

3.6 IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意 (沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武)

沿岸海洋・防災研究部長の鈴木です。「IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意」ということでお話をさせていただきます。



写真-9 沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武

—スライド (H25 年台風 30 号 (ハイエン) による被害) —

まず初めに台風と高潮の被害についていくつかお話をしたいと思います。昨年の11月に台風30号(ハイエン)がフィリピンの中部を横断。そのときの中心気圧は910~940hPa、風速は45~55m/sという厳しい台風で、それによる高潮によって大きな被害が発生しました。ニュースなどで報道されているので、皆さんご承知のことと思います。

この台風は最強時の中心気圧が895hPa、これは日本で言えば伊勢湾台風と同じです。非常に強い台風です。この台風の最大風速は気象庁のデータでは65m/s、米軍のデータでは90m/sということになっています。この台風が来たのが11月の8日でしたので、COP19がワルシャワで開かれましたが、その直前であったために関係者、あるいはマスコミの関心を集めました。

—スライド (フィリピン高潮 (ハイエン) の災害調査) —

この台風で高潮被害が起きましたので沿岸海洋・防災研究部のほうでも現地調査に行きました。2度にわたって行っていますが、港湾技術研究所と国総研が協力して行ってまいりました。行った場所は①~⑩までです。高潮が大きかったと思われる辺り、港のある辺りを中心に行って来ました。

IPCC第5次報告書を受けた高潮 浸水被害予測とその含意

国土技術政策総合研究所講演会
H26年12月3日
沿岸海洋・防災研究部 鈴木武

H25年台風30号(ハイエン)による被害

- H25.11.8の9時にはレイテ島に上陸しフィリピン中部を横断。その間、910~940hPaの勢力を維持。45~55m/sの強風と高潮により、レイテ島のタクロバンなどで大きな被害が発生。
- フィリピン国家災害リスク削減委員会(NDRRMC, 2014年4月17日)によれば、死者6,300人、負傷者2.9万人、行方不明1,061人、被害額900億ペソであった。
- 中心気圧(最強時): 895hPa(伊勢湾台風と同じ)
- 最大風速(最強時): 気象庁のデータで65m/s(10分平均)。
90m/sは米軍の測定方法(1分平均)による値。
- COP19(ワルシャワ, 11.11~11.22)の直前であったことが関係者やマスコミの関心を高めた。また、米軍基準の風速を説明なしに使った台風関連報道が多くみられた。

—スライド（被害状況（レイテ島沿岸））—

状況をいくつか紹介いたします。これは有名なタクロバン、パロという場所の状況です。ここには護岸があって、高潮によって護岸が被災しています。現地に行ってみますと、下のほうが空洞化していましたので、多分吸出しが起っていたのではないかとされています。

また、船も高潮によって陸に押し上げられて、民家の所まで行っているという状況です。護岸がある所でも護岸の天端が低いので高潮は防げない、そもそも護岸がある区間が非常に少なく、途上国はだいたいそうなのですが、護岸がないので高潮が来ると大きな被害になってしまうということです。

—スライド被害状況（エスタンシア港周辺）—

それから、あまり紹介されていませんが、西側にあるパナイ島のエスタンシアという所も高潮が高かったと考えられたので調査を行いました。やはりここでも風と高潮で被害を受けています。それからここではバージから流出した油が漂着しているという状況もありました。

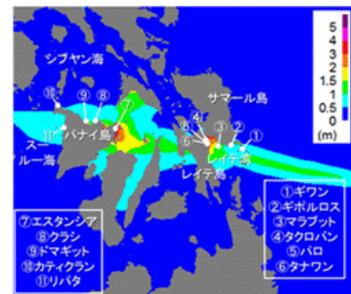
浸水の痕跡から高潮の偏差を調べますと、3.8~4.1m ということでした。これと港湾空港技術研究所の高潮推算の結果を比較すると非常によく一致していて、過去の知見が概ね当てはまるだろうということが分かりました。

—スライド（スーパー台風の発生状況）—

次に今年度話題になったスーパー台風ですが、2014年は6個のスーパー台風が発生し

フィリピン高潮(ハイエン)の災害調査

- 調査時期
 - H25.12.3~12.7
 - H26.1.28~2.4
- 調査団
 - 国土技術政策総合研究所(沿岸防災研究室)
 - 港湾技術研究所



被害状況(レイテ島沿岸)



