



2010年度

IGES-EMECS-APNシンポジウム

「気候変動と沿岸域管理」

～適応策を考慮した沿岸域統合管理に向けて～

報告書



趣旨

閉鎖性海域や沿岸域は、古来その自然的特徴や豊かな生態系により、人びとの活動の場となり、文化を育むなど人類に多大の恩恵をもたらせてきました。しかしながら、近年海面上昇や台風等の自然の力の増大など気候変動の影響が顕著になってきており、沿岸域はこれらの影響を最も受けやすい地域となっています。このため、気候変動に対する取組として、地方や国レベルから国際的にも、緩和策のみならず適応策の重要性が指摘され、その検討が進められています。また、アジア地域に代表されるように、沿岸域は人口の集中する地域であり、今後もその傾向は顕著になると見込まれています。

このような背景から、沿岸域管理は、環境、防災、利用等について沿岸の陸域、海域を一体的にとらえたものとして、また直接的な人為影響のみならず気候変動による影響も考慮していくことが必要と考えられることから、気候変動への適応策を考慮した沿岸域統合管理のあり方についてシンポジウムを開催することといたしました。

プログラム

13:30	開会挨拶 井戸 敏三 兵庫県知事、(財)国際エメックスセンター理事長
13:40	基調講演 I 竹本 明生 東京大学サステナビリティ学連携研究機構(IR3S)特任研究員 「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」 基調講演 II 磯部 雅彦 東京大学 副学長 「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」
15:00-15:15	休憩
15:15 – 16:30	パネルディスカッション コーディネーター 渡辺 正孝 慶應義塾大学政策メディア研究科教授、(財)国際エメックスセンター科学・政策委員長、UNEPアジア太平洋適応ネットワーク議長 パネリスト 磯部 雅彦 東京大学 副学長 松田 治 広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議会議長 岡 二三生 人と防災未来センター上級研究員、京都大学教授 田畑 日出男 いであ株式会社代表取締役会長兼社長

プロフィール



竹本 明生

東京大学サステナビリティ学連携研究機構特任研究員 博士(工学)

昭和62年3月北海道大学理学部地球物理学科卒業。民間企業勤務を経て、平成4年3月北海道大学大学院理学研究科修士課程(地球物理学)修了。平成4年環境庁入庁、北海道庁、通商産業省、OECD日本政府代表部(在フランス)に出向。平成15年から環境省地球環境局(研究調査室、国際対策室、環境保全対策課)において国際業務、海洋汚染防止法の改正等を担当。平成20年から総合環境政策局環境影響評価課において環境アセスメント、家電エコポイント等を担当、平成22年1月から水・大気環境局地下水・地盤環境室長(水・大気環境国際協力推進室長併任)。平成22年3月茨城大学大学院理工学研究科博士後期課程(環境機能科学)修了。平成22年7月から現職。



磯部 雅彦

東京大学 副学長・教授 大学院新領域創成科学研究科 社会文化環境学専攻

1975年3月 東京大学工学部土木工学科卒

1983年4月 横浜国立大学工学部土木工学科助教授

1992年1月 東京大学工学部土木工学科教授

1999年4月 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻教授

2005年4月 東京大学大学院新領域創成科学研究科長(2007年3月まで)

2006年4月 東京大学大学院新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻教授(現職)

2009年4月 東京大学副学長(併任)



渡辺 正孝

慶應義塾大学政策メディア研究科教授、(財)国際エメックスセンター科学・政策委員長、
UNEPアジア太平洋適応ネットワーク議長

京都大学工学部卒、同大学院修士課程修了。MIT大学院博士課程終了(1975年)。Ph.D.取得。

その後MIT研究員、国際応用システム解析研究所(IIASA)研究員を経て国立公害研究所水質土壌環境部入所(1978年)。

海洋環境研究室室長を経て国立環境研究所水圏環境研究領域長を歴任。この間東京大学大学院農学生命科学研究科教授を併任。



松田 治

広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議会議長、産業技術総合研究所研究顧問、海洋政策研究財団特別研究員、京都大学非常勤講師等。

東京大学農学部卒業、農学博士。専門は水圏環境学、水域物質循環論で2003年まで広島大学大学院生物圏科学研究科教授。現在、中央環境審議会瀬戸内内部会委員、総量規制基準専門委員会委員、農林水産省生物多様性戦略検討会委員、環境省里海創生支援事業検討委員、国際エメックスセンター科学・政策委員なども務めている。著書:「瀬戸内海を里海に」(編著)、「森里海連環学」(共著)、「海洋問題入門」(共著)、「閉鎖性海域の環境再生」(共著)など。



岡 二三生

人と防災未来センター上級研究員、京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授

1972年京都大学工学部土木工学科卒業、1974年京都大学大学院修士、1978年博士課程終了後、京都大学助手、岐阜大学助教授、教授を経て、1997年から現職。その間、1980年土質工学会論文奨励賞、1986年同論文賞、1993年土木学会論文賞、1997年IACMA論文賞、2005年地盤工学会論文賞など。主な研究領域は、土の構成式、圧密、ひずみの局所化問題、液状化解析、河川堤防洪水や地震被害調査、地盤防災工学、計算地盤力学。2001年-2009年まで国際地盤工学会TC34の委員長を務める。著書は土質力学(朝倉書店)、土質力学演習(森北出版)、地盤の弾粘塑性構成(森北出版)、地盤液状化の科学(近未来社)など。



田畑 日出男

いであ株式会社代表取締役会長兼社長

1968年3月東京水産大学(現 東京海洋大学)大学院水産学研究科修士課程 修了1999年7月
京都大学博士(工学)

1968年4月トウジョウ・ウェザー産業株式会社 入社(社名変更により新日本気象海洋株式会社を経て、国土環境株式会社になり、日本建設コンサルタント株式会社と合併し、現 いであ株式会社)。

1973年10月新日本気象海洋株式会社取締役。1989年6月同社代表取締役社長。2003年3月国土環境株式会社代表取締役会長、2006年6月いであ株式会社 代表取締役会長。2009年3月同社代表取締役会長兼社長 現在に至る。

IGES-EMECS-APN2010 年度シンポジウム

「気候変動と沿岸域管理」

～適応策を考慮した沿岸域統合管理に向けて～

結果概要

主催：兵庫県、(財)国際エメックスセンター (EMECS)、(財)地球環境戦略研究機関 (IGES)
アジア太平洋地球変動ネットワーク研究 (APN) センター

共催：(公財)ひょうご震災記念 21 世紀研究機構

後援：環境省、国連環境計画国際環境技術センター (UNEP-IETC)、(公財)地球環境センター (GEC)、
(財)ひょうご環境創造協会、(社)瀬戸内海環境保全協会、瀬戸内海研究会議

日時：平成 22 年 10 月 8 日 (金) 13 時 30 分～16 時 30 分

場所：よみうり神戸ホール (神戸市中央区栄町通 1-2-10 読売神戸ビル 2F)

参加者：約 135 名

閉鎖性海域や沿岸域は、古来その自然的特徴や豊かな生態系により、人びとの活動の場となり、文化を育むなど人類に多大の恩恵をもたらせてきました。しかしながら、近年海面上昇や台風等の自然の力の増大など気候変動の影響が顕著になってきており、沿岸域はこれらの影響を最も受けやすい地域となっています。このため、気候変動に対する取組として、地方や国レベルから国際的にも、緩和策のみならず適応策の重要性が指摘され、その検討が進められています。また、アジア地域に代表されるように、沿岸域は人口の集中する地域であり、今後もその傾向は顕著になると見込まれています。

このような背景から、沿岸域管理は、環境、防災、利用等について沿岸の陸域、海域を一体的にとらえたものとして、また直接的な人為影響のみならず気候変動による影響も考慮していくことが必要と考えられることから、気候変動への適応策を考慮した沿岸域統合管理のあり方についてシンポジウムを開催することといたしました。

ーシンポジウム概要ー

(1) 挨拶(13:30-13:40)

開会挨拶：井戸 敏三 (財)国際エメックスセンター理事長、兵庫県知事)

(2) 第 1 部 基調講演(13:40-15:00)

基調講演 1 「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」

竹本 明生 (東京大学サステイナビリティ学連携研究機構特任研究員)

基調講演 2 「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」

磯部 雅彦 (東京大学 副学長)

(3) 休憩(15:00-15:15)

(4) 第 2 部 パネル・ディスカッション(15:15-16:30)

コーディネーター：渡辺 正孝 (慶應義塾大学教授、国際エメックスセンター科学・政策委員長、UNEP アジア太平洋適応ネットワーク議長)

パネリスト：磯部 雅彦 (東京大学 副学長)

松田 治 (広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議会長)

岡 二三生 (人と防災未来センター上級研究員、京都大学教授)

田畑日出男 (いであ株式会社代表取締役会長兼社長)

目 次

開会の挨拶

井戸 敏三（財）国際エメックスセンター理事長、兵庫県知事）	1
-------------------------------------	---

基調講演

I 「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」	5
竹本 明生（東京大学サステナビリティ学連携研究機構特任研究員）	

II 「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」	14
磯部 雅彦（東京大学 副学長）	

パネルディスカッション.....	24
------------------	----

[コーディネーター]

渡辺 正孝（慶應義塾大学教授、国際エメックスセンター科学・政策委員長、UNEP アジア太平洋適応ネットワーク議長）

[パネリスト]

磯部 雅彦（東京大学 副学長）
松田 治（広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議会長）
岡 二三生（人と防災未来センター上級研究員、京都大学教授）
田畑 日出男（いであ株式会社代表取締役会長兼社長）

-発表資料-

基調講演

I 「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」	47
竹本 明生（東京大学サステナビリティ学連携研究機構特任研究員）	

II 「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」	65
磯部 雅彦（東京大学 副学長）	

パネルディスカッション

「我が国の沿岸海洋生態系の現状からみた沿岸域管理」	85
松田 治（広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議会長）	
「気候変動時期における沿岸域土構造物の管理－河川・海岸堤防」	95
岡 二三生（人と防災未来センター上級研究員、京都大学教授）	
「気候変動と沿岸域管理～民間企業での取り組み～」	99
田畑 日出男（いであ株式会社代表取締役会長兼社長）	

2010 年度 IGES-EMECS-APN シンポジウム

「気候変動と沿岸域管理～適応策を考慮した沿岸域統合管理に向けて～」

日時 2010 年 10 月 8 日（金）

13：30～16：30

会場 よみうり神戸ホール

開会挨拶

井戸 敏三（兵庫県知事、
（財）国際エメックスセンター
理事長）



皆さんこんにちは。今年は大変暑い夏でした。ようやく秋めいてきたかと思いましたが、今日も相変わらず結構暑い日です。暑いのでホットな話題を提供しようということではないのですが、地球温暖化問題は世界中の最大関心事になっていると言っても過言ではないと思います。幸い兵庫県には震災後、2001年に地球環境戦略研究機関（IGES）関西研究センターが設立されて活動を展開していますし、閉鎖性海域の環境保全を主として調査・研究している国際エメックスセンターは、震災前の1994年から

活動を展開してきました。また、アジア太平洋地球変動研究ネットワーク（APN）センターは1999年に設立されています。

APNセンターの誘致に関しては、私には大変深い思い出がありまして、当時の環境庁長官、真鍋長官に何度も直訴しに行きました。彼は「長官」ではなく、「環境大臣」と呼べと言われるので、「大臣、大臣」と言ってお願ひに行きました。その場ではあまりいい返事はしてくれなかったのですが、ひそかに神戸を訪ねられ、「やはり神戸だな」ということでAPNセンターが設立されたという経緯もあります。

本シンポジウムは、この環境関連3研究機関が協働して学術的なシンポジウムを開こうということで開催しているものです。

今年の当番は国際エメックスセンターで、その国際エメックスセンターの理事長が私ですので、私がお挨拶をさせていただくということで壇上に参上いたしました。

先ほど夏が暑かったということを申し上げましたが、ドングリなどの実のなる植物が今年はどうも不作年だったようで、暑さがそれに輪を掛けて、山奥のドングリなどの動物の餌が大変不足する事態が出てきているようです。クマやイノシシが人里へ出てきたり、シカが跋扈（ばっこ）するという状況で、野生動物警報を発して里に住んでおられる方々に注意を呼びかけているところです。先日と言いましても9月ですが、

豊岡でクマの被害に遭ってけがをされる方も出てきていて、これから冬を迎えるまでの間、大変心配なところです。

シカについては、従来2万頭捕獲していたところを今年は1万頭増やして3万頭捕ることにしたのですが、どうもこの夏の暑さなどで捕獲が順調ではなく、1万頭分上乘せするのが大変難しいという実情が判明しました。従来は市町を中心に対応していたものを、この1万頭分については県が中心となってやっという事で、シカが跳梁跋扈している地域の県民局に対策チームを作りました。そして、そこの猟友会に捕獲班を編成していただいて、平日にも捕獲を進める体制をとらせていただきました。それから、ハンターの方々にはたくさん捕れば捕るほど報奨金が上がるという仕組み、2500円から6500円まで報奨金に段階をつけるというインセンティブ制度も導入して、万全を期そうとしているところです。暑さがこんなところにまで波及してくるとは思ってもみませんでした。

地球温暖化に関しては、いろいろな対応があるようです。例えば、思い切って南極の上に雲を作って南極の氷の後退を防ぐといった大変なアイデアまであるようですが、それよりも何よりも、まず人為的な原因で温暖化が進んでいるのだとすると、われわれ自身がいかに生活スタイルを見直すかということが重要なのではないかと思います。

ところが、相変わらずここでも南北問題が深刻です。京都議定書にアメリカは入っていませんし、これからの枠組みづくりもなかなかスムーズにいったりません。今日の新聞を見ましても、中国は世界一のCO₂発生国になって、日本はGDPももう今年中には抜かれるでしょう。中国が世界第2位のGDP国だとすれば、是非それなりの地球規模での責任を果たしていただきたいと願うところです。

京都議定書の枠組みで言いますと、私どもは2010年を目標に1990年対比で、京都メカニズムを入れると約12%、京都メカニズム抜きでも6.3%のマイナスを実現しようということを目指して進めてきました。2008年の実績では、兵庫県は4.7%か4.8%のマイナス、日本国全体ではプラス1.6%であったかと思えます。2009年、2010年とあと2年ありますので、何とか目途が立つのではないかと考えています。

兵庫県の場合の一番の削減要因は、大量にCO₂を発生する事業所に対して2010年までの削減計画を作っていただき、その削減計画の実績を報告していただくという仕組みを「環境の保全と創造に関する条例」の中に入れたことです。東京都や埼玉県では削減量の義務付けを検討されていますが、兵庫県が10年前に始めたこの仕組みは、自主的な削減計画策定とその削減計画の実績報告を通じて、少なくとも削減計画以下にし

ていただくことを産業界の皆さんにお願いしたものです。これはかなり功を奏したと言えるかと思えます。それと言いますのも、兵庫県のCO₂の発生源の70%は産業分野で発生しています。従って、その産業分野で規制を加えれば、それだけ効果があるということだったのではないかと考えている次第です。

併せまして、沿岸域の管理といった観点から申し上げますと、瀬戸内海の水質は非常に良くなりました。これは瀬戸内海環境保全特別措置法の結果で、この法律をベースにして発生源の各工場群の排出規制が徹底された効果です。ただ近年、漁獲量はピークの2分の1になっていて、豊島に象徴されるような瀬戸内海の景観や自然保全という面での問題が生じてきました。従いまして、これからの瀬戸内海の保全とは、いかにして豊かな海にもう一度戻していくかということと、自然海岸などを今後どう守っていくかを考えるということであろうかと思っています。

私どものささやかな努力ですが、例えば淡路島北部の関西国際空港の土採り跡の自然を再生するという事で、国営公園と私どもの県立公園とを合わせて、「淡路夢舞台」を整備しました。また、今100年計画ということで進めているのが「尼崎21世紀の森づくり」です。これはこの地域にあった製鉄所の跡地を100年かけて緑化し、22世紀

の人たちにバトンタッチしようという計画です。いわば第二の「六甲山緑化計画」の推進です。このような自然の再生ということも、瀬戸内海とのかかわりで非常に大きなプロジェクトではないかと考えながら進めています。

さて、今年、名古屋で開かれる「生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)」では「里山と里海」もテーマとされています。中でも「里海」というのは新しい概念です。

「里山」についても昔からあったという説と、最近になって京都大学の著名な先生が作られたのだという説があるようですが、ともあれ人と自然との結び付き、交流が自然をも維持するのだという概念が里山、里海の「里」の意味ではないかと思いましたとき、やはり自然を放っておけばよいのではなく、人との共生の中で守り育てられていくものだという事を再認識する必要があり、それが生物多様性の根源にもつながるのではないかと私自身も考えているところでした。

これから素晴らしい基調講演を二つ、そしてパネルディスカッションをお聞かせいただきます。当面している地球環境に関連する多角的な示唆をお与えいただき、私たちの行動の次なる契機にさせていただくことをご期待申し上げたいと思います。私は、こういうときには歌を詠むことにしています。今日も急いで作りました。

「人々の 動きがもたらす温暖化 生きとし生きる 仲間守らん」。

環境対策が仲間を守ってくれることを心から期待いたしまして、ご挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

基調講演 I 「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」

竹本 明生（東京大学サステナビリティ学連携研究機構（IR3S）特任研究員）



ご紹介いただいた東京大学サステナビリティ学連携研究機構の竹本明生です。本日はエメックスセンター様、IGES 関西センター様、それから APNセンターの方々には、お招きいただきましてどうもありがとうございました。

実は、神戸に仕事の関係で参りましたのは、2005年2月の国連の世界防災会議が行われた時のことです。ちょうどそのときも APNセンターがシンポジウムを開催し、井戸知事が来られていました。当時から気候変動災害に関して兵庫県あるいは神戸市の皆さまのご関心が高いことを非常に感じていたところです。

今日の題目は、「気候変動問題と適応策に関する国際的動向」です。先ほども知事からお話があったように、日本が最近暑くなっ

たとか異常気象の話を多少いたしますが、この後、沿岸域のお話については磯部先生や大変著名なパネリストの方々が発表されると思いますので、基本的には、私からは温暖化の交渉の話や、途上国支援を主体とした国際的な適応策に関するお話をさせていただきます。

1. 気候変動の影響

1-1. 続く異常気象

今年の夏、日本だけでなく世界規模で異常気象が起こったという記事が新聞を賑わせました。国内も、関西も大変暑かったと思いますが東京も大変暑くて、真夏日が確か71日と、これまでの記録を更新しました。本当に私事なのですが、つい最近引っ越しをしたのです。その準備にどうしても1カ月ぐらいかかるとしても、もう秋になるから随分楽かと思っていたのですが、ものすごく暑くて大変な思いをしたということで、本当に日本全国大変厳しい暑さだったなと思っています。特に都市部で熱中症で病院に運ばれた方あるいは亡くなられた方が非常に多かったということです。

異常気象と人為的な影響による地球温暖化との関係がよくいわれます。私はこの分野の専門家ではありませんが、今後、地球温暖化が進行することになれば、異常気象の起こる頻度はまず間違いなく増えてくるだろうと思われま。ですから、今年発生

している現象と人間活動との因果関係を完全に証明することはなかなか難しいのですが、今後こういった現象は頻繁に起こるだろうことはほぼ確実です。

1-2. データから見る地球温暖化

気象庁が解析した我が国で起こっている大雨の頻度の経年変化を見ると、20世紀初頭には大体年間3.5日だったものが20世紀後半には5.1日まで増えています。異常気象の増加を観測データが証明しているわけです。また、同じ気象庁のデータで、日本の夏の平均気温も長期的には100年当たり0.97℃の割合で上昇しているということです。

地球温暖化問題にご関心のある方々であれば、このようなグラフはご覧になったことがあるかと思いますが、ちなみに、世界の平均気温は100年当たり0.68℃の上昇で、日本の方が若干ペースが速くなっています。もっと世界規模で広げていくと、内陸部、北半球、特に高緯度地域になればなるほど、気温の上昇は高くなってきています。従って、よく北極海の氷が解けているということがニュースなどでも出てきますが、北極海地域というのは世界の中でも最も気温上昇が激しい地域で、今後も速いペースで気温がどんどん上昇していくだろうと見られています。

世界で高い気温が観測された都市のベス

トテンをランキングしてみると、2位から9位までは21世紀に入ってから観測されたものです。最近では地球温暖化懐疑論などもありますし、京都市で9月に39.9℃を記録したときにはツタが温度計に絡まっていたということもあったようですが、こういったものは例外で、基本的にはしっかりとした統計データが用いられてこのような高温の都市が出てきているということです。

将来の気温の予測はIPCC第4次報告書などでも紹介されていて、環境省のホームページでも見ることができますが、世界平均では幅はあるものの21世紀末までに1.8～3.4℃、日本では2.1～4.0℃ほど上昇していくという予測がされています。

日本の気象変化の予測では、もうこれは実感として皆さま持っておられると思いますが、冬の寒さは緩み、夏の暑さは増していくと予測されています。冬日というのは最低気温が0℃未満の日のことですが、その日数がこれまでも減少してきていますし、今後もさらに減少していくでしょう。逆に猛暑日、35℃以上の日や熱帯夜は、これまでの傾向としては有意に増加していて、今後も増加していくでしょう。特に関東地方、近畿地方以南での増加が大きくなるのではないかとわれています。それから、気温が高くなると、当然、空気中の水蒸気の量も増えてきますので、雲の対流などが非常に活発になって大雨も増えてきます。今後

も日降水量 100mm 以上の大雨の日数が九州の一部を除いて多くの地域で増えてくるでしょう。さらに言うと、台風なども強大化するという予測がなされています。

1-3. 地球温暖化の影響

国立環境研究所が洪水氾濫のリスクを我が国に必要な金銭換算で試算した結果、21 世紀末までに最大約 8.7 兆円の増加が予測されるということでした。

IPCC のまとめによると、温暖化の影響は、気温や降水、風といった気候そのものの変化に加えて、水資源や生態系、食糧生産、本日の主要テーマである沿岸域、さらには健康問題等、あらゆる分野に当然かかわってきています。矢印が右に行けば行くほど高温になって、将来、5℃の上昇まで予測していますが、例えば、生態系ではサンゴの白化などは 1℃の上昇から影響を受けるとか、食糧生産では 1℃程度の上昇であればむしろ寒い地域などでは収量が上がるといった予測もされていますが、3℃以上になると、ほぼ全面的に悪影響をもたらすと予測されています。

2. 気候変動の国際交渉

2-1. 世界の温室効果ガス排出量のメカニズム

続いて、国際交渉に関する動向についてご説明させていただきます。

IPCC 第 4 次評価報告書では、世界の温室効果ガスの排出量の動向を図に示しています。金魚鉢は地球の CO₂ を吸収できるキャパシティ（容量）とだけ思えばいいと思います。右のパイプのようなところから人為的な CO₂ が流れてきています。容量を示す下のラインが産業革命以前の自然界の二酸化炭素の温室効果ガスの濃度 (280ppm) で、現在は上のライン (380ppm) のところまで増えてきていて、1 年に約 2ppm 増加しています。これは大気中の CO₂ 濃度を測った結果ですので観測事実です。

今後は開発途上国などで産業活動が一層活発になりますから、温室効果ガス排出の割合はさらに増えてくると思われます。そうすると現状でも 2ppm ですから、100 年たつと 100 倍で 200ppm になりますので、最低でも 550~600ppm にはなってしまうだろうという予測があります。他方、左側は自然による吸収量で、これは森林や土壌、光合成の活動などで CO₂ を吸収する量ですが、こちらについては 31 億炭素トン/年程度といわれています。

結局、地球温暖化の原因となる温室効果ガスは人為的な排出量の方が圧倒的に高くなっていて、このまま大気中の CO₂ 濃度が増えていって、イメージとして、もしこの金魚鉢から二酸化炭素があふれ出してしまうと、取り返しのつかない影響が生じるだろうということを、この図は警告しているわ

けです。

私は6～7年前に一時、交渉の担当をしていましたが、そのときに見たこの絵は確かに人為的排出量が60億トン程度だったと記憶していますので、実際のところもうここ7～8年で排出量の数字が相当増えているということです。

2-2. 二酸化炭素排出量の現状と予測

今少し申し上げましたが、今後、途上国からの排出量は一層増加するだろうと思われれます。先進国自体は、今の先進国の定義でいくと、もちろん省エネ努力や技術開発などに加えて人口減少などもありますので、21世紀に向かって飽和して徐々に減っていくだろうと思われれますが、途上国のほとんどで増えていきます。

もう既に現状でも、温室効果ガスの排出国のシェアでは中国がアメリカを抜いてトップになっています。また、インドも現状は4.6%ですが、人口が十数億人と非常に多く、こうした経済新興国では発展に伴って今後温室効果ガスの排出がますます増加するでしょう。

2-3. 国際交渉の流れ

ここで少し気候変動の国際交渉の流れについてご説明します。気候変動関係の条約としては、リオデジャネイロで1992年に開催された、いわゆる地球サミットのときに

気候変動枠組条約が採択されています。今月に名古屋で開かれる生物多様性条約、それから砂漠化防止条約の三つの環境関連条約がこのリオサミットで採択されました。リオ3条約と呼ばれています。

こういった条約の中で、地球温暖化問題が一番国際的な関心が高かったということで、97年に開催された第3回目の条約締約国会議で、京都議定書が採択されたということです。1988年に設立されたIPCCは、今はもうかなり有名になっていて、ノーベル平和賞を受賞したりして話題になっていますが、評価報告書が1990年に出て、第2次評価報告書が95年、3次が2001年、4次が2007年ということで、定期的に気候変動の最新の知見について発表されています。第2次評価報告書の2年後には京都議定書が採択されるなど、国際的な気候変動対策の意思決定に対して、このような科学的知見は非常に大きな影響を与えています。

2-4. ポスト京都議定書

21世紀に入って、特に2007年のバリ作業計画や2009年のコペンハーゲン合意などがありますが、ちょうど京都議定書が正式に効力を発揮した2005年以降、2012年で京都議定書が期限を迎えるということで、いわゆるポスト京都議定書の検討が始まったということです。

経緯としては、リオサミットのときに作

られた「共通だが差異のある責任」という有名な原則があります。世界各国が環境問題に対して何らかの責任を持つけれども、その責任の大きさについてはやはりこれまでの、例えば二酸化炭素排出の経緯なども踏まえて差を設けましょうという「リオ原則」と呼ばれるものに基づいて、まずは先進国が削減義務を負いましょうというのが、京都会議のときに採択された京都議定書の内容です。

当時の合意では、日本 6%、米国 7%、EU8%で、途上国については削減義務は設けられませんでした。ただ、先進国が発展途上国での削減に協力した場合、その分は先進国の削減にカウントしようという、いわゆる京都メカニズムがこのとき初めて盛り込まれたという経緯があります。当時はどうも、もし今後、途上国も経済発展してくれば、自然に先進国の仲間入りをしてみんなちゃんと約束してくれるだろうというような発想もあったようですが、実際にはなかなかそうになっていないということです。

当時の先進国と途上国のグループ分けでは、先進国扱いの附属書 I 国が 40 カ国、そしていわゆる発展途上国である非附属書 I 国は 150 カ国で、国の数からすると圧倒的に途上国の方が多くなっています。さらに、京都議定書を批准しなかったアメリカのような大国もあります。いろいろなグループが存在して交渉が行われているということ

です。

ポスト京都議定書の主要論点を言うと、皆さんよくご存じのとおり、まずは中国やインドなどの主要国の参加が非常に大きな論点として挙げられます。もちろんアメリカの参加も極めて重要です。

そして、削減努力についての公平性をどう担保するかが非常に問題になっています。

「共通だが差異ある責任」に基づいて、では、途上国に差異ある責任をどれだけ取ってもらうかというところが非常に大きな問題になっていますし、公平性の議論は先進国間同士でもあって、もともと日本は 1990 年時点でかなり省エネ努力が進んでいて、基準年の数値が低かったということもあって、ヨーロッパのようにエネルギー効率がその後高くなってきた国との差があるのではないか、日本においては産業界を中心にこれまでもさまざまな省エネ努力をしているといった経緯をしっかりと評価してもらいべきではないかという主張もあれば、いや、やはり 90 年の基準年は非常に重要なので、1990 年比の削減量で議論すべきだという主張もあります。

