

# リレー講演

## 「気候変動の水環境への影響把握のための観測について」

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科 教授  
岸本 直之



**(スライド 1)** 私からは、「気候変動の水環境への影響把握のための観測について」ということで、どのように水環境をモニタリングして、気候変動の影響というものを把握しながら具体的な対策に繋げていくかというような話をさせていただきます。

**(スライド 2)** 本日の発表内容ですけれども、まず現在の水環境の観測体制はどのようなものかということをお話ししまして、次に主題であります気候変動の水環境への影響の把握の仕方についてお話しします。特にどんなことであってもそうですけれども、実際に何かの事業をしようとする、目的を設定する必要があります、今回の場合は気候変動の影響を把握することが目的となりますから、その目的に合わせた観測の必要性についても簡単に触れます。次に、実際に想定される水環境への影響というのはどのようなものか軽く説明します。そして最後に、影響把握のために実際にどんな観測をしていくべきなのか。琵琶湖・淀川水系、特に琵琶湖等を中心に考察をさせていただいて、まとめたいと思います。

**(スライド 3)** こちらは現在の水環境観測体制ということで、琵琶湖・淀川水系の絵が描いてあります。この図自身はBYQレポートから借用させていただいたものですが、琵琶湖の中にも淀川に沿ってもたくさん黒い点が打

ってあります。これは現在、環境基準点等で観測されている観測地点の位置です。

現在、そもそも水質の測定というものがどういうふうに行われているのかと言いますと、水質汚濁防止法という法律があるのは皆さんご存知だと思いますが、その中に「公共用水域及び当該水域の地下水の水質の測定に関する計画」というものを策定しなさいと規定されています。その策定を地方公共団体等が行いまして、その計画に基づいて測定地点が設定され、測定がされているということです。

琵琶湖・淀川水系では、平成19年度現在で303箇所という非常にたくさんの地点で観測がされています。関連する機関は国土交通省、滋賀県、京都府、大阪府等、ここにまだ「など」となっていて、まだ下にたくさん市町村が並んでいるんですけれども、その流域のそれぞれの地方公共団体等が観測に関わっています。

**(スライド 4)** どういうことを観測されているかということですが、もちろん観測の目的に応じて、もしくは観測地点ごとに設定されている観測項目というのは異なります。この計画というのは各地方公共団体等が独自にそれぞれの目的に応じて設定されますので、測定頻度等も当然変わってまいります。そうは言っても多くの場合、例えばDO（溶存酸素）、BODとかCODという有機物系の指標、それから大腸

菌群数等、こういったものについては1年間に2回から48回とかなり幅がありますけれども、多くの場合は月に1回程度は最低でも測られているという地点が多いようです。

それからカドミウム、シアン、鉛、六価クロムといったような有害物質も多いところで月に1回、少ないところだと年に1回程度です。あとは有機塩素化合物類や窒素、リン、アンモニアといったような富栄養化関連の指標、有害重金属以外のその他重金属類、そういったものはそれぞれこのような形で、概ね多いところでは月に1回程度、少ないところでは年に1回程度というような形で測定がされているというのが実状です。

(スライド 5)地点によって異なるということですけれども、先ほどお見せしましたのは、水質汚濁防止法に基づく水質測定計画による測定点。こちらにあるのは自動観測点と言われるものです。例えばここに水資源機構のホームページより借用した絵がありますけれども、このような水質測定装置が設置されていまして、水深方向にこれが移動しながら、水深0mから60mの間の水質を測定するというをやっています。この装置ですと、観測項目は水温、pH、濁度、電気伝導率、クロロフィルa、COD、TN、TPというような形で、これは比較的多項目を測る装置になりますけれども、このような装置が琵琶湖・淀川水系にもいくつも設定されている。ここに黒いドットで描いてあるのがそういうものです。

ただし、河川等では表流水しか測定していません。琵琶湖は水深が深いので、水深方向の測定というものが当然行われるべきだと思いますけれども、残念ながら現在のところ、琵琶湖で水深方向の測定をされているのは、水資源機構の安曇川沖の地点のみだったと思います。以前は滋賀県のほうでもやっておられたのですが、今は中止しているという状況です。

