



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	サステナな栽培漁業をめざして : 遺伝子で診る
Author(s)	北田, 修一
Relation	市民講座: サステナビリティ水産科学の理論と実践 = Public Lecture: Theory and Practice of Fisheries Sustainability Science. 2010年11月9日 (火). 函館市地域交流まちづくりセンター, 函館市.
Issue Date	2010-11-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/44252
Type	conference presentation
File Information	4_Kitada.pdf



サステナな栽培漁業をめざして — 遺伝子で診る

北田修一



東京海洋大学海洋科学部

栽培漁業

- **人工繁殖**で生産した種苗の放流により資源量を増加し、管理して収穫する漁業 (stock enhancement, sea ranching)
- サケやタラに始まり140年の歴史。世界の40カ国以上で実施
- 日本の沿岸漁業生産130万トンの40%以上を支える
- 絶滅危惧種などの**保護増殖** (supportive breeding, creative conservation)
- 今後200年間で何千もの種が人工繁殖を必要とする (Allendorf & Luikart 2007)



栽培漁業・養殖が生態系に与える影響

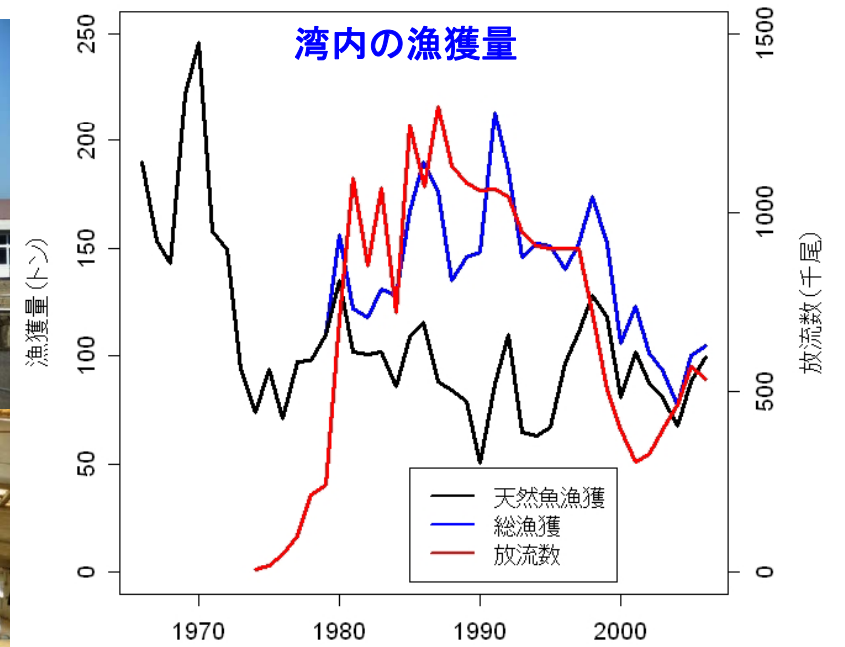
- 1980年代後半に欧米から懸念広がる
- サケ属魚類の放流や養殖(生簀からの逃亡)
- **生態的影響**
 - 餌、繁殖をめぐる天然魚との競争
 - 病原菌・寄生虫の伝播
- **遺伝的影響**
 - **遺伝的多様性の低下**
 - **フィットネス(生残率、繁殖能力)の低下**
 - 研究の状況
 - 人工種苗の遺伝的多様性低下(サケ、海産魚貝類のいくつかの種)
 - 人工種苗の自然環境での再生産成功率低下(スチールヘッド)
 - 天然集団に与える影響はよくわかっていない
- **今日の内容: マダイ、ニシン、ホタテガイ、シロザケの例による検証を通じてサステナな栽培漁業の方向性を考える**



Photo: Trey Walker (SAFS, University of Washington)

