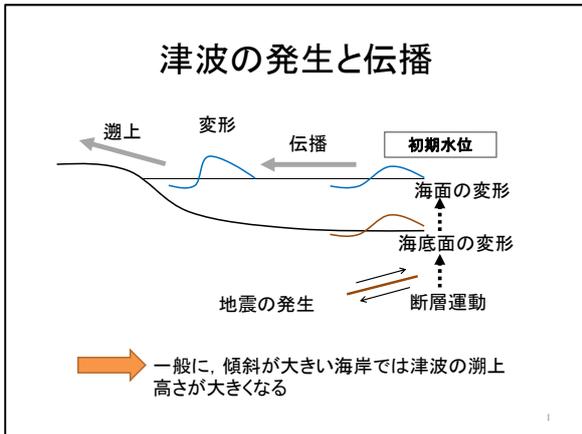


3.3 沿岸都市部を津波・高潮から守る (沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武)

沿岸都市部を津波・高潮から守る

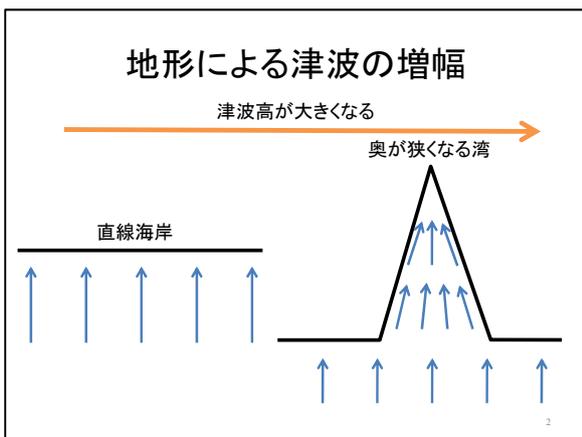
国土技術政策総合研究所講演会
H27年12月3日
沿岸海洋・防災研究部 鈴木武

沿岸海洋・防災研究部長の鈴木です。「沿岸都市部を津波・高潮から守る」ということで、お話をさせていただきます。

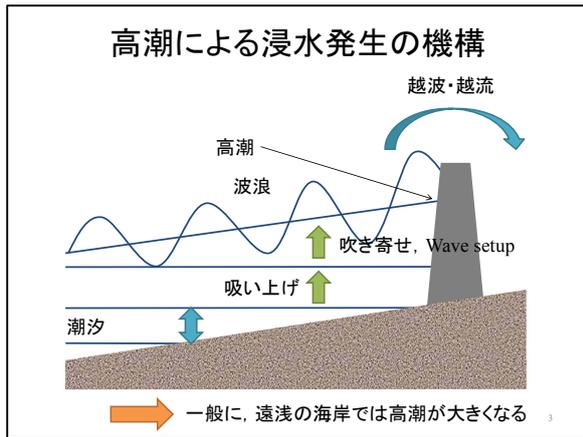


まず津波です。津波は、地震が発生すると、断層運動が起こり、海底面の変化が起こり、それを受けて海面が変化し、それが初期水位となって伝播し、変形し、遡上すると、このようになります。この過程で、基本的には傾斜が大きい海岸で津波の遡上が大きくなるとわかっています。津波は、一般に地震で起こると思われていますが、それ以外にも海底火山、海底地すべり、それから隕石の落下、こういったものでも起こり、隕石の落下の場合には数

百 m の津波が起こると考えられています。

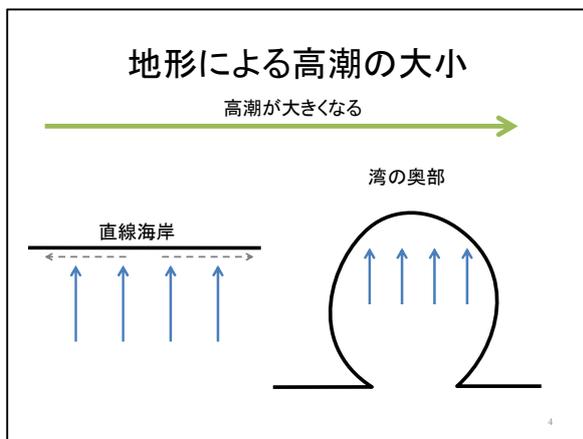


地形による違いですが、直線海岸ですと、津波が真っ直ぐに押し寄せます。奥が細くなる湾であれば、津波は収れんするので、奥で津波が高くなるということになります。そもそも津波が大きければ、直線の海岸でも大きな被害を起こすというのはご承知のとおりです。

