

東京大学創立 130 周年記念事業

東京大学農学部公開セミナー 第33回

農学を創った人、 農学が創ったもの

(講演要旨集)

外山亀太郎が興したカイコの遺伝学の今日的意義 生産・環境生物学専攻 教 授 嶋 田 透

エビの養殖について

(独) 国際農林水産業研究センター 主任研究員 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授(連携教員) マーシー・ニコル・ワイルダー (日本語で講演)

パネルディスカッション 農学を創った人、農学が創ったもの

日 時 2007年11月3日(土)13:30~16:30

場 所 東京大学弥生講堂・一条ホール

主 催 東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部

共 催 (財)農学会

目 次

外山亀太郎が興したカイコの遺伝学の今日的意義 ……… 1

生産・環境生物学専攻

教授 嶋田 透

メンデルの法則は、1900年に植物で再発見されたが、動物でも同じ法則が成り立つことは、1906年の外山亀太郎の論文によって世界で初めて証明された。使われた生物はカイコ、これが動物遺伝学の誕生である。当時、明治政府は日本の近代化の柱として蚕糸業へ注目し、その振興を図っていた。外山は自らの理論と経験から養蚕業へ一代雑種(交雑種)を導入すべきことを主張し、実際に蚕糸業法のもとで実現させた。その結果、生糸の大幅増産が可能になり、蚕糸業は日本の基幹産業へ成長していった。それから 101年の時を経て今年 2007年、カイコの全ゲノムが解読された。いま外山が生きていたら、この情報を何に活かそうとするだろうか。

8

(独)国際農林水産業研究センター 主任研究員 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授 (連携教員) マーシー・ニコル・ワイルダー

近年、エビ養殖が世界的に大きな産業となっており、急激な発展を遂げている。現在、世界中で生産額としては90億ドルものエビが生産されており、そのうちの約75%がアジアで生産されている。日本のスーパーマーケットでおなじみのブラックタイガーが市場の大きな割合を占めていたが、最近ではバナメイエビ生産も増えている。このほか、淡水産のオニテナガエビの生産も世界的には増えているが、まだこちらは日本ではあまり一般的ではない。いずれにしても、私たちが日常食べているエビのほとんどは、海外からの輸入に頼っている。エビの養殖技術は多様であり、近年、エビ養殖のもたらす環境問題を最低限に抑えて、さらに産業の持続性を向上させる様々な研究や工夫が行われている。

パネルディスカッション

農学を創った人、農学が創ったもの ……………… 15

外山亀太郎が興したカイコの遺伝学の今日的意義

生産・環境生物学専攻 教授 嶋田 透

1. はじめに

遺伝学は、遺伝現象、すなわち親から子への形質の伝達を研究する学問分野である。遺伝現象に法則性が存在することは、1865年のメンデルによるエンドウマメを用いた実験によって初めて明らかにされた。メンデルの法則がエンドウに限らず、植物において広く成り立つことは、1900年にチェルマック、コレンス、ド・フリースの3名によって独立に再発見され世界に知られるようになった。しかし、この当時、動物と植物は大きく異なる生物として認識されており、植物学の法則が動物でそのまま成り立つとは予想されなかった。メンデルの法則が動物においても成立することを世界で初めて証明したのが外山亀太郎である。



図 1. 外山亀太郎肖像 (高島野十郎画、昆虫遺伝研究室所蔵)

2. 時代的背景

外山亀太郎 (1867-1918) は、1892(明治 25)年に帝國大學農科大學を卒業した。その後、福島縣立蠶業學校の校長などを務めたが、1900年(明治 33年)に母校の東京帝國大學で本格的な実験研究を再開し、1902(明治 35)年には同大学の助教授へ任じられた。当時、明治政府は西洋の列強へ肩を並べようと富国強兵をめざし、「殖産興業」の合い言葉のもとで国策として輸出産業を創出させた時代である。蚕糸業は、外貨獲得に最も適した産業として脚光を浴びて日本の基幹産業へ急成長するが、蚕糸業のさらなる発展のためには、いくつか解決すべき課題があった。一つは蚕病の防除であり、もう一つが優良品種の育成である。

東京帝國大學においては、「動物學・昆蟲學・養蠶學第二講座」を担任した 佐々木忠次郎教授が、当時、世界の養蚕現場で猛威を振るっていた微粒子 病の対策を研究し、その防除のため、国の政策として母蛾検査を制度化することを提言していた。外山は、新たに「動物學・昆蟲學・養蠶學第三講座」を創設し、そこでカイコの遺伝学と育種学を担当した。カイコをはじめとする農業生物の伝統的な育種法は、単に集団から優良な個体を選抜するだけのものであり、理論よりは経験に頼っていた。外山は、第三講座において育種の基礎としての遺伝学の重要性を説き、その研究を実践した。

