- The 24 th Japan International Seafood & Technology Expo,　Aug26h 2022

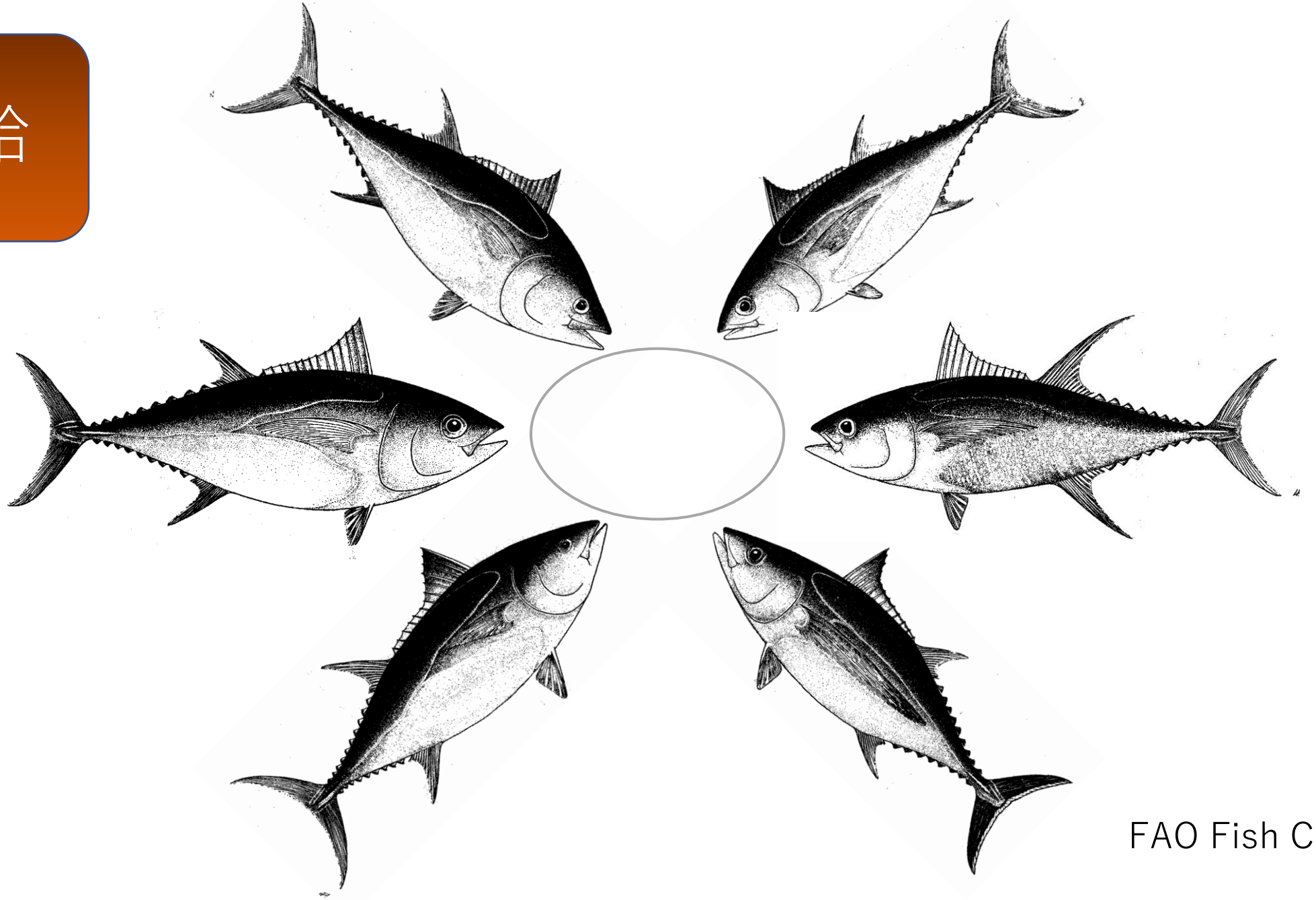
日本人とマグロ

魚食文化を支える技術

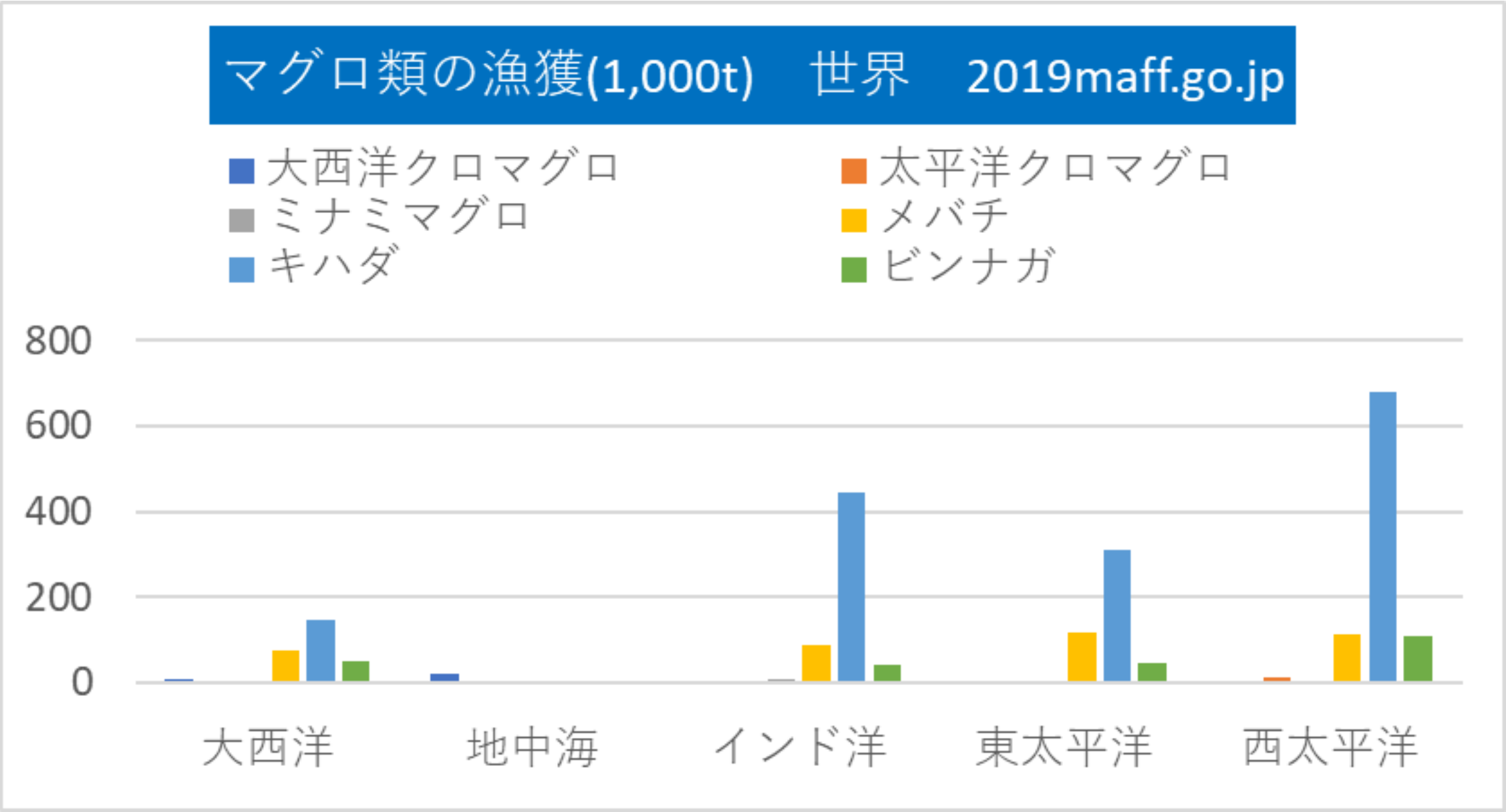
The Technology ,Supports Sasimi Foodculture

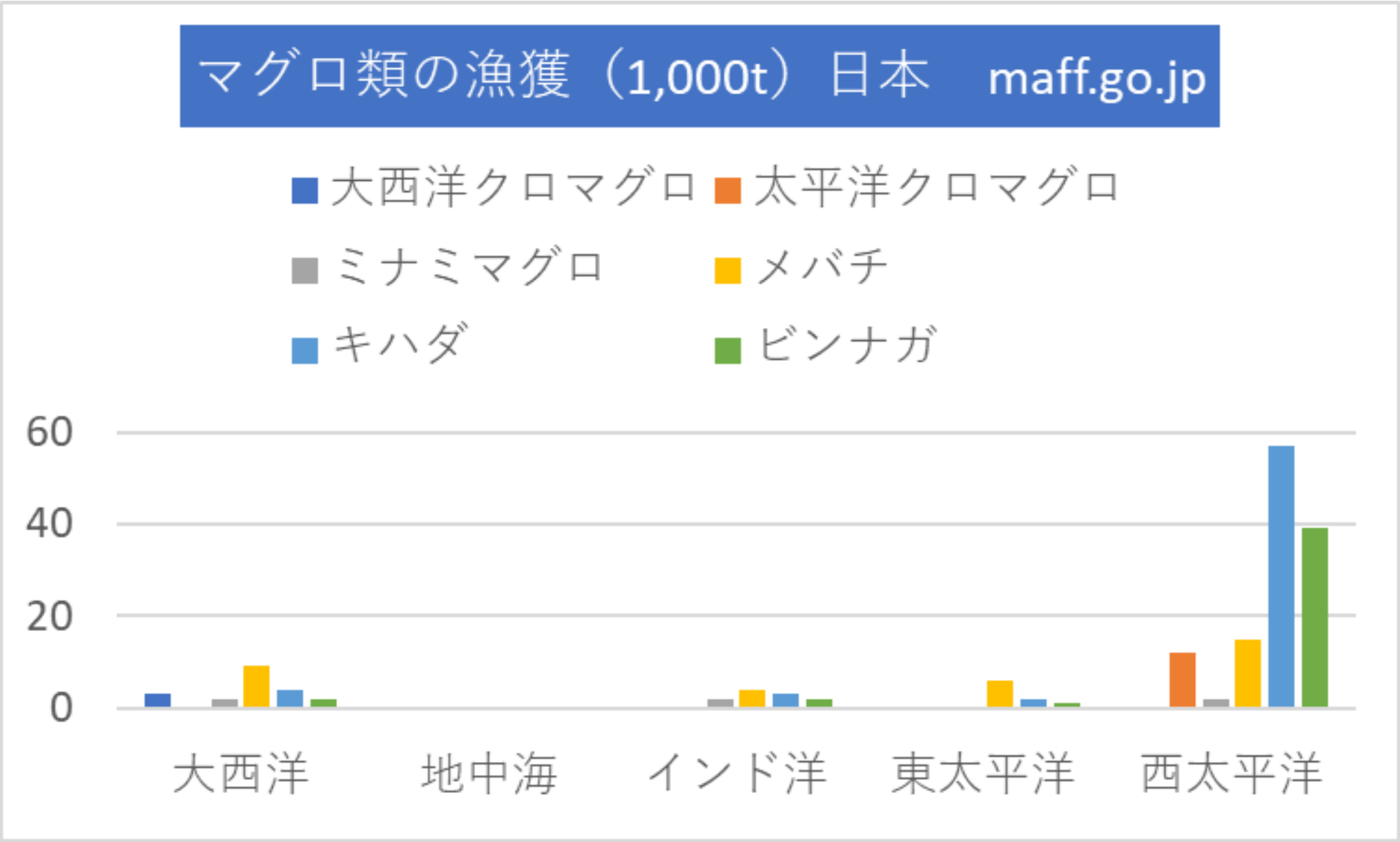
公益社団法人日本技術士会
水産部会
杉本昌明
（杉本技術士事務所）
http://www.seafoodpe.com

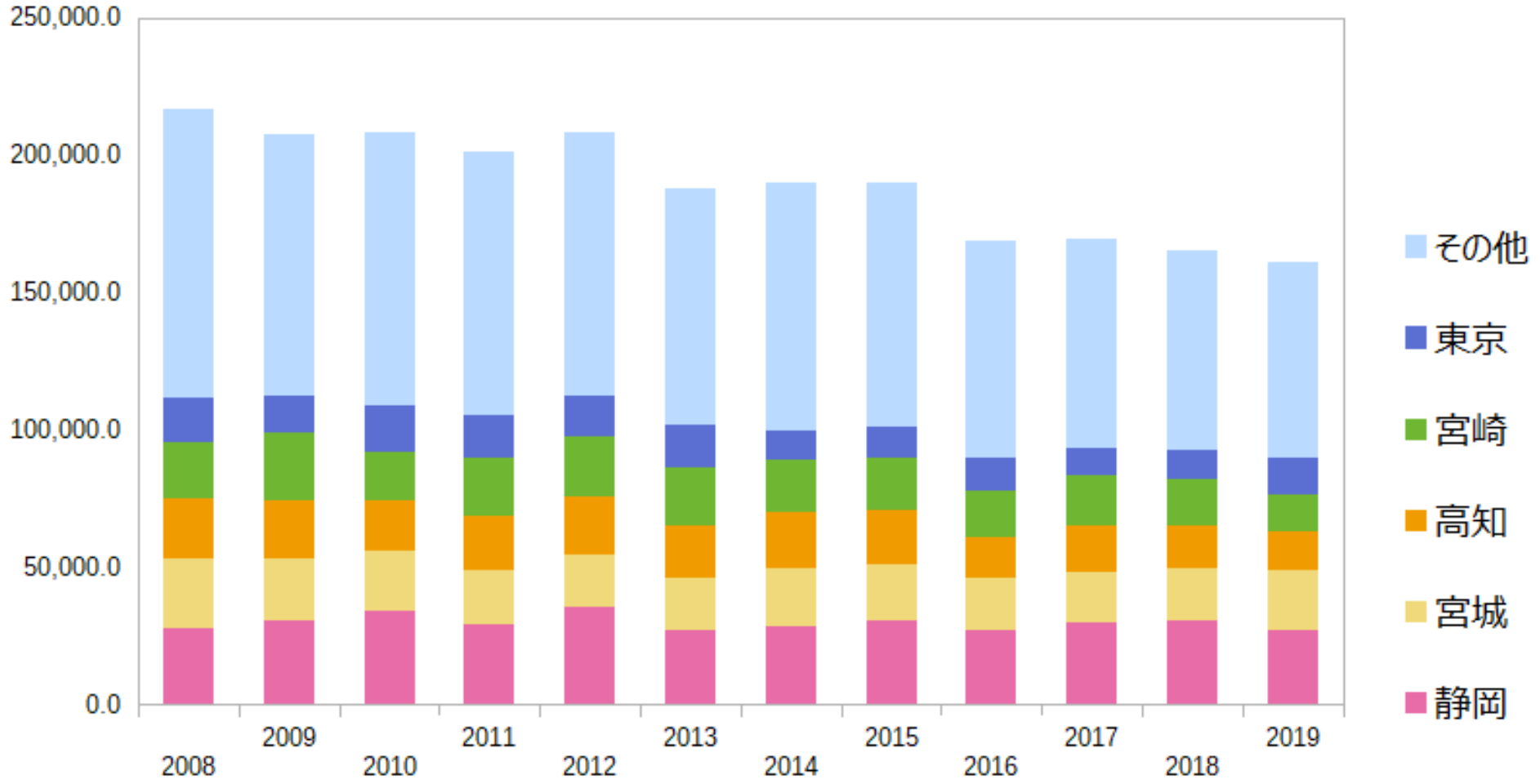
供給



FAO Fish Catalogue


マグロ類の漁獲(1,000t)　世界　2019maff.go.jp
大西洋クロマグロ
太平洋クロマグロ
ミナミマグロ
メバチ
キハダ
ビンナガ
800
600
400
200
0
大西洋
地中海
インド洋
東太平洋
西太平洋