天然魚: 親が天然あるいは放流魚にかかわらず自然環境で生まれた個体をいう

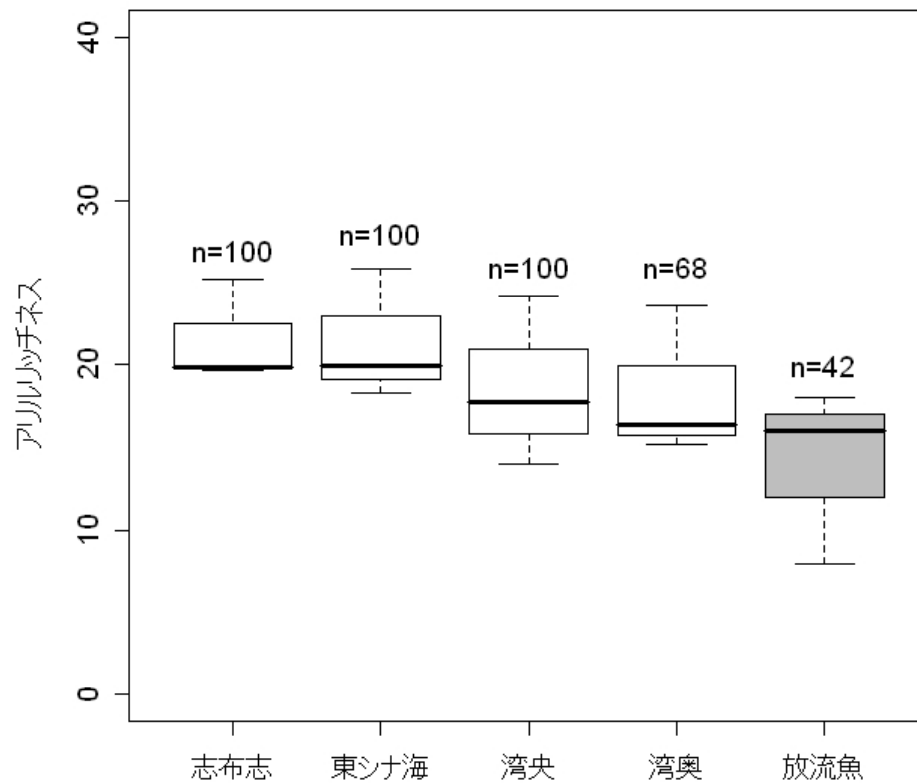
鹿児島湾のマダイ栽培漁業



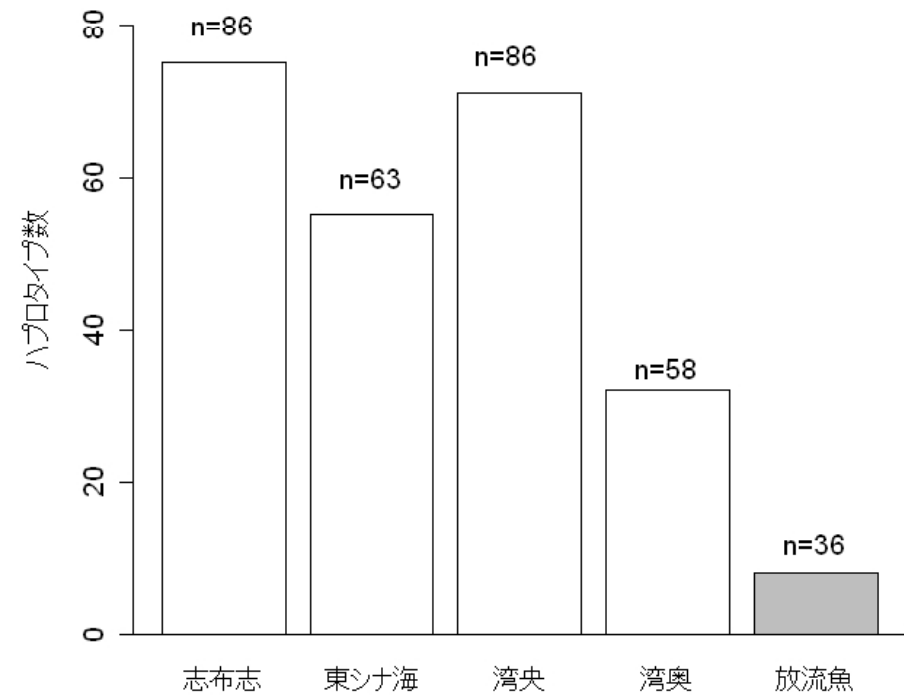
百数十尾の同じ親を継続使用
(一部継代を含む)

マダイの遺伝的多様性：
鹿児島湾内と放流魚では希少アレル(対立遺伝子)及び希少ハプロタイプが消失

マイクロサテライト3座(N=410)



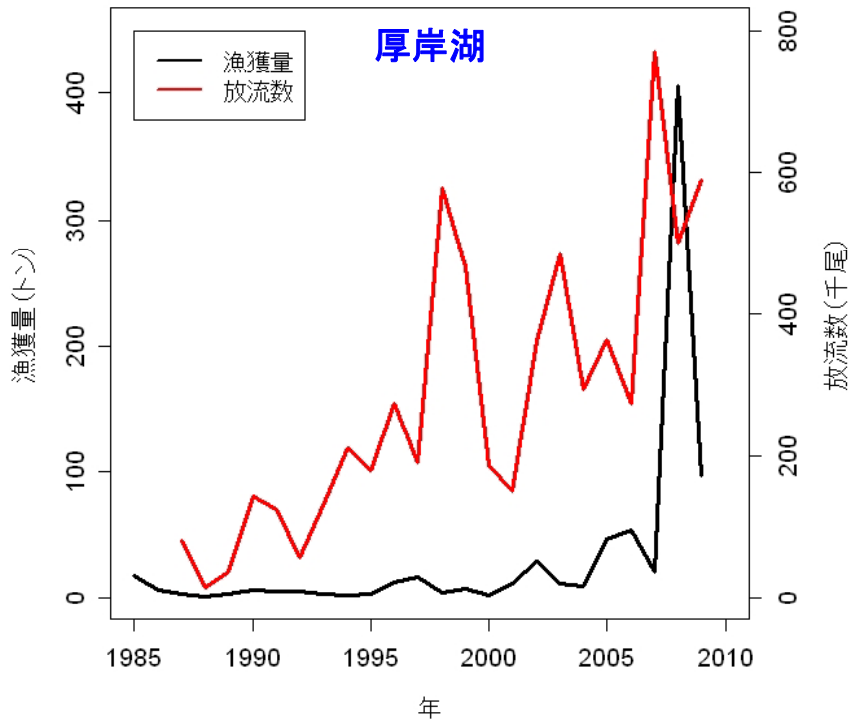
mtDNA調節領域(N=329)



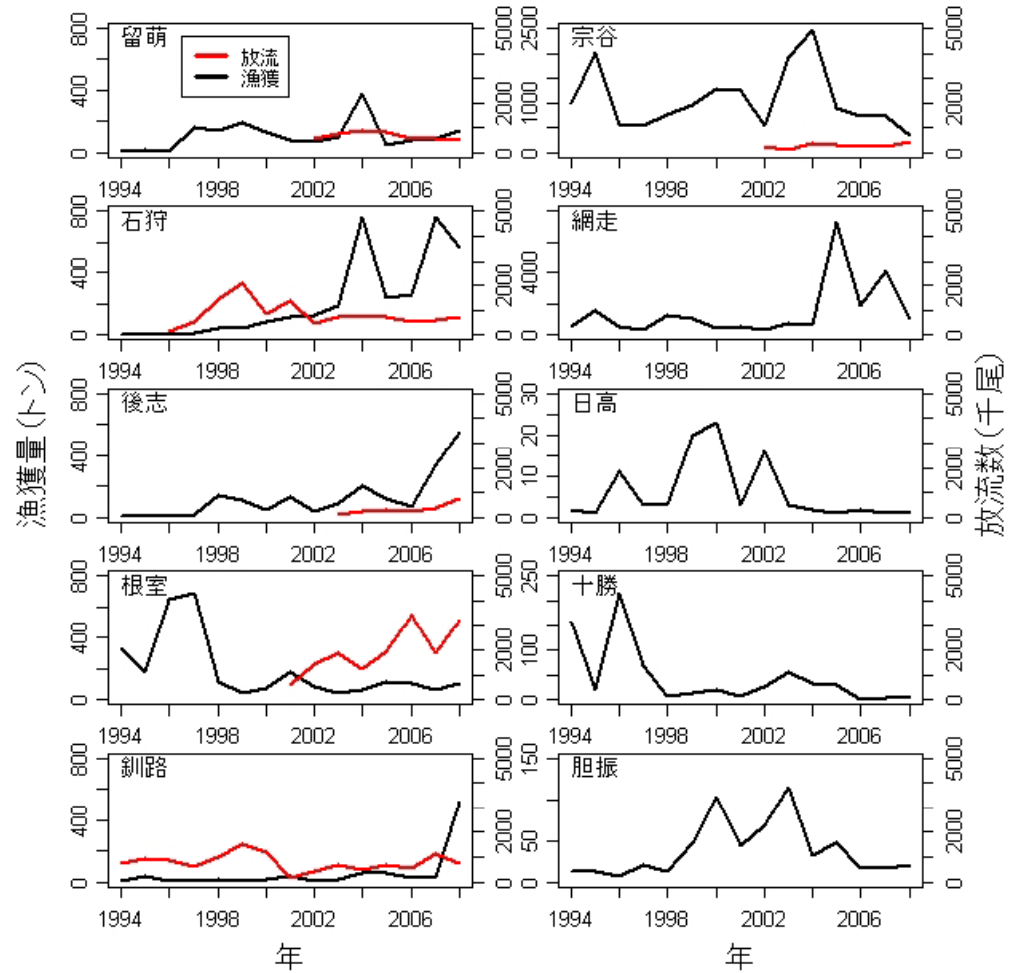
Hamasaki, Toriya, Shishidou, Sugaya, Kitada (2010) *J Fish Biol*, in press.

