

Title	「科学」不足によるイノベーション阻害：ファイナブルの事例
Author(s)	江藤, 学; 吉岡(小林), 徹
Citation	年次学術大会講演要旨集, 33: 415-418
Issue Date	2018-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/15571">http://hdl.handle.net/10119/15571</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

## 「科学」不足によるイノベーション阻害 —ファインバブルの事例—

○江藤 学（一橋大），吉岡（小林） 徹（東京大）

### 1. はじめに

イノベーションを阻害する要因については、様々な研究があり、多くの論文が提出されている。しかし、その大半は、「死の谷」や「ダーウィンの海」の議論に見られるように、基礎的な研究成果が実用に結びつかない原因を探るものである。つまり、科学的にその作用根拠が明らかにされているにもかかわらず、その応用が進まない原因を探るものだ。

これとは異なるアプローチとして、ロジャースが取り上げた予防接種の例は、「効果」と「普及」の関係を追及している。つまり、「効果」があることは確実だが、その「効果」を直接体験させるためには、使ってみなければならぬという、卵と鶏の関係のイノベーション過程の中から、アーリーアダプター層の重要性を見出したところに、その重要性がある。昨今では、アーリーアダプターとアーリーマジョリティの間のキャズムを超える難しさなどが議論になっているところだ。

これらに対し、今回扱う事例は、科学的根拠が明らかになっていないが、効果が生じることは明らかな「技術」であり、但し、その効果の発現が「ノウハウ」に依存する部分があるため、100%の発現性を持たないという「科学不足の技術」だ。

このような技術は、現在の科学が発展した社会ではあまり存在しないように思いがちだが、実は数多くの事例がある。最もその傾向が高いのは、医学だろう。様々な病気の治療法として確立している方法の中には、その科学的根拠が分かっていないものは数多く存在する。また、医学系の「治療方法」は、必ず100%のユーザーに効果を出すとは限らず、全く同じ治療を行っても、効果が出る人と、出ない人に分かれるものだ。

工学系の世界で、現在このような状態にある技術として、今回はファインバブル技術を取り上げる。ファインバブル技術は、洗浄用などに応用が進みつつあるが、その効果の発現メカニズムが完全に解明されているわけではない。このために、この技術の応用段階で、通常発生しないような様々な問題が発生しているのである。本稿では、この「科学」不足によるイノベーション阻害が、どのような形で現れるのか、その事例を整理した。

### 2. ファインバブル技術とは

ファインバブルは、直径 100 マイクロメートルのごく微細な気体の泡と定義されている。なかでも 100 マイクロメートルから 1 マイクロメートルのものは「マイクロバブル」、1 マイクロメートル以下のものは「ウルトラファインバブル」と呼んで区別されている。

マイクロバブルは概ね目視可能であるが、水中では圧縮されつつ徐々に水に溶け込むため、最終的に水中で消滅する。ただし、水に塩基分が含まれると、縮小しても消滅せず、100nm 程度のサイズのバブルとなり、水中に残る。このサイズになると目視できないため、過去にはその存在の真偽に関する議論があったが、ブラウン運動の観察などで現在ではバブルの存在については確定しており、その密度の測定方法なども開発されつつある。このような見えないサイズのファインバブルは、ウルトラファインバブルと呼ぶ。

ファイバブルはいくつかの特性を示し、条件次第で複数の有効な作用を示す。第一に、バブル内の気体を自由に選べるため、バブル内の気体に酸素を用いると溶存酸素量を増やすことができる。これにより、動植物の育成促進や生理活性化を実現できる場合がある。オゾンを選んで消毒に用いる研究や、CO<sub>2</sub>を利用する研究なども行われている。第二に、表面張力により自己加圧が生じるため、気体が圧縮された形で水中に存在することになる。そのため、気泡が水中で上昇しにくくなる作用も示す。これにより、長期に気泡が水中に残存する。前述のように水中に塩基があると、ウルトラファインバブルとなり、そのまま水中に数日から半年程度留まると言われている。このウルトラファインバブルの機能については様々な研究が進んでおり、独特の機能が解明されつつある。特に、漁業や植物の生育に与える影響は、溶存酸素量ではなく、このウルトラファインバブルの存在である可能性が指摘されつつある。第三に、負の電位を帯びているため、水中の汚れ成分を浮上分離させることができる場合や、その気泡消滅時に生じるフリーラジカルや気泡が壊れる際の微細な衝撃によって、限られた範囲の細胞を破壊することができる場合がある。これが生理活性化や殺菌につながる可能性がある。近時の研究によると、ウルトラファインバブルが多く作用効果を生んでいる可能性が高く、しかもその作用効果の要因は電位を帯びていることにあるという。

