

7月15日のアクアサイエンス研究所社長の質問とこれからの発展性について  
About the question of the president of the aqua science laboratory on July 15 and the development in the future

平成23年7月16日 16/july/2011

周超音波研究所・周鮮魚 新垣周三 surroundings supersonic wave labo

URL <http://syuzou.awk.jp>

今日は色々有り難う御座いました。

お疲れの事と思います。素人の思いつきですが、超音波でハマサングの年輪の様子を見られませんか？

Thank you variously for today.

I think a tired thing. Is not an annual ring of coral appearance seen in the supersonic wave though it is amateur's idea?

漁協殿の調合液利用製氷開始時期(XX 組合長のご就任一年後より)と関係が明らかになればと思います。

It has and I think the mixture liquid use ice manufacture of the fishery cooperative to be clarified of start time In one year and the relation.

超音波非破壊検査で判定可能になれば最高です。

ご検討の程宜しくお願いします。

If it becomes possible to judge by the ultrasonic nondestructive testing, it is the highest.

Please continue your favors toward the examined degree.

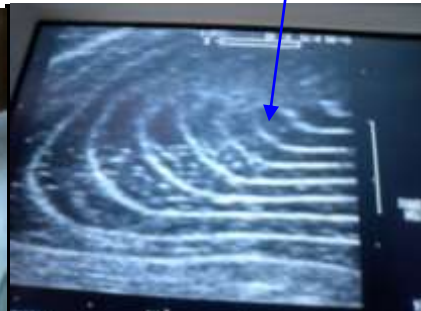
1 提供写真 Offer photograph



提供写真 Offer photograph

サンゴの年齢を超音波で検査し、画像で年輪を読み取るというアイデアです

It is an idea of checking a coral age by the supersonic wave, and reading the annual ring by the image. It is an inspection of the tuna application.



2 アイディアにより開いたドア！さらにアイディアを求めて公開する非公式資料

Door that opened by idea. In addition, informal material disclosed for idea

医療用超音波診断装置 HS-1500 とエポック 1000i で見たマグロの身質

その他の食材

Fleshy substance of tuna that saw at ultrasonic diagnostic equipment HS-1500 for medical treatment and epoch 1000i and other ingredients

## 7.結果

### 7-1.みかん缶詰

内部は液体で満たされており、缶詰を横置きにし内部を図1の状態にした上で検査を行った。

図1. みかん缶詰内部状況模擬図

#### ■ 測定点A

超音波の性質上、音波は空気中を伝播しないことからエコーの確認は出来なかった。

#### ■ 測定点B

測定点Bでは内部が液体で満たされており、且つ、みかんの粒が底部に沈殿しており底面までの音波を妨害するものが無い為に底面エコーの確認が可能である。

測定点Bでの検査結果

#### ■ 測定点C

測定点Cでは、底部に沈殿しているみかん粒が音波を妨害する為底面エコーの確認は難しいが、みかん粒からのエコーを確認することが可能である。

底面エコー

C

B

A

## 測定点Cでの検査結果

### 7-2.コンビーフ缶詰

缶詰の状態で行った検査の結果、底面エコーの確認は出来なかった。これは内部缶詰-コンビーフ間に空気層が形成されており音波が妨害されている為と予想し、缶詰から取り出した状態で検査を行ったが、結果底面エコーの確認は出来なかった。コンビーフ内部の密度が荒く、空気の粒が大量に含まれていることが原因と推察する。

缶詰の状態 缶詰から取り出した状態

### 7-3.こんにやく

こんにやくはビニールで封をした状態(内部は水で満たされている)で、側面の2点を測定した。

側面A 側面B

底面エコー

みかん粒

側面A検査結果

側面B検査結果

底面エコー

側面B厚み65mm

底面エコー

側面 A 厚み 25mm

Air bubble: Tunnel photon water Gm0: Soft cream beauty Sol manufacturing by hybrid use experiment on tap water

May03:2011

Surroundings SupersonicWave Laboratory Shuzo Arakaki

URL <http://syuzou.awk.jp/>



Two-liter PET bottle was processed for the spending cut of the experiment.

It is a temporary stop with the insulation vinyl tape.

tropical fish is set. The air bubble stone flat type type for the Negligible polyurethane rubber hose of bend

The part that had been cut to set the stone was connected.



The ingredient tray of aluminum was made a saucer.



3

Tap water 300cc injection



4

Push injection of easy acidulous soap into skin three times

The joint is sweet and the water leak is found.



5

Tunnel photon water Gm0 is added by three pushes (about three pushes = 0.6 cc).

A large bubble is generated.



6

It continued and a minute bubble began to be generated mightily.

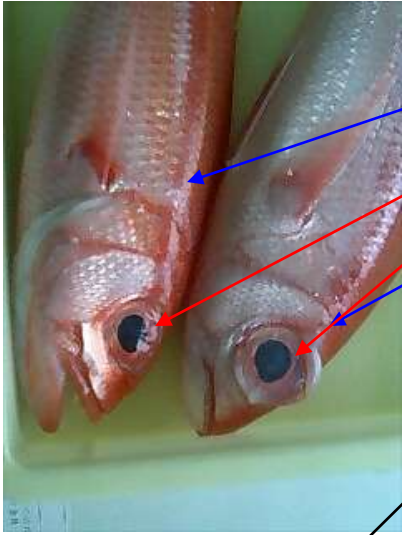
# 小笠原漁協の魚

2月18日午前11時50分着

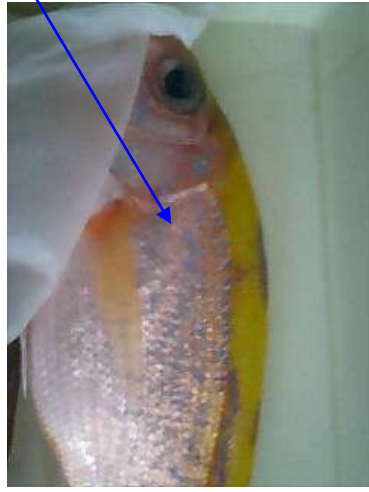


箱を開けたら上にハマ鯛とキダイがあり氷水につか  
っていない状態、その下にビタローマチがあり半分だけ浸水、その下のハタは完全水没、氷は5  
0パーセント程度残っていました。深層水一万倍希釈海水500cc使用品質改善



