

# 東京東部低地（ゼロメートル地帯）の 超過洪水発生と防御策に関する研究（Ⅰ）

土 屋 信 行

---

## 目 次

- I. はじめに
- II. 増大する水災害リスクと低下する治水安全度
  - 1. 江戸川・荒川浸水想定区域と江戸川区ハザードマップの作成とその特徴
  - 2. 昭和22年カスリーン台風時の渡河避難の実態
- III. 超過洪水による浸水域のシミュレーション
  - 1. 利根川，栗橋付近（破堤）
  - 2. 荒川左岸，川口市領家付近（破堤）
  - 3. 荒川（中川）左岸，上平井水門付近（破堤）
  - 4. 荒川左岸，東京メトロ東西線付近（破堤）
  - 5. 荒川右岸，江戸川区平井付近（越流）
- IV. ゼロメートル地帯における避難高台地の必要性和有効性
  - 1. 避難高台地としての高規格堤防の有効性  
(以下次号以降掲載)
- V. 荒川・中川防災ベルト構想の提案
  - 1. 荒川と中川の一体的検討
  - 2. 荒川と中川の並行流下区間の既定計画
    - 1) 計画高水流量
    - 2) 計画高水位
    - 3) 既定計画の荒川，中川高規格堤防案
  - 3. 荒川・中川防災ベルト構想における避難高台地の検討案
    - 1) 各種検討案

- 2) 各案における計画高水流量に対する考え方
- 4. 各案の計画高水流量に対する影響の考察
  - 1) 自然合流案の考え方
  - 2) ポンプ施設併設案の考え方
- 5. 中川堤防強化案，荒川，中川流路一体化についての考察
- Ⅵ. 今後の治水対策の在り方
  - 1. 河川水災害のリスク評価とコスト評価
  - 2. 脆弱性評価とリスク評価
- Ⅶ. おわりに

## I. はじめに

治水対策は国が国民に対して備えなければならない必須の最重要施策である。これは国の責任において国民の命と資産を守る安全保障と捉えるべきである。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第4次報告によれば，気候システムの温暖化には疑う余地がなく，大気や海洋の全球平均温度の上昇，雪水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。このことにより干ばつ，熱波，洪水など極端な気象現象のリスクの増加，水災害の危険性も増大している。台風の大型化，降雨強度の増大などによりこれまで100～200年確率を目指してきた河川でも実際には既に，治水安全度は著しく減じていると言える。

さらに，地球温暖化というさらなるリスクの増大を捉えたとき，これまでの計画高水流量という指標に対し行ってきた水災害対策を，超過洪水をも視野に入れて検討する事が求められている。このような状況から超過洪水はもはや起こることが確実であり，これに備えることは予断を許さないところまで来ていると考える。首都圏のように中枢機能が集積している地域では，国家機能の麻痺を回避するため，被害の最小化を目指すことが必要である。

しかし，洪水から発生する損害に対する備えは自治体個々に委ねられており，河川流域全体での対応がなされていないのが現状である。洪水に対する備えをどのように行うのか，避難勧告，避難指示をどの段階で出すのかという極

めて基本的なことですら、自治体単位で対応することになっているのである。1つの河川は多くの自治体を通して下流に流下するのであるが、それぞれの自治体が独自の洪水対応をすれば、混乱は計り知れない。まさにこの点で国際河川と同様に流域全体での対応が必要である。災害は最大のリスクに対する事前のシミュレーション無くして、的確な備えは出来ないと考える。

## Ⅱ．増大する水災害リスクと低下する治水安全度

表1は気候変動に適応した治水対策検討小委員会（国土交通省社会資本整備審議会、2008）の報告書において示された100年後の降雨量の変化を推定したものである。これらは、IPCC第4次報告のダウンスケーリングを行い作成している。

