

(2) Future Storm Surge Control Measures in Areas below Sea Level

Masahiko Isobe

Department of Socio-Cultural Environmental Studies

University of Tokyo (isobe@k.u-tokyo.ac.jp)

Panel on Storm Surge Control Measures was organized by the Japanese Ministry of Land, Infrastructure and Transport after the attack of Hurricane Katrina. The panel issued a recommendation in January, 2006. In the presentation, it is introduced as shown in the contents below. This indicates the lessons learned from the Katrina disaster and future direction of storm surge mitigation systems in Japan.

Introduction

I. Basic aspects of storm surge control measures in areas below sea level

1. Need of damage minimization against

large-scale inundation

2. Future storm surge control measures in areas below sea level

II. Specific measures to be taken

1. Measures to fully prevent inundation

through the existing storm surge defense plans

2. Damage minimization measures against large-scale inundation

3. Accumulation and dissemination of storm surge defense knowledge

4. Additional challenge to be undertaken to ensure the security against storm surge disasters

Closing remark

ゼロメートル地帯の今後の高潮対策のあり方について

東京大学大学院新領域創成科学研究科長・教授 磯部雅彦

ハリケーンカトリーナの災害の後、国土交通省では「ゼロメートル地帯の高潮対策検討会」を設置した。この検討会は2006年1月に提言を出しており、今回の講演では以下の項目について紹介する。その中には、カトリーナによる災害から学んだ教訓や将来の日本における高潮防災の方向性も含まれている。

はじめに

ゼロメートル地帯の今後の高潮対策の基本的方向

1. 大規模浸水を想定した被害最小化対策の必

要性

2. ゼロメートル地帯の今後の高潮対策の進め方

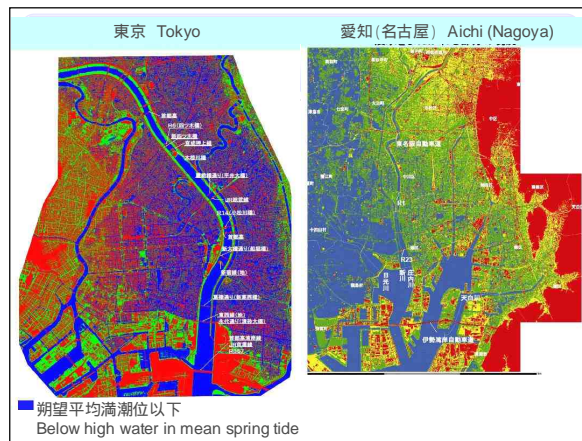
推進すべき具体的施策

1. これまでの高潮計画に沿って浸水を防止するための万全の対策
2. 大規模浸水を想定した被害最小化対策
3. 高潮防災知識の蓄積・普及
4. 高潮防災に関する更なる安全に向けての検討課題

おわりに



ということがありまして、その直後に国土交通省では日本のゼロメートル地帯の高潮防災をどうすべきかという検討会が持たれました。その報告書がこの1月にまとめ、国土交通大臣に手交しましたので、その内容の概要についてご紹介をさせていただきます。



地盤高としては朔望平均満潮位以下になりますから、もし高潮防潮堤がなければ満潮時には海水が入ってきて浸水するという所もあるということになります。従って、こういった所で高潮の防災体制が築かれなれば、非常に大きな災害がもたらされることは明らかであり、ハリケーンカトリナに学んで、どこかが破堤する可能性も含めて考えた場合に、どのように日本の高潮防災を考えていかなければいけないのか、という議論をいたしました。

ご紹介いただきました磯部でございます。今日は「ゼロメートル地帯の高潮防災」というタイトルですが、高山先生からの日本のこれまでの高潮災害のご紹介に続いて、今後日本でどのような高潮防災を考えて行かなくてはいけないのか、ということについてお話をさせていただきます。