最近の話はもうよくご案内のとおりですが、2009 年に COP15 がコペンハーゲンで開催されました。これまでこういった会議を 15 回開いてきた中で初めて首脳級が一堂に会したのですが、それでも完全な合意には至りませんでした。その代わり、コペンハー

ゲン合意というものが一応作られて、それに対して留意するということが決定しました。

その中身は幾つかありまして、削減目標については長期目標と中長期目標が設定されました。長期目標は、IPCC 報告書の科学に基づいて、産業化以前からの気温上昇を2℃以内に抑えるため、地球全体の排出量の大幅削減の必要性に合意するというものです。この2℃目標、あるいは長期目標の大幅な削減の必要性は、コペンハーゲン合意に至る前から、例えば先進国の間であればG8の洞爺湖サミットが2008年に行われましたが、その場でも既に合意されていた内容です。これに途上国も含めた国も加わって、反対している国もありましたが、賛同する国が多数出たというものです。

もう一つの中期目標は、2020年までの目標で、これがいわゆるポスト京都議定書目標というものになります。鳩山元総理が総理就任直後にニューヨークの国連総会に行き、「2020年までに1990年比で25%削減を目指す。ただ、これはすべての主要国の参加による意欲的な目標の合意が前提である。」というスピーチをしました。実はコペンハーゲン合意に日本は合意していますが、そこでは中期目標をちゃんと決めて各国が条約の事務局に届け出ることになっていて、日本の場合、このときの数字がそのまま事務局に届けられているということです。あ

くまでも主要途上国も含めた全ての国が参加するという前提の下での目標についてのコミットメントということになります。

今日の本題は、むしろ途上国支援の方です。気候変動交渉になると、どうしても各国の削減目標に非常に注目が集まりますが、国際的な地球環境問題というのは、実態としては途上国支援をいかに実現するかということの方がより本質的ではないかと考えています。

コペンハーゲン合意では、幾つかの資金面に関する合意がされています。例えば、短期資金は2010年から2012年の3年間に300億ドル、3兆円程度になるでしょうか。最近は円高なので円に換算すればもう少し安いかもしれませんが、先進国は新規で追加的な公的資金を拠出します。これは世界全体の話で、我が国については官民合わせて150億ドル（うち公的資金110億ドル）の支援を政府が表明しました。さらに、長期資金は2020年までに1000億ドル、約10兆円を先進国が拠出するという目標を表明しています。

目標の方にばかり話がいっていますが、これは非常に大きな額で、途上国はこれを厳密に追加的資金として出すべきということを主張していて、確か今の日本のODAが100億ドルくらいでしょうか。新規の資金として現在のODAと同額程度の資金を出していかないといけないということになって

くるということです。

国際交渉は続いています。11月の最終週から今度はメキシコのカンクン、観光地で有名なところですが、そこでCOP16が開かれます。政府の今年の担当者の方にお聞きしても、首脳級が参加したCOP15でも結局は難しい結果になってしまったということで、今度のCOP16も非常に難航が予想されています。もちろん、各国が抱える経済的な問題も影を落としているということは否めないと思います。

しかしながら、こういった国際交渉は1年、2年で終わるものではなく、ましてや地球環境問題については長期的に対応しなければいけないということで、引き続き主要国による意欲的な目標の合意や、途上国の削減目標といったものについて、議論が行われていくことになるかと思っています。

3. 国際的な適応対策

3-1. 適応とは

続いて国際的な適応対策です。適応というのは、一般的には気候変動によるさまざまな影響（海面水位の上昇、熱中症患者数の増加、農作物への影響など）に対して取る対応策のことを指します。このことから、先ほど出てきたCOP15でのコペンハーゲン合意でも、適応の重要性について決定がなされているところです。一番重要なのは、資金支援についての議論です。ほかにも、

適応の実施を促進させる新規組織の必要性や損害賠償メカニズム等について、交渉の場で今後も議論されていくことになります。

もう少し詳細に申し上げると、海面水位の上昇や渇水・洪水リスクの増加、あるいは熱中症患者数の増加、高温等による農作物への影響、それぞれに対して各分野ごとにいろいろな対策を講じていかなければいけないと、一般的には言われています。

この適応策については、CO₂の削減対策とは違って、先進国と途上国の間で対策の中身に対するイメージや認識が非常に異なっています。

3-2. 直接影響と間接影響

気候変動の影響には直接的な影響と間接的な影響があるという点が非常に重要です。直接影響というのは気象の変化です。気温が上昇したり、降水量が増加したり減少したりする長期的なトレンドによる影響もありますし、台風が来たりゲリラ豪雨があったりといった異常気象による影響もむしろ非常に大きいと思います。

こういった直接影響に対して、間接的な影響というものも分類できます。例えば、気候変動問題が議論される前から、最貧国には感染症の問題があります。そこに加えて、気候が変化することによって気温が上昇し、媒介生物が増加したりしてマラリアが増加する等、衛生状態が非常に悪くなっ

たり、あるいは台風で高潮や洪水が来て、そこで人命は助かったとしても、その後の衛生状態が悪いと、感染症が発生したり、飲み水が飲めないなど、さまざまな問題が生じます。

生態系への影響もあります。生態系は特に農業分野ともかかわりが非常に強いですから、食糧などがなかなか安定的に供給できなくなるといった問題も起こります。さらに貧困の増大やホームレス、あるいは雇用機会の損失、経済の不安定化といった社会経済的な影響も特に途上国では大きな問題です。これらは直接的というよりも、間接的な影響ということになると思います。

3-3. 社会・経済的な脆弱性への対処

こういった気候変動に適応するための能力を、レジリエンス (resilience) と言っています。レジリエンスには「うまく順応していく」「弾力的な」といった意味があるのですが、こういった適応能力は主として社会経済的な要因が大きいということが言えます。従って結局のところ途上国の場合は気候変動への影響だけを目的とした単一の対策では有効ではなく、むしろ開発問題、開発政策にこの適応の問題を主流化させていくことが強く求められているのです。

例えば、ジャカルタの市内では、台風ではなく、1 回のスコールですぐに水浸しになってしまいます。この理由は、要するに

市街地でも汚水溝などのインフラが未整備だということに尽きるわけです。あるいは、もともと半乾燥地域で農業には適していなかった地域に無理やり西洋的な大量の灌漑水が必要な農業を導入したことによって、干ばつが頻繁に起こるようになったという例もあります。砂漠サブサハラにあるエチオピアも、20 世紀半ばに雨がかなり降る時期があり、遊牧から小麦の生産への転換が行われたのですが、気候が乾燥化して大きな飢饉が発生しました。このようなことから、社会経済政策が温暖化への適応と大きく関係していると言えるかと思います。

3-4. 気候リスクに伴う追加的な適応コスト

最後に適応コストの話をしたいと思います。途上国の将来の適応コストの試算結果の比較を見ると、公的な支援、ODA に関しては少なく見積もっても年間当たり数十億ドル、民間資金なども含めると 100 億ドル以上の追加的な適応コストがかかるだろうといわれています。必要な分野は、やはり生態系とも関わってくるような、あるいは水と関わるような、農林水産や水供給、食糧援助といった分野で追加的なコストが主ににかかってくるだろうということです。

それに対して基金の供給側は、気候変動条約などが持っている適応関連基金と呼ばれているものが複数ありますが、実はこれ

ただだと先ほどの額には全然足りません。年間数億ドル程度しか賄いきれていないわけで、現在行われている開発協力、ODAなどの資金の中で、どれだけよりいっそうの適応策を実施できるかが重要になってきているわけです。

3-5. 適応フレームワーク

先ほど申し上げたとおり、日本政府は資金支援について多額のコミットをしているわけですが、いずれにしてもこれを実行していく上での非常に大きな問題は、削減策のような共通の枠組がないことです。

では、何が必要になってくるかということですが、どうしても金額だけに注目が集まります。でも結局そういった声は、例えばリーマンショックのような経済的なショックがあるとたちどころに衰えてしまうので、まず適応策の内容をしっかりと検討していく必要があると思います。

その一つは、適応策の優良な事例や気候変動の脆弱性を予測する手法といったノウハウや情報を各国間でしっかりと共有することです。具体的には、先進国と途上国双方の取り組みをしっかりと報告して評価をする。さらに、その適応を支援するためのガイドラインが必要です。とにかく金額だけをコミットしてあとは勝手に使えばいいというものでは、先進国にとっても途上国にとってもメリットはないのではないかと考えま

す。それから、基金もやたらとたくさんありますし、各国が持っている二国間のODAの資金が、どうすれば本当に有効に使えるのかという総合的なマネジメントも必要になるでしょう。そして、これらを取り扱う情報ネットワークが必要になるだろうということなのです。

今日出席しておられる渡辺正孝先生の下で行われている「UNEPアジア太平洋適応ネットワーク」などの情報ネットワークをしっかりと作っていくことが、適応の枠組の中でも極めて重要ではないかと考えています。以上です。どうもありがとうございました。

基調講演Ⅱ「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」

磯部 雅彦（東京大学 副学長）



今日は「気候変動の影響と適応策に基づく沿岸域管理のあり方」ということでお話します。私の専門は海岸工学といいまして浅いところの海のこと、港や砂浜、砂浜の海岸侵食などが専門です。地球の温暖化が起こったときに、それと同時に起こるといわれている海面上昇による影響を最も受けやすい場所ということになります。そこで今日は、地球の温暖化が起こり、海面上昇が起こったときに、沿岸域にどのような影響が起こるのかということの説明をした上で、それに対してどのような適応をしておこなうかということを中心にお話ししたいと思います。

そして、結果として適応していくのがなかなか大変なことであるとお分かりいただけたならば、適応から再び元に戻って、温暖化そのものをできるだけ小さくしていかなければいけないのだということ、「適応

策」に対して「緩和策」といわれていますが、温室効果ガスの排出をできるだけ抑えていこうという、今の竹本さんのお話にもあったようなところにつながっていくと考えています。

1. 地球温暖化の現状と将来予測

まず、温暖化の現状と将来予測ということですが、これについては竹本さんからご紹介がありました IPCC の第 4 次報告書が最新で、最も確からしい推定になると思います。温暖化の結果として海面上昇が起こる。海面上昇が起こるのは、直接的に考えると南極やグリーンランド、ロシアのツンドラ地帯の氷が解けるからかと思われがちですが、実は南極を除いてグリーンランドやロシアの氷が解けるのが半分で、残りの半分は海水の熱膨張なのです。

海水は 1℃ 当たりで 1 万分の 2 膨張していきます。1 万分の 2 というのは非常に小さく思えるかもしれませんが、これは 100m の厚さで考えると 2cm 上がるということです。ですから、仮に先ほどのお話にあった 2℃ の気温上昇ということを目に浮かべると、100m につき 4cm 上がることになります。海洋ですから、太平洋の平均水深は 4000m あるわけですが、そこまではすぐには暖まらないで、仮に水深 500m のところまで水温が上がったと考えますと、さらにまたその 5 倍で 20cm 上がることになります。

そう考えると、IPCC で予測されている今世紀末までの海面上昇の値が低めに見積もって 18cm、高めに見積もると 59cm ということで、大体真ん中を取ると 40cm だとすると、熱膨張が半分ぐらいで、氷が解けるのが半分ぐらいということがお分かりになると思いますし、また、そうであるとする、海面上昇がもっともらしいということが、直感的にお分かりいただけるのではないかと思います。

そうであるならば、温室効果ガスの排出削減にできるだけ努力しなくてはいけないのだけれども、努力したとしても二酸化炭素濃度が上がっているので地球温暖化は避けられない。避けられないとすると、やはり海面上昇は起きてしまうということを覚悟しなくてはいけないと思います。さらに IPCC では、温暖化すると海水の温度が上がるので、台風のエネルギーが大きくなって台風の巨大化もありそうだと断言しています。

2. 地球温暖化の影響

海面上昇は避けられないだろう、台風の巨大化も Likely（ありそう）だということ、私はそれがもし起こったときにどんなことになるだろうということを調べたわけです。

最初にまず大ざっぱな話として、海面上昇が起こったらどのくらい深刻なことになるのだろうということを考えるために、世

界のどんな国にどのくらい海面上昇の影響がありそうかということを持ち寄って比べてみました。具体的にどんなことをしたかといいますと、海面上昇が起こって、さらに津波や高潮が起こったときの最高水位よりも下にある、ゼロメートル地帯のような低地帯の面積がどのくらいあって、そこにどのくらい人が住んでいて、どのくらい資産があるかを比べてみたわけです。

その結果、日本は面積で言うと世界的には大したことはありませんが、資産で言うとオランダを抜いて圧倒的に大きく、そういう意味で日本は海面上昇の影響を非常に深刻に受けやすい国であるということが分かります。仮に海面上昇が 1m 起こったとして、津波や高潮が起こった際の最高潮位よりも下にある土地の面積や人口や資産を調べた結果、資産で言うと 378 兆円分もあるということで、もうちょっとゼロが幾つか分からないような数値になっています。

ただし、だからといって海面上昇が起こったら大阪が水浸しになるとか、東京が水浸しになるとかということは、まずは考える必要はありません。それは、それぞれのところには高潮防潮堤といういわゆる堤防ができていますので、海面上昇が起こったからといってそのまますぐに陸に水が押し寄せてくるというわけではありません。ただ、やはりその水位よりも下に住んでいるとか、下に資産があるということは、「脆弱性」と

言いますが、災害を受けやすい、災害に対して弱いということが言えて、それは気を付けなくてはいけないということになるわけです。

では、大ざっぱに言って大変だということであれば、どんな影響が具体的に起こるだろうかということを示したのが「影響伝搬図」といわれるもので、温室効果ガスの増加から始まって、地球温暖化が起こって、例えば海面上昇が起こったり、台風の巨大化が起こったりすると、どんな影響が起こるかということを定性的に調べたものです。直接的には、海面が上がりますので干潟などが失われる、あるいは砂浜が消えていくといったことから始まって、水位が上がりますから高潮の災害も激化してくるといったことがあるわけです。

2-1. 海岸施設への影響

その中の幾つかについてももう少し詳しく、具体的にどういう仕組みで災害を受けることになるのかということをお話ししてみたいと思います。ここでお話しするのは、やや特殊な例です。とにかく海面が50cm上がればその分だけ水に沈むということは言わなくても分かることですので、やや分かりにくい例についてお話ししたいと思います。

最初は海岸の堤防の高さです。海岸を保全するために堤防が造られているわけですが、それに対する影響です。斜めに太く書いてあるのが、砂浜のような浜だと思ってください。

一番下の例では、砂浜が長く続いていて、波が沖（右側）からやってきて、波がどこかで砕けて、だんだん波打ち際に来ると波が小さくなるという様子が書かれています。この場合には、海面上昇が起こっても、例えば海面上昇が50cm起これば全体として50cm分だけ岸側に移動するというので、これは直感的に分かる例です。

また、一番上は非常に水深が深いところに堤防が造られている例で、今は波がやってきても波が砕けていないので、その場合は海面上昇があってもその分だけ上がるだけです。50cm上がれば50cm上がるだけということで、これも説明を要しません。

分かりにくいのは真ん中で、これは浅いところに堤防が造ってある例です。浅いところに堤防が造ってある場合、現状では波がやってくると沖のどこかで波が砕けます。砕けて岸の方に近づいてくると、水深が小さいので波が砕けることによって波はもう小さくなってしまっている。従って、堤防のところでは波が小さいので、それによって波をかぶる高さを「打上げ高」といいますが、この波をかぶる高さは、波の高さが大したことないのですから大したことないということになります。

ところが、ここで海面上昇が起こったと

すると、今までは堤防から遠いところで波が砕けていたのに、水深が大きくなったことによってもっと近いところでしか砕けなくなると、堤防のところまで来ても相当大きな波が残っているわけです。そうすると波の打上げ高も相当大きくなる。そうすると、この例だと海面上昇の50cmだけでなく波も大きくなっているのです、その分だけ高く上がってしまうことになります。

そこで、例で考えてみますと、海面上昇が65cmであったとしても打上げ高が2m14cmと、3倍以上に増幅されるケースが出てきます。海岸堤防は比較的浅いところに建設されることが多いので、このような例は特殊と言いつつたくさんあります。こうなってくると、たかだか50cmなどとは言っていられなくなるということです。

ほかにも、港の護岸のようなもの、あるいは一般的に堤防でも、できるだけ水が陸上に入らないようにという制約の下で、なるべく低く、ぎりぎりいっぱい造ってありますので、海面上昇が起こるとそのぎりぎりいっぱいのところから波がどんどん入ってくるようになってしまうということで、入ってくる水の量もばかにならないほど入ってくるようになるということです。

さらに港にある防波堤などは、海面上昇があるとそれだけ水没する部分が増えてきますので、水に没している部分には浮力が掛かるわけです。浮力が掛かるとそれだけ

軽くなる。それだけ軽くなれば、波が横から当たると防波堤が動いてしまうということで、防波堤が動くとも機能を発揮できなくなりますし、被害を受けることにもなる、これも海面上昇の悪影響といえます。現状の安全率を仮に1としたときに、海面上昇が1mまで増えていくと安全率がどのくらい下がるかという、1のものが0.9を割る場合も出てきます。こうなってくると、何とか海岸の堤防や防波堤などに手を入れていかなければ維持ができないといった状況になります。

もう一つご紹介すると、皆さんの評判は芳しくないと思いますが、海岸にはテトラポット、正式には消波ブロックという波を消すためのブロックがたくさん置いてあります。ああいうものは波が来ても動かないように設計するわけで、波が来ても動かないためには、やはりかなり大きくなくてはいけない。では、どのくらい大きくなければいけないか、波消しブロックの重さ(W)は、Hudson式といわれる式で表されます。その式の中に、波高の3乗(H^3)に比例する量が出てきます。

この3乗というのがくせ者で、波高が仮に簡単な計算で2倍になったとすると、2の3乗ですので8倍になってしまうわけです。この3乗というのが非常にきつく効いてきて、海面上昇が起こると今の重さに対して1.91倍ですからざっと言うと2倍にし

なくてはいけないという計算になります。現在は10トンブロックとか、大きいものでは64トンブロックもありますが、10トンの消波ブロックを使っているところは20トンに30トンのものを使っているところは60トンにしないと、波が来たときに崩れてしまうということになるわけです。

3. 地球温暖化への適応策

このような悪いことがいろいろなところで起こってきますので、何とかして対策を打たなければならない。それを「適応策」と言っているわけです。

こういうお話をすると、まず頭に浮かぶのは、それを何とか守ろうということで防波堤をかさ上げしたり、今の波消しブロックを重くしたりしてやろうということです。これを「防護」と言っています。言ってみれば力づくでとにかく守るということです。これは大阪もそうですし、名古屋もそうですし、東京もそうです。大都会には人もたくさんいるし、資産もたくさんあるので、何とか守っていく必要性が非常に高いところではそのような対策がとられます。

それに対してもう少し柔軟な避け方はないのだろうか、対策はないのだろうかということで、その一つが「順応」で、何とか工夫して被害を避けよう、高潮が来るのは仕方がないとしても、それで何とか被害が起きないように、あるいは被害が小さくな

るようにしようということです。高床式の住宅がその一例で、高潮が来ても床下までしか来ないので、別に家具も水に浸かるわけではなくて住んでいるところは被害は受けない。床下はせいぜい駐車場ぐらいにしておくというやり方です。

さらには「撤退」で、津波、高潮を考えると沿岸域は非常に危険ですので、危険なところには住まないという非常に単純な対策です。土地利用をうまく考えることによって、できるだけ危険なところには住まないで、徐々に安全な土地に移動していく、というやり方です。

これらの適応策を、その場所の状況や自然の状況、あるいは社会的な状況というものをご組み合わせながら考えていくことになります。

3-1. 津波・高潮に対する防護

まず「防護」ですが、「防護」は大変なことで、日本国内の港と港周辺、港湾と港湾周辺の海岸だけを防護するとしても、かさ上げしたり、ブロックを重くしたり、堤防やら、護岸やら、水門の改良やら、何やらかんやらで合計11.5兆円もかかるというのが、試算の結果です。そんなにもとてもではないが払いきれません。ですから、必要なところは防護しなければいけませんが、やはりもう少し柔軟な対応も必要だと私は考えています。

また、防護するにしても、それでは明日にでもやるかといっても、なかなか明日すぐ全部やるわけにもいきません。幸いにも、物を造るということは工学の分野でやるわけですが、工学では安全率や余裕高といった概念を導入します。つまり、ここまで防波堤や堤防の高さが必要だけれども、予想外のことがあるといけないので50cmは余分に高く堤防を造っておこうといった発想をします。どれだけ余裕高を取るかは場所によって違いますが、それぞれ実際に取ってあります。海面上昇は過去からもう既に起きていますし、これからもだんだん加速して上昇していこう。それに対応して堤防が造ってあって、一応余裕高を多少は取ってあるので、海面上昇が今少し起きているといってもその余裕高の分には一応入っているということで、今すぐやらなくてもいいところも随分あります。

そこで、その今しなくてもいいところは取りあえず放っておいて、いずれ老朽化して新しくしなくてはいけないときが来るまでに、つまり更新するときまでに起こっている海面上昇を考えて、その分だけかさ上げして堤防や防波堤を造り直すといったことをやっていけば、徐々に海面上昇や、あるいは台風の巨大化にも対応できるような港や海岸の構造物ができます。それによって今のはやり言葉で言うとサステイナブル、持続可能な海岸防護システムあるいは海岸

構造物、海岸施設といったものが出来上がっていくだろうと思っています。

ただ、そうは言っても実は今とても厳しい状況にあります。これは海面上昇とは関係なく、地球温暖化が起これなくてもという話なのですが、日本を例にとってみると、今、日本の海岸には約1万キロの延長の構造物があります。日本の海岸線は3万5000キロあるわけですが、そのうちの3分の1ぐらいに護岸や堤防が造ってある。それで津波や高潮から陸を守っているわけですが、仮にそれぞれの構造物が50年持つとすると、1年間に200キロ分ぐらいずつは新しくしていかなければいけない。新しくしていくには1mにつき200万円ぐらいはかかります。これは非常に大ざっぱな額だと思ってください。100万円かもしれません。仮に200万円かかるとすると1年間に4000億円必要になりますし、補修をするだけでも例えば1m100万円でやると2000億円必要です。

今は海岸保全事業という津波や高潮から陸地を守る事業がありますが、それに充てられている予算は年間1300億円ですので、現状の津波や高潮からの防護のレベル、安全度を、現状では維持できないのです。つまり終戦後、津波や高潮が頻発したことから、とにかく陸地を守ろうということで堤防や護岸をたくさん造ってきたのですが、それが今古くなっていて、そのうちぼろぼろになるのだけれども、ぼろぼろになった

ときに造り直すだけのお金がないということです。

そういうことなので、何とかもうちょっと知恵を出さなくてはいけないということです。大した知恵でもありませんが、護岸は高くすることばかりが必要なのではなく、実は垂直に立ったような護岸に対し、前に砂浜が広くあると波が打ち上がりにくいのです。例えば垂直な護岸だと高さが1.9m必要なところでも、前面に砂浜があれば1mまで低くすることもできるということで、技術開発等いろいろなことをしながら、なるべくお金をかけないで安全にしていこうということをしなくてはいけないと思っています。これが「防護」です。

3-2. 津波・高潮への順応

次に、もう少し柔軟にというのが「順応」です。

先ほどお話しした高床式住居の代表的な例は、アメリカのフロリダ州で見ることができます。フロリダ州では、高潮をあらかじめ予測して、その予測されたレベルよりも上に床を置かなくてはなりません、下はピロティにしておいてくださいということが、レギュレーション（規則・法律）で決まっています。それから、津波や高潮が来ても逃げられるように避難路の標識が設けられています。

また、東南アジアのバングラデシュを中

心とする地域では、サイクロンシェルターというコンクリート造りの高床の構造物を設置しています。高潮が来たらその上に逃げるわけですが、結構大きなもので100人ぐらい逃げられますから、100個作れば10万人が助かります。そういうやり方もあります。

さらに、これは最近日本でもよくやられています。ハザードマップを作って、ここは高潮が来たら危ないですよと伝えておいて、高潮が来たときにはそこから逃げるという方法もあります。ただ、この難しさは、防波堤や堤防を造るのはいわゆる専門家で、その分野の人が堤防を造れば、そこに住んでいる人は何も知らなくても安全になります。そこに住んでいる人のいろいろな意見を取り入れてといったことはもちろんありますが、でも、最低限として堤防を造れば、そこに住んでいる人は何も津波や高潮のことを知らなくても安全に生活できるわけです。

しかし、逃げるというのはそれぞれの人が逃げなくてはならないので、そこに住んでいる人が高潮の特性、津波の特性をよく理解し、そしていざというときにはどういう手段でどこに逃げればよいのか、何を持っていけばよいのか等々、いろいろなことを分かっていなければいけません。そういう意味で、専門家だけでなく一般の市民の人の理解が非常に大事になりますので、そこ

をどうすれば浸透できるかというのが大きな問題です。

今年の2月の終わりにチリ地震津波がありました。あるいは、その前にはアリューシャン地震津波もありました。津波の警報が出るのですが、ごくわずかの人が避難しないというのが実態です。それは津波の怖さを知らないからかもしれないし、あるいは、警報というのは、安全を最優先してとにかく外れてもいいから逃げてもらおうということで、出す回数が増えます。従って外れることも多い。そうすると、一般市民の人からすると10回に1回しか当たらないのに、毎回、毎回逃げていられるかということもあって、なかなか避難してくれない。

ただ、神戸のように震災を経験していると災害が大変だということがよく分かっているんで、災害を経験した人は警報を出すと逃げしてくれる人が多いという現状があります。そういう意味で一般市民の災害に対する理解が「順応」にはとても大事で、そうでないと「順応」が機能しないことになります。これが一つの問題だろうと思います。

ただ、それも技術でサポートすることは可能です。今、現実には紀伊半島の沖には地震計・津波計が張り巡らされつつあって、例えばそこで津波を観測すると、リアルタイムで紀伊半島の人に「津波が観測されま

したから逃げてください」といったメッセージか、あるいは海岸でサイレンを鳴らすというようなことをすれば、住民の人たちも「これは本当に津波が来たぞ」と思って避難行動が迅速になるのではないかと期待しています。

3-3. 津波・高潮からの撤退

そんなことを含めて、海面上昇が起こると高潮による災害は激化しますので、それに対して何とか適応しなければいけない。適応には、何か構造物を造って防護するというハードによる対応と、そうではなくこちらのソフト面の対応で順応するという方法があって、そんなものを組み合わせて適応していきたい。

でも、最終的に構造物で防ぐこともできないし、逃げることもできないとすれば、やはり土地利用を適切に行って危険なところには住まないという選択も必要です。特に日本の場合は人口が減っていきますので、これを機会に危ないところに住んでいる人はより安全なところに移りながら集落を形成していくということも考えなければいけないと思っています。

4. 地球温暖化による海岸侵食と適応策

もう一つの話題として、海面上昇による海岸侵食があります。海面が上がれば海岸が浸食されるということで、海面上昇が起

こるとその分だけ海岸線が移りそうなものですが、実はそれでは済まないのです。海岸の砂浜の地形というのは、水位と今来ている波の力学的な釣り合いで決まるからです。海面上昇が起こったときに、海面と陸地の接点を中心とする形は、今とは違ってしまうのです。今と同じ砂浜の形だと、陸地もそのまま盛り上がりなければいけないのですが、その分の砂が増えるわけではありません。そうすると何が起こるかという、海岸の砂が削られて沖に移動して、海岸線が陸地側に移動するのです。そうすると砂の全体の量は変わらず、しかも海面と陸地の接点を中心にした砂浜の形が今と同じになって平衡状態になります。結果として、海岸線が陸地側に移動する、海岸侵食あるいは汀線の後退が思ったよりも大きいということになるわけです。

