

# 清酒の品質と 香気成分

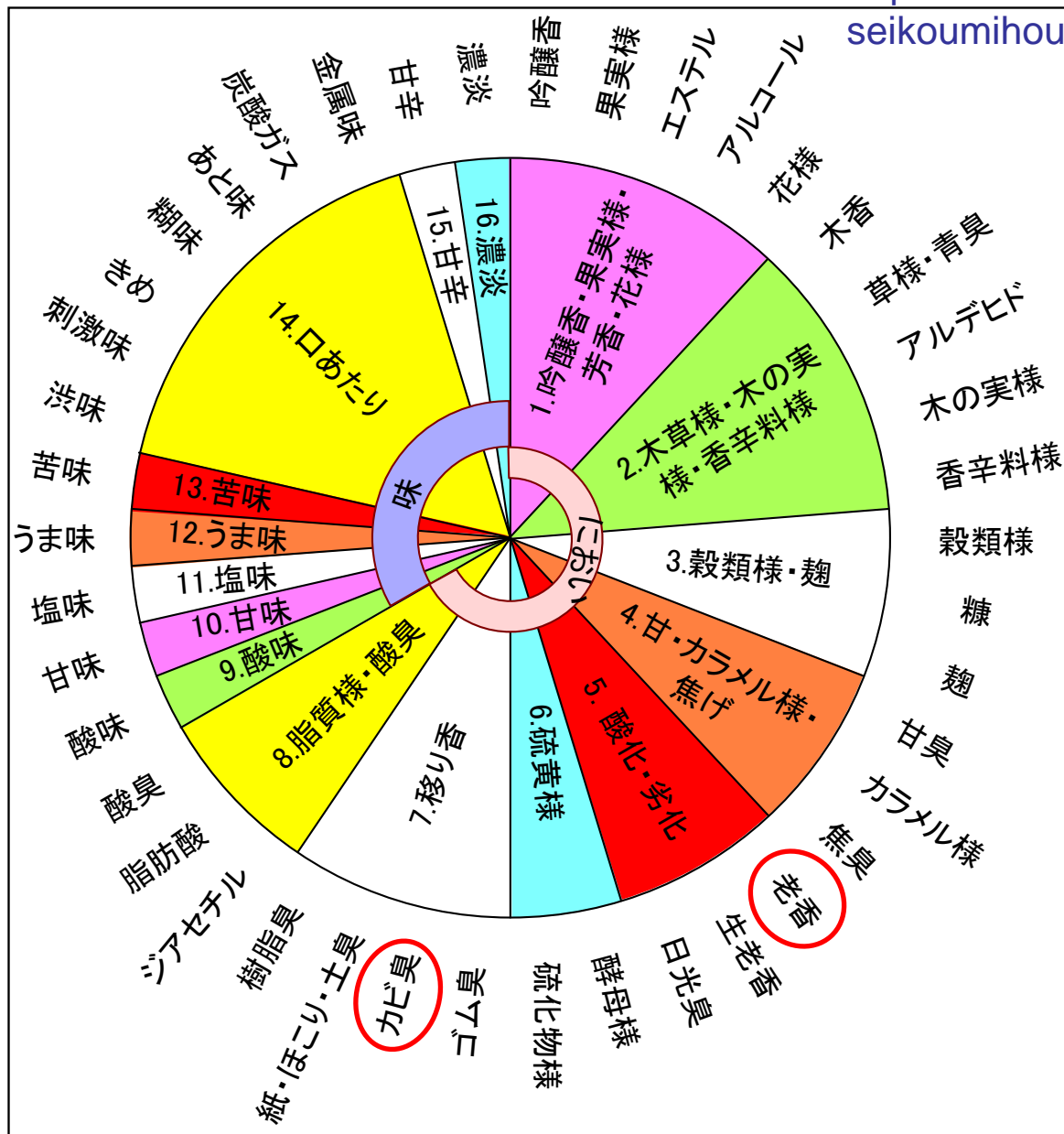


独立行政法人酒類総合研究所  
品質・安全性研究部門 磯谷敦子

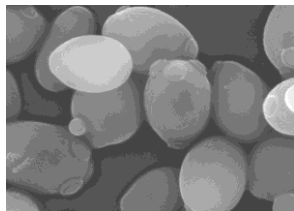
# 清酒を構成する味と香り

清酒のフレーバーホイール

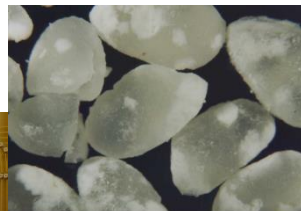
<http://www.nrib.go.jp/data/pdf/seikoumihou.pdf>



# 清酒製造工程と香り



酵母

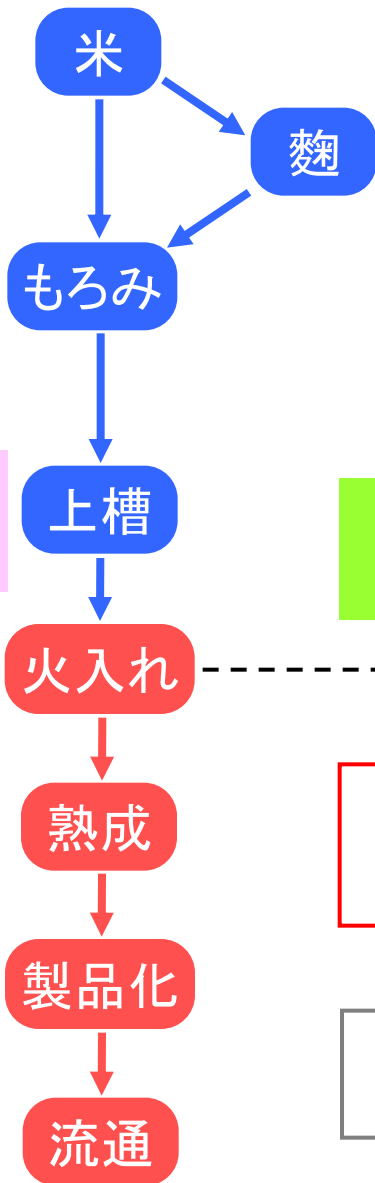


麴



アルコール発酵

吟醸香・果実様の香り  
エステル、高級アルコールに由来



製麴

カビ臭

麴の香り  
アルデヒド、ケトンに由来

----- 殺菌、酵素の失活 -----



老香(ひねか)

清酒の貯蔵・流通過程で生じる  
酸化、劣化したにおい

カビ臭

カビを連想させるにおい

# 本講演の内容

1. 清酒の熟成に關与する成分
2. 清酒の「カビ臭」
3. お酒とシーフードの相性

# 貯蔵による清酒の変化

- 色

⇒ 褐色

- 味

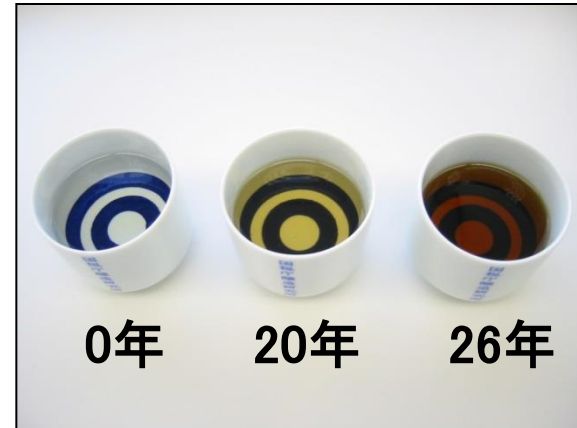
⇒ 苦味、なめらかさの増加

- 香り

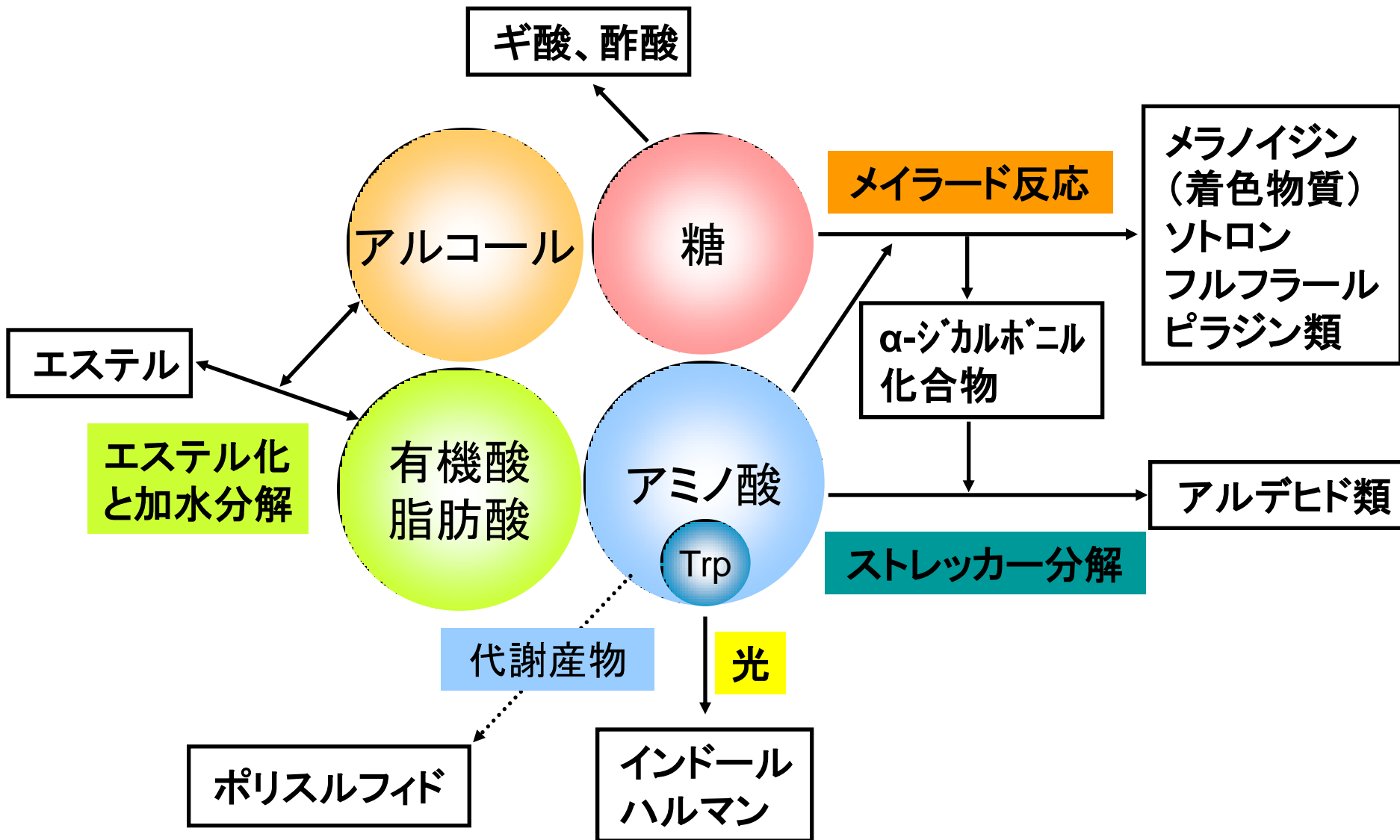
⇒ 老香、熟成香

「カラメル」「焦げ」「醤油」

「ナッツ」「はちみつ」「つけもの」

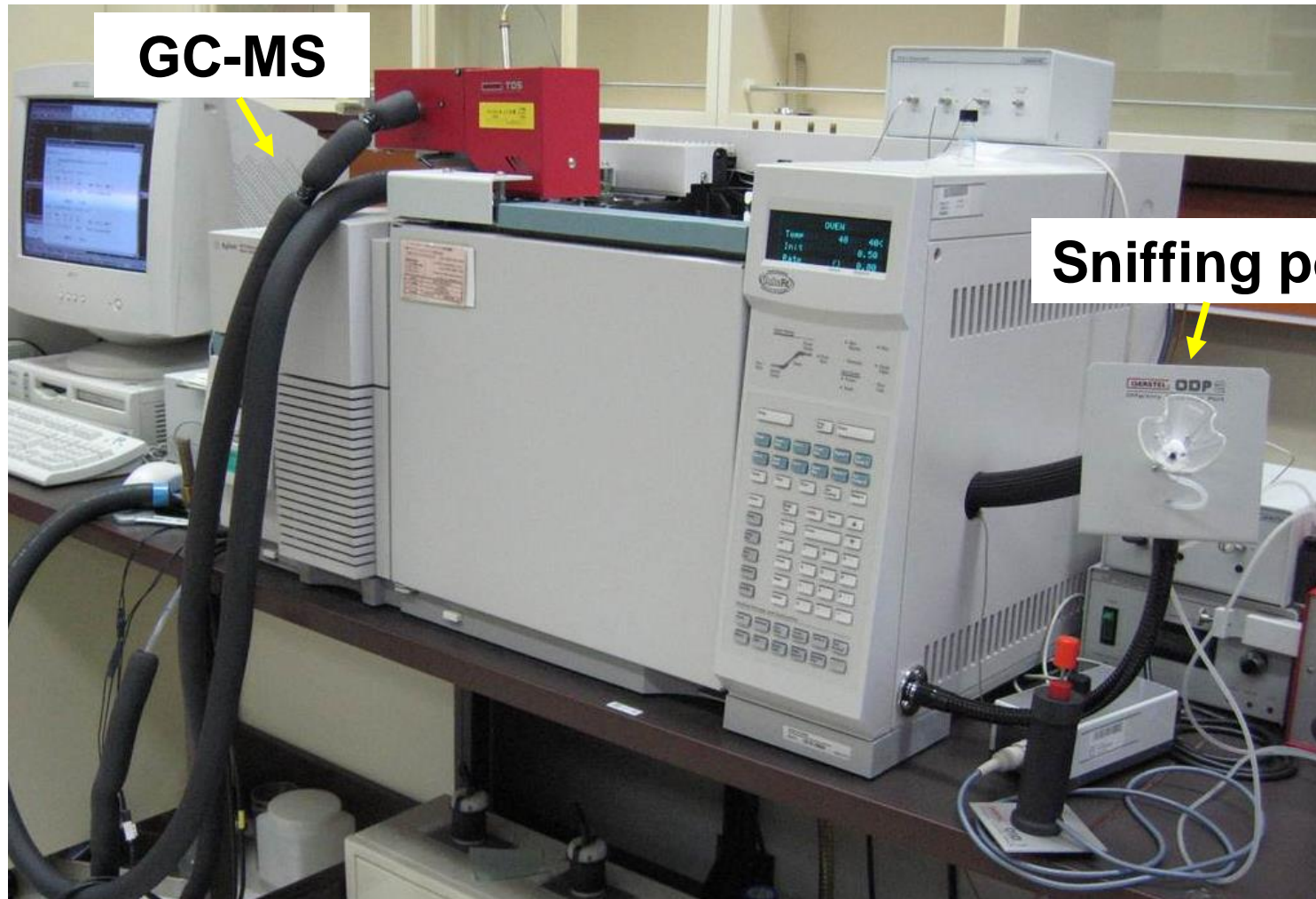


# 清酒の貯蔵による成分変化





# どの成分が香りにきいているのか？ →GC-Olfactometry (GC-O)



# 溶媒抽出—GC-Oの結果

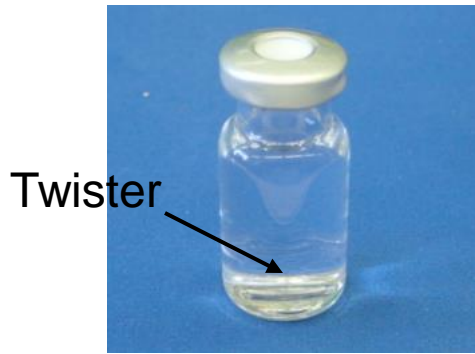
清酒中の香気成分をジクロロメタン抽出し、GC-Oを行った

R.T.	新酒	27年古酒	33年古酒	においの特徴	化合物
20.5	n.d.	○	○	硫黄	DMTS
25.2	n.d.	◎	◎	カラメル、焦げ	furfural
27.0	n.d.	○	○	フルーティー	benzaldehyde
34.7	n.d.	○	○	はちみつ	diethyl succinate + $\alpha$
49.0	n.d.	○	○	わたあめ、甘いにおい	unknown
51.0	n.d.	◎	◎	カレー	sotolon