これらのメカニズムについてはウルトラファインバブルの計測が困難であったことも相まって必ずしも十分に明らかにされていないところである。そのため、技術の普及にも様々な障害が見られる。以下で、その事例を整理してみよう。

### 3. ファインバブルの産業応用

#### (1) 工業分野

ファインバブルの産業応用が最も進んでいるのは、工業分野だ。西日本高速道路株式会社は 2012 年からサービスエリアやパーキングエリアのトイレの洗浄にファインバブルを用い、従来の 100 分の 1 の水量で、しかも洗剤を使用せず清掃できる効果が得ている。ファインバブルは、特にオイル分に対しては洗剤などの界面活性剤を必要とせず洗浄効果を出せるため、環境対策としても価値が高い。このような工業用のファインバブルを用いた洗浄設備は様々な企業から発売されている。近い事例として、IDEC 株式会社は太陽電池のシリコンウエハの分離工程にウルトラファインバブルを用い、極めて薄いシリコンウエハの製造を実現している。

なお、宮城県で贈答用蒲鉾の製造を行う白謙かまぼこ株式会社では、蒲鉾の材料の殺菌にファインバ

ブルを応用している。これはファインバブルのフリーラジカルによる殺菌機能を活用したものと考えられるが、この技術の採用は、科学的な説明無く効果を体験したことによるものであった。

## (2)水産業分野

実はファインバブルの最初の産業応用は工業分野ではなく、徳山工業高等専門学校の大成博文氏によって 1999 年に行われた牡蠣養時の牡蠣死滅防止技術だった。水質改善の策としてマイクロメートルサイズの泡を水中に溶存させることで、溶存酸素量を増やただけでなく、牡蠣の生育促進につながった。この後、北海道噴火湾でのホタテの養殖や三重県英虞湾での真珠養殖でも効果が確認された。

さらなる水産業への応用は高知県で進んだ。高知県宿毛市でカンパチ等の養殖業を営む株式会社宝照水産は、ファインバブルを使うと洗浄効率が低いということを聞き、養殖用の網の洗浄に使えるのではないかと考えた。しかし、網の洗浄は閉鎖空間ではなく開放された海域内で行われるため、ファインバブルを発生させても、海流により泡が流されてしまい効果が得られないことが分かった。ここで同社は、養殖魚の酸素欠乏による死滅対策にファインバブルが応用できるのではないかと考えた。養殖の現場では、養殖中の消毒、陸揚げの出荷作業中、そして、陸上輸送の際に酸素欠乏が生じることがあるからだ。とくに宿毛の養殖事業者で課題となっていたものが、夏場の養殖魚の消毒作業中の酸素欠乏であった。ファインバブルは、この課題を見事に解決した。

しかし、この技術の他社への普及は進んでいない。実は、現在でも既存の技術で、酸素欠乏を生じさせないよう対策をしておき、酸素欠乏を防ぐノウハウが各事業者に存在するからである。もし出荷直前のカンパチが 1t 死滅すると 100 万円近い売上を失うことになるため、このような事故は滅多に発生しないよう、各社がノウハウを蓄積しており、そのような事故はまず発生しない。このような中では、作業手順を変更してまで新しい技術を導入するメリットは少ない。

