

# 気候変動に対処する拡張河川計画手法の提案

## PROPOSAL FOR NEW RIVER PLANNING METHOD CORRESPONDING TO CLIMATE CHANGE

清治 真人<sup>1</sup>  
Masato Seiji

<sup>1</sup>正会員 (財)北海道科学技術総合振興センター 統括研究員  
(〒001-0021 札幌市北区北21条西12丁目 コラボほっかいどう)

In recent years, Japan has been suffering from the extraordinary severe flooding that has exceeded the design flood capacity of river sections with continuous embankments. This paper proposes a concept for river planning that considers floods that greatly exceed the design flood capacity. Such planning promises to quickly and reliably secure the safety of densely developed areas in the river basin. The concept is based on current methods of river planning and improvement. The new planning rearranges the scheme for land use in the floodplain and is expected to effectively reduce excessive discharge from the river channel, which in return is expected to prevent bank failure disasters.

Parts of floodplains will be designated as “limited inundation areas” that accept excessive discharge and work as retarding basins. The establishment of inundation areas at proper locations and a compensation scheme for flooded inundation areas will bring a sense of security and will benefit the basin socioeconomically.

**Key Words :** *climate change, excessive discharge, retarding basin, limited inundation area, land use in the floodplain*

### 1. 河川計画、河川管理の思想転換が必要

現在行われている河川計画の基本的な考え方及び決定方法は、計画規模の設定を出発条件にして算定した基本高水を基にしており、ダムや遊水地による洪水調節計画と河道への配分流量による河道計画とから構成されている。わが国の河川の現状としては、これらの現行河川計画に対して整備途上にあるものがほとんどである。ダム等の建設、河川整備には長年を要するとともに、整備途上ならびに完成後においても適切な維持管理が求められる。一方、外力としての降雨規模は河川の整備水準とは無関係に発生するし、計画規模以内に収まるものでもない。洪水被害を経年的に見ると、整備効果として氾濫面積や浸水頻度は減少していくものの社会が高度化し資産の集積も進むことから被害額は横ばい傾向にある。

近年の降雨現象として、気候変動による影響とも言われる未曾有の豪雨が各地で頻繁に観測されている。このような中長期的気候変動とわが国の社会や土地利用の変化に適切に対応した新たな河川計画、河川管理への思想転換が必要とされている。ここでの提案は、水害をリスクアセスメントの対象として、従来のようなハザード管理からダメージ管理への脱皮を図るための新たな河川計

画手法を展開し、治水の現状を成熟社会に相応しいものに早期に導くことを目的としている。

### 2. 洪水防御におけるリスクアセスメントの適用概念

治水の評価にリスクアセスメントの概念を導入すれば、現行の河川計画手法はかなり恒久的なものとなり、かつ人間社会と自然現象の順応性を向上させることも可能となる。計画規模を先に設定し河川計画を策定している現状は、概念図(図-1)の左図に相当する。

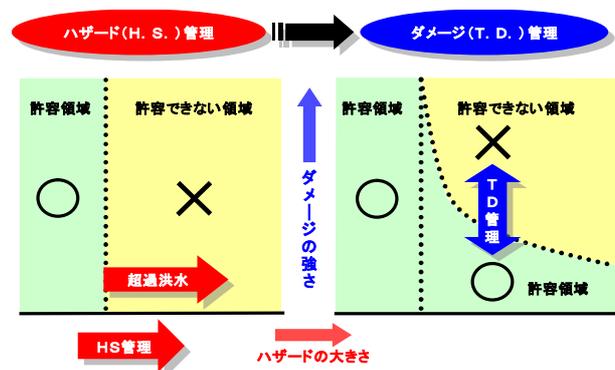


図-1 リスクアセスメントの概念図

ハザードの規模（計画高水流量、現況流下能力に対応した規模）は明確に設定されているが、破堤や内水による流域全体の洪水被害（ダメージ）が不確定であるばかりでなく、許容できない領域に対して「未曾有の出来事」「想定外の自然現象」などとして河川計画上のリスク管理責任を半ば放棄しているものである。地球温暖化という気候変動に伴う短期降雨量増大の推計結果は、計画規模（生起確率）の相対的低下を意味することになるから、社会経済的前提条件が揺らいでしまうことになる。