3. 外山亀太郎の遺伝研究の内容

1900 年から 1906 年にかけて、外山はカイコの日本種・中国種・欧州種の間で多くの交配実験を行い、その結果を「Studies on the hybridology of insects. I. On some silk-worm crosses, with special reference to Mendel's law of heredity」と題する英文論文にまとめた。この論文は 1906 年(明治39 年) に東京帝國大學農科大學學術報告(Bulletin of College of Agriculture, Tokyo Imperial University)の第7号へ掲載されて発表された。これがメンデルの法則を動物で検証した最初の報告となった。

その論文へ記載された形質は、繭色(黄繭・白繭)、幼虫斑紋(虎蚕・形蚕・姫蚕)、化性(一化性・二化性・多化性)などである。たとえば、黄繭の形質が優性の Y遺伝子に支配されることを示し、幼虫の虎蚕班も優性の単一遺伝子 Ze の支配を受けることを明らかにしている。これらの遺伝子がメンデルの法則に従って分離することを観察している。一方で、化性が通常のメンデル遺伝をしないことも指摘した。さらに外山は、品種間に既存

In the spring of 1900, we made reciprocal crosses between a Japanese divoltine white race and a French univoltine yellow race called "Var", both of which races have bred true since I first got them in 1885. The crosses thus raised, amounting to 2,300 heads in the case of "white \mathfrak{P} + yellow \mathfrak{P} " and 968 in the case of "white \mathfrak{P} + yellow \mathfrak{P} ," spun yellow cocoons without any exception.

In the next generation paired *inter se*, however, they displayed the white character in the following proportion:—

Total number of worms reared from one parent.	Number of yellow cocoons.	Number of white cocoons.
118	⁸⁹ (75.3%)	29 (24.6%)

表 1. 1906 年に発表された外山の論文の一部。実験が 1900 年に行われたものであることが記されている。白繭の日本種二化性品種と黄繭の欧州一化性品種を交雑し、F 2 世代で黄繭と白繭が 3 : 1 の割合で得られている。

する形質変異のみならず、自らも飼育中に自然突然変異を発見している。 現在では赤蟻(せきぎ、ch)として知られる変異形質を 1906 年に発見し、 それがメンデル遺伝を示すことを 1909 年に東京帝國大學農科大學紀要へ 英文で発表した。いずれも、遺伝子という概念の確立していなかった当時 の動物学としては、画期的な研究である。

外山は、遺伝の基本原理であるメンデルの法則が、カイコのみならず金魚やメダカなどの魚類でも同じように成り立つと考えて実験を行った。それに触発され、石川千代松教授(動物學・昆蟲學・養蠶學第一講座)はメダカの変異体であるヒメダカの形質がメンデル遺伝をすることを解明し、脊椎動物の遺伝学の先駆となった。



図 2. 表 1 と同じ論文に載っているカイコ幼虫の図版。左:正常蚕、中:虎蚕(Ze)、右:虎蚕(左半身)と正常(右半身)の遺伝的モザイク個体。

4. カイコの遺伝学の継承と発展

外山が興したカイコの遺伝学は、田中義麿(元九州帝國大學教授)・田島弥太郎(元国立遺伝学研究所長)など多くの家蚕遺伝学者へ受け継がれ、またそれらの知見がショウジョウバエなどの他生物の遺伝学へも応用されていった。今では300以上もの突然変異形質が発見され、それらを用いて連鎖地図が整備されている。家蚕遺伝学の成果は、限性品種の育成、耐病性遺伝子の利用、広食性遺伝子を利用した人工飼料摂食性の向上、そして平衡致死を用いた雄蚕飼育などへ応用され、わが国の蚕糸業における多くの課題を解決し、繭糸の生産性向上へ貢献してきた。

蚕糸業への貢献だけでなく、カイコの形質遺伝学は、雌雄を決める性決定遺伝子、体節の分化を支配するホメオティック遺伝子、絹糸を生産するフィブロイン遺伝子などの研究を通して基礎生物学へも大きな貢献をしてきた。外山の研究した Yや Ze を含む多くの遺伝子を載せた連鎖地図は、やがて DNA マーカーの連鎖地図とも統合され、それが現在隆盛を迎えている

