域の地形特性に加え各計算手法の特徴や用いるデータの精度等を考慮して適切なモデルを選択し、実測された降雨量と流出量を用いてモデルの同定を行うことを原則とする。

また、氾濫解析に際しては、氾濫特性や氾濫域の地形特性に加え、各手法が再現できる内容や計算時間、要求される精度等を考慮して手法を決定し、過去の浸水実績の再現性を確認することが重要である。

なお、再現性や精度の程度については、シミュレーションの目的、各解析手法の特性、用いるデータの精度等を踏まえつつ、リスクの把握や適応策検討に用いるための信頼性を確保することが必要である。

---

気候変化予測に係る不確実性としては、第一に、温暖化シナリオそのものの不確実性があげられる。これは、温暖化シナリオとして複数のケースが設定されていることから明らかである。次に、全球気候モデルを用いた予測にあたっての不確実性があげられる。これは、全球気候モデル間で、予測結果に差異が生じる可能性があることによる。さらに、全球気候モデルによる予測結果をもとに、河川流域スケールの降雨の分布を再現・予測するダウンスケーリングにあたっての不確実性があげられる。これは、ダウンスケーリング手法の違いによって実際の流出解析に用いる降雨の時空間分布の将来予測値に差異が生じることによるものであるが、この不確実性は、全球気候モデル間での不確実性と比べて小さいと考えられている。その他に、氾濫域における脆弱性（人口・資産等）の将来変化予測の不確実性があげられる。このため、リスクの把握や適応策の検討を行う際には、これらの不確実性が存在することをあらかじめ理解しておく必要がある。

気候変化予測において検討すべき主な不確実性の中で、温暖化シナリオや氾濫域における脆弱性の変化予測の不確実性については、複数存在するこれらの変化予測（シナリオ）をどう想定するか、すなわち、シナリオの選定によって考慮するのが現実的な方策と考えられている。一方、気候モデル等における不確実性については、いくつかのモデルを組み合わせるアンサンブル予測手法等を用いることで、合理的に不確実性の幅を見積もる手法が提案されている。これらの方策について、第2章に詳述する。いずれにしても、気候変化予測の検討に投入できる時間・費用の制約等を考慮しつつ、それぞれの段階で適切な検討ケースを複数設定しながら検討を進めていくことが望ましい。

## 2. 気候変化とその影響の把握

### 2.1 既往降雨等のデータの収集・整理

現況の治水安全度や既往の計画の治水安全度、気候変化の有無による差異や変化等について検討するために、長期にわたる均質な品質の降雨データを収集・整理することが重要である。また、これらのデータは、後述する全球気候モデル (GCM) やダウンスケール・バイアス補正による現況の再現計算結果を検証・確認しておくためにも重要である。

雨量の観測には、一般に地上雨量観測、レーダ雨量観測、衛星雨量観測による方法等がある。

洪水をもたらす総降雨量及び降雨の時空間分布について、安定した品質の長期データを収集する観点から、流域のスケールに応じて地上雨量計を適切に設置した観測ネットワークによる降雨観測資料を得ることが望ましい。しかし、地上雨量計ネットワークが不十分である場合は、レーダ雨量計や衛星雨量データによって降雨の空間分布を内挿して補完することを検討する必要がある。その場合、レーダ雨量や衛星雨量の特性を理解した上で活用することが重要である。

また、降雨データには、紙に記載された過去のデータが比較的長期間存在する場合があるため、これらのデータを電子化して活用することも当該地域の降雨特性の把握等に有効である。

#### 【参考】APHRODITEについて

アジア地域を中心に電子化された長期日降水量データベースとして、日本の総合地球環境学研究所と気象庁気象研究所が作成している APHRODITE と呼ばれる日降水量グリッドデータベースがある。

これは、日単位の地上雨量計観測データについて、紙資料のまま眠っているデータも含めて収集し、1951年から2007年の57年間の期間について0.25度メッシュ雨量として整理したものである。

(<http://www.chikyu.ac.jp/precip/index.html>)

## 【参考】IPCC第4次評価報告書における気候変化に関する記述

2007年2月から順次公表されたIPCC第4次評価報告書において、気温や海面水位などの変化及びその影響に関して、以下のとおり記述されている。

(気候変化とその影響に関する観測結果)

- 気候システムの温暖化には疑う余地がない。このことは、大気や海洋の世界平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されていることから今や明白である。
- 過去100年間(1906年～2005年)の線形の昇温傾向は100年当たり0.74 [0.56～0.92] °Cである。
- 海面水位の上昇は温暖化と整合性がある。世界平均海面水位は、熱膨張、氷河や氷帽の融解、極域の氷床の融解により、1961年以降、年平均1.8 [1.3～2.3] mmの速度で上昇し、1993年以降について言えば、年当たり3.1 [2.4～3.8] mmの速度で上昇した。1993年から2003年にかけての海面水位上昇率の増加が10年規模の変動あるいは、より長期的な上昇傾向を反映しているのかは不明である。
- 降水量は、1900年から2005年にかけて、南北アメリカの東部、ヨーロッパ北部、アジア北部と中部でかなり増加した。一方、サヘル地域、地中海地域、アフリカ南部や南アジアの一部では減少した。1970年代以降、世界的に干ばつの影響を受ける地域が拡大した可能性が高い。
- ほとんどの地域において、大雨の発生頻度が増加している可能性が高い。極端な高潮位の発生についても、1975年以降全世界的に増加している可能性が高い。
- 雪、氷及び凍土の変化が、氷河湖の数と規模の拡大、山岳地域及びその永久凍土地域における地盤の不安定化、北極及び南極のいくつかの生態系における変化をもたらしたことの確信度は高い。
- 氷河や雪解け水の流れ込む河川の多くで、流量増加と春の流量ピーク時期の早まりにより影響を受けていることの確信度は高い。

(予想される気候変化とその影響)

- 21世紀末における世界平均地上気温(1980-1999年を基準とした2090-2099年における差(°C))は、最良の見積もりで、環境の保全と経済の発展が地球規模で両立する社会を想定したシナリオでは、1.8°C、最も排出量が多いシナリオで4.0°Cと予想される。
- 21世紀末における海面水位の上昇(1980-1999年を基準とした2090-2099年における差(m))は、最も温室効果ガスの排出が少ないシナリオで0.18～0.38 m、最も排出量が多いシナリオで0.26～0.59 mと予想される。

- 極端な高温や熱波、大雨の頻度は引き続き増加する可能性がかなり高い。
- 熱帯低気圧の強度が増大する可能性は高い。世界的に熱帯低気圧の発生が減少することの確信度は低い。
- 温帯低気圧の進路の極方向への移動と、それに伴う、風・降水量・気温の分布が移動する。
- 降水量は、高緯度地域では増加する可能性が高く、一方、ほとんどの亜熱帯陸域において減少する可能性が高い。これは、観測された最近の変化傾向を継続するものである。
- 今世紀半ばまでに、世界の年間河川流量及び利用可能性は高緯度地域において増加し、中緯度地域と熱帯のいくつかの乾燥地域において減少する。半乾燥地域では気候変化による水資源の減少に苦しむだろう。
- 極端な気象現象の頻度と強度の変化及び海面水位上昇は、自然及び人間システムに、主に悪影響を及ぼすと予想される。

## 〔アジア〕

- 2050年までに、淡水の利用可能性は、中央・南・東・東南アジア、特に大規模河川の流域において減少すると予想される。
- 沿岸域、特に人口が集中する南・東・東南アジアのメガデルタ地域において海からの、いくつかのメガデルタ地域においては河川からの、浸水リスクが最も高くなるだろう。
- 急速な都市化、工業化、経済発展に関連する天然資源・環境への圧力に気候変化が複合されると予想される。
- 主に洪水と干ばつに関連して発生する下痢は、水循環のサイクルにおいて罹患率と死亡率を増加させると予想される。

## 〔小島嶼国〕

- 海面水位の上昇は、浸水、嵐による高潮、侵食や他の沿岸域の危険性を進行させ、必要不可欠な島嶼国の社会を支えるインフラ・居住域・施設を脅かす。
- 沿岸の条件の衰退、例えば砂浜の侵食・サンゴの白化は、地域の資源に影響を及ぼすと予想される。
- 21世紀半ばには、気候変化は多くの小島嶼国、例えばカリブ海や太平洋において、降水量の少ない時期の水需要を満たすのに不十分になってしまうまでに水資源を減少させると予想される。

※ 角括弧の中の数字は最良の評価を挟んだ90%の信頼区間を示す。値が与えられた範囲を上回る可能性と値が範囲未満となる可能性がそれぞれ5%ある。信頼区間の幅は、対応する最良の評価に対して必ずしも対象とは限らない。

---

## 2.2 将来の降雨の予測

### 2.2.1 気象外力の設定

リスクの把握や適応策の検討を行うために使用する降雨は、2.2.2 から 2.2.5 で述べるように各段階における不確実性に考慮しつつ、将来の社会経済変化を想定した複数の温暖化シナリオのうち、検討するシナリオを適切に設定し、全球気候モデル（GCM）等の気候モデルによる予測結果から、ダウンスケーリングを行い、雨量統計解析を行うこと等によって、ある幅をもった値として適切に設定する。

### 2.2.2 温暖化シナリオの設定

将来の降雨の予測を行うためには、温暖化のシナリオを適切に設定することが重要である。温暖化のシナリオは、温室効果ガス排出削減に関する世界的な取り組みによって変化することに留意が必要である。

温暖化シナリオについては、20～30年の近未来の予測ではシナリオによる影響が小さく予測結果に大きな差が見られないため、検討するシナリオの数を少なくすることが可能であるが、100年程度の長期的な予測ではシナリオによって予測結果が大きく変わるため、多くのシナリオで検討を行うことが望ましい。

IPCC 第4次評価報告書では、将来の社会経済変化を考慮して

A1：高成長型社会シナリオ

A1FI：化石エネルギー源を重視

A1T：非化石エネルギー源を重視

A1B：各エネルギー源のバランスを重視

A2：多元化社会シナリオ

B1：持続的発展型社会シナリオ

B2：地域共存型地域シナリオ

が検討に用いられている。

これらのシナリオは、人口、経済活動、技術発展、エネルギーなどの点で、どのような社会となるかを想定し、それに対応して二酸化炭素等の排出量及び気温上昇等を定量的に予測するものであり、これらのシナリオの予測に不確実性が伴うことに留意することが必要である。

ただし、現状においては、全てのシナリオに対して気温上昇や降雨等の気候変化に対する情報が十分に提供されているわけではない。検討に時間や費用を要すること等から、これまで多くの地球温暖化予測実験で A1B、A2、B2 シナリオの 3 種が用いられた。さらにこの中で、A1B が温暖化影響予測や適応策の検討において用いられていることが多い。

### 【参考】IPCC第5次評価報告書におけるシナリオ設定について

IPCC 第 3 次及び 4 次評価報告書のための地球温暖化予測に用いられてきた SRES (Special Report on Emission Scenarios) に代わって、第 5 次評価報告書のための新しいシナリオが開発された。これまでは、逐次的に排出・社会経済シナリオ、気候シナリオ、影響シナリオの順で独立に行われていたシナリオ開発の方法自体が変更され、共同で平行して実施することになった。最初に、温室効果の強さのシナリオである代表的濃度シナリオ (Representative Concentration Pathways ; RCP) が決定された。RCP は、2100 年時点での放射強制力で、8.5W/m<sup>2</sup>、6W/m<sup>2</sup>、4.5W/m<sup>2</sup>、2.6W/m<sup>2</sup> の 4 つであり、これを基に、排出・社会経済シナリオと気候シナリオの予測が行われる。RCP の下で、大気海洋結合モデルや、炭素循環やエアロゾル循環なども含んだ地球システムモデルで、地球温暖化予測（気候シナリオの予測）が行われる一方、詳細な土地利用シナリオも提供されることになっている。一つの RCP 放射強制力に対しても様々な社会経済シナリオを考えることができる。