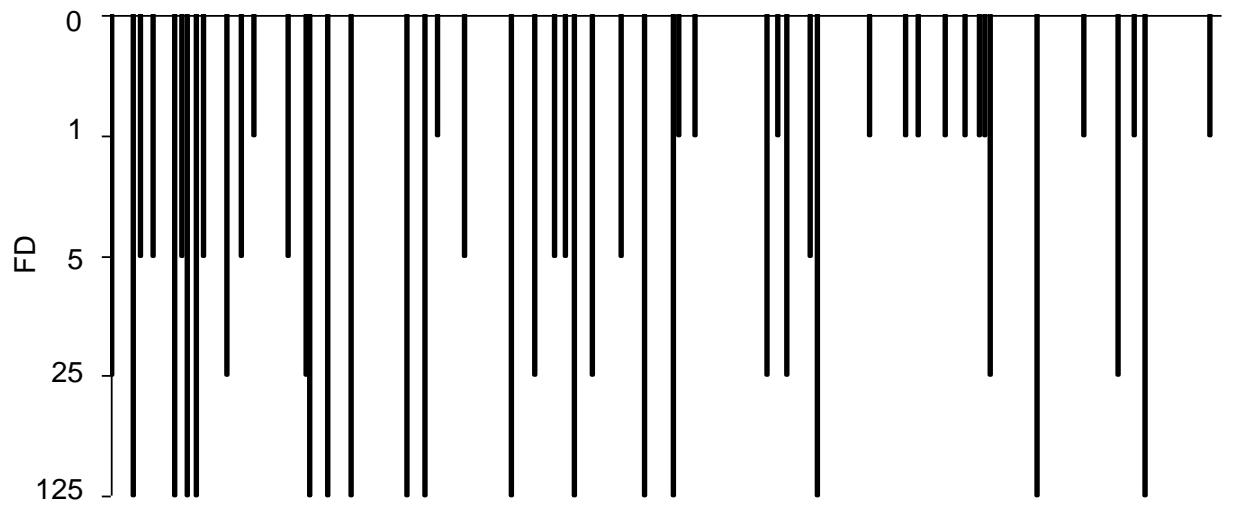
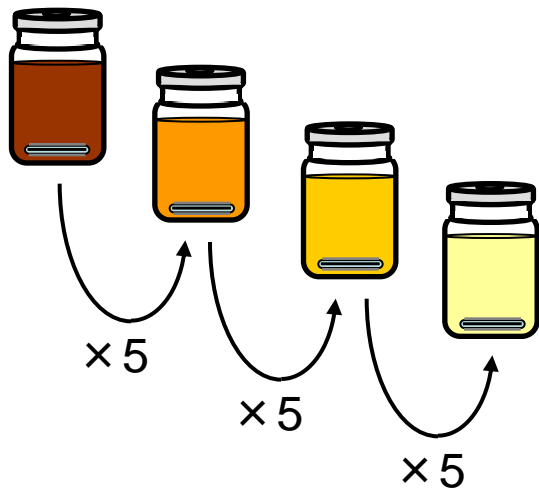
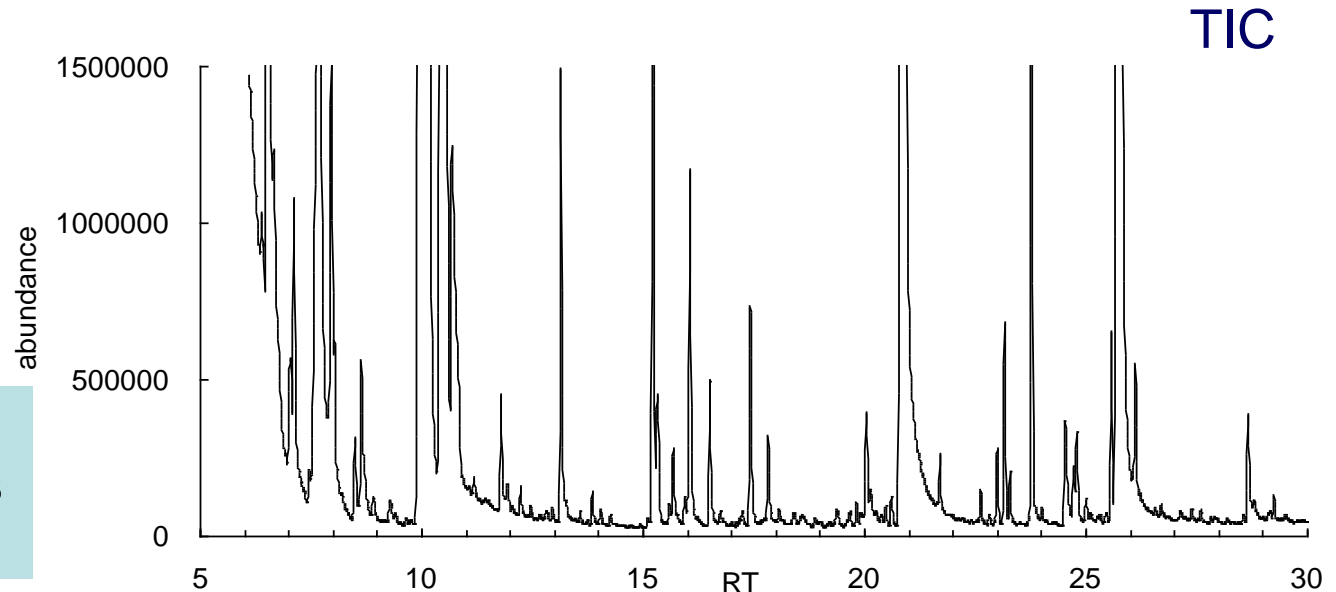
n.d.: 不検出, ○: 検出, ◎: 強く検出



# Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE)による分析 とAEDA



Aroma Extract  
Dilution Analysis  
(AEDA)



最終希釈率 = Flavor Dilution Factor (FD)

FDクロマトグラム

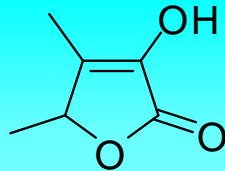
# 古酒のほうがFD値が高い成分

RI	においの特徴	化合物	FD	
			35年古酒	新酒
906	アルデヒド、ナッツ	2-methylbutanal + 3-methylbutanal	25	
993	ビニール	unknown	5	
1036	こうばしい、土臭い	unknown	5	
1041	甘い、エステル	ethyl 2-methylbutyrate	125	
1055	甘い、エステル	ethyl 3-methylbutyrate	125	25
1061	マジックインキ	DMDS	5	
1087	硫黄、にんにく	3-methyl-2-butene-1-thiol*	25	1
1154	粉、こうばしい	unknown	5	
1173	甘い、エステル	ethyl 4-methylpentanoate	25	
1323	ナッツ、粉	2,3-dimethylpyrazine* + unknown	5	
1369	硫黄	DMTS	125	1
1407	甘い、エステル	unknown	5	
1445	ポテト、こうばしい	methional	25	1
1473	こげ、化学的	furfural	5	
1617	こげ	unknown	25	5
1635	花	phenylacetaldehyde	25	5
1663	ナッツ、粉	unknown	5	1
1721	はちみつ、カラメル	unknown	5	1
1771	花	ethyl phenylacetate	5	

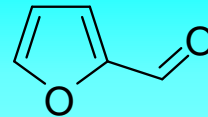
\*: マススペクトルが得られなかったため標準品のRIとにおいの特徴から推定

# GC-Oにより古酒から検出された香気成分 (熟成香成分)

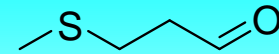
## カルボニル化合物



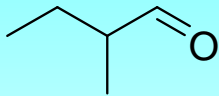
sotolon  
(caramel, curry)



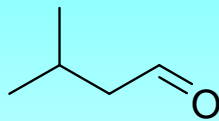
furfural  
(caramel, burnt)



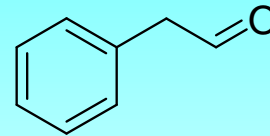
methional  
(potato)



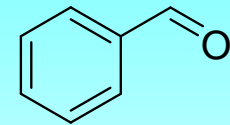
2-methylbutanal  
(aldehyde)



3-methylbutanal  
(aldehyde, nut)

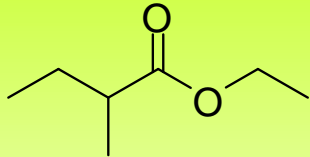


phenylacetaldehyde  
(flower, rose)

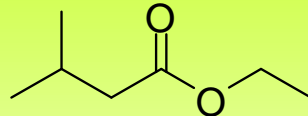


benzaldehyde  
(fruit, almond)

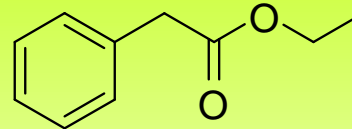
## エチルエステル



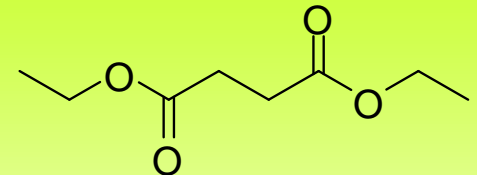
ethyl 2-methylbutyrate  
(ester, sweet)



ethyl 3-methylbutyrate  
(ester, sweet)

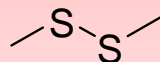


ethyl phenylacetate  
(flower, rose)

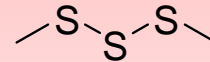


diethyl succinate  
(honey, fruit)

## ポリスルフィド

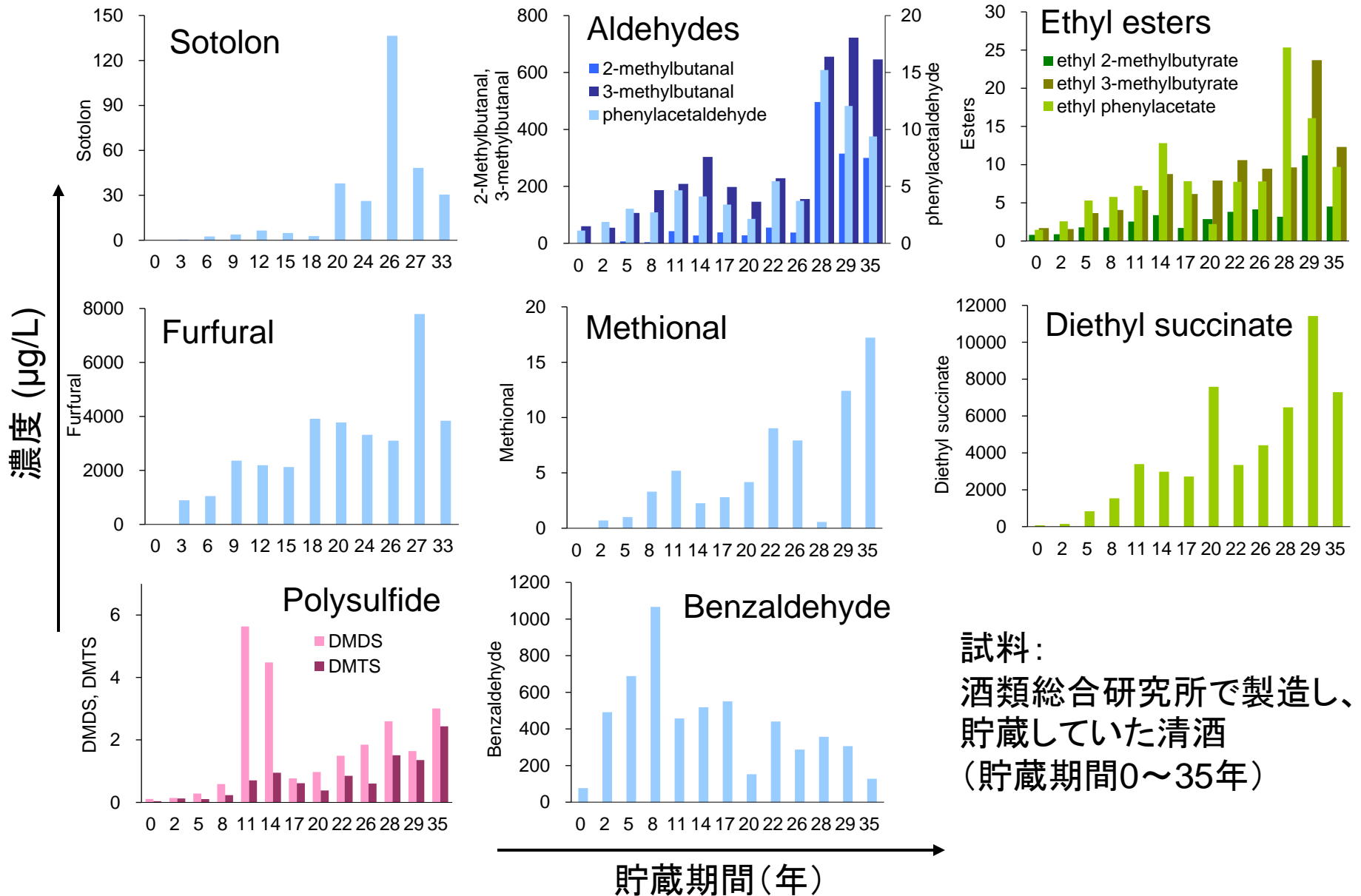


dimethyl disulfide (DMDS)  
(sulfur)



dimethyl trisulfide (DMTS)  
(sulfur)

# 古酒中の熟成香成分の定量分析



# 各香気成分の古酒の香りへの寄与

化合物	検知閾値 ( $\mu\text{g/L}$ )	古酒中の濃度 ( $\mu\text{g/L}$ )		OAV	
		最小	最大	最小	最大
furfural	11000	n.d.	7800	<0.1	0.7
sotolon	2.3	n.d.	140	<0.5	61
2-methylbutanal	1500	n.d.	496	<0.1	0.3
3-methylbutanal	120	55	722	0.5	6.0
methional	10	n.d.	17	<0.1	1.7
benzaldehyde	990	77	1067	<0.1	1.1
phenylacetaldehyde	25	1.1	15	<0.1	0.6
DMDS	7	0.11	5.6	<0.1	0.8
DMTS	0.18	0.04	2.4	0.2	14
ethyl 2-methylbutyrate	7, 200	0.8	11	<0.1	0.1
ethyl 3-methylbutyrate	18, 200	1.6	24	<0.1	0.2
diethyl succinate	100000	76	11424	<0.1	0.1
ethyl phenylacetate	100	1.5	25	<0.1	0.3

検知閾値: においを感じることができる最低限の濃度

OAV (odor activity value): 濃度 / 閾値

# 古酒の香りに寄与する成分

化合物	においの特徴など
sotolon 	カラメル、カレー様のにおい。 天然物では初めて、貯蔵した清酒より見出された。
3-methylbutanal (isovaleraldehyde)	ナッツ様のにおい。生酒のオフフレーバの原因物質でもある。
DMTS 	硫黄、たくあん漬け様のにおい。 野菜類、ウイスキー、ビールなどからも見出されている。



# 老香？熟成香？

- ◆ 一般的な清酒の貯蔵・流通過程で生じる香りの変化  
→「老香」
- ◆ 意図的に長期間貯蔵した長期熟成酒の香り  
→「熟成香」 とよばれることが多い

## 老香と熟成香は違うもの？

以下の清酒試料を用いて香気成分を比較

- 市販清酒

老香指摘あり(老香清酒).....20点

老香指摘なし(老香なし清酒).....20点

- 市販長期熟成酒(貯蔵期間5年以上)..... 15点

# 熟成香成分濃度およびOAV

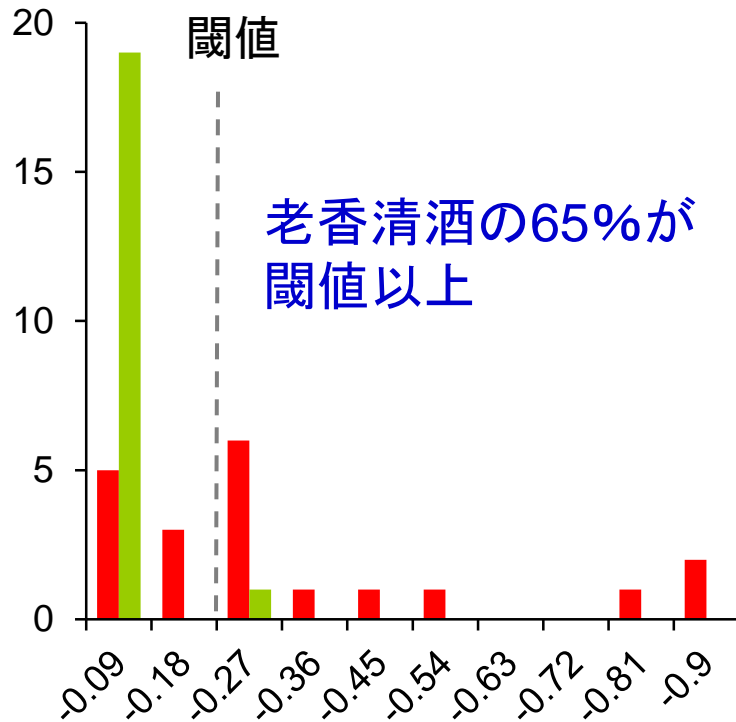
化合物	濃度の平均値 (μg/L)					OAV		
	市販清酒		長期熟成酒			市販清酒		長期熟成酒
	老香なし	老香				老香なし	老香	
2-methylpropanal	13	*1	34	*2	171	<1	<1	<1
2-methylbutanal	7	*1	26	*2	122	<1	<1	<1
3-methylbutanal	75	*1	127	*2	279	~1	~2	~4
benzaldehyde	116		107	*2	331	<1	<1	<1
furfural	175	*1	686	*2	3312	<1	<1	<1
sotolon	0.1	*1	0.5	*2	9.8	<1	~2	~18
ethyl 2-methylpropanoate	5.0	*1	6.5	*2	21	<1	<1	<1
ethyl 3-methylbutyrate	1.0	*1	2.0	*2	10	<1	<1	<1
ethyl lactate	10841		10721	*2	45494	<1	<1	<1
diethyl succinate	138	*1	329	*2	3867	<1	<1	<1
ethyl phenylacetate	2.1	*1	3.6	*2	34	<1	<1	<1
DMDS	0.1	*1	0.8		1.0	<1	<1	<1
DMTS	trace	*1	0.3	*2	1.0	~1	~5	~14

\*1 :老香なし清酒と老香清酒との間に有意差あり(危険率5%)

