

公開資料

研究開発成果実装支援プログラム
実装活動の名称「大型マイクロバブル発生装置による閉鎖海域の蘇生と水産養殖の復興」

緊急実装支援プロジェクト終了報告書

実装期間 平成 23 年 5 月～平成 24 年 3 月

実装機関名 徳山工業高等専門学校

実装責任者

氏 名 大成 博文

目 次

| | | |
|-----|---------------------|-------|
| I | 実装活動の名称と目標、1年間の活動要約 | 3/16 |
| II | 実装活動の計画と実装活動 | 4/16 |
| III | 実装支援活動の成果 | 6/16 |
| IV | 実装活動の組織体制 | 13/16 |
| V | 理解普及のための活動とその評価 | 14/16 |
| VI | 結び | 16/16 |

I 実装活動の名称と目標、1年間の活動要約

(1) 実装活動の名称

「大型マイクロバブル発生装置による閉鎖海域の蘇生と水産養殖の復興」

(2) 最終目標

①大船渡湾での水産養殖が可能な豊かな海を蘇生させる。

地震・津波の災禍の結果、湾内には瓦礫の海中堆積、土砂堆積、汚濁物流入などが発生し、今年の夏には、大規模な酸欠に伴う生物死滅が起こる可能性があり、これを防ぐとともに、最終的には、震災前の水質環境を取り戻し、豊かな水産魚場環境を蘇生させることを最終目標とする。具体的には、海底の無酸素水域をマイクロバブルの供給で解消し、ヘドロ化している底質を改善する。また、そこに藻場や生物の生息を可能とする環境の復元を実現する。マイクロバブルの大量供給によって、瓦礫の海中堆積、土砂堆積、汚濁物流入などの困難な条件下でも、海洋生物の活性化、環境復元を可能とさせることが重要であり、本実装開発の特徴といえる。

②大船渡湾における水産養殖・加工においてマイクロバブル技術を利用することで、震災前の状態に戻し、さらに発展させる。

マイクロバブル技術を陸上においても利用し、海の水産漁獲物の洗浄、鮮度保持、水槽内育成・品質向上、殺菌等を可能とする。また、それらの漁獲物の水産加工においてマイクロバブルを利用し、品質向上、腐敗防止、殺菌・除菌を実現する。

③漁獲の生産額の大幅回復を図る。

マイクロバブルの大量供給によって、岩ガキ、海草などの天然資源の生育を促進させ、それらの漁獲を可能とする。水産養殖設備の整備とともに漁獲量の増加・改善の手助けをする。

(3) 支援期間終了後の目標（到達点）

支援終了後においては、その継続的な試験が可能かどうかについて、現地漁民、漁協、自治体などの意見を聞く。また、それらを踏まえ、新たな海域改善事業を検討する。さらに、そのための資金確保においては、各種補助金制度を利用し、その発展を目指すことにすることで、本実装活動の成果を持続的に派点できるように工夫する。おそらく、海洋環境の改善には、数年の年月が必要であり、それを踏めた実現方法を粘り強く検討する。

(4) 1年間の活動実績（要約）

大船渡湾に小形で軽量、コンパクトな 104 機のマイクロバブル発生装置を開発し、大量のマイクロバブルを供給することによって、以下の重要な成果を得た。

①マイクロバブルの大量供給によって発生装置付近（距離 50m 付近も含む）のカキ筏のカキの成長促進がなされたことで、従来と比較して 2 倍以上の養殖期間の短縮が可能となった。また、この短縮化は 2 倍以上の生産額の増加の可能性を示唆している。さらに、装置から 300m 付近のカキは、装置付近よりも 2 カ月遅れで設置されたが、それを補う成長ぶりを示したもののマイクロバブル装置との距離において成長度に微妙な差異も認められた。

②マイクロバブルの発生開始が 8 月で、カキの産卵後に放卵する直前であったにもかかわらず、放卵を止めさせて「身入り」へと向かわせることで「無放卵カキ（パージンオイスター）」を新たに誕生させた。このカキの味は抜群で、釜石、東京、周南における料理の専門家による試食試験によって、新たなブランド化が可能である、すぐに仕入れたいという高い評価を得た。

また、この身入り現象が、①の成長促進と重要な関係を有し、放卵後の瘦身現象（「水ガキ」化、体力の弱化を防いだ。これらは新たなカキ養殖法の誕生を意味し、今後の可能性を切り拓いた。

③大船渡湾よりも約3カ月遅れで開始された気仙沼湾においても同じ傾向の成長促進が実現され、年末から1月にかけて気仙沼湾では唯一の出荷がなされ、東京築地市場で好評を得た。このカキの成長と味の特性は大船渡湾における傾向とよく類似していた。また、これらの両湾におけるカキの成長において特筆されることは、秋から冬場においてカキの成長率が鈍るのではなく逆に増加していったことであり、これは、これまでの常識と大きく反することであり、通年成長養殖という新しい養殖法の可能性が生まれた。

④釜石地区においては、被災を受けた民間企業と協力して水産加工の分野におけるマイクロバブル技術の適用の可能性を検討し、重要な成果を得た。とくに、栄養物質の酵素分解促進、鮭の頭の部分の切り身洗浄と形態保持、臭い成分の除去、海水氷による冷却促進・鮮度維持などにおいて新たな技術開発の可能性を切り拓いた。また、マイクロバブル水を用いた商品開発においても、その可能性が検討された。