表2-1 AR5で用いられる 代表濃度シナリオ(RCP)

名前	2100年放射強制力	シナリオの種類
RCP8.5	2100年に8.5 W/m <sup>2</sup>	上昇
RCP6	2100年以降6.0W/m <sup>2</sup> で安定	オーバーシュートせずに安定化
RCP4.5	2100年以降4.5W/m <sup>2</sup> で安定化	
RCP2.6	2100年より前に2.6 W/m <sup>2</sup> のピークに達し、その後減少	ピークに達した後、減少

参考：

<http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tnt/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=welcome>

<http://www.aimes.ucar.edu/docs/IPCC.meetingreport.final.pdf>

---

## 2.2.3 気候モデルの選定

適応策を検討していく上では、将来降雨の予測を行うことが必要である。その際、全球気候モデル（GCM）が用いられることが多い。全球気候モデル（GCM）は

- ・ 大気大循環モデル（Atmospheric General Circulation Model：AGCM）
- ・ 海洋大循環モデル（Ocean General Circulation Model：OGCM）
- ・ 大気海洋結合気候モデル（Atmospheric Ocean General Circulation Model：AOGCM）

の3種類がある。気候変化に海洋が与える影響が大きいことから、気候変化予測シミュレーションは大気海洋結合気候モデル（AOGCM）により実施されているのが一般的である。

なお、全球気候モデル（GCM）によって出力される気温、降水量などの再現値及び予測値は、空間的に大循環スケール（100～400km）を代表したものである。このスケールでは数km～数10kmスケールの現象である対流性降雨を直接予測することは困難であるため、大規模現象から小規模現象の構造を推定するパラメタリゼーションによる計算が行われる。パラメタリゼーションは乱流や積雲対流の効果をマクロに表現する手法であり、その手法によって雲や水に関わる物理過程の再現に差が生じる。このため、全球気候モデル（GCM）の気候変化予測結果は、地域によってはモデル間で大きな差異が生じることも稀ではなく、不確実性を内包していることに留意する必要がある。また、モデルの中には、例えば梅雨前線のような当該地域特有の気象現象を的確に再現できないものもある。したがって、洪水をもたらす豪雨の変化傾向を予測する場合には、当該地域特有の降雨現象を的確に再現できる複数の全球気候モデル（GCM）の予測計算結果を用いることが重要となる。

## 2.2.4 ダウンスケーリング

2.2.3 で述べた全球気候モデル（GCM）が抱える課題のうち、主に空間スケールの大きさに起因した課題を克服するためには、全球気候モデルによる予測結果をもとに、河川流域スケールの降雨の分布を再現・予測することが必要となる。この作業はダウンスケーリングと呼ばれている。ダウンスケーリングの手法は、統計的ダウンスケーリングと力学的ダウンスケーリングの2種類に大別される。

統計的ダウンスケーリングと力学的ダウンスケーリングには、それぞれ長所・短所があるため、検討の目的、対象とする水文量、検討に費やすことのできる時間や費用等を勘案しながら、どのような手法を用いるか総合的に判断すべきである。

降雨分布のダウンスケーリングにおける時空間分解能は、対象とする流域の流域特性、既往の流出解析の精度、把握しようとするリスクの内容等に留意して適切に設定することが重要である。一般に河川の流出解析では、降雨の分解能が数 km ～数十 km メッシュのデータで計算し、精度や再現性を確保することが多い。

### A) 統計的ダウンスケーリング

統計的ダウンスケーリングは、過去から現在に至る気象・水文実測値と全球気候モデル（GCM）による気象・水文計算値との間を統計的手法（例えば多変量解析）によって関係づけ、その関係が将来にわたって適用可能であると仮定する手法である。過去の気圧配置等のパターンと目的量との関係を利用する方法、複数の気象要素と目的量との関係について重回帰分析により関係式を構築する方法等がある。なお、後述するように、統計的ダウンスケーリングは、一般公開されている全球気候モデル（GCM）計算結果のほとんどを検討対象とすることができる手法である。

## B) 力学的ダウンスケーリング

力学的ダウンスケーリングは、全球気候モデル（GCM）の出力を境界条件として、気象力学方程式に基づく地域気候モデル（RCM）によって対象領域周辺の再計算を行うことによりダウンスケールする物理モデル手法である。熱帯・モンスーン地域における降水予測には、積雲対流を適切に記述できる非静力学平衡の RCM が望ましい。

### Regional Climate Models

	GCM20 (General Circulation Model)	RCM20 (Regional Climate Model)
Areas to be Calculated	Entire globe	Japan and surrounding areas
Horizontal Resolution	About 20 km Number of meshes 1920 x 9960	About 20 km Number of meshes 129 x 129
Number of Vertical Layers	60 layers	36 layers
Lateral Boundary Conditions	N/A, as this is a global scale mode.	Climate model for Asia

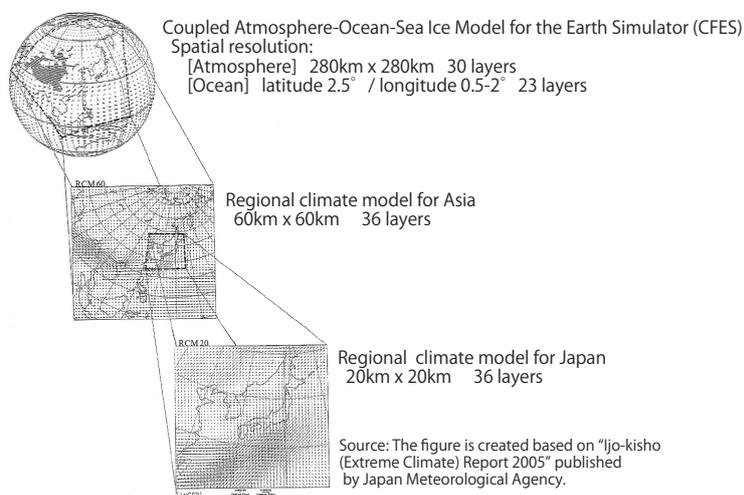


図2-1 力学的ダウンスケーリングの概念図

シミュレーションモデルによって、地域レベルにダウンスケーリングした予測が可能

## C) メリット・デメリット

### バイアス補正について

ダウンスケーリングによる再現計算結果と観測値との差異が大きい場合は、統計的に補正調整する必要がある。これをバイアス補正と呼ぶ。

具体的には、現況における観測データをもとに補正式を経験的にあらかじめ作成して適用する。このため、統計的ダウンスケーリングの時空間スケールが、河川流域内で得られている観測値の時空間スケールと同じ場合は、統計的ダウンスケーリングはバイアス補正と同一視することができる。一方、気象力学との整合性を重視する力学的ダウンスケーリングにおいては、それだけでは観測値との整合性は担保されないため、別個にバイアス補正の必要性の有無を検討する必要がある。

### 統計的ダウンスケーリングの特徴

#### <長所>

- 1) 実測値との関係性を定量的に直接最適化し同定することを基本としていることから、そこでのダウンスケーリングそのものがバイアス補正の効果をもたらし、結果的に不確実性が低くなることが期待される。
- 2) 力学的ダウンスケーリングに比べて迅速かつ効率的に、目的とする結果を得ることができ、検討に要する時間や費用が小さい。
- 3) ダウンスケーリングにおいて必要となる全球気候モデル（GCM）計算値への要求も小さいため、一般公開されている全球気候モデル（GCM）計算結果のほとんどを検討対象として選択することが可能であり、検討元データの入手可能性が高い。

#### <注意を要する点>

- 1) 現況での検証結果から得られた経験的（統計的）関係式が将来にわたって適用可能であるという仮定に伴う不確実性や技術的課題が残る。
- 2) 水文量の実測値の観測密度そのものがダウンスケーリングの基礎であることから、観測データよりも細かい時空間スケールでの水文量を自由・柔軟に抽出することは一般的に難しい。なお、日単位の観測データしか得られない地域において、統計的処理により時間単位の水文量を推定する手法も研究されてきており、ダウンスケーリングの精度を考慮したうえで、必要に応じて、このような手法の利用も検討する。

---

## 力学的ダウンスケーリングの特徴

### <長所>

- 1) 気象力学方程式に基づくダウンスケーリングであり、そこで用いられている関係式は、将来においてもそのまま適用できる蓋然性が高い。
- 2) 様々な時空間スケールでの物理量を計算結果から直接自由に抽出可能。

### <注意を要する点>

- 1) 統計的ダウンスケーリングに比較して、バイアス補正が必要となる場合が多い。
- 2) 力学的ダウンスケーリングのためのネスティング計算を行うために必要となる初期・境界条件を決めるための必要十分な計算結果を記録・提供している全球気候モデル（GCM）計算事例が比較的少ない上、計算に要する負荷が非常に大きいため、現状ではデータ利用可能性が低い。但し、力学的ダウンスケールを可能とする計算結果を出す第5期結合モデル相互比較計画（CMIP5）が現在進められており、2010年の秋には、力学的ダウンスケールに必要な計算結果が公開される予定である。

## 2.2.5 雨量統計解析

2.2.4 で得られる降雨データをもとに雨量統計解析を行い、超過確率に対応した検討対象雨量を算出することが一般的である。

具体的には、1.3 で述べたように、全球気候モデル間の不確実性がダウンスケーリング手法の違いによる不確実性よりも大きいと考えられるため、2.2.3 において選定された複数の全球気候モデルの計算結果を用いて複数の境界条件を設定し、2.2.4 で述べたダウンスケール計算を行うことで、流出解析に必要な降雨の時空間分布の将来予測値を不確実性の幅を含めて算出することが可能と考えられている。このように、複数の異なる入力条件（ここでは境界条件）での計算を行うことによって、不確実性の幅を検討する手法は、アンサンブル予測と呼ばれている。この際、また、ダウンスケーリングに内在する不確実性も考慮するため、複数のダウンスケーリング手法を用いることも考えられる。

## 2.3 海面水位上昇の予測

気候変化によって海面水位が上昇することが予測されている。リスクの把握や適応策を検討する場合に、海面水位の予測結果を河道内洪水伝播計算や氾濫解析の河口部の境界条件等として使用する。

2.2.2 で述べたように、温暖化シナリオについては様々なシナリオがあり、これらのシナリオに基づいて海面水位の上昇の予測が行われている。また、地域気候モデルによって海面水位の予測が行われている場合もある。

海面水位の予測についても、シナリオの設定や計算モデルに不確実性があることに留意し、予測結果を適切に選定して評価や検討に用いることが重要である。

カテゴリー	二酸化炭素安定化濃度 (2005年= 379ppm) <sup>b</sup>	温室効果ガス安定化濃度 (二酸化炭素換算) (エーロゾル含む) (2005年= 375ppm) <sup>b</sup>	二酸化炭素排出がピークを迎える年 <sup>a,c</sup>	2050年における二酸化炭素排出量の変化 (2000年比のパーセント) <sup>a,c</sup>	気候感度の“最良の推定値”を用いた平衡時の世界平均気温の工業化以降からの上昇 <sup>d,e</sup>	熱膨張のみに由来する平衡時の世界平均海面水位の工業化以降からの上昇 <sup>f</sup>	評価されたシナリオの数
	ppm	ppm	西暦	%	°C	m	
I	350~400	445~ 490	2000~2015	-85 ~ -50	2.0~2.4	0.4~1.4	6
II	400~440	490~ 535	2000~2020	-60 ~ -30	2.4~2.8	0.5~1.7	18
III	440~485	535~ 590	2010~2030	-30 ~ +5	2.8~3.2	0.6~1.9	21
IV	485~570	590~ 710	2020~2060	+10 ~ +60	3.2~4.0	0.6~2.4	118
V	570~660	710~ 855	2050~2080	+25 ~ +85	4.0~4.9	0.8~2.9	9
VI	660~790	855~1130	2060~2090	+90 ~+140	4.9~6.1	1.0~3.7	5