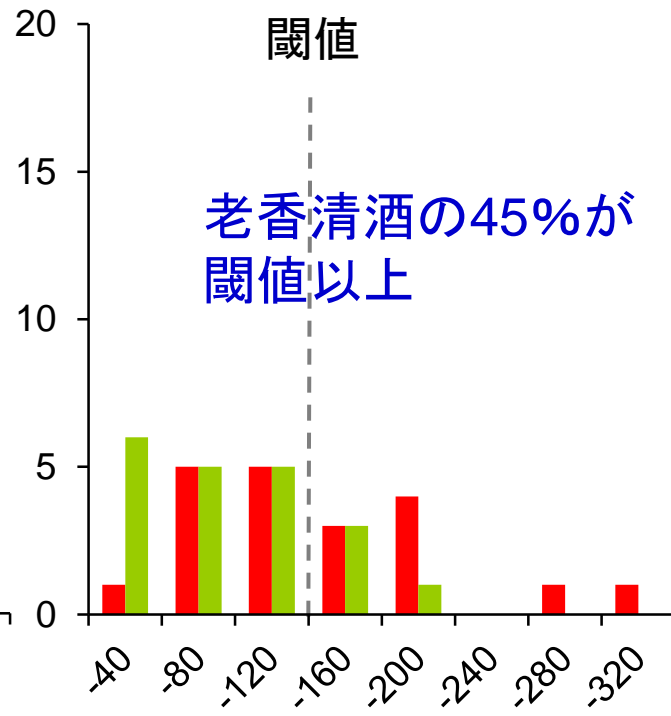
\*2 :老香清酒と長期熟成酒との間に有意差あり(危険率5%)

# 市販清酒中の DMTS, 3-methylbutanal, sotolonの分布

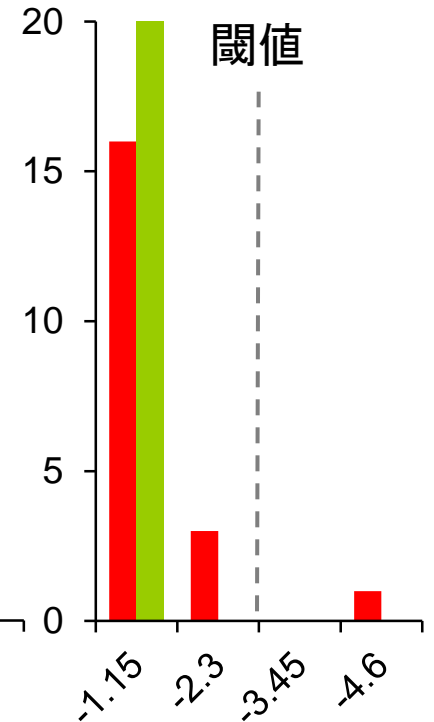
DMTS



3-Methylbutanal



Sotolon



■ : 老香清酒, ■ : 老香なし清酒

濃度 (µg/L)

# 熟成香成分濃度およびOAV

化合物	濃度の平均値 (μg/L)					OAV		
	市販清酒		長期			市販清酒		長期
	老香なし	老香	老香なし	老香	熟成酒	老香なし	老香	熟成酒
2-methylpropanal	13	* <sup>1</sup>	34	* <sup>2</sup>	171	<1	<1	<1
2-methylbutanal	7	* <sup>1</sup>	26	* <sup>2</sup>	122	<1	<1	<1
3-methylbutanal	75	* <sup>1</sup>	127	* <sup>2</sup>	279	~1	~2	~4
benzaldehyde	116		107	* <sup>2</sup>	331	<1	<1	<1
furfural	175	* <sup>1</sup>	686	* <sup>2</sup>	3312	<1	<1	<1
sotolon	0.1	* <sup>1</sup>	<u>0.5</u>	* <sup>2</sup>	<u>9.8</u>	<1	~2	~18
ethyl 2-methylpropanoate	5.0	* <sup>1</sup>	6.5	* <sup>2</sup>	21	<1	<1	<1
ethyl 3-methylbutyrate	1.0	* <sup>1</sup>	2.0	* <sup>2</sup>	10	<1	<1	<1
ethyl lactate	10841		10721	* <sup>2</sup>	45494	<1	<1	<1
diethyl succinate	138	* <sup>1</sup>	329	* <sup>2</sup>	3867	<1	<1	<1
ethyl phenylacetate	2.1	* <sup>1</sup>	3.6	* <sup>2</sup>	34	<1	<1	<1
DMDS	0.1	* <sup>1</sup>	<u>0.8</u>		<u>1.0</u>	<1	<1	<1
DMTS	trace	* <sup>1</sup>	<u>0.3</u>	* <sup>2</sup>	<u>1.0</u>	~1	~5	~14

\*1 :老香なし清酒と老香清酒との間に有意差あり(危険率5%)

\*2 :老香清酒と長期熟成酒との間に有意差あり(危険率5%)

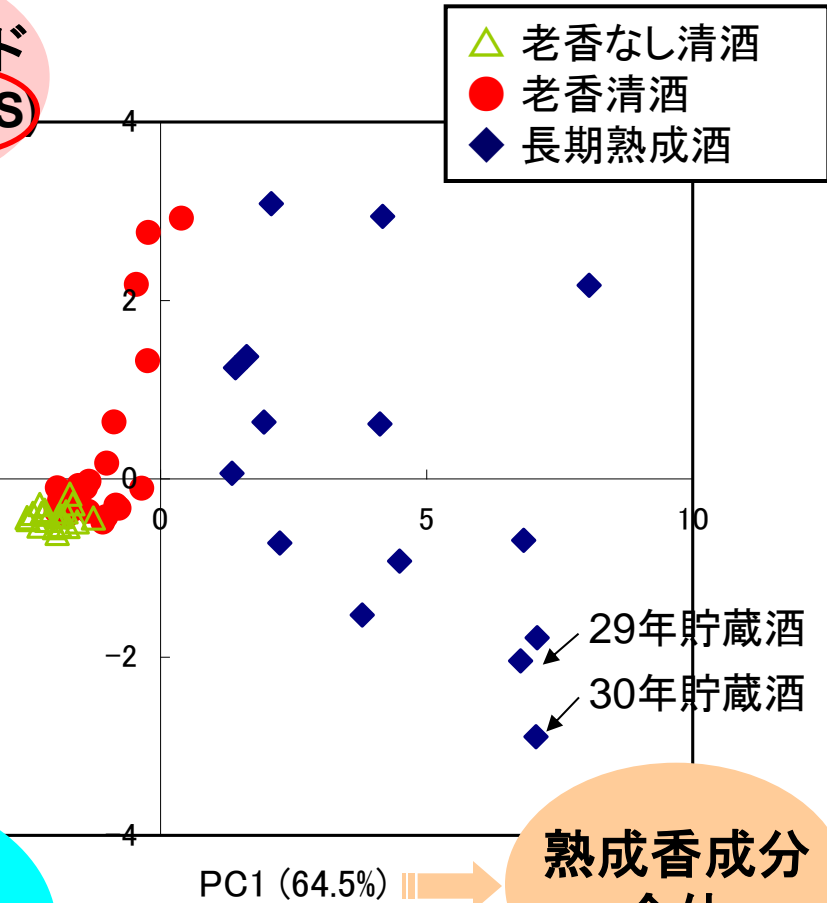
# 熟成香成分による主成分分析

	PC1	PC2
variance (%)	64.5	10.6
factor loading		
DMDS	0.36	0.83
DMTS	0.70	0.59
ethyl 2-methylpropanoate	0.84	0.13
ethyl 3-methylbutyrate	0.92	0.04
ethyl lactate	0.75	0.05
ethyl phenylacetate	0.85	0.18
diethyl succinate	0.94	-0.13
2-methylpropanal	0.92	-0.20
2-methylbutanal	0.95	-0.17
3-methylbutanal	0.86	-0.26
benzaldehyde	0.46	-0.01
furfural	0.91	-0.11
sotolon	0.72	-0.35

ポリスルフィド  
(DMDS, DMTS)

PC2 (10.6%)

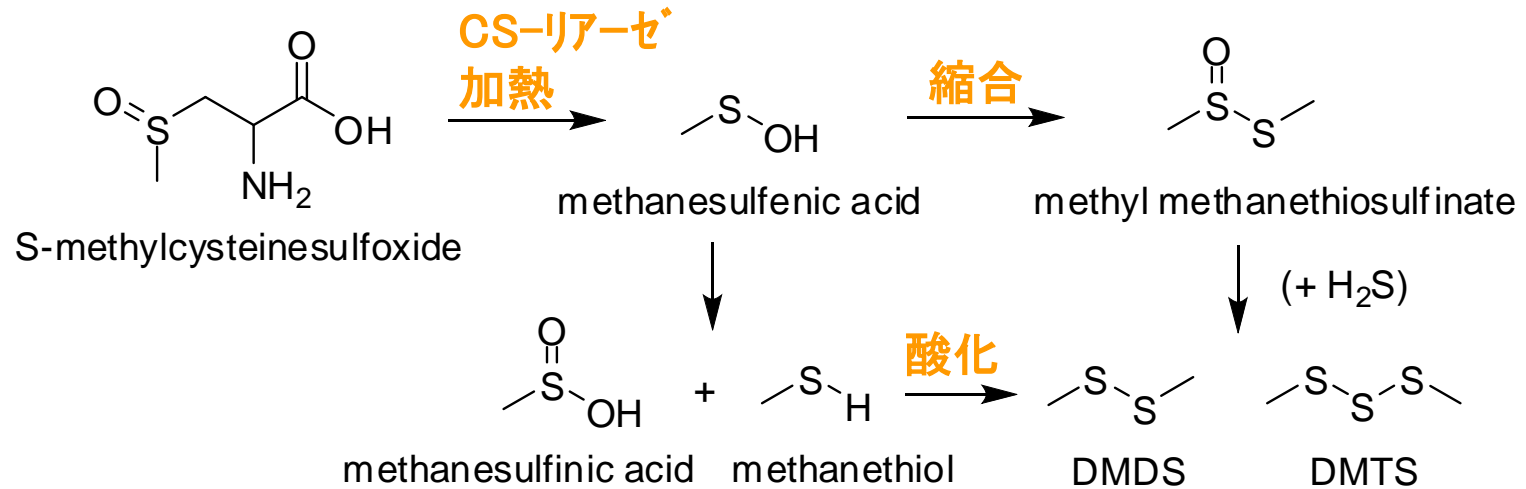
カルボニル  
化合物  
(sotolon etc.)



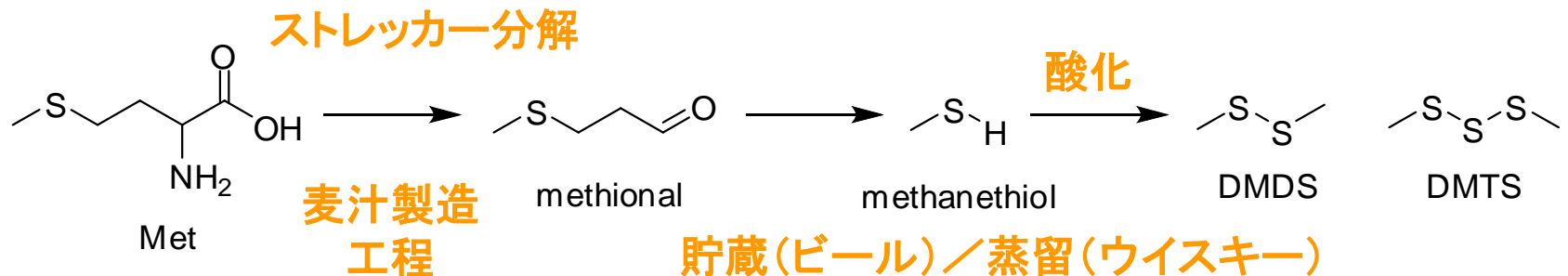
PC1 (64.5%)

# 報告されているDMTS生成機構

## ブロッコリー、タマネギなどの野菜



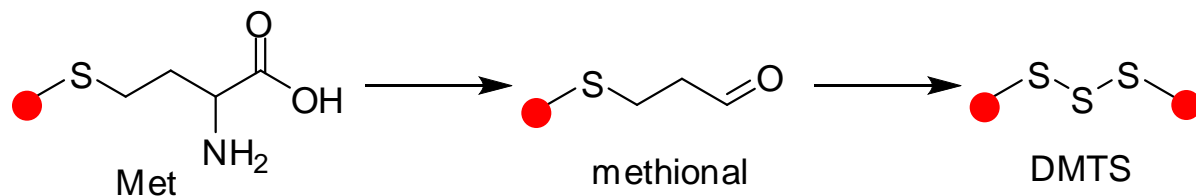
## ビール、ウイスキー



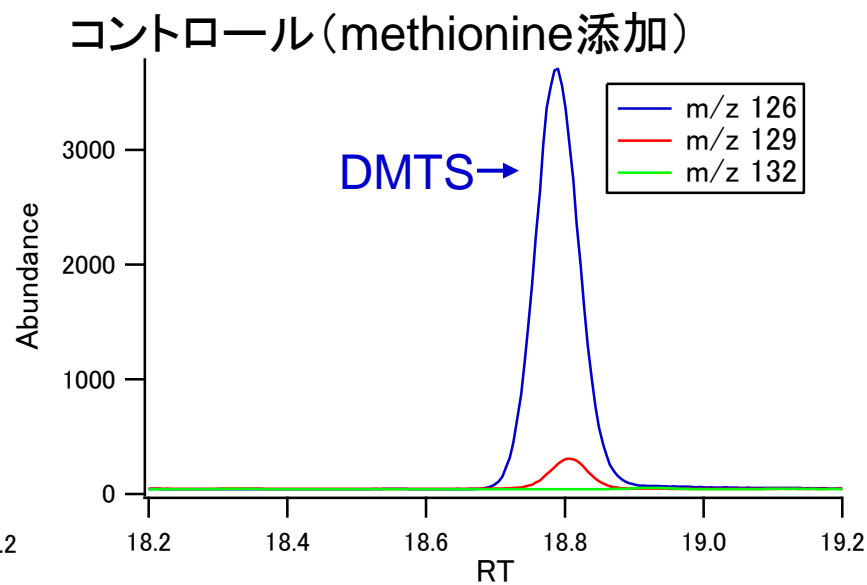
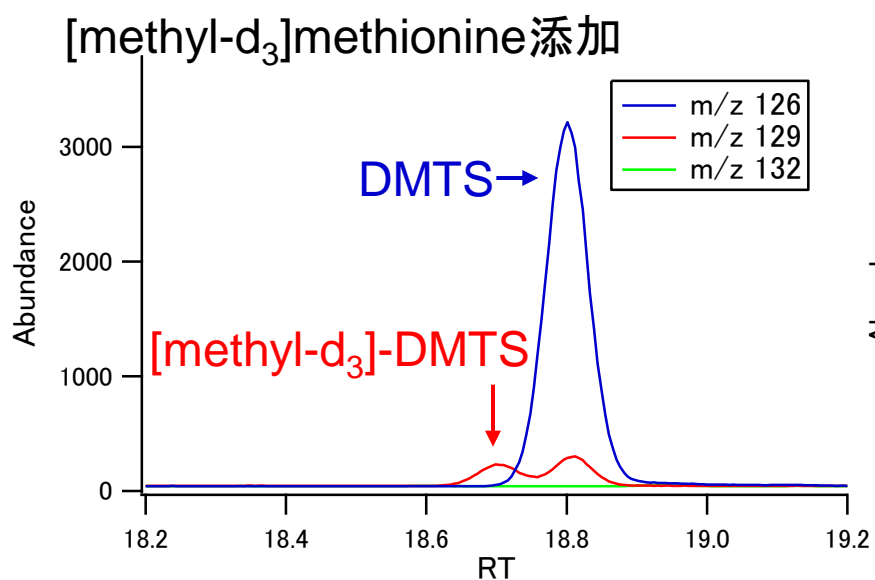