Kitada, Shishidou, Hamasaki, Kitakado, Kishino (2009) *Aquaculture* 290, 69-79.

北海道のニシン栽培漁業



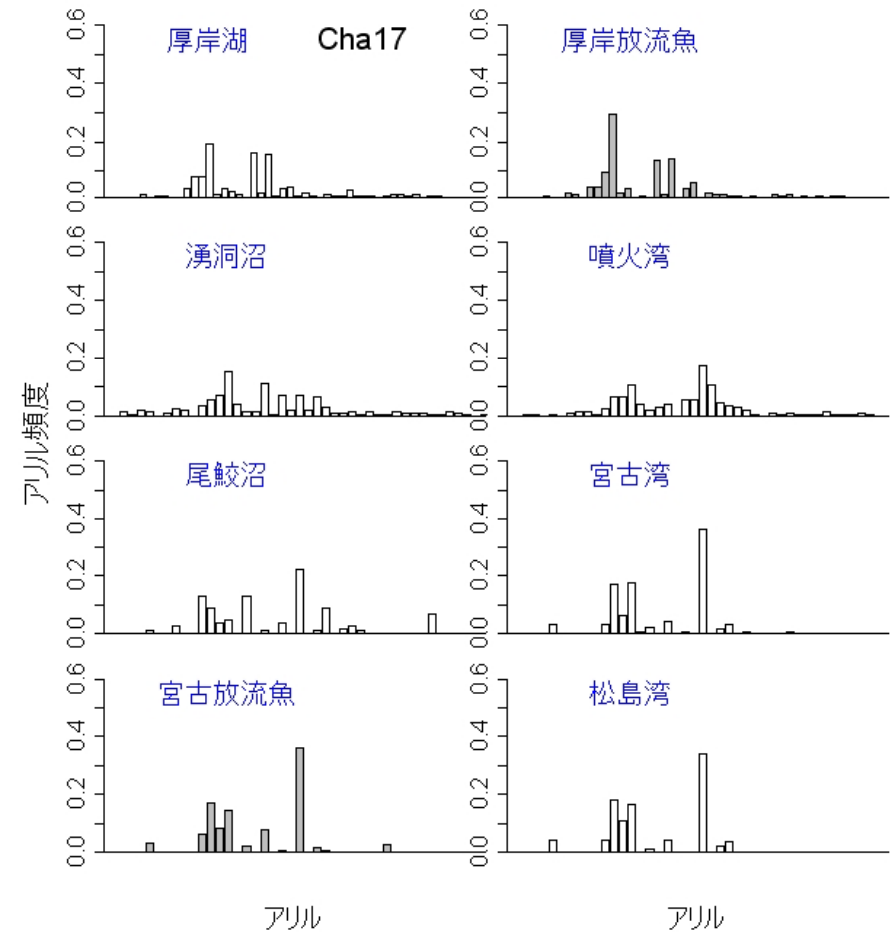
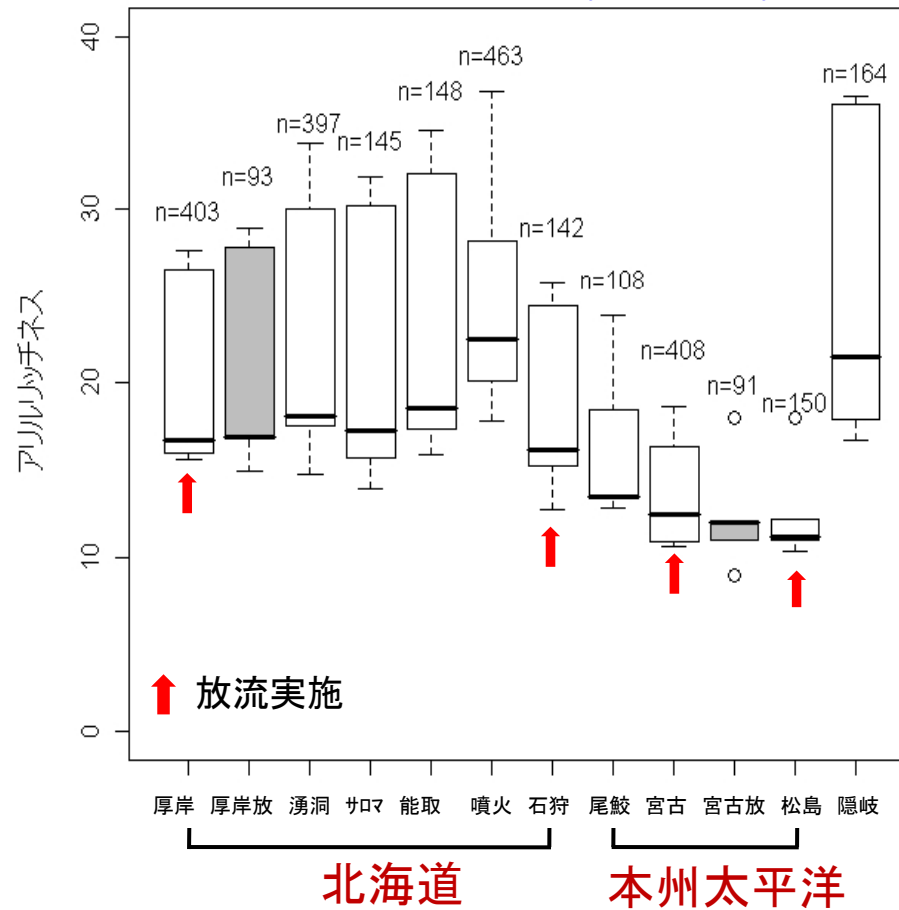
ニシンの人工授精
写真:厚岸栽培漁業センター