マグロ類の漁獲（1,000t）日本　maff.go.jp
大西洋クロマグロ
太平洋クロマグロ
ミナミマグロ
メバチ
キハダ
ビンナガ
60
40
20
0
大西洋
地中海
インド洋
東太平洋
西太平洋

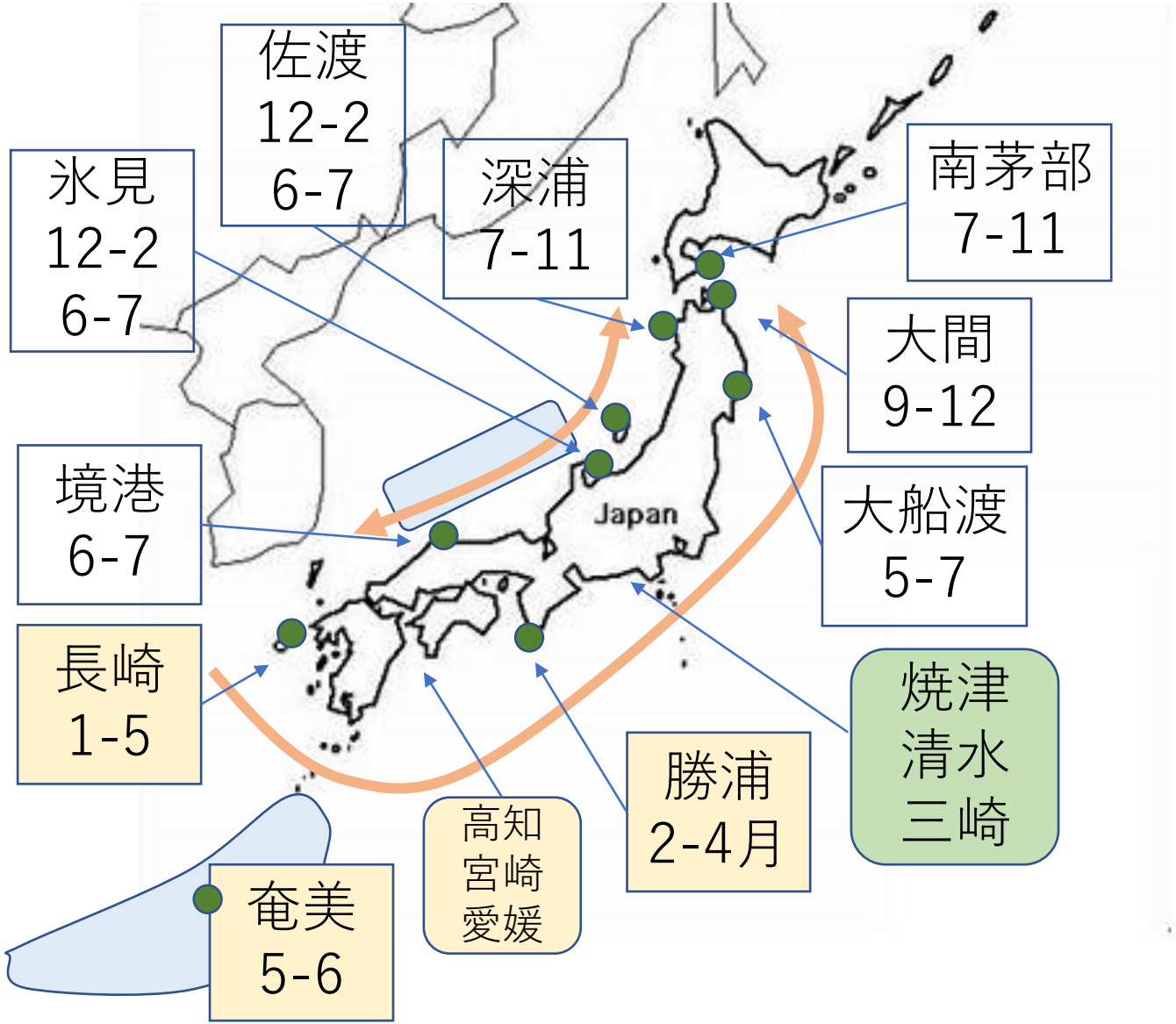


水揚げ地　太平洋岸

日本のマグロ類の合計漁獲量の年次推移（単位：トン）

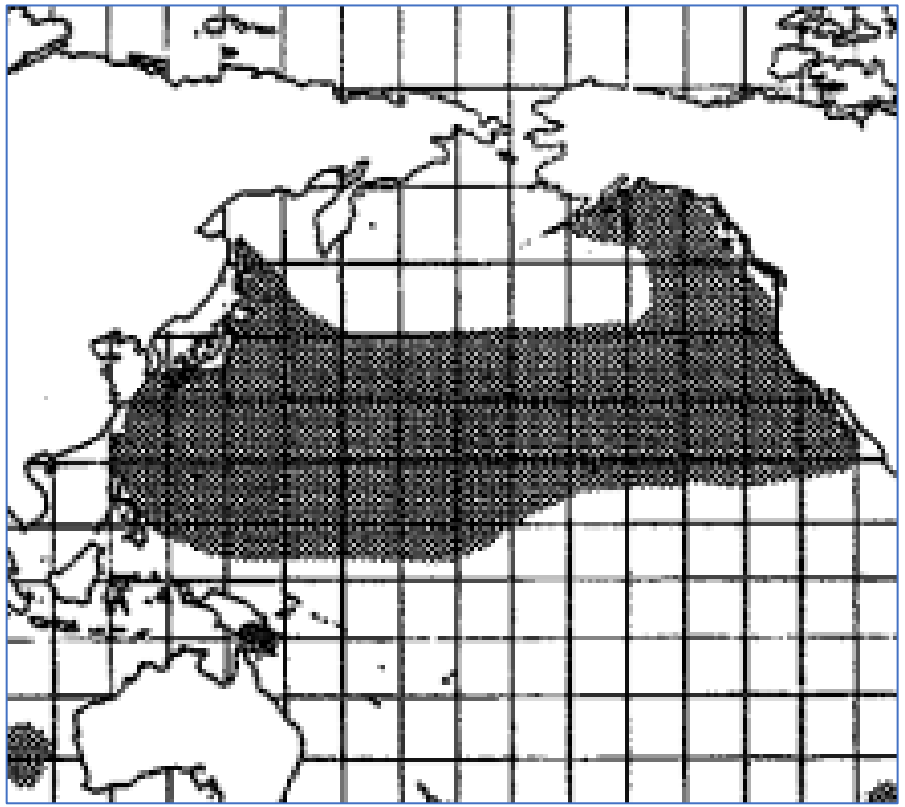
食品データ館

クロマグロの回遊と水揚港
水産庁2020



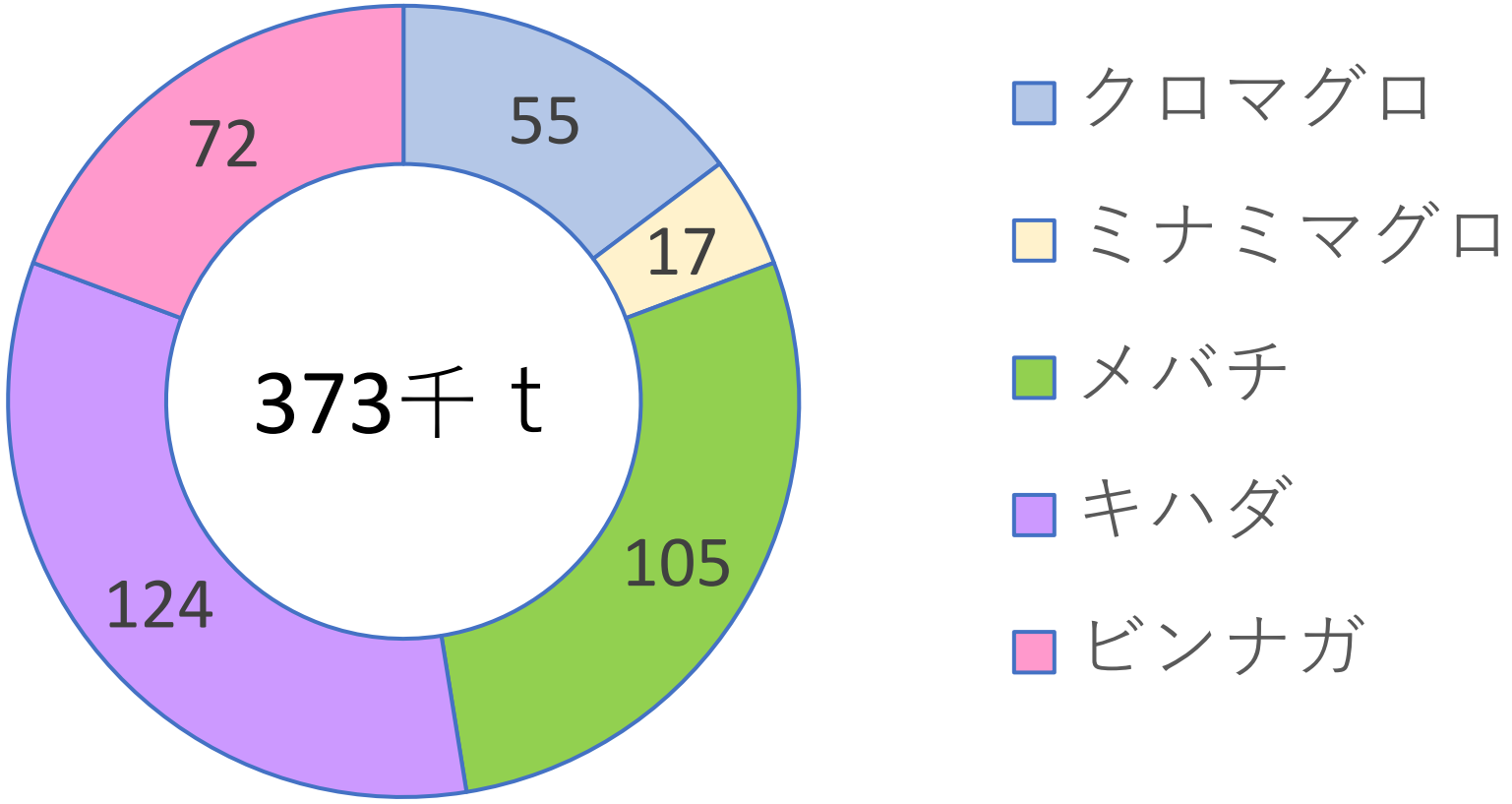
近海は好漁場となっていて各地に水揚げ港がある。
→日本人になじみの魚！

太平洋クロマグロの棲息分布

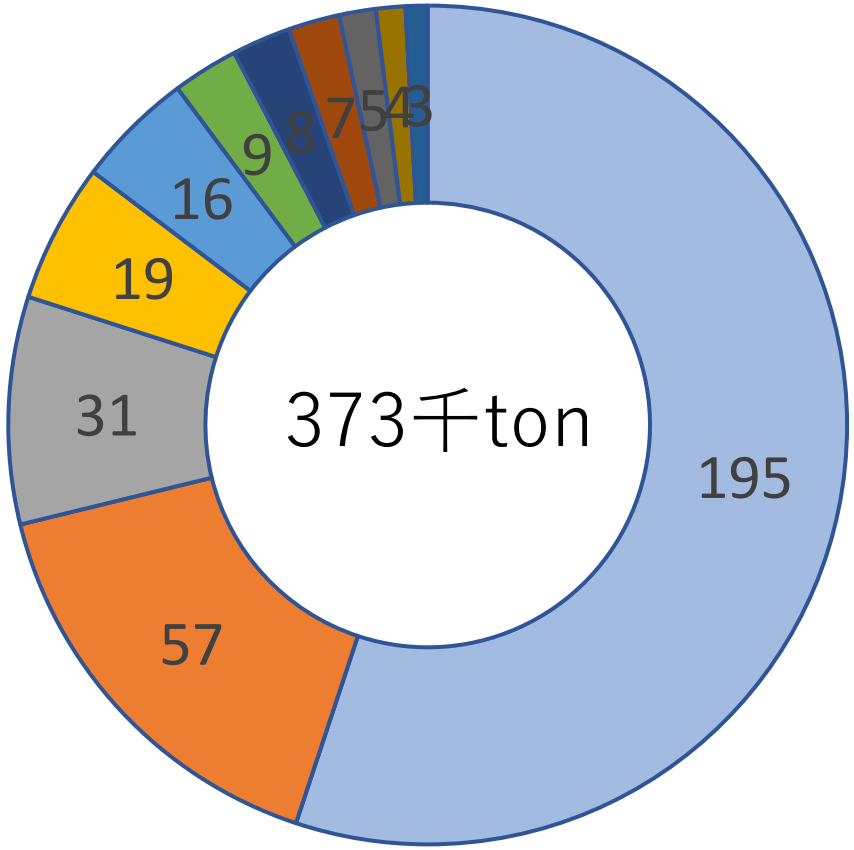


FAO　Species Catalogue　Vol.2

我が国のマグロ類国内供給量2020（水産庁）

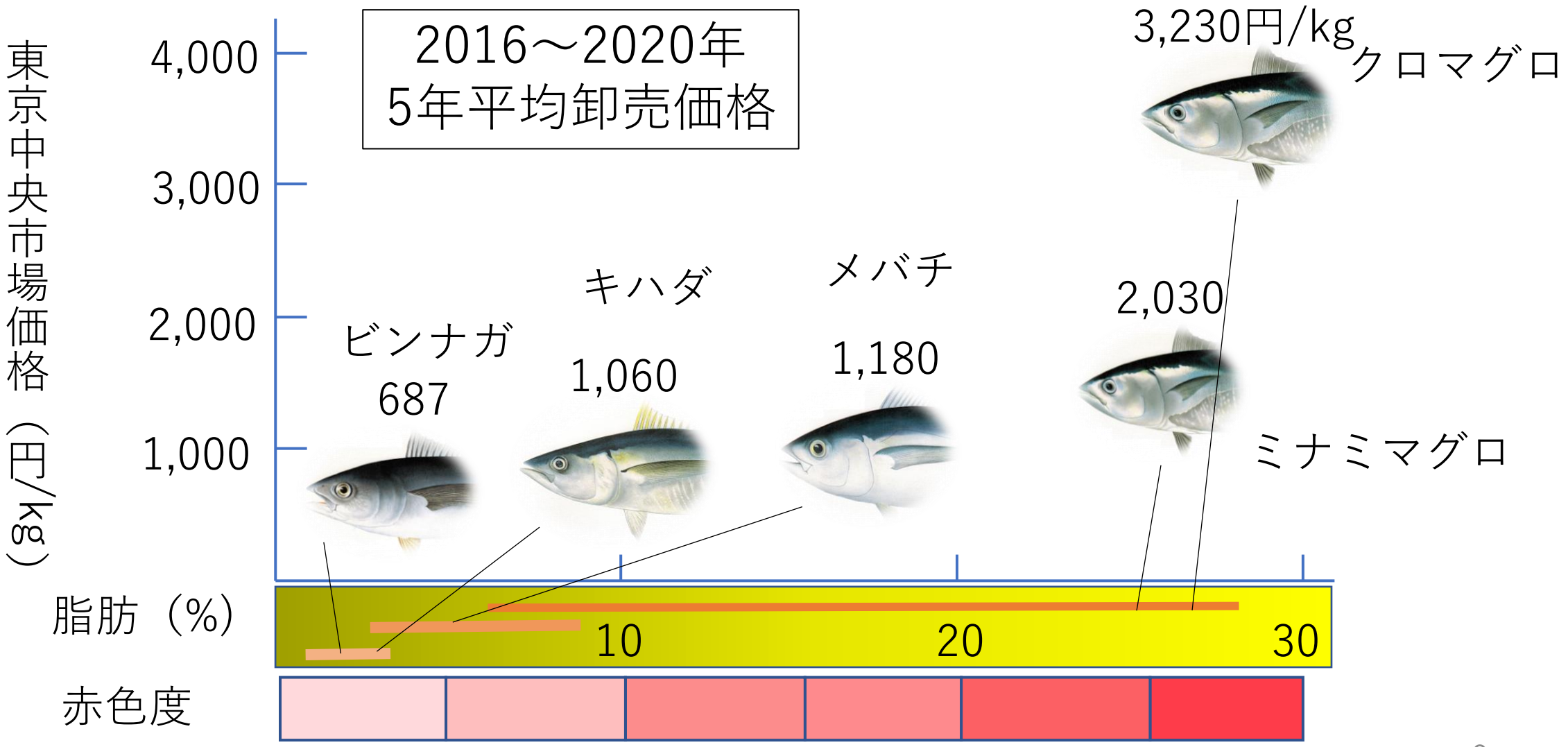


マグロ類国別わが国への供給量(2020)　水産庁

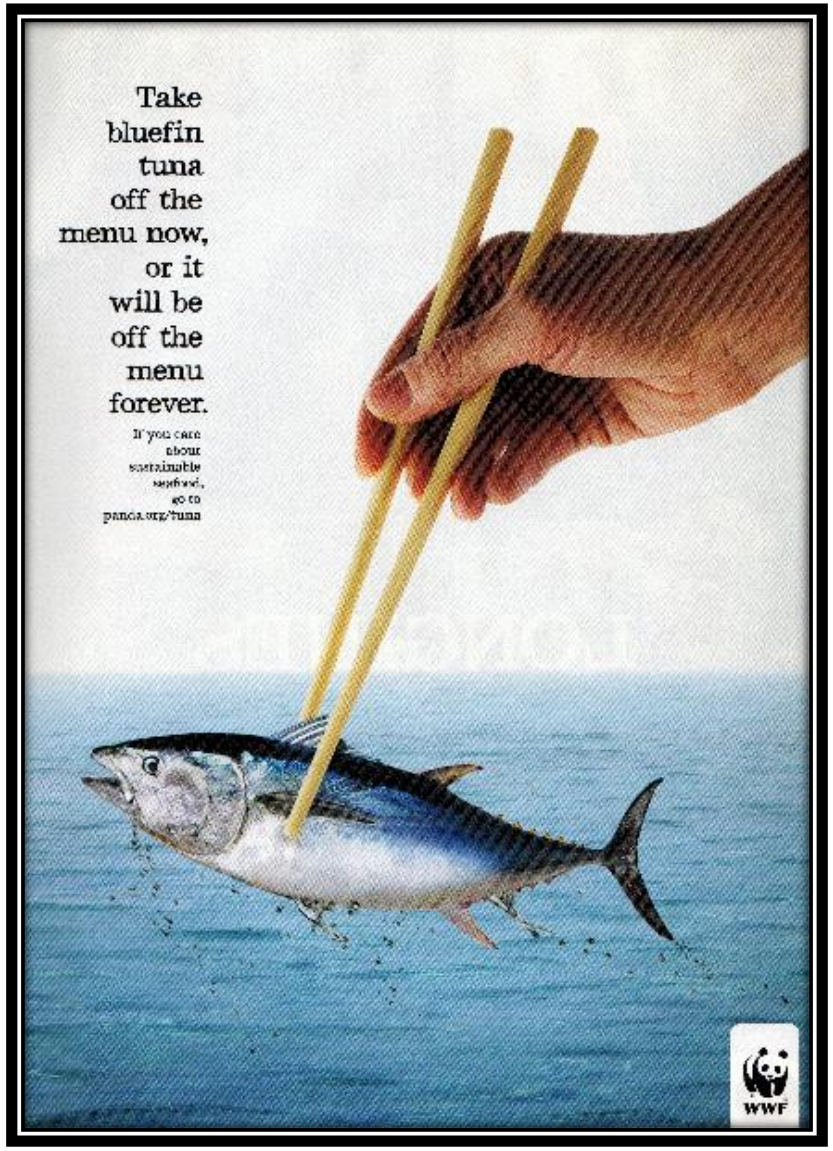


- 国内生産
- 台湾
- 中国
- 韓国
- セーシェル
- 豪州
- マルタ
- バヌアツ
- ネシア
- トルコ
- スペイン

マグロを求めて遠洋へ、外地へまた養殖の道へ



いやがうえにも養殖は緊急課題となっている



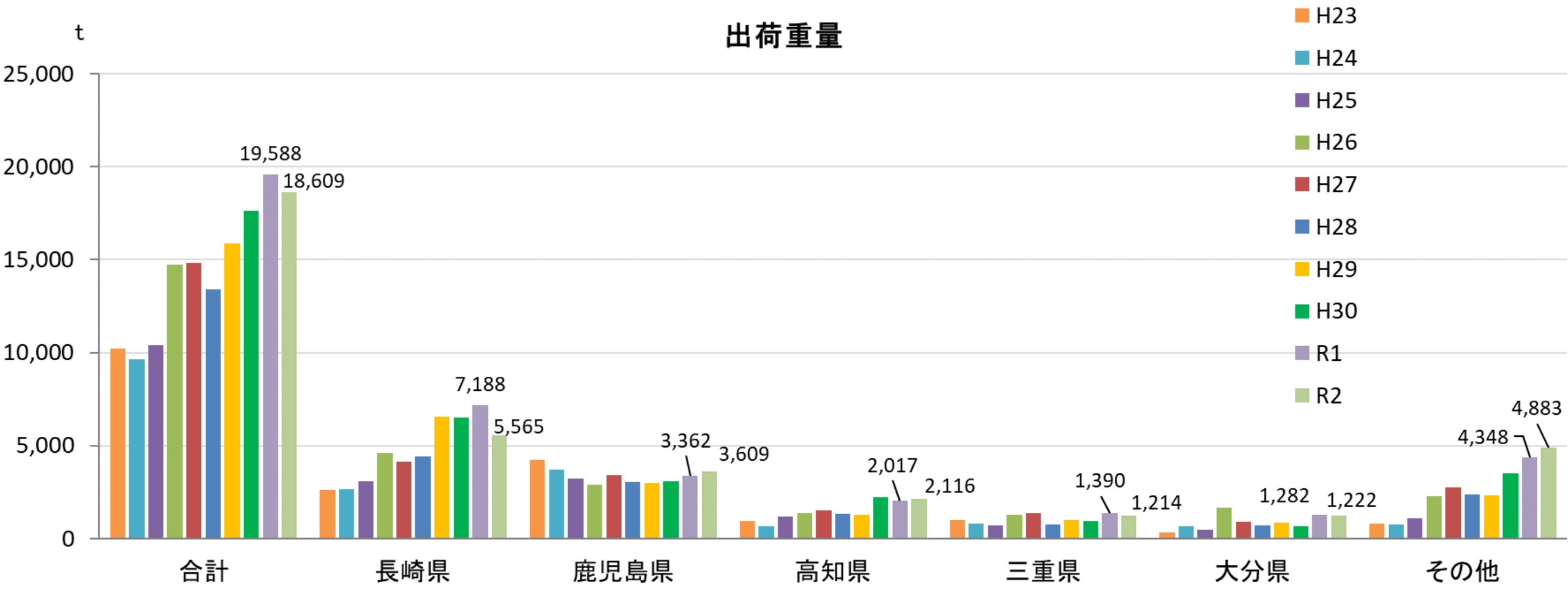
Newsweek June7.2010（H22）

The Telegraph (05 Dec.2012)

Eat fish twice a week to protect the heart: new guidelines

Everyone should eat two portions of fish a week to prevent heart disease, leading European experts have said; ///