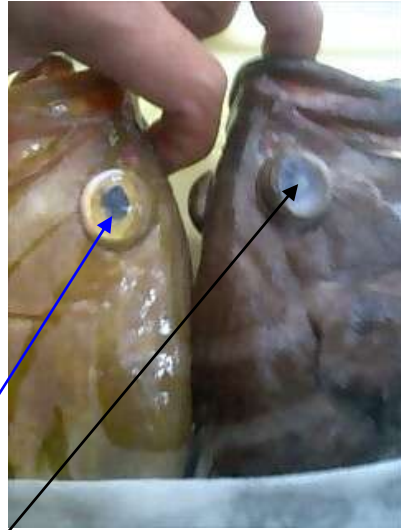


色合い良い  
目の膜が乱れている  
若干白濁  
色は鈍い  
薄めの模様  
鮮明なカラフルな輝きを発してきた



処理直後





処理直後



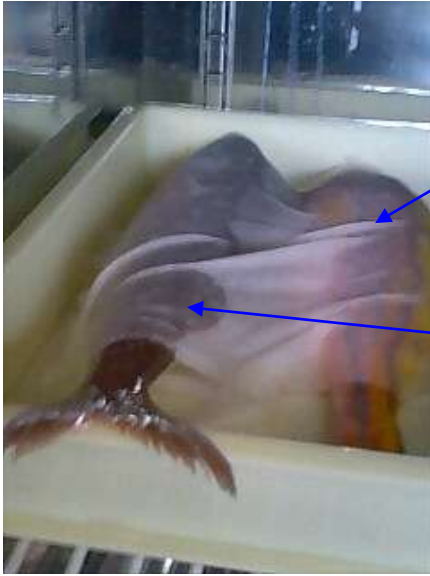
白濁強く内部にも浸潤  
回復の兆しみられる  
回復確認できない

- 2℃エアースト方式





深層水添加海水湿布の上にラップカバー



湿布の上からでも模様は鮮明に見られる

明るくなってきている



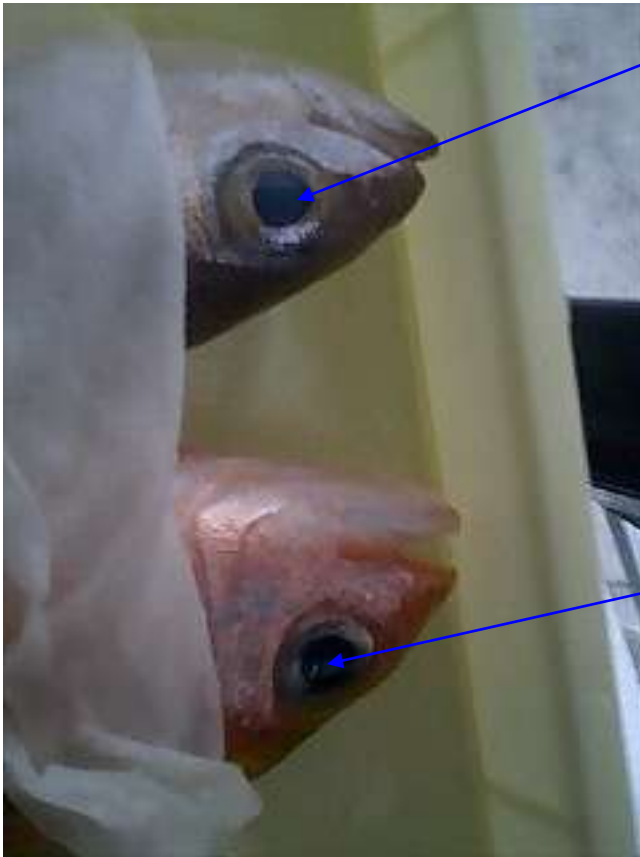
レンコ



膜は透明感が若干出てきた  
内部は白濁取れない



湿布の上からの状況

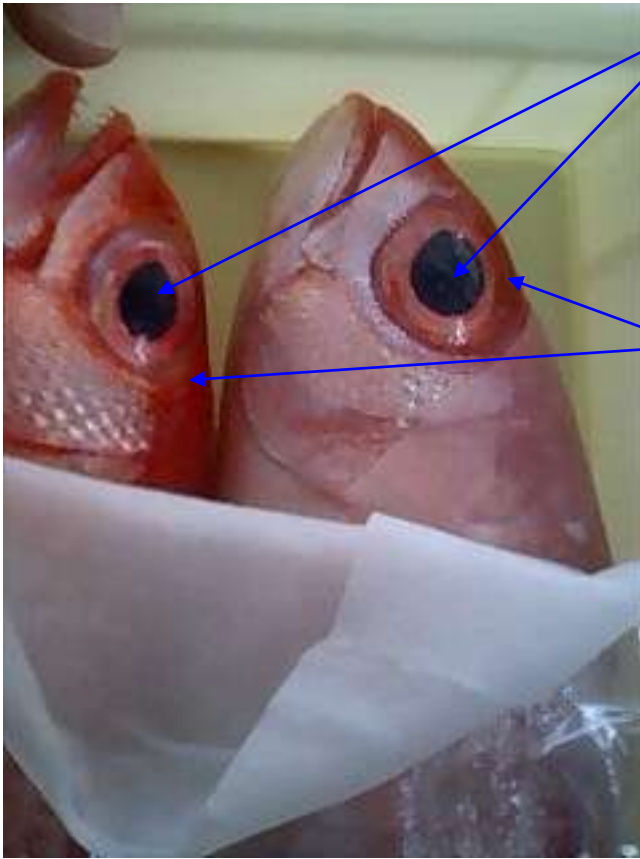


白濁が軽微になりつつある

釣りたての瞳に回復

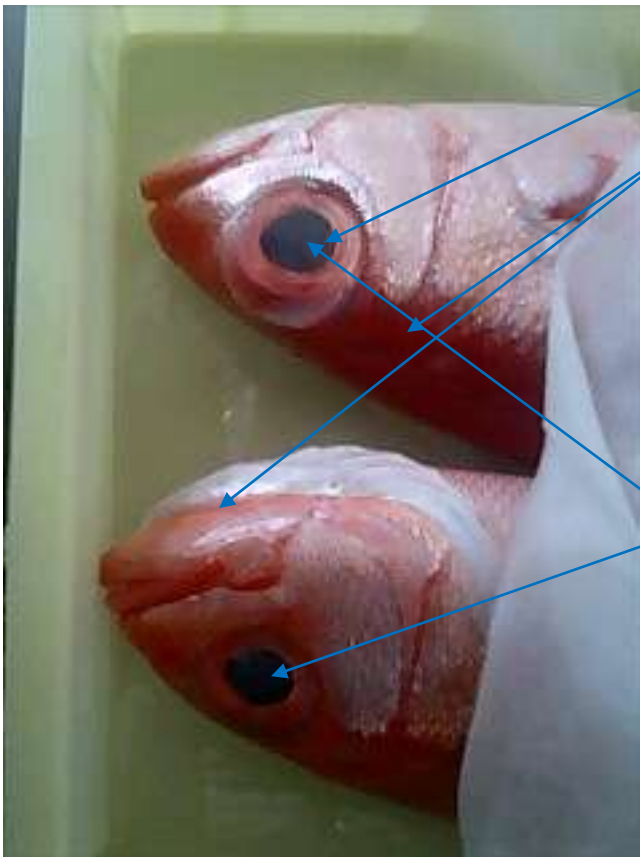


ラップ及び湿布の上からでも  
品質よさそうな色合いで見ら  
れる



美しい瞳

鮮明朱色に輝いて見られる。  
目の張り具合良い



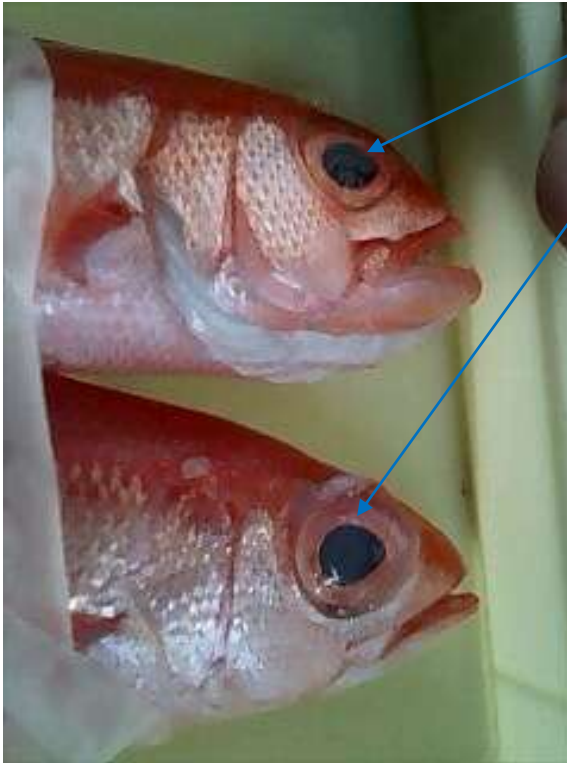
1時間後の写真

美しい瞳  
色合い鮮明朱色に輝く

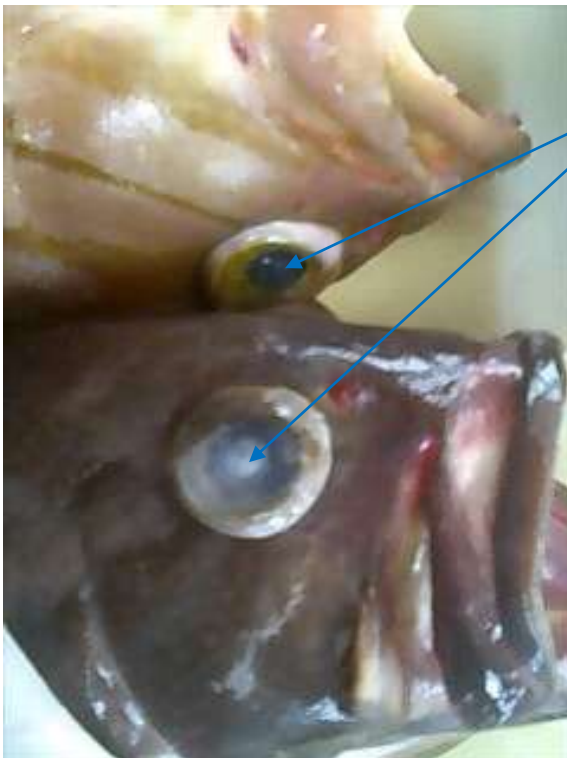
目の膜も平滑になって張りが出てきた

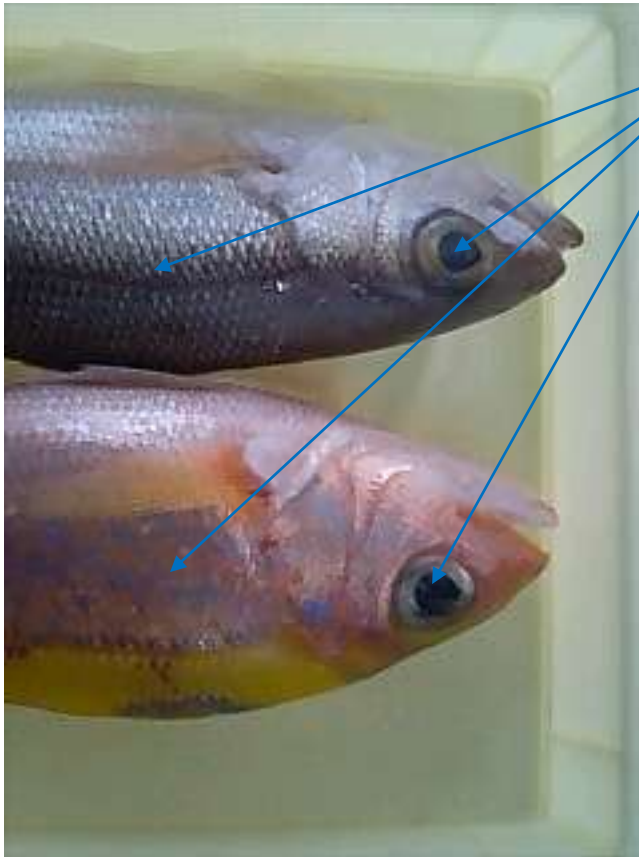
## 24時間経過

赤矢印は到着直後処理前  
青矢印は深層水添加海水噴霧処  
理24時間後つぶれた目は回復  
色彩も鮮明に回復

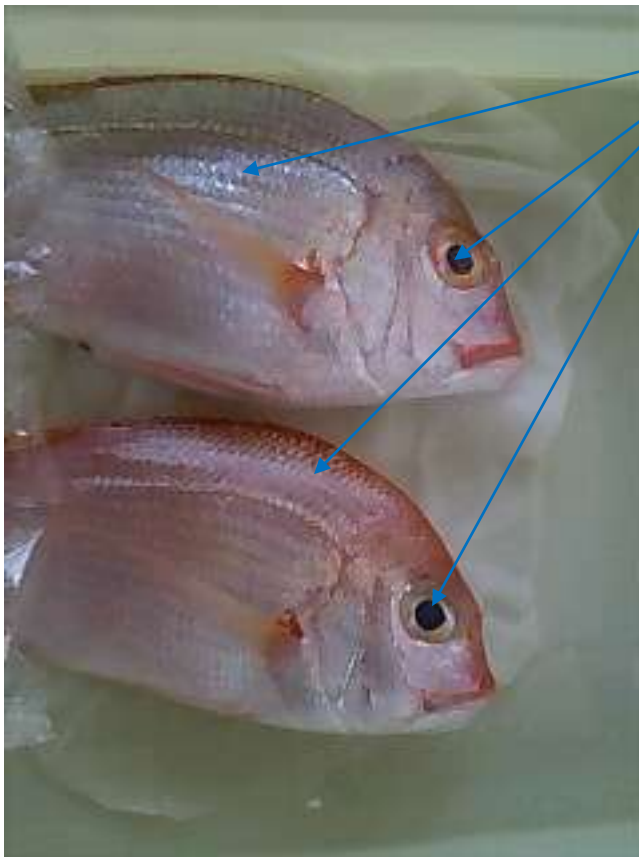
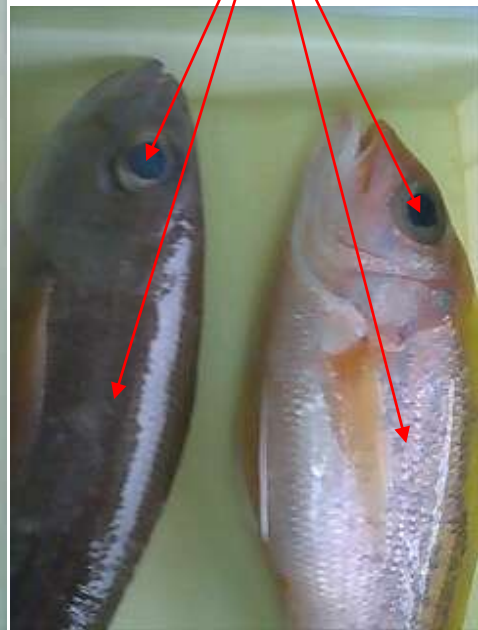


赤矢印は到着直後処理前  
青矢印は深層水添加海水噴霧  
処理24時間後

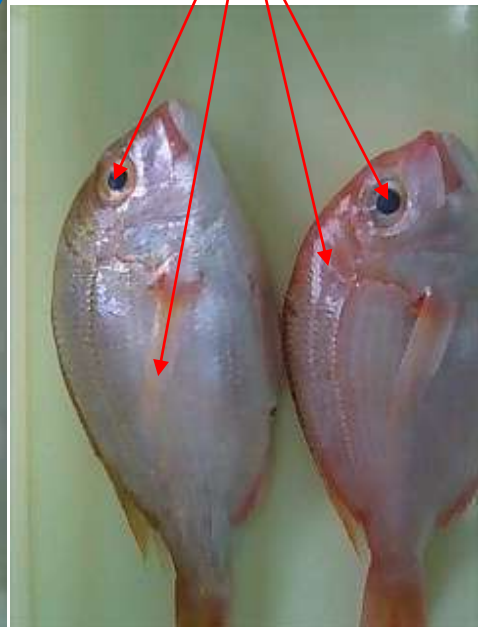




赤矢印は到着直後処理前  
青矢印は深層水添加海水噴霧処理24時間後



赤矢印は到着直後処理前  
青矢印は深層水添加海水噴霧処理24時間後





## 冷凍保存（鰓とハラワタを除去処理）

外観を損ねないように、鰓とハラワタを除去処理し、深層水添加海水にて洗浄しビニールパックに真空パックの2重構造包装・40℃冷凍保管（今回は急速かけていない）







真空パック-4 0℃冷凍

この状態で賞味期限1年以上有効となります。あくまでも超音波殺菌25キロヘルツ15分において。

海洋深層水Gmo と水道水における 1 MHz 超音波バースト波を照射したときのキャビテーション発生頻度の超音波 5 MHz B-モード観察実験

平成 22 年 6 月 11 日 周超音波研究所 新垣 周三

URL <http://syuzou.awk.jp/>

初めに

医療超音波診断装置を利用して液体を B-モード 5 MHz 観察を行ったときに無エコークリアーで観察される。しかしペットボトルに入った状態で観察すると内部で点滅する高輝度境界面の発生が見られた。これは反射散乱波が干渉し発生したキャビテーション現象（空洞化）ではないかと考えた。海洋深層水Gmo と水道水を B-モード 5 MHz 観察を行ったときにそのキャビテーションの発生頻度に差が見られるかについて実験を行った。結果発生頻度や輝度に有意差を認めたので報告します。