ニシンの遺伝的多様性: 北海道では多様性高いが本州では希少アリルが消失

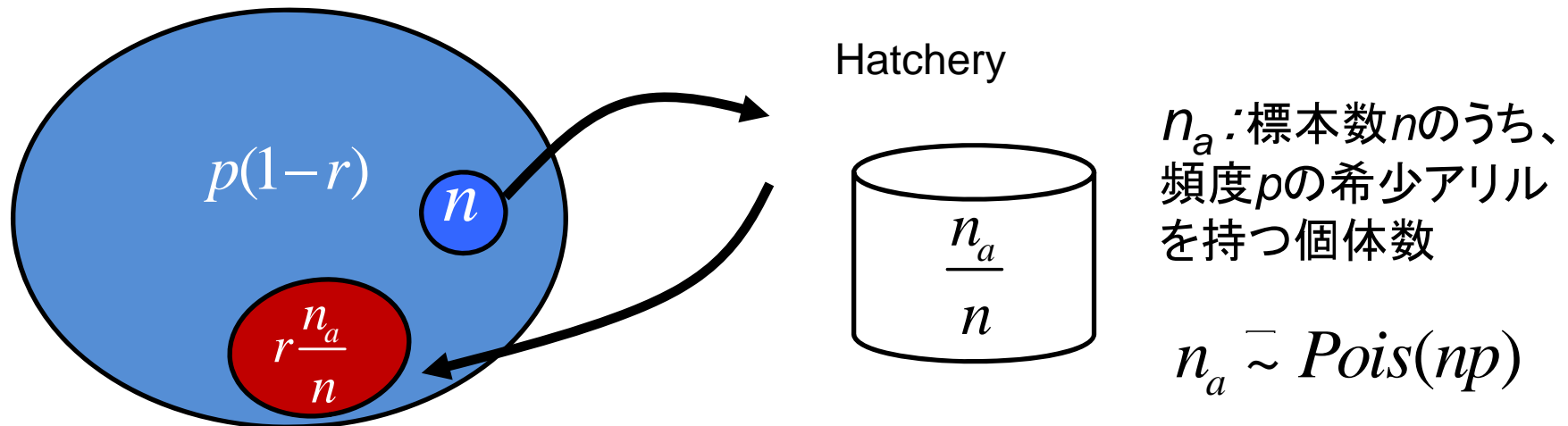
マイクロサテライトCha17遺伝子座

マイクロサテライト5座(N=2,712)



希少アレル/ハプロタイプの消失は放流が原因か？

漁獲された r だけ放流魚で補填する場合の希少アレルの頻度 p の経年変化



$$p_1 = (1-r)p + r \frac{n_a}{n}$$

$$p_2 = (1-r)p_1 + r \frac{n_a}{n}$$

⋮

● 仮定

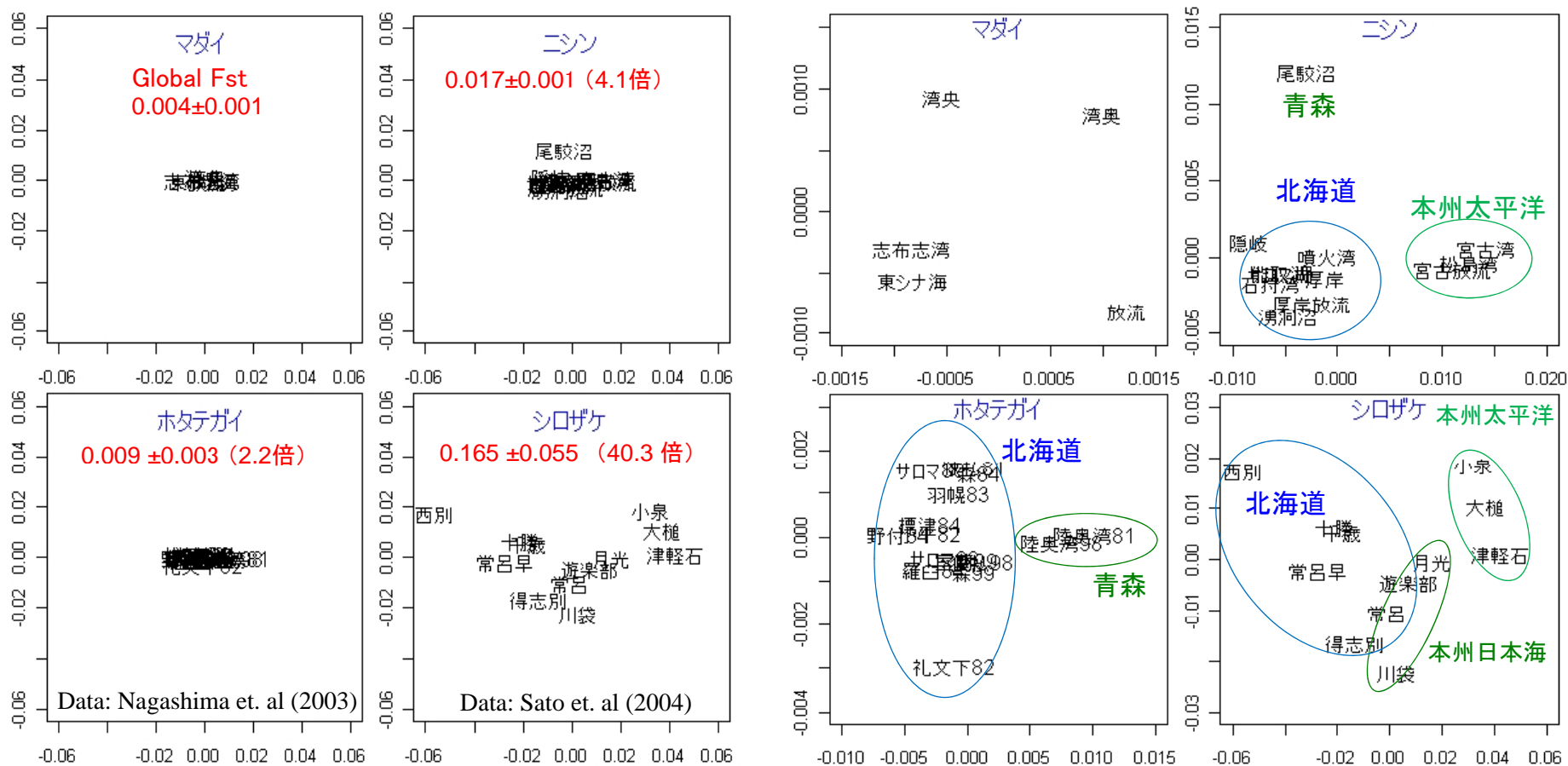
- 天然資源は大きく遺伝的浮動は無視できる
- 放流魚は天然魚とフィットネスが同じ（保全の観点から安全な評価）

希少アリル($p=0.01$)の消失確率(マダイ、ニシン)

放流年数	放流魚 貢献率	親魚数50		親魚数100		親魚数200	
		同一親魚	毎年交換	同一親魚	毎年交換	同一親魚	毎年交換
10	0.1	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0
	0.3	0	0	0	0	0	0
	0.4	0	0	0	0	0	ニシン 0
20	0.1	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	0	0	0	0
	0.3	0.607	0.188	0.368	0.038	0.135	0.002
	0.4	0.607	0.498	0.368	0.323	0.135	0.103
30	0.1	0	0	0	0	0	0
	0.2	0	0	マダイ 0	0	0	0
	0.3	0.607	0.465	0.368	0.264	0.135	0.094
	0.4	0.607	0.714	0.368	0.543	0.135	0.298