# DMTSの生成に対するMetの寄与は？

清酒中のMetと同濃度の[methyl-d<sub>3</sub>]-methionineを清酒に添加し、貯蔵試験を行った



→MW 126, 129, 132のDMTSが生じる



[methyl-d<sub>3</sub>]-DMTSのエリアは天然のDMTSの10%程度

清酒中のDMTS生成に対するMetのストレッカー分解の寄与は小さい

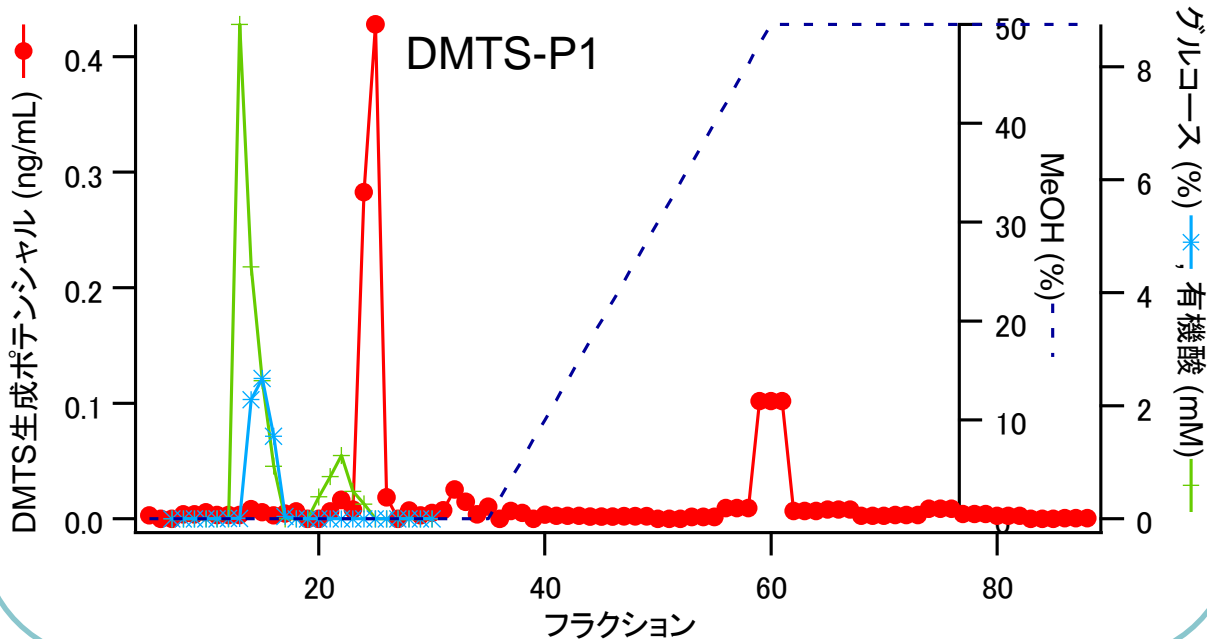
# DMTS前駆物質の探索

清酒を各種カラムで分画

70°Cで1週間貯蔵後DMTSを測定

DMTS生成ポテンシャル:  
清酒1 mLまたは相当量のフラクション  
から生成するDMTS量

逆相カラムによる分画



清酒

陽イオン交換樹脂

非吸着

酸性 / 中性画分

逆相カラム

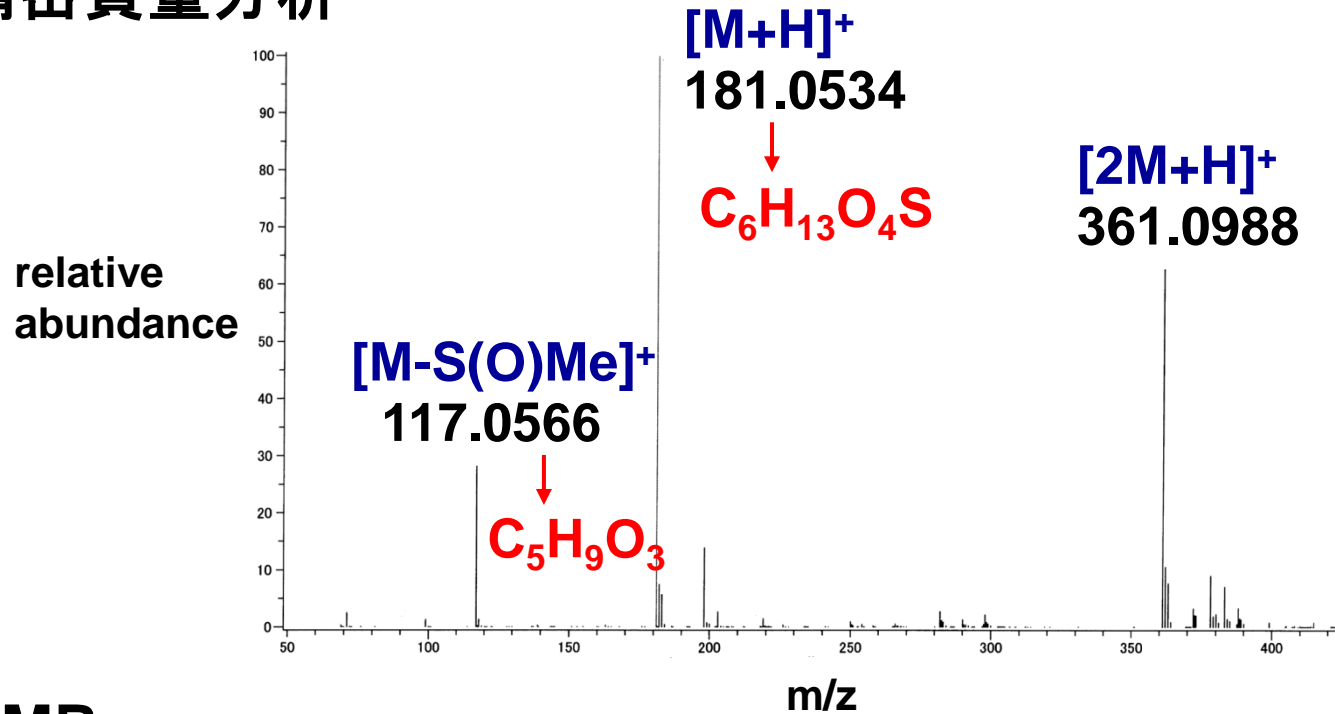
イオン排除カラム

順相カラム

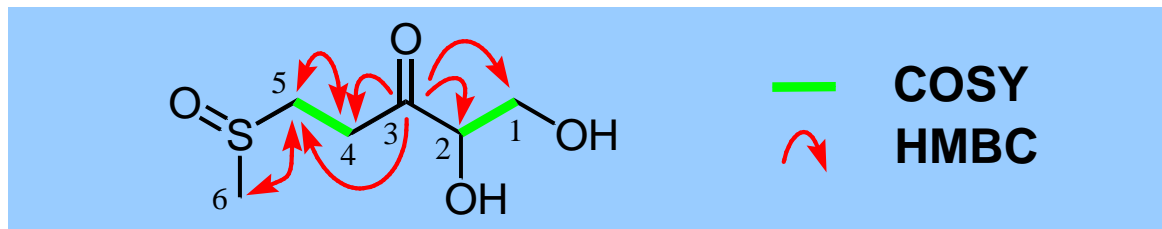
精製DMTS-P1

# DMTS-P1の構造解析

## ● 精密質量分析

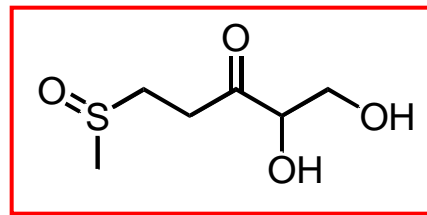


## ● NMR

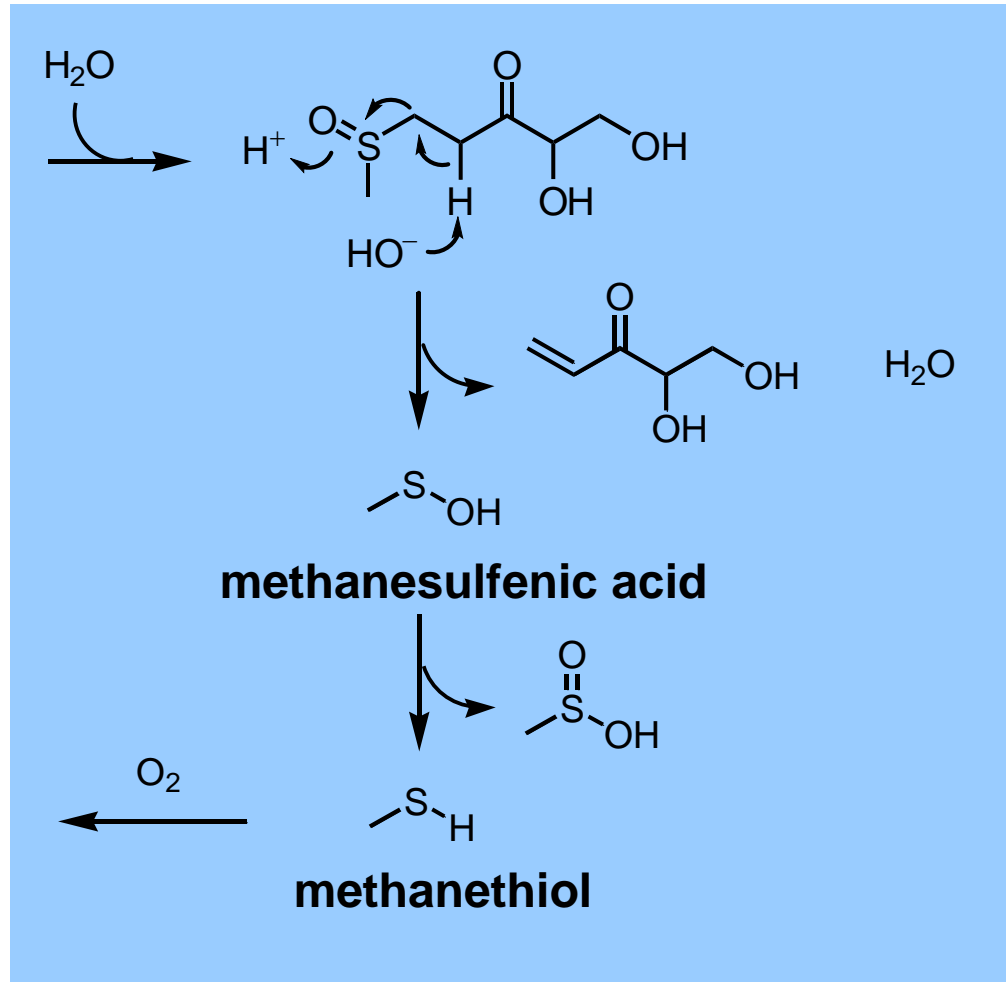
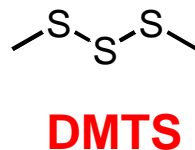
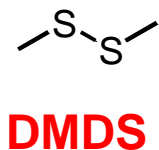