実験方法

使用装置 本多電子製医療超音波診断装置 HS-1500

使用プローブ 5-7.5-10MHz マルチ周波数リニアプローブ

設定 中心周波数 5 MHz レンジ 40 mm 単フォーカス ゲイン 96 dB

ダイナミックレンジ 75 dB モニターガンマ r-1 設定

検体 サンプル a 株式会社アクアサイエンス製造 Gmo 調合液 2 リットルペットボトル

サンプル b 株式会社アクアサイエンス製造 2 リットルペットボトルに水道水を入

れ替え

実験

1 写真に示すように密着を良くするためにゼリーをプローブに塗布しラップをかぶせた。ペットボトルは平滑な面がペットボトル 4 隅にありそこにプロ部密着させ観察開始。底面までの深度 11 センチ

プローブにゼリーを塗りラ

ッピング

ペットボトル平滑面に密着

観察

ペットボトル対角線状にビ

ームを照射

超音波プローブを静かに密着観察、静的観察

結果報告

- ①水道水に比較して深層水Gmo に明瞭な多重反射アーチファクトの発生を認める
- ②深層水Gmo に比較して水道水にキャビテーションの発生を多めに認める
- ③水道水に比較して深層水Gmo に明瞭なキャビテーション輝度上昇を認める
- ④水道水の点滅高輝度信号は、3 mm 前後幅のスリット状輝度で観察される
- ⑤Gmo の点滅高輝度信号は、1.5 mm 前後幅のスリット状輝度で観察され発生頻度は水道水

より低く輝度レベルは水道水より高い  
高輝度信号が点滅して且つ移動して観  
察される

多重反射アーチファクト

高輝度信号は高く発生頻度は低い

多重反射アーチファクトを明瞭に認め  
る。水道水と同一場所に発生しているの  
でプローブビーム方向は同じ対角線状  
に照射観察したことがうかがえる

超音波プローブをポンピング密着観察、ダイナミックテスト観察

再度水道水ダイナミックテスト

結果報告

1 深層水Gmo と水道水に超音波透過性に差がある

2 高輝度信号の発生は水道水に明らかに多く認める

3 水道水高輝度信号に比較して深層水の高輝度信号は小さく輝度レベルは強い

4 多重反射アーチファクトの輝度が深層水が高い

5 ダイナミックテストによるキャビテーションの発生頻度は水道水に著明に認める

結論 超音波で水道水とGmo を識別可能である

プローブ密着面はこちら側であり、プ  
ローブで振動を与えている

反対側（底面）より湧き上がるように  
発生したキャビテーションの渦が観察  
される

プローブ密着面はこちら側であり、プ  
ローブで振動を与えている

反対側（底面）に変化は感じられない  
数回テストを繰り返したがキャビテー  
ションの発生は認められなかった

再度水道水に戻りダイナミックテストを  
行った。

キャビテーションの発生、湧き上がりは  
見られる

その他の実験、

①超音波美顔器 1 MHz バースト波照射実験

水道水

海洋深層水Gmo

## ②超音波美顔器 1 MHz 連続波照射実験

海洋深層水Gmo

結果の推測

写真で見れるようにお互いのビームは直交して照射されています。私の推測では周波数の位相の状態により右縞、左縞模様と表示されたものであり、連続波とバースト波の違いによるものではなく、美顔器の照射周波数が異なる、つまりどちらかは1 MHz 帯域ではないのではないかと推測されます。結論はおそらく出せないでしょう\_\_