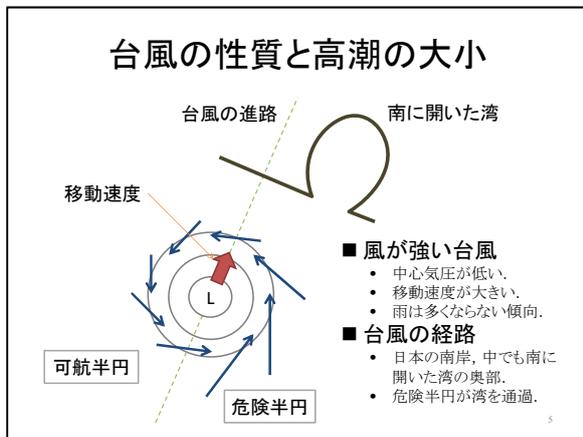


それから高潮です。高潮は、まず潮汐があります。そこに台風が来ると、気圧が下がって、吸い上げが起こって、台風の強い風で海水が吹き寄せられる。そのほかに、台風では強い波が来るので、波のエネルギーによって海水が押し寄せられる。それを「ウエーブセットアップ」と言いますが、これらによって高潮が起こります。このときに、大きな波も来ていますので、高潮に高波が合わさって、災害を起こすということになります。このメカニズ

ムから行くと、一般に遠浅の海岸で高潮が大きくなるということになります。

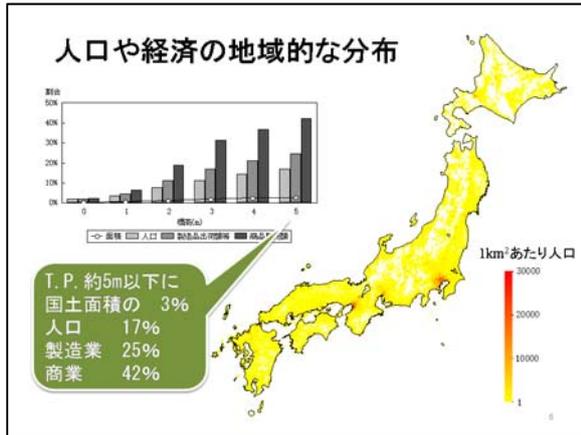


それから地形による差ですが、直線海岸と湾の奥部で比べると、直線海岸では海水が押し寄せてきたときに両側に若干流れますので、水位が少し下がります。湾の奥部では横に逃げませんから、高くなるということになります。



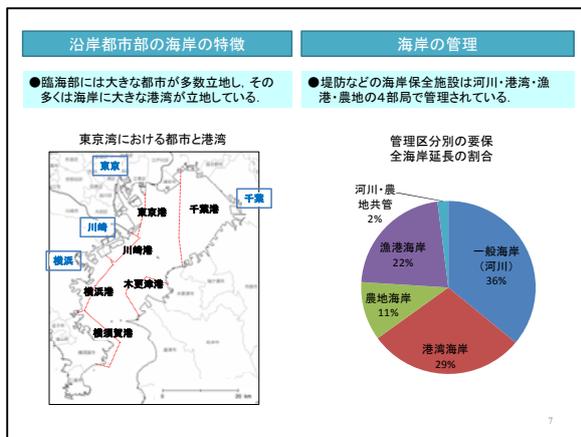
それから台風ですが、台風は目の周りに風が吹いています。台風が移動すると、台風の右側で風が強くなるということになります。この台風が湾に押し寄せるわけですが、風が強い台風で高潮が高くなります。どのような台風かという、中心気圧が低い、移動速度が大きいという、いわゆる風台風というものが危ないということになります。そのために、通常、雨は多くなりません。それから台風の経路ですが、日本の南岸、中でも南に向