表2は我が国における100年後の降水量の変化が、河川において想定される洪水の大きさに対して及ぼす影響を検討したものである。委員会報告では降水量がそれぞれ1.1倍から1.5倍まで増加すると想定した場合、現河川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度程度に、150年に1度程度の確率率は22～100年に1度程度に、100年に1度程度の場合は25～90年に1度程度となり、治水安全度が著しく低下していくと予測している。特に降水量の倍率が大きい北海道、東北において、洪水の発生頻度が高くなり治水安全度の低下が大きくなっている。同様に中小河川においても治水安全度の低下が想定される。このことから、将来の降水量の増加により、現計画が目標とする治水安全度は著しく低下することになり、浸水・氾濫の危険性が

表1 各地域における100年後の降雨量の変化率

地域名	降雨量の変化率	地域名	降雨量の変化率
北海道	1.24	紀伊南部	1.13
東北	1.22	山陰	1.11
関東	1.11	瀬戸内	1.10
北陸	1.14	四国南部	1.11
中部	1.06	九州	1.07
近畿	1.07		

表2 100年後の降水量の変化が治水安全度に及ぼす影響

地域名	将来の治水安全度（超過確率年）					
	1/200（現計画）		1/150（現計画）		1/100（現計画）	
		水系数		水系数		水系数
北海道	—	—	1/40～1/70	2	1/25～1/50	8
東北	—	—	1/22～1/55	5	1/27～1/40	5
関東	1/90～1/120	3	1/60～1/75	2	1/50	1
北陸	—	—	1/50～1/90	5	1/40～1/46	4
中部	1/90～1/145	2	1/80～1/99	4	1/60～1/70	3
近畿	1/120	1	—	—	—	—
紀伊南部	—	—	1/57	1	1/30	1
山陰	—	—	1/83	1	1/39～1/63	5
瀬戸内	1/100	1	1/82～1/86	3	1/44～1/65	3
四国南部	—	—	1/56	1	1/41～1/51	3
九州	—	—	1/9～1/100	4	1/60～1/90	14
全国	1/90～1/145	7	1/22～1/100	28	1/2～51/90	47

増えることは明らかである（国土交通省社会資本整備審議会：2008，報告書 pp. 17～19）。

さらに、下流・沿岸域の低平地やゼロメートル地帯が広がる地域においては、降水量や短時間降雨強度の増加、海面水位の上昇、台風の激化、中流部からの洪水や氾濫水による影響等により、堤防決壊等による氾濫や浸水頻度の増加が想定される。低平地やゼロメートル地帯では、市街化の進展により流出係数が上昇し、下水管への遮集量が増加している上に、自然排水が困難である。このことから、洪水や高潮による外水や内水の氾濫による浸水が長時間に及ぶことが想定される。

我が国の下流・沿岸域には人口、資産が集積していることが多く、特に東京、名古屋、大阪の三大都市圏においては、社会経済活動の中核機能が集積している。これらの地域では水害や高潮災害等は国民の生命・財産への影響のみならず、国家機能の麻痺や国際競争力の低下につながるものが懸念される。

このような地域で治水対策が必要なことは当然であるが、すべての計画の完成には長期にわたる期間が必要である。以上の状況を考慮し人命保護の観点か

ら避難高台地の確保を図ることは喫緊の課題である。

災害時の避難場所については大きく大別して人命保護のため目前窮迫の事態に一時的に身を守るために避難する場所としての緊急一時避難所（いっときひなんじょ evacuation for emergency）と、災害によって短期間の避難生活を余儀なくされた場合に、一定期間の避難生活を行う施設としての収容避難所（shelter）がある。今ゼロメートル地帯にとって必要な避難場所は、第一義的には人命を守るための高台避難地（evacuation area）である。

# 1. 江戸川・荒川浸水想定区域と江戸川区ハザードマップの作成とその特徴

図1は江戸川区において作成した「江戸川区洪水ハザードマップ」である。平成17年7月に施行された水防法の改正に基づき、各河川管理者が作成した浸水想定図を基にしている。この水防法の改正により、各市区町村長がハザードマップを作成することが義務づけられ、国土交通省河川局治水課により「ハザ