ご承知のように、今日のメインテーマであるハリケーンカトリナがアメリカに上陸し、ニューオーリンズ等に非常に甚大な災害をもたらすと

まず日本、特に三大湾の沿岸が高潮に対してどのような脆弱性を持っているかを見たのが、この図であります。左の図は東京、右の図は名古屋市を中心とした愛知県であり、何れもブルーのところは朔望平均満潮位以下（大潮の満潮時の潮位より低いところ）を表しています。この図は、建物も合わせた高さで色分けをしておりますので、線状にブルーに見える所は、地盤高としてはほとんど満潮位以下にあることになります。江東区、墨田区、江戸川区の辺りでは

ゼロメートル地帯の今後の高潮対策のあり方について Future Storm Surge Control Measures in Areas below Sea Level

はじめに

ゼロメートル地帯の今後の高潮対策の基本的方向

1. 大規模浸水を想定した被害最小化対策の必要性
 2. ゼロメートル地帯の今後の高潮対策の進め方
- #### 推進すべき具体的施策
1. これまでの高潮計画に沿って浸水を防止するための万全の対策
 2. 大規模浸水を想定した被害最小化対策
 3. 高潮防災知識の蓄積・普及
 4. 高潮防災に関する更なる安全に向けての検討課題

あわりに

Introduction

I. Basic aspects of storm surge control measures in areas below sea level

1. Need of damage minimization against large-scale inundation
2. Future storm surge control measures in areas below sea level

II. Specific measures to be taken

1. Measures to fully prevent inundation through the existing storm surge defense plans
2. Damage minimization measures against large-scale inundation
3. Accumulation and dissemination of storm surge defense knowledge
4. Additional challenge to be undertaken to ensure the security against storm surge disasters

Closing remark

これは1月に出したレポートのタイトルと目次を表しています。大きく分けると、基本的な方向性としてどういうことをするのか、そして、具体的にどんなことをしたら良いのか、という2つのことについてまとめています。

伊勢湾台風(1959) Typhoon Ise-bay (1959)

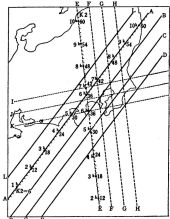


岩垣雄一博士の撮影
Photos taken by Dr. Yuichi Iwagaki

最初にこれまでの高潮の防災体制を簡単にレビューしてみたいと思いますが、高山先生からご紹介がありましたように、日本では室戸台風、ジェーン台風、伊勢湾台風、第二室戸台風のような台風に襲われて被災し、その度に設計外力のレベルを上げる対応をして来ました。特に1959年の伊勢湾台風が、それまでの高潮偏差で最大値を記録し、それを機に日本の三大湾（東京湾、大阪湾、伊勢湾）では伊勢湾台風級の台風が来て高潮が起こったとしても、高潮が陸上に氾濫することがないように、防災体制を整え、海岸の施設を造ってきました。

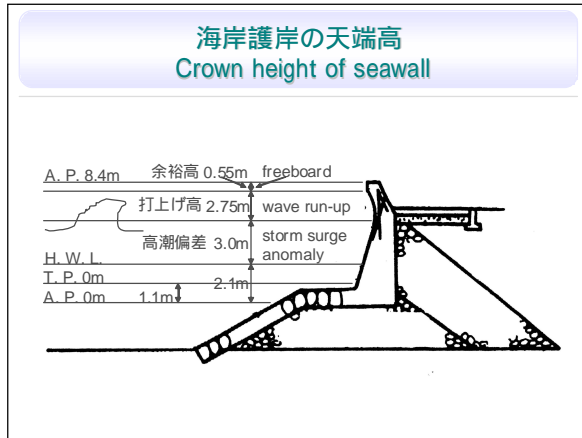
に氾濫することがないように、防災体制を整え、海岸の施設を造ってきました。

東京湾における高潮偏差の計算値 Calculated storm surge anomaly in Tokyo Bay



Course	Maximum anomaly (cm)		
	Chiba	Tsukiji (Tokyo)	Yokohama
A	267	178	86
B	244	131	78
C	179	89	62
D	99	59	48
E	199	208	109
F	217	166	111
G	197	131	92
H	146	88	61
I	247	161	72
J	179	147	83
K	82	125	78