このように現在の水質の測定というものは、水質汚濁防止法に基づく測定ですので、水質汚濁防止が目的なわけです。そのために有機性汚濁を中心とした、つまりBOD、CODといったものを中心に、必要に応じて窒素とかリンとか、それから健康影響、生活環境保全ということもありますので、有害重金属云々といったような、我々の水利用や健康といったものに関わるような項目が測定されているのが現状です。

ところで、今回のこのシンポジウムの目的は、気候変動の影響をいかに捉えて対応していくかということだと思いますが、気候変動の影響を捉えるのに果たして今の水質汚濁防止を目的とした観測体制が適切なのかどうかということですね。これは十分考える必要があると思います。

(スライド 6)こちらに書いているのは現状です。現在の観測体制は水質汚濁防止法云々に基づくということです。公共用水域及び地下水の水質の汚濁の防止を図り、もって国民の健康を保護するとともに生活環境を保全する、これが水質汚濁防止法の目的です。

気候変動を捉えるためにどうするかということで、当然、気候変動の影響を捉えられるような項目を測定すべきだろうということになります。そうすると、そもそも気候変動が水環境にどのような影響を及ぼすのか。それがわからないことには測定のしようがないわけですね。影響を想定して、それを検知できるような観測体制というものを今後構築する必要がある出てくだろうということです。

(スライド 7)影響の具体的なところは、次のご講演をお聞きいただければよくわかると思いますが、一応簡単にまとめてみました。炭酸ガス、温室効果ガスの濃度上昇によって温室効果が起こります。温室効果で一番初めに影響が出てくるのは気温の上昇です。気温の上昇の結果、空気と水というのは水面を介して接してい

ますので、熱が水のほうにも移ってまいりますから、水温上昇が起こってくる。これは当然の話ですね。

水温上昇が起こると何が起こるかと言うと、まず蒸発散量が増えてまいります。蒸発散量が増える、雲の出来方が変わってくる。すると降水パターンが変化してくる。だから直接的な影響というふうに考えていくと、水温上昇が起こり、蒸発散量の変化が起こり、降水パターンが変わってくる。

こういう変化に伴って、何が起こってくるか。1つは水収支とか熱収支が変わります。気温が上がることによって、そこから熱が水のほうにやってくる。その結果、蒸発散量が増えるということは、水から逆にまた放出される熱量も増える。降水パターンが変化しますと、水文的な影響が変わってまいりますので、湖沼、河川といったところの水収支が変わってくるだろう。熱収支も当然変わってきます。

例えば琵琶湖のような水深の深い湖で考えますと、こういった水収支・熱収支の変化というのは物質の循環過程の変化を引き起こすだろうということです。特に水深の深い湖ですと、鉛直循環というものが実は水質の保全上非常に重要な役割を果たしているということが知られていますが、その鉛直循環というものは水温の分布によって制限されます。特に夏場から秋にかけて水温躍層という水温の急変部ができますと、その上下で水の混合が極度に抑えられてしまうということが起こります。その結果、鉛直での水の移動が妨げられるわけです。そうすると表層部分と底層部分で水質が大きく変わってくる。場合によっては底層のほうで酸素が枯渇して、底のほうに沈んでいた汚濁物質が徐々に溶け出すというようなことが起こってくるわけです。それが結局、また湖全体の水質変化、環境変化を引き起こしてくる。そういうことが予想されるわけです。その結果、湖

の生態系の生産構造が変化し、また生態系の変化を引き起こしていこうという事です。

**(スライド 8)**それではどうするのか。これは上のほうは先ほどと同じ絵です。先ほどお話をしましたように、水温上昇、蒸発散量の変化、それから降水パターンの変化というものが起こります。そうすると、まず直接的にはこれらをモニタリングすることは当然必要だということになります。水温上昇は、もちろん水温を測りなさいということですね。蒸発散量はいろんなパラメータがあります。日射量や気温も関わってまいりますし、表面水温も影響します。それから降水パターンにつきましては降水量とか積雪量、場合によっては流出量といった形で押さえることができるでしょう。

