

# ベトナムにおけるエビ養殖業の課題と新たな環境負荷低減技術の挑戦

1) 中川 敬基 2) 中島 康宏

## The Challenge of New Environmental Technology for the Shrimp Farming Industry in Vietnam

Yoshiki Nakagawa Yasuhiro Nakashima

(2020年11月25日受理)

### 1. はじめに

我が国では、年間に25万トン近いエビが消費されており、そのほとんどを輸入に頼っている。特にベトナムは、古くから取引されてきた輸入国の1つであり、元々米作地帯であったベトナム南部には、広大なエビ養殖場が広がっており、急成長するベトナム経済を支えている。一方、生産拡大に伴ってエビ養殖業の外部不経済も指摘されるようになった。特に養殖池の排水やヘドロ処理に関する問題は、業界内だけでなく、社会問題となっており、環境規制が厳しくなる中で、ベトナムのエビ養殖業は転換期の真ただ中にある。

そこで本稿は、ベトナムのエビ養殖業の現状と特に環境面の課題を指摘し、既存の養殖技術では持続可能な産業として限界が見えつつある中で、新たな環境技術によるブレイクスルーの挑戦と課題を明らかにする。

### 2. ベトナムのエビ養殖の生産の現状

東南アジアでは、温暖な気候を利用したエビ養殖業が盛んであり、ベトナムでは、1980年代には既に商業的なエビ養殖が始まったと言われている。ベトナムのエビ養殖業の産業規模は、今やベトナム全土で、数百万人の雇用を生み出しており、特に基幹産業に乏しく、農業地帯であったベトナム南部においては、伝統的な米作農家からエビ養殖への転換を図ったことで、財をなした者も多い。

ベトナムのエビ養殖業における生産品種は、主にブラックタイガーとバナメイエビであり、2014年のベトナムのエビ生産量は約60万トンに達している。その生産量の多くが輸出されており、50億米ドルに相当する外貨獲得

得手段となっていることから、急成長を遂げるベトナム経済の重要な産業セクターであると言えよう。グローバルな視点に立てば、近年、中国やインドネシア、インド等の生産国の急迫を受け、世界シェアを落としつつあるものの、今なお、世界シェア10%を持つ巨大生産地であり、マーケットを主導していく力を持っている。

バナメイエビは、元々、ベトナム由来のエビではなく、年中水温が20℃以上あるラテンアメリカの太平洋側のペールやメキシコを原産地としており、アジアでは、1978年～1979年にフィリピンや中国でバナメイエビの養殖実験が開始され、次いでベトナムにも導入された。その後、徐々に生産が拡大し、1990年代になると台湾で生産が開始され、1996年には既に生産が行われていた中国で大規模な生産拡大が行われた。特に2000年代に入ってから生産量の拡大は凄まじく、2001年から2008年までの7年間で、世界のバナメイエビの生産量は20倍にも増加し、今やブラックタイガーの生産量よりもはるかに多い。

エビの中でも、養殖対象として、バナメイエビが選ばれる最も大きな要因は、その高い生産率や収益性にある。現在の養殖バナメイエビは、高度に選抜された個体であり、病原を持ちにくく、素早く成長し、高密度で養殖できる等、優れた特長を持つ選抜品種である。日本をはじめ、ヨーロッパ、北アメリカという大規模市場に人気がある品種であり、適切な投資を行えば、1回の養殖期間で、6～8トン/haの収量が期待できる上、成長スピードも速く、生産効率や投資回転率が極めて高い。

さらに、バナメイエビ養殖のメリットは、人工的な環境下で稚エビを生産できること、成長に伴うタンパク質要求がブラックタイガーよりも低いため、エサ代等を節減できること、塩分濃度が低い環境でも生存に耐えられるため、養殖における地域性を選ばないといった特徴も

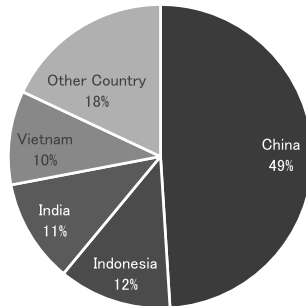
執筆者紹介：1) 中村学園大学短期大学部キャリア開発学科 2) 中島物産株式会社

