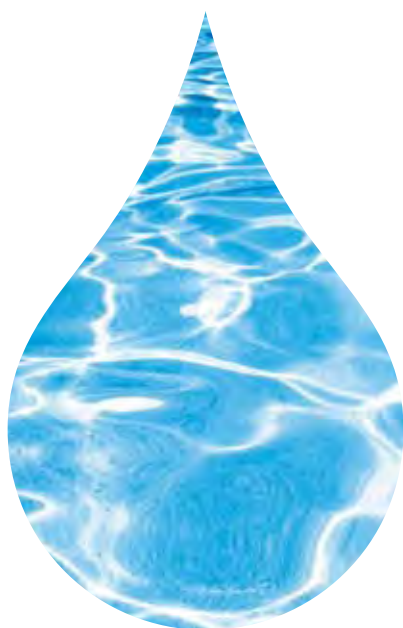


# The 2009 International Forum on FFC Technology

## FFC国際フォーラム2009

*FFC and Global Health*

健全な地球の創造を目指して



2009年8月24日[月]・25日[火]

2009 August 24 and 25

東京国際フォーラム  
Tokyo International Forum

■主催 赤塚グループ (株)赤塚植物園 (株)赤塚 (株)エフエフシー・ジャパン

For All Life on Earth  
一人の健康から地球の未来まで

 **AKATSUKA**

## Message from the Organizer of Forum

### ご挨拶



Akatsuka Group, President  
Mitsuo Akatsuka

赤塚グループ  
代表 赤塚 充良

本日は、お忙しい中、ご来賓の方々をはじめ、全国各地より 5000 名を超える方々にご出席を賜り、主催者として大変うれしく、心より御礼申し上げます。また日頃から、弊社の事業に格別のご高配とご支援を賜り、あらためて厚く御礼申し上げます。

地球という、水と緑に包まれた惑星に住む私たちは、大自然の恩恵を受けながら暮らし、生命をつないできました。近年、その自然が急速に姿を変えつつあります。18 世紀後期の産業革命以降、人類は石炭や石油などをエネルギーに変え、様々な用途に活用し発展してきました。いわば「火の技術」に依存した社会を築き上げてきたといえます。その結果、私たちは便利で豊かな生活を手に入れましたが、一方で、経済発展をただひたすらに優先し続けた結果、積み重なってしまった「環境の不良債権」の影響が様々な形で現れてきています。地球温暖化をはじめとする環境破壊です。地球は、太古の昔から「火」と「水」のバランス（調和）を取りながら植物や動物の生命を育ててきました。それは大自然の叡智といえます。それが急速な科学技術の発達によりバランスを失い、生き物にとって「生命力」ともいえる水の力が弱まってきているように思います。

今から 25 年前、私は植物の生産を通じて、この地球上には私たち生き物の体内に存在するような「生命エネルギーに満ちた水」と、「物を腐敗させていく方向の水」の 2 種類の水が存在することに気が付きました。そして水の機能に着目し研究を進め、生命を育む働きを持つ「FFC テクノロジー」を開発し、以来、この FFC の普及と研究に全力を注いできました。いまや FFC は、農業、水産、畜産、食品、木材加工、施設・サービス業など、全産業分野で活用され大きな成果を挙げています。特に最近では、美容分野においても素晴らしい研究成果を論文発表していただき、FFC テクノロジーの普及に大きな追い風となっております。

現在、この FFC をご活用いただいている方が、全国に 15 ～ 16 万世帯いらっしゃると思います。この FFC テクノロジーは誰でも簡単に使うことができ、地球環境の改善や、生態系の回復に大きく寄与し、人類にとって救世主となるものと確信しております。一人でも多くの方にこの FFC を知っていただき使っていただくことで、それぞれのご家庭や産業分野から FFC の水が流れ出し、一日も早くこの地球環境が輝きを取り戻し、安全で安心、豊かな社会が実現することを願ってやみません。

この度の「FFC 国際フォーラム 2009」では、国内の大学・研究機関をはじめ、海外からはハーバード大学の研究者にお越しいただいております。この 2 日間を通して、様々な分野における学術研究発表をしていただきますが、これまでの常識では考えられないような FFC の無限の可能性を示唆するものです。私は今日のこの日を「新しい科学が生まれる吉日」としてとらえています。

赤塚グループは今後も、FFC テクノロジーの恩恵を日本や世界の方々に向けて発信したいと考えております。どうか今後とも皆様のご理解とご支援を賜りますよう心よりお願い申し上げます。開会のご挨拶とさせていただきます。

# FFC国際フォーラム2009

## FFC 研究学術発表プログラム

<8月24日>

健康な地球の創造を目指して

- 12:30 ~ 12:35 **開会の辞** (株)赤塚植物園  
常務取締役 **赤塚 耕一**
- 12:35 ~ 13:00 **主催者あいさつ** 赤塚グループ  
代表 **赤塚 充良**
- 13:00 ~ 13:30 特別講演 「**FFC、パイロゲンと地球規模の水の供給を考える**」 →page 6  
ハーバードアジアセンター  
マネージャー **ジョン・ミルズ**
- 13:30 ~ 14:05 「**FFCエース・セラミックスは湖沼のヘドロを浄化できるか?**」 →page 9  
宇部工業高等専門学校 物質工学科  
准教授 **中野 陽一**  
准教授 **久富木 志郎**
- 14:05 ~ 14:40 「**FFCセラミック水と植物の健康**」 →page 12  
岡山大学大学院自然科学研究科  
FFCテクノロジー寄付講座  
教授 **白石 友紀**  
准教授 **豊田 和弘**
- 14:40 ~ **<休憩>**
- 15:10 ~ 15:45 「**鉄さびの進行に及ぼすFFCセラミック水の効果**」 →page 15  
岡山大学大学院自然科学研究科  
FFCテクノロジー寄付講座  
教授 **高田 潤**  
准教授 **藤井 達生**
- 15:45 ~ 16:20 「**FFCセラミック水の凍結挙動について**」 →page 18  
～ FFC セラミック水を凍らせると通常水との違いが判るのか?～  
岡山大学大学院自然科学研究科  
FFCテクノロジー寄付講座  
教授 **堀部 明彦**
- 16:20 ~ **<休憩>**
- 16:50 ~ 17:25 「**パイロゲン・FFCセラミック水は細菌と真菌(酵母・カビ)に異なる影響を及ぼす**」 →page 21  
山口大学大学院医学系研究科  
教授 **常岡 英弘**  
(株)赤塚植物園 生物機能開発研究所  
所長 **西村 富生** チーフ **長谷川 幸子** 研究員 **上田 隼平**
- 17:25 ~ 18:00 「**FFCで経営は活性化するか**」 →page 25  
～畜産経営と食品産業を対象にして～  
岡山大学大学院環境学研究所  
教授 **横溝 功**

# FFC国際フォーラム2009

## FFC 研究学術発表 プログラム

<8月25日>

健康な地球の創造を目指して

- 10:00 ~ 10:45 「**FFCはモノの表面への細菌・カビの付着を妨げる**」 →page 29  
ハーバード 技術科学・応用科学領域  
教授 **ラルフ・ミッチェル**
- 10:45 ~ 11:30 「**FFC水はどうやってモノの表面から微生物を遠ざけるのか**」 →page 30  
ハーバード 技術科学・応用科学領域  
教授 **スコット・マーチン**
- 11:30 ~ <昼食>
- 13:30 ~ 14:15 「**FFCは植物の生長を促進する**」 →page 31  
ハーバード大学 技術科学・応用科学領域  
教授 **ラルフ・ミッチェル**  
研究員 **ニック・コンコル**
- 14:15 ~ 15:00 「**FFCセラミック水・パイロゲンは皮膚細胞を活性化する**」 →page 32  
千葉大学 放射線医学総合研究所連携大学院  
教授 **広部 知久**
- 15:00 ~ <休憩>
- 15:45 ~ 16:30 「**FFCセラミックスは健全な水環境を守る**」 →page 34  
ハーバード 公衆衛生学領域  
准教授 **ジェームス・シャイン**
- 16:30 ~ 17:15 「**FFCセラミックビーズの特性、鉄欠乏貧血症治療への活用ならびにFFCエアロゾルの特徴**」 →page 36  
ハーバード 公衆衛生学領域  
教授 **ジョセフ・ブレイン**
- 17:15 ~ 17:20 **閉会の辞** 赤塚グループ 代表  
**赤塚 充良**

# The 2009 International Forum on FFC Technology

## Scientific Program

August 24

### *FFC and Global Health*

- 12:30 ~ 12:35      **Official Forum Opening**      Akatsuka Garden Co., Ltd. Executive Managing Director  
**Koichi Akatsuka**
- 12:35 ~ 13:00      **Opening Address by the Organizer of Forum**      Akatsuka Group, President  
**Mitsuo Akatsuka**
- 13:00 ~ 13:30      **Special Lecture “FFC, Pairogen, and the Global Water Supply”**      →page 6  
Harvard Asia Center  
**Jon. Mills**
- 13:30 ~ 14:05      **“Decontamination of Lake Bottom Sludge by FFC Ace/Ceramics”**      →page 9  
Ube Natl. Coll. Technol.  
**Yoichi Nakano/Shiro Kubuki**
- 14:05 ~ 14:40      **“FFC Ceramic Water and Plant Health”**      →page 12  
Grad. Sch. Nat. Sci. Technol., Okayama U.  
**Tomonori Shiraishi/Kazuhiro Toyoda**
- 14:40 ~      < Break >
- 15:10 ~ 15:45      **“Effects of FFC Ceramic Water on Corrosion Behavior of Iron”**      →page 15  
Grad. Sch. Nat. Sci. & Technol., Okayama U.  
**Jun Takada/Tatsuo Fujii**
- 15:45 ~ 16:20      **“Difference of Freezing Characteristics between FFC Ceramic Water and Normal Water”**      →page 18  
Grad. Sch. Nat. Sci. & Technol., Okayama U.  
**Akihiko Horibe**
- 16:20 ~      < Break >
- 16:50 ~ 17:25      **“Different Influences of Pairogen/FFC Ceramic Water on Bacteria and Molds/Yeasts”**      →page 21  
Grad. Sch. Medicine, Yamaguchi U.  
**Hidehiro Tsuneoka**  
Inst. Biol. Process Res., Akatsuka Garden Co. Ltd.  
**Tomio Nishimura/Sachiko Hasegawa/Jumpei Ueda**
- 17:25 ~ 18:00      **“The Economic Effects and Efficiencies of FFC in Livestock Farm and Food Industries”**      →page 25  
Grad. Sch. Environ. Sci. & Technol., Okayama U.  
**Isao Yokomizo**

# The 2009 International Forum on FFC Technology

## Scientific Program

August 25

### *FFC and Global Health*

- 10:00 ~ 10:45      **“FFC Inhibits Microbial Attachment”**      *→page 29*  
Harvard Sch. Engin. Appl. Sci.  
**Ralph Mitchell**
- 10:45 ~ 11:30      **“How Does FFC Water Keep Germs Away?  
—A Surface Scientist’s Perspective”**      *→page 30*  
Harvard Sch. Engin. Appl. Sci.  
**Scot Martin**
- 11:30 ~      **< Lunch >**
- 13:30 ~ 14:15      **“FFC Enhances Plant Growth”**      *→page 31*  
Harvard Sch. Engin. Appl. Sci.  
**Ralph Mitchell/ Nick Konkol**
- 14:15 ~ 15:00      **“FFC Ceramic Water and Pairogen Stimulate Skin Cell Function”** *→page 32*  
Nat. Inst. Radiol. Sci./Grad. Sch. Sci., Chiba U.  
**Tomohisa Hirobe**
- 15:00 ~      **< Break >**
- 15:45 ~ 16:30      **“The Effects of Akatsuka FFC Ceramics  
on the Health of Water Environments”**      *→page 34*  
Harvard Sch. Pub. Health  
**James Shine**
- 16:30 ~ 17:15      **“FFC bead Properties, Treating Iron Deficiency Anemia,  
and Characterizing FFC Aerosols”**      *→page 36*  
Harvard Sch. Pub. Health  
**Joseph. Brain**
- 17:15 ~ 17:20      **Closing Address**      Akatsuka Group, President  
**Mitsuo Akatsuka**



## FFC, Pairogen, and the Global Water Supply

## FFC、パイロゲンと地球規模の水の供給を考える



Harvard Asia Center  
Jon D. Mills

ハーバードアジアセンター  
ジョン・ミルズ

アカツカグループと FFC 普及会の皆様にお話できることは大変うれしく、光栄に存じます。私を含むハーバード大学の研究者は、アカツカグループの赤塚充良社長ならびに専務、常務、社員や FFC フォーラムの組織委員の皆様、さらには、国内の大学や研究機関からお集まりの研究者の方々、ならびに、FFC テクノロジーの素晴らしい効果や健康維持効果の知識を高めるために本日ここにご出席の FFC 普及会の皆様に心から御礼申し上げます。アカツカグループが FFC による水処理の技術、パイロゲンあるいは FFC の愛好者が使っておられる数々の製品を開発し、それを FFC 普及会の皆様が家庭やビジネスの世界で活用できるように一般の方々に普及活動をしておられることは、なんと素晴らしい幸運なことでしょう。

皆様ご存知のように、FFC テクノロジーやパイロゲンには、汚染源の有害な作用やストレスを減らしながら健康状態や生産効率を改善する様々な方法があります。今回のフォーラムでは、ハーバード大学の何人かの研究者仲間が FFC テクノロジーやパイロゲンの有益な効果を裏付ける科学的根拠についてお話します。一つの講演では、植物の生長に必要な水の使用を減らしながら、FFC テクノロジーが農業の生産性を高めることについてお話します。また、モノの表面への細菌や病原体の付着を FFC テクノロジーが妨げることについてもお話します。FFC テクノロジーを活用すると、生命があるなしに関わらずモノが長持ちし、いっそう健全になり、腐敗が明らかに減少します。

本日の私のお話の中では、世界規模で大きな、しかも、広範な問題となっている水の供給に及ぼす FFC テクノロジーとパイロゲンの素晴らしい影響力について少し触れてみたいと思います。水は

It is always a great pleasure and an honor to be able to speak to the members of the Akatsuka Group and the FFC Fukyukai. My colleagues and I from Harvard University want to thank, President Mitsuo Akatsuka, the other executives and staff of the Akatsuka Group, the organizers of this FFC Forum, the scholars and researchers from universities and institutes around Japan, and the FFC Fukyukai members gathered here today for this opportunity to discuss the wonderfully beneficial and healthy aspects and mechanisms of FFC Technology. How fortunate we are that the Akatsuka Group has developed FFC water treatment technology, Pairogen, and FFC consumer-use products, and that the members of the FFC Fukyukai distribute them to the public for home and business applications.

As you know, there are a variety of ways in which FFC Technology and Pairogen can improve health and productivity while diminishing the harmful effects of pollutants and stresses. As part of this 2009 FFC Forum program, some of my colleagues from Harvard University will present scientific evidence for the helpful effects of FFC Technology and Pairogen. Their research shows that FFC Technology increases agricultural productivity while reducing the amount of water needed for plant growth. Their research will also show that FFC Technology helps to prevent bacteria and pathogens from attaching to surfaces. As a result of the application of FFC Technology, living and non-living materials last longer, are healthier, and decay is decreased significantly.

