

特定外来生物カワヒバリガイの現状と 被害対策

伊藤健二

農研機構 農業環境変動研究センター

Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO

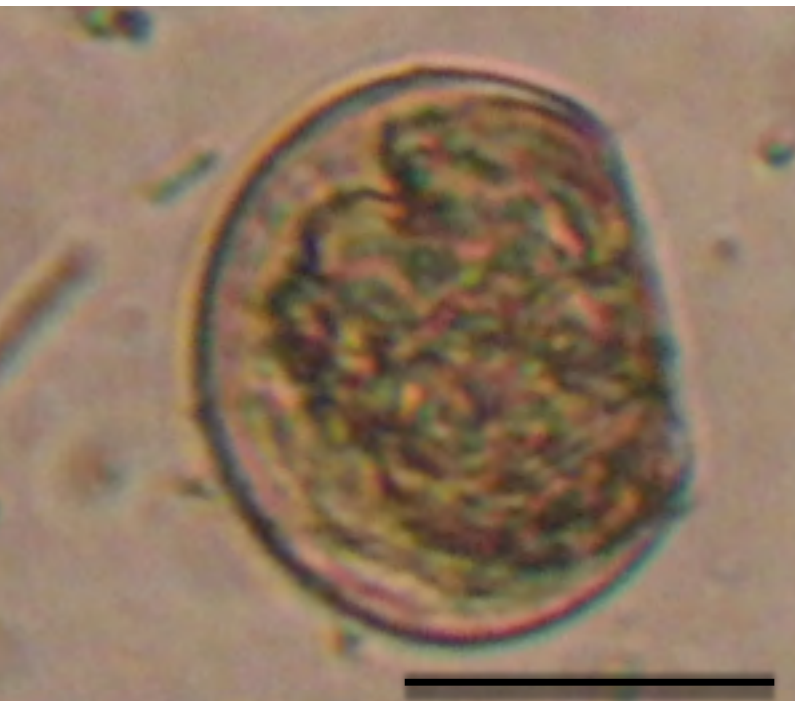


特定外来生物カワヒバリガイの 現状と被害対策

- 1: 国内におけるカワヒバリガイの現状
 - ・カワヒバリガイによる被害
 - ・侵入・分布拡大に関する知見
- 2: 被害対策について
 - ・対策技術(発電所での対策レビューから)
- 3: 効果的な管理に向けて

カワヒバリガイ: golden mussel (*Limnoperna fortunei*)

- ・中国・朝鮮半島原産: Origin: China, the Korean Peninsula
- ・淡水性イガイ科二枚貝: Freshwater bivalve / Mytilidae
- ・固着性 / プランクトン幼生: Sessile organism / Planktonic larvae
- ・特定外来生物: Invasive Alien Species



浮遊幼生
planktonic larvae

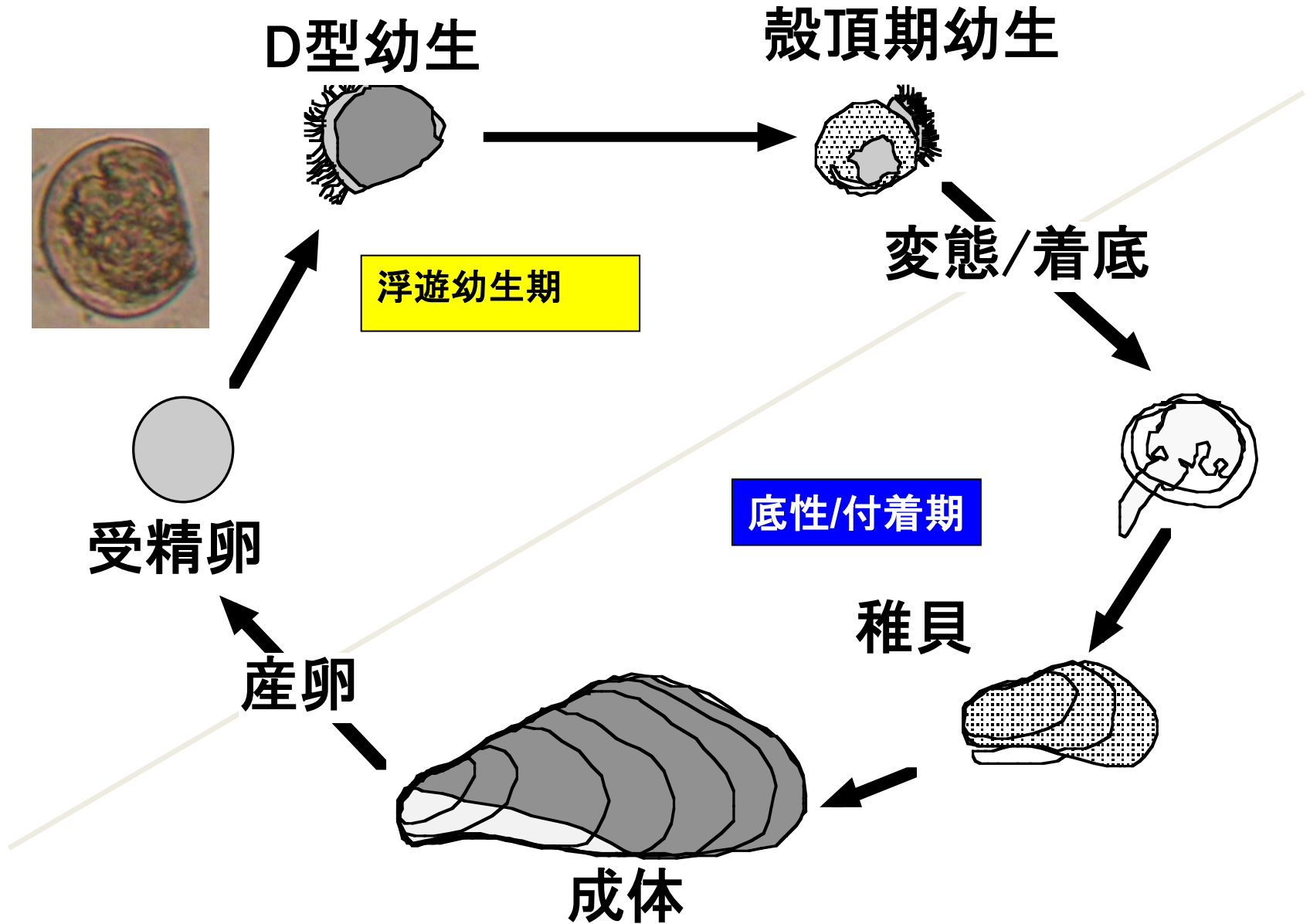
100 μm



成体
adult

10 mm

カワヒバリガイの生活史



カワヒバリガイによる水利施設被害 Impact on Water Utilities System: Golden Mussel



2.4 土地改良区管理区間の通水阻害

土地改良区管理区間において、平成 25 年の通水開始時に、農業用水ポンプ水槽内への堆積（写真- 5）や給水栓の詰まり（写真- 6）という状況が報告されている。

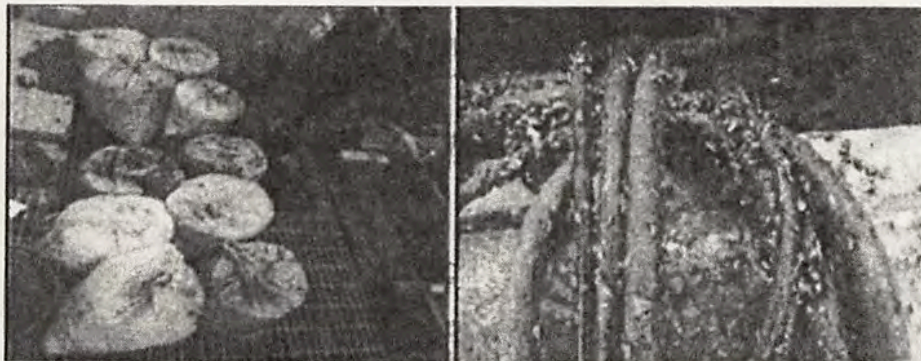


写真- 5 被害写真

（左：水槽の貝殻撤去状況、右：電線への付着状況）

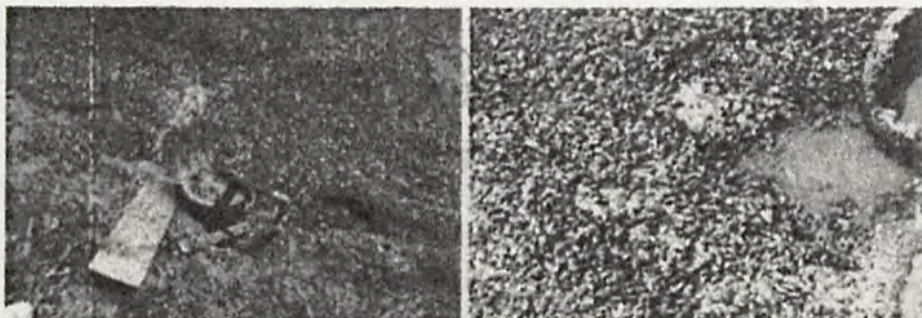
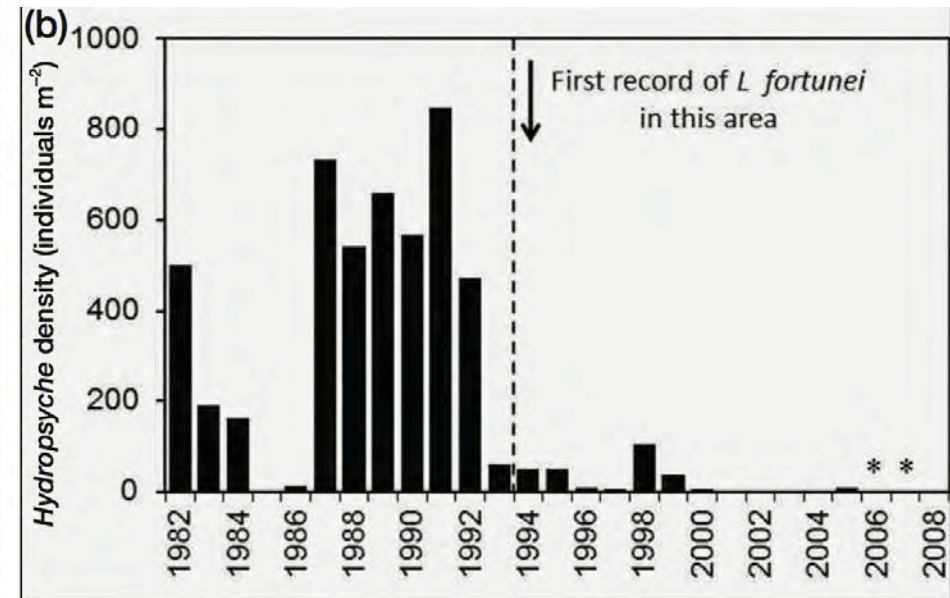
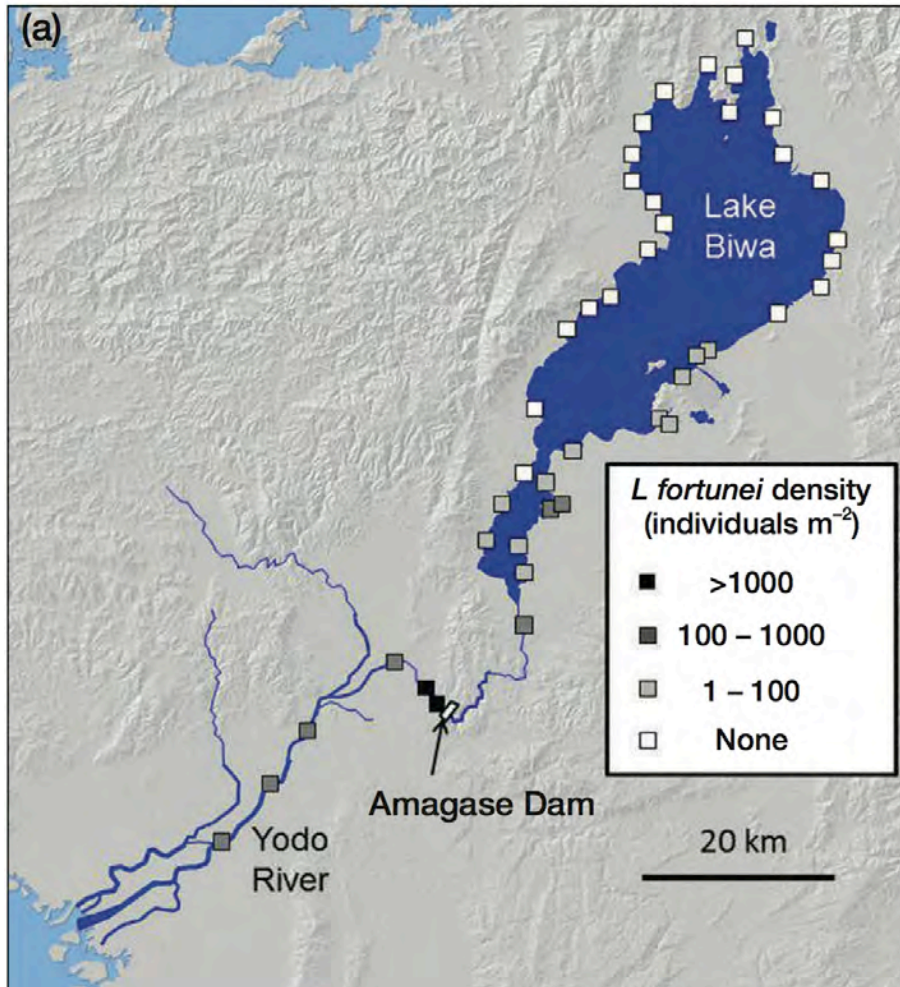


写真- 6 被害写真

（左：水田蛇口洗浄中、右：洗浄後の状況）

生態系への影響：水生昆虫の減少

Environmental impact: Hydropsyche larvae



From Nakano & Strayer (2014)

特定外来生物 (Invasive Alien Species Act)