図1 江戸川区洪水ハザードマップ（江戸川・利根川・荒川の外水氾濫）

表 3 建物避難（待避施設）に関する調査結果

小中学校への避難		区内高層ビルへの避難	
1 階が水没する学校	80校	3 階建	約4,600棟
2 階まで水没する学校	5 校	4 階建以上	約5,800棟
全階水没しない学校	21校		
合計 106校	収容人数 22万人	収容人数	15万人
収容人数合計		37万人	

(江戸川区調査 2008～2009年)

ードマップ作成の手引き」がまとめられた。法改正により市区町村長は洪水予報の伝達方法や、避難場所を住民に周知することが義務づけられている。

江戸川区の場合は国土交通省江戸川河川事務所及び荒川下流河川事務所が作成した、利根川、江戸川、荒川の流域の大降雨により、計画高水水位で堤防が決壊し、洪水が氾濫した場合の浸水深の浸水想定図を基に、区内全域での地域防災拠点への避難を誘導する図面である。江戸川区の人口は現在約68万人であり、面積は約50km<sup>2</sup>、人口密度は約 1 万3,500人/km<sup>2</sup>である。これらの数値より江戸川区は人口密集度が高く、ハザードマップから分かるように区内の至近な場所に一時避難所の必要性が極めて高いと言える。

この洪水ハザードマップの作成段階において、著者は東京都江戸川区の防災行政の責任者として、「江戸川、利根川、荒川が氾濫した場合」の建物避難（待避施設）に関する調査を行った。表 3 はこの調査により得られた避難収容人数の結果である。江戸川区の災害時の避難場所としては106校の小中学校を予定している。しかし、これらの小中学校のうち浸水予想図（国土交通省江戸川河川事務所及び荒川下流河川事務所作成）によれば、浸水深と照らし合わせて 1 階、2 階、3 階の全ての階が水没せずに使える学校が106校中21校、1 階部分が水没する学校が80校、2 階まで水没する学校が5校である。ここに 1 人/1 m<sup>2</sup>ずつ避難しても、約22万人しか収容できないのが現状である。さらに 4 階建以上の建築物を避難対象としても約15万人、合わせて約37万人の避難しかできないという結果であった。建物避難のみでは、表 1 のとおり、68万区民の半分程度しか収容できない事態となっている。

さらに、江戸川区は国土交通省荒川河川事務所の想定によると、堤防に囲まれたゼロメートル地帯であることから、一度浸水すると既存の50mm 降雨対

応の下水道ポンプ所をフル稼働させても、排水に12日以上掛かると試算されている。そのため、江戸川区洪水ハザードマップでは、小中学校など建物への避難は、「避難する時間がない」あるいは「浸水が始まって危険性が高い」などのやむを得ない場合に限定し、それ以外は洪水予報に基づき十分な時間余裕をとり、高い場所を求めて遠距離ではあるが事前避難するよう、誘導することとした。

避難する場所として3か所の「地域防災拠点」を定めている。①大島小松川公園、②葛西南部地区、③市川市国府台（こうのだい）台地である。

歴史的にみれば別所・丸山らの『江戸川区の歴史』（1978）のカスリーン台風の報告にあるように、氾濫した河川の堤防天端が一番高い場所であり、そこに多くの避難民が集中していたのが実態である。しかし、東京東部低地帯では最大4.5mもの地盤沈下を経た結果、ゼロメートル地帯となっており、人口密集地帯における洪水避難計画は、河川堤防を避難場所にするわけにもいかず、極めて難しいものとなっている。江戸川区のハザードマップは、全く逃げる高台のないゼロメートル地帯の抱える課題を示しているといえる。

## 2. 昭和22年カスリーン台風時の渡河避難の実態

前述の江戸川区のハザードマップでは、避難場所の1つとして隣接の千葉県市川市国府台台地が避難高台として指定されており、洪水氾濫時に区民は、江戸川を渡河して避難することになる。

