

# フードミクスによる質量分析計を用いた 新規品質評価手法確立に向けた取り組み

長崎県環境保健研究センター  
保健衛生研究部 生活化学科  
松尾 広伸

○背景

○フードミクス技術の活用事例

○研究の進捗

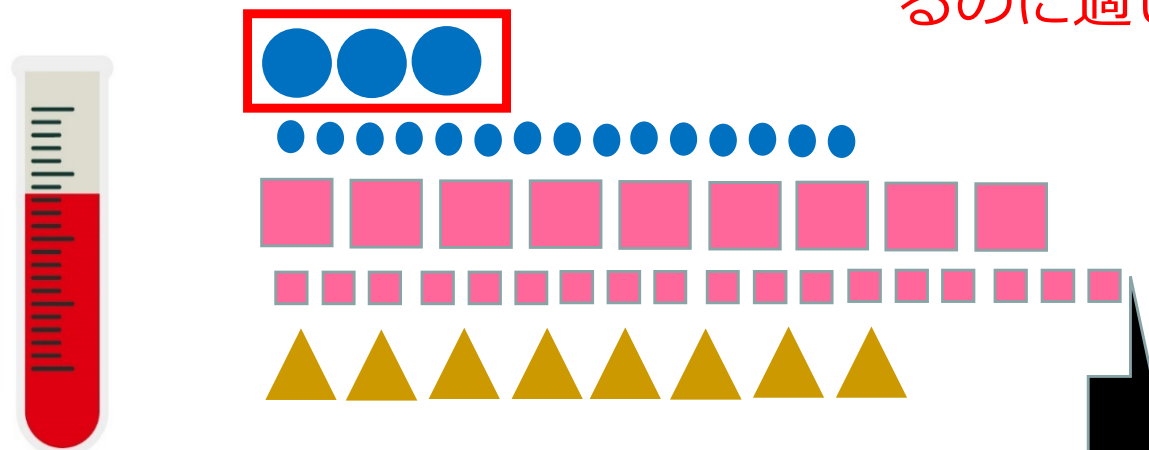
## ○背景

## ○フードミクス技術の活用事例

## ○研究の進捗

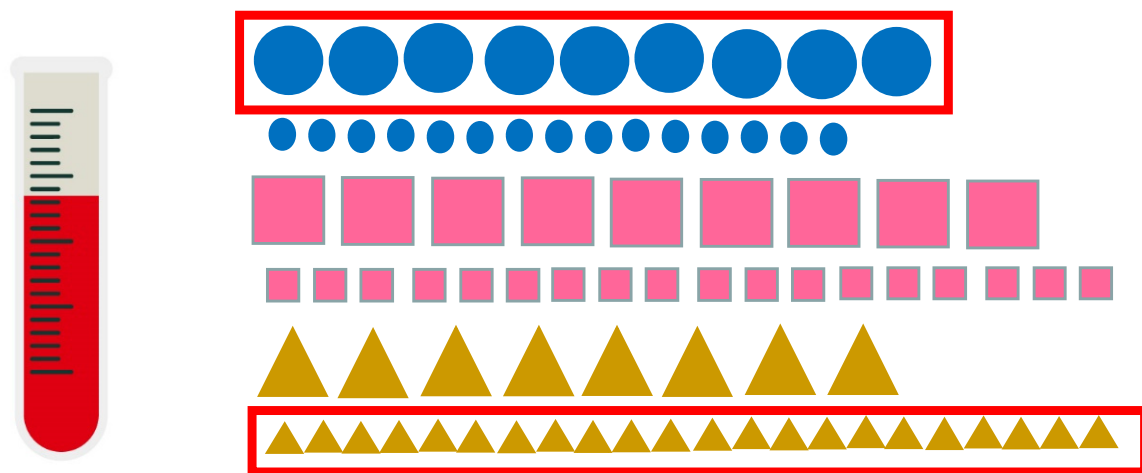