For my talk today, I would like to take just a few minutes to relate the beneficial effects of FFC Technology and Pairogen to the large and broad issue of the global water supply. Water covers

地球表面のほぼ 2/3 を覆っており、海洋や河川、湖沼、氷河、極地の氷層あるいは大気や地球内部に存在しています。地球上の水と大気中の水との総量は一定であって、増えも減りもしません。合衆国の地理学会によりますと、地球の水の約 97% は海洋に存在しますので、塩水で我々が直接消費するには適しておりせん。残りの 3%、つまり淡水の多くは主に極地の氷層、氷河、あるいは地球内部に存在しています。したがって、すべての淡水のうちのわずか約 1% しか我々の消費に適していないのです。それは、地球上の水全体の 1% のさらに 1/10 以下に相当します。それにも関わらず、我々は非効率的な使い方や汚染によって大量の水を無駄にしているのです。世界人口の増加やライフスタイルの変化によって、この命の源がいつそう必要になるにつれて、水の汚染を避ける方策やもっと効率的な水の管理戦略が不可欠になります。世界規模で考えると、水資源の保全に関係する現在あるいは将来的な問題を解決する様々な方策の中で、FFC テクノロジーとパイロゲンは大きな力をもっていると考えています。

人類の活動の中で我々が使っている水の量に大きな負荷を与える二つの分野は農業と工業です。世界の水使用の 70% 以上は農業用、20% 以下が工業用で、地域や個人の使用量は約 10% です。さらに付け加えるならば、農業用水の約 75% は蒸散によって失われ、工業用水の 20% は製造工程や関連物質によって多かれ少なかれ汚染されています。FFC テクノロジーは農業用水の使用量を減らすことができ、工業などの他分野の使用で汚れた水をきれいにすることができます。

人類にとって不可欠で、しかも、水の使い方が大きな影響を及ぼすもう一つの生産分野は食生活に関係します。先進国、特に後発の国々が発展し続けるにつれて、食生活の中で肉の需要が高まります。肉の需要が増えることは、とりもなおさず水の必要量が増えるということです。たとえば、1 キログラムの肉を生産するためには、ほぼ 1 万 5 千キログラムの水を必要とします。穀類と野菜 1 キログラムが必要とする水の量は、それぞれ 2 千および 1 千キログラムです。したがって、肉、穀類、野菜の生産に要する水の量の比率は、ほぼ 15 : 2 :

nearly two thirds of the surface of the earth and it can be found in oceans, lakes, rivers, swamps, glaciers, polar ice caps, the atmosphere, and inside the earth. The total amount water on the earth and in the atmosphere is constant. It neither increases nor decreases. However, according to the U.S. Geological Survey, about 97% of the earth's water is found in the oceans, is salty, and is unfit for human consumption. Of the remaining 3%, which is fresh water, most is found in polar ice caps, glaciers, and in the ground. Therefore, only about 1% of all fresh water, which is less than one tenth of 1% of all the water on the earth, is fit for human consumption. Moreover, we waste a great deal of what we use through inefficiency and pollution. We will need to develop more efficient water management strategies and avoid practices that pollute as the world's population grows and our lifestyles require more of this vital resource. When thinking on a global scale, FFC Technology and Pairogen have the potential to be among the many strategies employed both for current and future problems related to water conservation and treatment.

Two areas of human activity that have a large impact on the amount of water that we currently use are agriculture and industry. Agriculture accounts for more than 70% of worldwide water usage; industry uses less than 20%; and, local/individual usage is about 10%. In addition, about 75% of water used in agriculture is lost to evaporation and the 20% used for industry is polluted to varying degrees depending upon the processes and materials involved. FFC Technology can help decrease the amount of water we depend upon for agriculture and can help clean the water that is fouled by other uses.

Another area of human need and productivity greatly affected by water usage is diet. As countries around the world continue to develop, especially those that are late to develop, the demand for meat in the diet increases. The increased demand for meat means increased demands on water supplies. For example, it requires approximately 15,000 kilograms of water to produce 1 kilogram of meat. The



1 となります。肉を多く摂る欧米型の食生活では、穀類や野菜を多く摂るアジア型の食生活の約2.5倍もの水を必要とします。FFCテクノロジーは肉や穀類、野菜を生産するための水の使用量を減らすことができ、きれいな水をもっと他の目的に使うようにすることができます。

世界の水使用の問題で別の重要な要因は、人口の偏りとそのサイズです。都市生活者は田舎の人々よりも大量の水を消費しています。歴史上初めてのことなのですが、2007年以降世界人口の半数以上が都市に住むようになりました。この都市型生活の傾向は、これから数十年は変わらないと考えられます。同時に、世界人口は50年後には現在よりも50%増加すると考えられています。都市型生活と人口爆発の傾向は既存の水の必要性をますます増大させるでしょうが、一方で、現状が変えられなければ、現在の我々のやり方では水の無駄使いと汚染はますます悪化すると考えられます。FFCテクノロジーは農業に必要な水の量を減らすとともに、水の中の汚染源を減らすこともできます。

アカツカグループの生物機能開発研究所や、この2日間フォーラムで講演なさる日本国内の研究者や専門家と我々ハーバード大学の研究陣は、FFCテクノロジーとパイロゲンの原理、メカニズム、あるいはその効果について基礎的な科学研究を行っております。その効果やメカニズムはミクロレベルの現象です。しかし、これらの現象は、社会や環境、人の集団や時間空間を超えた広い深遠な有益性を意味しています。FFCテクノロジーとパイロゲンは持続可能な様々な発展に道を開いています。FFCテクノロジーとパイロゲンを広めるFFC普及会の皆様のお仕事は、水の効率的な使い方と世界の人々の健康を増進しています。皆様の絶え間ない、意義深い、そして有益なご努力に感謝しております。

comparable numbers for 1 kilogram of grain and 1 kilogram of vegetables are about 2,000 kilograms and 1,000 kilograms of water respectively. Therefore, the ratio of water usage for producing meat, grain, and vegetables is about 15 to 2 to 1. The typical Western diet, which is heavy in meats, requires about 2.5 times as much water to produce as the Asian diet, which has more grains and vegetables. FFC Technology can reduce the amount of water needed to produce all of these food products-- meat, grains, and vegetables-- and thus provide us with more clean water for other purposes.

Different yet important factors in global water usages are location and size of population. Urban dwellers consume more water than those in rural areas, and beginning in 2007, for the first time in history, more than half of the world's population is located in cities. This urbanization trend is expected to continue in the coming decades. At the same time, it is projected that the world's population may grow as much as 50% in the next fifty years. Both the urbanization and population growth trends will increase demands on existing water supplies, while current practices, if not adjusted, will further exacerbate waste and pollution. FFC Technology can help reduce the quantity of water needed for agriculture and it can help reduce the amount of pollution in water.

We are very fortunate that the Akatsuka Group Institute for Biological Process Research (Seibutsu Kinou Kaihatsu Kenkyujo), the Japanese scientists and specialists whom you will also hear from today and tomorrow at this FFC Forum, and my colleagues at Harvard University are conducting basic scientific research to explain the basis, mechanisms, and effects of FFC Technology and Pairogen. These are micro-level phenomena. However, these phenomena imply broad and deep benefits across societies, environments, populations, and time. FFC Technology and Pairogen can lead to a virtuous cycle of sustainable development. The spread of FFC Technology and Pairogen, which is the work of the FFC Fukyukai, can promote a more efficient usage of water and help promote global health. Thank you for your sustained, meaningful, and beneficial efforts.

## Decontamination of Lake Bottom Sludge by FFC Ace/Ceramics

### FFC エース・セラミックスは湖沼のヘドロを浄化できるか？



Yoichi Nakano

Department of Chemical and Biological Engineering,  
Ube National College of Technology  
Yoichi Nakano and Shiro Kubuki



Shiro Kubuki

宇部工業高等専門学校 物質工学科  
中野 陽一、久富木 志郎

#### 1. はじめに

FFC エースは農耕地の土壌の改質、ヘドロ化した海域、河川などのヘドロの浄化、アマモ場の底質改善などが報告されている。FFC エースに存在する  $Fe^{2+}$  および  $Fe^{3+}$  がどのようにそれらの底質改善に寄与しているのだろうか？ FFC エースの底質改善機構を調べるために、ヘドロとして湖沼およ



び河口干潟の底質を採取し、実験室内でその浄化機能を調べた。また、 $Fe^{2+}$  および  $Fe^{3+}$  の存在状態を分析することが可能な、メスバウアー分光分析法によって底質中の鉄イオンの状態についても検討した。

また、蒸留水中の FFC エース中の  $Fe^{2+}$  および  $Fe^{3+}$  の溶出、構造変化についても検討した。これらの結果から、FFC エースにおける湖沼のヘドロが浄化できるか、その可能性について検討した。

#### 2. 実験方法

① FFC エースの添加による底質中の酸化還元電位、硫化水素発生に対する影響

湖沼の底質は水槽に FFC 添加系列と無添加系列に 100 リットルずつ投入した。FFC 添加系列には 7 リットルの FFC エースを重層した。深さ方向の酸化還元電位の挙動を調べた。(写真 1) メスバウアー分光分析法によって底質中の  $Fe^{2+}$  および  $Fe^{3+}$  の存

#### 1. Introduction

FFC Ace, Ferrous Ferric Chloride, is reported to have effects of improving farmland soil and of purifying polluted sea or river bottom sediments. However, the effects of  $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  contained in FFC Ace on polluted materials have not been revealed.

In order to investigate the purifying mechanism of FFC Ace on the polluted materials, Oxidation-Reduction Potential (ORP) and  $H_2S$  concentration were respectively measured for sediments of Lake sediment and River sediment.

The structural change of FFC Ace occurred by mixing with the sediments was investigated by  $^{57}Fe$ -Mössbauer Spectroscopy and X-ray diffractography (XRD).

#### 2. Experimental

1) ORP and  $H_2S$  concentration measurements of Lake and River sediments after adding FFC Ace

One hundred liter sediment taken from Lake was poured into a water bath. After FFC ace (7L per bath) was added into the sediment, ORP was measured in depth direction. In the case of  $H_2S$  concentration measurement, River sediment and sea water were installed into a 500 ml planter.  $H_2S$  concentration of interstitial water was measured in order to investigate the mechanism of ORP increasing effect.

2) Chemical Environment of  $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  in FFC Ace revealed by  $^{57}Fe$ -Mössbauer Spectroscopy and X-ray diffractography (XRD)

在状態を分析した。FFCエースを添加後酸化還元電位が回復する機構として、硫化水素 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) と  $\text{Fe}^{2+}$  との反応に注目した。硫化水素が発生しやすい条件にするために、河口干潟の底質を 500ml のプランターに移し、海水水槽に静置した。底質の間隙水中の硫化水素濃度を測定した。構造解析では FFCエースの鉄イオン ( $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ) の含有割合をメスbauer分光法を用いて測定した。また常盤湖の底質に FFCエースを添加し、その底質の構造変化についてメスbauer分光分析、粉末 X線回折 (XRD) を行った。

### ② FFCエースが水質に与える影響と Fe イオンの構造変化

FFCエースの Fe イオンに着目しており、蒸留水に浸漬させることで  $\text{Fe}^{2+}$  および  $\text{Fe}^{3+}$  イオンがどのように状態変化するかを  $^{57}\text{Fe}$ -Mössbauer 分光にて測定した。

### 3. 結果及び考察

FFCエースを湖底の底質に添加することにより表層から 10cm までの酸化還元電位が回復した。(図 1) FFCエースを蛍光 X線分析にて組成分析を行った結果、 $\text{SiO}_2$  が 67.2%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  が 14.9%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が 4.9%、 $\text{CaO}$  が 4.5%、 $\text{K}_2\text{O}$  が 2.7%、 $\text{Na}_2\text{O}$  が 2.4%、 $\text{MgO}$  が 1.5%、その他として 1.9%であった。このことから、FFCエースは鉄含有ケイ酸塩鉱物であることがわかった。しかし、常盤湖の底質試験では  $\text{Fe}^{3+}$  のみが存在していた。その結果は、FFCエースと  $\text{Fe}^{2+}$  と底質中の硫化水素などに反応した可能

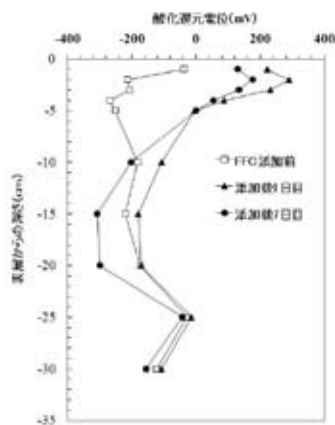


図 1. FFCエース投入前後の底質の酸化還元電位プロファイル

Fig. 1. The ORP profile of varied depths of lake sediment before and after adding FFC Ace.

The structural change of FFC Ace after adding it into the polluted sediments was evaluated by  $^{57}\text{Fe}$ -Mössbauer spectra and XRD patterns.  $^{57}\text{Fe}$ -Mössbauer spectra were measured by a constant acceleration method.  $^{57}\text{Co}(\text{Rh})$  was used as the Mössbauer source, and an  $\alpha\text{-Fe}$  foil as a reference of the isomer shift. The XRD pattern was recorded from  $2\theta = 10$  to  $90^\circ$  at a scanning rate of  $6 \text{ degree min}^{-1}$ , using the  $\text{Cu-K}\alpha$  X-rays generated by setting the tube voltage and the current to 40 kV and 40 mA, respectively.

### 3. Results and Discussion

When FFC Ace was mixed with the sediment of Lake, ORP value increased from -300 mV to 0 mV after 7 days. The reproducibility was confirmed for the same system. From the result of qualitative analysis, both  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  were contained in original FFC Ace. However, only  $\text{Fe}^{3+}$  was detected when it was mixed with the sediment. These results show that the  $\text{Fe}^{2+}$  in FFC Ace was reacted with the  $\text{H}_2\text{S}$  in the polluted water.

$\text{H}_2\text{S}$  concentration was decreased from 58 mg/l to 5 mg/l in 30 min when 3 g of FFC Ace was mixed with 20 ml of interstitial water prepared by River sediment and Sea water. It can be considered that FFC Ace declines the toxicity of organisms by decreasing the  $\text{H}_2\text{S}$  concentration.

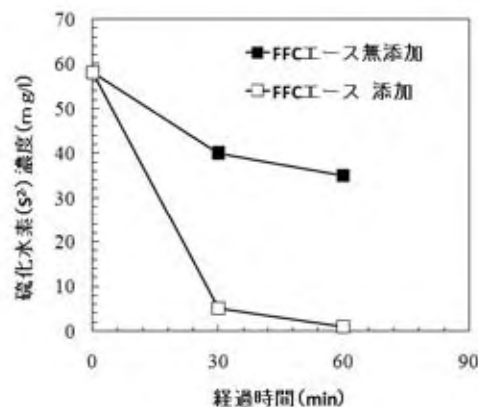


図 2. FFCエース投入前後の間隙水中硫化水素濃度の経時変化

Fig. 2. The concentration change of  $\text{H}_2\text{S}$  in interstitial water of sediment before and after adding FFC Ace.

性を示唆した。硫化水素との関係を明らかにするために、河口干潟の底質を海水中で培養し、間隙水中の硫化水素の濃度は 58mg/l だったが、FFC エースを 20ml の間隙水に対して 3g の FFC エースを添加すると 30 分で 5mg/l まで減少した。(図 2)

図 3 に蒸留水に浸漬させたときの pH および ORP の経時変化を示す (値は溶出試験前と 10 日目のものを示す)。蒸留水での溶出試験では、pH は 6.60 → 7.98、ORP は 427mV → 289mV となった。また、それぞれの溶出量は次のようになった (値は 10 日目のものを示す)。Na<sup>+</sup> (mg/l) = 1.86、Ca<sup>2+</sup> (mg/l) = 23.0、Fe イオン、Al<sup>3+</sup> は共に溶出していなかった。水に浸漬することで FFC エースの Fe が構造変化を起こしていることから、イオンの溶出ではなく、FFC エース自体が反応している可能性が高いものと思われる。

#### 4. まとめ

FFC エースは酸化還元電位を回復させ、硫化水素を除去できることが明らかになった。このことより、底質の生態系を改善できへドロの浄化につながると思われる。その反応は FFC エース中で行われていると考えられる。

From the Mössbauer spectrum of the Lake sediment mixed with FFC Ace, only Fe<sup>3+</sup> was detected. A slight larger isomer shift value of 0.34 mm s<sup>-1</sup> was observed as compared with that obtained for the original FFC Ace (0.32 mm s<sup>-1</sup>). Although Fe<sup>2+</sup> was not detected as a form of FeS in the treated water, this result shows that the FFC Ace stimulated Fe ion dissolving into the water.