## 水の性質資料 1

最近、食品や化粧品の会社の技術者から、「クラスターの小さい水を使うと

いい製品ができるのでしょうか」「磁気処理水って、クラスターが小さいという

話ですが、どうなんですか」という質問を相次いで受けた。これに対して私は、

「液体の水のクラスターをちゃんと測定した実験は今の所ないので、クラスタ

ーを指標にするよりは水の不純物の分析をして成分で押さえた方がいいで

すよ」という内容の返事をした。

私が、「クラスターの小さい水はおいしい」という話を最初に知ったのは、修

士に進学した直後だった。それからしばらくして、その話の根拠とな  
った

NMR の測定は誤りであるという話を研究会できいたので、もうそんな  
話は消

えただろうと思っていたのだが、一度広まった話はなかなか根強く残  
ってい

るようである。

このウェブページを作るにあたって、企画の1つとして、水関係の変  
な話を

とりあげてツッコミを入れようということを考えた。そこで、浄水器  
や活水器の

ウェブページをながめてみたら、結構な数のページが「クラスターの  
小さい

水はおいしくて体によい」という話を掲載していた。このままでは、  
水のクラ

スターの話は伝わり続けると予想される。

そこで、この話の発端とその後の顛末について、私の知る限りのこと  
をま

とめることにする。

私の知っていることに誤りや足りない点があれば、ぜひご指摘ください。そ

れを反映して、このページは随時改訂する予定です。

なお、文中の敬称は適宜略させていただいた。

最初に、「クラスターの小さい水はおいしい」ということを、NMRの測定結果

とともに主張したのは、松下和弘氏（元・日本電子）である。最初の主張を行

った報告がどれか私は知らない。松下の書いた論文「食品をNMR でみる

- 分子レベルでとらえた「味」の違い -」（現代化学 1989 年1 月、62-67）に、

水のクラスターに関する記述があるが、これは水とアルコールの混合の話

である。この文献から、関連部分を引用する。

私たちの食する物は、必ず水と食塩が関係している。したがって、水



分子

あるいはナトリウムイオンの挙動をみることで、味覚の解明につながると考

えられる。

(snip)

食品の中には、成分の変化がないにもかかわらず、ある期間熟成させる

と味覚が良くなるものがある。これらの代表的なものが焼酎、泡盛、ウイス

キー、ブランデーといった蒸留酒類と、醤油のような醸造食品である。

蒸留

酒は、貯蔵初期と長期熟成後においてエタノール濃度に差がないのにもか

かわらず、官能的に感じるエタノール刺激はまったく違ってくる。この熟成現

象を分子の状態変化でとらえるには、 $^{17}\text{O}$ -NMR 法が有効である。

(snip)

醸造学の教科書には、熟成がすすむと、エタノール分子を含む水分子の

塊（クラスター）が大きくなって安定化すると記されている。果たしてそうであ  
ろうか。筆者らのグループがNMR 分光法で研究した結果ではまったく  
逆で  
あった。製造工場の異なるウイスキーモルトの新酒（0年）、4年もの、8年  
もの、おのおの3種類について、36.44MHz の<sup>17</sup>O-NMR スペクトルを  
27°Cで  
測定した結果、水の酸素核の共鳴吸収線の線幅は、熟成期間が長くな  
るほ  
ど狭くなっていくことが明らかになったのである。  
松は、この実験事実を次のように説明している。  
NMR のスペクトルで信号の幅が狭くなるということは、測定している  
分子の  
運動が速くなったことに相当する。この信号の幅は、NMR の観測に用  
いる  
高周波エネルギー（原子核によって異なる）を吸収した原子核が、こ  
のエネ

ルギーを放出するまでの時間（緩和時間と呼ぶ）に反比例する。対象として

いる分子の運動が速くなると、緩和時間は長くなるから、結局、信号の幅が

狭くなるということは、分子が活発に運動していることを示すことになる。

アルコール分子が水に溶けるといのは、水分子のクラスターの空孔に、

アルコール分子が入り込むことである。わかりやすくいえば、水の分子がア

ルコール分子を包み込んだ状態である。熟成が進むほど酒の中の信号幅

が狭くなるというのは、水分子の運動が速くなる環境になったことを示す。い

いかえれば、水分子のクラスターが徐々に小さくなり、動きが活発になった

と解釈される。

上記の解釈を証明するために、水とエタノールの水酸基の挙動を

$^1\text{H-NMR}$

で調べると、新酒ではそれぞれが分離して観測されたが古酒では融合した

信号が観測されたことから、

これは、熟成によって両者の水酸基同士の交換が速くなったことを表して

いる。

と述べている。

さらに、酒の水分子クラスターを人為的に小さくすれば熟成に似た効果が

であるかもしれないという期待のもとに、低出力超音波照射器を使ってエタノ

ール水溶液や酒に超音波をかけた後、 $^{17}\text{O-NMR}$  を測定すると、信号幅が照

射前に比べて狭くなった。この説明として、

低出力の超音波の効果は、分子同士を結んでいる水素結合を切るという

ことである。水素結合によって形成されている水分子のクラスター、

同じよう

にしてできているアルコール分子の集団を切断し、アルコール分子が水分

子クラスターの空孔に入り込みやすくしたと考えられる。新酒では、アルコール

ル分子の集団が残っている上に、水分子のクラスターも大きく、いわば、ア

ルコール分子がむき出しの状態が存在するために、刺激臭が強く、味もきつ

いのである。

と述べている。

松の研究は、水とエタノールの混合状態の変化を、両者のクラスターの状

態の変化として解釈しようとする試みであることがわかると思う。

NMR で測

定できるのは、あくまでも $T_1$  や $T_2$  であり、クラスターサイズそのものを測定し

ているわけではない。クラスターは、実験結果を説明するためのモデ

ルとし

て導入されたに過ぎないのである。(この論文には、参考文献リストがない

ので、クラスターの話がどこから出てきたか不明である)

また、後述するように、水分子の $^{17}\text{O}$ -NMR の線幅から得られる $T_2$ 緩和時

間は、pH に敏感に依存し、プロトン交換速度の指標になるが、水分子その

ものの運動状態の直接の指標にはならない。

翌年、松は「水の状態評価と味覚・熟成度の解明」(食品と開発 vol.24, No.7, 82-85)、を発表した。こちらは、正しい部分と怪しい部分がある。水の

動的構造に関する記述は正しい。しかし、水のおいしさに関する話は、実は

ちょっとあやしい。以下に関連部分を引用する。

天然湧水のように、カルシウムイオンがあると、水分子同士の大きな集団

が壊れ、水の分子がカルシウムイオンを取り囲んで、水だけの場合と

比較し

て、分子集団が小さくなると考えられる。これで、おいしく感じるよう  
うだ。

では、水の分子集団が小さいと、なぜおいしく感じるのだろうか。私  
達人間

は、舌の味らい（味細胞）で味を感じているのであるが、小さい分子  
集団に

なるほど、それが味らいにすっぽりとはまり込むのでおいしく感じる  
と考えら

れる。

今、ブームの天然水も、いくつか<sup>17</sup>O-NMR で調べてみたが、水分子の  
集

団は水道水のそれよりも小さい集団になった。まずい水は分子集団が  
大き

くなっているのである。

さらに、松は、東練区の水道水と昭市の水道水を<sup>17</sup>O-NMR で分析し、  
次

のように述べている。

$^{17}\text{O}$ -NMR のスペクトルを見ると、共鳴信号の線幅が練馬区のそれより

も

30%狭くなっていて、おいしさを分子レベルの差として裏付けている。

NMR のスペクトルで信号の線幅が狭くなるというのは、観測している

もの

の分子運動が遠くなっていることに相当する。この信号の線幅は、NMR

の

観測に用いられるエネルギー（ラジオ波領域、原子核の種類によって

変わる）

を吸収した原子核が、このエネルギーを放出するまでの時間（緩和時

間と呼

ぶ）に比例する。

対象としている分子の運動が速くなると、緩和時間は長くなるので、

結局、

信号の線幅が狭くなるのは分子が活発に運動していることを示すこと

になる。

水の場合は、平均的に分子集団の小さい割合が増加し、運動が活発化

した



と解釈される。

$^{17}\text{O}$ -NMR の結果から、水分子の相関時間 ( 集団が 1 回転に要する時間  
と

思えば良い ) を計算してみると、練区の水道水は  $69 \times 10^{-12}$  秒となり、昭  
市の

水道水は  $47 \times 10^{-12}$  秒となる。30%程度水分子集団の運動が速くなってい  
る

が、人間の感性ではこれでもおいしいと感じるのである。

原文のまま引用したが、文中の「遠く」は、おそらく「速く」の誤植  
と思われ

る。

この実験結果より、

すでに説明したようにおいしい水は平均的に分子集団が小さく、まず  
いと

いわれる水道水は分子集団が大きいのであるから、よりおいしい水に  
変え

るには、なんらかの方法で水の分子集団を小さくしてやれば良いこと  
にな

る。

と考えた松は、浄水器などで処理した水を $^{17}\text{O}$ -NMRで分析した。その

結果

は次のように書かれている。

こうした観点から、現在市販されている種々の浄水器（蛇口直結型の

セラ

ミックフィルター、中空糸膜あるいは電気分解を利用したもの）につ

いて

$^{17}\text{O}$ -NMR で分析評価してみたところ、効果に差はあるものの、水分子

集団

を小さくしていることがわかった。

(snip)

ひとつの方法は、超音波を照射して水を振動させることである。超音

波の

力で水素結合を切断し、水分子の集団を小さくできる上に、塩素（カ

ルキ）の

いやなにおいも追い出せる。

いろいろな実験をしてみた結果、メガネの洗浄用に使われる高出力

(100V)

のものでは、2、3日後に元の状態に戻ってしまうことがわかった。

つまり、

出力の低い物ほど持続時間が長いのである。

(snip)