別刷請求先：中川敬基，〒814-0198 福岡県福岡市城南区別府 5-7-1 nakagaway@nakamura-u.ac.jp

持っている。

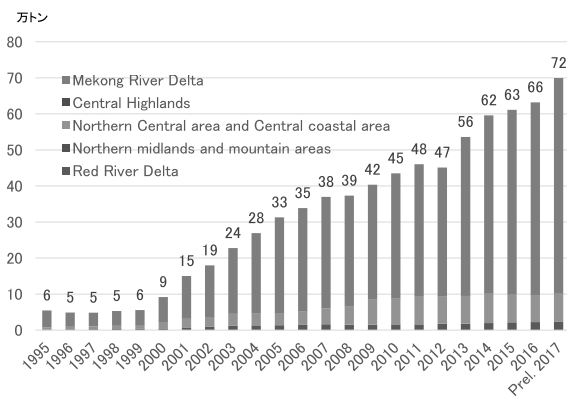
ベトナム国内におけるエビ養殖は、前述した特長を持つバナメイエビを、ベトナム南部のメコンデルタ地域において集中生産することで、成長を遂げてきた。2017年のベトナム水産局の統計では、ベトナム全土で約72万トン、メコンデルタ8省で約60万トン(全体の約83%)を生産している。

図1 エビ生産量の世界シェア



出典) FAO Value 2017

図2 ベトナムにおける地域別エビ生産量の推移



出典) ベトナム統計総局

### 3. エビ養殖の一般的な養殖現場

バナメイエビの養殖方法には粗放的なものから、半集約的、集約的な方法までであるが、東南アジアでは、一般的に、比較的小さな池を使って、高密度に養殖し、高タンパクな飼料を与え、水処理を管理する為にバイオ資材を使用して養殖されることが多い。生産規模は、設備投資や養殖業者の管理能力、水質・土壌の環境条件及び病気の発生リスク等により、大きく異なっている。

また、エビ養殖におけるコストのうち、ランニングコストのほとんどは、エサ代と稚エビ代である。稚エビ代は、地域や市場で大きく異なるが、一般的に50~120ドン/尾で取引される。生産リスクの根源は、稚エビの品質によるものであることから、単価の高い稚エビを購入してリスク低減を図るのが通常である。ベトナムで生産されるバナメイエビの稚エビ数は、約800億尾(2014年)とも言われており、稚エビ販売業者数は多く、稚エ

ビの品質や信頼度のバラツキは、極めて大きい。自然界におけるバナメイエビの成長速度は、決して早くないが、工業的に生産することで、飛躍的に早まる。おおよその目安として、自然界では、ふ化から20gサイズまでエビは3g/週で成長し、その後、成長速度は次第に遅くなり、最終的には1g/週で成長する。一方、適切に管理すると養殖場では、自然界よりも早く、平均して約1.5~2.0g/週で成長させることが出来る。

また成長速度に影響を与える養殖密度であるが、養殖初期では、1,000~1,500尾/m<sup>2</sup>の密度で養殖し、1.5g程度の大きさになると、排泄物に加え、脱皮殻等による水質悪化を防ぐため、300~500尾/m<sup>2</sup>前後の養殖密度とすることが教科書的な生産方法とされる。

ベトナム国内で養殖業の盛んな南部のメコンデルタの一般的な農家は、100~150尾/m<sup>2</sup>の高密度集約養殖を目指しており、養殖システムの投資や開発を日々重ねている。また、ダナンを中心とした中部でも、集約的な養殖が普及しており、200~250尾/m<sup>2</sup>を養殖するモデルが登場しつつある。特にこのエリアは山岳地も多く、養殖面積が限られるため、最新の養殖技術の導入に積極的であり、Ninh Thuan省やKhanh Hoa省、Binh Dinh省等は、生産性が極めて高く、一回の養殖で15~25トン/haが収穫できる養殖場も存在する。

なお、北部でもエビ養殖が試みられているが、Quang Ninh省やNam Dinh省、Thai Binh省、Thanh Hoa省、Nghe An省、Ha Tinh省では、寒気や雨季のため1年に一回程度しか養殖ができず、稚エビ業者も存在しないため、品質の高い稚エビが手に入らないなど、他のエリアと比べると養殖が盛んな地域ではない。