It can be concluded from a series of the experimental results that FFC Ace changes ORP values into healthier by dissolving Fe<sup>2+</sup> into the polluted waters.

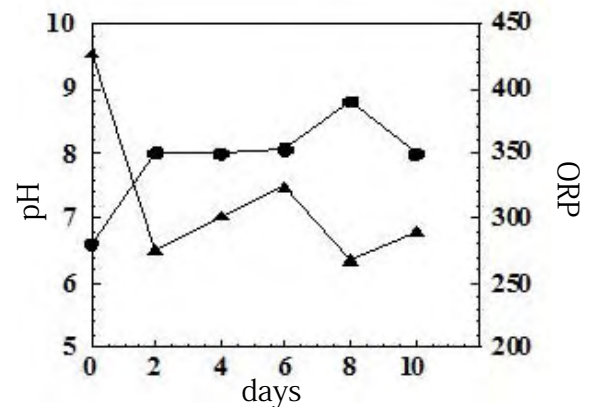


図 3. 蒸留水に浸漬させたときの pH と ORP の経時変化 (●:pH, ▲:ORP)

Fig. 3. The time courses of pH and ORP changes in distilled water added with FFC Ace



## FFC Ceramic Water and Plant Health

## FFC セラミック水と植物の健康



Tomonori Shiraishi

Graduate School of Natural Science and Technology,  
Okayama University  
Tomonori Shiraishi and Kazuhiro Toyoda



Kazuhiro Toyoda

岡山大学大学院自然科学研究科  
白石 友紀、豊田 和弘

## 【研究の目的】

FFC®セラミック水は、動植物やそれらを取り巻く自然環境によい水として知られており、最近では、河川や海の浄化、作物の生育促進など広範な場面で用いられています。植物は、私たちの生命や健康を支えていることは周知の事実で、健康な植物無くしては私たちの生活は一日ともなりたちません。そこで、私たちは、植物や生体分子に着目し、FFC®セラミック水のミクロな作用について解析しました。以下、FFC水とは、一定量のFFCセラミックスを一定量の水に浸漬して調製した“水”を意味します。

## 【研究の概要】

## 1. 植物の生育に対する FFC 水の作用

水道水、FFC®セラミックスで処理した水道水（FFC水）、あるいは別の市販のセラミックスで処理した水道水（セラミック水）の植物の生育に及ぼす作用を調べました。その結果、FFC水を与えて育てたコマツナは、セラミック水や水道水を与

## [Object]

FFC is recognized recently as available for environmental conditioning and cultivation of crops. For example, FFC is used for cleaning-up of a river or the sea and for promotion of growth or disease tolerance of crops. Based on previous data, in this study, we studied the direct effect of FFC water on plant growth and a plant enzyme to clarify its mechanisms. Furthermore we examined its action on a disease of pea plants. In this paper, “FFC water” implies the water prepared by dipping a certain amount of FFC ceramics in a certain volume of water for designated hours.

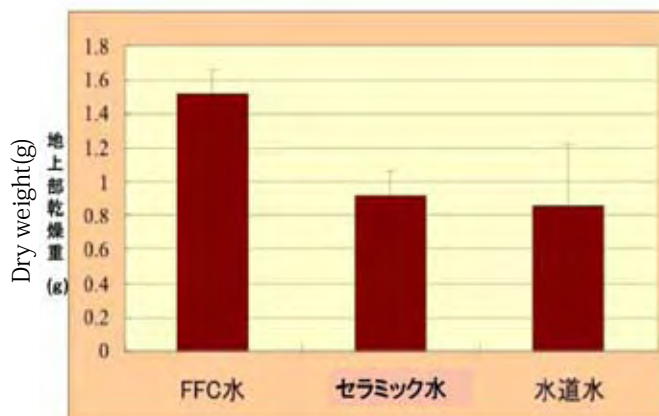
## [Summary of results]

## 1. Action of FFC water on plant growth

Action of tap water, FFC water or ceramic (commercially available)-treated water (“ceramic water”, below) on plant growth was examined. Application of FFC-water stimulated significantly



FFC water Ceramic water Tap water

灌漑に用いた水  
FFC water Ceramic water Tap water

## Application

図1. FFC水のコマツナの生育に及ぼす作用。  
播種後3週間後の地上部の写真（左）と重量（右）。

Fig. 1. Effect of FFC water on the growth of Komatsuna plant. (Observed 3 weeks after sowing.)



えた場合と比べて、地上部の重量の増加が大きく、顕著な成長促進作用が観察されました (図1)。一方、モデル植物のシロイヌナズナ (雑草) では、FFC水は逆に生育を抑制し、葉の形態形成に影響を及ぼすことが判りました。これまでに、農業資材 FFC エースを与えたオオムギにおいては、低光量区での光合成と蒸散が対照区より高く、また収量も増加することが明らかにされており、好ましい生理生化学的な作用を与えていることが示唆されました。

## 2. FFC水の生体分子 (酵素) に対する作用

私たちのこれまでの解析から、植物の細胞壁に存在する1つの酵素アピレース (ATPなどを加水分解する酵素) が、病原菌のシグナル分子、有害元素、植物ホルモンなどの内外の環境因子に応答することが知られています (Kawahara et al. 2004, Takahashi et al. 2006)。また、活性化したアピレースによって生じる無機リン酸は、防御遺伝子の発現を誘導し、この結果、植物が病原菌に対する耐性を獲得することも明らかにしました (Kawahara et al. 2006)。そこで、作物への作用の原因を明らかにする基礎的な実験として、植物のアピレース活性に対する作用を調べました。解析の結果、FFC水はアピレースを直接活性化し、その効果は FFC水の添加量に比例することが明らかとなりました。一方、このような活性化はセラミック水でも観察されます。そこで、活性化の原因を明らかにするために、FFC水中の無機イオンの相対量を EDX (エネルギー分散型 X線検出器) を用いて調べました。この結果、FFC水中には、Ca、Sが比較的多量含まれていることが判明しました。そこで、アピレースに  $\text{CaSO}_4$  や  $\text{CaCl}_2$  などカルシウム塩溶液を与えたところ、アピレース活性は濃度依存的に上昇することが明らかになりました。逆に、FFC水から Ca イオンを取除くためにキレート剤 EGTA を添加したところアピレース活性は顕著に低下しました。以上の結果は、FFC水によるアピレースの活性化には、FFC水中のカルシウムイオンの作用が大きいものと考えられます。しかし、FFC水から、分子ふるいカラムによって  $\text{Ca}^{2+}$  を除いた (脱塩した) 水においても、なお、アピレースの活性化作用が残っていることが明ら

the growth of Komatsuna (a member of crucifer plants) compared to treatments with ceramic water or tap water (Fig. 1). On the other hand, the application of FFC-water decreased the growth (leaf expansion) of *Arabidopsis thaliana*, indicating negative effects on a model weed plant. In this connection, it was suggested that the barley growth and yield were enhanced significantly by the application of an agricultural material, FFC-Ace. It was shown that photosynthesis and transpiration of barley under a low light quantity were promoted by this application. However, since the detailed action has been still obscure, further physiological and biochemical studies on the FFC effect are needed.

## 2. Direct action of FFC water on a cell wall-bound enzyme " apyrase"

In our previous reports, it was presented that plant extracellular apyrase (NTP/NDPase) is able to recognize and respond to internal and external stimuli such as MAMPs, heavy metal elements, plant hormones (Takahashi et al. 2006, Kawahara et al. 2004, Kiba et al. 2006). We also demonstrated that inorganic phosphate, generated by the activated apyrase, is able to induce defense response accompanied with the activation of defense-related genes. Based on these reports, the effect of FFC-water on apyrase was examined. FFC water activated apyrase directly and significantly as compared to treatment with deionized water. A further study indicated that a part of such an effect is dependent on  $\text{Ca}^{2+}$  ion in the FFC-water. However, an FFC water from which  $\text{Ca}^{2+}$  ion or divalent cations were excluded by GFC was also able to enhance the apyrase activity. This result suggested that another yet-unidentified factor in FFC water also activates apyrase as well as a  $\text{Ca}^{2+}$  ion. Further studies, therefore, are crucial to understand detailed mechanisms of the FFC water on plant metabolisms.

かとなりました。このことは FFC 水中の Ca イオン以外にもアピレーズ活性を増大させる別の要因がある可能性を示しています。この点は今後さらに詳細な検討が必要です。

### 3. 病原菌の感染に対する FFC 水の効果

植物の伝染病の 80% は糸状菌（カビ）が原因となって引き起されます。そこで、FFC 水を与えた場合の病原菌の感染行動を観察しました。エンドウとその病原菌を用いて調べた結果、1/2 ~ 1/6 飽和レベルの FFC 水で処理した区では、感染と病気の進展が顕著に阻害されました（図 2）。顕微鏡で観察した結果、FFC 水では、病原菌の発芽が完全に抑えられていることが判明しました。また、同様な結果は、多犯性の病原菌である灰色かび病菌をタバコ植物に接種した場合にも、認められることから、広範な作物病に有効であることが予想されます。前述のように、FFC 水中には Ca や S が比較的多く含まれていますので、CaSO<sub>4</sub> の飽和液を用いた実験を行いました。この結果、CaSO<sub>4</sub> の 1/2 飽和液を与えると、植物体へ侵入はできなくなるものの発芽は起こることが明らかになりました。この結果は、FFC 水の作用の一部は CaSO<sub>4</sub> が担っているものの、CaSO<sub>4</sub> 飽和液に勝る作用が存在することを示しており、後者の原因については、さらに詳細な解析が必要と考えられます。

### 4. これまでの研究のまとめ

以上のように、これまでの実験から、FFC 水は作物に対して優れた作用を示し、その初期作用は、植物の酵素を介することも判明しました。また、病原菌を制御することで植物を保護する作用も有することが明らかとなりました。これらの作用の一部は、CaSO<sub>4</sub> が担っていると推定されますが、この塩の作用だけでは説明できない事象も捉えることができました。今後、さらに詳細な解析が望まれるところです。

### 3. Effects of FFC water on infection by a fungal pathogen

Vast majority of infectious agents of plants are fungal pathogens. Then, we investigated the effects of FFC water on the infection establishment and disease development by a fungal pathogen, *Mycosphaerella pinodes*, of pea plant. FFC water prevented markedly infection and lesion formation by the pathogen at the 1/2~1/6 saturated solution as shown in Fig. 2. Microscopic observation showed that 1/2-saturated solution of FFC water blocked perfectly the spore germination of *M. pinodes*. As relatively high amounts of Ca and S elements were contained in FFC water, then, the effect of CaSO<sub>4</sub> solution was examined. However, the solution did not block the germination, while it blocked infection and lesion formation. This result also indicated that all of the FFC effects were not dependent upon CaSO<sub>4</sub>. In other words, another yet-undefined factor in FFC water is crucial for the total effects of FFC, as described above.

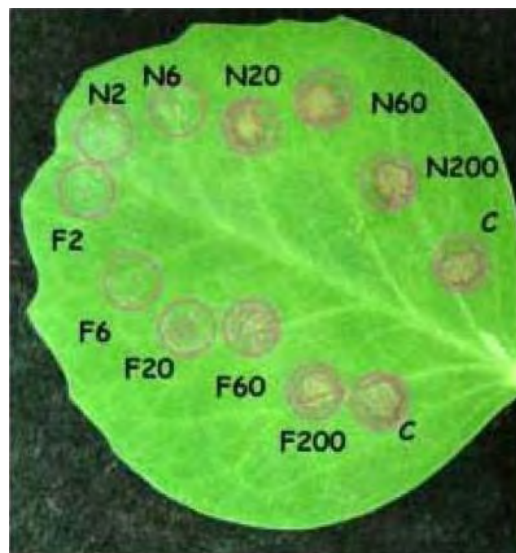


図 2. FFC 水がエンドウ病原菌の発病に与える作用（接種後 48 時間目）。

F は FFC 水、N はセラミック水、C は脱イオン水に病原菌胞子を混合して○の部分に接種した。数字は希釈倍率。

FFC 水は 20 倍希釈でも、病斑の形成を抑制できた。

Fig. 2. Effect of FFC water (F) and a ceramic water (N) on lesion formation by a pea pathogen.

Lesion formation was observed 48 h after inoculation. Respective numbers present dilution fold of respective solutions. C, deionized water.

## Effects of FFC Ceramic Water on Corrosion Behavior of Iron 鉄さびの進行に及ぼす FFC セラミック水の効果



Jun Takada

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University  
Jun Takada, Tatsuo Fujii, Eri Baba, and Makoto Nakanishi



Tatsuo Fujii

岡山大学大学院自然科学研究科  
高田 潤、藤井 達生、馬場 絵里、中西 真

### 1. はじめに

水や土壌の改質を目的に FFC セラミックスは、農業や水産業、食品産業などの多くの産業分野で広く活用されており、生物の機能や活性を高め、酸化や腐敗を抑制する作用があると報告されている。加えて FFC セラミック水を日常的に散布している赤塚植物園の温室棟では、鉄骨の表面が黒色に不動態化しており、鉄さびの進行が抑制されたように見える。すなわち FFC セラミック水は無機物である鉄に対しても錆化、すなわち酸化や腐敗を抑制する効果を持つ可能性がある。そこで本研究では、FFC セラミック水中の鉄釘の腐食挙動を、水道水や蒸留水と比較し、その相違を科学的に解明することを試みた。

### 2. 実験

実験に使用した FFC セラミック水は、赤塚植物園の手順書に従い、蒸留水または水道水 1L に対して 20g の FFC セラミックボールを浸漬したものである。以下簡単のため、蒸留水から調製した FFC セラミック水を FFC 蒸留水、水道水から調製したものを FFC 水道水と記す。鉄釘の腐食実験は、蒸留水、水道水、FFC 蒸留水、FFC 水道水の 4 種類の試験水に対し実施し、ビーカーに入れられた各試験水 200ml に対し鉄丸釘 (38 mm) をそれぞれ 2 本ずつ投入し、その腐食挙動を比較した。腐食実験では、まず、鉄釘が入った 4 種類のビーカーについて、一ヶ月間の目視による状態観察を行ない、溶液中の溶存元素を ICP 発光分光法により分析した。そして一ヶ月経過後、各ビーカーの底に堆積した褐色の沈殿物をデカンテーションにより回収し、自然乾燥の後、沈殿物の化学状態や微細構造を電子顕微鏡 (SEM) 観察、X 線回折 (XRD) 法およびメスバウアー分光法により測定した。

### 1. Introduction

FFC ceramics are widely utilized by agriculture, fishery, and food industry, because the creatures seem to improve their function and activity to restrain oxidation and corruption process. Moreover, steel frames of greenhouses in Akatsuka botanical garden, where the FFC ceramic water is scattered everyday, have the passive surface in black spontaneously, and iron rusting seems to be restrained. In other words the FFC ceramic water may have an effect to control the oxidation and corruption of the inorganic materials as well. In this study, we investigate the corrosion behavior of an iron nails soaking in the FFC ceramic water, compared with those in tap water and distilled water.

### 2. Experimental

The FFC ceramic water was prepared to put 20g of FFC ceramic balls in 1 L of distilled water (DSW) or tap water (TPW) following the Akatsuka standard procedure. The FFC ceramic water made of distilled water and tap water are abbreviated here to FFC-DSW and FFC-TPW, respectively. For the corrosion experiment two pieces of iron nails (38mm) were dropped into the glass beakers containing 200ml of four sample waters; DSW, TAP, FFC-DSW, and FFC-TPW. The progress of the iron rust in each beaker was observed for one month and brown precipitations formed in beakers were collected by decantation. The chemical analysis of impurity elements in solutions was performed by ICP method. Microstructures and chemical states of naturally dried precipitants were analyzed by electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and Mössbauer spectroscopy.



