

# リレー講演

## 「琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について」

滋賀県 琵琶湖環境科学研究センター

副センター長

加賀爪 敏明



ただいまご紹介いただきました、滋賀県の琵琶湖環境科学研究センターの加賀爪でございます。よろしくお願いいたします。

**(スライド 2)**私の方は岸本先生のお話とかなり近い流れになっておりますけれども、まず琵琶湖の水質の状況からお話いたします。それと密接に関連しますプランクトンの変化、特にいろんな植物プランクトンの変化の状況。それから3つ目にはその他の生態系の変化、魚でありますとか、他の生き物のわかっている兆候についてお話します。そして最後に、先ほどお話が出ましたけれども、琵琶湖の深層部におけます低酸素化と温暖化の関係について考えていきたいと思っております。

**(スライド 3)**琵琶湖の水質調査地点ですが、先ほどありましたように47定点がありまして、滋賀県のみならず国土交通省、それから水資源機構様に連携・協力いただいて、分担しながら調査を実施しています。多いところでは月2回測っております。

**(スライド 4)**私どもの水質調査船は2隻ありまして、水質調査、定期的なモニタリングなどに使うのは上の方の「みずすまし2世」号、高速で大量に物を運べる。下の方が実験調査船、少し停まっているいろいろな計測を行うという機能を使い分けて動かしております。

**(スライド 5)**まず水質調査項目の中で一番なじみの深いと言うか、わかりやすい透明度。これは30cmのセッキ円盤を沈めまして、どこまで見えるかということでもあります。

データを挙げますと、上が北湖で平均水深40mを超えるので、水質もきれいですので透明度も高いわけですが、近年右上がりで良くなっている状況。南湖の方も平成9年辺りから多少良くなっている状況です。

**(スライド 6)**CODです。これは琵琶湖の湖沼の環境基準で一番重要視しているキーになる項目でありますけれども、有機物の量を見ているわけですが、これは昭和54年、富栄養化防止条例、りんを含む合成洗剤の規制、工場排水の窒素・りん規制等をやりました。そういった条例の効果かと思っておりますけれども、湖における生産が下がって落ちたというふうに思っております。

それが右下がりでありましたけれども、昭和59年辺りから単調に右上がりになっている。近年は横ばいでありまして、そういう状況があります。

**(スライド 7)**これはBODとCODを並べております。上は北湖のCOD、下はBODの項目です。BODは単調に右肩下がり。生物的に分解を受ける有機物というのは単調に減っている

ということを表します。

ところがCODについてはあるときを境に上昇に転じている。このことがよくわかっておりませんので、このメカニズムについて詳細に今研究を開始している途中です。ある一定のところはわかりかけております。

**(スライド 8)**これは全窒素の変化です。北湖は赤、南湖は緑、南湖の方が濃度が高い状況です。そうして見れば近年は両方良化しているということ、0.4 から 0.3 辺りに南湖も下がってきております。

**(スライド 9)**これはトータルリンの変化です。全窒素だとかりんだとかいうのは栄養塩の項目で、富栄養化、湖の植物の生産の鍵となるような項目、こういう2つの項目が制限因子となって富栄養化のキーを握っているというふうに見ております。

そのリンであります、昭和54年以降急激に下がっておりまして、上の方が南湖ですが、北湖におきましてずっと低下傾向を示しております。現在は環境基準をリンに関して言いますとクリアしております。

**(スライド 10)**琵琶湖の水質というのは何で決まるのかということですが、おわかりいただけると思うのですが、琵琶湖の流域、山の方から平野にかけて、河川を経由してほとんどのものが、外部負荷が入ってくる。もちろん湖面降雨という形で直接雨が入りますし、その他に琵琶湖の中で内部負荷、植物プランクトンとか水草のような生産が行われてそこに有機物が出てくる。これらの両方を押さえないといけないということがあります。

**(スライド 11)**まず湖内ですが、植物プランクトンといいますと、琵琶湖のプランクトンは非常にたくさんおります。そのいろいろなものをここに表しておりますけれども、ここには挙げきれない無数のものがあります。

**(スライド 12)**2つ目の話題でプランクトンの

状況ですけれども、北湖のプランクトンの細胞容積量、これは岸本先生の話にもありましたが、見てみますと幅が随分狭くなっている。全体的には最大値が下がっている、最低値も上がっているという収束しているような状況が出てきております。

**(スライド 13)**同じ今津沖中央、今津から長浜の中央ラインの真ん中辺であります、その表層のプランクトンの種類の数が概ね右肩下がりで小さくなっている。種類数が減ってきているということでもあります。

**(スライド 14)**プランクトンに関連しまして急激に発生するような事象がいくつかあります。まず最初に琵琶湖は淡水でありますけれども、赤潮問題の発生がありました。その赤潮の発生した状況はこんなふうになります。

透明度を測っておりますけれども、こんな色になってすぐに見えなくなる。バケツで汲んでもこんな色になる。非常に磯臭い匂いが一面にした状況であります。昭和52年に大発生しまして大きな問題になりました。そのことが琵琶湖の水質保全の取り組み、県民意識を一気に高めたということでもあります。

**(スライド 15)**中身としては、このウログレナアメリカーナという群体でして、これを拡大するとこれです。これは何千何百の鞭毛藻が群になっている、球体状になっている。1個1個はもっと精子のような形で、頭があってしっぽがあって、鞭毛がありますので動くこともできる。光合成の働きをしますから、植物プランクトンの要素もあり、動物プランクトン的な性質もあり、両方持っている。こういうものです。これが大量に発生したわけでもあります。

**(スライド 16)**最近の状況ですが、昭和52年の初期発生からぐっと回数が多かった日数が、ずっと下がってきて、ほとんど見られなくなりました。今年はめずらしく一度出ました。そんな大きな地域、広がりにはなかったんですけれども発

生しております。これが赤潮の状況です。

ウログレナそのものは非常に汚濁の進んだ水系に出るようなタイプのプランクトンでは実はなかったんです。割と寒い山間部の湖で比較的きれいなところに見られるようなプランクトンでありました。その端境期、前にあるプランクトン等が随分栄養をとった後、隙間をねらって出てくるようなそういうタイプのプランクトンです。

(スライド 17)次はアオコであります。琵琶湖ではアオコが近年出るようになっております。これは大津市の際川で出ている状況、これは琵琶湖の文化館の状況。ものが違いますけれども、これはオシラトリアというタイプのもので、もう少し臭いのするタイプのものですね。これだけ見ると琵琶湖は大変じゃないかということになりますけれども、狭い水域でございます。