図3 ベトナム国内における粗放的な養殖場



出典) 筆者作成

図4 ベトナム国内における高度化された養殖場



出典) 筆者作成

#### 4. 代表的な生産リスク

ベトナムのエビ養殖が順調に生産を拡大させる中で、近年、病害の発生が暗い影を落としている。特に2012年、メコンデルタ地域において、病害による大規模なエビ死滅が発生した。専門家らは急性肝臓壊死症による肝臓の壊死が原因ではないかと指摘しており、以降、小規模ながらエビ死滅が大小問わず、発生している。汚染された養殖池の水をヘドロごとメコンデルタへ流すため、支流にある養殖池も汚染されるなど二次被害も拡大している。

また養殖池を移動する蛙などの小動物により、被害はさらに蔓延しており、この病害による経済損失は大きく、輸出量に影響を与え、メコンデルタのエビに関わるエコシステム全体に被害が出ている。2014年には生産面積の1/3に相当する約2万haがVibrio菌に感染したという報告もある。この菌は養殖池などに常在しており、健康なエビも保菌しているため、養殖環境の悪化などでエビの免疫力が下がるなどすると発病する。発病した場合、腹筋筋肉が白濁し、鰓やリンパ器官に黒色(褐色)の斑点ができ、病状が進むと死亡する。

2012年以降、大規模な病害被害はないものの、養殖農家レベルでは、頻繁に病害発生による死滅や早期出荷等が頻発していると言われている。

表1 メコンデルタ8省のVibrio菌による被害面積  
(2014年、単位 ha)

	2010	2011	2012	2013	2014
LONG AN省	309	256	307	393	230
TIEN GIANG省	1,172	1,083	898	1,034	1,229
BEN TRE省	653	1,044	741	815	765
TRA VINH省	312	500	151	367	434
SOC TRANG省	396	396	396	326	249
BAC LIEU省	466	466	466	466	384
CA MAU省	550	451	450	662	619
KIEN GIANG省	1,448	1,132	1,216	1,185	1,017

出典) ベトナム統計総局

#### 5. 高密度養殖の限界とリスク増加

商業的なバナメイエビ養殖のため、高い生産性と資本回転率を追い求めると、必然的に高密度養殖が必須となる。養殖システムへの投資額や養殖場のスタッフの熟練度、マネジメント能力によって異なるものの、ベトナムの養殖密度は、アジアや東南アジアにおける他のエビ養殖国よりもかなり高いと言われている。一方で、生産リスクも高まりつつある。例えば、近年は他の国々の生産量が急増しており、ベトナム国内のエビの市販価格は、長期的に低迷する傾向にあり、投資段階に期待した収入が達成できない養殖業者も多い。またバナメイエビは、ベトナム由来のエビではなく、稚エビを作る親エビは海外から輸入している。親エビの品質や由来は、稚エビの品質を決める要素である。高品質な稚エビは、生存率も高く、成長速度も高いが、基本的にベトナム国内でこの分野を担っているのは、外資系企業である。その為、高品質で病原のない親エビの供給を、ベトナム国内でコントロールできず、一方的に値上げされたりするといった不安定要素を持っている。

ベトナム国内の養殖業者は、少しでも利益を上げようとして粗放養殖から集約型養殖に切り替える傾向にあるが、その多くは、未熟な養殖技術や中途半端な設備投資によって、失敗する経営体も少なくない。こうした中で、養殖面積の拡大ほどには、生産量は増加していない。

図5 病害が発生し、放棄された養殖池



出典) 筆者作成

#### 6. 本格的な環境規制に乗り出した政府

さらに生産者は、病気の蔓延を防ぐことを目的に抗生物質を多用するため、エビの残留薬剤濃度が規制値を超えてしまうこともある。この場合、加工業者や中間業者による買取拒否や輸出禁止等のペナルティが発生し、経営が悪化する養殖業者もいる。

また、汽水を入水し、ヘドロが沈殿した養殖池は、容易に田畑に戻せず、倒産した養殖家の養殖池は放棄され

ることも多い。加えて、養殖環境での多量の抗生物質の投与により、エビの病害の耐性菌のみならず、人間に対しても猛威をふるう耐性菌が出現するという報告もされるようになった。

上記のような環境問題が顕在化していることから、ベトナム政府は、水産開発計画の「2020年までの漁業総合計画と30年までの展望」(アジア経済情報紙 The Daily NNA ベトナム版第03072号2016年12月23日1、2面記載)の中で、2020年までに水産物輸出額を年率7~8%伸ばし、110億米ドル(約1兆2,500億円)に設定しており、同時に漁業者の所得も3倍に引き上げる目標を設定している。加えて同計画では、病気等で死滅することで生じる損失の割合を現行の2割から1割へ減らし、生産性を高めることも掲げている。