- ・海外起源の侵略的外来種の中から指定
- ⇒輸入・飼育・放流などの禁止。
⇒違反すると懲役、もしくは罰金

環境省HPより

外来生物法

特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律

・特定外来生物の解説

和名	カワヒバリガイ属の全種
科名	イガイ (Mytilidae)
学名	<i>Limnoperna</i> 属
英語名	Any species of the genus <i>Limnoperna</i>
原産地	東アジアから東南アジアにかけて広く分布する。
特徴	殻長2~3cmの淡水棲のイガイ科の二枚貝。足糸という繊維状物質を分泌して付着基盤に固着する。硬基質や他の生物に固着する習性がある。寿命は、京都府宇治川および香港では2年、韓国では4~5年、中国では10年以上。主要な種は浮遊幼生期を持つことが知られ、水域を通じて広範囲に拡散する。

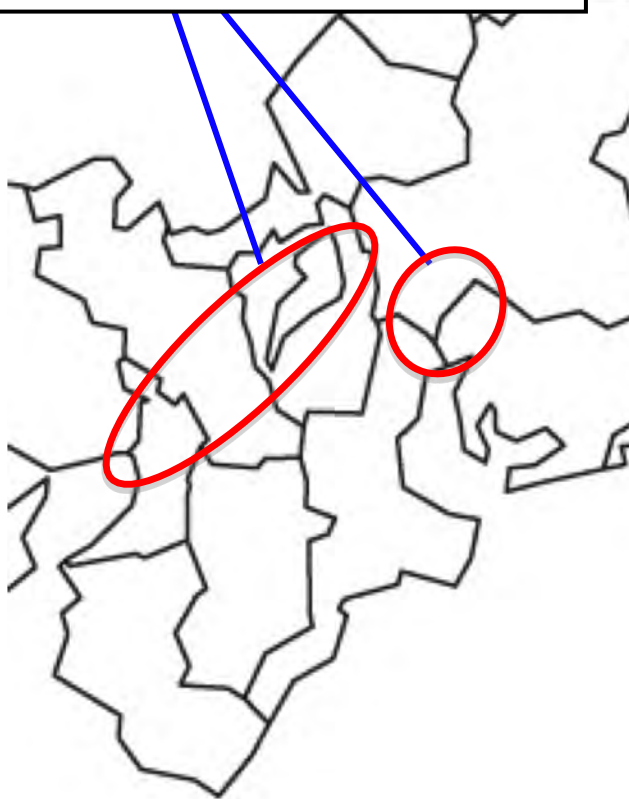
提供：中井克樹



(↑) 写真はカワヒバリガイ属の一種、カワヒバリガイ

～2000年

- ・1990年揖斐川で採集記録
- ・木曾川水系と琵琶湖・淀川水系



台湾シジミ Asian clam

カワヒバリガイ golden mussel

Magara et al. 2001より

～2010年

・1990年揖斐川で採集記録
・木曾川水系と琵琶湖・淀川水系

・2005年：大塩貯水池周辺

・2005年：霞ヶ浦

・2007年：小貝川

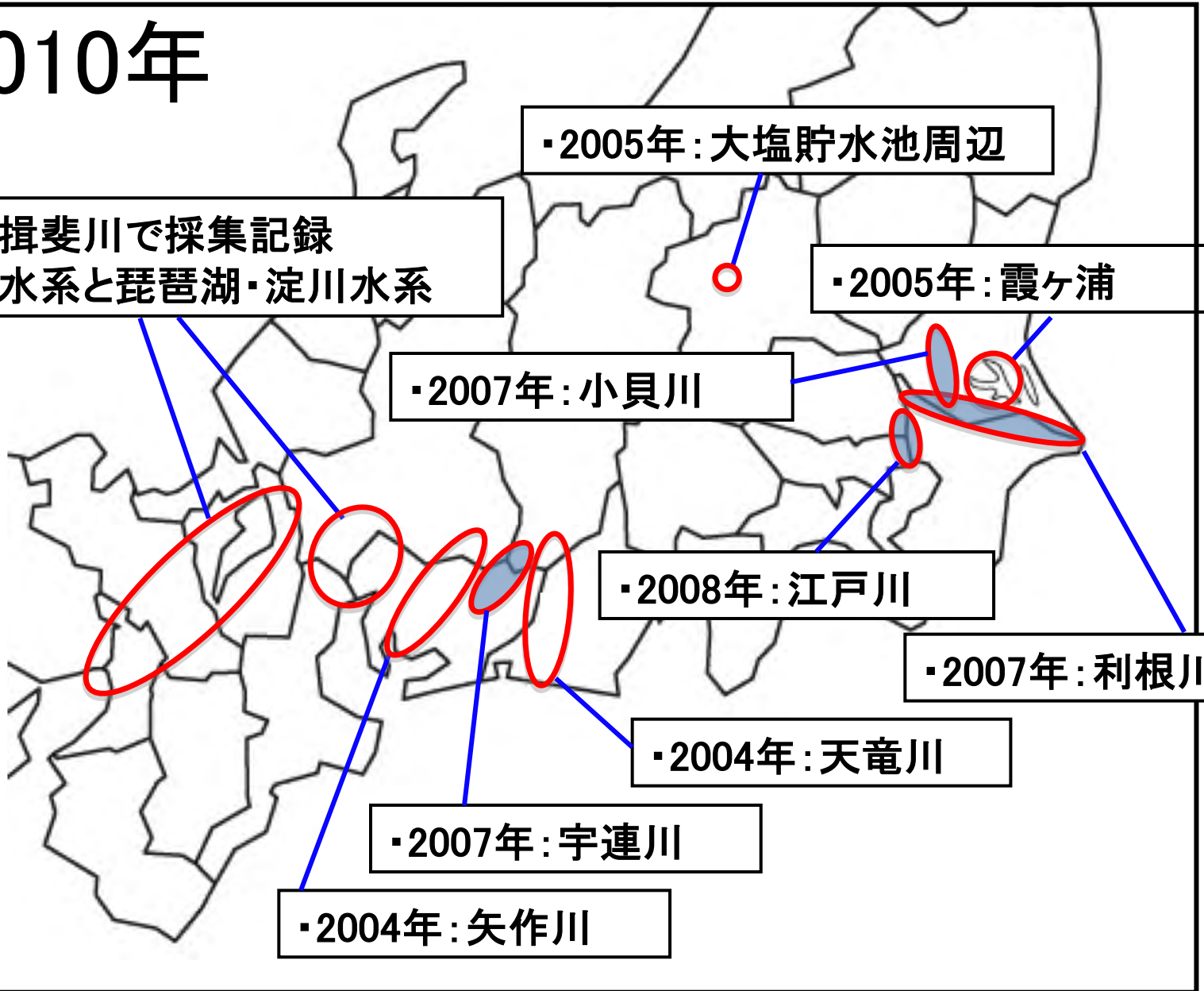
・2008年：江戸川

・2007年：利根川

・2004年：天竜川

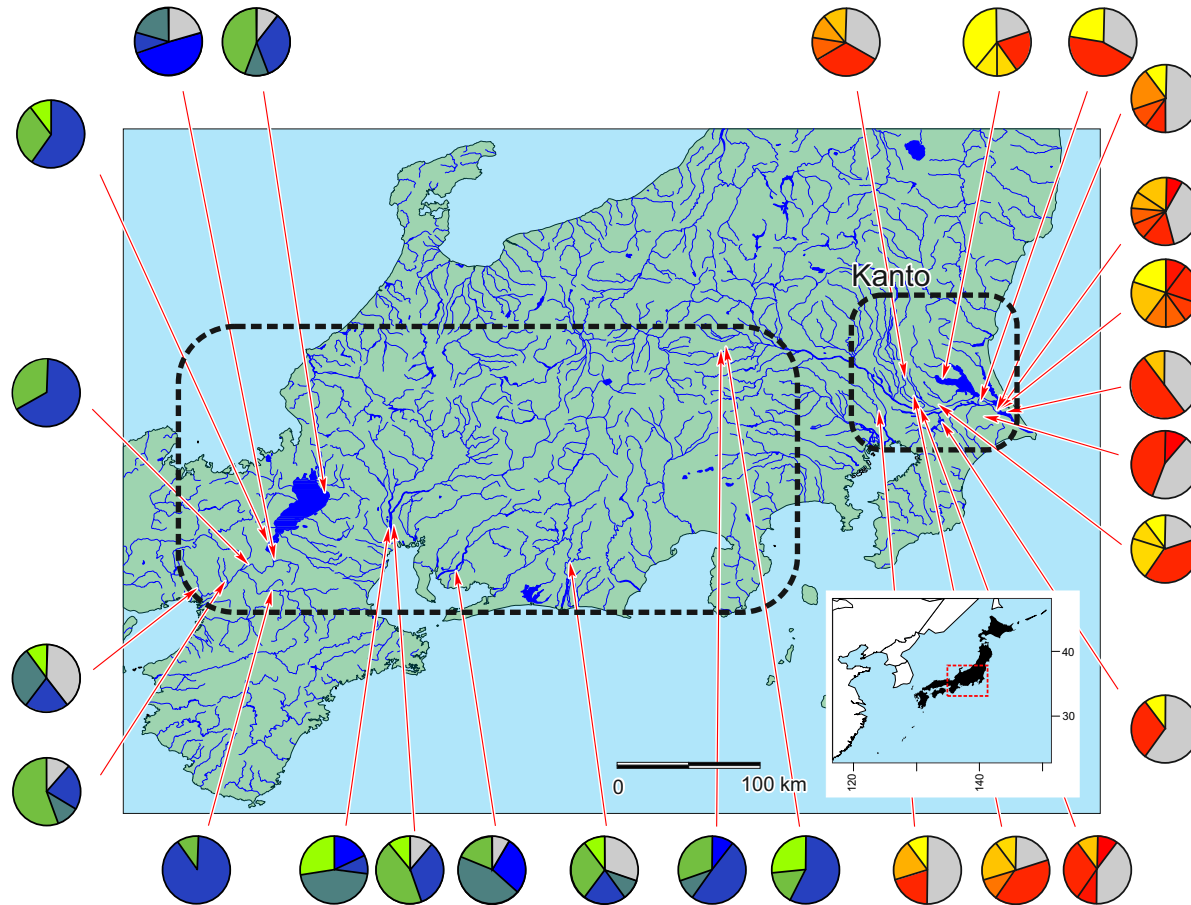
・2007年：宇連川

・2004年：矢作川



国内のカワヒバリガイのハプロタイプ頻度

Sampling localities and haplotype frequencies of *L. fortunei*



Western group
haplotypes



13 17 18 19 20

Haplotype present
in both groups



2

Kanto group haplotypes

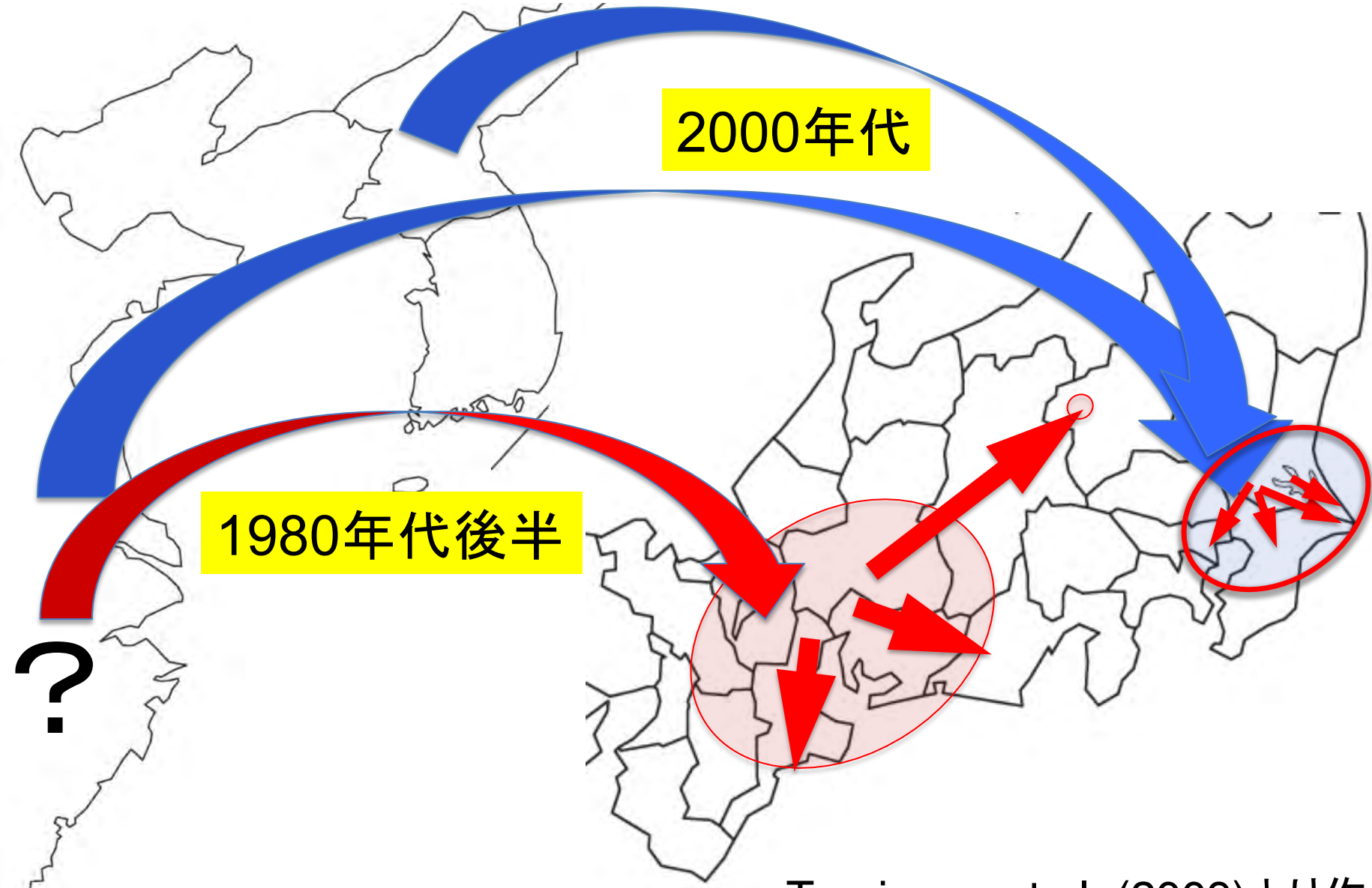


1 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 14 15 16

(Ito, 2015, Tominaga et al. 2009)