II 実装活動の計画と実装活動

(1) 全体計画

| 期日 項目 | 平成23年5-6月 | 平成23年7-9月 | 平成23年10-12月 | 平成24年1-3月 |
|------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| マイクロバブル発生装置の設計製作 | ←→ | | | |
| 現地踏査及び調査 | ↔ | | | |
| 装置設置・実験開始 | | ←→ | | |
| 水質観測・魚場調査 | | ←→ | | |
| 水産養殖法の開発 | | ←→ | | |
| 水産加工技術の開発 | | | ←→ | |
| 成果報告会・記者会見 | | | | ↔ |
| 装置撤去 | | | | ↔ |

(2) 実装活動の具体的内容

当初の計画の具体的内容は以下の3つであった。

①大船渡湾の水質改善、藻場復興。

マイクロバブルの大量供給によって、夏場における酸欠・無酸素水域の形成を防止、解消する。海

底においてヘドロ土砂の改善を行い、底質動植物の生育を可能とする。具体的には、藻場の復元、海藻・植物プランクトンの育成が可能となる海洋環境の蘇生を実現する。溶存酸素濃度においては、最悪が予想される夏場において 4ppm 以下にならないようにする。

②津波被害を受けた海底、海域の蘇生を軸とした新たな水産養殖・加工技術の開発。

当面、水産養殖(カキ、ホタテ、ほや等)の設備が整わなくても、簡易な養殖法でも、それらが可能になるような水質改善をマイクロバブルの大量供給によって実現させる。同時に、その漁獲物においてもマイクロバブルを供給し、鮮度保持、斃死防止、品質や味の向上、洗浄、殺菌などを行うことで、それらの水産物の加工をより容易とする。

③水産養殖における生産額の大幅増大と回復(当面、震災以前の額を目指す)。

上記①と②の実現によって、漁民の生産額の増大を図る。それには豊かな海を蘇生させることが最重要課題といえる。

上記①については、2011年度は夏場においても前年度の異常高温と比較して平均水温で1~2度低く、異常高温による水質悪化現象は出現しなかった。したがって、震災直後の大船渡湾最奥の水質悪化の時期を除けば、極端な酸欠現象は起こらず、溶存酸素濃度の低下は認められなかった。また、海底の調査により、ヘドロの堆積はあるものの、潮流や風によって、それが常に流動していたことから、悪質のヘドロには至っていないことが判明した。さらに、ヘドロの堆積によって、実験を行った大船渡湾蛸の浦の海底には藻場は生育していないことも明らかとなった。

以上を踏まえて、日量 150m³ のマイクロバブルが連続的に供給することで、水質浄化とカキの生理活性引き出す実験を行った。

上記②については、実験場の蛸の浦にはわずかに残ったカキの養殖筏とタネガキしかなく、ホタテやホヤのマイクロバブル実験を行うことはできなかった。カキ養殖のみに絞って実験を行うことにした(一部、ホタテをマイクロバブル発生位置まで持ってきて品質改善の実験は行った)。また、水産養殖の加工分野においては、釜石地区にあった被災企業の要望を踏まえ、マイクロバブル水を適用することで鮭などの廃棄魚類から栄養成分を抽出する技術開発に用いることとした。

上記③については、大船渡地区では、筏の増設の大幅延期、作業場建設の大幅延期があり、出荷ができずに生産額を得るには至らなかった。しかし、気仙沼地区では、残ったカキ出荷が一部でなされた。しかし、震災の影響を受けてカキの数そのものが少なく、大きな影響を市場に与えるまでには至らなかった。