いた湾の奥部に、この危険半円がかかるときに厳しい、このような条件になります。

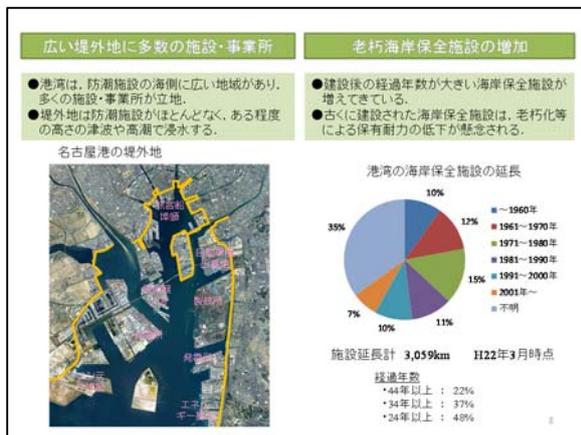


今まで災害外力について紹介しました。次に、被害を受ける側のところを紹介したいと思います。まず人口です。スライドの日本地図を見てください。赤くなっているところが人口の多いところです。三大湾の奥部、それから主要な都市のところが、薄く赤くなっています。それから標高で見ますと、T.P.の5m以下のところに国土の面積の3%があります。この3%に対して人口は17%、製造業は25%、商業は42%集積しているということで、津波

・高潮から守るといのは、日本にとって重要な課題だと言えます。



臨海部には大きな都市が多数立地していますが、その多くは、海岸に大きな港湾が立地しています。例えば東京湾の場合ですが、東京、川崎、横浜、千葉とあったら、港湾がこのようにあるという状況です。海岸は堤防などの海岸保全施設で守っているわけですが、これは河川・港湾・漁港・農地の4部局で守っています。4部局の割合は、要保全海岸延長で見ると、一般海岸36%、港湾海岸29%、農地11%、漁港22%となっています。



港湾の場合、防潮施設の海側に広い地域が存在します。そこに多くの施設、事業所が立地しています。これは名古屋港の例ですが、黄色い線が防潮ラインで、その外側にいろいろあります。堤外地は防潮施設がほとんどなく、ある程度の高さの津波・高潮で浸水するということになります。

次に防潮施設ですが、伊勢湾台風を契機に急速に整備されました。そのために、建設後の経過年数が大きい海岸保全施設が増えてきています。古く

に建設された施設は、老朽化による保有耐力の低下が懸念されるというところであります。

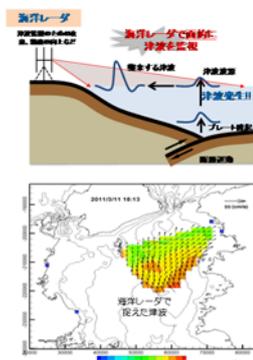
■ 短波海洋レーダーによる津波観測技術 ■

そうした状況の中で、沿岸海洋部で取り組んでいる研究について、幾つか紹介いたします。1つ目が短波海洋レーダーによる津波観測技術です。

海洋短波レーダーによる津波観測技術の開発

背景

- 海洋短波レーダーは流況の観測を目的に、全国の閉鎖性海域（東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海）に設置。
- 紀伊水道に設置してある短波海洋レーダーを使ってH23年東日本大震災時の津波の進行波と副振動を面的に観測することに成功。