**1,2-dihydroxy-5-(methylsulfinyl)pentan-3-one**

# DMTS-P1からDMDS, DMTSの 推定生成経路

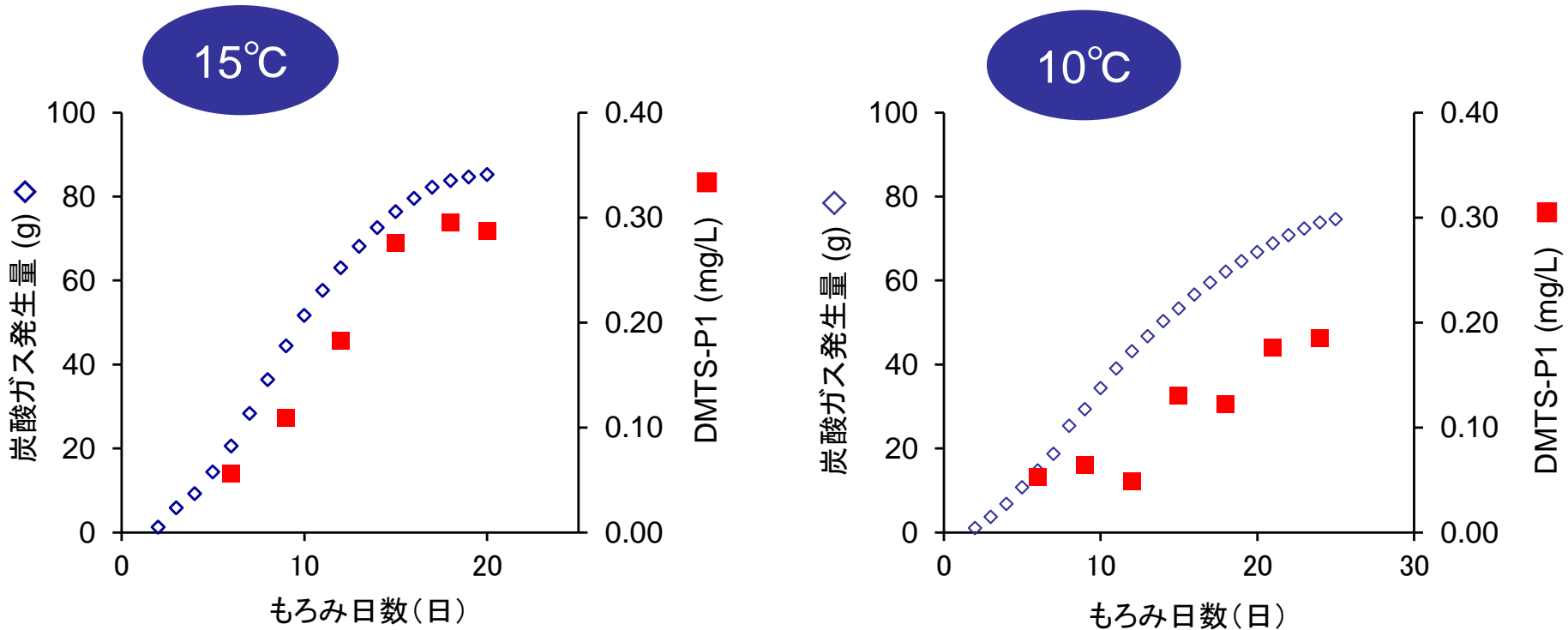


**DMTS-P1**



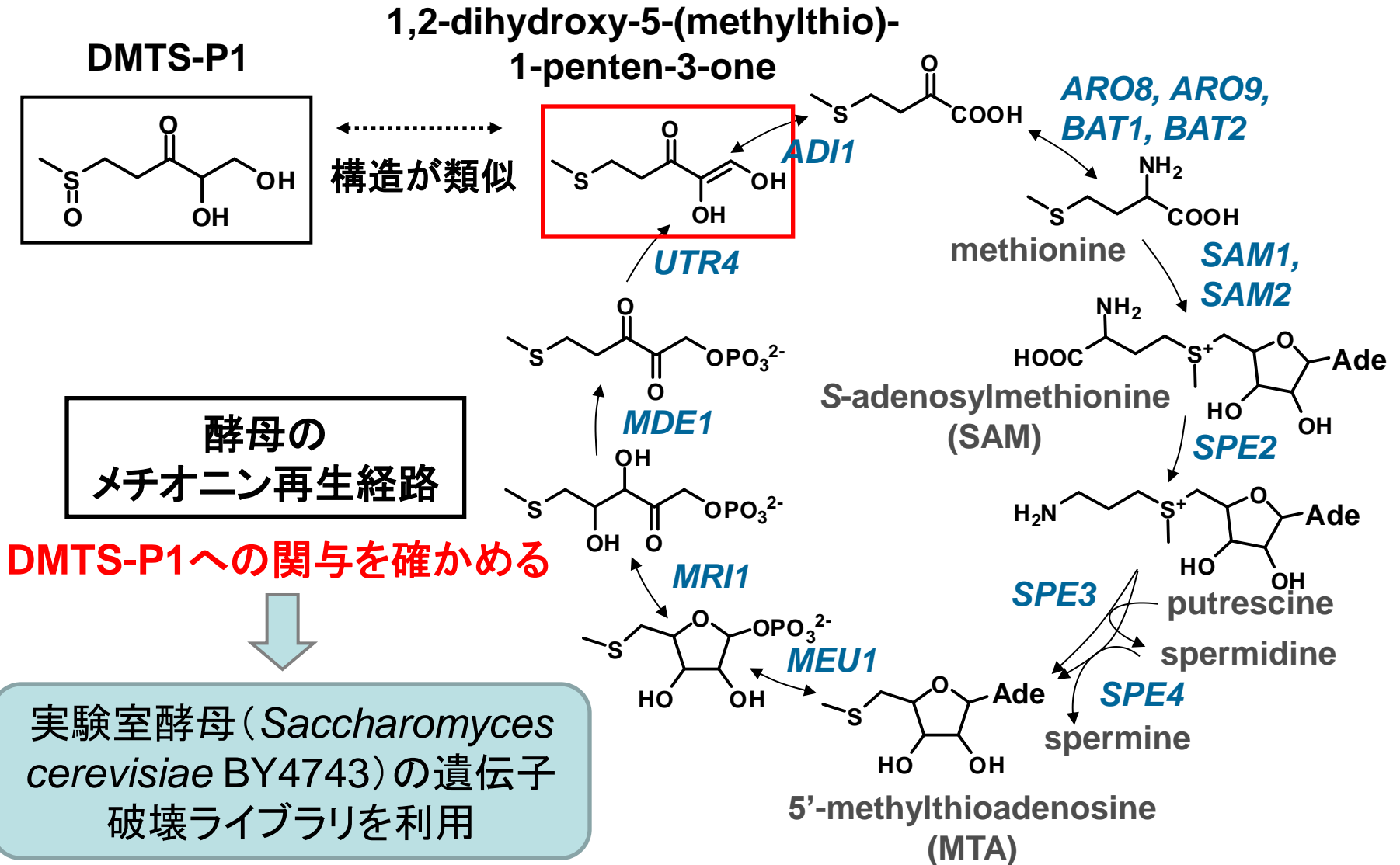
# 発酵中のDMTS-P1の変化

清酒醸造試験を行い、DMTS-P1濃度の変化を調べた



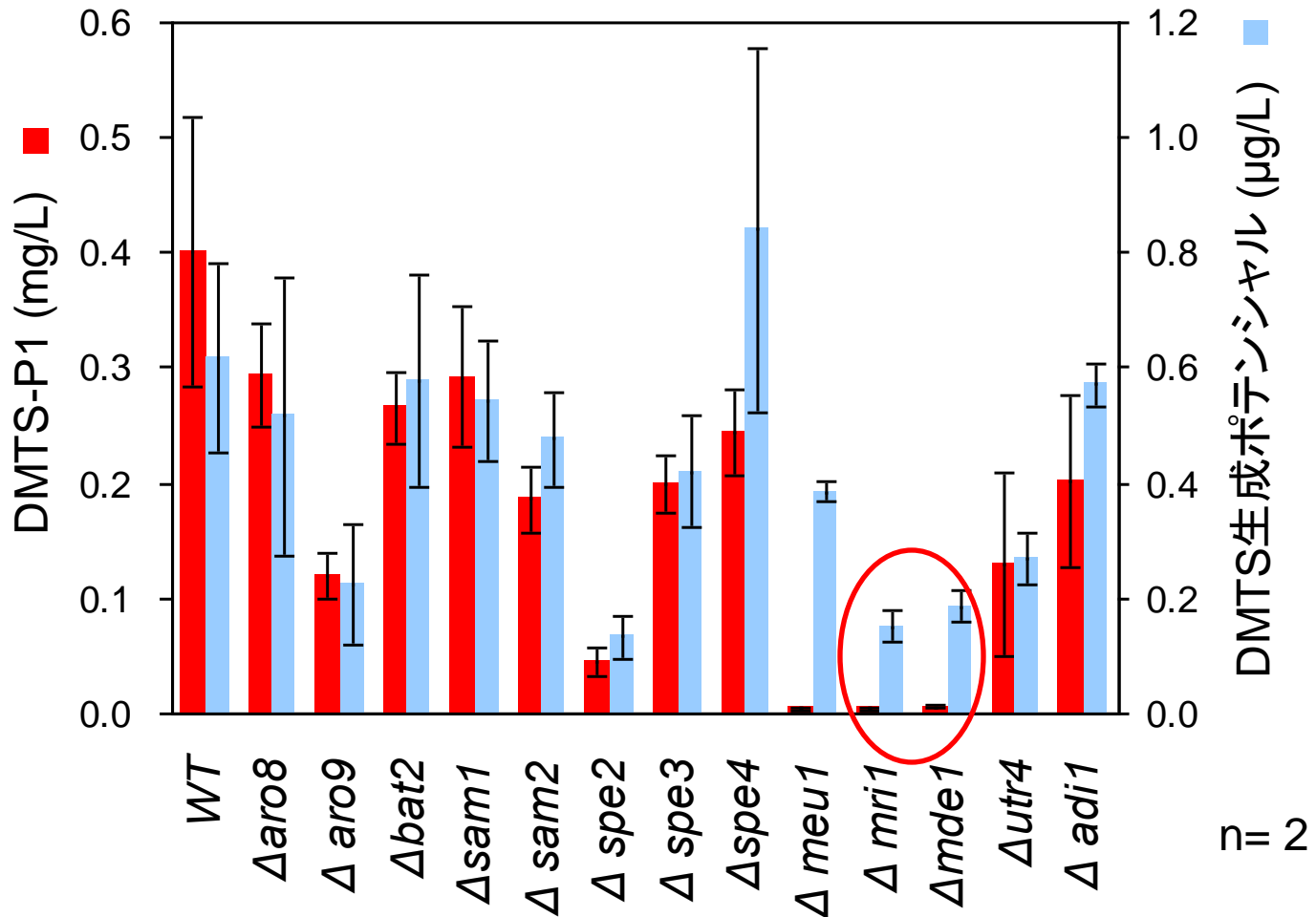
発酵にともなってDMTS-P1が生成→酵母が関与？

# 酵母のメチオニン再生経路とDMTS-P1



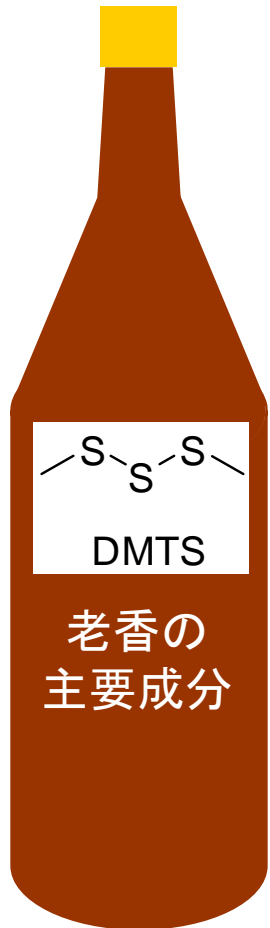


# メチオニン再生経路遺伝子破壊株を用いた 清酒醸造試験

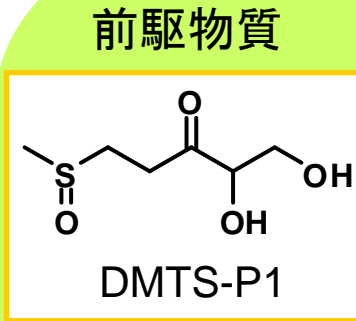


Δmri1, Δmde1破壊株でDMTS-P1, DMTS生成量ともに大きく減少

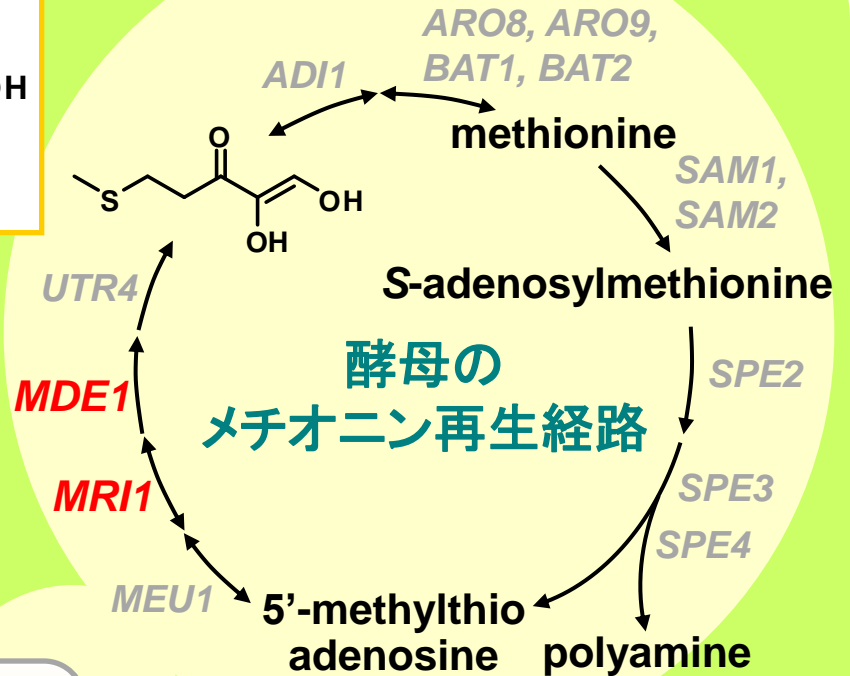
# 清酒のDMTS生成機構



化学変化  
貯蔵・流通過程



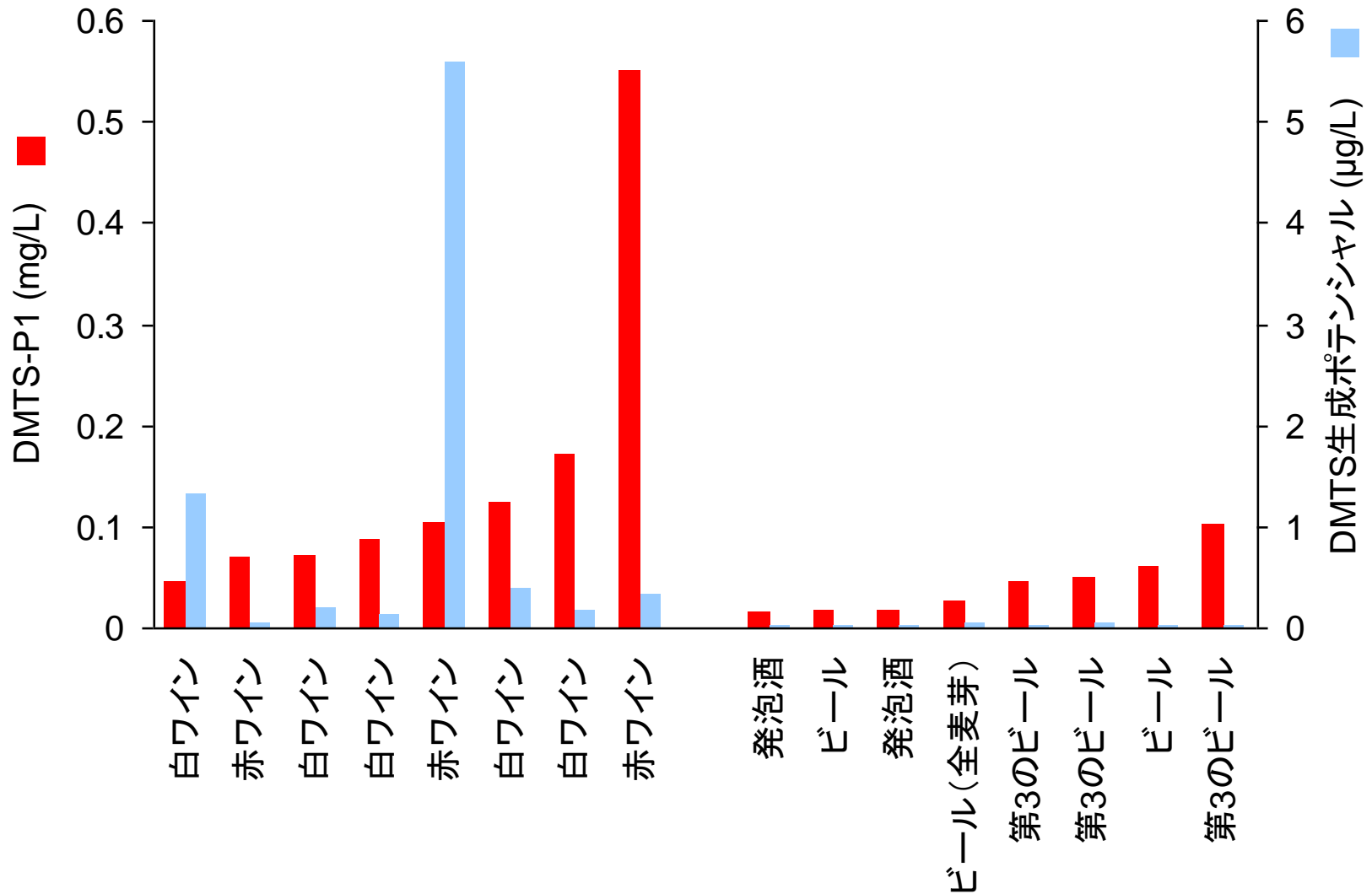
発酵中に生成



現在の取組み  
DMTS前駆物質を生産しにくい  
実用清酒酵母の育種

# 他の醸造酒のDMTS-P1は？

市販ワイン、ビール系飲料のDMTS-P1とDMTS生成ポテンシャルを測定



# 参考文献

1. 宇都宮仁ら:清酒の官能評価分析における香味に関する品質評価余語及び標準見本, 酒類総合研究所報告, **178**, 45-52 (2006)
2. 高橋康次郎:清酒の古酒の香り—老香について—, 醸協, **75**, 463-468 (1980)
3. 磯谷敦子:清酒の熟成に關与する香氣成分, 生物工程, **89**, 720-723, (2011)
4. Wakabayashi, K. et al. : Involvement of methionine salvage pathway genes of *Saccharomyces cerevisiae* in the production of precursor compounds of dimethyl trisulfide (DMTS), J. Biosci. Bioeng., **116**, 475-479 (2013)
5. 磯谷敦子ら:同位体希釈分析法による酒類および発酵液中のDMTS前駆物質の分析, 醸協, **108**, 605-614, (2013)

# 本講演の内容

1. 清酒の熟成に関する成分
2. 清酒の「カビ臭」
3. お酒とシーフードの相性

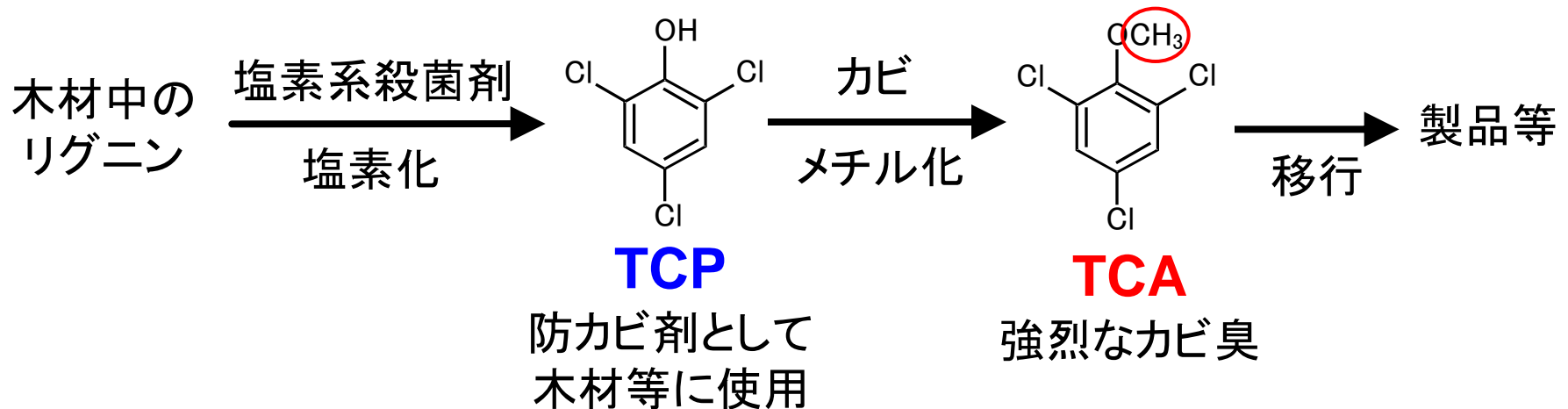
# 食品におけるカビ臭

- 原因物質

2,4,6-trichloroanisole (TCA), 2,4,6-tribromoanisole (TBA),  
geosmin, 2-methylisoborneol

TCA, TBAは特に閾値が低い(数ng/L)

- TCAの生成機構



- ワインではコルク臭とよばれる(コルクのTCAが原因)



# 清酒のカビ臭



- 品質を著しく損なうオフフレーバー  
(麴本来の香りとは異なる)
- 吟醸酒や純米酒等の高級酒で多く発生する
- 同じ製造場で何年も続いて発生することが多い
- 麴菌がTCAを生成する  
(池澤：栃木県工業指導所研究報告(2000))

# 清酒中のTCA・TCPの定量

## SBSE (Stir Bar Sorptive Extraction) 法

清酒 10 ml (アルコール 10%に調整)



Twisterを攪拌 (RT, 1時間, 800 rpm)



加熱脱着システム (Gerstel社 TDSA)



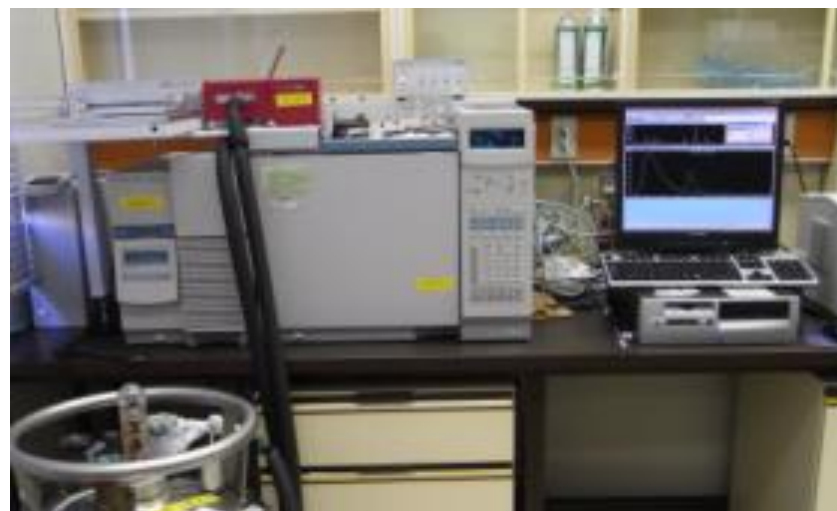
GC-MS分析 (Agilent社 6890/5973)



Twister (Gerstel社)

攪拌子に

Polydimethyl Siloxane  
をコーティングしたもの



# TCA濃度とカビ臭強度

## 全国新酒鑑評会出品酒 のTCA濃度

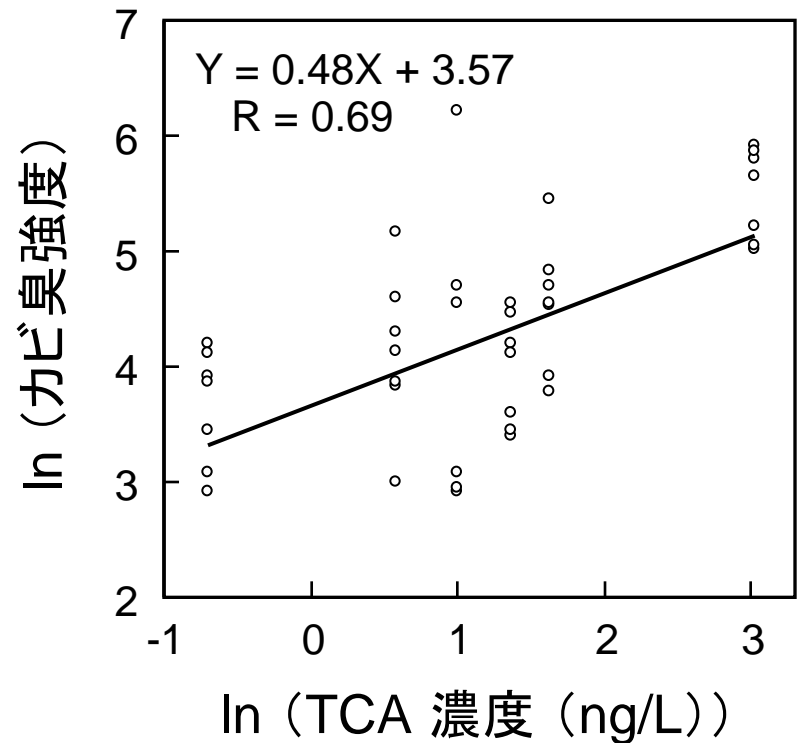
TCA濃度 (ng/L)	点数
0.0 ~ 0.6	2
0.7 ~ 1.7	3
1.8 ~ 9.9	10
10.0 ~ 99.9	1
100.0 ~	1