今でさえ海岸侵食は相当ひどい状態で、平均的に毎年1/6mぐらい削られているということですから、何とか防がなくてはいけない。そのためには、山の上からちゃんと土砂を流して海岸に砂がやって来るというシステムを作る必要があります。堤防や護岸、離岸堤を造って砂を止めるのは暫定的な手段で、やはり持続可能であるためには、山から海に向かってスムーズに砂が流れて、それで砂浜が維持できるシステムを作らなければいけない。地球温暖化、海面上昇の沿岸域に対する影響は非常に大きいので、

その大きな影響を避けながら、「沿岸域の管理」と言っていますが、沿岸域の上手な運営の仕方を考えていかななくてはならないということになります。

5. ポジティブスパイラルに向けて

ただ、直接的な影響への対応だけをしていても、海岸はよくなりません。海岸あるいは沿岸域には、いろいろな要素があります。大きく言うと、藻場・干潟あるいは浅海域といわれる沿岸域は、自然や生態系から見てとても大事な場です。これはまさに今月名古屋で開かれる COP10 の会議でもテーマとなるものですし、また、今お話ししたように、津波や高潮のような災害がありますから、安全・防災が非常に重要です。それと同時に、港を造ったり、あるいは水産活動、漁業活動を営んだり、あるいはレクリエーションも含めて沿岸域を使うということも大事です。このようにいろいろな観点があるわけで、そういういろいろな観点を考えながら、その中で地球温暖化というものも考えて、そして管理をしていかななくてはならないと思っています。

そのときの基本は何かというとやはり持続可能性です。持続可能性というのは、一つの見方として簡単に言ってしまうと、お財布が赤字にもならない、黒字にもならないということで、入ってきたものと同じものが出ていって、永遠にその状態が続くと

ということです。

そのためには、まず水が大気と海、あるいは陸上で循環しているわけですが、その循環がきちんと保たれる。それに伴って川から運ばれてきたり、あるいは崖から生み出される土砂が沖に向かって移動してその収支が保たれる。さらに、今日のお話ではできませんでしたが、水質ということを考えて、水の中に溶けている物質が陸上から来て川を通過して海に流れ出していく、それもきちんと外に出ながら生態系を維持していくというようなことを基本にして、安全性も確保するし、賢く使っていくことが重要ではないかと思っています。私の話は以上です。ご清聴ありがとうございました。

パネルディスカッション

コーディネーター：

渡辺 正孝（慶應義塾大学政策メディア研究科教授、(財)国際エメックスセンター科学・政策委員長、UNEPアジア太平洋適応ネットワーク議長）

パネリスト：

磯部 雅彦（東京大学副学長）

松田 治（広島大学名誉教授、瀬戸内海研究会議長）

岡 二三生（人と防災未来センター上級研究員、京都大学教授）

田畑日出男（いであ株式会社代表取締役会長兼社長）

（渡辺） それでは、ただ今から「気候変動と沿岸域管理」という大きな題の下に、それぞれの専門の先生方をお招きして、パネルディスカッションを始めたいと思います。

磯部先生には既に基調講演でお話をいただいておりますので、ほかの3名の先生方に、それぞれ事例発表の準備をいただいているということですので、まず松田先生の方からお願いしたいと思います。よろしくをお願いします。



1. 瀬戸内海の沿岸海洋生態系の現状から見た沿岸域管理

（松田） ありがとうございます。まず、冒頭の井戸知事のご挨拶の中で、瀬戸内海は、水質はかなり改善されたものの、漁獲量を含めて豊かさが失われている。

あるいは、今度の名古屋のCOP10で、日本発で里山や里海など、自然を放っておくだけではいけないというようなことがテーマになるというお話がありました。それから、先ほどの竹本先生、磯部先生の基調講演の中でも、生態系への影響というお話がありました。

そこで今日は、私は瀬戸内海とのかかわりが長いものですから、沿岸海洋生態系の現状から見た沿岸域管理ということで、短い時間ですけれども話題提供をさせていただきます。

ご承知だと思いますが、瀬戸内海は日本で一番大きな閉鎖性海域です。海洋表面のクロロフィルを衛星から見ると、太平洋の黒潮沖の方では植物プランクトンは全然いないのに、沿岸域では少し多くなって、瀬

戸内海では非常に高いことが分かります。白いところは雲ですので無視してください。そういう意味で瀬戸内海は汚染などの影響を非常に受けやすい海域です。



しかしながら 60 年代、特に日本の高度成長のころ、当時は公害問題が盛んなころですが、非常に悪い状態になりました。特にこのころは瀬死の海、英語ではダイニング・シーという言葉で紹介されるような状態になり、赤潮の被害が大発生しました。赤潮というのは植物プランクトンの中でごくわずかな、1 種類だけが非常に増えた、生物多様性が極端に低下した状態で、そういうことが起きたということです。

そこで、ご承知のように 1973 年に瀬戸内法ができて、他の海域に比べてもかなり早い時期からいろいろな対策が講じられました。そのために、70 年代前半には 300 件ぐらいあった赤潮発生件数が、その後の栄養塩あるいは有機物の負荷の削減等によって、現在は約 100 件程度と、3 分の 1 ぐらいに減っています。

これに見合う COD の発生負荷量を、やはり昭和 43 年をピークにして減らすことができました。N（窒素）や P（リン）についてもほぼ同じような形で推移しておりまして、瀬戸内海はいわば総量削減施策の成功例と国際的には見られていたわけです。特に第 6 次総量規制からは、瀬戸内海の中で大阪湾を除く海域については、さらに特段減らさなくていいといいますか、現状維持の施策に変わってきたわけです。

一方、瀬戸内海では埋め立てがかなり抑制されて、毎年の埋め立て面積は大幅に減りました。しかしながら完全に埋め立てがなくなったわけではなく年々増加して、近年では延べ 3 万 ha ぐらいが既に埋め立てられています。

それによって実際にどういうことが起きたかといいますと、大阪湾の北部ではほとんど自然の浅場あるいは海浜といったものがなくなり、ほとんどがコンクリートで固められた垂直護岸的な護岸になっています。一方、これは市民、普通の人々にとってみますと、かつて自由に出入りできた浜辺がなくなった、オープンアクセスができなくなったということでもあるわけです。

それでは大阪湾は特別かといいますと、瀬戸内海に面している 11 府県の海岸線の状態を見ると、かなり人工海岸が多くなっています。今後、先ほどの磯部先生のお話にありましたように、どのような形でメンテ

あるいは改善していくかということ、それから自然海岸のところで起きるいろいろなことに対してどう対処していくかということも課題だと思います。

こうした埋め立て、海岸線形状の変化のために、瀬戸内海の藻場と干潟の面積は大幅に少なくなりました。これは藻場・干潟の空間がなくなったというだけでなく、藻場・干潟が持っているさまざまな生態系あるいは物質循環上の機能が失われたということでもあります。

今話題の生物多様性にかかわる長期的かつ系統的なデータはありませんけれども、瀬戸内海の呉市の近くの6地点で、50年間にわたって同じ地点に出現する海岸生物をモニタリングした非常に貴重な例があります。その全体のパターンを見ると、60年代ぐらいから生物種類が極端に減っていることが分かります。最近、少し回復傾向も見られますけれども、全体のレベルは60年代当初の高い値に比べると、比べることができないぐらい低いままです。現状はそういうことであるということをも十分認識する必要があります。

次に水産、瀬戸内海の漁場の漁獲量ほどのような形かということ、瀬戸内海の全漁獲量は、トータル的には富栄養化の進行に伴い、イワシやカタクチイワシの漁獲が増えましたので、1980年代中ごろまで総量は増えていますが、その後はずっと漸減傾向に

あります。現状ではカキやノリの養殖生産、あるいは魚類もありますけれども、そういったものが過半を占めるとというのが瀬戸内海の現状です。それから、干潟や砂場にいるような貝類などが著しく減っていて、現在は非常に生産額が少ない、獲れないということ。

そういうことで、瀬戸内海を中心に「里海」といういわゆる海を利用しながら保全する、あるいは保全しながら利用するという、単なる規制主義あるいは完全の保護、人が入らないということではなく、人と海との付き合いの中で物質循環、生態系、触れ合いを重視しながら、海の再生、機能を取り戻していく。そのような動きが現在出てきているわけです。

例えば、山口県の榎野川干潟では、自然再生推進法等も利用して、森から川、海までを一体化した形でかなり干潟の再生等を行っています。ほかにも、例えば森林組合と漁協が協力する、あるいは川の中流域に一般の人を招いて整備するなど、先ほど磯部先生のお話にもありましたけれども、小さいスケールですけれども二級河川の流域で山から海までの一貫した、ある種の地元中心の管理が実現しています。

このように、今、日本ではさまざまな「里海」の取り組みが行われ、あるいは環境省が里海創生支援事業というようなもので予算化措置も講じているわけですが、

そういった考え方がかなり国際的にも発信されるようになりました。例えば、エメックス (EMECs) という閉鎖性海域の国際会議で里海セッションが行われたり、あるいは去年はフィリピンで東アジア海域環境管理パートナーシップ (PEMSEA) という東南アジアと日中韓が入った沿岸環境の枠組みの会議がありました。その中でも里海ワークショップが行われました。たまたま私が座長を命ぜられましたけれども、あとは九州大学の柳先生や国連大学のあん・まくどなるどさんが中心になってアジアの事例等を紹介していただき、日本の考え方と突き合わせるという議論がされています。

そういうことで、瀬戸内海の沿岸域管理、非常に大ざっぱに将来に向けてというテーマで議論の題材にしていただきたいと思いますが、これまでどちらかというと瀬戸内海は水質管理中心だったわけですが、これからはかなり生態系管理へ移行していく必要があります。国際会議などにいきますと Ecosystem-Based Management というものが非常にキーワードになっていますが、そういった方向への転換が重要です。それから、現在は所轄別・空間別管理と言っていると思いますが簡単に言いますと、例えば森林は林野庁とか、河川は国交省とか、海はいろいろありますけれども、そういったかなり空間別な管理システムになっています。これを今回のテーマでもある統合的な沿岸

域管理へ持っていく必要があります。これについては、日本でもご承知のように 2007 年に海洋基本法ができて、2008 年にそれに基づく基本計画が策定されて、かなり沿岸域の総合的管理が制度の上でも大きなテーマになりつつあるわけです。

こういったことの中で、生態系の保全・再生ということと、本日のテーマである防災あるいは気候変動への対応をうまく組み合わせる必要があるのではないかと思います。先ほど磯部先生の方から海岸線のこれからのさまざまな改善とか、嵩を上げるとか、あるいは沖側に砂浜を造ると波が抑えられるというお話がありましたが、そういうこととこの生態系保全・管理ということとを結び付けていく必要があるのではないかと考えます。

そういうことで言いますと、やはり国・地方を含めて、縦割り行政から脱却して、先ほど水の循環、栄養塩の循環、土砂の循環を一体的に把握して、管理というか、ある種の行動が取れるような形にする必要があります。

既に「里海」などに関しては、かなりさまざまな省庁系の、例えば環境省のみならず農林水産省でも環境・生態系保全活動支援事業や、純然たる民間の取り組みも盛んに行われておりますので、そういったいろいろな種類の活動をリンクしていく、ネットワークをつくるということも必要だと思

います。

そういう中で、日本で特に瀬戸内海中心に議論されてきた里海づくりというのは、それですべてが解決するわけではありませんけれども、里山から里海まで続けるという意味で一つのアプローチにはなり得るのではないかと考えています。ご清聴ありがとうございました。

(渡辺) 松田先生、どうもありがとうございました。過去の瀬戸内海における生態系の変遷から、今後の将来に向けての管理のあり方、特に生態系中心の瀬戸内海の管理のあり方、ひいては政策、国のあり方の部分にまで踏み込んで、いろいろなご提言をいただきました。この松田先生の事例発表は、後ほどのディスカッションの一つの題材として使わせていただくということで、次の事例発表に移りたいと思います。

続きまして、岡先生の方から河川・海岸の堤防についてのお話をいただきたいと思っています。よろしく願いいたします。

2. 気候変動時期における沿岸域土構造物の管理—河川・海岸堤防

(岡) ありがとうございます。私の内容は、事例発表ということで、河川と海岸の堤防の事例を考えてみたいと思います。特に気候変動に伴うと言われてはいますが、豪雨、洪水災害が起こっていますから

それについて見ていながら、技術的にもまだまだ開発することがたくさんあると思っていますので、それにはどんなことがあるのかということを見ていただければと思います。



河川と海岸で、私は所属が地盤工学関係で土ということなのですが、なかなか手が回っておりません。河川も実はそう古くありません。集中的にやり始めたのは最近です。古くからあるのですが、多くの研究者は最近やり始めたというところから、海岸の方は本当にまだ手をつけていないというのが実情です。河口付近の河川からということになりますが、非常によく似ていることもたくさんありますので、こういうことがいえるのではないかとこのことをまとめてみました。

河川はなぜ最近ようになってきたかといえ、河川流域の堤防が経年劣化してきていることにあります。これは自然堤、自然の材料で造っているものですから、なかなか中の構造がよく分からないということです。

地下水のくみ上げ規制で地下水が都市部では上がってきたこととか、今問題になっている気候変動による集中豪雨や洪水災害や地震ももちろんあります。また、ダムや全体の流域の水の管理の仕方が、防災も含めて変わってきているというようなことが、現状であるかと思えます。

海岸の方も、今、磯部先生がおっしゃっていただいたので付け加えることはほとんどありませんが、少し荷重のかかり方が違うところがあるかなということと、それから河川の方でも洪水はあるのですが、内水災害が最近多くなってきていて、海岸の方でも多分、波浪はあると思うのですが、河口付近になると内水災害もあると思われま

す。

河川の方は、大体、直轄河川が1万kmぐらいあるのですが、18年ぐらいから点検されていて、3割強に問題があるといわれています。現在もまだ点検が続いているところですが、計画高水位に満たないところもまだあります。不同沈下や陥没、クラックなども劣化の中に含まれています。

海岸堤防についてはもう言うことはなくて、3万kmぐらいあるということなのですが、われわれが理解しているところでは造られたのが50年ぐらい前ということで、先ほど50年という劣化の耐用年数がありましたが、今、だんだんその辺に来ているということがあります。

2004年の福井豪雨のときには、計画高水位を上回って簡単に越流して破堤しました。また、同じ年の台風23号では、よくご存じだと思いますが円山川が破堤しています。このように、豪雨による洪水災害が起こるようになりました。これはあまり注目されていないかと思うのですが、台風23号では50mぐらいの風が吹いたのではないかとされているのですが、風倒木が非常に多くて、川に架かった小さな橋に流木がたまって被害を大きくしました。これは最終的にはどこかで取るか、川へ流れていって海に出ていきます。土砂もそうなのですが、そういう海に出るごみが年間2万トンを超えているといわれていて、こういうものも非常に大きな問題かもしれません。

昨年には佐用町で非常に大きな、100年に1回の確率というものを想定していたところ、それ以上のものが起こりました。よく言われるのですが、30年間何も起こっていないから大丈夫だろうという暫定的な対策を打ちますが、本当にそういうことかというかが考えられます。降雨のデータで、50mm以上の時間雨量は95%の信頼区間に入るということで、気象庁でもよく見れば、24時間雨量100mm以上はそうだけれども、それ以外は統計的に有意ではないということを書いています。ですから、私たちが適応策を考えるときには、やはり近々のデータを重視すべきだと思います。

ここで、洪水のメカニズムを少しだけ紹介させていただきます。

佐用町の久崎では、護岸が越流して裏が洗掘されて、住宅に大きな被害を与えました。久崎から水が来て内水になり、今度は逆に護岸を内側から乗り越えたということがありました。そうすると割合簡単に護岸が壊れます。そういうことで、今後は護岸を造るときには内水面を考えなければいけないのかなというのがこの災害の教訓です。

それから、ビーバーダムと呼んでいますが、先ほどと同じで橋のところでつかまってそこで壊れてしまう。それからそれが内水側に回ってしまうということもあります。

そのような事例を見ると、昨年度は谷底平野で蛇行している河川、従って洪水が起ると内水に来て、その水がまた護岸にも打ち寄せてくるということがありました。それから、これは16年にもあったのですが、降雨の量が非常に多かったために、避難される方は前の物理的なイメージが非常に強くて、まだこのぐらいでは大丈夫だろうという思いが非常に強かった。そんなこともありますので、今後、そういう物理的なイメージも抱いて避難に向かわなければいけないのではないかと考えています。

あとは高波・高潮は海岸で当然起こるのですが、このときに、護岸の中は土ですので、地盤と構造物の関係をもう少し見なければいけません。写真は黒部市の高波によ

る被害の例です。

波浪としては、北海道などへ行くと10mぐらいの波高のものが結構あるのですが、奔幌戸の例では、これはハードの設計がよくなかったので、液状化して10年ぐらいかかって防波堤が1.5~2mぐらい下がってしまいました。

吸出し・陥没の例は大阪の河口付近です。干満の差があって、25cmぐらいの空洞が簡単にできてしまうという状況があります。

次は沖縄の例で、ちょっとした港湾なのですけれども、やはり空洞が発生して、よくよく調べて解析するとそういうところが弱い。不十分な設計だったのではないかということが分かりました。

あと、塩水化などもよくいわれていますが、海面変動で水位が高くなる。それから、新潟では2004年に台風が来た後に地震が来て、液状化はあまりしないだろうと思われた非常に高い堤防の上で紛砕が起こって液状化するというのもありましたので、気を付けなければいけません。

あと、先ほどありました流木、漂着ごみです。漂着物が2万トン以上あると申し上げましたが、今年9月の台風でも、7000立方メートルぐらいのものが静岡で出て、こういうものが沿岸に対してかなり大きな影響を与えているのではないかと思います。

これら浸透、越流、洗掘、地震ということに対して調査し、技術的な対応をしてき

ていますが、今でもそれは完全ではなくて、調査にしてもレーダー探査や、それから解析の方でも若い方も含めていろいろな新しいタイプの技術開発を行っていますので、そういうものを行いながら、どのように対処すればよいのかを、合理的にやっていけばいいのかなと思っただけで、構造物、水、土というマルチフィジックス的な取り扱いが必要かと思っています。

そんなことで、今、申し上げた事例、もうこれ以上ないのですが、技術的対策としては、地盤の人間から言えば、護岸についてもコンクリート部だけではなく土の方もよく見てやらないといけないのではないかと思います。技術開発では、先ほども申し上げましたが、探査や解析法の高度化をする、室内試験をやっていく、現地試験をするというようなことで、より合理的に被害想定なり適応を進めていけばよいのではないかと思います。以上です。

(渡辺) 岡先生、どうもありがとうございました。日本の河川・海岸における堤防の技術は大変長い歴史と実績を持つ分野ですので、今日の発表を聞かせていただいただけでもかなりそれなりの対応ができる状況にあります。しかし、既に建設されてからある程度の年限がたっているものですので、今後のさらなる更新や、それから新たな事象に対する研究開発の必要性について、

今日をご教示いただきました。後ほどまたパネルディスカッションの方で活発な議論をいただきたいと思います。

では、最後の事例にいきまして、いであ株式会社の田畑会長から、民間企業における取り組みについてご紹介いただきます。よろしく申し上げます。

3. 気候変動と沿岸域管理に関する民間企業としての取り組み事例-沖縄でのサンゴ礁再生-

(田畑) ありがとうございます。私からは、気候変動と沿岸域管理についての民間企業での取り組みの一例を紹介したいと思います。



まず、後の話にもつながりますので、私どもの会社はどんな事業をやっている会社かということを少しご紹介します。(図2) いであの創業は、1953年にテレビで天気予報を始めたころにさかのぼります。従ってお天気や雨や波の予測技術を育ててまいりました。この技術は、熱中症のような健康

気象予報に活かされており、また、最近のゲリラ豪雨のような雨の予測や解析にも活かされています。1968年からは、時代の要請を受けて物理的、化学的、生物学的な環境現象をとらえるための環境モニタリング技術や解析技術を開発してまいりました。また、1992年には静岡県大井川町に環境に関する化学現象・生物現象を中心に総合的に研究する環境創造研究所を開設し、環境現象を解明する研究にも取り組んでまいりました。

(図3)

さて、今日の温暖化現象は、先ほど来お話のありましたIPCCの第4次報告書のとおり、その原因は人為的起源の温室効果ガスを考慮しないと説明が不可能とされています。生態系においては平均気温が1℃上昇すると最大30%の種で絶滅リスクの増加が起り、またほとんどのサンゴが白化すると予測されています。

環境省・農林水産省から出ている資料では、この数年の温暖化が原因だろうといわれている現象が挙げられており、気温が上がるとさまざまな影響が現れると思われま

(図4)

自然生態系への影響については、陸域、淡水域、海洋、沿岸と区分した中から、後ほど特に沿岸で影響が出ているサンゴ礁を中心に、藻場やその他の取り組みを具体的

にご紹介させていただきます。(図5)食糧分野について想定される影響の例としては、本来おおむね年間を通じて藻場が形成されていた海岸に、南方系のホンダワラ類の海藻が増加することによって、春以外は藻場がなくなってしまう、あるいは南方系の海藻を好むアイゴやブダイといった魚類の生息域が北上することによって藻場が衰退するといった現象が、主に西日本で報告されています。

(図6)

健康分野における影響と対応策についても、人も生物であるということ、生物が媒介する健康への影響ということでここに取り上げました。この中の生気象学を応用した健康気象予報に関しても、本題とは少し関係ございませんが取り組んでおります。

(図7)

それでは本題に入りたいと思います。私もはこれまで、絶滅が危惧されているような生物の幾つかの再生に取り組んでまいりました。本日は、気候変動と沿岸域管理というテーマから、沖縄での海水温の上昇から白化現象により死滅したサンゴ礁の再生技術について紹介したいと思います。

まず、世界の年平均海水温平年差の経年変化を見ると、長い期間の間に海水温が上昇していることがお分かりだと思います。また、特に水温が高かった1998年夏には、世界的に白化現象が発生しました。(図8)

サンゴの白化は、海水温の上昇と深い関係があります。白化とは、30℃以上の高水温が長期間続くと、サンゴに共生している褐虫藻がサンゴの体内から排出されてしまい、サンゴは栄養を採れなくなり死滅し、その結果、サンゴの石灰質の骨格だけが残って白く見える現象です。

(図 9)

日本においても沖縄県石垣島と西表島に囲まれた石西礁湖で、1998 年と 2007 年に白化現象が発生しました。石西礁湖の健康なサンゴ礁ではさまざまな種類の枝状ミドリシサンゴが生育していますが、白化するとサンゴは瓦礫（がれき）と化し、海藻により覆われてしまいます。(図 10) 石西礁湖のある地点でのデータでは、1998 年の調査までは、数年間、枝状ミドリシ類で 50%程度覆われていた海域が、1999 年にはサンゴの被度が急激に減り、種類も変わってしまっています。

(図 11)

サンゴの再生産の仕組みを簡単にご説明します。春の満月ごろの深夜に一斉産卵し、バンドルという卵と精子が一緒に入っているカプセルが放出されます。サイズは約 1～2 ミリです。バンドルが集まったものをスリックといい、赤潮のようにも見えますが違います。海面を漂っているうちにバンドルが割れ、別のバンドルの精子と卵の間で受精が行われます。受精した卵は発生を

進めながらプラヌラ幼生になります。幼生の大きさは約 0.2mm です。幼生は 7～10 日で海底に向かって移動し、気に入る場所を見つけて着底し、ポリプという姿になります。このサイズは 0.8mm ぐらいです。このポリプが細胞分裂を繰り返して成長し、3～5 年で産卵が可能になる、サンゴの再生産はこのようなサイクルで回っています。

(図 12)

次に説明する私どもが開発した技術は、この生活史をうまく利用したものです。私どもは産学共同研究で、サンゴ生態系を考慮して、着床具によるサンゴ種苗移植生産に取りかかりました。開発前には既存のサンゴの一部を切り取って移植する断片移植が行われておりましたが、この方法は既存のサンゴを傷つけることにもなります。そこでこの技術の開発に取り組んだわけです。

当技術の特徴は、サンゴの幼生を利用する有性生殖による方法であることです。多様性に富んだ種類を大量に生産することが可能で、移植が簡単、幼生の着床・成長が容易であるなどの特徴を持っています。

手順としては、サンゴの産卵時期に合わせて着床具を海底に設置し、産卵後、浮遊期を経て着底しようとするサンゴの幼生を、開発した着床具でトラップし、そのまま海底で 1 年半ほど育成します。その後、着床具を分割して対象海域に移植します。この方法は、いわゆる有性生殖によるものであ

り世界初の試みです。

(図 13)

サンゴの着床具とその活用の様子を詳しく見ていただきたいと思います。左上の写真はサンゴの幼生着床具です。着床具を重ねて並べ、海底に設置している様子です。右下は、既にポリプが着床している着床具です。そのまま海底で育成している様子です。最後は、海底で育成した着床具を一つずつばらし、選別した後、移植した様子です。着床後1年半で全部この程度に育てています。

(図 14)

当社では、石西礁湖で2004年から着床具を設置して採苗を開始し、その後、育成した種苗を2006年に移植しました。移植したハナガサミドリイシという種類のサンゴは、移植から4年後の今年5月には、移植後に成長したサンゴが産卵を行い、再生産を確認しました。

(図 15)

私どもは、この技術を世界中で役立てたいと考えています。世界のサンゴ礁は既に約20%が消滅し、10~20年後にはさらに15%が消滅する危機にあるといわれています。サンゴ着床具のような技術を開発し、温暖化による海水温上昇が起これ、サンゴの白化によるサンゴ礁の消滅に対し、再生のスピードを速めることが可能になると思っています。

現在、この技術をもって、インドネシアで共同研究を行っているほか、カリブ海のベリーズ国からも協力依頼があり、当社の環境創造研究所でベリーズ国の技術者が研修するなどの協力をしています。また、今後は高温耐性を有する褐虫藻の特定とその分離、培養や、それらの増殖技術も必要になると考えており、その方面に現在は取り組んでいるところです。

(図 16)

以上、温暖化への適応策として、技術開発と石西礁湖でのサンゴ礁再生の取り組みのご紹介を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

4. ディスカッション

(渡辺) 田畑さん、どうもありがとうございました。民間におけるサンゴ礁の再生技術の現状と展望についてご紹介いただきました。

本パネルディスカッションは16時30分までを予定しておりますので、フロアの方にはまず2~3の質問を投げて議論していただくと同時に、フロアの方からも幾つかのご質問を受け付けるような形でディスカッションを進めていきたいと思っております。

まず、今日は磯部先生の基調講演を含めて4つの事例研究をご紹介いただきました。かなり分かっている部分もあれば、今後研究開発をしていかなければならない不透明

なところも多々あるという印象を受けたわけですが、全体を通して、例えば日本の将来の気候変動の精度が一体どれぐらいあつてなされているのかということが、まず一つの大きな疑問として挙がってきます。

また、将来の気候変動の予測がある程度なされると考えたときに、例えば堤防や生態系といったものへのもう少し精度の高い予測が、現状ではどれぐらいなされているのだろうかということを、ちょっと私はお聞きしてみたいと思っています。できれば磯部先生の方からもう少し精度の高い予測の現状をご紹介いただけないでしょうか。

(磯部) 今はGCMという地球温暖化のシミュレーションで、私の大学も含めてかなり細かいグリッドで計算をするようになりました。海面上昇についても、日本近海だとどうなるかという計算もしているわけですが、その精度がどうかといわれると私もあまりこれだけだという言い方はできませんが、日本近海は平均に比べるとやや大きめに出てきています。

ただ、私は適応するという側面からすると、予想よりも大きなことが起こっても何とか対応できるように、しかし、予想されたようなことが起きなかったとしても悪いことは起きないようにということが適応の原則ではないかと考えていまして、適応の方の精度については、先ほどお話ししたよ

うに、構造物は設計マニュアルがあつて、それに従ってやりますから、海面上昇がどうなるか、台風がどんな規模になるかということさえ与えられれば、精度はもう十分、工学的には使える精度で予測ができています。