被害状況(エスタンシア港周辺)



スーパー台風の発生状況

2013	2014
1. 台風7号(ノーリック) 7/8-7/14 925hPa	1. 台風8号(ノグリー) ● 7/4-7/11 930hPa
2. 台風11号(ウデア) 8/10-8/18 925hPa	2. 台風9号(ラマーン) 7/12-7/20 940hPa
3. 台風19号(ウサギ) 9/17-9/24 910hPa	3. 台風11号(ハーロン) ● 7/29-8/11 915hPa
4. 台風27号(フランシスコ) 10/21-10/26 920hPa	4. 台風13号(ジェヌヴィーブ) 8/7-8/12 915hPa
5. 台風28号(レキマー) 10/21-10/26 905hPa	5. 台風19号(ヴォンフォン) ● 10/3-10/14 900hPa
6. 台風30号(ハイエン) 11/4-11/11 895hPa	6. 台風20号(ヌーリ) 10/31-11/7 910hPa

※ 2011年と2012年は4に発生。
(H26.11.10現在)

(注) ●は本州に上陸した台風。 Wikipediaより

ています。そのうち○をつけた3つが日本の本土に上陸しています。ちなみに、スーパー台風は、昨年が6個、その前が4個、さらにその前も4個とこういう状況です。

結構な数発生していて、去年は一番強いのはハイエン（30号）でした。今年が一番強い台風は19号（ヴォンフォン）で、ハイエンに肉薄する強さを持っていました。

—スライド（スーパー台風とは）—

スーパー台風という言葉がよく使われますが定義がはっきりしないという状況のようです。調べてみますと、米軍合同台風警報センターという所が、非公式に定めている階級の1つにスーパー台風というのがあります。これしか今のところ定義らしきものがないので、たぶんこれが1つの定義になるのではないかと思います。

この定義は最大風速が130ノット、秒速にすると67m/s以上の台風というものです。これは米軍の定義ですので、1分平均の速さですから、気象庁の数字に換算する必要があります。ハイエンの例で比率をかけてやりますと、67m/sが48m/sになります。この48m/sというのはどのぐらいの数字かということ、気象庁の階級では「非常に強い」の強いほうに該当します。それ以上がスーパー台風になるということです。マスコミで使われているスーパー台風という言葉はまちまちなので、注意深く見ていく必要があるのではないかと思います。

スーパー台風とは

- 米軍合同台風警報センターが非公式に定めている台風の階級。一つの定義になっていると考えられる。
最大風速(最強時)が130ノット(67m/s)以上の台風。
風速は米軍が1分平均、気象庁が10分平均。
- ハイエンは1分平均90m/sに対して、10分平均65m/sで0.72倍。
- この日米比を使うと、67m/s(1分平均) × 0.72 = 48m/s(10分平均)。
- この場合、スーパー台風は、気象庁の『非常に強い』の中で強い部類以上の台風に相当する。

階級	最大風速
強い	33m/s(64ノット)以上～44m/s(85ノット)未満
非常に強い	44m/s(85ノット)以上～54m/s(105ノット)未満
猛烈な	54m/s(105ノット)以上

—スライド（高潮浸水被害予測）—

次に本題の高潮浸水被害予測の話を行います。

—スライド（背景・目的）—

まず背景・目的ですが、昨年9月にIPCCは第5次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約というものを採択しました。この第5次報告書では、海面水位が26cm～82cm上昇し、高潮は「極端な高い水位の発生や高さの増加」が21世紀末で「可能性が非常に高い」としました。海面水位が上昇し高潮偏差が増大すれば、日本の沿岸域における