(スライド 18)アオコを形成するプランクトンは1種類でだけでなく、有名なのはマイクロキスティス、アナベナという、それからオシラトリア、これもマイクロキスティスのペーゼンベルギですね。これはスピロイデス、これはオシラトリア・カワムラエという巨大なもので肉眼でも見えます。毛髪のようなサイズのものであります。

(スライド 19)赤潮は減ってるんですが、アオコは近年総じて増えております。この辺から見ると今増えているかということとは言えないですけれども、全体的に見れば増えてきているということでもあります。

(スライド 20)アオコ・赤潮の発生場所ですが、アオコは左の図、南湖の周辺部、湖の中のごく一部、港湾であるとか、船泊りのような、ほとんど水が止まっているようなところに出ます。

赤潮は比較的広がりを持つ北湖で成長がいろいろなところに突如出てくる。かなり範囲も広く、割と沖合に出てくるというもので、少し状況が違います。

(スライド 21)先ほどのアオコとの関連もあるわけですが、プランクトンの種類を全部毎月2回定点で採ってずっと調べているわけですが、その種類を見てみると植物プランクトンの総細胞の容積で藍藻が占める割合というのが徐々に増えているということがあります。アオコが増えている。様々なタイプの藍藻類が琵琶湖の中で増えてきている状況がわかっています。

これは色を変えて藍藻を赤で示しております。1979年からずっと調べてこういうふうに、この赤の出る頻度が増えてきているということがわかります。

(スライド 22)この緑藻類の大きなピークというのがほとんどなくなってきている。琵琶湖のプランクトンの組成が変わってきている状況が、こういうふうに長期にずっと観測してまいりますとわかってくるということになります。

(スライド 23)そしてピークの出方も、これは4月、5月、ずっと1月、2月まで季節を追って見ていますが、春のピーク、秋のピークというのが1980年ごろはあったんですね。いろいろのところで秋のピークは顕著にあった。

(スライド 24)ところが2008年のごく最近のものだと、春のピークはあるんですが、秋はない。こういうふうな巨大なオシラトリア、カワムラエが出たらこんなふうになります。秋のピークはない。そういうふうに、不思議とそれが出てくる季節のピークの出方も変わってきているという徴候があります。植物プランクトンを中心にプランクトンの状況が変わってきていることは見ていただけたと思います。

その他の生物に関して言いますと、系統だったモニタリングを我々の方が全部きっちりやっているわけではありません。これはいろんなところで言われているもの、それから報告のあったもの、そういうものからのデータになります。

すので、ちょっと扱いが違います。

(スライド 25)これはオオクチバスであります。琵琶湖ではオオクチバス、それからブルーギル、これが1970年、80年辺りに入ってきて、恐らく釣りのマニアか関連業者かが入れたのだと思いますけれども、それが随分増えまして、今では定置網で引けば場合によっては80%を超えるようなものが、そういう外来種のオオクチバスなりブルーギルという形になっております。

追いやられておりますのは在来魚でして、前から琵琶湖にいるような、琵琶湖にしかないような種類が魚類で確か15種類ぐらい固有種としているんですが、そのうちの11種類、70%を超えてそういう希少な扱いというか、絶滅危惧状態、希少種、そういうものにも分類されるようなものに残念ながら少なくなっているということがあります。これは必ずしも温暖化ということとは関係ありませんけれども、外来生物による脅威というものが在来の生物を侵略しているという状況であります。その他、魚で今日は写真を出しておりませんが、ブラジル、南米にいるような暖かいところにいる魚が増えたりということも方々で報告されておりますし、越冬している可能性も出てきております。その辺りは温暖化と関連がありそうなお話です。

(スライド 26)水草の状況であります。左側は1997年から98年の状況。これは2002年の状況で、一番近い2003年のデータであります。1994(平成6)年に大渇水がありまして、基準の水位からマイナス123cmぐらいの渇水がありました。それ以降南湖の方で水草が増えるという傾向が出ていまして、現在は6割、7割を占める底面が水草で覆われております。

(スライド 27)昔、戦前は非常に背の低い在来の藻が中心だったんですが、現在は在来のものを含めて外来の沈水植物で非常に背の高いよ

うなタイプで、大量のバイオマスが夏場を席卷するというので、水の流れを制限しまして、中央部はよく流れるけど周辺部はほとんどさえぎられて止水域になっているという状況が南湖では出ているわけでありまして、その辺の推移を示しています。

(スライド 28)その他、植生の方でもいくつかありまして、樹林化であるとか、沼化、優占種の交代等もあります。その20年間の変化の中で熱帯性植物群の増加・繁茂というものも確認されております。セイタカヨシとかダンチクとか、私は詳しくありませんが、そういう熱帯性のものが増えてきているということが、湖岸の植生におきましても出てきているようであります。

(スライド 29)これはミズヒマワリという外来植物、これは園芸に使われる形で湖内にも入ってきて、これは新草津川という川でありますけれども、その緊急駆除をボランティアがやられている状況であります。

心ないと言うか、何気ない行動が侵略的な拡大をさせるようなことになって、植物生態系も変えていくという事例であります。95%以上カットしないと、どんどん増えていくと言われていまして大変であります。

(スライド 30)次に温暖化の関係ということで、午前中お話がありましたでしょうが、彦根地方気象台のデータをお借りしました。1893年から現在までの間で平均で約1.3℃上がっているようであります。

(スライド 31)それに関連してソメイヨシノの開花時期も早くなっている。1953年から現在の間では4日ほど早くなっているようであります。

(スライド 32)それと琵琶湖の関係で、これは琵琶湖の水深77m、水産試験場が随分昔から調査しておりまして、そのデータをお借りしておりますけれども、1965年から2005年までのデ

ータです。単調に上がっているわけではないです。上下を繰り返して1985年、この辺りから高め安定と言いますか、一定のレジームシフト状に高くなってきている。1985年以前と1985年以降との最高温度を見ていただいたらわかりますけれども、随分違うということがわかりいただけます。

(スライド 33)現在何が起こっているかというお話であります。琵琶湖の北湖の今津の沖、今津-長浜ラインの中央、ここが定点で、この定期モニタリングで発見したわけですが、この一番底の方で溶存酸素が低くなっています。

