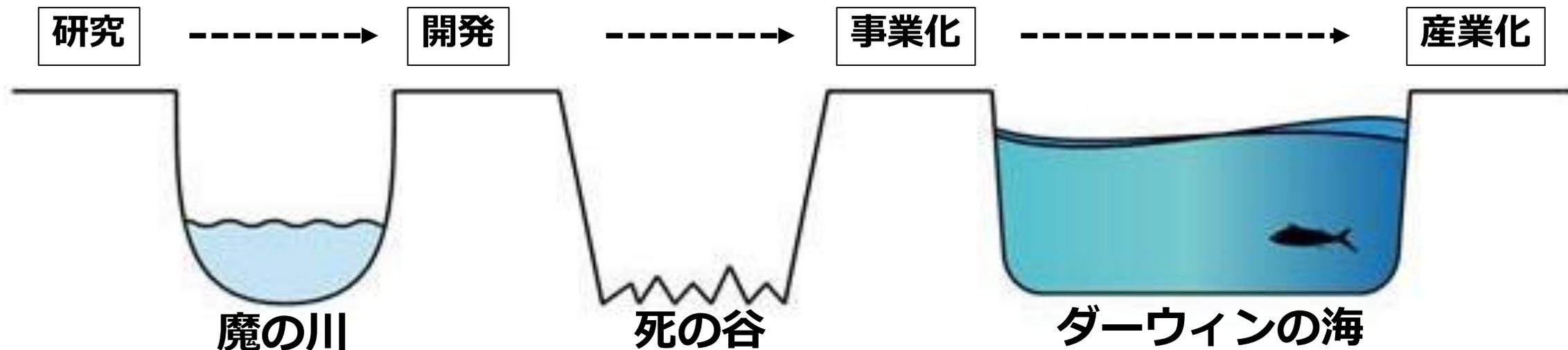


イノベーション創出強化研究推進事業の成果 ～食味に優れた大型雌ウナギ生産技術の確立～

愛知県水産試験場 稲葉 博之

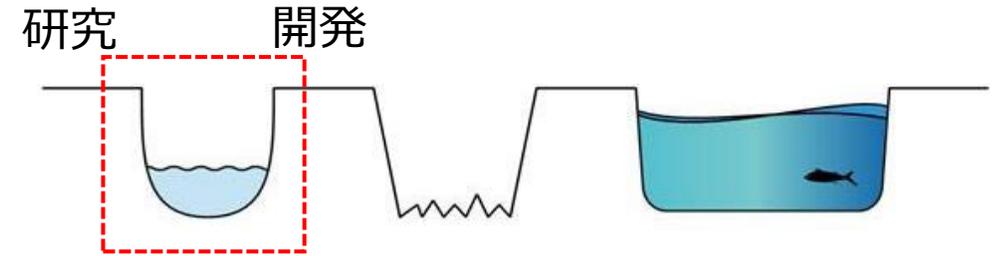
魔の川・死の谷・ダーウィンの海

出川通氏による著書『技術経営の考え方～MOTと開発ベンチャーの現場から～』（光文社、2004）で提唱



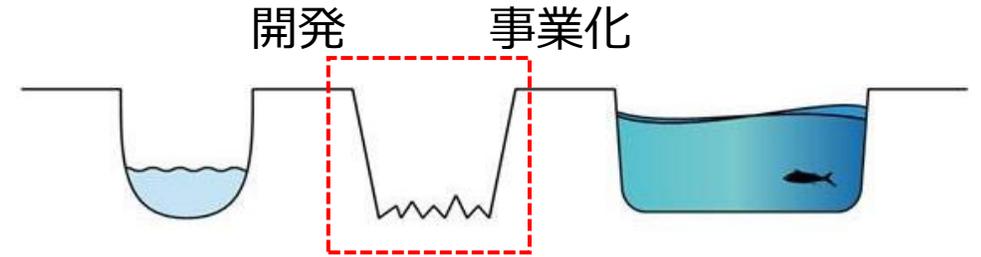
魔の川・死の谷・ダーウィンの海

魔の川



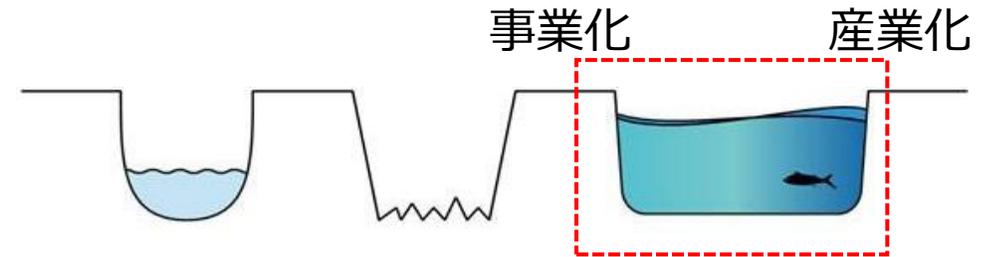
「**魔の川**」は、研究段階から開発段階に進めるかどうかの障壁。研究はうまく行ったけれど、製品化の見込みが立たず、結果として研究に要したコストが水泡に帰すことを川にたとえている。

死の谷



「死の谷」は、開発段階から事業化段階に進めるかどうかの障壁。生産ライン構築、調達先の確保、流通経路などを確保等に、開発段階を上回る巨額の資金が必要になる。落ちれば死ぬほどの深い谷にたとえられる。

ダーウィンの海



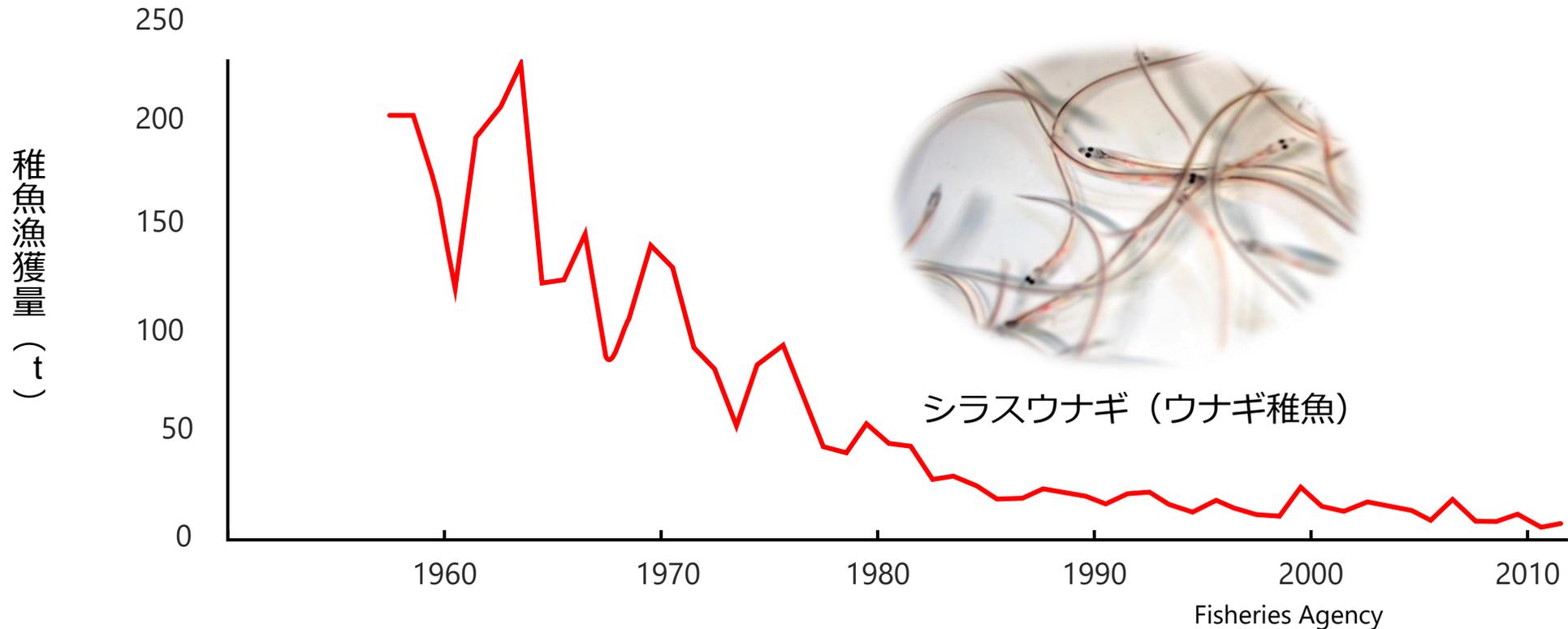
「**ダーウィンの海**」は、事業化段階から量産化段階に進めるかどうかの障壁。市場に出された製品やサービスが、競合他社との競争や顧客の評価に耐えて、生き残れるかどうかで、環境への適応をダーウィンの進化論に重ね合わせた表現。