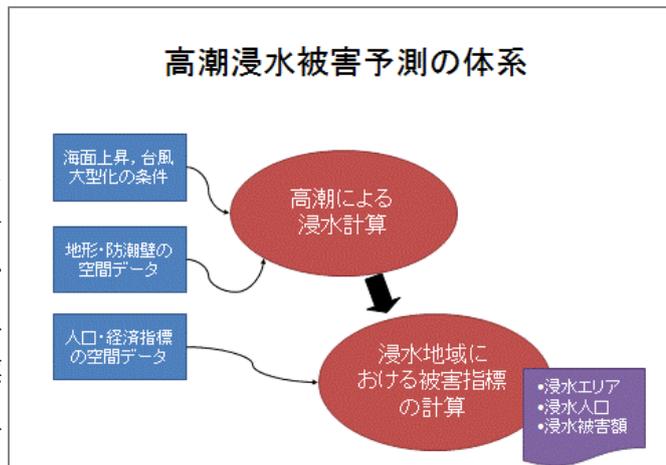
■高潮浸水被害予測■

- 海面水位の上昇と高潮偏差の増大は、日本の沿岸域における高潮による浸水リスクの増大をもたらす。
- AR5*に採用された気候モデルで予測された海面の上昇量をもとに、日本の高潮浸水による被害リスクが全国でどれだけ変化するかを予測した。

高潮のリスクは増大します。そのために、第5次評価報告書で出されている海面上昇や温度上昇を基に、日本の高潮浸水による被害リスクが全国でどれだけ変化するかということを予測しました。その結果を紹介いたします。

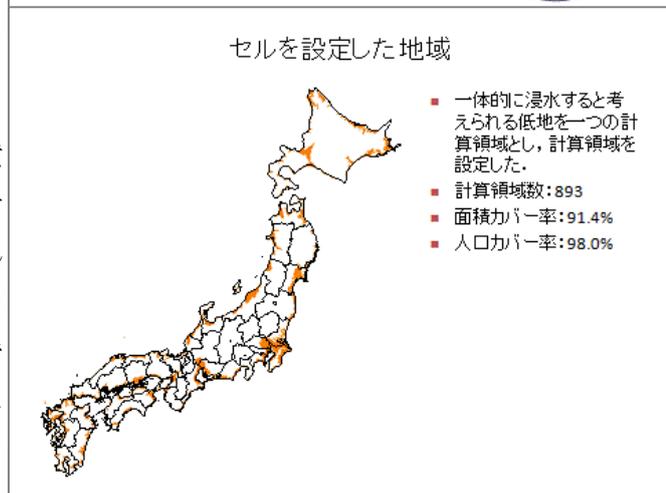
—スライド（高潮浸水被害予測の体系）—

予測の方法は全体としてこういう流れになります。まず、地形と防潮施設の空間データをそろえます。それに対して海面上昇と台風の大規模化の条件を与えて、高潮による浸水計算をします。その結果と、人口・経済指標の空間データを合わせて、浸水エリア、浸水人口、浸水被害額を求めます。



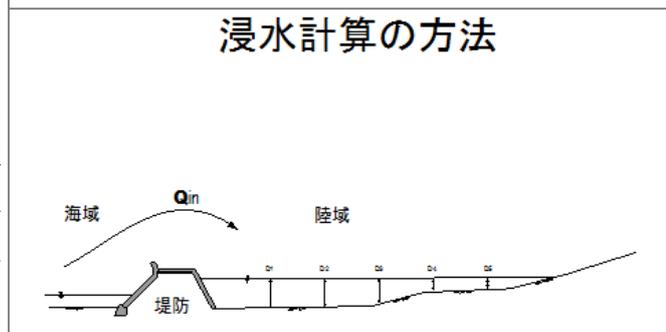
—スライド（セルを設定した地域）—

中身をもう少し詳しく説明します。この黄色く塗ったところが、一体的に浸水すると考えられる低地を1つの計算領域として、それをたくさん設定したものを全部塗ったのがこの黄色い領域です。893 あります。面積で見ると 91%、人口で見ると 98%をカバーしています。



—スライド（浸水計算の方法）—

次に浸水計算ですが、地形と堤防がこのようになります。これに対して海側から陸域に越流で流入する海水量を計算します。流入した海水量が陸地に湛水するという計算をして、浸水の状態を推定します。



—スライド（GHG 代表的濃度経路（RCP）の基本特性）—

次に将来気候の条件ですけれども、第5次報告書では、代表的濃度経路（RCP）というものを設定してそれによって将来を想定しています。これは温室効果ガスが将来どのように変わっていくかというシナリオです。2.6