注釈:

- ここで評価される緩和研究に報告された特定の安定化レベルに達するための排出削減量は、考慮されていない炭素循環フィードバックのせいで、過小評価されているかもしれない。
- 大気中CO<sub>2</sub>濃度は2005年時点で379ppmであった。2005年における長寿命の温室効果ガスのすべてを対象とした、CO<sub>2</sub>換算濃度の最良の推定値は約455ppmである。すべての人為起源の放射強制力の正味影響を含んだ対応値はCO<sub>2</sub>換算375ppmである。
- ポスト-TARシナリオの分布における15パーセンタイルと85パーセンタイルに相当する範囲。CO<sub>2</sub>排出量を示しており、このため、複数のガスのシナリオでもCO<sub>2</sub>のみのシナリオと比較可能となる。
- 気候感度の最良の推定値は3°C
- 気候システムの慣性のため、平衡時の世界平均気温は、温室効果ガス濃度の安定化時に予想される世界平均気温とは異なることに注意。評価したシナリオの大半は、温室効果ガス濃度の安定化が2100年から2150年までの間に起きるとしている
- 平衡時の海面水位上昇は海洋の熱膨張による寄与のみに対するものであり、少なくとも数世紀間に平衡状態に至らない。これらの値は、比較的単純な気候モデルを用いて推定された(1つの低解像度AOGCMといつかのEMICsを使用し、気候感度は最良の推定値3°Cを使用した)もので、氷床や氷河、氷帽の融解による寄与は含まない。長期的な熱膨張は、世界平均気温の上昇が工業化以前の気温に比べて1°C上回る毎に、0.2 ~ 0.6mの海面水位の上昇をもたらすと予測されている。(AOGCMは大気海洋結合モデルを、EMICは中程度に複雑な地球システムモデルをさす。)

(出典：AR4 (IPCC 第4次評価報告書) SYR (統合報告書) SPM (政策決定者向け要約) 文部科学省・気象庁・環境省・経済産業省による日本語訳)

図2-2 気温上昇、海面上昇の予測

ポスト TAR (第3次評価報告書) の安定化シナリオの特徴とそれに伴う長期的な世界平均平衡温度、及び熱膨張のみに由来する長期的な海面水位上昇

---

## 2.4 流域データ等の収集・整理

リスクの把握や適応策の検討を実施するために、流域、河川、氾濫域に関するデータを収集・整理することが必要である。

流域データは、流域内の地盤標高、土地利用、植生、流域の保水能力等に関するもので、流出解析等に用いる。河川データは、河道の縦横断形状、遊水的地域、堤防、河川構造物、河道内の植生、河床材料、土砂流送等に関するもので、流下能力把握や河道内洪水伝播計算等に用いる。氾濫域データは、流域データに加え、水路、連続盛土構造物、資産、人口等に関するもので、氾濫解析等に用いる。これらの流域データ等については、現況のデータを収集・整理するとともに、人口や土地利用等に関して将来における計画や予測等がある場合は、これらについても収集・整理する。

これらのうち、流域データと氾濫原データは、基本的に各計算に使用するためにメッシュデータとして整理する。河川データは河道における洪水流の計算手法に応じた方法で整理しておくことが適当である。

以上とは別に、流量、水位、氾濫状況など、洪水流や氾濫流に関する実績の水理量、水文量についても収集・整理する。これらは、水理・水文モデルの検証に用いるために必要であり、また場合によっては、河川や流域データに関する情報の不足を補うことにも役立つ可能性がある。

なお、流域、河川、氾濫域に関するデータは精度の高いものを活用することが望ましいが、精度の高いデータを収集することが困難な場合は、必要に応じて衛星データ（例えば、地球地図国際運営委員会（ISCGM）が提供している地球地図等）等を活用する。

流域データ等の収集・整理に当たっては、「データ全体の精度のバランスを考慮した精度管理」という視点が重要である。すなわち、計算結果の精度は、[①入力・境界条件等の精度]、[②計算モデル（構成式）の精度]、[③計算に用いるパラメータの精度]で決まるが、例えば①のみ細かい精度のデータを集めても②③の精度が対応できなければ、計算結果は①の精度が確保できない。また、計算結果の精度は、[④リスクの把握や適応策検討に求められる精度]に見合うことが求められる。このため、どの種類の情報をどの程度の精度で集め、あるいは組み合わせればよいかを、対象とする場の特性に応じて適切に吟味することが重要である。

## 2.5 ハザード、脆弱性、リスクの把握

### 2.5.1 ハザード、脆弱性、リスクの把握の重要性

現況及び将来時点における氾濫域の状況や気候の変化による影響を評価することにより、氾濫域のリスクを把握し、リスクの回避、低減、移転、保有を検討し、適応策の検討等の基礎的情報とすることが重要である。

2.5.3 で述べるハザード、脆弱性、リスクの分析を行うことにより、現況又は将来において各氾濫ブロックでハザード、脆弱性、リスクがどのように変化するかを把握し、適応策としてどのような施策を実施していくことが適当かを検討していくことに資する。

#### 【参考】「ハザード」、「脆弱性」、「リスク」、「レジリエンス」について

「ハザード」、「脆弱性」、「リスク」、「レジリエンス」という用語が多く自然災害の影響評価等に関する文献、計画等で使われている。

例えば、国連・国際防災戦略（UNISDR）の Terminology on Disaster Risk Reduction(2009) では、ハザードとは「人命の損失、負傷、健康被害、財産への損害、生活やサービスの低下、社会的・経済的崩壊、環境破壊を引き起こす可能性のある危険な自然現象、物質、人間の活動や状態」、脆弱性とは「地域社会、システム及び資産が有する、危険要素（Hazard）の悪影響を受けやすくさせるような特徴及び状況」と定義され、リスクとは「ある事象が起こる可能性とその悪影響の組み合わせ」と定義されている。また、災害リスクとは「将来のある一定の期間において、特定の地域社会あるいは社会に起こる可能性がある、生命、健康、生活、資産、サービス面の潜在的な災害損失」、レジリエンスは「ハザードにさらされているシステムやコミュニティ（地域社会）および社会が、不可欠で基本的な構造や機能の維持や復元などを通じて、ハザードの影響に対してタイミング良く効率の良い方法で抵抗し、緩和し、順応し、再生する能力」と定義とされている。

---

## 2.5.2 ハザード、脆弱性、リスクの把握のための条件設定

ハザード、脆弱性、リスクの把握を行うためには、降雨等の外力、評価対象年次、社会経済状況、治水施設の整備状況等について、条件を適切に設定してハザード、脆弱性、リスクの分析を行う必要がある。まず、降雨等の外力は、様々な降雨の規模に対する影響を把握するため、現状の治水安全度を超える複数の降雨規模で評価を行う。また、将来の予測値における影響の変化を把握するため、現状の評価で設定した複数の降雨の将来予測値で評価を行う。さらに、適応策実施の各段階における影響の変化を把握するため、必要に応じて、1.2.2 で述べた適応策の検討対象とする年次についても評価を行う。その際、社会経済条件は、各評価対象年次における土地利用、人口や資産分布等を設定し、治水施設の整備状況は既往計画等を踏まえつつ各評価対象年次における施設の整備状況を想定して設定する。

## 2.5.3 ハザード、脆弱性、リスクの分析手法

### 1) 総説

増大する洪水のリスクを分析するためには、河川氾濫による人的被害、経済被害、重要施設被害、中枢機能の被害等の算定が必要となる。

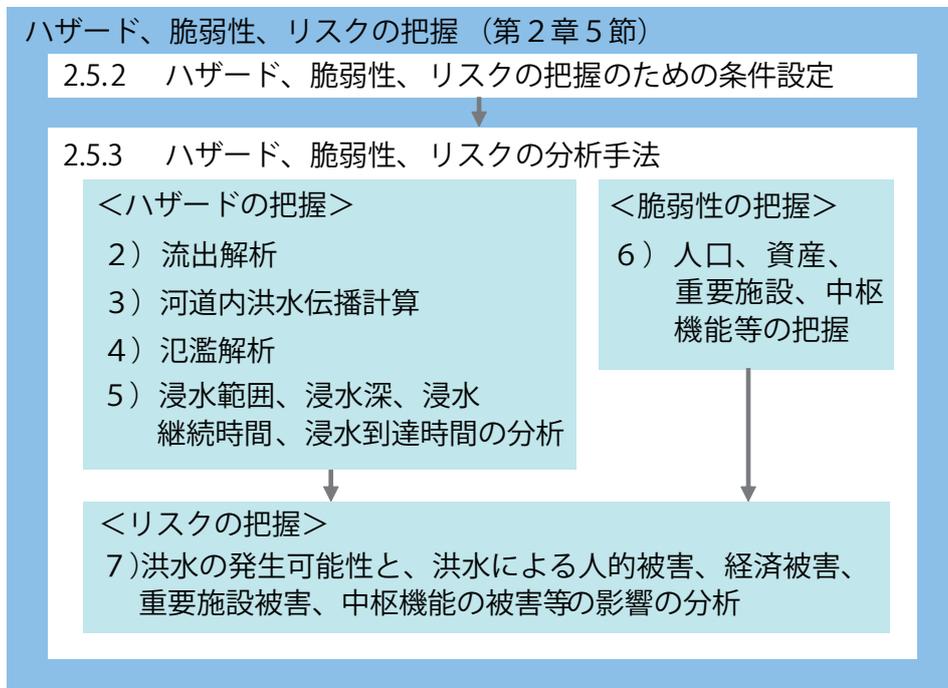
河川氾濫による人的被害や経済被害、重要施設被害、中枢機能の被害等の影響の算定を行うに当たっては、降雨から流出、氾濫に至るまでの過程をモデル化し、そのモデルを用いて気候変化に伴うリスクの変化、社会経済状況の変化に伴うリスクの変化、治水施設の整備状況に伴うリスクの変化について把握する必要がある。

具体的には、流出解析による降雨から流出量に変換する流出モデル、河道内洪水伝播計算による流出ハイドログラフの河道内伝播モデル、氾濫解析による河川から氾濫域への氾濫現象モデル、氾濫域内を流下する氾濫流のモデル、内水の排水モデル等が必要となる。これらの一連のモデルを用いて、ある降雨量に対する氾濫域内の浸水範囲、浸水深、浸水継続時間、浸水深の時間的变化等を分析する。そして浸水範囲がどのような状況であるかを把握するため、氾濫域内の人口、居住者のいる建物の高さ、資産、重要施設等を把握する。さらに、それらの結果を踏まえて、人的被害や経済被害、重要施設被害、中枢機能の被害等について分析するのが一般的である。

なお、複合的な物理現象をシミュレートするため、様々な要素モデルを組合せた河川・流域モデルを構築・運用することは、費用、時間等を要する。国土技術政策総合研究所では、水理・水文解析等の高度化・効率化を図ることを目的に、要素モデルを自由に組み合わせて利用できる CommonMP (Common Modeling Platform for water-material circulation analysis) を開発し、公開している。

また、分析のためのデータが十分に得られない場合等には、過去の洪水実績データを活用するなど簡易な手法を用いることも考えられる。

本ガイドラインにおけるリスクの把握の基本的な流れを以下に示す。



## 【参考】Common MP (Common Modeling Platform for water-material circulation analysis)

CommonMP は、さまざまな水理・水文現象の複合現象の解析を高度化・効率化することを目的に、国土技術政策総合研究所が中心となって開発を進め、公開しているソフトウェアの共通プラットフォームである（2010年3月に Ver.1 公開）。