例えば東京湾では、実際には伊勢湾台風は来ていないのですが、伊勢湾台風級の台風が東京湾の周辺に来たとして最悪のコースを想定し、高潮偏差を予測しました。例えば、この表で言いますと、千葉であれば267 cmという高潮が予測されました。これはちょっと古いデータではありますが、こういった値から最大として3 mぐらいの高潮が来る可能性があるかと判断しまして、海岸堤防などが築かれたのです。



東京湾では、まず平均海面から大潮の満潮位、ここにはH.W.L.と書いてありますが、そのH.W.L.に高潮偏差の3 mをのせて、さらに波による打上高として2.75 m、さらに余裕高を少しとったところを高潮防潮堤の高さに決める、という基本的な考え方に基づいて、防災体制をとってきたわけであります。

基本的方向 Basic Aspects

- **これまで**
 - 伊勢湾台風級のハード整備
- **今後のあり方**
 - 防護施設の着実な整備及び信頼性の確保
 - 大規模浸水を想定した**被害最小化対策**
(国、自治体、研究機関等の連携)
- **Past**
 - Hard structures designed for class of typhoon Ise-bay
- **Future**
 - Constructing storm surge defense facilities and securing reliability
 - **Minimizing damage** by large-scale inundation in contingency cases
(Collaboration of national and local governments and research institutions)

このように伊勢湾台風級の台風による高潮を防げるようにハード整備を行ってきましたが、ハリケーンカトリナの経験を鑑みますと、この伊勢湾台風級でいいのかという問題があります。当然、アメリカと日本とは地理的な条件が違いますので、同じものが来るとは限りませんが、カトリナに比べると伊勢湾台風は少し小さめ、逆に伊勢湾台風よりハリケーンカトリナの方が少し大きめということになるので、既往最大である伊勢湾台風で完全に高潮防災が

できるのかという問題があるのです。特に、将来の地球温暖化による海面上昇、台風の巨大化、あるいは地震の問題などを考えますと、これだけで完全に防災ができるとは限らないわけです。

そこで、今後のあり方としては大きく分けて二つに分けられるだろう、と思います。それは、先ほど高山先生からお話がありましたように、今までは伊勢湾台風級のハード整備を行うことによって大きな被害はなかった。それは、日本の高潮防災として大成功であった、という評価になるだろうと思います。この大成功してきた防護施設の整備を着実に完成させていこう、ということが第一点であります。三大湾で考えますと、90%以上は伊勢湾台風級の高潮に対する整備が終わっているわけですが、まだ残っているところもありますので、それはきちんとやっていかなければならないということが第一点であります。

しかし、それをやったとしても、さらにそれを超えるような、あるいは予期せぬ大規模浸水の起こる可能性が否定できないということです。高潮が氾濫することを前提に被害を最小化することをやっていかななくてはならない、ということが第二点であります。

防護施設の整備 Construction of storm surge defense facilities

- 堤防、護岸、水門、陸こう等の海岸保全施設及び河川管理施設
 - 老朽化した施設や耐震性が十分でない施設を優先
 - 高規格堤防(スーパー堤防)整備
- 防護施設の確実な再点検
 - 施設の高さ、耐震性・老朽化の度合い、水門・陸こう等の開口部の開閉機能等について確実に再点検する
- Levees, revetments, floodgates and locks
 - Priority: deteriorated facilities and seismic resistance
 - High standard levees (super levees)
- Inspection of storm surge defense facilities
 - Inspection of height, seismic resistance and deterioration of facilities and the operability of floodgates and locks

まず一点目の防護施設の整備を完成させるという点については、防護施設と一言で言っても堤防、護岸、水門、陸閘などの施設がありますが、これらを築いていないところについてはそれを完成させる必要があります。それと同時に、かなりの年数を経過した海岸保全施設もあり、老朽化したものや従前の耐震設計によるもので耐震性が十分ではないものについては、既に伊勢湾台風級の高潮あるいは地震に対して十分ではありませんので、補修していかなくてはなら