幸いなことに気温とか日射量、降水量云々というのは気象台のほうで常に観測されているわけですね。ですからわざわざ水のセクションがこれを測ることはそれほど必要ではないだろう。ということは、残るのは水温ということになるわけです。これは誰が考えてもまずは最初に思いつくところだと思います。

問題は、例えば水温の観測をしましょうといったときに、どれぐらいの頻度で観測しないといけないのか。月に1回でいいのか、1日1回でいいのかということですね。

**(スライド 9)**こちらのほうに国土交通省の水文水質データベースからデータを抜き出して、1日の水温変化というのをプロットしました。これは琵琶湖の安曇川沖中央の部分です。赤色が2008年6月27日、青色が2008年6月28日、翌日です。1日しか変わらないのに、同じ時刻で見るとこのように水温が大きく変わるんですね。1日の間でも水温はこのように変化するわけです。すると、例えば単に水温を1日1回測るといっても、何時に測るのかということによって、またこれが大きく変わってしまうわけですね。

右のほうには琵琶湖の年平均水温変化ということで、これは中室先生らが水環境学会誌に報告された図表を借用しております。上が安曇川沖中央の水深別の水温変化、下が大宮川沖中央の水温変化を表しております。例えばこれを見るとよくわかりますが、じわじわじわじわ過去から現在にわたって少しずつ温度が上がっています。ただ温度の上がり方というのはそんなに急激にドンと上がるものではないんですね。それよりも細かな変動、年ごとの変動のほうがはるかに大きいということがわかります。つまり、どういう形で測定をするかというのが、実は水質のデータを整理したときに影響の見え方に関わってくるわけです。

そうすると、どのような測定がいいのかというのはなかなか難しい問題です。多分1日ごとでも水温は異なるし、時間でも異なる。時間についてはある程度時刻を合わせて測りましょうということでもいいと思うんですが、1日ごとに水温が変動するということは、例えば毎年6月中旬に測りますといっても、同じ中旬であっても1日ずれるだけで温度が1度ぐらい変わってしまうことが起こりうるわけです。ということはかなり高頻度な測定をする必要があるだろうということです。

高頻度な測定を、人の手を使ってやると当然限界がございますので、現在も行われておりますような自動計測、それから琵琶湖のようところで面的な水温分布を知りたいということであれば、衛星のリモートセンシングとか、そういったような技術を導入していかないと、なかなか実際上影響が出たか出なかったかということ判断するのは難しいだろうと思います。

(スライド 10)こちらは先ほどの水資源機構の安曇川沖中央の自動観測装置によって測定された水温のモニタリングデータです。これは1日ごとに平均化して、1年間分プロットされ

ているんですけれども、ここに赤の丸で示した部分がございます。色はそれぞれ水深を表しています。赤色のプロットが一番深い、確か60m水深だったと思います。上の青色のプロットは表層です。このあたりでは赤色の部分は表層よりも水温が低い。この部分で赤色の部分と表層の部分が一致していますが、このあたりは湖全体で水温が一様になっているということです。夏場とか秋の頃は水温が水深ごとにどんどん変わってきて、表面は温かいけれども、下のほうはほとんど一定ですね。10℃をちょっと下回る、8℃ぐらいのところまで一定しています。ピンク色のところは水深40mだったと思いますが、例えば10月の終わり頃に表層水温とほとんど一致するわけです。これが実際にどういう影響を及ぼすかということについて次のスライドで見ていきます。

(スライド 11)こちらは同じ測定で溶存酸素のデータを取ったものです。先ほどと同じ時期のところに丸をしてあります。例えばこの赤色のところ、1月の前半は赤色、すなわち底のほうは溶存酸素が低い状態になっています。表面は溶存酸素がたくさんある。この部分でいきなりガバッと表層部分と同じになって、この部分はちょっと互いにボコボコしますが、あとはほぼ表層と一致した状態で続く。こちらの部分でも、始めはピンク色の部分は表層よりもやはり低くて、溶存酸素が5mg/Lぐらいの位置にあります。この部分でガバッといきなり上に上がって、そのあとは表層と同じ状態になってしまう。

これは何を示しているかというと、水温の差がなくなると、その部分までは一気に水の循環が起こってしまう。それによって、この場合だったら溶存酸素が表層水から深いところまで供給されているということを示しているわけです。ですから、水温分布というものが水質に大きな影響を与える、特に鉛直の物質循環に大