ニホンウナギを取り巻く環境



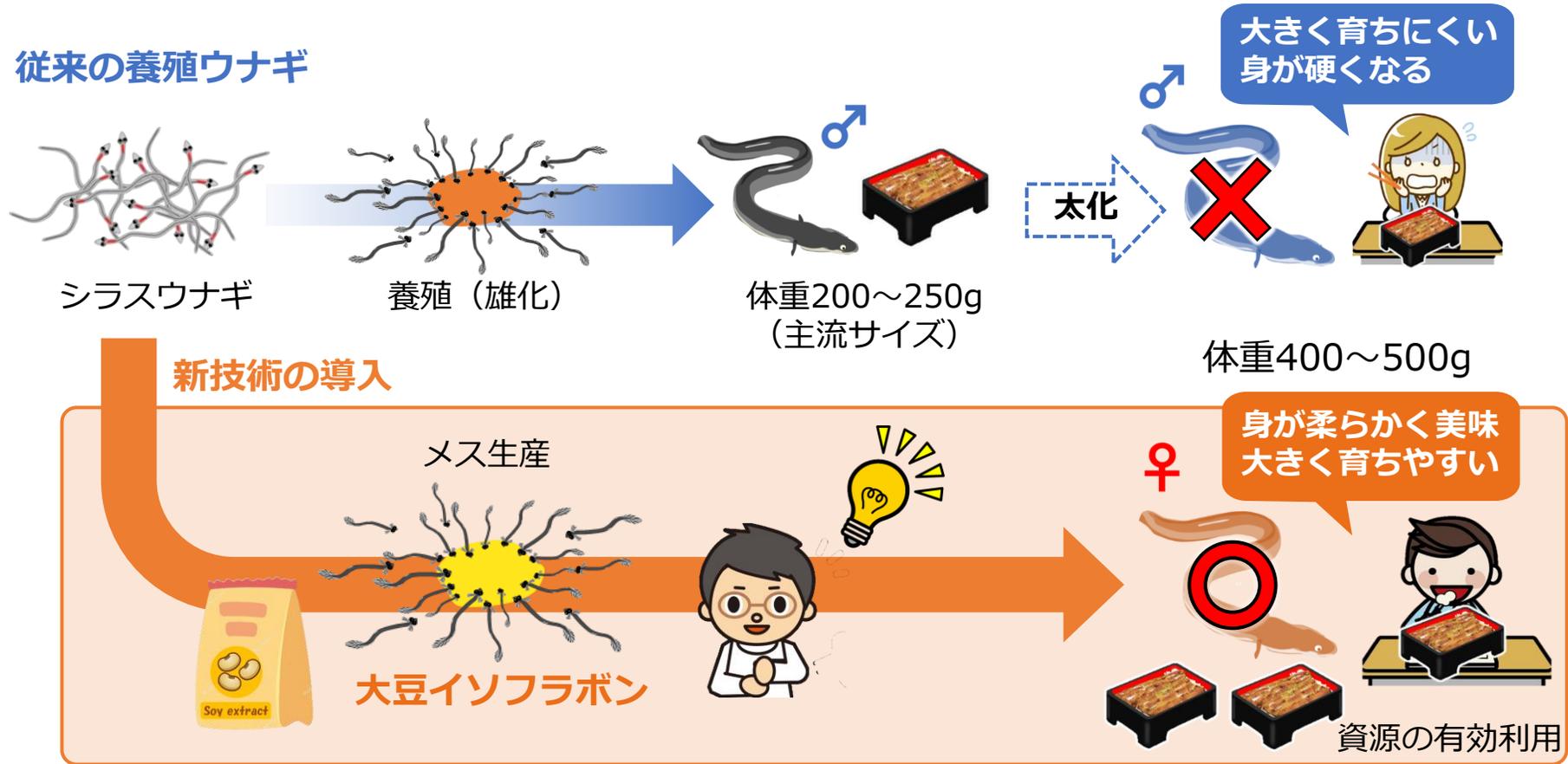
学名： *Anguilla japonica*

絶滅危惧種IB類



▶ ウナギ資源の減少⇒ウナギを大きく太く育てる「**太化**」に取り組んでいる

高品質な大型メスウナギ生産技術



- ▶ 食品由来成分の大豆イソフラボンを用いたメス生産技術を開発する
- ▶ 本技術を用いて高品質な大型メスウナギを養殖場で生産する

研究のきっかけ



H所長

養殖するとほとんどオスになるというが、何とかメスを作る方法はないのか？
1年目だからって言われた仕事だけやっているようじゃ良い研究はできないぞ！！
とにかく何か考えてチャレンジしてみろ！

分かりました！（とは言ってもすぐに考えは浮かばないし・・・）
魚はエサで性をコントロールできると聞いたことがあるな。
飼料メーカーに勤めていた経験から何かできないか考えてみよう。



稲葉研究員（1年目）

研究のきっかけ

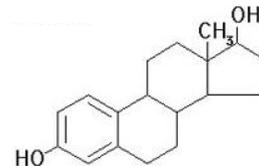


～数ヶ月後～

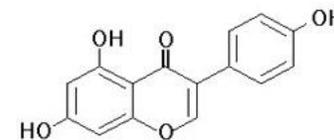
大豆イソフラボンがエストロゲンに似た化学構造を持つらしい。ただ、ウナギに効果があるかは分からないな。エサに入れる量も最適でないと効果はないかもしれない。
(やっても意味がないと言われたらどうしよう・・・)

稲葉研究員 (1年目)

エストロゲン17β(E2)