ないだろう、ということであります。

そのためには、既に整備したものについてもこれで大丈夫であるかを再点検しながら、必要な補強を行っていくことが肝心だと思います。

平時の管理体制の強化 Enhancing management system in normal days

- 施設点検の強化・データベース化
- 潮位・水位等の情報収集・伝達
- 高潮時の円滑な水防活動(水門・陸こうの操作等)
 - 水防警報海岸の指定
- Inspection and compilation of inspection databases
- Collection and dissemination of data on tide levels
- Smooth flood fighting actions in storm surges (operation of floodgates and locks)
 - Designation of potential storm surge areas by Flood Fight Law

これが今までの考え方の延長上にある海岸保全であります。それに加えてハリケーンカトリナの災害を念頭におきますと、想定を超える大規模な台風がやって来て、被害が生じることもあるわけですから、その被害を最小化することも今後考えていかなくてはならないということでもあります。

大規模浸水を想定した被害最小化対策(1) Damage minimization against large-scale inundation (1)

- 浸水区域の最小化
 - 二線道の整備及び道路・鉄道・鉄道の盛土部分、河川堤防、連続した建物等の活用
 - 地下空間への浸入水防対策
- 速やかな排水
 - 排水機場の耐水化、自家発電設備
 - 最適な排水計画
- 高潮防護施設の迅速な復旧
 - 復旧用資機材の輸送ルート: 堤防の天端拡幅及び連続性の確保、高架道路及び港湾等への緊急時のアクセス
- Minimizing inundated areas
 - Constructing secondary levees and utilizing highway and railway embankments, river levees and series of buildings
 - Preventing floodwaters from entering underground space
- Quick removal of floodwaters
 - Water-proofed pumping stations and in-house power generators
 - Optimal drainage plans
- Quick restoration of storm surge defense facilities
 - Route for transporting materials: wide and continuous levees, and access to highways and ports

されるようなシステムにしていく必要があります。

その場合に、一番目と二番目の堤防の間には浸水が起きることになりますが、早く排水して浸水状態から抜け出せる準備をしておく必要があります。そのためには排水機場が十分に機能するように耐水化をしなければなりません。通常排水機場は、そこが浸水することを想定していません。一度浸水してしまうと機能を失うこともあり得ますので、耐水化を行って機能を失わないようにすることが重要です。また、この排水機場は通常は内水を排除する、降った雨水を海側に排除するという設計がなされていますので、高潮が大量の水塊を運んでくる、その大量の水塊を海に排水する、という設計はなされていないわけですから、改めてどのように使ったら最も速やかに排水ができるかという計画もしていく必要があるだろうと思います。

その上でさらに浸水したところを迅速に復旧させることが必要であり、そのためには資材の運搬の確保が非常に重要になります。例えば、堤防の天端を利用して資材を運んで行き、そこから高架道路あるいは港湾にアクセスができるようにすれば、復旧を迅速に行うことができるわけがあります。

大規模浸水を想定した被害最小化対策(2) Damage minimization against large-scale inundation (2)

- 浸水被害に遭いにくい住まい方
 - 高潮ハザードマップ作成
 - 市街地内で水位情報(地点の標高、過去の高潮災害における浸水深、電光板等での現況潮位)等を表示
 - 建築のピロティー化、止水壁の設置等
 - 都市計画、災害危険区域の指定、土地利用規制
- Inundation-resistant way of living
 - Hazard maps
 - Message board (elevation of a given point, past floodwater depths) and electric message boards (present tide level)
 - Inundation-resistant buildings (pilots, water-cutoff walls)
 - City planning, designation of potential hazard areas, and land use regulation

いかと思います。

さらには、建築物をピロティー化するとか、止水壁を造っておくということもあり、最終的には土地利用をよく考えることによって、浸水被害に遭いにくい街づくりをしていかななくてはなりません。