ゲノム解析の基礎となった。今では、カイコの全ゲノムの大部分が解読され、約5億塩基対の配列が分かってきている。

その結果、遺伝子から形質が発現する機構についても、突然変異を活用 して急速に解明されるようになった。これは外山の時代には不可能だった ことである。一例として od のクローニングを紹介する。od は、外山のあ との家蚕遺伝学を発展させた田中義麿の発見した変異である。正常なカイ コは、皮膚に尿酸顆粒が多量に存在するため白色にみえるが、od変異体で は尿酸顆粒が皮膚に蓄積せず、皮膚が透明になる。odはZ染色体に座乗す ることから、伴性マーカーとしてよく利用されている。演者の研究室の藤 井告博士は、最近この od の原因遺伝子をクローニングすることに成功した。 その遺伝子の塩基配列を調べたところ、ヒトの遺伝病である「ヘルマンス キー・パドラック症候群」の原因になる分子と相同な配列をコードしてい ることが判明した。このヒトの遺伝病は、細胞における小胞輸送のメカニ ズムに異常を来す結果、眼や皮膚のメラニン形成が減少するとともに、出 血傾向や貧血などの症状が現れる。おそらくカイコの od でも、細胞内小胞 輸送の異常のために尿酸顆粒が正常に形成されず、その結果として油蚕の 表現型が現れるのであろう。od変異体は細胞の基本的な分子機構を明らか にするために役に立ち、さらにヒトの病気のモデルとしての価値も出てく るかもしれない。

このように、カイコの遺伝子とヒトの遺伝子が相同な塩基配列として扱われ、形質発現機構の比較まで可能になったのは、遺伝学 100 年間の大きな進歩のおかげである。外山もそこまでは予想できなかったのではないか。しかし、外山は 100 年前にカイコを入り口にして遺伝現象の本質を見いだした。単なる生物間比較ではないのである。いま、私たちはカイコを使って生命観を揺るがすような新しい原理を探求しているだろうか。外山の肖像画から今へ向けられた鋭い視線は、私たちにより深い真理の追求を促している。

5. 養蚕における一代雑種の普及

外山亀太郎は、メンデルの法則の検証以外にも、雑種強勢に関する先駆的な研究で有名である。外山は、1902 年から 1905 年にかけてタイ(当時シャム)へ政府顧問として招聘され、そこで養蚕の指導に当たっている。当時、国内の養蚕業だけでも課題が山積しているなか、あえて異国へ出向いて技術指導を実行したところに、外山のベンチャー精神を見ることができる。このタイの地で多くの品種の交雑を試みた。メンデルの法則の検証の実験も、一部はタイで行われたものである。外山は、カイコの品種間交雑、たとえば中国種と日本種の交雑によって、親系統よりも繭重や強健性などがすぐれた一代雑種が得られることを知り、外山は東京大學と同時に兼任していた農商務省原蚕種製造所(1911 年創立;のちの蚕糸試験場、現

在の農業生物資源研究所)において、一代雑種の開発と普及に尽力した。 1905 年にタイから帰国した外山は、品種間雑種にみられる雑種強勢に注目 するようになる。一代雑種の利用は、単に親よりもすぐれた性質を示すだけでなく、養蚕農家による蚕種の自家製造をしにくくすることができる。 外山は、「蠶種類の改良」(蠶業新報、1906)という論文で、以下のように書いている。「最も製種家の注意を煩はさんとする事は、一代限りの種類を拵へる事である。 之は最も蠶種家の方では面白い問題である。即ち一代の間或性質を休眠せしめて、善良の性質丈を發現させることで、若し之を他の人が複製するときは直に分解して不良なる種類となる。 之は蠶種製造家の事業保護上一の良法であるかと思ふ。善良なる種類を作りても直ちに他人に複製されては面白くなく、又多年の功勞に酬ゆる道でない。 之を防ぐには一代限りの種類を作るより他にない」。 F2世代で形質が分離することにより、事実上使い物にならなくなり、蚕種製造業を保護することができるのである。外山は農商務省の生産調査會へ設置された蠶絲関係特別委員會の委員にも就任し、一代雑種の普及を強く主張するようになる。

```
大正三年十二月農商務省告示第三百四十四號ヲ以テ公布セラレタル蠶種配付規程ニ基キ、
- 代雑種用原蠶種トシテ配付セル品種(春蠶種)并ニ是ヲ以テ製造セル一代雜種ノ品種ハ次ノ如シ。
(中略)
   一代雑種
  (一) 日支一代雑種
             ♀國蠶日一號×♂國蠶支四號(白)
                                   ♀國蠶支四號×♂國蠶日一號(白)
              ♀國蠶日一號×♂國蠶支九號(白)
                                   ♀國蠶支九號×♂國蠶日一號(白)
                                   ♀國蠶支十一號×♂國蠶日一號(白)
              ♀國蠶日一號×♂國蠶支十一號(白)
                                   ♀國蠶支三號×♂國蠶日一號(白)
♀國蠶支三號×♂國蠶日四號(白)
              ♀國蠶日四號×♂國蠶支三號(白)
             ♀國蠶支四號×♂國蠶支五號(白)
    1) 支々一代雑種
                                   ♀國蠶支五號×♂國蠶支四號(白)
  (三) 支歐一代雑種
             ♀國蠶支二號×♂國蠶歐七號(淡黃)
                                   ♀國蠶歐七號×♂國蠶支二號(淡黃)
(後略)
```