もっと簡単で経済的な方法に、セラミックスを利用するというのがある。材

質にもよるがセラミックスには遠赤外線という微弱な電磁波を放射する効果

があり、これによって水分子の集団を小さくできるのである。

セラミックスプレートを水道水に浸漬しても、水は変化する。このセラミック

ス効果を積極的にりようしたものとして、セラミックフィルターがある。セラミッ

クフィルターを4回通した水道水は、信号の線幅が45%も狭くなって、すばら

しい水になった。

水道水をおいしくするもうひとつの方法として、蛇口に電気分解型の浄水

器を取り付けるというのがある。この中を通過した水は陽イオン（酸性イオン）

水と陰イオン（アルカリ性イオン）水とに分けられる。ふたつのイオン水は、

原水のほぼ 1 / 2 までの線幅になっていた。

どうも、上記の内容が、その後浄水器関係の宣伝文句の原型になってい

るように思われる。とりあえず引用した部分について、どこがまずい  
か書いておく。

カルシウムイオンがあると、水分子の集団が乱されることは確かである。し

かし、小さい分子集団となった水が味らいに入り込むという説明は、  
見てき

たような嘘である。味を感じるメカニズムはまだ十分わかっていない  
し、水分

子の分子集団の大きさを関知する仕組みが存在するという証拠はない。

「カルシウムイオンの入った水はおいしい」という、官能検査と成分

分析に

基づく実験事実があった場合、なぜおいしいかを解明するための次の

ステッ

プは、味を感じるときに分子集団の大きさを検出しているのか、それ

ともカ

ルシウムイオンを検出しているのか、それとも別のメカニズムがある

のかを

確定するための実験系を組むということになる。味を感じるメカニズ

ム(受容

体の構造など)がはっきりしていない場合は、そちらが解明された後

で、水

の場合には何を検知しているのかははっきりさせるための実験系を作っ

て測

定することになる。

「カルシウムイオンの入った水はおいしい」ことの説明として、「水

の分子集

団の大きさが変わることを人間の舌を感じるからだ」という結論に、

細かいメ

カニズムの解明無しにいきなり飛びつくのは、はっきり言ってフライングである。

$^{17}\text{O}$ -NMR の線幅は、分子の回転運動と同時にプロトン交換の影響も受けるので、 $^{17}\text{O}$ -NMR の線幅が変わったことと分子運動の速さに直接の関係は

ない。分子運動の指標になるのは、NMR の  $T_1$  緩和時間の方である。

また、 $T_1$  緩和時間を観測したとしても、分子集団の大小はわからない。分子

運動に関する特徴的な時間が測定できるだけである。その測定結果を説明

するために「分子集団」という「モデル」を考えようということであって、決して

$T_1$  緩和時間や  $^{17}\text{O}$ -NMR の線幅の変化が分子集団の存在と大きさの変化

の証拠になるわけではない。

水分子の相関時間について、「集団が 1 回転に要する時間と思えば良

い」

と書いてあるが、非常に誤解を招きやすい表現である。水分子集団は、  
液

体の状態ではそんなにくるくる回ったりしていない。むしろその逆で、  
水分子

自身の熱揺らぎによって、絶えずいろんな方向に揺さぶられている。

NMR の測定では、まず磁場をかけて、核スピンの準位を分裂させる。

順位

間のエネルギー差に相当するエネルギーのラジオ波を照射すると、核  
スピ

ンはエネルギーを吸収して熱的に非平衡状態になる。ラジオ波を切る  
と、核

スピンはまわりのスピンや分子の揺らぎの影響によって、エネルギー  
を失い

熱平衡状態に戻るが、この「戻りかた ( 緩和 ) 」は周りの揺らぎによ  
って起き

るので、周りとの相互作用の強さによって緩和の速度が違う。実験で  
は、多

数の分子の統計平均を観測することになる。実際には、ラジオ波の照射の  
仕方を工夫して、測定したい情報をうまく得るようにしている。観測して得られたNMRの緩和時間と、分子の回転の相関時間を結びつける式は理論的に導かれているので、NMRの( $T_1$ 緩和時間の)測定から、分子の回転運動の相関時間を得ることができる。

分子や分子集団は、ある方向に回転しようとしても、次の瞬間には熱揺らぎによって別の方向に揺さぶられる。従って、時間がたつとだんだん最初の運動状態とは無関係な運動になっていく。回転の相関時間は、どの程度の期間、最初の運動状態に関する記憶が残っているかをあらわす。相関時間が短いということは、すみやかに最初の状態を忘れて別の運動をして



しまう

ということである。例えば、温度を上げると分子の熱揺らぎが激しくなって、

運動の相関時間は短くなる。相関時間が長いというのはこの逆で、最初の

運動状態の情報が、なかなか消えないということである。温度を下げると熱

揺らぎが小さくなるので、運動の相関時間は長くなる。

松の主張は、分子の回転運動を議論するのに $T_1$ 緩和時間ではなく

$^{17}\text{O-NMR}$ の結果を使っているので、出発点で間違っている。しかも、

$^{17}\text{O-NMR}$ の線幅が水分子集団のサイズを反映するというまだ未確認

のこと

がらを、あたかも確定した事実のように扱い、これに基づいて水分子

集団を

小さくする方法を探索し、評価をまた $^{17}\text{O-NMR}$ の線幅の測定で行っている。

浄水器を使う前と後で水の $^{17}\text{O-NMR}$ の線幅が変化したのは事実だろ

うが、

実験結果と水の分子集団のサイズには直接の関係はないし、 $^{17}\text{O}$ -NMR

の

線幅で水の処理方法を評価するのは無理な話である。

なお、酸性イオン水とアルカリイオン水のいずれも $^{17}\text{O}$ -NMR の線幅が

小さ

くなるというのは、 $^{17}\text{O}$ -NMR の線幅がpH7 付近で最大になり、どちら

側にず

れても小さくなるということと一致している。

超音波の力で水素結合を切断し、水分子の集団を小さくするという話

は、

超音波の強さによっては、超音波がかかっている間だけそういうこと

が起こ

るかもしれない。問題は、超音波をかけるのを止めたあと、どのくら

いの時

間で元に戻るのかということである。 $^{17}\text{O}$ -NMR は評価法として適切で

ないの

で、 $T_1$  緩和時間による評価やX線による水分子の分布関数の測定がな

され

るまではっきりしたことはいえない。

もし、物質の出入りや化学的変化がないという条件下で、水素結合の切れ

た水とそうでない水が同じ温度・圧力下で安定に長時間存在するとしたら、

熱力学量を測ることで直接証拠が得られ、それら2つの状態の間の相転移

が観測されるだろう。超音波処理の効果について、将来何か実験がなされ

た場合、物質の出入りを許すような実験系が組まれていたとしたら、水分子

集団の大きさを問題にする前に、まず成分の変化で現象を説明することを

考えた方がよい。今の所、室温付近の水に水素結合の切れたのとそうでな

いのと2種類あって、それぞれ分離できて安定に存在することを示すような

実験結果は何一つない。(液体の水の2状態模型というのはあるが、

これは

全く別の話である )

遠赤外線で水分子集団を小さくできるというのは、微弱な遠赤外線では無

は無

理だと思われる。水の特徴づける誘電緩和の虚部 ( 吸収スペクトルに

対応

する ) のピークは20GHz 付近にあり、遠赤外線の領域までピークの裾

野が

広がっている。このピークの低い方の裾野は1GHz 以下まで広がって

いる。

遠赤外線を水に照射したら、水はその遠赤外線を吸収して温度が上がる。

る。

水は熱容量が大きいので、遠赤外線が微弱だと温度の変化もほとんど

ない

ことが予想される。まあ、温度が上がれば水素結合の切れる割合が多

くな

るという話はあるので、強力な遠赤外線ならできるかもしれないが、

それな

らヒーターを入れて温度を上げて同じことである。

故・真授（東海理部）のグループでは、高周波誘電緩和法による高分子

子の

測定や、高分子の結合水の測定や、アルコール水溶液の測定が活発に

行

われていた。

真らは、水にジオキサンやアルコールを混ぜて、混合比を変えて誘電

緩和

を測定した。水の誘電率は約80 であるが、他の液体はその半分以下で

ある。

従って、溶質の濃度が上がっていくと、溶液の誘電率はだんだん減少

する。

この減少のしかたが、溶液中の分子数比で、水分子が約5ないし6個

に対し

て溶質分子が1個以上になるあたりで折れ曲がることがわかった。こ

の結果

から、真らは、水が水としての性質を持つためには、少なくとも6個

以上水分

子がまとまって存在する必要があると主張した。

これだけなら、液体の性質の基礎研究であり、誤解をうむ余地はない。

と

ころが、真下教授に取材を行って記者が書いた文章では、だいぶニュー

アンス

が異なっている。

まず、新聞記事からの引用である。手元にコピーがあるが、引用元が

不明

なので、どなたかご存知でしたらお教えてください。1990年12月

3日付朝日

新聞夕刊7ページに掲載されているという情報をいただいた

(2005/06/59)。

新説「おいしい水は粒ぞろい」

(snip)

...「おいしさを決める条件は、水の分子が集まった塊の大きさが全体で

そろ

っていること」という新しい説を、東海の真授が出している。

水は均質のように見えるが、実は構造をもっている。通常五個から六個以

上の分子が互いに結びつき、大きな塊になっているのだ。水にマイクロ波を

あてると、水の分子に電気的な偏りがあるためにこの塊が回転する。

真さん

はこの回転の程度を測定し、水の分子がどの程度互いに結合しているかを

判断できる方法を開発した。

(snip)