養殖クロマグロの出荷量の推移　2022水産庁



注: その他とは、京都府、島根県、和歌山県、山口県、愛媛県、熊本県、沖縄県。

技術画期

縄文（BC 3,000）	縄文遺跡からマグロの骨出土 （銛や釣り針も出土している）
江戸（1830）	マグロの醤油漬け/江戸前のすし発明 （天然氷による鮮魚の冷却）
大正（1920）	製氷機稼働　魚の冷却本格化する （沿岸漁業からから近海漁業へ）
昭和（1930）	冷凍装置を搭載した漁船が操業始める （マグロはまだまだ氷蔵で持ち帰る）
昭和（1970）	－60°C冷凍機搭載した漁船が遠洋へ （超低温保管により遠洋から搬入）
平成（2002）	マグロの完全養殖/養殖マグロ出荷 （EPA/DHAの薬理作用が注目される）

マグロ属出土骨格と釣り針、銛頭　三内丸山遺跡(青森県)

http://www.museum.pref.yamanashi.jp/3nd_tenjiannai_12tokubetsu001.html

伊豆内浦　建網漁

東京法令：日本史のアーカイブ

江戸、日本橋に近海マグロ

- 万葉集(大伴家持):「**鮪衝くと海人の燭せる いざり火のほかにが出でなむわが下念を**」
- 慶長見聞記：慶長19年（1614)：「**にくしびは味わいよからずとて、地下の者もくらわす、侍衆は目にも見給わず・・・**」
- 文化７～8年（1810～1811）の冬に、近海（伊豆、相模）で**マグロの大漁が続き**、江戸に運ばれるが、日持ちするマグロといえど、高鮮度を保つのは難しい。
- 醤油との出会い。**醤油漬けマグロ**として食べるようになる。
- （1824）華屋与兵衛　江戸前**にぎり鮨の提供**始める。江戸前のネタ、食酢の利用、
- 天保３年(1832)　「**漬け**」**にぎり鮨**出回る。

http://maguro-tu.com/mame
https://serai.jp/gourmet/113355
https://serai.jp/
https://ameblo.jp/shimada1227

