

活マガキの保存方法によるおい変化

河邊 真也

国立研究開発法人水産研究・教育機構
水産大学校 食品科学科 食品機能学講座

本日の構成

- ◆ マガキは水揚げ後も長生きできる
マガキのストレス耐性能力について
生命力、遺伝子のお話、保存中の変化
- ◆ 「におい」について
- ◆ マガキのにおい成分について

背景

◆マガキ (*Crassostrea gigas*)

環境変化の大きい潮間帯に生息する固着性二枚貝



Crassostrea gigas

空気曝露ストレス

熱ショックストレス

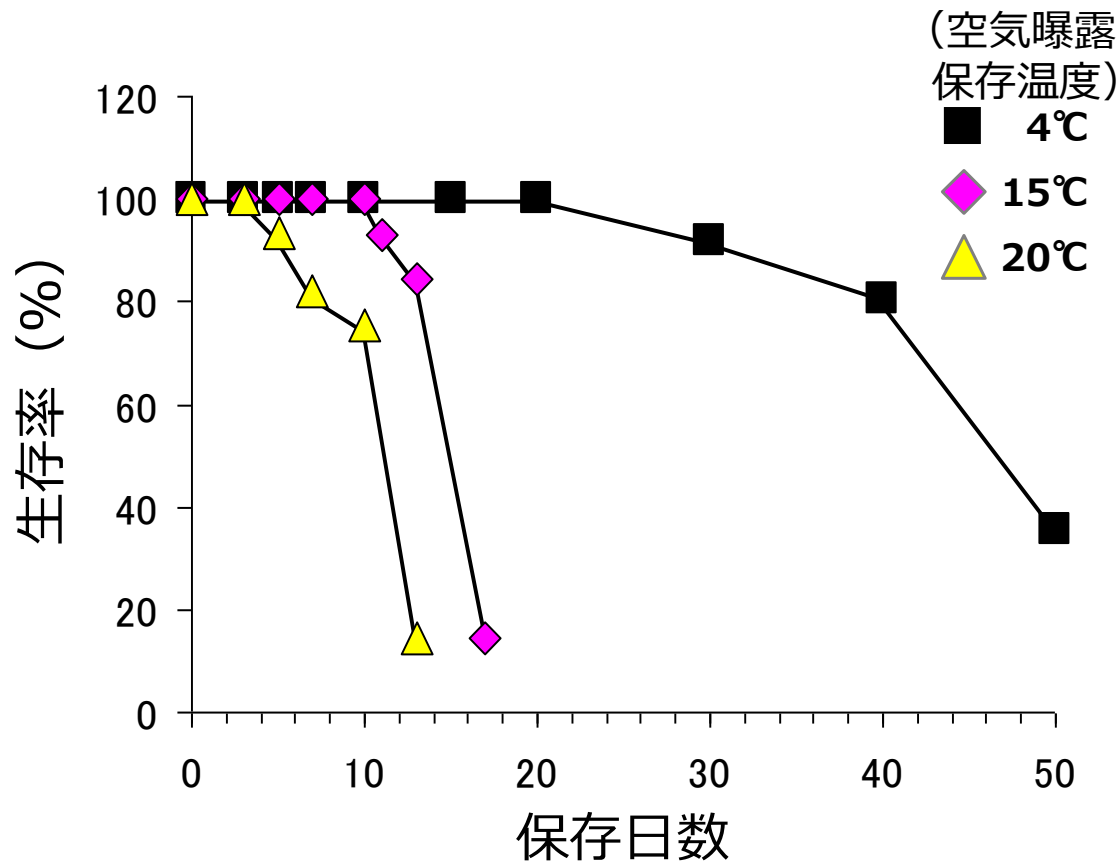
浸透圧ストレス



- 極めて強い空気曝露耐性能力を持つ (**長期生存**)
- **活貝として** 空気中に曝露した状態で輸送・保存可能

マガキの強い空気曝露耐性能力

Kawabe et al., *Fisheries Science* 76: 841-855, 2010. を元に改変。



左殻（深く窪む）を下にして保存しています。