GHG 代表的濃度経路(RCP)の基本特性

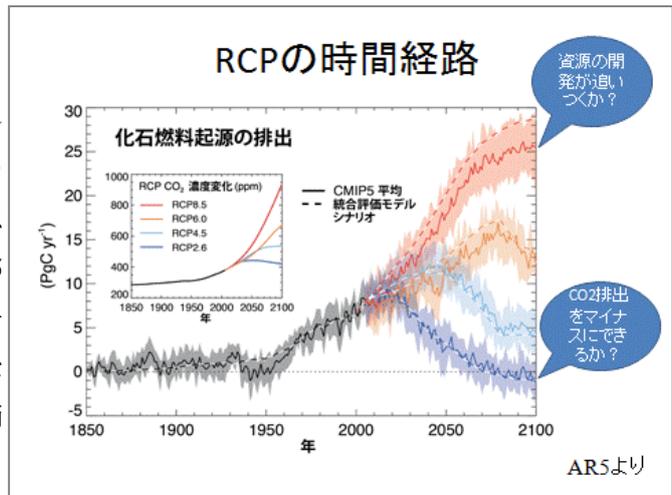
RCP	放射強制力	経路特徴	CO2 濃度	気温上昇量	海面上昇量
RCP2.6	2.6W/m ²	放射強制力がピークを迎えた後減少して低い値になる	421ppm	0.3~1.7°C	0.26~0.55m
RCP4.5	4.5W/m ²	放射強制力が安定する	538ppm	1.1~2.6°C	0.32~0.63m
RCP6.0	6.0W/m ²	2100年以降に放射強制力が安定する	670ppm	1.4~3.1°C	0.33~0.63m
RCP8.5	8.5W/m ²	放射強制力が増加し、続け高い値になる	936ppm	2.6~4.8°C	0.45~0.82m

AR5より

～8.5まで4つあります。気温上昇、海面上昇、CO₂濃度等の予測値が示されています。

—スライド（RCPの時間経路）—

RCPがどのようなものか、もう少し説明します。横軸が年です、縦が化石燃料起源のCO₂の排出量です。黒いところが実績で、それ以降が将来のシナリオになります。一番上が8.5で、一番下が2.6になります。まず8.5のケースでは2000年から2100年でだいたい3倍になります。3倍になるということは化石燃料の消費量が3倍になるということになりますので、それに見合う資源確保が必要になります。それについてどうなるかというのはよく分からない面があります。



一方で、一番低いケースですとゼロより下まで行きますからマイナスになります。マイナスになるということは排出するCO₂よりも吸収するCO₂を大きくしないといけないという非常に厳しい状況になります。これも本当にどこまでできるのかというのについては、不確かな要素があると思われます。こういった中での予測であるということを確認しておく必要があると思います。

—スライド（検討ケース）—

次に計算のために考えた人口と適応の条件です。3つケースを設定しています。Case0が現在の人口がそのまま2100年まで変わらない場合。Case1は人口が人口問題研究所の推定に従って2050年まで減少し、2050年からは一定という条件です。Case2というのは人口減少に加えて、100年の1回の高潮による高潮の高さまで海岸の防護施設の高さを高めるというケースです。

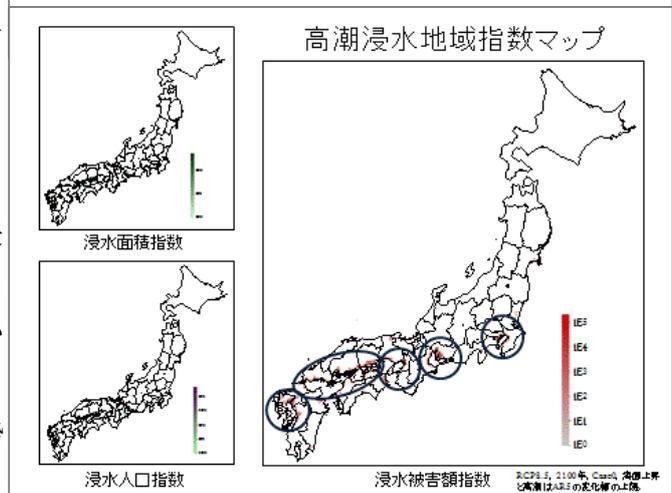
検討ケース

Case	人口	適応
0	2050年および2100年(は2000年と同じ。	—
1	2050年は国立社会保障・人口問題研究所の推定値をもとに設定。2100年は2050年と同じ。	—
2	(同上)	年生起確率1/100の高潮による最高潮位未滿の海岸防護施設の天端を2050年までにその高さにする。