これに対して、新たな河川計画への提言（以下、拡張計画と呼ぶ）はダメージ管理に着目している。流域としてのトータルダメージ（T. D.）を引下げ許容領域（受忍領域）の裾野をハザードスケール（H. S.）の大きい方向（超過洪水）へと拡大する考え方である。

リスク管理責任を不確定な超過洪水にまで拡大して、幅広くかつ柔軟に対応しようとするものである。それでは、どのようにしてT. D. を管理し制御するかであるが、工学技術面からは高水流量の過剰分に対する制御施設の配備であり、制度面からは土地利用の整序である。これらは、現行河川計画及び整備途上における河川管理を前提条件として、現況河川管理施設の能力を最大限に引き出し、現行計画手法との整合の下に、抜本的治水へと拡張させようとするものである。現行河川計画や河川管理の考え方と齟齬をきたすものではなく、従前の治水施設整備のストック効果を最大限発揮させようとするものである。この思想転換ができれば、財政事情による「予算の制約」「時間の制約」、気候変動による自然現象の「不確定要素の制約」から抜け出し地域の安全を早期に確保することができる。

また、治水施設整備、維持管理とともに不可欠な情報の共有、水防活動、救助活動、復旧・復興活動の効率を著しく高めることができる。

### 3. 洪水防御計画の現状と超過洪水

現行の洪水防御計画は、河川砂防技術基準計画編により策定されている。計画規模の設定を前提条件としており、河川の重要度、被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して降雨量の年超過確率での評価が行われる。この計画降雨から流量への変換が行われ、ハイドログラフとして基本高水が求められ、ダムや遊水地により調節された洪水が河道に配分される。図-2は、このような現行の洪水防御計画が対象としている範囲を、洪水の対象規模と計画対象空間との関係で整理したものである。

河川整備計画の一環として主な河川管理施設が位置づけられ整備が行われる範囲は、流出域でダム及び調節池、氾濫域で遊水地及び内水排除、河道で堤防、河道掘削、護岸等である。また、洪水の対象規模としては基本高水及び計画高水流量以下である。これらは、図-2の赤い網掛け部分に限られ、特に河川改修及び管理は計画高水流量を最終目標として

おり、洪水の対象規模としては歴然とした境界（現行計画の壁）を存在させている。

河川管理責任の範囲も概ね計画高水流量で限定的に考えられており、超過洪水生起の場合には、河道のどの区間で堤防が決壊、破堤して洪水被害が発生するかについては想定外としている。

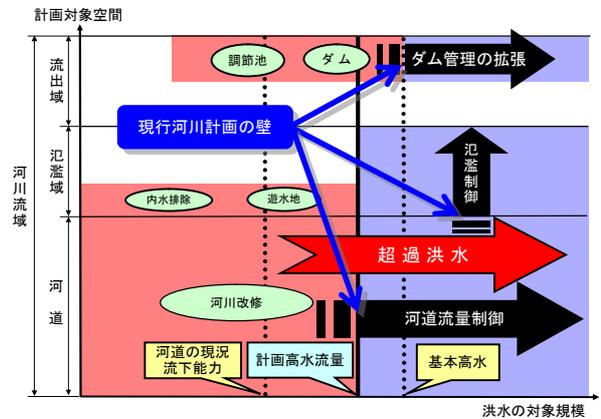


図-2 超過洪水と洪水防御計画の対象範囲(概念図)

一方、地球温暖化に伴う気候変動が憂慮されているが、超過洪水の発生に対してどのように備えるかについては、国土交通省社会資本整備審議会答申の中でいくつかの提言が成されている。

- 適応策と緩和策の適切な組み合わせにより、持続可能な「水災害適応型社会」を構築すべきである。
- 気候変化による外力の増加分への対応も治水政策として取り扱う必要がある。
- 「流域における対策で安全を確保する治水政策」を重層的に行うべきである。