以上を踏まえて、現場の状況、要望を踏まえながら本実装研究を進行させた。

III 実装支援活動の成果

(1) 目標達成及び実装状況

| | |
|--|--|
| <p>①マイクロバブル技術による大船渡湾の水質浄化および水産養殖魚場の蘇生</p> <p>1) 大津波に伴う瓦礫の海中堆積、土砂堆積、汚濁物流入による水質悪化の防止と水質浄化</p> <p>2) 夏から秋にかけての貧酸素水域の改善</p> <p>3) 大船渡湾の底層水域改善（無酸素化防止）、瓦礫が撤去され際の海域の水質悪化防止、瓦礫が撤去されるまでの人工漁礁としての活用、ヘドロ底層の改善。</p> <p>4) カキ、ホタテ、海草などの魚場づくり、魚の藻場づくり</p> <p>5) 植物プランクトンが豊かに育つ海域づくり、震災前の海洋環境の復元</p> | <p>1) 津波による大船渡湾における瓦礫集積は26ヶ所に及び、いまだに完全な除去はなされていない。また、津波による大量に陸上に巻き上げられた土砂やヘドロ、油、生下水、汚水などの流入による水質悪化が心配された。実際に、津波直後から夏場にかけて、大船渡湾最奥部において水質が悪化し、一部に置いて赤潮も発生した。しかし、大規模な水質悪化の事態には至らなかった。その理由としては、前年度のような異常高温が起らなかった（平均気温で約1~2度低かった）。大船渡湾の流動性がよくなった（一部湾口防波堤の破壊が関係）、養殖数の激減、船の運航数の激減などがあった。マイクロバブルの大量発生による溶存酸素濃度増加、微生物増殖、汚濁物分解などによって水質浄化がなされた。マイクロバブルの溶存酸素濃度に及ぼす影響範囲は約300m（半径）であり、広範囲の海域の水質浄化に役立った。また、大量に存在した油の除去や分解にマイクロバブルが重要な役割を果たした。</p> <p>2) 夏季における前年度の異常高温現象は発生しなかったことから、それを直接原因とする貧酸素水域の形成はなされなかったため、改善実験の検証には至らなかった。</p> <p>3) 水中カメラによる海底のヘドロの堆積状況を観察した結果、海底にヘドロ層が堆積しているものの、その性質は良性であり、これが腐敗して水質悪化の原因となるという現象は存在しなかった。このヘドロ層は、潮の干満差に伴う潮流や風に伴う流動などによって常に流動・浮遊しており、この流動性のよさが水質悪化防止に重要な役割をはたしていることが明らかとなった（同じ現象として、九州の有明海におけるヘドロの良性との類似性が指摘される）。また、実験を行った大船渡湾蛸の浦の海域には、瓦礫の集積がなく、瓦礫の存在や移動に伴う水質悪化の影響はなかった。上述のようにヘドロ層は良性であり、その改善の必要はなかった。</p> <p>4) 大船渡漁協との協議で、今回の実装においてはカキ養殖改善を中心に行い、カキ組合の協力をえることになった。また、その際、ワカメ等の海草類については実験装置の制約もあり、対象外となった。マイクロバブルの供給によるカキ（一部ホタテ）の魚場づくりには有効性が確認されたが、魚の藻場づくりにおいては、海底がヘドロ質であったために藻場等の海洋植物の生育は困難であった。</p> <p>5) マイクロバブルの供給によって植物プランクトンを育成することが可能であることが判明しているが、今回の大船渡湾では、マイクロバブルによる植物プランクトンの育成についての詳しい調査を行わなかった。震災直後においては、津波に伴う土砂の巻き上げに起因する貝毒を発生させる植物プランクトンが発生していた（岩手県水産技術セン</p> |
|--|--|

②マイクロバブル技術による大船渡湾の水産養殖業の復興支援

1) カキ、ホタテ稚貝および成貝の成長促進、養殖期間の短縮化、品質向上、大船渡カキの復活

ターが調査)が、津波発生後数カ月で、この貝毒は消えた。また、大震災前年は、異常高温で全国的に閉鎖海域の水質悪化現象が起こり、たとえば陸奥湾ではホタテ漁で65億円の被害を受けた。大船渡湾でも赤潮が発生し、貝類の斃死が少なくなき、このような震災前の水環境ほどの悪化には至らず、マイクロバブル供給は、この水環境の復元をさらに進行させた。

1) 実験を開始したのは8月初旬であり、その時点でわずかに残ったカキ筏のカキ(真ガキ)の稚貝は殻長2~3cm前後であった。このサイズは、稚貝から半成貝に至る段階である。また、このサイズにもかかわらず、ほとんどすべてのカキが産卵状態にあり、放卵直前の状態であった。このままの成長では、その出荷は2013年11月だと予想されていた。さらに、岩ガキにおいては、5mm~1cmの稚貝状態であった。これらのカキに、日量150m³のマイクロバブルを供給し、その成長促進を実現させた。以下は、その成果である。また、ホタテ漁については、養殖現場が大船渡湾外にあったために、わずかに残ったうちの一部をマイクロバブル実験水域に運んで品質の検討を行った。

(1) 津波後に残ったタネガキの数は数万個であり、例年の1%程度であった。このカキを、大船渡湾蛸の浦の水域において、わずかに残った筏に吊るして(水上の浮き筏に吊るす方式と縄に吊るす方式の2種類の方式で)、共同の養殖(カキは組合のもので、個人のものではない)がなされていた。ここに、マイクロバブルを供給し、その効果を観察した。カキ筏はマイクロバブル装置の位置から、その距離において50m、300mなどの位置にあった。これらの位置のカキと装置直近の位置のカキとの相対的な比較実験を行った。

(2) 大船渡湾蛸の浦における現地マイクロバブル実験8月に開始され、合計104機のマイクロバブル発生装置からマイクロバブルを連続して発生させた。その結果、11月中旬までの3ヵ月半で、カキは実験前の2倍にまで成長し、この時点で大きなサイズのカキは出荷可能という画期的な状況に至った。もともと、蛸の浦地区は、カキの漁場としては好ましくなく、カキが成長しにくい水域であった(カキの餌になるプランクトンの生育がよくない、浅い、海水が停滞気味である)にもかかわらず、この成長促進効果が得られたことが注目された。また、この効果は、カキの直近、50m地点、300m地点のいずれにおいても認められ、距離に応じおいて、その成長ぶりに変化があることも観察された。その後もマイクロバブルの供給によってカキは順調に生育し、2012年2月の時点では平均殻長は10cmに至った。また、同様の成長促進は気仙沼湾においても観察された。これによって、従来の2年半という養殖期間が約半年で達成されるという大幅短縮が可能となったことが注目された。カキのサイズと品質と出荷時期の関係においては現地カキ漁師の判断が重要であるが、いずれにしても、当年のタネガキがやや小ぶりではあるが出荷できるまでに至ったことは、大