表 2. 農商務省告示第三百四十四號(蠶種配付規程;大正3年)

明治 44 年(1911)に施行された蠶絲業法では、蚕種製造者に免許が必要となり、蚕品種は農商務省の蠶種配布規定を通して国家統制されるようになった。外山の主張のとおり、大正 3 年(1914)の蠶種配布規定では、すべての蚕種が一代雑種となり、その親である原蚕種は蚕種製造業者のみによって飼育されるようになった。蚕糸業法は 1998 年に規制緩和の流れによって廃止されるまで、きわめて厳格に運用され、わが国の蚕糸業の国際的優位性を支える大きな力になった。現在でも、わが国の養蚕農家で飼育されているカイコは、ほとんどが「錦秋×鐘和」あるいは「朝日×東海」などの交雑種である。

上記のように、外山は自らメンデルの法則の成立を確認すると、論文発表と同じ年(1906)に、その応用として養蚕現場への一代雑種の普及へ向かって行動している。このように実験研究、生産現場、そして政策決定が、時間差なく動いているのは、平成の時代の私たちからみても驚くほどのス

ピードである。往年のエリートの行動力に目を見張るしかない。外山は、 以上の顕著な業績によって 1917 年に教授へ昇任するが、翌 1918 年に 51 歳の若さで逝去した。

6. おわりに

カイコは純然たる家畜であって、野生の系統は存在しない。その遺伝資源は、実用品種およびアジアなどで古くから継代されてきた在来種以外には無いのである。したがって、育種は必然的にその限られた系統の間の交雑を行って新たな遺伝子の組み合わせを作りだすしかない。現在、私たち遺伝学者は、ゲノム情報と遺伝子改変(トランスジェニック)技術という強力な武器を手にしている。カイコの有限の遺伝子の構造と機能をカタログ化し、その機能を相互作用まで含めて体系的に理解するまでに、それほど長時間は要さないはずである。外山の時代から 100 年を超えて蓄積した知識は、いまカイコゲノム上の遺伝子ネットワーク全体を解明し、さらにはその人為制御を可能にしようとしている。

世界の養蚕業は、すでに日本から中国とインドへ移り、いま国内の蚕糸業にかつての華やかだった時代の面影はない。しかし、わが国のカイコは、繭糸生産の目的だけでなく、有用物質の大量生産のための生物工場として、さらには医薬開発のためのモデル動物として、新しい役割を期待されている。今後、石油などの地球上の資源が急減してゆくなかで、環境調和型の持続的社会を構築するには、カイコのような高度の物質生産能力をもった生物を上手に利用することが不可欠である。新たなニーズに適合した遺伝資源を、より合理的な方法で開発してゆき、カイコを単なるモデル生物にとどまらぬモデル産業生物として復活させることが、2世紀目を迎えたカイコの遺伝学の使命である。

参考書籍

- 1. 外山亀太郎(1918)遺傅の實驗、弘學館書店、294pp.
- 2. 町田次郎(1942)外山博士論文抄録集、外山亀太郎25周年記念会、158pp.
- 3. 日本蚕糸学会(編)(1992)蚕糸学入門、大日本蚕糸会、341pp.

しまだ とおる **嶋田 透**

所 属

生産・環境生物学専攻 昆虫遺伝研究室

略 歴

1987年 東京大学大学院農学系研究科農業生物学専門課程博士課程修了

1987年4月 (財)がん研究振興財団リサーチレジデント

1988年4月 日本学術振興会特別研究員

1988年7月 国立予防衛生研究所衛生昆虫部研究員

1990年8月 東京大学農学部助手

1995年6月 東京大学農学部助教授

1996年4月 東京大学大学院農学生命科学研究科助教授

2004年5月 東京大学大学院農学生命科学研究科教授

主な研究活動

ゲノム情報を活用して昆虫の性決定・発生・食性・病気などを分子レベルで 解明し、その成果を生物学と農学の両面へ展開しようとしている。

主な著書

- (1) 嶋田 透:ゲノムと遺伝子(第1章)「昆虫生理生態学」 (河野義明・田付貞洋編), pp.1-14, 朝倉書店, 2007年.
- (2) Goldsmith, M. R., Shimada, T., and Abe, H.:

 The genetics and genomics of the silkworm, Bombyx mori.