(スライド 34)詳しく見るとこれが80mライン、これが90mライン、その内側というのは特に低酸素が進んでいる。だから定点を増やして計器も置きまして、先ほどの岸本先生のお話ではないですが、水温、DOを15分ごとにデータを送る。その水温の精度も0.002°Cまでの誤差で計れる超精密なものを使いまして観測をしております。

夏場の水温は上は水温が高くて、ここがサーモクラインですが、水温が急激に変わる水温躍層ですが、そこを経てあとは同じ水温ということになります。冬場は上から下まで同じです。完全に混合される。

(スライド 35)記録的な暖冬がありました、平成17年の1月、2月はこの平年値から外れております。これはDO、溶存酸素濃度の季節変化で極端に低い状況。普通だったら2月に冷たい空気に冷やされて水が沈み込んで垂直混合が起こるわけです。これを全循環と言います

が、記録的な高温、プラス1.5°C、2.5°Cの月ですね、1月、2月が高かった。それだけで琵琶湖の全循環が起こらない。一番底までは混合しないという状況が出てきました。そのデータがこれです。

(スライド 36)これでは大変だ、このままだと駄目だということで心配したんですが、3月下旬に全循環が寒の戻りで直りました。これはそのときの気温の差であります。

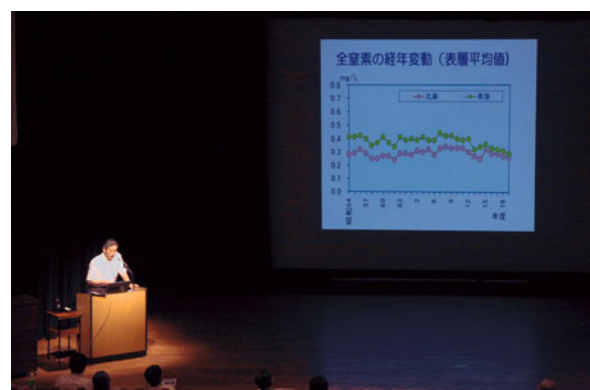
(スライド 37)DOがずっと下がってるという中で底層のバクテリア、チオブローカとかメタロゲニウム、そういう還元状態、酸化還元の変化で出てくる生物も見つかっております。

(スライド 38)これはそのメカニズムです。

(スライド 39)鹿児島県の池田湖、これはかなり南の方でありますけれども、ここの湖で水深200mぐらいのカルデラ湖であります。 (スライド 40)20年ほど前に無酸素化になって、底泥・底層のバクテリア、ユスリカ、イトミミズ類はほとんど死んでいるという状況であります。そういうふうになってはいけないということで心配しております。

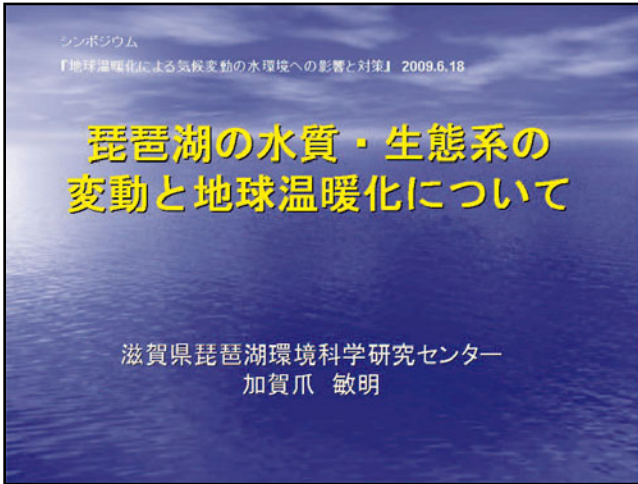
(スライド 41,42)機構等を調べるモニタリング、数値解析、生物を使った実験なんかを行いまして、琵琶湖の底層の低酸素化にかかわる影響に対して、どうやって行けばいいのかといった関連の調査研究を県の方では続けております。

以上で説明を終わらせていただきます。





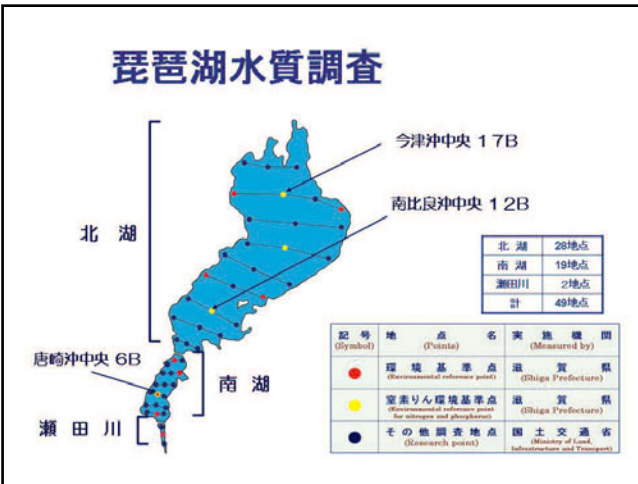
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



スライドー 1

- 琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について
- 水質の状況
  - プランクトンの変化
  - 生態系の変化(外来種の侵入など)
  - 北湖深層部の低酸素化と温暖化