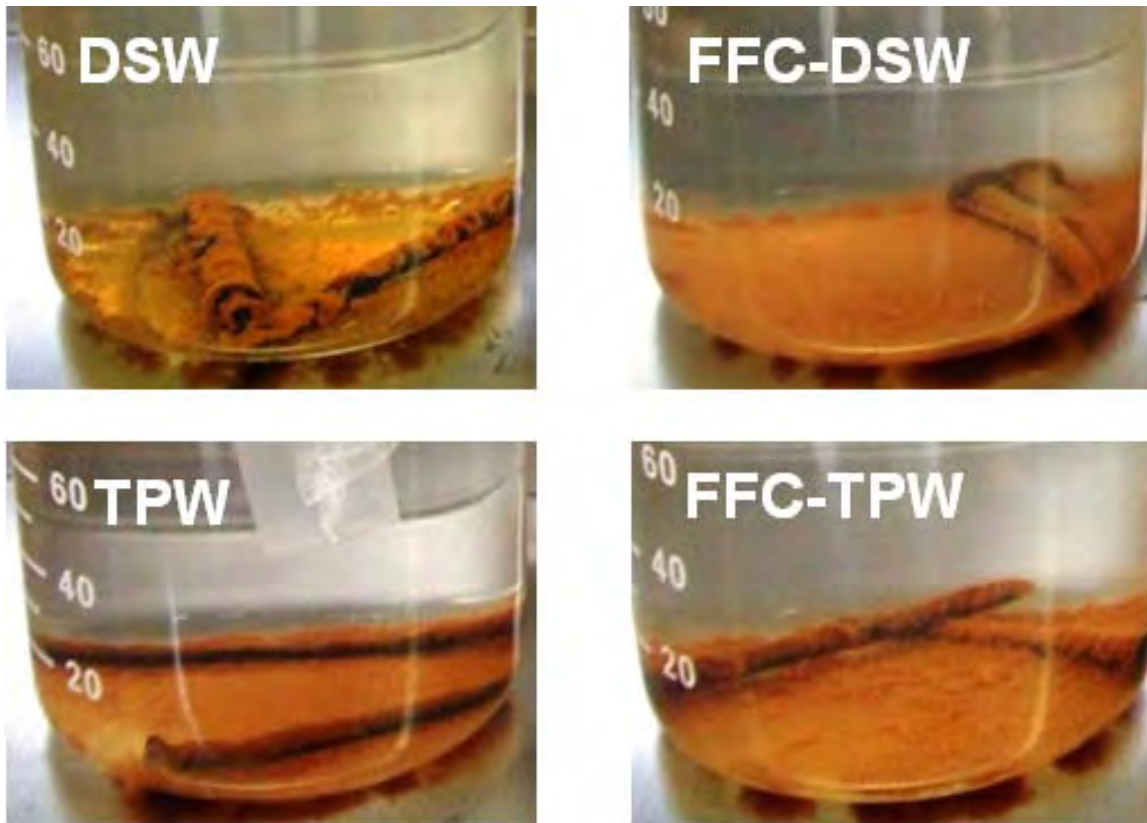


図1. 一週間経過後の鉄釘の様子（左上：蒸留水、左下：水道水、右上：FFC 蒸留水、右下：FFC 水道水）  
Fig.1. Corroded nails in four sample waters after 1 week soaking.

### 3. 結果および考察

鉄釘を水中に投入すると、全てのビーカーにおいて鉄釘の周囲に赤褐色のコロイド状の沈殿がただちに出現し、その濃度は時間とともに増加した。その一例として、図1に一週間経過後のビーカーの写真を示す。これら赤褐色の沈殿に、外観上の相違はほとんど見られず、鉄釘の表面に不動態化した黒色の沈殿が出現することはなかった。この理由として、今回の実験ではビーカーに蓋をしておらず、鉄錆の進行にあたり大気中から十分な量の酸素が供給可能であったためと考えられる。また溶液の元素分析の結果、水道水の塩素濃度は7.2 ppmであり、一方、FFCセラミックスからはFFC蒸留水、FFC水道水ともに高濃度(>1000 ppm)に硫酸カルシウムが溶出していることが判明した。

### 3.Results and discussion

Immediately after dropping the nails in beakers, colloidal deposition of reddish-brown precipitates appeared in all beakers, and their density increased with increasing the time. The typical view of corroded nails after 1 week soaking is shown in Fig. 1. There was no difference in appearance of reddish-brown precipitates formed in four beakers. The black deposition of passive iron oxides did not occur on the nail surfaces. This is probably because that the sample beakers were not sealed against air and sufficient oxygen required to corrode the nails was easily supplied from atmosphere. According to the chemical analysis, the TPW contained 7.2 ppm of chlorine and FFC ceramics waters contained a large amount (>1000 ppm) of calcium sulfate minerals.

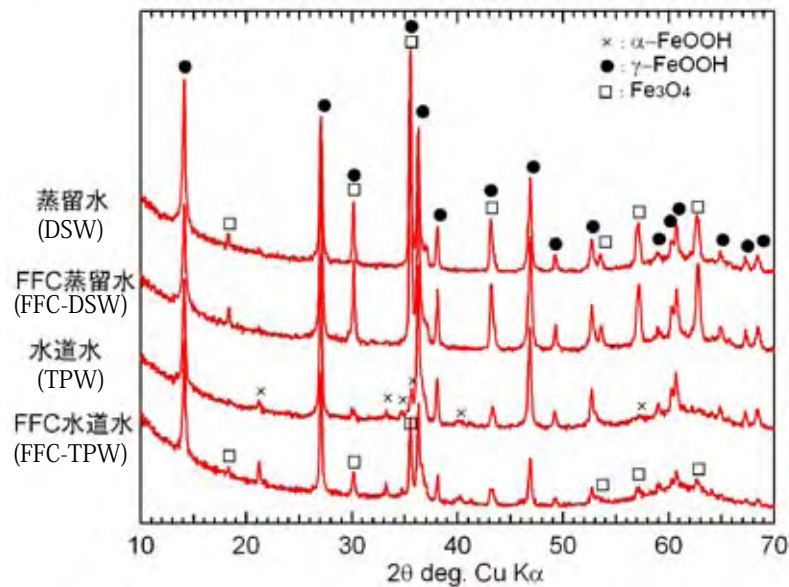


図2. 沈殿物の XRD パターンと同定された化合物相

Fig.2. XRD patterns of dried precipitates formed in four sample waters.

次に、各ビーカーで生成した沈殿物を分離し、沈殿中に含まれる化合物相を XRD により解析した結果を図 2 に示す。いずれの試料水においても、沈殿物の主たる構成相は、鉄を水中で錆びさせた場合に一般的に出現する水酸化鉄である  $\gamma$ -FeOOH 相であった。しかし、第二相として、蒸留水および FFC 蒸留水から生成した沈殿物には鉄の黒錆として知られる  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  相が含まれていたのに対し、一方、水道水から生成した沈殿物には、鉄の赤錆の前駆体となる  $\alpha$ -FeOOH 相が大量に含まれていた。これは、水道水中に含まれる塩素イオンが、鉄の赤錆の進行を促進させるという従来知見と一致している。しかし、FFC 水道水の場合は、第二相として、沈殿物中に  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  相と  $\alpha$ -FeOOH 相の両方が出現しており、水道水中に含まれる塩素イオンの酸化力が、FFC セラミックスにより弱められたことがわかる。また、メスバウアー分光法により沈殿物の化学状態を解析したところ、水道水から生じた沈殿物は全て  $\text{Fe}^{3+}$  の状態であったのに対し、蒸留水、FFC 蒸留水および FFC 水道水から発生した沈殿では、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  相の生成が XRD 測定で確認されたことから期待されるように、 $\text{Fe}^{3+}$  の状態に加えて  $\text{Fe}^{2+}$  の状態に還元されている鉄イオンの存在が確認された。すなわち、水道水のもつ酸化力を FFC セラミックスは低減する効果を持つことが明らかとなった。

Fig.2 shows the XRD patterns of dried precipitates formed in four sample waters. The XRD patterns clearly indicated that the all precipitates were mainly composed of  $\gamma$ -FeOOH, which was a common phase of iron hydroxides formed by iron corrosion in water. However the second phase of precipitates in DSW and FFC-DSW was assigned to  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , which was well-known as black rust of iron. While the one formed in TAP was identified with  $\alpha$ -FeOOH, precursor to red rust of iron. The chlorine ions in TPW accelerated the corrosion process of iron. But the precipitate in FFC-TPW contained  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  as well as  $\alpha$ -FeOOH. FFC ceramics seemed to reduce the oxidant nature of TPW. Moreover, Mössbauer analysis clearly confirmed that the valence states of iron ions in TPW rust were fully oxidized to  $\text{Fe}^{3+}$ . But those in DSW, FFC-DSW, and FFC-TPW were mixture of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  ions as expected from the formation of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . The FFC ceramic water restrained the oxidation of the iron nails than the tap water.



## Difference of Freezing Characteristic between FFC Ceramic Water and Normal Water

### FFC セラミック水の凍結挙動について (FFC セラミック水を凍らせると通常水との違いが判るのか?)



Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University  
Akihiko Horibe

岡山大学大学院自然科学研究科  
堀部 明彦

#### 1. まえがき

FFC セラミックビーズに浸漬した水 (FFC セラミック水) は、作物育成への効果などが研究されており、含有する成分が溶け出すこと等により各種の影響を与えていると考えられるが、そのメカニズムについては不明な点が多い。本報告では、FFC セラミック水の凍結挙動について検討し、凍結結晶の観察を行うことにより、通常の水に対する差異の有無など基礎的な現象を把握することを目的としている。これは、凍結という現象から FFC セラミック水の特性に迫るとともに、熱媒体として氷蓄熱などでの利用などを想定したものである。

#### 2. 試料水

電気伝導率  $10\mu\text{S}/\text{cm}$  の標準水に 1 リットル当たり 20g または 500g の FFC セラミックビーズを入れ、24 時間浸漬させることによって実験で用いる試料水 (以下 20g の場合: FFC 1 水, 500g の場合: FFC4 水と呼ぶ) を作成した。比較試料には水道水と蒸留水を用いた。

#### 3. 結晶粒の偏光観察

一般に、氷の結晶は水質の違いによって影響を受けるため、水滴を凍結させた氷結晶を偏光顕微鏡により観察した。実験では、約  $-20^\circ\text{C}$  の冷凍庫内で十分に冷却したスライドガラス上に直径約 2mm の液滴を滴下し、冷却して氷粒を作成した。その氷粒を約  $-5^\circ\text{C}$  の低温環境でスライドガラスからの厚さ 0.2mm まで削り、その薄片を観察した。図 1 の (a)~(d) はそれぞれ偏光顕微鏡を用いて撮影した FFC1 水, FFC4 水, 水道水, 蒸留水の氷結晶画像を示している。FFC 水と蒸

#### 1. Introduction

The water to which FFC ceramic beads are soaked (FFC ceramic water) has been researched about the effects on the crops promotion and so on. It seems that the components of FFC ceramic beads influence the effects, but the mechanism is being investigated now. In this study, the freezing behavior of FFC ceramic water has been studied to clarify the difference between FFC ceramic water and normal water. This approaches the characteristics of FFC ceramic water from the freezing phenomenon. In this research, FFC ceramic water is assumed to be a heat transfer medium in the ice storage system for industrial use.

#### 2. Sample water

Sample water was made up with the standard water (initial electric conductivity:  $10\mu\text{S}/\text{cm}$ ) to which FFC ceramic beads is soaked for 24 hours. We call it "FFC1 water" in case of the amount of the beads 20g/L, and "FFC4 water" in case of 500g/L. Tap water and distilled water were used as the reference water.

#### 3. Observation of ice crystal using a polarization microscope

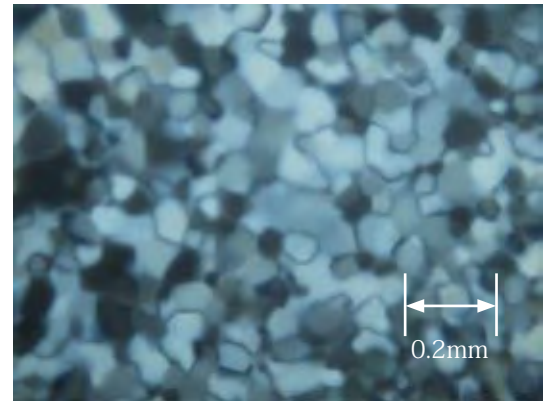
Generally, the crystal of ice is influenced by the difference of the water quality. The ice crystal of the freeze droplet of water was observed by a polarization microscope. In this experiment, the water droplet of about 2mm in the diameter was dropped on the slide glass in the freezer of about  $-20^\circ\text{C}$ , and the ice grain was made. The ice was cut down up to 0.2mm in thickness, and the slice of ice was observed. Fig. 1 (a) ~ (d) show the

留水の氷結晶を比較すると、FFC4水の氷結晶の粒径がより小さくなっている。カルシウムイオンなどの物質を含んでいると氷核が発生しやすく、より多くの氷核から結晶成長が始まる。そして、結晶成長に伴い、水分子以外の物質が

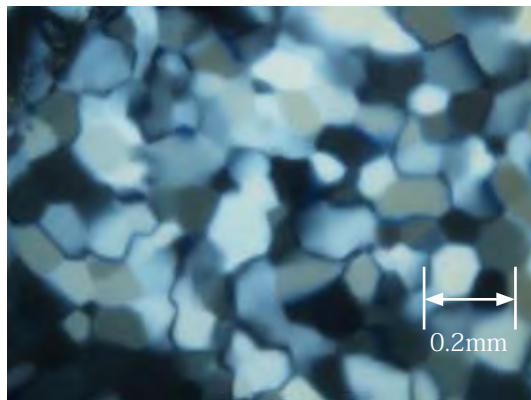
photomicrographs of ice crystal of FFC1 water, FFC4 water, tap water, and distilled water, respectively. When the FFC water is compared with distilled water, the grain diameter of the ice crystal of the FFC4 water is smaller. As the contents such as the calcium ions



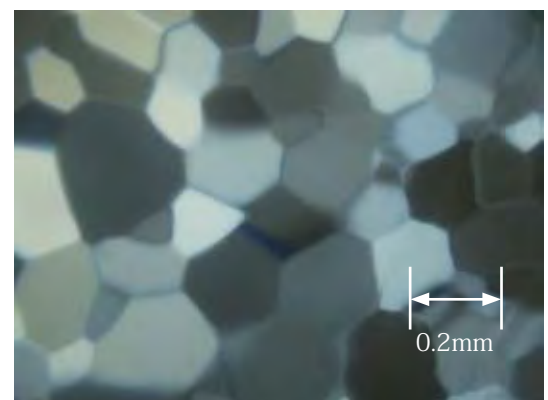
(a) FFC1 water



(b) FFC4 water



(c) 水道水 Tap water



(d) 蒸留水 Distilled water

図1. 各試料水の氷結晶

Fig.1. Ice crystal of sample water

氷結晶より排出され、結晶粒界に集中していく。そのため、FFC水では蒸留水より結晶粒が小さくなったものと考えられる。

#### 4. 氷の自由成長観察

試料水中での氷結晶の自由成長の違いを見るために結晶の可視化実験を行った。実験では、試験管に試料水を80ml入れ、試料水温度を徐々に下げ-1℃に安定したところで細管より氷核を投入して過冷却を解消し、細管先端から氷の自由成長させた。観察例としてFFC4水の120秒後の結晶写真を図2に示す。各試料の結晶を比較するために図3に示す樹枝状部分の太さ割合R ( $R = a/b$ , a:結晶の中間点における枝部分の太さ, b:樹枝部分の葉を合わせた太さ)を比

are contained in a water, the ice nucleus is generated easily, and the many crystal growth starts from the ice nucleus. On the other hand, Contents other than water are segregated from the ice crystal with the crystal growth, and gather in the crystal grain boundary. As a result, it can be considered that the grain diameter of the ice crystal of the FFC water becomes smaller.