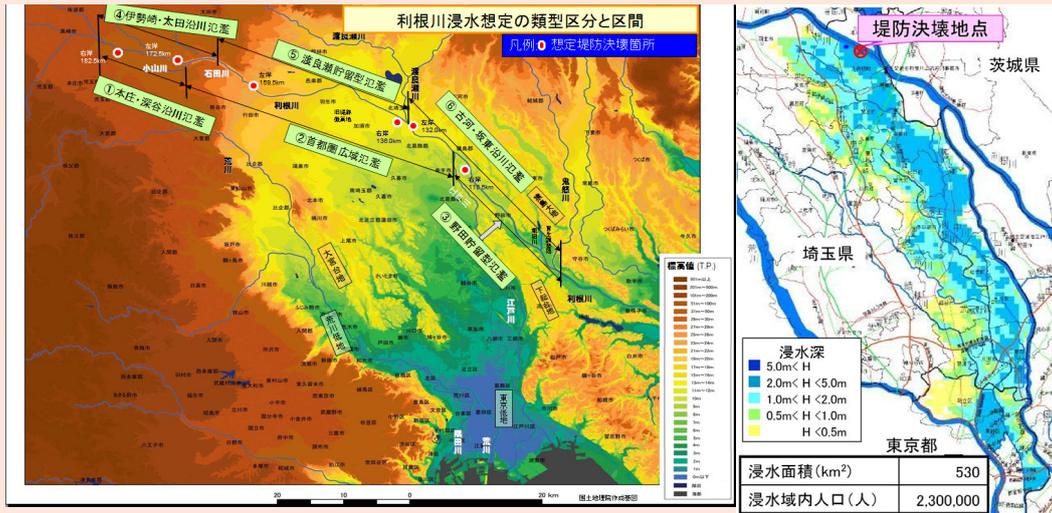
CommonMP では、公開されている仕様に基づいて、異なった機能を持つ要素モデル（解析モデル）を自由に構築し、組み合わせることが可能である。このため、既に開発した流出モデル、河道内伝播モデル、氾濫モデル等の要素モデルを活用し、類似した特性の流域に適用したり、個々の流域に適した一部の要素モデルを開発して組合せ、より精度の高い解析を行ったりする等が可能となる。このように、要素モデルを資産として活用することによって、効率的に複雑な解析等を行うことができる。

(<http://framework.nilim.go.jp/eng/index.html>)

## 【参考】首都圏における大規模水害対策の検討

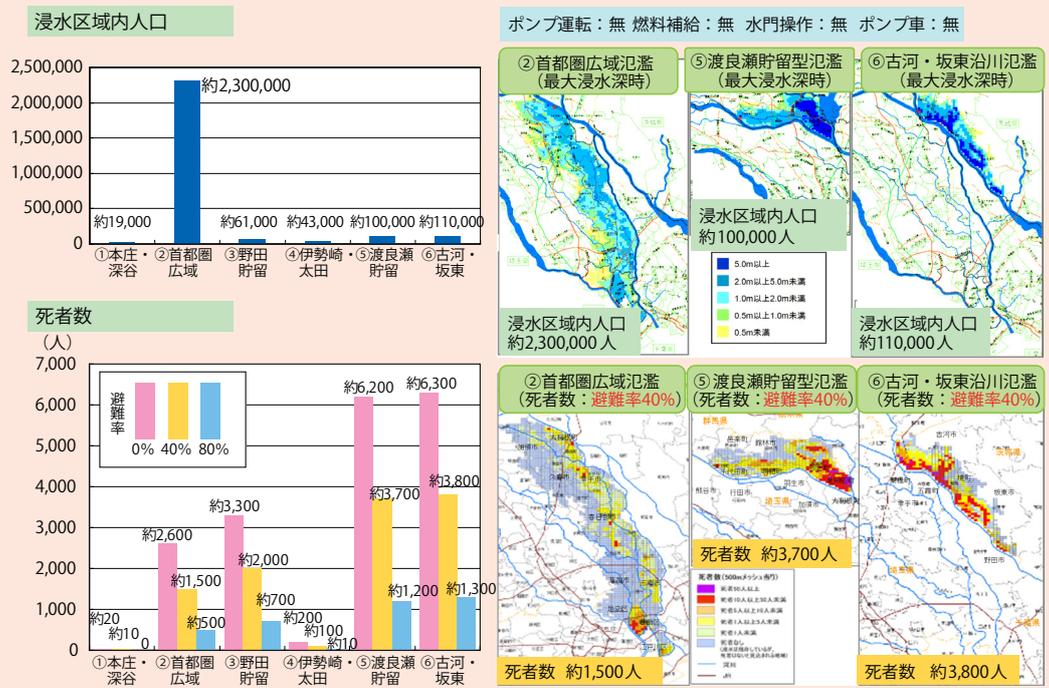
東京を含む首都圏は、昭和 22 年カスリーン台風において、埼玉県東村（現在の加須市（旧大利根町））で利根川本川の堤防が決壊、東京都区部まで広範囲にわたって浸水し、大被害を被った。首都圏は、戦後の経済成長に伴い、政治、経済等の諸機能が極めて高度に集積するとともに、人口が約 4,300 万人に増加した。このような首都圏において、利根川や荒川等の堤防が決壊して氾濫が生じた場合、戦後のカスリーン台風時の被害をはるかに上回る甚大な人的、物的被害や経済的な損失が発生するとともに、被災した地域の復旧・復興には多大な費用と時間を要することが想定される。そのため、利根川や荒川の洪水氾濫や東京湾の高潮氾濫による大規模な水害の発生の可能性を考慮し、大規模水害発生後の被害を最小限にとどめるための応急対策や予防対策、復旧・復興対策等を検討することが喫緊の課題であった。

このため、平成 18 年 6 月に、中央防災会議に大規模な水害を対象とした初めての専門調査会である「大規模水害対策に関する専門調査会」が設置され、これらの課題の検討を実施した。この専門調査会では、利根川や荒川等の堤防が決壊した場合や東京湾において大規模な高潮が発生した場合における氾濫状況のシミュレーションを最新の知見に基づいて実施し、氾濫状況の推移を把握するとともに、氾濫形態や国内では初めてとなる死者数、孤立者数など人的被害、その他の被害様相等を想定し、首都圏が抱える様々なリスクの分析を行った。また、これらの結果や既往の大規模水害時の状況等を踏まえ大規模水害発生時の対応を中心に首都圏において講ずべき大規模水害対策等について検討を行った。平成 22 年 4 月には、これらの内容に関する報告がとりまとめられた。



(提供：内閣府)

図2-3 氾濫状況のシミュレーション結果(首都圏における大規模水害対策の検討)

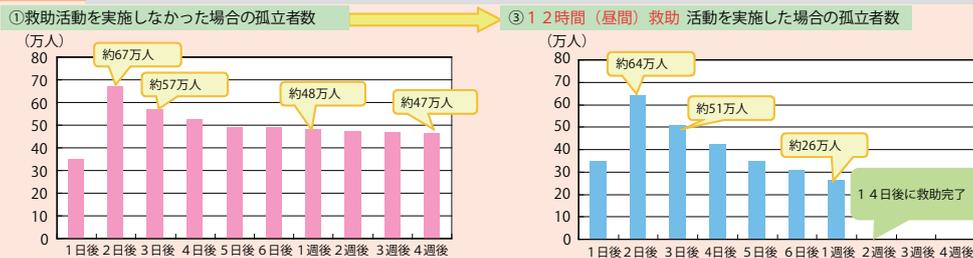


(提供：内閣府)

図2-4 死者数の検討(首都圏における大規模水害対策の検討)

1/200 規模の洪水による利根川の破堤氾濫を対象として、死者数の検討を行った。その結果、死者数は、浸水区域が広く区域内人口が大きい区域（上図の②首都圏広域氾濫）において必ずしも多くならず、浸水区域が狭く区域内人口が小さい区域でも、貯留型で浸水深が大きくなる場合（⑤渡良瀬貯留、⑥古河・坂東）に大きくなる等、浸水形態に大きく左右されることが明らかとなった。

**ケース1** ポンプ運転：無 燃料補給：無 水門操作：無 ポンプ車：無 1/200年



**ケース8** ポンプ運転：有 燃料補給：有 水門操作：有 ポンプ車：有 1/200年

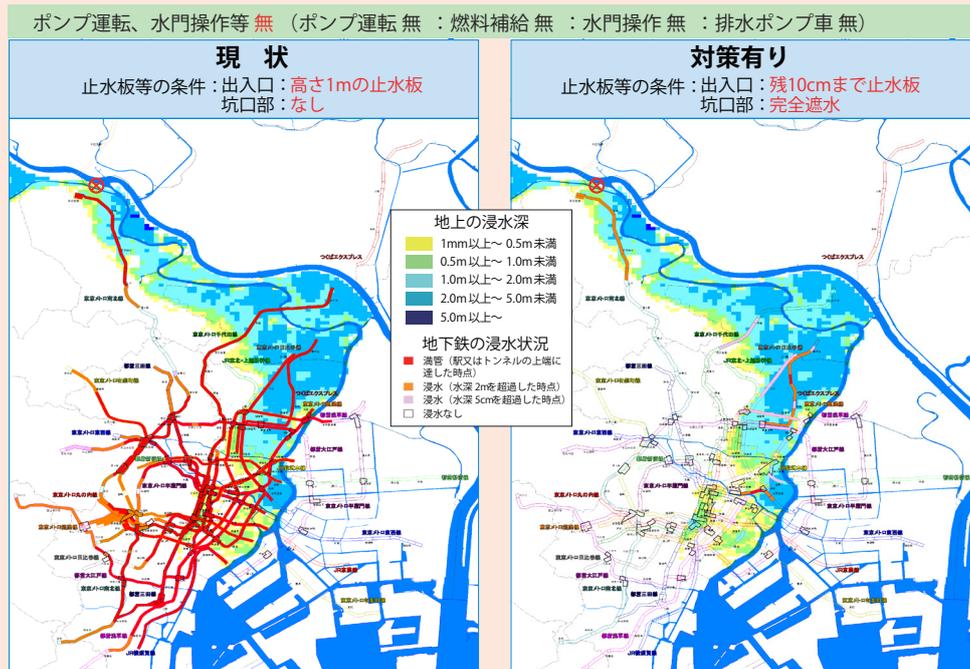


(提供：内閣府)

図2-5 孤立者数の検討(首都圏における大規模水害対策の検討)

1/200 規模の洪水による利根川の破堤氾濫を対象として孤立者数の検討を行った。大規模な水害時には、浸水によりポンプ場が稼働できなくなることが想定される。また、ポンプ場自体が浸水しなくても、周辺の浸水等により燃料補給ができなくなる恐れがある。さらに、作員の安全確保の観点から、ポンプ場、水門等の操作ができなくなる可能性もある。よって、孤立者数の検討に際しては、排水施設の稼働状況を適切に設定することが重要となる。

孤立者数の検討の結果、排水施設が稼働せず、さらに警察、消防、自衛隊の救助活動が実施されなかった場合、数十万の人々が数週間にわたって孤立することが明らかとなった。それに対し、救助活動を実施した場合、排水施設が稼働しなかったケースで堤防決壊から14日後、浸水しなかったポンプ場等の排水施設が稼働したケースで4日後に救助が完了することが明らかとなった。



(提供：内閣府)

図2-6 地下鉄等のトンネルを経由した浸水被害の拡大  
(首都圏における大規模水害対策の検討)

荒川が破堤氾濫した場合、地下鉄等のトンネルのネットワークを考慮した解析を実施した。その結果、地表の浸水がなくても、地下街やビル地下は地下鉄等のトンネル経由で浸水する可能性があること、地下鉄等のトンネルは地表より早期に浸水が開始する可能性があることが判明した。