など、概念的提言に加えて、適応策の具体的な提案として施設能力の向上、堤防満杯規模の高水時を想定した安全性の照査と堤防強化対策、観測体制の強化や降雨・流出予測技術の向上によるダム等施設操作の高度化、氾濫原や流出域での様々な取り組み、土地利用や保険制度、洪水予警報などのソフト対策等々幅広く論じられている。これらはすべて有用であるが、ここでは河川計画、整備、管理に超過洪水の境界をシームレスにするような国家的思想転換を提言しようとするものである。

図-2には、超過洪水対応の3つの拡張方向を示している。まず、流出域ではダム管理を超過洪水まで対象を拡張させる取り組みである。例えば、降雨・流出予測を最大限活用し、利水容量の予備放流を操作規則上に位置づけるとともに、下流の出水状況に即応した柔軟な管理に努めることである。次に、提言のメインであるが、河道における流量制御による拡張、及びこれとセットになる氾濫域（以下、限定氾濫域と呼ぶ）への氾濫制御による拡張である。

河道流量制御としては、答申にも述べられている計画高水位以上の安全性照査であるが、高規格堤防、大断面堤防、堤防強化の評価と洪水波形の適切な評価が重要である。一方、中小河川は、頻発しがちな雨域の小さい集中豪雨の影響を受け、先鋭な超過洪

水が発生しやすいが、このような場合、洪水継続時間が長い大川のように計画高水位以下での流量制御に拘る必要は無いであろう。ただし、水位上昇が急激であるため、氾濫制御施設を適切に配置することが重要である。氾濫制御施設については後述するが、これらの拡張により図-2の右側（青い網掛け部分）の範囲まで洪水防御計画の範囲を拡大することが可能となる。残る白地の範囲は保水地域であり、調整池、貯留浸透施設、下水道貯留などの流域内対策が展開されるべき範囲であり、ここでの対策は河道流量や氾濫制御負荷の軽減につながる。

図-3は図-2の主要部分を切り取り、氾濫域制御の概念を示したものである。図-2中の河道の現況流下能力を示す点線は、年月を経て整備が進むにつれて右に移動し、計画高水流量に近づいていくので図-3では2つのステージ（現行計画完成時及び拡張計画完成時）だけを扱うことにする。拡張河川計画を導入すれば、超過洪水が生起しても氾濫域における洪水被害を劇的に軽減することが可能になる。

現行洪水防御計画では、計画以下の洪水規模にそれぞれの河川管理施設が適切に機能して氾濫域の防御が完結している（上左図）。しかし、超過洪水が生起した場合には、ダムは但し書き操作に入り、流入量＝放流量で推移し、遊水地は容量を使い果たし機能不全となる。その結果、河道流量は制御不能となり、水位は危険水位を超えて上昇を続け、内水排水機場は運転調整が行われ、終には堤防の決壊・破堤により大水害に至ることになる（上右図）。

一方、拡張洪水防御計画を導入した場合には、計画以下の洪水規模では、適切な防御が完結するのに加えて、ダムや遊水地には容量の余裕を残せるケースも考えられる（下左図）。さらに超過洪水規模が生起した場合には、河道流量が流下能力以下に制御されることから決壊・破堤による大水害は回避されるとともに、重要な内水域の排水機場も統合管理により運転続行が可能となる。堤防は破堤させないことを前提とし、河道の治水機能は洪水期間中を通じて最大限に発揮される（下右図）。

河道流量の流下能力未満への制御は土地利用の整序により計画的に定められた田園への遊水効果によりもたらされる。超過洪水時における都市部への外水氾濫を免れる治水効果は、限定氾濫域（田園）への計画的な遊水による被害とは比べ物にならないくらい大きいものである。また、計画的限定氾濫域の浸水被害については、別途経済的に補填される制度を用意するものである。

#### 4. 氾濫制御施設の配備

洪水防御は河道や連続堤防のような「流す施設」とダムや遊水地のような「貯める施設」により成されるが、その特性に配慮して十分活用することが肝要である。「流す施設」は、本支川や縦断的バランスが重要であるが流下能力以下の洪水には基本的に積算時間による機能制約から解放されており、洪水