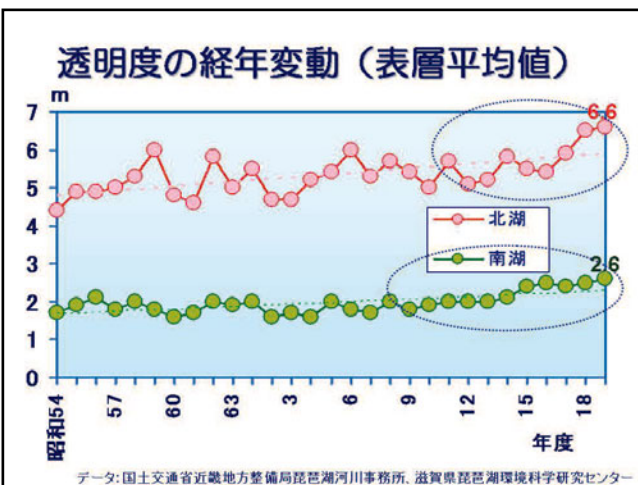
スライドー 2



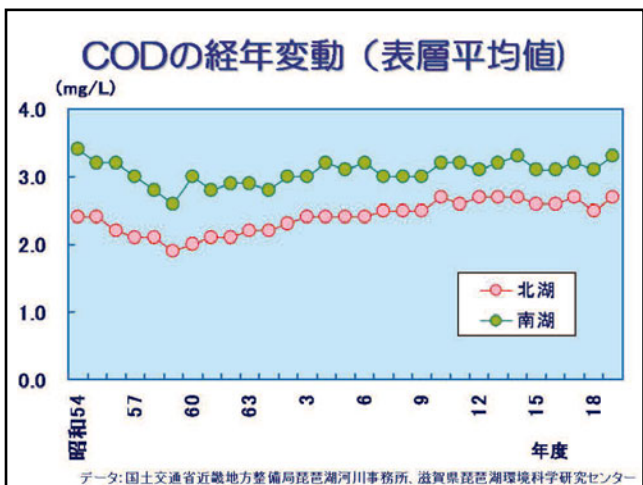
スライドー 3



スライドー 4

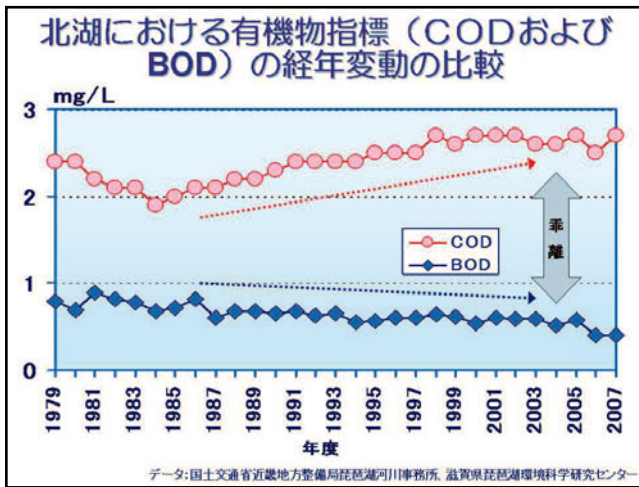


スライドー 5

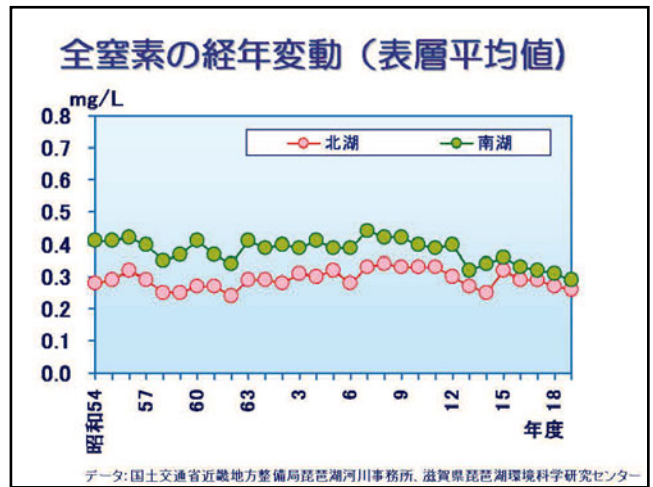


スライドー 6

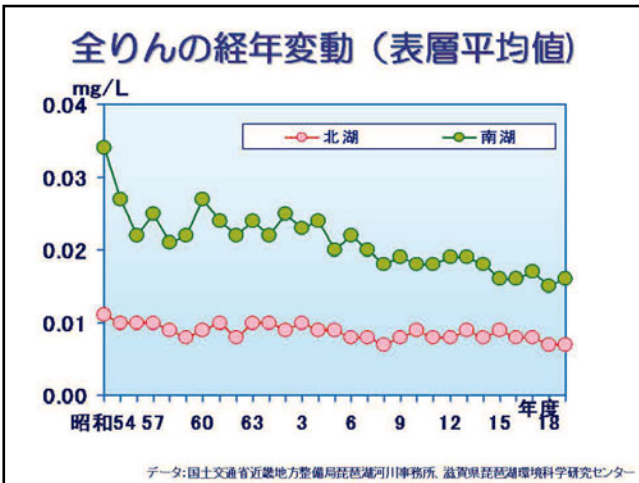
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