また2018年1月の政府方針(Under Prime Minister Decision 79/QD-TTg of 18th Jan.)では、エビの生産、加工、輸出に至るエコシステムの高度化に向けたアクションプランが発表され、環境調和型の産業育成を目指す方針が示されている。

図6 エビ養殖の基幹産業化に向けたアクションプラン



出典) Vietnam Law & Legal Forum©12th Feb. 2018

## 7. 高密度化に伴うコストアップ

ベトナムにおけるエビ養殖は、高密度化が急速に進展している。ベトナム南部において稚エビ投入から出荷までの期間は、おおよそ3ヶ月であり、1養殖池当たり年間に3~4回の養殖が行われる。限られた養殖回数の中で、最大限の利益を確保するために、養殖農家は多額の投資を行っている。例えば、シートにより地面と養殖池とを遮蔽してみたり、養殖池内を浮遊させる微生物集合体(バイオフィロック)を散布し、養殖水を浄化処理することもある。また養殖池内の水の循環を高めるため、土地の非効率な活用にはなってしまうが、養殖池を円形に造成することもある。そのほか決して科学的ではない“巷で流行っている”技術を試す養殖業者も多い。

多くの養殖業者がベンチマークとしている養殖密度

は150匹/m<sup>2</sup>程度と思われるが、1,000 m<sup>2</sup>を超えるような中規模以上の養殖池では、水質制御が難しく、病気の発生などにより目標とする生存率が維持できず、実際には100匹/m<sup>2</sup>程度の養殖密度になっていることが多い。

養殖池のエビの生存率と成長性を高めるために重要な生産要素が、溶存酸素濃度である。簡潔に言うと溶存酸素濃度は、エビの呼吸のために必要な酸素量である。当然ながら溶存酸素濃度が高ければ、エビは元気に成長するが、低ければ、死滅することもある。また、高い溶存酸素は有益な微生物を活性化させ、病原微生物の増殖を抑制するほか、特に好気性菌を活性化させ、ヘドロの分解を促し、養殖池内の環境を保つことができる。日中の溶存酸素濃度は、養殖池内の光合成細菌の活動に左右され、朝方が最も低く、14~16時頃が最も高い。溶存酸素濃度の目安は、1mg/Lになるとバナメイエビは死滅、1~3mg/Lで活動休止、4mg/L前後で、生存率、成長速度及び摂食が悪くなる。生産性を高めるためには、朝方の溶存酸素濃度を4mg/L以上で、14時~16時の溶存酸素を8~10mg/Lと確保する必要がある。

エビ養殖に関する酸素供給装置では、まず施設規模等にかかわらず、ほぼ全ての養殖池においてパドル方式が採用されている。これらは酸素供給に加えて、養殖池内に水流を作り、水を循環させる効果もある。

加えて、多くの養殖農家は、エアーポンプを使ったミリバブルによるエアレーションを行っている。養殖池近くにポンプと空気の配管を設置し、プラスチックなどで自作した装置を養殖池内に沈めて、空気を供給している。エアレーション数は、養殖業者によって異なっており、1m毎にミリバブルのエアレーションが設置されていることもある。またエアレーションによる効果として、池底に溜まったヘドロを循環させ、攪拌する効果もある。

図7 エビ養殖農家のエアレーション例



出典) 筆者作成

しかし、溶存酸素濃度を上げるために、多くのパドル方式やエアレーションを設置することにも限界がある。その最も大きな理由は、電気代である。ベトナム国内の電気料金は年々上昇しており、この数年間で1.5倍程度上昇している地域もある。エアレーション等に掛かる電気代が生産コストの30~40%に達する経営体もあり、省エネ効果の高い酸素供給技術が必要である。

またベトナム国内での環境規制の強化のため、養殖池で発生するヘドロや排水の川などへの直接排水は出来なくなった。そのため一般的には養殖池の3~4倍に相当する調整用の処理池を準備し、排水等を引水し、その調整池内で魚の養殖をすることで一定レベルまで浄化するような対策を行う養殖業者が多い。ベトナムでは、養殖を行うためのルール運用が急速に厳しくなっており、養殖以外の付帯設備に対する投資額も大きくなりつつある。