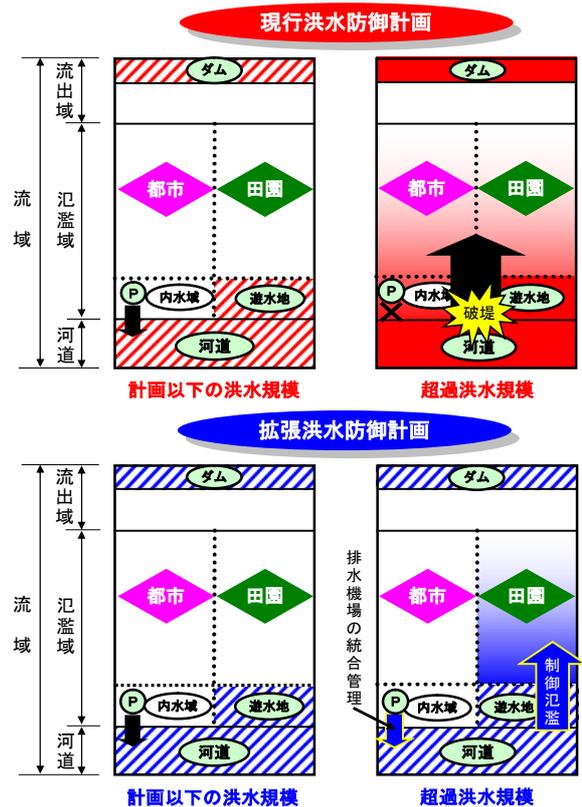


図-3 拡張洪水防御計画を導入した場合の氾濫域ダメージの比較（概念図）

防御容量は絶大である。しかし、外力としての洪水流量の急激な変動による越水や洗掘には弱点を有する。一方、「貯める施設」は空き容量が機能を制限しており、貯留積算時間がそのまま影響し、満杯時点で調節機能を失うことになる。しかし、施設への流入量の急激な増加に対しても、河道流下能力のような瞬間的の上限は無く、柔軟な適応性を有しており、最適制御が行われた場合の効果は大きい。

河道外調節池の例として、東京の環状七号地下調節池は貴重な調節容量の効果を最大限に発揮させるため、神田川等からの洪水取入口（二段）ゲートの合理的な管理が行われている。台風や前線性の降雨時と短時間の雷雨性降雨時の操作規則を使い分けており、下流河道の流下能力限界を超える部分に照準を定めた理想的な集中管理により度重なる効果を実証している。

拡張河川計画の提案における主な具体的方策を表-1に整理している。ここでは、焦点となる「河道からの減量制御」に関わる部分に着目して説明を加える。

<逆流水門>河道から限定氾濫域への減量制御の主体となる水門であるが、洪水後排水施設との兼用が合理的であろう。安全な逆流制御が可能な構造とし、ゲートや減勢工に工夫が必要となる。また、既設の水門を改造する技術開発も必要である。

<新設霞堤>河川や限定氾濫域の地形に恵まれれば、水門によらず、新設霞堤がメンテナンスフリーの施

設として有効である。また、限定氾濫域内の小堤との組み合わせにより浸水頻度制御も可能である。

**<逆流樋門（調圧構造化）>** 限定氾濫域の連続堤に付随する既設樋門を調圧構造化するものである。排水機場の吐水槽のような構造で、樋門閉樋後、河道の水位が上昇し、減量制御が必要となる水位を超えると堤内側に穏やかにサイフォン越流するものである。この樋門改造では逆流槽や堤内側ゲートの設置とともに管体自体の内圧補強も検討を要する。

**<越水強化堤防>** 現行計画における一般的な遊水地への流入制御は、計画高水位以下の天端高で構造上安全に自然越流できる完全な三面張り越流堤により行われている。一方、ここでの越水強化堤防の提案は、限定氾濫域区間の堤防であり、逆流水門や霞堤などに付加する補完的位置づけとするものである。イメージとしては、経済性も考慮し現況堤防断面を基本として、余裕高を切下げ天端幅を広くし、裏法尻も含めて堤防を強化する。したがって、構造的な安全上、越流水深はできるだけ小さくなるように越流区間延長を長くとり、極めて先鋭な超過洪水に対しても短時間の付加的減量を可能にするものである。

現行計画における特定高規格堤防（スーパー堤防）は計画築堤高以上としているので、一連区間が連続しなければ、越流を生じるような超過洪水時に所期の目的を達成することはできない。拡張河川計画を導入する場合における限定氾濫域の高規格堤防の高さについては、計画高水位とするなど検討を要するであろう。