#### 4. Free growth of ice crystal in the sample water

The difference of the free growth of the ice crystal in the sample water was observed. In the experiment, the water sample of 80 mL in the test tube was gradually cooled up to -1℃. After ice nucleus was dropped through a narrow tube, free growth of the ice crystal started. Fig. 2 indicates the photograph of the free

較する。枝の太さ割合は、図4に示すように、水道水が最も太く、FFC1水と蒸留水が同程度、そしてFFC4水が最も細いという結果を得た。この理由は、試料水中に含まれているイオンが関係していると思われる。例えばFFC水中に含まれているイオンは、氷核形成の際には助けになるように働くが、成長が始まると逆にそのイオンが成長を阻害する方向に働き、成長速度を遅らせていると考えられる。

crystal of FFC4 water after 120 seconds. Dimension of dendrite crystal is compared by using rate R ( $R = a/b$ , a: width of branch part of midway point, b: Width of leaf of ice crystal shown in Fig. 3). As shown Fig. 4, R of tap water is larger than that of other water and R of FFC4 water is smallest. It seems that ions contained in the water are related to this phenomenon. The ions contained in the FFC water helps the ice nucleation. However, it is thought that the ion obstructs growth oppositely, and the growth is delayed.

5. まとめ

以上の氷結晶形状の違いは、FFCセラミック水と他の水の違いに起因しており、さらに検討することにより、例えば工業的利用として氷蓄熱における管閉塞や塊状現象などの問題解消に繋がると考えられる。

5. Conclusion

The differences of ice crystal mentioned above originate in the difference between FFC ceramic water and other water. It is thought that this leads to the reduction of the problem such as the pipe blockage in the ice storage system etc. for instance as an industrial use.

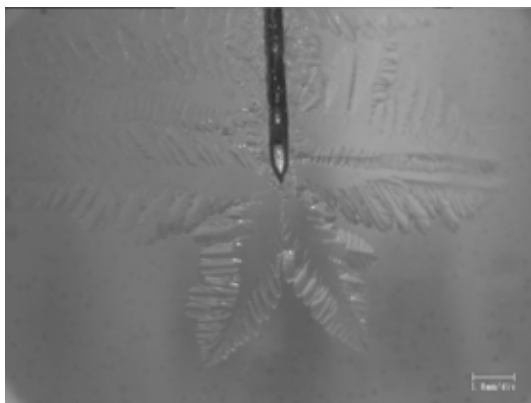


図2. FFC4水の自由氷結晶  
Fig. 2. Free growth of ice crystal of FFC4 water

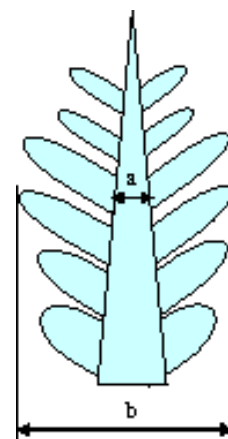


図3. 樹枝部  
Fig. 3. Dendrite crystal

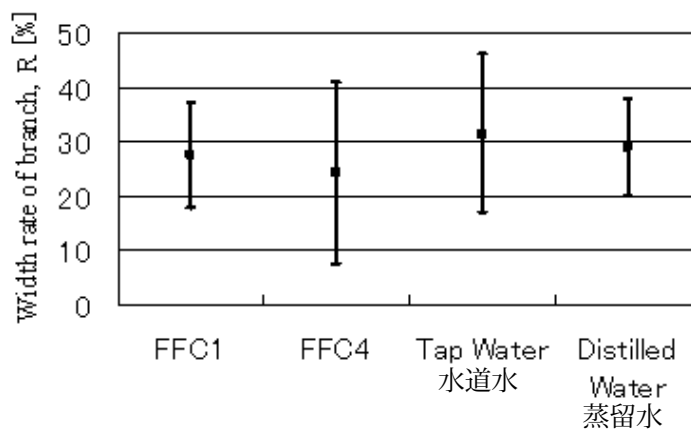


図4. 氷結晶樹枝部の太さ割合  
Fig. 4. Dimension of dendrite crystal

## Different Influences of Pairogen/FFC Ceramic Water on Bacteria and Molds/Yeasts

### パイロゲン・FFC セラミック水は細菌と真菌（カビ・酵母）に異なる影響を及ぼす



Hidehiro Tsuneoka

#### 【はじめに】

FFCには水や土壌の改質、植物の生命力を向上させる効果が期待され、その有用性ゆえに農業・水産・畜産等の各分野で現在活用されている。FFC水をベースにリンゴ酢、柿酢、梅酢、米酢を配合し、梅エキス、クエン酸、リンゴ酸にビタミン類などを調合したのがパイロゲンであり、健康飲料として愛飲されている。

一方、これらFFCセラミック水やパイロゲンに対し、「抗菌性を有す」、「FFC処理した食品は腐敗しない」などと抗菌作用に関する話をよく耳にする。しかし、この作用の実態は明らかではなく、細菌、酵母、カビなどを含む広範な微生物（いわゆる“菌”と呼ばれる）すべてにあてはまるのかは定かではない。

そこで、われわれは各種細菌および真菌（カビ・酵母）を用いて、これら微生物の増殖に及ぼすFFCセラミック水およびパイロゲン（レギュラータイプ）の影響について検討した。

#### 【研究成果】

実験には主に、ヒト病原菌として患者から分離された細菌[メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（=MRSA）、表皮ブドウ球菌、腸球菌、大腸菌、サルモネラ菌、緑膿菌]および真菌[カンジダ（酵母の一種）；アスペルギルス、ペニシリウム（カビの一種）]の計9菌種を用いた。ここで示す実験例では、これら微生物の生存に及ぼすFFCセラミック水（以下、セラミック水と記す）やパイロゲンの影響を以下の①～④の条件下で検討したが、これら以外にも様々な性質を

Graduate School of Medicine, Yamaguchi University. / H. Tsuneoka M. Yanagihara  
Akatsuka Garden Co. Ltd. / T. Nishimura S. Hasegawa J. Ueda

山口大学大学院医学系研究科 / 常岡 英弘、柳原 正志  
株式会社赤塚植物園 生物機能開発研究所 / 西村 富生、長谷川 幸子、上田 隼平

FFC is thought to improve the quality of water and soil, allowing plants to grow vividly. Thus, it has many applications in the agriculture, fishery and livestock industries. Pairogen is made of FFC water with apple-, persimmon-, plum- and rice-vinegars as well as plum extract, citric and malic acids, and vitamins. It is a popular health drink in this country. We often hear that FFC and Pairogen have anti-microbial activity and that FFC-treated foods never spoil. However, we are not sure if this is true for a variety of microbes, because the terms “microorganism” or “microbe” often imply a broad range of organisms that include bacteria, filamentous fungi, yeasts and occasionally lichen. To confirm this hypothesis, we studied the effects of FFC ceramic water (abbreviated as “FFC water” below) and Pairogen (Regular type) on multiplication of microorganisms such as bacteria and fungi (molds/yeasts).

We used six bacterial strains isolated from patients as human pathogens (MRSA, *S. epidermidis*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Salmonella Enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa*) and fungi [*Candida albicans* (yeast), *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp (molds)]. These microbes were incubated on the following media to test the effects of FFC water and Pairogen on their survival: i) on solid culture media or filter paper discs containing FFC water or Pairogen, ii) on cloths previously soaked in FFC water or Pairogen, followed by air-drying, iii) in liquid media containing FFC water or Pairogen, iv) in Pairogen whose pH was adjusted to neutral. In addition to these microbes, we used



もつ細菌や土壌細菌、あるいは空中浮遊の腐生性カビなどを用いて比較実験を行ったが、これらの結果は簡潔に後述するにとどめる。実験条件とは、①セラミック水やパイロゲン含有培地およびそれぞれを含んだ濾紙で培養、②セラミック水およびパイロゲンで処理した布（液に浸漬した布を乾燥：FFC処理布）上で培養、③セラミック水およびパイロゲン中で液体培養、④pHを中性に調整したパイロゲン中で液体培養、である。

セラミック水を含む寒天培地や濾紙上、あるいはセラミック水処理布上ではいずれの細菌も蒸留水対照区と同様に増殖し、セラミック水に抗菌作用は認められなかった。さらに、セラミック水中ではブドウ球菌や大腸菌を含む一部の

soil-borne bacteria and air-borne saprophytic fungi to confirm the results obtained above with human pathogens. These additional experiments are also outlined in this summary.

FFC water did not show any antibacterial effects in the experiments of i) and ii). By contrast, MRSA and *E. coli* and *C. albicans* increased in their number  $10^1$  to  $10^2$  times within 6 days. A variety of inorganic elements released from the ceramic into FFC water are considered beneficial to survival and growth of these microbes.

On the other hand, as shown in Tab. 1, and Figs .1 and 2, Pairogen affected bacteria and fungi in different manners. Pairogen showed antibacterial effects on test bacteria in a concentration-dependent manner. *E.coli* was killed by the

Table 1. Growth of microorganisms on FFC/Pairogen media

	Pairogen (Concentration)				FFC	H <sub>2</sub> O
	7%	5%	1%	0.10%		
MRSA	-	-	+	+	+	+
<i>S. epidermidis</i>	-	-	+	+	+	+
<i>E. coli</i>	-	-	+	+	+	+
<i>S. Enteritidis</i>	-	-	+	+	+	+
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	+	+	+	+
<i>C. albicans</i>	+	+	+	+	+	+
*Basic medium: R2 medium    -: No growth    +: Growth FFC=FFC ceramic water						

表1 FFC セラミック水およびパイロゲン含有培地での各種細菌・酵母の発育状況

菌名	パイロゲン水(濃度)				FFC水	イオン交換水
	7%	5%	1%	0.10%		
MRSA	-	-	+	+	+	+
表皮ブドウ球菌	-	-	+	+	+	+
大腸菌	-	-	+	+	+	+
サルモネラ	-	-	+	+	+	+
緑膿菌	-	-	+	+	+	+
カンジダアルビカンス	+	+	+	+	+	+
*基礎培地: R2培地    -: 発育なし    +: 発育あり						

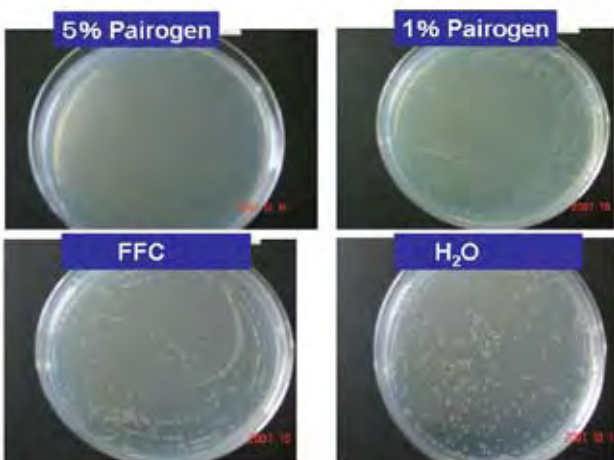


図1 FFCセラミック水および各濃度パイロゲン含有培地での大腸菌の発育

Figure 1. Growth of *E.coli* on FFC water/Pairogen media

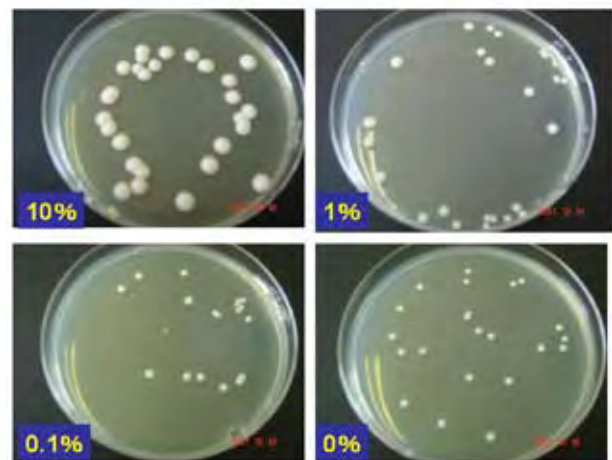


図2. 各濃度パイロゲン含有培地におけるカンジダアルビカンスの発育

Figure 2. Growth of *C.albicans* on media with varied concentrations of Pairogen



細菌やカンジダ（酵母様真菌）の菌数が6日間の培養期間中に  $10^1$  倍～  $10^2$  倍に増加していた。セラミック水に含まれる多くの無機物質がこれら微生物の生存・増殖に有利に作用したと推察される。一方、細菌と真菌に対するパイロゲンの影響は大きく異なっていた（表1、図1、図2）。すなわち、パイロゲンは各種ヒト由来細菌に対して抗菌的に働き、その作用はパイロゲンの濃度と関係した。パイロゲン原液では大腸菌以外の細菌は接種後1～3時間で死滅し、大腸菌も1日後には認められなくなった。また、10%希釈パイロゲン液で大腸菌は3日後までに死滅したが、他菌種は1日以内に死滅した。これに対して、真菌（カビ・酵母）はパイロゲン中で死滅せず、逆にパイロゲン中の成分を栄養として増殖した菌種も認められた。特にカンジダは原液でも決して死滅することはなく、接種2日目まではほぼ横ばいであった菌数は3日目以降に増加に転じた。10%希釈パイロゲン液では接種後1日目から増加し、2日目ですでに  $10^2$  倍以上の菌数増加が認められた。また、パイロゲン含有寒天培地上ではコロニーがより大きくなった（図2）。以上のように、パイロゲンは上記の細菌には抗菌的に作用したが、真菌にはむしろ増殖を促進する効果を示した。パイロゲンは強酸性（pH=2.5）であること、また、特にカンジダなどの酵母様真菌はブドウ球菌や大腸菌など一般細菌よりもpH抵抗性が強いことを考慮すると、これらの結果は実験誤差とは考えにくい。さらに、10%パイロゲン含有液（pH=3.1）のpHを7.0に調整して腸球菌および大腸菌を培養したところ、いずれの菌種も死滅せず、逆に増殖が明らかに促進された。したがって、パイロゲンの抗菌作用はpH（酸性度）に依存する要素が大きいと推察された。

ヒトの病原菌に対するこれら実験結果が他の細菌にもあてはまるかを確認するために、好熱好酸性の細菌の一種（アリシクロバシルス菌）を用いて実験したところ、5%パイロゲン含有

undiluted Pairogen within 1 day but all other bacteria as early as 1 to 3 hr. However, longer times were required to kill them when 10% diluted Pairogen was used: 3 days for *E. coli*, but 1 day for other bacteria. By contrast, Pairogen didn't show any antifungal action against fungi (molds/yeasts). It rather enhanced their growth. The constituents of Pairogen probably work as the nutrition-source for the fungi, especially *C. albicans*. *C. albicans* never died in the undiluted Pairogen and started to increase in number on the third day. In addition, the 10 % diluted Pairogen enhanced its growth within 1 day after incubation so that its population increased by  $10^2$  times on the second day. *C. albicans* colonies were significantly larger in Pairogen medium than controls (Figure 2). These results suggest that Pairogen had antibacterial effects on test bacteria, but not fungi. Considering that the pH of Pairogen is 2.5 (acidic) and that fungi, especially yeasts such as *C. albicans*, are generally more resistant to lower pH compared to bacteria such as MRSA and *E. coli*, these results are quite persuasive. To examine such an interpretation, we tested the effect of 10% diluted Pairogen (originally pH 3.1) whose pH was adjusted to 7.0 on survival of *E. faecalis* and *E. coli*. We found that both of these bacteria, that had died in 10% Pairogen (pH 3.1), grew actively in pH-adjusted Pairogen. These results apparently show that the high acidity (low pH) could, in part, account for the antibacterial effects of Pairogen.