—スライド（高潮浸水地域指数マップ）—

計算の結果です。左上が浸水面積、左下が浸水人口、右が浸水被害額の指数です。3つとも傾向は同じなので、右の図だけ見てもらえばいいと思います。

見ていただくと色が濃い部分は東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、有明海、八代海といっ



た所です。つまり、これらの地域が相対的に高潮のリスクが高いということが分かります。

—スライド（高潮被害経年指数の100年間の変化）—

次に時間変化で見てみます。これは上から被害額の指数、浸水人口の指数、浸水面積の指数です。RCPが2.6~8.5まで4列あります。このグラフの横軸は年になっていて、左端が2000年で右端が2100年になります。

下の図を見ていただくとCase0の線だけしかありません。一番厳しいRCP8.5の上限のケース、これは急激にグッと上がっていくのですが、これを除けばだいたい直線的に増加していきます。直線的に増加していくということは、リスクが一定の速さで上がっていくということなので、例えば海岸施設の増強を一定のペースでやっていけば、一定のリスクに抑えられる可能性があるということを示しているのではないかと思います。

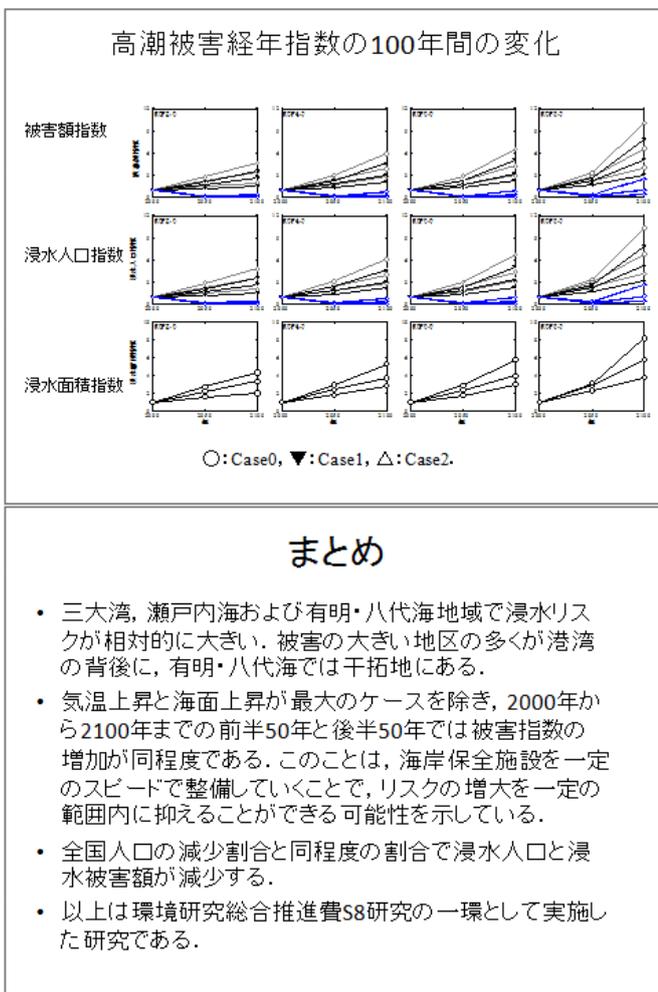
次に上のほうの図を見ていただきたいのですが、少しグレーの線と濃い線が重ね書きしてあります。黒い三角の点の付いた線が人口減少のケースです。人口が減少すると、だいたい全部同じような感じで白○から下がってきます。この下がり具合はというと、日本全国の人口減少の割合と同じ割合ぐらい下がっているという状況です。

先ほどお示したように、3大湾、瀬戸内海、有明海、八代海といった比較的人口の多いエリアが中心になっていますので、全国の傾向と同じような傾向を示すということになります。