この方法でいろいろな水を測定してみたところ、おいしいと言われる水は

塊の大きさがそろっていることが分かった。

(snip) また水とアルコールを混ぜた時の両者の結合の割合を同様の方法

で測定すると、高級な酒ほど分子の塊が大きくなっているという実験結果も

出た。

この記事とともに、「マイクロ波をあてて水の塊の大きさを調べる装置を手

にする東海授」という注釈付きの写真が掲載されている。

次は、WEDGE, March 64(1991)の記事で、真授に取材して書いたものである。

水 WATER STRUCTURE

(snip)

水は普通、5つか6つの水分子が固まった状態で存在している。そこにマ

イクロ波をあてるとどうなるか。水分子が動き、その反射波が跳ね返ってくる。

この反射波の位相の違いを測定することで水の構造を分析するのだ。

(snip)

真さんは、この主観的な水の美味しさを、分子レベルで評価したのであ

る。

サンプルとして集めた水は、世界一美味しいといわれるカナダのケベック



の水をはじめ、鎌倉の水道水、東京練馬の大泉の水、神奈川県秦野の

わき

水など15種類。もちろん、まずい水の代表である大阪の水道、東京

の水道

も加えた。

この水に30ギガヘルツのマイクロ波を当てる。

(snip)

その結果は、

「ケベックの水の分子の塊は、ほとんど均一なものでした。逆に東京

や大阪

の水道水の分子は大きさにばらつきが多い。つまり世間で美味しいと

いわ

れる水ほど、水分子の塊の数がよりそろっている」

という結論がでたのである。

まず、この2つの記事で紹介されたマイクロ波をあてる装置とは、[別](#)

[ページ](#)

[で解説しているTDR](#) のことである。TDRでは、高速に立ち上がるス

テップパ

ルス電圧を試料に入射し、反射波形を測定し、計算によって試料の複  
素誘

電率スペクトルを得ることができる。プローブの種類と測定の時間レ  
ンジを

選ぶことで、10GHz までの測定を手軽に行うことができる。最も高周  
波を測

定できるようにすると、最終的に得られるスペクトルは大体100MHz  
から

10GHz の範囲になる。水の測定はこの条件で行われたはずである。

誘電緩和スペクトルは、実部はなだらかな減衰関数で、虚部は裾野が  
広

がったピークの形をしている。得られたスペクトルを、簡単な関数で  
フィッティ

ングするのだが、広がりが大きくて単純なデバイ型では合わないこと  
がしば

しば起こる。この場合は、デバイ型に緩和時間の分布のパラメータを  
入れた

実験式でフィッティングを行う。フィッティングの結果得られるパラ

メータは、

誘電緩和の大きさ、 $\epsilon_{\infty}$  ( 周波数無限大での誘電率の大きさ )、緩和時間、

緩和時間の分布を表すパラメータである。これらのうち、水の均一性と結び

つけられるものは、緩和時間の分布をあらわすパラメータである。「分子の

状態が均一な場合は緩和時間に分布がなく、不均一になると緩和時間に分

布が出る」というのは、実験データの定性的な説明としてよく言われることで

ある。

しかし、説明はあくまでも説明である。測定できるのはスペクトルであり、ス

ペクトルからいくつかのパラメータを求めることができるだけである。

誘電緩

和の測定では、物質中の電気双極子モーメントの時間相関を測定している。

これをもとに分子の運動状態を推定することはできても、分子の塊の  
大きさ  
を推定することはできない。動的な測定では、空間情報を得ることは  
できな  
いのである。

さらに、水の状態を議論できるだけのデータがTDR で得られるかとい  
うと、

実はかなり難しい。それは、装置の限界で、10GHz でもよほど注意し  
ないと

データのばらつきが大きくなり、20GHz はまず越えられないからであ  
る。水を

特徴づける誘電緩和のピークは、20GHz より少し高いところにある。

TDR で

測定しても、緩和のピークを越えることができないのだ。すると、フ

ィッティン

グは、スペクトル全体の半分以下の情報だけ使って行うことになる。

たとえ

ば、富士山の形を求めるのに、8合目から下の静岡側の情報しか知ら

ない

で推定するようなものである。こういうデータのフィッティングをすると、緩和

の終わるあたりの情報はまったくないわけだから、わずかの誤差で $\varepsilon_{\infty}$ の

値が大きく変動する。これに伴って、緩和強度も緩和時間も変わってくる。変

動を押さえるには、何か別の方法なり文献値なりに基づいて、 $\varepsilon_{\infty}$ の値をま

ず決めなければならない。実際の試料の測定結果とは関係しないような $\varepsilon$

$\infty$ の値を決めた時点で、フィッティングの結果にはこのことによるエラーが入

り込む。

$\varepsilon_{\infty}$ の値を何らかの方法で決めて、フィッティングを行い、緩和時間の分

布のパラメータと水の官能検査の結果に相関が出たとしよう。それでも、「緩

和時間の分布の尖ない水はおいしい」という結論を引き出すことはできても、

「分子の状態の均一な水はおいしい」はただちにいえないのである。

という

のは、緩和時間に分布が出るメカニズムについては、分子レベルではまだ

十分解明されていないからである。

なお、真下が論文中で主張した「液体中に水分子が平均して6個以上まと

まって存在できないと、液体全体としては水の性質をもたなくなる」

ということ

は、この通りの意味であって、液体の水は5ないし6個の水分子の小集団が

集まってできている、ということの意味しない。真下の論文のどれを読んでも、

「TDR で水分子集団の大きさを求めた」などということは、当然どこにも書い

ていない。水の小集合体モデルは、後に述べるように、水の研究の早

い時

期に提案され、水の誘電率の大きさを説明しないという理由で捨てられたモデルである。引用した記事は、注意して読まないといつ

て誤解する可能性がある。

なお、引用した文献は2つとも、真下の仕事を取材した記者によって書かれたものであることを指摘しておく。真下本人の書いた解説文では、

結合水の話が主であり、バルクの水そのものにはほとんど触れていない。結合水の場合は、高分子に束縛されることで動きが遅くなっており、対応する誘電緩和のピークは数百メガヘルツに出るので、TDRで十分観測することができ

る。

前述の実験とほぼ同じ頃に、磁気処理水のNMR 測定が宮学のグループによって行われた。実験および結果の報告は、「水の磁気処理に関する基

礎的研究」(石川 et al, 農業機械学会九州支部誌 40(1991) p40-43)

にまと

められている。磁気処理の方法は、市販の磁気処理装置パイプにとりつけ、

水槽内の水を循環させるというものである。評価の方法として、

$^{17}\text{O}$ -NMR の

測定と、小麦の初期生育試験を行っている。

実験結果および考察の、「 $^{17}\text{O}$ -NMRスペクトル線幅」には、以下のよう

に書

かれている。  
水の構造に関しては多くの研究が行われているが、最近、水分子の集

合

体モデルとしてクラスター(cluster)の構造が提唱されている。

Hindman らは、 $^2\text{H}$  と  $^{17}\text{O}$ -NMR (核磁気共鳴) の緩和時間の温度依存性の



実験結果と誘電緩和の結果を合わせて、熱力学的な考察からクラスタ  
ーの  
存在を示唆している。また、 $^{17}\text{O}$ -NMR の信号幅に影響を及ぼす要因と  
して、  
H-O 間のスピン - スピン相互作用や常磁性溶解物、反磁性金属イオン  
など  
が考えられているが、いずれにしても水はクラスタの状態で存在し  
ており、  
その中に物質を溶かし込んでいるといえる。  
 $^{17}\text{O}$ -NMR スペクトルから得られる信号幅は、一般に信号強度の1/2 の  
所  
で表され、 $\nu_{1/2}$  を半値幅、 $T_2$  をスピン - スピン緩和時間として、  
$$\nu_{1/2} = 1/\pi T_2$$
  
で関係づけられる。  
一方、 $^{17}\text{O}$  核は核スピン数が5/2 であり、緩和時間に対しては核四重極  
モ  
ーメントの緩和機構が支配的であり、分子運動は故雑になるが、半値  
幅は

クラスターの大きさと運動状態を反映すると考えられる。

(snip)

処理前の水道水と磁気処理した水道水とでは水の状態は明らかに異なり、

磁気処理水はいずれも反値幅は小さくなることが判明した。

(snip)

これより、磁気処理によって水素結合が切れて、クラスターは次第に小さく

なり、水の動きは活発になるといえる。

まず、引用されているHindman の論文(J.Chem.Phys, vol.54 No.2 (1971)

621-634)であるが、Hindman らは、スピン - スピン緩和時間ではなくて、スピ

ン - 格子緩和時間 $T_1$  の測定結果に基づいて、水の構造を議論している。

分

子の回転運動と直接関係するのはスピン - スピン緩和時間ではなくて、

ス

ピン - 格子緩和時間の方である。Hindman の論文を引用し、その議論

にそ

って水のクラスターの状態を論じるのであれば、スピン - 格子緩和時間の

データに基づいて行うべきで、スピン - スピン緩和時間の結果をあてはめる

のは、論文の誤読か誤用ではないかと思う。

Hindman らは、 $^2\text{H}$  と  $^{17}\text{O}$  のスピン - 格子緩和時間の温度変化を測定し、

緩和時間の温度依存性が単純なアレニウス型では説明できないことを見いだ

した。かれらは既存の水のモデルを実験データにあてはめて検討した結果、

ディスカッション(p.632)で次のように述べている。

The data have therefore been interpreted in terms of an equilibrium between a hydrogen-bonded "lattice" and "free" or "defect" molecules which relax by rotational diffusion. The model for  $T_1$  process is therefore formally a "two-state" or "mixture" model.