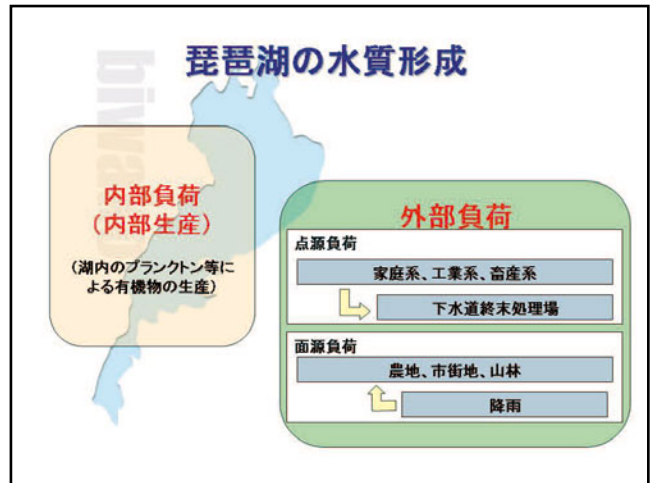
スライドー7



スライドー8



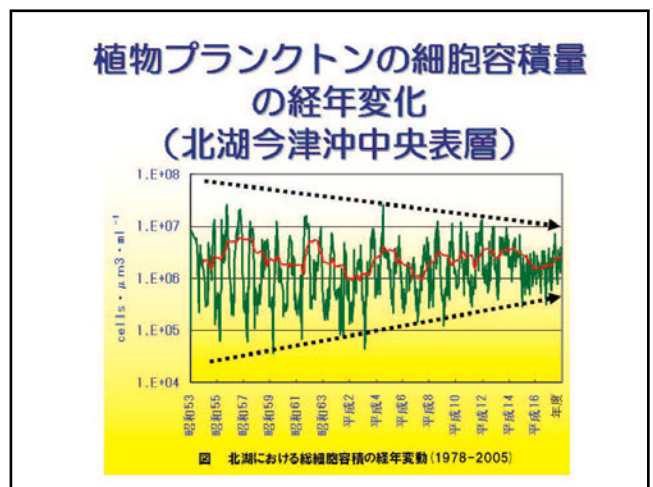
スライドー9



スライドー10



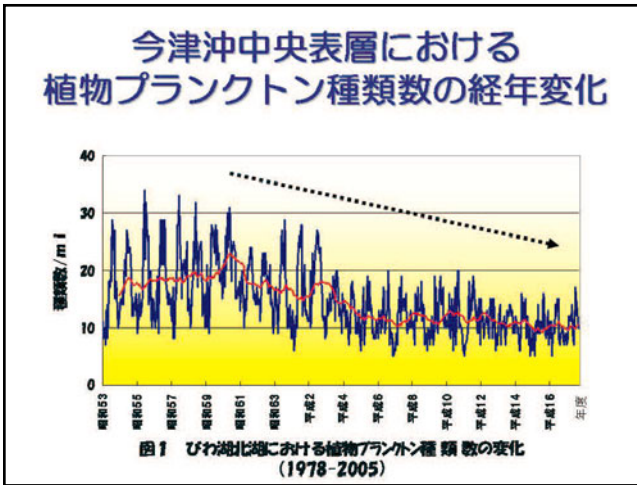
スライドー11



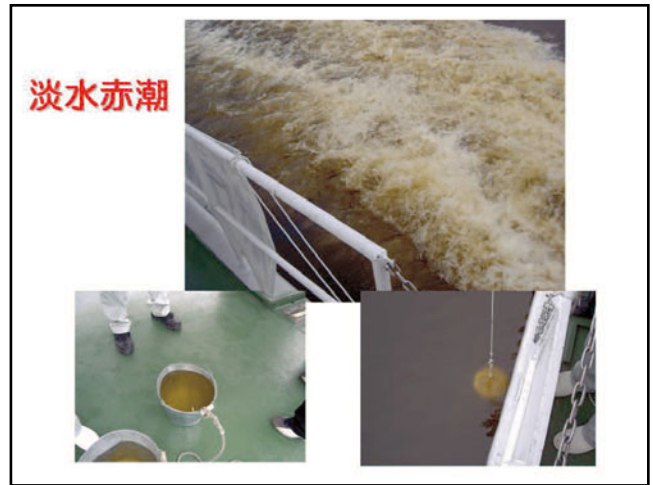
スライドー12



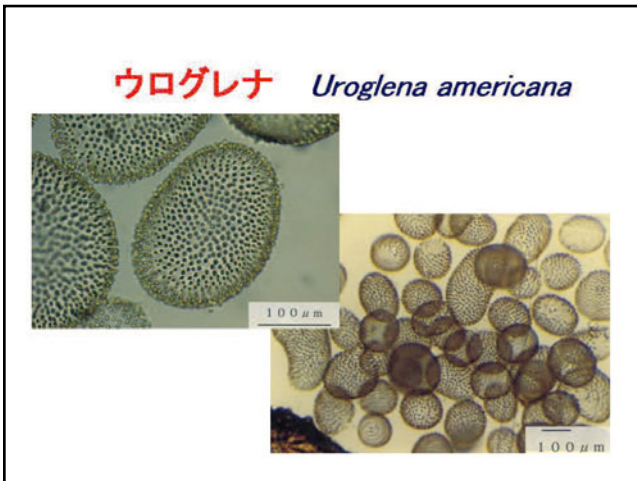
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



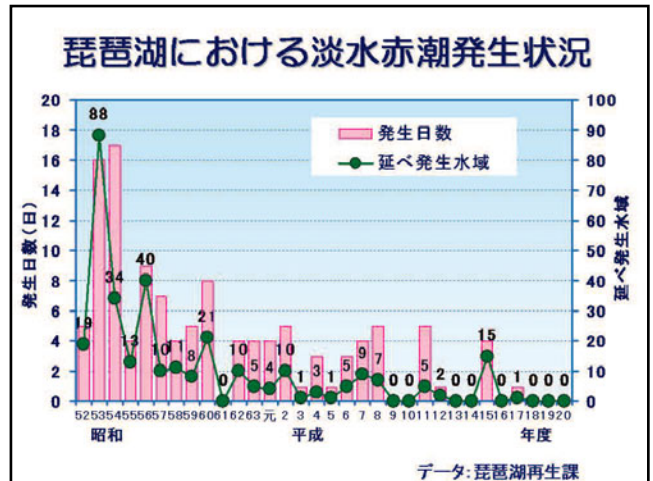
スライドー13



スライドー14



スライドー15



スライドー16



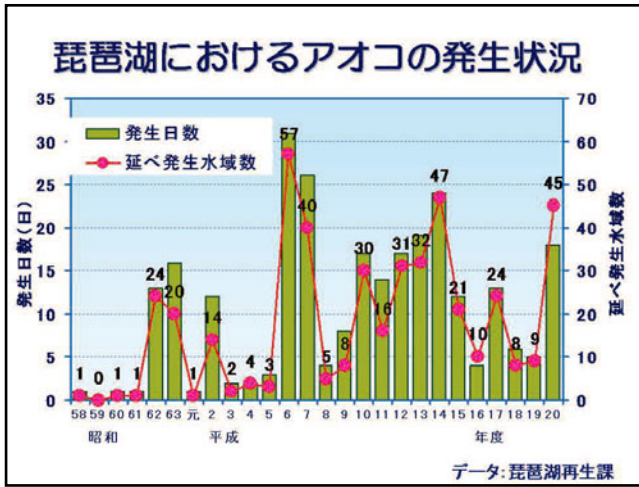
スライドー17



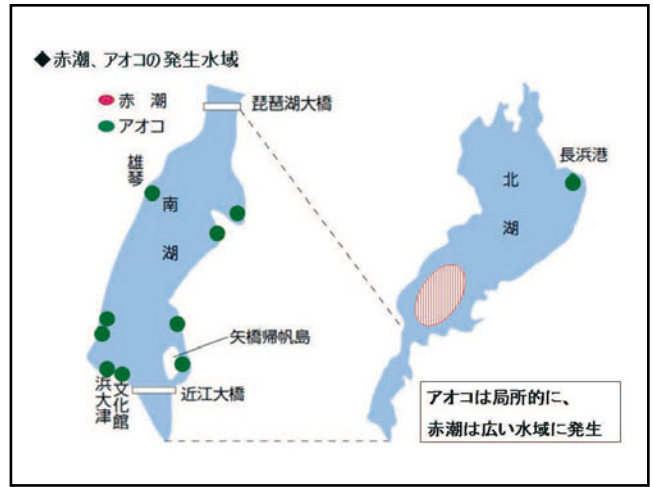
スライドー18



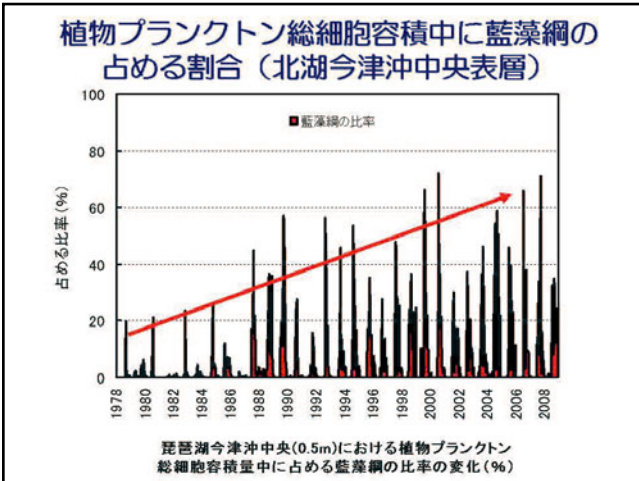
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