きな影響を与えるというのは、このあたりからわかっていただけるのではないかと思います。

先ほども言いましたように、水深の深い湖では、水温躍層、水温成層が起これると鉛直の物質循環が抑制されてしまう。ということは、水温変化、特に鉛直方向の水温変化というものが、特に深い湖においては水環境を理解するうえで非常に重要なパラメータになっているということです。なぜそれが重要かと言うと、鉛直循環が起これるか起これないかということが表されているからです。

気候変動で気温が上がっていくと鉛直循環がどうなるか。当然水温成層のできるパターンが変わってまいります。ということは1年間のうち湖の鉛直循環が起これる期間というものも変化するわけです。その変化というのはおそらくその後、生態系への影響という形で如実に表れてまいりますので、気候変動の影響を見るためには鉛直循環の期間変化が年によってどう変わっていったかを把握することが必要でしょう。

そうすると鉛直分布をある程度の頻度で取らないといけません。鉛直循環の期間が1年間でどれぐらいずれるかと言うと、せいぜい1週間ずれるぐらいのレベルなので、鉛直循環の期間が変わるということをきちんと捉えようとする、おそらく日単位ぐらいの頻度でもって鉛直の水温分布を測定してやる必要があるだろうと思われまます。そういうことをやろうとすると、実際に船を出して手で鉛直分布を測るとするのは非常にナンセンスな話になりますので、やはりこの部分でも自動観測、特に鉛直的に測れるような自動観測というものをやる必要があると思われまます。

(スライド 12)ちなみにこちらのほうには今津沖中央地点の溶存酸素の濃度変化を示しています。これは水深 80m から 90m のデータになっていますが、どんどん右肩下がりで溶存酸

素が下がってきている。最近では琵琶湖の底層部の貧酸素化ということが非常に問題になってきておりますが、そういったところに如実に影響が現れてきているということです。

ただしこれは温暖化の影響かどうかというのは定かではありません。周辺からの有機汚濁の蓄積によるものかもしれません。何の影響かというのはわかりませんが、こういった鉛直循環が変わることによって、溶存酸素という形で見たと時の状態というのがどんどん変わってきているということが、実際のデータとして見ることができます。そういう意味では、例えば底層の溶存酸素の測定などもやると、より直接的に影響というものがわかるのではないかと思います。

(スライド 13)次に、生産構造・生態系への影響です。先ほどまでは水温という非常に物理的な、ある意味測定しやすい項目についてお話をしましたが、それは結局、水温の上昇そのものが問題というよりは、その結果、多分生態系の構造が変化して、それが回りまわって我々にとって何らかの悪影響を及ぼしてくるだろうということが懸念されているわけです。

水温の上昇がなぜ生態系の変化をもたらすのかと言いますと、1つは水温が上昇すると生化学反応が促進されるからです。これは我々のところで取ったデータの1つですが、琵琶湖の南湖の湖底で、底層の付着藻類の生産力が温度によってどう変わるかというものを測定したデータです。横軸が水温(°C)で縦軸が1平方メートル1日あたりの酸素発生速度、純生産速度になります。温度が上がると、このようにどんどん純生産速度が大きくなる。これはあくまでも付着藻類を見ていますが、どんどん大きくなります。

この上がり方というのが、ここに式を書いています。59.2×2.24の10分のT乗という形になっています。この2.24という数値がQ<sub>10</sub>

と言われる数値です。一般に温度の影響というのは生化学反応の場合ですと 10℃温度が上昇したときにだいたい2倍から3倍ぐらいになると言われています。このデータも 2.24 倍ですから、一般的に言われている範囲に入っているわけです。

要は温度の影響というのは10℃で2倍とか3倍になる。結構大きな影響が出てくるわけです。つまり生化学反応がそれぐらいの割合で促進されていくとなると、それに応じて生物生産も増大しますし、一方で生分解の速度も増大します。バクテリアも活性が上がっていくわけです。どちらが大きくなるのかは状況にもよりますが、こういったものが変わってくると生態系の生産構造というものが変わってくるわけです。