別所・丸山らの『江戸川区の歴史』（1978）によれば、かつて昭和22年（1947）カスリーン台風の際、多くの住民が洪水時に江戸川に架かる総武線の鉄橋を渡って、千葉県側の市川市国府台台地に避難したことが報告されている。『江戸川区の歴史』によれば以下のように記述されている。「16日、利根川の堤防が栗橋上流で決壊、その濁流は一路南下して19日には小岩町に達し、江戸川区全域を洗って20日の午後には船堀に達した。人々は次々に市川を目指して避難し、江戸川の土手には数千の群衆がひしめき、総武線の鉄橋も黒山の人だった。（写真1）」被害面積は江戸川区の約60%におよび、床上浸水約2万戸、床下浸水約1万500戸、被災者は人口の約70%に当たる13万3,000人にのぼった。一番水深の深かったところは西小松川1丁目で、2mから3mにおよんだ。

さらに、「20日夕刻、船堀橋が危険なため、荒川を越えて東京方面への避難



**写真1** カスリーン台風で総武鉄道の土手の上を江戸川区新小岩～小岩方向へ避難する住民（東京都江東治水事務所記録写真）

を思い留まった江戸川区南部の被害者たちは、一路千葉県市川市を目指して延々長蛇の列を作り、同日江戸川堤には夜を徹して数千の避難民がひしめきあい、総武線市川鉄橋にも避難民が黒山のように、小岩警察署では約一万名といっている。

市川市では、警察署長の指揮下に小岩方面の逃げ遅れた被害者を救出するため、千葉県浦安・行徳両漁業組合から、発動機船（約80名収容）20隻、木船（約10名収容）170隻、計190隻を借りうけ、午後六時ごろから救出作業に乗り出す。一方、市川小学校に4,365名、真間小学校に1,840名、真間山弘法寺に500名を収容、東京都民に手厚い応急援護を行なっている」との記載がある。（『江戸川区の歴史』、別所・丸山：1978）。著者は行政の責任者として今再びこのような洪水の河川を、渡河して避難をしなくてもすむ、地区内に避難できる高台の必要性を痛感している。

### Ⅲ. 超過洪水による浸水域のシミュレーション

気候変動による超過洪水や超過高潮は、その発生確率の増加と発生事象の強度の増加が予想されているが、「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」（国土交通省社会資本整備審議会、2008）に



において、以下の様な施策の方向性が示されている。

- ア．洪水については、気候変化による外力の増加分への対応も、治水対策として取り扱う必要があり、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対応すべきである。
- イ．高潮については、海面水位の上昇や台風の激化に対応するため、高潮堤防等を的確に整備する必要があり、施設更新時などにあわせて、その時点で今後増大する外力を見込んで嵩上げを行い、浸水頻度を減少させる必要がある。

図2は江戸川区の東一西方向の断面図である。この図より明らかなように区域の大部分の標高はゼロメートル地帯であり、洪水における破堤はもとより、満潮位における地震破堤においても大災害の危険性を有する地勢特性であることが容易に確認される。