 Annual Review of Entomology 50: 71-100 (2005).

エビの養殖について

(独) 国際農林水産業研究センター 主任研究員 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授(連携教員) マーシー・ニコル・ワイルダー

1. 世界のエビ養殖

最近の新聞を賑わせた、フィリピンのエビ養殖への投資に関する詐欺事 件では、事件の内容そのものよりも、6億ドルというだましとられた金 額の大きさに人々は驚いた。実際、淡水エビにしても海産のエビにして も、エビ養殖という産業は、いまだに投資対象として人々の関心を集め ている。2003年統計では、世界中で160万トン、生産額としては 90億ドルものエビが生産された。中でも、アジアでは、そのうちの約 75%が生産されている。残りのほぼすべて、約25%は南米で生産さ れている。中でも、もっとも生産量が多いのは、日本のスーパーマーケ ットでおなじみのブラックタイガー(Penaeus monodon)であるが、最近 ではバナメイエビ (Penaeus vannamei) (写真1、左) の生産も増え、 こちらも最近、スーパーマーケットでよく見かける。テレビではサカナ 君が、味の素の新シュウマイの宣伝で「バナメイになりました。」と宣 伝している。このほか、淡水産のオニテナガエビ(Macrobrachium rosenbergii) (写真1.右)の生産も世界的には増えているが、まだこ ちらは日本ではあまり一般的ではない。いずれにしても、私たちが日常 食べているエビのほとんどは、海外からの輸入、特にアジアからの養殖 エビの輸入に頼っている。

エビの養殖技術はさまざまで、親エビを人工的に産卵させて、稚エビを作り、配合飼料を与えて、池の中で高密度に飼育して、大量のエビを作る集約的な養殖方法、天然のエビを原料として、広い池で、主にそこで繁殖する天然のプランクトンを餌として、比較的低密度で飼育する粗放的養殖方法、その中間的な養殖方法などがある。また、お米を作る田んぼに放流してエビを作る、ベトナムの稲田エビ養殖(エビ・稲ファーミングシステム:prawn-rice farming)など、面白い、伝統的な養殖方法もある。さらに、エビ養殖の技術を複雑にしているのは、成長段階に応じて、必要とされる技術が異なることである。エビの養殖では、産卵孵化、孵化した幼生から養殖の原料となる稚エビまで成長させる段階、稚エビを商品サイズまで成長させる段階で、異なった技術が要求される。現在のエビの養殖技術は、こうしたそれぞれの段階での技術の発達が、総合して出来上がっている技術である。

多くの開発途上国で、輸出産業として重要な位置を占めているエビ養

殖業であるが、その発展の過程では、さまざまな問題を起こしている。また、その多くはいまだに解決されていない。集約的養殖で、高密度にエビを飼育することによる疾病の蔓延、実際、1980年代に急速に発展した台湾のエビ養殖は、疾病の蔓延のために急激に崩壊したとされる。エビ養殖場建設のために破壊されるマングローブ林の問題、養殖排水による環境汚染、養殖エビに対する関税や、疾病の予防に使われる抗生物質による食品安全性の問題などの、多くの社会問題・国際問題を引き起こし、それらへの対策も含めて世界中で多くの研究がなされている。



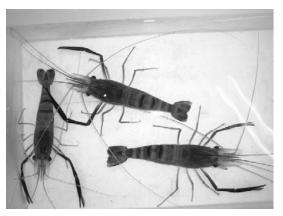


写真 1 左:アジア地域で急速に養殖が発展しているバナメイエビ。 右:重要な淡水養殖対象種であるオニテナガエビ。

2. エビ養殖の歴史

こうして、世界中に広がり、途上国の経済発展に寄与する一方で、さまざまな問題を引き起こしている集約的エビ養殖であるが、その発展のきっかけを作ったのが、日本人の研究者であったことは、水産の世界では有名であるが、一般にはあまり知られていないかもしれない。藤永元作は1933年に東京帝国大学農学部水産学科を30歳の年齢で卒業した。その後、就職して、世界で初めて、クルマエビ(Penaeus japonicus)の人工産卵と幼生の飼育に成功する。このことがきっかけとなって、アメリカのテキサスで、2種のクルマエビ属の大量飼育技術が作られる。藤永は「エビ養殖の父」として知られている。また、台湾から日本への留学生、廖一久は、1968年にブラックタイガーの種苗生産に成功し、その後、帰国して、台湾のブラックタイガー養殖の礎を作った。彼は「台湾のエビ養殖の父」である。前述のように、台湾のエビ養殖産業はその後急速に衰えるが、それを補うように、タイ、インドネシアなどでエビ養殖が発展する。それらの技術を普及させたのは、台湾の技術者だと言われている。現在では、エビ養殖はさらに急速に世界中に広がり、おそ