逆にすると、4°Cでも早く死んでしまいます。

室温（15-20°C）では約**2週間**
低温（4°C）では**1ヶ月間以上**

**海水無しで
生存可能**

「活き」ていれば美味しいの？

- 消費期限は**冷蔵**で3～5日だけど…
- 活きているから品質劣化が起きにくい**イメージ**!?
- 十分な冷却が施されずに陳列されることもある！

パックが数段に重ねられており、
上段は室温で陳列されている

活きている限り美味しさも栄養性も変わらないのか？
活貝の消費期限の根拠は？



生理的な変化

エキス成分の変化

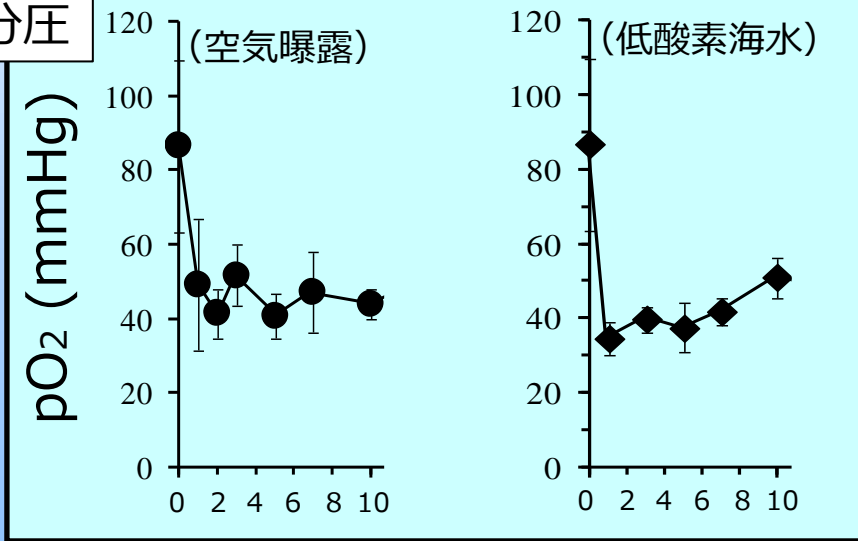
ストレス応答に関わる遺伝子の変化

においの変化

空気曝露保存に伴う血リンパの変化

Kawabe et al., *Fisheries Science* 76: 841-855, 2010. を元に改変。

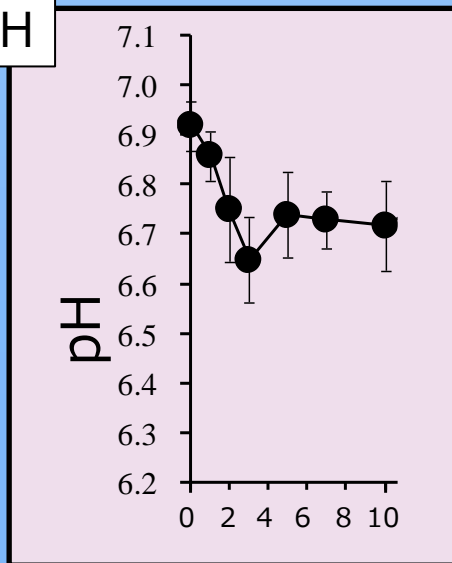
酸素分圧



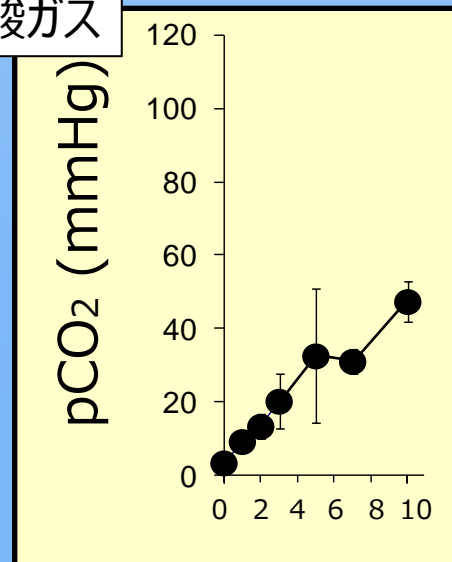