図8 エビ養殖場に隣接するヘドロ処理専用池



出典) 筆者作成

## 8. 新たな環境負荷低減技術の必要性

これまで見てきたように、ベトナムでは高密度養殖の進展と環境規制の厳格化に伴って、コストは増加するばかりである。さらに高密度化と養殖池のサイズ拡大は、養殖池内の環境制御を難しくさせており、病気の発生が頻発している。結果的に、生育遅延や生存率低下リスクが高まっており、死滅等のトラブルが発生した場合の損害額も大きくなっていることから、1つの失敗に対する経営のリカバリーが難しくなっている。

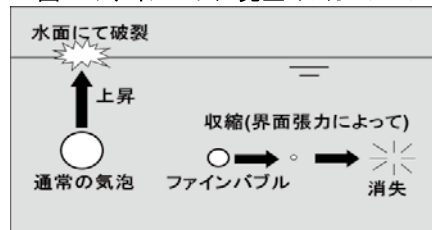
そのためエビ養殖においては、生産増加効果や生育遅延・生存率低下に対するリスク低減技術、もしくは上昇し続ける電気代等のランニングコストを低減させる省エネ技術が不可欠である。政府は、環境規制を厳格化させる一方で、上記のような目的を達成するための「先端技術」の導入に対しても、積極的である。

このような中、省エネ効果が高い酸素供給技術として、近年注目を集めているのが、ファインバブルである。フ

ァインバブルは、気泡直径が100 $\mu$ m未満の微細気泡の総称であり、単に気泡が小さいだけでなく、普段目にする数mmのミリバブルとは異なる特徴を持つ。またファインバブルは、球形の気泡に働く界面張力が内部の気体を圧縮する「自己加圧効果」により、水中でゆっくりと上昇する間に気泡内の気体が溶解し、気泡溶解時に放出される高いエネルギーにより水の物質的性質を変化させる効果(pHや表面張力低下、電気伝導率の上昇、フリーラジカルの発生)を持つ。特に直径が60 $\mu$ m以下になるとその働きが顕著である。

ファインバブルは、国内外問わず、洗浄、農業、水産、食品分野等で利用が急拡大中であり、中島物産(株)でも、岩谷ガス(株)と協力して、酸素ガス等をファインバブル化して刈り取り直後の海苔を高酸素濃度の環境で保つことで海苔の劣化を防止する取組を実施している。さらには、中島物産(株)が鰻養殖において実証した事例では、養殖プール内にファインバブルを適用し、溶存酸素濃度を上げることによって、給餌効率の向上と粘膜障害の改善効果が報告されている。

図9 ファインバブル発生メカニズム



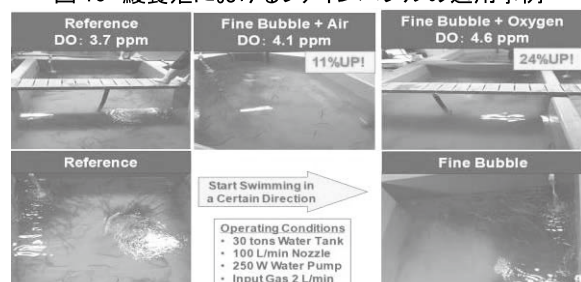
出典) 中島物産(株)提供

表2 ミリバブルとファインバブルの違い

	ミリバブル	ファインバブル
気体溶解効果	△ 水中での滞留時間が短く、すぐに水面上昇して破裂するために気体溶解効果が低い	◎ 水中での滞留時間が長く、気体溶解効果が高い(例えば、1mmの気泡の直径が1/10となることで気泡の表面積は10倍となり気液接触面積も拡大する)
水生生物への効果	△ クルマエビの中間育成槽において従来のミリバブルでは生存率が72%	◎ ファインバブルを使用することで生存率が97%まで上昇
洗浄効果	x 水中で上昇して水面で消失するため洗浄への寄与が低い	○ ファインバブルが消失する際に局所的に放出されるエネルギーが附着物質の薄利に効果を発揮
殺菌効果	x ミリバブルそのものの殺菌効果の事例なし	○ 殺菌に関する報告事例あり(ファインバブルが消失する際のエネルギーやフリーラジカル等の諸説あり)