船渡湾、気仙沼湾において、近年初めてのことであり、それにマイクロバブルが重要な役割を果たしたことが明らかとなった。

(3) 上記のカキの急成長は、カキの産卵制御という重要な問題と密接に関係している。本来、カキなどの海洋生物は、自らの身体が十分に成長してから産卵と放卵を行うのが自然である。ところが、二枚貝に限っても、日本中の貝が稚貝段階から産卵し、放卵するという傾向にあり、大船渡湾のカキも同じであった。現に、実験前のカキは、その産卵状態にあり、稚貝から半成貝(2、3 cm)のいずれの貝においても産卵状態にあることを確認した。また、この産卵部をナイフで切断すると、海水中にミルクのように拡散することも観察した。マイクロバブル実験は、この段階から開始されたので、これを食い止め、放卵させないまま、急成長することで「身入り」に変換させることが一つの重要な課題であり、その推移を2週間ごとに丁寧に観察した。その結果、無放卵カキが出現し、卵が身入りして固まって行く様子を確認した。これは、新しいカキの出現といってもよく、現地関係者から、「私たちが待ち望んでいたバージンオイスターだ」という指摘を受け、このカキを当面「バージンオイスター」と呼ぶことにした。さらに、このカキが注目されたのは抜群の味にあり、その後一関高専の渡邊によって、このカキの腹の部分に特別のアミノ酸(グリシンなどの旨味成分)が存在することが確認された。また、このカキの試食は、釜石の水産加工会社社長(フランスで4年間レストラン経営)、東京渋谷の有名レストラン、山口県周南市の割烹などで試食され、いずれも最高度の評価を受けたことで、このブランド商品化の目処が立った。

(4) 気仙沼湾では、大船渡湾の配備から3カ月遅れで11月にマイクロバブル装置の試験がなされ、2012年1月に本格導入がなされた。当初は、ホタテ養殖貝の耳吊り時の斃死防止に使用され、この作業時において通常3割程度が斃死していたのが、マイクロバブルの導入で、この斃死がほとんど皆無となった。その後、カキ筏にも適用するようになり、カキの急成長が起きていることを2011年末に初めて発見した。それは、カキの急成長で重くなったカキが海の中に落ち始めたことで知られることになった。この漁場は、大船渡湾と比較してカキの生育が悪かったが、津波の海底洗浄効果、プランクトン発生などによって、これまでにないカキの生育が可能となり、それに、マイクロバブルの成長促進効果が加わったことによる成長促進現象が起こったと考えられる。その結果、気仙沼湾では、この一部のみで出荷できるようになり、その品質も非常に優れていた(若くて美味しい)ことから、東京築地市場で文字通り飛ぶように売れるという現象が出現し、小さくない評価を得た。

(5) 以上の大船渡湾、気仙沼湾におけるマイクロバブル育ちのカキにおいて、もうひとつの重大な特徴は、夏から冬に向けて、その成長率が増大していったことである。これまでは、夏場に成長し、冬場はそれが鈍るというのが常識であるが、これとは反対

| | |
|--|---|
| <p>2) カキ、ホタテの夏場における斃死防止</p> <p>3) 海草（ワカメ、昆布など）の成長促進、品質向上</p> <p>4) 岩ガキなど地巻きカキなどの蘇生</p> <p>5) 出荷カキなどの鮮度維持、斃死防止、肉質改善、品質向上、洗浄、殺菌など</p> <p>6) 水産養殖生産額の向上</p> <p>③マイクロバブル技術による大船渡湾沿岸の水産加工業の復興支援</p> <p>1) 水産加工品におけるマイクロバブル技術の活用</p> | <p>のことが両湾において発生したことが大いに注目される。冬場には、貝としての物質代謝量が減り、餌となるプランクトンの量も少なくなることから、その成長が鈍化するはずである。ところが、これに反して夏から秋、そして冬場になるにつれて成長率が向上していくという驚くべき現象が発生した。</p> <p>2) 例年だと出荷までに約3割が斃死していたが、それがほとんど皆無の状態であった。それはマイクロバブルで生物活性が起こり、斃死に至る条件（酸欠、悪性プランクトンの出現、虚弱体質の稚貝からの成長など）が無くなったからであった。これは現場の漁師にとっては驚きであり、好ましいことであった。</p> <p>3) 大船渡漁協との協議において、今回は海草などの実験を行わないことになったので、実施していない。</p> <p>4) 岩ガキについては、一部がマイクロバブル装置から50mの位置にあった筏で養殖されていた。これらの岩ガキにおいては、マイクロバブルの供給によって成長促進がなされたことを観察した。この水域での岩ガキの養殖期間は2年半であり、実験期間中のお荷には至らなかった。</p> <p>5) 当初の予定では、2011年11月に新しい筏が新設され、蛸の浦地区のカキの移設が行われ、2012年2月には、出荷のための作業場が建設されることになっていた。しかし、これらの計画が大幅に遅れ、実験期間中におけるカキ筏の新設、作業場の新設までには至らなかった。したがって、カキの出荷は実現されなかった。しかし、遅れて実験が開始された気仙沼地区では1社のみが出荷を行い、上記の課題について以下の成果を得た。</p> <p>(1) 出荷前に作業場前の水域でマイクロバブルを与えてから出荷作業を行ったために、カキの鮮度保持が可能となった。</p> <p>(2) カキの洗浄や肉質改善がなされ、出荷カキの品質向上がなされた。具体的には、カキに付着している有機成分が洗浄されたことで味向上に貢献した。</p> <p>(3) 出荷前の作業場前の筏におけるマイクロバブルの供給で、大腸菌が800個（100gあたり）であったのが、10個程度に減少した。これは、マイクロバブルの除菌、殺菌効果によるものである。</p> <p>6) : 大船渡湾においては、前述の理由でカキは出荷に至らなかった。しかし、カキの成長結果から、従来のカキ養殖期間において2～3倍の短縮化が可能であり、しかも、無放卵カキ（バージンオイスター）の高品質化によって付加価値が生まれたので、今後の生産額の向上においては、従来の数倍の効果が期待されるようになったといえ、現場のカキ漁師に希望を与えた。</p> <p>1) 岩手県釜石地区において、主として一関高専のメンバーと大成（代表者）とで検討が進められた。共同研究を行った企業は被災を受けていた。この企業と一関高専の戸谷教授とが協力して、以下の第1段階の実験が行われた。</p> <p>(1) 分解酵素による栄養成分の抽出促進のためにマイクロバブル水を用いる。</p> |
|--|---|

