

## 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						

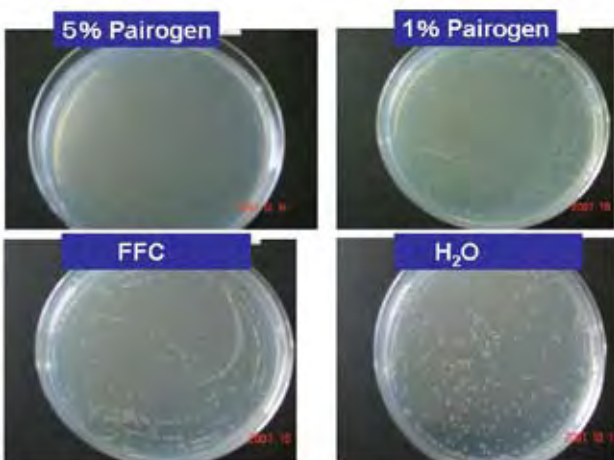


図1 FFCセラミック水および各濃度パイロゲン含有培地での大腸菌の発育

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

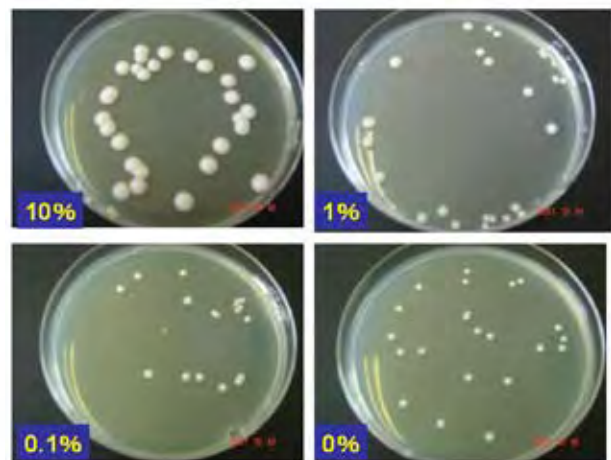


図2. 各濃度パイロゲン含有培地におけるカンジダアルビカンスの発育

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”.