

地球温暖化と高規格堤防の効果について

(財)リバーフロント整備センター 主席研究員 江橋 英治

1. はじめに

平成20年6月、国土交通省の社会資本整備審議会（河川分科会・気候変動に適應した治水対策検討小委員会）において「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適應策のあり方について（答申）」（以下「審議会答申」という）が出された。この中で高規格堤防は直接は言及はされていないが、参考資料に「新規施設の整備：堤防、洪水調節施設等の整備」と示され、必要性が再確認されている。

また、日本学術会議の「提言 地球環境の変化に伴う水災害への適應」（平成20年（2008年）6月26日）においては、『我が国の大都市は海に近い低平地に立地していることから、地球温暖化による洪水の強化や、海水面の上昇とあいまって水災害の危険性が特に高まる。大都市圏では大洪水時に堤防が破堤するとその被害は甚大なものとなり、我が国の政治的・経済的安全保障上重大な事態に陥る危険性がある。また、国民の心理的打撃も大きいものになるであろう。このような場所では、高規格堤防のような防災施設の建設を積極的に進めるべきであろう』とされているところである。

高規格堤防は、超過外力を想定した堤防であることから、地球温暖化に伴う外力変化に対応できるものと考えられており、本稿は、その効果と気候変化への対応可能性について考察したものである。

2. 高規格堤防とは

高規格堤防は、人口が集中し、中枢的な社会・経済活動を担っている大都市圏での洪水による壊滅的な被害を受けることのないように、東京・大阪の5水系6河川で進められている事業である。これは、破堤による氾濫域の壊滅的な被害を防ぐために、超過洪水に対応した幅の広い堤防を整備するものであり、昭和62年から整備事業が開始されている。

【近畿】

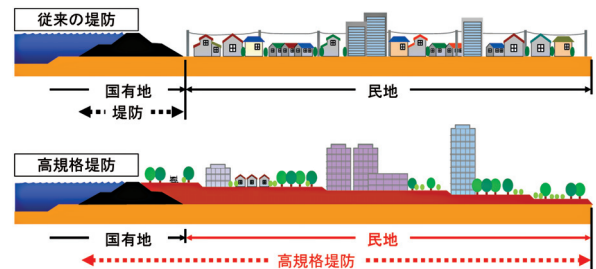


【関東】



図一 高規格堤防整備の対象河川

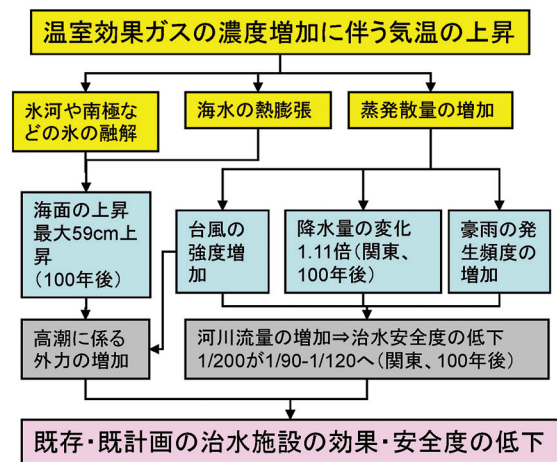
この幅の広い堤防（高さの30倍の幅を有する堤防）は超過洪水の越流・浸透等の作用に耐えることができる構造規格を有するとともに、その表面については通常の土地利用ができることが特徴であり、従来の堤防整備事業とは大きく異なり、用地買収を行わず、市街地整備事業との共同事業で行うことが基本となっている。



図一 高規格堤防の整備イメージ

3. 地球温暖化の影響

審議会答申において示されている地球温暖化に伴う気候変化の治水施設への影響については図一3のようになるとされている。



図一 地球温暖化に伴う治水施設への影響

この中で、『100年後の降水量の変化を予測すると、現在のおおむね1.1～1.3倍、最大で1.5倍程度と見込むことが妥当』とされ、『現計画が目標としている治水安全度は、200年に1度程度の場合は90～145年に1度程度』となると試算されたとされており、首都圏・近畿圏の高規格堤防対象河川の治水安全度も低下すると見込まれる。