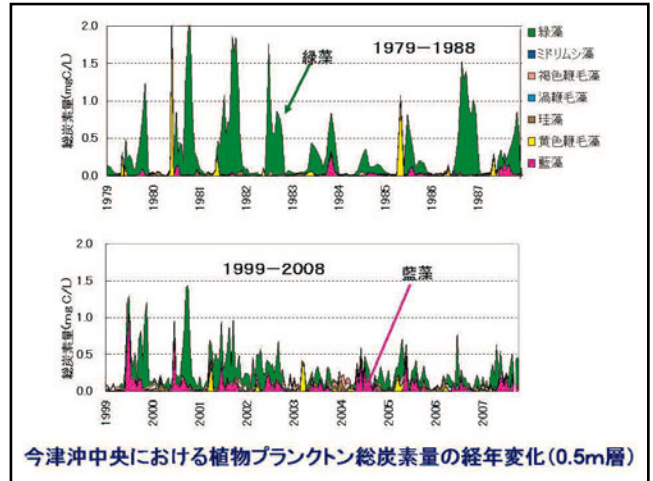
スライドー19



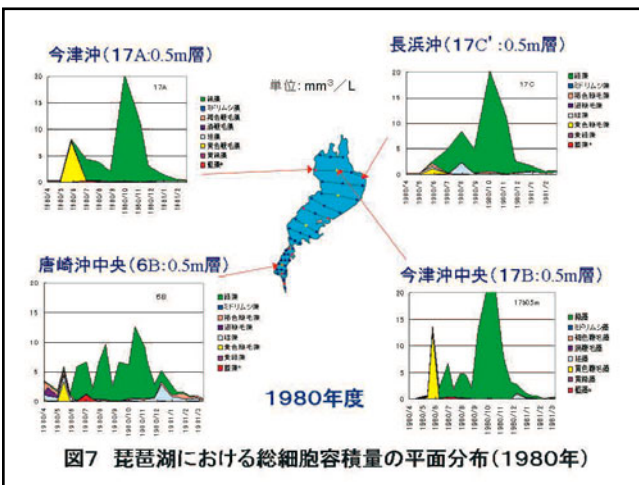
スライドー20



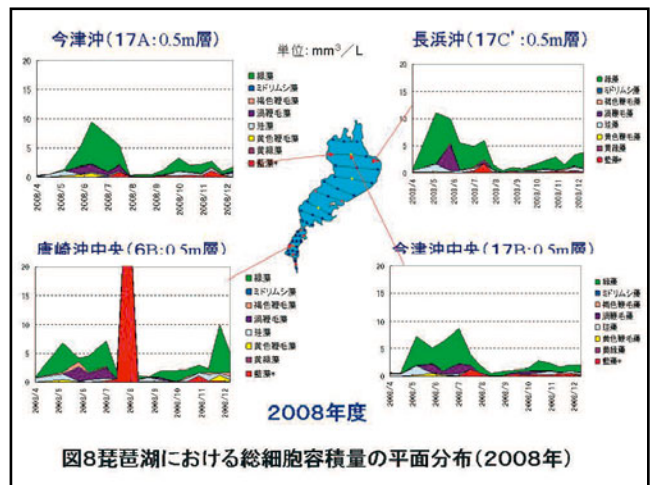
スライドー21



スライドー22



スライドー23



スライドー24

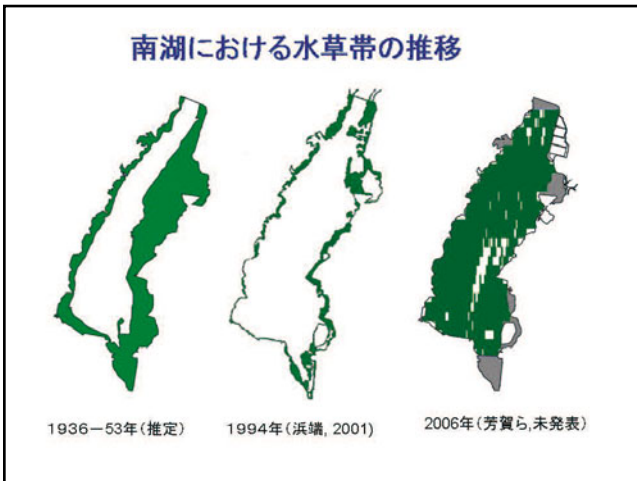
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