種による遺伝的分化の違いと種苗放流の影響

ペアワイズ F_{ST} 事後平均のMDSプロット



鹿児島湾内にとどまるマダイの遺伝的影響

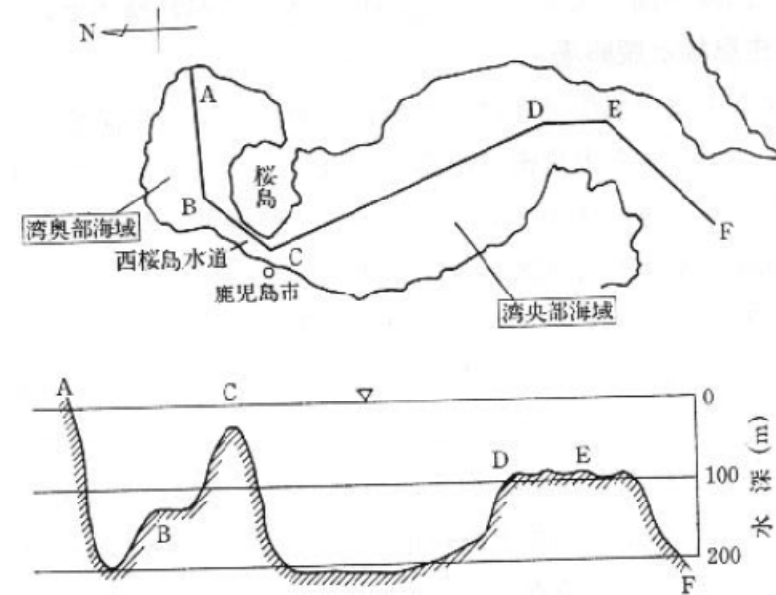
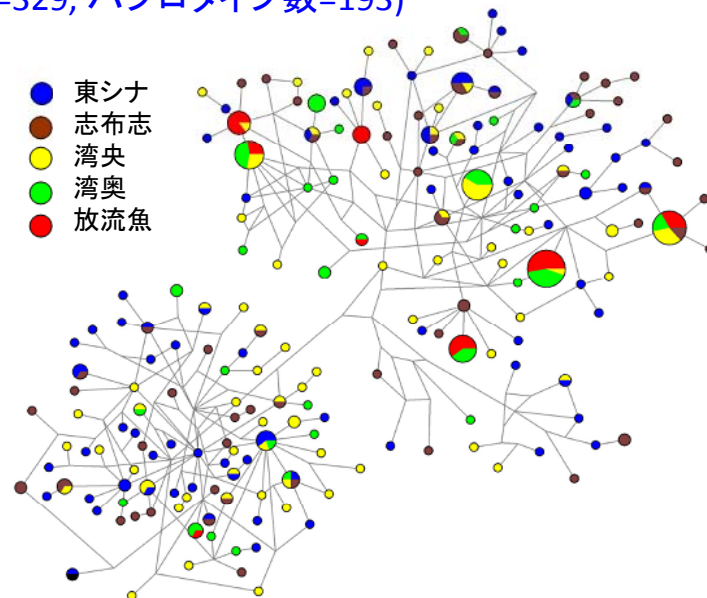
Kishino, Kitada, Hiramatsu (1994) (*POPMIX*)

混合群	混合比	SE(0)	SE(1)
湾奥	0.390	0.0649	0.7379
湾央	0.087	0.0336	1.3693

SE(0) 基準群の対立遺伝子頻度を既知とする

SE(1) 基準群の対立遺伝子頻度の推定誤差を考慮

mtDNA調節領域のハプロタイプ
($N=329$, ハプロタイプ数=193)



鹿児島湾海底地形断面(椎原,1986)

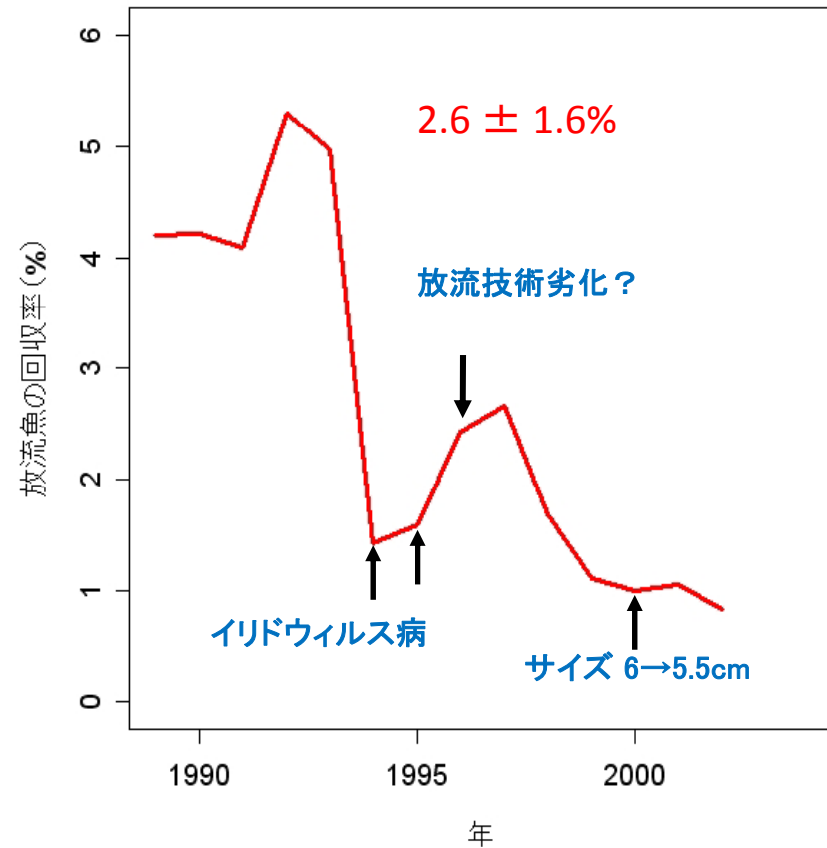
放流魚の生残率低下 : domestication selection

天然魚の漁獲量は放流前の水準で変動→
天然集団のフィットネス低下の兆候はない



鹿児島県栽培漁業センターのマダイ親魚水槽
(130尾を継続使用。近年天然魚を導入)

湾内での1歳魚までの放流魚の回収率



Hood Riverのスチールヘッド人工種苗の相対再生産成功率(RRS)

RRS=1尾の人工種苗親魚が残す
次世代の親の数(対天然魚比)