カワヒバリガイの日本への侵入・拡大プロセス

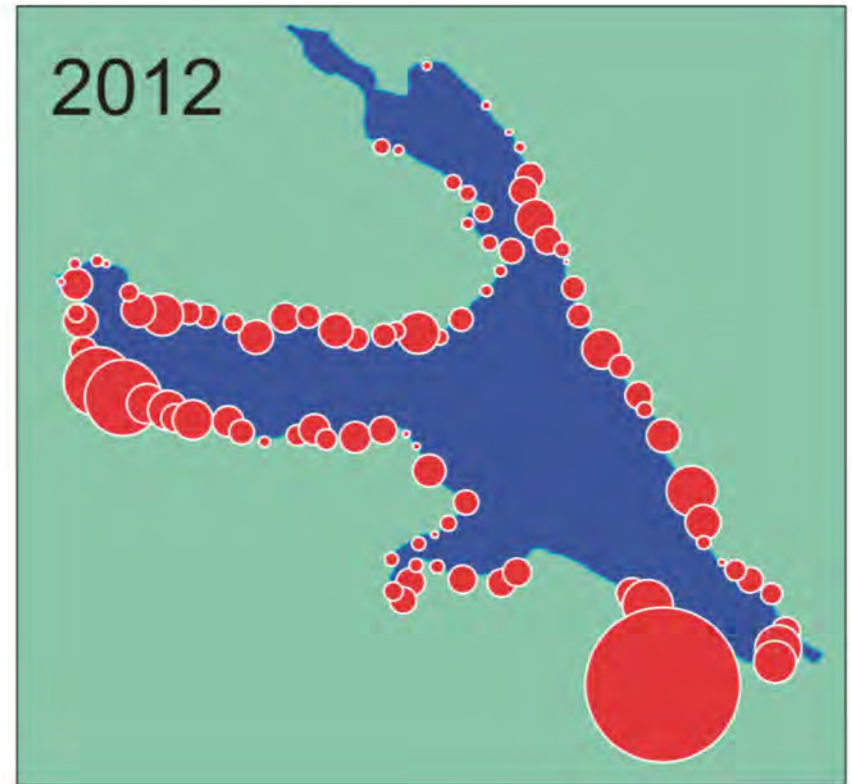
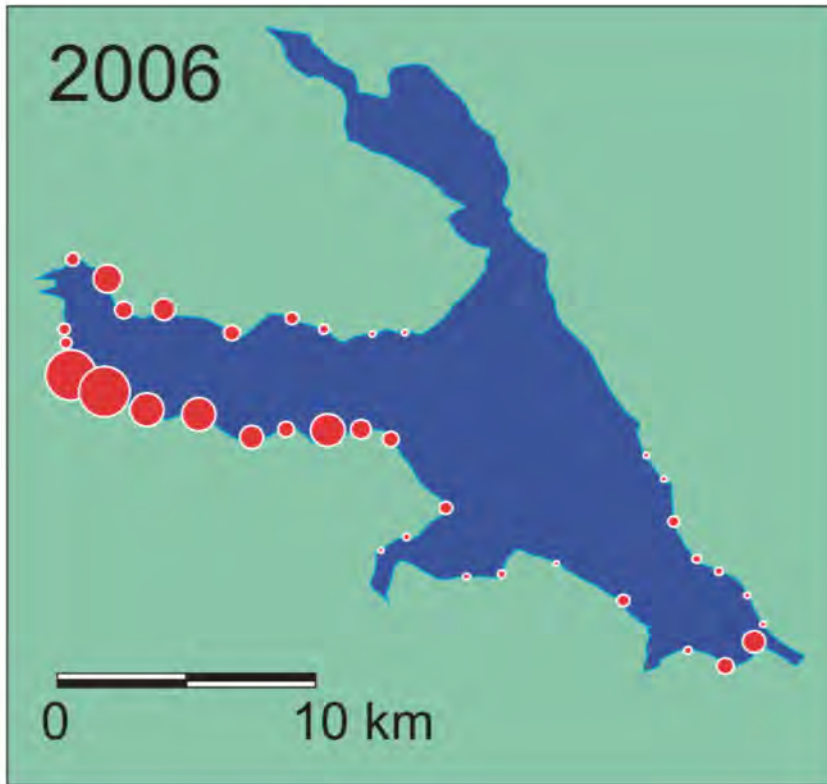
The invasion and expansion process of golden mussel in Japan



Tominaga et al. (2009)より作図

霞ヶ浦におけるカワヒバリガイの分布拡大

Expansion of Golden Mussel in Lake Kasumigaura



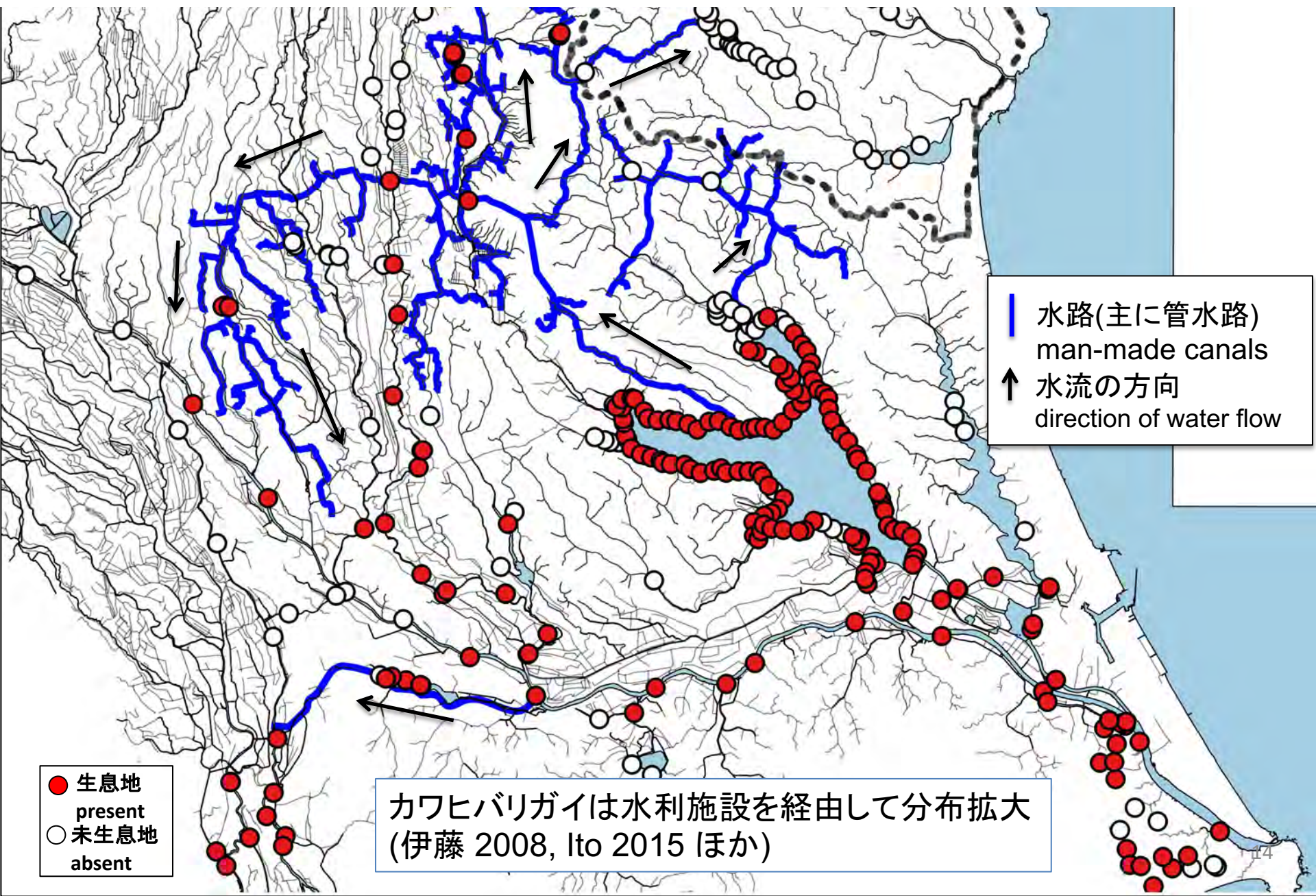
(Ito 2015より)

・2005年に初記録 (須能 2006)

・2006年から2012年までに、湖岸46%⇒83%へと拡大、密度は3.8倍に増加(伊藤&瀧本 2013)

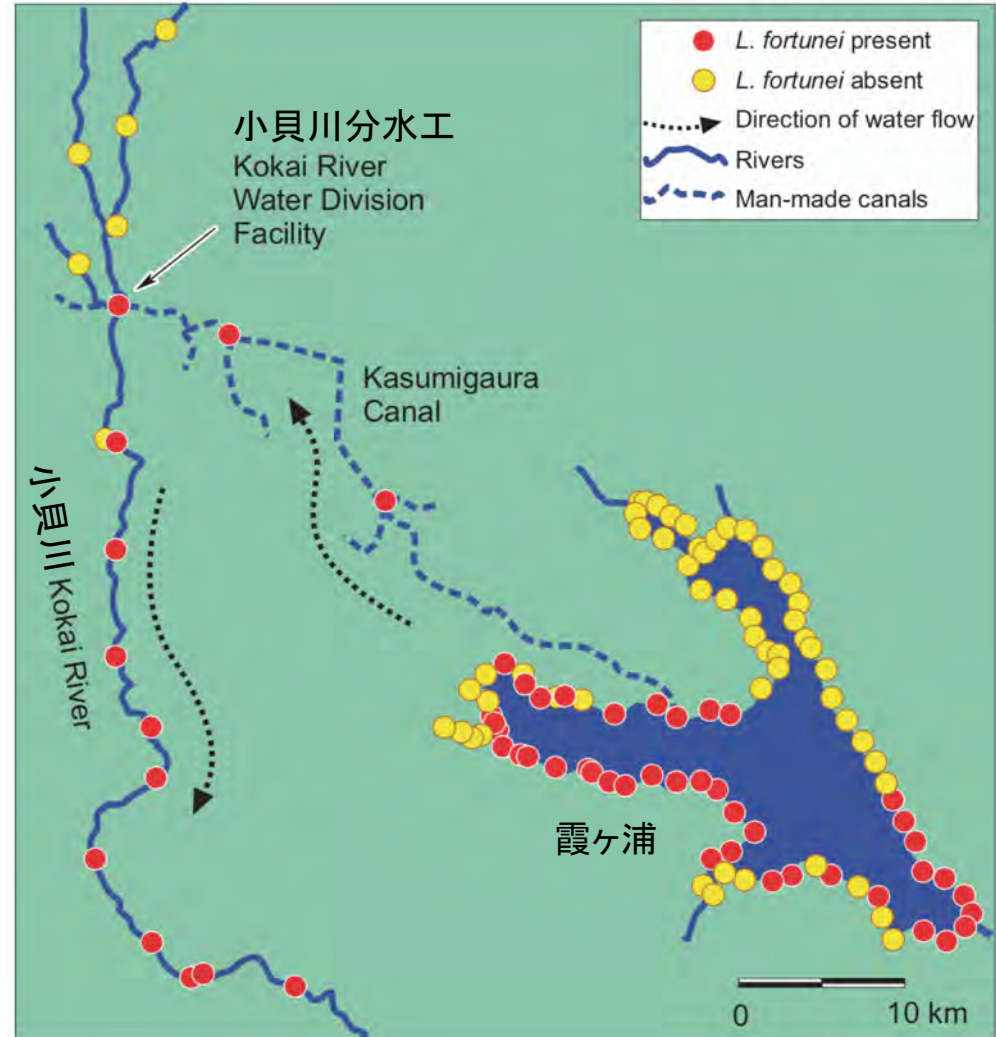
カワヒバリガイの分布(2007-2013)

Distribution of golden mussel in Tone River Downstream Region (2007-2013)