ただ、精度の高い予測ができるというのは、どんな影響が起こるかというところまでの予測で、それに対してどう適応するかというのは、講演でもお話ししましたように、幾つかの選択肢があるわけです。その中でどれを取るかということは、精度という言葉とは少し違うと思いますけれども、まだ議論をしていかなければいけません。ローカルにはいいかもしれないけれども広い目で見るとあまりよくない適応策もたくさんあると思いますし、また逆もあるかもしれないので、そこは議論をする余地があるという意味で精度はまだ高くないと言ってもいいのではないかと思います。

(渡辺) ありがとうございます。

これは磯部先生と岡先生に改めての質問になるかと思うのですが、将来予測がある程度できつつあるというお話を伺ったわけですが、構造物の建設は1年や2年でできるわけではなくて、ある種のタイムスパンが必要です。長いタイムスパンを持って逐次造っていく必要があるだろうと思うのですが、予測されている将来の現象のタ

イムスケールと、一方では現実に、例えば現在われわれが直面している財政難の問題があるわけです。どれぐらいそういった適応策に対する財政支出を年度ごとにやっていくのかということで、いわゆる先行投資的な投資と予測されている温暖化への影響、それに対する適応策の総合的なプランニングが必要になってくるのではないかと考えておまして、海岸については磯部先生に、河川の堤防については岡先生の方から何かご所見がございましたら、是非お教えいただければと思います。

(岡) 幾つかの論点があると思います。私が申し上げた精度は対応するための精度なのですが、それについては、今効果のお話がありましたけれども、もう少し精度を上げれば、かかる費用の積算ももう少し高精度にできるのではないかと考えています。

それから、もう既にある程度分かっているけれども予算がない場合にはどうするかということですが、それについては最近ではモニタリングなどといわれていますけれども、やはり定期的に見て行って維持していくという考えでそのものをどうしていくか。一気にすべて替えるわけにはいかないのですけれども、そういう意味でモニタリングをやりながら、投資できるときに投資していくということと、先ほど申し上げた投資の精度、どのぐらいやるべきかということを組み

合わせて考えていく必要があると思います。モニタリングをすると、ここもあそこも全部駄目と、河川でも真っ赤になってしまっただけ真っ赤になると、もうお金がないから駄目だとなるのですが、本当にその中でどこが一番危ないのかということとを、われわれサイドではもう少し考えていかなければいけないと思っています。

(磯部) 海岸については、例えばオランダでは1992年に、砂浜が多く、ポルダーがあって0m地帯がたくさんあるので、海岸線をどう押さえるかはものすごく大変な、大きな問題だということでスタディをして、政策的な意思決定をしています。海岸線は主に砂丘で守られているわけですが、その砂丘に対して構造物を造っていわゆるコンクリートで守るのか、それとも、オランダがラッキーなのは沖に砂があることで、沖の深いところにある砂を持ってきて養浜をして保全をしていくのか、それとも何もしないであきらめるのか。3つ考えたところ、結局、沖から砂を持ってきて養浜しながら維持をしていくのがいいだろうという政策決定をしていて、そういう方向で進んでいます。

それに対して日本はというと、私もご紹介できるようないろいろな影響評価はやっているし、こういうことをやらなくてはいけないということも提案されているわけで

すが、実際には何もしていないというのが現状だと思います。それは地球温暖化や海面上昇というのは問題が大きすぎて、非常に小さい範囲では、例えば1人の研究者が提案しても、あるいは行政のあるセクションが意思決定をしても、やはりなかなか進められないというところがあるのではないかと思います。

その点では、ある程度国全体としてどういう方向でいくか、大ざっぱなところまではコンセンサスが得られていかないと、実際に投資をしていくとか、追加的投資をしていくとかという話にはなりにくいのではないかと思います。難しいのは、ご紹介したように防護もあるし、順応もあるし、撤退もあるしというところで、それを最後まで決めるのは現実にはちょっと無理だけれども、大きな方向性だけでも決めていく。その中で、例えば三大湾は守りますと決めたらそういう方向でやっていくということをしなくてはいけないだろう。

それをやっていくときの事業費とかそういう問題については、かなり技術的にも工夫できるところもあるし、それから順番を長期的な計画で考えていけば、相当節約しながらやっていけるところもあるので、それはその次の問題としてかなりやっていけるのではないかと。問題は出るのですけれども次のステップに進めると考えています。

(渡辺) どうもありがとうございます。

続きまして、お二方に広い意味での生態系にかかわるお話をいただいたわけですが、過去、日本が瀬戸内海およびサンゴ礁において取り組んできた、いろいろな蓄積された技術なり知見を基にして、例えば将来的な、今、磯部先生からご紹介がありましたような将来の気候変動がある程度分かってきた場合に、それぞれの生態系がどうなっているのかをどの程度まで知り得るものだろうかということをお二人の先生に簡単にご紹介いただけるといいかと思うのですが、いかがでしょうか。

(松田) 生態系が気候変動、特に海水温の変動などでどう変わるかというのは、精度の高い意味での予測はほとんどなされていないとか、実態自身がなかなか分かっていない場合が多いので、かなりこれからの課題かと思っています。

それから、まずは一つ、長期的なモニタリング体制がとられていないために、今日はこれまでのお話がある程度したのですが、実際の詳しいところは分かっていないところが非常に多いわけです。ですから、過去どういうふうになってきて、これからどうするかというときには、やはりそういう生物や生態系に対するモニタリング体制をつくるような、基本の「き」のようなどころから考えていく必要があるのだ

はないかと思えます。

それから、今日は田畑さんから、例えば南方系の海藻が日本の方にも増えてきているといった話がありましたが、現実的にはそのようなさまざまな現象が既に観測されています。ご承知のように瀬戸内海も平均海水温が徐々に上がっていて、特に広島湾だと冬季の平均海水温がどんどん上がっていて、かなり亜熱帯的な魚や生物が入ってきているということが事実としてあるわけです。

ただ、気候変動の影響についてどう対応するかということは非常に将来的に重要な問題なのですが、今日紹介しましたように、既に現実に日本で今起きている生態系の劣化というか、失われているということの主な原因は、気候変動よりも圧倒的に、戦後、特にこの50年ぐらいの汚染や沿岸の開発といった、特に人間の陸上活動の影響の方がずっと大きいわけです。

今年たまたま COP10 がありまして、さまざまな日本レベル、国際レベルでの生物多様性の現状の取りまとめが出ていますが、そういうものを見ると、いずれも沿岸域に関しては相当悲観的な結論といたしますか、現状は危機の状態にあって、このままではもっと悪くなって大変なことになるという予測がなされているので、ちょっと今日のテーマから外れるのですが、まずは失われた生態系や生物多様性を取り戻す基

本的な策がどちらかという時間的には先で、もう少し中長期的な気候変動に対する対応策をそのどこにリンクさせていくか。今日、磯部先生からいろいろご提案がありました。そういったご提案の中に生態系や生物多様性のことをどのように組み合わせることができるのかというような考え方が、必要なのではないかと思います。

(渡辺) ありがとうございます。

先生のご発表の中で、山と海との交流といますか、陸域と海とのインタラクションが非常に重要であるというご指摘があったわけですが、一方で、護岸という観点からいくと、当然、温暖化対策に対しては護岸を強化していくという一般的な方向性が出ています。そうすると、埋め立てとか、河川や海岸線の護岸のさらなる強化は、恐らく将来的に海洋環境に対する影響という形で出てくるのではないかと考えられるわけで、気温が変化する、温度が上昇するというだけで生態系がどうなるかという問題提起だけでは足りなくて、磯部先生のご発表によりますと、日本の多くの資産が総量規制が対象としている3湾に集中していて、温暖化から資産を保全していくということになると、当然、そこに新たな構造物の建設がかかわってくるだろう、そういう陸域における活動が新たな方向で始まっていくことに対して、沿岸域

がそれなりに影響を受けるのではないかと
いう危惧が、むしろ私の頭の中にはあるわ
けです。それからもう一つ、降雨が増える
と陸域からの負荷のパターンが変わって
くるのではないかとということも予想され
ますので、やはり海には依然として陸域
におけるさまざまな温暖化に伴う変化が
直接・間接的に効いてくるのではないかと
いうのが私の認識で、ご質問させていただ
いたのですがいかがでしょうか。

(松田) 私も問題の考え方はそのとお
りだと思います。海はこれからいろい
ろな適応策の影響を受けるわけで、それ
と今私が紹介したような生態系の劣化等
の問題をどのように考え合わせていくか
が、今日のディスカッションのポイント
の一つなのではないかと思えます。

実際には、例えば防御にしる、適応に
しる、ある種の土木工事や公共工事的な
ものが行われるわけですが、その際に、
先ほど渡辺先生からお話がありましたよ
うに、生物生態系に配慮した技術開発が
だんだんされてきているわけです。垂直
護岸でも、コンクリののっぺらぼうに
してしまうと生物がすみにくいけれど
も、その中に小さなアパートというか
窓というか、いろいろな凹凸をつけると
生物もすみつきやすい。川でも魚が
すめる護岸などもありますけれども、
そういったようなことも含めて考えら

れるようになってきています。

それから、今日の磯部先生のお話の中
で、沖合に少し砂のスロープをつけると
波を抑えられるという話の際に、人為
的だけでもそこに生物がすみやすい一
種の生息環境をつくるというような、
そういうあたりを組み合わせる技術が
必要です。多分、これから予算もなか
なか厳しいので、その合わせ技とい
うか、一つの事業の中に多目的な目
的や機能を発揮させないと、なか
なかやっつけられないのではないかと
いう気がするのです。そういう可能性
を追求するには、やはりなかなか縦
割りシステムでは難しいかなという
感じです。

(渡辺) ありがとうございます。

田畑さん、民間企業の立場から、
そのあたりについて広い意味でい
かがでしょうか。

(田畑) まず、なぜ私どものよ
うな企業がこういうことをしている
のかということなのですが、私たち
は、安全で安心して暮らせる社会
であるとか、自然の恵沢というもの
を次の世代に引き継いでいく社会
的責任が企業にもあるのではない
かという立場から、取り組んでお
ります。そして、そのターゲットを
どこに定めているかということ
と、たくさんやらなければいけない
ことがあるのですが、そんなにた
くさんのことに手を付けられない
ものですから、

レッドリストの中で絶滅危惧種2類ぐらいをターゲットにして自然再生をしていこうということで、平成4年から取り組んできているわけです。

私たちは、自然の中で生態系が循環していくためにはどういう手法があるのかという切り口で、自然再生に取り組んでいます。ですから、先ほど藻場の話がありましたが、藻場が枯れて磯焼けをするというので、今は藻場の再生マットの製造に取り組んでいて、かなり実用化できるところまでできています。

5. 質疑応答

(渡辺) ありがとうございます。

まだまだディスカッションしていくべきことが多いのですが、時間の関係もございますので、ここでフロアの方から、ぜひこの際、先生方に聞いておきたいと思われる質問等がございましたらお願いします。



(Q1) 海面上昇のことなのですが、IPCCは今世紀中に最大で59cmとっていますが、

日経の「ECO JAPAN」というインターネットサイトを見ていますと、非常に衝撃的なことが書いてありまして、グリーンランドをずっと観測しておられる方が書いていらっしゃるのですが、昨今、グリーンランドの氷床の崩落のスピードが速まってきていて、この調子でいくと今世紀中に最大3m上昇する危険性があるというのです。もし本当に3mも海面が上昇すると、これは大変なことになります。

本当にそうなる可能性があるのだろうかと思ひまして、私は国立環境研究所の江守先生に伺ってみたのですけれども、江守先生がおっしゃるには、先生は3mの論文は読んだことはないのだけれども、1m、2mという論文は読んだことはある。今現在、果たしてIPCCの59cmが正しいのか、あるいは1mなのか、2mなのか、はたまた3mが正しいのか。分かる人は世界中に誰もいないということでした。そういうことになると、大変危ないことがひょっとすると起こるかもしれないという気がするのですけれども、そのあたりについて、先生方はどのようにお考えか、ちょっとお伺いしたいと思います。

(磯部) 特に1980年代の終わりぐらいに3m海面上昇が起こるのではないかとといった論文や記事とかが出ていまして、その後、IPCCを中心にして詳しく調べてみたところ

によると、最もあり得る話としては18～59cmというのが今の理解になっています。その間に収まるという保障は全くないわけですが、3mもの海面上昇は恐らく起こらないのではないかとというのが、研究者のほぼ一致するところだと思います。

「まあ大丈夫だろう」といういい加減な答え方はできないのですけれども、グリーンランドの氷が溶けるとか、あるいは特に大きいのは西南極の氷床が棚のようになっている、それが温められてずるずると落ちてきてということが起こると、本当に3mとかになるわけですが、それは今はほとんどの人が、今世紀中にはないだろうと言っています。議論するときには、それは今のところは考えなくてもいいのではないかと私は思っています。

(Q2) 里山イニシアチブは聞いたことがあるのですけれども、里海イニシアチブは聞いたことがなかったので、松田先生の里海イニシアチブというお話を興味深く聞かせていただきました。

お話の中で、川と海の関係の流域管理という言葉は聞いたことがあったのですけれども、さらに先生の場合、森も含めて森・川・海の一体的管理とおっしゃっていました。そういうふうに森から含めた一体的管理で先進的な取り組みをしているような事例があるかとか、それからそういう流域管

理ではなく一体的管理の視野というか射程、目的はどこまでなのか。流域管理と違ってどこまでの問題意識というか、視野の広さがあるのだろうかということをお聞かせ願えたらと思います。

(松田) どうもありがとうございます。かなり大きなテーマですが、お答えできる範囲で対応させていただきますと、実は今度のCOP10で政府がやっているのは里山イニシアチブで、国全体のイニシアチブには里海はまだ入っておりません。里海は議論が始まってまだ10年程の後発組で、まだ歴史が浅いのですが、ただ、基本的な考え方は似ています。

それから、森・川・海あるいは山・川・海の一体的というのは、一昔前にはかなり意識のある人が「そういうふうにはやったらいいよ」という一種の意見だったわけですが、特に2000年代になって、さまざまな制度や法律が変わりまして、例えば農林水産省も生物多様性国家戦略を練って、それが第3次の生物多様性国家戦略にほとんどそのまま入っているのですが、その中では森・川・海を一体化した管理とか、里山、里海、サンゴ礁保全ということがかなりテーマになっています。

それから、環境省の方でももう既に物質循環の健全化計画事業という具体的なプランをどうやってつくればよいかを検討する

ような事業が既に今年度から発足しておりまして、いわば国の考え方というか政策自身が、かなり踏み込んだものになってきています。

ただ、それに対して、物質循環健全化というものには、当然、山から川から海までかかわりますけれども、それをどういう具合にコントロールするか、管理するかというのは、また先ほどの所轄の官庁と違いますか、地方自治体でもそれぞれ部局が違いますので、そこをつなげていかなければいけないということの方が、かなり現実的な問題としては大きいように思います。

しかしながら、そういうことを超えて地域で頑張っているところはたくさんありまして、例えば青森県の大畑町では青森県に条例をつくらせたり、例えば小さい町でも生物多様性条例をつくっているところも出てきていて、徐々に進んできていると思いますし、今日少しお話しした山口県の二級河川の例などでも、県が一応窓口になっていますが、自治体、産・官・学・民が連携した形でいろいろな事業を行っている例は次第に多くなってきています。

(渡辺) ありがとうございます。

(Q3) 先ほど磯部先生の方から、日本はまだ政策的にどういう方向にいくのか決めていないというお話があったと思うのです

けれども、大まかな方向をこれから決めなければいけないというときに、どういう状態になったら何らかの適応策をやってみようかという、一般的にスレッシュホールド(threshold)といわれるものが本当に分かるような形になるのか。あるいは、分かるようにデータを蓄積しているのか。そういうことに関してもしご存じなら教えていただきたいのと、今は日本全体として、あるいは日本の生物といたらいいのでしょうか、この問題に対してどう取り組んでいるのか。その辺ももしご存じなら教えていただきたいなと思います。

(磯部) 政府全体での意思決定は行われていないと思いますけれども、省庁の局ぐらのレベルであれば、例えば港湾局であるとかそういうレベルであれば、温暖化に対してどのように対応しようかという議論がかなり進んでいて、一部、対応の仕方も少し出てきています。しかし、全体としてどうするかは出てきていないわけです。ストラテジック(戦略的)に、長期的にどうするかというのは私は見たことがないし、さらに先ほど申し上げたように、国全体としてどうしていくのか。防護であるか、順応であるか、撤退であるかという組み合わせの考え方ができていません。

できているのは、あるいはできるのは、海面上昇は時々刻々起こりつつありますの

で、堤防や護岸や構造物を設計するときに「適切な水位を用いて設計する」ということはマニュアルに記述されていて、その適切な水位というのは、例えば直近の5年間で設計するというにすれば、海面上昇は自動的にそこに入ってくるわけです。今でもそれに近いことはやられていますので、あるいはやろうとしていますので、部分的には入ってきているのです。しかし、全体の姿が見えないことが、私としてはじくじたる思いです。そのくらいのところは入ってきているけれども全体をもうちょっと見せなくてはいけないのではないかというのが私の考え方です。お答えになっているかどうか、十分に熟していないものですから、申し訳ありません。

(渡辺) ありがとうございます。



(Q4) 淡路島から来ました。私が住んでいる町でも、全国と同じように漁獲量が2分の1ぐらいになっていて、山のため池の水を海まで流すという取り組みもしていま

すし、木くずのバイオマスも燃やすとCO₂が出るということで罰則があるので、それを炭素にして畑に使っていくという取り組みを今からやるのですけれども、漁業の関係で言うと栄養塩が増えすぎたら駄目なのか。今は下水道の処理で水をきれいにしすぎたので魚が獲れないのではないかと。旧レベルにしたらどうだという問題も新聞にも載っているのですけれども、この魚の問題をちょっと教えていただけたらと思います。

(渡辺) 松田さんから簡単にお願ひできますでしょうか。

(松田) これもかなり大きな問題かと思いますが、分かる範囲で対応させていただきたいと思います。日本では特に富栄養化対策として、東京湾・伊勢湾・瀬戸内海全域にはいわゆる負荷の総量規制で、陸からの負荷を減らせばいいという方策でずっときたわけですが、先ほどちょっとお話ししたように、第6次の総量規制のときから、瀬戸内海の中でも大阪湾を除く部分については考えが変わりまして、極端に言うと削減神話の終焉といいますか、減らせばいいという話が一段落終わったわけです。依然として東京湾・伊勢湾・大阪湾ではまだ削減が必要という考え方です。

それでは、栄養塩の負荷をこのままにしておけばそれでいいのかというと、先ほど

お話もありましたけれども資源量や生態系、漁獲量が非常に低下しているということで、さまざまな問題が起きているわけで、ただ栄養塩を減らせばいい、要するに簡単に言えば非常に水質のきれいなだけの海をつくれればいいことではなくて、やはりさまざまな生物がすめて魚も獲れるという海がいいわけです。このごろでは生態系サービスなどという言葉がありますが、さまざまな海の恵みを持続的に人間が得られるような一種のあり方というか、管理をしなければいけないということがいわれています。

現実的にというか局所的にはさまざまな問題が起きていて、ご承知かと思いますが、これからノリのシーズンになるわけですが、現状ではノリの業者サイドから見ると、栄養が足りなくて色落ちが起きるといようなことに対して、例えば岡山県では高梁川、吉井川のダム湖の水をそのために緊急放流して栄養を供給するということ、もう既に3年ほどして、今年で4シーズン目になると思います。

そのような形で次第に陸上からの栄養塩の負荷をただ減らせばいいという話から、適切なレベルはどうかとか、主要目的に応じてどのような管理をすればいいかといった、いわば適切な管理という方へ話移っていると思います。

それからもう一つは、栄養塩レベルだけの話ではなくて、魚が産卵したり、子ども

を育てたりする、例えば藻場・干潟がなくなっているということが相当大きく効いているという評価になっていますので、そのあたりをこれからどう再生していくかというようなことを併せて政策や事業に入れていくことが、かなり重要なのではないかと思います。

6. まとめ

(渡辺) ありがとうございます。まだまだ質問等もあるかと思いますが、そろそろ時間がまいりましたので、フロアからの質問は残念ながらこのあたりで締めさせていただきます。

本日は大変活発なご議論をいただきました。日本における適応策はまだまだこれからさらに詰めていかなければならない問題であるということが明らかになったわけです。一方で、アジアにおいても特に温暖化の影響が日本以上に強く表れてくると指摘されていますし、かつ、アジアにおける多くの国々は日本のようにインフラが十分に整備されているわけではなく、今後整備をしていく、より豊かな国づくりを目指しての開発計画というものが進行しているわけです。

そういったときに、いわゆる従来型の開発計画の立案だけでは、ひょっとすると投資そのものが無駄になってしまうというおそれが実は出ているわけで、そういった国々

においては、従来型の開発計画に加えて、場合によっては従来型の開発計画を変更してでも、適応策を組み込んだ形での新たな開発計画を早急に策定して、より実りのある持続可能な開発計画に投資していく必要があるという非常に強いニーズが現在生まれているわけです。

そういったことに今後どのように対応していくかということで、われわれ UNEP でもアジア太平洋適応ネットワークというものをつくって、現在、さまざまな知見を収集しているところです。

日本におきましては、既にこういった分野での科学的知見、予測技術が大変先行して検討されていることから、本日はパネリストの磯部先生、松田先生、岡先生、田畑先生の4名、それから基調講演をいただきました竹本さんといった方々の非常に貴重な知見を基にして、今後さらに日本としても新たな適応に関する知識の集積を行って、アジアの国々に対してよりの確な開発計画に資するような知識の供給をしていく必要があると考えているところで、本日、APN、IGES、EMECS の三者でこういった非常にタイムリーな議論をいただいたということは、今後の日本のみならずアジアにとっても、大変有益な知見になるのではないかと期待しているところです。

先生方におかれましては、本日は大変活発なご議論をいただきまして、本当にあり

がございました。

気候変動問題と適応策に関する 国際的動向

平成22年10月8日
IGES-EMECS-APN公開シンポジウム

東京大学
サステナビリティ学連携研究機構 (IR3S)
竹本 明生

目次

- ✓ 1. 気候変動の影響
2. 気候変動の国際交渉
3. 国際的な適応対策

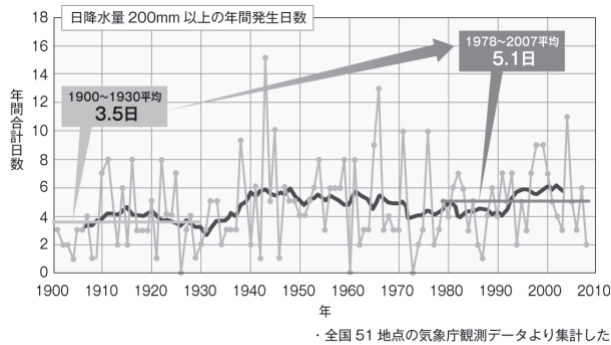
2010.05.26

異常気象の増加(大雨)

Change for the future.
Change by Japan.



日降水量200ミリ以上の大雨の発生日数



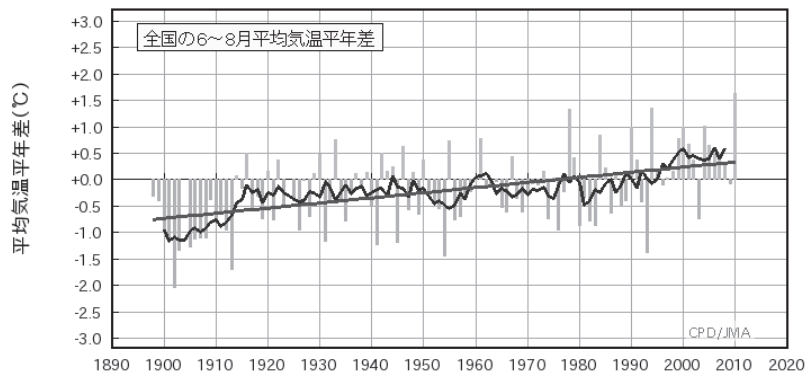
洪水被害の事例
(国土交通省中部地方整備局提供)

日本の夏平均気温

Change for the future.
Change by Japan.



- ・ 2010年夏(6~8月)の平均気温は統計開始以降最高 (平年差+1.64°C)
- ・ 長期的には100年あたり約0.97°Cの割合で上昇
- ・ 太平洋高気圧の発達、エルニーニョ現象等の影響に加え、地球温暖化も影響



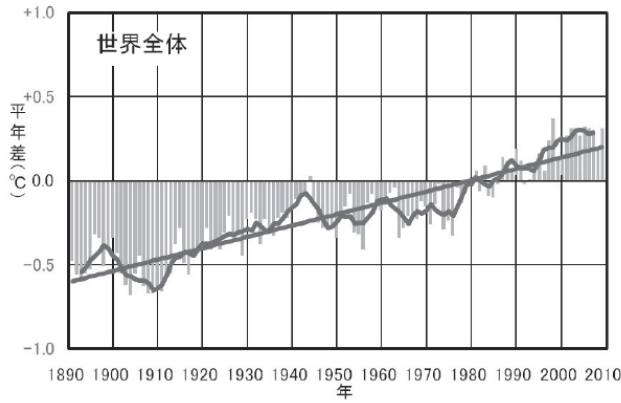
年 平成22年9月1日 気象庁報道発表資料より
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1009/01a/temp10jsun.html>

世界の平均気温

Change for the future.
Change by Japan.



- ・世界の年平均温度は、100年あたり、0.68度上昇
- ・年平均気温の上位10位のうち8つは、2000年以降に記録



世界の年平均気温の変化(1891-2009) (左)と高温歴代10位 (気象庁)

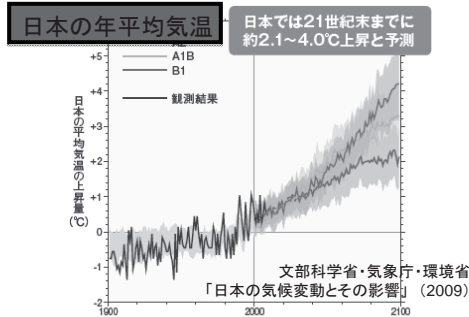
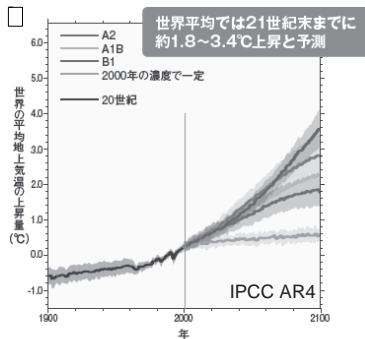
世界		
順位	年	年平均差(°C)
1	1998	0.37
2	2005	0.32
3	<u>2009</u>	<u>0.31</u>
	2006	0.31
	2003	0.31
	2002	0.31
7	2007	0.28
8	2004	0.27
	2001	0.27
10	1997	0.24

平均気温の予測

Change for the future.
Change by Japan.



- ・世界平均では、21世紀末までに、約1.8度～3.4度上昇と予測
- ・日本では、21世紀末までに、約2.1度～4.0度上昇と予測



文部科学省・気象庁・環境省
「日本の気候変動とその影響」(2009)

日本の気象変化の予測

Change for the future.
Change by Japan.