12点が  
閾値を  
超えた

### 【試料】

全国新酒鑑評会出品酒1065点のうち、審査員3名以上からカビ臭の指摘を受けた酒17点

## TCA濃度とカビ臭強度の関係 (マグニチュード評価法)

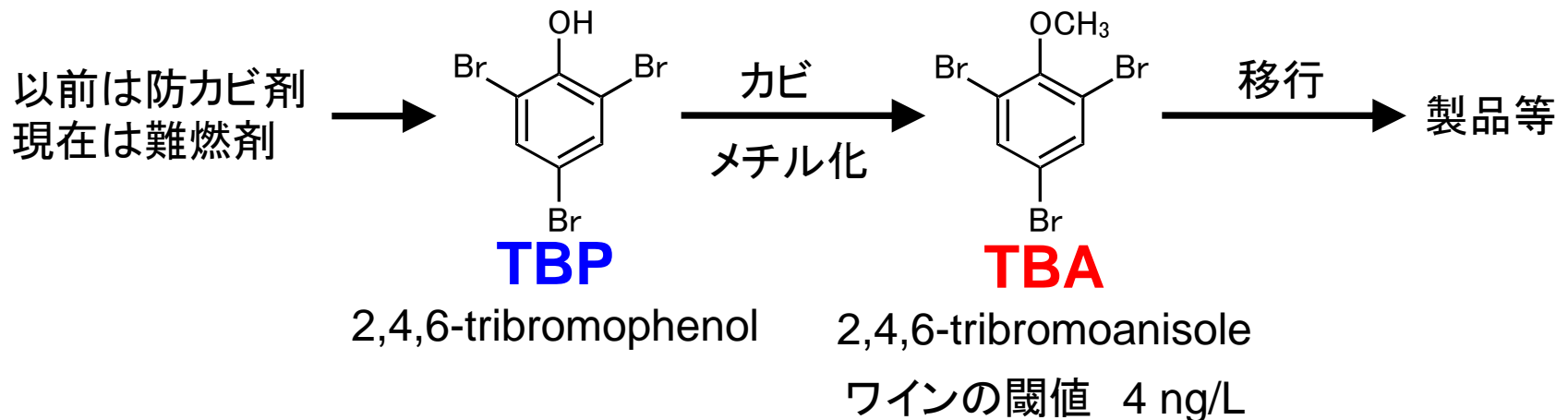


TCAがカビ臭の原因物質

# TBAが原因の場合も

全国新酒鑑評会の出品酒のカビ臭分析の結果

開催年	2007	2008	2009	2010	2011	2012
出品数	981	957	920	895	875	876
TCAが閾値以上の数	60	48	31	37	19	33
TBAが閾値以上の数	1	2	0	0	2	3



# 木製パレットからのTCA汚染

製造場1: 清酒から11.1ng/LのTCAを検出



← 木製パレット  
800 ng/g のTCA

日 数	0	2	4	6	8	11
TCA (ng/L)	0.0	0.3	3.6	6.8	9.2	11.0

TCAは昇華性が高く、汚染しやすい

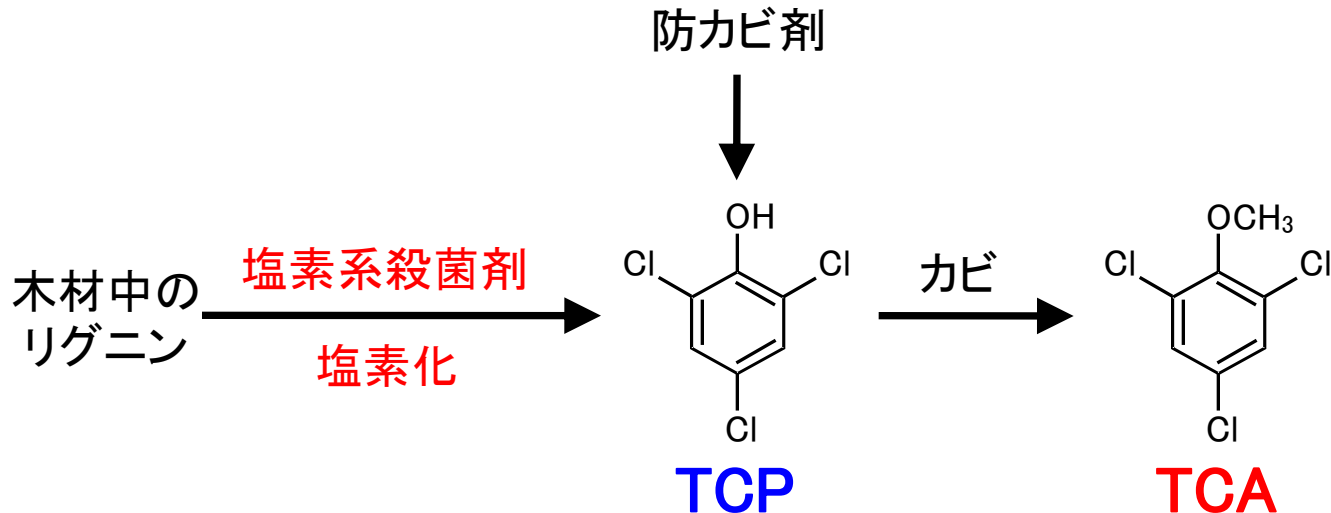
# 木材における殺菌剤によるTCP生成

スギ材 1 g当たりのTCP生成量(含有量) ng

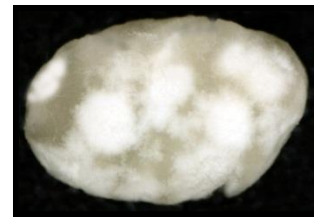
浸漬前	オスバン 10分間	オスバン 20分間	次亜塩素酸 10分間	次亜塩素酸 20分間
17	17	28	1059	1309

## 【方法】

オスバン(10w/v%塩化ベンザルコニウム液)は50倍に、  
12%次亜塩素酸ナトリウム液は100倍に希釈し、スギ材を浸漬した。



# 製麴中のTCA汚染



## 製造場2: 清酒と麴からTCAを検出

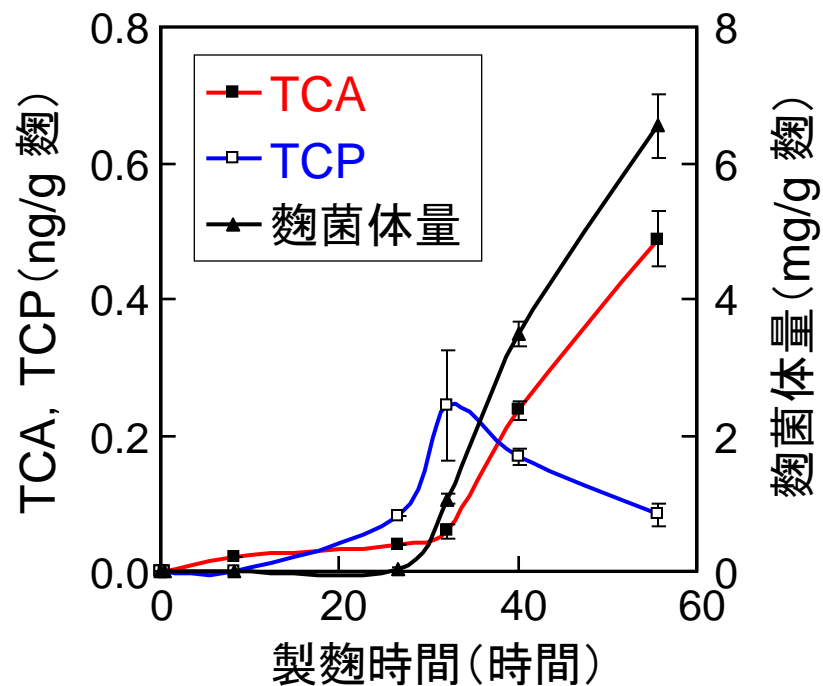
	清酒 (ng/L)	麴 (ng/g 麴)	計算値* (ng/L)
製造場 1	11.1	0.02	1.5
製造場 2	9.1	0.38	28.2
製造場 3 (対照)	不検出	0.02	1.5

\* 麴に含まれるTCAの全量が清酒に移行した場合の濃度

### 【分析方法】

- ① 麴 1 g に純水 8 ml とエタノール 1 ml を添加
- ② 5°Cで24時間放置
- ③ Twisterを攪拌(以後、清酒と同様)

## 製麴工程でのTCA・TCP量及び 麴菌体量の変化(製造場 2)



麴箱

TCA 15.4 ng/g

TCP 234.7 ng/g

# 麹菌によるTCPからTCAへのメチル化確認試験



【麹菌】市販種麹 4社11種(清酒用10種、しょうちゅう用1種)

【製麹法】シャーレ法

α米(70%精米)10g



ガラスシャーレで乾熱滅菌



麹菌の孢子とTCPを添加

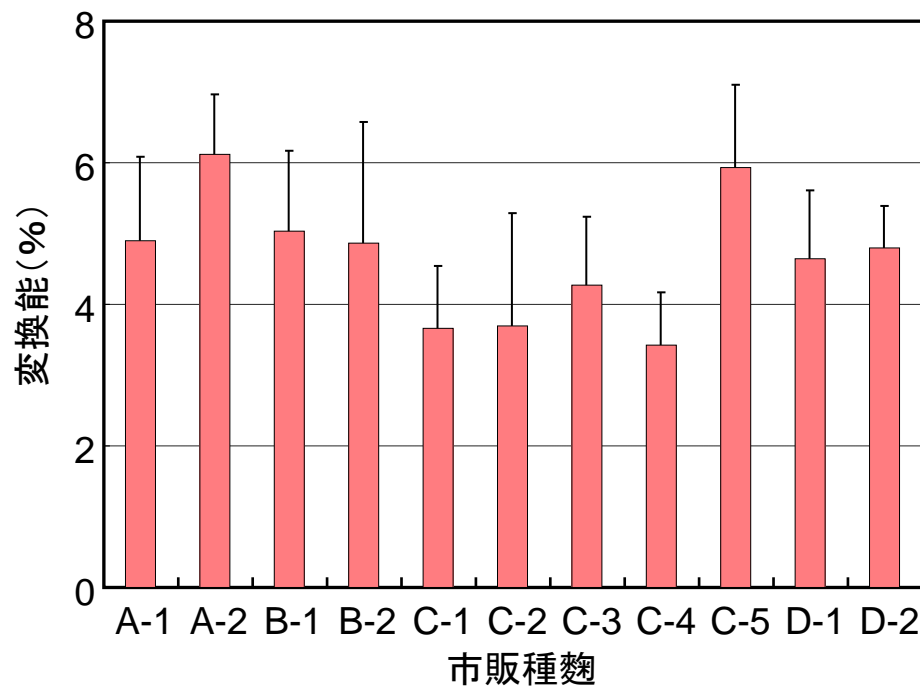
孢子数:  $5 \times 10^5$ /g α米

TCP濃度: 10 ng/g α米



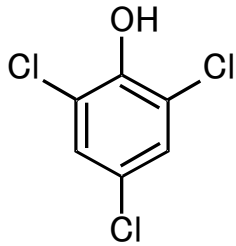
35°C, 相対湿度80%, 44時間製麹

各種種麹のTCPからTCAへの変換能(%)



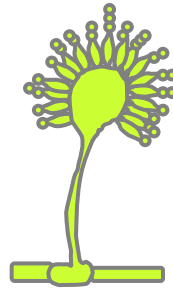


# 製麴工程でのTCA生成

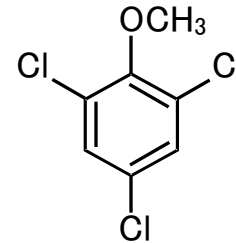


**TCP**

木製品(麴箱、麴蓋など)から蒸米へ移行



麴菌

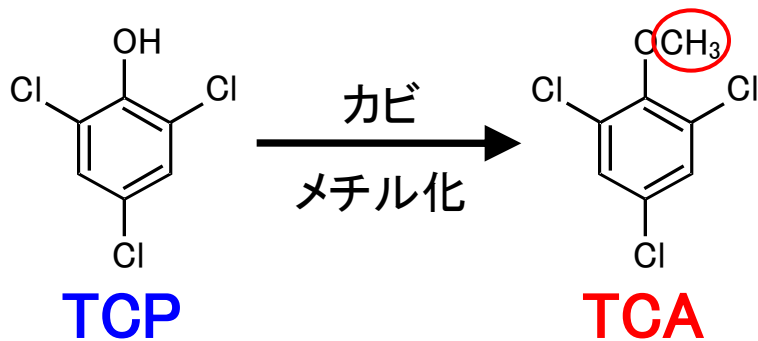


**TCA**



麴のTCA汚染

# カビ臭の生成に関与する 麴菌のメチル基転移酵素遺伝子の探索

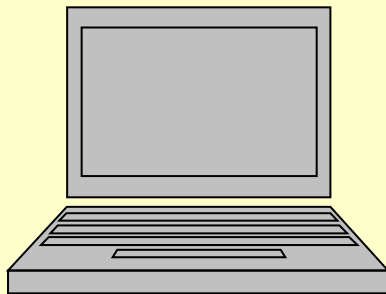


## ワイン

コルク栓に生えるカビの一種  
*Trichoderma longibrachiatum*  
S-アデノシルメチオニンをメチル基供  
与体とするクロロフェノール O-メチルト  
ランスフェラーゼ

## 麴菌の酵素は？

麴菌ゲノムデータベース  
(<http://nribf21.nrib.go.jp/CFGD/>)

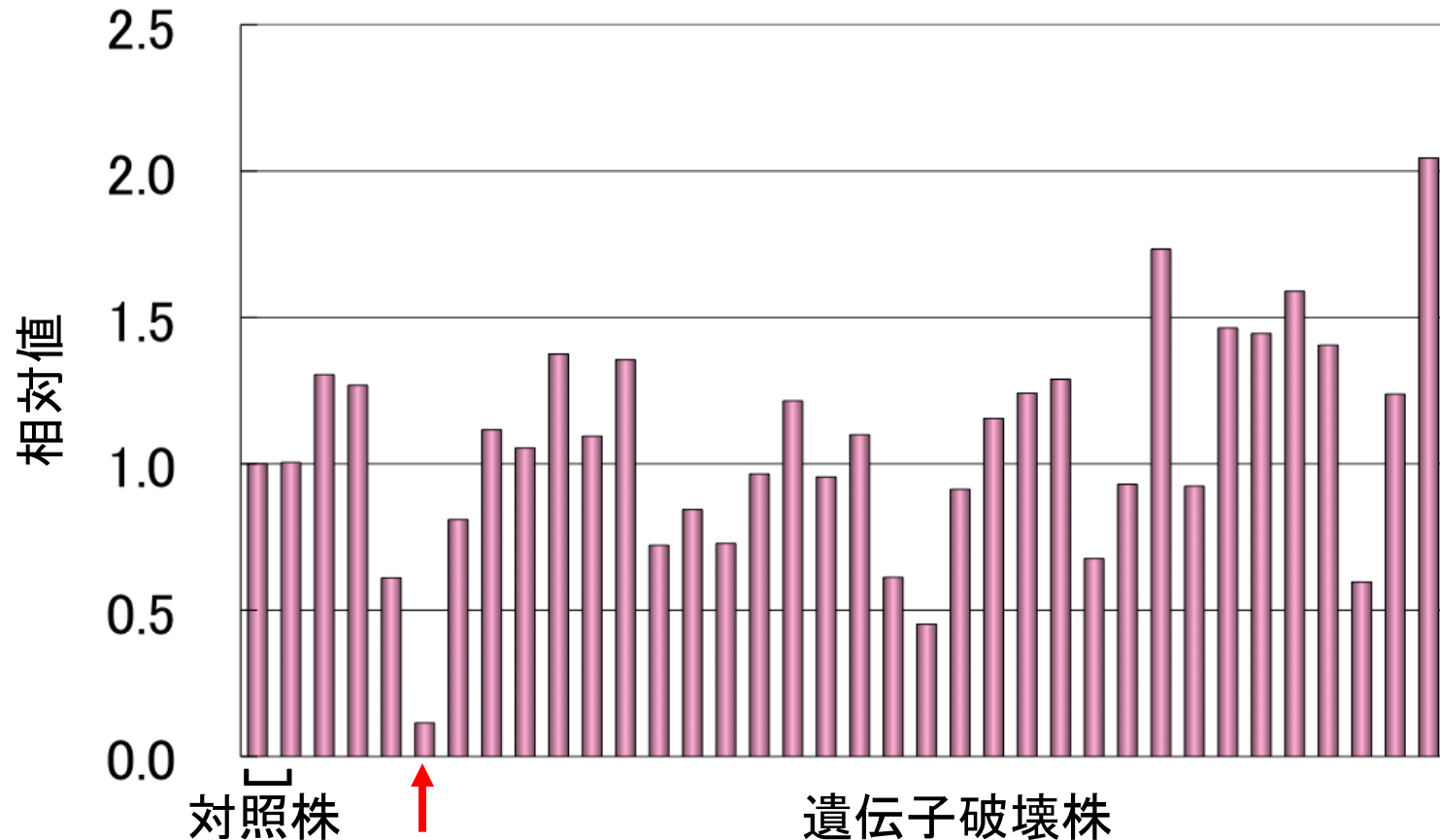


メチル基転位酵素遺伝子の抽出  
(76遺伝子)