(スライド 14)こちらのほうに生産構造の変化の1つとして、レジームシフト(Regime shift)というものを持ってきました。レジームシフトというのは何かと言うと、生態系がある安定状態から別の安定状態に急激に変化する現象であると言われています。

これは、あるラン藻のアオコのブルームについて模式的にレジームシフトの例を表したものです。横軸は窒素濃度で、縦軸がラン藻の密度と考えてください。もともと水質がきれいだと当然ラン藻は出ません。どんどん汚れてくると、つまり窒素濃度が上がっていくとラン藻が増え始めるわけです。しかしこのあたりはまだ増えないで、ある境目でドカッとラン藻がアオコを作るようになってきます。我々はアオコが出たからヤバイ、ヤバイ、これは何とかしないといかんということでいろんな対策を打つわけです。流入負荷削減をするわけですね。すると窒素濃度が下がってきます。ところがここでラン藻が増えたんだから、ここまで濃度を下げればラン藻は生えないだろうと思ったら、ラン藻はまだ生えるんですね。なぜか。

さらに下げていくと、あるところでいきなり

ラン藻がパッと消えます。この場合は実は沈水植物の影響があったんだろうということです。沈水植物がラン藻と競合関係にあり、初めのうちは沈水植物が優占していますのでラン藻が増えられない。ところがあるところでその均衡が崩れてラン藻がパーンと増える。一旦ラン藻が増えると今度は、競争に負けた沈水植物が衰退していく。その状態で窒素を減らしても競合相手がいませんので、ラン藻はそのまま生存できるわけですね。その後限界まで濃度が下がると、そこでまたドカンと落ちる。こういうようなヒステリシスが起る、履歴効果があるということが言われています。

(スライド 15)実はこちらは琵琶湖ではなくて海の話ですが、レジームシフトの実際の具体的な事例です。海のほうでレジームシフトというのはすごく研究が進んでいます。ピンク色のバーは全世界的にレジームシフトが起こったと言われている年です。こちらのデータは日本近海のそれぞれの魚の漁獲量を表していますが、例えばこのへん(1990年頃)のレジームシフトだと、この部分でマイワシの漁獲量が急激に増加するとか、また急激に減少するとか、そういったことが起こっています。

ただし、すべての魚について同じように影響が出るかと言うと、そうではありません。例えばこのへんでは、確かにマイワシについては急激な変化が出ていますが、一方でサバ類は特にそれほど大きな変化はありません。ということで、実はレジームシフトとか言われるものも、必ずしもすべての生物に同じように影響が出てくるわけではないのです。それが実は生態系把握を困難にしている1つの原因です。

(スライド 16)こちらは琵琶湖の中のデータです。滋賀県の植物プランクトンの定期観測データを借用して図を作っております。縦軸が1回の観測で観測された植物プランクトンの種類数です。昔は1回サンプルを取ると20~30

種類ぐらいいたのですが、最近はその種類がどんどん減ってきている。17B を見てみるとじわじわ減っているように見えますが、6B の南湖や、17A と 17C という同じ北湖でももう少し沿岸に近い部分では、急激な減少が起こっています。場合によってはレジームシフトと言えるのかもしれませんが、だいたい 90 年ぐらいに大きな変化が起こっています。みんな同じ 90 年頃にドカンと下がって、あとは横這いに近いような状況になっている。ということで、琵琶湖の中でも、温暖化の影響かどうかはわかりませんが、そういうような影響というものが実際に現れているわけです。

(スライド 17) これまで見たように、生産構造や生態系への気候変動の影響というものはなかなか予測しがたい。つまりどこに影響が現れるかというのがなかなかはっきりしないわけです。ということは、その影響を把握しようということをするならば、さまざまな生物調査を広範囲にする必要があります。ところがそんなことをしようと思うと当然コスト問題が出てくるわけですね。そんな労力は我々にはないわけです。そうすると調査対象を絞り込む必要があるでしょう。

そのときにどういう絞り込みをすればよいか。必要条件としては、まず調査が簡便でないと我々は継続的に調査ができないので簡便性が必要でしょう。それから代表性がないといけません。サンプルを取ったときのサンプリング誤差があまりにも大きいものだと、取ったものが果たして真実なのかどうかよくわからないわけですね。それから、観測頻度を高くしてやる必要がある。これは当然の話ですね。