表－1 主な洪水防御方策の拡張案

方策	計画	流出域	氾濫域	河道
河道への流入量制御	現行	ダム 調節池 貯留・浸透施設	(排水機場の運転調整)	霞堤の保全 水門 排水樋門
	拡張	(ダムの予備放流規則)	(排水機場の統合管理)	
河道からの減量制御	現行		遊水地 河道外調節池	放水路、分水路
	拡張		氾濫流制御施設 洪水後排水施設の増強	越水強化堤防 霞堤新設 逆流水門（新設、改造） 逆流樋門（調圧構造化）
河川管理施設の遠隔統合管理				
河川情報の高度化	現行	雨量の定点観測		水位の定点観測 洪水予測
	拡張	雨量の面的観測 降雨予測の充実	氾濫域の水位観測 氾濫被害予測	水位の縦断観測 洪水制御予測

これらの施設を適切に管理するためには、雨量を流域全体にわたり面的にとらえるとともに、河道の水位を縦断的かつ連続的にとらえることが望ましい。また個々の流量制御施設に関しては、センター機能を有する施設からの遠隔統合管理による迅速確実な操作も可能であることが理想である。

## 5. 洪水規模・河川の整備水準・想定被害額の関係

土地利用の整序が進行した際の氾濫域の区域分けを便宜上「都市（A）」と「田園（C）」として、河川整備の進捗と想定被害額の変化を洪水規模との関係で概念整理してみる。

図－4は都市、図－5は田園について典型例とし

て示したものである（Z軸スケールのみ5倍の差）。

なお、想定被害額の値は以下の整備シナリオの条件で仮定値を設定したものであり、洪水規模が治水安全度以下の状況では内水氾濫、洪水の規模が治水安全度を越えた時点では破堤氾濫被害が発生すると考える。

### <設定シナリオ>

- ① 現況河道の外水に対する治水安全度は、A、Cともに1/10まで確保されている。
- ② 目標1/100の現行河川整備計画に基づいて、A、Cともに公平に整備し進捗させることとした場合、それぞれ10年後に1/30、30年後に1/50、50年後に1/100にまで治水安全度を逐次向上させながら完了できるものとする。
- ③ 拡張河川計画に移行した場合には、10年後以降、C区間での制御施設群により高水流量の過剰分のみを限定氾濫させる効果によりA、Cともに破堤による外水氾濫被害は発生しない。Cには破堤による外水ではなく、制御結果として過剰分のみを外水氾濫が生じる。

なお、A、Cともに土地利用の経年変化及び資産の経年蓄積や減少はないものと仮定する。

図－4において、それぞれのステージ（時期：X軸）でカウントされた想定被害額は実線の曲線となるが、河川整備に拡張計画を導入するにより青色点線まで低下させることができる。青色塗り部分は現行計画での整備効果であり、緑色塗り部分は拡張計画で加算される整備効果を示している。拡張計画は、50年後までの整備途上も含めて、超過洪水に対する被害軽減効果が極めて大きいことが理解できる。

図－5の田園については、現行計画の整備効果が拡張計画の整備効果よりも部分的に上回る（赤色部分）洪水規模もあるが、超過洪水に対してはやはり拡張計画が有利である。

これは、破堤氾濫時よりも過剰分のみを外水氾濫時のほうが被害は少なくなるということであるが、田園については、都市よりも整備目標を下げる再設定の可否も考慮して整理する必要がある。

なお、河川整備の経済効果等の比較算定に際しては、洪水規模の発生頻度と合わせて各年の期待被害額を算定し、整備年数間で積分する必要がある。

両図に示した「現行計画の壁」の手前部分（超過洪水以下）を対象にして50年後の完了を目指していっただけでは、整備途上の安全確保、完了後の計画規模超過洪水に対しては無策である。即ち、気候変動による「自然現象の振れ幅」の増大や洪水規模の確率評価見直し（Y軸の縮小）に対して、国民の安心確保は不可能である。「堤防は絶対に破堤させない思想」により、既存のストックを有効活用して、河川整備時系列と自然現象の振れ幅増大を考慮した拡張河川計画の実践が強く望まれる所以である。