To examine whether similar conclusions are applicable to other microbes, an acidophilic bacterium (*Alicyclobacillus* sp.) was incubated in a liquid medium containing 5% diluted Pairogen. The lower pH (3.5) of diluted Pairogen did not disturb multiplication of this bacterium. The additional experiment using the suspension of a commercial compost in diluted Pairogen revealed that a number of acid-resistant bacteria that dwell in compost soil can grow in the diluted Pairogen.

培地でも増殖した。さらに、少量の市販培養土を0.1-10%パイロゲン含有液に懸濁して培養したところ、パイロゲン濃度が高いほど増殖できる細菌が土中に多いことが明らかになった。さらに、空中浮遊の腐生性カビ（アスペルギルス、ペニシリウム、クラドスポリウム）および酵母をパイロゲン原液中で培養したところ、7日目まで3種のカビは生育できなかったが、酵母は接種後1日目から増殖した。0.1%パイロゲン含有培地ではアスペルギルスと酵母は増殖したが、他の2種のカビは7日間培養しても増殖しなかった。

以上のように、パイロゲンの抗菌作用は一部の細菌に対して濃度依存性に認められたが、土壤などの環境中の細菌の仲間、あるいは酸性を好む細菌に抗菌性を示すとは言いがたい。

また、低いpH（酸性）に抵抗性を示す真菌には抗菌性が認められないケースが多い。今回の実験ではテストしていないが、我々の生活周囲に存在する酸性を好む細菌（例：乳酸菌、酢酸菌など）にも抗菌作用を示さないと思われる。

#### 【結語】

- セラミック水は細菌、真菌に抗菌作用は示さず、むしろ一部の菌種の増殖を促進する場合がある。
- 一方、酸度が高いパイロゲンは、酸性に弱い一般細菌には殺菌・静菌作用を発揮するが、酸性に強い真菌（カビ・酵母）や細菌グループには効果がなく、むしろパイロゲンに含まれる有機酸や糖分により、増殖を促進することがある。
- したがって、細菌や真菌の種類によってパイロゲンに対する反応が異なるので、一概に“パイロゲンは抗菌性”ということはリスクが大きい。

We could learn from the further experiments that air-borne saprophytic fungi (*Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. and *Cladosporium* sp.) did not grow in the original Pairogen but yeasts started to multiply within 1 day. Moreover, growth of the latter two fungi was suppressed by 0.1% diluted Pairogen for the 7 day incubation period, while *Asp.* sp and yeast were not.

As described above, Pairogen showed antibacterial effects on some bacteria in a concentration-dependent manner, but not on some other soil-borne and acidophilic bacteria. We assume that Pairogen could not be antibacterial to the acidophilic bacteria (e.g.: *Lactobacillus* sp., *Acidobacter* sp.) around us which are known to be resistant to lower pH. In addition, FFC water has no direct antimicrobial activity as far as we tested. We conclude that it is not appropriate to say that “FFC” including Pairogen and FFC water shows “anti-microbial activity” to all microbes. We must be very careful when using the term “antimicrobial”, because it is often confused with the terms “germicidal” or “disinfectant”.

# The Economic Effects and Efficiencies of FFC in Livestock Farms and Food Industries

## FFCで経営は活性化するか —畜産経営と食品産業を対象にして—



Graduate School of Environmental Science, Okayama University  
Isao Yokomizo

岡山大学大学院環境学研究科  
横溝 功

### 1 はじめに

本報告では、畜産経営を3事例、食品産業を2事例取り上げる。畜産経営の畜種は、酪農、養豚、採卵鶏である。食品産業は、納豆製造、豆腐製造である。接近方法としては、第1に、各経営の経営史を調べ、FFCテクノロジーを利用するに至った経緯を明らかにする。第2に、各経営に固有の技術情報と財務情報を入手し、FFCテクノロジーの導入前後で、どのように技術面・経営面で変化があったかを、数量的に明らかにする。第3に、各経営が、FFCテクノロジーの導入を契機に、新たな経営展開に踏み出すことができたかどうか、また、そのことが、経営成果にどのように影響したかを、明らかにする。

### 2 経営例の概要

事例とした経営の経営者は、リスク対応（危機管理）が優れている。すなわち、少しでも問題の発生を知ったら、迅速にその原因を探り、対処している。問題解決を模索する中で、FFCテクノロジーと出会い、その成果を享受しているのである。

### 1 Preface

This paper takes up 3 cases of stockbreeding and 2 cases of food industries. The kinds of the former are dairy farming, pig farming and layer farming. The kinds of the latter are fermented soybeans production and tofu production. Firstly, I examined the history of each management and clarified the process that came to use FFC technology. To the second, I obtained the technical information that is peculiar to each management and the financing information, and I clarified how there was a change on technical aspect / management side quantitatively, before and after introduction of FFC technology. To the third, I clarified, whether each management was able to embark upon new management, or how it influenced each management at the opportunity of introduction of FFC technology.

### 2 History of management

Managers of our case studies are superior in risk management -crisis control. In other words, if even a

Table 1 Summary of the investigation firms and introduction of FFC

	Stockbreeding			Food production	
	Tom Milk Farm corp.	Onishi Livestock corp.	Tsuguchi Farm corp.	Okuno Food Co., Ltd.	Obata Store corp.
Kind of business	Dairy farming	Pig farming	Layer farming	Fermented soybeans	Tofu
Location	Hiroshima	Mie	Hiroshima	Mie	Okayama
Management summary	Delivered cow:160 head	Female pigs for breeding:170 head	Adult hens:230,000 head	100% use of domestic soy bean	100% use of domestic soy bean
Introduction time of FFC	2002	2002	1998	1995	1999
Introduction opportunity of FFC	Improvement in quality of milk	Improvement in pig house environment	Improvement in technical index	Conquest of management crisis	Conquest of management crisis
Introduction effect of FFC	Decrease of somatic cells	Decrease of bad smell and fly	Improvement in rate of survived number of chicks fed	High value-added sale	Saving of maintenance and repair costs
	Decrease of veterinary and medicine cost	Decrease of veterinary and medicine cost	Improvement in ratio of production of hen eggs	Saving of water service charges	
New management development	Ice cream shop	Meat section	Development of brand egg	Expansion of mail-order	School meal
	Interchange with consumer	Traceability		Direct sale place	NPO juridical person

表1 調査事例の概要とFFCの活用

	畜産			食品製造	
	(有)トムミルクファーム	(有)大西畜産	(有)津口ファーム	奥野食品株式会社	(有)小幡商店
業種	酪農	養豚	採卵鶏	納豆製造	豆腐製造
所在地	広島県	三重県	広島県	三重県	岡山県
経営概要	経産牛:160頭	種雌豚:170頭	成鶏めす:23万羽	国産大豆100%使用	国産大豆100%使用
FFC導入時期	2002年	2002年	1998年	1995年	1999年
FFC導入契機	乳質の改善	家畜飼養環境の改善	技術指標の改善	経営危機の克服	経営危機の克服
FFC導入効果	体細胞数の減少 診療衛生費の減少	臭気・ハエの減少 診療衛生費の減少	育すう率の向上 産卵率の向上	高付加価値販売	維持修繕費の節約 水道料の節約
新たな経営展開	アイスクリーム工房 消費者交流	ミート部門 トレーサビリティ	ブランド卵の開発	通販の拡大 直売所	学校給食 NPO法人



3 FFCテクノロジー導入の効果

1) 有)トムミルクファーム

体細胞は、乳腺組織から剥がれた細胞と白血球からなるが、後者は経産牛の健康と関連している。従って、経産牛の健康が悪化すると、体細胞数の増加につながる。このように、トムミルクファームは、健康な経産牛を飼養することによって、経産牛1頭あたりに要する診療衛生費を、他の先進事例と比べても低減させることに成功している。このことは、経営におけるコストの低減効果だけでなく、安全安心な生乳供給にもなるのである。

little they perceived the outbreak of problems, they investigated the cause quickly. They encountered and evaluated FFC technology, while they grope for problem solving.

3 Introduction effect of FFC

1) Tom Milk Farm corp.

The somatic cells consist of cells and white blood corpuscles which came off the mammary gland, but the latter is related with the health of milking cow. Therefore, it leads to increase of the number of somatic cells when the health of milking cow turns worse. Tom Milk Farm corp. succeeded in reducing

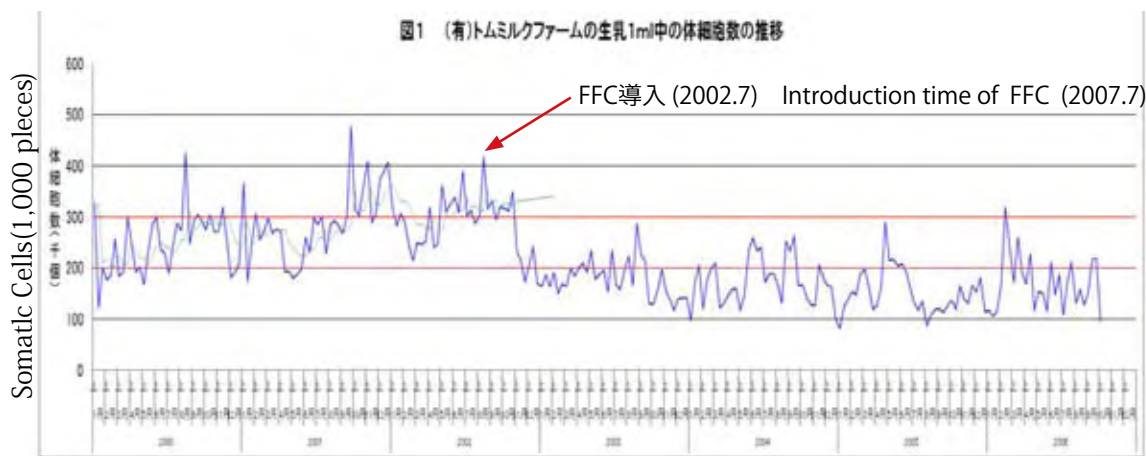


Fig.1 Number of Somatic Cells in Fresh Milk(per ml),Tom Milk Farm Corp.

2) 有)大西畜産

種雌豚1頭あたり肉豚出荷頭数は、様々な技術指標の中で、養豚経営における最も重要な技術指標である。

図2からも分かるように、大西畜産は、2004年度以降、先進事例を凌駕している。ただし、大西畜産の成績が、2006年度に比較して、2007年度に下がっているのは、豚サーコウイルス感染症やPRRSの影響による。このような外的環境の下でも、先進事例を上回る成績を享受しているのである。

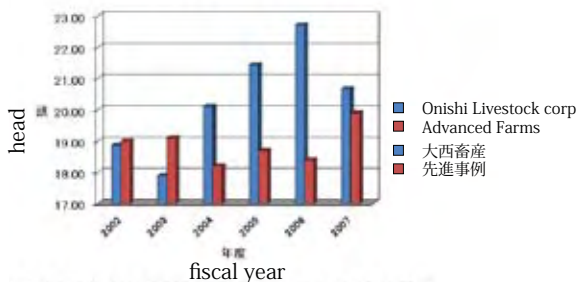
the veterinary and medicine cost per head beside advanced farms, therefore breeding healthy milking cows. This becomes not only the reduction effect of costs in the management but also the supply of safe and reliable fresh milk.

2) Onishi Livestock corp.

The number of sipped fattening pigs per a female pig for breeding is the most important technical index of pig farms in various technical indexes. Onishi Livestock corp. has been surpassing advanced farms after 2004 to be shown in Fig. 2. But it depends on porcine circovirus infection, and porcine reproductive and respiratory syndrome that the performance of Onishi fell in 2007 in comparison with 2006. Under such an external environment, they enjoyed results to exceed advanced farms.

図2 種雌豚1頭あたり肉豚出荷数の推移  
—(有)大西畜産と先進事例の比較

Fig.2 Number of sipped fattening pigs per a female pig for breeding beside advanced farms



注) 先進事例：(社)中央畜産会「先進事例の実績指標」の種雌豚70頭以上  
Advanced farms:Japan Livestock Industry Association "Performance Index of Advanced Farms" Farms of 70 head and over of female pigs for breeding

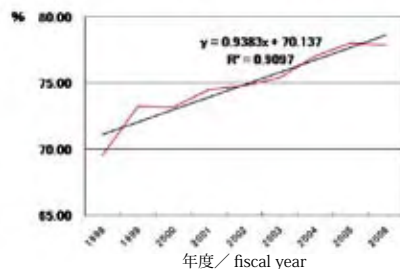
## 3) 津口ファーム

産卵率は、様々な技術指標の中で、採卵鶏経営における最も重要な指標である。

図3からも分かるように、津口ファームは、年々、産卵率を向上させていることが分かる。

津口ファームの飼養羽数が大きいだけに、産卵率1%の向上は、出荷卵数の約85万個に相当する。従って、同じコストで産卵率が1%向上すれば、追加的に約85万個の鶏卵を出荷出来ることになる。

図3 産卵率の推移  
— (有) 津口ファームの事例—  
Fig.3 Ration production of hen eggs  
—In the case of tsuguchi Farm corp



注)120日齢からアウト(約740日齢)までの平均値  
Average of adult hens from 120 days old to about 740 days old

## 4) 奥野食品(株)

2007年4月の火災で、施設だけでなく貴重な書類やデータも焼失したので、FFCテクノロジーによる技術的な効果を実証することは難しい。しかし、1993年秋の経営危機を契機に、1995年にFFCテクノロジーを導入する。試行錯誤の後、FFCテクノロジーを用いた納豆が、用いない納豆よりも、食味官能試験で優れていることを明らかにした。その後、FFCテクノロジーを用いた納豆のブランド化に成功し、1997年には、経営の再建を果たし、国産大豆100%に切り替えている。2007年4月の火災で、経営は中断したが、現在もFFCテクノロジーを用いた納豆製造を継続している。

## 5) 小幡商店

2002年7月に、豆腐を納入していた大手量販店の撤退を契機に、国産大豆100%を用いた高付加価値経営への脱皮を図る。雇用型の大規模豆腐製造業から、家内工業への転換は、大英断だといえる。現在、FFCテクノロジーによって、下記の効果を享受している。

- ①優れた食味官能試験
- ②冷却水(4.5 t)の交換：1.5カ月→2年間交換していない
- ③壁面・天井の塗り替え：4～5年に1度→14年間塗り替えていない
- ④揚げ油の交換：1カ月→4カ月

## 3) Tsuguchi Farm corp.

The ratio of production of hen eggs is the most important index of poultry farms in various technical indexes.

We understand that Tsuguchi Farm corp. has been improving the ratio year by year to be shown in Fig. 3.

As the number of adult hens and chicks of Tsuguchi is big, the improvement of the ratio 1% is equivalent to about 850,000 eggs. Therefore, they can ship about 850,000 eggs additionally, if the ratio is improved 1% with the same cost.

## 4) Okuno Food Co., Ltd.

Because not only the institution but also the valuable documents and data were destroyed by fire of April, 2007, it is difficult to demonstrate technical effects by FFC technology. However, with a management crisis of autumn, 1993, Okuno Food Co., Ltd. introduced FFC technology in 1995. After trial and error, they clarified that the fermented soybeans which they used FFC technology were superior to the fermented soybeans which they did not use, about the Sensory Testing of Palatability. They succeed in the brand of the fermented soybeans which they used FFC technology and, in 1997, achieved the rebuilding of the management and changed raw materials into domestic soy bean. By a fire of April, 2007, the management was stopped, but has been continuing the fermented soybeans production with FFC technology.