以上の状況を踏まえ、本研究では東京東部低地帯における利根川、荒川の破堤洪水時の浸水域と最大湛水深の検討を行った。

シミュレーションは表4の通り5通りに分けおこなった。

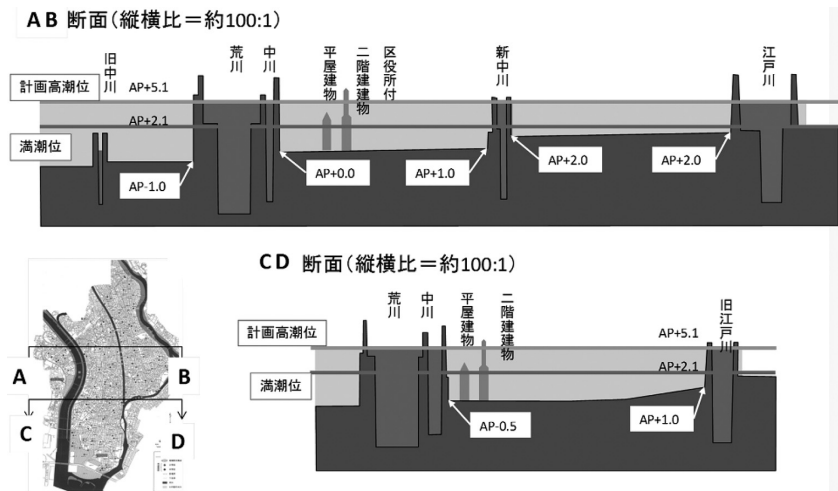


図2 江戸川区の東一西方向断面図

表 4 ケース分け一覧表

ケース①	超過洪水により破堤	利根川右岸栗橋付近（河口134.4km）
		ハツ斗島で計画高水位を10日間継続
ケース②	超過洪水により破堤	荒川左岸川口市領家付近（河口20.0km）
		越流水位 A. P. +8.31m
ケース③	超過洪水により破堤	中川左岸上平井水門付近（河口7.0km）
		越流水位 A. P. +7.6m
ケース④	超過洪水により破堤	荒川左岸東京メトロ東西線付近（河口0.6km）
		計画高潮位+0.6m（温暖化による海面上昇） A. P. +5.7m
ケース⑤	超過洪水による越流	荒川水位上昇
		荒川右岸平井付近（河口12.0km 地点） 水位を A. P. +9.8km まで10cm/時で上昇

### 1. 利根川，栗橋付近（破堤）

ここでは，ケース①として，利根川水系の基準地点であるハツ斗島において現在の計画高水流量を与え，利根川右岸堤防が栗橋付近（河口から134.4km）で破堤したとして氾濫シミュレーションを行った。堤防決壊幅としてはカスリーン台風時と同じ約340mの破堤幅を想定し破堤後10日間の氾濫計算を行っている。図3は，10日経過時点での水深分布であり，江戸川区内に最大湛水深8mを超える結果となっている。ここでは破堤後の水位が継続されるとしてシミュレーションしており，極限状態で起こりうる最大湛水深を想定している。各ケースとも同様の想定である。地形データ及び標高データは国土地理院の10mメッシュを使用している。なお，洪水氾濫シミュレーションは『水利科学』No.325で報告した，著者らの関東流域圏モデルを利用している（著者（土屋），田原他，2009；著者（土屋），多田他，2010）。

### 2. 荒川左岸，川口市領家付近（破堤）

次に，ケース②として，荒川左岸堤防の川口市領家付近（河口より約20.0km）で破堤し，洪水水位が減ずることなく継続するような大規模な超過洪水を想定した。越流水位を A. P. +8.31m として，洪水検討を行った。図4

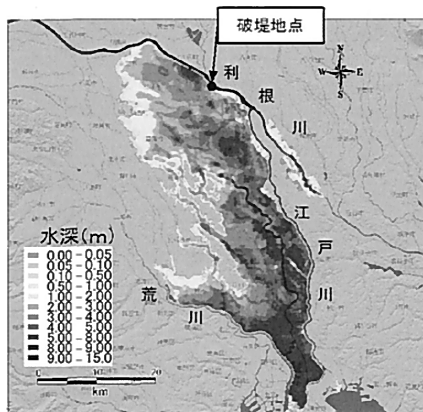


図3 ケース①利根川右岸栗橋付近（約134.4km）破堤後10日経過時点の氾濫湛水深の分布

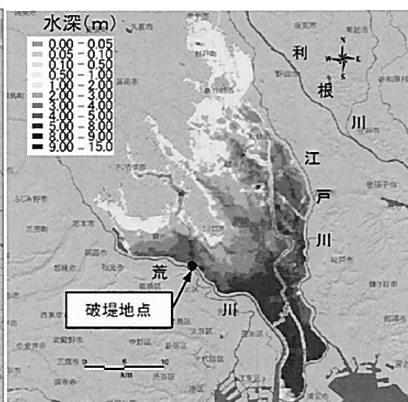


図4 ケース②荒川左岸川口市領家付近（約20km）破堤の氾濫湛水深の分布

はその定常時の湛水深分布である。最下流に位置する江戸川区では荒川、江戸川の堤防で洪水がせき止められ堤防天端まで湛水していることがわかる。

### 3. 荒川（中川）左岸，上平井水門付近（破堤）

ケース③として、中川左岸の上平井水門付近（河口より約7.0km）で破堤、越流水位を A. P. +7.6m として、洪水検討を行った。図5は、破堤2日経過後の湛水深分布である。