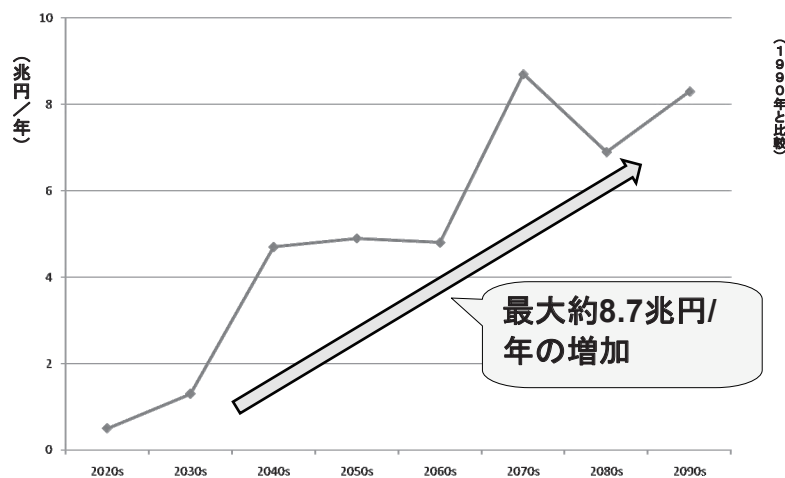


現象及び傾向	これまでの観測結果	予測結果
寒い日や夜の減少と昇温	冬日の日数は有意に減少 (1931~2008年) (温暖化による影響の可能性あり)	21世紀末の冬日の日数は20世紀末に比べて100年後の冬日の日数は、25~38日減少
暑い日や夜の頻度の増加と昇温	猛暑日及び熱帯夜は有意に増加 (1931~2008年) (温暖化による影響の可能性あり)	21世紀末の真夏日、猛暑日、熱帯夜の日数は20世紀末に比べて増加。特に関東地方、近畿地方以南での増加が大きい
大雨の頻度	日降水量100mm以上及び200mm以上の大雨の日数が、長期的に有意に増加 (温暖化による影響の可能性あり)	21世紀末の日降水量が100mm以上の大雨は、20世紀末に比べて九州南部を除く多くの地域で増加
台風	発生数、強さとも長期的な傾向はない	非常に強い(最大風速44m/s以上)台風が増加

文部科学省・気象庁・環境省「日本の気候変動とその影響」(2009)を基に環境省が作成

洪水氾濫のリスク

Change for the future.
Change by Japan.



(独) 国立環境研究所資料

被害額の推計

Change for the future.
Change by Japan.



○ 対策を行わない場合の被害(【基準年】1981-2000年からの増加分)

	単位	2030年代	2050年代	2070年代	2090年代
洪水氾濫	兆円/年	1.3	4.9	8.7	8.3

※降雨強度と強い雨の頻度が増し、洪水氾濫面積が2070年代には最大で約1,200km²増加。
(その他の2090年代の被害)

- ・土砂災害 0.94兆円/年 【基準年】1981-2000年
- ・森林(ブナ林適域減少) 0.23兆円/年 【基準年】1990年
- ・海面上昇(砂浜喪失) 0.04兆円/年 【基準年】1990年
- ・海面上昇(西日本高潮) 7.40兆円/年※ 【基準年】1990年
(※ 突発的な現象(台風)に関する項目であり、他の項目とは扱いが異なる。)
- ・健康(熱ストレス) 0.12兆円/年 【基準年】1990年

○ その他の影響

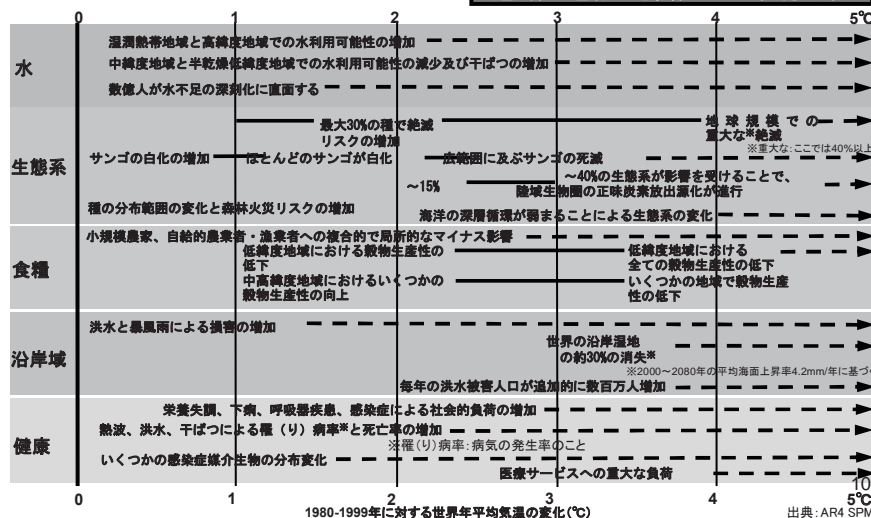
- ・農業(コメ) 温暖化の進行に伴いコメ収量の増加が見込めるが、さらなる気温上昇で減収に転じ、収量の変動も大きくなると予想。

地球環境研究総合推進費 戦略的研究プロジェクト
「温暖化影響総合予測プロジェクト」研究成果

将来の気候変動による影響の予測

○ IPCCでは、1980年から1999年までに比べ、21世紀末(2090年から2099年)の平均気温上昇は1.1~6.4℃と予測

気候変化に脆弱な分野においては、たとえ0~1℃の気温上昇でも温暖化の悪影響が生じると予測される。



目次

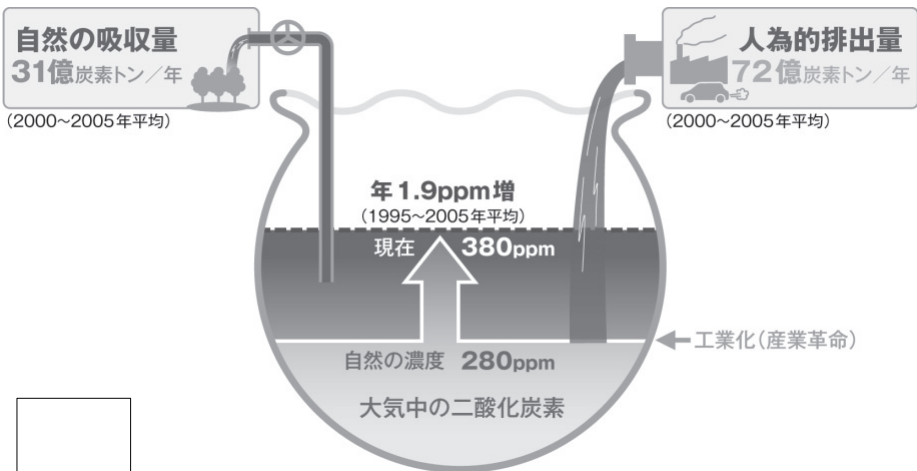
- 1. 気候変動の影響
- ✓ 2. 気候変動の国際交渉
- 3. 国際的な適応対策

2010.05.24

11

世界の温室効果ガス排出量

Change for the future.
Change by Japan.



(IPCC第4次評価報告書(2007)より 国立環境研究所・環境省作成)

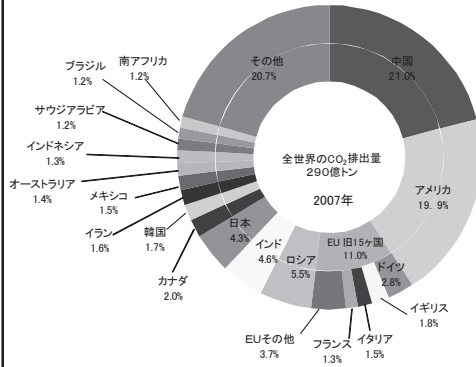
12

二酸化炭素排出量の現状と予測

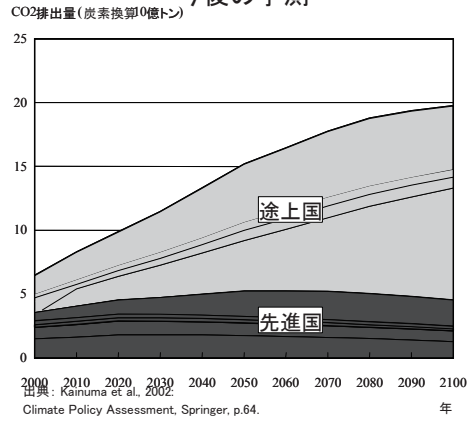
Change for the future.
Change by Japan.



現状(2007年)

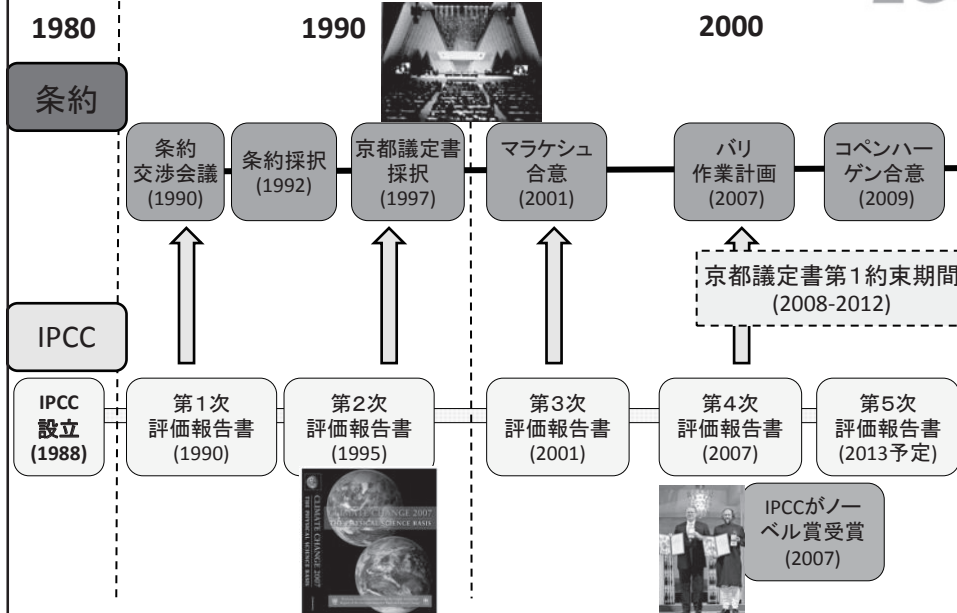


今後の予測



国際交渉の流れ

Change for the future.
Change by Japan.



気候変動枠組条約

Change for the future.
Change by Japan.



●経緯

92年5月に採択、94年3月に発効。日本は93年5月28日に同条約を締結。
現在、193カ国と欧州共同体が締結。

●究極の目的：

地球温暖化防止のため大気中の温室効果ガス濃度を安定化

●原則

共通だが差異のある責任及び各国の能力に従い、気候系を保護

●先進国の義務

- ①温暖化防止のための政策措置
 - ②排出量や政策・措置等に関する情報を締約国会議に報告
 - ③途上国への資金供与、技術移転
- ①、②の措置、報告を、温室効果ガスの排出を2000年までに1990年の水準に戻すとの目的で行う（数値は努力目標）

●途上国を含む全締約国の義務

排出目録、政策措置の報告の作成・更新など

京都議定書

Change for the future.
Change by Japan.



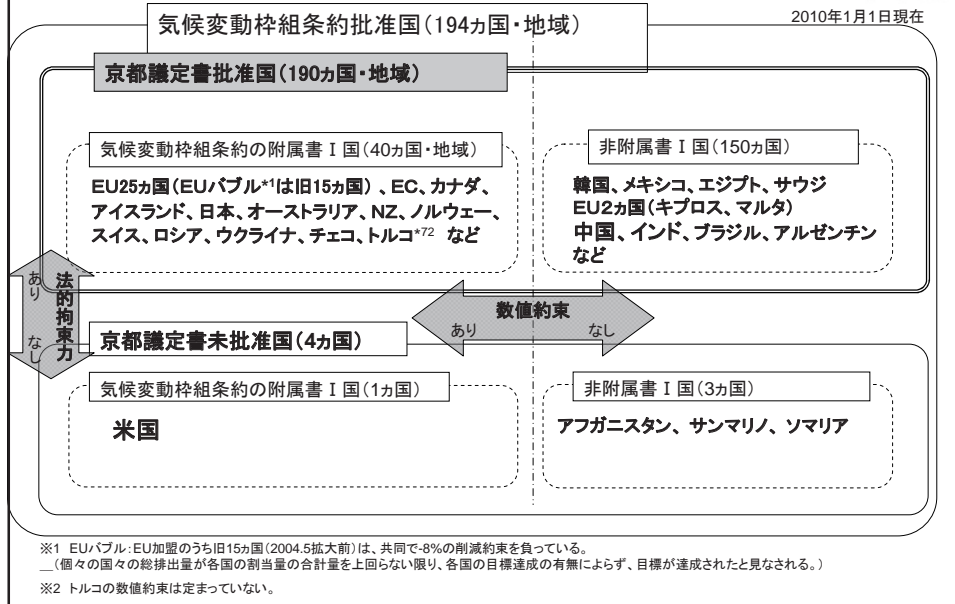
COP3は、1997年12月1日～10日、京都において開催され、2008から2012年までの先進国の削減目標を課した「京都議定書」が採択された

～京都議定書の主な内容～

- 削減目標：日本6%、米国7%、EU8%（いずれも1990年比）等の削減義務が決定
- 市場メカニズム：国際的に協調して費用効果的に目標を達成するための仕組みとして、排出量取引、共同実施、CDMを導入
- 遵守措置：削減目標を達成できなかった場合には、超過した排出量を3割増にした上で次期削減値に上乘せ
- 途上国の義務は含まれず

条約と議定書の締約国

Change for the future.
Change by Japan.



ポスト京都議定書の論点

Change for the future.
Change by Japan.



- ①主要国の参加
 - 京都議定書を批准しない米国
 - 排出量の急増が予想される新興国
- ②削減努力の公平性
 - 先進国間の公平性
 - 途上国の取組の程度(共通だが差異ある責任)
- ③途上国支援
 - 削減行動に意欲的に取り組む途上国
 - 気候変動の悪影響を受ける小島嶼国、最貧国
- ④京都議定書の仕組み
 - 市場メカニズムの活用
 - 遵守制度

ポスト京都議定書の検討

Change for the future.
Change by Japan.



年	会議	開催地	UNFCCC	京都議定書
1995	COP1	ベルリン	ベルリンマンデート採択	
1997	COP3	京都	京都議定書採択	採択
2001				米国離脱
2005.2			AWG-LCA	発効 AWG-KP
2005.12	COP11/ CMP1	モントリオール	条約の実施に関する対話 ↓	AWG-KP設置 ↓
2007	COP13/ CMP3	バリ	バリ行動計画決定 (AWG-LCAの設置) ↓	(AWG-KP延長) ↓
2009	COP15/ CMP5	コペンハーゲン	コペンハーゲン合意に留意 (AWG-LCAの延長)	(AWG-KP再延長)

	条約特別作業部会(AWG-LCA)	京都議定書特別作業部会(AWG-KP)
設置根拠	COP13で決定したバリ行動計画	議定書3条9項
検討事項	すべての締約国の行動	先進国全体の削減幅、先進各国の目標など
合意の形式	規定なし	京都議定書の改正
各国の主張	(先進国) AWG-LCAとAWG-KPの一体的な議論が必要 (途上国) 2つのAWGは設置根拠が異なり、一緒にすべきではない	

日本の立場(鳩山元総理のスピーチ)

Change for the future.
Change by Japan.



削減目標

- 中期目標について、科学が要請する水準に基づくものとして、**1990年比で言えば2020年までに25%削減**を目指す。国内排出量取引制度や、再生可能エネルギーの固定価格買取制度の導入、地球温暖化対策税の検討をはじめとして、あらゆる政策を総動員して実現を目指す。
- 我が国だけが**高い目標を掲げても気候変動を止めることはできない**。世界の全ての主要国による、公平かつ実効性のある国際的枠組みの構築が不可決。すべての主要国の参加による意欲的な目標の合意が、我が国の国際社会への約束の「前提」。

途上国支援

- 脆弱な途上国や島嶼国の適応対策のために、**大変大きな額の資金が必要**。わが国は、国際交渉の進展状況を注視しながら、これまでと同等以上の資金的、技術的支援を行う。途上国への支援について、「**鳩山イニシアティブ**」として国際社会に問うていきたい。

COP15(コペンハーゲン)

Change for the future.
Change by Japan.



• COPの位置づけ

- 環境関係では、最大の閣僚級国際会議(締約国:194カ国・地域)
- 国益をかけた交渉が行われ、各国固有の事情から利害が対立

• COP15及びCOP/MOP5の開催

- 日程:12月7日(月)~18日(金)
(閣僚級会合が12/16~18、12/18は首脳級)
- 場所:デンマーク・コペンハーゲン
- 119カ国の首脳が参加、33,000人を超える参加
- 日本からは、鳩山総理、小沢環境大臣以下が参加
- 首脳級の協議を経て、「コペンハーゲン合意」(Copenhagen Accord)に留意することを決定



コペンハーゲン合意

Change for the future.
Change by Japan.



コペンハーゲン合意(Copenhagen Accord)は、一部の国の反対により全会一致での採択には至らなかったが、「締約国は、コペンハーゲン合意に留意する(take note)」ことが決定

①削減目標・行動

- 長期目標
 - ・IPCC報告書等の科学に基づき、産業化以前からの気温上昇を2℃以内に抑えるため、地球全体の排出量の大幅削減の必要性に合意。
- 中期目標等
 - ・先進国は削減目標、途上国は削減行動を条約事務局に2010年1月末までに届け出て、リスト化。
 - ・途上国の削減行動は、先進国の支援を受ける部分は国際的なMRV(測定・報告・検証可能な仕組み)を導入。それ以外の部分も国内でMRVを確保し、2年ごとに報告、国際的な協議を受け付け。

②途上国支援

- 短期資金
 - ・先進国は、2010年から2012年までの期間に、300億ドルの新規で追加的な公的資金の拠出を約束。
 - ・我が国は、官民合わせて150億ドル(うち公的資金110億ドル)の支援を行う鳩山イニシアティブを表明。
- 長期資金
 - ・先進国は2020年までに1000億ドルを拠出する目標を約束。
- REDD
 - ・植林等の取組に加え、森林の減少・劣化に起因するCO2の排出削減(REDD)の強化に合意。

今後の予定

- 特別作業部会(AWG)は継続され、COP16(メキシコ)で結論を得ることが決定



- 地球規模での削減を実現するため、米国・中国(米国は京都議定書を批准せず、中国は同議定書の下で削減義務を負っていない)の参加が不可欠
→日本やEUだけが目標を深掘りする形で京都議定書の約束期間(2008～2012年)の次の約束期間を設けるのではない新たな枠組みの実現
- コペンハーゲン合意は有志国の政治合意にとどまったものの、既に137カ国が賛同(2010年8月19日現在。世界全体の排出量の8割以上を占める)。コペンハーゲン合意を基礎として新たな法的文書の採択が必要
- 気候変動枠組条約の下での特別作業部会(AWG-LCA、KP)で議論中。
<主な論点>
 1. 主要国による意欲的な目標の合意
 2. 途上国の削減行動について透明性(測定・報告・検証が可能な仕組み)の確保
 3. 途上国の温室効果ガス削減・適応対策を支援するため、先進国による資金支援
 4. 途上国への技術移転
- コペンハーゲン合意は、交渉テキストのオプションの一部

目次

1. 気候変動の影響
2. 気候変動の国際交渉
- ✓ 3. 国際的な適応対策



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO



24

適応とは： 一般的には…

Change for the future.
Change by Japan.



- 適応とは、気候変動による様々な影響(海面水位の上昇、熱中症患者数の増加、農作物への影響など)に対しての対応策のこと
- コペンハーゲン合意では、適応の重要性について決定
- 資金支援、適応の実施を促進させる新規組織の必要性、損害賠償メカニズム等について議論

気候変動による影響の例	適応策の例
海面水位の上昇	・堤防の嵩上げ ・災害に対する早期警告システム
渇水・洪水リスクの増加	・渇水に対応した水の節約と貯蔵 ・堤防の嵩上げ
熱中症患者数の増加	・病気の監視と予防
高温等による農作物への影響	・温度変化に強い作物への転換
感染症媒介生物の分布の変化	・媒介生物の調査、啓発活動
動植物の生息分布の変化等、生物多様性への影響	・多様な生息・生育環境の確保 ・生態的回廊の設置

25

開発途上国における適応とは何か？

- 気候変動の影響には直接的影響と間接的影響がある。
(Hay and Mimura, 2006)

(直接影響)

- ★ 平均気温の上昇、降水量の増加・減少など長期的な変動による影響、異常気象による影響など

(間接影響)

- ★ (2次的) 環境の変化を通じた感染症の増加、衛生状態の悪化、生態系の影響等
- ★ (3次的) 貧困の増大、ホームレス化、雇用機会の損失、経済の不安定化等

- 気候変動に適応するための能力(resilience:レジリエンス)は社会・経済的な要因が大きい

- 途上国では気候変動への適応だけを目的とした単一の対策は有効ではない。 → 開発政策への適応の主流化が必要(竹本・三村, 2007)

7

課題：社会・経済的な脆弱性への対処。



直接的な影響要因: 熱波、大雨、少雨....

間接的な影響要因: インフラ未整備、貧困、技術の不足...

Photos: IPCC(2008); M.Ogawa (2010)

途上国における主要開発分野における将来の気候リスクに伴う追加的な適応コスト (単位: 百万米ドル) (竹本・三村, 2007)

開発分野	追加適応コスト	
	低位推計 (10%)	高位推計 (20%)
水供給・衛生	390	780
農林水産	400	800
交通・保管	550	1100
食料援助	170	330
全気候リスク影響分野(広義)	2,200	4,300

途上国の将来の適応コストの試算結果の比較 (Takemoto and Mimura, 2009)

Takemoto and Mimura	22-43億ドル/年	従来型ODAに対する追加的なコスト
World Bank	40-410億ドル/年	追加財政投資 (民間資金を含む)
UNDP	860億ドル	2015まで
UNFCCC	280-670億ドル	2030まで

16

課題：適応関連基金と適応コストのギャップ

気候変動適応関連の基金と基金総額 (藤森, 2009; 竹本・三村, 2007)

適応関連基金	基金総額 (百万ドル)
後発開発途上国基金 (LDCF)	172
特別気候変動基金 (SCCF)	106
GEF 信託基金 (適応以外の用途も含む)	3,100
適応基金 (AF)	100-500

- 追加適応コストは
 - 22-43億ドル (ODA 資金) (竹本・三村, 2007).
 - 100億ドル以上 (全開発資金) (World Bank, 2006)
- 気候変動関連の多国間は総額でも数億ドル程度.
 - 追加適応コストを全てカバーできない
- 二国間の開発資金を適応策に主流化させる
 - すなわち、開発プロジェクトを適応の関連から評価し重点化する

資金支援 (2012年までの短期支援)

Change for the future.
Change by Japan.



- コペンハーゲン合意では、先進国が2012年までに、300億ドルに迫る資金支援の提供を約束
- 排出削減等の気候変動対策に取り組む途上国及び気候変動の影響に対して脆弱な途上国を支援 (短期資金は交渉対象ではない)

日本の支援

2010年から2012年までの3年間で官民合わせて1兆7500億円 (概ね150億ドル) 規模の支援を表明

政府開発援助 (ODA) (約8500億円 (概ね72億ドル))	その他の公的資金 (OOF) 等 (約9000億円 (概ね78億ドル))
<ul style="list-style-type: none"> ➢ 無償援助、技術協力 ➢ 円借款 ➢ 国際機関への拠出 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 民間部門との協調融資等 例: 国際協力銀行 (JBIC)

○ 実績 (2010年4月末現在)
50億ドル以上の緩和・適応策を実施

- * ガルフ・エル・ゼイト風力発電計画 (エジプト, 388.64億円)
- * オルカリア地熱開発計画 (ケニア, 295.16億円)
- * 太陽光を活用したクリーンエネルギー導入計画 (30か国, 188.5億円)
- * 気候変動による自然災害対処能力向上計画 (19か国, 130億円)



30

資金支援（2013年以降の長期資金）

Change for the future.
Change by Japan.



- コペンハーゲン合意では、目標とする資金規模（官民合わせて2020年に年間1000億ドル）と新たな基金の設置について合意
- 新規で追加的かつ予見可能な資金支援について議論
 - ・資金源（公的/民間資金の割合、公的資金の性格（義務的/任意）、資金の負担国（途上国を含むか否か）、クレジットメカニズムからの課金、国際航空・海運への課金など）
 - ・組織アレンジメント（新規組織の設置、既存組織（世銀・GEF）の活用、運営理事会等の設置等）
 - ・緩和行動と資金支援のマッチング
 - ・資金に関する測定・報告・検証（MRV）の在り方

「気候変動資金に関するハイレベル諮問グループ」

- ・国連事務総長の諮問グループとして設置。議長はストルテンベルグ・ノルウェー首相及びメレス・エチオピア首相、日本からは西村六善内閣官房参与が参画
- ・コペンハーゲン合意に言及されている資金源（2020年に年間1000億ドル）について検討
- ・COP16への貢献を念頭に、4回程度開催予定（11月に最終報告予定）

31

課題：適応フレームワーク

- 適応策については、温室効果ガスの削減枠組みのような国際枠組みは存在しない。
- 適応フレームワークで何を扱うか？
例えば...
 - ✓ 先進国、途上国双方の取組みの報告と評価
 - ✓ 気候変動の影響・脆弱性評価の枠組み整備
→ 適応支援のガイドライン
 - ✓ 多国間資金、二国間資金の総合的なマネジメント
 - ✓ 気候変動の影響、適応策を取り扱う情報ネットワーク

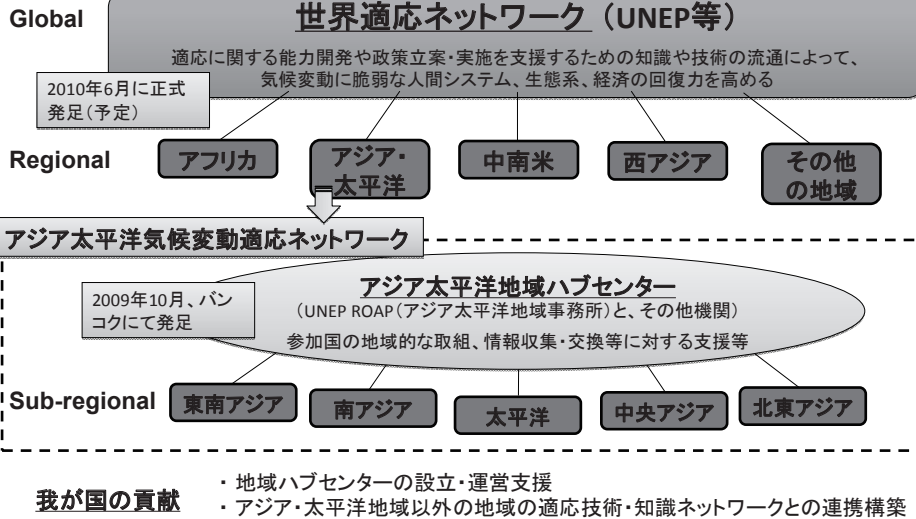
32

世界適応ネットワーク

Change for the future.
Change by Japan.