その第一の対策としてはまず、高潮によって浸水するかも知れないけれど、その浸水区域を最小化することが重要であります。我が国、特に三大湾の周辺には道路や鉄道で盛土をしたところも河川堤防もあります。また、建物が連続しているところもありますので、こういったところを上手く活用しながら、内陸側に二番目の堤防を造り、それによって海岸線で越流が起こっても、途中で浸水が止まり、それにより内陸部は防護

これらのことが施設面から見た被害最小化対策になるかと思いますが、その上で人の命を守っていくという意味で被害を最小化していくことも大事なことです。ハザードマップを作り、できれば電光掲示板などによって外側の水位をリアルタイムで市民、住民に知らせることができるようになる必要があると思います。ハザードマップを予め知り、現状の潮位を知り、危険が迫ってくることを市民が理解して、避難行動につなげていくことが非常に大事なことでない

大規模浸水を想定した被害最小化対策(3) Damage minimization against large-scale inundation (3)

- 迅速かつ確実な避難・救援
 - 避難場所、高い道路、ビル
 - 避難路、ペDESTリアンデッキ、舟艇
 - 情報提供(高潮予警報、ハザードマップ)
テレビ、ラジオ、インターネット、携帯電話、VICS
 - 地方自治体職員のスキルアップ
 - 危機管理行動計画、防災訓練
- Quick and safe evacuation and relief
 - Shelters, elevated sections of highways and buildings
 - Evacuation routes, pedestrian decks and boats
 - Information (storm surge warning, hazard maps)
television, radio, the Internet, cellular phones, and Vehicle Information and Communication System (VICS)
 - Improving skills of the staff of local governments
 - Risk management action plans and disaster drills

住民がいざ避難することになった時に、あらかじめ確保しておくべきものとして、避難場所あるいは避難路があります。道路やビルなどを利用して避難場所を確保することもありますし、また、避難路としてはペDESTリアンデッキなどが高いところにあるという場合もありますし、船で逃げるといことも計画のうちに入れておくところではないかと思ます。

その上で、高潮が起こったからといって直ぐに避難行動を起こせるといわけでもありません

ので、高潮予警報をしていくことも非常に大事な要素ではないかと思ます。我が国では既に津波予報というものを出すようになったわけですが、高潮についても今は研究が進んでいて、精度を上げることによって実用化に結びつけていくことも必要であります。

そして、最終的に住民全体が安全に避難行動ができるように、地方自治体の職員のスキルアップをし、防災訓練などしながら、避難に備えていくといことが、人命を失わないために非常に貴重なことであります。

大規模浸水を想定した被害最小化対策(4) Damage minimization against large-scale inundation (4)

- 施設機能の維持
 - ライフライン(上・下水道施設、電力・ガス供給施設、情報通信施設、廃棄物処理施設)の耐水化
 - 救援路・復旧資機材輸送ルートの確保
 - 係留船等の流出防止
 - 有害物質の流出防止
- 高潮防災知識の蓄積・普及
- Securing facility functions
 - Water-proof lifeline systems (water supply and sewerage, power and gas supply, information communications and waste disposal facilities)
 - Securing routes for relief and material transport
 - Preventing vessels from being washed away
 - Preventing toxic materials spill
- Accumulation and dissemination of storm surge defense knowledge

また、避難した後に、日常生活を取り戻すとい観点からは、施設の機能を維持し、復旧させていくことが次のステップでは大事になります。そのためにライフラインなどを耐水化していくとか、救援や復旧に要する輸送ルートを確認することが必要になってくるわけです。

最後に、高潮防災知識の蓄積・普及といことについてですが、なかなか市民のレベルで言いますと、高潮の正確な知識が普及しにくいとい事情がありますし、また、住民的な観点で

言えば、ある場所に住んでいてそこに高潮被害が起こるとい確率はそれほど高いわけではない、それほど頻繁に来るわけではない、といことでありますから、その辺りを補うためにも普段から高潮の防災知識を広く普及させる活動を続けていくことが非常に大事であります。これまでのように高潮防災をハードな構造物で行うのであれば、専門家がそれを設計し、施工することですんでいたわけで、非常に大きな意味からすれば、住民は高潮の知識がなくても安全に守られるとい体制であったわけです。ところが、大規模浸水を想定し、また被害を最小化するとい目的を考えますと、住民が自ら行動することが必須で、そのために防災知識の蓄積・普及は欠かせない要素になるわけです。