さらに、審議会答申では、「洪水に対する治水政策の重層化」において『…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。

これまでの計画において目標としてきた流量に対し、河道改修や洪水調節施設の整備等を基本とする「河川で安全を確保する治水政策」で対処することに加え、増加する外力に対し「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。これにより、起こり得る様々な規模の洪水を対象とし、その規模に応じて弾力的に流域で対応する。これまでの総合治水対策で実施してきた方策の拡充をはじめ、流域における対策の積極的な展開を推進する』という考え方を示している。

4. 高規格堤防整備による多様な効果

高規格堤防は、まちづくりとの共同事業によって、その上面は、好ましい市街地環境が確保された新市街地として整備・再生されることとなる。

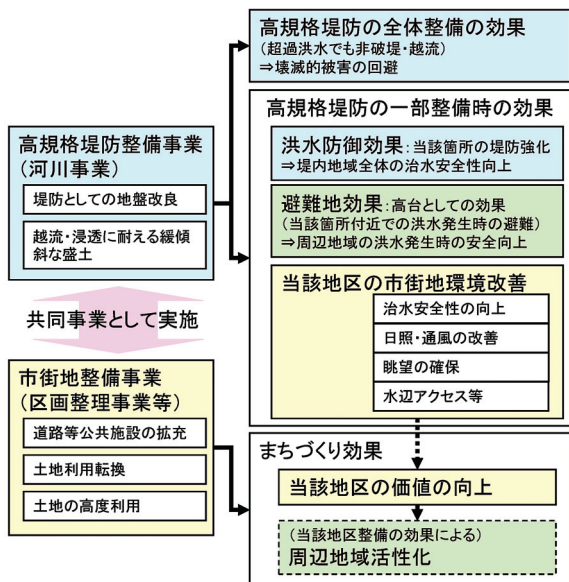


図-4 高規格堤防整備事業の効果

図-4は高規格堤防の各種効果を示したものである。高規格堤防整備は堤内地全体の治水安全性向上を目的とした河川事業と、整備地区でのまちづくり目的とした市街地整備事業を共同事業として実施する。この共同事業によって、図-4に示すように、堤内地全体（水色）から、周辺区域（緑）、当該地区（黄色）に対し、様々な整備効果を発揮する。高規格堤防の全体計画の完了までには長期間を有するが、地域の治水安全性の向上は一部箇所の整備時点からも発揮され、また、その整備地区の市街地環境は河川事業による盛土と、市街地整備事業によって改善される。

5. 高規格堤防の本来効果（全体整備の治水効果）

高規格堤防整備事業はこのように多様な効果を持

つが、超過洪水が発生し、越流状態になっても破堤しないことによって、堤内地における壊滅的被害を回避することが本来期待している治水効果である。高規格堤防の整備を行っている東京・大阪大都市圏の5水系6河川については、破堤による洪水が発生した場合、地下鉄への浸水、鉄道・幹線道路の冠水・罹災等による都市圏及び広域交通ネットワークへの影響、情報・通信機能等の被災による情報・通信ネットワークへの影響、さらには罹災地域の産業・経済・社会活動の停止に伴う日本の産業・経済・国家機能等への影響があり、これらの復旧までに長期を要するため、我が国の中枢機能等への壊滅的な影響を及ぼすことになる。