### 4. 荒川左岸，東京メトロ東西線付近（破堤）

さらに、ケース④として、荒川左岸が東京メトロ東西線付近（河口より約0.6km）で高潮により破堤が発生したという想定においても氾濫シミュレーションを行った。この時には計画高潮位（A. P. +5.1m）に地球温暖化による潮位上昇分（約60cm）を考慮し破堤地点において A. P. +5.7m の固定水位を与えている。図6は、破堤2日経過後の湛水深の分布である。ケース③ケース④いずれの場合も湛水深は地域を取り囲む河川堤防の天端までとなった。

### 5. 荒川右岸，江戸川区平井付近（越流）

最後に、ケース⑤として、超過洪水の発生を想定し、荒川の水位上昇による

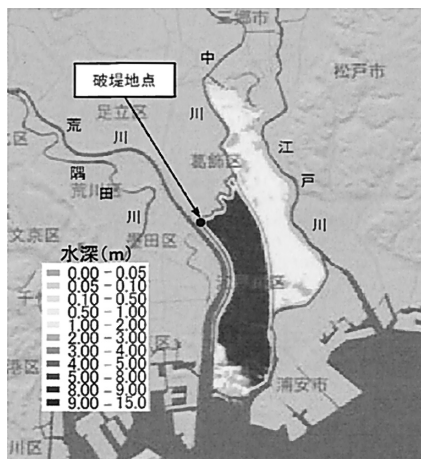


図5 ケース③荒川(中川)左岸, 上平井水門付近越流後2日経過時点  
氾濫湛水深分布

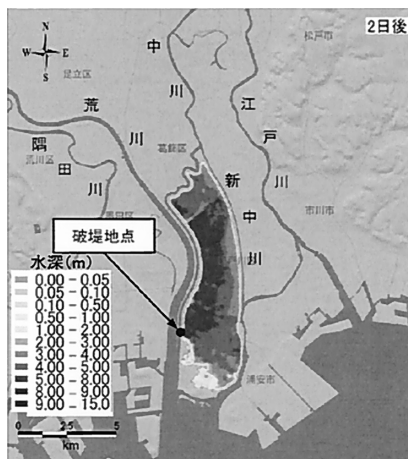


図6 ケース④荒川左岸, 東京メトロ東西線付近越流後2日経過時点 氾濫湛水深分布

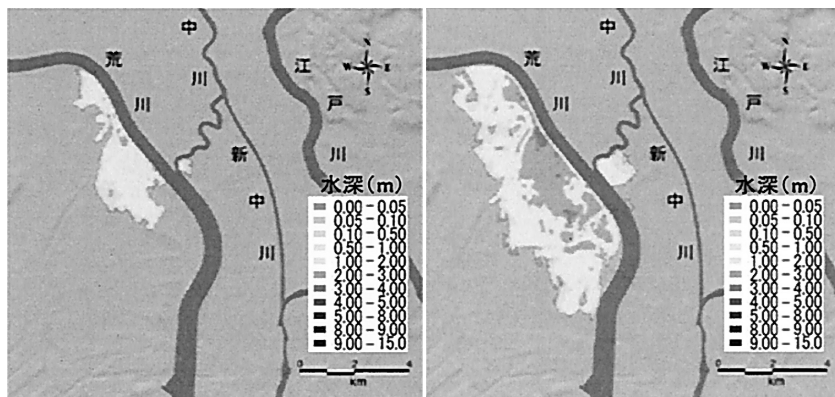
越流検討を行った。荒川河口から約12km 地点(江戸川区平井付近)における河川水位を A. P. +9.8m まで10cm/時で上昇させた。