大豆イソフラボン

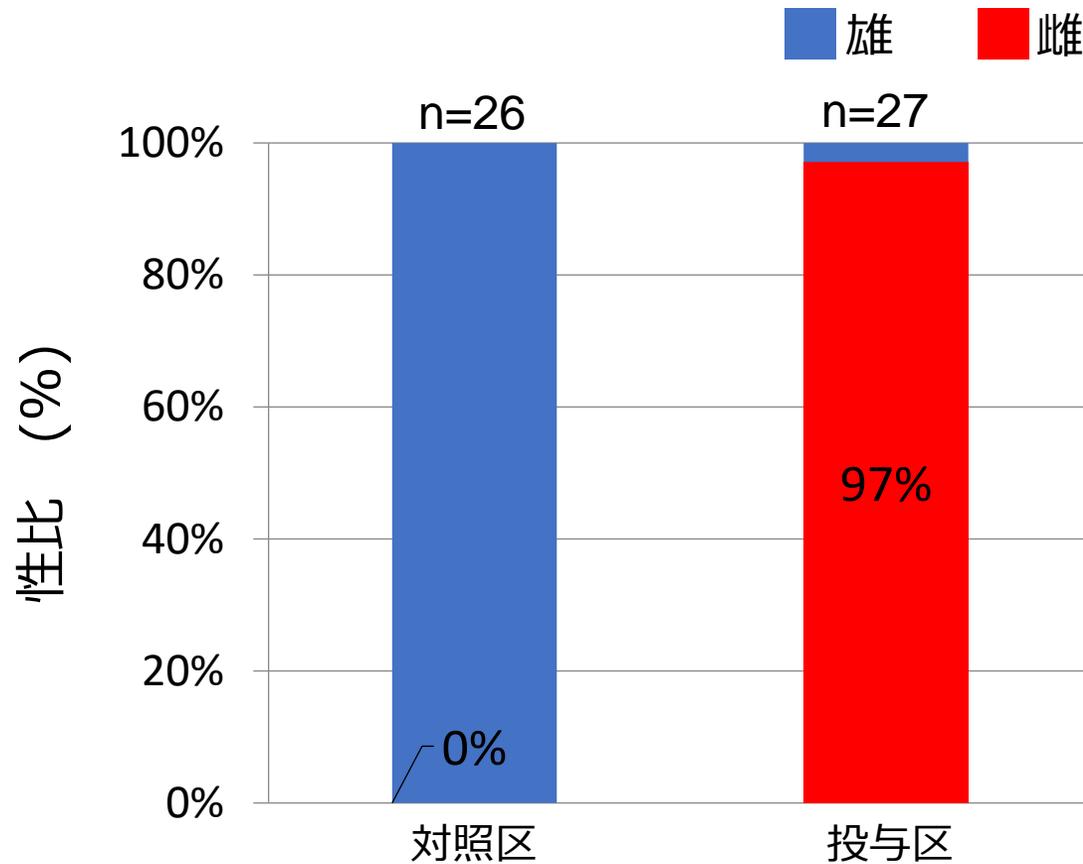


面白そうだね！どうやったら上手くいくか考えてみよう！
考え過ぎて結局何もしないというのが一番良くないよ。



I先輩

大豆イソフラボンによる雌化を発見



室内試験の様子

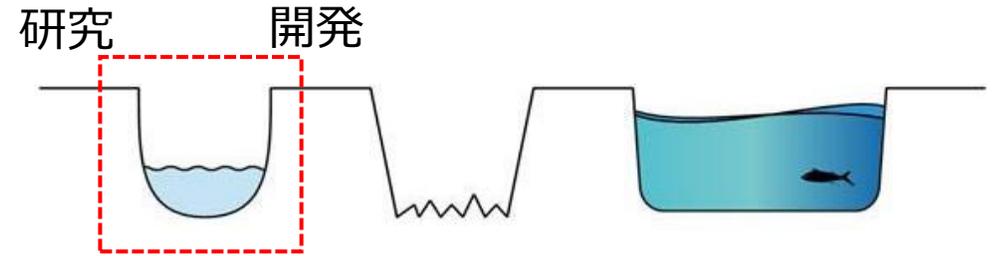
I先輩！！メスになりました！
大豆イソフラボンでメスができました！

稲葉君、これは素晴らしい発明になるよ！
(とはいえここから製品化するには我々の力だけでは
難しいな・・・)

I先輩

魔の川

魔の川

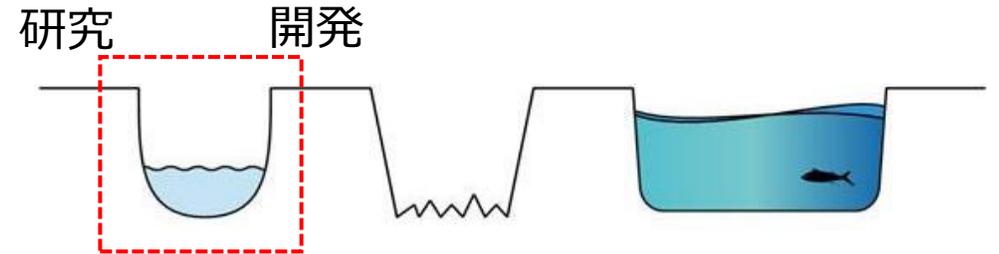


「魔の川」は、研究段階から開発段階に進めるかどうかの障壁。研究はうまく行ったけれど、製品化の見込みが立たず、結果として研究に要したコストが水泡に帰すことを川にたとえている。

- | | |
|-----|--------------|
| 課題① | 製品化の見込み |
| 課題② | 研究資金の確保 |
| 課題③ | 技術の権利化（特許取得） |

魔の川

魔の川



「**魔の川**」は、研究段階から開発段階に進めるかどうかの障壁。研究はうまく行ったけれど、製品化の見込みが立たず、結果として研究に要したコストが水泡に帰すことを川にたとえている。

課題① 製品化の見込み

課題① 製品化の見込み



メスウナギを生産する技術を開発したいと思っています。
養殖ウナギはほとんどがオスで・・・メスのウナギは身が柔らかく・・・。
製品化はできるのでしょうか？ 専門家の意見を聞きたいです。

稲葉研究員（1年目）

興味深い研究ですが、市場規模も読めないですし、コストが合うかも話を聞いただけでは分かりません。養殖ウナギがオスという話も初めて聞きました。
(急な電話だし。。怪しい人ではなさそうだけど。。)

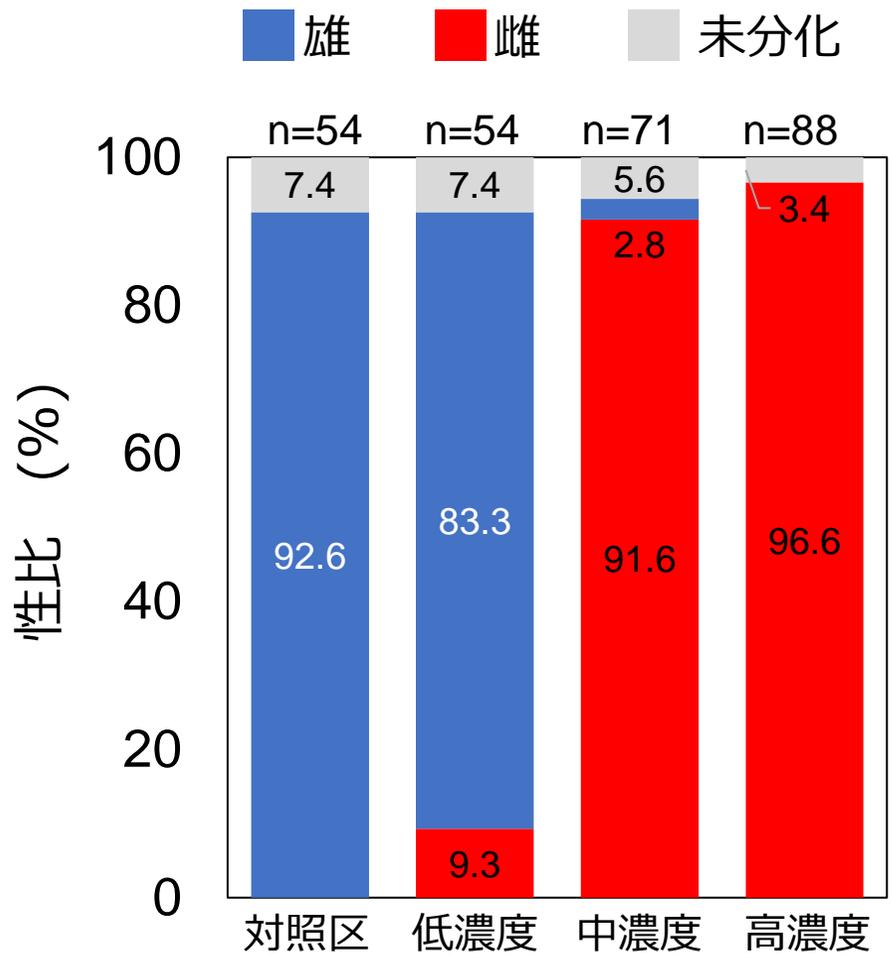


民間企業
T課長

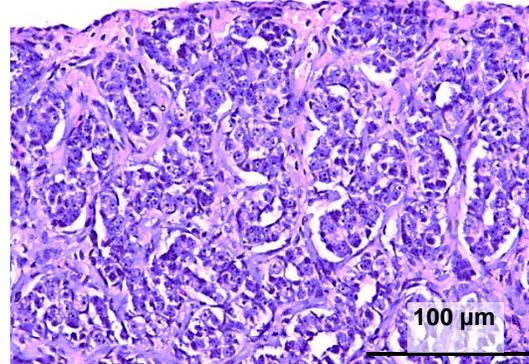


門前払いか・・・もっと相手が納得できるデータを集めない。。

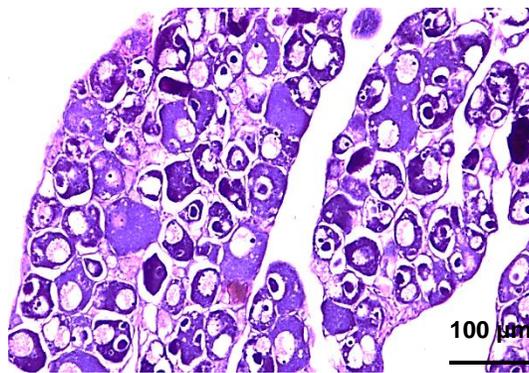
最適な投与濃度の算出



精巣 (対照区)



卵巣 (中濃度区)



室内試験の様子

(Inaba et al., 2023)