次に青い線がCase2で、適応策を入れた場合です。100年に1回の所まで堤防を上げてやると、被害額は大きく低下します。大きく低下しますが、2100年まで見るとまた上がってくるという状況です。特に8.5のケースになるとかなり上がってきますので、この場合は更なる適応が必要になるということではないかと思います。

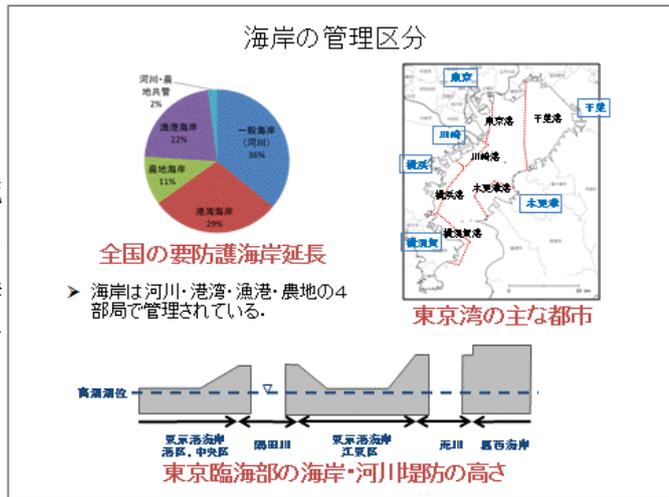
—スライド（海岸の管理区分）—

海岸をどのように守っているかということを紹介します。基本的に海岸はこの図のとおり、河川・港湾・漁港・農地の4部局で分担して管理しています。3大湾のような所、例えば東京湾を見ていただきますと、東京、横浜、川崎、横須賀、千葉、木更津のような主要な都市は、その海側に大き



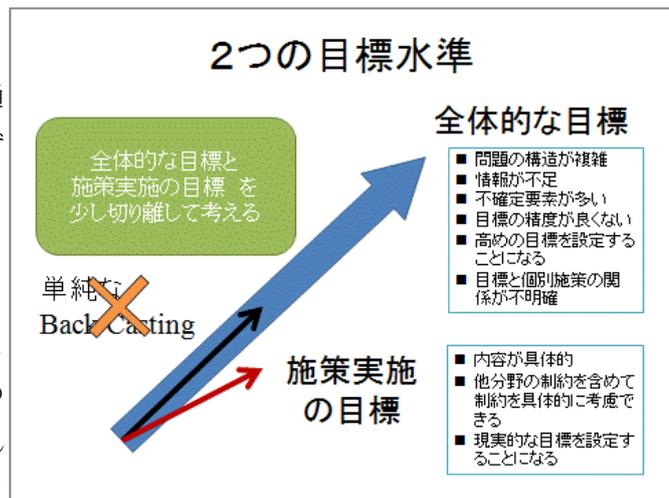
な港湾がだいたい位置しています。

また、下の図は東京の臨海部の海岸・河川の堤防の高さの模式図で、隙間が隅田川と荒川です。見ていただきますと、河川の堤防がちょっと高くなっています。それに対して港湾の海岸が低くなっていますので、ここをどう守るかが重要になってくると思います。



—スライド（2つの目標水準）—

予測の結果を踏まえてどのような対応の方向があるかということについて、いくつかの視点を紹介したいと思います。1つは2つの目標水準をどう考えるかということです。地球温暖化の場合は、全体的な目標を定めてそれに対してバックキャストして、施策を展開するのだということがよく言われます。しかし、実際にはその通りにはならず、施策実施の目標はちょっとずれるということになります。



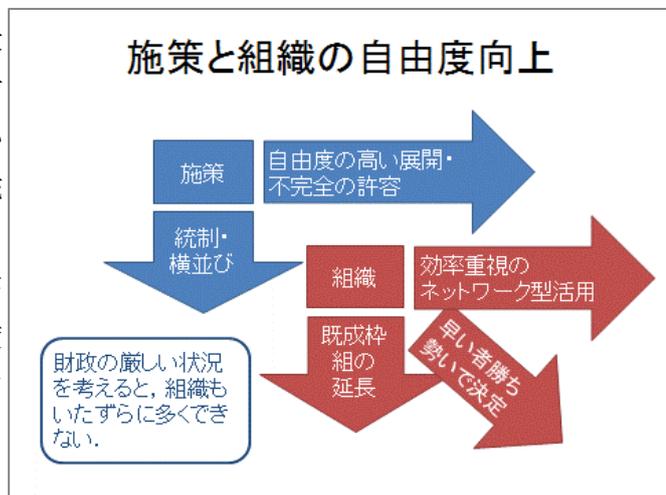
なぜかと言いますと、全体的な目標というのは問題の構造が複雑で、情報が不足します。不確定要素が多く、目標の制度がよくありません。そういう状況の中で割り切って高めの目標を設定するということになります。それに対して施策実施のときには内容が具体的に