| | |
|--|---|
| <p>2) マイクロバブル水による洗浄、殺菌（うに、ワカメなど）</p> <p>3) 鮮度保持（うにまつり、ワカメまつりなどへの活用）</p> <p>4) マイクロバブル技術を用いた水産加工品づくりの検討（かまぼこ、てんぷらなど）</p> <p>5) 水産加工生産額の向上</p> | <p>(2)無放卵カキ（バージンオイスター）の味覚試験、商品化の可能性評価</p> <p>(3)海水マイクロバブルの洗浄試験、とくに海水氷の製造と適用試験、臭い除去実験。</p> <p>(4)鮭の切り身の切削試験、切り身の鮮度保持試験など</p> <p>(5)マイクロバブル水を用いた水産加工商品の検討（たとえば、スープづくりへの適用など）</p> <p>2) 当初の予定を変更して、カキ、ホタテ、鮭の軟骨などにおいて、その洗浄効果を検証した。また、冷却および洗浄のためのマイクロバブル海水氷の製造を行った。ウニについては、むき身をマイクロバブルで洗浄するとむき身に付着した有機物が剥離することから、ウニ本来の味が出てくることが確認されており（北海道浜中町ウニ加工業者）、それと同じことを試験的に確かめた。ワカメなど海藻においては試験ができなかった。カキ、ホタテについては、気仙沼湾で実験が行われ、上述の成果を得た。</p> <p>3) 2011年度の「うにまつり」は開催されなかった。ワカメまつりについては、上述の理由で参加できなかった。尚、ワカメについては、今後試験が可能な水域を選んで研究を行う予定である。</p> <p>4) 鮭の軟骨からグルコサミン、ヒアルロン酸などの栄養物質を抽出する際にマイクロバブル技術の適用が可能であるかどうかについて検証した。今後は、それをさらに発展させる必要がある。また、スープづくりなど魚類の「だし」成分の抽出促進にも適用が可能なことから、この検討を発展させる必要がある。かまぼこ、てんぷら等の水産加工商品については、震災後の設備配備が遅れたことから、その適用実験を行うことができなかった。</p> <p>5)：上述のように、水産素材を生かした加工法、加工過程における経費節減、新商品創出の可能性を見出したことから、今後は水産加工生産額の向上の見通しが得られた。</p> |
|--|---|

(3) 実装活動の他地域への普及可能性

本実装は、大船渡湾蛸の浦の水域で旧赤崎地区を中心にしたカキ組合の協力と支援を受けて開始された。このマイクロバブル発生装置の配備の事情を聞きつけ、大船渡湾の湾口近くの漁協末崎支部の組合員から、支援を受けたいという要望が寄せられた。そこで、被災を受けた港の作業場に出かけ、組合員約 80 名の前でマイクロバブル技術導入に関する話をさせていただいた。これを受け、同支部の組員の若手有志でマイクロバブル実験をし、勉強しようという機運が盛り上がり、水槽実験を行うことになった。早速、手持ちの中古の装置を貸して、ウニ、毛ガニ、魚に関する飼育実験を行い、長寿命のよい成果を得た。本実験は現在まで断続的に行われている。

また、一関高専の丹野校長から、気仙沼漁協唐桑支部の幹部の方々の紹介があり、9 月に現地講演会が開催され、そこで講演を行った（参加者 10 数名）。ここでも、マイクロバブル技術について積極的な理解と意欲が示されたので、手持ちの装置 3 台を貸して試験をしていただくことになった。その後、11 月の試運転と現地説明会に参加し（参加者 20 数名）、より前向きの理解が得られた。

なかでも、ある若手組合員のところではホタテの耳吊り作業をしていて、これにマイクロバブルを供給したところ、それまでの斃死率 30%程度が解決され、0%に向上した。これで、マイクロバブルの優秀性を実践的に理解することになった。その後ホタテからカキにもマイクロバブルが導入され、上述の成果に結びついたことから、この組合員は、マイクロバブル発生装置（12 機配備）を 2 セット自費購入するまでになった。他の 2 機についても、継続的に試験がなされていた。

岩手県釜石地区においては、一関高専戸谷教授らの紹介で、水産加工会社との間で新しい水産加工技術の開発に関する検討が進展した。ここでも、マイクロバブル装置を自費で導入することが検討されており、今後も、共同研究が発展する可能性がある。