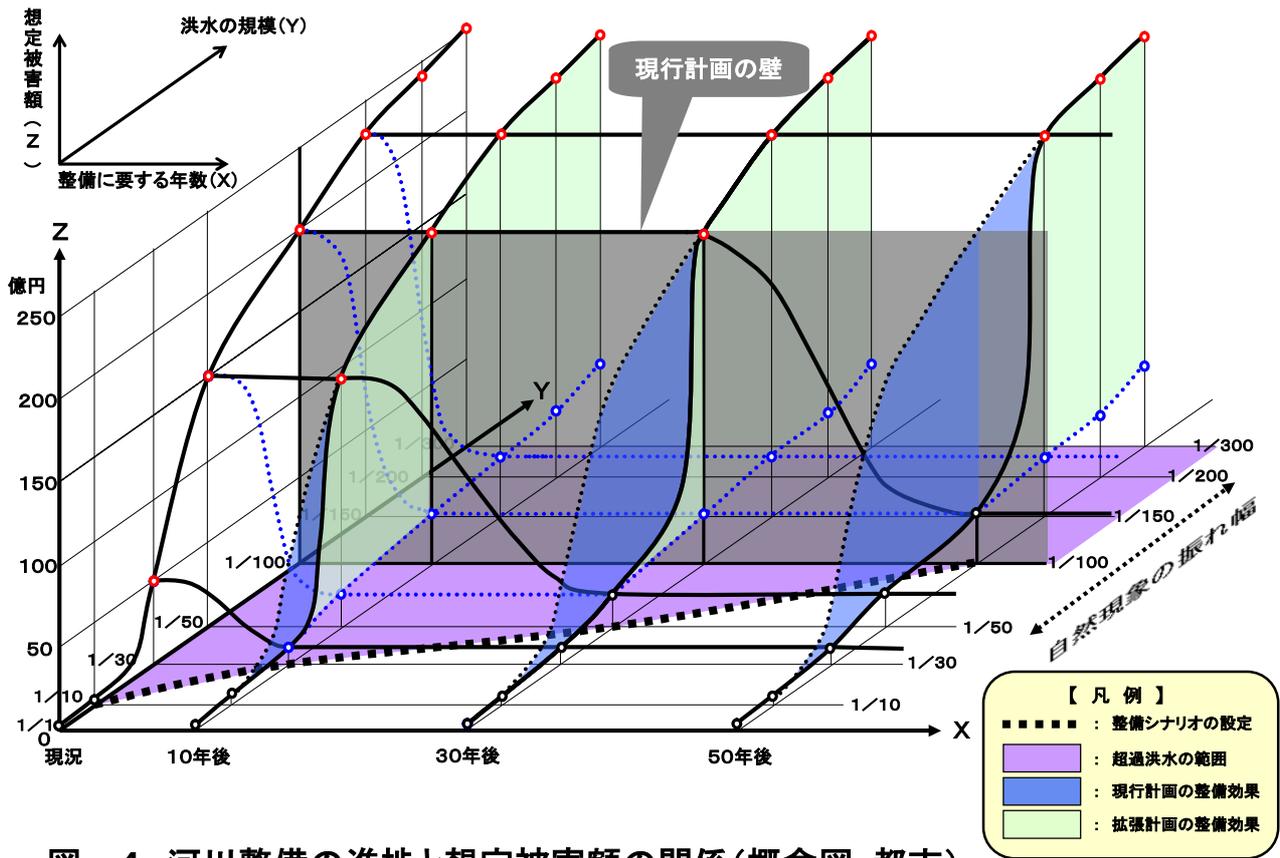


図-4 河川整備の進捗と想定被害額の関係(概念図:都市)