破壊株を作成し(34遺伝子)、  
TCP→TCAの変換能を調べる

# 遺伝子破壊株を使用した 米麴におけるTCAの生成量



AO080521000231はTCA生成に強く関与

TCPのTCAへの変換に関与する主要なO-メチルトランスフェラーゼをコードしている

# 参考文献

1. Miki, A. et al. : Identification of 2,4,6-trichloroanisole (TCA) causing a musty/muddy off-flavor in sake and its production in rice koji and *moromi* mash, J. Biosci. Bioeng., **100**, 178-183 (2005)
2. 岩田博ら:全国新酒鑑評会出品酒におけるカビ臭汚染 (TCA、TBA)の状況, 醸協, **104**, 777-786 (2009)
3. 遠藤路子ら:カビ臭の生成に関与する麹菌のメチル基転移酵素遺伝子の探索, 醸協, **106**, 556-561 (2011)

# 本講演の内容

1. 清酒の熟成に關与する成分

2. 清酒の「カビ臭」

3. お酒とシーフードの相性

Fujita, A. *et al.* : Effect of sulfur dioxide on formation of fishy off-odor and undesirable taste in wine consumed with seafood, *J. Agric. Food Chem.*, 58, 4414-4420 (2010)

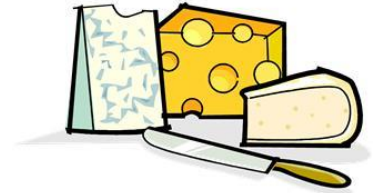
# 相性が良い、悪いとは？



同時飲食時の食品の香味の変化(サントリー)

## 「相性が良い」

- 旨味、甘味、風味、こく、などが増加する
- すっきりする



## 「相性が悪い」

- 生臭い香り、苦味、渋味が増加する
- 嫌な味が残る
- すっきりしない
- えぐ味がでる



# 清酒は和食に合う



&

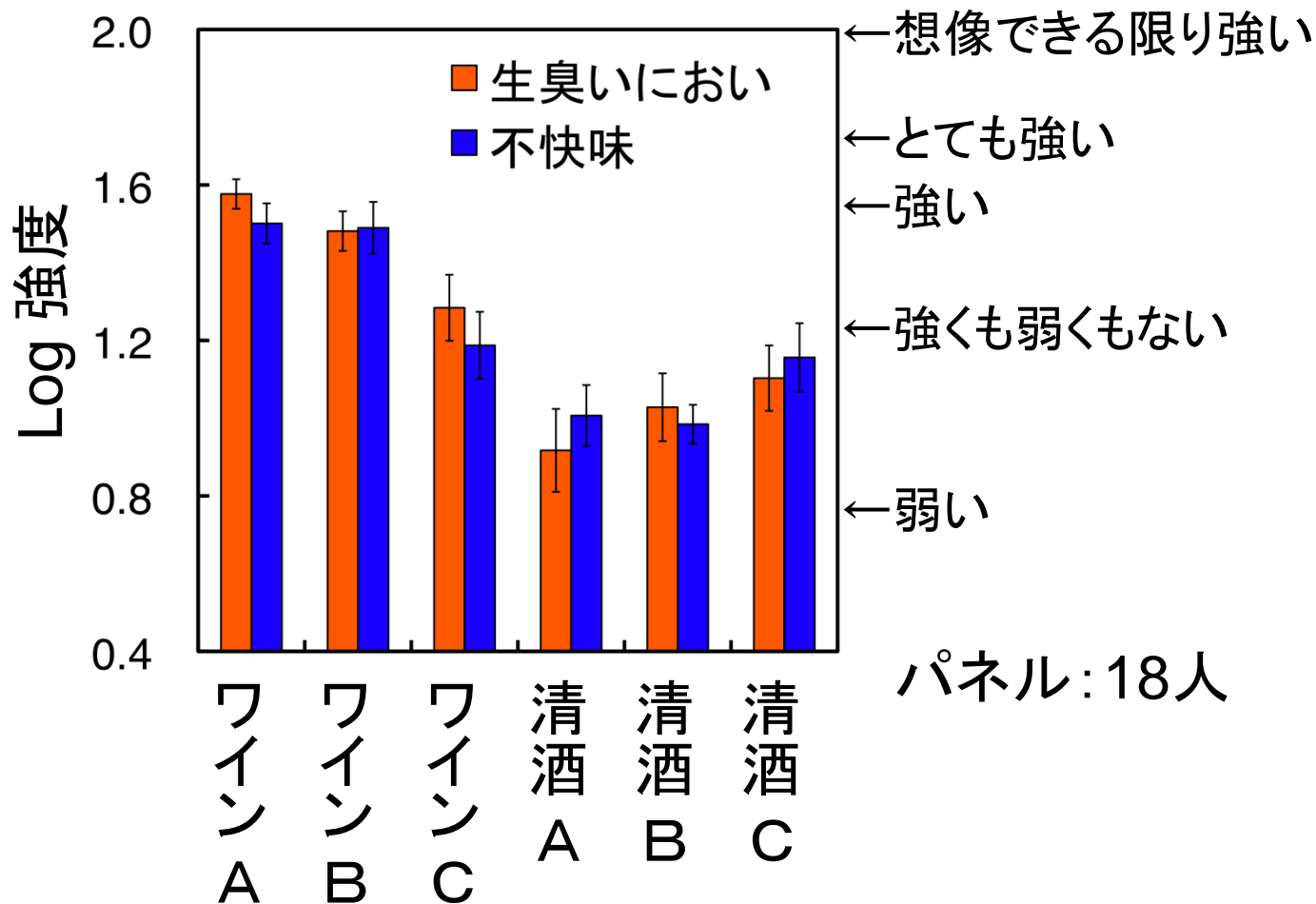


- 和食の材料やだしには魚介類が用いられることが多い。
- 1人当たり1年間の魚介類消費量  
日本 61 kg, 世界平均 17 kg

(2007年のFAOの統計)

# するめ & お酒の官能評価

“するめ”を噛みながらお酒を口に含み、不快味と生臭いにおいの強度を評価



ワインのほうが清酒よりも不快なにおいや味を強く感じる



# 魚介類の生臭さの原因

- 揮発性アミン類(トリメチルアミン等)

トリメチルアミンは、魚肉中に存在するトリメチルアミンオキシドが鮮度の低下とともに微生物の作用によって還元されて生成する。においてはアルカリ性で強く、中性～酸性では検出されない。

- 揮発性カルボニル化合物(アルデヒド、ケトン等)

脂質の劣化で生じる。

魚介類の脂質はドコサヘキサエン酸(DHA)やエイコサペンタエン酸(EPA)などの多価不飽和脂肪酸を多く含むため、酸化しやすい。

“するめ”に含まれる多価不飽和脂肪酸 + ワイン

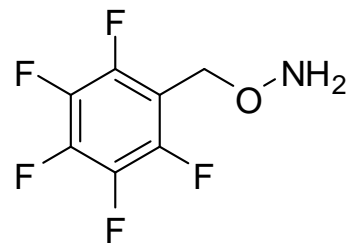
酸化等 ↓

不快味、生臭いにおい が生成？

# Solid Phase Micro Extraction (SPME) によるアルデヒドの分析

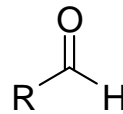


試料のヘッドスペースのカルボニル化合物をSPMEファイバー上で  
O-(2,3,4,5,6-pentafluorobenzyl)hydroxylamine (PFBOA) 誘導体化  
(Vesely, P. *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6941-6944, 2003)