## 2) 流出解析

流出解析は、降雨から流出量に変換する流出計算モデルによって行う。

降雨から流出に至る現象は、流域の地形、地質・土壌、気候、土地利用等、様々な要素が地域的かつ時間的に複合して起きるものであり、流出計算モデルは、これらの複雑な流出現象をできるだけ簡潔にモデル化し、または簡単な関数式で表現し、これによって流出量を得ようとする方法である。

なお、モデル同定を行うための降雨量・流出量の実測データベースを地上観測データのみで確保することが困難な場合、2.1 に述べたように、降雨量データについては衛星雨量データを活用して補完する選択肢があり、流出量データについては、流域の地形・土地利用等の分布情報から水文素過程を表現するパラメータを1次近似した上で降雨量データから流出量データを推定する選択肢がある。ICHARM が公開している IFAS は、これらを簡便に実行できるツールをシステム内部に実装しており、水文データセットの不十分な河川における流出解析モデル同定を支援する有効なツールと考えられる。

## 【参考】IFAS (Integrated Flood Analysis System)

ICHARM が公開している IFAS は、衛星観測雨量データと地理情報システムを利用した洪水解析システムである。IFAS を活用することで、地上観測所はほとんど無く、雨量等の基礎的なデータが乏しい地域でも流出解析や氾濫解析が可能となる。地上での水文観測体制が不十分な発展途上国において、特に有効なツールと考えられる。

IFAS は、地上雨量データだけではなく豪雨時に過小評価になりやすい衛星雨量データを、雨域移動情報を活用することで自己補正した上で入力する機能を標準で備えている。また、世界中の任意の地域で流出解析モデルを構築することができるように、タイプの異なる 2 種類の分布定数型流出解析モデルを備えるとともに、世界で入手可能な GIS データ (USGS-GTOPO30、USGS-GLCC 等) からの流域切りだし・河道網作成・パラメータ設定が容易にできるように工夫されている。加えて、わかりやすいインターフェースを備えていることも特長である。(http://www.icharm.pwri.go.jp/research/ifas/index.html)

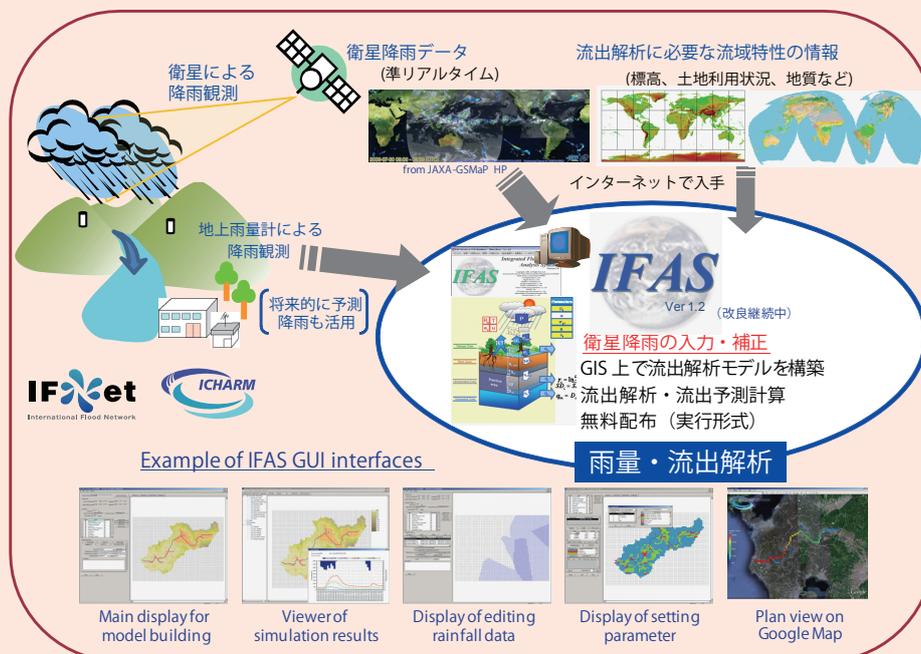


図2-7 衛星データを利用した流出解析技術

### 3) 河道内洪水伝播計算

河道内洪水伝播計算は、河道形状、河道の状態（河床材料、地被状態や構造物の諸元など）、流量と水位に関する境界条件を元に、生じる洪水流の状態を求める手法である。

なお、IFAS では、流出計算から河道内洪水伝播計算まで一体的に解析するツールを内部に実装している。

#### 4) 氾濫解析

氾濫解析は、洪水伝播計算による洪水流のデータを基に、対象とする河川が洪水時に溢水・破堤氾濫した場合に、その氾濫水が氾濫原を浸水する状況を解析する計算である。

氾濫水が河道沿いの狭い範囲で流下する場合は一次元モデルを適用し、氾濫水が平面的に氾濫する場合は二次元モデルを適用するのが一般的である。

#### 5) 浸水範囲、浸水深、浸水継続時間、浸水到達時間の分析

氾濫解析によって、氾濫域がどのように危険な状態となるかを分析する。具体的には、氾濫解析により計算した結果を踏まえ、浸水範囲、浸水面積、最大浸水深、これらの浸水継続時間、浸水到達時間等を分析するのが一般的である。

#### 6) 人口、資産、重要施設、中枢機能等の把握

浸水範囲がどのような状況であるかを把握する。具体的には、2.4で収集・整理した氾濫域データを用いて、氾濫解析により計算して表示した浸水範囲において、人口や災害弱者の分布状況、市街地や農地などの土地利用状況、資産の集積状況、建築物の階数、駅、病院、変電所、消防署、避難所、幹線道路など当該地域における重要施設、政治、行政、経済の中枢機能に影響を与える施設等を把握することが一般的である。

#### 7) 洪水の発生可能性と、洪水による人的被害、経済被害、重要施設被害、中枢機能の被害等の影響の分析

洪水の発生可能性と、氾濫に伴う浸水により何がどのような影響を受けるのかをできるだけ明確に示して分析する。そのため、単一の指標ではなく様々な指標において分析することが重要であり、浸水により影響を受ける範囲、人口、施設等を踏まえて様々な観点で影響を分析することが必要である。具体的には、氾濫域の浸水状況を踏まえ、人的被害、経済被害、重要施設被害等の計算を行うほか、中枢機能の被害の状況などを推定し、浸水による様々な被害の影響を分析するのが一般的である。その際、直接的な影響だけではなく、氾濫域内の浸水被害及び浸水による人流・物流の寸断が氾濫域内外の社会・経済活動に影響すること、衛生状態の悪化に伴う感染症の蔓延や伝染病が発生すること等、間接的な影響についても具体的に推定し把握することが重要である。このようにして求めたリスク分析の結果を有効に用いつつ、地域の特性や状況、将来に向けての動向を踏まえて、リスクを総合的に把握していくことが重要である。

表2-2 浸水による被害の種類

分類		被害の内容		
直接被害	資産被害	一般資産被害	家屋	居住用・事業用の建物の浸水被害
			家庭用品	家具・自動車等の浸水被害
			事業所償却資産	事業所固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
			事業所在庫資産	事業所在庫品の浸水被害
			農漁家償却資産	農漁業生産に関わる農漁家の固定資産のうち、土地・建物を除いた償却資産の浸水被害
		農漁家在庫資産	農漁家の在庫品の浸水被害	
	農産物被害	浸水による農作物の被害		
公共土木施設等被害	公共土木施設、公益事業施設、農地、農業用施設の浸水被害			
人身被害		人命損傷		
間接被害	稼働被害	営業停止被害	家計	浸水した世帯の平時の家事労働、余暇活動等が阻害される被害
			事業所	浸水した事業所の生産の停止・停滞（生産高の減少）
			公共・公益サービス	浸水した公共・公益施設サービスの停止・停滞
	事後的被害	応急対策費用	家計	浸水世帯の清掃等の事後活動、飲料水等の代替品購入に伴う新たな出費等の被害
			事業所	家計と同様の被害
			国・地方公共団体	家計と同様の被害および市町村等が交付する緊急的な融資の利子や見舞金等
		交通途絶による波及被害	道路、鉄道、空港、港湾等	道路や鉄道等の交通の途絶に伴う周辺地域を含めた波及被害
		ライフライン切断による波及被害	電力、水道、ガス、通信等	電力、ガス、水道等の供給停止に伴う周辺地域を含めた波及被害
	営業停止波及被害		中間製品の不足による周辺事業所の生産量の減少や病院等の公共・公益サービスの停止等による周辺地域を含めた波及被害	
	精神的被害	資産被害に伴うもの	資産の被害による精神的打撃	
		稼働被害に伴うもの	稼働被害に伴う精神的打撃	
		人身被害に伴うもの	人身被害に伴う精神的打撃	
		事後的被害に伴うもの	清掃労働等による精神的打撃	
波及被害に伴うもの		波及被害に伴う精神的打撃		
リスクプレミアム		被災可能性に対する不安		

治水事業の便益の算定手法を示した治水経済調査マニュアル(案)では、浸水により生じる被害の種類として、上表の項目を紹介している。

## 3. 適応策の検討

### 3.1 治水対策の目標の設定

1.2.2 で述べたように、例えば 100 年後の年次では、温暖化シナリオによって予測結果が大きく変わるため、不確実性の扱いに留意することが必要であるが、20～30 年後程度の年次では、温暖化シナリオによる全球平均気温予測結果の差は小さいことが判明している。このため、長期的な影響を考慮しつつ、当面の間の影響に対する具体的な適応策を検討し、着実に実施するために、20～30 年後程度の適当な対象年次を目安とすることが現時点では有効と考えられる。適応策の検討を行う上では、目標とする年次に向けて、どのような考え方で治水対策を実施するのか、当面の目標及び長期的な目標を、それぞれの年次の不確実性を踏まえて設定することが必要である。

目標は、2.5 で把握したリスクに対して、発生頻度と被害等の影響の大きさによってどのように回避、低減、移転、保有を図るのか検討し、これまでに発生した災害の状況、流域の自然的、社会的な特性、その国等としての将来像（開発目標）、投資能力（財政力）の制約等を考慮して明確化し、必要に応じて複数の目標を組み合わせて設定することが重要である。

目標の設定に当たっては、公平性をどのように確保するか、何に重点化するか等の観点で、人命の損失、経済的な被害、社会的な影響等をどのような場所で、どの程度低減させていくのかについてだけでなく、農業や水産業などの産業に対する洪水氾濫のプラス面の影響等についても検討する。さらに、流域、氾濫域における土地利用状況、都市域の拡大、市街地の高層化等を考慮し、必要に応じて、長期的に人口や産業の集積を促進したり、抑制したりする場所についても検討する。これらを踏まえて、まず「犠牲者を最小化する」、「首都機能の麻痺を回避する」、「壊滅的な被害を回避する」、「都市部では 30 年に 1 回の頻度の洪水の際に氾濫被害が生じないようにする」、「洪水氾濫の頻度を〇年に 1 回程度に制御する」などのように概略の目標を設定する。これに基づいて、3.2 で述べる手法で適応策を検討・設定した後で、時間や費用等の観点で目標の具体化を図り、わかりやすく示していくことが重要である。

## 3.2 適応策の最適な組合せ

### 3.2.1 施策メニュー

適応策を検討する上では、個別の施策メニューの特徴、適用の範囲、限界等を十分把握しておくことが重要である。個々の河川流域に対して適切と考えられる対策（あるいは複数の対策の組合せ）は、気象気候、流域の特徴（水文・水理）及び地域の社会経済状況により左右される。異なる条件下、異なる国においては、異なる対策が適している可能性がある。また、国によって財政、法制度、行政組織、社会インフラの整備状況、国民の災害への認知度等は様々であるため、これを踏まえ、適応策の実効性を十分に検討する。適応策の主なメニューは次のとおりである。