マグロをおいしく

マグロは大型魚で、沿岸にも回遊してきて、浜の漁師の格好の獲物だったが・・・

①味は良いが傷みやすいのが難点

⇨

②鮮度が落ち、ヒスタミン食中毒に罹りやすい。
③臭いもきつくなる。原因はトリメチルアミン。
④油が酸化し傷みやすい

⇨

何とかしておいしく食べよう

①赤身の魚は味が濃い
→エキス成分

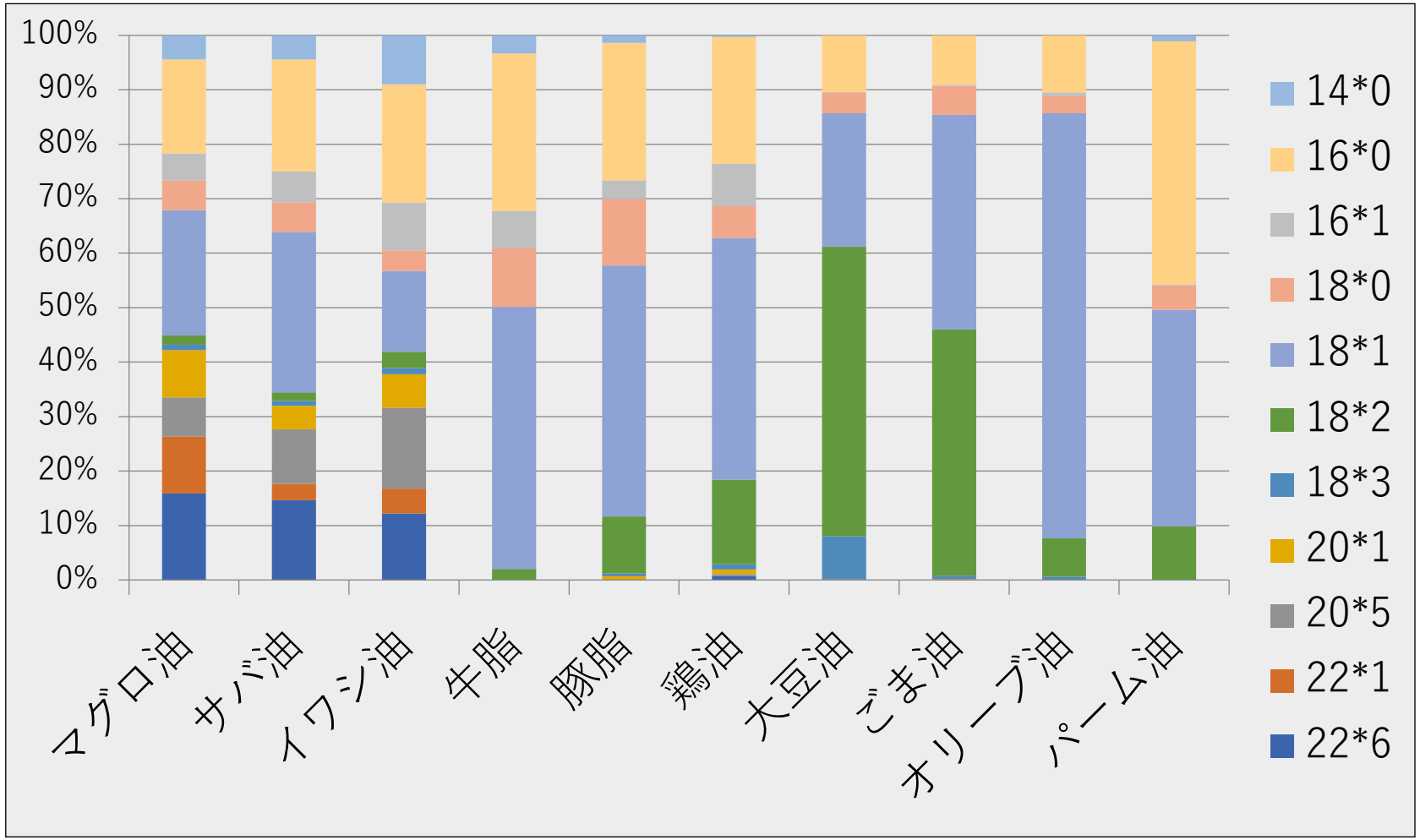
①畜肉に比べ高水分のため

②エキス分の中でもヒスチジンが多い

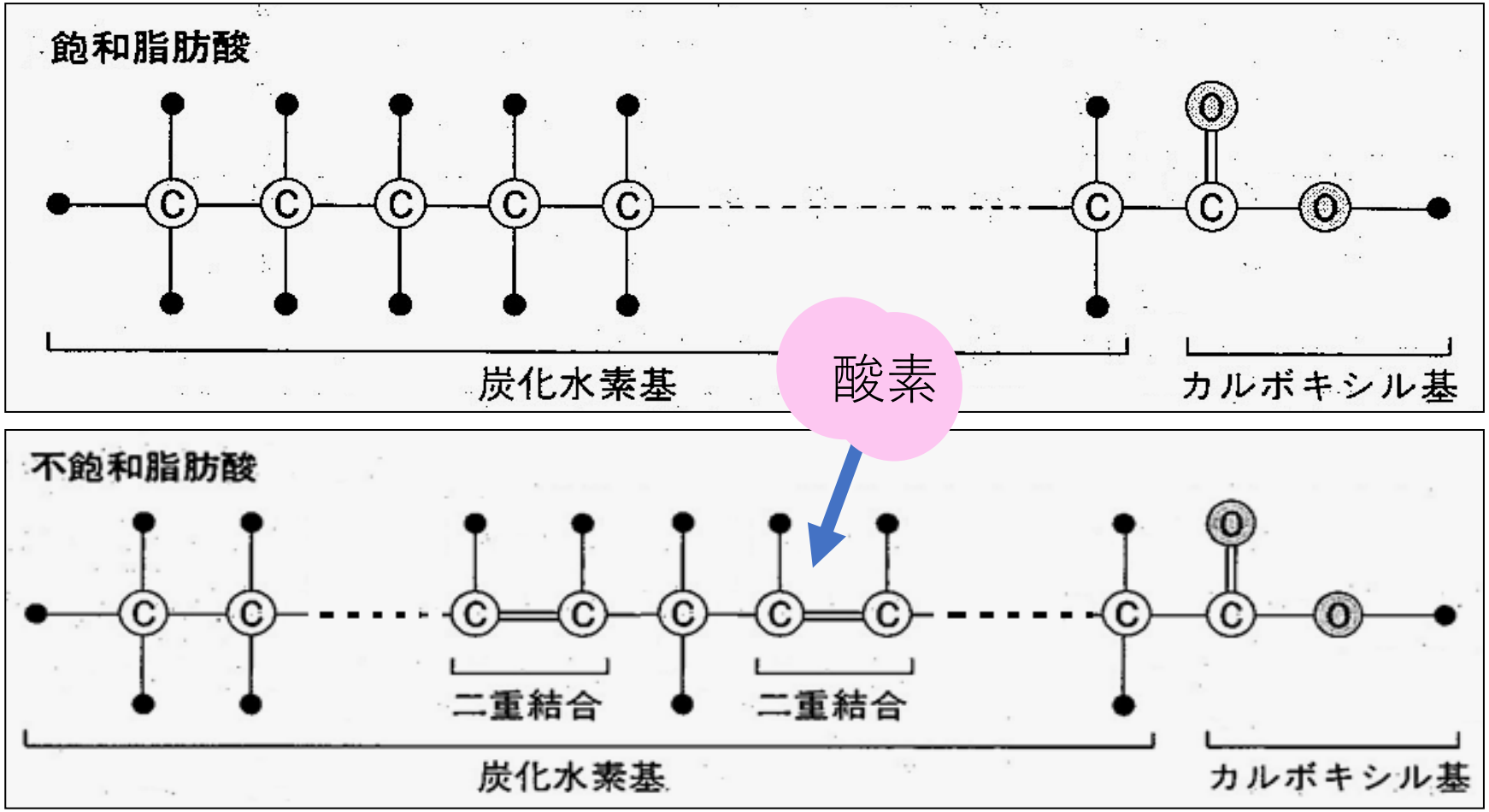
③魚の臭いはTMAOが分解したTMA

④魚油はEPA/DHAが多く酸化しやすい

マグロ油は酸化し（傷み）やすい　炭素数*不飽和結合数



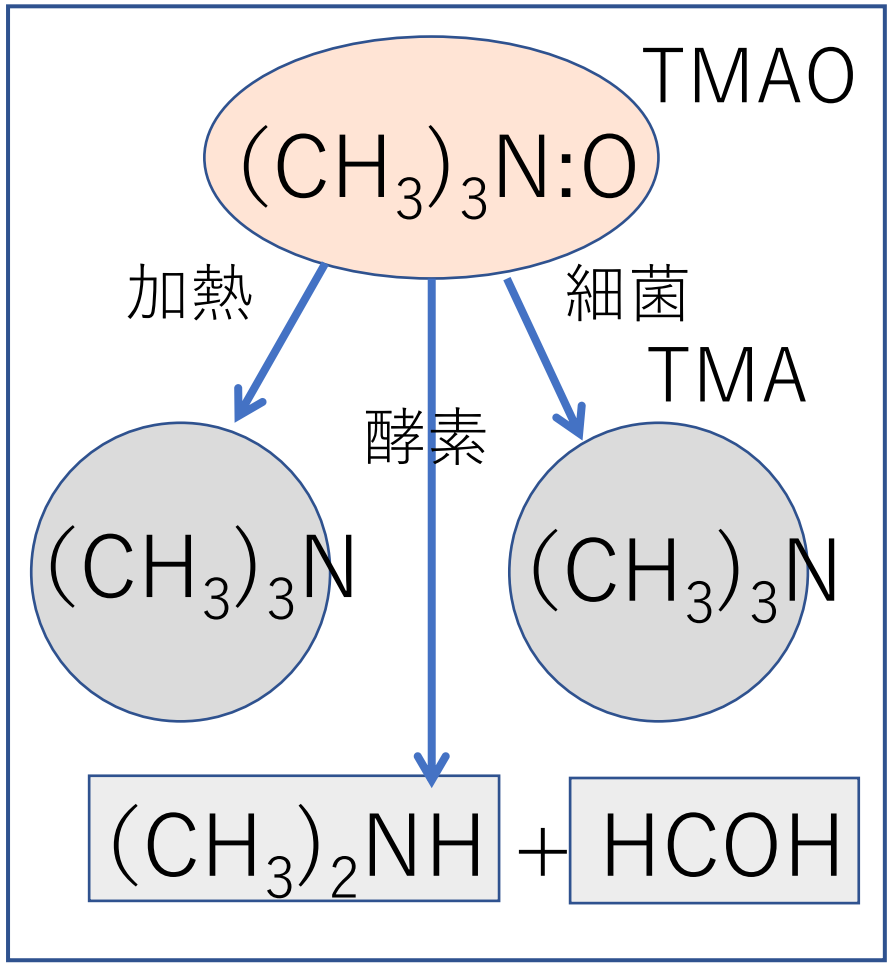
酸化しやすいマグロの油

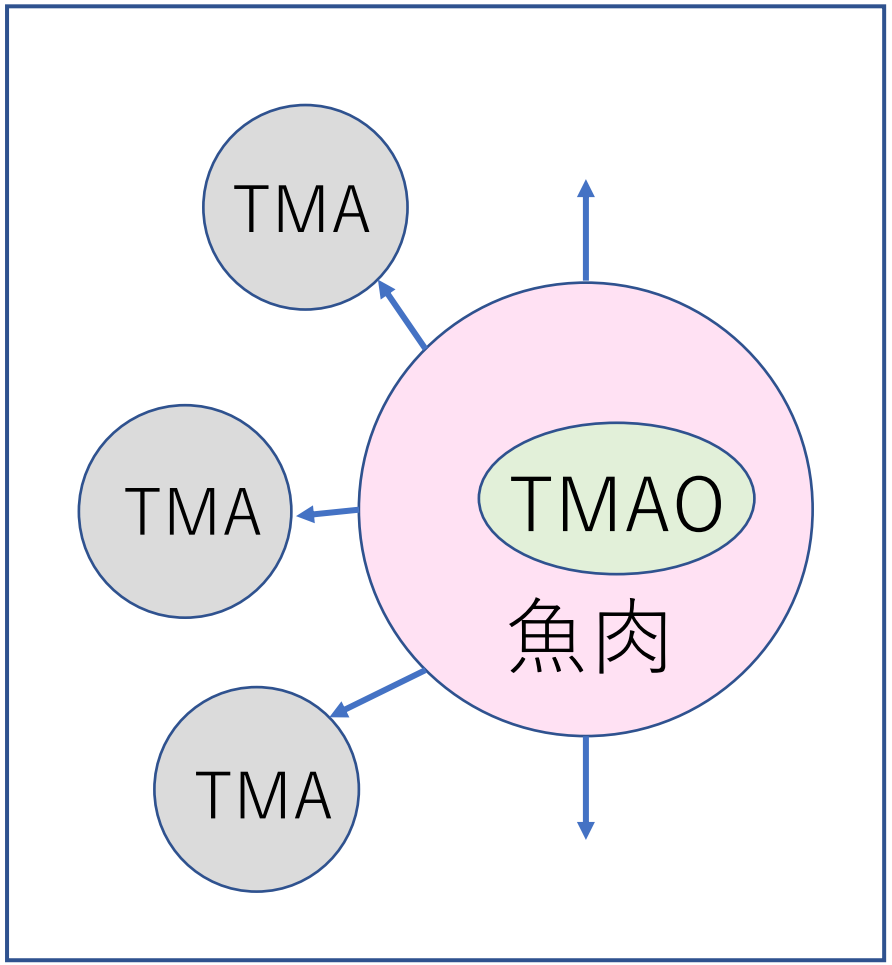


フリーラジカル（H・）の引き抜きによってできたジエニルラジカルは、共鳴安定化するため、二重結合２個以上を持つ高度不飽和酸は空気酸化を受けやすい。過酸化物(ROO・)を作り、やがて分解し**アルデヒド(RCHO・)やケトン(RCOR’)**　となり、不快臭を発するようになる。

海産魚のにおいの主成分はトリメチルアミン(TMA)

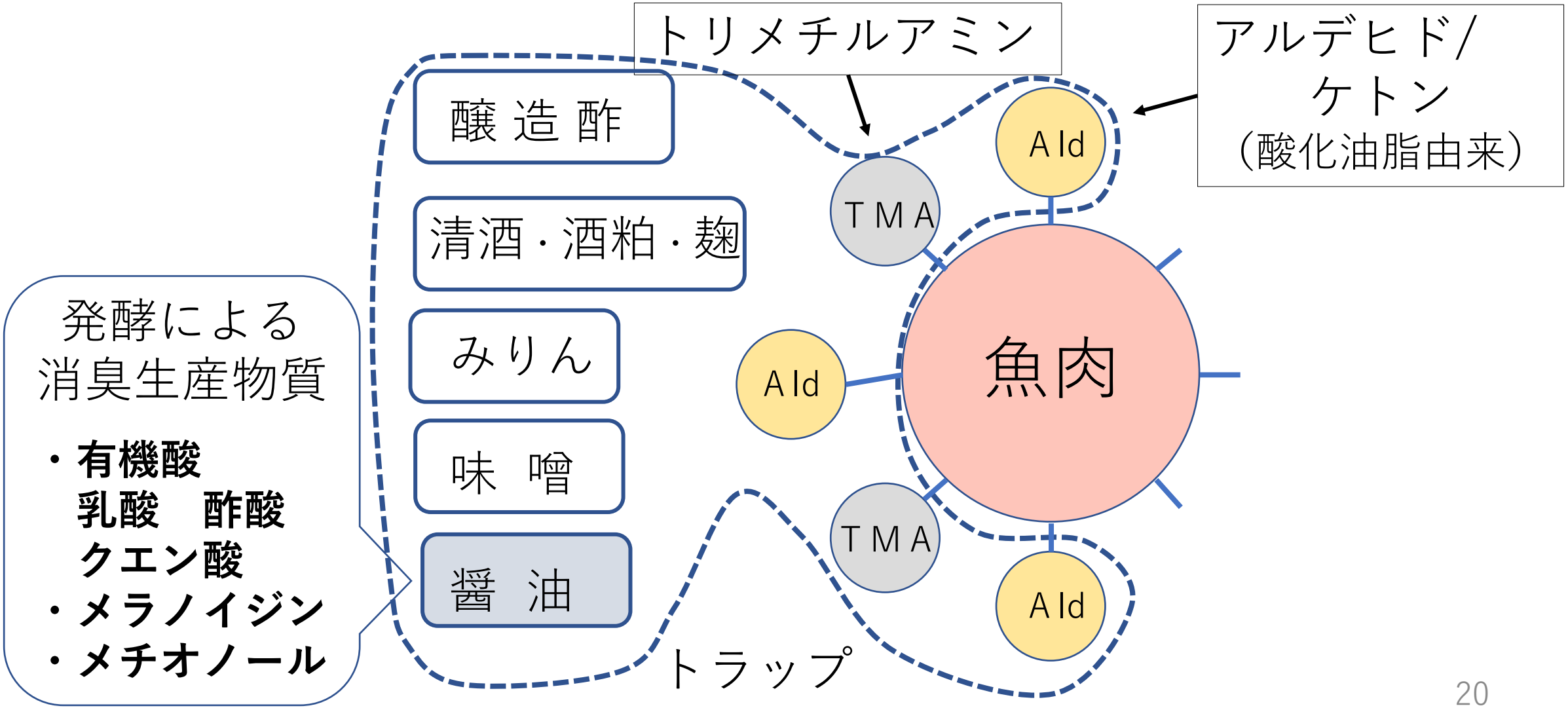
鮮度が落ちるとTMAOが細菌によってTMAなどに分解し、なまぐさいにおいが出る。