## オミクス技術の代表的な活用法

### 健常者の血液の成分



フードミクスはオミクスの一分野  
比較したい複数の群間の「差」を捉えるのに適した手法

### ある病気の患者の血液の成分



患者血液は ●が増えている  
患者血液のみ ▲を有する  
⇒ これらの成分が病気のマーカーの可能性



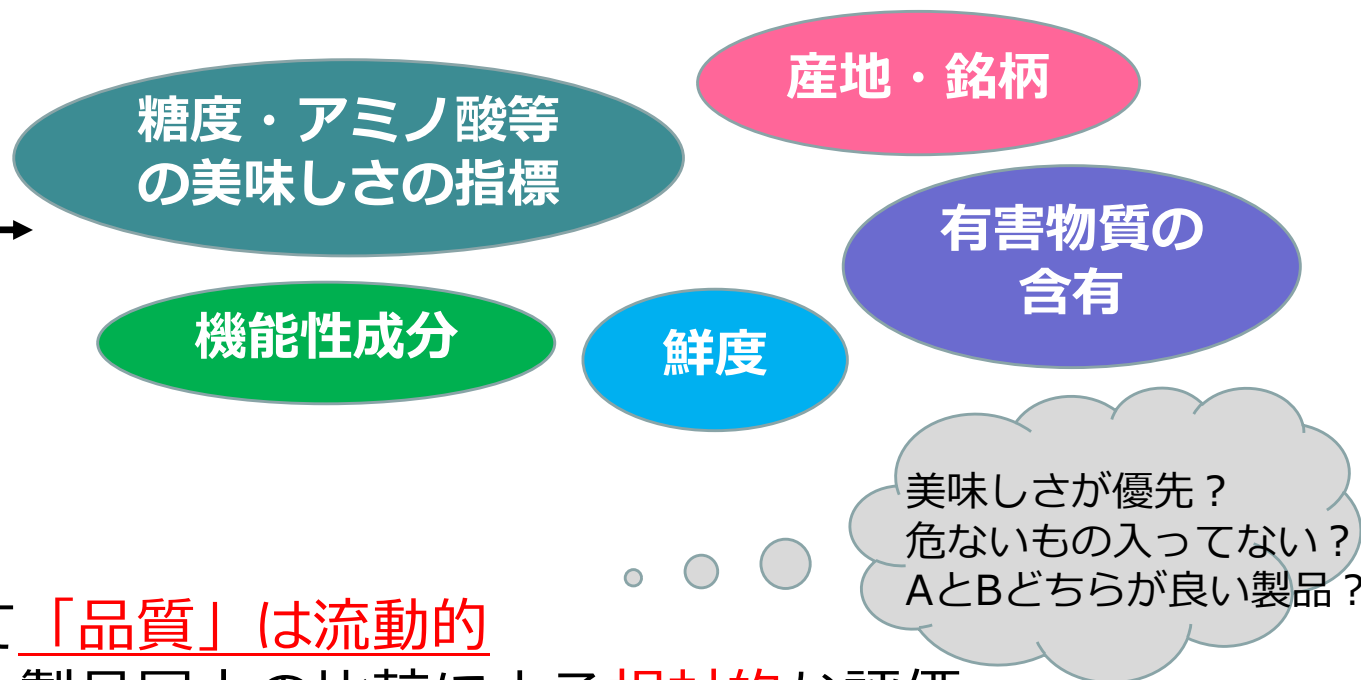
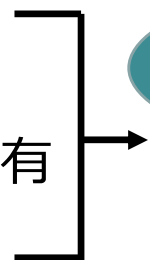
技術・考え方を  
食品分野へ応用  
(フード+オミクス  
=フードミクス)