ということで、例えば琵琶湖などを例にとってみますと、1 つは植物プランクトンの継続調査。現在も既に 30 年前からプランクトンの調査はずっと継続されていて、現在 1 ヶ月に 2 回の頻度で琵琶湖の中で観測が続けられてい

るわけです。そういったものを長期間継続することが重要です。

それから水草調査というのも重要であると思っています。水草は沿岸域からある程度繁茂している状況が観察できますので、比較的楽に生息域の調査ができる。動いたりしませんから。ですので、簡便でなおかつある程度定量性が担保できるということで、こういった調査をするのがいいのではないかと考えています。

なぜ植物プランクトンや水草の調査が重要かと言うと、そもそも生産構造の変化で、生産を支えている一番根底にあるのは、一次生産を担っている生産者ですね。植物プランクトンも水草も湖の水域生態系における主要な生産者ですから、このあたりを上手く捉えてやると、その上位の捕食者に対する影響というものもある程度見えてくるんじゃないかということです。

(スライド 18) 以上のまとめということですが、結局、今回お話ししたかったのは、まず観測体制というのは目的を設定したうえでやらないといけないということです。特に水域生態系、水環境のモニタリングということできますと、気候変動影響把握のために必要な監視項目として、「水温」と「生物指標」が重要だということです。「水温」は原因を表して、こちらは結果を表すわけですね。「水温」については、どうしても時間的に日的変動が大きいですから、三次元的かつ高頻度な計測をする必要があります。そこで自動観測などの有効活用が必要ではないかということです。それから「生物指標」については、どうしても網羅的な測定は難しいので、観測の簡便性とかデータの代表性というものを考慮して、例えば琵琶湖であれば植物プランクトン調査や水草調査などがいいのではないのでしょうか、というのが私のまとめということになります。ご静聴ありがとうございました。





# 『気候変動の水環境への影響把握のための観測について』

平成21年度（財）経団連・淀川水質保全機構シンポジウム  
「地球温暖化による気候変動の水環境への影響と対策」

## 気候変動の水環境への影響把握 のための観測について

龍谷大学 理工学部  
環境ソリューション工学科  
教授 岸本直之

龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 1

## 本日の発表内容

1. 現在の水環境観測体制
2. 気候変動の影響把握
  1. 目的に合わせた観測の必要性
  2. 想定される水環境への影響
  3. 影響把握のための観測のあり方
3. まとめ

龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 2

## 現在の水環境観測体制

### -観測点の分布-

・水質汚濁防止法に基づき「公共用水域及び当該水域の地下水の水質の測定に関する計画」を策定  
・303箇所(平成19年度)の環境基準点等で定期観測を実施

(関連機関)  
国土交通省  
滋賀県  
京都府  
大阪府  
奈良県  
三重県  
京都市  
大阪市  
水資源機構など

図. 水質測定計画における測定地点の分布  
(出典: BYO水環境レポート第10巻, 2008)

龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 3

## 現在の水環境観測体制

### -観測頻度-

観測項目は地点によって異なる

測定項目	頻度 (回/年)
DO, BOD, COD, 大腸菌群数, etc.	2~48
Cd, CN <sup>-</sup> , Pb, Cr <sup>6+</sup> , As, T-Hg, etc.	1~12
有機塩素化合物類	2~12
TN, TP, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N, etc.	1~12
重金属類	1~6

・主要項目  
- 月1~2回程度

・その他項目  
- 年1~6回程度

龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 4

## 現在の水環境観測体制

### -自動観測-

地点によって異なるが水温、pH、濁度、EC等の測定がされている。

観測項目  
水温、pH、濁度、EC、Chi a、COD、TN、TP  
水深0-60m

安曇川沖総合自動観測所の例  
(出典: 水資源機構HPより)

図. 水質自動観測点の分布  
(出典: BYO水環境レポート第15巻, 2008)