空気曝露保存により

- ◆ 低酸素状態に陥る
- ◆ 嫌氣的代謝産物の蓄積によるpHの低下、炭酸ガス分圧の上昇、浸透圧の変動が生じる

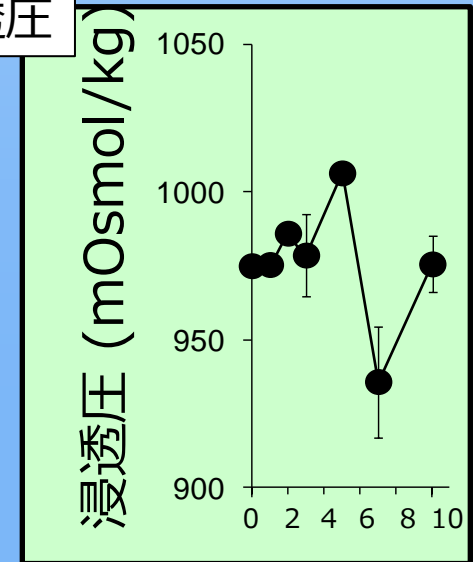
pH



炭酸ガス



浸透圧



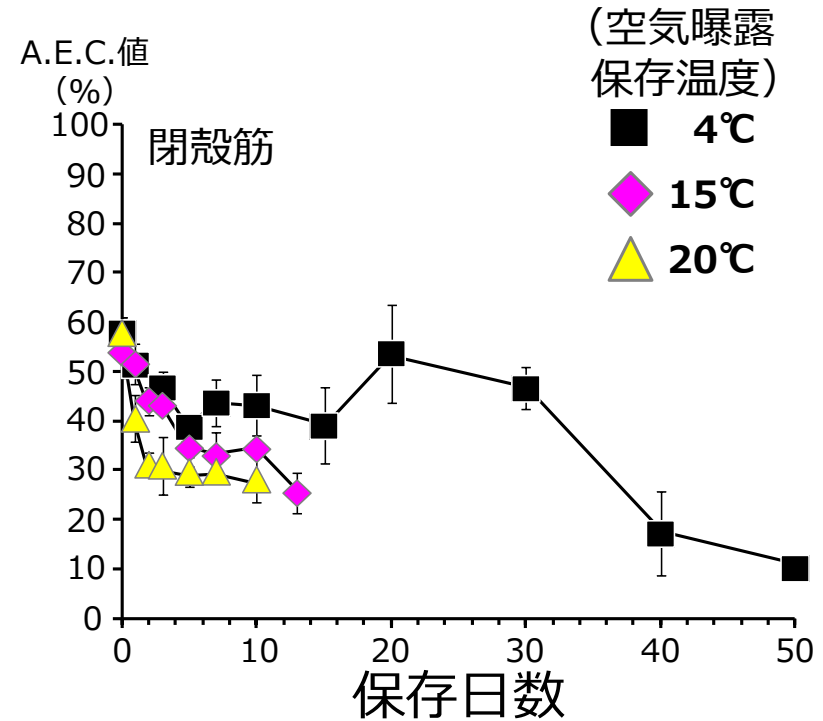
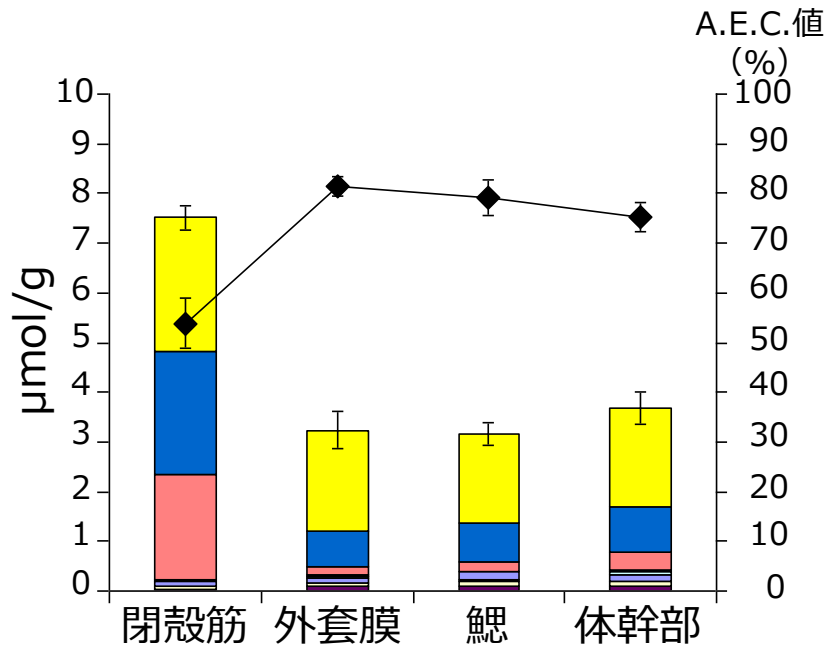
(横軸は保存日数)

空気曝露保存に伴うA.E.C.値の減少

Kawabe et al., *Fisheries Science* 76: 841-855, 2010. を元に改変。

エネルギーチャージ (A.E.C.) 値 (%)

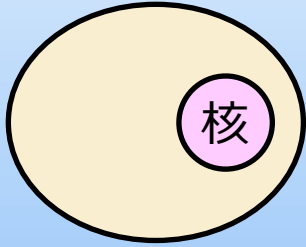
$$= (\text{ATP} + \text{ADP} / 2) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP}) \times 100$$