ナイロビ作業計画の実施やCOP14(2008年)でも多くの国から要望のあった「知識ベースの適応」を含む適応活動の強化を支援するネットワーク。



適応策:まとめ



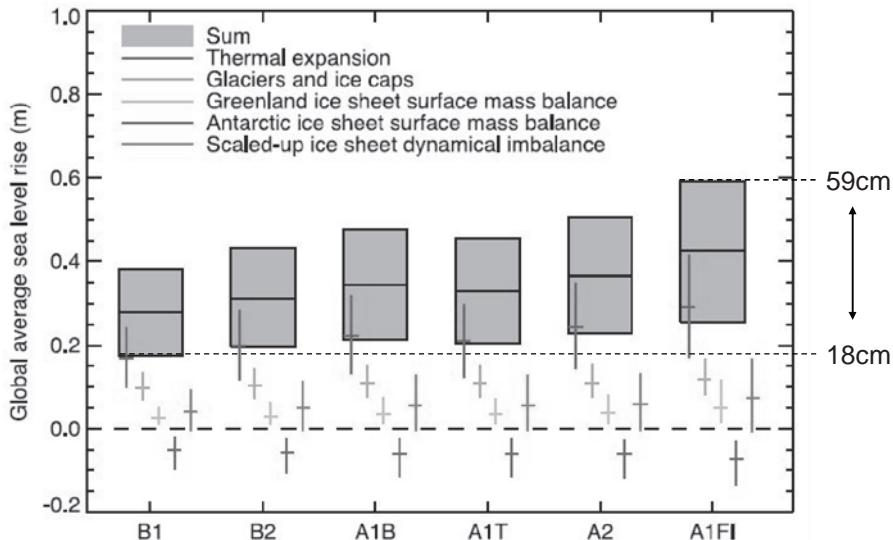
- 温室効果ガスの削減策とともに、気候変動の影響に対する適応策も必要
- 途上国の気候変動の影響は社会・経済的な要因が大きい。
- 途上国の適応支援には、適応関連基金だけでなく、ODAなどの開発資金も不可欠
 ✓ 開発政策への主流化)
- 国際的な適応フレームワークが必要
 ✓ 適応策は国際交渉の主要課題。資金メカニズム、情報共有の仕組み等について活発な議論が展開

気候変動の影響と適応策に基づく 沿岸域管理のあり方

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻
磯部雅彦

地球温暖化の 現状と将来予測

IPCC (2007) による海面上昇の予測結果



東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

【 IPCC (2007) AR4, WG1 】

異常気象の現状と将来予測

Phenomenon ^a and direction of trend	Likelihood that trend occurred in late 20th century (typically post 1960)	Likelihood of a human contribution to observed trend ^b	Likelihood of future trends based on projections for 21st century using SRES scenarios
Warmer and fewer cold days and nights over most land areas	Very likely ^a	Likely ^d	Virtually certain ^d
Warmer and more frequent hot days and nights over most land areas	Very likely ^a	Likely (nights) ^d	Virtually certain ^d
Warm spells/heat waves. Frequency increases over most land areas	Likely	More likely than not ^f	Very likely
Heavy precipitation events. Frequency (or proportion of total rainfall from heavy falls) increases over most areas	Likely	More likely than not ^f	Very likely
Area affected by droughts increases	Likely in many regions since 1970s	More likely than not	Likely
Intense tropical cyclone activity increases	Likely in some regions since 1970	More likely than not ^f	Likely
Increased incidence of extreme high sea level (excludes tsunamis) ^g	Likely	More likely than not ^{f,h}	Likely ^d

台風の巨大化もありそう

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

【 IPCC (2007) AR4, WG1 】

地球温暖化の 沿岸域への影響

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

現状と海面上昇後での海面下地域の面積・人口・資産の比較



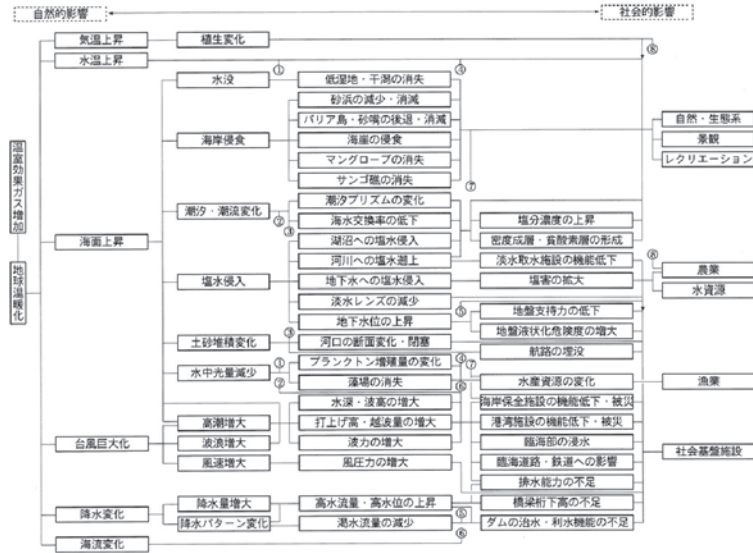
Country/Source	People Affected		Capital Value at Loss		Land at Loss		Wetland at Loss		Adaptation/Protection Costs	
	# people (1000s)	% Total	Million US\$	% GNP	km ²	Total	km ²	km ²	Million US\$	% GNP
Antigua ² (Cambers, 1994)	38	50	-	-	5	1.0	3	71	0.32	-
Argentina (Dennis et al., 1995a)	-	-	>5000 ⁷	>5	3400	0.1	1100	>1800	>0.02	-
Bangladesh (Haq et al., 1995; Bangladesh Government, 1993)	71000	60	-	-	25000	17.5	5800	>1000 ⁹	>0.06	-
Belize (Pereira and Elder, 1993)	79	35	-	-	1900	8.4	-	-	-	-
Benin ³ (Adam, 1995)	1350	25	118	12	230	0.2	85	>400 ¹⁰	>0.41	-
China (Dolan, 1993; Han et al., 1995a)	72000	7	-	-	35000	-	-	-	-	-
Egypt (Della Hydrology et al., 1992)	4700	9	59000	204	5800	1.0	-	12100 ¹¹	0.45	-
Guyana (Kahn and Sturm, 1993)	600	30	4000	1115	2400	1.1	500	200	0.26	-
India (Pachauri, 1994)	600 ⁸	11	-	-	5800	0.4	-	-	-	-
Japan (Mimura et al., 1993)	6500	15	9000	72	2300	0.6	-	>150000	>0.12	-
Kiribati ⁷ (Woodroffe and McLean, 1992)	9	100	2	8	4	12.5	-	3	0.10	-
Malaysia (Miden and Lee, 1995)	-	-	-	-	7000	2.1	6000	-	-	-
Marshall Islands ⁵ (Hobbs et al., 1992)	20	100	140	334	9	85	-	>360	>7.04	-
Mauritius ⁴ (Jogoo, 1994)	3	<1	-	-	5	0.3	-	-	-	-
The Netherlands (Pierobin et al., 1991)	10000	67	1500	66	1245	-	-	1500	0.05	-
Nigeria (G.T. French et al., 1995)	3200 ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poland (Fitzjer et al., 1992)	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senegal (Dennis et al., 1995b)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
St. Kitts-Nevis ¹² (Cambers, 1994)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tonga ¹ (Fifita et al., 1994)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
United States (Tinus et al., 1991)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Uruguay (Wilson and Nicholls, 1995) ¹³	130	-	-	-	-	-	-	1000	>0.12	-
Venezuela (Wilson and Aizenberg, 1995)	56 ¹⁴	<1	-	-	1	-	5600	>1600	>0.03	-


影響域の資産が
突出して多い

平均海面	平均海面時			満潮時			高潮または津波発生時		
	面積 (km ²)	人口 (万人)	資産 (兆円)	面積 (km ²)	人口 (万人)	資産 (兆円)	面積 (km ²)	人口 (万人)	資産 (兆円)
現状	364	102	34	861	200	54	6268	1174	288
海面上昇 0.3m	411	114	37	1192	252	68	6662	1230	302
海面上昇 0.5m	521	140	44	1412	286	77	7583	1358	333
海面上昇 1m	679	178	53	2339	410	109	8898	1542	378


東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

地球温暖化の沿岸域への影響伝播図

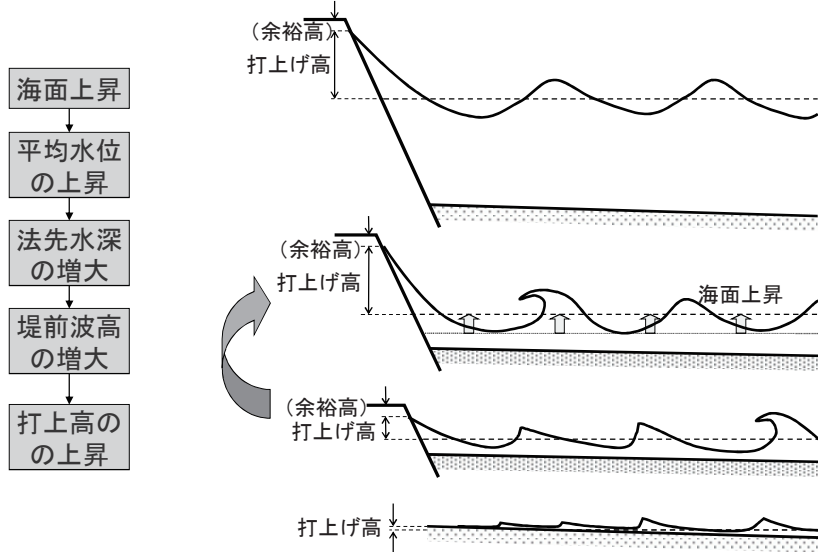




 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

地球温暖化の 海岸施設への影響

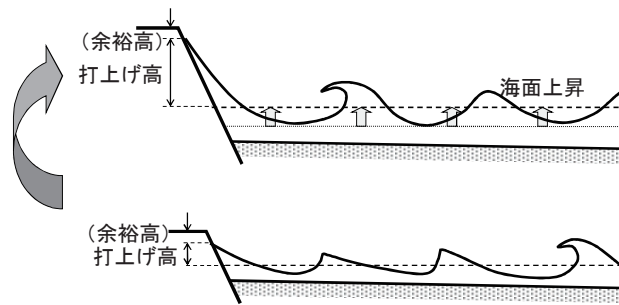

 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

海面上昇による波の打ち上げ高の上昇





 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

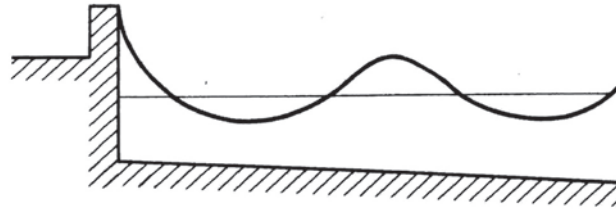
海面上昇による打上げ高の増大



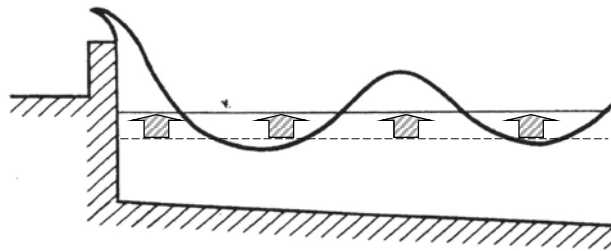
海面上昇	堤脚水深	波高	周期	打上げ高	最高水位	差
η_{rms}	h	$H_{1/3}$	$T_{1/3}$	R	$R-h$	
[cm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0	2.42	4.2	6.6	5.75	8.17	
65	3.00	4.2	6.6	7.31	10.31	2.14


 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

海面上昇による越波量の増大



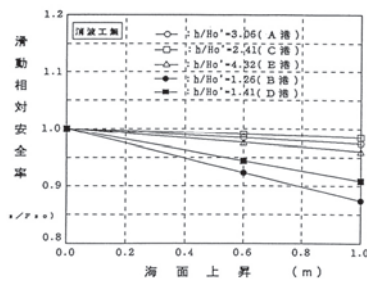
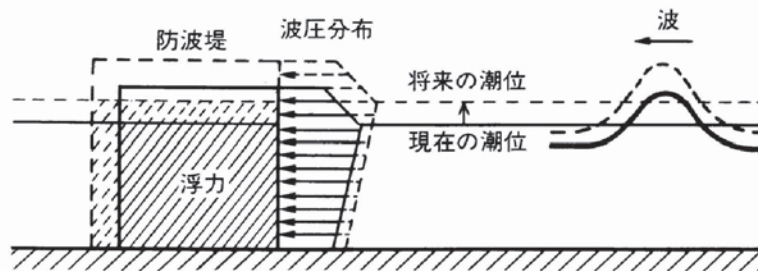
(a) 現在



(b) 海面上昇後

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

海面上昇による防波堤の滑動安定性の低下

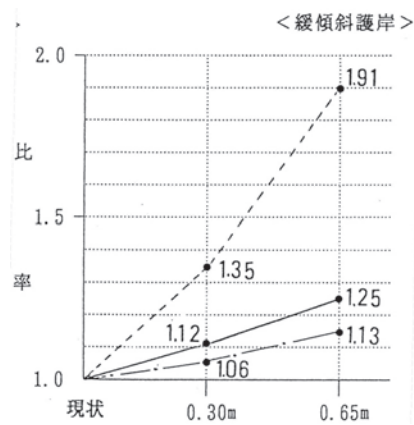
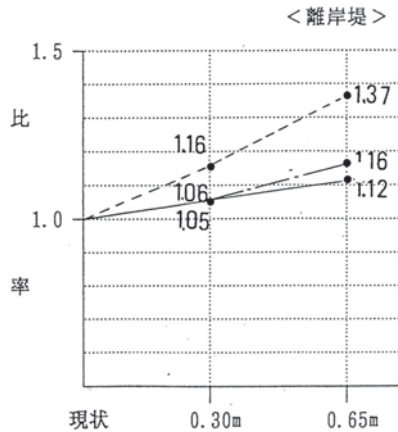


東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

【土木学会(1994)】

海面上昇による消波ブロックの所要質量の増加

Hudson式:
$$W = \frac{\rho_r g H^3}{K_D \left(\frac{\rho_r}{\rho} - 1 \right)^3 \cot \alpha}$$



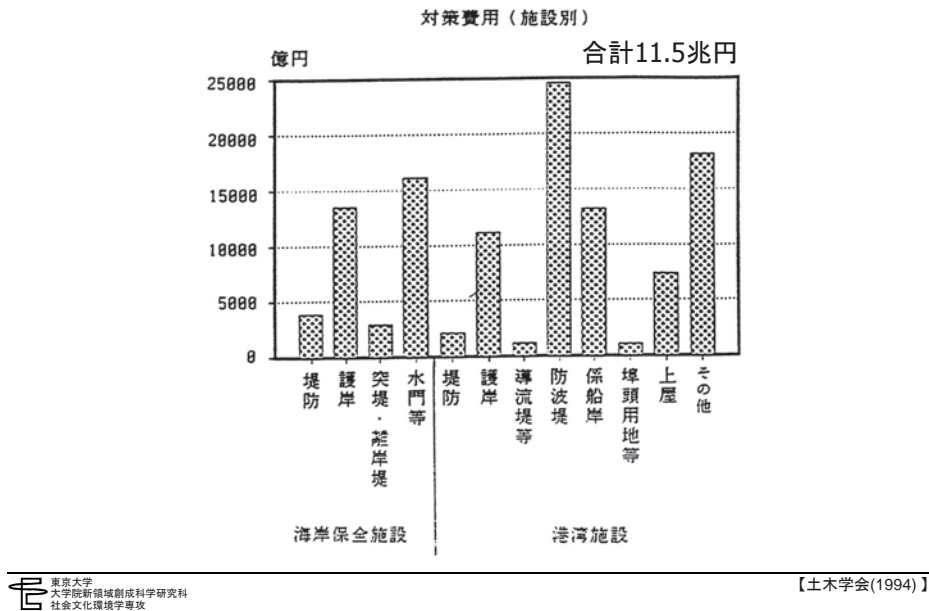
地球温暖化への適応策

海面上昇への適応策

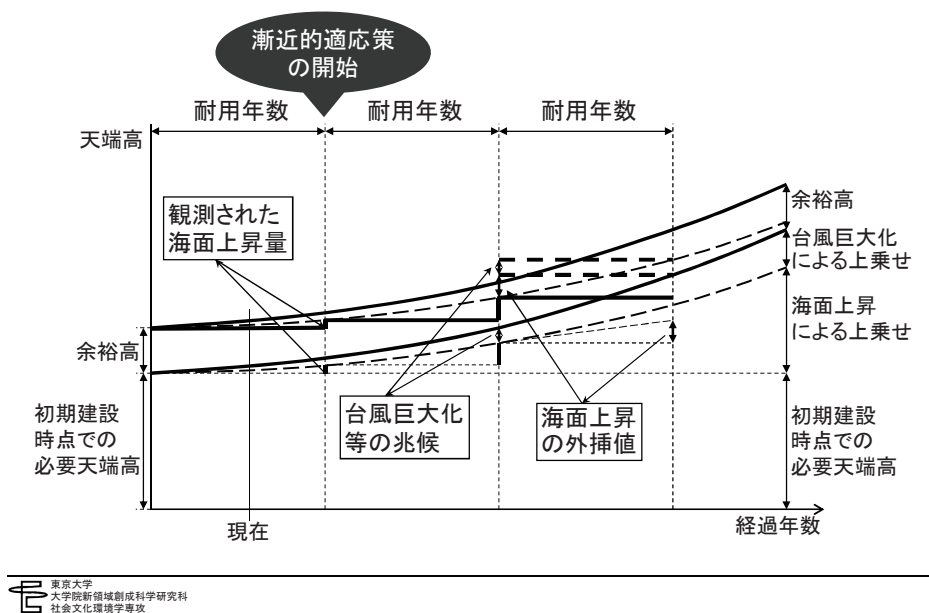
- 防護
 - － 構造物で守る(堤防の嵩上げ)
- 順応
 - － 工夫して被害を避ける(高床式住居)
- 撤退
 - － 撤退する(安全な土地への移動)

津波・高潮に対する防護

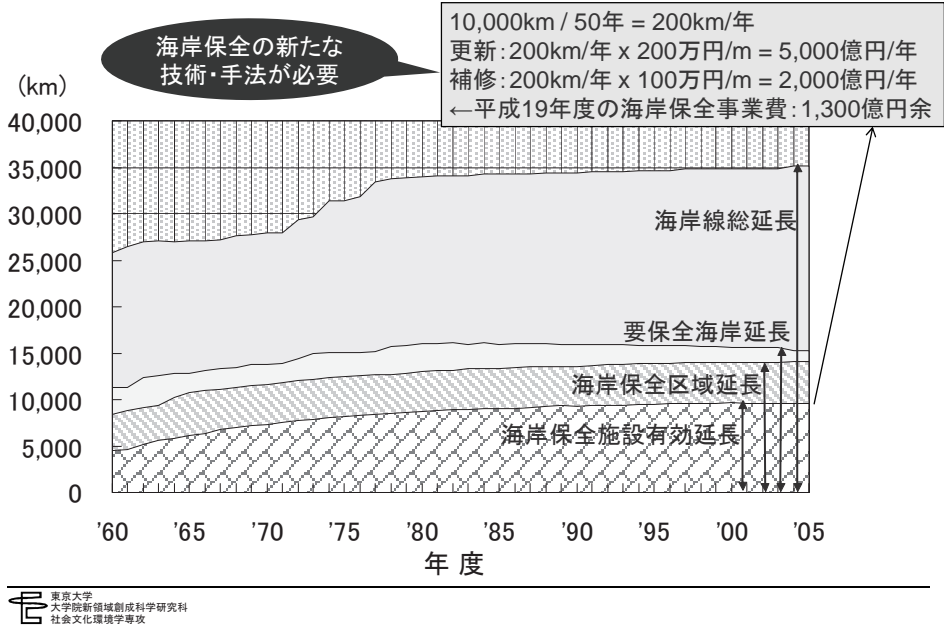
海面上昇に対する海岸・港湾施設の対策費用



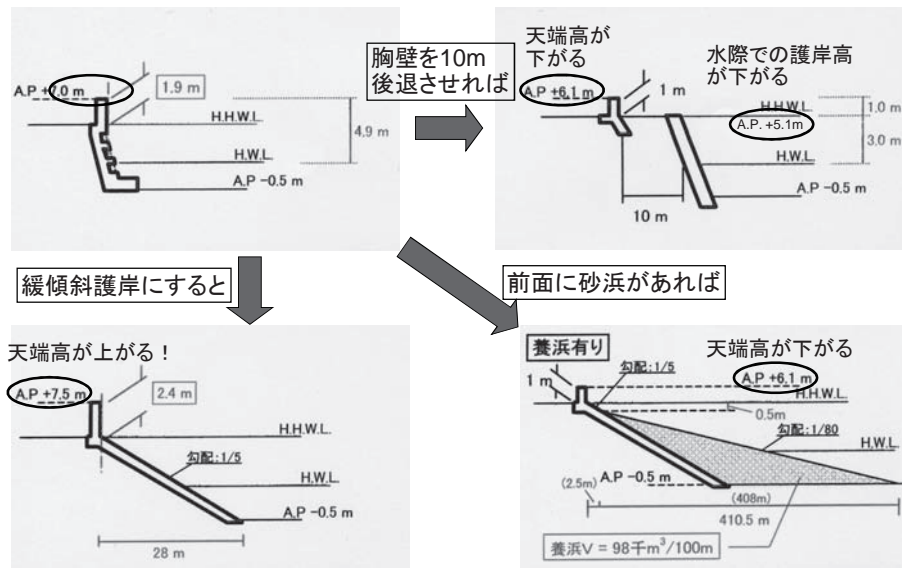
地球温暖化に対する漸近的適応策



日本の海岸線の変遷と今後の維持費用



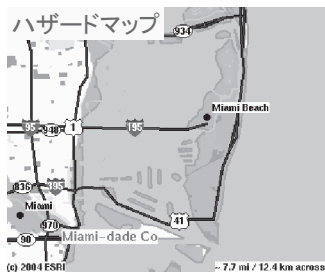
護岸タイプによる天端高の違い



津波・高潮への順応

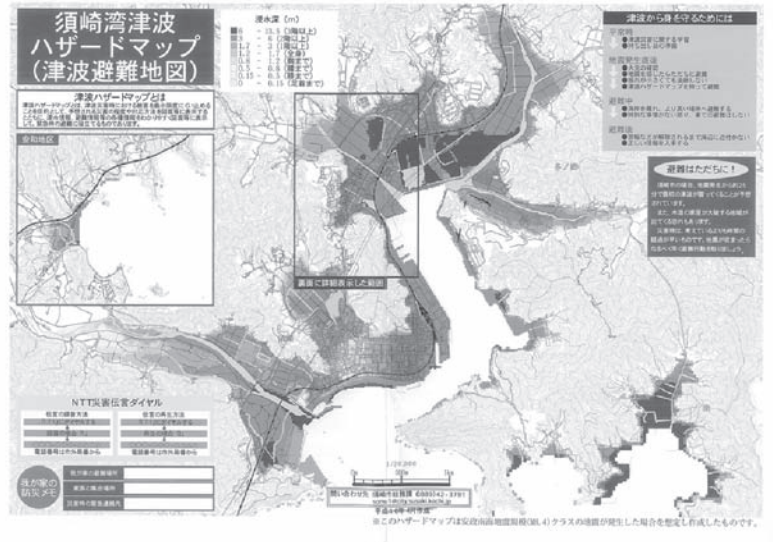
東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻


高潮避難体制



東京大学 大学院新領域創成科学研究科 社会文化環境学専攻
weather.gov/forecasts/graphical/sectors/conusHazardDay.php, <http://www.geocities.com/hurricane/stormsurge.htm>,
<http://www.uwgb.edu/moranj/12-2.htm>, http://spot.fno-emen.de/hp/weiler/ukhia_pics-15.html]


ハザードマップの具体例(高知県須崎市)




 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

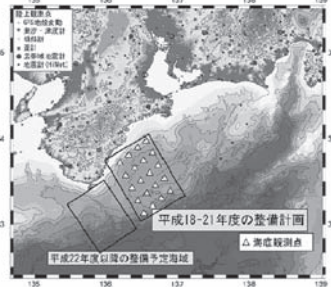
津波・高潮の諸対策の特徴

対策	防護対象					防護活動主体				費用削減	期間短縮	超過外力対応
	生命			財産	住民	来訪者利用者	行政	専門家				
	住民	高齢者 身障者	来訪者 利用者									
ハード	堤防・護岸	◎	◎	○	◎	△	△	◎	○	△	△	△
	土地利用計画 (セットバック)	◎	◎	○	◎	○	△	◎	○	△	▽	△
	建築制限	◎	◎	○	○	○	△	◎	○	△	△	△
	避難	○	△	△	△	◎	◎	◎	◎	○	◎	○
ソフト	防災学習・ 教育	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	○	○	○


 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

津波のリアルタイムモニタリング

DONET(海洋研究開発機構)

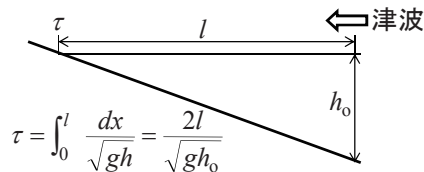


GPS 津波計
(港湾空港技術研究所)



離島のないところには
洋上観測基地を設置

多目的海洋
基地の建設



$$\tau = \int_0^l \frac{dx}{\sqrt{gh}} = \frac{2l}{\sqrt{gh_0}}$$

(例) 沖合100km、水深1kmで観測 → 30分以上の余裕

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

<http://www.jamstec.go.jp/jamstec-e/maritec/donet/index.html>,
<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaisho/report/20050434sangitaisho/20050434sangitaisho.htm>

津波・高潮対策

ハード(海岸構造物):

- 生命(弱者も含む)・財産の完全な防護
- 想定を越える外力、施設整備までの時間(予算、建設)
- 災害防備(高床構造(ピロティ)、止水壁、二線堤、耐震改修・スーパー堤防)

ソフト:

- ハザードマップ、避難訓練
- 予測、監視
- 避難(情報伝達、避難路、避難所、避難生活)
- 災害復旧(排水、ゴミ)、事前復興

土地利用計画:

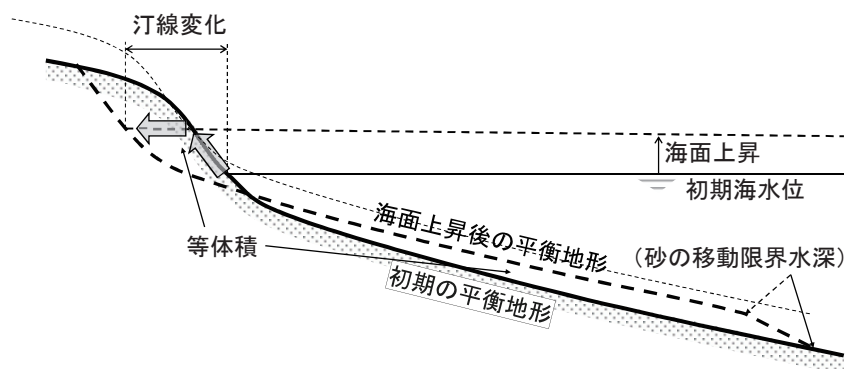
- 建築制限、セットバック

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

地球温暖化による 海岸侵食と適応策

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

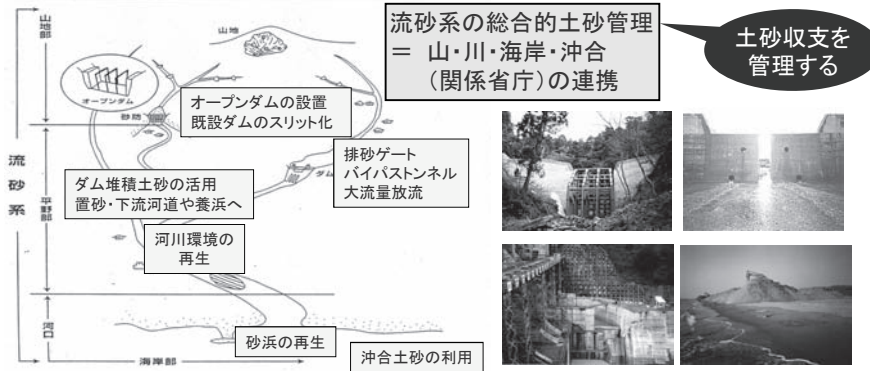
海面上昇による海岸侵食



東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

流砂系の総合土砂管理

期間	面積変化				砂礫海岸 延長 (km)	平均変化幅				全国平均幅30mの 砂浜が180年で 消滅する速さ
	侵食 (ha)	堆積 (ha)	正味損 失 (ha)	正味消 失速度 (ha/年)		侵食 (m)	堆積 (m)	正味減 少 (m)	正味減 少速度 (m/年)	
明治～昭和(70年)	12,539	7,480	5,059	72	9,499.10	13.2	7.9	5.3	0.076	～1/6 m/年
昭和～平成(15年)	4,605	2,210	2,395	160		4.8	2.3	2.5	0.168	