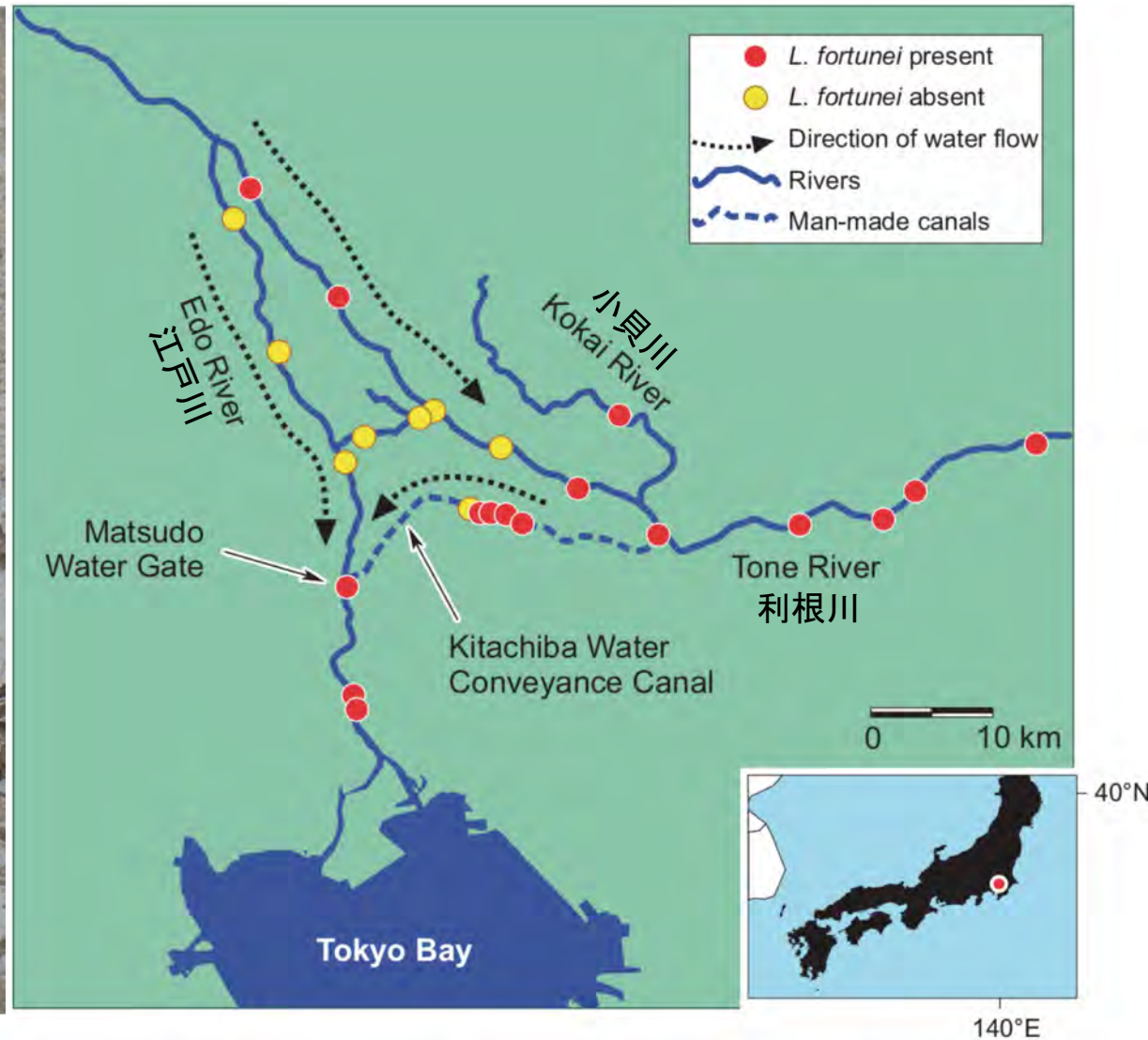
水路を經由した分布拡大：霞ヶ浦⇒小貝川

Expansion of Golden Mussel via Canal: Kokai River



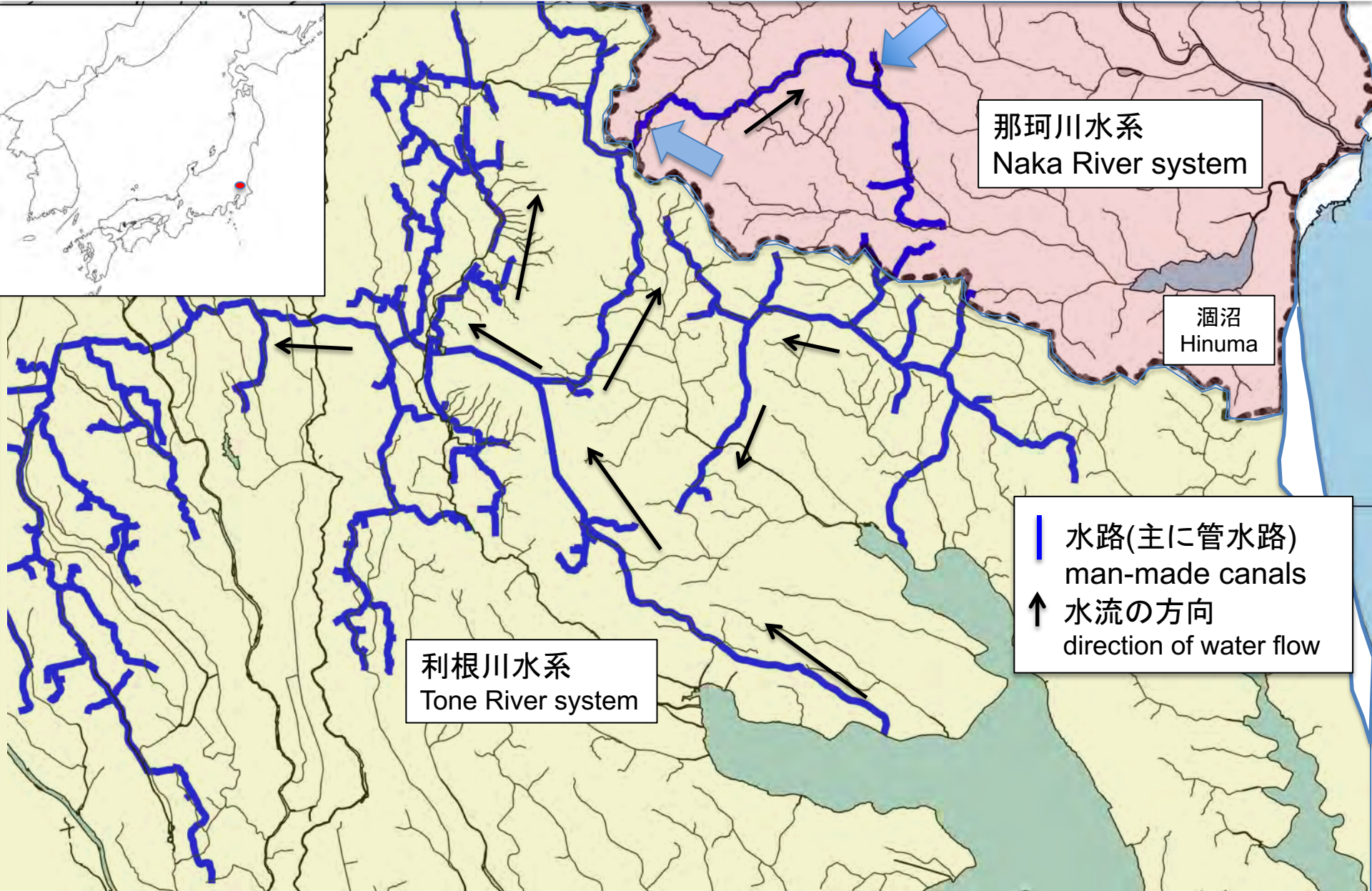
伊藤(2008)を改変

水路を經由した分布拡大：利根川⇒江戸川 Expansion of Golden Mussel via Canal: Edo River



那珂川水系へのカワヒバリガイの新たな侵入確認(2014~)

Introduction of golden mussel in Naka River system (2014~)

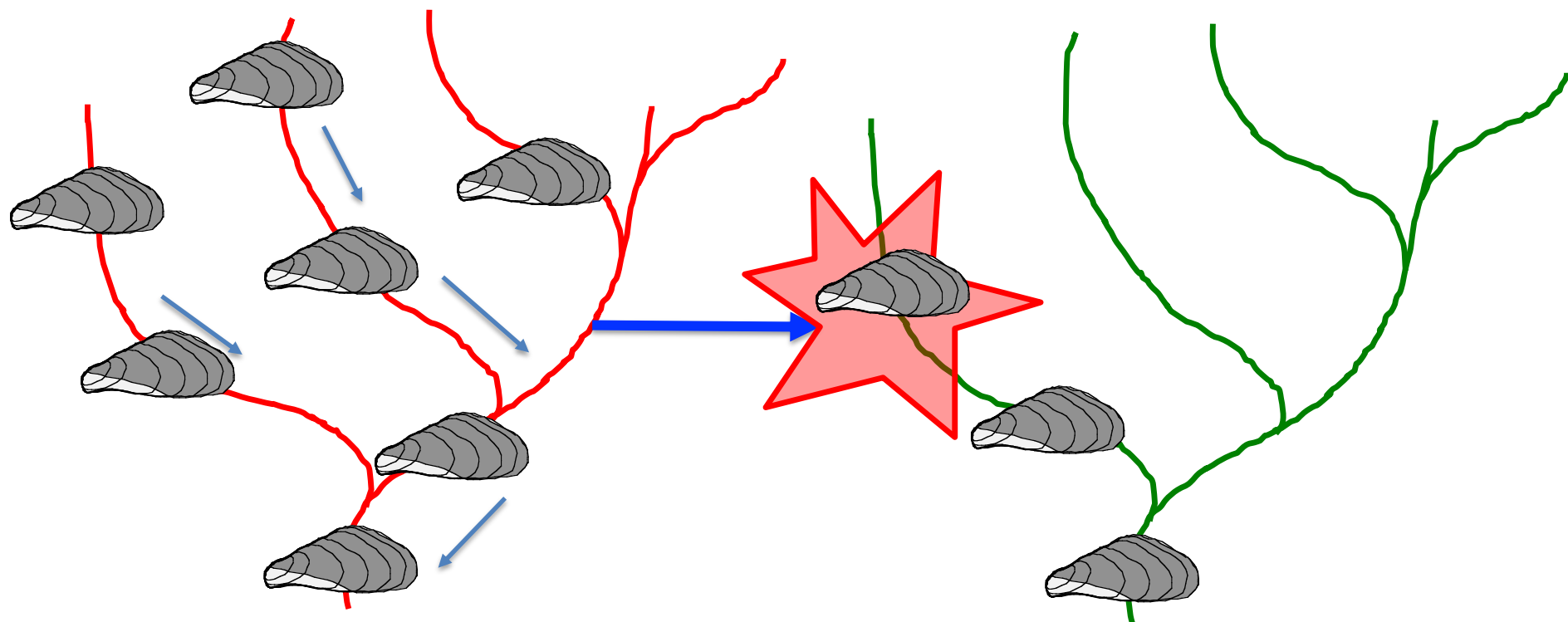


水路を經由した、他水系への分布拡大

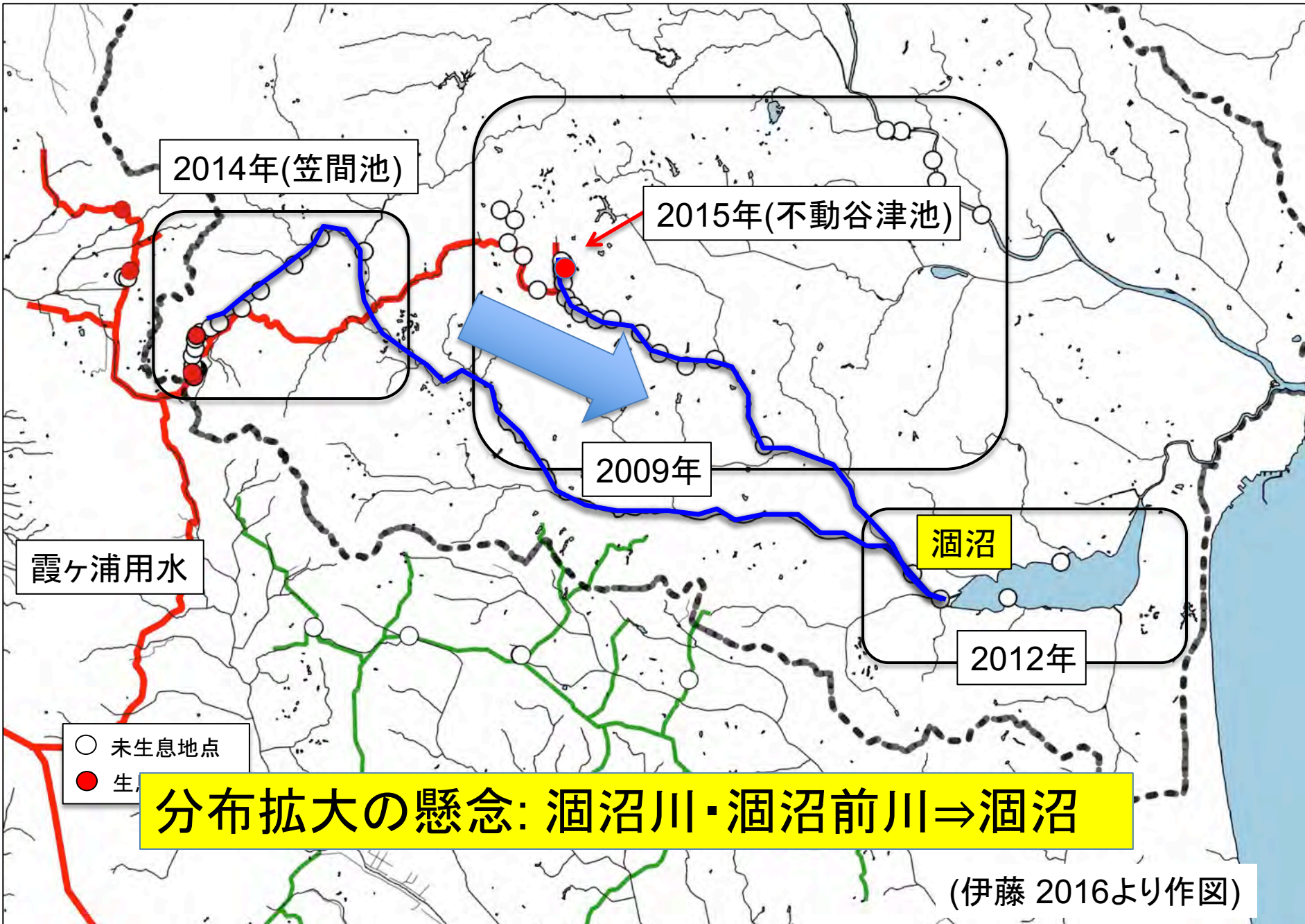
※水系：流路を部分的に共有する、河川や湖沼などの内水面のまとまり

水系 X：外来生物がいる

水系 Y：外来生物がない

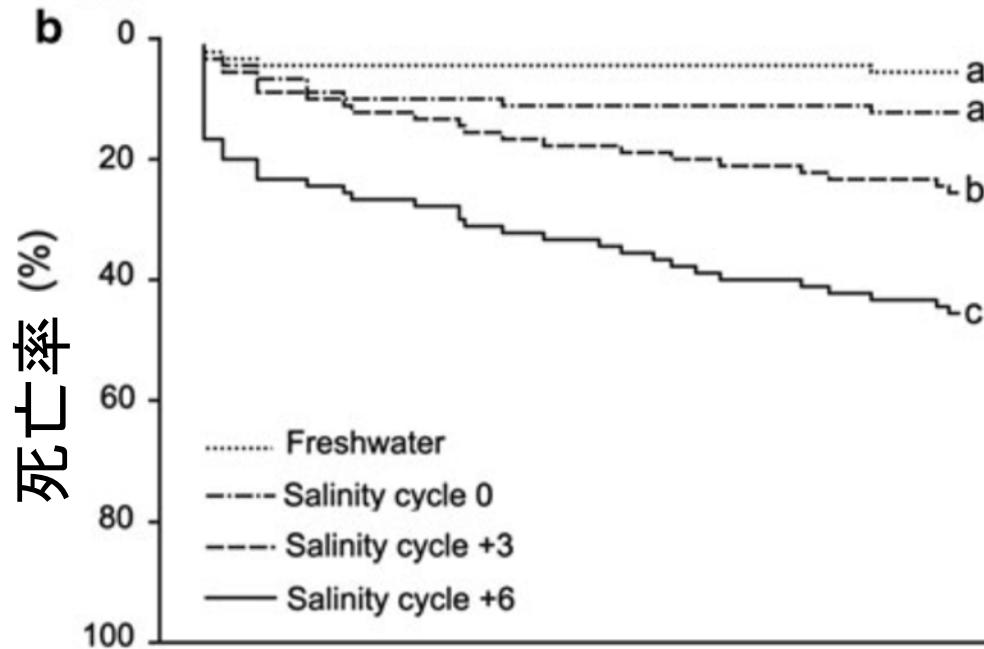


那珂川水系におけるカワヒバリガイ(2015年までのデータ)