なるので、他分野の制約も含めて具体的にどうするか考えることができますので、それらを踏まえて現実的ところで目標を定めることとなります。そのためずれが生じることとなります。

従って、全体的な目標と施策実施の目標を少し切り離して考えることが必要だと思います。

—スライド（施策と組織の自由度向上）—

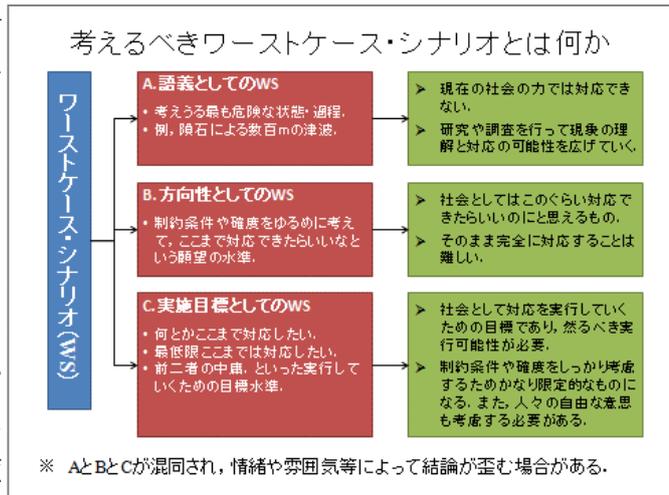
地球温暖化は対応していくのが難しい大きな問題ですので、施策を実施していく方法もいろいろ考えていく必要があると思います。施策については、日本は伝統的に統制・横並びを重視してやってきたと思いますが、それだけでは厳しいので自由度の高い展開、当然それをするためにはある程度不完全性の許容ということが必要になってくると思います。



組織については、基本的に、いまある組織を単純に延長して考えるということをしてきましたし、早くやったところがやるということによってやってきたと思います。当然それらは重要ですが、日本のいろいろな厳しい状況を考えますとそれだけでは問題があって、あらゆる組織を最大限に活用していくために効率重視のネットワーク型活用といったことをこれまでよりも考えていかないといけないのではないかと思います。

—スライド（考えるべきワーストケース・シナリオとは何か）—

よく話題になるワーストケース・シナリオについて考えてみます。ワーストケースは一般に考えうる最も危険な状態・過程と言うように理解されていると思います。語義としてはそういうことになり、例えば津波であれば、隕石による数百メートルの津波と言うものまで考えられるわけです。もっとすさまじいものもあり得ます。実際にはそこまで考えているのではなくて、制約条件や確度をゆるめに考えてここまで対応できたらいいなという願望の水準で考えていると思われま



堅実な方であれば、実施目標としてのワーストケースを考えているかもしれません。何とかここまで対応したい、最低限ここまで対応したいといった実行していくための目標水準です。

語義としてのワーストケースについては、現在の社会の力では基本的に対応しきれません。研究や調査を行って現象の理解と対応の可能性を広げていくということが必要だと思います。方向性としてのワーストケースについては、社会としてはこのくらい対応できたらいいのと思えるものという条件が入ると思います。ただしそれをそのまま完全に実行するのは、それでもまだ難しいのではないかと思います。

最後の実施目標としてのワーストケースは、社会として対応を実行していくための目標ですから、しかるべき実行可能性が必要になります。制約条件や確度をしっかり考慮するため、かなり限定的なものにならざるを得ない。また人々の自由な意思というものもあるので、それもどう考えていくかというファクターも残ると思います。

A、B、Cが混同されて、情緒や雰囲気等によって結論が歪むという場合も考えられますので、こういったことを整理してしっかり取り組んでいくことが大事かと思

以上です。