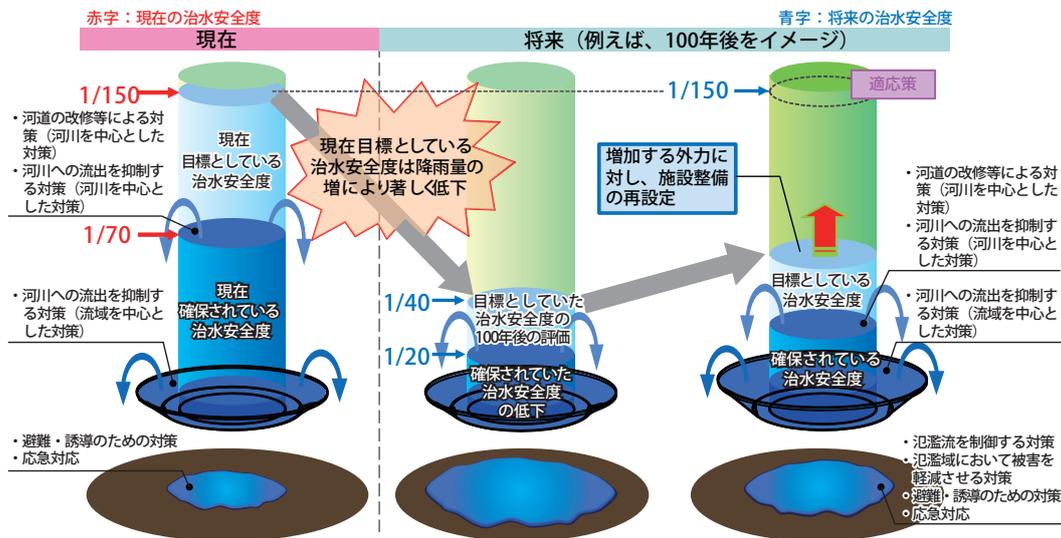


図3-1 複数の対策の適切な組合せによる重層的な対応策の実施

気候変化により増大する外力に対応するためには、複数の対策を重層的に組合せた適応策の実施が必要である。

## A. 氾濫の危険性を低減させる対策(河道掘削、引堤、築堤、ダム、遊水地等)

氾濫の危険性を低減させる対策は、河道拡幅、河床掘削、築堤など河道の改修等による対策とダムや遊水地など河川への流出を抑制させる対策とに大別されるが、いずれも地域社会や自然環境への影響等に配慮する必要がある。

### ・河道の改修等による対策（河川を中心とした対策）

河道の改修等による対策は、洪水流を河道内に流下させる方法であり、洪水氾濫から宅地等を防御し、確実に氾濫域の安全度を向上させることが可能となる。主な対策の名称と特徴は次の通りである。

河道掘削：過度に掘削を行うと土砂を流す流水の力が弱くなり土砂が再堆積する場合がある。

引堤・築堤：連続堤を整備する場合、一連区間の用地買収や、橋梁の架け替えなどが伴い、費用や時間を要する場合がある。

放水路・捷水路：現河道改修することによる方法の他、放水路や捷水路等の整備を組み合わせる方法もあるが、一連区間の用地買収や、水路の整備を受け入れる側の関係者との調整が必要となる。

水門等：支川が合流する場合等は、必要に応じて水門等を設置する。

内水処理対策：築堤等を行う場合、必要に応じて内水処理対策を行う。

なお、河道管理のための河岸侵食の防止対策等の実施にあたっては、各国の社会、経済、自然環境等の状況を踏まえた工法の検討が必要である。

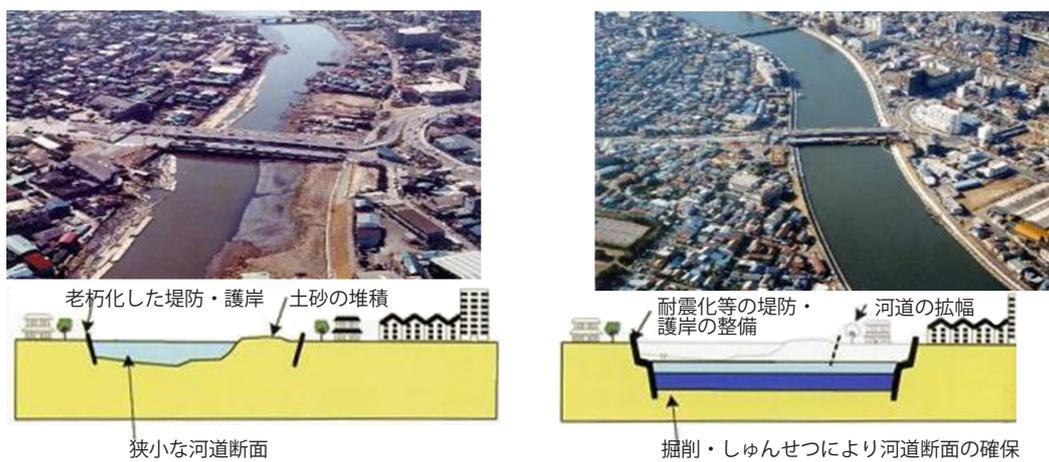


図3-2 河道掘削・引堤

掘削による水深の増加、引堤による河幅の拡大により河道流下能力を向上させる施策



図3-3 築堤

堤防の建設により流下能力を向上させ、河道からの氾濫を危険性を低減させる施策

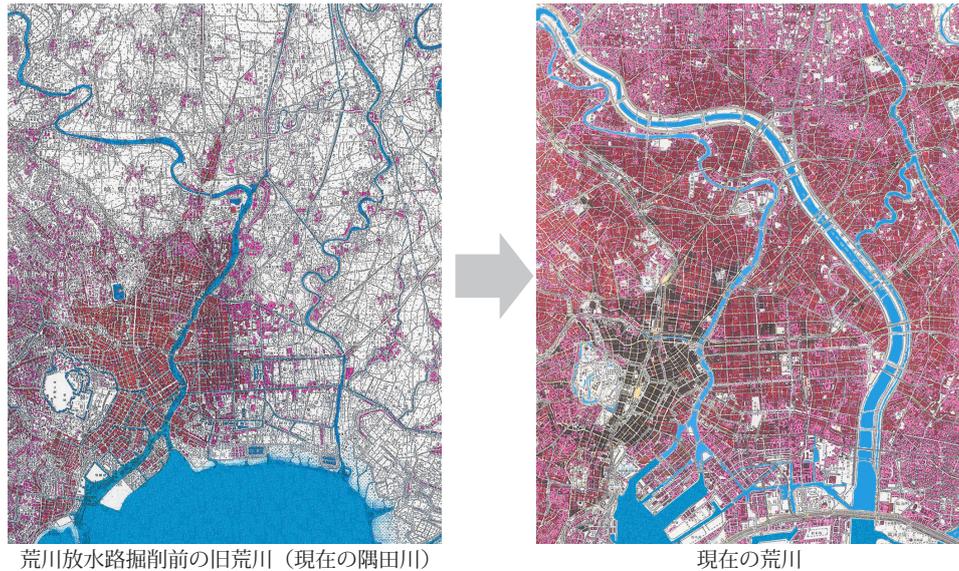


図3-4 放水路

新たな河道の開削により、洪水の処理能力を向上させ、河道からの氾濫を危険性を低減させる施策。東京を流れる荒川では、明治43年の大洪水を契機に幅500m、延長22kmの放水路が建設された。

### 【参考】各国の状況に応じた工法例(粗朶沈床工法)

粗朶沈床工法は日本の伝統技術の一つであり、広葉樹の雑木から伐採した小枝（粗朶）を束ね、さらに格子に組んで、石を詰め込み、川底に沈める工法である。粗朶は軽くて丈夫な上に、しなやかに曲がるという特徴を有するため、川底の変化にも馴染みやすく、水の勢いを弱めるとともに、水の流れることによって川底が不均衡に削られることを防ぐことができる。また、素材間の隙間の形状が多様であり、流速の変化も大きいため、小魚類や底生動物など様々な水生生物の生息空間を創り出すことができる。

この技術は、安価で現地にある資源を活用できることから、日本からラオス国に移転され、現在ではメコン川の河岸侵食対策工法の一つとして活用されている。



図3-5 粗朶沈床工法

・河川への流出を抑制する対策（河川を中心とした対策）

河川への流出を抑制する対策は、洪水流を貯留すること等により流量のピークを低減させ、被害を軽減する。主な対策の名称と特徴は次の通りである。

ダム：施設の位置や規模によって、氾濫域の安全度を大幅に向上させることが可能となるが、水没地等の補償や関係者との調整、土砂の流下阻害への対応等が必要となる。

遊水地：施設の位置や規模によって、氾濫域の安全度を大幅に向上させることが可能となるが、湛水地内の補償や関係者との調整等が必要となる。

既存施設の有効活用：既設のダムのかさ上げ、放流設備の改造、利水容量の買い取り、短期的な降雨の予測技術とダム運用技術の高度化等により洪水調節能力の増大を図ることが可能となる。その際、関連する事業者等の利害関係者との調整及び影響への補償等が必要となる場合がある。

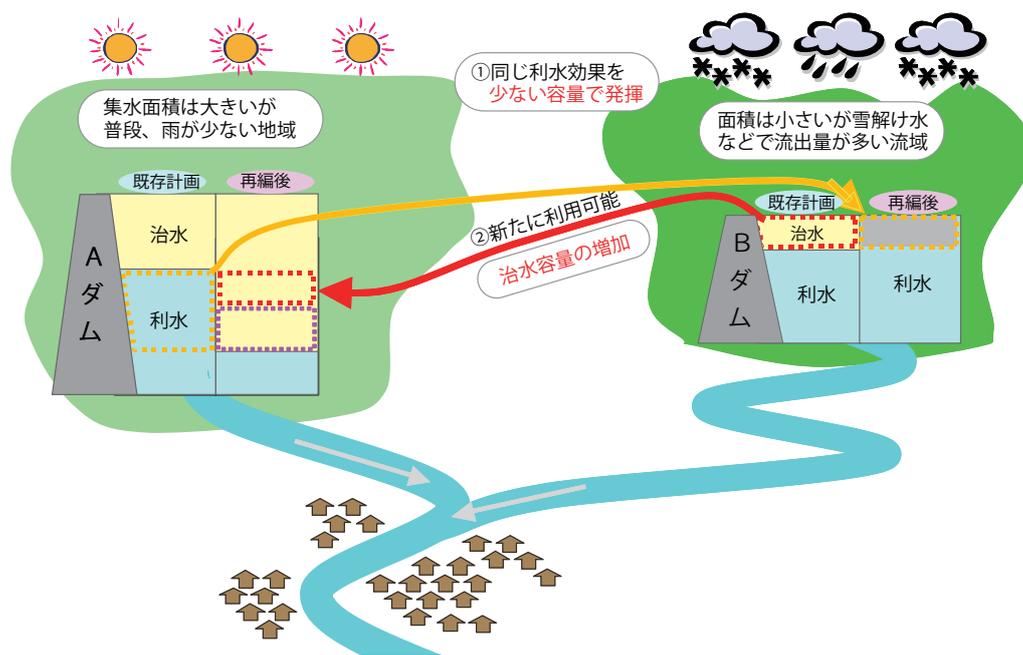


図3-6 既存施設の有効活用(既存ダム群の再編)

・河川への流出を抑制する対策（流域を中心とした対策）

河川への流出を抑制する対策には、流域における雨水貯留・浸透施設による対策もある。

貯留・浸透施設：都市部における保水・遊水機能の維持のために、雨水を積極的に貯留、浸透させるために設けられる施設。貯留管、各戸貯留、団地の棟間貯留、運動場、広場等の貯留施設と、浸透ます、浸透井、透水性舗装等の浸透施設とがある。市街化が進んだ中小河川流域等において洪水のピーク流量を低減できる場合がある。