私達はこれから来るかも知れない大規模な浸水も想定しながら、高潮の災害を最小化していくことが必要であります。

検討課題 Future study

- 高潮防護施設の外力に対する**構造的な耐力の評価**に関する調査研究
- 設計外力としての**高潮の発生確率評価**に関する調査研究
- 高潮防護施設の効率的な維持管理に資する**点検手法の高精度化、補修技術及び老朽化対策**に関する調査研究
- 高潮による破堤箇所の迅速な**復旧工法**の開発に関する調査研究
- 地球温暖化による**海面上昇**に対する防護施設対策及び沿岸域における**土地利用**のあり方に関する調査研究
- 沿岸域の防災に関わる**制度面(税制、保険制度も含む)**での調査検討
- Evaluation of **structural strength** of storm surge protection facilities against external forces
- Evaluation of **probability of storm surge** as a design external force
- Refinement of storm surge protection facilities **inspection methods** for their efficient maintenance, **repair technology** and **deterioration control measures**
- Development of methods for quickly **restoring levees** breached by storm surges
- Protection measures against **sea level rise** due to global warming and **land use** in coastal areas
- Disaster protection systems (including **tax and insurance systems**) in coastal areas

実は、このようなことをするための技術が全てできているかと言うと、そうではありません。色々なことをこれから検討していかなくてはなりません。その幾つかをピックアップして、ご紹介したいと思います。

例えば最初に書いてある構造的な耐力の評価についてですが、今までですと、高潮が高潮防潮堤、堤防を越えて越波または越流することは基本的には想定していなかったもので、その時に構造物が持ち堪えられるかどうかということは

設計では基本的に考慮されていなかったわけです。しかし、先ほど高山先生のご講演にもありましたように、大規模浸水を念頭に置くと、越流しても、構造物としては破壊しないで機能を発揮していることが必要で、そのときに構造的にどれだけの耐力を持っているかも検討しなくてはなりません。

また、伊勢湾台風に対して日本の三大湾の高潮防災を行ってきましたが、その確率的な評価についてはまだ十分に議論が進んでいないと思います。合理的な高潮防災をやっていくためにも、その高潮の発生確率の評価という研究も必要になってこようかと思えます。

さらに、私のお話の中で、何回か申し上げました点検、補修、老朽化対策といったものは今まであまり力を入れて研究がなされて来なかった分野でありまして、より効率的な技術を開発していく必要があります。

また、今後、地球温暖化によって海面上昇が起こると予想されています。さらには、海水温が上がれば台風のエネルギーも大きくなって、そのことによって台風の巨大化も起こるということが数値シミュレーション等では予測されているわけでありまして、そういうことからしますと、外力のレベルもこれから変わってくる可能性が高いわけです。それがどのくらい変わってくるのか、そして、変わった場合にどのように防護体制をつくっていくのか、ということも与えられた研究課題の一つと言えるわけです。

そして、日本ではあまり行われていないわけですが、最後にご紹介する項目として、制度面で防災体制にどうに取り組んでいくかということも一つ必要なことであろうと考えております。

以上、私たち日本の高潮防災の現状とハリケーンカトリーナの教訓を得たところで、これからどのようにしていかなければならないかというお話をいたしました。一言で縮めて言いますと、今までは海岸線において線的に高潮防災を行ってきたというのが実情かと思いますが、今後は海岸線から海側、さらには陸側も視野に入れて面的に高潮の防災をやっていく、そのことによって高潮防災というものを海岸線という第一線だけで防ぐのではなくて、海域、陸域も含めて、二重、三重にも防いでいくことが、高潮による大規模浸水があった場合の被害の最小化に必要であろうと考える次第であります。

どうもご清聴ありがとうございました。

【質疑応答】

特になし。