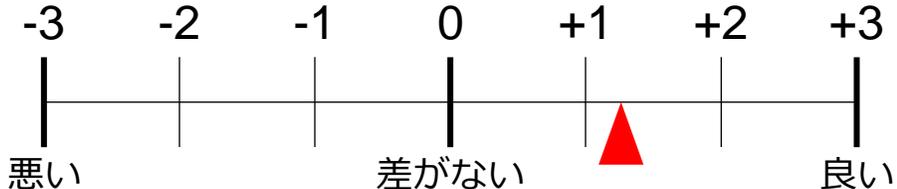
メスの食味評価

日本食品分析センターに分析を依頼

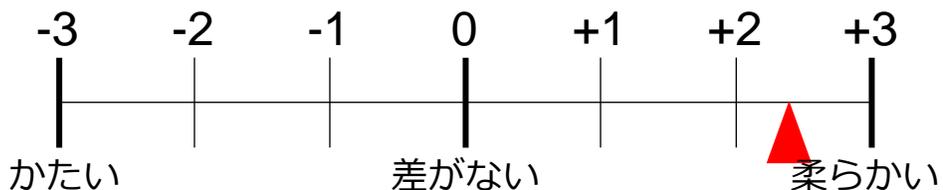
※♂を0点とする

▲ ♀の点数

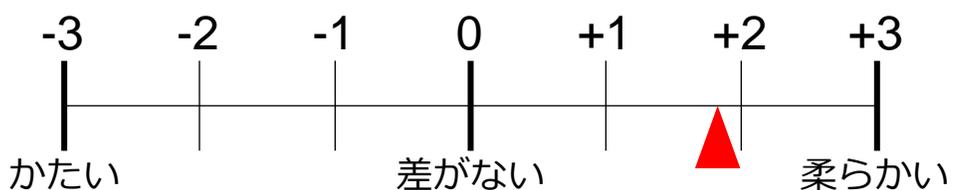
脂ののり



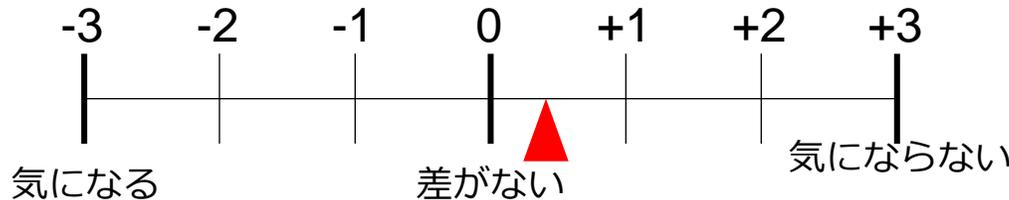
身のやわらかさ



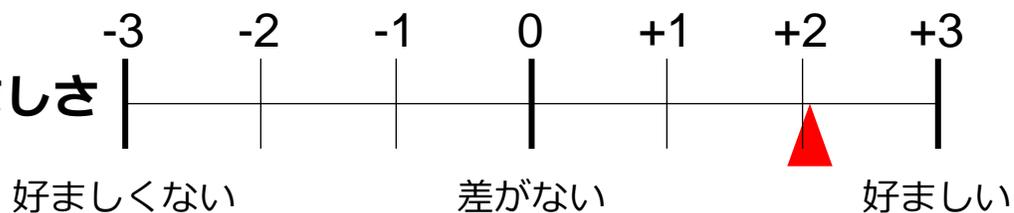
皮のやわらかさ



小骨



全体的な好ましさ



加熱後



加熱後



課題① 製品化の見込み



～1年後～

以前にメスウナギの件で電話した稲葉です。覚えているでしょうか。

1年間かけてデータを集めました。もう一度、話を聞いてもらえないでしょうか？

稲葉研究員（2年目）

（稲葉?? 1年前にそんな電話があったような・・・）

分かりました。直接お伺いして話を聞いてみてから判断しようと思います。

～面談後～

稲葉さんの熱意には負けました。とはいえ、製品化には開発費用がかかります。製品化後に売れるかどうかは分からないのが、製品化を進める上での不安材料です。社内の承諾を得るためにも、外部から開発費が多少工面できると良いのですが。



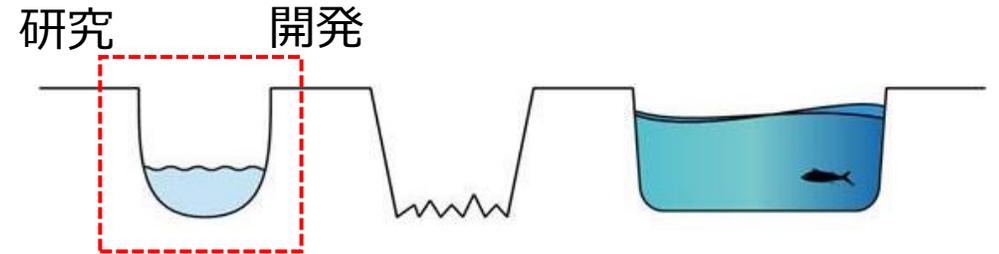
民間企業
T課長



研究資金！？どうやって確保すれば良いんだ??・・・

魔の川

魔の川



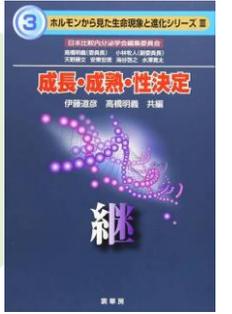
「**魔の川**」は、研究段階から開発段階に進めるかどうかの障壁。研究はうまく行ったけれど、製品化の見込みが立たず、結果として研究に要したコストが水泡に帰すことを川にたとえている。

課題② 研究資金の確保

課題② 研究資金の確保



「魚類の性分化」はとても面白い研究テーマだな。特にこの参考書はバイブルだ。熊本大学のK先生が書いているページが一番面白いぞ。こんな方と研究ができればさぞ楽しいだろうな。



稲葉研究員（2年目）

～ある国の会議後の懇親会にて～

ウナギの性分化は面白いですねー。私の専門はメダカですが20年以上、魚の性分化に関する研究をしていますよ。ウナギについて愛知県さんと何か一緒に取り組めると面白いですね。申し遅れましたが、熊本大学のKと申します。



? ?

熊本大学のK先生ですか！？私も今メスウナギを作る研究に取り組もうと思っていて。ただ、研究資金がネックで、何か良い方法はないでしょうか？

それは面白い研究ですね！来年度、農水省の競争的資金に応募しようと思っていて。ただ基礎研究は採択にくい事業で何度も落ちてるんですよ。

稲葉さんのアイデアなら採択される可能性は高いですよ！一緒にチャレンジしましょう！



熊本大学
K教授

たまたま出会ったK先生と意気投合！！

課題② 研究資金の確保

イノベーション創出強化研究推進事業（イノベ事業）への応募



K先生に聞いたが、世の中には競争的資金というものがあるらしい。
イノベ事業という農水省の大型プロジェクトの公募が新しく始まるらしいから、
専門家に話を聞いてみよう。

稲葉研究員（2年目）

非常に面白い研究だが、実用化には10年はかかると思う。
イノベ事業の趣旨に合致する研究内容だが、採択率は10%程度と非常に難易度が高い。
研究経験の少ない稲葉さんのアイデアが採択されるよう支援したい。
数多くの研究資金の獲得を支援した名古屋大学名誉教授のM先生に紹介しよう。



NPO東海生研
O石さん

課題② 研究資金の確保



M先生に応募書類を添削してもらおう。

数多くの研究資金獲得を支援してきたと聞いたけどどんな方だろう。

稲葉研究員（2年目）

書類を読んで気になったのは、稲葉さんの目指す目標がブレているように感じる。審査員はそういったブレや逃げの文章を見抜く。また、3年間の研究であれば3年目の計画の精度が重要。1、2年目は良く書けていても3年目が粗い応募書類は非常に多い。3年間かけて君が何を成し得たいのか、もう一度よく考えてみよう。休日でも年末年始でも、いつでも相談に乗るよ。



名古屋大学
M教授

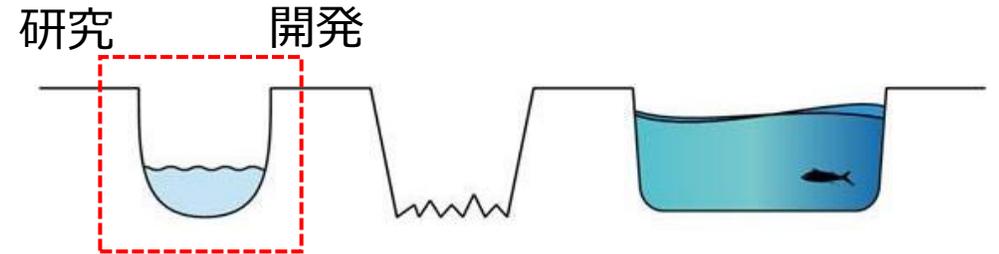
70ページ近くの応募書類を作成し、1次の書類審査、2次の対面審査を通過し
10%程度の採択率であったイノベ事業に採択