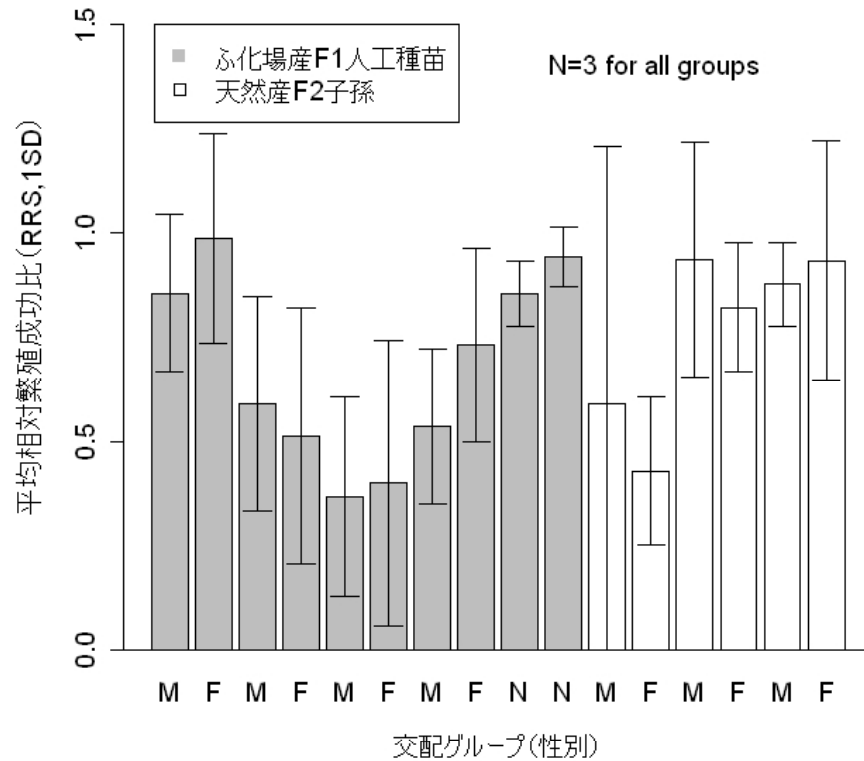
スチールヘッド

種苗生産期間1年
河川生活1年以上

Parentage assignment (どの個体が親?)

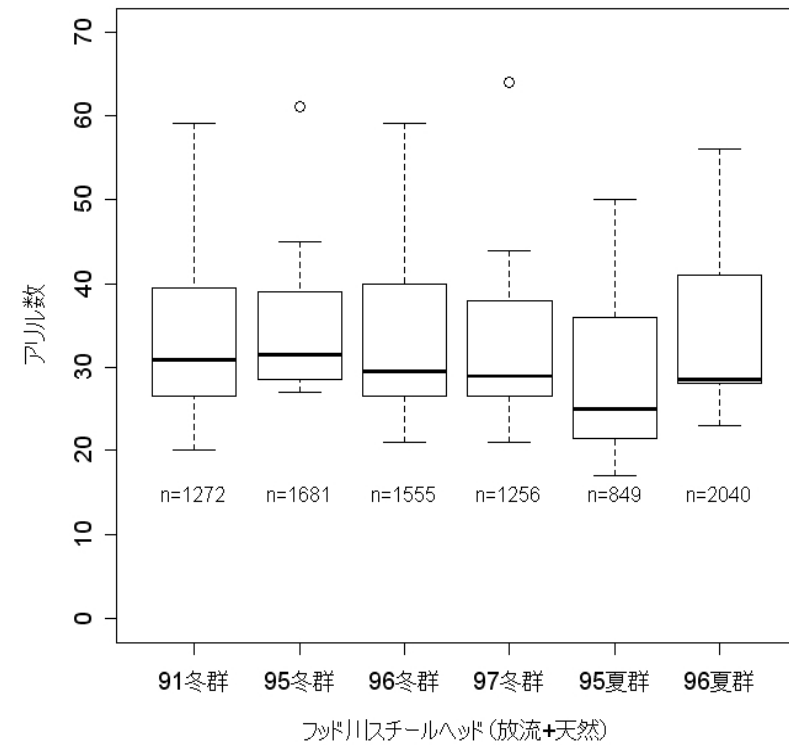
人工種苗とその子(天然魚)のRRS

Araki et al. 2007a, b; 2009より作図



マイクロサテライト8座(N=8,653)

Araki et al. 2007, Table 2より作図



Araki et al. (2007b) *Science* 318, 100-103.

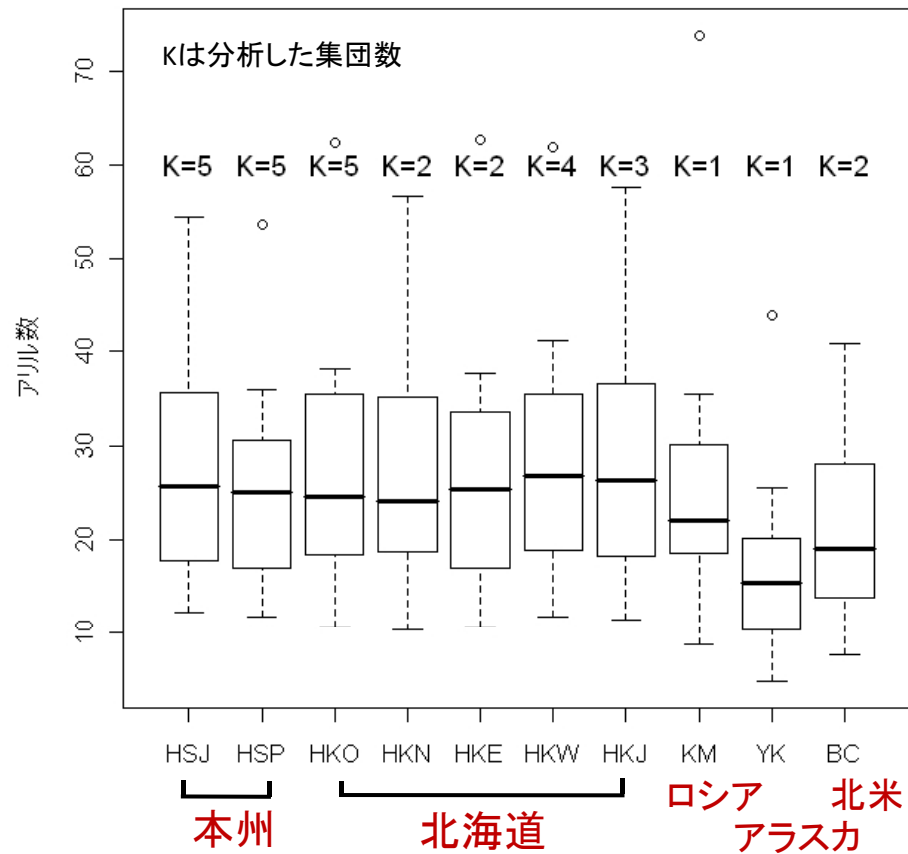
Araki et al. (2009) *Biology letters* 5, 621-624.

Araki et al. (2007a) *Cons. Biol.* 21, 181-190.

日本のシロザケでも核では高い多様性が保存されている

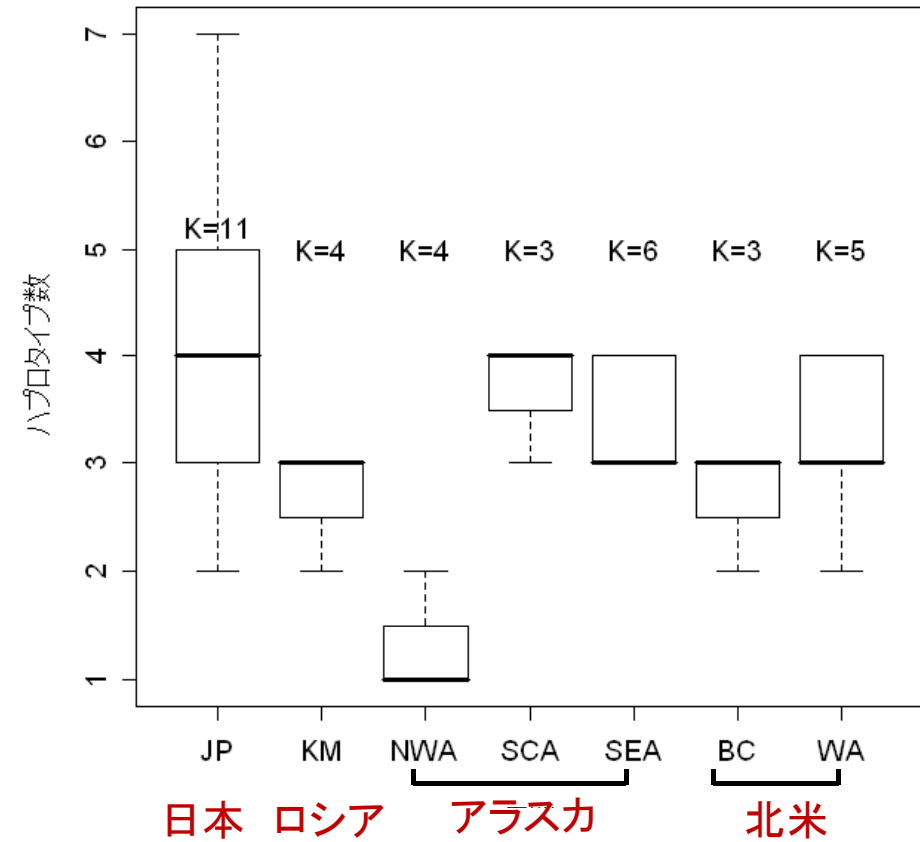
マイクロサテライト14座(N=3,602)

Beacham et. al (2008)より作図

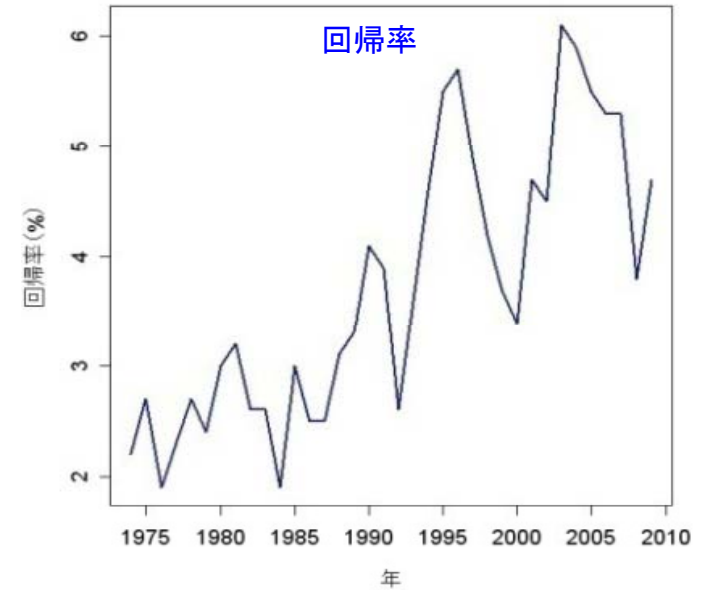
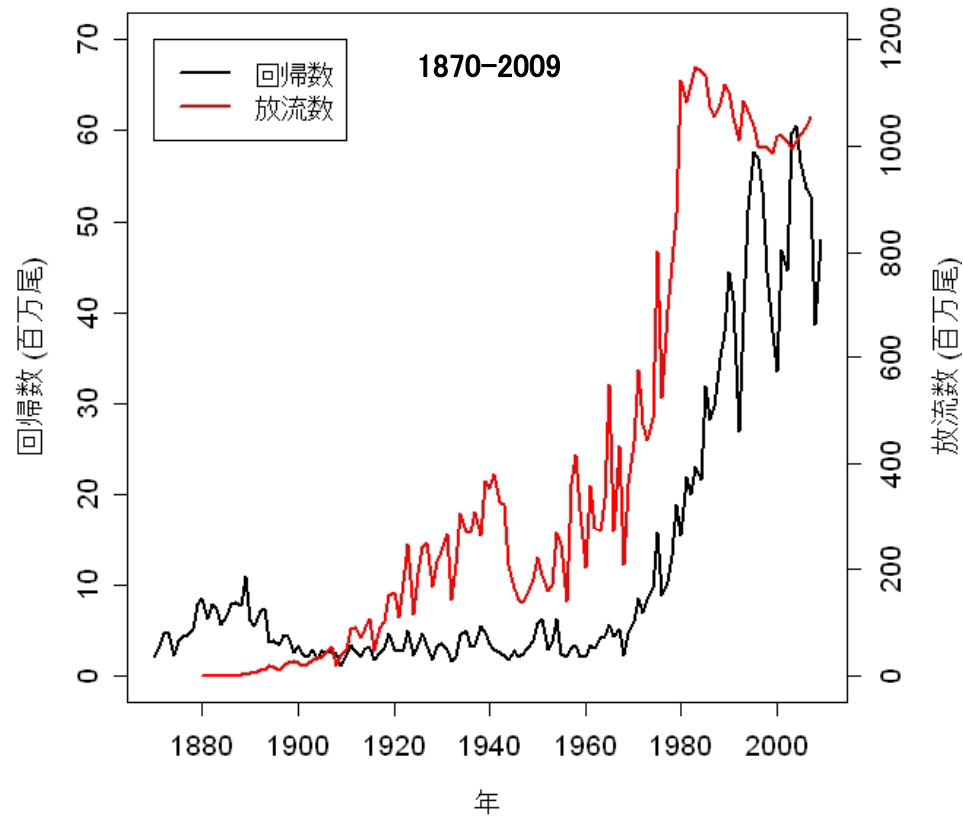


mtDNA調節領域(N=1,679)