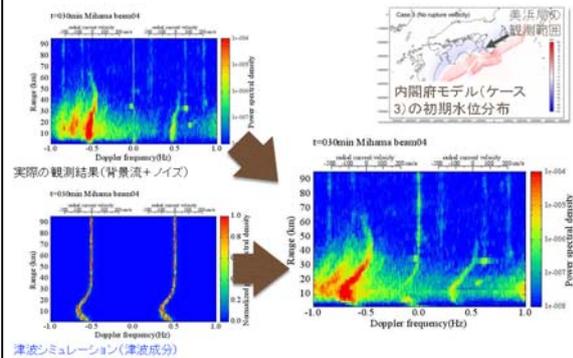


研究内容

- 沿岸地域における津波被害の軽減に向けて、短波海洋レーダーで津波を観測するためのデータ取得・処理手法を開発する。

海洋短波レーダーは流況を観測するために、東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海に設置されています。紀伊水道に設置してある短波海洋レーダーを使って、平成23年に東日本大震災のときの津波の進行波と副振動を面的に観測するという事に成功しました。

仮想津波観測実験による短波海洋レーダーの評価



これを受けて、沿岸地域における津波被害の軽減に向けて、短波海洋レーダーで津波を観測するためのデータの取得方法や処理手法を開発することで研究に取り組んでいます。

取り組んでいるのですが、それを検証する必要があるもので、こういったことをやっています。まず、上が実際にレーダーで観測したデータです。これに対して、内閣府が想定した津波の波形を入れてやって、その場合に得られるであろう信号をつ

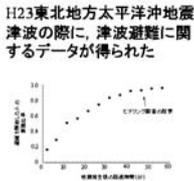
くり出します。これを合成した信号を津波時の信号として使って、それをもとにレーダーでうまく津波がはかれるかということで研究を現在、進めています。

■ 港湾地域での津波避難シミュレーション ■

次、港湾地域での津波避難シミュレーションです。

津波避難シミュレーションの高度化及び避難計画作成方法の検討

経済活動が多くなされ、津波に対して脆弱な港湾地域において、ハード対策の制約を踏まえ、効果的な被害軽減策が必要。



H23東北地方太平洋沖地震
津波の際に、津波避難に関するデータが得られた

H16のインド洋大津波以降、沿岸防災研究室では、津波避難シミュレーションモデルの開発に取り組んできた

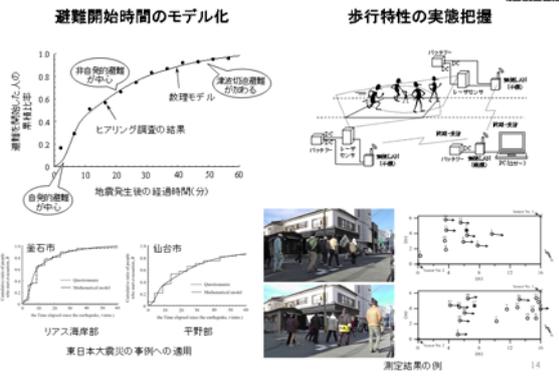


港湾地域における津波被害軽減のため、港湾地域の実態を反映できる津波避難シミュレーション技術の開発と、それを使った避難計画作成例の提示を行う。

経済活動が多くなされ、津波に対して脆弱な港湾地域においては、ハード対策の制約がありますので、効果的な被害軽減策が必要ということになります。そのために、平成16年のインド洋津波の後に、当部では津波避難シミュレーションモデルの開発ということに取り組んできています。平成23年に東北地方太平洋沖地震津波がありました。それを受けて、港湾地域における津波被害軽減のために、港湾地域の実態を反映できる津波避難シミュレーション技術を開発する。それを、避難計画作成にどう使ったらいいかということを示すという

ことで研究を進めています。

津波避難シミュレーション高度化の取組



例えば、避難開始時間モデルということで、避難は最初に自発的避難が起こって、次に非自発的避難が起こって、最後に切迫避難が起こるということが考えられますので、そういったモデルをつくりました。それから、避難シミュレーションでは行動特性を把握することが大事ですので、避難訓練のときに、歩行を実際に計測して、それをもとに避難シミュレーションを改良するというをやっています。