採択

M教授は研究支援者としてプロジェクトに参画

魔の川

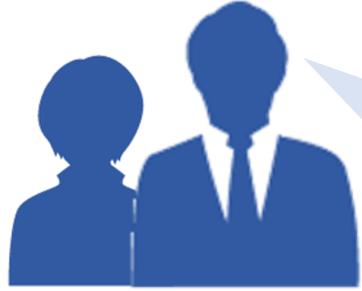
魔の川



「魔の川」は、研究段階から開発段階に進めるかどうかの障壁。研究はうまく行ったけれど、製品化の見込みが立たず、結果として研究に要したコストが水泡に帰すことを川にたとえている。

課題③ 技術の権利化（特許取得）

課題③ 技術の権利化（特許取得）



民間企業
N弁理士

開発費をかけ製品化後、開発コストを回収できるタイミングで他社から模倣品が出てくるのは困るため、本技術は製品化に向けて必ず権利化する必要がある。よく調べてみるとヨーロッパで類似する論文が出ている。もし**権利化できない場合は本事業からの撤退**もあり得る。

特許出願

事業撤退！？・・・今までの苦労が水の泡・・・

拒絶通知

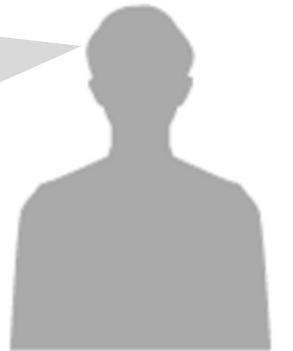
(想定通り)

ヨーロッパの論文から、本技術の特許性はないと判断される。

ここまでは想定内♪



拒絶通知対応



特許庁
審査官

課題③ 技術の権利化（特許取得）



特許庁
審査官

まさかの・・・

拒絶査定

もしや事業撤退！！？

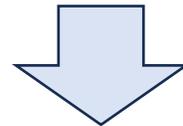


非常にまずいことになった。。出願書類も公開されてしまっているので
ノウハウとして秘匿することも難しい。
何としても権利化するために、**拒絶査定不服審判請求**を行う。



N弁護士

※拒絶査定不服審判とは、特許審査の結果拒絶査定を受けた
特許出願人が、不服を申し立てる審判手続のこと



審判請求

特許査定（権利化）



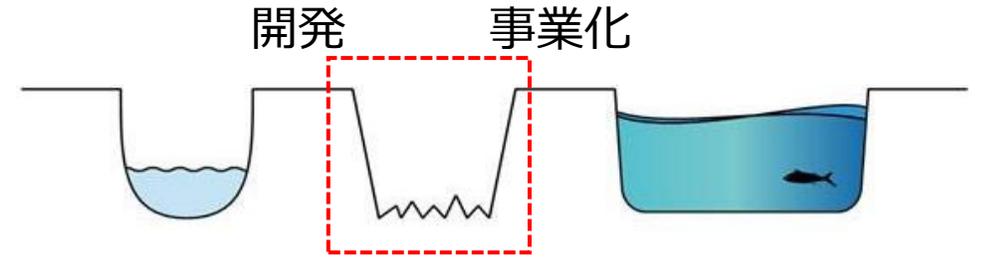
特許庁
審査官

何とか製品化に目途がついた。
ついに「魔の川」を超えることができたぞ！



死の谷

死の谷

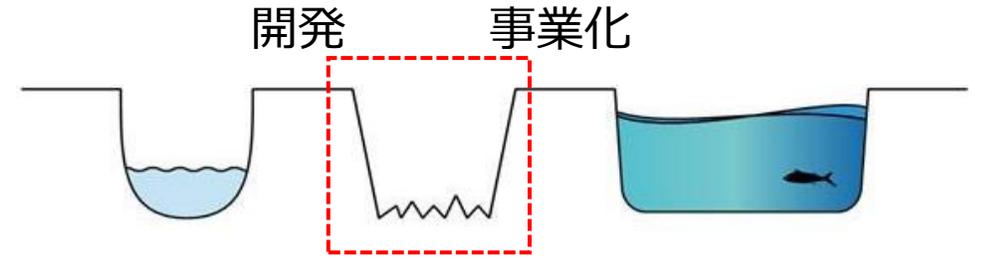


「死の谷」は、開発段階から事業化段階に進めるかどうかの障壁。生産ライン構築、調達先の確保、流通経路などを確保等に、開発段階を上回る巨額の資金が必要になる。落ちれば死ぬほどの深い谷にたとえられる。

- 課題④ 飼料かそれとも医薬品か
- 課題⑤ 業界関係者の反応

死の谷

死の谷



「死の谷」は、開発段階から事業化段階に進めるかどうかの障壁。生産ライン構築、調達先の確保、流通経路などを確保等に、開発段階を上回る巨額の資金が必要になる。落ちれば死ぬほどの深い谷にたとえられる。

課題④ 飼料かそれとも医薬品か

課題④ 飼料かそれとも医薬品か

医薬品 (医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律より)

- ① 疾病の診断、治療又は予防に使用されることが目的の物
- ② 身体の構造又は機能に影響を及ぼすことが目的とされている物

どちらかでの申請が妥当

農林水産省

相談：消費安全局

- ・ 水産安全室
- ・ 飼料検査指導班
- ・ 飼料安全基準班

どちらでも申請可能。それぞれのメリットデメリットを鑑みて決定してもらえば

飼料 (飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律より)

家畜等の栄養に供することを目的として使用される物

農水省
担当官

課題④ 飼料かそれとも医薬品か

それぞれのメリット・デメリット



うたえる

効能効果

うたえない（鰻ブランド化は可）

長期・高

開発期間・コスト

短期・少



消費者イメージ



飼料

難しい

競合品・模倣品

簡単にまねできる

きっちり

用法用量

目安量（推奨量は指定可能）

限定的

流通・普及

拡大が容易



課題④ 飼料かそれとも医薬品か

研究コンソーシアム内で方針協議



開発当初から医薬品を想定して研究を進めていたが
方針を転換して飼料としての製品化を目指そう！！



名古屋大学
M教授

当初から私も気になっていたが、
飼料としたのは英断だ！！
実用化が早まるぞ！



民間企業
U研究員

実は稲葉さん、、 医薬品での製品化を目指していたので
飼料として製品化するための**データがわずかに足りません**・・・
あともう1年は室内試験のデータをとらないと・・・

ここまで進んできての1年の遅れは非常に痛いぞ。何か方法はないか・・・



課題④ 飼料かそれとも医薬品か

飼料原料として農水省に届出するにはダブル（重複で試験区を設定する）での飼育データが必要になります。これまでは試験区を増やすためにダブルのデータはとっていませんでした。



民間企業
U研究者

ダブルか。そういえば飼料メーカーに勤めていた際、上司になぜか「試験はダブルで組め」と口酸っぱく言われたな。そういう理由だったのか・・・ん?? 3年前にT課長を説得するためにダブルのデータをとっていたぞ!!

～3年前のデータを探し出し解析～

Uさん!! 3年前にダブルでとったデータがありました。古いデータですが使えるでしょうか!?