汽水域への侵入の可能性

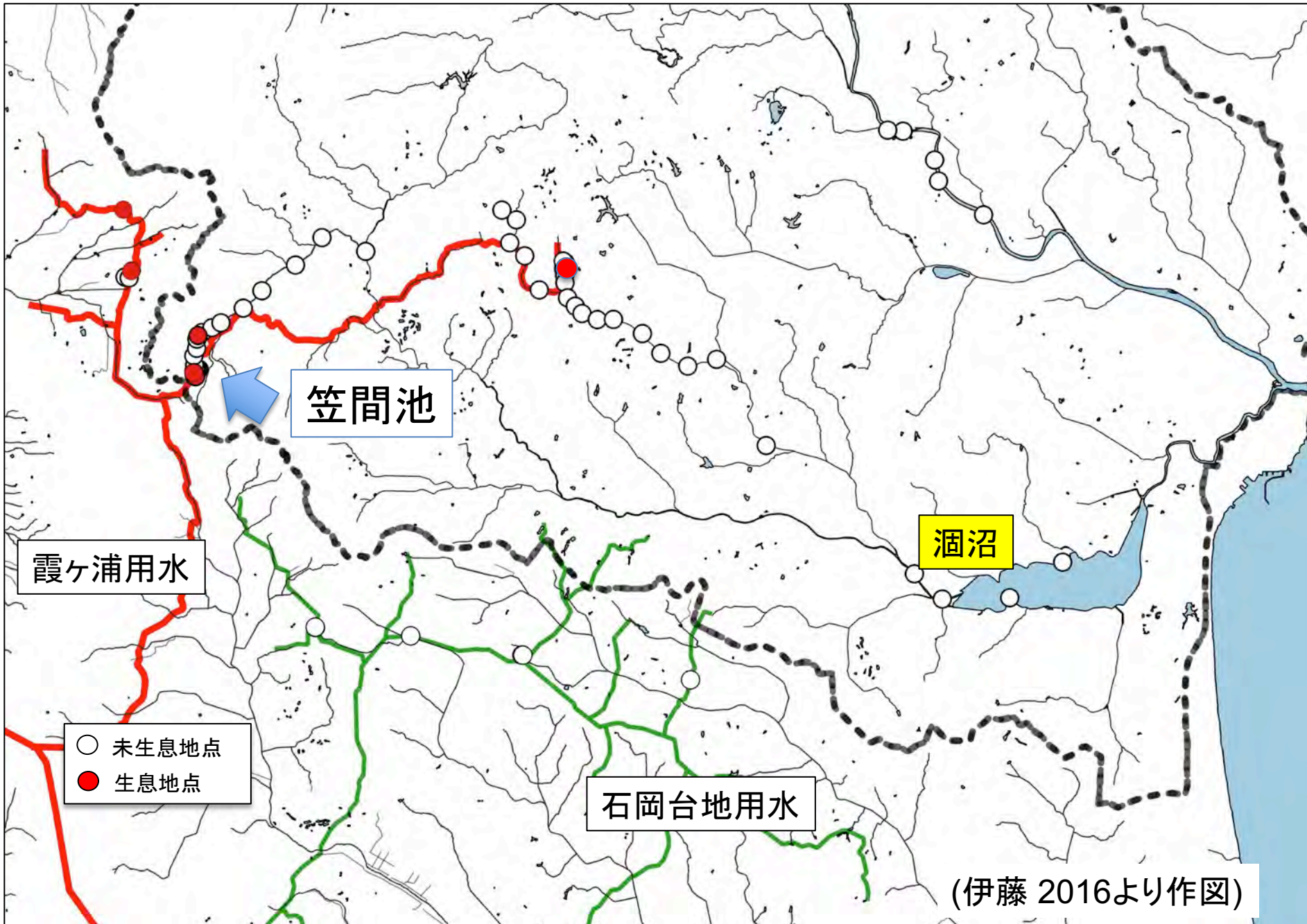
汽水の塩分濃度の変動を模倣した塩水暴露実験



(Sylvester et al. 2013より作図)

- ・汽水の塩分濃度の変動を模倣した暴露実験では、1~23‰に変動する塩分濃度で死亡率に変化なし (Sylvester et al. 2013)
- ・塩分濃度が20‰まで上昇する汽水域でカワヒバリガイが生息 (Matsui et al. 2018)

対策：那珂川水系への流入部での駆除・モニタリング



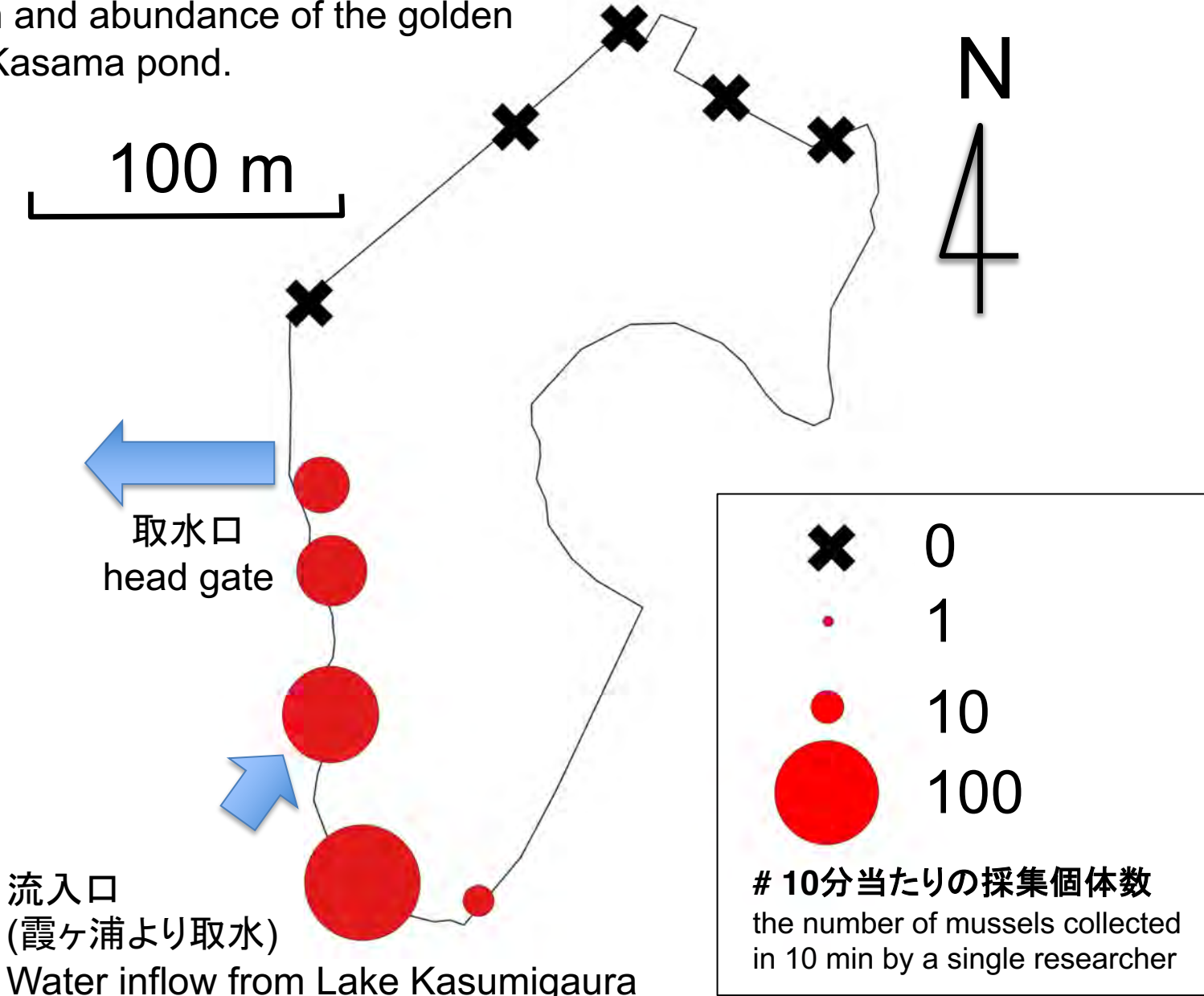
カワヒバリガイの侵入した貯水池(笠間池)
Reservoir where the golden mussel was found (Kasama pond)



カワヒバリガイの侵入した貯水池(笠間池)
Reservoir where the golden mussel was found (Kasama pond)

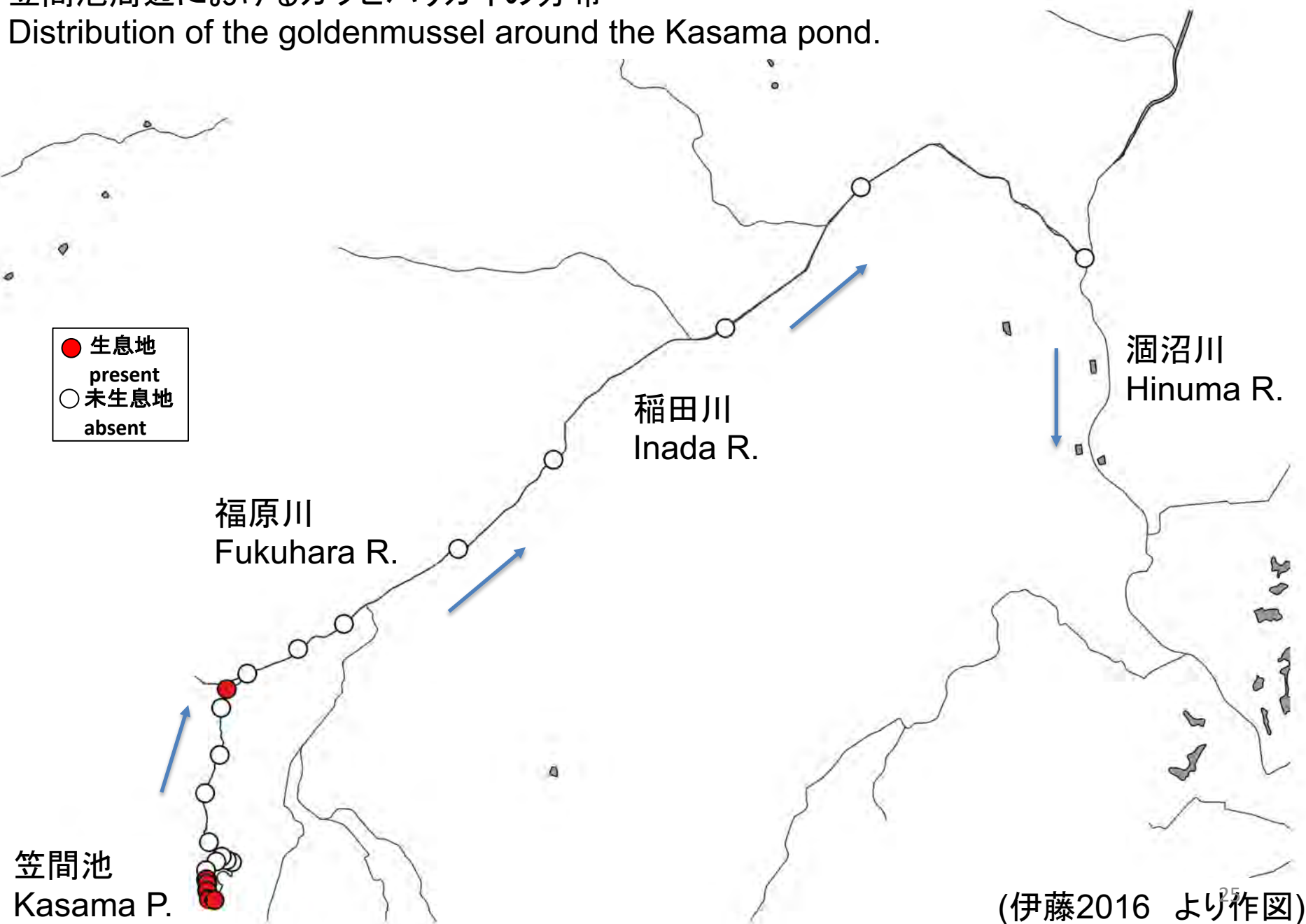


笠間池におけるカワヒバリガイの分布
Distribution and abundance of the golden mussel in Kasama pond.



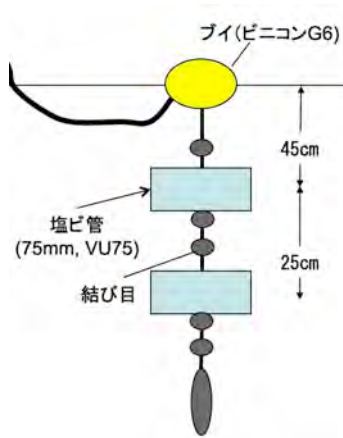
笠間池周辺におけるカワヒバリガイの分布

Distribution of the goldenmussel around the Kasama pond.