■高潮に対する港湾地帯の安全性の確保■

次に、高潮に対する港湾地帯の安全性の確保です。

研究の背景

気候変動による高潮浸水リスクの増大

- 地球温暖化によって海面が上昇し、台風が強くなれば、高潮が大きくなる。
- 三大湾、瀬戸内海等の人口・資産が集中する地域で高潮リスクが大きい

気候変動の影響を考慮した高潮による浸水人口の分布



台風等による高潮災害の発生

- 高潮に対する防御が不足している港湾地域で高潮災害が発生

台風1330号 (Hayan) によるフィリピンの港湾地域の被災状況

H26年12月台風18号による根室港から漂流した船舶

台風16号 (H16年8月) による丸亀港の防波堤被害

台風18号 (H21年10月) による三河湾の高潮浸水



地球温暖化によって海面が上昇し、台風が強くなれば高潮が大きくなります。それで、高潮のリスクを予測すると、この図のようになって、三大湾、瀬戸内海等の人口・資産が集中する地域で高潮リスクが大きいということがわかっています。また近年、高潮に対する防御が不足している港湾地域で高潮災害が発生しています。これは昨年起こった根室港での高潮で、港湾背後の市街地が浸水している状況です。それから、フィリピンでの高潮、

あるいはハリケーン・サンディによるニューヨーク・マンハッタンの高潮浸水がありますが、外国の場合は防潮施設がないので、高潮が起ると、そのまま被害を受けるということになっています。

高潮災害に対する港湾地帯の安全性の確保に関する研究

潮位・波浪観測の高度化

- ・湾域の潮位・波浪を既存施設を活かして面的かつ効果的に把握する手法を開発

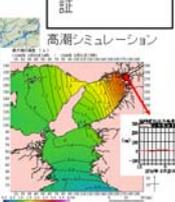
大阪湾奥の観測地点



高潮浸水予測の高精度化

- ・港湾域における高潮浸水予測を高精度化する技術改良を行う

高潮シミュレーション



防潮施設の外力評価

- ・防潮施設の設計条件を超える外力を実験等によって把握・検証

台風防災実験施設(風洞水槽)



- ・潮位・波浪観測システムの更新の機に活用
- ・施設整備や遊覧等のための浸水予測に活用
- ・防潮施設の耐力評価手法に繋げていく
- ・防潮施設の設計や遊覧等の高度化に活用

そのようなことで、高潮災害に対する港湾地帯の安全性を確保するというところで研究を進めていくということにしています。内容としては、潮位・波浪観測を高度化するというところで、湾域の潮位・波浪を、既存施設を使って面的かつ効果的に把握する方法を開発するということの一つ、やろうと思っています。それから2つ目として、高潮浸水予測の高精度化ということで、港湾域は地形が非常に複雑ですので、予測が難しいということで、そこ

での高潮浸水予測を高精度化するというところで取り組みます。それから防潮施設の外力評価ということで、防潮施設に働く力を実験によってしっかり把握するということをやりたいと思います。

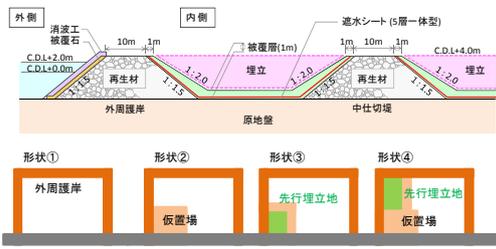
■災害ガレキを活用した海面処分場の整備■

18

次にガレキの処理です。

災害ガレキを活用した海面処分場の整備

- 大規模な地震・津波が発生すれば、大量の災害廃棄物が発生する。
- 被災地近傍に災害廃棄物の海面処分場を緊急に整備する対応を想定し、建設方法、受け入れ開始時期等について検討を行った。



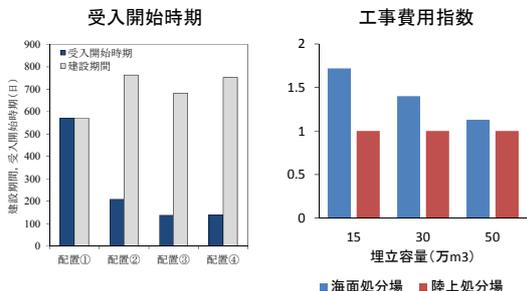
19

大規模な地震、津波が発生すれば、大量の災害廃棄物が発生します。これを円滑に処理していく必要がありますので、そのためには、方法の一つとして、被災地の近傍に海面処分場を緊急につくって、災害廃棄物を処分するということが考えられます。ですので、建設の方法や受け入れ開始がどのぐらいまでできるかということについて検討を行いました。