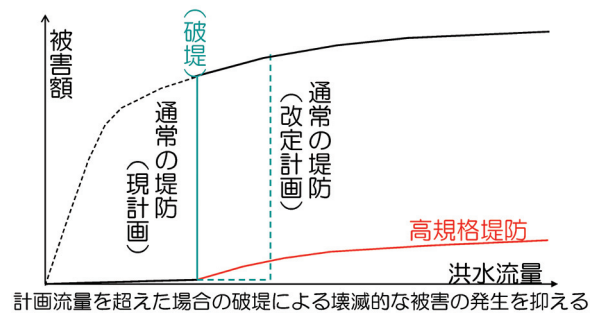


図-5 高規格堤防の効果の概念図

高規格堤防の効果は、従来から図-5の概念図で示されている。通常の堤防は計画洪水流量までについては被害額を殆ど0に抑えることができるが、計画洪水流量を超えて破堤した場合は大きな被害を生ずる。計画を改訂して計画洪水流量を増やしても、これを越える規模の洪水による破堤による大規模災害の可能性は存在し続ける。これに比較し、高規格堤防は破堤しない堤防であり、計画洪水流量を超えても破堤せずに越流する事で、被害額を少なく抑えることができる。このため破堤が国家的被害に繋がる大都市圏の河川について高規格堤防整備が位置づけられている。

次に、この効果を年間便益として表現する。洪水流量 q の年発生確率を $R(q)$ とし、洪水流量 q による対策のない場合の被害額を $C(q)$ とすれば、発生しうる全ての q に関して、 $\sum R(q) \times C(q)$ が堤防等の対策がない場合の年間被害額の期待値となる。

一方で、現在の河川整備計画は、洪水は降雨によって起こることから、降雨の発生確率に応じて、洪水流量を計算して、例えば200年確率降雨に対する安全な堤防等の対策を計画している。

この考え方に準じて、ある洪水流量 q_0 以上の洪水流量 q が発生する降雨確率 r_0 を、

$$r_0 = r(q \geq q_0)$$

という形の式で書くこととする。この r_0 を横軸、 $C(q)$ を $C(r)$ と書き直し、これを縦軸にしてグラフを書き、図-5に示した各種項目を記載すると図-6-1ようになる。なお、高規格堤防を越流した洪水による被害額を $H(r)$ とした。

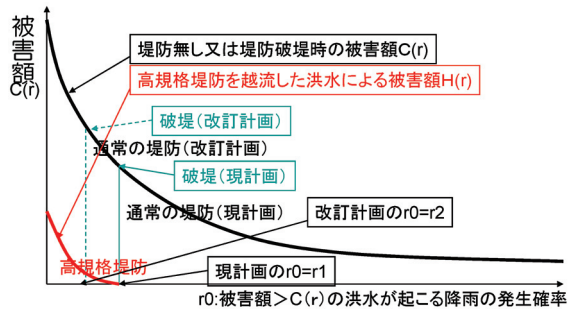


図-6-1 高規格堤防の便益の概念図その1

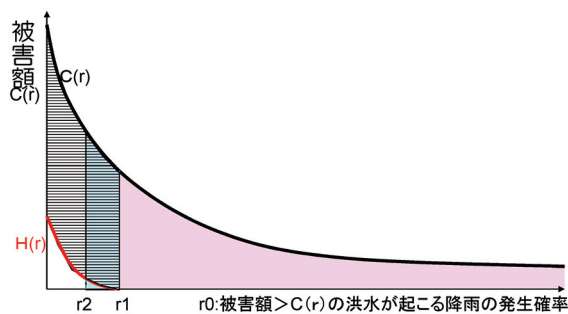


図-6-2 高規格堤防の便益の概念図その2

堤防がない場合の年間被害額の期待値	【グラフ全体】	$\int_0^{\infty} r_0 \times C(r) dr$
現計画による年間被害額の軽減の期待値		$\int_{r_1}^{\infty} r_0 \times C(r) dr$
現計画での年間被害額の期待値	【上の左側】	$\int_0^{r_1} r_0 \times C(r) dr$
改訂計画による年間被害額の軽減の期待値		$\int_{r_2}^{r_1} r_0 \times C(r) dr$
改訂計画での年被害額の期待値	【上の左側】	$\int_0^{r_2} r_0 \times C(r) dr$
高規格堤防による年間被害額の軽減の期待値		$\int_0^{r_1} r_0 \times (C(r) - H(r)) dr$
高規格堤防+現計画での年被害額の期待値	【赤線の下】	$\int_0^{r_1} r_0 \times H(r) dr$