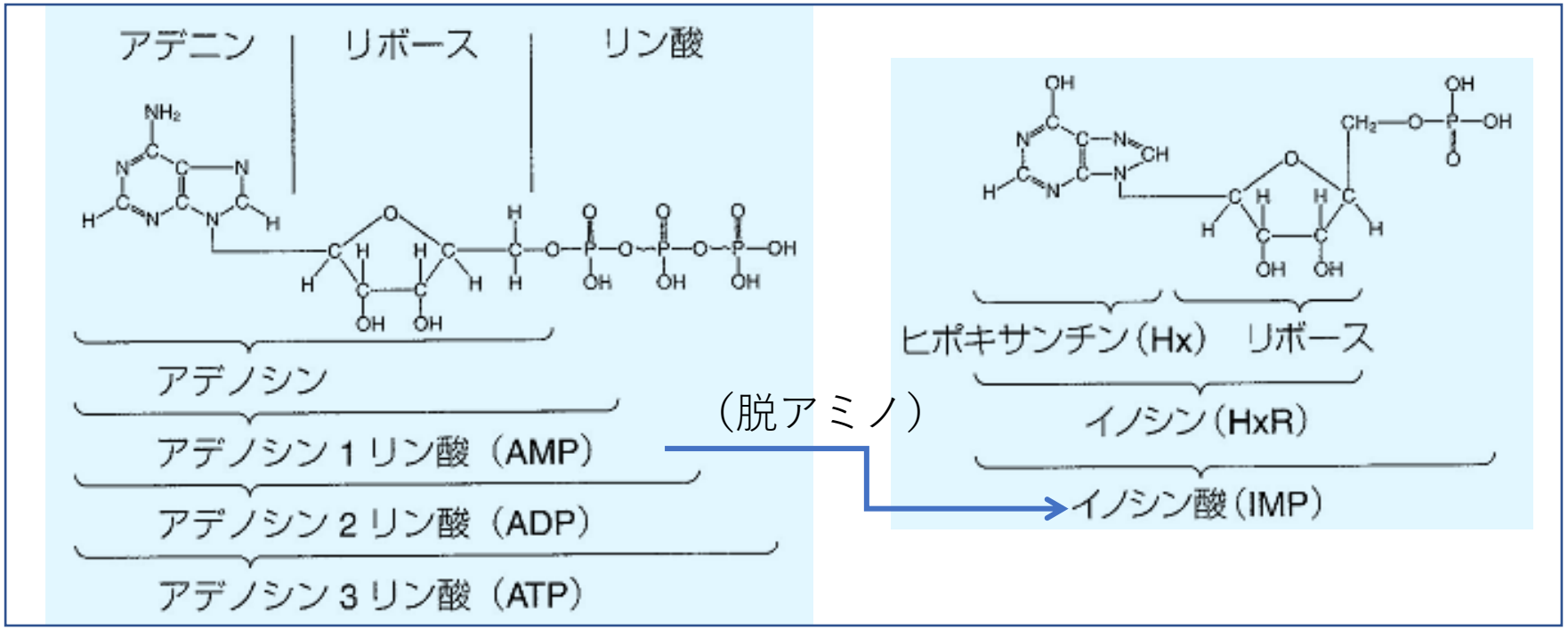


発酵調味料は魚臭をマスキングしてくれる

新鮮な魚は臭いはしないものだ。鮮度が落ちると魚臭がしてくる。



ＡＴＰの分解過程でうまみ成分ＩＭＰが生成



ATP ↔ ADP → AMP → IMP → HxR → Hx →

高エネルギー物質
（筋収縮）

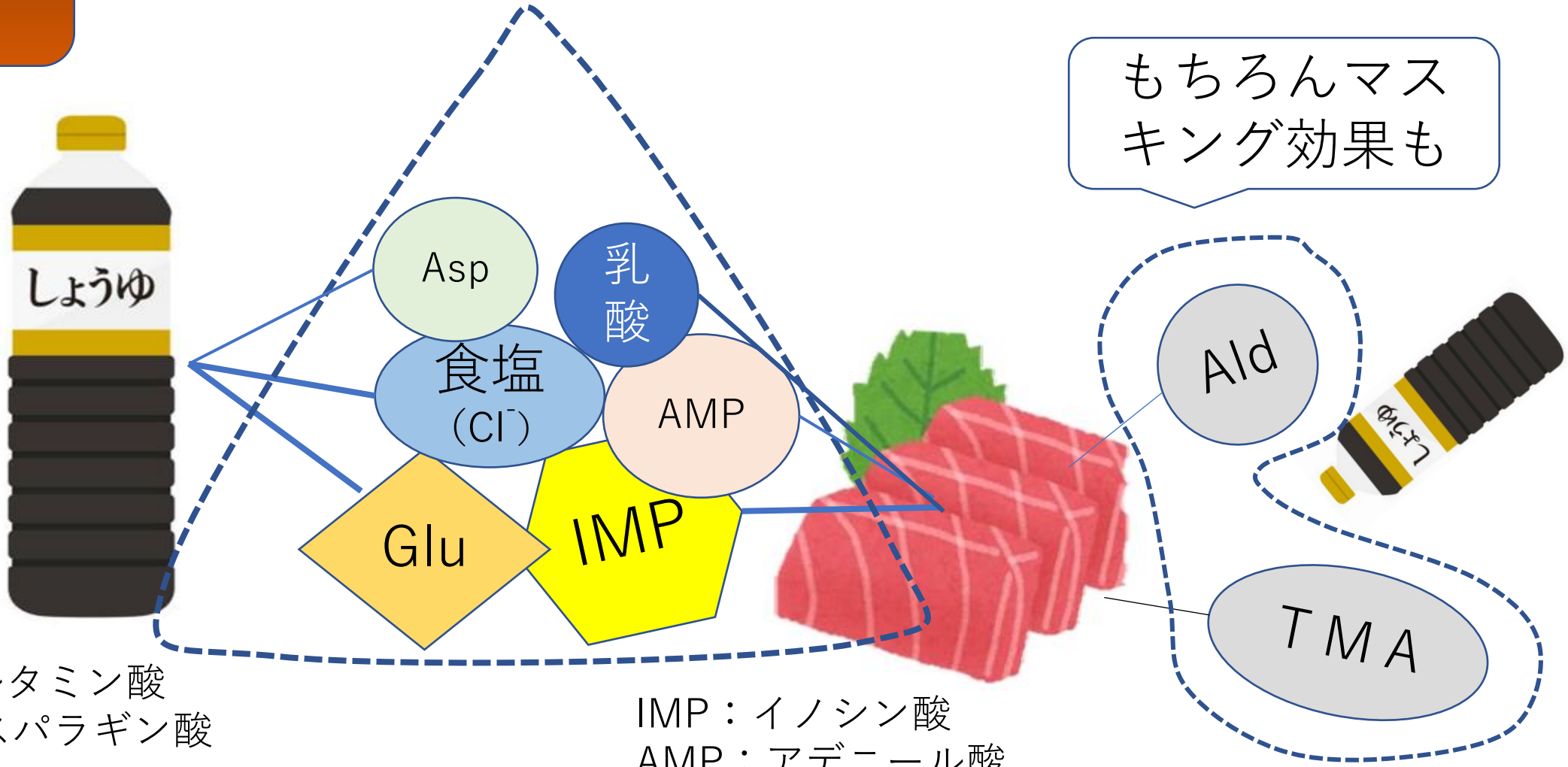
死後の
世界

イノシン酸
（IMP）

鮮度
劣化

マグロに醤油

醤油と魚肉との相性（味の相乗効果）



もちろんマスキング効果も

Glu：クルタミン酸
Asp：アスパラギン酸
LA：乳酸
NaCl：食塩

IMP：イノシン酸
AMP：アデニール酸
His：ヒスチジン
LA：乳酸

醤油産業の発達　醤油醸造絵馬　天保15年(1844)

（野田市郷土博物館蔵）

醤油は、大豆と小麦と塩水を原料とする発酵食品。蒸した大豆と煎った小麦に麹菌をつけて発酵させ、これに塩水を加えて熟成させ、諸味（もろみ） とします。この諸味を撹拌 しながら発酵を促し、およそ1 年後に、仕込み桶から舟揚げして圧搾 し、絞り汁に火入れをすると、醤油の完成です。

魚と醤油との出会い

東都名所図　高輪
すしの屋台

・近海のマグロ
・鮮度低下速い
・油も傷みやすい
（下魚、特に脂身）

・醤油産業の発展
（野田・銚子から江戸への輸送）
・消臭・呈味・保存
・ づけマグロ考案

魚と醤油との密接な関係

江戸前にぎり鮨
・食酢＋米飯
・すしネタへ応用
・回転すし現代版

回転ずしの賑わい

大貴水産

- 最も食べやすい魚料理
- 日本発ヘルシー食品
- 魚種の追加
  サーモン
  イワシ
- やはり「マグロ」

マグロの保存

美味しく色の良いマグロが食べたい

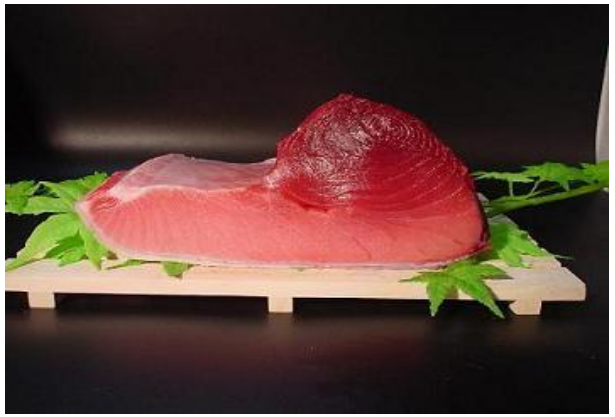
（１）生マグロは氷で冷やしても10日が消費期限

（２）冷凍保管するとどうだろうか

- －25°C冷凍では数か月で褐色になる。
- 缶詰や鰹節の原料にしかならない。
- 緩慢な凍結では解凍すると液汁が出る。

（３）－60°Cまで冷やしたら変色は防止できるだろう

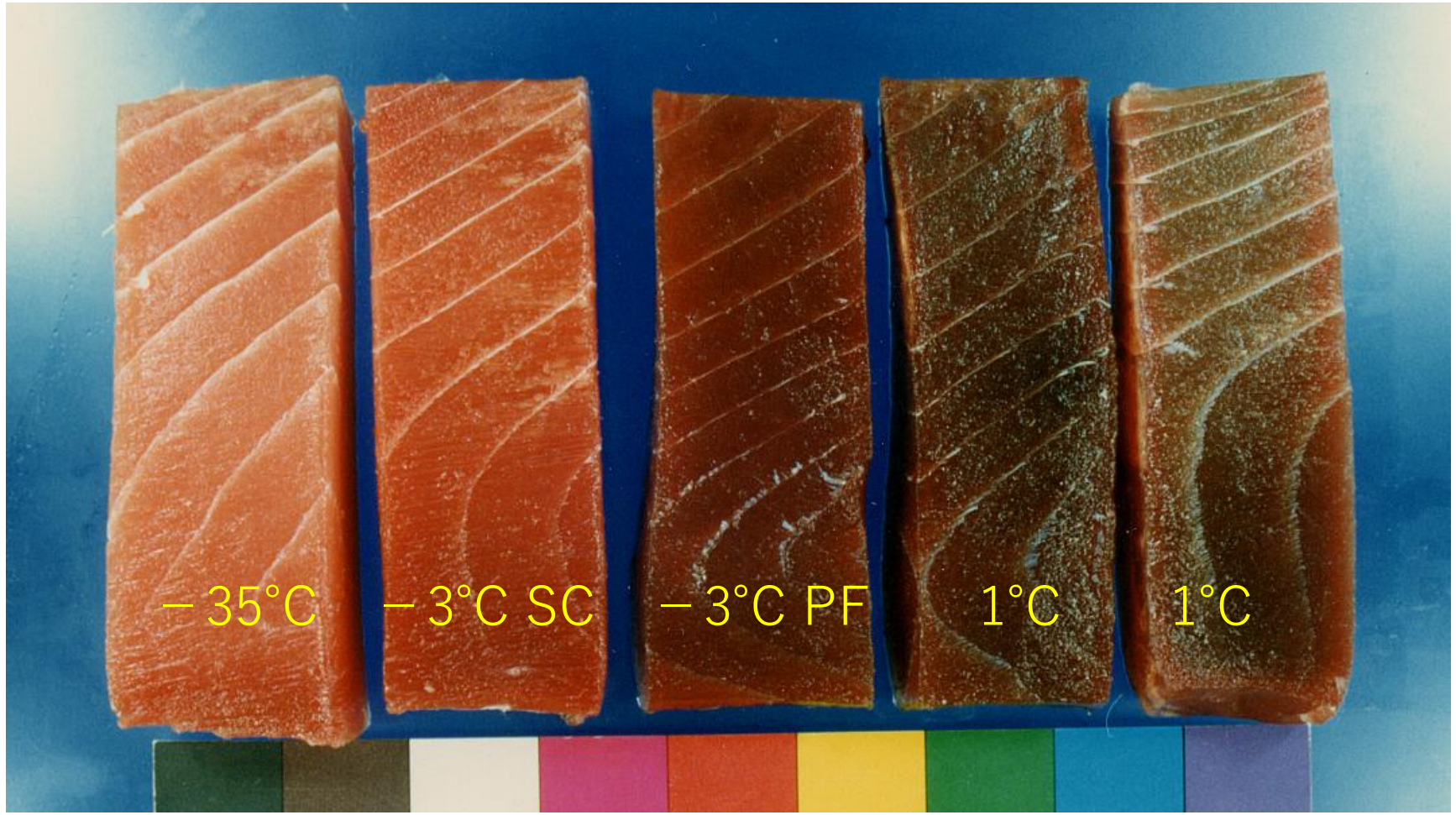
- マグロの変色も化学反応、低温で反応速度低下。
- 実際漁船で試行したら２年間は変色せず大丈夫。
- 高鮮度マグロなら－60°C保管により、生マグロと遜色のない色と肉質が得られる。