● 国土交通省  
○ 国研院  
● 独立行政法人水資源機構

龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 5

## 気候変動の影響把握

### -目的に合わせた観測の必要性-

- ・全ての事業には目的がある。
- ・現在の観測体制は「水質汚濁防止法」第15条、第16条に規定される「公共用水域及び当該水域の地下水の水質の測定に関する計画」に基づいている。

**目的**

「公共用水域及び地下水の水質の汚濁の防止を図り、もって国民の健康を保護するとともに生活環境を保全」すること。

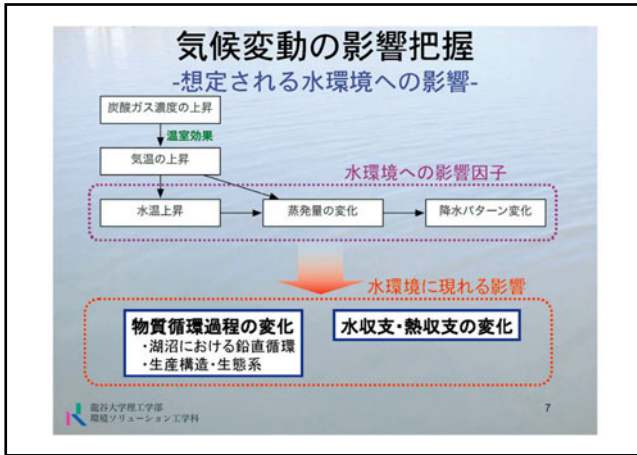
現在の観測体制は気候変動の影響を監視する目的に合致しているだろうか？

**想定する影響とそれを検知できる観測体制が必要!!**

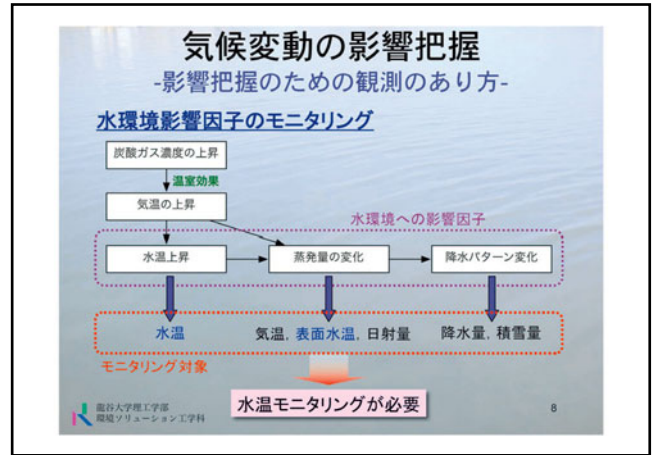
龍谷大学理工学部  
環境ソリューション工学科

スライドー 6

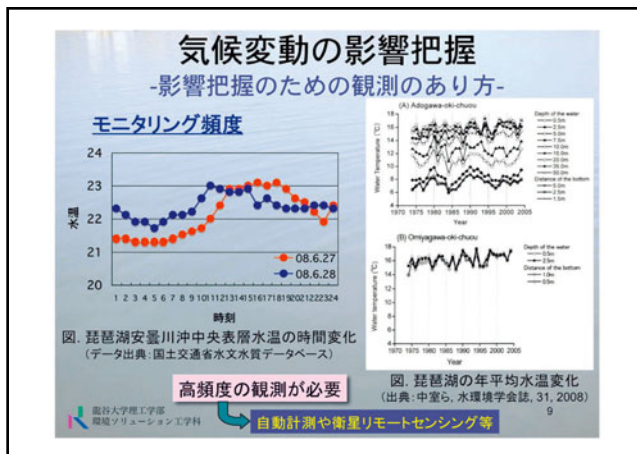
# 『気候変動の水環境への影響把握のための観測について』



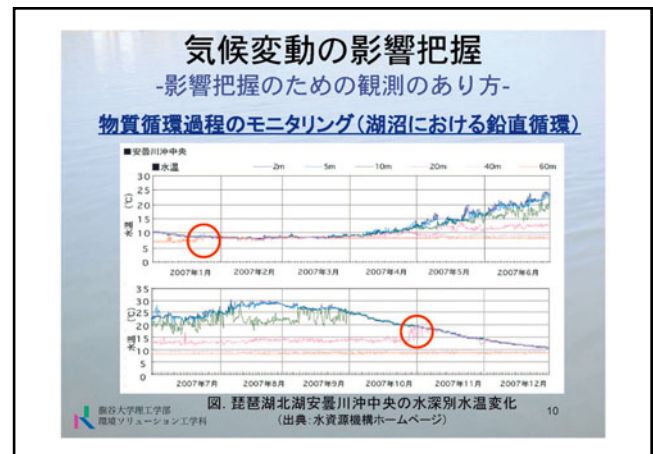
スライドー7



スライドー8



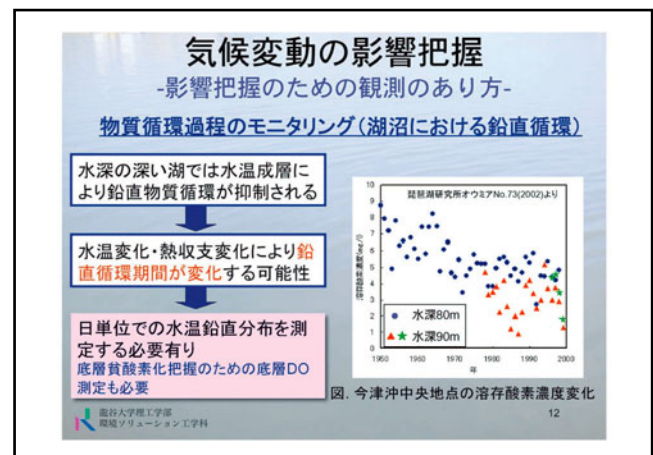
スライドー9



スライドー10



スライドー11



スライドー12



# 『気候変動の水環境への影響把握のための観測について』

## 気候変動の影響把握

-影響把握のための観測のあり方-

### 生産構造・生態系への影響1

水温上昇  
↓  
生化学反応の促進  
↓  
生物生産・分解速度の増大

$G = 59.2 \times 2.24^T$

図. 琵琶湖南湖底泥の付着藻類による純生産速度の温度依存性 (Kishimoto et al., Lakes&Reservoirs, 2009)

$Q_{10}$ : 10Kの温度上昇当たりの速度増加倍率

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー13

## 気候変動の影響把握

-影響把握のための観測のあり方-