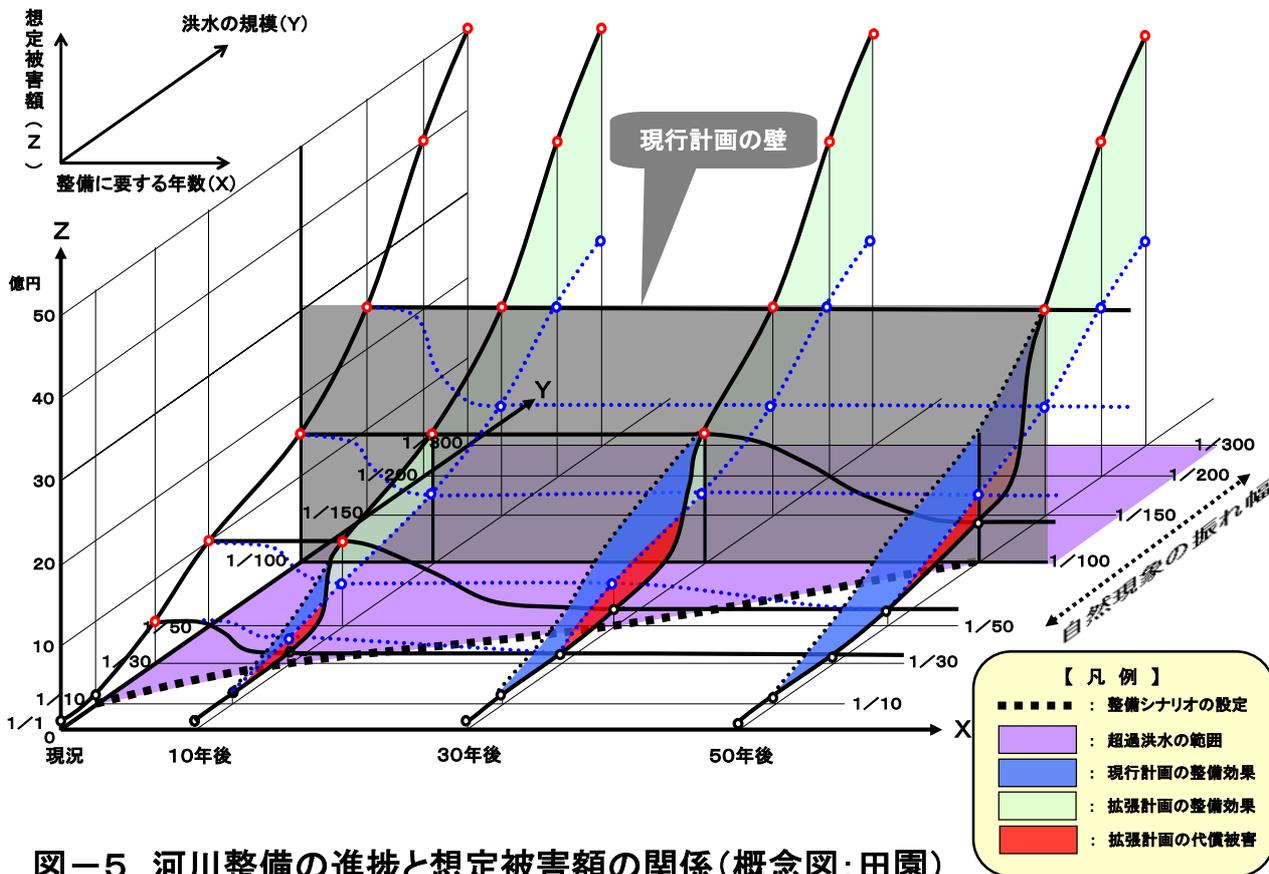


図-5 河川整備の進捗と想定被害額の関係(概念図:田園)

## 6. 氾濫域管理と洪水管理の事例

### (中国の<sup>わが</sup>淮河の場合)

流域全体で洪水に対処するとともに、氾濫域の土地利用と整合した治水施設を配置し、不確定な自然現象に対して水系全体の被害を最小に止める努力が洪水防御計画の原点である。本論のような考え方で、重点防御区間の堤防を破堤させないために、土地利用の整序と計画的な流入制御による氾濫域管理と洪水管理を行っている淮河の事例を以下に紹介する。

中国の淮河における洪水管理は、ダム群、放水路網の他、特徴的な「河道流量制御と氾濫域管理」により行われている。わが国の河川に較べて流域規模や洪水特性がかなり異なるが、河川の逐年整備と超過洪水に対しての考え方は参考になることが多い。