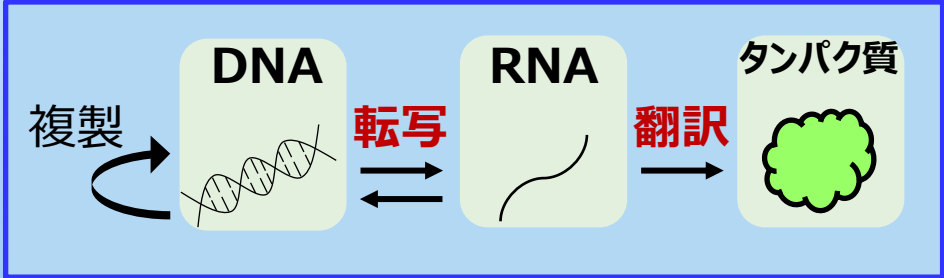
閉殻筋A.E.C.値の減少は**温度の影響**が顕著
 空気曝露後期に**エネルギーが枯渇**

「遺伝子」と「発現」のお話

細胞



核の中にはDNAがギッシリ
40km長の極細糸をテニスボール
の中に詰め込んでいる状態



DNAに鍵



解除

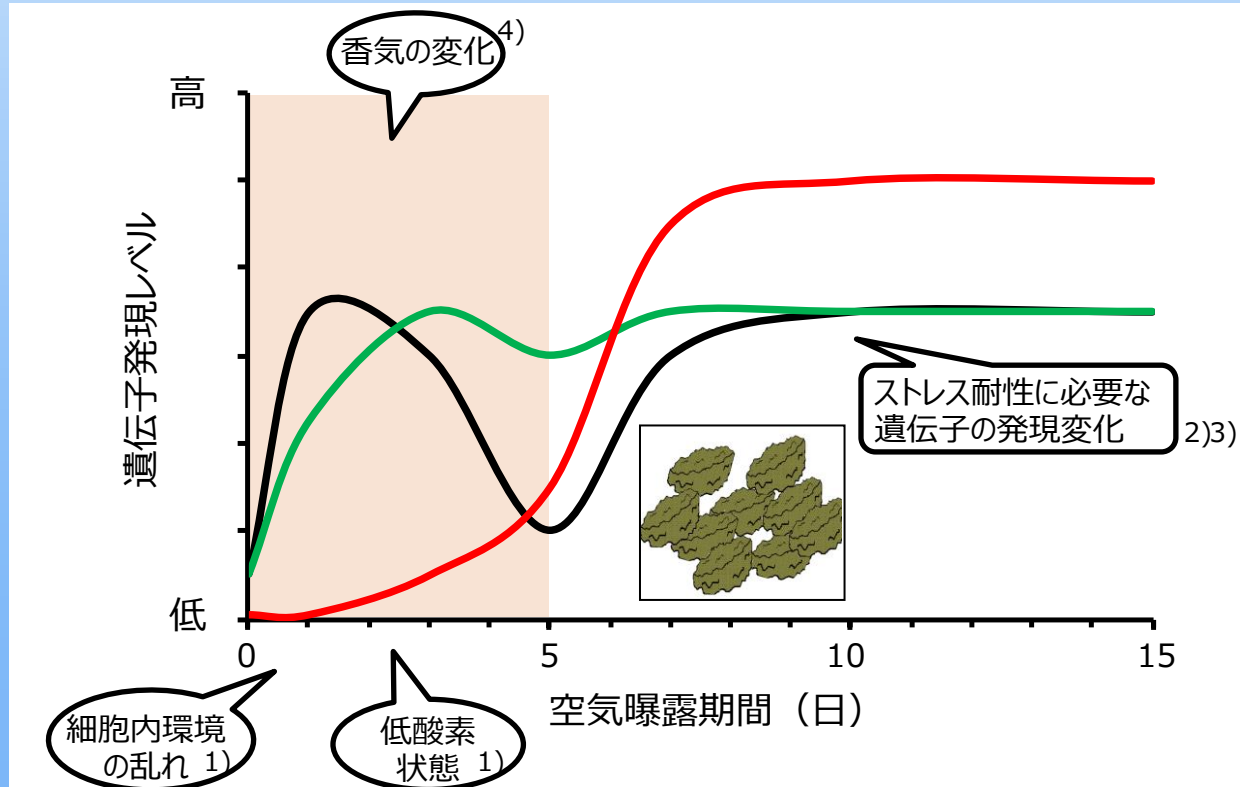


イメージ図

遺伝子 (DNA) の発現
「転写因子」の働きで
RNAを合成 (転写) します。
↓
RNAからタンパク質が作られ
(翻訳)、タンパク質は細胞
内で様々な働きをします。
※遺伝子が転写・翻訳され、
働くことを遺伝子発現と呼ぶ