らく中国が現在では世界最大の養殖エビ生産国であり、ベトナムがそれ に続き、インドなどでもエビ養殖が盛んになっている。

こうした近代的なエビ養殖の技術がある一方で、伝統的なエビ養殖も世界各地に残っている。前述したベトナムの稲田エビ養殖やインドネシアのタンバックなど、集約的なエビ養殖が環境問題・社会問題を引き起こしている一方で、こうした伝統的な技術に注目が集まり、その技術が研究されている。

3. エビの生物学・なぜエビ養殖なのか

エビは、十脚目のうち、ヤドカリとカニを除いたものの総称で、昆虫と 同じ節足動物に属する。昆虫と同じく、外骨格を持つので、成長するた めに脱皮しなければならない。こうした脱皮や生殖は、他の動物と同様 にホルモン(内分泌系)によって制御されている。エビの内分泌系の制 御は光受容器、視覚と関係しており、眼の付け根、眼柄部分に上位の内 分泌器官がある。そこで、産卵させるために眼柄を切除するということ がおこなわれる。クルマエビ属では、受精卵は金平糖のような形をして おり、孵化した幼生は、1mm 以下で、ノウプリウスと呼ばれる。昆虫 などの節足動物を特徴としている複眼はなく、いくつかの付属肢があり、 あまり親とは似ていない。その後、脱皮を繰り返し形態を少しずつ変え ながら、複眼をもつゾエアという幼生になり、数回の脱皮を繰り返して、 ミシスという幼生になる。ミシスはアミに形が似ている。その後、さら に脱皮を繰り返して成長し、稚エビ (post-larvae) となる。この間は普 通、植物プランクトンの珪藻を餌として飼育する。まだ体が小さい動物 プランクトンなので、環境の変化に弱く、水質管理や餌の管理が複雑な ため、この部分は、その後の養殖とは違った技術が要求される。飼育条 件にもよるが、稚エビになってからは、3か月から4か月で、商品サイ ズのエビとなる(図1)。エビは世界中で高級食材として扱われており、 製品となるまでの期間が短い。そういうことが、途上国で輸出産業とし てエビ養殖が発展した要因であろう。

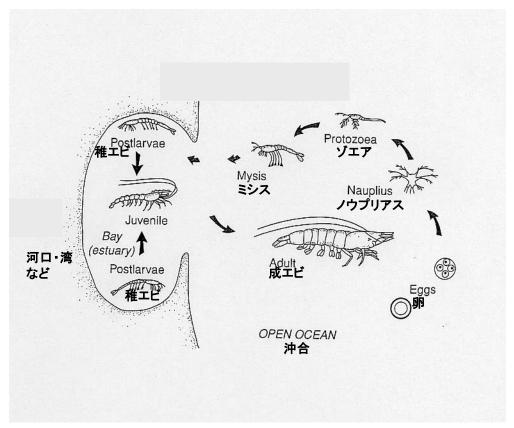


図 1 クルマエビ族の生活史 (Encyclopedia of Aquaculture; 2000)

4. 新しいエビ養殖技術の発展

すでに述べたように、最近では、環境破壊的でない、環境への影響が少ないエビ養殖の方法が研究されている。そのひとつは、マングローブ林を破壊しないエビ養殖である。アジアでは、東南アジア漁業開発センター(SEAFDEC)を中心として、そうした技術の開発と情報交換が行われている。タイでは、王立プロジェクトがあり、海岸から200mのマングローブ林の伐採を禁止して、内陸部に海水を灌漑し、エビ養殖をするというモデルプロジェクト(Kung Krabaen Bay)がある。ベトナム最南部(Ca Mau 省)では、国営林業事業で粗放的な養殖の研究プロジェクトがある(ベトナム、デンマーク、オーストラリア政府)。これらはそうした研究の一例であり、その他にも、同様のプロジェクトが各地にある。こういったプロジェクトでは、面白いことにマングローブ林をそのまま水質浄化のシステムとして利用し、マングローブ林の機能をそのまま工ビ養殖に使おうとする工夫もある。

演者の所属する、国際農林水産業研究センター(JIRCAS)も、住民の生活を向上させながら、環境にやさしいエビ養殖を可能にするための研究を行っている。一つの例として、ベトナムでの prawn-rice farming