東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

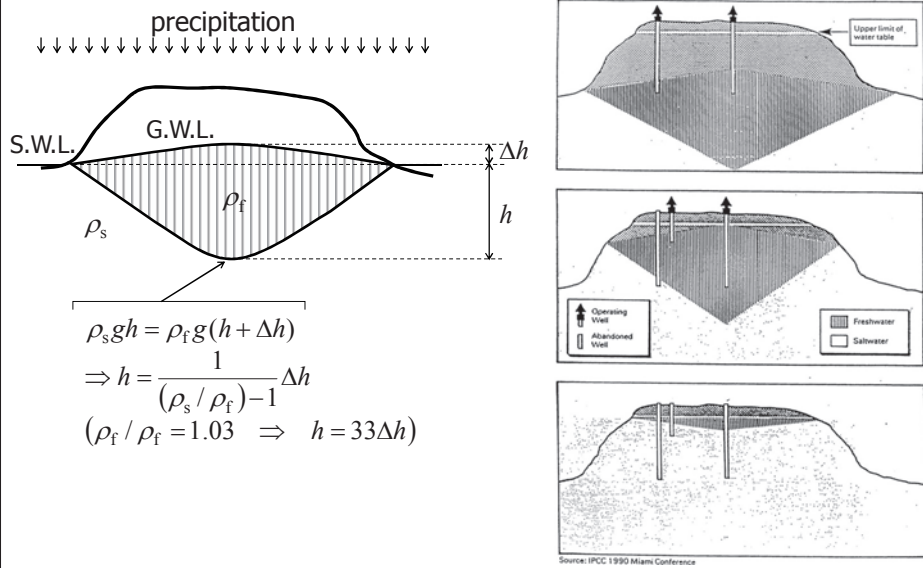
【国土交通省河川局資料図を改変】

海岸保全のあり方 一流砂系総合土砂管理一

- 山地から海岸を含む流砂系の総合土砂管理(海岸保全基本計画)
しかし、順番は下手(沿岸漂砂量)から上手(河川・海崖)へ
 - － 土砂管理が中心、構造物による補助的土砂制御
 - － サンドバイパス、連続養浜、突堤
 - － 河口土砂有効利用、土砂採取制限、ダム堆砂
- 平衡縦断地形(岸沖漂砂)
 - － 養浜、粒径、波浪制御；海面上昇対策
- 局所地形
 - － 人工海浜、干潟、浅海域(藻場)、構造物の影響範囲

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

地下水位に対する海面上昇の影響



$$\rho_s g h = \rho_f g (h + \Delta h)$$

$$\Rightarrow h = \frac{1}{(\rho_s / \rho_f) - 1} \Delta h$$

$$(\rho_s / \rho_f = 1.03 \Rightarrow h = 33 \Delta h)$$

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

【 IPCC(1990) Miami Conference 】


閉鎖性内湾の水質問題

東京大学
大学院新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

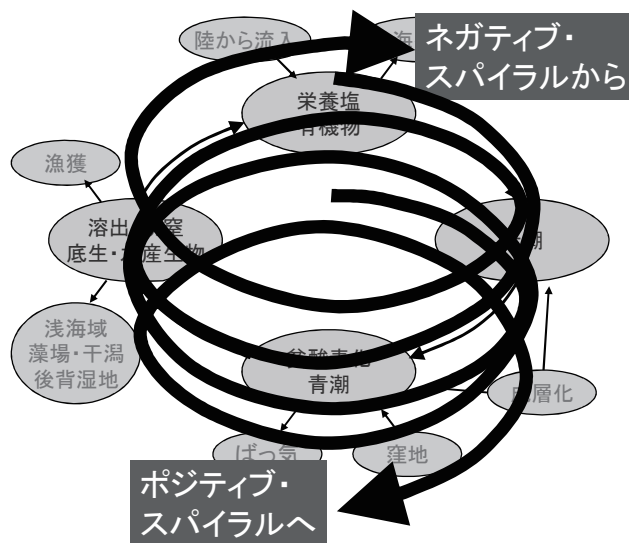
都市沿岸海域の環境問題


- ✦ 富栄養・過栄養化
- ✦ 赤潮
- ✦ 底層水の貧酸素化
- ✦ 青潮
- ✦ 生物の減少、生態系の劣化
- ✦ 水産資源の減少




 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

閉鎖性内湾の水環境問題



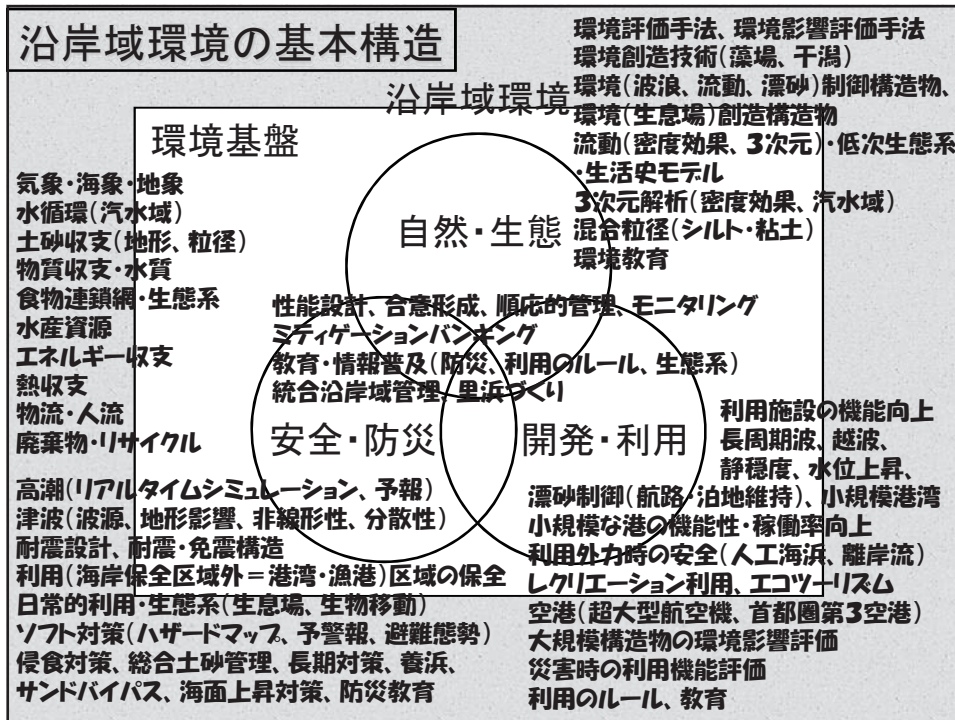

 東京大学
 大学院新領域創成科学研究科
 社会文化環境学専攻

ポジティブ・スパイラルに向けて

- 陸域(110,000t/年) :
 - ➔ 流入負荷の削減
(下水処理、場所、時間)

- 湾内(堆積4,900t/年、脱窒2,200t/年) :
 - ➔ 水質浄化機能の向上・生物生息場の修復
(干潟・浅海域、取上(漁獲・・・)、ばっ気)

- 外海(99,000t/年) :
 - ➔ 海水交換の促進
(湾口地形:海堡)



沿岸域管理のあり方

- 水収支
 - － 淡水流入量・パターンの管理

- 土砂収支
 - － 流砂系の総合土砂管理

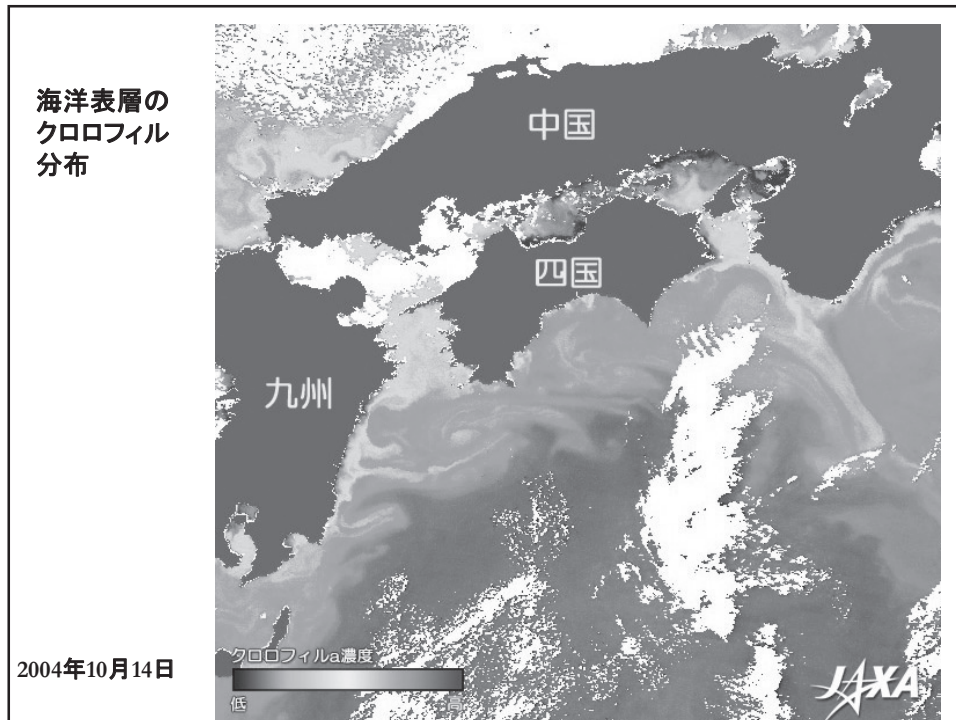
- 物質(栄養塩)収支
 - － 流入負荷の管理
 - － 生物生息場の修復
 - － 海水交換の管理

IGES-EMECS-APNシンポジウム
「気候変動と沿岸域管理」
～適応策を考慮した沿岸域統合管理に向けて～
パネル・ディスカッション素材

我が国の沿岸海洋生態系の現状
からみた沿岸域管理
～瀬戸内海を例にして～

松田 治
広島大学名誉教授・瀬戸内海研究会議会長

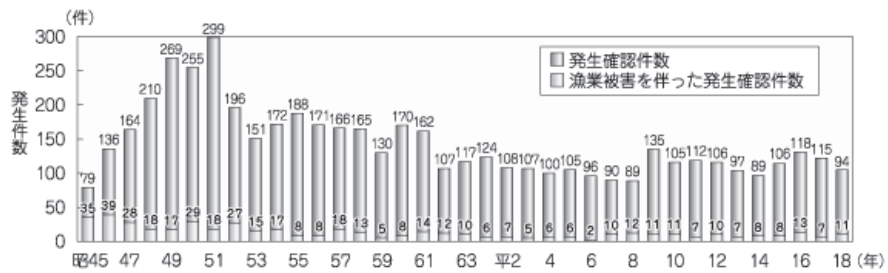
2010(平成22)年10月8日
よみうり神戸ホール(神戸市)



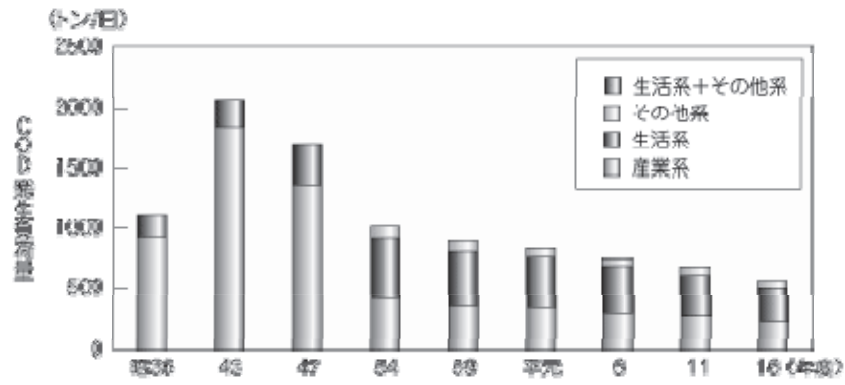
「死の海」と呼ばれた頃
赤潮:生物多様性の極端な低下



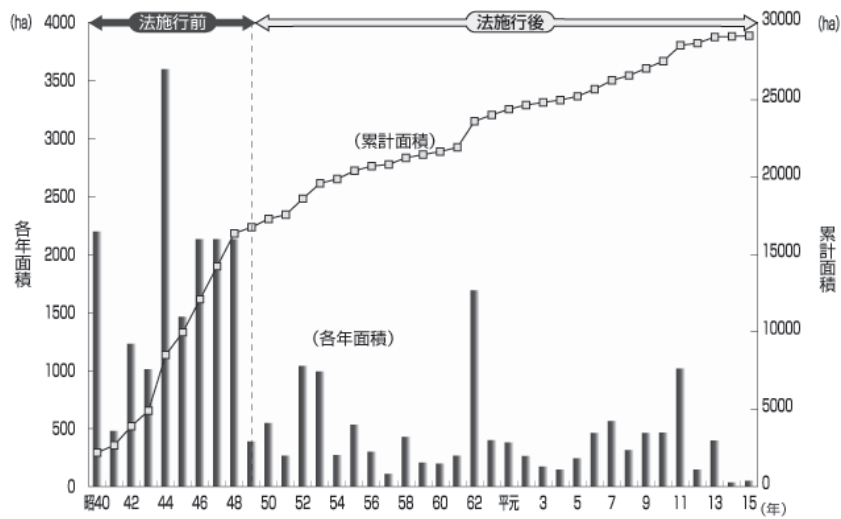
有害赤潮による養殖
ハマチの大量斃死



瀬戸内海の赤潮発生件数の変化(せとうちネット)



瀬戸内海におけるCOD発生負荷量の変化(せとうちネット)

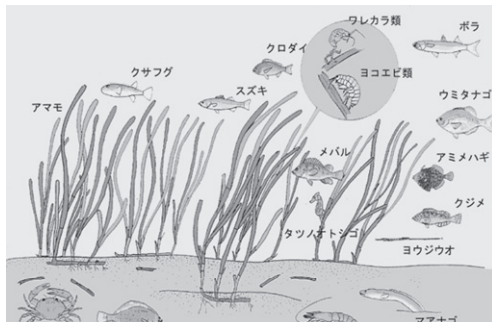


瀬戸内海における埋立免許面積の推移(せとうちネット)

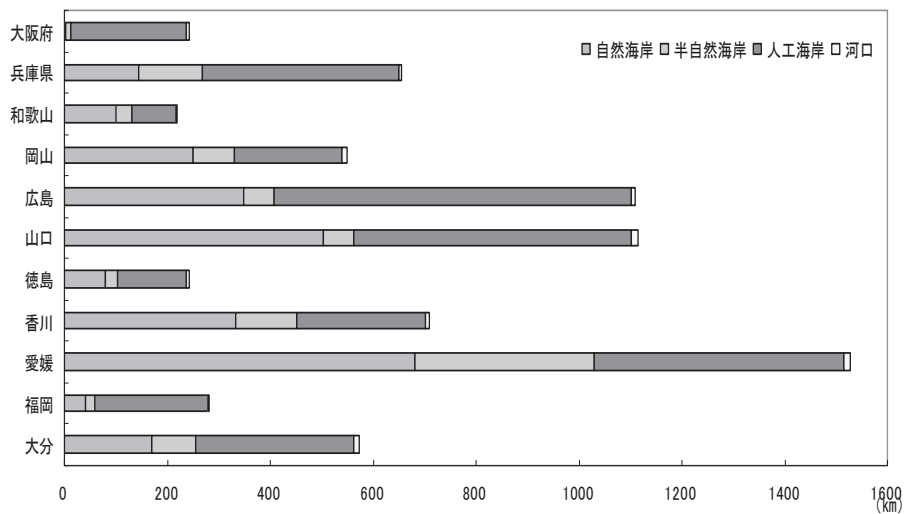
大阪湾奥部における埋立状況

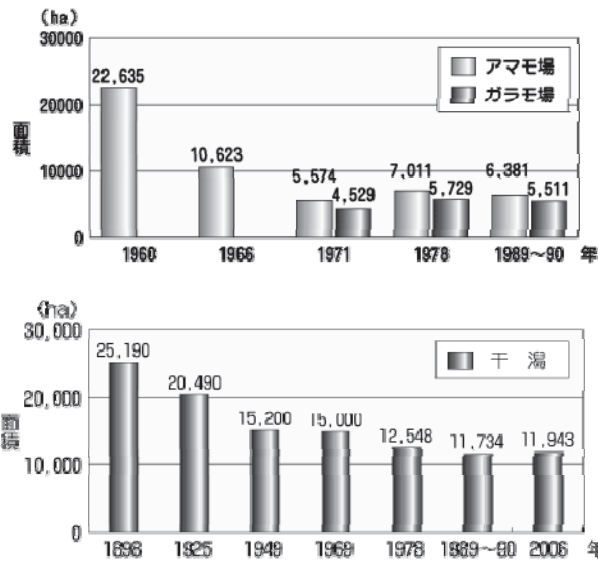
失われた浅場・藻場・干潟とオープンアクセス

環境の多様性が失われると生物多様性も失われる



府県別の海岸線延長(1996年)





瀬戸内海における藻場(上)、干潟(下)面積の変化

海岸生物の出現種類数

瀬戸内海の生態系
800種の植物と3400種の動物

(1) 1960年代中頃より

海岸生物の種数・個体数急減
多様性の低下

多様性と生物生産の低下

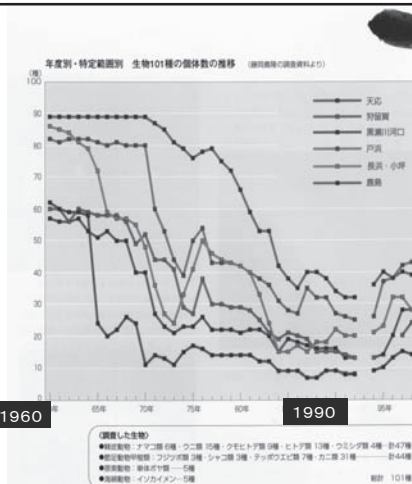
多様性の低い生態系は不安定



生息環境の悪化

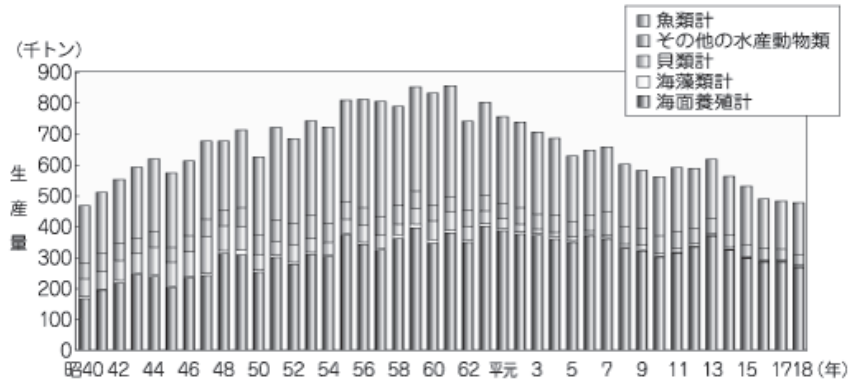
(2) 1990年代中頃からやや回復
傾向が見えるが1960年代
当初に比べて著しく低水準
(湯浅一郎)

種類の推移

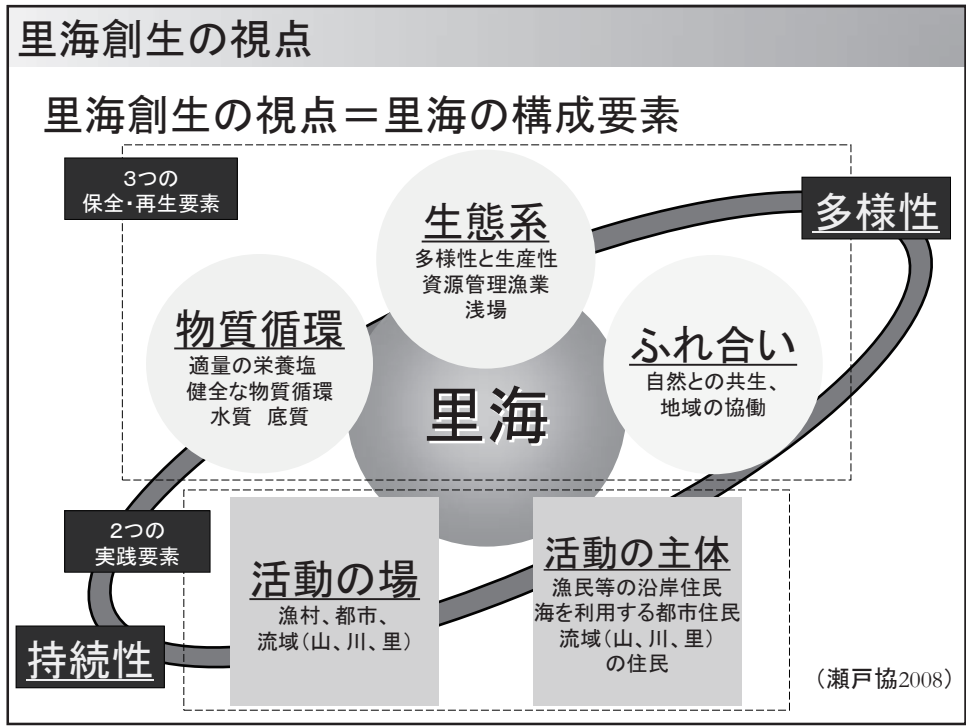


調査地点マップ





瀬戸内海における漁獲量の推移(せとうちネット)
 昭和60年(1985年)頃をピークに20年間で漁獲量が半減
 貝類の減少が著しい



「里海づくり」の事例

山口県榎野川流域と 河口干潟における 自然再生の推進

(自然再生推進法
に基づいた
協議会方式による
自然再生)

山口県

広島県
山口県
福岡県

榎野川干潟

自然再生推進計画調査 (その他地域・地方公共団体)

流域単位での連携協働による調査・検討

榎野川について

榎野川は、山口市宮野地区等を源流として、山口盆地を南側に流れ、山口市内、小萩町を経由して防波堤の山口湾に流入しています。特に、榎野川河口域から山口湾においては、西瀬川・地蔵川等の広大な干潟 (約100ha) が広がり、渡り鳥のタロスロードであるとともに、カブトガニの生息地にもなっており、全国的にも非常に重要な地域です。

榎野川の現状

山口県東部の干潟 (約100ha) では、後継人口の増加に伴う水産物の富栄養化、上中流域からの汚泥の流入等により、ヘドロやカブトガニの増殖、アマモ場の減少が見られます (図1)。

また、山口湾は、かつてはアサリの特産地でしたが、その後漁獲量は昭和60年には約40トンに及んだものが、平成15年以降はほとんど採れなくなっています (グラフ)。

こうした例のように干潟生態系等の回復・改善が急がれています。

自然再生推進計画調査

山口県では、平成17年度から、学識経験者、住民、事業者、関係団体 (榎野川干潟地区自然再生推進計画調査委員会 (幹事：やまぐちの豊かな環境づくり推進委員会)) において、調査の方針や方法等に係る検討協議を行ったうえで、調査を実施しています (図2)。

山と海の交流から森・川・海の一体的管理へ

林業者
→干潟の掘りおこし
→環境学習の講師



漁業者
→山へ植樹
→環境学習の講師

EMECS8(第8回世界閉鎖性海域環境保全会議)
Harmonizing River Catchment and Estuary
・37ヶ国、約470人:Sato-Umi Sessionと「上海宣言」



Sato-Umi Session: アジア等各地の里海類似の管理手法や取り組みとの比較検討など
「上海宣言」: Sato-Umiは人類と閉鎖性海域の建設的な相互作用を促進する概念

Sato-Umi in EAS-Congress (2009) *
PEMSEAとEMECSの連携

(Partnership in Environmental Management for the Seas of East Asia: 東アジア海域環境管理パートナーシップ)

14カ国 + NSP (Non-State Partner)

2008: EMECSがPEMSEAの正式Partnerに
共同企画の立案と共催行事の実施

Sato-Umi Workshop:
Co-organized by
PEMSEA(ICM) and
EMECS(Sato-Umi)
“Sato-Umi in the ICM frame”

* 会議には約1600人(43ヶ国、
36国際機関)が参加



Sato-Umi Workshop in EAS-Congress 2009

東アジア海域会議 (Manila, Philippines, Nov. 24)

Indigenous Approach to Habitat Protection and Restoration: Experiences in Sato-Umi and other Community Initiatives

Chair: O. MATSUDA
Co-chair: T. YANAGI and
Anne MCDONALD



About 100 participants

Part 1: Sato-Umi concept and its application in Japan
Part 2: Indigenous knowledge and community based approaches in Asian countries (7 case studies)
Part 3: Discussion Panel

瀬戸内海の沿岸域管理 — 将来に向けて —

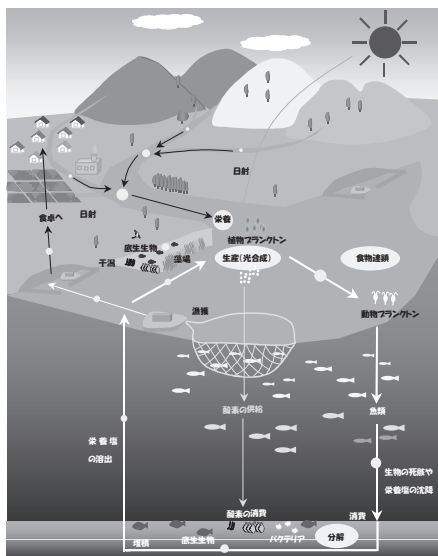
水質管理から生態系管理へ

所轄別・空間別管理から
統合的沿岸域管理へ

防災・気候変動への対応

縦割り行政からの脱却
多様な活動の包括的連携

地域主導の「里海づくり」は
有力なアプローチの一つ



(図: 海洋政策研究財団)

気候変動時期における

沿岸域土構造物の管理—河川・海岸堤防

岡 二三生

京都大学 大学院工学研究科
社会基盤工学専攻 教授

背景

温暖化に伴う気候変動の沿岸域への影響(4次ICPP 2007)
豪雨、台風、高潮 特に100年で2℃以上の温暖化
海面上昇による湿地、低地の消失

気候変動への対応技術は人類の生存にとって欠くべからざる技術

背景 河川堤防、海岸堤防

河川

- ・都市周辺河川流域の堤防の局所的な経年劣化
- ・大都市部での地下水くみ上げ規制に伴う地下水位の上昇
- ・気候変動によると思われる集中豪雨災害の発生
(H16はじめ豪雨災害, 台風災害による破壊の頻発)
- ・近々発生する大規模地震への備え
(地震と豪雨の複合災害: 新潟県中越地震、中越沖地震)
- ・治水施策の見直し ダムなど

海岸

- ・海面上昇 津波高潮災害の増大、塩水化
- ・地下水位の上昇による液状化の被害
- ・高波、台風による高潮災害
- ・集中豪雨災害 破堤 内水災害
- ・地震による津波
- ・沿岸域の堤防や付属施設の経年劣化、陥没、吸出し
- ・治水施策の見直し 高潮災害の発生

総延長 34,415km、海岸保全区域 13,571km 要保全海岸15,867km
砂浜海岸 23% 崖海岸 25% ; 海岸保全施設の延長 490km

堤防の劣化

□ 河川堤防:、国土交通省、平成8年度より浸透に対する安全性の調査全国10,118kmの直轄堤防;平成18年12月末で点検対象延長の約64%にあたる6,476kmの区間、そのうち点検済延長の約37%にあたる2,396kmの区間において安全性が基準を満たしていない。

国が管理している河川での必要堤防延長は約1万3千km、このうち堤防断面を確保している区間は約6,9千kmとなっており、計画高水位にも満たない堤防も約2,5千kmとなっている。

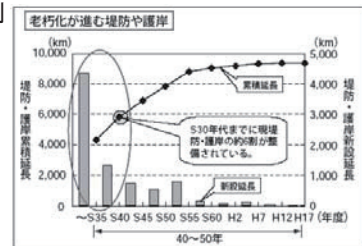
□ 浸透、安定、クラック、不同沈下、陥没

海岸堤防の劣化

□ 50年以上の護岸

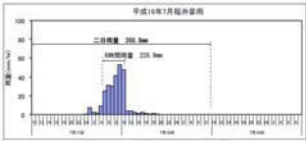
・堤防が 約5割

砂浜侵食劣化
海岸160km



国土交通省 港湾局

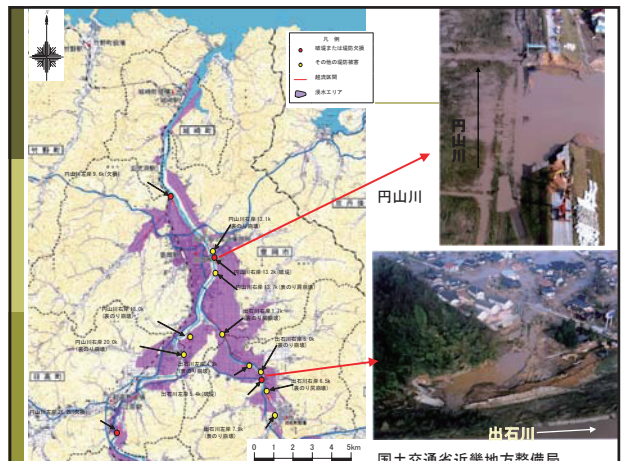
福井新聞(14:30撮影)



足羽川 木田橋上流の
左岸堤防の破堤(13:30頃)

洪水災害調査: 地盤工学会関西支部
平成16年兵庫県円山川、出石川、
福井県 足羽川
平成21年兵庫県佐用町

福井新聞(14:37撮影)



平成21年台風9号による降雨



等雨量線図
(24時間降雨量)

兵庫県:平成21年台風9号(8/9~8/10)
における雨量及び水位に関する資料,2009.