消費期限内（5日間）に生じる活マガキの体内変化

輸送・保存のストレス指標への応用に向けて



活きマガキ
空気曝露5日間で
遺伝子レベルで大きな変化

- 1) Kawabe et al., *Fisheries Science* 76: 841-855, 2010.
- 2) Kawabe and Yokoyama, *J Exp Zool Part A* 315: 394-407, 2011.
- 3) Kawabe and Yokoyama, *Marine Biotechnology* 14: 106-119, 2012.
- 4) Kawabe and Murakami et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019.

◆ 活マガキの空気曝露保存に伴うにおい成分の変化

Kawabe et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019.

- 空気曝露保存されたマガキのにおい成分を詳細に調べ、長期保存されたマガキの不快臭の原因を考察しています。
- また、保存中に変化するにおい成分を指標とした品質評価への可能性を示しました。



目的

活貝の流通過程および保存における品質変化を捉える

流通・保存を想定した**5℃**と、室温を想定した**20℃**の空気曝露に伴った活マガキのにおい成分の変化を明らかにする。

➡ **適切な流通・保存条件の索定につなげる。**

活マガキの陳列例（食料品量販店）

- ✓ 氷を敷詰めたトレイに陳列されているが、下段（低温）と上段（室温）で保存温度が異なることになる。
- ✓ 賞味期限内（3～5日間）でにおい成分の発生に差が生じるのではないか？

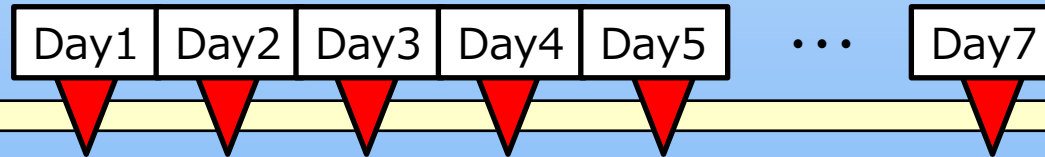
方法

Kawabe et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019.

- ✓ 養殖マガキ *Crassostrea gigas*
- ✓ 通気した掛け流し式の自然海水で3日間馴化（水温20℃）
- ✓ 各温度で空気曝露保存：0～7日間



5℃または20℃
空気曝露保存



むき身のミンチ肉を0.5gずつ各バイアルに
秤りとり、分析に供するまで -80℃凍結保存



電子嗅覚装置
(においを識別する)



GC/MS
(におい成分を分離して同定する)