これは、水素結合でつながった分子種と、その隙間に割り込む分子種が

存在し、それらの間に平衡が保たれているというモデルで結果を説明

できる

ということである。あるいは、隙間の多い配置をとっている分子集団

と、密な

分子集団が存在し、両者の間に平衡が成り立つというモデルを支持す

ると

いう話である。水素結合でつながっている水分子の領域をクラスター

と呼ぶ

のならば、石らの論文中でHindman の仕事について「熱力学的な考察

から

クラスターの存在を示唆している」と書いているのは、誤りではない。

しかし、

水の「混合物モデル」や「2状態モデル」がちゃんと定義され、モデ

ルに基づ

いた計算もなされているのに比べると、「クラスター」という概念

はかなり曖

昧なものである。

石らの論文の議論は、その前提となる論文を誤読し、しかも元の論文

の議

論をあいまいにしてしまうような「クラスター」という考えを新たに  
持ち込んだ

ものである。

かりに、石らが「クラスター」をきちんと定義する方法を考えていた  
としても、

引用部分の最後の1文は、「クラスターというモデルに基づいて考え  
るなら

ば、磁気処理をしたらクラスターが小さくなったということが、実験  
結果を説

明する1つの方法である」と読むべきである。まだ他にも現象を説明  
するモ

デルはあるかもしれないし、水の構造以外の原因でも現象を説明でき  
るか

もしれない。この論文の結果でもって「磁気処理すると水のクラスタ  
ーが小さ

くなる」ということが証明されたわけではないのだ。しかも、考察の  
前提として

いるHindman の考え方を、スピン - スピン緩和時間のデータに適用す

ること

が妥当かどうかという問題は、依然として未解決のままである。

さらに、磁気処理を行う装置は、水槽中にポンプを入れて、パイプをつなぎ、

パイプから出た水がまた水槽の中に落ちるというもので、磁石はパイプの途

中にとりつけている。この処理装置では、外から何かが水に混じることを防

ぐのは難しいし、気体の溶解度なども制御できないと思われる。かりに、

NMR の $T_1$  に違いが出たとしても、磁気処理の効果なのか不純物の効果な

のかを切り分けることが難しいだろう。この装置で処理した水の測定結果で

水のクラスターサイズの議論をするのはちょっと無理なのではないか。

やはり著者たちは問題を認識していて、論文のあとの方で、

水条件と半値幅、クラスターとの関係については今後さらに研究を継続す

る必要がある。

と述べている。私としては、次の実験をする前に、Hindman の論文を

もう一

度ちゃんと読み、かつ物質の出入りがないような系を作ることをおす

すめし

たい。

実際には、 $^{17}\text{O}$  のスピン - スピン緩和時間 $T_2$  は、水の構造の指標には

なら

ず、そのかわり、むしろpH の指標になる。このことは、最近論文とし

て発表

された ( "DYNAMIC STRUCTURE OF WATER IN ULTRA PURE

WATER

PRODUCING SYSTEM OBSERVED BY DIELECTRIC AND  $^{17}\text{O}$ -NMR  
RELAXATIONS", Koji YAMANAMA, Akio SHIMIZU, Shintaro SUGAI

and

Satoru MASHIMO, J. Chem. Eng. Japan, vol.29, No.3(1996) 421-426 )。

著者

のYAMANAKA は、オルガノの山士、MASHIMO は、真授である。

YAMANAKA らは、市販の超純水製造装置で行われる水処理の各段階

で

水を取りだし、TDR による誘電緩和測定と<sup>17</sup>O-NMR の緩和時間測定  
を行い、

次のような結果を得た：

- 精製のすべての段階で、誘電緩和の緩和時間 $T_d$ は変化しない。
- 誘電緩和の緩和時間の分布について。最初は尖り分布があり、精製の4段階目までは分布が小さくなるように変化し、それ以降は単一緩和時間となる。
- <sup>17</sup>O-NMR のスピン - 格子緩和速度 $R_1(=1/T_1)$ は、精製のすべての段階で変化しない。
- <sup>17</sup>O-NMRのスピン - スピン緩和速度 $R_2(=1/T_2)$ は、精製の各段階で大きくばらついて変化し、精製が進むと $R_2$ が大きくなる傾向がある。
- 超純水にさまざまな濃度になるようにCO<sub>2</sub>を溶かして、<sup>17</sup>O-NMRを測  
定し、 $R_2-R_1$ をpHに対してプロットすると、pH7で極大値を持つことが  
わかった。また、得られたデータは、すでに提案されているpHと



$R_2 - R_1$  を関係づける式でよく説明できた。

YAMANAKA らは、 $^{17}\text{O}$ -NMR について、論文中2.2 節およびconclusion で

次のように述べている。

The orientational motions of water molecules can be derived from the measurement of  $T_1$ . On the other hand, the spin-spin relaxation time,  $T_2$ , is effected by both the orientational motions of water molecules and the rate of proton exchange reactions in water (Meiboom, 1961). The difference between  $T_1$  and  $T_2$  represents the contribution of the proton exchange reaction as described later. (snip) The drastic change of  $R_2$  in the UPW system was clearly explained by proton exchange mechanism, and should not be directly correlated with the rotational motion of water molecules.

( 拙訳 : 水分子の配向運動は、 $T_1$  の測定から求めることができる。一

方、ス

ピン - スピン緩和時間 $T_2$  は、水分子の配向運動とプロトン交換反応の

両方

に影響される。 $T_1$  と $T_2$  の差は、後述するようにプロトン交換の寄与を

反映す

る。

( 略 )

超純水製造システムにおける $R_2$ の大きな変化は、プロトン交換のメカニズ

ムで完全に説明でき、水分子の回転運動とは直接の関係がない。)

文中で引用されているMeiboom の論文は、S. Meiboom, "Nuclear Magnetic Resonance Study of the Proton Transfer in Water", J. Chem. Phys.

vol.34 No.2(1961) 375-388 で、 $T_2$ の測定によりプロトン交換速度を出して

い

る。  
なお、 $^{17}\text{O}$  スペクトルの半値幅と、pH の関係については、大らによつて、水

環境学会誌vol.16(1993)411-、にも報告がなされており、「水の分子工学」

(上平恒、講談社サイエンティフィック、ISBN4-06-153378-9)の102 ページに

引用されている。

ここまでの文献引用と解説で、「水のクラスター」という話が出てきた経緯

は理解していただけたと思う。そのうち、松下の報告と宮崎大グループの報

告は、水分子の回転運動とプロトン交換の両方の影響を受ける $T_2$ 緩和時間

を、水分子の運動を直接反映する指標と誤解している。

松は元日務の技術者であるが、日子はNMR 分光器の開発をしている会社であり、松はNMRの測定にはおそらくなじんでいたはずである。一方の宮

のグループは、研究を生業としているプロである。まず、気に留めておいて

ほしいことは、このように研究・開発の現場にいるプロでも、つい勘違いをす

ることがあるということだ。(そう、勘違いするかもしれない人の中にはもちろ

ん私自身も含まれる)

次に、この両者は共に、緩和時間測定では「速度」に関する情報は得られ

ても、分子の空間配置に関する情報を得ることは本来不可能であるの

に、

「水分子のクラスター」というものを持ち込んで実験結果を説明しようとした。

宮の論文では、「クラスター」の話はかなり断定的に導入されているように思

う。松下の論文では、クラスターサイズの変化が確定した事実であるかのよ

うに扱っているので、ちょっとやりすぎかもしれない。

とはいっても、私は別に「クラスター」を持ち込んだことそのものを非難する

つもりはまったくない。批判はするかもしれないが。私がなぜそうするかとい

うことをわかってもらうには、実験の論文がどのように書かれるかということ

を説明する必要がある。

何かを発見しました、合成しました、等の直接証拠が出せるような仕事以

外の実験の論文は、次のように書かれる。まず、その分野の現状とこ

れま

での主要な成果と未だ解決しない問題点まとめる。そのうち、今回の

自分の

仕事が未解決問題のどこを攻めるかを簡単に書く。次に、実験方法に

つい

て、専門家が見れば実験を再現できる程度の詳しさを記述する。その

次は、

実験の結果についてまとめて、その結果についての議論（解釈や既存

の結

果との整合性などについて述べる）をする。最後に結論、謝辞、引用

文献と

続く。このうち、実験の結果と議論は明確に分離して書くのが普通で

ある（レ

ターなど、長さに関りがあるものは別だが、それでも読む人にわかる

ように

しておく）。なぜなら、実験の結果は、実験そのものが誤りでなけれ

ば技術

の進歩によって改訂されるまで残るが、議論の方はその実験データが

有効

な間に別の説明や解釈にとってかわられるかもしれないからである。

論文を読むときは、こういう書き方を前提にして読む。さらに、測定対象が

複雑（たとえば、実験室で慎重に調整された純水とアルコールの混合物は

単純、発酵の産物である酒は複雑）な場合は、複数のグループの追試を待

って、測定結果が妥当かどうか判断する。生き物を直接対象とする生物学

や医学分野では、論文によっては、複数のグループが独立に同様の調査や

測定をして、同じ傾向が出てこないとなかなか認められない。一時期、私は

脳の計測に携わったことがあるが、共同研究者にこう言われた：「脳生理学

でいろんなグループが同じ実験をすると結果が3つ出る。増えた・減った・変

化しないの3つだ」。物理学や化学では、これよりずっとましな状況だが。

論文に書かれる実験事実と、それを説明するモデルは別々に理解し、モ

デルについては他の説明がありうるかもしれないという前提で取り扱う。

我々は普段からそうしている。しかし、浄水器関係のウェブページを見ると、

本来作業仮説であったものが、あたかも事実のように書かれている。これは、

ウェブページを作った人に、モデルと事実を分けて論文を理解するという習

慣がなかったからではないかと思われる。

また、論文を読む時には、それがどの程度の審査の結果公表されたかと

いうことを考慮する必要がある。「農業機械学会九州支部誌」にも「食品と開

発」にも私は投稿したことがないので、審査のシステムについては何

もコメ

ントできないが、先に引用した論文を読んで、かなり甘い（もしくはほとんど

やってない）のではないかという印象を持った。

我々が実験結果を発表するときは、英語で書いて、論文誌（例えば、Physical Review, Journal of Chemical Physics, Journal of Physical Society