変色

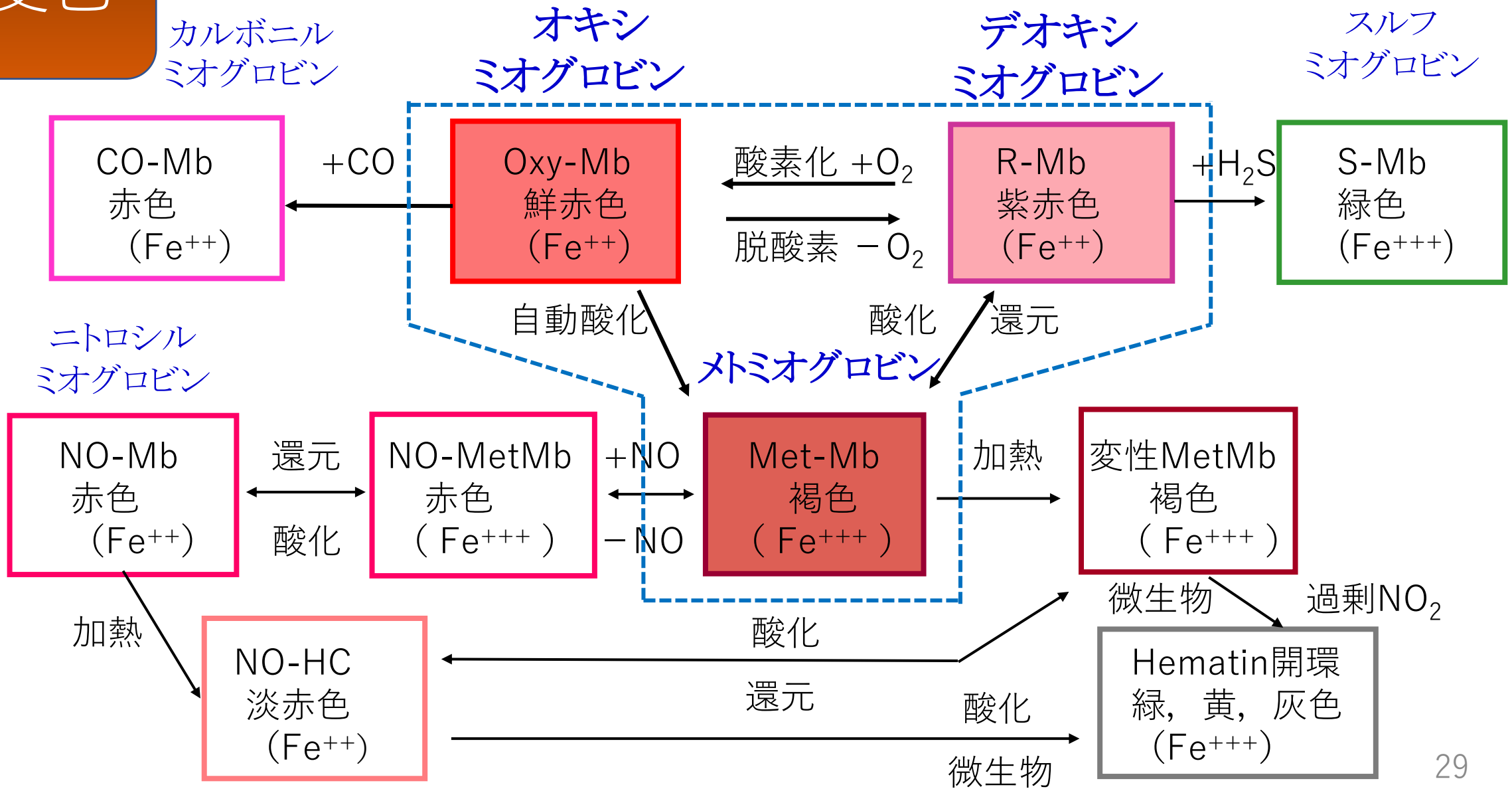
マグロ保管中の変色 7日間保管 (1986,Nissui)

保管中に水溶性タンパク質ミオグロビンが
酸化して褐色のメトミオグロビンに変化

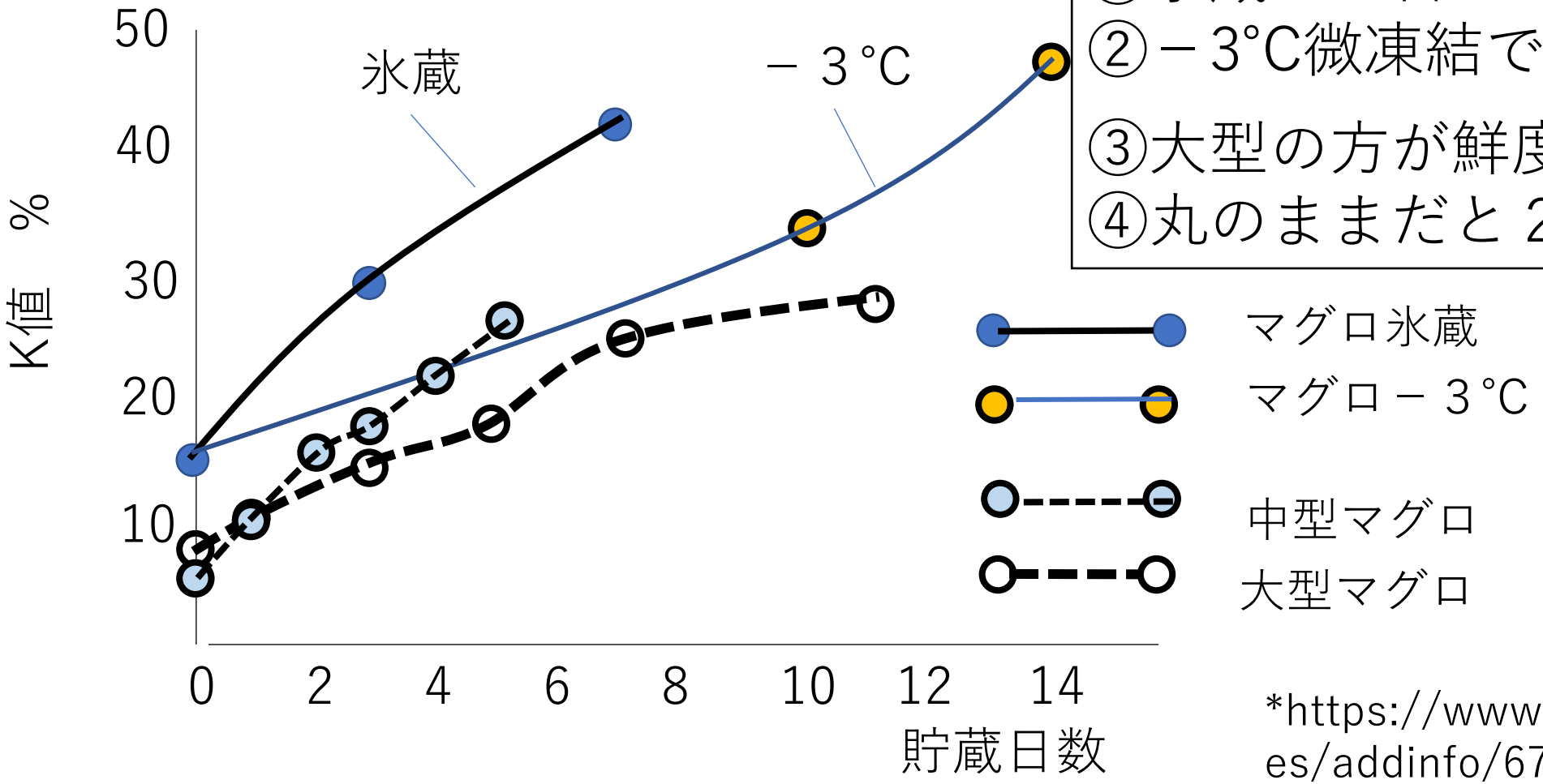


変色

ミオグロビン変色の機構



クロマグロ肉保管中の鮮度保持　低温で抑制
氷冷却



①氷蔵で７日は可食
②－3°C微凍結では食感低下
③大型の方が鮮度長持ち
④丸のままだと２-3週は可食*

島根水試1975

青森食総研2013

*https://www.wwf.or.jp/activities/addinfo/67.html

冷却

1920年代、漁船で砕氷の利用始まる

氷蔵でも６～７週間は生食可能

冷凍すると褐変

現在でも近海漁は氷蔵で持帰り

生マグロは冷凍物より美味しい

近年、スラリー氷（塩水氷）の利用で冷却の迅速化

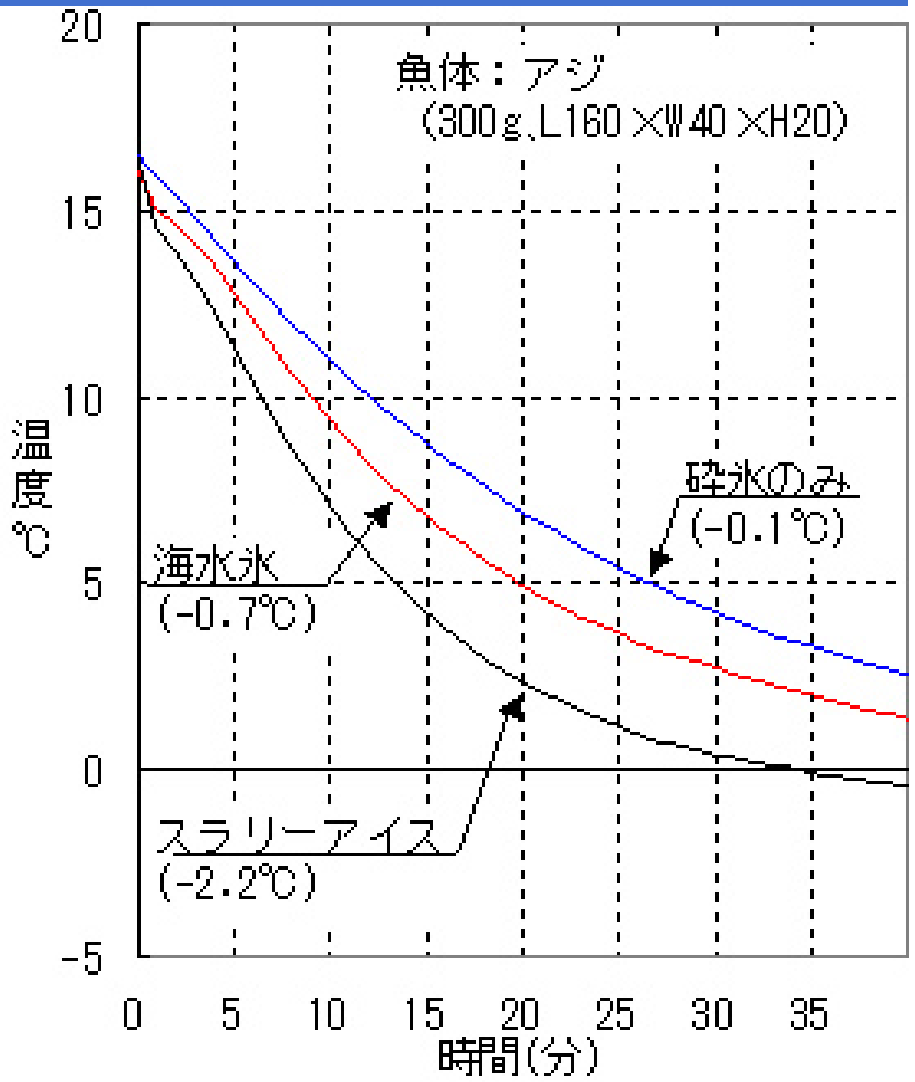


図1　アジの冷却曲線

冷凍

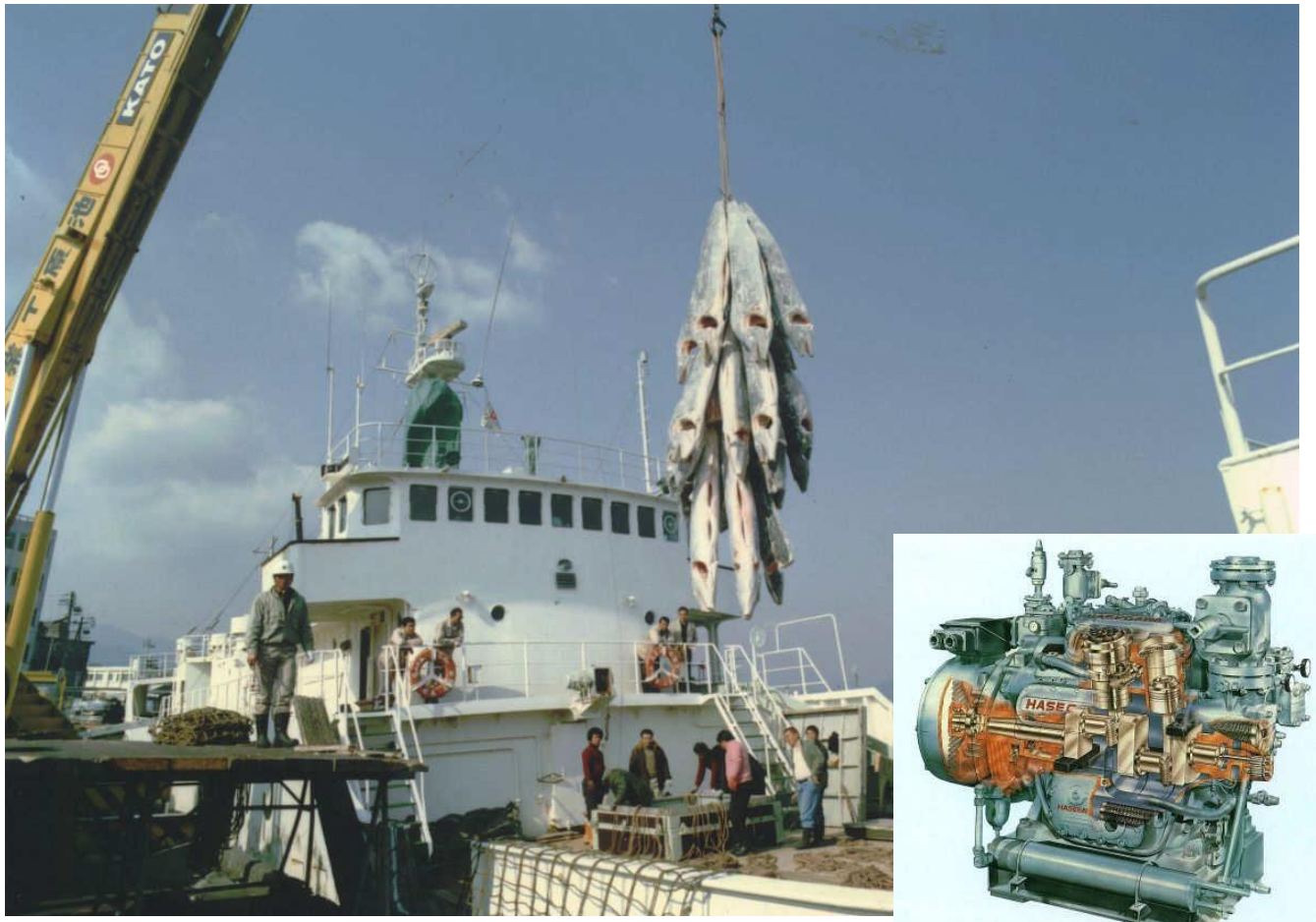
マグロ漁船凍結装置の低温化が進展(1960年代～)