対策：モニタリング調査+落水による駆除

Countermeasure: Monitoring + Removal of mussels by draining reservoir



水利施設管理組織と行政・研究機関が連携した対策



特定外来生物カワヒバリガイの 現状と被害対策

1: 国内におけるカワヒバリガイの現状

- ・カワヒバリガイによる被害
- ・侵入・分布拡大に関する知見

2: 被害対策について

- ・対策技術(発電所での対策レビューから)

3: 効果的な管理に向けて

建設技術

電力中央研究所報告

利水施設における淡水付着性二枚貝の
汚損対策に関する文献調査

調査報告：V11007

平成24年2月

財団法人 電力中央研究所

中野 (2012) 利水施設における淡水付着性二枚貝の汚損対策に関する文献調査, 電力中央研究所報告V11007

建設技術

電力中央研究所報告

海外発電所における淡水付着性二枚貝の
汚損対策

調査報告：V14010

平成27年4月

電力中央研究所

中野 (2014) 海外発電所における淡水付着性二枚貝の汚損対策. 電力中央研究所報告 V14010



カワホトギスガイ

クワガガイ

wikipedia掲載画像、パブリックドメイン



カワヒバリガイ

淡水付着性二枚貝を対象とした既存研究における汚損対策の種類(中野 2012)

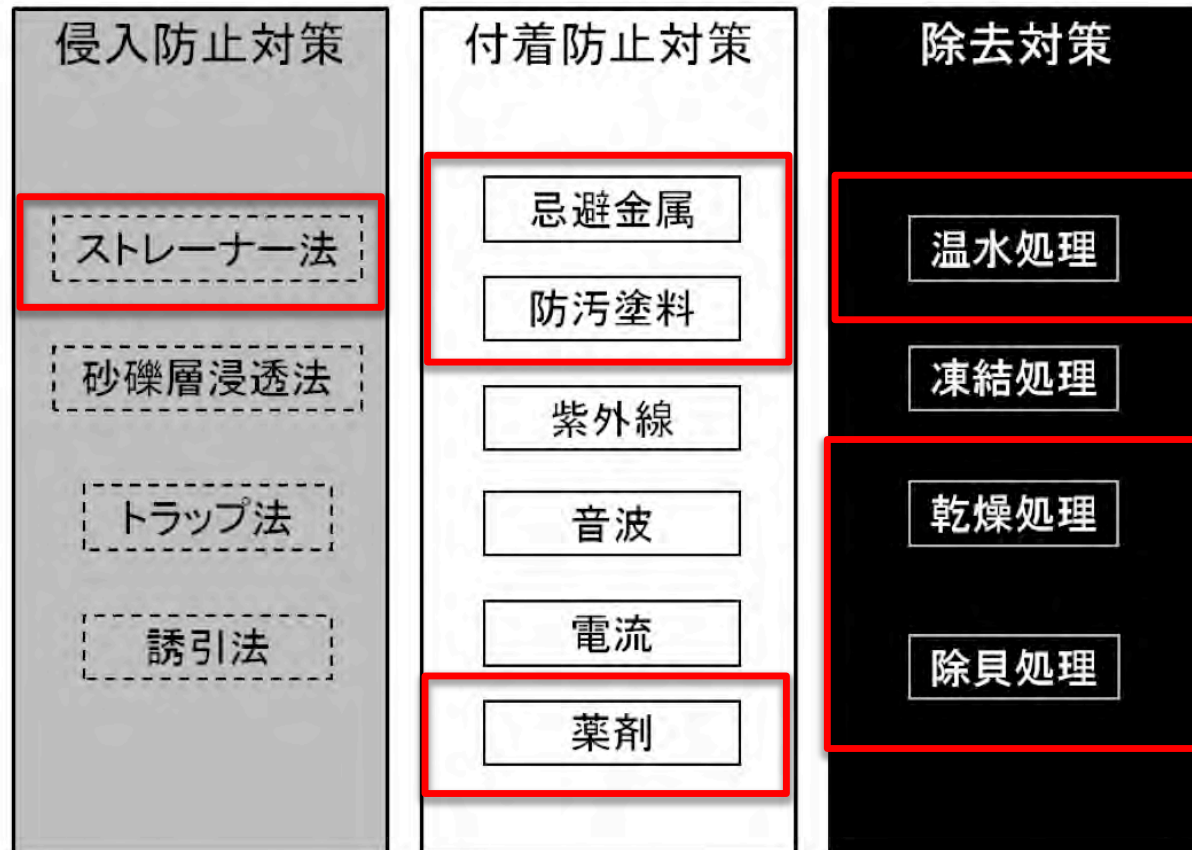
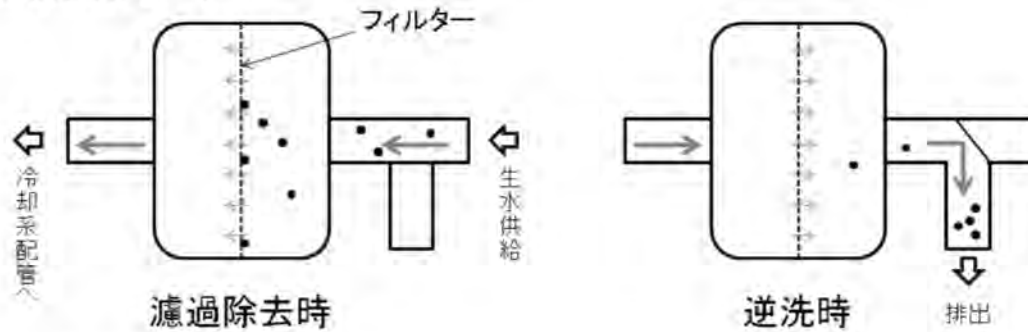


図1 淡水付着性二枚貝を対象とした既存研究における汚損対策の種類

液体から固形物を除去するフィルター

⇒実績・商品もあり / 比較的小規模な場所で適応可能

逆洗式ストレーナー



自動(連続)洗浄式ストレーナー

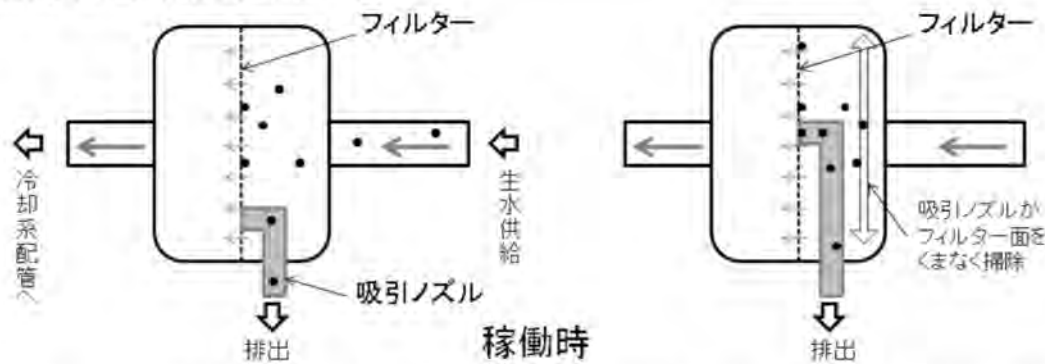


図2 逆洗式ストレーナー(上)と自動(連続)洗浄式ストレーナー(下) ●は水中のゴミ

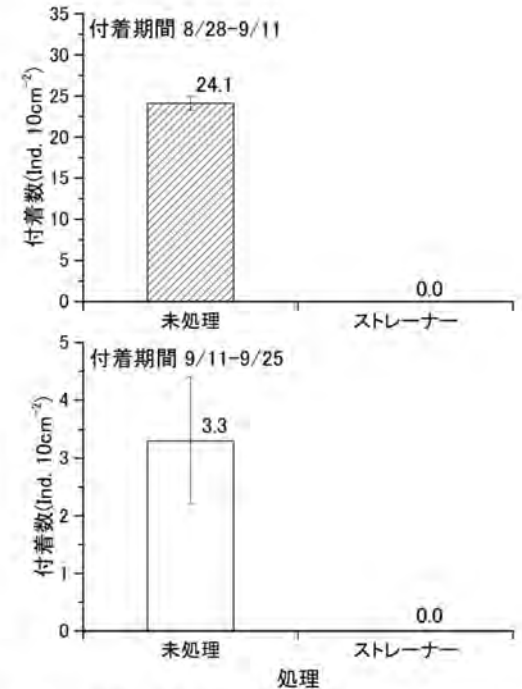


図8 UR30製PD適用時の実験配管内へのカワヒバリガイの付着状況

長さ500mmの半割付着管の付着量から10cmあたりの付着量を算出。図中の浮動棒は3流路の付着数の標準偏差を示す。



カワヒバリガイの侵略を銅管で食い止める!

2011年11月11日、「財団法人 日本鋳業振興会 研究助成による研究成果報告会」が、御茶ノ水の東京ガーデンパレスで開催され、様々な観点から進められている21の研究結果が次々と発表された。

この報告会で、電力中央研究所 小林卓也氏より『銅によるカワヒバリガイ付着抑制作用に関する研究』結果が発表され、業界内外の多くの来場者の注目を集めた。カワヒバリガイとは何か、どのような被害が広がっているのか、その対策に銅管がいかに役立つのか…。電力中央研究所と日本銅センターが協力し、1年以上実験を続けてきたこの研究報告の概要をここでまとめてみよう。



グラフ 1 各管材における1m当りのカワヒバリガイの付着固体数



グラフ 2 各管材における送水実験終了時の流速



写真-2 スクリーンへの付着状況

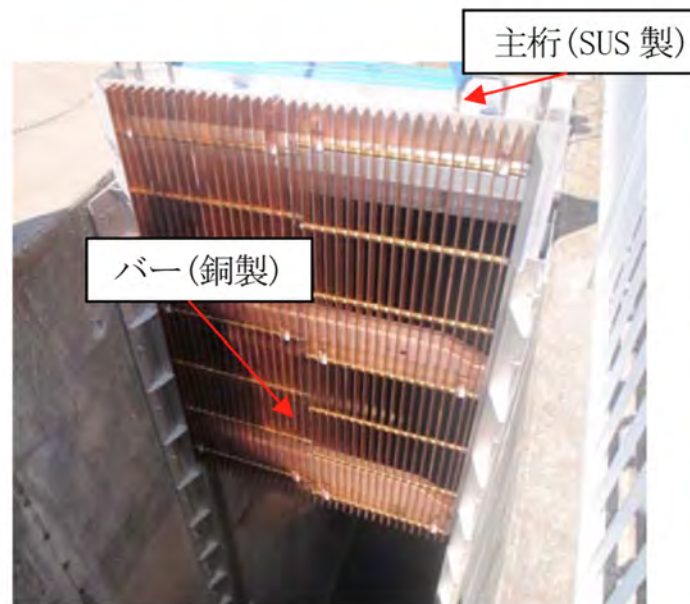
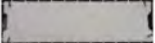
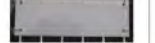

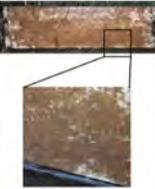









写真-4 スクリーンB 外観

下園ら (2017)

- ・シリコーン系、エポキシ系、銅系などの付着防止塗料に効果が認められる
- ・耐用年数に限界がある / 大規模な導入にはコストの高さが問題か？

表4 試験片への固着状況

調査年月	固着防止資材	対照資材		
	ライニング (※1)	コンクリート片	FRPM片 (※2)	ブロック片
2008年12月	<ul style="list-style-type: none"> ・撥水性シリコーン系塗料 ・表面平滑 ・無毒、長期防食性 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面平滑 ・用水の補修に使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・モルタル調で表面に小さい穴があるが全体に平滑 ・打設した初期を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面はざらざら ・コンクリートの劣化が進んだ状態を想定
	 14cm×60cm, 厚さ 2.5cm	 14cm×60cm, 厚さ 2.5cm	 10cm×30cm, 厚さ 1cm	 30cm×30cm, 厚さ 2.5cm
2010年2月	 0 個体/m ²	 262 個体/m ²	 0 個体/m ²	 2,255 個体/m ²
	 143 個体/m ²	 1,179 個体/m ²	 2,267 個体/m ²	 2,500 個体/m ²

※1 下塗り材 エコマックス B1 (エポキシ樹脂塗料, 中国塗料株式会社)
 上塗り材 バイオクリン SPG (シリコーン系塗料, 中国塗料株式会社)

※2 栗本化成工業株式会社



図 41 塗装区間における水路壁面への固着個体数

- ・海外での実績が多く、効果のある資材は多い
- ・付着防止に使われることが多い(理由:殺菌は高濃度暴露が必要)
- ・日本国内・野外での使用は、周辺住民・水利権者等との合意が必須

[塩素系薬剤]

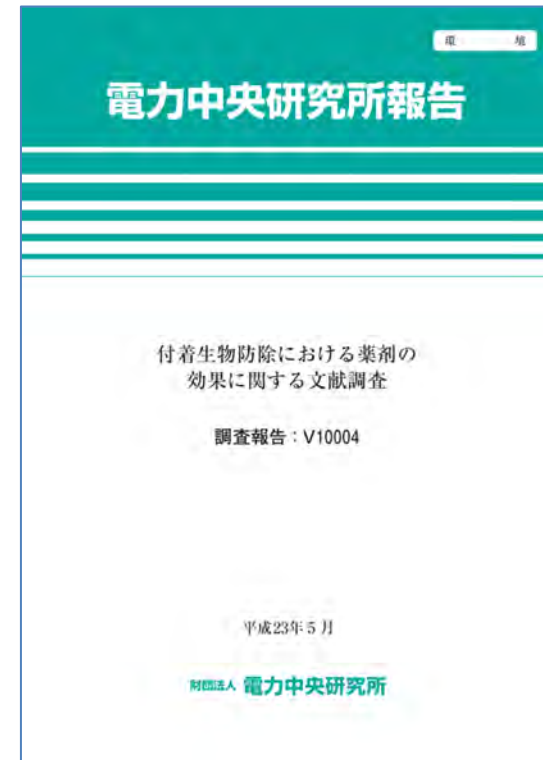
- ・ゼブラガイ・カワヒバリガイ等で実績あり
- ・国内の水道局で使用実績 (中西・向井 1997)
- ・下水処理などでも利用。排水規制なし
⇒環境影響大きい (吉村ら 1998)

[オゾン]

- ・ゼブラガイ・カワヒバリガイ等で実績あり
- ・水道施設で水の味・臭気改善に利用

[その他の薬剤]