降雨状況(最大値を更新した地点)

	地点名	更新値(mm)	過去最大値(mm)
1時間降雨量	佐用	81	57(1999/9/15)
2時間降雨量	佐用	141	101(1999/9/15)
	一宮	103	95(1984/8/2)
24時間降雨量	佐用	326	187(2004/9/29)
48時間降雨量	佐用	348	250(1990/9/19)

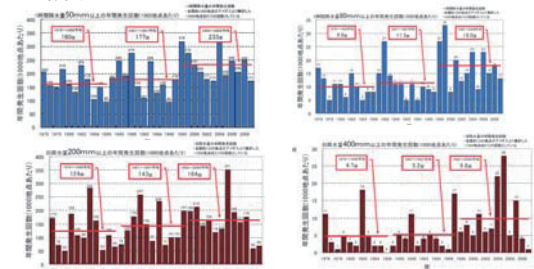
佐用町地域防災計画対象降雨
265mm/日(1/100確率)

避難は過去の被害に基づいて行われる

降雨量(気象庁)

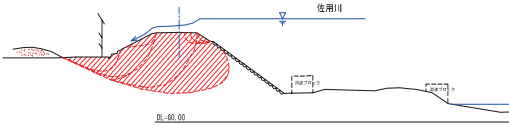
統計的有意性

1時間雨量



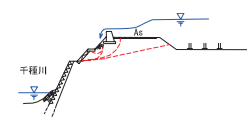
24時間雨量: 100mm以上は109年間で有意な増加傾向

越流による侵食(久崎地区)



堤防洗掘状況
地盤工学会関西支部報告書H21年

護岸の被害(堤内側からの外力)



地盤工学会関西支部報告書H21年

護岸の損壊(橋梁取り付け護岸)



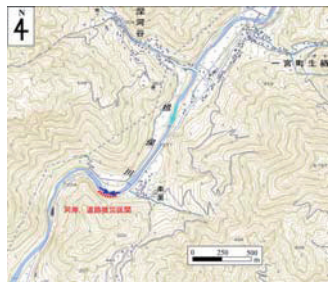
河野原

ピーバーダム現象、護岸上に越水、弱部護岸損壊



地盤工学会関西支部報告書H21年

護岸の損壊(洗掘)



尖栗市楽里



地盤工学会関西支部報告書H21年

豪雨災害まとめ

被害の主因は想定を**超**える降雨

□ 被害の誘因

特徴的な地形：谷底平野

①洪水の集中、②蛇行河川での越水、③人口資産の集中

□ 被害の特徴

①越水による堤内地での人的被害

堤内地への洪水による護岸の損傷

②損保川流域では護岸侵食が目立ち、大規模な河床変動、土砂移動が推定される。

③橋梁上下流部未整備区間での被害

④平成16年災害比較し被害規模が大きい

	H21年	H16年
時間最大	81mm	時間最大 37mm
24時間雨量	327mm	24時間最大 187mm

高波、高潮、津波災害

平成20年2月24日、低気圧による激しい高波(6m超)により、富山県黒部市、入善町及び朝日町の下新川海岸(しもにい)において海岸堤防が被災するとともに、越波等による住家の破壊や浸水被害等が発生した。

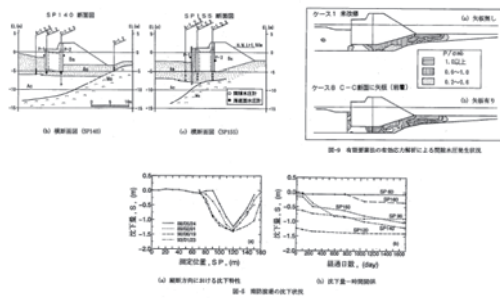


観測された最大有義波高及び有義波周期は、下新川海岸の計画波浪を超過。海岸堤防のり先が激しく洗掘、侵食により砂浜が欠けた状況の下で、高波が来襲し、吸出しなどによって堤体の空洞化が急激に進行し、一部の海岸堤防が倒壊。

国土交通省河川局

- 高波による越波対策：パラペット、人工リーフ
- 高潮、津波対策：海岸堤防、海岸護岸、防波堤、高潮水門

波浪による液状化、沈下(北海道奔幌戸浜中湾)捨石マウンドの効果



吸出し、陥没

- 埋立部や人工海浜において、砂の吸出し減少により空洞化が発生し陥没が起る。

- 例：大阪市内河口付近、大蔵海岸平成13(2001)年12月30日

空洞は、突堤ケーソンの目地部に、砂止め用に設置された防砂板が破損したため、破損箇所から砂浜部の砂が抜け出して生じたものと推定されている。

不飽和の地盤は土砂粒子間のサクシオンにより強いことやアーチ作用等によって空洞が大きく成長した結果、地盤の自重と被災者の重みに耐えられずに空洞が崩壊し地盤が陥没したと考えられる。

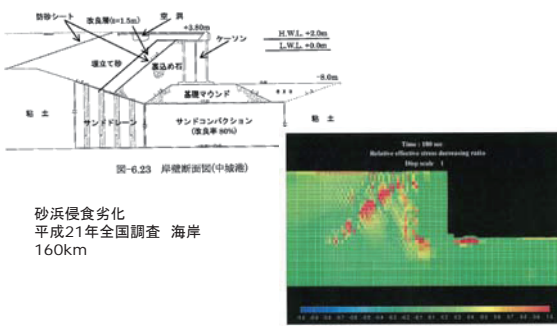
例：大阪市内河川 河口近くの護岸



土木学会海岸工学委員会



吸出し、陥没 沖縄中城(ナカグスク)港岸壁



塩水化、液状化

沿岸部、海岸平野の帯水層では、農業や工業の地下水利用を過剰に行うために、地下水位が下がり、地下水と海水のバランスが崩れ、海水が侵入し、地下水の塩水化が発生する。同様に海面上昇は地下水の塩水化をもたらす。



PIC太平洋諸島センター
淡水レンズの減少 ローラ島

豪雨や高潮などによって、土構造物の水分量が増加すると、地震によって液状化しやすくなり、土構造物の変形、崩壊が発生する。地震と豪雨の複合災害。

例 信濃川堤防 新潟県中越地震 2004年



地震・津波による沿岸の被害

構造物の被害
液状化被害
津波による浸水

【過去10年間に発生した最大震度6以上の地震及び今後30年以内の発生確率20%以上の地震】



流木、漂着ごみ 年間2万トンを超える

豪雨災害の風倒木の流出

福井豪雨後の漂着ごみ
押水町北川尻海岸
H16.7

H16年、H21年の豪雨による大量の風倒木の発生



国土交通省河川局

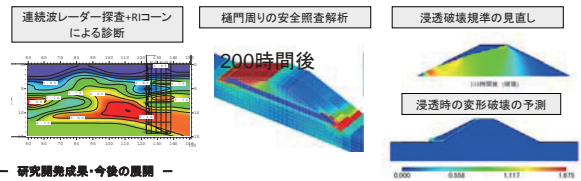
中日新聞9.11.2010 台風9号 伊東市の海岸に大量流木 漁港 復旧めど立たず
台風9号の影響で伊東市の海岸線の広範囲に大量の流木が漂着、静岡県熱海土木事務所、漂着した流木は、概算で港内が7800立方メートル、港の周囲が3万立方メートル。漂着物などから、台風で大きな被害を受けた酒匂川(神奈川県西部)流域、その上流の鮎沢川(小山町など)沿岸の倒木の可能性

堤防・護岸の変形・破壊メカニズム、解析と予測法

- ① 調査 } 原位置調査、物理探査(レーダー探査、電磁探査、弾性波) 不飽和-飽和浸透変形連成解析
 - ② 浸透
 - ③ 越流・浸食 } MPS粒子法(自由表面流れ)と FEM(浸透-変形連成)解析
 - ④ 洗掘・浸食 } 粒子法(離散解析)とFEM(連続体解析)
 - ⑤ 地震 } 動的(液状化)解析法
- 安定解析
流れ、波
変形解析 } 進行性破壊解析、流れ、地盤、浸透水のマルチフィジックス

堤防の調査・再生と強化法

- 堤防の劣化診断技術や安全性指標技術は十分な状況。物理探査法(連続波レーダ、高密度弾性波探査など)と室内試験(間隙水圧を計測する3軸試験)、原位置試験法(RIコーン)を用いることで、高精度の劣化診断が可能となる。
- 高度な浸透-変形連成解析法を用いることで、経済的で有効な対策工法、安全性照査が可能となる。



研究開発成果・今後の展開

- 調査法については、あらゆる地盤への適用性を高めること、さらに調査例を増やしデータベースを構築することが課題
- 解析法としては、実物大試験や室内試験などを用い、解析結果を実験結果と比較検証を増やすことが必要である。さらに大変形から破壊への過程の解析が可能な多相連成解析法の高度化と流れと地盤の相互作用を連成して行うことのできるマルチフィジックス解析法の開発が望まれる。

<http://makisuna2.kuciv.kyoto-u.ac.jp/okalabo/>

まとめ

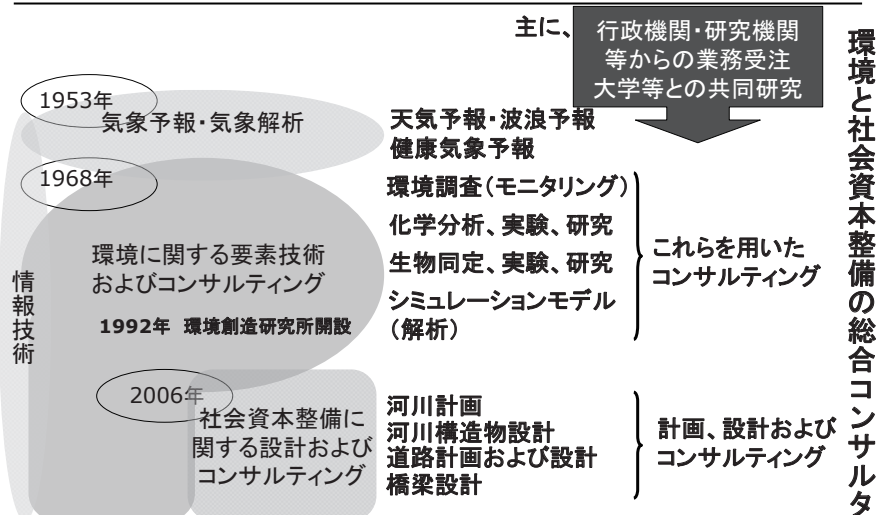
- 気候変動、異常気象による海面上昇、台風、集中豪雨の多発
- 集中豪雨によって河川、海岸堤防の劣化の進行、破堤の発生
河川、海岸堤防の劣化 空洞化、吸出し、塩水化、流木等のごみ
- 地震による震動や津波による被害
- 技術的対策 護岸構造の中で、コンクリート部のみでなく、地盤への対策が必要
- 技術開発: 物理探査、室内試験、高度解析法(浸透、越流越波、変形の連成解析法)による予測と対策

I GES-EMECS-APN 2010年度シンポジウム 「気候変動と沿岸域管理」

～民間企業での取り組み～

いであ株式会社
代表取締役会長兼社長
田畑 日出男
(工学博士)

はじめに(いであ株式会社とは)



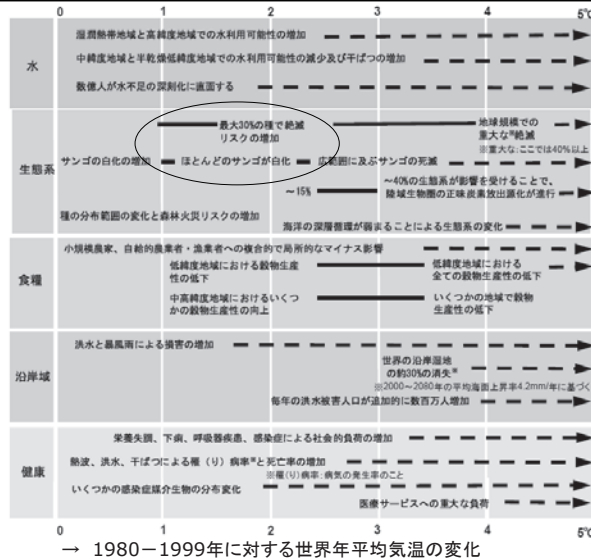
2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

2/16

世界平均気温の上昇による主要な影響

(影響は、適応の度合いや気温変化の速度、社会経済シナリオによって異なる)



出典: 2007/4/10
気候変動に関する政府間
パネル(IPCC)第4次評価
報告書 第2作業部会報告書
(影響・適応・脆弱性)の
公表について(確定版)

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

3/16

生物・生態系に係わる温暖化の影響の例(1)

～自然生態系～

環境省・農林水産省・水産総合研究センター・他WEB情報などから編集

陸域	ブナ林の衰退・再生不良	
	マツ枯れ・ナラ枯れ	カミキリムシ・キクイムシの北上
	湿原の乾燥化	ササ類、ハイマツ等の侵入
	積雪減少によるシカ・サル・イノシシ等の分布拡大	採食圧の増加
	チョウ・セミの北上	ナガサキアゲハ、クマゼミの北上
淡水域	冷水魚の分布縮小	アユの北上、在来種との競合
	深い湖での貧酸素化	冬季の鉛直循環の停滞
	冬季水温上昇によるプランクトン類の変化	大型珪藻から小型鞭毛藻へ
海洋	海洋生物の分布及び量的変動	クラゲ類の異常増加、ミドリイガイ
	海水付着藻類の減少	
	流水の減少とそれに伴う大型哺乳類、海鳥等の減少	オホーツク海
沿岸	海洋生物の分布及び量的変動	アサリ、アカモクの減少
	種間関係を通じた生態系への著しい影響	アイゴ増加による藻場衰退
	サンゴ分布の北上、マングローブ林の北上	
	サンゴ礁の白化頻度の増加	サンゴ礁→藻場へ変化
	海面水位上昇による干潟の減少	干潟生物減少、渡り鳥への影響

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

4/16

生物・生態系に係わる温暖化の影響の例(2) ～食糧分野～

環境省・農林水産省・水産総合研究センター・他WEB情報などから編集

農業	コメ	生育期間の短縮、病害虫の発生、食味の低下(西日本)、受精障害(関東・東海)
	柑橘	着色不良(四国、九州)、浮皮症(関東以西)
	ナシ	萌芽早期化による凍霜害(東海以西)
	イチゴ	花芽分化遅延(関東以西)、生育不良(東北以南)
	茶	萌芽早期化による凍霜害、病害虫の多発・発生パターンの変化(関東以西)
畜産業	畜肉	暑熱による受胎率低下、乳量・肥育の低下
	飼料	牧草の夏枯れ、サイレージ調節後の品質低下(東北以南)
水産業	回遊魚	サワラ漁獲量の増加(日本海)
		ゴマサバの増加とマサバの減少
	沿岸性 魚介藻類	熱帯・亜熱帯性エイの北上によるアサリ・カキ等二枚貝の捕食(西日本海域)
		南方系ホンダワラ類の増加による四季藻場から春藻場への変化(九州)
		南方系植食性魚類(アイゴ・フダイ)の増加による藻場衰退(西日本)
	養殖	養殖適地の北上
		ノリ漁期の遅れ(九州)
熱帯性有毒プランクトンの増加(西日本)		
異常低気圧によるホタテ漁場被害(北海道)		

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

5/16

生物・生態系に係わる温暖化の影響の例(3) ～健康分野～

環境省・農林水産省・水産総合研究センター・他WEB情報などから編集

分類	影響	適応策
暑熱の影響	死亡リスクの増加	保健指導マニュアル、高齢者ケア →救急医学会の取り組み推進
	熱中症の増加	熱波警報システム、高齢者ケア →生気象学会、救急医学会の取り組み推進
感染症への影響	蚊媒介感染症域の北上 デング熱	触媒蚊の分布・発生状況調査 →発生環境の除去
	アカイエカ幼虫の越冬(近畿) ウエストナイル熱	ワクチン接種・抗体調査 →新ワクチン・新治療法開発
	東南アジアからの新たな日本脳炎媒介蚊の侵入	
	水系感染菌検出域の北上	魚介類生食の衛生状況注意

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

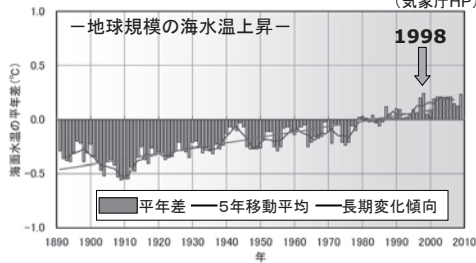
6/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(1)

世界の年平均海面水温年差(1891~2007)

(平年値:1971~2000年:18.105°C)
(気象庁HP)



1998年夏 世界的に白化現象が発生

- 白化大規模
- 白化中規模
- 白化軽微
- 白化規模不明
- 白化観察無し



出典:グレートバリアリーフ海中公園局(2006)

2010/10/08

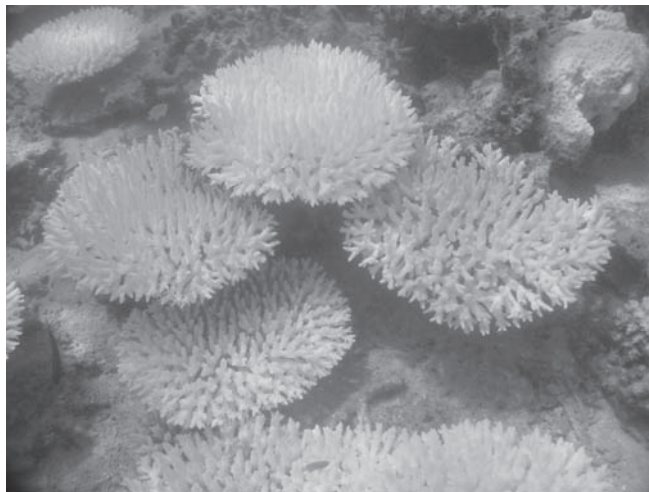
いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

7/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(2)

海水温上昇(30°C以上)の長期化によるサンゴの白化・死滅



高水温が原因の共生藻(褐虫藻)の離脱による栄養源の喪失

2010/10/08

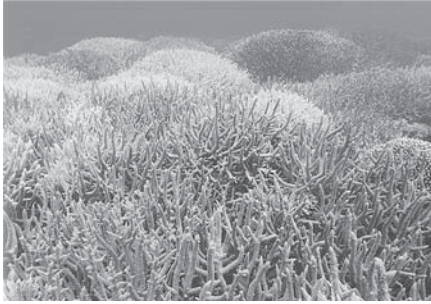
いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

8/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(3)

石西礁湖:白化による衰退



サンゴ群集→海藻繁茂の瓦礫場



2010/10/08

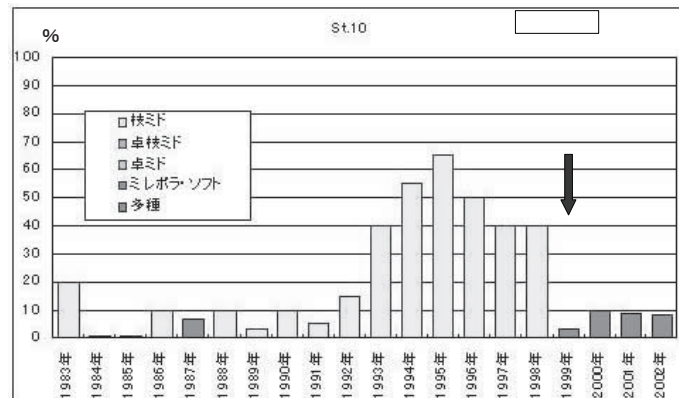
いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

9/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(4)

石西礁湖:白化による衰退



石西礁湖黒島におけるサンゴ被度(%)変遷

(環境省HP)

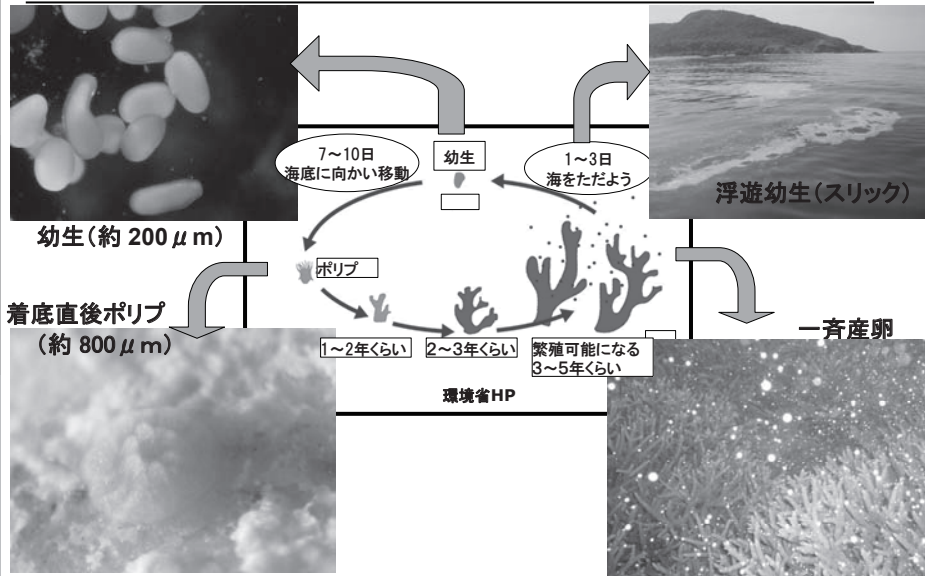
2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

10/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(5)



2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

11/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(6)

着床具によるサンゴ移植種苗の生産技術の開発

東京海洋大学岡本助教授(当時)と共同研究

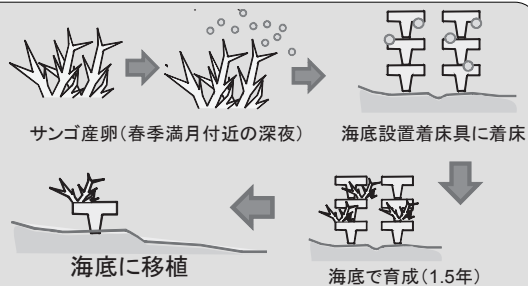
開発した技術の特徴

- ・従来の断片移植のように 既存サンゴを傷つけない
- ・幼生着床による(有性生殖法)
- ・多様性にとんだ種苗を、大量に生産することが可能
- ・移植が容易
- ・幼生の着床、成長が容易
- ・環境的にも優れた材質



着床具による サンゴ移植種苗生産の手順

有性生殖による
世界初の試み



2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

12/16

いであの取り組み事例紹介

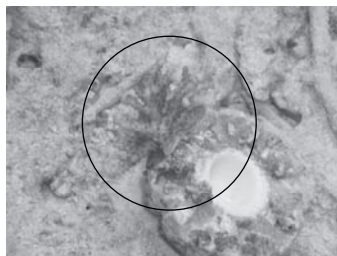
白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(7)



サンゴ幼生着床具



重ね、並べて海底に設置



移植した種苗



着床後、海底で育成

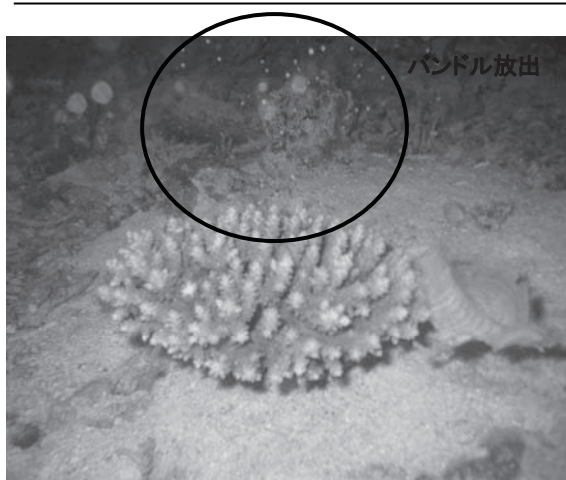
2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

13/16

いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(8)



バンドル放出

「環境省石西礁湖自然再生事業」

2002年 サンゴ分布調査開始
2004年～着床具設置遊葉開始
2006年 種苗移植

→2006年2月に移植した
ハナガサミドリイシ

☆2010年5月7日22:30 産卵

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

14/16

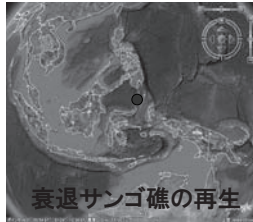
いであの取り組み事例紹介

白化現象による衰退・死滅
サンゴ礁の再生(9)

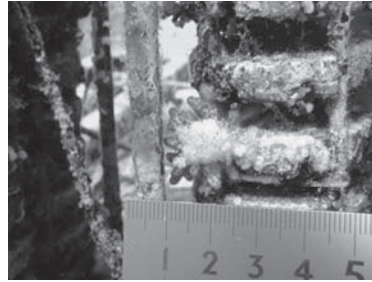
- 世界のサンゴ礁は20%が消滅し、10～20年後にはさらに15%が消滅の危機にある
- サンゴ礁再生は保全に対する中核的事業として位置づけられている
- 国際協力案件としても展開が期待される

東南アジアへの展開

インドネシア北スラウエシ州



衰退サンゴ礁の再生



いであ株式会社・東京海洋大学・サムランギ大学(現地)との共同研究

今後の取り組み

高温耐性の褐虫藻の分離・培養ならびに増殖技術の確立

2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

15/16



2010/10/08

いであ株式会社 代表取締役 田畑日出男

16/16

2010年度 IGES-EMECS-APN シンポジウム報告書

発行：財団法人地球環境戦略研究機関(IGES) 関西研究センター
〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通 1-5-2 人と防災未来センター 東館 4F
TEL: 078-262-6634 FAX: 078-262-6635
URL: <http://www.iges.or.jp> E-mail: kansai@iges.or.jp

All rights reserved © 2009 IGES

※この出版物の内容は各発表者・執筆者の見解であり、IGES の見解を述べたものではありません。
IGES 出版物の使用（転載等）については、IGES の事前の承諾が必要です。



財団法人地球環境戦略研究機関(IGES) 関西研究センター

〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2 人と防災未来センター東館4階

TEL: 078-262-6634 FAX: 078-262-6635

E-mail: kansai@iges.or.jp



財団法人国際エメックスセンター

〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1丁目5-2 人と防災未来センター東館5F

TEL: 078-252-0234 FAX: 078-252-0404

E-mail: secret@emecs.or.jp



APN事務局

〒651-0073 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2人と防災未来センター東館4F

Tel: 078-230-8017 Fax: 078-230-8018

E-mail: info@apn-gcr.org