このように、岩手県においては 2 ケ所、宮城県では 1 ケ所の水産技術に関する拡大がなされ、各地域において独自に発展する可能性が生まれていることが注目される。

(4) 実装活動の社会的副次成果

本実装の計画や成果が、NHK、朝日新聞などのメディアにおいて全国報道されたことから、全国各地からの問い合わせがあった。具体的には、農業野菜栽培（岩手県）、岩ガキ養殖（福井県）、ホヤ養殖（宮城県）、植物工場（宮城県）、岩ガキ養殖（島根県）などであった。このなかで、再後者においては、10 月に松江市での大成講演聴講、徳山高専大成研究室視察（12 月）、地元 A 町での大成講演・視察と続き（3 月）、大型のマイクロバブル装置の導入が町議会において決議された（3 月 18 日）。

これらは、本実装活動から生まれた重要な副次的成果といえる。

(5) 人材育成

徳山高専および一関高専の専攻科生が、本実装活動に参加・協力した。とくに、徳山高専環境建設工学専攻の橋本幸彦氏は、マイクロバブルとマイクロバブル水の物理化学的特性に関する研究において重要な成果を明らかにした。また、高知高専においては、実装メンバーの秦隆志准教授への支援・協力という形態で若手教員 5 名が、3 月の一関高専における成果報告会に参加した。さらに、大船渡湾蛸の浦での現地実験地の視察も行った。彼らは、高知から日本酒を瓶ごと持参し、大船渡湾に、お神酒として流して犠牲者の冥福を祈っていた。

(6) 実装活動で遭遇した問題とその解決策

問題の第 1 は、2011 年 4 月の時点で、大船渡市漁協およびカキ漁師の S さんほかに協力の依頼をお願いしようと連絡したが、それが非常に困難であったことである。電話、ファクシミリが通じず、郵送においても連絡先の所在が不明という返事が返ってきた。そこで、インターネット上で、まず、S さんに連絡できている方を探しだし、ようやく、やり取りができるようになった。また、S さんを通じて大船渡漁協の幹部とも連絡が取れた。

第2は、本実装の主旨と計画内容を早急に理解していただき、協力と支援をお願いすることであった。これは、大船渡市漁協におけるカキ組合（N組合長、当時）の協力が得られることで解決した。

第3は、マイクロバブル発生装置104機の各ユニットを大船渡まで運送し、現地で組み立てて完成させることであった。現地では、船がすべて流され、確保できたのは小船一艘のみであったことから、これで運搬可能な装置の設計と製作を行い、それらを現地で組み立てることがかなり大変であった。これには、一関高専から4名、山口県の企業から3名、宮城県の知人1名が支援に駆けつけていただき、装置の現地組み立ておよび現場設置が可能となった。

第4は、実験水域の選択問題であった。津波によって大船渡湾の養殖筏のすべてが流され、タネガキもわずかしかなかった。そのわずかな筏とタネガキが残っていたのが、大船渡湾蛸の浦地区であり、ここで実験を行うことがよいとの示唆を大船渡市漁協カキ組合からいただき、それに従って現地実験の場所を選定した。また、試験海域近くには、幸運にも漁協作業場用として設置されていた電柱があり、ここからの配電が可能となった。

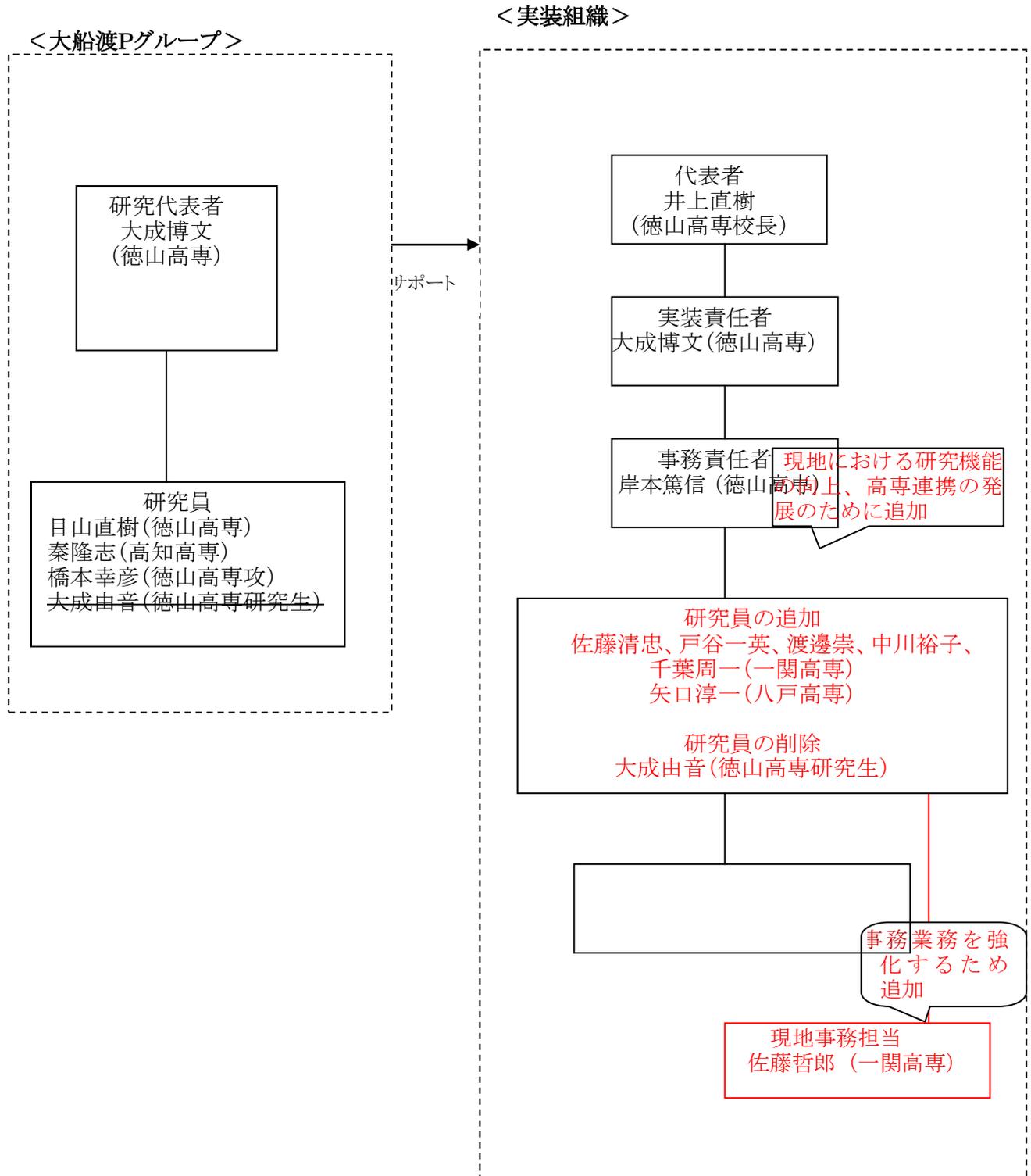
第5は、大船渡に向かう交通手段が遮断されていたことである。そこで、一関でレンタカーを確保し、現地の大船渡、気仙沼に向かった。途中、気仙橋（陸前高田市）が崩落していて長い迂回路を通じて現地入りした。また、現地の宿泊場所の確保が相当困難であり、これには一関高専の佐藤教授を通じて地元新聞社の斡旋で、ようやく宿泊確保が可能となった。これらのレンタカー、宿泊先の確保、現地での観測用の船の確保などを含めた旅行計画の立案から実施、現地での実験資材の確保など、容易でない問題を一つずつ解決していった。とくに、高専教員は、ほぼ毎日ある授業を、何とかやり繰りしての調査旅行計画を立てねばならず、その遂行もなかなか容易ではなかった。