現在同社の経営者が始めた株式会社ファインズは、このファインバブル技術を成魚輸送用トラックの衰弱死防止用設備として販売するビジネスを開始した。しかし、成魚輸送も、トラック運転手が細心の注意をして、絶対に弱らせないようにして運んでいる。それは、輸送時の責任が出荷側と購入側のどちらにあるかが不明確で賠償ルールが曖昧だからだ。このような状況で魚を弱らせれば、その責任は運送業者が全て被ることになる。これを防止するため、運転手が独自のノウハウで酸素濃度をコントロールして運んでいるのである。つまり、失敗は殆ど起こらないのである。

実際には、前にも述べたように、ファインバブルの本当の効果は溶存酸素量の増大ではないことが判明しつつある。このため、酸欠対策以外にも様々な効果を有していることが期待できる。しかし、その機構が解明されていないため、「溶存酸素量を増やす効果」以外を科学的に売り込むことが出来ず、ノウハウによる対応を乗り換えさせることができないのである。

このような環境下で新しい技術を追加するのは困難であり、同社はトラックの買い替え時に新技術を導入したトラックを販売するビジネスにフォーカスを絞りつつある。

## (3)農業分野

ファインバブルは農業分野にも応用が進んでいる。養液土耕のイチゴでは 25%の収量増加、水耕栽培

のミニトマトでは20%の収量増加、植物工場のレタスでは50%の重量増加が確認されたという。但し、ここでも、その効果は「溶存酸素量の増大」として説明されている。

農業分野におけるイノベーションの難しさとして2つの点を挙げるのが可能だ。第一に、効果を定量的に表すことが難しいことだ。前述のような定量的収量増加値を出せることは稀で、生産量は他の様々な要因に左右されるため、直接的に農家が感じる効果は「葉が厚くなった」「根が良く張る」といった現象の効果に留まるのである。

第二に、全ての農家で効果が出ないため、農家はそのノウハウを秘匿しようとするところにある。農家は、同じ農協の会員であっても(同じ農協の会員であるからこそ)、ある程度のライバル関係を持つ。このため、上手くいっている手法について、そのノウハウや結果を公開することを拒むのである。ファインバブルは、その濃度が植物の成長に様々な影響を与えることが分かっているが、濃度の正確な測定方法さえ存在しないため、植物の育成におけるファインバブルの利用方法は、完全にノウハウ化してしまうのである。

第三に、ファインバブルによるマイナス効果も存在することだ。溶存酸素濃度が増えると病原菌が増える可能性もあるし、バブル濃度が濃すぎると、逆に根の生育が悪くなる事例が見られた。こういうリスクを負うことは、農家にとって不可能であり、「バブルによる溶存酸素量の増加効果」という、副作用の無いように見える技術として売り込むしかないのである。

#### (4)医学分野

実は医学分野でもファインバブルの効果検証が様々な場所で行われているが、その情報が全く公開されていない。公式にはファインバブルの活用が実用段階に達していないのが、医学分野である。医学分野の情報は外部に出ないため、現在どのような状況にあるのかは、予測でしかないが、どうも効果を安定的に出現させることができていない模様である。このような状況は、昔癌の治療薬として特別に承認された丸山ワクチンを思いださせる。実際ファインバブル水で癌が治ったという事例も存在するようだが、科学的根拠が説明できないので、表面化しないのである。さらに現状では、医療用ファインバブル水製造業者が一社に限定されており、供給が限定的であると共に、科学的組成分析技術などが確立されていないので、医学系研究者にとっては論文を執筆しにくい状況となっていることも、医学分野から情報が出てこない利用の一つであろう。

#### 4. 最後に

以上のような状況を踏まえ、ファインバブル技術を普及させるための手段を提案するとすれば、まず体験できる効果で販売しつつ、付帯効果を体感させることが重要だろう。失敗が許容されない事業では設備更新時期を狙う必要がある。また、対象物が生体であれば、100%の利用者が成功しない状況を受け止め、それを前提とした普及策も必要だ。ファインバブルの科学的作用が解明されるには、まだ長い時間が必要だ。しかし、折角の価値ある技術を眠らせておくべきではない。科学が不足する技術の普及策を一般化する上でも、このファインバブルはよい先例となるだろう。