of Japan など）に投稿する。投稿した論文は編集者の判断で1人～3人の審

査員（レフェリー）に送られる。誰がレフェリーかは投稿者にはわからないし、

レフェリーであることを明かさないことが不文律とされている。論文の内容に

明らかな誤りがないか、足りない所や矛盾した所はないか、この論文誌に載

せることが適切か、といったことが審査されて、コメントが戻ってくる。それを

みて、直すところは直し、レフェリーの誤解があるときはそのことを指摘して



レフェリーを説得し、OK がもらえれば論文が受理され掲載される。と

んでも

ないレフェリーに当たることもあり、そのときはそのことを編集者に

伝えて別

のレフェリーを選んでもらうこともある。

実は、水の動的構造の研究という分野は古くからやられていて、それ

だけ

蓄積もあり、またうるさい人も多い。したがってこの分野で実験をし

て論文を

書いても、下手なことを書くと論文は却下 (リジェクト) されてしま

う。水のクラ

スターの話はそのいい例で、実は我々のグループでもラマン散乱 (直

接空

間情報がとれない) の実験結果からクラスターというモデルで議論し

ようとし

た論文がリジェクトされている。どうも、クラスターの話を持ち出す

には、X線

や中性子や分子動力学シミュレーションといった、直接空間情報を取

り出せ

る手法と組み合わせない限り論文は認めてもらえないのではないかと

いう

感触を持っている。

こういう状況なので、「NMRの $T_2$ で水分子の回転運動を評価し、クラ

スター

の変化と結びつけた」という内容の論文をまともな審査をやる論文誌

に投稿

したら、「 $T_2$ を使うのは間違い」「クラスターサイズを議論する根拠

がない」と

いうことを指摘されてまず確実にリジェクトされると思われる。また、

「不純物

の効果だろう」という指摘もあると予想される。だから、先に引用し

た論文を

公表する論文誌の審査は甘いかやってないかだろうと思いたくなるの

だ。

まあ、審査を通った論文がすべて信用できるというものでもない。ど

う見て

も変な論文が通っていることもある。しかし、審査の過程で明白に変な論文

はかなりの確率でふるい落とされるので、審査付きの論文誌に掲載された

論文の内容についてはそれなりに信用できると思われる。逆に、我々は、新

聞発表や雑誌記事を実はほとんど信用していない。取材に来た記者は何と

かしてわかりやすく面白い話を書こうとするものだし、研究室によっては教

授が理想を語り、現場がその後始末に追われるということもあるからだ。審

査がないか、非常に甘い雑誌に研究者本人が書いた論文は、この両者の

中間として扱う。いずれにしても、自分が研究を進めるときの参考にするの

は、ちゃんとした審査付きの雑誌に掲載された論文のみである。面白い話

が雑誌や新聞に掲載されたときは、その元になっている(審査済みの)

論文

を探すことになる。審査済みの論文がなかったら、その件については

未解

決として棚上げし、信頼できる結果が報告されるまで判断を保留する。

審査付きの論文誌から水の構造に関する情報を得ていたら、クラスタ

一の

話が一人歩きすることは無かったのではないか。

クラスタという考え方は、実はそれが曖昧なものであったとしても、

一見

わかりやすい。そして、一見わかりやすいということは、多分浄水器

や食品

の商品説明には重要なことなのだろう。水の状態は、直接目に見える

わけ

ではないので、分子が集まっている絵を出されると、わかりやすいが

故にそ

の説明に飛びついて理解した気分になってしまう。しかし実際の水は

そんな

にわかりやすいものではないし、水分子の状態を実際に見た人は世界中

で誰一人居ない。そもそもわかってないものに対し、絵に書けるようなわか

りやすい説明を要求すると、結局のところわかりやすい誤解が広がるだけだ

ろう。クラスターの話が根強く残る背後には、未だに水の構造の決定的なモ

デルを出せない研究者と、簡単な説明を欲しがる研究者以外の人々がいる

ということなのだろう。

なお、真空中に液体のジェットを吹き出して（超強力な霧吹きのようなもの

を想像してください）、数分子からなる細かい液体の粒を作って質量や成分

を分析する実験技術があり、このときできる微小液滴をクラスターと呼ぶ。こ

のクラスターは実体もあるし測定できる。しかし、液体中で、分子が

クラスター

ーを作って存在するかどうかはまた別の問題である。水商売で「クラスター」

というと、たいていの場合は液体中に分子のまとまりが存在するかの  
ような

記述がなされるが、液体状態でそのようなクラスターの集まりを測定  
する方

法はない。ジェットにして強制的に粒々を作るとはじめてどういうク  
ラスター

かはっきりする。(これに関する参考文献は、[二・西](#)による「クラスター」  
という本

や、[産総研](#)による研究がある)

クラスターが小さくなったときに起きる現象として考えられるのは、

以下に

示した誘電率の減衰と、マクロな体積の増加である。それまでネット  
ワーク

的にくっついていた水分子がばらばらになるから、体積が増えなけれ  
ばおか

しい。この2つの変化の前後で水の中の成分の組成が変わらないことが条件である。このような変化が同時に起きない限り、液体の水のクラスターが小さくなったという主張を認めることはできない。

引用した記事や、「[水商売ウォッチング](#)」でリンクしているページには、あたかも水が、水分子5個や6個の集団が集まってできているような説明があり、図が書いてあったりする。「水のクラスターが小さくなる」といったようなタイトルの図では、連続的につながった水分子が、数個ごとにまとまった集団にばらばらにされていく絵がしばしば描かれている。これらは明白に間違いである。

間違いであることの説明は、「水の構造と物性」カウズマン / アイゼ

ンバー

グ著、( 関、松尾訳 )、みすず書房(1975)のp.260 にある。( この本の

原著は、

THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF WATER, D.Eisenberg and W.

Kauzmann, Clarendon Press, London, 1969 である )

訳本での説明は以下の通り。

水を水分子の小さな集合体の平衡混合物と考える一連のモデルがかつ

て

は広く受け入れられたが、現在では歴史的な意味しかもたない。これら

のモデ

ルのいくつか(Chadwell 1927 を参照 ) は、水を $\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{H}_2\text{O})_2$  および

$(\text{H}_2\text{O})_3$  の混

合物として扱った。後二者はそれぞれダイヒドロール(dihydorol)および

トリヒ

ドロール(trihydrol)と呼ばれた。また他のモデル(Eucken 1946)において、

水

は $\text{H}_2\text{O}$ 、 $(\text{H}_2\text{O})_2$ 、 $(\text{H}_2\text{O})_4$ 、および $(\text{H}_2\text{O})_8$  の混合物と見なされた。温度、

圧力お



よび溶質濃度に対する諸性質の依存性がこれら集合体の平衡濃度の変化

によって説明され、数多くの性質について実験とのよい一致が得られた。

Dorsey は水に関する彼の成書(1940, p48)において、ダイヒドロールとトリヒド

ロールの性質を表にまとめた。

Bernal and Fowler(1933)は、小集合体モデルを、“あまりにも分子の化学に

とらわれた考え”であり、液体中の分子の空間的な配置の誤った記述を与

えるものとして批判した。

最近のデータは、小集合体モデルが正しくないことを確証している。

分光

学的データ(第4.7(b)節)は水がはっきりと区別される小数の分子種から成

るのではないことを示す。また、誘電緩和時間の分布が小さい(第4.6(a)節)

ことから、種々の集合体が水の中に存在するとしても、それは $10^{-11}$ s 以上に

わたって持続するものでないことがわかる。水分子の間に強い角度の  
相関

があることは、大きい誘電定数の値から明らかであるが、これは小集  
合体モ

デルによって説明されない。

文中の第4.7(b)節は、水の振動分光のデータの温度依存性の話である。

水の伸縮振動モードの温度依存性が、連続で唯一の極大を持つという  
実験

事実から、水は分子種のことなる状態の混合物ではないということが  
指摘さ

れている。もし、水がはっきりとした小数の分子集団の混合物なら、  
各分子

集団の環境の違いが伸縮振動モードにあらわれてしかるべきだからで  
ある。

第4.6(a)節は、水の誘電緩和の当時の測定結果の紹介である。

ともかく、1969年の時点ですでにこれである。今頃主張するのは無理

だろ

う。

本稿を書くにあたって、お茶院人助手の細博士にアドバイスを頂いた。

ここ

にお礼申し上げます。\_\_