図3-7 河川への流出を抑制する対策（流域を中心とした対策）

## B. 氾濫流を制御する対策(二線堤、霞堤、輪中堤等)

氾濫流を制御し氾濫域の他の場所の安全度の向上を図る対策（二線堤）、氾濫流を河川に戻すほか、氾濫流の勢いを低減させる対策（霞堤）、氾濫域の宅地等の周りを堤防で囲み、宅地等の安全度を向上させる対策（輪中堤）等がある。氾濫を前提とする場所の関係者との調整が必要となる。

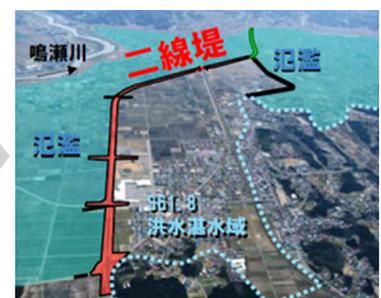
また、河畔林（水害防備林）には、洪水流や氾濫流の流勢を弱め、堤防の破堤を防止したり、氾濫被害を軽減したりする効果がある。

### (二線堤)

氾濫が生じた場合に被害拡大を低減するため、堤内地の連続盛土などにより氾濫流を制御する施策



(整備前)



(整備後)

### (霞堤)

河川堤防に開口部を設け、洪水流を一時的に湛水させることにより、下流の氾濫を制御する施策



### (輪中堤・宅地嵩上げ)

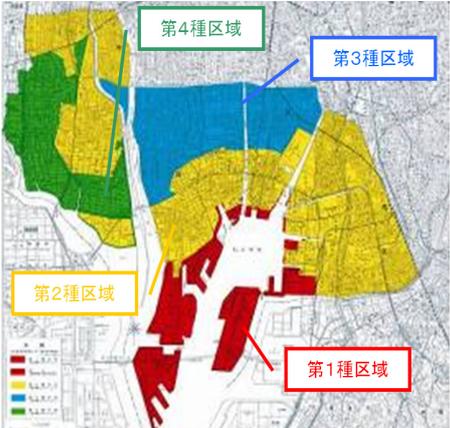
連続堤の整備が守るべき家屋の移転を伴う場合などに、宅地周辺の堤防整備、あるいは宅地の嵩上げにより氾濫流を制御する施策



図3-8 氾濫流を制御する対策

## C. 氾濫域において被害を軽減させる対策(土地利用規制、建築物の高床化、電気・機械設備の高所設置等)

氾濫域において氾濫することを想定して、法制度上の規制等により、家屋等の資産の被害の軽減を図る。浸水被害軽減を図るための適切な土地利用の誘導や建築物の高床化による住まい方のコントロール、病院等の施設における受電・配電設備の出来る限り浸水しない上層階への設置等がある。なお、個人の土地利用や建築には制限が発生することとなる。



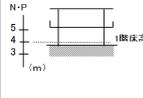
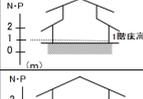
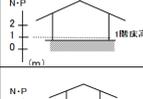
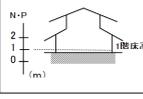
	1階の床の高さ	構造制限	図解	
第1種区域 市街化区域	N・P(+) 4m以上	木造禁止		*建築物の建築禁止 範囲…海岸線・河岸線から50m以内で市長が指定する区域 制限…居住室を有する建築物、病院及び児童福祉施設等の建築禁止 木造以外の構造で、居住室等の床の高さをN・P(+) 5.5m以上としたものについては建築可能
第2種区域 市街化区域	N・P(+) 1m以上	2階以上に居室設置 緩和:延べ面積が100㎡以内のものは避難室、避難設備の設置による代替可		*公共建築物の制限 (第2種～第4種区域) 範囲…学校、病院、集会場、官公署、児童福祉施設等その他これらに類する公共建築物 制限…1階の床の高さN・P(+) 2mかつN・P(+) 3.5m以上の居室設置
第3種区域 市街化区域	N・P(+) 1m以上			
第4種区域 市街化調整区域	N・P(+) 1m以上	2階以上に居室設置		

図3-9 災害危険区域の指定による土地利用規制

名古屋市では、昭和34年の伊勢湾台風を教訓として、建築基準法に基づく条例を制定し、災害危険区域を指定している。

災害危険区域として4種類の臨海部防災区域を指定し、それぞれ1階の床の高さ、建築物等の用途、構造に対する制限を規定している。

### 建築基準法抜粋(災害危険区域)

第39条 地方公共団体は、条例で、津波、高潮、出水等による危険の著しい区域を災害危険区域として指定することができる。

2 災害危険区域内における住居の用に供する建築物の建築の禁止その他建築物の建築に関する制限で災害防止上必要なものは、前項の条例で定める。

## D. 避難・誘導等のための対策(避難・誘導、予警報、避難施設等)

住民が的確で安全に避難できるよう、洪水の予測や情報の提供等を行う。避難対象者を確実に避難させるための避難勧告・避難指示の基準や体制の整備、各地の降雨量・河川水位・堤防の決壊危険区間や時刻等の予測と洪水の予警報、ハザードマップの整備、浸水しない避難路や逃げ遅れた場合の緊急避難に利用可能な高台等の施設の確保等がある。これらの対策は非常時にだけ行うのではなく、どこにどのような情報があり、どう逃げればよいかなど、平常時から各地域で情報の周知、訓練、教育等を継続的に行うことが重要である。人命など人的被害の軽減を図ることは可能だが、一般的に家屋等の資産の被害軽減を図ることはできない。

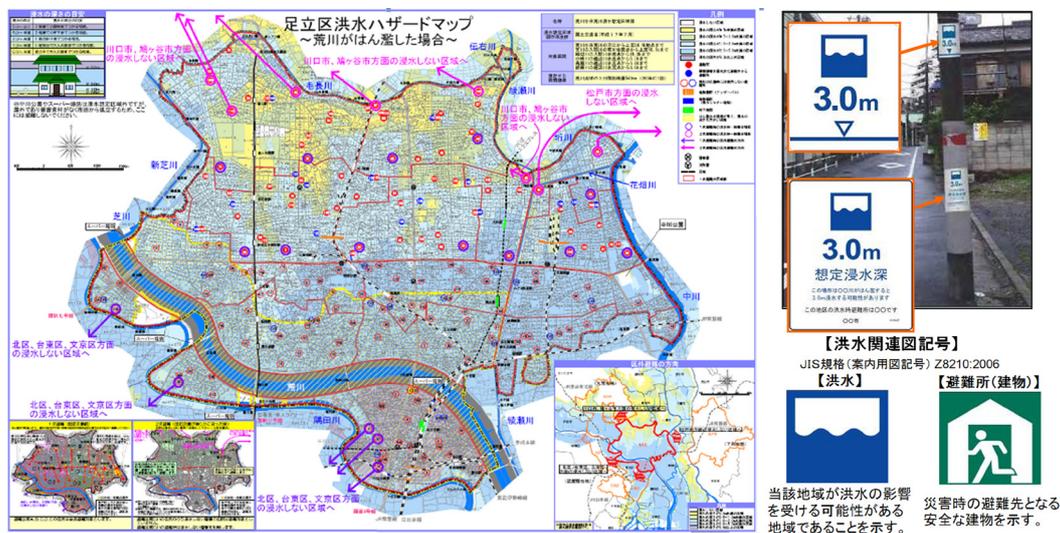


図3-10 ハザードマップの整備

住民による的確で安全な避難を推進するため、ハザードマップの整備や市街地内に過去の災害時の水位を明示するなどの取組みが行われている。



図3-11 河川情報の提供

携帯電話やインターネット等を通じて、雨量や水位に関するリアルタイム情報や予測情報が提供され、水防活動や住民の避難等に活用されている。

## 【参考】XバンドMPレーダ

近年、都市部の中小河川において、局地的な大雨（いわゆるゲリラ豪雨）や集中豪雨による浸水被害が頻発している。このような豪雨は、降り始めから数分で局地的に多量の雨をもたらす。数分で急激に河川の水位が上昇し、浸水被害や水難事故のような被害をもたらす。このような豪雨による被害を軽減するためには、出来る限り早期かつ確実に豪雨を探知し、リアルタイムに情報を提供することが重要である。

このため、国土交通省河川局では、このような水害に対し、施設操作等の河川管理や水防活動等の被害回避・軽減対策を適切に行うため、平成22年3月末までに3大都市圏等において11基のXバンドMPレーダを設置し、試験運用を開始した。同レーダにより、最小観測単位250mメッシュ（従来は、1kmメッシュ）、観測間隔1分（従来は5分）での雨量観測が可能となり（時空間的に80倍）、従来のCバンドレーダでは捉えることができなかった局所的かつ短時間で発生する降雨についても、詳細かつリアルタイムでの観測が可能となった。これにより、ゲリラ豪雨等による河川の水位上昇やはん濫等の危険度の予測精度の向上が期待されている。

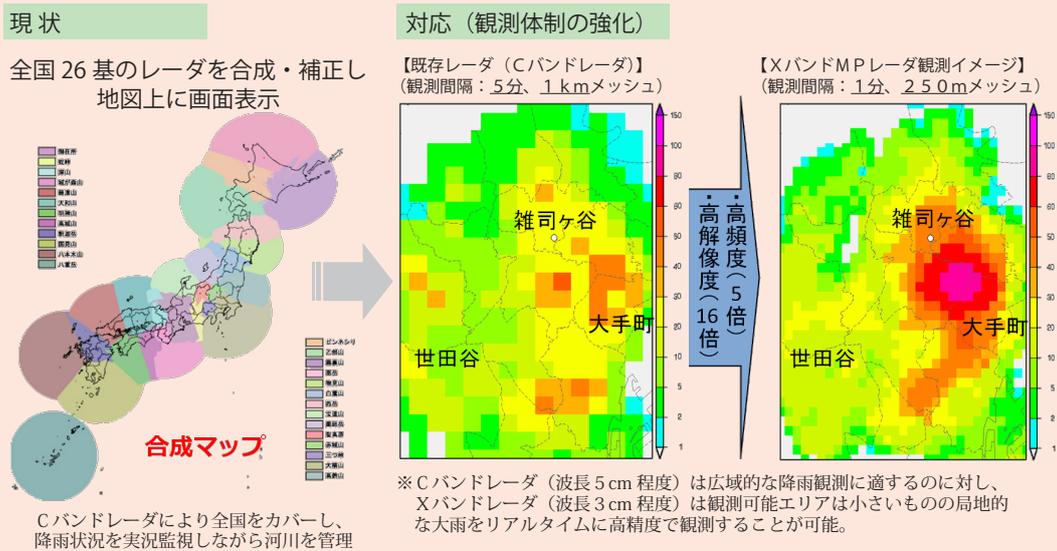


図3-12 情報提供のためのXバンドMPレーダの活用

## E. 応急対応(水防、締切、排水対策、訓練、教育等)

氾濫のおそれが生じた場合に、被害の軽減に向けて応急の措置、臨機の対応を図る。水防団員の確保や訓練の充実、最新技術を取り入れた効率的・効果的な水防対策手法の検討、堤防が決壊した場合における決壊箇所の締切体制や工法の検討、浸水範囲・浸水継続時間の低減のための既設排水ポンプや水門等の有効活用等がある。



図3-13 水防団による水防工法の実施



図3-14 氾濫水の排水対策(鳴瀬川水系吉田川の事例)

鳴瀬川水系吉田川では、昭和61年8月洪水を教訓として、「水害に強いまちづくり事業」をスタートさせ、氾濫水排水のための非常用排水樋管、側帯、二線堤など築造を進めている。