第6は、メディア対応問題であった。この間、メディア各社から取材の申し入れがあり、それを徳山高専と大船渡、気仙沼の現地に対応することになり、それらの取材計画と調整しながら現地調査を実行する必要があった。また、その際には現地のカキ組合員の協力も必要であり、Sさん、Nさんに、その協力を依頼し、快く引き受けていただいた。

第7は、現地カキ組合およびメディアの関係者も含めて、本実装活動に関する理解者、支援者の輪を着実に広げていくことであった。一関高専の丹野校長、一関高専保護者会の佐々木さん、岩手県水産技術センター、JST岩手サテライト、大船渡市長および水産課、一関市広報課、大船渡専相寺の木村住職、元NHKカメラマンの木原英雄氏など多数の方々から支援と協力をいただくことができた。ここに深甚の謝意を表す。

IV 実装活動の組織体制

(1) 体制



V 理解普及のための活動とその評価

(1) 展示会への出展等

| 年月日 | 名称 | 場所 | 概要 | ステークホルダー | 社会的インパクト |
|---------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------|----------|
| 2011年 8月3日 | マイクロバブル技術の適用事例 | 第9回全国高専テクノフォーラム | マイクロバブル技術による商品化の事例をポスター展示 | 酒メーカー、饅頭屋 | 100名 |

(2) 研修会、講習会、観察会、懇談会、シンポジウム等

| 年月日 | 名称 | 場所 | 概要 | ステークホルダー | 社会的インパクト |
|-----------------|--------|-------------------|--------------------------------|----------|----------|
| 2011年 7月27日 | 講演会 | 盛岡県民会館 | 東日本大震災支援プログラムに関する講演会、参加者100名 | 岩手県民 | 100名 |
| 2011年 8月5日 | 懇談会 | 大船渡湾末崎港 | 漁協組合員の前で講演と懇談 参加者80名 | 漁協組合員 | 80名 |
| 2011年 8月3日 | 記者会見 | 大船渡湾蛸の浦 | 実装装置設置の記者会見 参加者20名 | メディア記者等 | 10名 |
| 2011年 9月5日 | 講演会 | 気仙沼 唐桑公民館 | 気仙沼漁協唐桑支部組員 に対する講演会、15名 | 漁協組合員 | 15名 |
| 2011年 10月14日 | 講演会 | 島根県松江市 | 島根県民に対する講演会 100名 | 島根県民 | 100名 |
| 2011年 11月15日 | 講習会 | 気仙沼湾 唐桑地区 | マイクロバブル技術導入の 講習会、参加者30名 | 漁協組合員 | 30名 |
| 2012年 1月17日 | 特別講演会 | 大分高専 | 東日本大震災に関する講演 参加者80名 | 大分高専生 | 80名 |
| 2012年 2月5日 | 講演会 | 宇部市岐波 ふれあいセンター | 東日本大震災に関する講演 参加者100名 | 宇部市民 | 100名 |
| 2012年 2月25日 | 講演会 | 国東市武蔵町 商工会館 | マイクロバブル技術・東日本 大震災講演会、参加者40名 | 商工会員 | 40名 |
| 2012年 3月9日 | 成果報告会 | 一関高専 | 東日本大震災支援プログラムの 成果報告会、参加者80名 | 岩手県民 | 80名 |
| 2012年 3月8日 | 記者会見 | 一関高専 | 成果報告会の記者会見 参加者6名 | メディア | 6名 |
| 2012年 3月15日 | シンポジウム | 東北大学 日本混相流学会 | 環境再生のためのシンポジウム 参加者100名 | 宮城県民 | 100名 |
| 2012年 3月20日 | 講演会 | 島根県海士町 | マイクロバブル技術講演会 参加者40名 | 海士町民 | 40名 |
| 2012年 3月25日 | 研究集会 | 奈良高専 | マイクロバブル技術講演会 参加者60名 | 高専教員 | 60名 |