表-1 高規格堤防等の効果

この図-6-1、図-6-2及び、表-1に示すように、洪水による年間被害額の期待値は、被害額 $C(r)$ の r_0 による積分(図における面積)によって示される。この中で、堤防整備による年間被害額の軽減期待値(堤防整備の便益)、及び、堤防整備後も残る年間被害額の期待値は r_1 等の計画規模で縦に区切った範囲の面積で示せる。また、高規格堤防に

ついては、赤線で示した越流した場合の被害額の線の下部分が、高規格堤防整備後も残る年間被害額の期待値となる。但し、便益計算においては、国家的被害のような確率は小さくても極めて大きな被害について、確率と被害額の積で被害額を評価することは、必ずしも適切ではないという考え方もあり、あくまで概念としての年間被害額の期待値としての整理である。

6. 地球温暖化に伴う降雨状況変化と効果の関係

この降雨状況の変化による外力の増加に対し、図-6の概念図に当てはめたものが図-7である(変化後の変数・式等は'を付けた)。図から明らかなように、地球温暖化の結果、対策がない場合の年間被害額の期待値が増加する。現在、仮に200年確率の降雨に対し治水安全度を確保してきた通常堤防が、その降雨が100年確率で起こることとなった場合、現計画は100年降雨対応となる。この計画による年間被害額軽減の期待値(計画による便益)は、地球温暖化の条件下でも殆ど変わらないが、超過降雨の確率が大きくなることで、その計画のもとでの年間被害額の期待値は、大きく上昇することになる。また、被害確率(大きな被害を受ける確率に相当)も拡大する。