出典) 中島物産(株)提供

図10 鰻養殖におけるファインバブルの適用事例



出典) 中島物産(株)提供

エビ養殖に関して、ベトナム現地で多く採用されているパドル方式では、せいぜいミリバブルしか発生させられず、養殖池内で慢性的な酸素不足が発生し、ヘドロが多く堆積している池も多い。これに対してファインバブル装置を使えば、気体溶解効果の高さから、養殖場内の酸素不足を解消し、ヘドロ化の削減が見込める。

上記効果により、エビの抵抗力が高まり、病気になりにくくなることから、多用されている抗生物質や薬剤の使用を大幅に抑えることが可能であろう。また、養殖水に残留した薬剤の河川や海洋へ流出を防止するためにも、薬剤不使用の環境親和性の高い技術が不可欠である。

2017年度に中島物産㈱が、ベトナムで実施したバナメイエビの簡易的な養殖試験では、ファインバブルの利用によって、溶存酸素濃度が27%（空気ファインバブル）から44%（酸素ファインバブル）に上昇し、養殖42日目で重量増加1.3~1.5倍と成長を促進させる効果をj確認している。これらの結果より、ファインバブルにより溶存酸素濃度が上昇し、好気性菌の活動を活発化させることから、環境悪化の一つである残餌や糞尿の分解の促進が期待できる。つまり病気の温床となるヘドロの分解を促している可能性が高く、抗生物質投与が必要最低限で済むことから、従来養殖技術よりも自然環境に調和した技術として普及することが期待される。

## 9. ブレイクスルーとなる普及課題

本技術については、現在、ベトナム国内において実証サイトを確保し、普及課題に向けた技術確認が行われているが、最後に、特に新たな環境調和型技術の普及における課題を2点をまとめておきたい。

第一に、コスト面でのメリットである。ベトナムの養殖業者のほとんどは家族経営であり、親族金融による借入れも多い。そのため投資効果とその回収期間の考え方が極めて短期的であることから、コスト・オペ・オーナーシップ(COO:導入コストとメンテナンスコストなど使用者が負担するコスト)を意識させることが、まずハードルとなる。なお養殖業者への具体的な投資判断ラインであるが、ベトナムのエビ養殖業のモデルケースを想定したとすると、1,400㎡の養殖池を4カ所持ち、目標養殖密度を200尾/㎡、養殖期間は90日、生存率70%、給餌効率を1.4とし、1kg当たり100,000ベトナムドン(500円弱)で販売したとすると、1回当たりの粗利は、8億ドン程度(約400万円弱)である。この粗利の中で、1回の投資金額ではなく、COOを意識させつつ概ね3年程度の中期的な投資計画を策定・提案する必要がある。

第二に、普及シナリオの策定・提案が必要である。エビ養殖業における酸素供給設備については、既にパドル方式やエアレーション等の既存技術が存在する。ファインバブル装置のような新しい技術については、酸素供給

能力の面での既存技術との比較に加え、既存技術の代替設備となるのか、または追加設備となるのかといった、投資イメージを提案していく必要がある。

ベトナム国内では、エビ養殖業における経営に関する統計データなどが乏しいが、今後も引き続き、技術的な実証に加えて、独自の統計データを収集・更新することで、科学的データを基にした提案をしていくことが望まれる。

## 謝辞

本稿は、筆者並びに中島物産株式会社が調査した内容を基に作成している。調査レポートの利用を認めてくださった中島物産株式会社の中島康宏代表取締役社長に、心より感謝を申し上げる。また同社のファインバブル機器については、ベトナムのエビ養殖場での実用性や課題について、独立行政法人国際協力機構(JICA)の「中小企業海外展開支援事業～案件化調査～」において「自然調和型養殖技術を通じたエビ養殖生産性向上の案件化調査」(ベトナム)を実施中であり、令和2年度内に報告書が完成する予定である。

## 参考・引用文献

- Louis Lebel, Nguyen Hoang Tri, Amnuay Saengnoree, Suparb Pasong, Urasa Buatama and Le Kim Thoa(2002) "Industrial Transformation and Shrimp Aquaculture in Thailand and Vietnam: Pathways to Ecological, Social, and Economic Sustainability?", *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 31(4), PP.311-323
- Tran Thi Thu Ha (2012), *Global and local governance of shrimp farming in the Mekong Delta, Vietnam*, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands.