

情報・システム研究機構 産学連携シンポジウム
宝石サンゴと森林の資源管理の共通性
2024/3/5

宝石サンゴの資源管理



立正大学 地球環境科学部 岩崎 望

Stay one step ahead

Save up to 40% on a Standard subscription.

SAVE NOW

Special Report Watches and Jewellery: January

Show articles

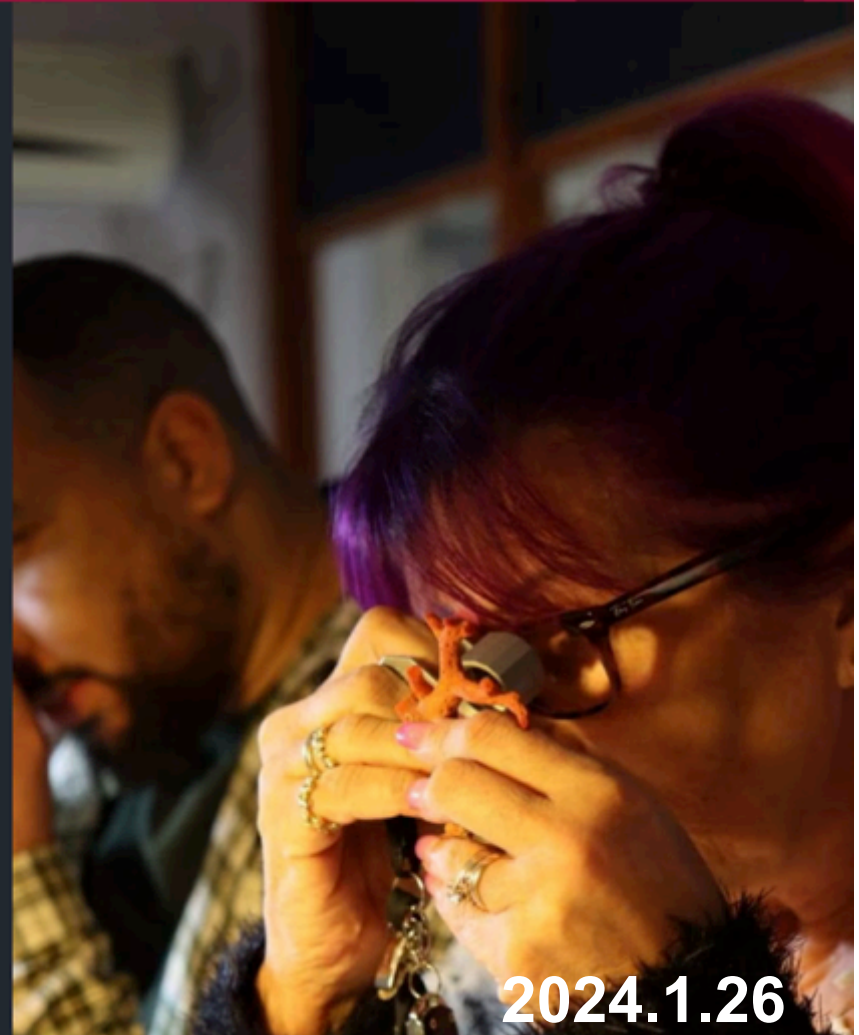


- Financial Times
- 2024年1月26日
- 宝石業界は珊瑚に関する誤解をただすために取り組んでいる

Watches Jewellery Jewellery + Add to myFT

Jewellers tackle public misconceptions about sources of coral

So-called precious coral lives in different ecosystems, and in much deeper and colder waters than shallow reef coral



2024.1.26

宝石サンゴ

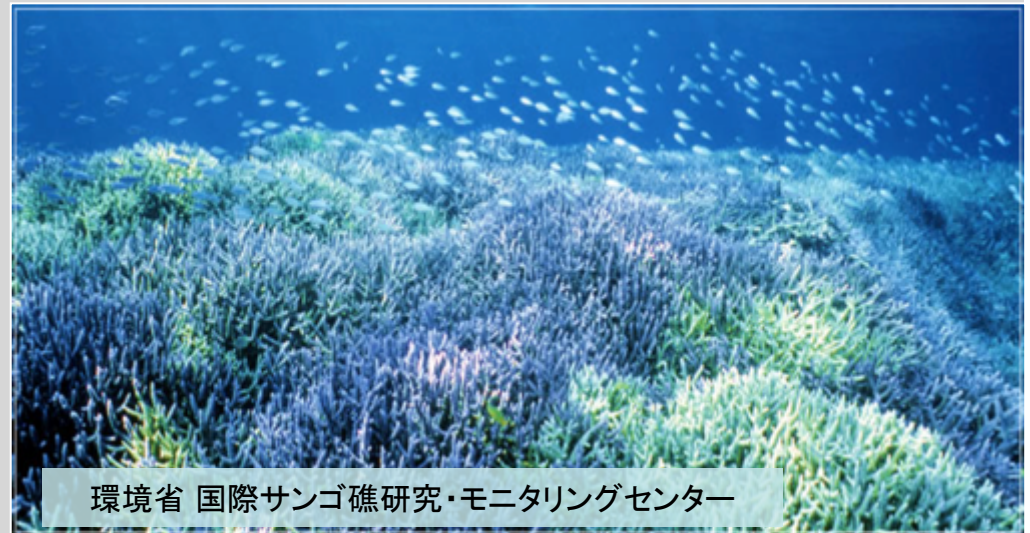
- 宝飾品に利用
- 八放サンゴ綱



ベニサンゴ

造礁サンゴ

- サンゴ礁を形成
- 多くは六放サンゴ綱



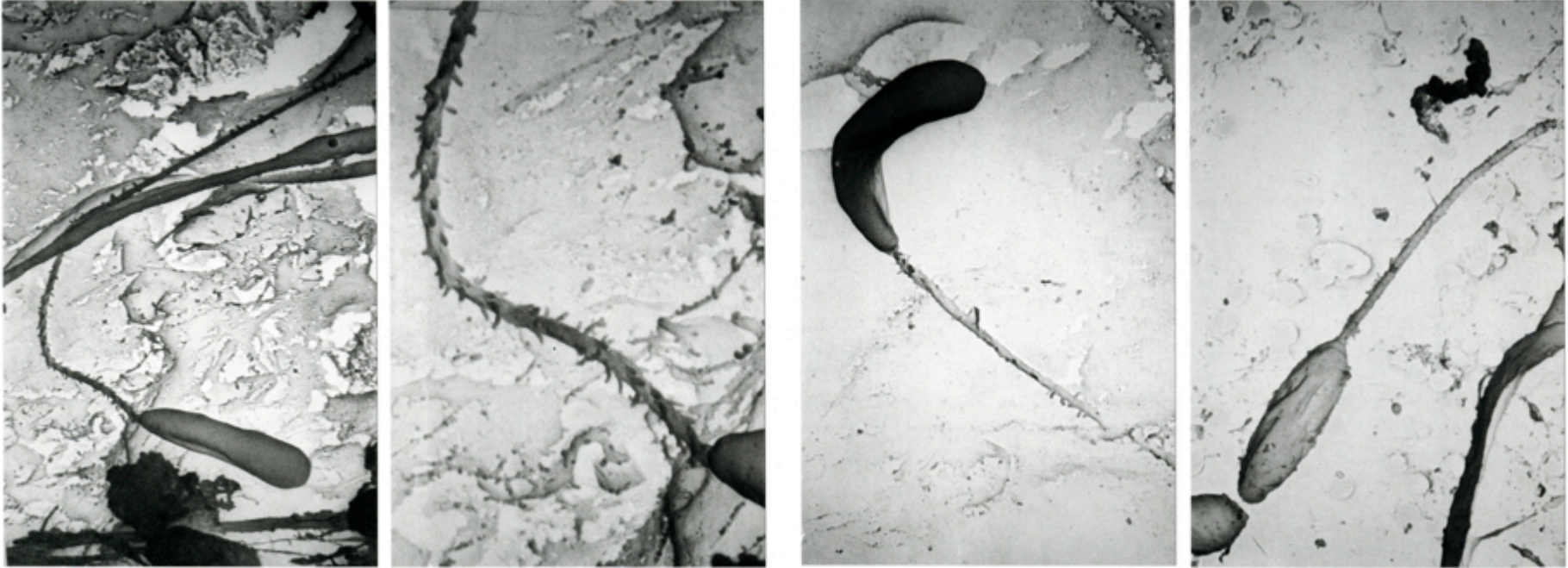
環境省 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター

サンゴとは

- サンゴ: 刺胞動物で骨格(石灰質・角質)を持つもの
- 刺胞動物: ヒドロ虫類, 鉢虫類, 箱虫類, 花虫類
(クラゲ、サンゴ、イソギンチャク)



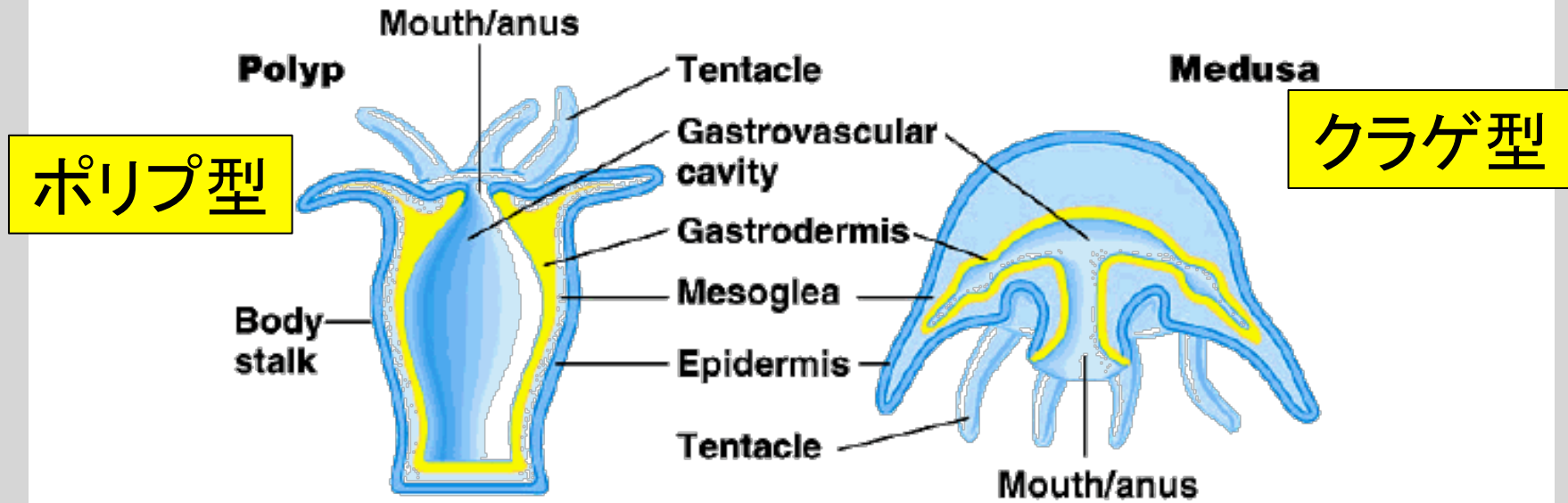
刺胞動物：刺胞を持つ



Russo et al., 1993

地中海産ベニサンゴ：触手の刺胞

刺胞動物：ポリプ型とクラゲ型



(a) Sea anemone: a polyp



(b) Jelly: a medusa

ポリプの触手の数

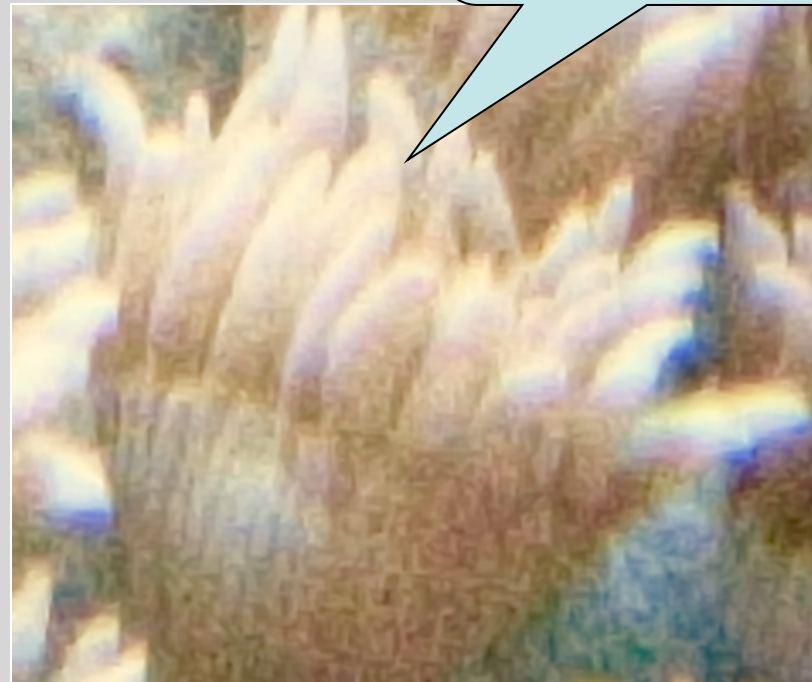
八放サンゴ綱
宝石サンゴ

8本



六放サンゴ綱
造礁サンゴ

6の倍数
不規則



系統分類

刺胞動物門 Phylum Cnidaria

花虫亜門 Sub-phylum Anshozoa

八放サンゴ綱 Class Octocorallia

サンゴ科 Family Coralliidae 14属

Genus *Corallium* *Hemicorallium*

宝石サンゴ

Pleurocorallium

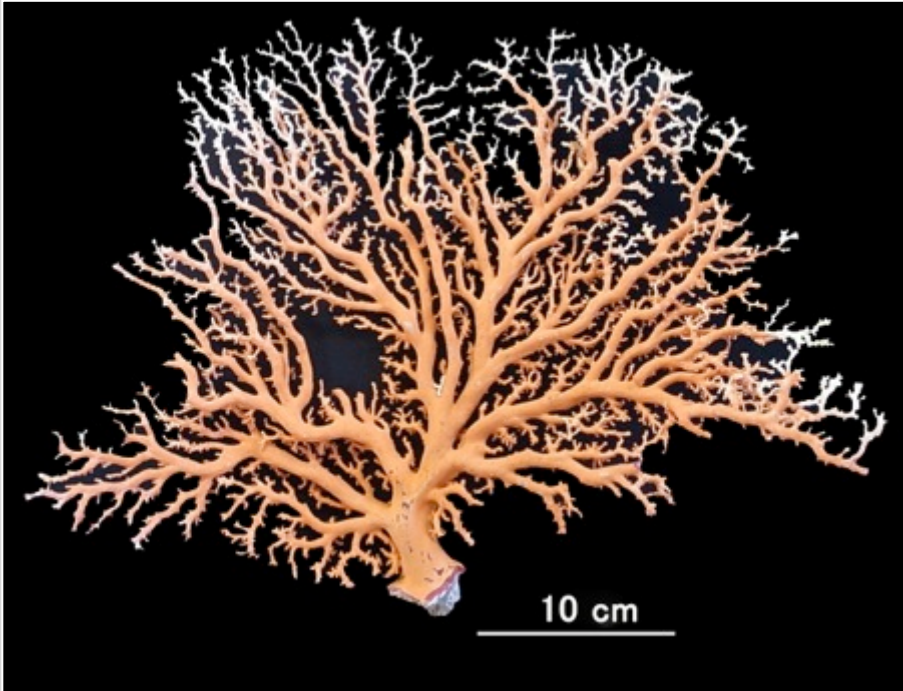
六放サンゴ綱 Class Hexacorallia

造礁サンゴ

宝石サンゴと造礁サンゴ

	宝石サンゴ	造礁サンゴ
分類	八放サンゴ綱	六放サンゴ綱
分布深度	数～2000 m	0～数十m
共生藻	いない	いる
炭酸塩結晶型	方解石 (カルサイト)	霰石 (アラゴナイト)

- ヒドロ虫綱 サンゴモドキ 造礁サンゴ
- 六放サンゴ 黒珊瑚 宝石サンゴ
- 八放サンゴ アオサンゴ 造礁サンゴ



アカサンゴ
Corallium japonicum



シロサンゴ
Pleuroallium konojoi

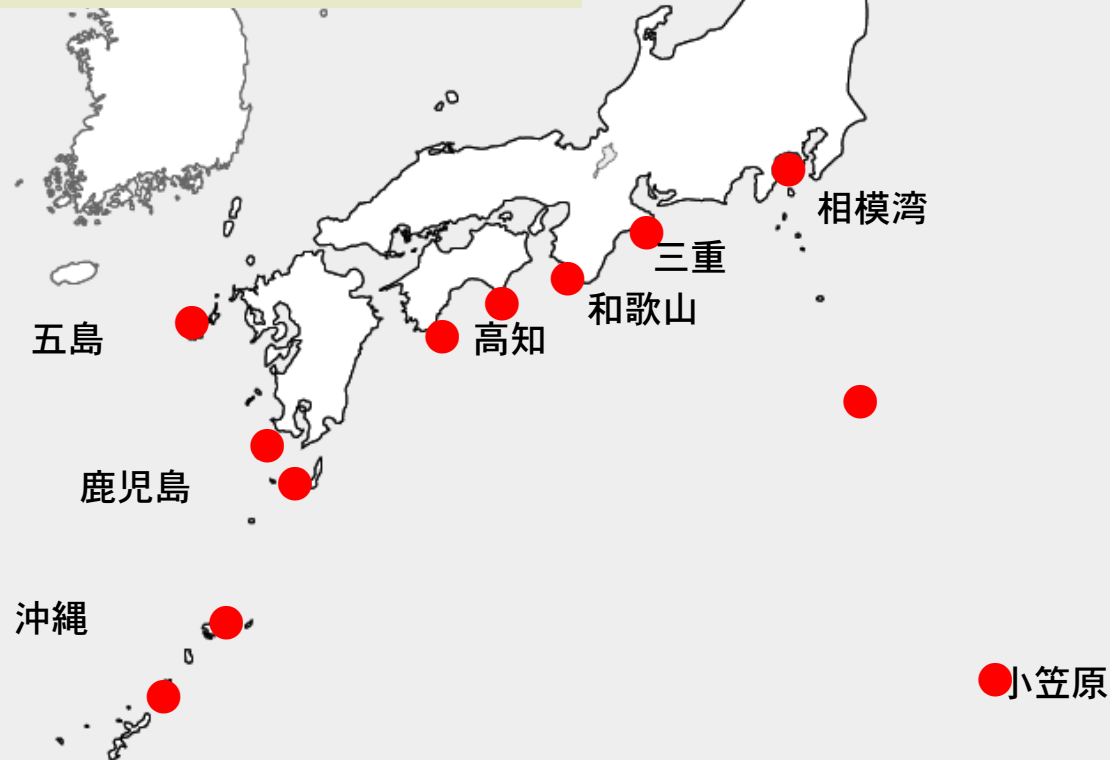


モモイロサンゴ
Pleuroallium elatius

扇形

日本産サンゴの分布

アカサンゴ： 75- 300 m
モモイロサンゴ： 100-320 m
シロサンゴ： 76-300 m



中国船による伊豆・小笠原での密漁

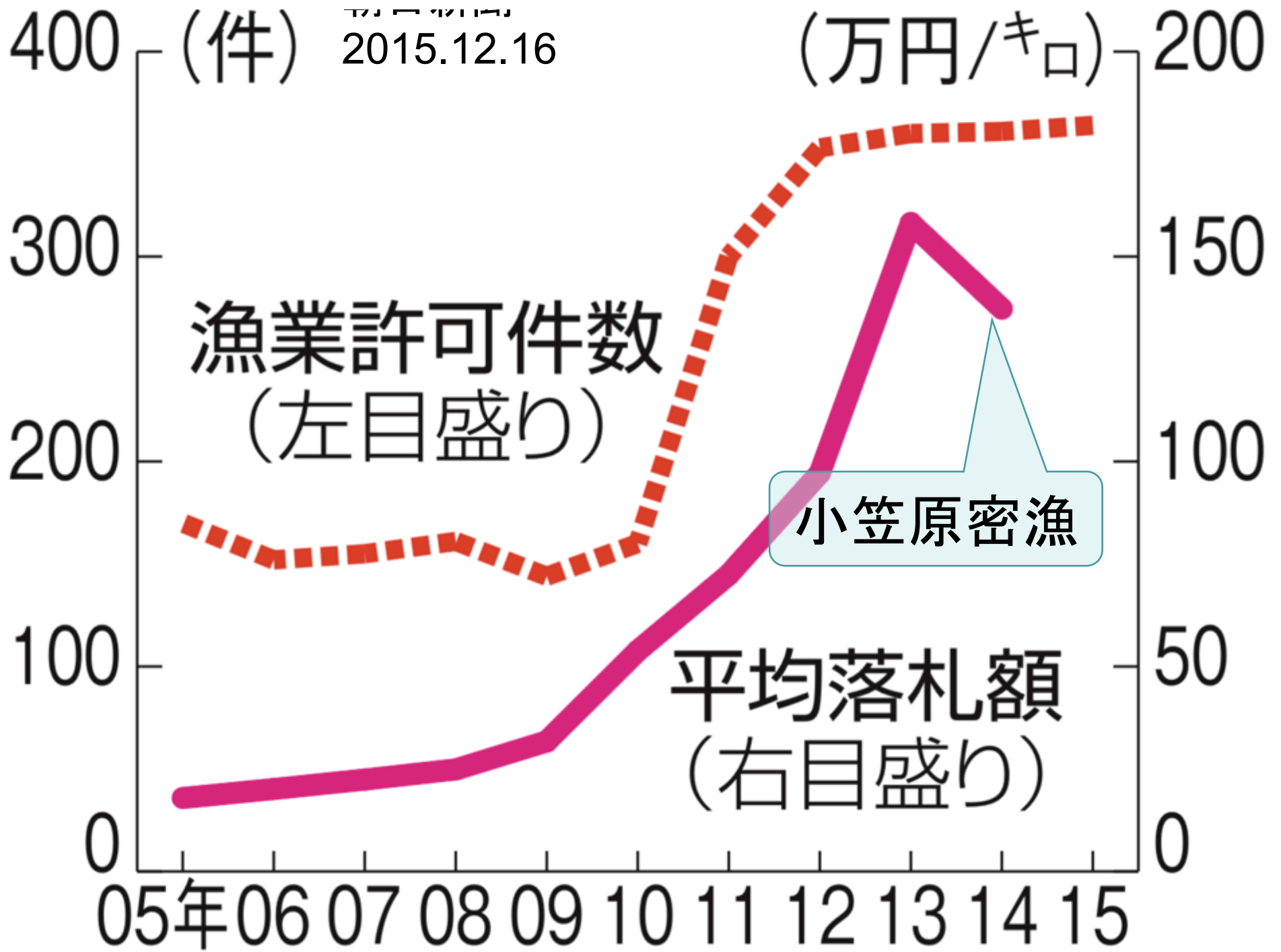
2014年9月～12月

延べ 2,106 隻
1日最高 212隻



鳥島北西沖約 6 キロの海域を航行しながら、青色の網をたぐる中国船籍とみられる船の乗組員 = 11月1日、東京・伊豆諸島、朝日新聞社機から、仙波理撮影

朝日新聞 2014.11.2



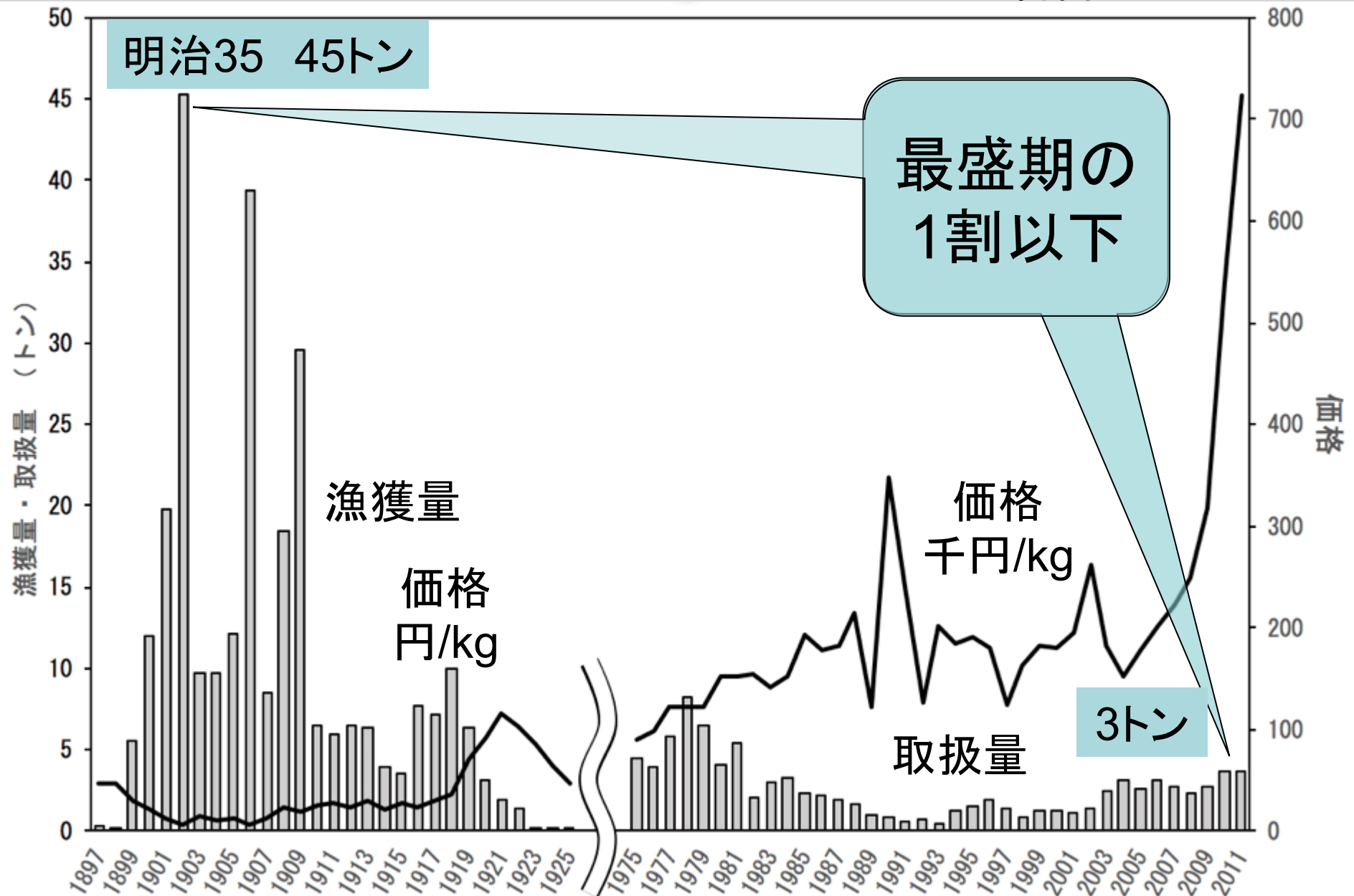
モモイロサンゴ 約20kg
八丈産 30年前以上に漁獲
1億2300万円 6千円/g



高知新聞 2023.12.19

高知県産宝石サンゴ 1897-2011

アカサンゴ モモイロサンゴ シロサンゴ 合計



2017年 準絶滅危惧種に指定

- 漁業資源としては減少
- 漁獲圧が高まっている
 - 密漁事件：小笠原、沖縄、五島
 - 珊瑚漁の規制が一部で強化されているが、
操業許可を持つ漁船数が増加

2017年 準絶滅危惧種に指定

- アカサンゴ・モモイロサンゴ・シロサンゴ
- 環境省レッドリスト：絶滅のおそれのある野生生物の種のリスト
- 準絶滅危惧（NT）：現時点での絶滅危険度は小さいが、生息条件の変化によっては「絶滅危惧」に移行する可能性のある種

宝石サンゴの資源管理

- 科学的知見に基づく資源管理が必要
- 統計的モデルに必要なパラメーターが得られていない

岸上謙吉 1895(明治28)「さんごノ研究」を嚆矢とし、その後2000年代まで本格的な研究途絶える

宝石サンゴの資源管理

1. 成長と分布

2. 漁業と資源管理

3. 樹木・森林との比較



1. 成長と分布

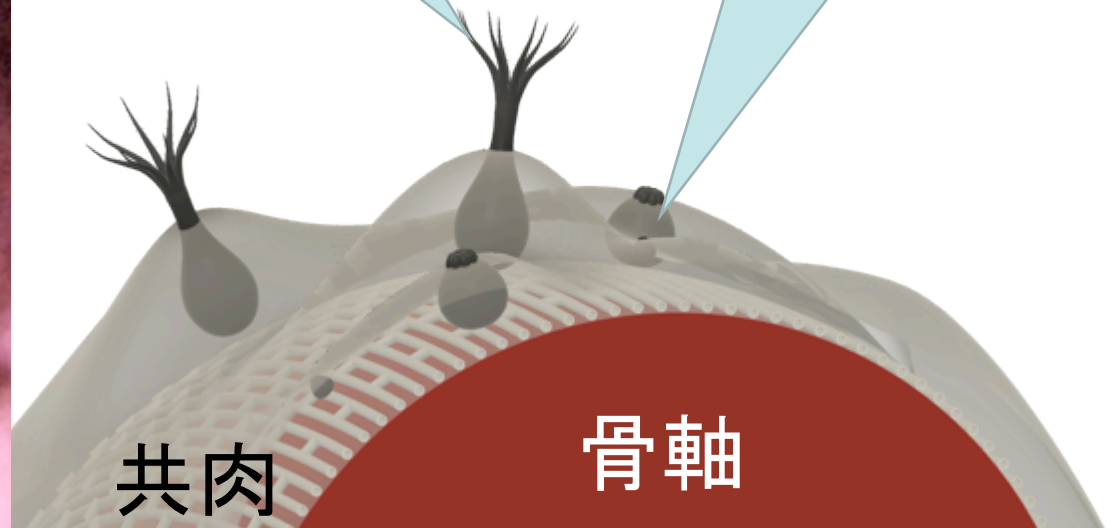


宝石サンゴの形態：ポリプが集合

群体
コロニー

通常個員
触手あり
捕食の役割

管状個員
触手なし
生殖の役割



共肉

骨軸

有性生殖

アカサンゴ

高知産 4-5月成熟

高知
繁殖期休漁

樹木

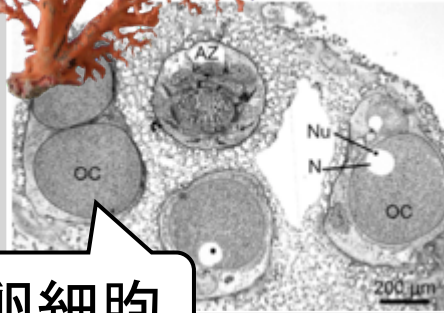
花粉・種子
風散布

Sekida et al 2016

高知大 奥田一雄氏



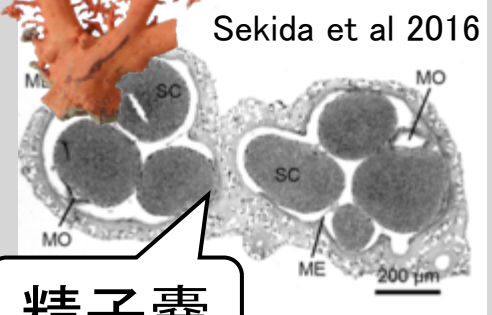
雌



卵細胞



雄



Sekida et al 2016

精子嚢

放卵?

放精

プラヌラ幼生

浮遊

着底

ベニサンゴ

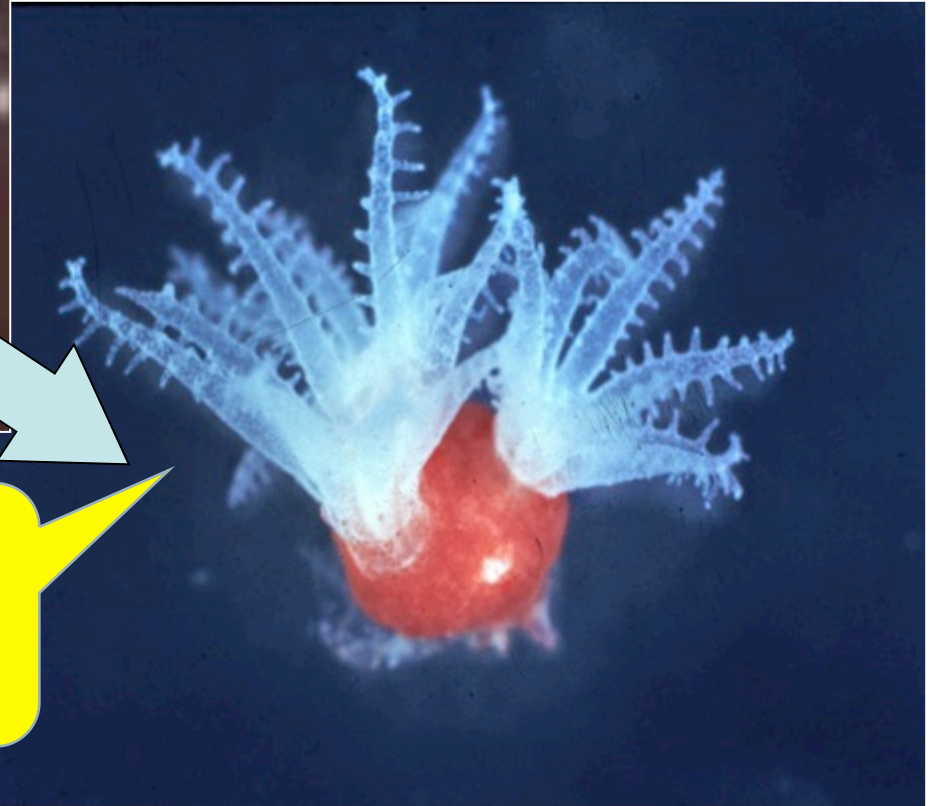
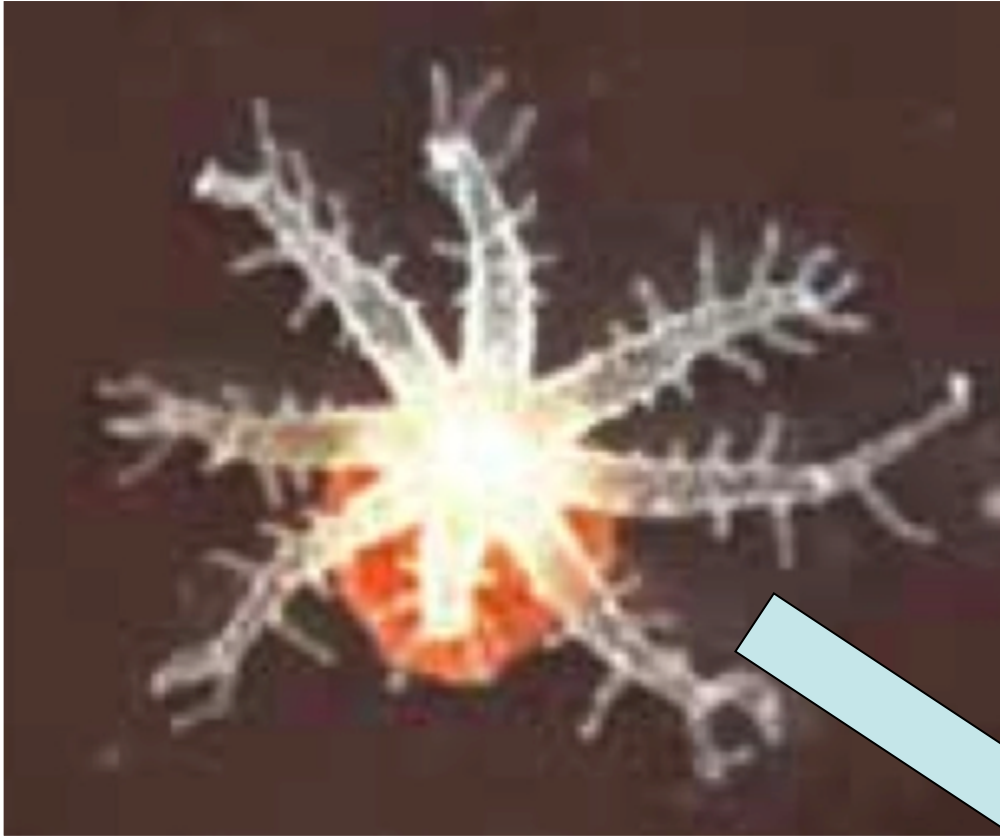
ポリプ内で受精

プラヌラ放出

数時間～数日浮遊

10m以内

無性生殖：ポリプ増加



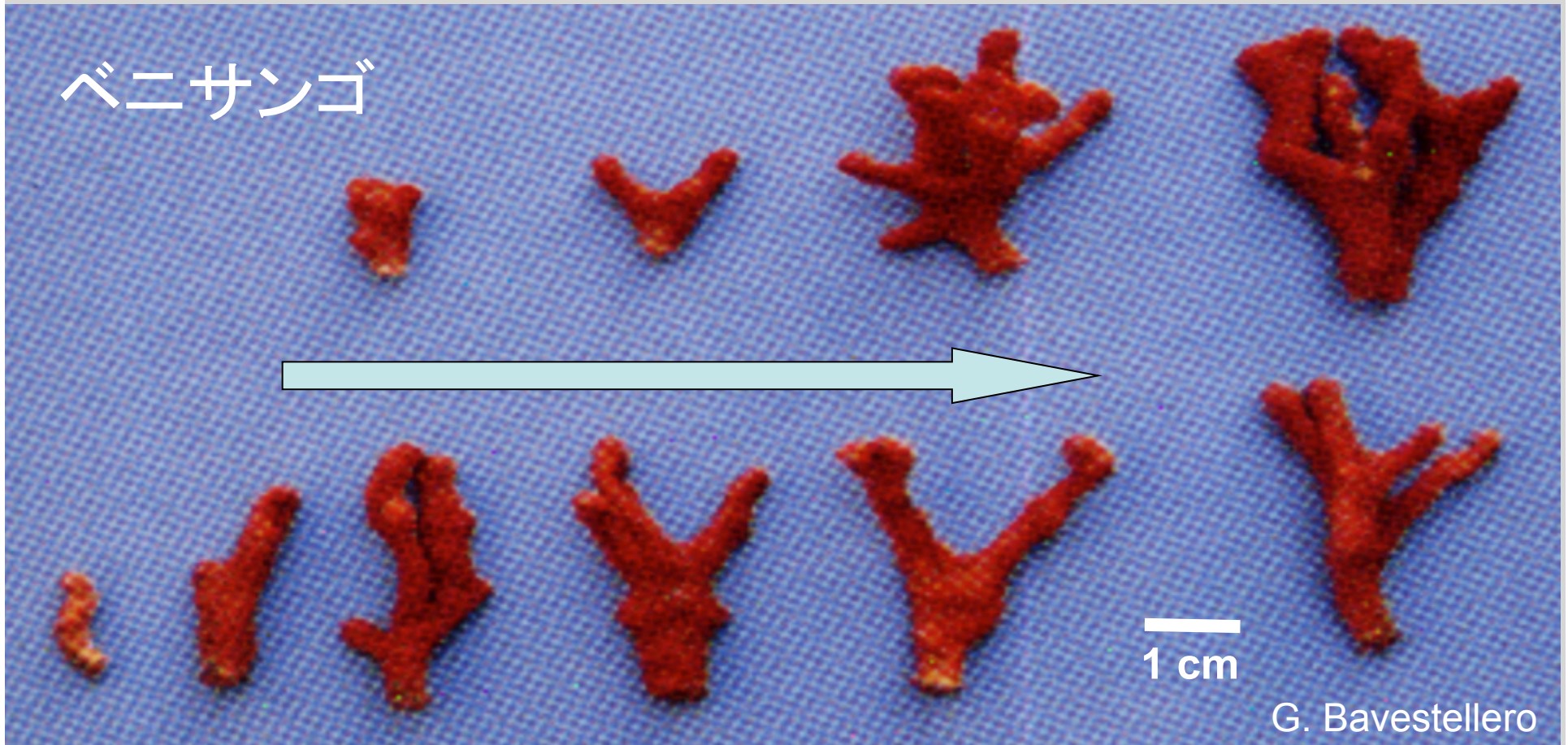
無性生殖
群体中でポリプが増える

ベニサンゴ

G. Bavestellero

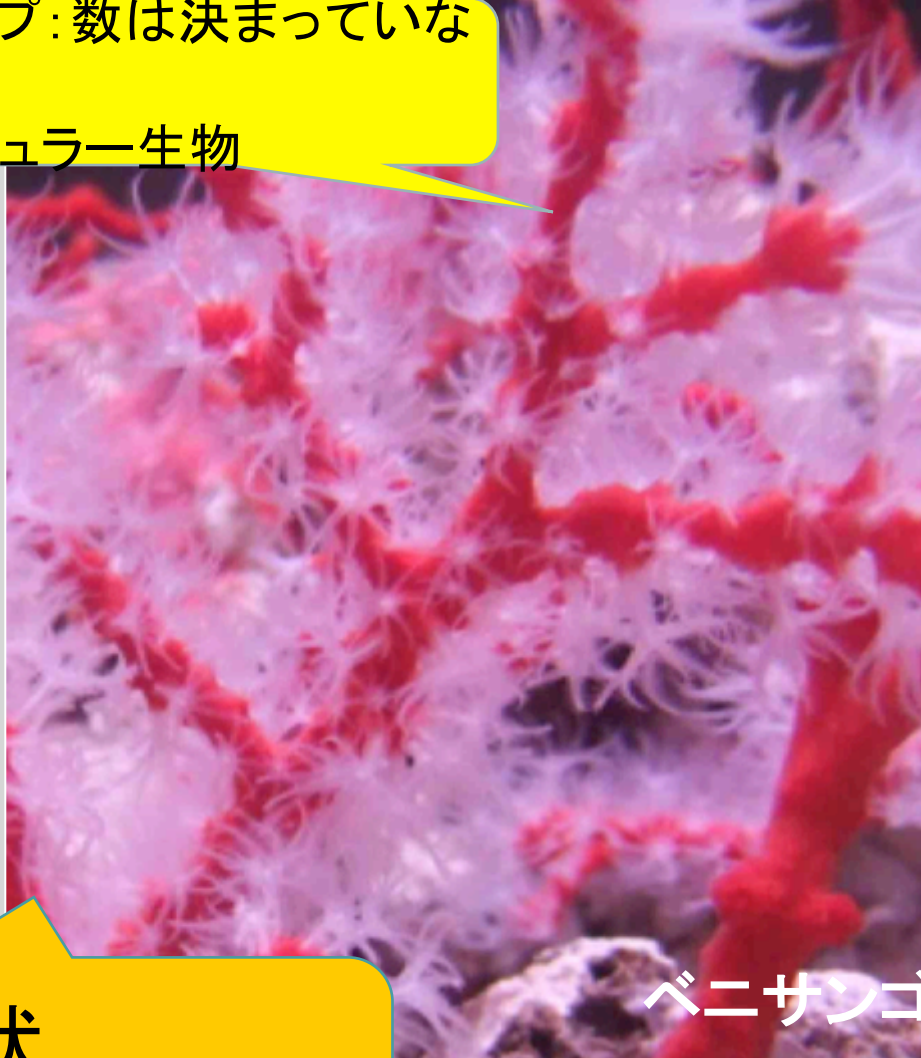
骨軸が成長、分岐

ベニサンゴ



成長：ポリプ増加 骨軸分岐

- ・ポリプ：数は決まっていない
- ・モジュラー生物



ベニサンゴ

樹状
扇形：日本産

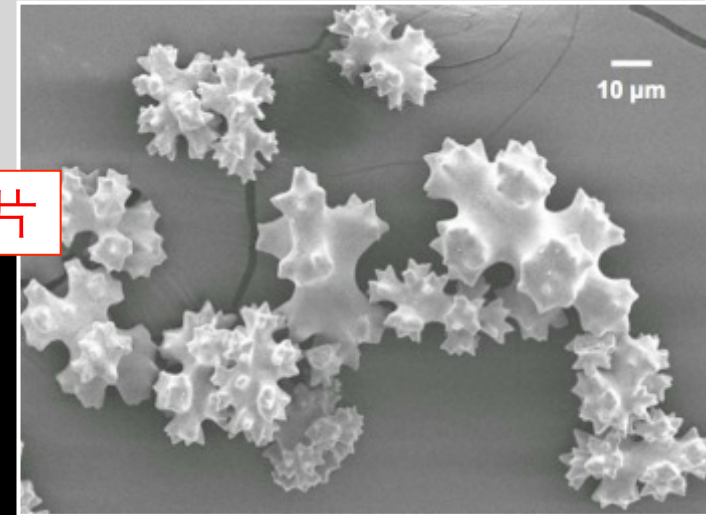
群体

- ・根・葉・花・枝：数は決まっていない
- ・モジュラー生物



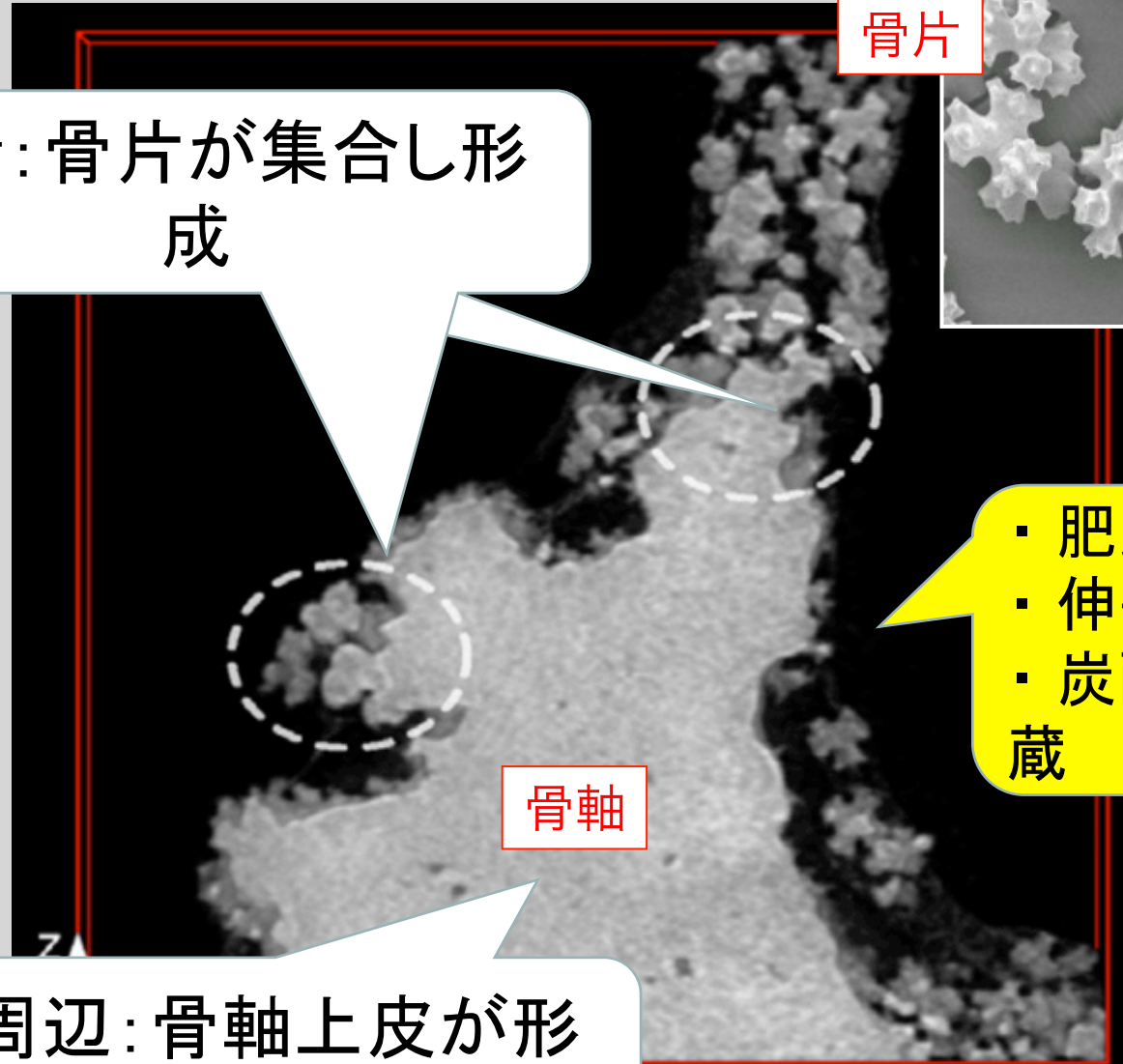
個体

骨軸の形成: シロサンゴ



骨片

先端: 骨片が集合し形成



骨軸

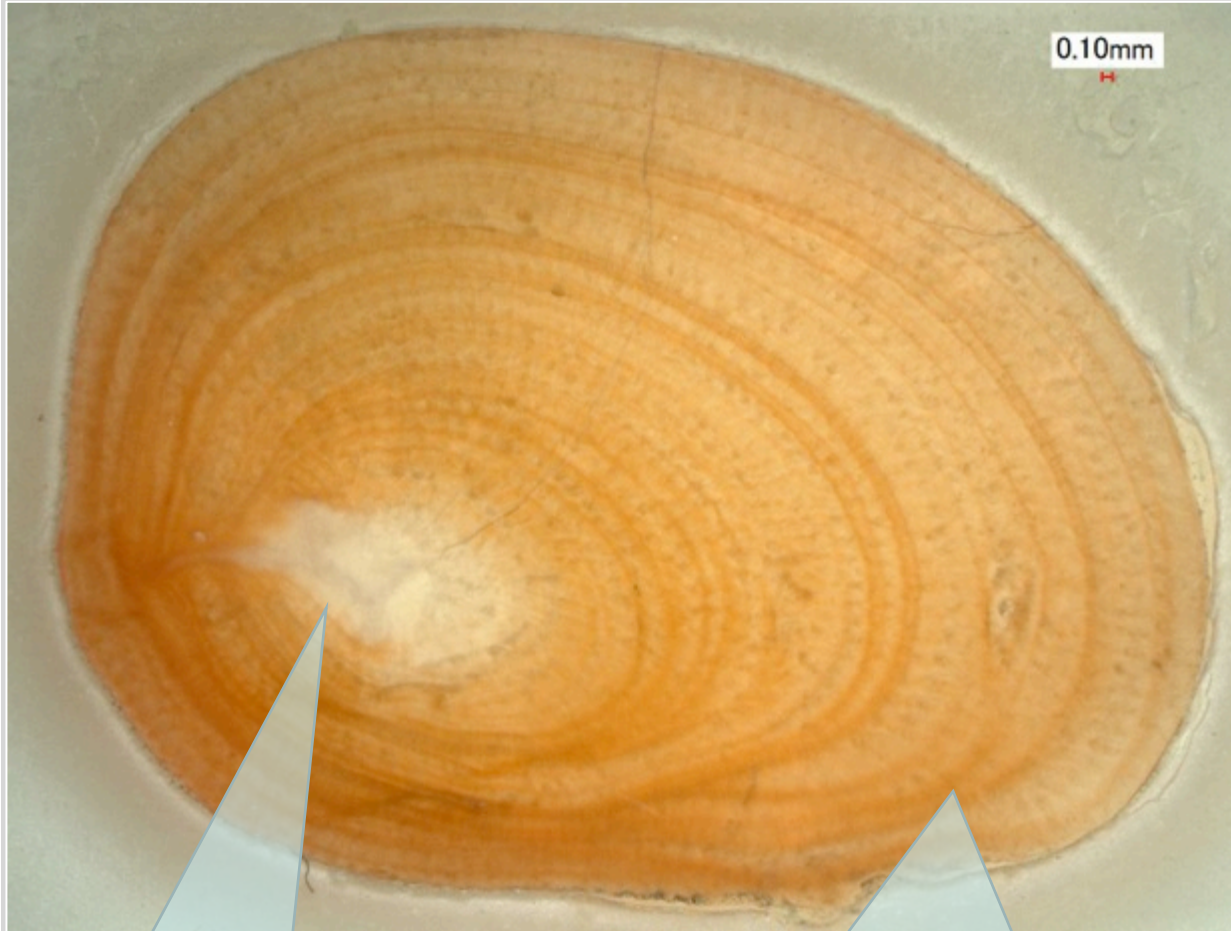
- ・ 肥大成長
- ・ 伸長成長
- ・ 炭酸カルシウムを貯蔵

骨軸周辺: 骨軸上皮が形成

Urushihara et al 2016

兵庫県立大 漆原良昌氏

骨軸の形成 モモイロサンゴ



先端が中心となる
骨片が集合し形
成

骨軸周辺：骨軸上皮が形
成



樹木

- ・ 肥大成長
- ・ 伸長成長
- ・ 木部で支える
- ・ 有機物を貯蔵

成長速度の推定方法

- 成長線を計数：染色、高彩度色彩分

金沢大 長谷川浩氏

- 微量元素濃度の変動

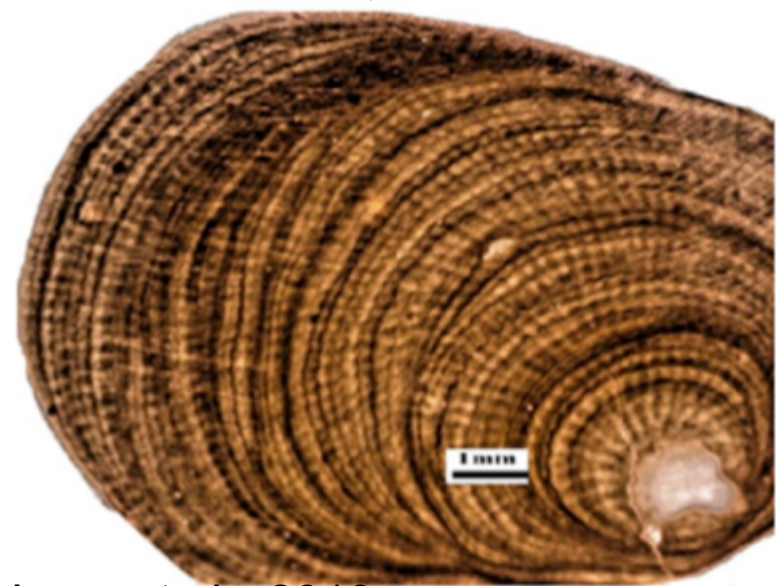
金沢大 長谷川浩氏 都立大為則雄祐氏

- 赤外分光：赤外吸収スペクトラムの変動

- 鉛²¹⁰濃度の減少

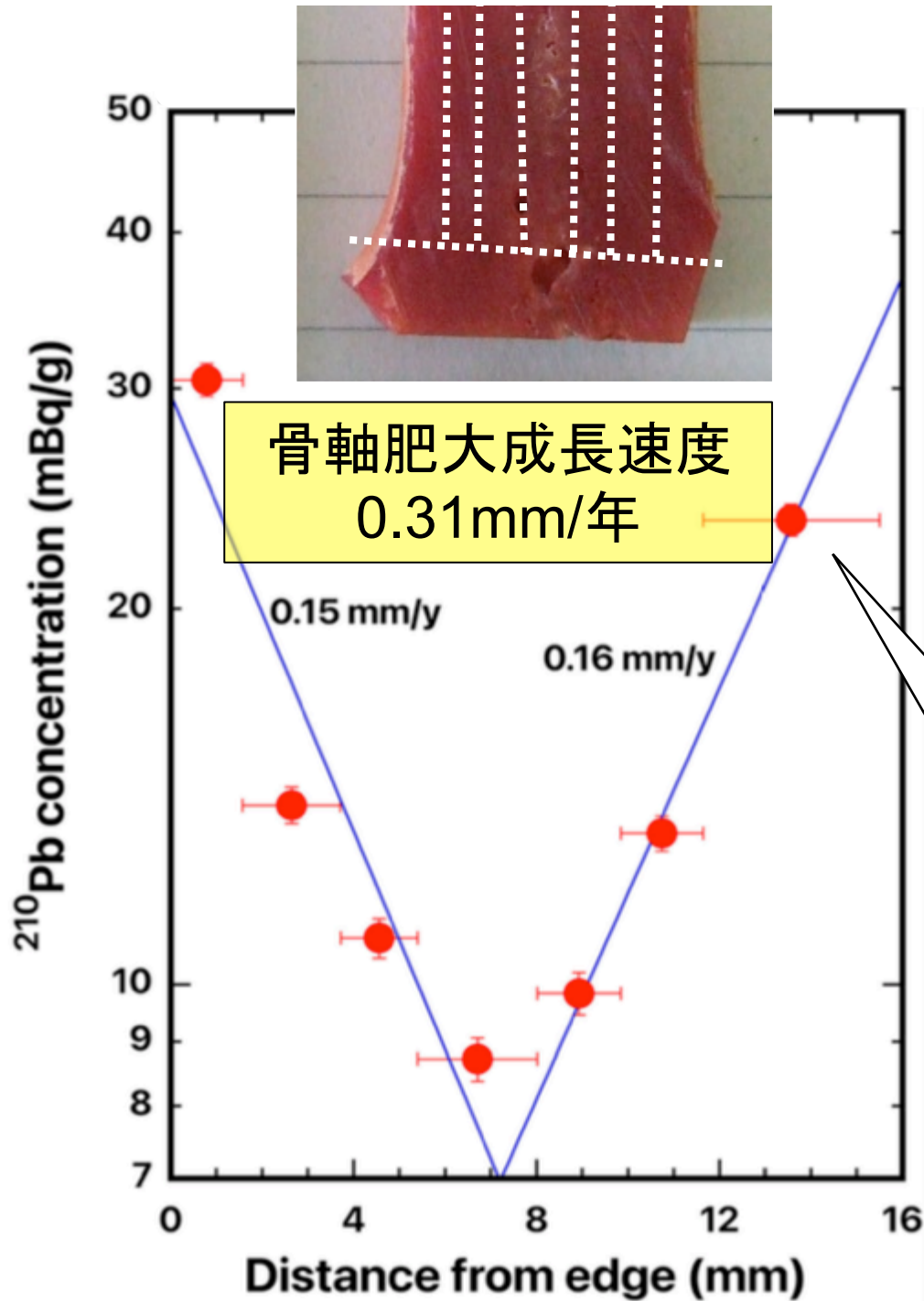
海生研 山田正俊氏

- 現場飼育：98カ月間



Luan et al 2013

鉛210濃度



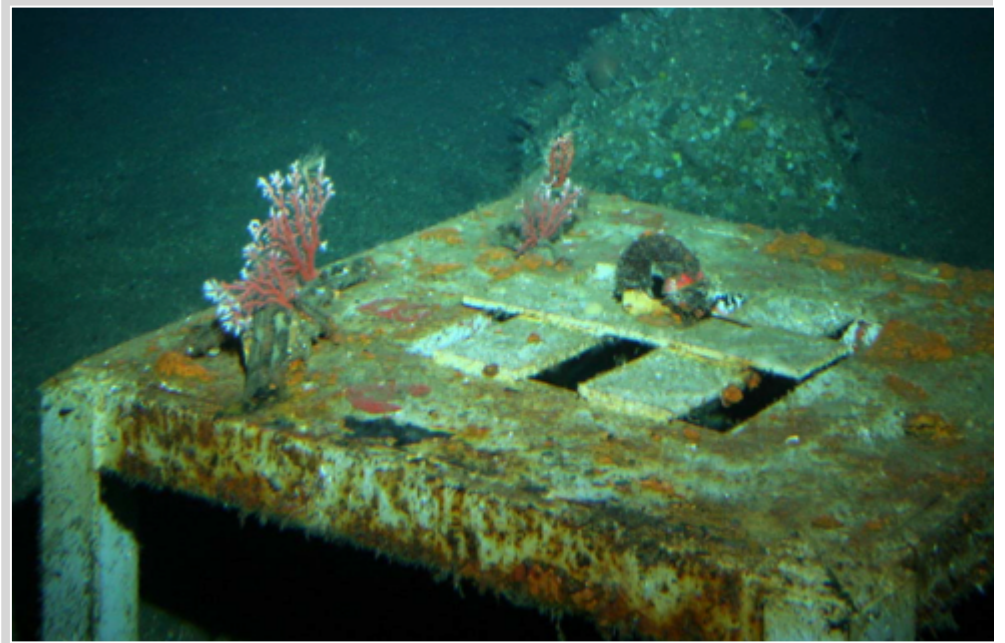
- 海水から取り込む
- 半減期 22.2年

Yamada et al 2023
海生研 山田正俊氏

アカサンゴ 現場飼育実験



2015年3月26日

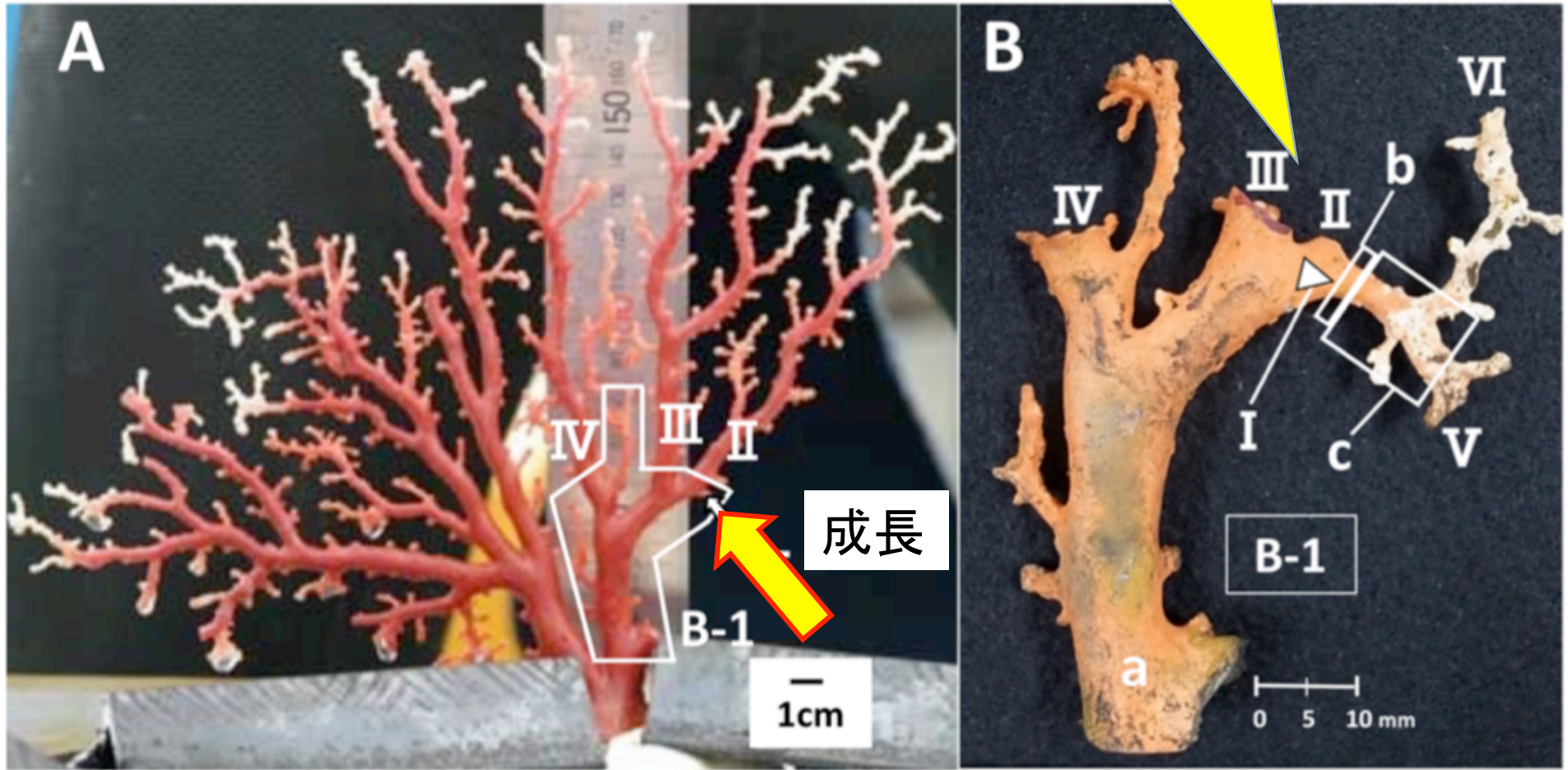


2017年6月18日

2015年3月～2013年5月
鹿児島・竹島沖135m

アカサンゴ 現場飼育実験

98ヶ月で成長
0.37mm/年





世界最大級 モモイロサンゴ

- ・宮古島産
- ・重さ 67 kg
- ・高さ 1.1 m
- ・幅 1.7 m

年を経ると
成長率低下

Vielzeuf et al 2018

高知新聞 (2006. 11. 27)

2. 漁業と資源管理



2009年11月 高知・宿毛

宝石サンゴの種類

種名	和名(商品名)	分布
<i>Coorallium japonicum</i>	アカサンゴ	日本、台湾、フィリピン
<i>Pleurocorallium elatius</i>	モモイロサンゴ	日本、台湾、ベトナム
<i>Pleurocorallium konojoi</i>	シロサンゴ	日本、台湾、ベトナム
<i>Hemicorallium sulcatum</i>	ミゾサンゴ (ミス)	日本 房総沖、台湾
<i>Corallium rubrum</i>	ベニサンゴ	地中海, ポルトガル~セネガル
<i>Hemiorallium regale</i>	(深海サンゴ, ミッド)	ハワイ
<i>Pleurooorallium secundum</i>	(深海サンゴ, ミッド)	ハワイ, ミッドウエー
Coralliidae sp.	未記載種 (深海サンゴ, ミッド)	ミッドウエー, 天皇海山

宝石サンゴの産地と種類

地中海

ベニサンゴ

分布：10-600m

漁獲開始：紀元前

日本・台湾

アカサンゴ

モモイロサンゴ

シロサンゴ

ミゾサンゴ

分布：80-300m

漁獲開始：1871

ミッドウェイ

Coralliidae sp.

分布：500-1500m

漁獲開始：1965

現在 漁獲無し

ハワイ

H. regale

P. secundum

分布：350-500m

漁獲開始：1966

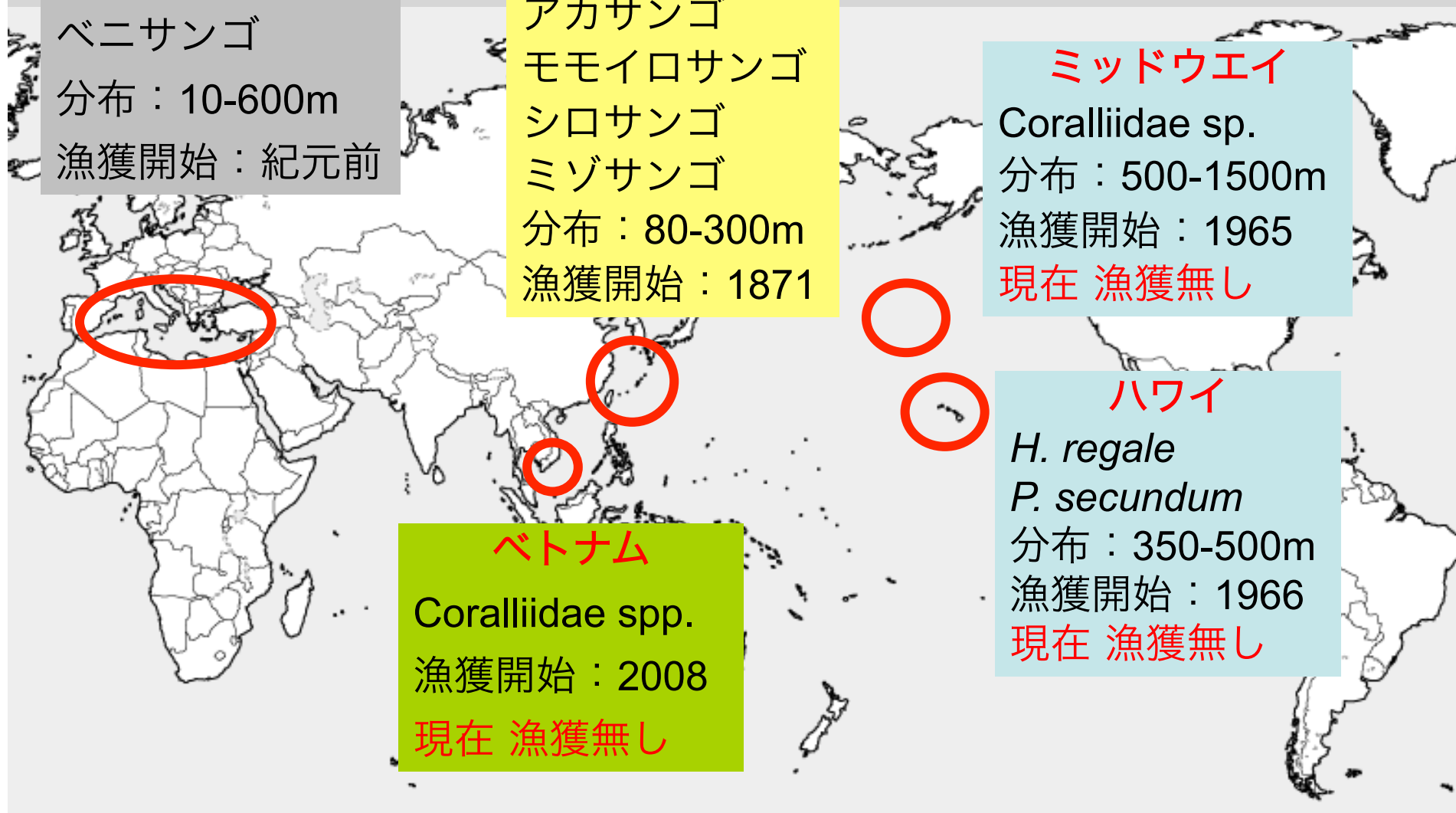
現在 漁獲無し

ベトナム

Coralliidae spp.

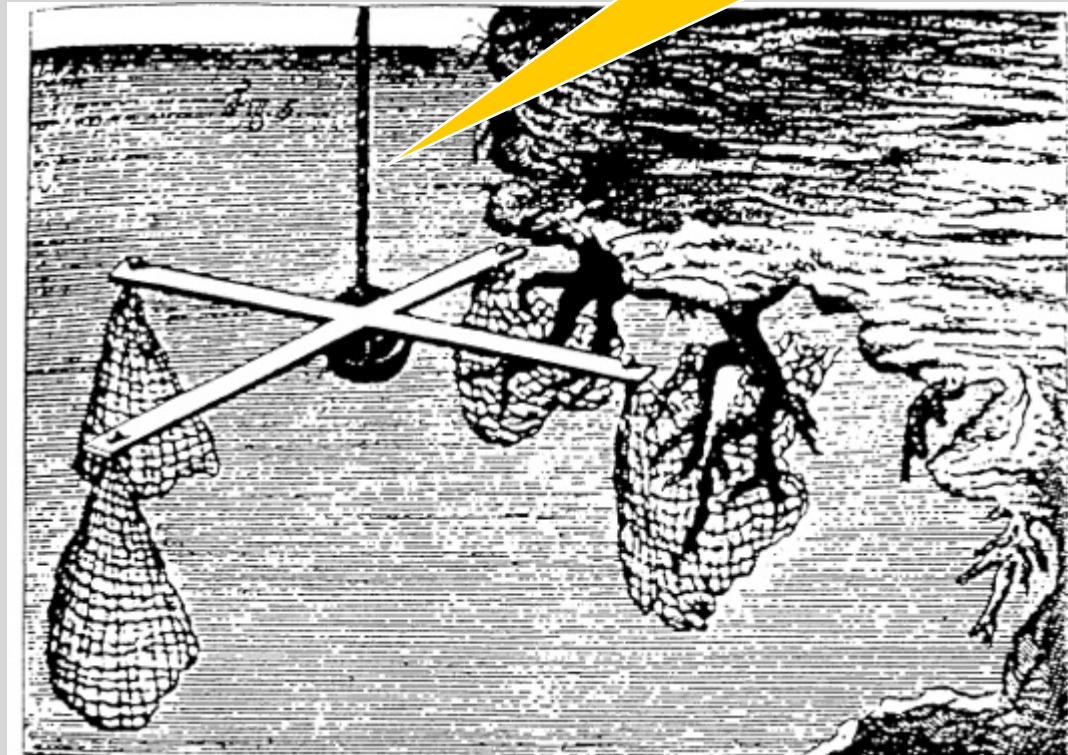
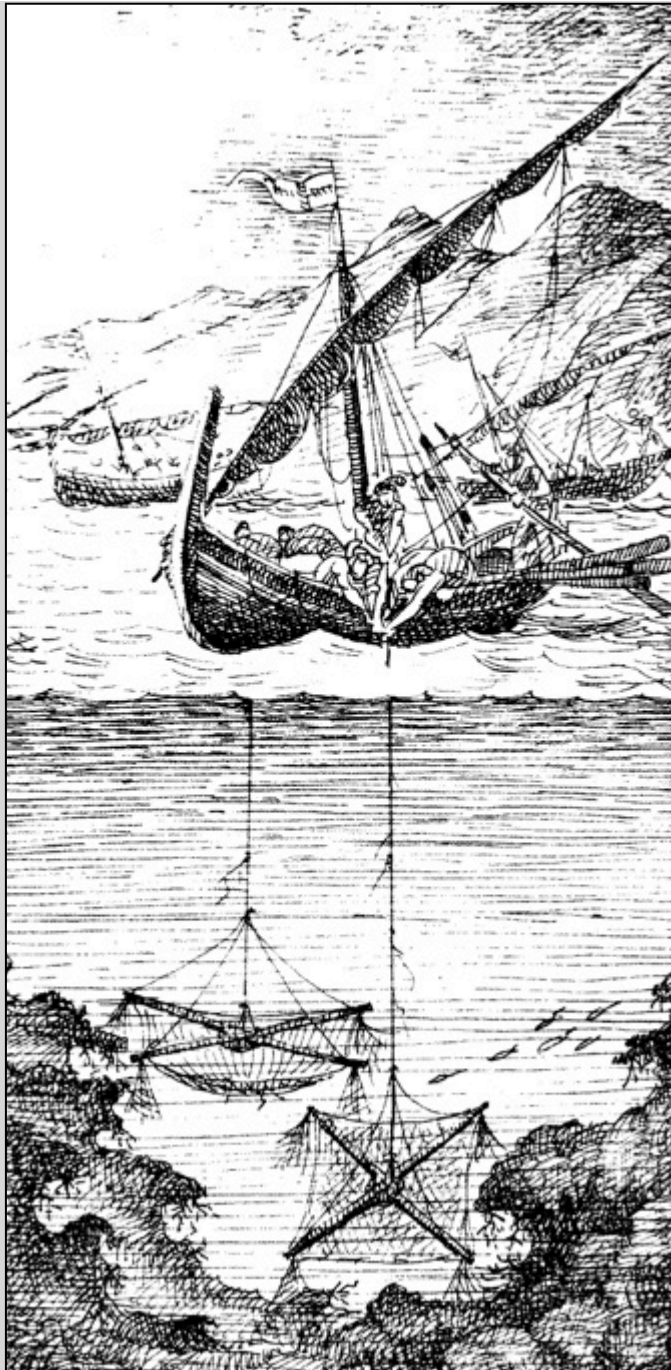
漁獲開始：2008

現在 漁獲無し



地中海の伝統的珊瑚漁 インジェーニョ

1994年 EUで禁止



- 主な分布水深 十数～100m
- 紀元前600年 船による採取の記録：仏マルセイユから珊瑚ビーズが挟まった船が出土



Christian Petron

日本：珊瑚漁船



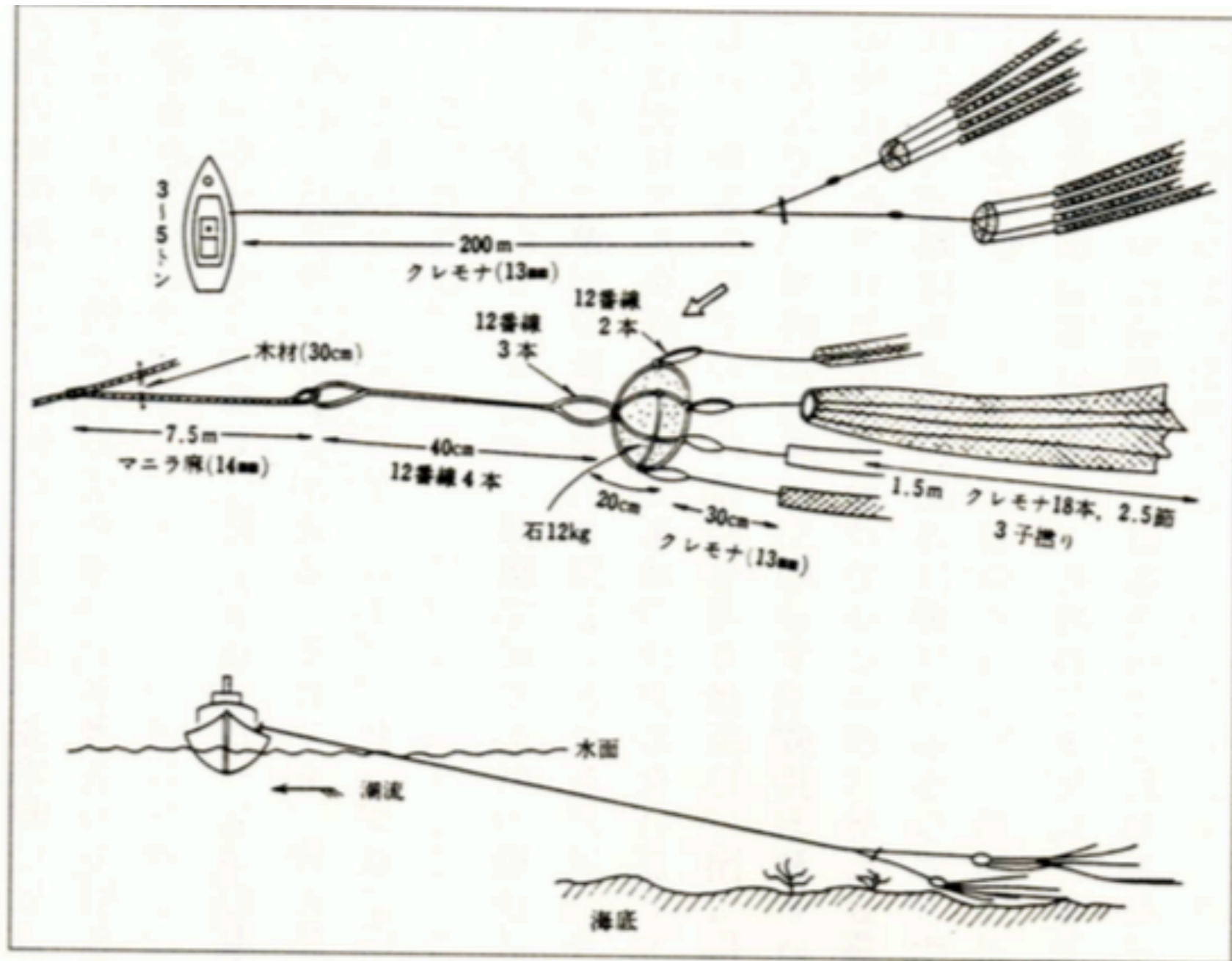
- 明治初年代(1871頃)
高知で珊瑚漁開始
- 幕末、土佐藩が珊瑚漁を
禁止したという記録は無い

愛媛県の珊瑚漁 1877年頃
愛媛県立図書館

珊瑚網 tangle net



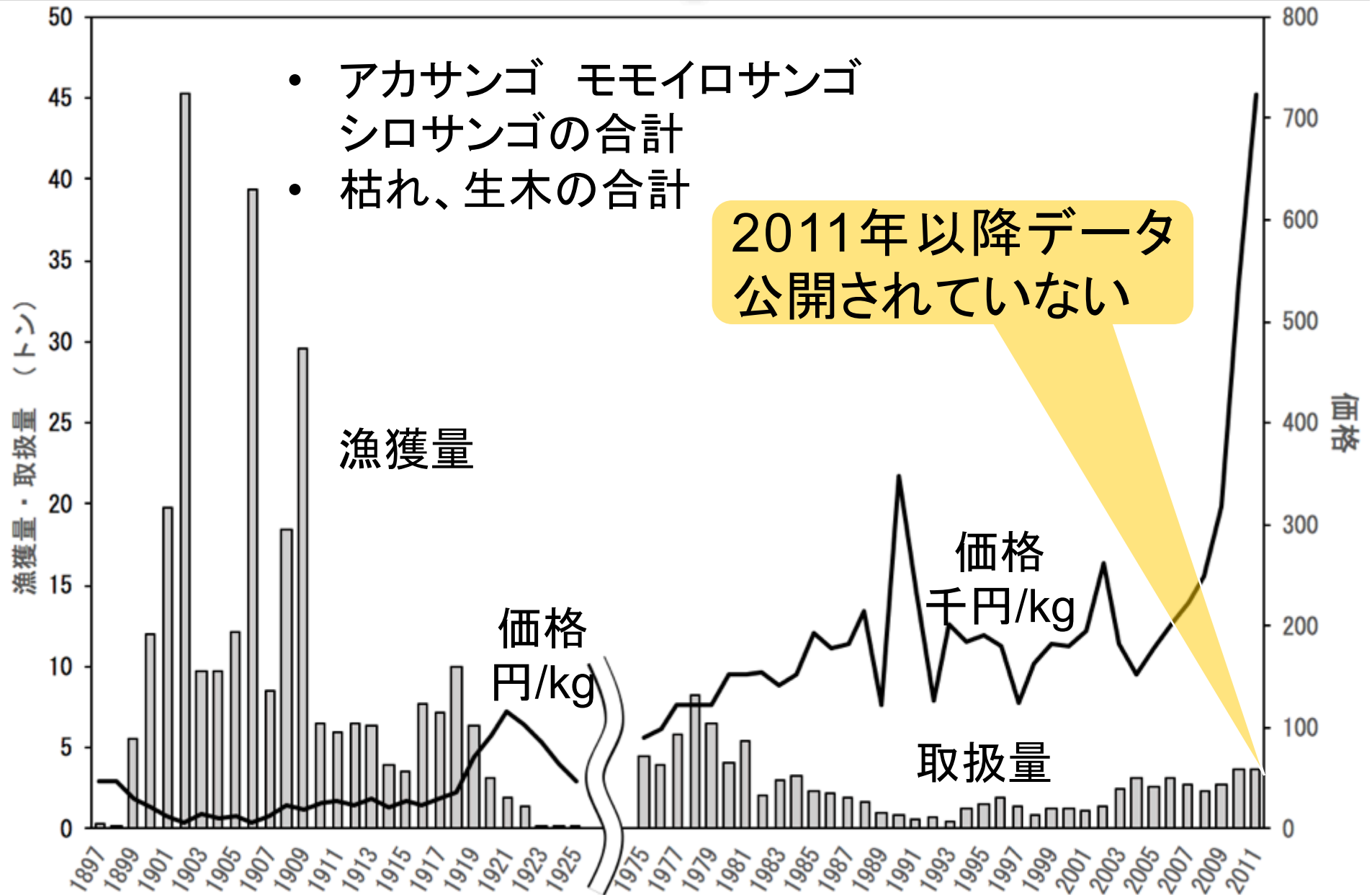
- 袋状になっていない
- からみ取る



サンゴ網の引き方模式図 (金田禎之「日本漁具・漁法図説」より)



高知県産宝石サンゴ 1897-2011



遺骸としての骨軸：漁獲対象

枯れ

生木



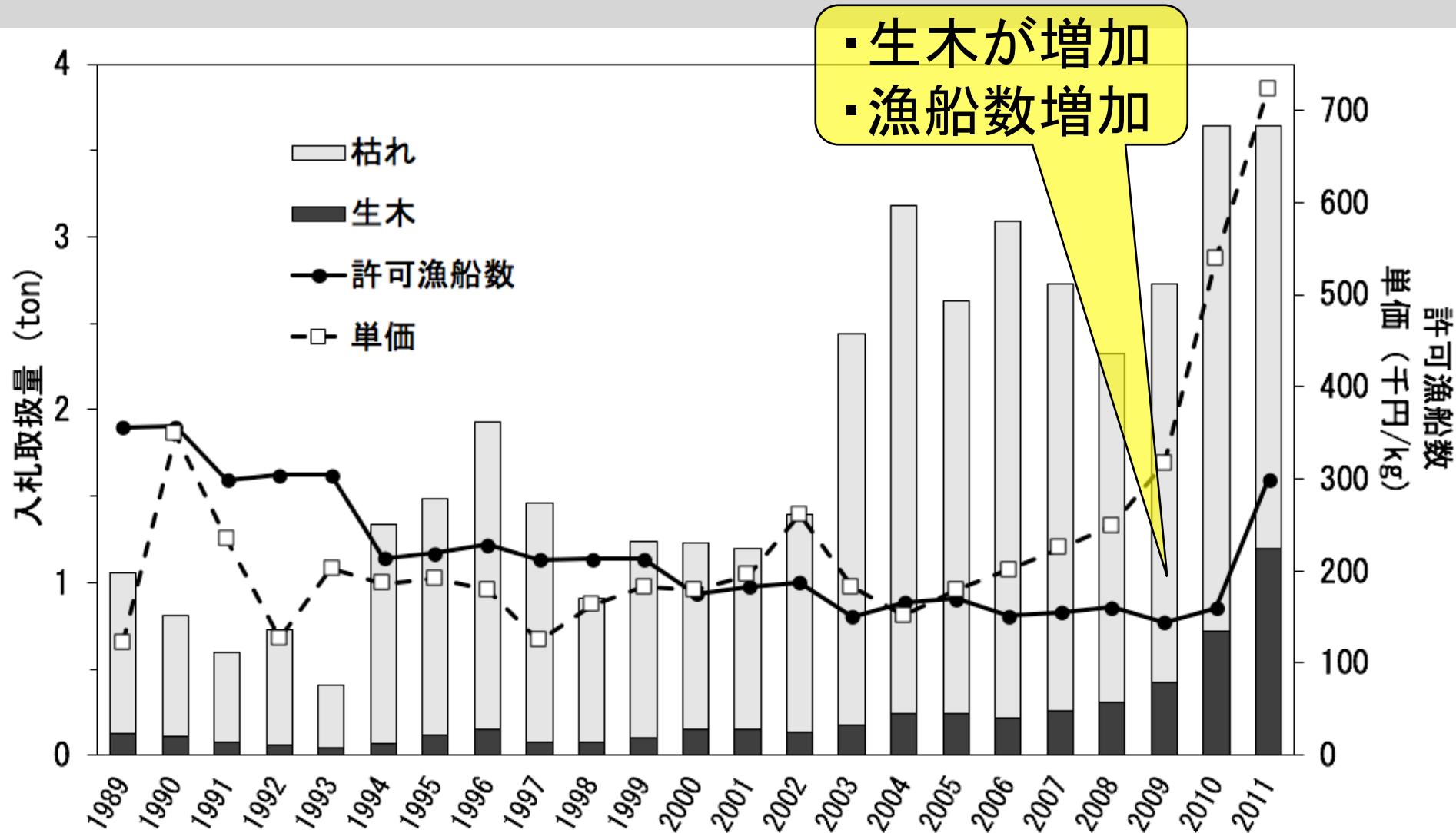
遺骸としての骨軸

採取時に生存

モモイロサンゴ

高知県産入札量 1989-2011

アカサンゴ モモイロサンゴ シロサンゴ

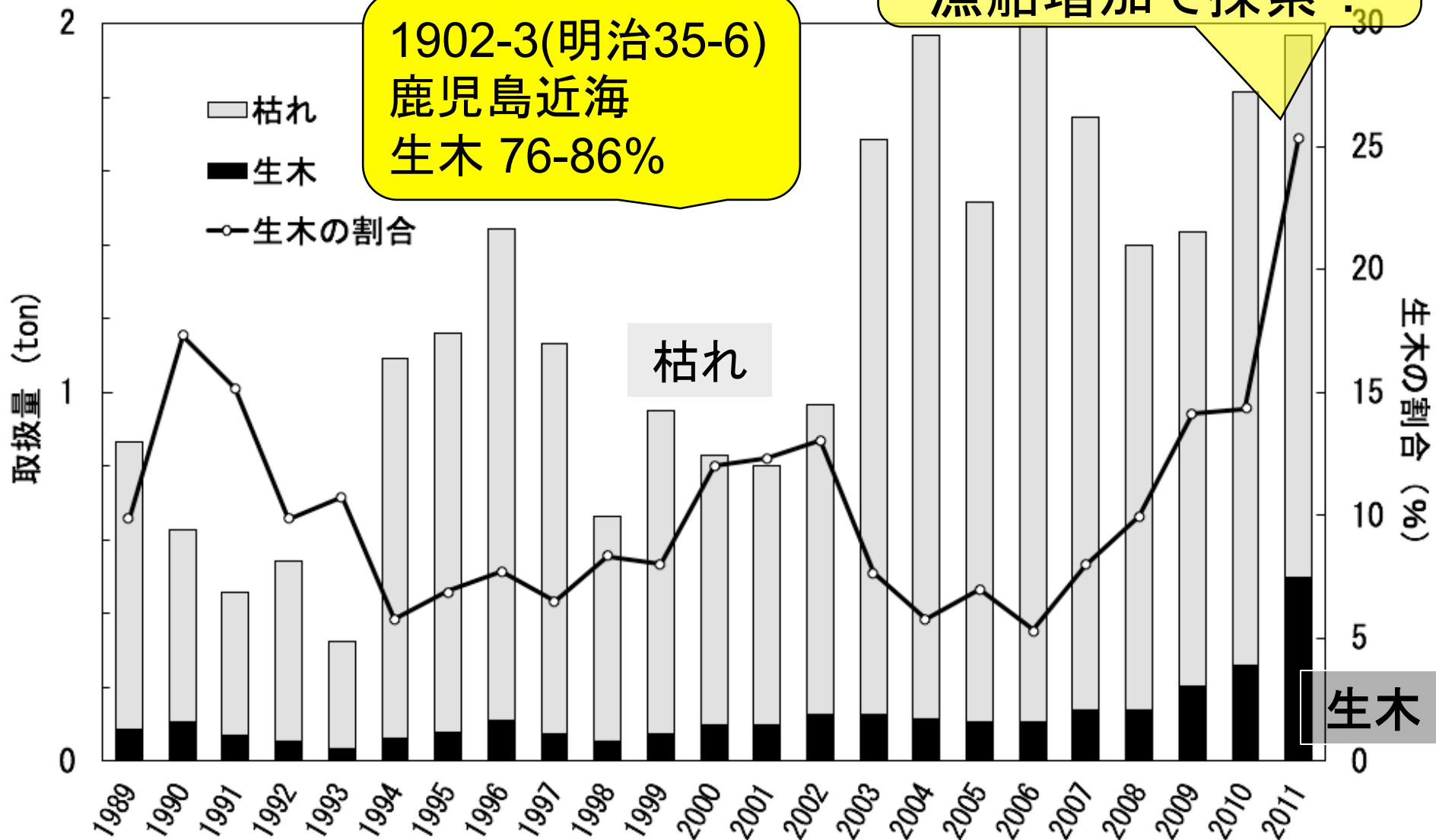


高知県産 アカサンゴ 入札量

1989-2011

- ・生木が増加
- ・漁船増加で探索？

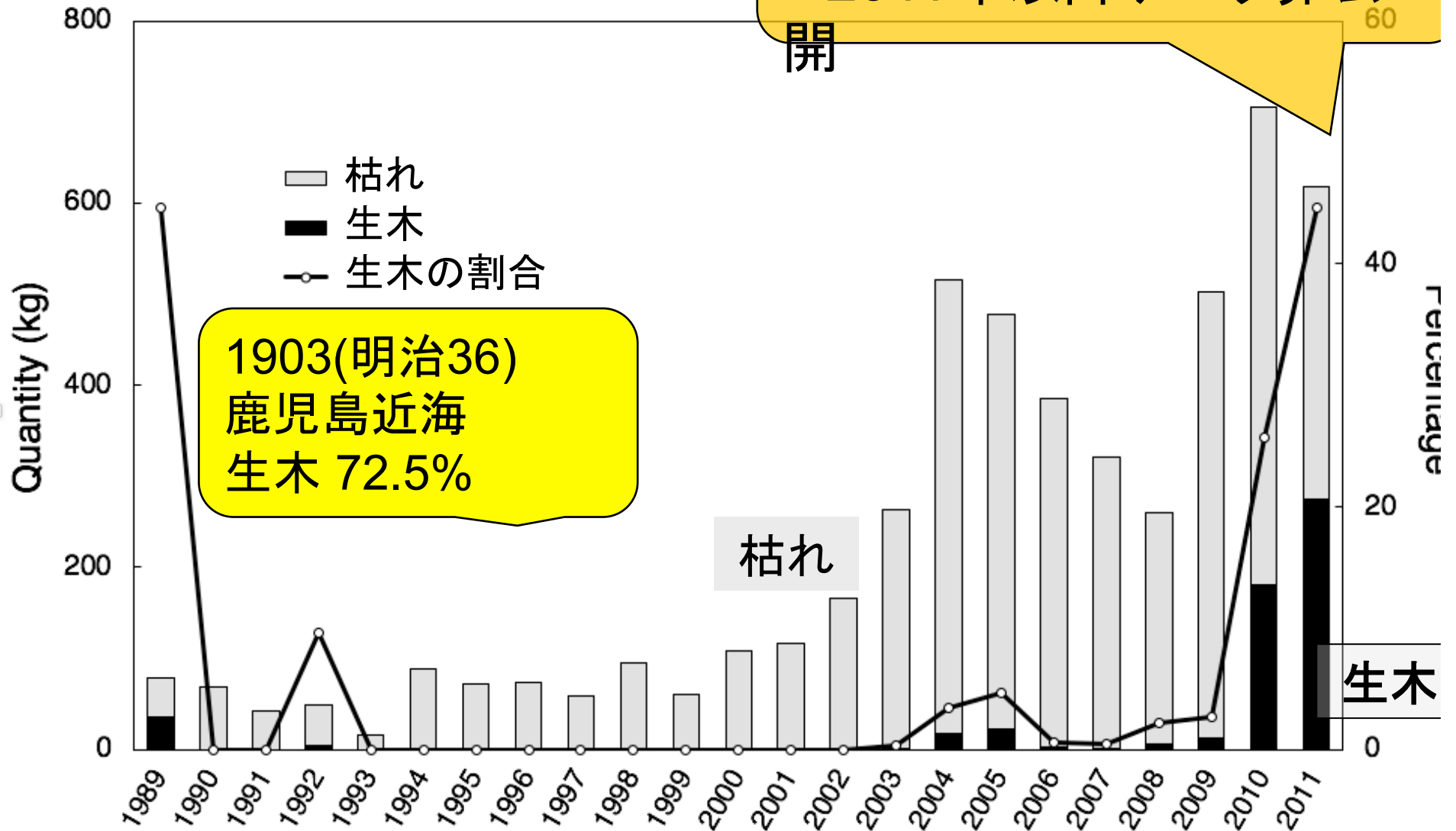
1902-3(明治35-6)
鹿児島近海
生木 76-86%



高知県産 シロサンゴ 1989-2011

入札量

- ・ 生木が増加
- ・ 減少に転じると危機的
- ・ 2011年以降データ非公開



珊瑚漁許可数 2021-24 合計 373件 (約450隻)

長崎
5

愛媛
3

高知
337

和歌山
1件(100隻以下)
2014年に1件(153隻)で
操業、船数は半減

珊瑚網

鹿児島
1

沖縄
1

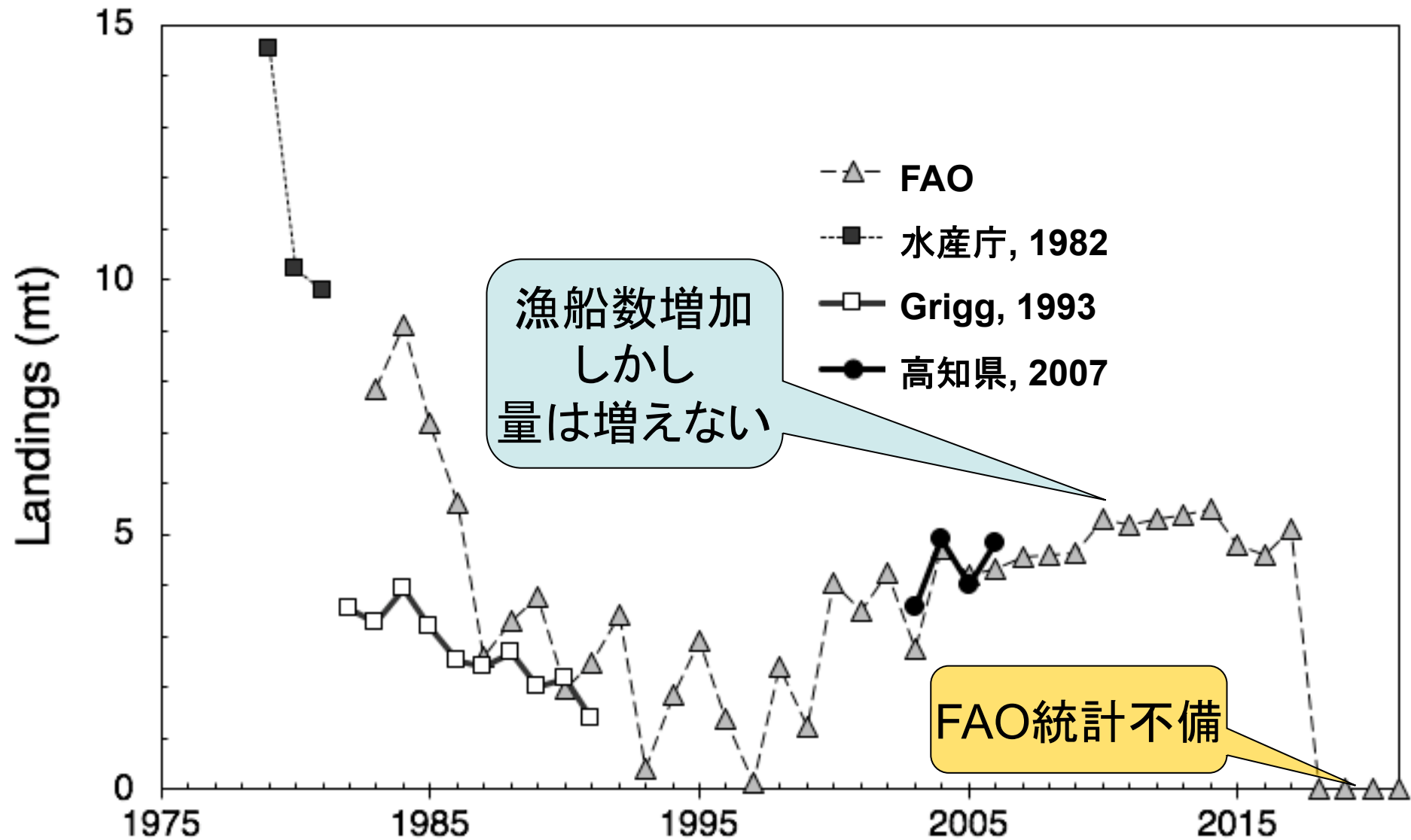
水中ロボット
珊瑚網禁止

東京
27
うち小笠原 9
2012年再開

禁漁

神奈川県
静岡県
愛知県
三重県
徳島県
大分県
熊本県 天草海
宮崎県

日本の漁獲量(販売量)



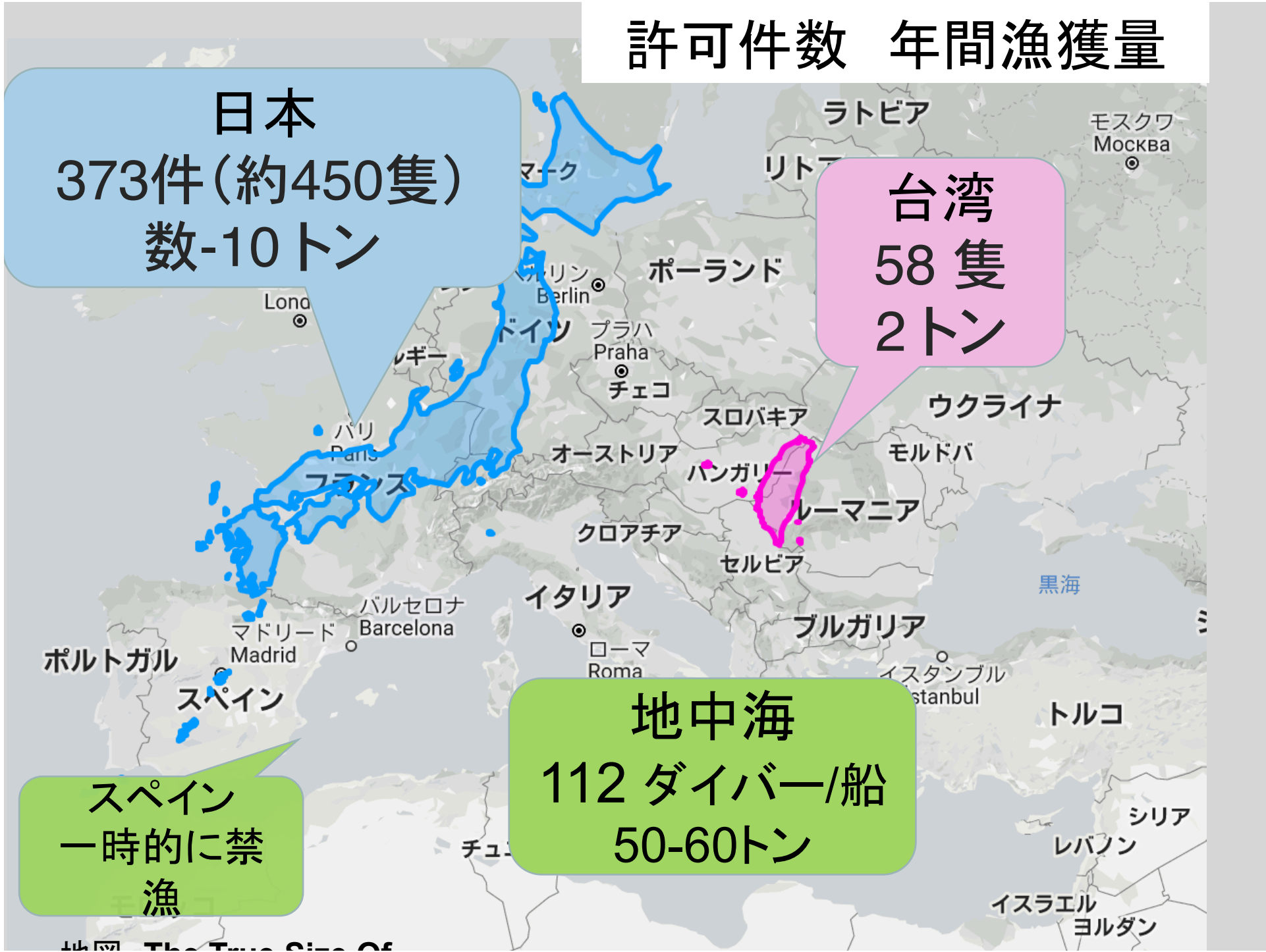
許可件数 年間漁獲量

日本
373件(約450隻)
数-10トン


台湾
58隻
2トン

地中海
112ダイバー/船
50-60トン

スペイン
一時的に禁
漁



管理：日本 高知県

- 許可数：現在の許可数を越える許可をしない
- 操業海域・水深・操業時間の制限
- 休漁期間：1～2月 6～8月 
- 漁法：珊瑚網のみ、動力を用いて曳網しない、航跡記録
- 大きさの制限：直径7mm未満、長さ3cm未満の石付きの生木は放流
- 漁獲量（3種、高知県、1漁期）：生木（漁獲時に生き

台灣：珊瑚網



1912年 シロサンゴ発見
1924年本格操業開始

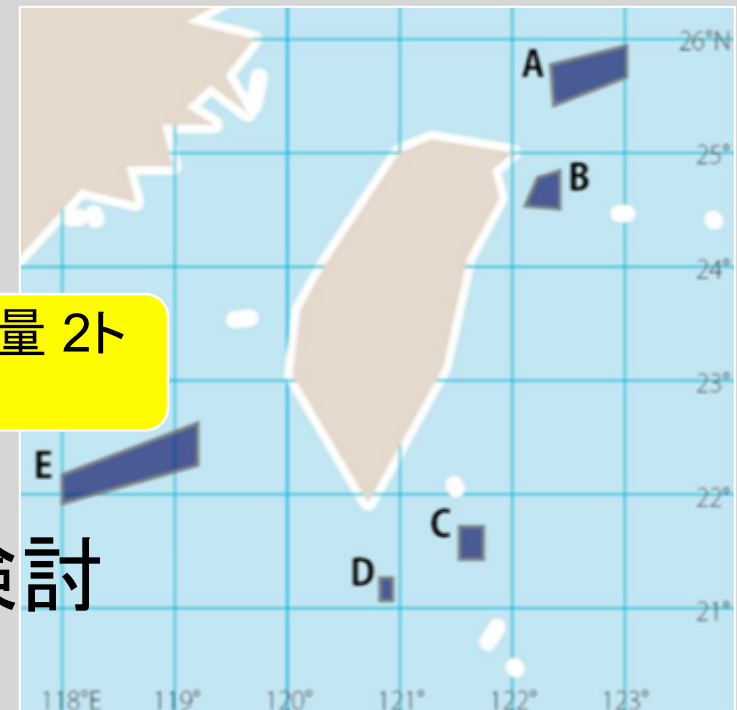


管理：台湾

- 2009年1月「漁船兼營珊瑚漁業管理辦法」制定
 - ✓ 厳密な監視、厳格な管理、優れた科学的調査
 - ✓ 許可漁船数 上限60隻
 - ✓ 漁場5海域
 - ✓ 年間総漁獲量 6トン
- 2023年試験操業
 - ✓ 漁場のローテーションを検討

150隻以上から減船

近年の漁獲量 2トン



管理：地中海

- 地中海漁業一般委員会 (GFCM) 2011年以降
- 採集：スキューバダイバーが使用するハンマーに限定
- 採取の禁止
 - ✓ 水深 0～50mに分布するもの
 - ✓ 直径 7 mm 未満(根元から1cm以内)のもの
- サイズが小さいものがその年の総採取量の 25 %を超えた場合、その場所の採取を一時的に禁止
- データの収集、科学的調査を強化

日本：課題

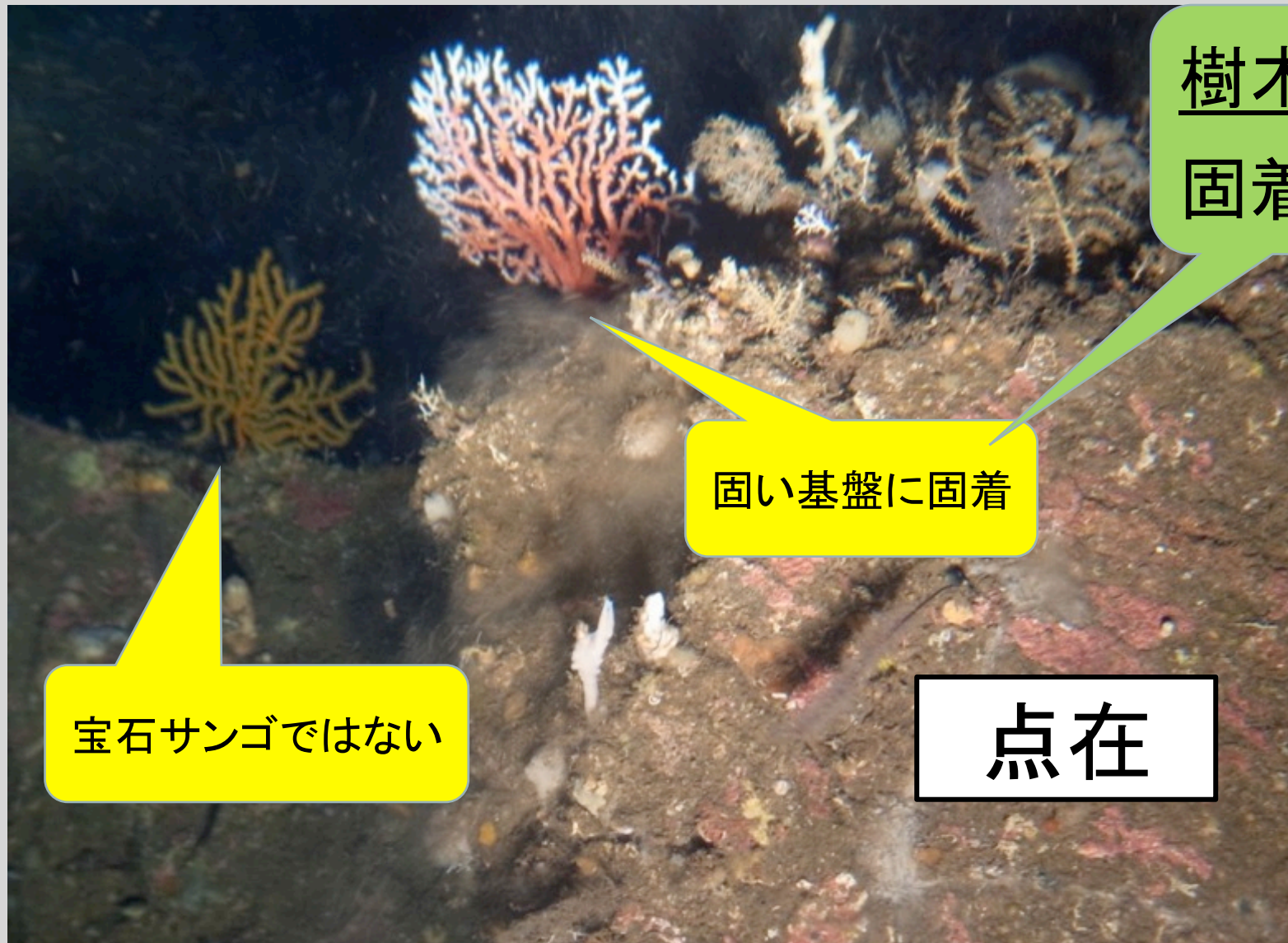
✓ 数学的モデルに基づく資源解析

✓ 欠けているパラメータ

加入率 移出入率 死亡率 寿命

成熟年齢 成長に伴う成長速度の変化

鹿児島・三島 モモイロサンゴ 点在



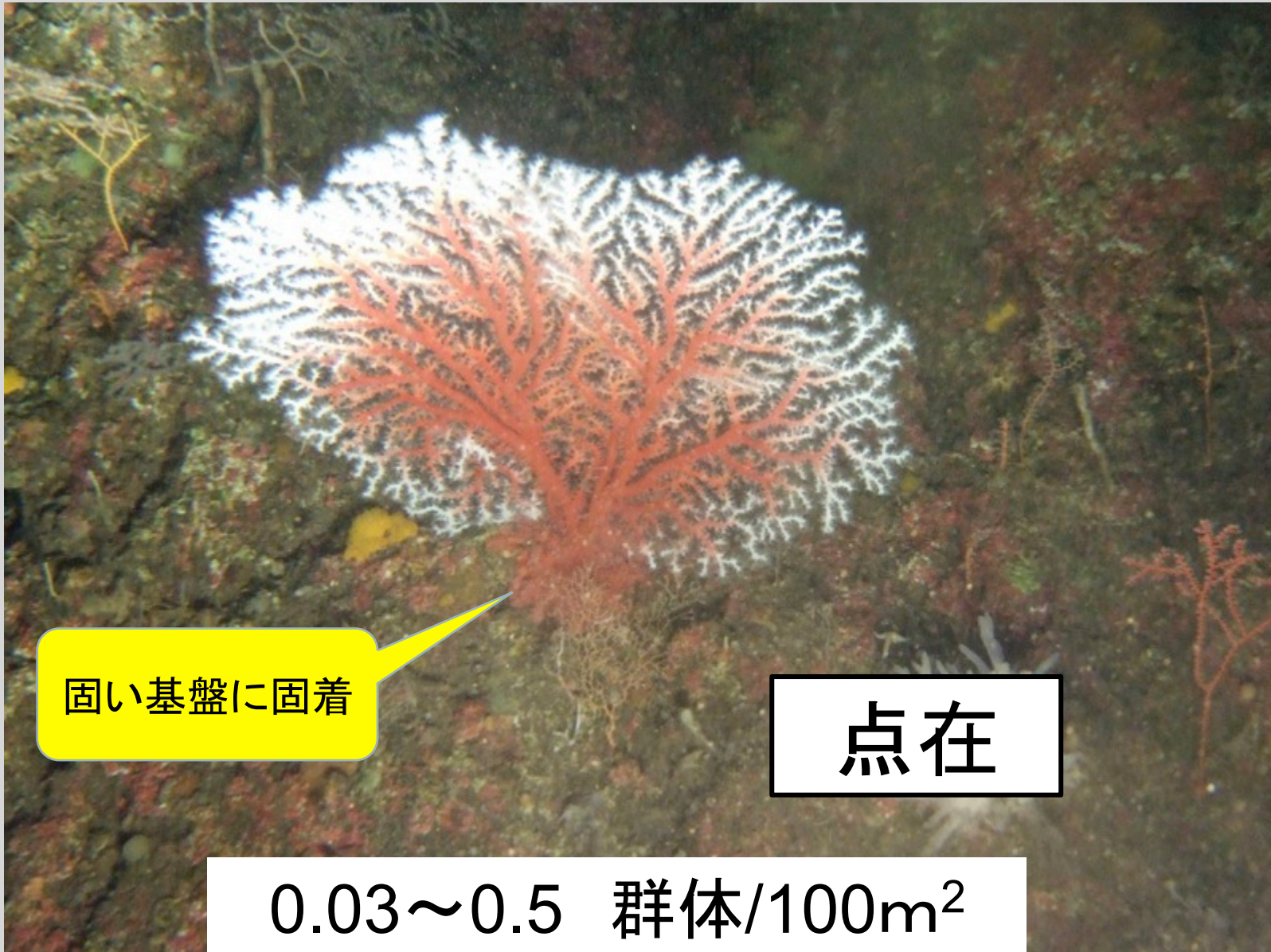
樹木
固着性

固い基盤に固着

宝石サンゴではない

点在

鹿児島・三島 アカサンゴ 点在

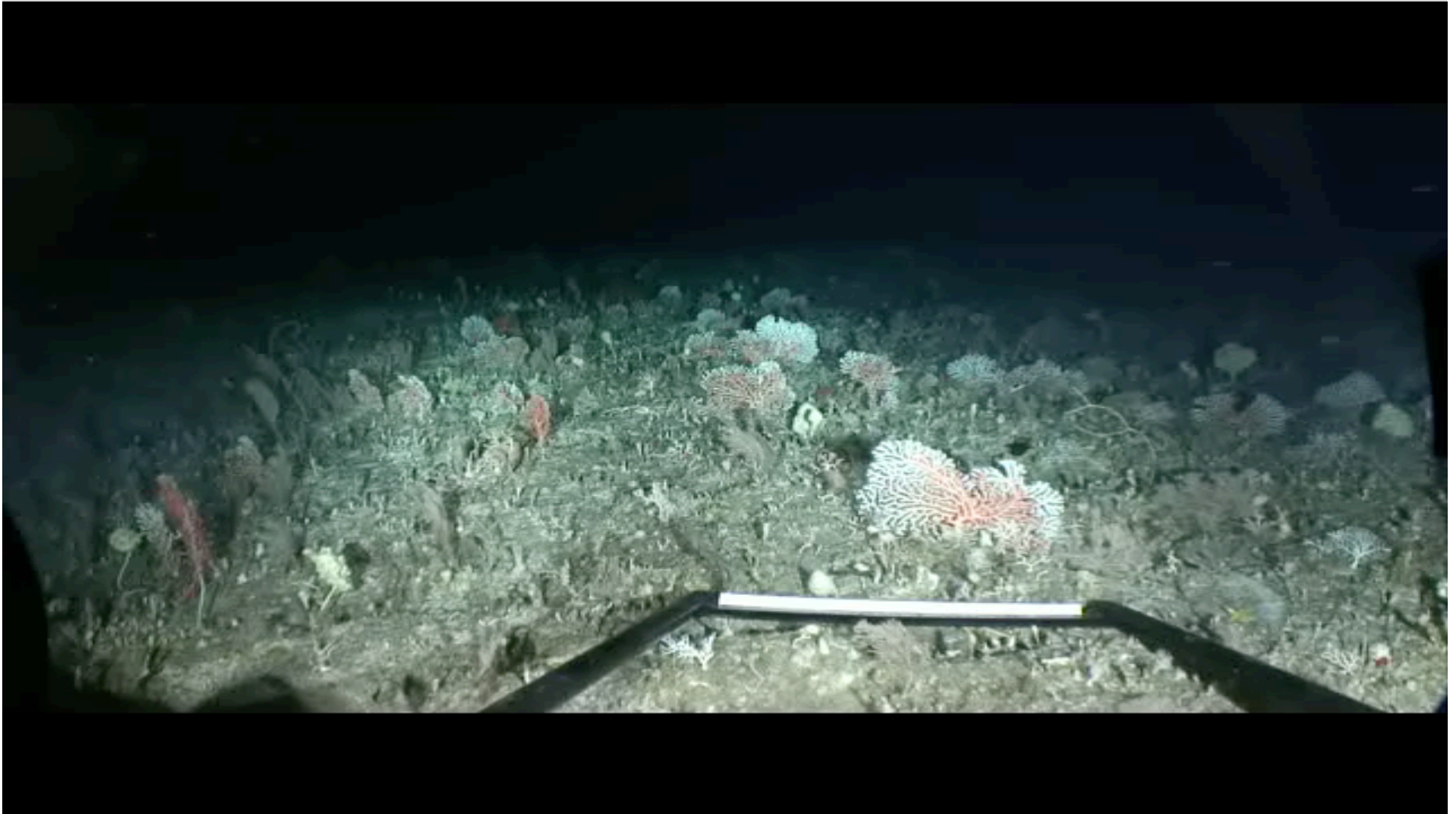


固い基盤に固着

点在

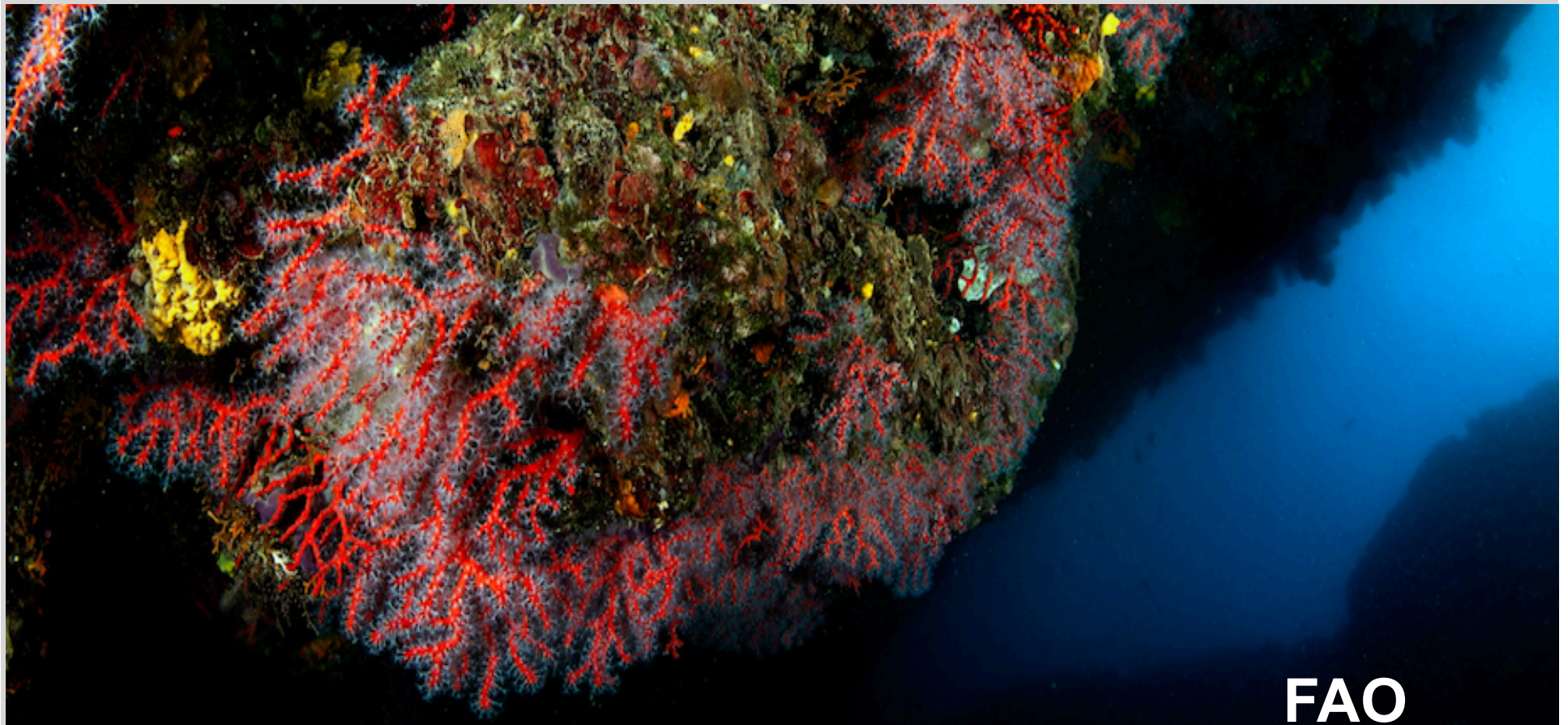
0.03~0.5 群体/100m²

沖縄 シロサンゴ パッチ形成



パッチ最大 4.8 群体/100m₂

地中海 ベニサンゴ



水深50-60m 最大 1,000 群体/m²

2015年 水産庁 小笠原調査



小笠原諸島周辺海域宝石サンゴ緊急対策事業

ROV画像からのサイズを推定

- 物差しと宝石サンゴに距離がある
- ラインレーザーポインターの幅 2cm

骨軸直径測定不正確



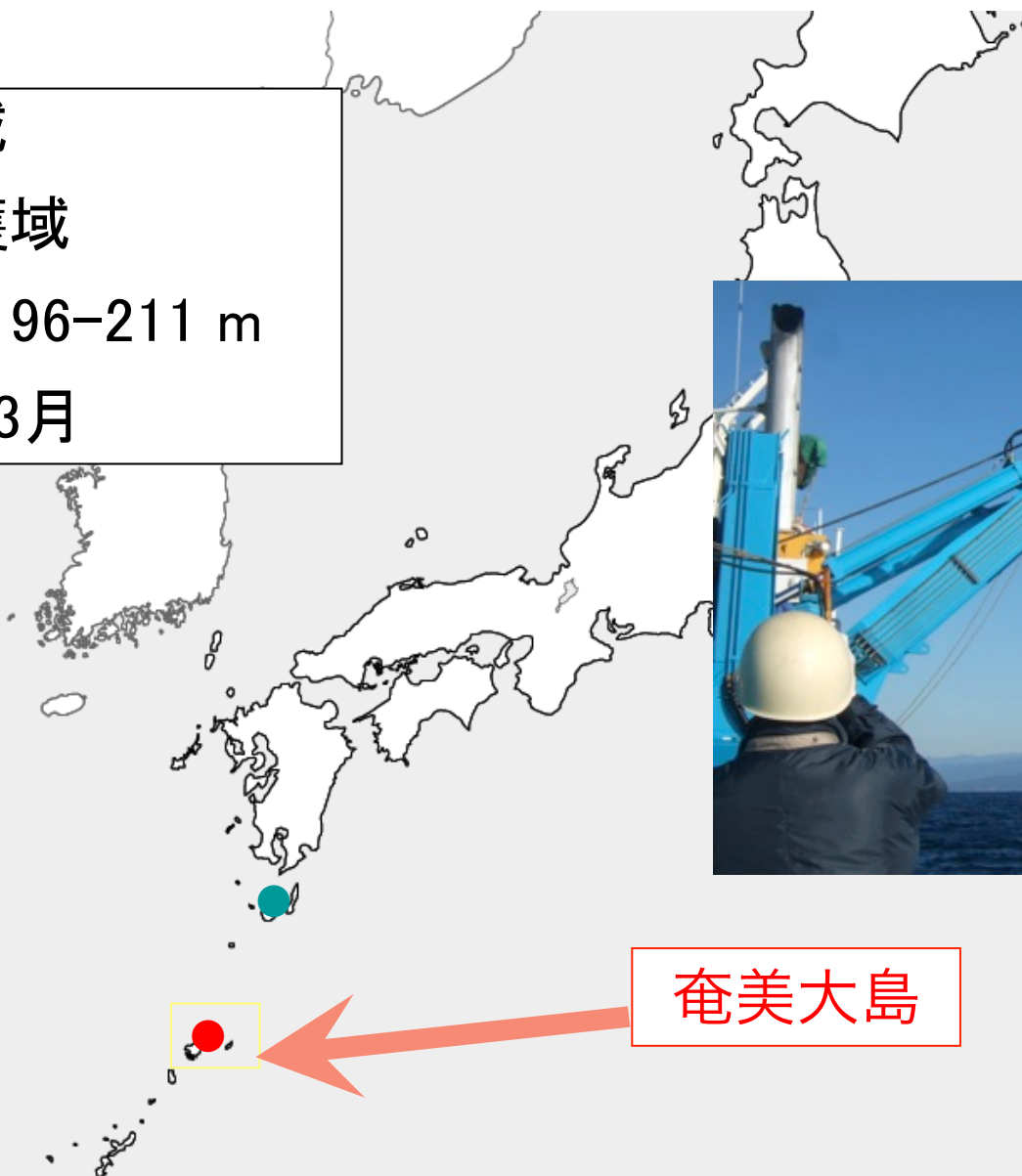
物差し



ラインレーザーポインター
平行線の間隔 2cm

奄美 アカサンゴの分布

- ・ 漁獲域
- ・ 未漁獲域
- ・ 水深: 196-211 m
- ・ 2009年3月



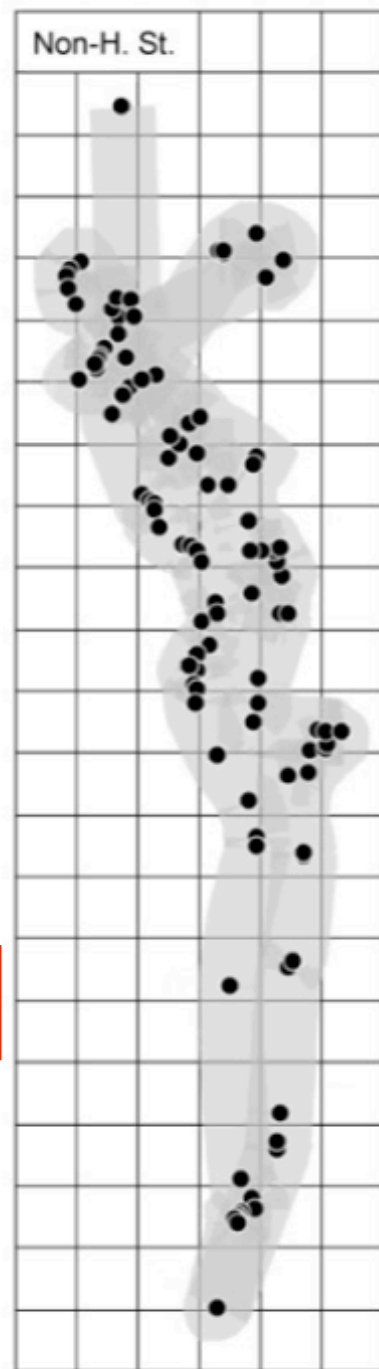
奄美大島

未漁獲域

走航距離
1157.7 m

105 群体

0.45 群体/100 m²



漁獲域

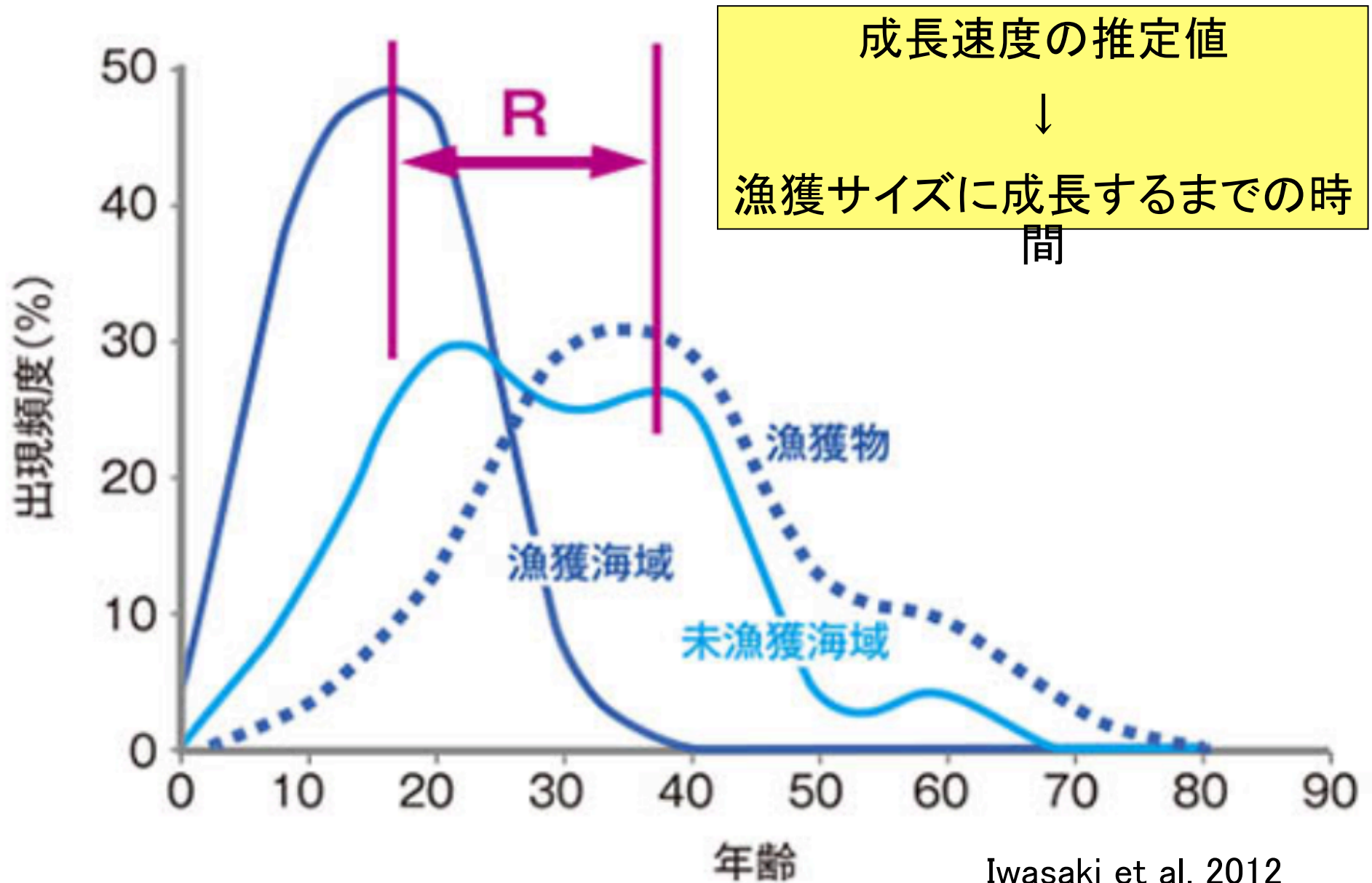
走航距離
1474.5 m

146 群体

0.50 群体/100 m²

集中分布

奄美近海アカサング



最大持続生産量 (MSY) モデル

資源となる個体群を減らすことなく永年的に活用できる最高の収穫量

✓ ハワイ：深海サンゴ

Grigg, 1993

✓ スペイン：ベニサンゴ

Tsounis et al 2007

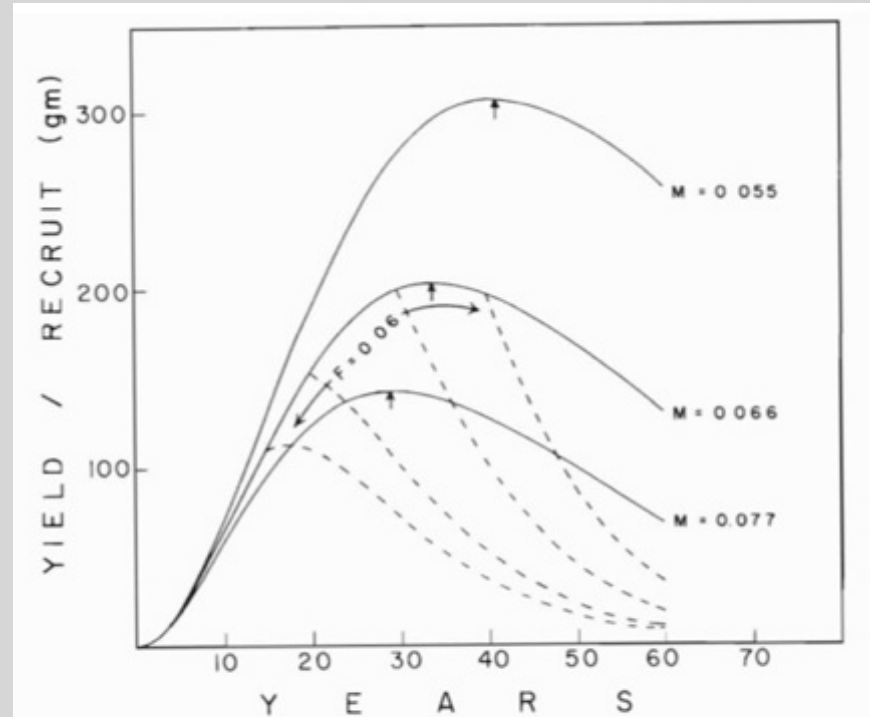


Figure 7.—The Beverton and Holt yield-per-recruit model was used to estimate MSY (vertical arrows) for *Corallium secundum* in the Makapuu coral bed at 3 different values of natural mortality. Dashed lines indicate yield curves produced by applying a fishing mortality of 0.06 at four different ages.

Grigg, 1993

ハワイ：1983 深海サンゴ資源管理計画

MSYが決定できる海域 (オアフ島近海)	1000 kg/年
MSYが推定できる海域	17 ~ 222 kg/年
調査漁業が可能な海域	1000 kg/年
科学的調査と繁殖活動保護のための海域	漁獲禁止

2007年頃から漁業行われていない

サイズ-年齢構造モデル

size-age structured model

MSYモデル：1つの集団が最大の漁獲量を得る時期を示す



実際は1つの集団内に複数の生殖集団が存在



サイズ-年齢構造モデル
transition matrix
死亡イベントを考慮

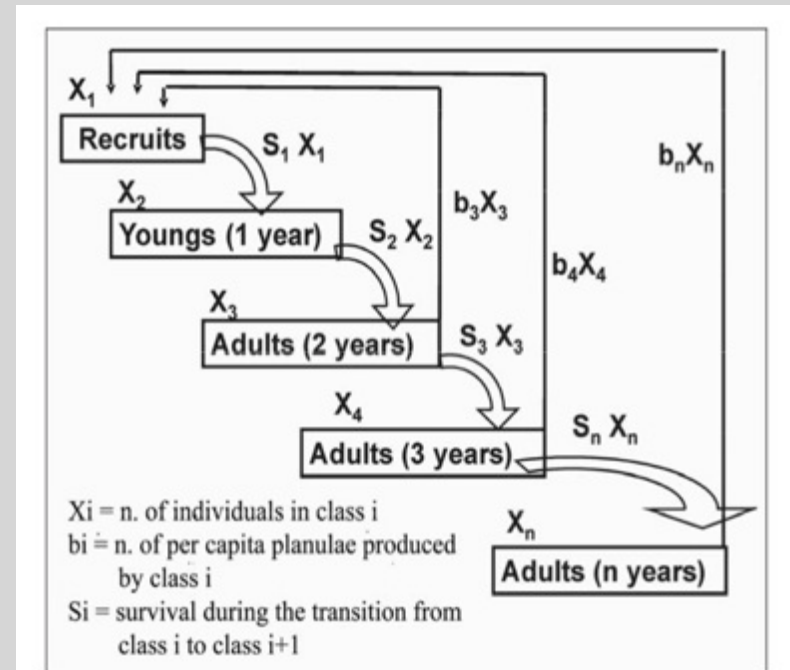


Fig. 2. The size-age structured model representing the complex dynamics of red coral populations.

Santangelo et al, 2009

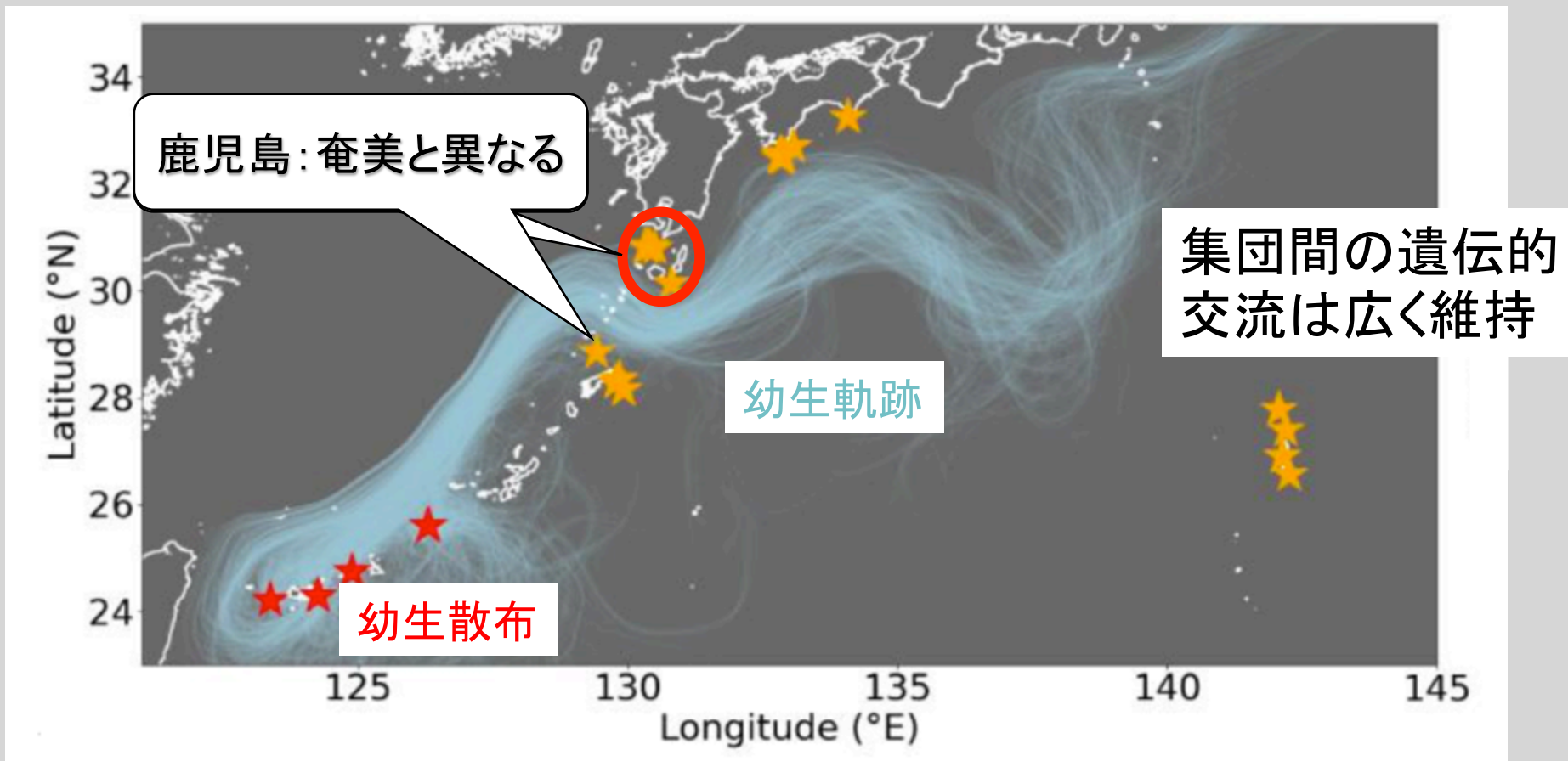
森林と近似

漁獲・資源管理

- 適切な漁獲量の決定
- 漁獲海域と休漁海域を交互に変更
- 繁殖集団の保全：休漁/禁漁区の設定
- 繁殖期の漁獲制限
- 最小漁獲サイズ

アカサング

集団遺伝解析+幼生分散シミュレーション



Kise et al., 2023
産総研 井口亮氏

3. 樹木・森林との比較



	宝石サンゴ	樹木
高さ最大	1 m	100 m
寿命オーダー	100年	1,000年
繁殖型	多回繁殖	多回繁殖
繁殖開始	7-10年ベニサンゴ	3年シラカンバ 20-30年ブナ
伸長成長	1.8-8.5 mm/y	0.15 m/年スギ
肥大成長	0.2-0.6 mm/y	0.21-0.43 cm/年スギ
散布	放卵 放精 幼生	花粉 種子
固着性	固着	固着

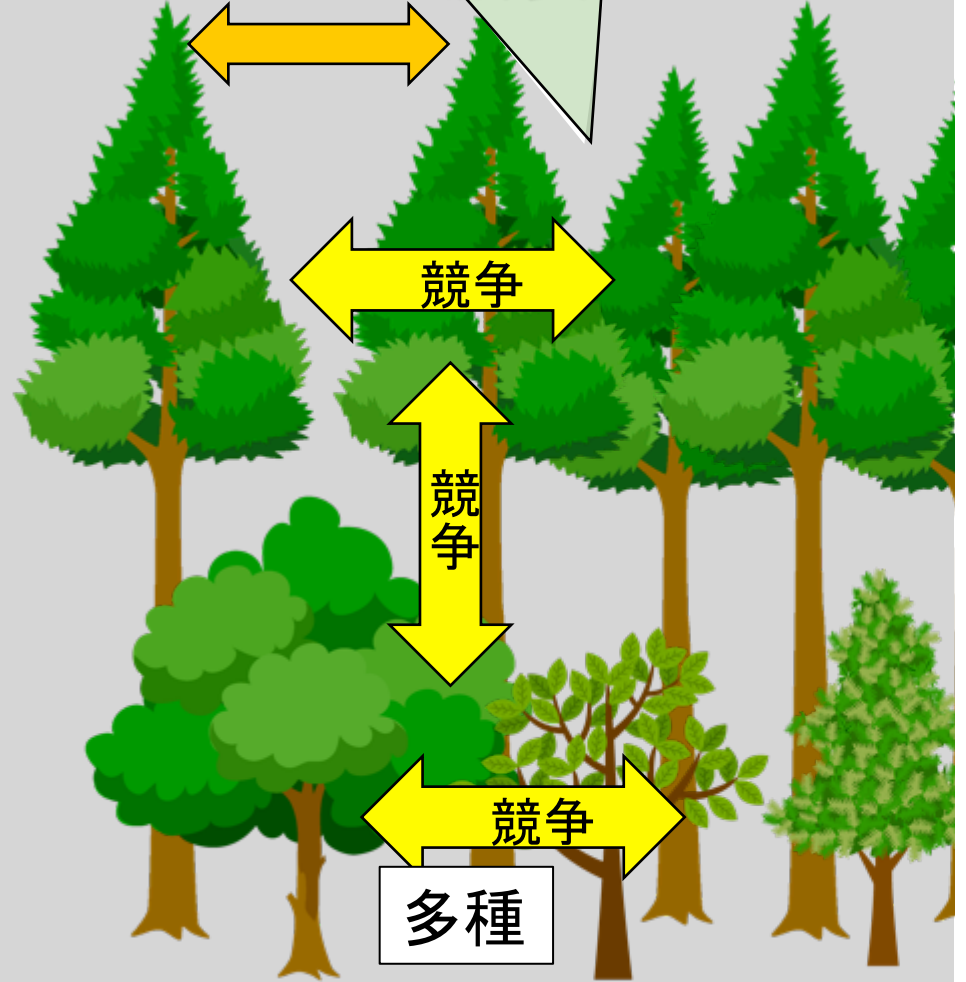
	宝石サンゴ群集	森林
競争要因	なし	光
群集組成	単純	人工林：単純 天然林：複雑
階層構造	顕著でない	顕著
水平構造	単純	不均一：林冠ギャップ
遷移	なし	あり
攪乱	地中海：海洋熱波による大量死	あり
生息する生物の 種多様性	低い	高い
面積	狭い	広い
密度	0.03-5 群体/100m ²	5-10 本/100m ²

- 単純な構造
- 陸から見えない
- 調査難しい



- 複雑な構造
- 光に起因
- 上方からの光は減衰

林冠
ギャップ



多種

森林動態解析の応用



欠けているパラメータ

- ・加入率
- ・移出入率
- ・死亡率
- ・寿命
- ・成熟年齢
- ・成長に伴う成長速度の変化

オオバマホガニー—*Swietenia macrophylla*



オオバマホガニー *Swietenia macrophylla*

- ✓ IUCNレッドリスト: VU(危急種)からEN(絶滅危惧種)に
- ✓ 中南米に生育
- ✓ 木材需要による過剰な利用や違法伐採、開発による森林破壊で、過去180年間で少なくとも60%減少
- ✓ 今後の気候変動により、現在の分布域の一部で環境が変化し、生育できなくなると予測