### 生産構造・生態系への影響2

水温上昇  
↓  
生物相・生態系変化  
↓  
生物生産構造変化

Regime shift: 生態系がある安定状態から別の安定状態に急激に変化する現象

図. レジームシフトの模式図(ラン藻の盛衰) (中島・高村, 陸水学雑誌, 2006より)

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー14

## 気候変動の影響把握

-影響把握のための観測のあり方-

### レジームシフトの事例

図1. 過去100年における主な浮魚類の日本の漁獲量変遷 (魚種変替)

(出典: 谷津, 西海, 2009)

必ずしもすべての生物に同様にシフトが起こる訳ではない。

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー15

## 気候変動の影響把握

-影響把握のための観測のあり方-

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー16

## 気候変動の影響把握

-影響把握のための観測のあり方-

### 生産構造・生態系のモニタリング

生産構造・生態系への気候変動の影響は予測しがたい

↓

様々な生物調査が必要

↓

調査対象の絞り込みが必要

必要要件  
調査が簡便で代表性・観測精度が高い

琵琶湖では植物プランクトンの継続調査や水草調査など  
一次生産を担い、生態系ピラミッドの基礎を支えている。

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー17

## まとめ

気候変動の影響を想定した上で、必要となる水環境観測体制について検討した。内容を以下にまとめる。

- 現在の水環境観測体制は水質汚濁監視を目的としており、気候変動影響把握を目的とした観測体制を構築する必要がある。
- 気候変動影響把握のために必要となる監視項目は「水温」と「生物指標」である。
- 「水温」は三次元的かつ高頻度に計測する必要がある。
- 「生物指標」は観測の簡便性およびデータの代表性が重要であり、琵琶湖では植物プランクトン調査や水草調査が観測項目候補に挙げられる。

龍谷大学理工学部 環境ソリューション工学科

スライドー18