Sato et. al (2004)より作図



北海道におけるシロザケの栽培漁業



河川	回帰数 ^a	使用親魚数 ^b
常呂川	142,083	41,600
得志別	149,748	34,400
石狩	262,547	73,200
西別	68,602	64,400
十勝	375,328	152,000
遊楽部	76,577	29,500

^a 最近5年間の平均 (2003-2007)

^b 2008年計画尾数



資料: 道立さけます内水面試験場

希少ハプロタイプ($p=0.01$)の消失確率(シロザケ)

放流年数	親魚数(毎年回帰した親を使用)					
	5,000	10,000	30,000	50,000	60,000	80,000
80	0.283	0.097	0.007	0	0	0
100	0.380	0.130	0.005	0	0	0
120	0.445	0.187	0.009	0	0	0
150	0.521	0.272	0.024	0.001	0.002	0
200	0.595	0.359	0.048	0.007	0.003	0

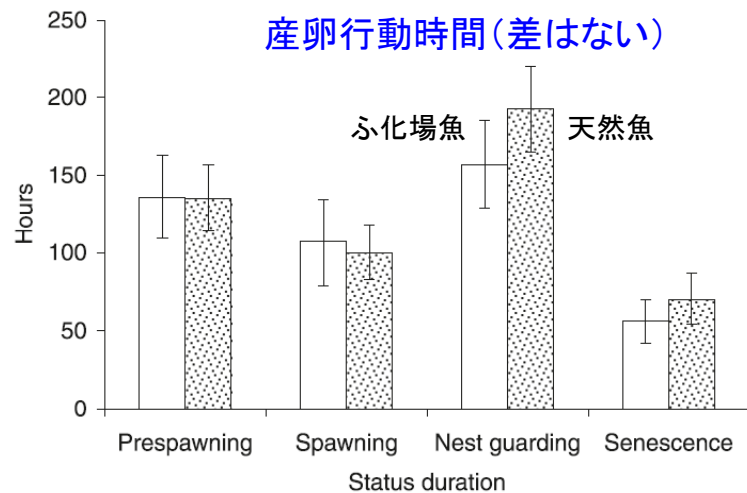
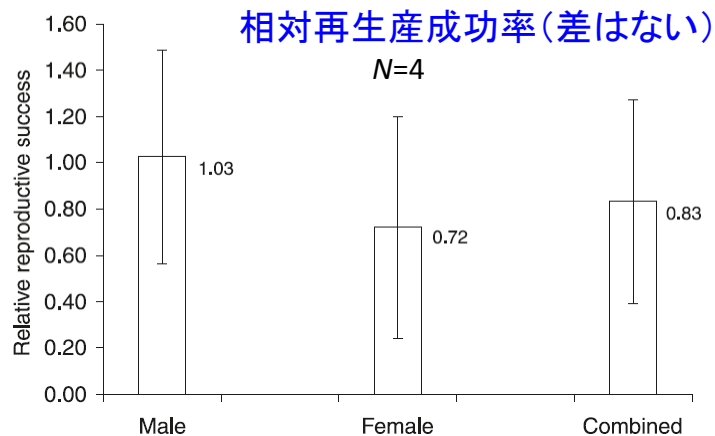
放流集団内での放流魚は100%

シロザケの遺伝的多様性減少の原因は放流ではない！

シロザケのRRSと繁殖行動

シロザケ

種苗生産期間半年
河川生活数日～数週間



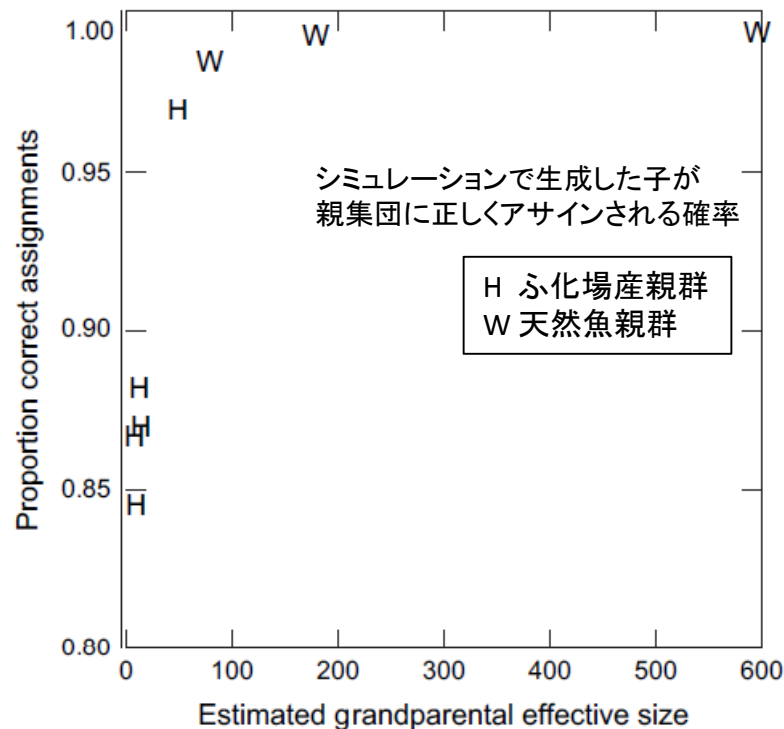
アサインメントのバイアス

aunt and uncle effect

親の兄弟(おじ、おば)が多いと、その子が正しく親にアサインされる確率が期待値より低くなる
→似ている候補が多いと、マーカの検出力落ちる

Olsen et al.(2001) *J. Heredity* 92, 243-247.

祖父母の有効集団サイズと孫が両親に正しくアサインされる確率の関係(マスノスケ、11遺伝子座)



サステナな栽培漁業をめざして

- 遺伝・生態・行動において天然魚と遜色ない種苗の生産・放流
 - 多数の天然魚を親魚に用い、適宜(あるいは毎年)交換する
 - 自然環境に適応する種苗性付与技術の開発
- モニタリング評価と目標の明確化
 - 放流効果および天然魚との相互作用(生態・遺伝)
 - 生産量増加か天然魚の保全か (production/conservation)
- 将来に向けた技術開発研究の強化
 - 国による財政支援と組織的取組み
 - 日本の高い技術の世界への発信(国際誌への投稿)