なんと! このデータなら農水省に届出ができると思います!!
すぐに手続きに移ります。



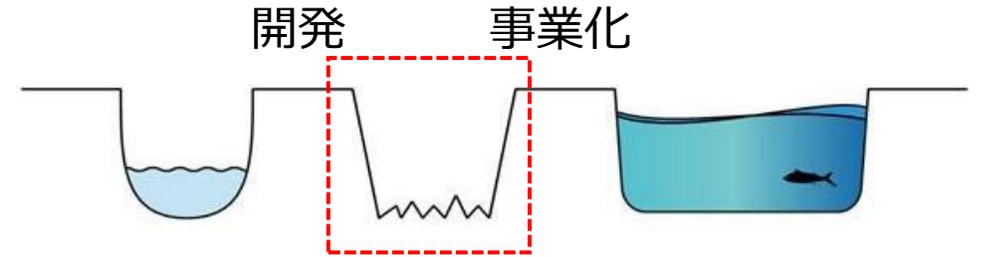
→農水省へ届出を完了 ついに現場での大規模実証試験へ



稲葉研究員

死の谷

死の谷



「死の谷」は、開発段階から事業化段階に進めるかどうかの障壁。生産ライン構築、調達先の確保、流通経路などを確保等に、開発段階を上回る巨額の資金が必要になる。落ちれば死ぬほどの深い谷にたとえられる。

課題⑤ 業界関係者の反応

課題⑤ 業界関係者の反応



稲葉研究員

大豆イソフラボンを使ってメスを作る技術を開発しました。
現場での実証試験に協力いただけないでしょうか？



我々は今まで様々な苦勞を重ねて伝統あるブランドを守ってきた。
メスを作ることで変な噂が立つリスクがある。一般消費者がどのような
反応するかも分からないのも不安だ。