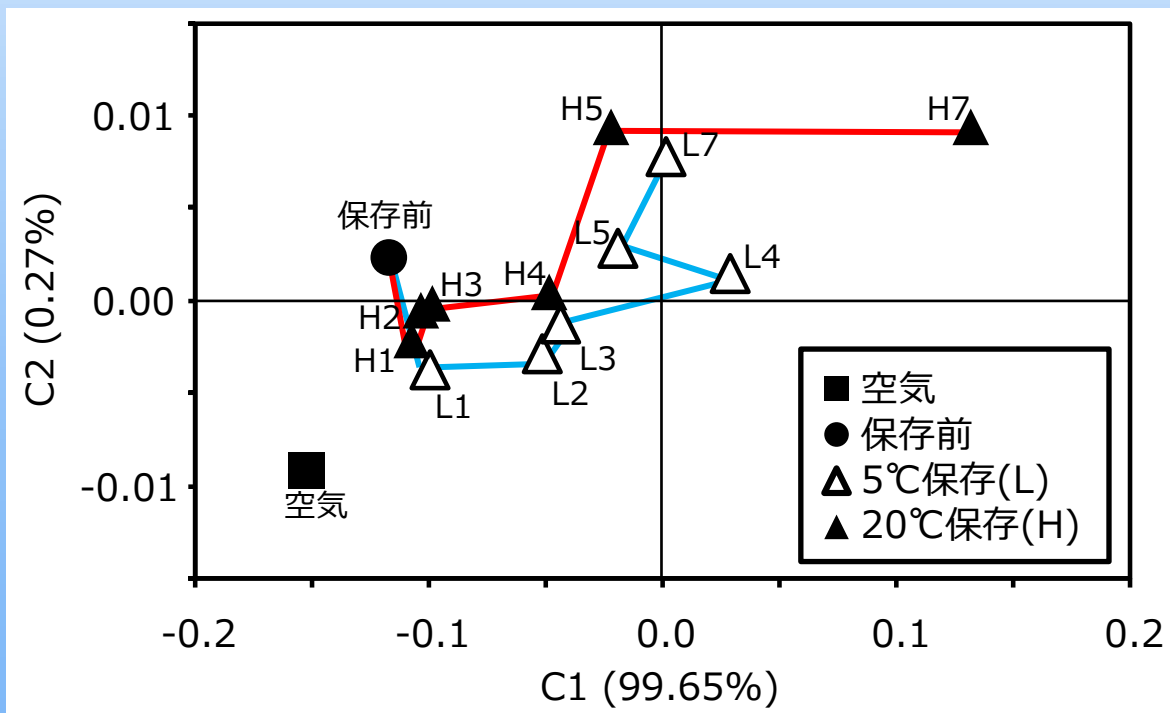
電子嗅覚装置で捉えた活マガキのにおい変化

電子嗅覚装置



Kawabe et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019. を元に改変。

むき身



機器分析

保存4日目から香気の変化が大きくなる。
20°Cの7日目が最も離れた位置に存在した（変化が大きい）。

嗅覚

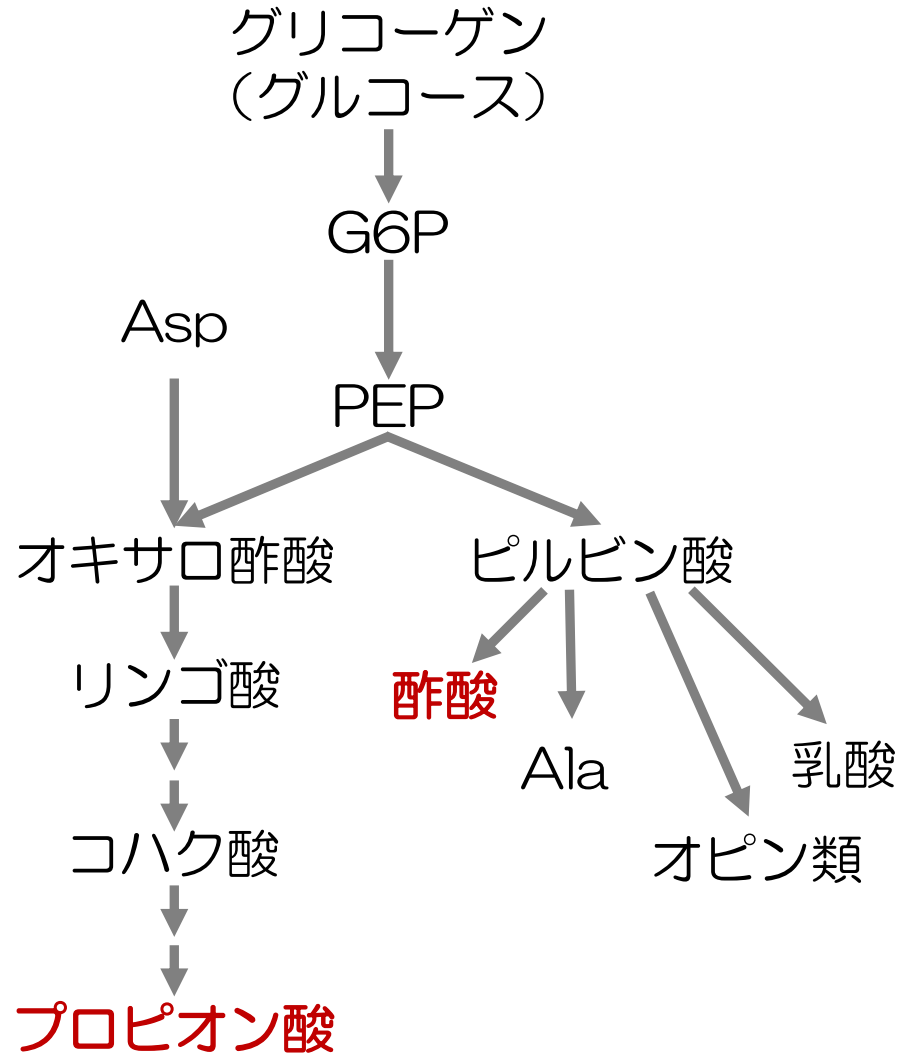
冷蔵保存：3日ほどで**酸っぱい**においが少し混じる。
室温保存：1～3日で**酸っぱく、鼻に残る重たい**においが生じる。
4日以降は食品としては受け入れ難い**悪臭**が生じる。