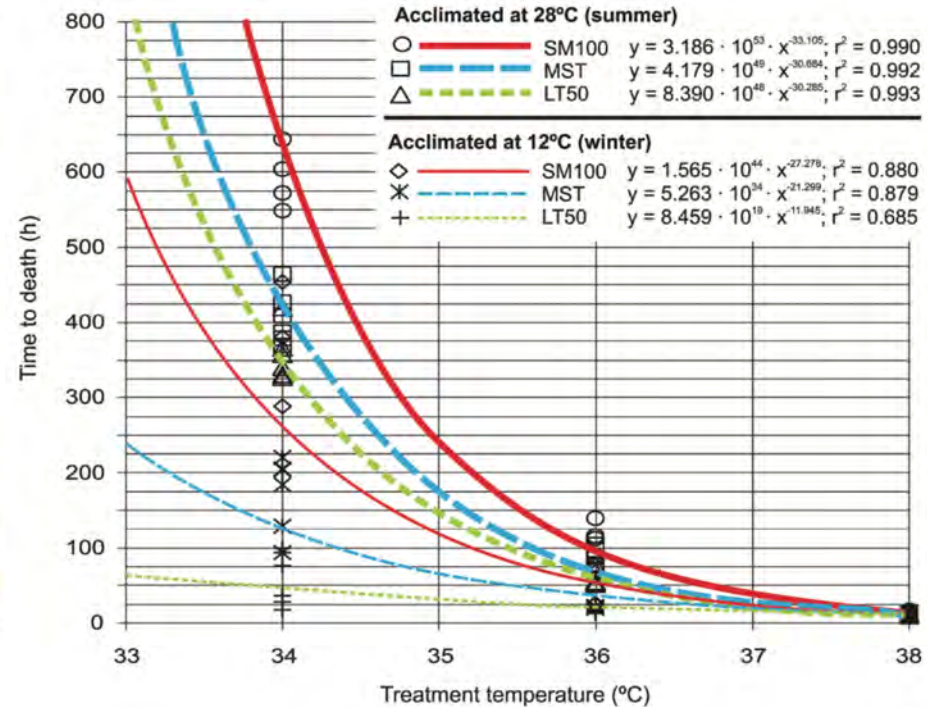
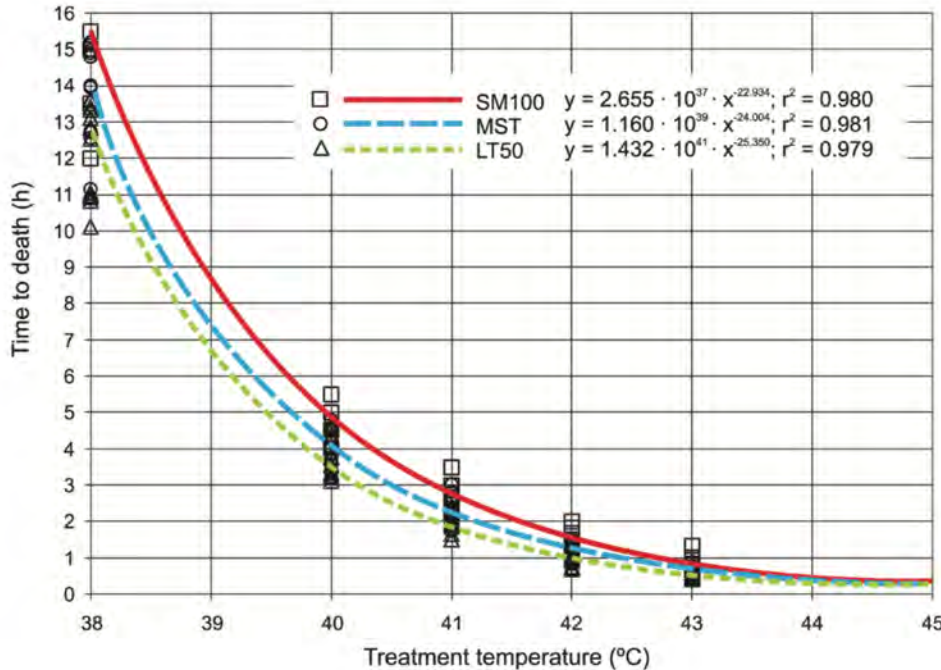
- ・海外での事例あり。



古田 (2010) 付着生物防除における薬剤の効果に関する文献調査. 電力中央研究所報告 V1004

⇒野外での試験では、環境に影響の少ない薬剤を選び、周辺住民や水利権者などの了解を事前に得る必要あり(環境省 水・大気環境局農薬環境管理室)

- ・40度弱の温水に暴露させて死滅させる / 海外の発電所で実績あり
- ・高温ほど短時間で死滅。馴致温度が高いと高温耐性が高くなる



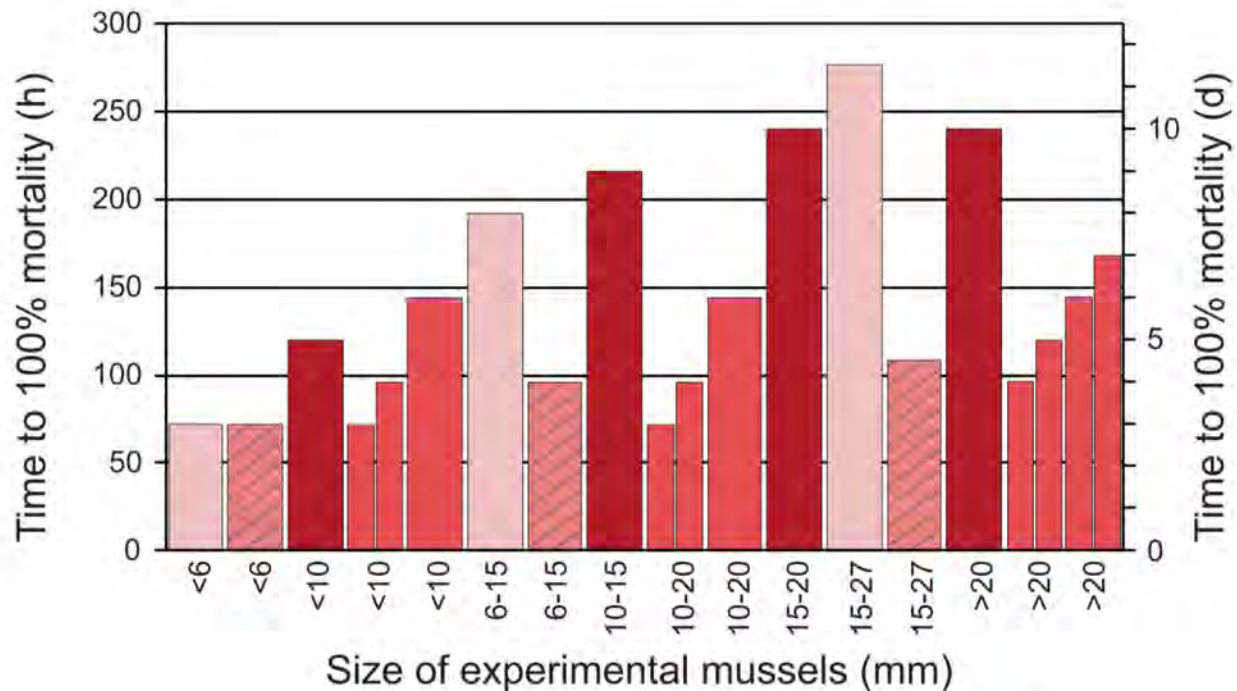
水温とカワヒバリガイが死滅する時間の関係

馴致温度の異なるカワヒバリガイの死滅に必要な温度と時間の関係

Perepelizin and Boltovskoy (2011)より

乾燥処理

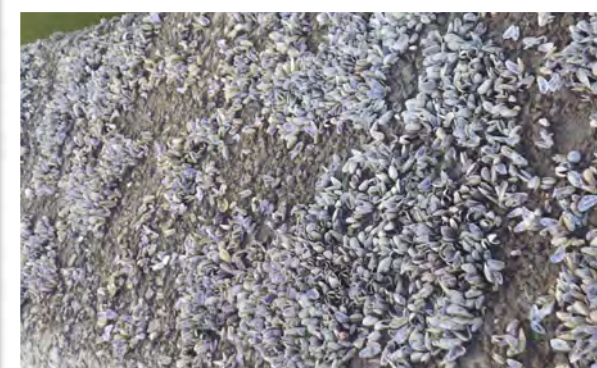
- ・乾燥条件下で数日～10日程度で死滅
- ・低コスト+環境負荷が低い⇒農業利水の現場で使用
- ・大型個体 / 高湿度(濡れた状態)では死ににくい



9.1-16.5°C Montalto and Ezcurra de Drago (2003) (Lab)
 14.8-16.6°C Montalto and Ezcurra de Drago (2003) (Outdoors)
 24.6-25.4°C Darrigran et al. (2004)
 26-30°C Iwasaki (1997)

Fig. 2 Survival of *Limnoperna fortunei* exposed to air as a function of mussel size. Narrow bars are paired to denote the range of values reported. Based on data listed in Table 1)

駆除技術



Montalto 2015

落水を実施した貯水地

機械的除貝

駆除技術

- ・物理的な駆除、死貝の除去
- ・重機の使用 / 配管内部に溜まった死貝の除去
- ・廃棄物の処理も問題(生きたままの運搬は禁止)



図 63 幹線水路（開水路）で重機を用いた除去の事例



図 64 アングルバルブにおける除去手順



図 65 一筆用給水栓（写真左）一筆用給水栓への接続状況（写真右）

表1 既存対策（物理的除貝）と国内の発電施設への適用に有望な対策の特徴

対策	適用 スケール*	メリット	デメリット
除貝処理 : 人力・機械で物理的に除去	1, 3, 4	<ul style="list-style-type: none"> 汚損状況に応じて実施・不実施を選択可能 効果の確認が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄物の発生 小径配管では実施困難
ストレーナー法 : 細かいフィルターで貝の侵入を防止	2	<ul style="list-style-type: none"> ランニングコスト小, 機器が長寿命 	<ul style="list-style-type: none"> 導入時のコスト大
忌避金属 : 銅合金を汚損を回避したい部位に導入	1, 2	<ul style="list-style-type: none"> メンテナンスが基本的に不要 効果の持続期間が長い 	<ul style="list-style-type: none"> 強度の問題から導入可能な場所に制限 導入コストが比較的大
防汚塗料 : 銅系・シリコン系等の塗料を汚損を回避したい部位に塗布	1, 3, 4	<ul style="list-style-type: none"> 導入コストが比較的小 メンテナンスが基本的に不要 	<ul style="list-style-type: none"> 定期的（3-5年）な塗り替えが必要 小径配管への塗布は困難
薬剤 : 塩素・オゾンを注入	1, 2, 3, 4	<ul style="list-style-type: none"> 広範囲に防汚効果を発揮 設備の大規模な改変が不要 	<ul style="list-style-type: none"> ランニングコスト大 対象外生物への影響が不明
紫外線 : 水銀灯によって紫外線を照射	1, 2	<ul style="list-style-type: none"> 設備が小型 	<ul style="list-style-type: none"> ランニングコスト大
温水処理 : 約40℃の温水を小配管に通水し殺貝	2	<ul style="list-style-type: none"> 短時間で効果を発揮 	<ul style="list-style-type: none"> 実施時期と頻度に制約 (幼生発生終了後早期に毎年実施)

*: 1, センサー等の局所; 2, 冷却系小径配管; 3, 発電系大径配管; 4, 導水路

(中野 2012)

施設毎に環境、実施可能性、経済性などに応じた対策手段の組み合わせが必要 (Darrigran 2009)

効果的な管理に向けて

- 初期対策の重要性

⇒対策の効果

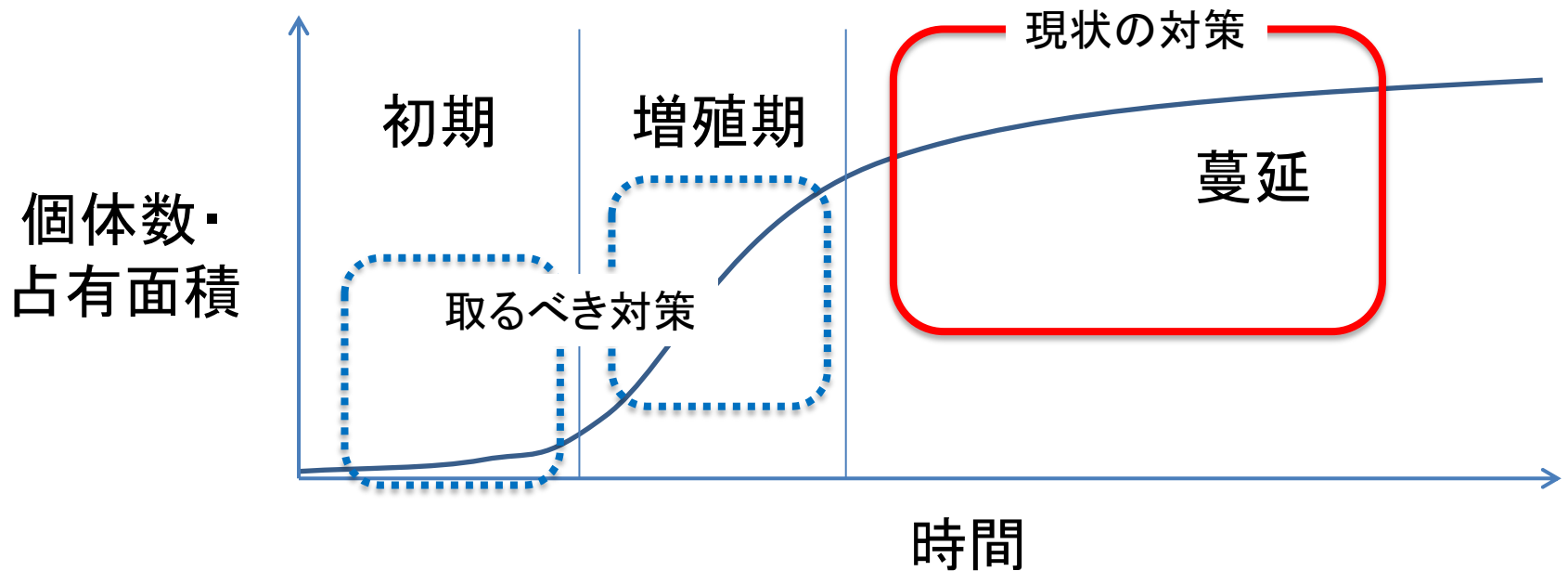
北米(ゼブラガイ)の例:初期の対策コスト大

原因:対策が洗練されコスト低下(Connelly et al. 2007)