図7はこの計算における最大湛水深の時間変化を示している。この計算より荒川堤防には、右岸約10km 付近及び左岸7km 付近に堤防の低い箇所があり、そこから越流が発生していることが分かる。具体的には、12km 地点の水位が A. P. +9.2m に達した時点で、荒川右岸側10.5km 地点で越流が発生し、徐々に氾濫水が広がり墨田区全体を覆っている。また、12km 地点の水位が A. P. +9.4m に達した時点で、荒川左岸7km 地点で越流が発生し、徐々に氾濫水が江戸川区北部に広がっていることが分かる。

以上のように、ケース①～⑤何れの計算結果からも、江戸川区内に湛水深約5～10mの大きな浸水被害を与えることが予想される結果となっており、利根川および荒川の堤防が破堤したり越流したりすると、最下流に位置する河口部の江戸川区に甚大な被害が発生することは明らかである。

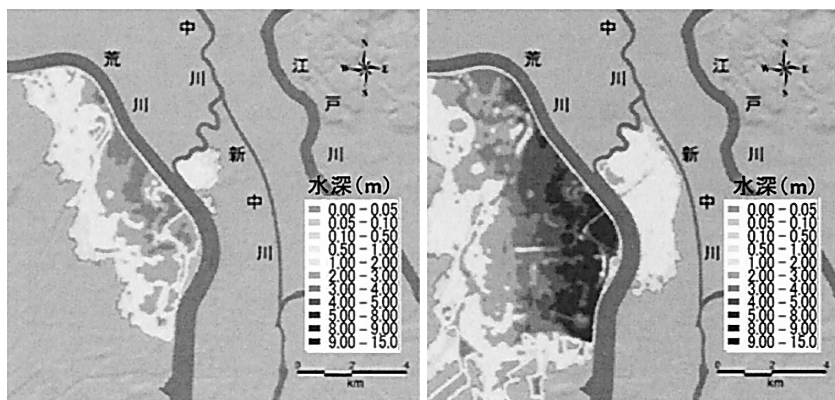
#### IV. ゼロメートル地帯における避難高台地の必要性と有効性

東京東部低地帯のゼロメートル地帯での洪水に対して最も大きな課題は、避



(a) A. P. +9. 4m

(b) A. P. +9. 7m



(c) A. P. +9. 8m

(d) A. P. +9. 8m 到達後14時間経過

図7 ケース⑤荒川右岸下流域の越流氾濫水深シミュレーションの結果

難が可能となる高台の不足である。平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震による津波被害を見てもわかるように、避難高台地の存在が生存のための必須条件である。そしてその避難高台地の候補として最も確実に安全性を増すことが出来ると考えられる治水対策，防災対策が高規格堤防である。

## 1. 避難高台地としての高規格堤防の有効性

図8は国土交通省荒川下流河川事務所より出されている、高規格堤防の断面図である。堤防の高さの約30倍の幅を高規格堤防特別区域として定め、この区域を盛土して高台化を図るものである。この範囲では掘り込み河川と同様の形状となり、予想を超える大きな洪水が発生し、水が堤防を越えても、斜面を緩やかに流れるので堤防が破壊されることが極めて少なく、市街地への被害を最小限に抑えることができる。

東京東部ゼロメートル地帯における高規格堤防は、超過洪水対策、高潮対策、高台避難地の確保など、気候変動に適應する抜本的な治水対策である。また、堤防の整備にあたっては、区画整理事業や再開発事業などのまちづくり事業に合わせ実施されるので、市街地の環境改善、防災性の向上などに大きく寄与するものである。したがってスーパー堤防は、市街地の環境改善などの必要な地域の優先整備、あるいは、公園・学校等の公共施設の防災コアとしての整備等、地域の課題解消を図るまちづくりと合わせ、積極的に整備すべきと考える。