淮河は北の黄河と南の長江の間、緯度は日本の九州と同じで中国東部に位置する第三の大河である。流域面積27万 $\text{km}^2$ 、幹川流路延長1千 $\text{km}$ 、流域内人口は1.65億人で人口密度が最も高く、社会経済的にも重要な流域である。治水の祖とも呼ばれる夏王朝の創始者「大禹」の治水から4千年の歴史を有するが、極度の緩流河川であり整備の難しい大河である。

淮河の堤防にはランク分けや機能分類があり、重要地区を守る堤防は「確保堤」と称される。都市や地域の生命線として管理されている確保堤区間の河道内水位を制限水位以下に制御するため、計画的に配置された限定氾濫域群へ逐次洪水を分散させて大洪水を乗り切るギリギリの努力が成されている。平常時の氾濫域は農地として活用されているが、洪水時には国から避難命令が発せられ巨大な遊水地に変貌する。これらの限定氾濫域は「蓄洪区 (Storage Area)」、「滞洪区 (Detention Area)」、「行洪区 (Diversion Area)」と称せられ、水系内に29箇所計画的に配置され管理されている。蓄洪区と行洪区は淮河本流沿川に、滞洪区はそれ以外に位置している。蓄洪区と滞洪区には流入水門が設けられており、ゲート操作により遊水させる。行洪区は一時的に洪水疎通能力を向上させるもので、自然越流方式又は堤防の指定された箇所を爆破することにより導水される。中国では、爆薬は水防資機材の主要品目となっている。

洪水時の水位観測データに基づき、蓄滞洪区にどのような順序で氾濫させて行くかは中央(北京)で決断され、現地で行に移される。蓄滞行区の住民は避難命令から48時間以内に避難することになっているが、氾濫域内には保庄(platform)と呼ばれる堤内盛土があり、その避難を容易にしている。

03年7月の大洪水は流域平均30日雨量465 $\text{mm}$ により発生したが、淮河本川沿いの9箇所の蓄滞行区(合計面積790 $\text{km}^2$ )に導流することにより、重要堤防区間の水位制御を完結し、破堤による外水氾濫被害を回避し洪水被害を最小限に止めて

いる。

中国は今後の治水施設整備の中心を蓄滞洪区の増強においており、蓄滞洪区の補強、統廃合、行洪区から蓄洪区への変更などを実施する方針である。

一方、制御氾濫による被害には国からの補償(被害額の40~70%)が行われている。洪水防御計画と土地利用計画を一体とすることにより、逐年整備途上における大災害を回避し流域全体の社会的経済損失を最小限に抑制する歴史的智恵が凝縮されている壮大な事例である。

わが国の河川では、出水が短時間であることから、限定氾濫域内の家屋や重要道路は予め安全な高さまで集落化して嵩上げしておくことを標準とすべきである。

## 7. 土地利用の整序と補償・補填の制度

拡張河川計画手法を現実の物にできるか否かは、田園と定義した限定氾濫域の合意形成と土地利用整序の実現性にかかっている。そのための法制度、保険・補償制度を早期に確立する必要がある。土地利用の整序は、人口減少、地域再生、農地制度改革などを勘案し総合的に進めるべきであり、田園該当地域の新たな活力と持続可能性に結びつけていくものでなければならない。河川事業としては、限定氾濫域の家屋の嵩上げや移転のための補償、氾濫被害の補填制度運用が新たに必要となる。

拡張河川計画手法は、前述のように現行計画を発展させるものであるが、計画概念通り適用できる河川とさらに工夫が必要な河川を総合診断してかかる必要がある。これからの河川計画は、河川特性と氾濫原の地理的特性、土地利用の現状と見通しなどを考慮し、それぞれの地域の関係者が大いに議論し、地域社会の安心や将来を語り合う中で創り上げていくべきものである。

本稿が、気候変動による自然の猛威に対処すべく諸課題解決に尽力する研究者や今後の河川整備を持続可能な地域再生の一環として捉えている行政担当者の参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 国土交通省河川局：河川砂防技術基準同解説 計画編、技報堂出版、2005. 11
- 2) 社会資本整備審議会：水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)、2008. 6
- 3) 中国水利部淮河水利委員会：淮河、2004