二枚貝類の嫌氣的代謝

※空気中で保存されると、マガキは**酸欠状態**になり、「**嫌氣的な代謝**」でエネルギーを得ることになります。



Asp : アスパラギン酸
Ala : アラニン
G6P : グルコース-6-リン酸
PEP : フォスフォエノールピルビン酸



GC/MSで捉えた 活マガキのにおい成分の変化

GC/MS



Kawabe et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019. を元に改変。

むき身

嫌氣的代謝産物の発生

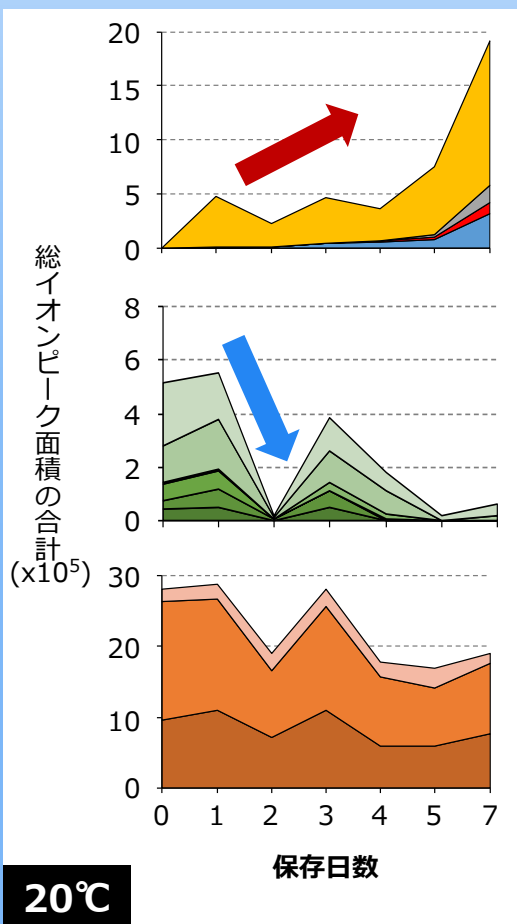
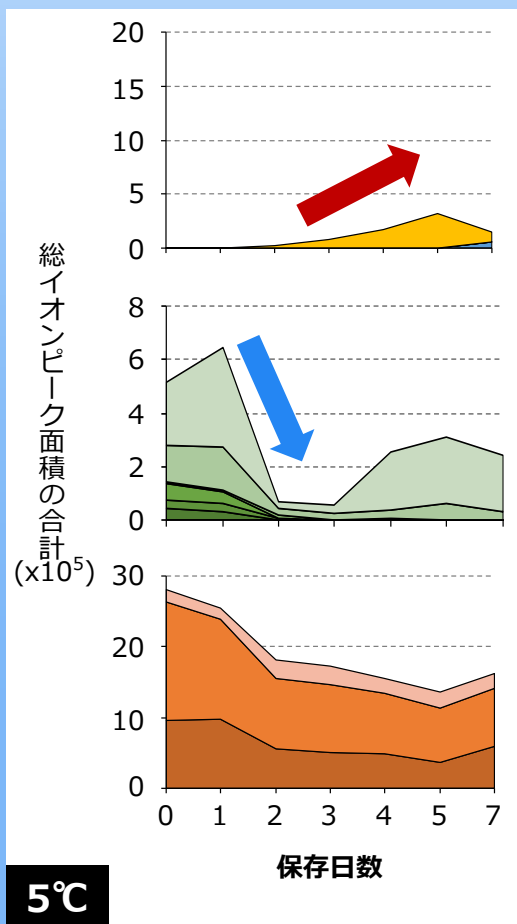
微生物の増殖

嫌氣的代謝産物の**大発生**

微生物の増殖

1日目からPropanoic acid
とAcetic acid

3日目から1-Propanol
4日目からTrimethylamine



- Propanoic acid
- Acetic acid
- Trimethylamine
- 1-Propanol

酸っぱい = 嫌氣的代謝
生臭い } 微生物由来
アルコール臭 }

- (E,Z)-3,6-Nonadien-1-ol
- (E,Z)-2,6-Nonadienal
- (Z,Z)-3,6-Nonadienal
- (E)-2-Octenal
- Hexanal
- (E)-2-Pentenal