⇒外来種対策

- 水系全体を見据えた対策

外来種の侵入程度に応じた 管理の目標設定



侵入前

⇒侵入機会を減少させる。

侵入初期～増殖期

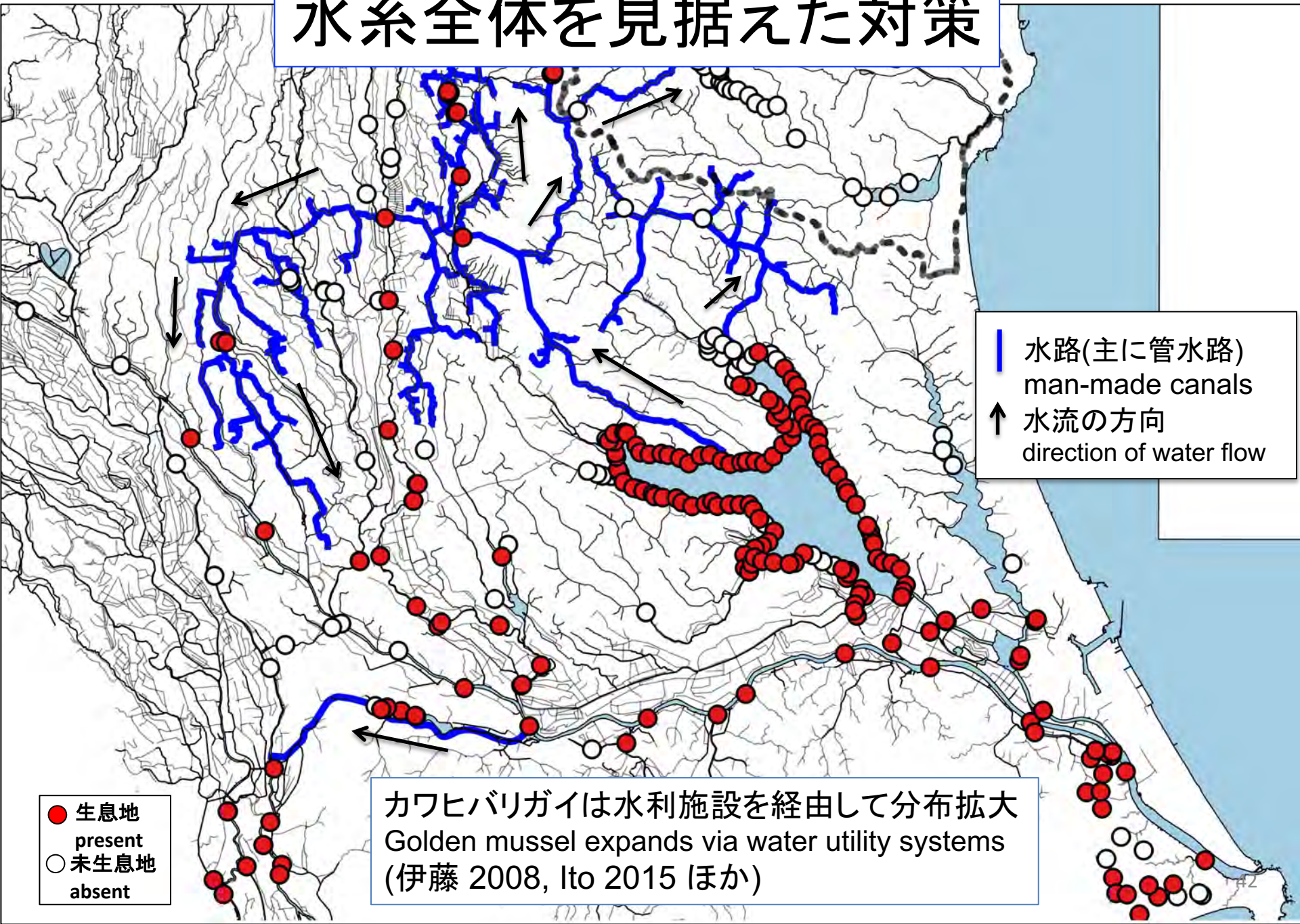
⇒供給源と分布末端での対策により駆除を目指す。

蔓延・駆除困難期

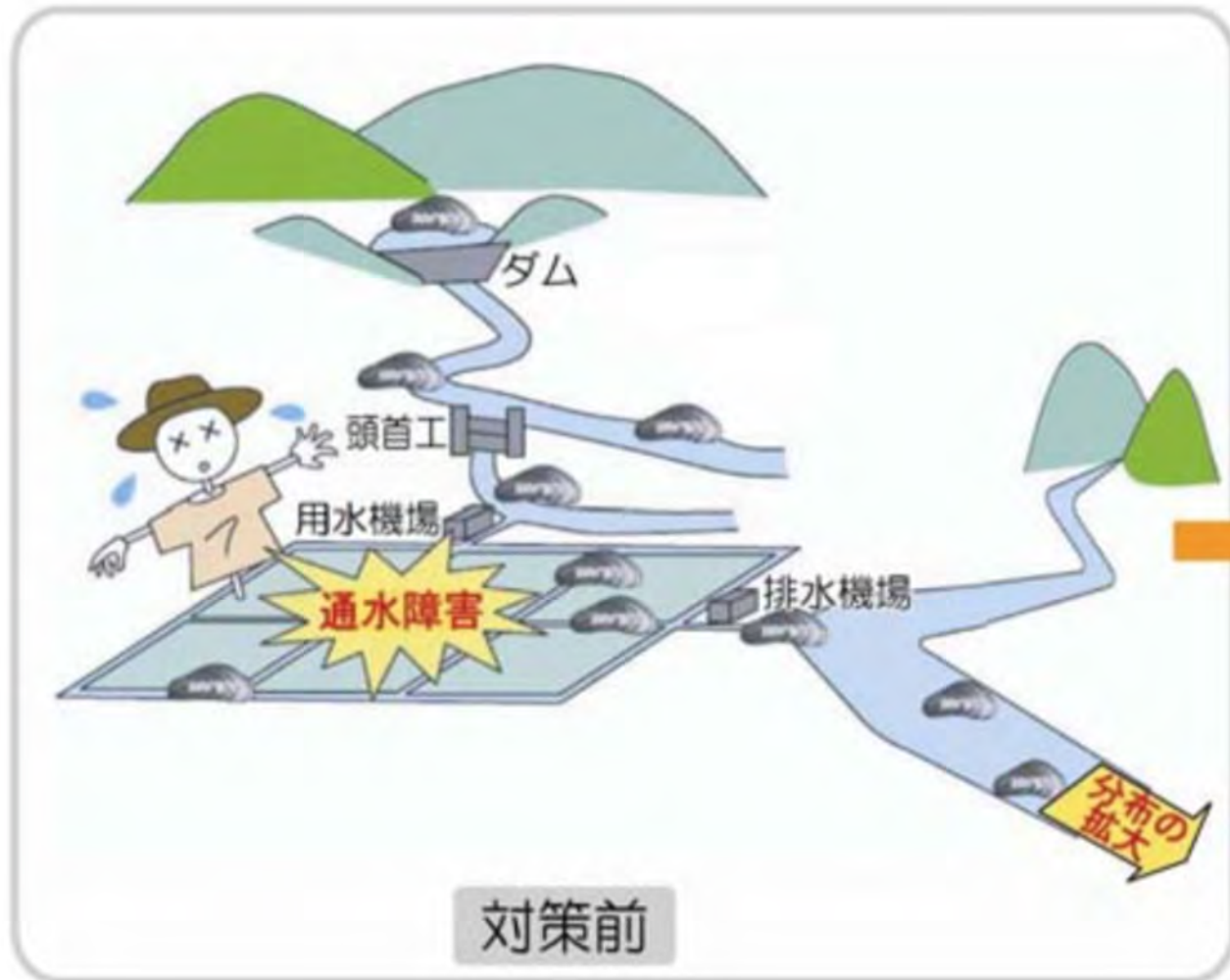
⇒利用・保全上重要な場所で重点的に抑制し、在来種の絶滅や甚大な経済被害を回避。

・発生量の少ない施設、侵入の懸念される施設でのモニタリングと対策

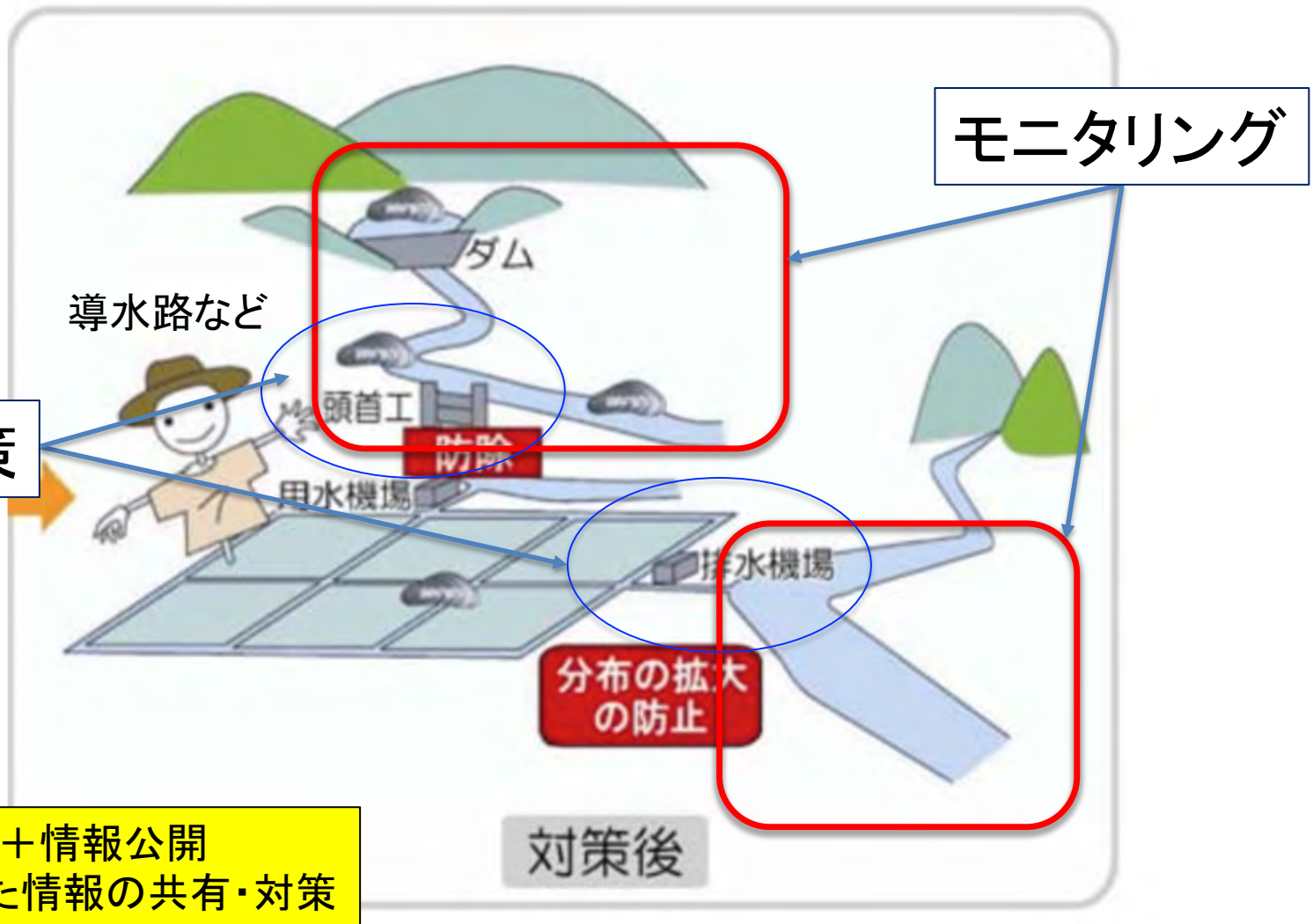
水系全体を見据えた対策



水系全体を見据えた対策



水系全体を見据えた対策



農林水産省 平成31年度戦略的プロジェクト研究推進事業 「野生鳥獣及び病害虫等被害対応技術の開発」

1. 現場ニーズ対応型研究（気候変動・環境対応関係）

野生鳥獣及び病害虫等被害対応技術の開発

（うち農業被害をもたらす侵略的外来種の管理技術の開発【拡充】）

平成31年度予算概算決定額：30(0)百万円

研究期間：H31年度～H35年度

背景と目的

- ・ 気候・環境変動の影響により、我が国への侵略的外来種の侵入・定着リスクが急増。2018年1月にも16種の侵略的外来種が外来生物法の特定外来生物として追加指定されたところ。
- ・ 一方で、生物多様性条約第10回締約国会議（CBD/COP10）において、2020年までに侵略的外来種が特定され、その定着を防止するための対策を講じることが「愛知目標」として合意されている。
- ・ そのため、すでに農地を侵害し被害をもたらしている特定外来生物を含む侵略的外来種への対策は喫緊の課題であり、これらの生物の増殖・拡散を抑制する管理技術の開発が必要。

研究内容

- 環境DNA等を利用したモニタリング・分散防止技術の開発
- 在来種との競合等の生物間相互作用を含む生態特性の解明
- 生態特性に応じた選択的防除法等の適正管理技術の開発

期待される効果

- CBD/COP10愛知目標の達成に貢献、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム(IPBES)の提言に対応
- 農地を侵害する侵略的外来種の管理コストを大幅削減

研究目標

- 侵略的外来種を迅速に検出するとともに、経時的にモニタリングする手法を確立し、分散を防ぐ体制を整える
- 侵略的外来種の適正管理に有効な資材を開発する
- 侵略的外来種の農地への侵入・定着を防止するためのツールをまとめた対策マニュアルを作成し、普及する



<具体的な対象モデル外来種>

カワヒバリガイ等の外来二枚貝が
農業用水路1%で発生した場合の
駆除費用：**年間約15億円**

アレチウリ等の外来植物が
0.1本/m²の頻度で発生した場合の
作物減収額：**年間約20億円**

（東北農政局平成29年度統計資料より試算）