がある。詳しく述べると、大型淡水性のオニテナガエビは、メコンデル タでは商業的に重要な養殖種であり、その養殖は昔から行われてきたが、 主に米作農家が水田の中に稚エビを放して自然に成育させるというも のであった。こうした伝統的手法では、河川などから採取された天然由 来の稚エビを用いており、産業としては未発達のままだった。JIRCAS とカントー大学は 1995 年に共同研究を開始し、オニテナガエビの新た な種苗生産技術の開発及び消費者への普及に努めてきた。この共同研究 では、様々な稚エビ飼育実験がカントー大学の小規模孵化場で行われ、 各種飼育方法の効果、飼育密度、飼料原料、給餌体系、藻密度、塩水源、 飼育槽の大きさなど、稚エビの育成や生存に関わる様々な問題に取り組 んだ。その結果、メコンデルタには90以上の孵化場が新設され、1990 年代に年間約 100 万尾程度であったポストラーバの生産量が、2003 年 度にはほぼ8千万尾に達した。また、我々は人工種苗を用いてエビ・稲 ファーミング試験を行い、この新しい種苗生産技術の社会経済的評価を 行った。講演では詳細を紹介するが、図2では prawn-rice farming の 概念図を示す。

すでに述べたように、最近では、バナメイエビの養殖が増えているが、これは、バナメイエビが疾病に強く、また、ハワイの Oceanic Institute によって、特定の病原体を持たない、バナメイエビの親エビを作る技術が作られ、そのような親エビが世界中に供給されるようになったからである。これによって、疾病を防ぐための薬剤の使用が抑えられる。これもまた、環境汚染を防ぎ、安全な食料としてのエビを作る技術の一つである。

また、演者も、循環水槽を使った完全閉鎖系でのエビ養殖技術について研究を行っており、すでに実用化試験の段階に入っている。これは、環境への悪影響を少なくするための技術である。こうした技術は先進国でしか使えないという考えもあるが、もっと施設や機械に頼らない形での完全閉鎖型のエビ養殖技術もあり、現にタイの南部では、こうした技術が普及している。

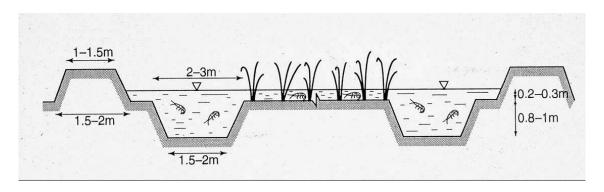


図2 Prawn-rice farming の概念図。稚エビを水田に放流し、稲作と合併した形で養殖する。

5. 結論

エビ養殖は急速に技術が発展し、急激に世界中に広がった産業である。 その発展の過程で、さまざまな問題が起きたことも事実である。そうした過去の事実を踏まえて、環境への影響を最小化し、安心安全の養殖エビの生産を行うために、餌、親エビの作り方、病気対策、水質の管理、排水の処理など様々な技術が研究されている。今、新しいエビ養殖技術を作ろうとしているエビ養殖の研究者、平成の藤永元作たちのテーマは、単純にエビを大量生産することから、環境にやさしく安全な食品としてのエビを生産することへと移っている。

参考文献

- 1)Treece, G. (2000). Shrimp Culture. In: Enclyclopedia of Aquaculture, Stickney, R. (ed.)., John Wiley & Sons, Inc., New York: 798-868.
- 2) SEAFDEC. (2005). Regional Technical Consultation on the Aquaculture of *P. vannamei* and Other Exotic Shrimps in Southeast Asia. Proceedings of Meeting held March 1-2, 2005, Manila, The Philippines. 91 pp.
- 3) Wilder, M.N. and Phuong, N.T. (2007). ベトナム・メコンデルタにおける淡水エビ養殖業の展開 改良養殖技術の開発と普及および経営評価。「ベトナムの社会と文化」第7号(印刷中).

マーシー ニョル ワイルダー Marcy Nicole Wilder

所 属

独立行政法人 国際農林水産業研究センター 主任研究員 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授(連携教員)

略 歴

- 1987年 ハーバード大学理学部化学科卒業
- 1990年 東京大学大学院農学系研究科水産学専攻修士課程修了
- 1993年 東京大学大学院農学系研究科水産学専攻博士課程修了
- 1993年 日本学術振興会特別奨励研究員(東京大学農学部)
- 1994年 国際農林水産業研究センター 研究員
- 1998年 東京大学農学部非常勤講師 (併任)
- 1999年 国際農林水産業研究センター 主任研究員
- 2004年 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授(連携教員)

主な研究活動

- エビ類の成熟・脱皮・浸透圧に関する生理学的研究
- ベトナムにおけるエビ・稲ファーミングシステムの研究
- エビの種苗生産技術に関する研究
- 陸上循環式養殖システムの開発研究

主な著書

Wilder, M.N. and Phuong, N.T. (2007). ベトナム・メコンデルタにおける淡水エビ養殖業の展開一改良養殖技術の開発と普及および経営評価。「ベトナムの社会と文化」第7号(印刷中).