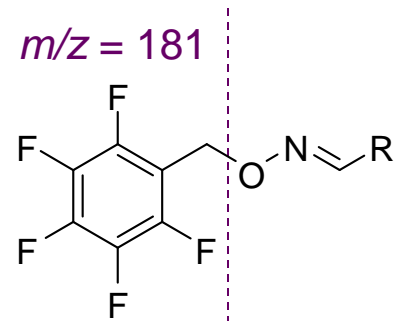


PFBOA

+

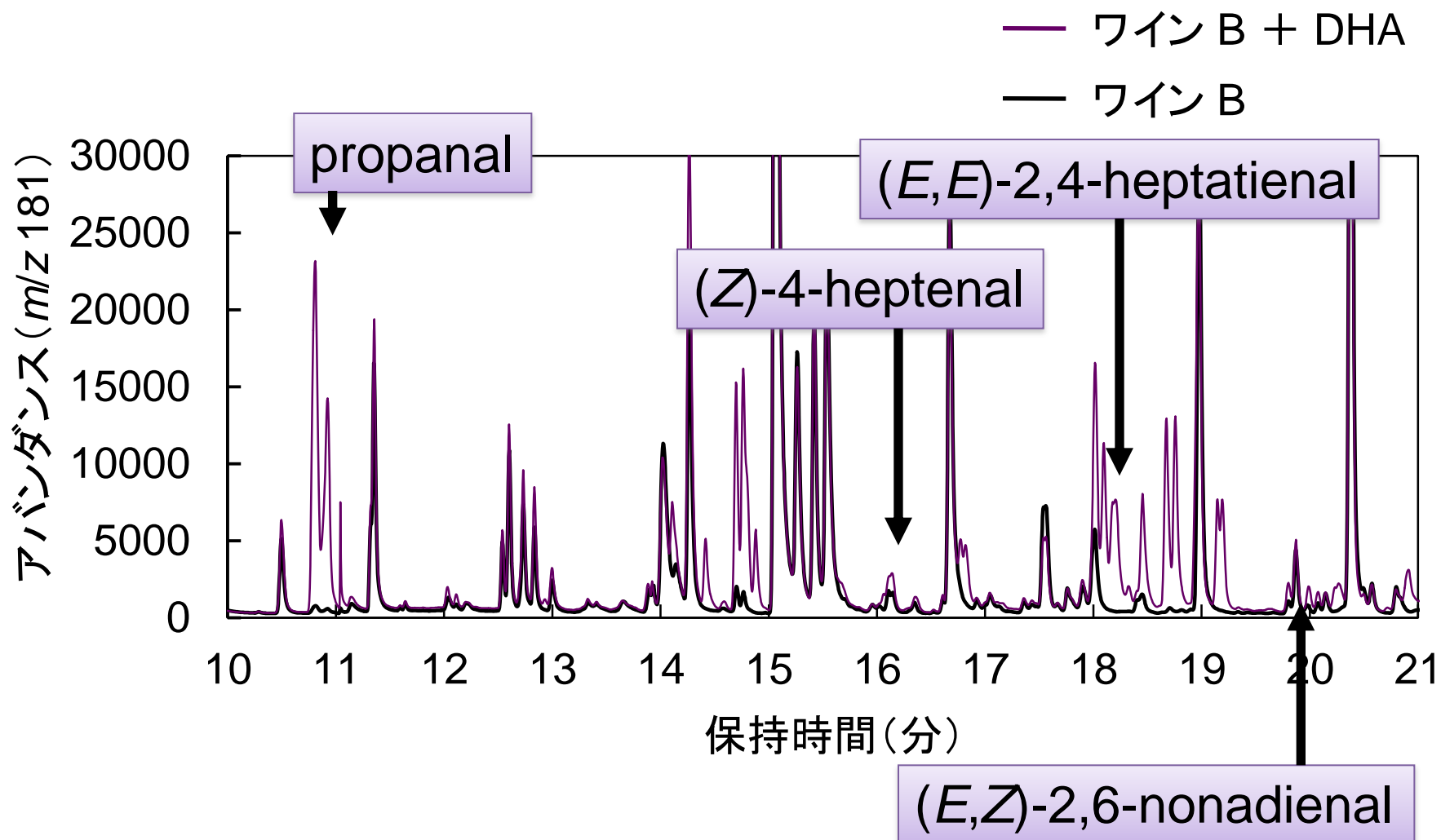


アルデヒド



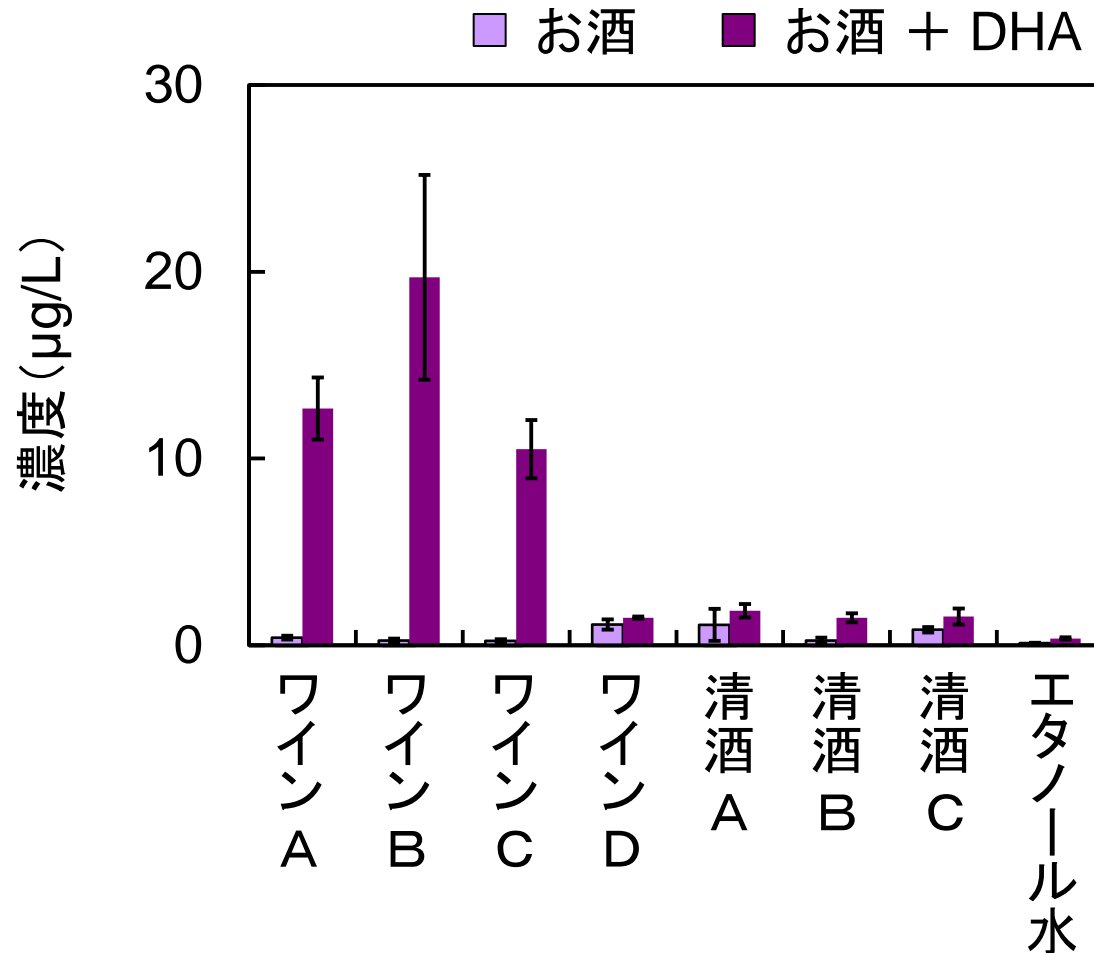
PFBOA誘導体

# DHA添加によるにおい成分の変化 (GC-MS)

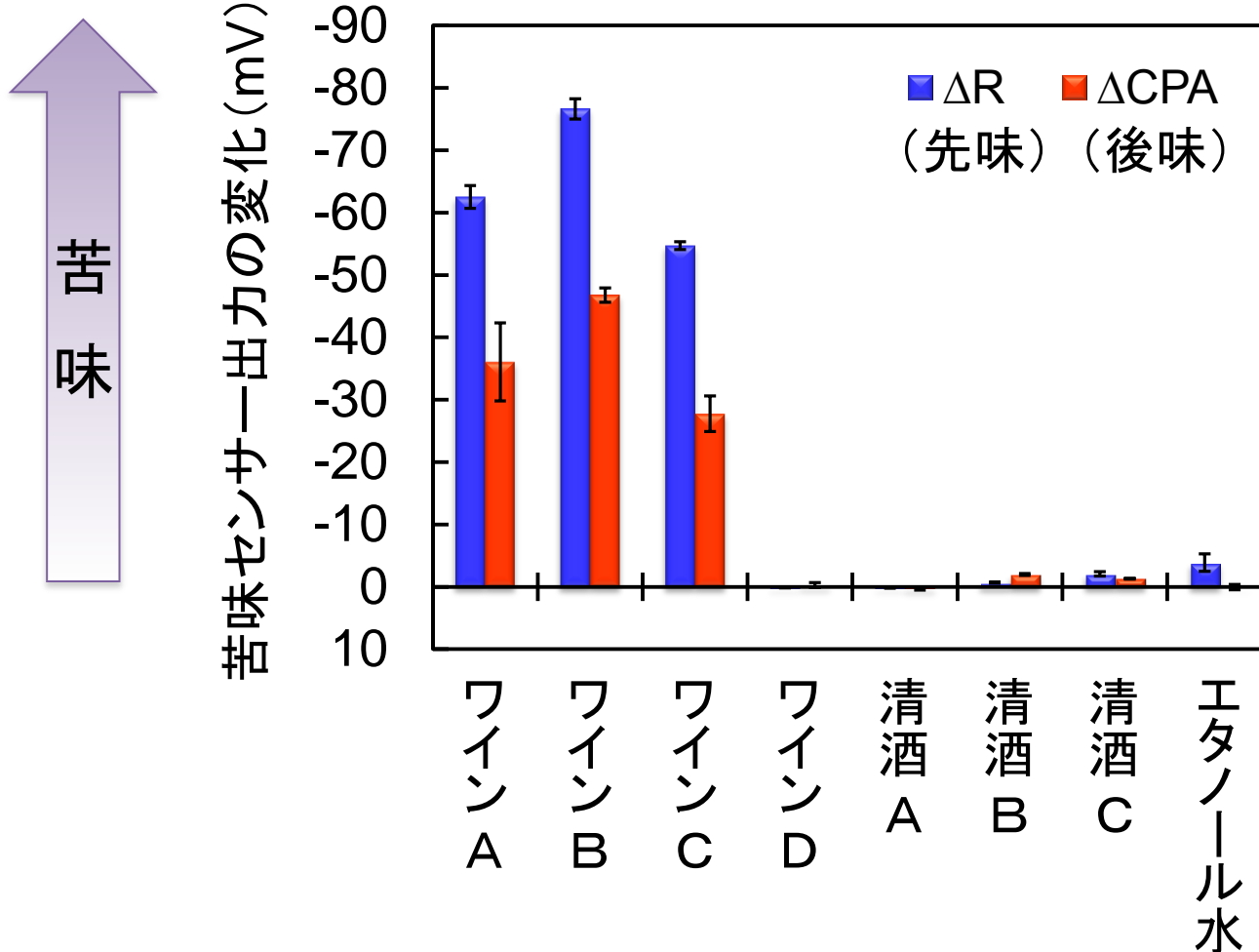


# DHA添加によるアルデヒド濃度の変化

(*E,E*)-2,4-heptadienal



# DHA添加による味の変化 (味覚センサー)



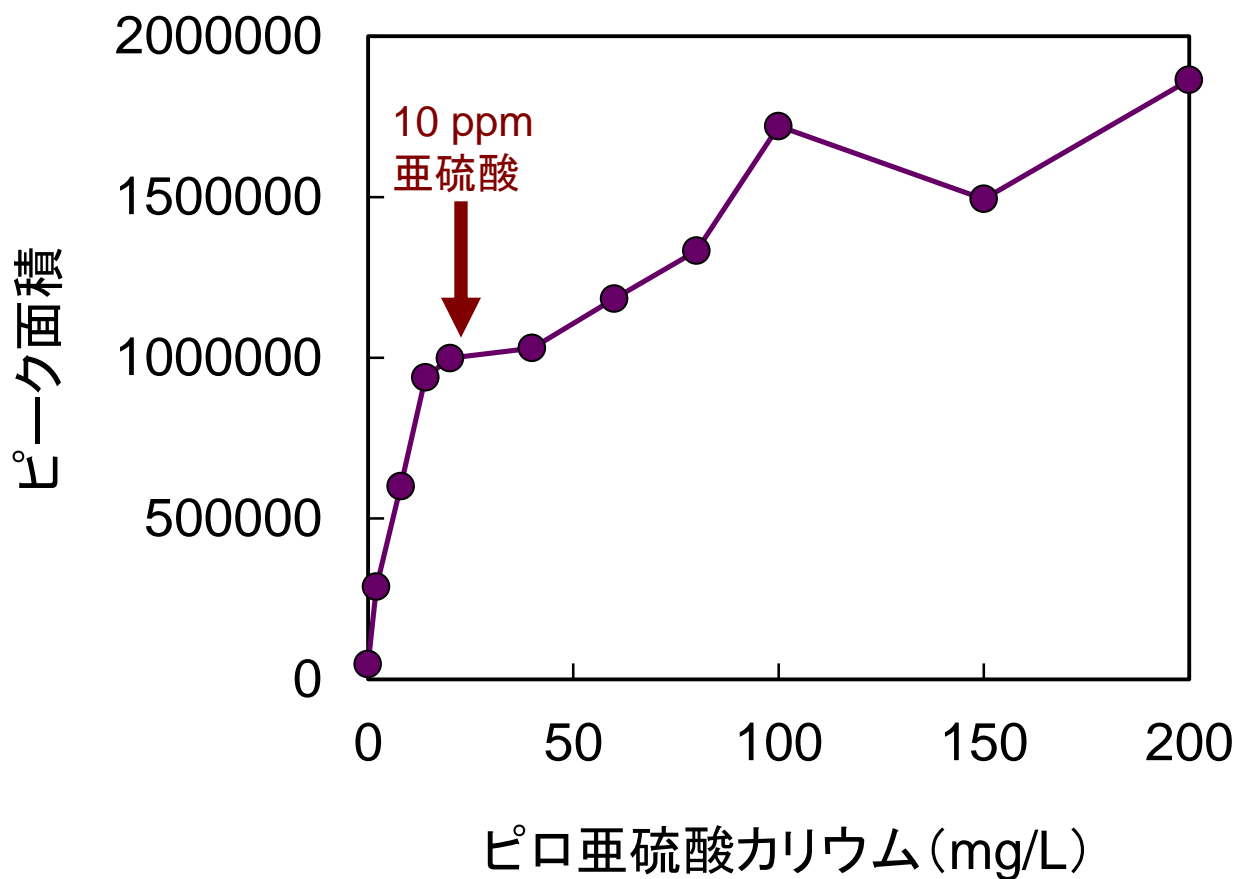
# ワイン成分の影響

清酒Bに添加した成分	添加濃度 (mg/L)	アルデヒド生成	苦味センサー出力の変化	
			$\Delta R$ (mV)	$\Delta CPA$ (mV)
リン酸	666	—	-1 ± 0	-2 ± 1
クエン酸	109	—	-1 ± 0	-1 ± 1
リンゴ酸	900	—	-1 ± 0	-1 ± 1
コハク酸	232	—	-1 ± 0	-1 ± 0
酢酸	70	—	-11 ± 1	-11 ± 1
酒石酸	1320	—	-1 ± 0	0 ± 1
鉄(FeCl <sub>2</sub> )	3	—	-1 ± 1	-3 ± 2
鉄(FeCl <sub>3</sub> )	3	—	-1 ± 0	-1 ± 0
マグネシウム(MgCl <sub>2</sub> )	50	—	-1 ± 0	-1 ± 0
(+)-カテキン	30	—	-1 ± 0	-2 ± 1
ピロ亜硫酸カリウム	200	+	-75 ± 2	-32 ± 3
塩酸	pH 3.1まで	—	0 ± 0	-2 ± 1
上記全てを添加		+	-81 ± 8	-47 ± 14
無添加		—	-1 ± 0	-2 ± 0

# アルデヒドの生成に及ぼす亜硫酸濃度の影響

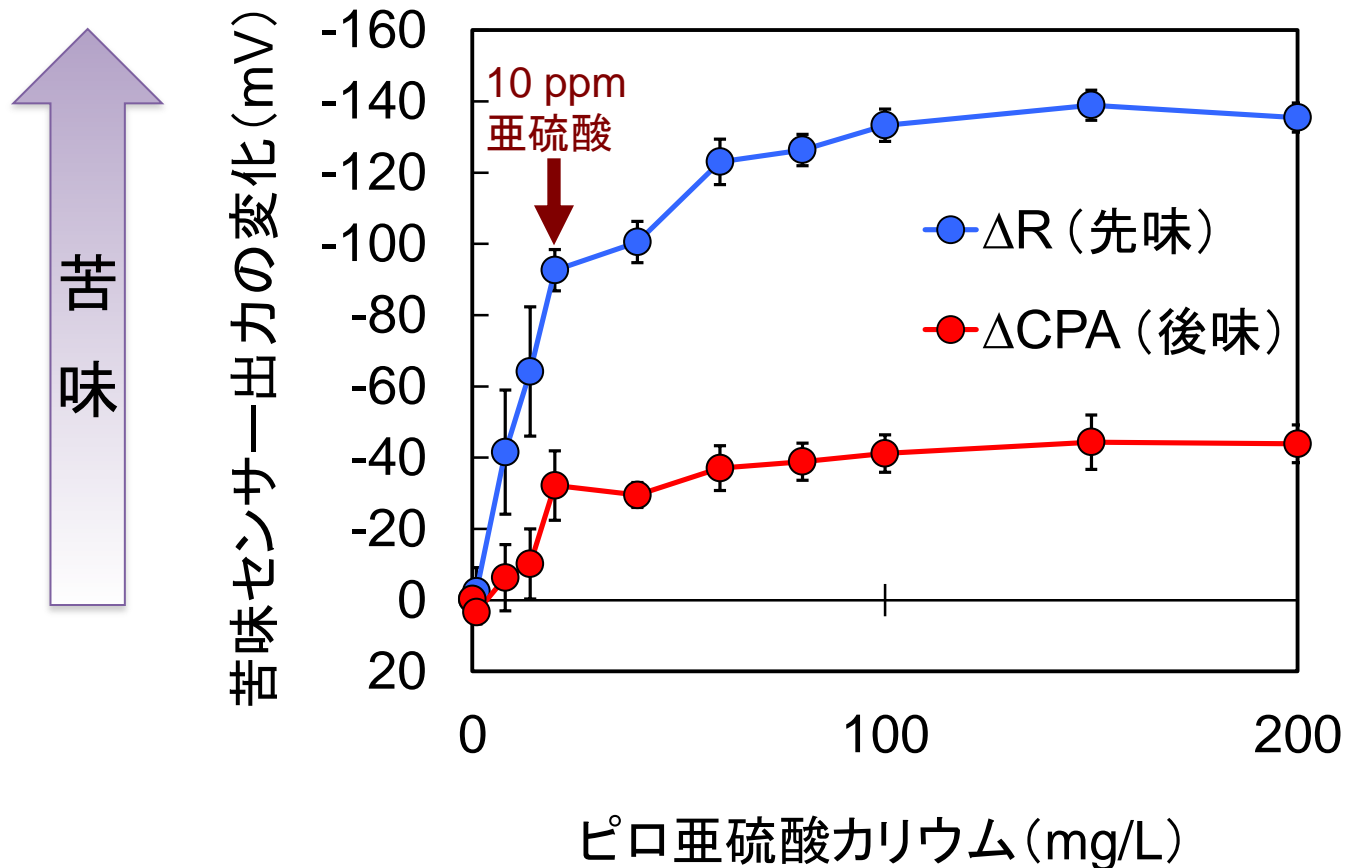
DHAを含む0.4% 酒石酸緩衝液(15% エタノール, pH 3.2)に亜硫酸を添加

(*E,E*)-2,4-heptadienal



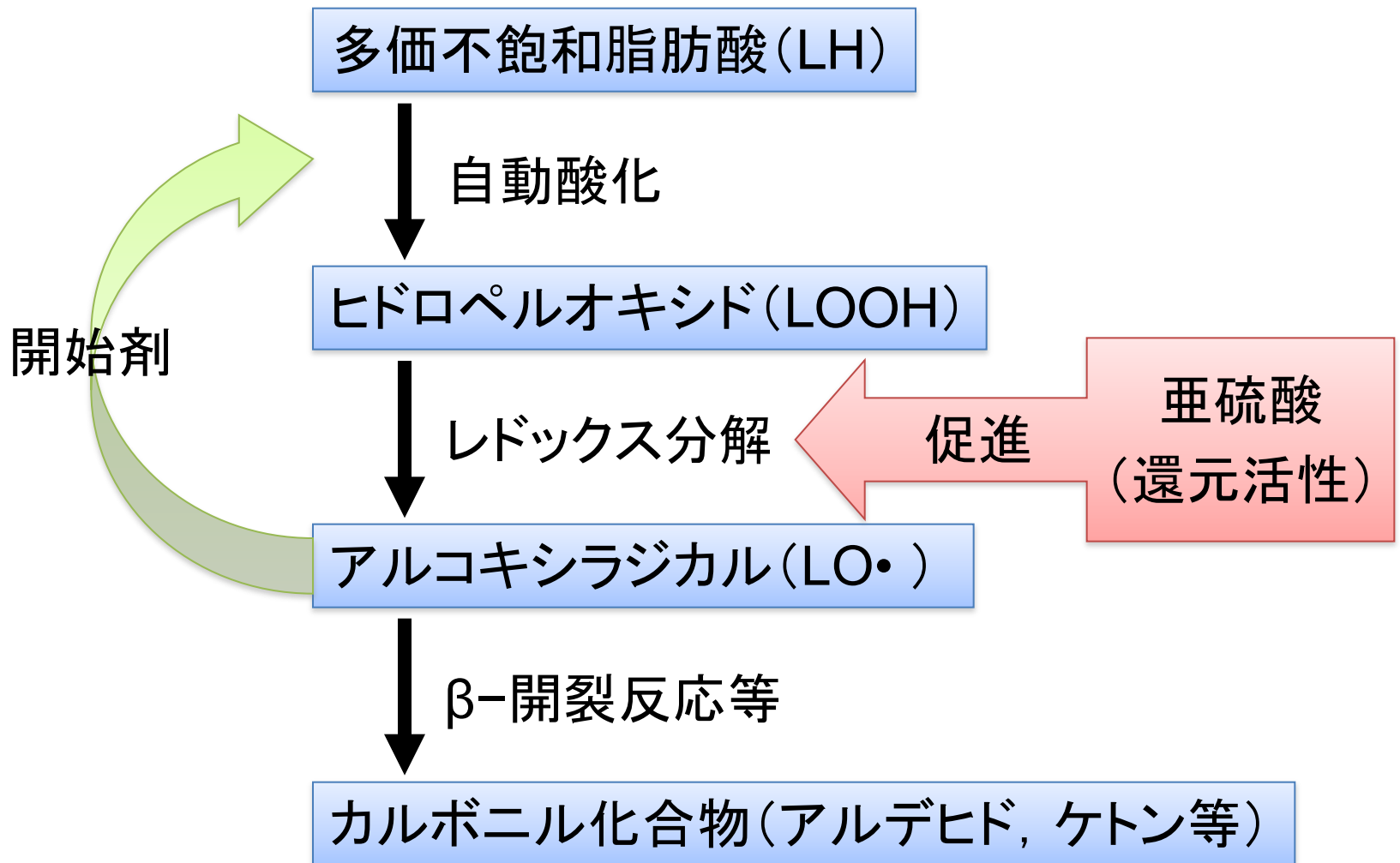
# 苦味強度に及ぼす亜硫酸濃度の影響

DHAを含む0.4% 酒石酸緩衝液(15% エタノール, pH 3.2)に亜硫酸を添加





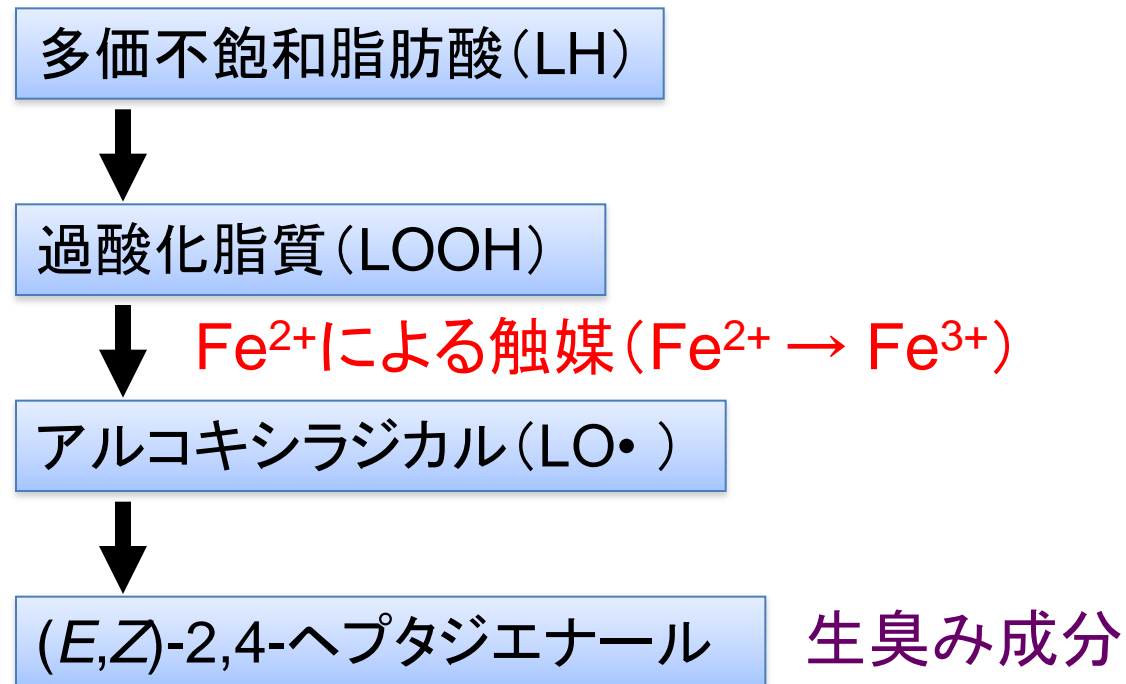
# 亜硫酸が多価不飽和脂肪酸の酸化と分解に及ぼす影響



# 鉄と生臭み (メルシャン)

「ワイン中の鉄は、魚介類とワインの組み合わせにおける不快な生臭み発生の一因である」

田村隆幸: 日本醸造協会誌, 105, 139-147 (2010)



# 清酒は？

- 酸化防止剤を使用しない。
- 鉄は極力排除されている。



魚介料理との良好な相性をもたらしている。

ありがとうございました