マグロ肉の劣化も化学反応、保管温度を下げればよい！

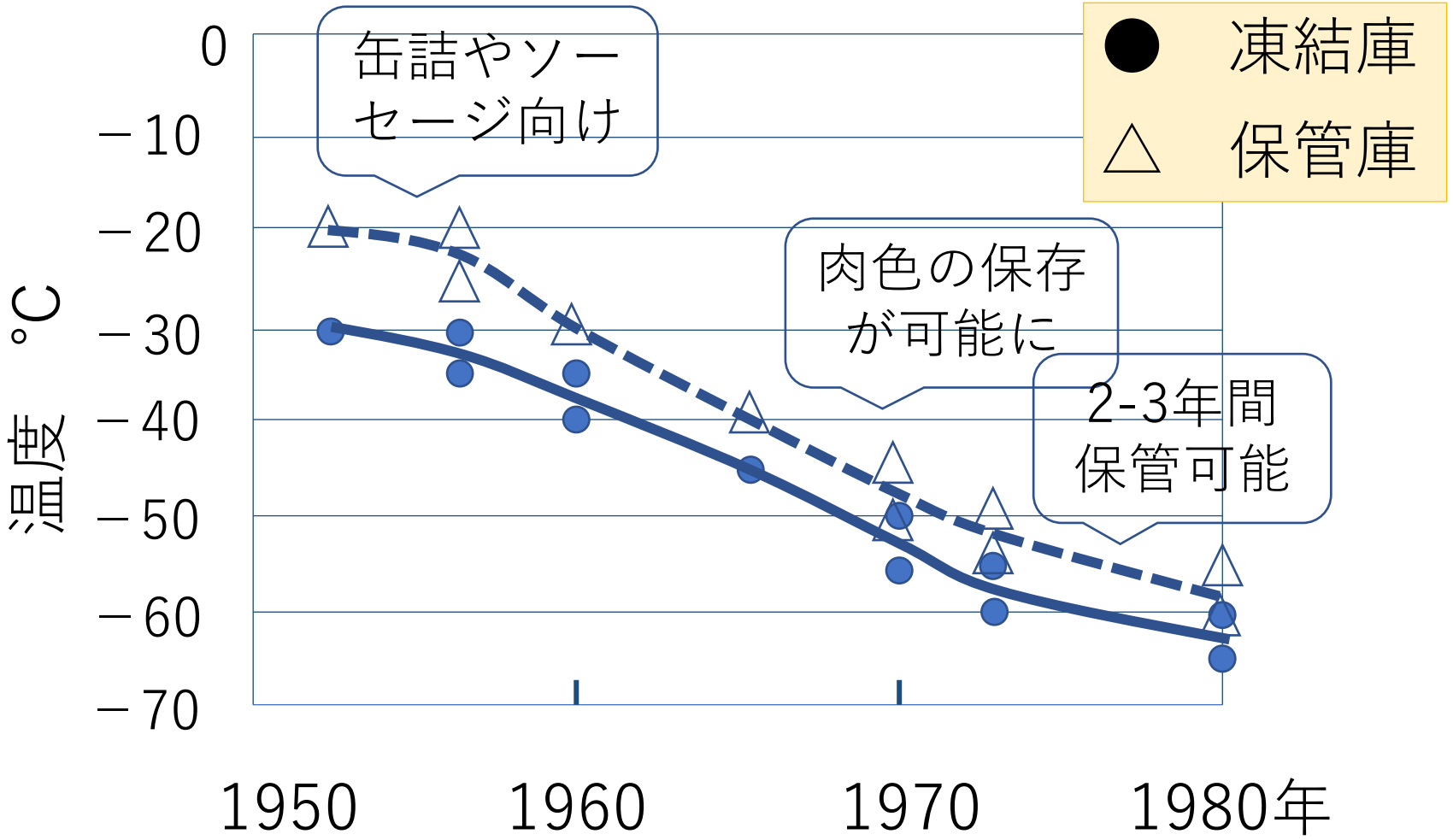
冷蔵	C3	
	C2	
	C1	
冷凍	F1	
	F2	
	F3	
超低温	F4	

＋10
－ 0
－ 10
－ 20
－ 30
－ 40
－ 50
－ 60
－ 70

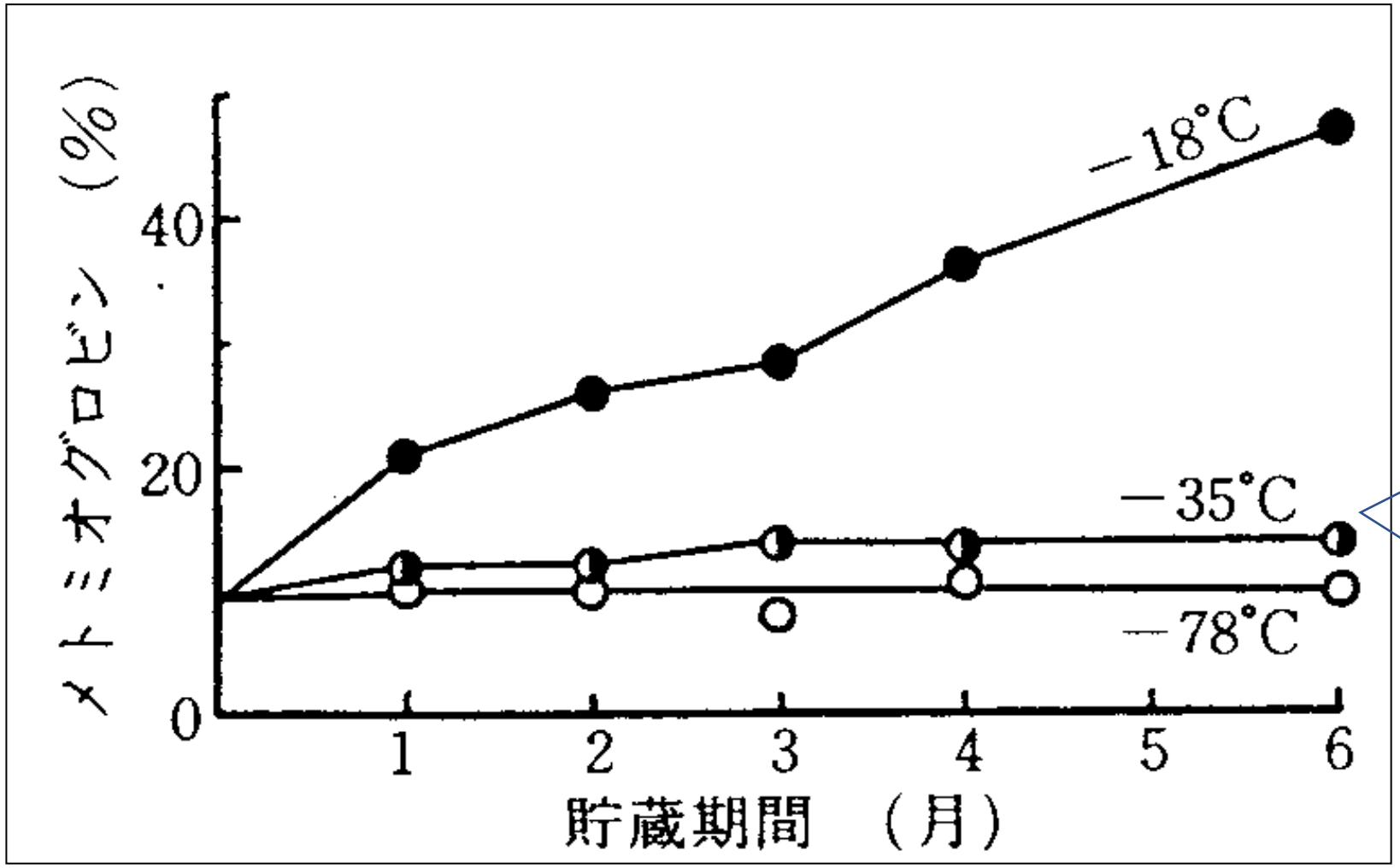
保管温度帯区分(°C)