高規格堤防はスーパー堤防とも表現されるが、いかにもこれまでよりも丈夫で治水安全度も格段に優れたものというイメージがある。しかし、高規格堤防計画は河川の計画高水位や、堤防高も従来通りの計画が維持されることになっている。すなわち河川の計画高水流量は増強されないのである。高規格堤防の最大の効果と目的は、超過洪水でも壊れない構造の堤防とすることができることにある。堤防の高さの30倍という厚さを持つことから、越流破堤と浸透破堤に充分対抗できる強さを持つこと。さらに液状化が予測されるような地盤では、必要に応じて地盤改良を行うことで耐震性能を有することから地震時に決

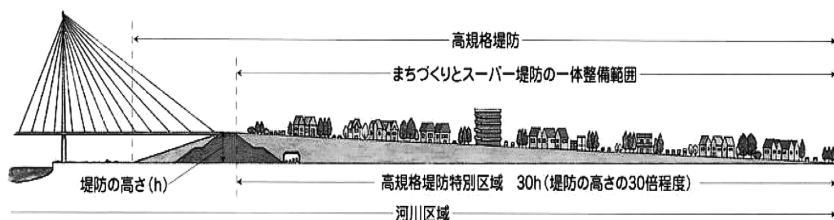


図8 高規格堤防の断面図（荒川下流河川事務所）



壊せず、ゼロメートル地帯である堤内地を防御することが出来る。幅が非常に広いことから浸透破堤にも対応した堤防である。これらのことから、洪水や満潮位の河川水の流入に対しても、高規格堤防を安全な高台地区として市街地機能を保持し、生命・財産を保全することができる。このような特徴から、東京東部低地帯における高規格堤防の最大の効果と目的は、住民が避難することの出来る高台地が確保されることにある。この点で高規格堤防は連続性を有さず部分的な整備であっても、避難場所としての効果が十分に発揮されるのである。

### 引用文献

- 1) 別所光一、丸山典雄（1978）：江戸川区の歴史，東京ふる里文庫10
- 2) IPCC Fourth Assessment Report Climate Change (AR4) (2007)
- 3) 環境省（2007）気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第4次報告書（環境省仮訳）
- 4) 社会資本整備審議会（2008）：気候変動に適応した治水対策検討小委員会報告，17-19
- 5) 社会資本整備審議会（2008）：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）
- 6) 江戸川区（2008）：江戸川区ハザードマップ策定委員会報告，17-19
- 7) 東京史稿（1987），泰成堂書店。
- 8) 江戸川区（1976）：江戸川区史第三巻
- 9) 江戸川区（2001）：江戸川区政50年史
- 10) 建設省関東地方建設局（1987）：利根川100年史
- 11) 国土交通省，荒川下流工事事務所（1990）：荒川75年史
- 12) 宮村忠（2010）：改訂水害（治水と水防の知恵），関東学院大学出版会
- 13) 江戸川区（2009）：江戸川区高層建築物調査報告書
- 14) 田原・多田・森・阪上・西岡・土屋（2009）：関東流域圏の水循環モデル，日本地下水学会秋季講演会講演要旨，36-41.
- 15) 多田・山下・佐藤・森・登坂・土屋（2010）：関東流域圏の水循環モデル，秋季地下水学会，268-273.
- 16) 江戸川区（2010）：江戸川区における気候変動に適応した治水対策
- 17) 江戸川区（2010a）：豪雨・高潮時における水災害シミュレーション解析委託，江戸川区業務報告書。
- 18) 江戸川区（2010b）：豪雨・高潮時における水災害シミュレーションパターン解析委託，江戸川区業務報告書。

- 19) 内閣府 (2010) : 大規模水害に関する専門調査会報告
- 20) Hiroyuki TOSAKA, Koji MORI (2010), Kazuhiro TADA, Yasuhiro TAWARA and Koji YAMASHITA : A General-purpose Terrestrial Fluids/Heat Flow Simulator for Watershed System Management, IAHR International Groundwater Symposium.
- 21) 気象庁 (2011) : 台風12号による気象速報 (9月7日)

(原稿受付2012年11月2日, 原稿受理2012年11月26日)