メロン・キュウリ様
石鹼
緑

- 3-Octanone
- 1-Octen-3-ol
- 1-Penten-3-ol

キノコ
緑

保存温度が高いと
酸っぱ臭い成分が
大発生！

マガキの主要なにおい成分と海外のカキ類との比較

検出成分	においの種類	マガキ (国産)			マガキ				アメリカガキ	ヨーロッパヒラガキ
		保存前	冷蔵	室温	アメリカ	フランス	フランス	中国	アメリカ	スペイン
アルコール類										
1-プロパノール	アルコール臭	×	増	増	×	×	×	×	×	×
1-ペンテン-3-オール	緑	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1-ペンタノール	バルサムの様な	○	減	減	○	×	○	×	○	×
1-オクテン-3-オール	キノコの様な	○	○	○	○	○	○	○	○	×
(E,Z)-3,6-ノナジエン-1-オール	キュウリの様な、メロンの様な	○	○	○	○	×	○	○	×	×
アルデヒド類										
(E)-2-ペンテナール	緑	○	減	減	○	○	○	×	○	○
ヘキサナール	緑	○	減	減	×	○	×	×	×	○
(E)-2-オクテナール	キュウリの様な、緑	○	減	減	×	○	×	×	×	○
(Z,Z)-3,6-ノナジエナール	石鹼の様な	○	減	減	×	×	×	○	×	×
(E,Z)-2,6-ノナジエナール	キュウリの様な、メロンの様な	○	○	減	○	○	○	○	×	○
ケトン類										
1-ペンテン-3-オン	緑	○	減	減	○	○	×	×	×	○
2,3-ペンタンジオン	バターの様な、ミルクの様な	○	○	○	○	○	×	×	×	○
3-ペンタノン	エーテルの様な	○	○	○	×	○	×	×	×	×
3-オクタノン	キノコの様な、ハーブの様な	○	○	○	×	○	○	○	×	○
有機酸										
酢酸	酸っぱい	×	増	増	○	×	×	×	○	×
プロピオン酸	鼻につく不快な、酸っぱい	×	増	増	○	×	×	×	○	×
その他										
ジメチルスルフィド	磯の様な	○	○	増	×	○	○	○	×	×
トリメチルアミン	生臭い	×	×	増	×	×	×	×	×	×
活貝の空気曝露保存条件 (実験室)										
✓ 温度		(水揚げ	5℃	20℃	6℃	2~4℃	4℃	(保存せず、	6℃	(保存せず、
✓ 保存期間		直後を	7日間	7日間	不明	7日間	6日間	市場での	不明	市場での
✓ 保存中の分析対象		分析)	1日おき	1日おき	不明	不明	不明	保存不明)	不明	保存不明)

どこの海域で育ったの？ 浄化処理は？
 保存中の温度は適切か？ 長く保存していない？

活マガキは“**生き物**”です。
 美味しく届きますように。

Kawabe et al., *Fisheries Science* 85: 747-755, 2019.
 Josephson et al., *J. Food Sci.* 50: 5-9, 1985.
 Piveteau et al., *J. Agric. Food Chem.* 48: 4851-4857, 2000.
 Pennarun et al., *J. Sci. Food Agric.* 82: 1652-1660, 2002.
 Zhang et al., *Food Chem.* 115: 1150-1157, 2009.
 Fratini et al., *Food Res. Int.* 48: 856-865, 2012.

※ここには示していない成分も存在しています。
 ※「×」は検出されなかった、または研究対象にしていない成分。

空気曝露保存による、におい成分の変化のまとめ

- **プロピオン酸や酢酸の増加**
 - ➡ 空気曝露保存中に嫌氣的代謝が亢進
- **脂質酸化物であるアルデヒド類やアルコール類が減少**
 - ➡ 餌である植物プランクトンの供給がなくなった？
 - ➡ 脂質の酸化を促す酵素の発現が低下する？
- **保存温度が高いと代謝産物の蓄積が亢進**
 - ➡ 刺激臭のある嫌氣的な代謝産物が蓄積
 - ➡ 微生物由来のトリメチルアミン発生
 - ➡ 不快な香りへ

美味しいマガキを届けるために

①水揚げ後は、速やかに低温で流通・保存すること

→高い温度で代謝が促進し、不快なにおい物質が増加する

②生きていても長期間の保存は避けること

→不快なにおい物質は長期保存により増加する

→輸送後に、通気した海水で蓄養することで、

不快なにおい物質を減らせるかもしれない

(餌、海水の塩濃度、微生物汚染などに注意が必要)

③微生物を除去した方が、保存後の臭いにおいては減少するかも

→微生物由来のにおいにおいては減少するが、風味は落ちるかも

→マガキの代謝は抑えられないので注意

(長期保存すると不快なにおいの代謝産物が蓄積)