スライドー25



スライドー26



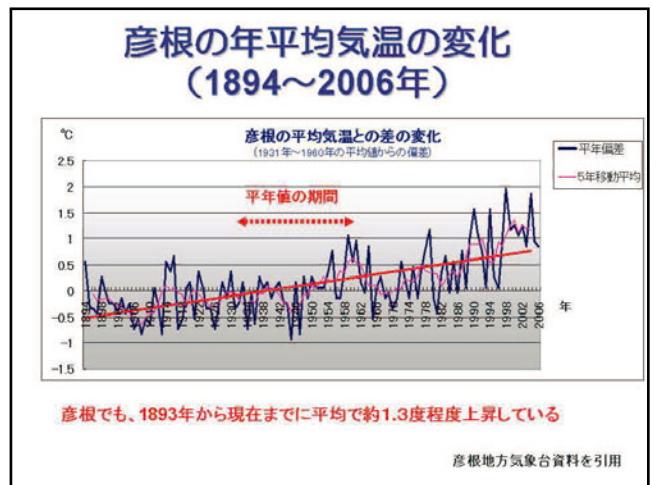
スライドー27



スライドー28



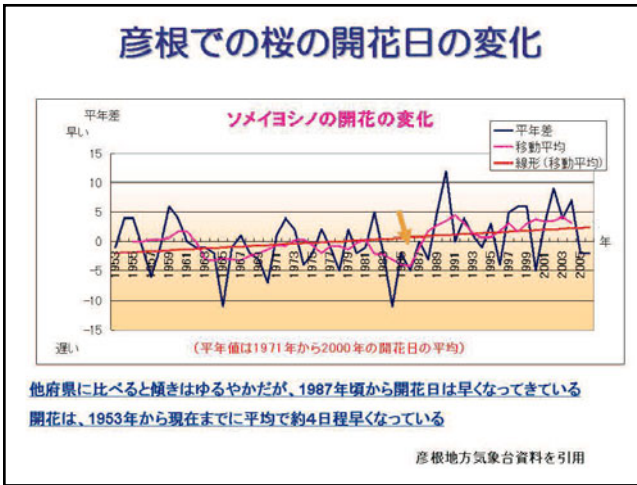
スライドー29



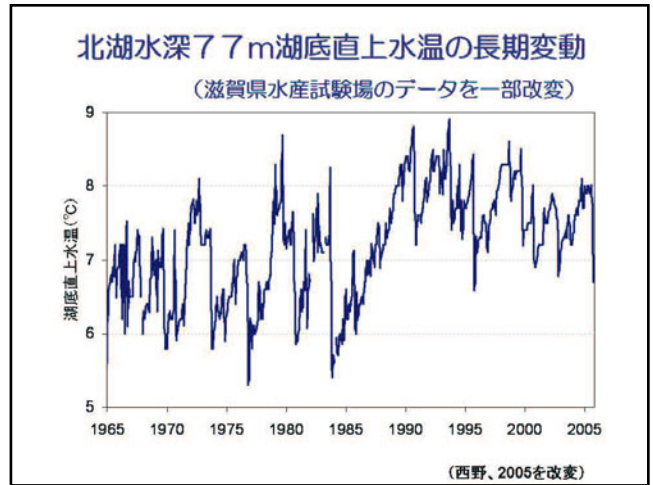
スライドー30



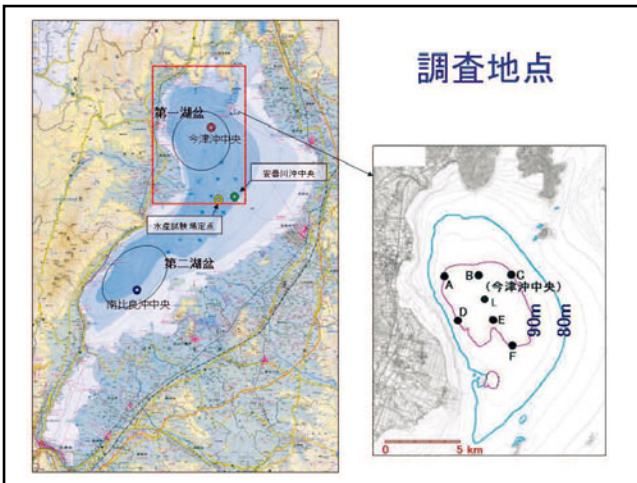
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