## 5) Obata Store corp.

With the withdrawal of the major General Merchandise Store where Obata corp. delivered tofu to in July, 2002, it planed a change for the high value-added management so that they used domestic soy bean 100%. It may be said that switch from large-scale tofu manufacturing industry to household industry would be a wise decision. By FFC technology, they enjoy the following effect now.

- ① Superior Sensory Testing of Palatability
- ② Exchange of the coolant (4.5t) : 1.5 months → more than two years



特に、②冷却水の一般細菌数は、下記の通りである。

'08.6 2,600/ml → '08.8 140/ml →  
'08.10 92/ml → '08.12 3/ml →  
'09.2 32/ml → '09.4 2/ml

#### 4 新たな経営展開

トムミルクファームでは、牧場まつりなど、都市と農村の交流を実践している。それを可能にしているのが、素晴らしい景観の下での健康な経産牛の飼養であり、その生乳を利用したジェラートの製造である。

大西畜産では、ミート部門を牧場内に設置し、ブランド化した豚肉の直売の割合を高めている。また、直売の豚肉に関しては、消費者が、品種・飼料名・予防プログラム等の生産履歴情報を、ホームページから知ることができる。

津口ファームでは、大規模採卵鶏経営でありながら、ブランド卵の割合を、年々高めてきている。

奥野食品では、納豆の通販の割合を高めると同時に、直売部門、外食部門、手作り体験部門を持つなど、食文化の発信機能を果たしている。

小幡商店では、学校給食への割合を高めたり、和食の店へ豆腐を納入するなど、新たな展開を図っている。

以上のように、①畜産部門における健康な家畜の飼養、②食品製造業における優れた食味の実現によって、多角的な販売ルートの確立を可能としているのである。このことが、経営安定につながり、さらなる創意工夫につながる可能性を秘めているといえる。

③ Complete change of the wall surface / the ceiling : once in four or five years

→ no change for 14 years

④ Exchange of the frying oil : One month → four months

Particularly the number of general bacteria in the coolant - ② - as follows;

'08.6 2,600/ml → '08.8 140/ml →  
'08.10 92/ml → '08.12 3/ml →  
'09.2 32/ml → '09.4 2/ml

#### 4 New management development

Tom Milk Farm corp. practices the exchange between urban people and countryside through the ranch festival. To keep healthy milk cow in splendid scenery, and to produce ice cream and sell it are very important factors concerning their management development.

Onishi Livestock corp. set up the meat section in their ranch and has been increasing the ratio of the direct sale of the pork which became a brand. In addition, about the pork of the direct sale, a consumer can know the production history information such as kind / feed name / prevention program from their homepage.

Tsuguchi Farm corp. is a large-scale layer farm, but they have been raising the ratio of the brand eggs year by year.

Okuno Food Co., Ltd. had a direct sale section, a Food-Service section, and a school section for handmade experience of fermented soybeans, and then they send the food culture at the same time.

Obata Store corp. has been raising a ratio of the school meal and delivering tofu to the shop of Japanese food, and then will be a new development.

By keeping healthy livestock in stockbreeding, and by realizing the superior Sensory Testing of Palatability in food manufacturing industries, they enable the establishment of pluralistic distribution channels as above. This leads to management stability, and it may be a further innovation.

## FFC Inhibits Microbial Attachment

## FFC はモノの表面への細菌・カビの付着を妨げる



Ralph Mitchell

Laboratory of Applied Microbiology  
Harvard School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, MA 02138  
Ralph Mitchell, Nick Konkol, and Christopher McNamara

ハーバード 技術科学・応用科学研究領域 応用微生物学研究室  
ラルフ・ミッチェル、ニック・コンコル、クリストファー・マクナマラ

微生物はモノの表面に付着して生活している。付着した微生物群はバイオフィームと呼ばれており、複雑な微生物の集団から成っている。バイオフィームはかなり深刻な問題をひきおこす。なぜなら、それはパイプの目詰まり、金属腐食、バイオテクノロジー製造装置の腐食や食品の腐敗、人工臓器（人工骨、義歯など）移植患者への感染などの原因となるからである。バイオフィームは消毒剤や抗生物質には耐性であるためフィルム自体を取り除くことは難しい。バイオフィームができないようにすれば、微生物付着が原因となるこれらの問題を解決できる。

我々は、バイオフィーム形成に及ぼす FFC の影響を詳細に解析し、FFC がモノ表面への微生物付着をどの程度防止できるのかを突き止めようとしている。また、FFC ミストの特性を調べ、それがモノ表面への微生物付着にどのような役割を果たすのかについても研究している。

FFC はチタン、プラスチック、スチール、アルミニウムなど多くの異質の表面への細菌付着を阻害するようである。最も顕著な効果はチタン表面で見られた。チタンは工業用や医療用に広く使われているので、この研究成果は重要な意味をもっている。

FFC ミストの有用性に関する予備実験では、このミストは、我々が呼吸している空気から細菌やカビを除去する可能性が高いという結果が得られている。ミストを噴霧した後に乾燥させた表面へのカビの付着は阻害される。つまり、FFC ミストは日常生活で我々が接している室内の空気やモノの表面をきれいにすることができる。

以上の結果をとりまとめると、FFC は多くのモノ表面への微生物付着を抑制し、そのミストもモノ表面への微生物付着を抑制し、さらに、空中から有害微生物を除去する力を持っているようである。

（訳者注：本講演の FFC とは、定量の FFC セラミックビーズを一定量の水に一定時間浸漬して調製した水を意味する。また、この水を噴霧した場合に FFC ミストと呼んでいる）

Microorganisms are found living attached to many surfaces. These attached cells are called biofilms and are made of complex microbial communities. These biofilms are a significant problem because they are capable of clogging pipelines, fouling food and biotechnology processing equipment, corroding metals, promoting tooth decay, and infecting patients with implanted medical devices. These biofilms are difficult to remove because they are very resistant to disinfectants and antibiotics. Inhibition of microbial attachment can prevent these problems from occurring by disrupting biofilm formation.

We are trying to determine the extent to which FFC can prevent the attachment of microorganisms to surfaces by performing detailed studies of the effects of FFC of biofilm formation. We have also begun to investigate the properties of FFC mist and the role it plays in preventing microbial attachment to surfaces.

FFC appears to inhibit bacterial attachment to a number of different materials including titanium, plastic, steel, and aluminum. The largest effect was observed on titanium, which is significant because of the widespread use of this metal in industrial and medical applications.

Our initial investigation of the beneficial effects of FFC mist have shown that FFC mist appears to remove bacterial and fungal particles from the air we breathe, and when dried onto a surface, inhibits the attachment of fungi to surfaces. These experiments could promote the cleanliness of indoor air and the surfaces we come into contact with in our daily lives.

In summary, FFC appears to significantly reduce microbial attachment to many types of material surfaces. FFC mist also seems to inhibit microbial attachment to surfaces and remove potentially harmful microbial particles from the air.

# How Does FFC Water Keep Germs Away?

- A Surface Scientist's Perspective

## FFC水はどうやってモノ表面から微生物を遠ざけるのか？

～表層科学者の視点から～



Scot Martin

Laboratory of Environmental Chemistry  
Harvard School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, MA 02138

Scot Martin, Chongzheng Na, and Yuanzhi Tang

ハーバード 技術科学・応用科学研究領域 環境化学研究室  
スコット・マーチン、チョンチェング・ナ、ユアンジ・タン

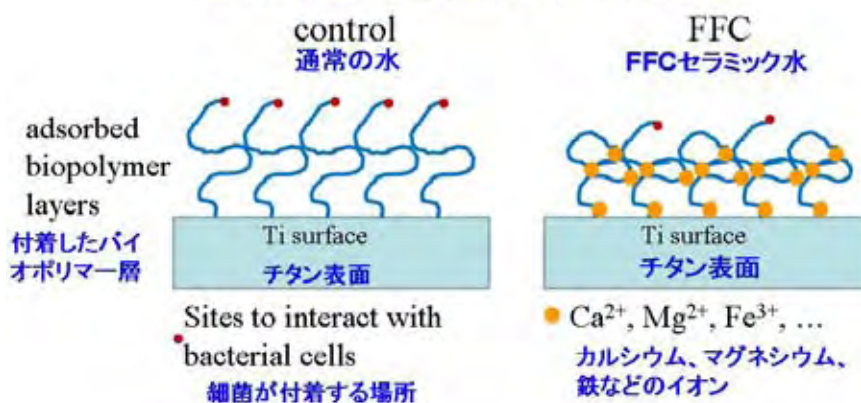
マーチン教授の研究グループは、モノ表面への微生物付着をFFC水が阻害する過程について解析している。これまでの研究によると、FFC水に含まれる化学成分がモノ表面への細菌の付着を妨げている。細菌が分泌するポリマーは細菌とモノ表面との接着の橋渡しとなるが、FFC水中の無機成分はこのポリマーと結びついて細菌の付着を妨げる。細菌の付着を妨害するFFCの能力を解明するために現在進めている実験では、細菌が分泌する化学的信号分子をFFCが制御できるのかという点に焦点を合わせている。この信号とは、いつ、どのようにしてモノ表面にくっつくべきかを細菌自身に知らせる情報分子である。どのようにFFCがこの化学信号分子に働きかけて、モノ表面への微生物付着を妨げ、有害なバイオフィルムの形成を阻止するのかについて研究を進めている。

(訳者注：FFC水とは、定量のFFCセラミックビーズを一定量の水に一定時間浸漬して調製した水を意味する)

Professor Martin's research group is studying the processes in which FFC water prevents microbes from attaching to surfaces. The research group has shown that chemical elements in the FFC water control the attachment of the bacteria to the surface of materials. These inorganic chemicals prevent polymers produced by the bacteria from forming bridges between the bacteria and the surface of the material. The current research aimed at explaining the ability of FFC to prevent bacterial attachment is focused on the ability of FFC to control chemical signals produced by the bacterial cells. These signals tell the cell when and how to stick to a surface. We are planning to investigate how FFC interferes with these chemical signals, as a means of preventing attachment of microbes to surfaces, and the formation of harmful biofilms.

### Visualization of the proposed mechanism

#### <FFCが細菌付着を防止するメカニズム仮説>



細菌が分泌する粘着性ポリマーとFFC水に含まれるミネラルが結合したり付着するために、ポリマーの層(=バイオフィルム)が圧縮されて全体に薄くなる。こうなると、バイオフィルム表面に付着の場が少なくなるので、細菌が付着できなくなる



## FFC Enhances Plant Growth

## FFC は植物の生長を促進する



Nick Konkol

Laboratory of Applied Microbiology  
Harvard School of Engineering and Applied Sciences, Cambridge, MA 02138  
Ralph Mitchell, Nick Konkol, and Christopher McNamara

ハーバード 技術科学・応用科学研究領域 応用微生物学研究室  
ラルフ・ミッチェル、ニック・コンコル、クリストファー・マクナマラ

現代の農業は土壌から必須元素を奪い、膨大な量の淡水を必要としているために、世界の多くの国々で水の供給不足に陥っている。気候変動によって降雨パターンが変わり、水不足の地域が増大し、結果的にその地域の作物収量が減少している。さらに、特に日本のように農耕適地が限られている国々では、農業の生産性を高める以外に道はなくなってきた。

我々は、FFC 処理した水が作物の生産性を高め、土壌への微量元素の補給の役を果たし、それが土地の集約的利用に結びつく可能性を研究している。また、農業で FFC 処理した水を利用すると水を節約できるかどうかについても研究している。

ハーバードの我々のグループは、通常の水と FFC 処理した水とを土壌に灌水して植物を育ててみた。FFC 処理水を与えたハツカダイコン、シロナ、ダイズは、通常の水を与えた植物よりも大きく育った。さらに研究を続け、FFC 水に含まれる多くの微量元素によって植物が大きく育つらしいということ突き止めた。これらの微量元素は植物の栄養素として必要なものである。そこで、我々は水耕栽培の技術を使って、植物が微量元素欠乏に対してどのように反応するかを見極め、FFC 水に含まれるどの元素が植物の生長に影響を及ぼすのかを検討し始めた。

また、様々な量の水を与えてハツカダイコン、シロナ、ダイズを育て、水をどの程度節約できるかを調べている。これらの植物のいずれでも FFC 処理水を使うと水の使用量を減らすことができた。つまり、FFC 処理水を使えば、より少ない水量で植物は十分に反応するということである。

以上をとりまとめると、FFC 処理水は植物の生産性を高めるとともに使用水量を減らすことができると言えるであろう。FFC の活用によって、土地の集約的利用効率と農業用水の節約効率が高まると考えられる。

(訳者注：本講演の FFC とは、定量の FFC セラミックビーズを一定量の水に一定時間浸漬して調製した水を意味する。)

Modern agricultural practices can deplete the soil of essential nutrients, and requires vast amounts of fresh water that are not available in many parts of the world. Climate change is causing shifts in precipitation patterns that increase water shortages and subsequent failed harvest in some areas. In addition, the shortage of farmable land, particularly in Japan, makes it imperative that agricultural productivity be significantly be increased.

We are investigating the possibility that FFC treated water can increase crop productivity and decrease land use by replenishing micronutrients in soil. We are also investigating the application of FFC treated water to reduce water use in agriculture.

In our studies at Harvard we grew plants in soil watered with normal water or FFC-treated water. Radish, shirona, and soybean plants treated with FFC water grew larger than plants irrigated with normal water. Further investigations revealed that plants appear to respond to FFC because it supplies them with many of the micronutrients that are required for plant nutrition. We have begun to utilize hydroponics methods that allow us to carefully monitor plant growth in response micronutrient deficiencies in order to decipher which micronutrients FFC water provides.

We have also grown radish, shirona and soybean plants under a range of reduced water conditions. In all cases we could reduce water use by treating the water with FFC. The plants responded well to reduced water when the water was treated with FFC.

In summary, we have found that FFC treated water both increases plant productivity and reduces the need for water. FFC has the potential to both reduce land use and to reduce water use.