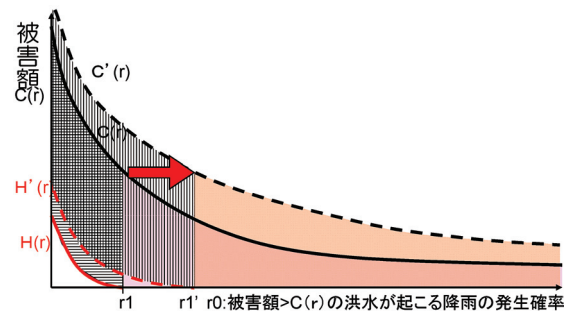


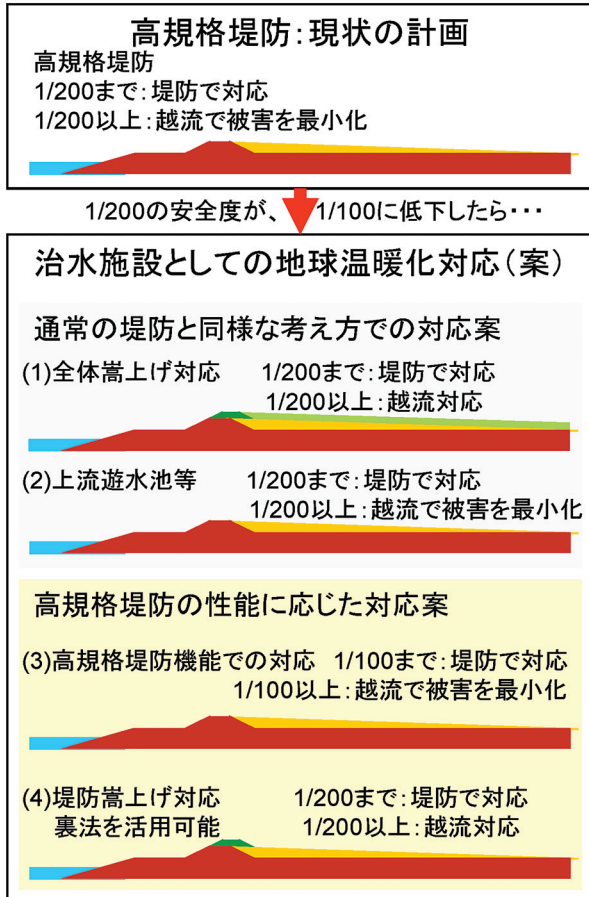
図-7 降雨状況の変化に伴う便益等の変化

一方で、高規格堤防の効果(高規格堤防による年間被害額の軽減の期待値)は、超過降雨の確率が大きくなるのに従って、概ね比例的に大きくなる。また、被害を受ける確率は通常堤防と同様に大きくなり、越流による年間被害額の期待値は拡大するものの被害は小さくすみ、「壊滅的被害を受けない」という高規格堤防の事業目的は継続して達成できる。

7. 高規格堤防における更なる対応可能性

このような降雨状況の変化に伴う安全度低下に関して、治水施設対応を図ろうとする場合、図のように通常堤防であれば、(1)堤防の嵩上げ、又は、(2)上流の治水施設整備等で対応する必要が生ずる。

これに対し、高規格堤防であれば、(3) 現堤防高さ以上の洪水は、越流を許容するという対応の他、(4) 高規格堤防上に小堤防を設ける対応も可能である。この小堤防案については、通風、眺望、河川アクセス可能等の高規格堤防の市街地環境のメリットがなくなるという問題がある。



図－8 高規格堤防の機能強化の可能性

図－7との関係で考えれば、各対応策の効果は表－2の通りであり相当程度小さく、実施費用、失われる便益((4)の場合)との関係で「あまり適切ではない」と整理されよう。このような点からすると、高規格堤防は、地球温暖化に伴う対応を内在した計画であるとの整理が適当であろう。

(1)(2)の便益(年間被害額の軽減の期待値)	【概ね赤線と赤破線の間】	$\int_0^{r_1} r_0 \times (H'(r) - H(r)) dr$
(4)の便益(年間被害額の軽減の期待値)	□だけの部分	$\int_{r_1}^{r_2} r_0 \times H'(r) dr$

表－2 各機能強化策の効果

8. まちづくりと高規格堤防

高規格堤防は、市街地側との共同事業によって治水安全性を確保するものであり、流域における対策という側面もあり、審議会答申の考え方を先取りした施策という考え方もできる。今後の地球温暖化に

対する適応策を考える場合、高規格堤防は長期間かつ多くの費用を要することから、大都市における特殊解ではあるが、治水に加え多様な効果が発揮される有効な手段であることは間違いない。

現在まで、高規格堤防整備は、次の2つの方法で進められてきている。

(1) 区画整理事業等との共同事業としての実施

高規格堤防の計画区域内において、市街地環境の改善を図る区画整理事業等の街づくり事業が計画された場合、高規格堤防事業との共同事業として、河川側で盛土等の工事を行い、また、必要となる補償等を共同で行うことで、高規格堤防の上に新たな市街地を実現させる。

(2) 民間の土地利用転換に併せての実施

高規格堤防の計画区域内において、民間事業としての宅地開発やマンション等の建築がなされる場合、調整を行って、河川側として高規格堤防の盛土を行った上で、開発を行ってもらう。

これら、市街地整備及び民間開発について、協力を得られるのは、高規格堤防による盛土は、堤内側の治水安全性の向上のみでなく、盛土を行うことによって当該事業地区にも安全性及び環境の向上といったメリットがあるからである。今後とも、まちづくりとの共同事業を積み重ね、このメリットを広く知ってもらうことが、新たな事業地区への展開に繋がっていく。



写真－1 多摩川における高規格堤防

9. おわりに

地球温暖化の進展に伴う適応策が必要とされ、一方で、豊かな地域環境の確保が求められている現在、大都市圏にとって、治水効果の他にも多様な効果ある高規格堤防整備の必要性はさらに高まっていくものと考えられる。このような背景を受けて、高規格堤防整備のさらなる積極的な推進が望まれる。