気持ちは良く分かりました。ただ何とか試験だけでも。。



そこまで言うなら。。ただしあくまで実証試験をするだけだよ。
「メスウナギを初出荷」と言った大々的なPRには協力できない。

試験の了解は得られたが、PRができないのはどうしたものか・・・

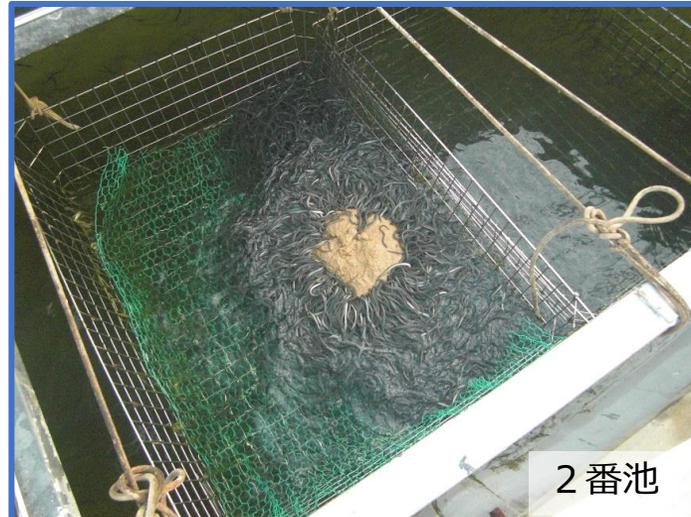


業界関係者



実証試験の様子

ダイズイソフラボン飼料の給餌風景



稲葉研究員

(毎朝 5 時頃)
作業効率はどうですか？

ひと手間増えるのがね、
数が増えると大変だね。

作業を減らしても均一に混ざるか分析



生産者



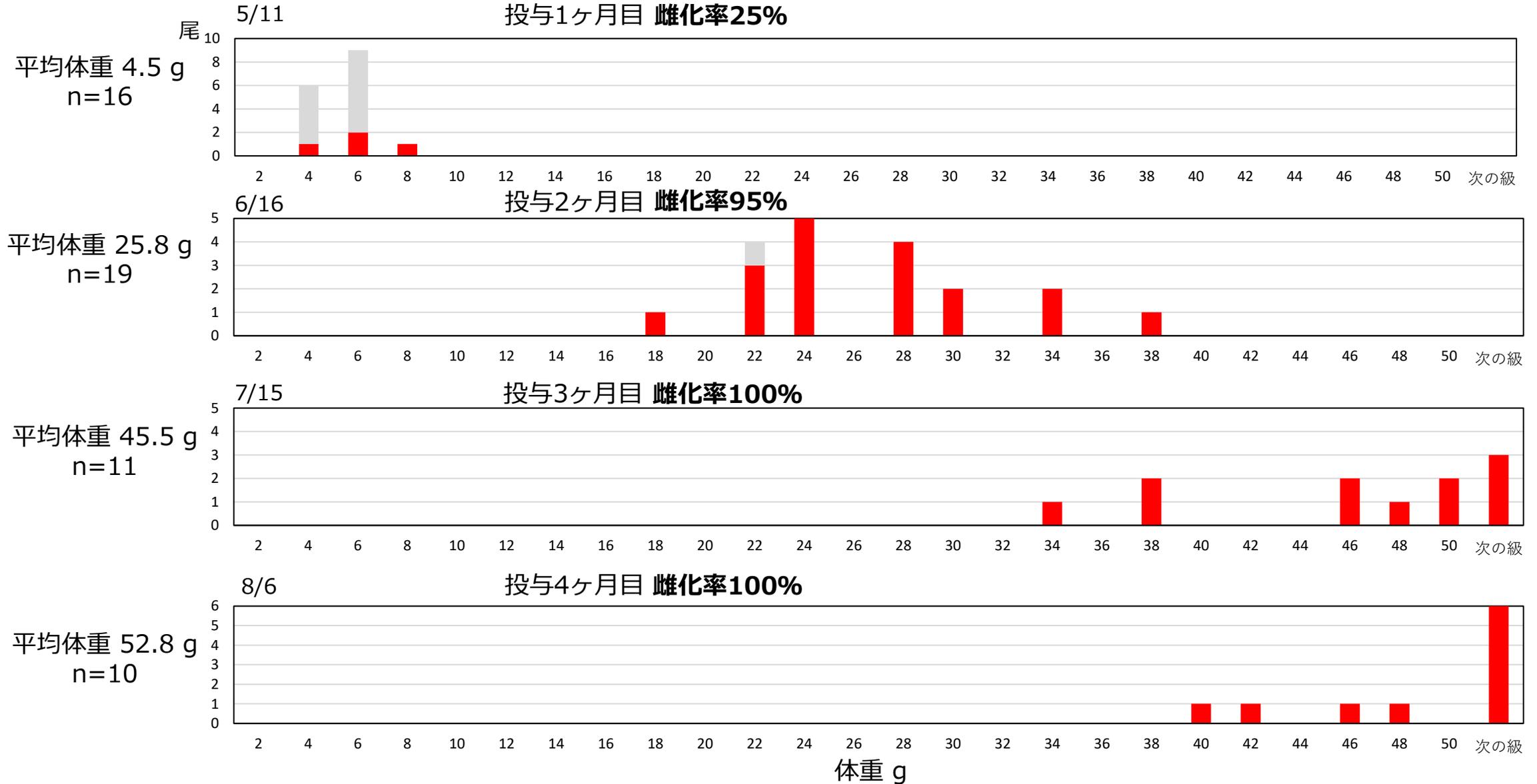
この投与方法なら作業を簡略化
しても綺麗に混ざることが
分かりました！

これは楽になって助かるね！

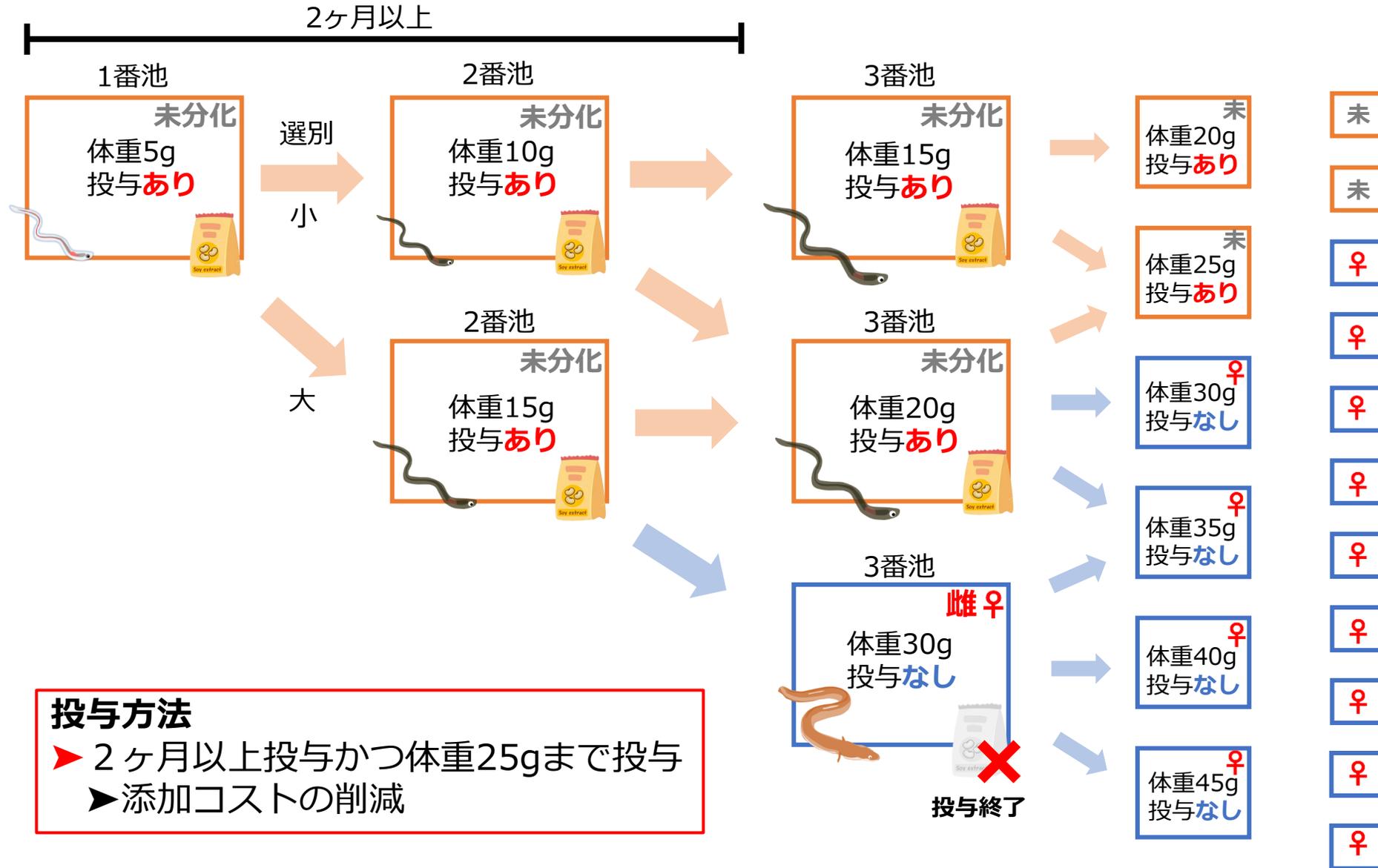


実証試験の結果

■ 未分化
■ 雌



投与マニュアルの作成



メスウナギの官能評価

大型オス♂



肉が湾曲
ライン焼き機では困難

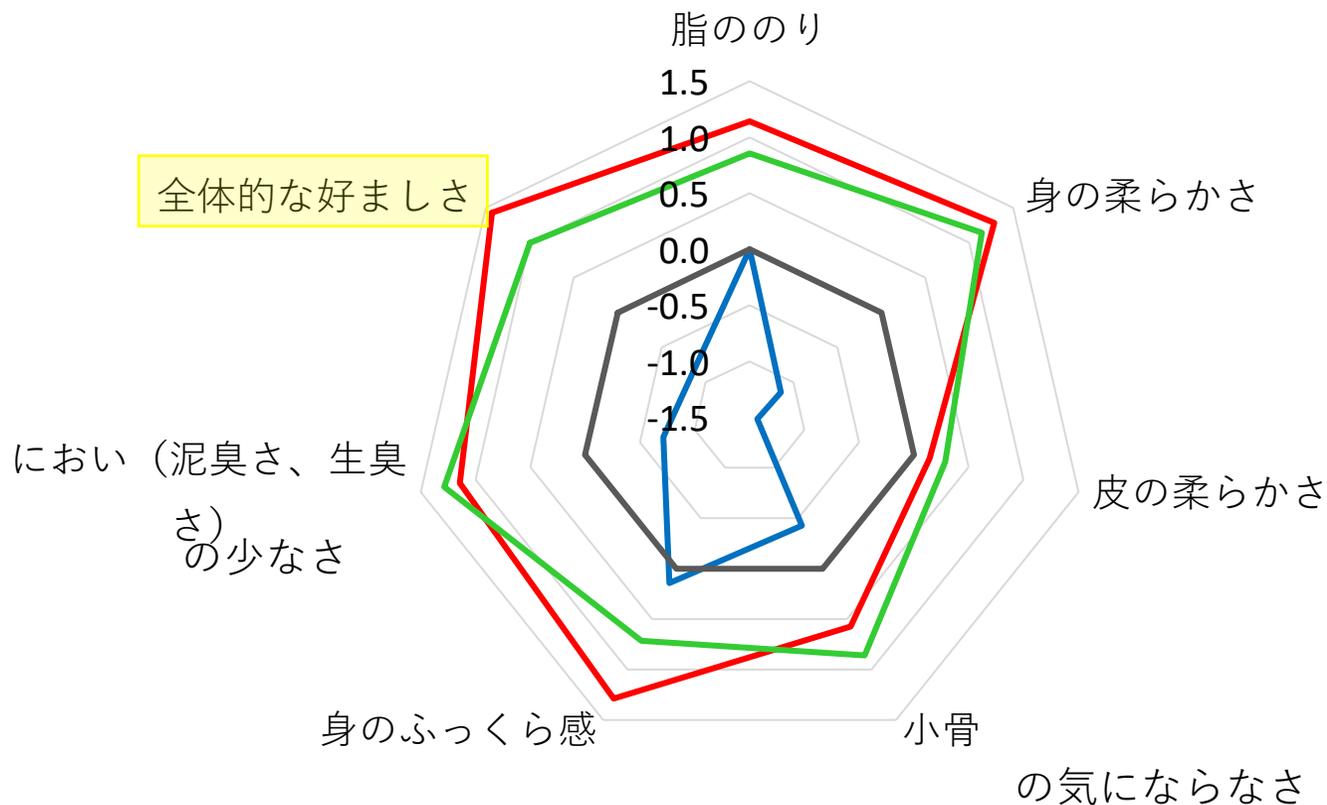
高級品といわれる青鰻



大型メス♀



メスウナギの官能評価



— 大型オス♂ — 大型メス♀ — 通常メス♀ — 通常オス♂ (基準)

関係者からの評価

冬も安定してエサを食べ、 病気にもなりにくい

私は養鰻場にて日々、何千何万といううなぎと向き合っています。昨年になり、大豆イソフラボンを利用するようになったのですが、従来との大きな違いとして感じるのは、エサを食べる量と、病気のなりにくさです。うなぎは夏にエサをよく食べ、冬になると冬眠するという習性を持っているのですが、冬場でも安定してうなぎがエサを食べてくれるため成長が速いと感じています。これは生産者として大きなメリットです。



兼光淡水魚株式会社
養鰻事業部 牛田貴仁さん

技術についての説明会で 生産者からの期待を感じた

この技術について、生産者にメリットがあると判断し、説明会を開催したところ、生産者だけでなく、関係団体を含めとても多くの方が出席されました。それだけこの技術への関心は高いものと考えております。夏の新仔だけでなく、冬の時期も安定した品質のうなぎが生産できれば、年間を通じて消費者の皆さんに良質なうなぎをお届けできるのではないのでしょうか。



一色うなぎ漁業協同組合
参事 石川晋治さん

柔らかくてふっくら仕上がるから 提供する側として自信が持てる

これまで15年以上にわたり、うなぎ料理店の焼き場を任されてきました。この技術を使ったうなぎは柔らかくてふっくら仕上がります。また、脂がしっかりとっており、焼くことで表面がパリッとなります。うなぎは夏というイメージがあるかもしれませんが、これなら冬も自信をもって提供できます。大きさにもインパクトがあり、独特の匂いも感じにくいので、うなぎ好きのお客様にも、匂いが気になる方にも、喜んでいただけるはずですよ。