## FFC Ceramic Water and Pairogen Stimulate Skin Cell Function

## FFC セラミック水・パイロゲンは皮膚細胞を活性化する



Radiation Effect Mechanism Research Group, National Institute of Radiological Sciences,  
Chiba, Japan and Graduate School of Science, Chiba University, Chiba, Japan

Tomohisa Hirobe

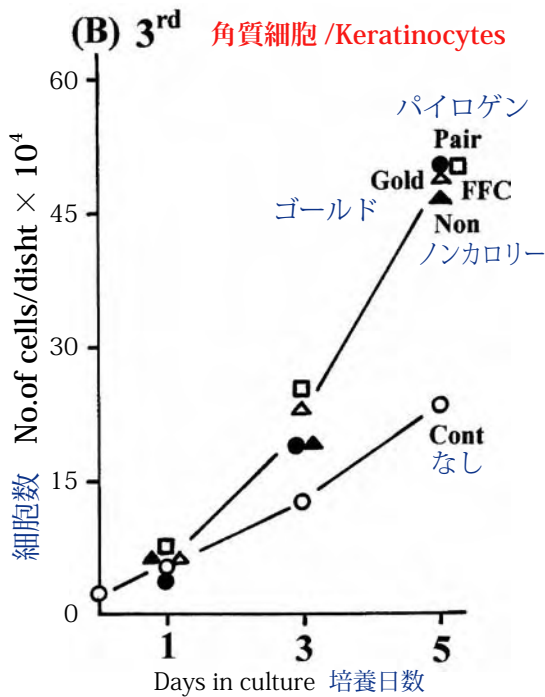
千葉大学・放射線医学総合研究所連携大学院  
広部 知久

FFC® (赤塚、津、日本) は、塩化第一鉄と塩化第二鉄の二量体である特殊な水溶性鉄分であり、酸化と還元の両方の働きをする。本研究では、FFCの哺乳類細胞に対する作用機構を皮膚の細胞を材料に研究した。FFCセラミック水は、新生児マウスから培養した表皮角質細胞、色素芽細胞/色素細胞、真皮繊維芽細胞の増殖を促進した。また、FFCセラミック水はマウスの角質細胞や色素細胞の分化も促進した。飲料水パイロゲン® (赤塚) は、FFCと酢とビタミン等で構成されている。一方、パイロゲンゴールド® (赤塚) には FFC や酢、ビタミンに加えて漢方薬が含まれている。さらに、ノンカロリーパイロゲン® には FFC や酢、ビタミンに加えて低分子コラーゲンやヒアルロン酸が含まれている。これらの飲料水に含まれている FFC と天然成分がヒトの皮膚細胞の増殖を促進するかどうかを検討するため、培養液に FFC セラミック水やこれらの飲料水を薄めて加え、皮膚細胞の増殖活性を調べた。その結果、FFC、パイロゲン、パイロゲンゴールドはヒトの角質細胞、色素細胞、繊維芽細胞の増殖を 2 倍に促進した。ノンカロリーパイロゲンによるヒトの角質細胞、色素細胞の増殖促進は 2 倍であったが、繊維芽細胞の増殖促進は 3 倍であった。FFC に低分子コラーゲンを加えて培養すると繊維芽細胞の増殖が 3 倍に促進されたが、FFC に低分子ヒアルロン酸を加えて培養しても繊維芽細胞の増殖は 2 倍にしか促進されなかった。さらに、低分子コラーゲンやヒアルロン酸を単独、あるいは共同で加えても繊維芽細胞の増殖は促進されなかった。したがって、FFC はヒトの角質細胞、色素細胞の増殖を促進し、繊維芽細胞の増殖は低分子コラーゲンと相乗的に促進すると示唆される。また、パイロゲンゴールドはマウスの色素細胞の分化を顕著に促進したが、これは FFC とパイロゲンゴールドに含まれているクコエキスとエゾウコギエキスとの相加効果によるこ

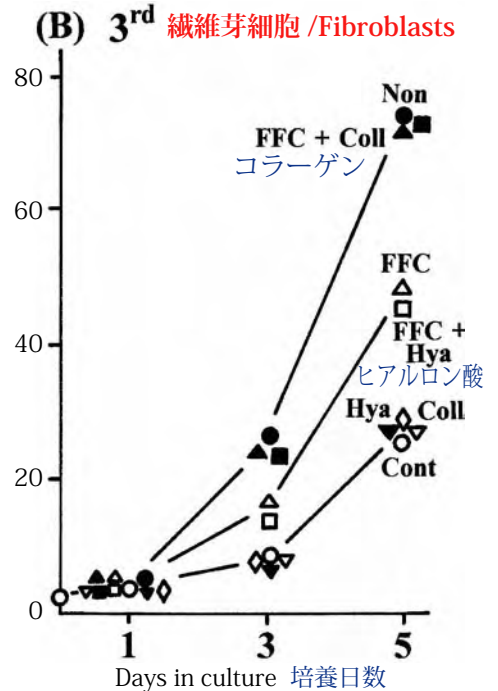
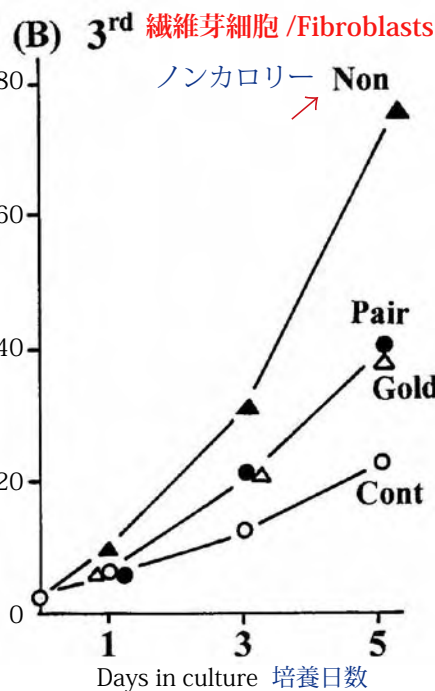
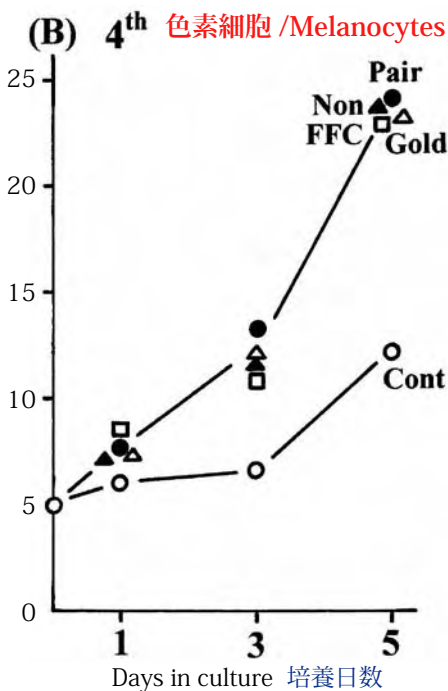
Ferrous Ferric Chloride (FFC®, Akatsuka Co., Tsu, Japan) is a distinct form of aqueous iron made up of a complex of ferrous chloride and ferric chloride that participates in both oxidation and reduction reactions. In this study, the mechanism of the action of FFC on mammalian cells was investigated using skin cells. FFC ceramic water stimulated the proliferation of cultured epidermal keratinocytes, melanoblasts/melanocytes and dermal fibroblasts derived from newborn mice. FFC also stimulated the differentiation of mouse keratinocytes and melanocytes. Pairogen® (Akatsuka) is a drink comprising FFC, vinegars, and vitamins, Pairogen Gold® (Akatsuka) contains herbal medicines in addition to FFC, vinegars, and vitamins, while Non-calorie Pairogen® (Akatsuka) contains low molecular weight collagen and hyaluronic acid in addition to FFC, vinegars, and vitamins. To clarify whether FFC in addition to the natural factors included in these drinks stimulates the proliferation of human skin cells, FFC and these different drinks were added to culture media and tested for their proliferation-stimulating activity on skin cells. FFC, Pairogen, and Pairogen Gold equally doubled the growth rate of cultured human keratinocytes, melanocytes, and fibroblasts. Although Non-calorie Pairogen only doubled the growth rate of human keratinocytes and melanocytes, Non-calorie Pairogen tripled the growth rate of human fibroblasts. FFC plus low molecular weight collagen tripled the growth rate of human fibroblasts, whereas FFC plus low molecular

ともわかった。さらに、FFCを含む美容液(FFCスーパーエッセンスプレーン®とモイスタチャー®、赤塚)を新生児マウスの皮膚に塗り、角質細胞、色素細胞、繊維芽細胞の増殖・分化および毛の成長に対する効果を調べた。その結果、FFC美容液は表皮角質細胞、真皮繊維芽細胞、表皮および真皮色素細胞の増殖・分化および毛の成長を促進した。以上の結果から、FFCやパイロゲンはヒトやマウスの皮膚を活性化すると考えられる。

weight hyaluronic acid only doubled the growth rate of human fibroblasts. Low molecular weight collagen, with or without hyaluronic acid failed to stimulate the proliferation of fibroblasts. These results suggest that FFC stimulates the proliferation of human skin keratinocytes and melanocytes. Moreover, FFC markedly stimulates the proliferation of human skin fibroblasts synergistically with low molecular weight collagen. Finally, FFC-containing skin lotions (FFC Super Essence Plain® and Moisture® Type, Akatsuka) were painted on the dorsal skin of newborn mice and tested for their proliferation- and differentiation-stimulating effects on keratinocytes, fibroblasts, and melanocytes as well as on the hair growth. This treatment stimulated the proliferation and differentiation of epidermal keratinocytes, dermal fibroblasts, and epidermal and dermal melanocytes in the skin as well as hair growth. Taken together, these results suggest that FFC and Pairogen stimulate the function of human and mouse skins.



培養ヒト皮膚細胞へのFFCの効果  
Effects of FFC on cultured human skin cells



## The Effects of Akatsuka FFC Ceramics on the Health of Water Environments

### FFC セラミックスは健全な水環境を守る



James Shine

Department of Environmental Health  
Harvard School of Public Health, Boston, MA 02115

James Shine, Julie Horowitz, Shauntreal Ivey, Kathleen McCarthy, David Senn, and Crista Trapp

ハーバード公衆衛生学研究領域 環境保全研究室

ジェームス・シャイン、ジュリー・ホロヴィッツ、ショートリル・アイヴィ  
キャスリーン・マッカーシー、デイヴィッド・セン、クリスタ・トラップ

我々の研究室は、湖、河川および沿岸海域を含む健全な自然水圏を守る技術としてアカツカ FFC の有効性を研究している。我々人類は、多くの理由で水に依存して生きている。すなわち、飲料水、料理用水、農業用灌漑、海産物、輸送、レクリエーションに利用するとともに、生活や工業からの排出物の受け皿としても利用している。壊れやすい水圏生態系に依存するこれらの利用法は互いに競合する場合もあり、それらのバランスをとることは時として難しくなる。ここで求められるのは、次代の人々の幸せな生活のために清浄な水をうまく利用する叡智と技術のコンビネーションである。

アカツカの研究陣によると、FFCセラミックスを水圏環境に直接投入すると生態系が健全に維持されるとのことである。我々は様々な実験を行って、FFCのメカニズムについて研究してきた。実験室内の水槽に作った生態系モデルで、湖や河川、沿岸海域全体の健全性を左右する生態系に FFC が及ぼす影響を検証してきた。我々の実験によると、FFC は環境に好都合な方向に水の中の養分サイクルを変えて、水の透明性を高めることができる。また別の実験では、FFC が重金属のような有害物質を如何に不活性化し、魚類にとって無害な形にするのかということ明らかにした。現在進行中の実験では、ヘドロを改善し、底質土に生息する生物の生長を維持する FFC の能力について研究している。

Research in our laboratory has focused on the beneficial effects of Akatsuka FFC technology as a tool to improve the health of natural bodies of water such as lakes, rivers, and coastal marine environments. As humans, we rely on water for many reasons: for drinking and cooking, agricultural irrigation, as a source of seafood, for transportation, recreation, and as a receptacle for human and industrial wastes. It is often difficult to balance the competing demands placed upon fragile aquatic ecosystems. What we need moving forward is a combination of wisdom and tools that will allow us to benefit from clean water for many generations.

Evidence from Akatsuka researchers indicated that the direct application of FFC ceramics to the environment can improve the health of water ecosystems. Dr. Shine's group has been exploring the underlying mechanisms through a series of related experiments. These experiments create model ecosystems to examine the effects FFC on ecological processes that affect the overall health of a lake, river, or ocean environment. One set of experiments demonstrated that FFC can alter nutrient cycles in ways beneficial to the environment and can improve water clarity. Other experiments have shown how water treated with FFC can inactivate poisonous substances such as heavy metals and potentially make them less poisonous to fish. Current experiments are examining the ability of FFC to improve the ability of contaminated sediments to support biological growth and productivity.

我々の研究室が得たこれまでの研究成果は、アカツカの研究陣が観察した結果とよく一致している。特に、FFCテクノロジーが水環境の健全性維持に有効であるという点では矛盾するところはない。有害な金属や栄養分がわずかに変化して実験系全体のエネルギー量が変わるだけなので、その微妙なメカニズムを捉えることはかなり難しい。なぜなら、有害な物質あるいは養分の動きがわずかに変化し、最終的に全体のエネルギーが変わってしまうような微妙なメカニズムだからである。一連の研究を続ければ、FFCテクノロジーが水圏生態系全体の健全性を維持できる潜在的能力をもっていることを実証できるであろう。

(訳者注：FFCとは、FFCセラミックビーズまたはその浸漬水を意味する)

The body of work produced by our group is consistent with observations made by the Akatsuka group in Japan. Specifically, FFC technology can positively affect the health of water environments. The mechanisms are subtle, involving slight alterations in the behavior of poisonous substances or nutrients in ways that ultimately can improve the energy in the system as a whole. Working together, we can clearly demonstrate the potential value of FFC technologies on the overall health of water environments.



## FFC Bead Properties, Treating Iron Deficiency Anemia, and Characterizing FFC Aerosols

### FFC セラミックビーズの特性、鉄欠乏貧血症治療への活用 ならびに FFC エアロゾルの特徴



Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts 02115, USA

Joseph D. Brain

ハーバード 公衆衛生学研究領域  
ジョセフ・ブレイン

我々は、微量要素を遊離するとともに有害金属と結びつく FFC の能力について研究してきた。実験では、1) ビーズの元素組成、2) 走査電顕と X線マイクロアナライザーによるビーズ内の元素分布、3) 繰り返し使用した場合のビーズの重量変化、4) ビーズからの鉄イオンの遊離速度と量、5) ビーズへの金属イオンの吸着と再遊離の速度と量について、新品の FFC セラミックビーズと実際の現場で使用した後に回収した FFC ビーズ (使用済みビーズ) とで比較した。

中性子活性化法によってビーズを構成する元素に放射活性を与えた (=すべての元素が放射性を帯びるようにした)。実験結果によると、室温で水道水にビーズを浸漬しておく、かなりの量の鉄と亜鉛が水中に遊離された。さらに、鉄、カドミウム、亜鉛、ヒ素、マンガンと同位元素 ( $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{73}\text{As}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ) を含む蒸留水の中に FFC ビーズを浸漬しておく、水中に含まれる元素の当初の量と浸漬時間に応じてビーズはこれらの元素を吸着することが明らかになった。使用済みビーズでも同じような吸着が起こった。一連の実験によって、FFC 水の元素組成や FFC ビーズが水中から金属を取り除く力をどの程度もっているかについてかなり明らかにすることができた。

FFC エアロゾルについても検討した。まず、エアロゾル粒子の大きさや重さについて調べたところ、粒子は小さく、肺に吸い込まれてもそこに十分落ち着くような微細粒子であることが明らかになった。つぎの実験では、生物に及ぼす FFC エアロゾルの影響を解析することを予定している。たとえば、様々な生体組織、器官への病原体の付着にエアロゾルがどのような影響を及ぼすかを調べたいと考えている。

鉄分は FFC テクノロジーの重要な要素になっている。また、我々の身体にとって必須な元素でもある。赤血球による酸素輸送や多くの生体反応は鉄なくしては成り立たない。食物や水の中の鉄分が不適切であると、鉄欠乏貧血症になり悲惨な結

We have studied the ability of FFC beads to release micronutrients and to bind toxic metals.

The following properties of unused as well as commercially used FFC beads were examined:

1) elemental composition of beads, 2) spatial distribution of iron and other metals within the beads using scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray analysis, 3) change in mass of FFC beads over time of use, 4) kinetics of release of iron from FFC beads, and 5) kinetics of absorption and release of metals by FFC beads.

FFC beads components were made radioactive by neutron activation. We found that significant amounts of iron and zinc were released into water during incubation of the beads in tap water at room temperature. We also found that FFC beads incubated in water containing  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{73}\text{As}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  absorbed these metals in a dose- and time-dependent manner. Even used FFC beads were capable of removing these radioactive metals from the incubation medium. We have learned a great deal about the composition of FFC water and about the ability of FFC beads to remove metals from water.

We also explored FFC aerosols. We have measured their particle size distribution and mass concentrations. The particles were small in size and well suited for deposition in the lungs. Future studies will characterize the biologic effects of FFC aerosols. For example, what are the effects of FFC aerosols on attachment of pathogens to biologic tissues.



For All Life on Earth  
一人の健康から地球の未来まで



---

赤塚グループ

〒514-2293 三重県津市高野尾町1868 番地の3  
TEL 059-230-1234 FAX 059-230-0576