マグロ漁船における冷凍装置の低温化の推移



マグロ肉保管中のメトミオグロビン生率
—35°C以下で変色が抑えられる！尾藤　1975



化学反応の低下

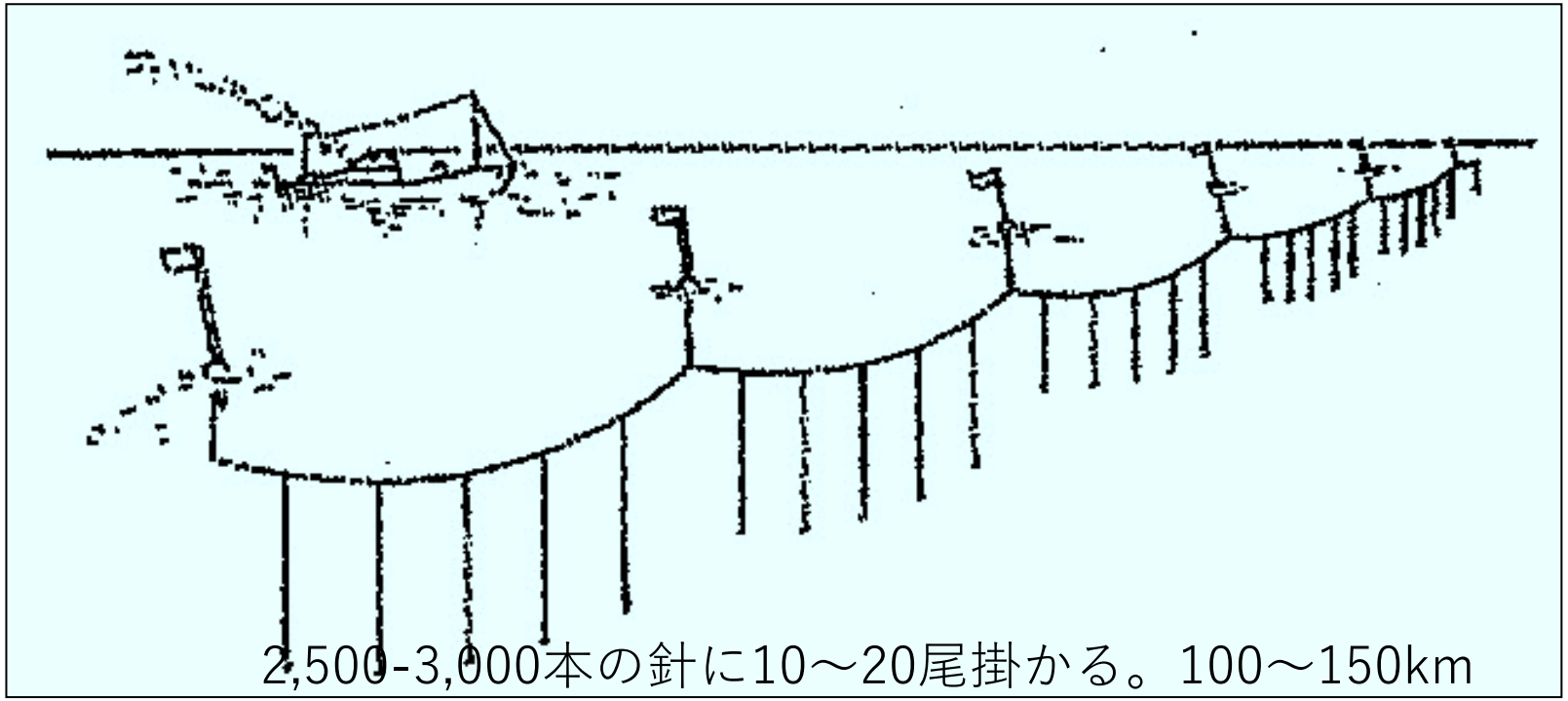
－60°Cでは魚体はガラス状

－60°Cでは魚体はガラス状

水揚げ漁港にも－60°C保管可能な超低温冷凍倉庫がどんどん建設された

冷凍マグロの鮮度と上手な解凍

はえ縄漁ではマグロの鮮度差発生が不可避
（釣針掛かりから取り込みまでに最大16時間の差）



一日の作業

04：00 ―― 4-5 h 投縄 ―― 09：00 ―― 3-4 h 縄待 ―― 12：00 ―― 10-12 h 揚縄 ―― 22:00 ・・・

冷凍マグロの鮮度と品質

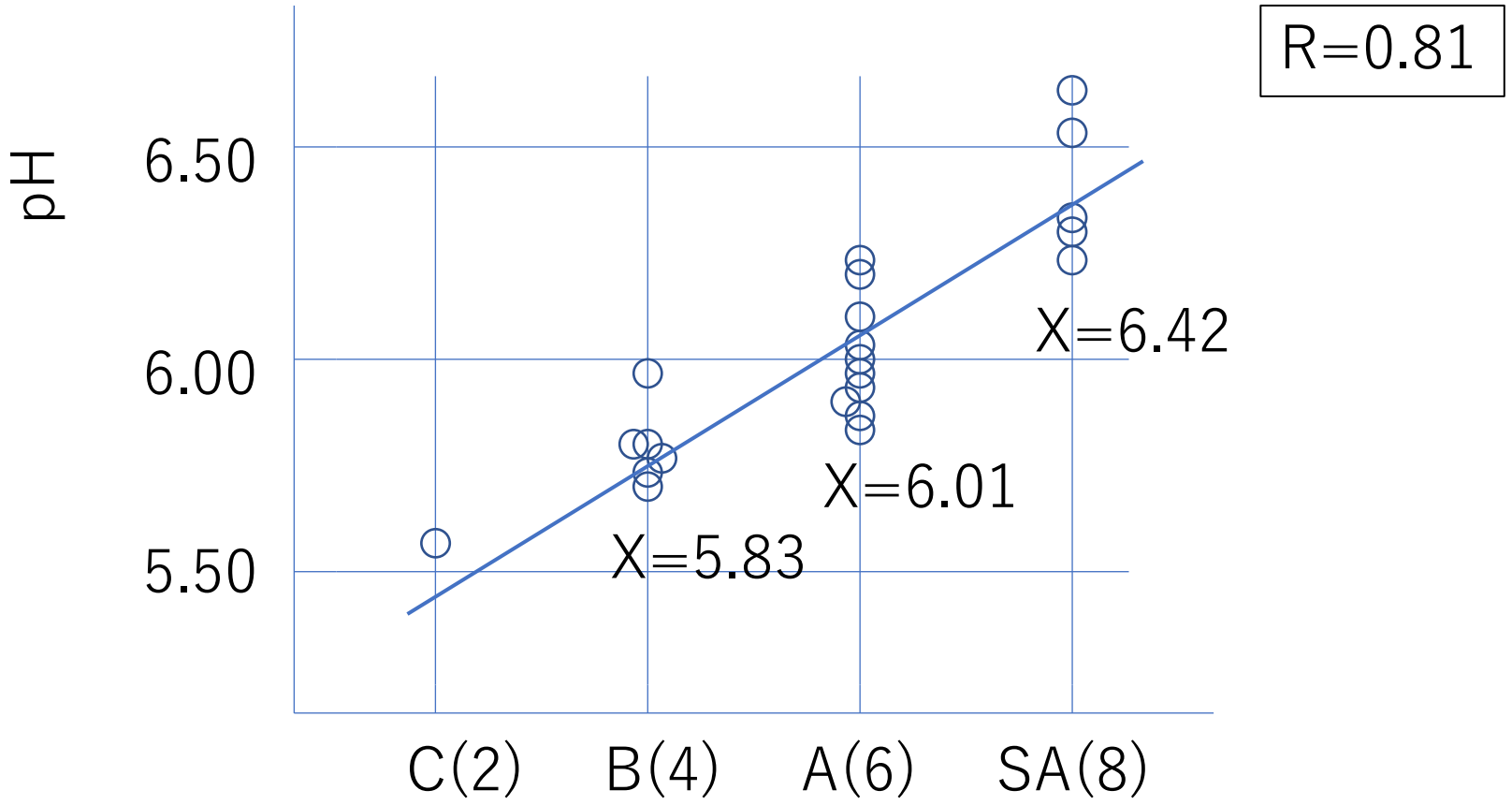
*ATP
Adenosine triphosphate

等級	pH	乳酸 (%)	ATP (ppm)	ADP (ppm)	AMP (ppm)	IMP (ppm)	Hx (ppm)	メト化率 (%)	解凍リップ (%)
SA	6.80	1.1	3,700	490	350	310		16.1	16.3
A	6.51	1.2	150	20	465	2,850		18.1	20.7
B	5.91	1.5	–	–	120	1,970		25.1	18.5

鮮度		ATP	pH
SA	生きたまま水揚げ	残存pH	中性域
A	疲弊した魚	やや残存	微酸性
B	死んで水揚げ	0	酸性

メバチ鮮度の等級判別と尾肉のpH

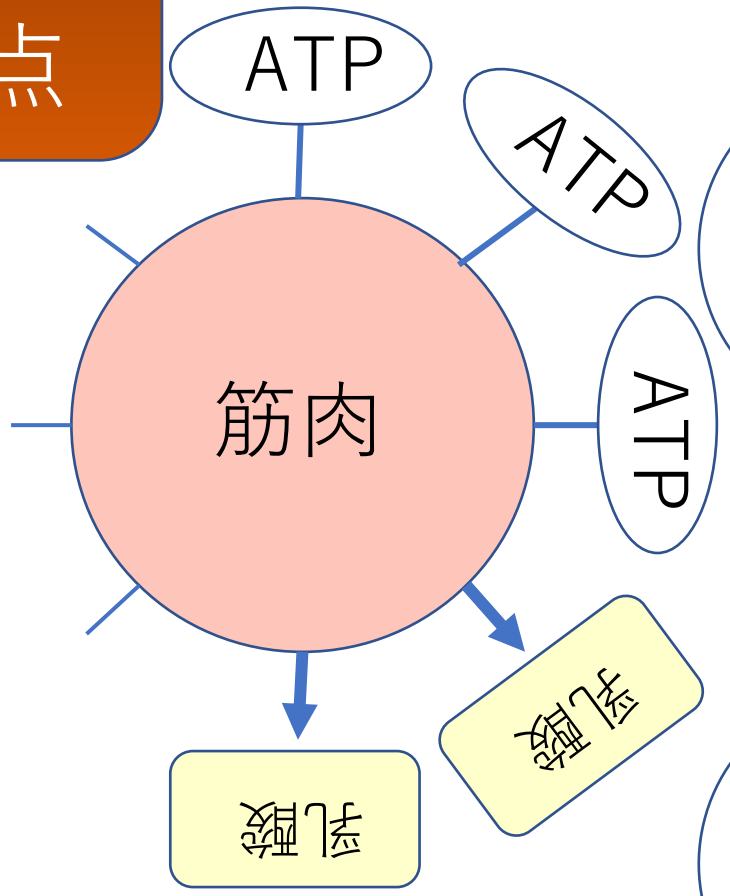
pHを計測すること鮮度が推定できる



木工用電動ドリルで凍結尾肉から粉末を採取、水で10倍希釈してpH測定

冷凍マグロの弱点

－60°Cに閉じ込められると新たな問題が発生



高鮮度

急速凍結によって高エネルギー物質
ＡＴＰが閉じ込められると
①冷凍変性は抑止できるが、
②解凍すると筋収縮（解凍収縮）
（雑巾をしぼったようになる）

鮮度落

疲労困憊し、乳酸が蓄積すると
①タンパク質が冷凍変性し保水性を失う。スポンジ化。
②色素タンパク質ミオグロビンが酸化しやすくなる。
（赤い色が褐変しやすい）

冷凍マグロは解凍に気を使わなければならない

高鮮度マグロ
（ATP 1,000ppm以上残存）

急速解凍により
筋肉が収縮

冷凍半身かブロックのままで
5°C（中心-6～-7°C）一晩緩速解凍

●pHが高くメト化の心配が少ない　●大きな塊のままでは筋収縮が制限される
●－3°C付近でATPは一気にADPに分解され収縮する　●－7°C付近でATPは徐々にADPに分解される

中鮮度マグロ
（ATP 200ppm以下）

急速解凍しても
筋収縮しない

冷凍ブロック状で水解凍可能
冷凍さくにしても解凍可能

低鮮度マグロ
（ATP 分解して残存０）

急速解凍しても
筋収縮しない

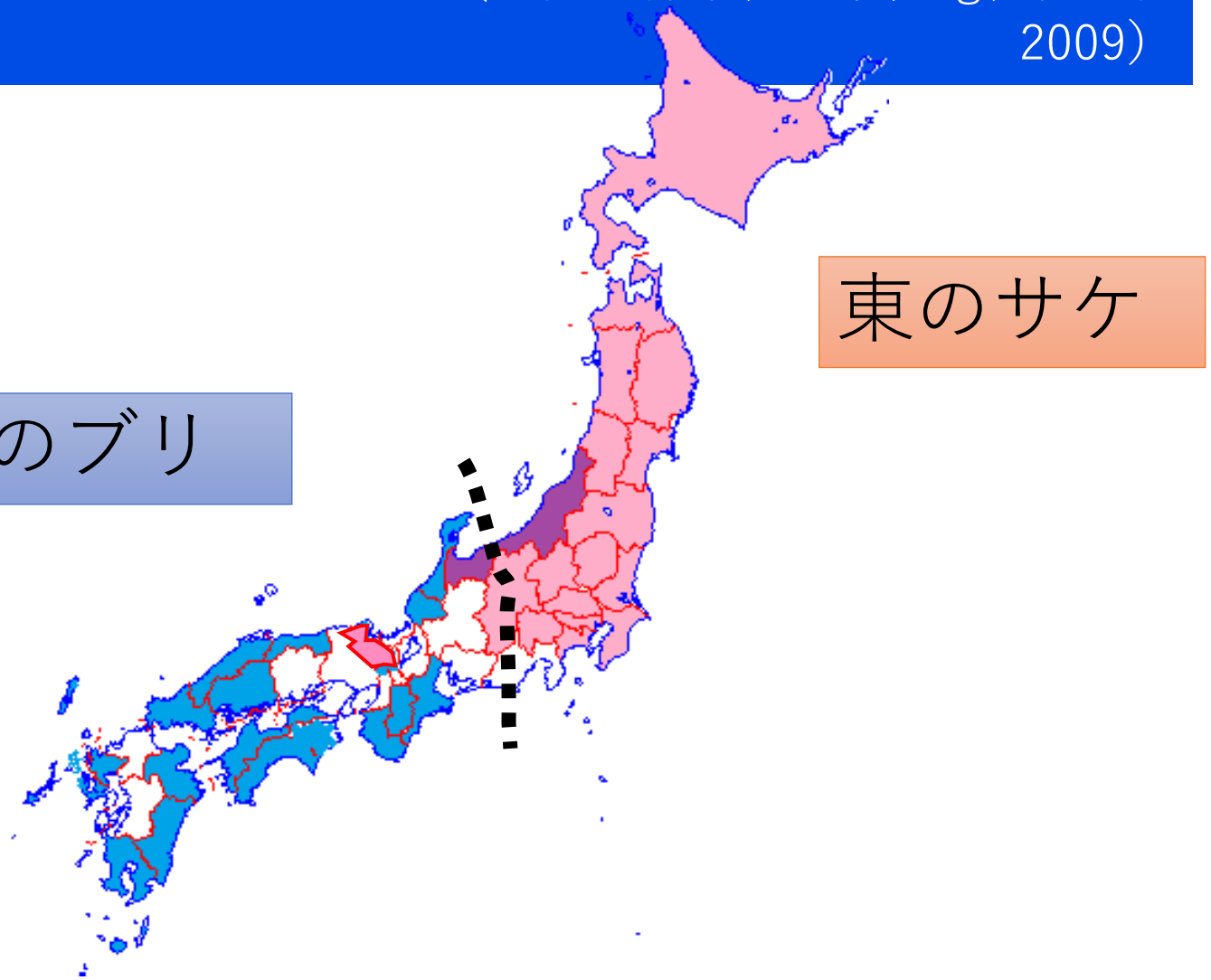
冷凍さくにして急速解凍する

●pHが低くメト化が速い　●温塩水（30°C）で急速解凍する　●解凍終温（内部）を－2°Cにとどめる

マグロを食べる都市

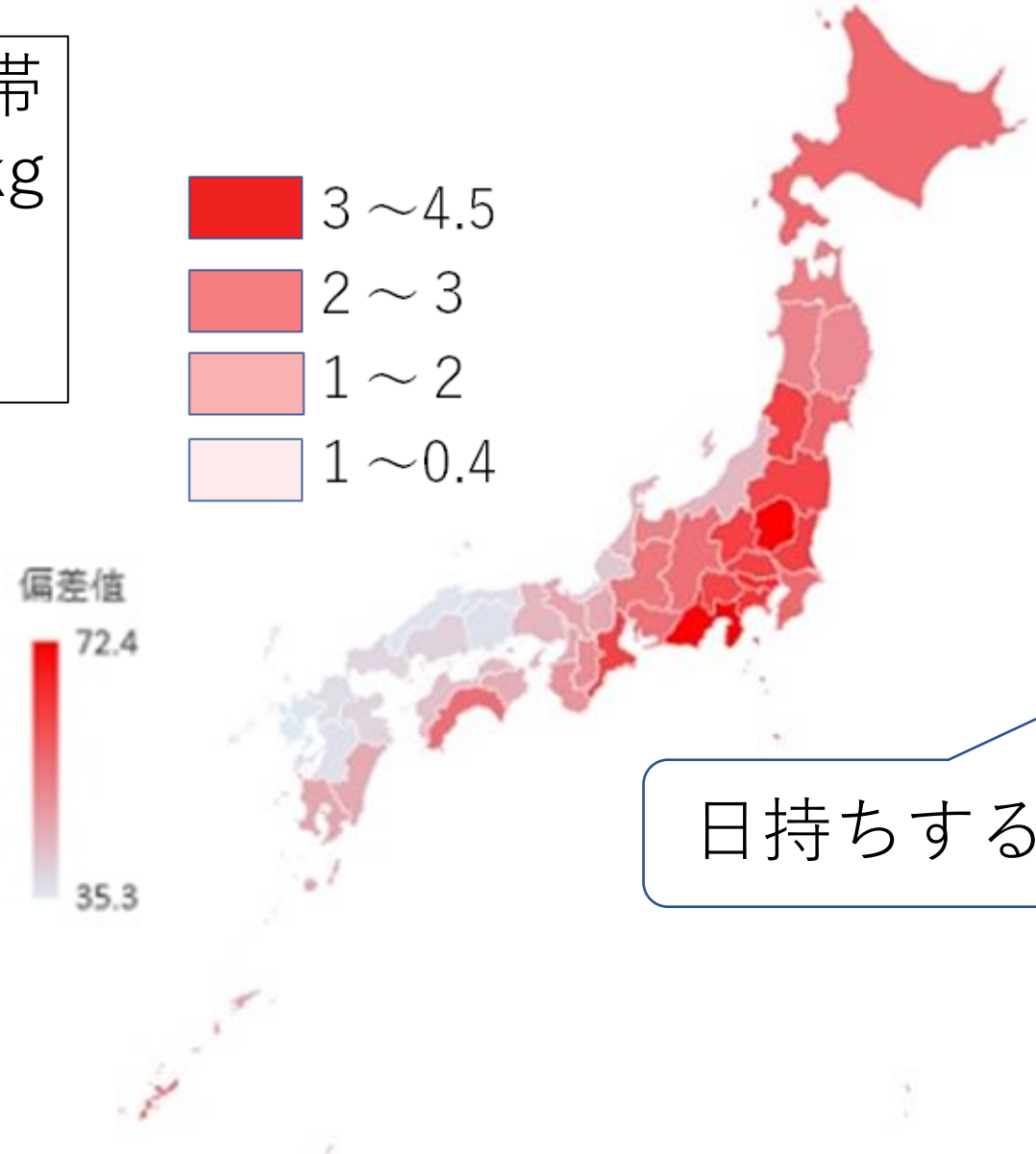
全国県庁所在都市における魚の消費量

（上位20都市、世帯、kg、総務省 2009）



マグロを食べる都市は？

マグロの一世帯当たり消費量kg
(2019-21)
総務省



ブリ ↔ サケ

マダイ ↔ マグロ

日持ちする魚

づけ

超低温