(3) 新聞報道、TV放映、ラジオ報道、雑誌掲載等

①新聞報道

2012年

3月9日 岩手日報など、マイクロバブル技術

3月8日 岩手日日など、マイクロバブル技術

2月18日 朝日新運、その後、2月末に西日本地区にも報道、科学の力でカキ成長、

1月12日 東海新報、マイクロバブルの成長が3カ月で2倍

2011年

8月4日 岩手日報、東海新報など新聞紙

7月20日 中国新聞「聞かせて」
7月12日 朝日新聞全国版
7月以前 山口新聞、中国新聞、日刊工業新聞など

②TV 放映

2012年

3月27日 日経映像、海外放送（英語版）、BSイレブン（日本語版）など

1月17日 NHKワールド、海外テレビ放送（英語版）

2011年

8月20日 NHKおはよう日本 全国放送

8月3日 めんこいテレビ

7月22日 TYSテレビ山口 スーパー編集局

7月18日 フジテレビ「トクだね」

③ラジオ報道

8月3日 KRY山口放送ラジオ、めんこいテレビ

8月2日 KRY山口放送ラジオ

7月31日 NHKラジオ第1放送 日曜訪問

④雑誌掲載

日本高専学会誌、マイクロバブルで災禍に立ち向かう（Ⅰ）、（Ⅱ）2011年11月、2012年1月

(4) 論文発表（国内誌 2 件、国際誌 0 件）

大成博文ほか、高専連携による東日本大震災支援プログラム、日本高専学会誌、2012年7月（掲載予定）

大成博文、マイクロバブルによる閉鎖海域の蘇生と水産養殖の復興、混相流、2012年9月（掲載予定）

(5) WEB サイトによる情報公開

マイクロバブル博士の「マイクロバブル旅日記」記事数 100 以上
<http://nanoplanet.weblogs.jp/>

(6) 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

①招待講演（国内会議 1 件、国際会議 0 件）

大成博文（徳山高専）、マイクロバブルによる閉鎖海域の蘇生と水産養殖の復興、日本混相流学会、環境再生のためのシンポジウム、東北大学、2012年3月15日

②口頭講演（国内会議 2 件、国際会議 0 件）

大成博文（徳山高専）、広島湾から大船渡湾へ、全国高専教育フォーラム、鹿児島大学、2011年8月20日

大成博文（徳山高専）ほか、高専連携のための東日本大震災支援プログラム、日本高専学会年会、鈴鹿高専、2011年8月27日

③ポスター発表（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

(7) 特許出願

①国内出願（ 0 件）

1. “発明の名称、発明者、出願人、出願日、出願番号”

2.

...

②海外出願（ 0 件）

1. “発明の名称、発明者、出願人、出願日、出願番号”

2.

(8) その他特記事項

大船渡および気仙沼地区の漁師からは、本研究開発の継続的発展と支援が切に要望されているので、これを何とか叶えることができるように尽力したい。

VI 結び

①実装の目標等から見た達成度

上記のように、実装の目標においては、現地の事情で当初の予定通り一部実行できなかった項目もあるが それらを除けば、目標以上に重要な達成が得られた。

②得られた成果の意義等の自己評価（活動にあたっての反省点・問題点等も含む）

カキ養殖期間の大幅短縮、バージンオイスターを誕生させることで「新しい養殖法」を開発した。冬場でも成長促進を可能にさせたこと、カキの旨味成分がカキの腹の部分に集中して増加し、無放卵部分が身入りした部分と関係することを見出したこと、そして、バージンオイスターのブランド商品化が十分に可能であることを検証したことなどに、本研究開発の成果の意義がある。また、それらの成果の報道が国民規模で歓迎されたことも重要である。

反省点としては、研究の開始を3月～4月の稚貝段階から始めることができたならば、さらに成長促進が可能となり、より良い結果が生まれることが予想されたので、実験開始が8月と遅くなったことが指摘される。

③今後の自立的継続

今後も大船渡湾、気仙沼湾を中心にして、マイクロバブル技術の普及と発展させ、現地漁師の窮地を救うことができるように尽力させていただきたい。

④実装責任者としてのプロジェクト運営について（実装遂行、実装費の使い方等）

可能な範囲で、実装費を十分に活用させていただいたので感謝している。当初の現地訪問調査回数を超える活動をしたので、その旅費のやり繰りが簡単ではなかった。

⑤その他

今後の人生のあり方を決めるような大変重要な実装経験をさせていただき、深く感謝を表す。今後とも、支援活動を継続して、水産養殖の復興、新水産業の形成が可能となるような社会貢献を遂行させていただきたいと切に願っている。



図-1 マイクロバブル育ちのバージンオイスター（2011年11月14日筆者撮影）