うなぎ割烹 みかわ三水亭
店長 池田直広さん



メスウナギの評判はどうでしょうか？

冬にここまでエサを食べるのは驚きだよ
生産者には育てやすいうなぎだね



生産者

出荷した際に問屋から「このウナギは何！？」
と問い合わせがあったよ。
同じものが欲しいという声も増えてきているね。



立場
担当者

触っただけで柔らかさが分かるよ。
脂ののりも抜群だね。



料理人

課題⑤ 業界関係者の反応



実証試験はうまくいきました。現場での評価も上々です。
初出荷を発表して、実用化に向けたPRに何とか協力いただけないでしょうか。

稲葉研究員

2022年2月17日 中日新聞（朝刊）



（皆から良い話も聞こえてくるし、
変な噂になるリスクもなさそうだ）
そこまで言うなら分かったよ。
初出荷に協力しよう。



業界関係者

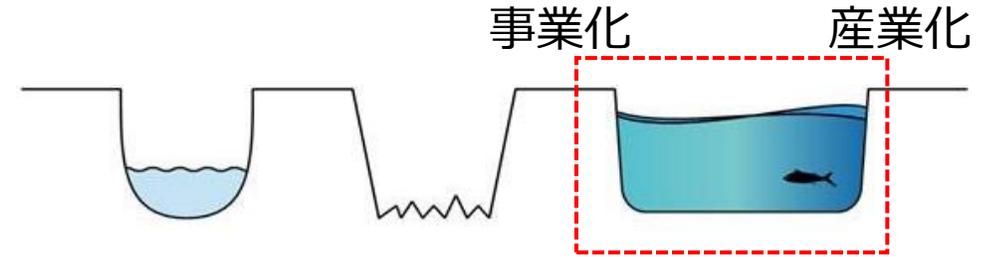
メスウナギを初出荷！！
実用化のPRにより静岡県、鹿児島県にも技術が波及

「魔の川」に続いてついに「死の谷」も突破！



ダーウィンの海

ダーウィンの海



「**ダーウィンの海**」は、事業化段階から量産化段階に進めるかどうかの障壁。市場に出された製品やサービスが、競合他社との競争や顧客の評価に耐えて、生き残れるかどうかで、環境への適応をダーウィンの進化論に重ね合わせた表現。

課題⑥ 偽物の流通

課題⑥ 偽物の流通



民間企業
営業マン

他県で何やら偽物を持った業者が出てきたと聞いた。怪しげな成分を売り込んでいる様子。ほとんどは相手にしていないが、一部の生産者は興味を持っているらしい。対策を考えた方が良い。

そのような偽物が出回る危険性は想定し、対策を練っていたがタイミングが早過ぎる。早めに対応しないと大事になりそうだ。



稲葉研究員



民間企業
T課長

分かった。対策を練るとともに、原因を探ってみる。
怪しい成分を使っているのであれば業界の風評被害になる危険もある。

課題⑥ 偽物の流通



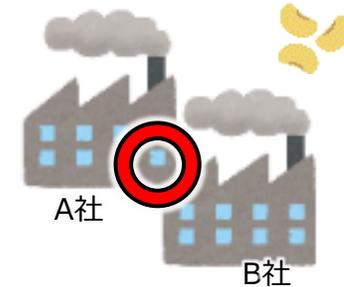
民間企業
T課長

偽物が流通しかけた原因は、弊社の供給量の少なさにある。実用化のPRにより需要が高まったのに対して供給量が追いついていなかった。
今回は何とか偽物の流通を防げたが、今後も供給が間に合わなければ、偽物に興味を持つ生産者も増え、市場に広がってしまう懸念がある。



民間企業
U研究員

原料の供給体制を整えにいきます！

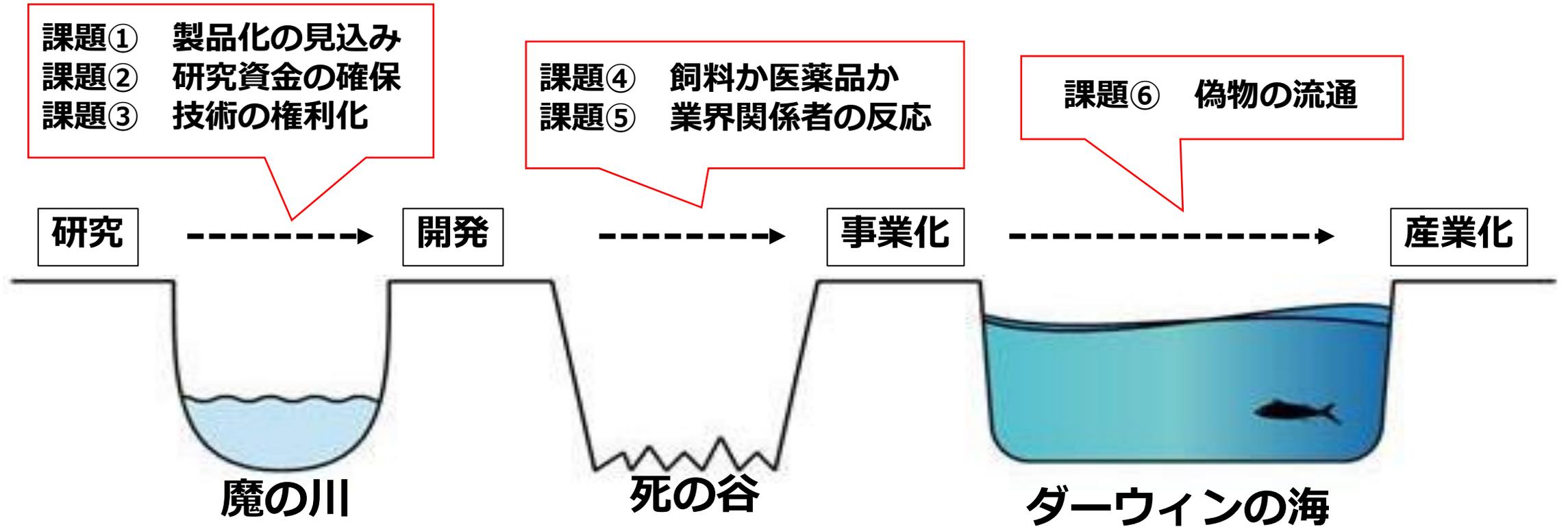


原料会社との供給契約
(安定的な供給ラインを確保)

一難去ってまた一難。研究当初は「マネをされる技術になれば大成功」なんて言っていたが、まさかそのような日が来るとは。。



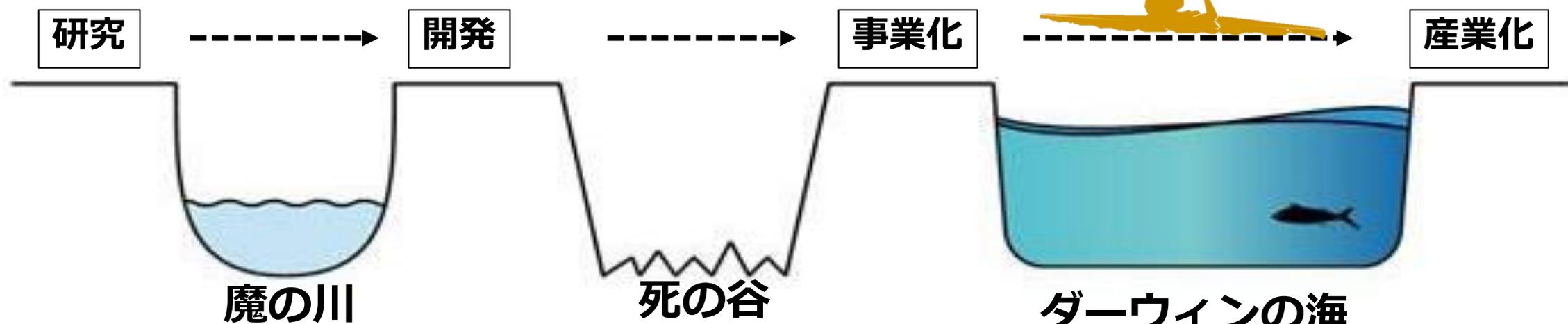
魔の川・死の谷・ダーウィンの海



魔の川・死の谷・ダーウィンの海

実はまだ「ダーウィンの海」は超えていません。

最後の海を渡りきるために皆様からの応援をよろしくお願いします。



最後に

なぜ研究から実用化まで順調に進んだのか？



私が特別優秀だったわけでもなく、研究アイデアがとても優れていたからということでもありません。
本当にたまたま、様々な幸運が重なったのだと思います。
然るべきタイミングで然るべき仲間に出会えたことが本事業成功の最大の秘訣だったかもしれません。



H所長



民間企業
T課長



熊本大学
K教授



NPO東海生研
O石さん



名古屋大学
M教授



N弁理士



業界関係者



I先輩



民間企業
U研究員



研究メンバーの方々

謝辞



研究代表機関：愛知県水産試験場
共同研究機関：熊本大学 大学院先端科学研究部
北海道大学 大学院水産科学研究院
共立製薬株式会社
NPO東海生研
研究協力機関：一色うなぎ漁業協同組合
研究支援者：名古屋大学 松本名誉教授

関係者の皆様、この場を借りて御礼
申し上げます。

株式会社フジキンにて