考えられる方法としては、災害ガレキを使って、傾斜堤をつくり、それを使って海面処分場にするといったことが考えられるわけです。それを一つ想定します。通常であれば外周護岸をつくって、全部できたときに廃棄物を投入するのですが、これだと時間がかかってしまいますので、最初に仮置き場をつくって、それから外周護岸をつくる。あるいは先行埋立地をつくって、それから外周護岸をつくる。そして②と③の組み合わせ、こういったものについて検討してみました。

考えられる方法としては、災害ガレキを使って、

受入開始時期と工事費用の推計結果



- ◆ 先行受入施設を整備することで廃棄物を受入開始時期が7~4.5月以下になる。
- ◆ 建設条件によってどの配置が有利かが変化する。
- ◆ ガレキを利用することで建設費用が低減でき、50万m³で陸上に近づく。
- ◆ 関連経費を含めるとどうなるか分からないが、さらなる建設技術の開発が望まれる。

結果ですが、このグラフのグレーが建設期間になります。受け入れ開始は青い棒になって、先行受け入れ施設をつくれれば、当然のことながら非常に早くなって、7カ月から4.5カ月で受け入れ可能ということがわかりました。

次に工事費用ですが、陸上を1として比べてみると、埋め立て容量というのは海面処分場の大きさですが、50万m³ぐらいまで大きくしてやると、大体陸上と同じぐらいになってくるということが

わかりました。ただしこれは、用地買収費とか運搬費を入れていませんので、そういったものが入ってくると、この関係はまたちょっと変わってくるということになります。

まとめ

- 津波や高潮の物理的な特性と日本の地理・経済の特徴を紹介し、そこから、沿岸都市部を考える場合には、港湾域を想定した沿岸災害からの防御・安全・回復力の確保が重要であることを示した。
- 沿岸都市部の津波や高潮対策にどう取り組んでいくかについて幾つかの取組を紹介した。
 - 短波海洋レーダーによる津波観測技術の開発
 - 港湾地域における津波避難シミュレーション技術の開発
 - 災害ガレキを活用した海面処分場の整備技術

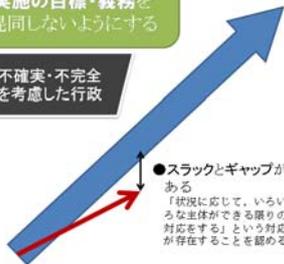
21

まとめですが、ここはちょっと繰り返しになるので省きまして、最後に、津波・高潮に対する対策をどうやっていくかということに対して、2つほど考えたらいいのではないかとこの視点を紹介したいと思います。

目標・義務の2つの階層

政策の志・方向付と
実施の目標・義務を
混同しないようにする

不確実・不完全
を考慮した行政



政策の志・方向付

- 問題の構造が複雑
- 不確定要素が多い
- 情報や知識が不足
- 「高めの目標」や「割り切った目標」を設定することになる

実施の目標・義務

- 施策ごとに多種の目的や制約を同時に考える
- 合理的に実行可能な範囲で考える
- 良適(≠最適・完璧)になることを理解する
- そのうえで知恵と努力を絞り出す