---

## **F. 復旧・復興を迅速に行う対策(防災拠点、輸送ネットワーク、防災業務計画、業務継続計画、水害廃棄物の処理等)**

氾濫後の復旧や復興を迅速に行うことができるよう、公的機関等が予め対策を講じておくことにより、被害の軽減を図る。施設の浸水危険性や水防対策の現状及び代替施設の確保状況等を踏まえた防災拠点の確保、道路や鉄道等の災害時に使用可能なルートの検討と重要施設等へのアクセスルートの確保や、各機関等が洪水に対してとるべき体制等の措置の策定、災害対応業務や優先度の高い通常業務についての業務継続性を確保するための対策の実施などがある。また、洪水発生時には、膨大な水害廃棄物が発生する可能性があるため、水害廃棄物の地域内における仮置きや地域外への搬出、最終処分等の場所や輸送体制を整備しておくことも重要である。

なお、A. (氾濫の危険性を低減させる対策) や B. (氾濫流を制御する対策) などの施設による適応策に関しては、ダムや堤防等の新規施設の整備に加えて、老朽化対策など既存施設の信頼性の維持・向上等の施策が考えられる。

また、E. (応急対応)、F. (復旧・復興を迅速に行う対策) に関して、日本では、被災頻度が低いことや組織が小さいことから専門家の養成やノウハウの継承が難しい地方自治体等に対して、災害発生後速やかに、緊急被災状況調査、二次被害防止のための応急対策、災害復旧工法の技術的指導・助言等を行う国の専門家 (TEC-FORCE) を派遣する体制を整えている。



図3-15 緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)の概要

A～Fの分類には入らないが、浸食された土砂が下流に流出すると河川の氾濫や濁水などの被害をもたらすこともあるので、森林が有する土砂流出を抑制する機能の保全は重要である。

### 3.2.2 目標に応じた適応策の適正な組合せの基本的な考え方

3.1 で設定した目標を単一の施策で達成することは不可能であり、3.2.1 で述べた施策それぞれの特徴を踏まえつつ、最適な施策メニューを組合せていくことが必要となる。その際、当該国等の置かれた状況に応じて優先施策が構造的に存在することをよく理解することが重要である。

具体的には、流域の特性や投資能力などを踏まえて、河道整備や洪水調節施設など河川管理施設でどの程度対応することができるか、流出抑制対策など流域においてどの程度対応することができるか、河川管理施設等の能力を超える洪水によって氾濫する場合どのように対処し、地域社会として受忍することができるか、などを総合的に検討し施策メニューを組合せていくことが重要である。

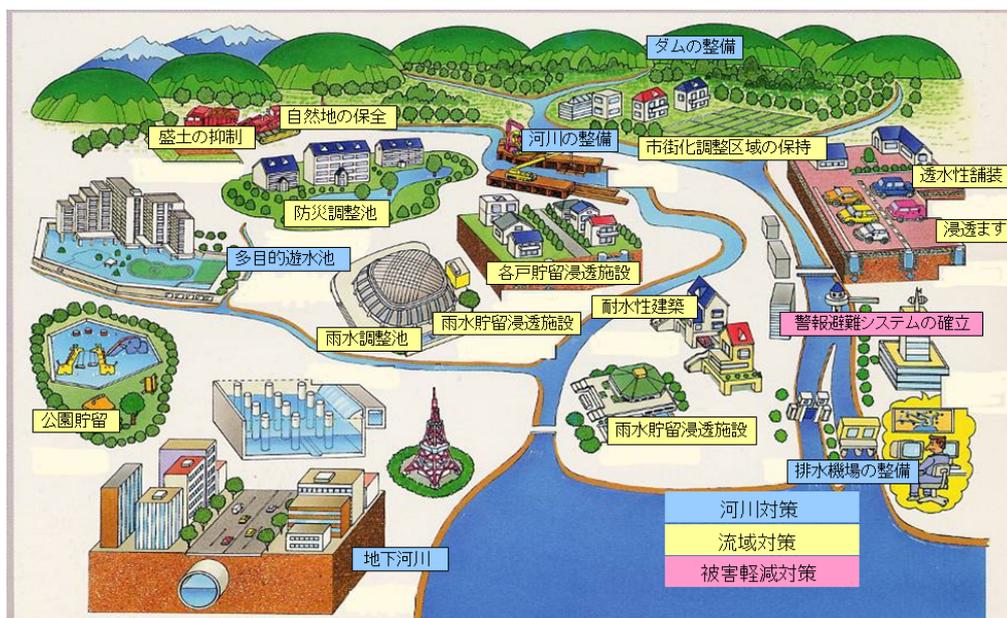


図3-16 様々な対策の適切な組合せ(総合治水対策)

### 3.2.3 適応策の組合せの立案と評価

1.2.2 で述べたような年次を対象に、施策メニューの組合せについて具体的に複数立案し、それらの案を実施した場合の影響及び効果等を評価していくことが必要となる。

組合せ案の立案に当たって、既往の計画がある場合は、その計画をもとに追加や削除する施策メニューを検討することは有力な方法である。また、すでに施設の整備がある程度進んでいる場合においては、これらの施設を有効に活用していく観点から検討することが重要である。さらに、当該国等の歴史的経緯や過去の施策実施の経緯等を踏まえて検討することも重要である。

洪水被害に対する効果の評価に当たっては、前述の 2.5 ハザード、脆弱性、リスクの把握と同様の手法で行う。

評価する際には、被害軽減効果（人命、経済（資産）、社会機能等）、維持管理を含めたコスト、地域社会・環境等への影響、実現性、達成しうる安全度等について総合的に検討することが重要である。

これらの過程において、必要に応じて関係住民等の意見を反映させる措置を講じていくことが重要である。

### 3.2.4 適応策の組合せの選定

3.2.3 で述べたような評価を踏まえて適応策の組合せを選定する。

なお、複数の年次を対象に施策の組合せを選定する場合は、当面の対策として実施する施策が将来的な対策に対して手戻りとならないか、など整合性を確認する。その際、温暖化の進行に伴う施設の改良が非常に高価である場合、複雑になると想定される場合、少ない追加費用で十分な対応が可能な場合は、予め科学的に根拠のある予測値を取り込んでおくことが重要である。一方、適応策が設計外力に対して柔軟に対応できる場合は、気候変化の進行に合わせて対応していくことが重要である。

---

## 3.3 適応策の実施手順の検討

### 3.3.1 実施手順の複数案の立案と検討の考え方

3.2 で選定した施策の組合せをどのような手順で実施するかについて、検討する。

検討に当たっては、流域の開発の見通し、投資能力、時間・費用等の観点からの具体的な目標等を考慮しつつ、手順の案を複数立案することが重要である。

### 3.3.2 実施手順の評価

立案した複数の実施手順の評価を行う。

実施手順の評価に当たっては、前述の 3.2 適応策の組合せの評価と同様の手法で行う。

実施手順の評価の際には、洪水被害の低減効果を早期に発現させるとともに、上下流や左右岸などの治水安全度のバランスをどのように段階的に向上させていくか等の観点を念頭に置くことが重要である。

### 3.3.3 実施手順の策定(ロードマップの作成)

3.3.2 で述べたような評価を踏まえて実施手順を策定し、ロードマップを作成する。

ロードマップには、時間・費用等の観点からの具体的な目標、実施する適応策の内容、場所、効果等の概要を記載するとともに、適応策を実施する手順をわかりやすく示すことが重要である。

## 4. モニタリング

緩和策への取組や社会条件の変化など不確実性がある中で、外力の変化の予測についても予測値に大きな幅が存在する。こうした中で、気候変化の把握を目的としたモニタリングを行い、1.2.1で述べたようにPDCAサイクルによる順応的な対応を進めていくことが重要である。

モニタリングの具体的手順は以下の通りである。

- ・各流域等における雨量、水位、流量等の気象・水文・水理データの観測
- ・各流域等における土地利用や植生等の流域データ及び資産、人口等の氾濫原データの収集・観測・収集結果と予測値との差異の検証
- ・洪水の発生時の気象・水理・水文データや、氾濫被害データの収集と分析
- ・科学技術面での研究開発の進展による気候変化予測の精度向上などへの活用

モニタリングの結果を踏まえ、定期的に将来の適応策の検討に用いる予測値の修正や適応策の内容の見直し等を行い、PDCAサイクルを用いた順応的な適応策を実施する。

なお、モニタリング結果をとりまとめてデータベース化し、分かりやすい形で公表するなど、関係者がより容易かつ効率的に利用できる環境を整備することが重要である。このような環境の整備により、モニタリング結果を活用した気候変化予測の精度向上などの科学技術面での研究・開発が促進され、今後のより一層の不確実性の低減につながることを期待される。

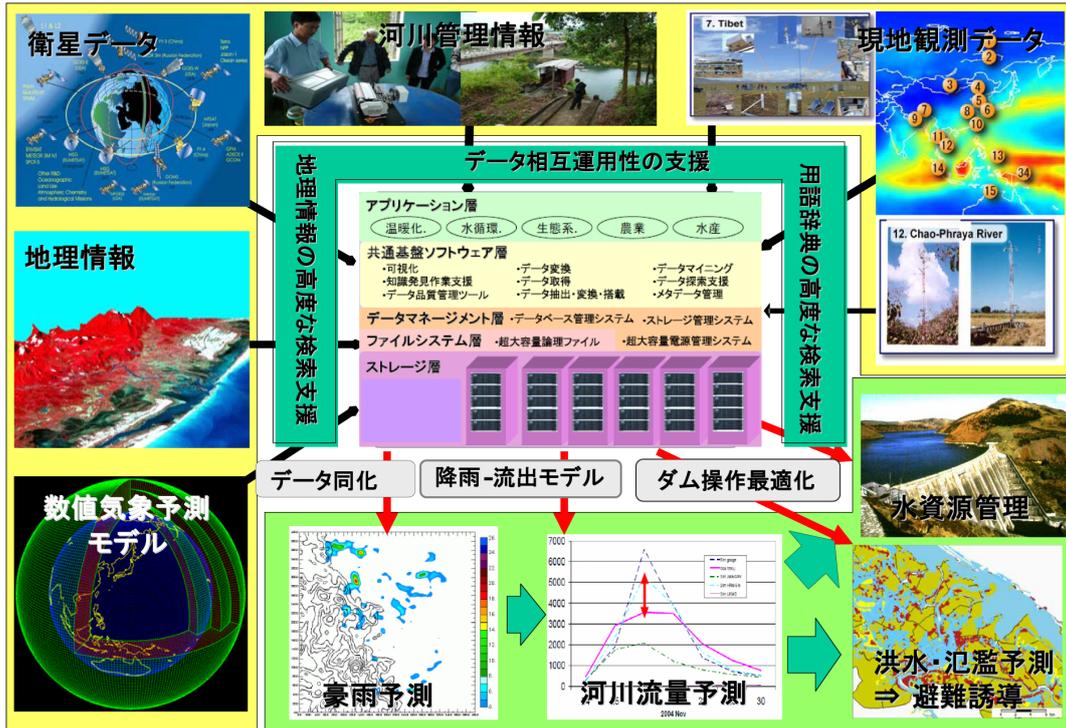


図4-1 モニタリング結果のデータベース化の事例(全球地球観測システム)

全球地球観測システム (GEOSS) では、アジアモンスーン地域の水問題に取り組む国際的地域協力 (AWCI) のもとで、地球観測衛星データ、地上観測データ、数値気象予測モデル出力などをデータベース化している。このシステムは、豪雨予測、河川流量予測、洪水氾濫予測など、統合的水資源管理の意思決定に有用な情報提供が可能である。





# 国土交通省

Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

## Contact

**River Planning Division, River Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism(MLIT),**

2-1-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8918, Japan

TEL:+81-(0)3-5253-8444 FAX:+81-(0)3-5253-1602

E-mail:river\_kokusai@mlit.go.jp

<http://www.mlit.go.jp/river>