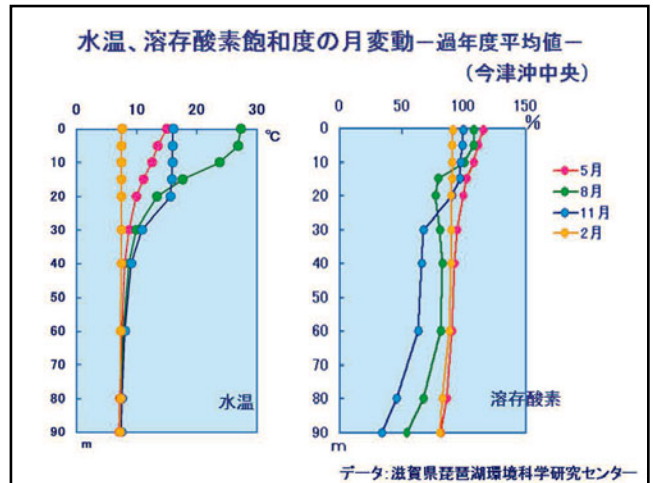
スライドー31



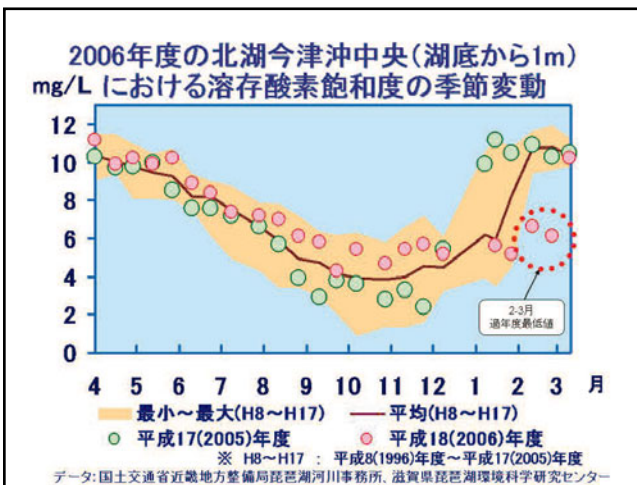
スライドー32



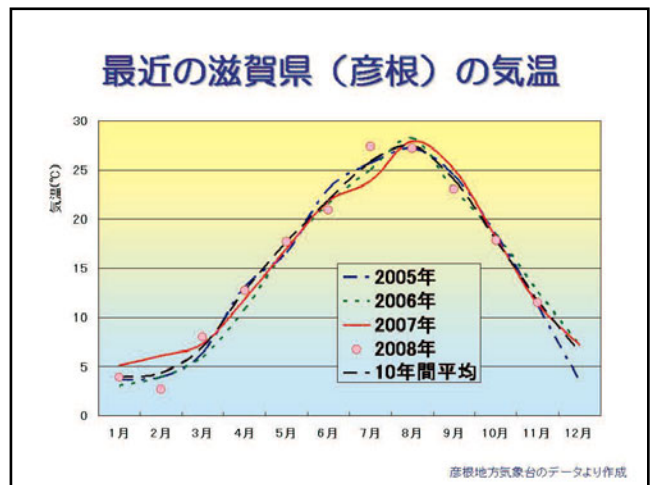
スライドー33



スライドー34

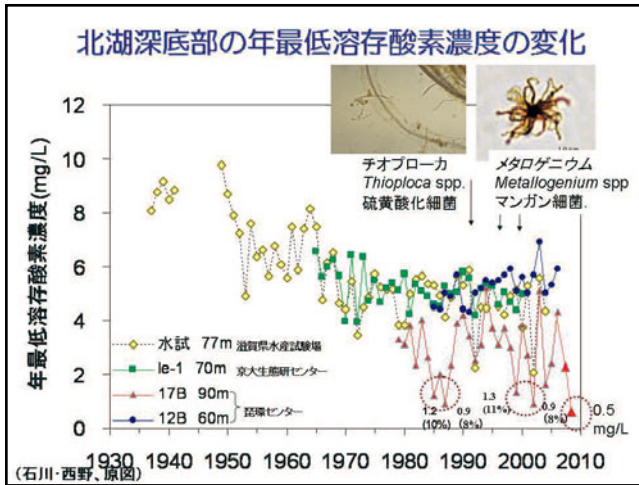


スライドー35

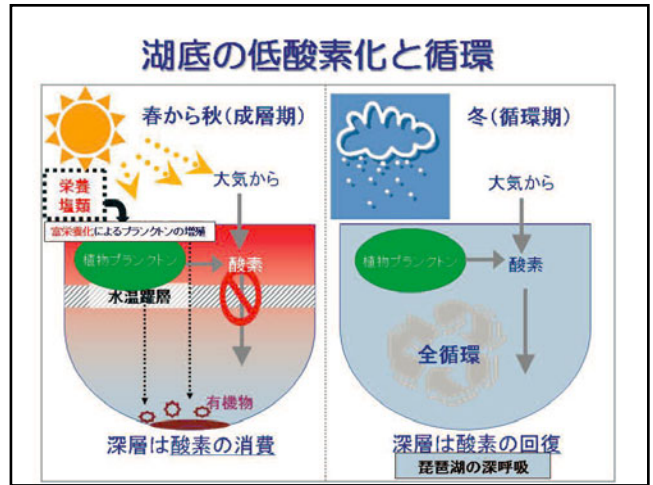


スライドー36

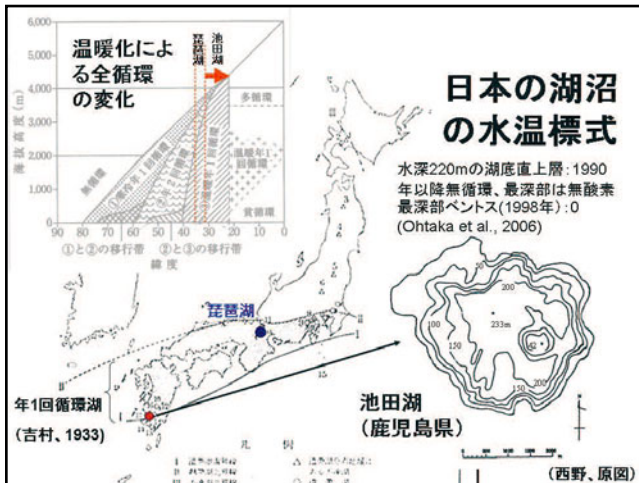
# 『琵琶湖の水質・生態系の変動と地球温暖化について』



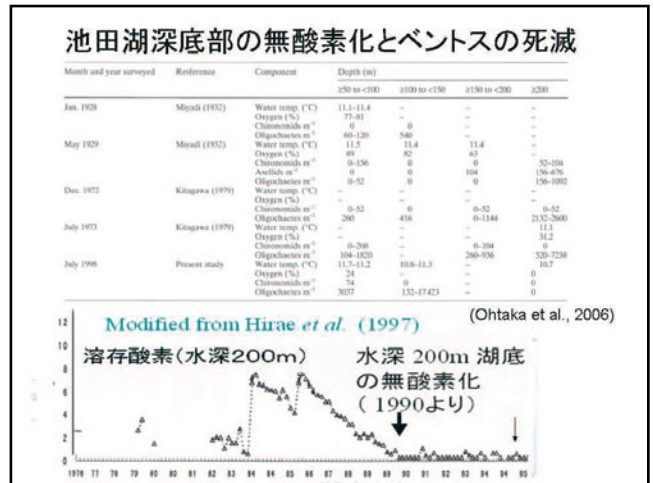
スライドー37



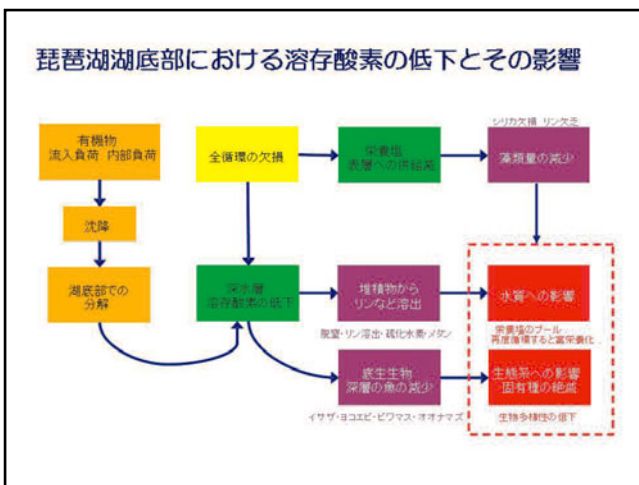
スライドー38



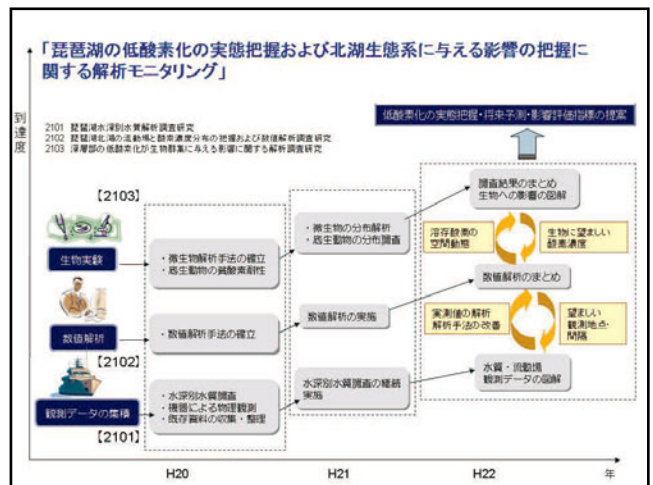
スライドー39



スライドー40



スライドー41



スライドー42