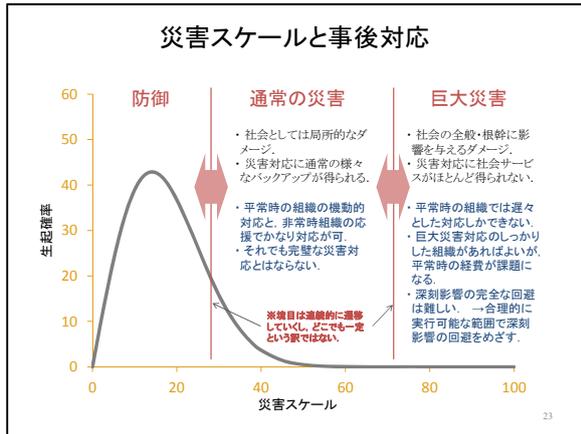
22

まず1つは、政策全体の志とか方向づけというものがあります。例えば地球温暖化であれば、気温上昇を2℃以下に抑えるとか、このようなものですが、そのようなものに対して、個別施策の実施の目標、あるいは義務づけ、こういったものは、完全に対応したものになるというわけではないと考えられます。なぜかといいますと、政策の志・方向づけについては問題の構造が複雑、不確定要素が多い、それから情報、知識が不足しているという中で、高

めの目標や割り切った目標というものを設定するということになります。一方で、実施の目標・義務は、施策ごとに複数ある目的や制約を同時に考えます。そういった中で実際にやるので、合理的に実行可能な範囲で考えることになります。また、本当に完璧な最適とか、完璧な完璧とか、そのようなものは実際にはできないので、良適というレベルで考えていくということになると思います。

そういったことで、この2つの矢印の間にはスラックとギャップがあるということを認識しておく必要があると思います。スラックというのは余裕という意味で、例えば津波・高潮対策であれば、最後の最後は状況に応じていろいろな主体ができる限りの対応をする、このような対策は残っているわけです。これは暗にあるわけで、こういったことまでであるという前提の中で何がいいのかということを考えていくということになると思います。

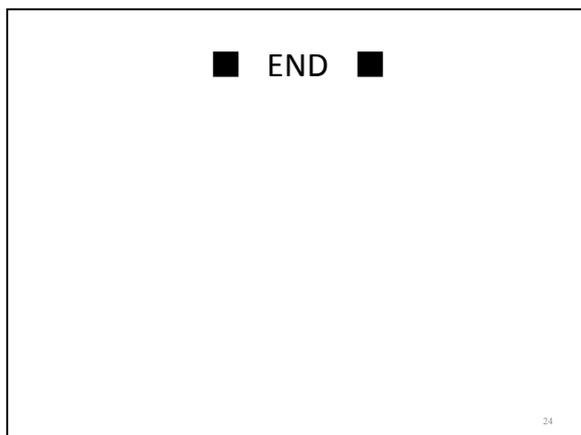
以上を踏まえると、政策の志・方向づけと、実施の目標・義務、こういったものを混同しないということが大事なことだと思います。



次に、災害のスケールと事後対応です。横軸が災害スケール、縦が生起確率のイメージ、全くのイメージ図ですけれども、このようなことで考えたときに、まず災害スケールの小さいところは防御で、例えば防潮施設で防御するといったことをするわけです。それを超えると災害が発生して、通常起きているような災害であれば、社会全体としては局所的なダメージになりますので、災害対応に通常のさまざまなバックアップが得られて、その中

で対応していくということになります。ですので、平常時の組織の機動的な対応と、非常時組織の応援でかなりの対応が可能ではないかと思えます。完璧にはならないと思えます。

それで、それを超えて非常に大きな災害になったらどうなるかということ、社会全般、あるいは根幹にまで影響を与えるダメージを受けるということになります。そうすると、災害対応に社会サービスがほとんど得られないという状況になります。そのような状況では、平常時の組織では遅々とした対応しかできないということになります。一方で、自衛隊のような非常時でも動けるしっかりした組織があればいいのですが、その場合、平常時の経費が課題になるということになります。深刻な影響の完璧な回避ということはかなり難しいということになりますので、その中で合理的に実行可能な範囲で深刻影響の回避をどこまでやれるかということを考えていくことが大事なのではないかと思えます。あと、ここに線を入れていますが、線があるわけではなくて、連続的に推移していきますし、この場所も一定でもないのです、概念ということで理解していただいて、ケース・バイ・ケースで考えるということだと思います。



以上です。