Phuong, N.T., Hai, T.N., Hien, T.T.T., and Wilder, M.N. (2003). Giant freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii) seed production: Principles and Practices. Agricultural Publishing House, Hanoi, Vietnam: 127 pp., and accompanying CD-ROM (In Vietnamese).

Wilder, M.N., Subramoniam, T. and Aida, K. (2002). Yolk proteins of Crustacea. In: *Reproductive Biology of Invertebrates*. Adiyodi, K.G. and Adiyodi, R.G. (series eds), *Volume XII - Recent Progress in Vitellogenesis*. Raikhel, A.S. and Sappington, T.W. (eds). Science Publishers Inc., Enfield, NH, USA. pp.131-174.

マーシー・ワイルダー、福田裕. (2002). メコンデルタにおけるオニテナガエビの種苗生産と養殖技術開発. 作る漁業の総合情報誌「養殖」、39:98-101.

パネルディスカッション 農学を創った人、農学が創ったもの

<司 会>

農学国際専攻 准 教 授 溝 口 勝

<パネリスト>

生産・環境生物学専攻 教 授 嶋 田 透

(独)国際農林水産業研究センター 主任研究員

東京大学大学院農学生命科学研究科 准 教 授(連携教員)

マーシー ニコル ワイルタ・ー

生産・環境生物学専攻 准教授 勝間 進

水圏生物科学専攻 准教授 山川 卓

かつま すすむ **勝間 進**

所 属

生産・環境生物学専攻 昆虫遺伝研究室

略 歴

- 1997年 東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程修了
- 1997年 日本新薬株式会社 研究所
- 2003年 東京大学大学院農学生命科学研究科リサーチフェロー
- 2003年 京都大学化学研究所特任助手
- 2005年 東京大学大学院農学生命科学研究科 助教授
- 2007年 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授

主な研究活動

バキュロウイルスによる宿主制御機構の分子生物学的解析

主な著書

- (1) 勝間進・辻本豪三 cDNA マイクロアレイを用いた疾患関連受容体の探索 フローチャートでみる先端バイオ研究の進めかた 2001
- (2) 門脇正史・勝間進・塩島聡・辻本豪三 DNA マイクロアレイ技術 ゲノム研究実験ハンドブック 2004

やまかわ たかし 山川 **卓**

所 属

水圈生物科学専攻 水產資源学研究室

略 歴

- 1983年3月 東京大学農学部水産学科卒業
- 1985年3月 東京大学大学院農学系研究科水産学専門課程修士課程修了
- 1985年4月 三重県水産技術センター研究員
- 2002年1月 東京大学大学院農学生命科学研究科助教授
- 2007年4月 東京大学大学院農学生命科学研究科准教授

主な研究活動

水産資源の資源評価と管理に関する研究

「水産資源の持続的有効利用」をキーワードに研究をすすめています。 資源管理モデル,フィードバック管理,漁獲制御ルール 等

主な著書等

Yamakawa et al.: Complete larval rearing of the Japanese spiny lobster Panulirus japonucus. Nippon Suisan Gakkaishi, 55, 745 (1989).

- 山川 卓:イセエビの資源評価と漁業管理.三重水技研報,7,1-96(1997).
- 山川 卓:イセエビの資源管理の現状と諸問題,「水産資源の管理と保全」. 月刊海洋,号外 No. 17,海洋出版(株),東京,1999,pp. 60-65.
- 山川 卓,山田浩且:情報の解析と意思決定過程への利用,「漁業と資源の情報学」.水産学シリーズ,121,恒星社厚生閣,東京,1999,pp.80-90.
- 山川 卓: TAC 制度の理論と実践-I. 日本水産学会誌, 70, 93-96 (2004).
- 山川 卓:長期的な漁獲圧の調節システム,「レジームシフトと水産資源管理」.水産学シリーズ,147,恒星社厚生閣,東京,2005,pp.61-71.
- 山川 卓:沿岸資源の変動と管理. 月刊海洋, 号外 No. 40, 海洋出版(株), 東京, 2005, pp. 198-201.
- 山川 卓:研究と産業のはざまで資源の行方を考える.海洋と生物,27, 114-118 (2005).
- 山川 卓:水産資源の自動制御は可能か? 漁獲制御ルールの話(I)-. 日本水産資源保護協会月報, No.496, 2006, pp.9-12.