## 品質の定義 (JIS Q 9000:2015)

・・・対象に本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度

### 食品の品質とは

- 美味しさ
- 安全性
- 身体に有用な成分の含有
- 食品表示の適正性…等



顧客の求めるものによって「品質」は流動的  
さらに絶対評価ではなく、製品同士の比較による相対的な評価



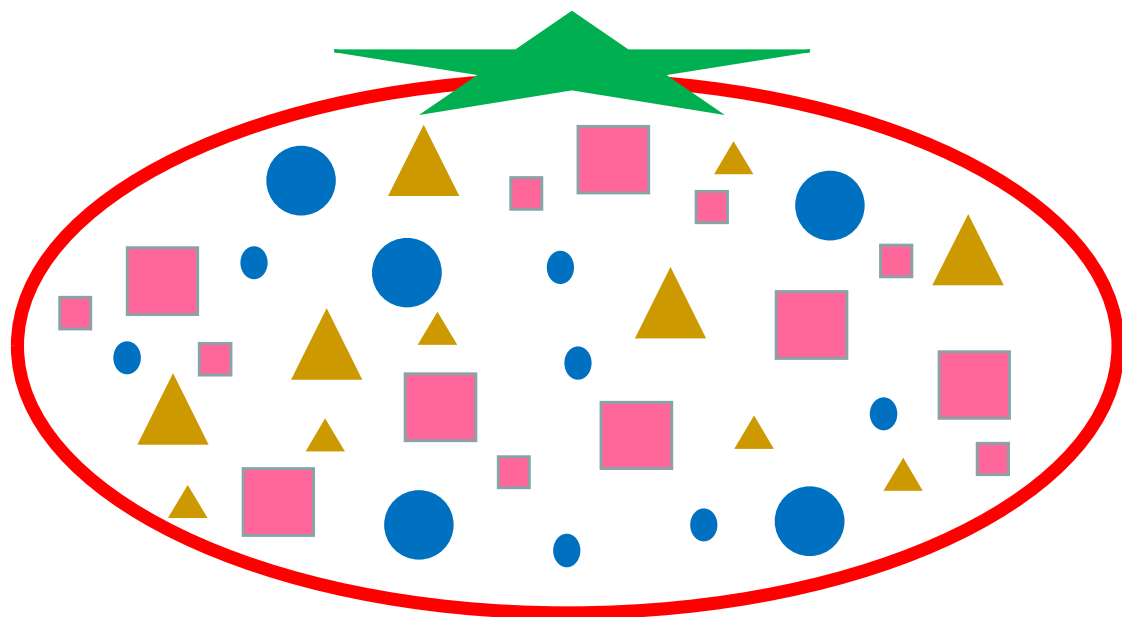
しかし従来の手法では、限られた情報しか得られない…  
そこで、消費者の安全安心を含めたニーズを満たすためには  
多くの成分の評価が可能かつ相対的な製品比較が可能である品質評価が必要



これまで当科が研究を進めてきた手法(フードミクス)を  
県産品の品質評価に適用できないか?

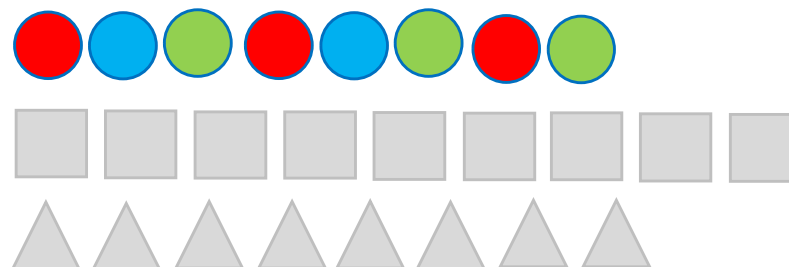
より多くの成分を分析するために  
どうしたら良い？

食品は数千・数万の成分から構成される



食品含有成分の網羅的な分析  
+得られたビッグデータの処理・統計解析  
= フードミクス

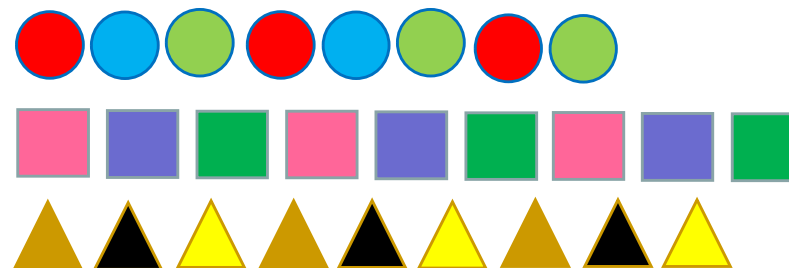
従来の分析成分を限定した分析  
(ターゲット分析)



…通常、多くても数十成分程度  
の比較的正確な情報が得られる



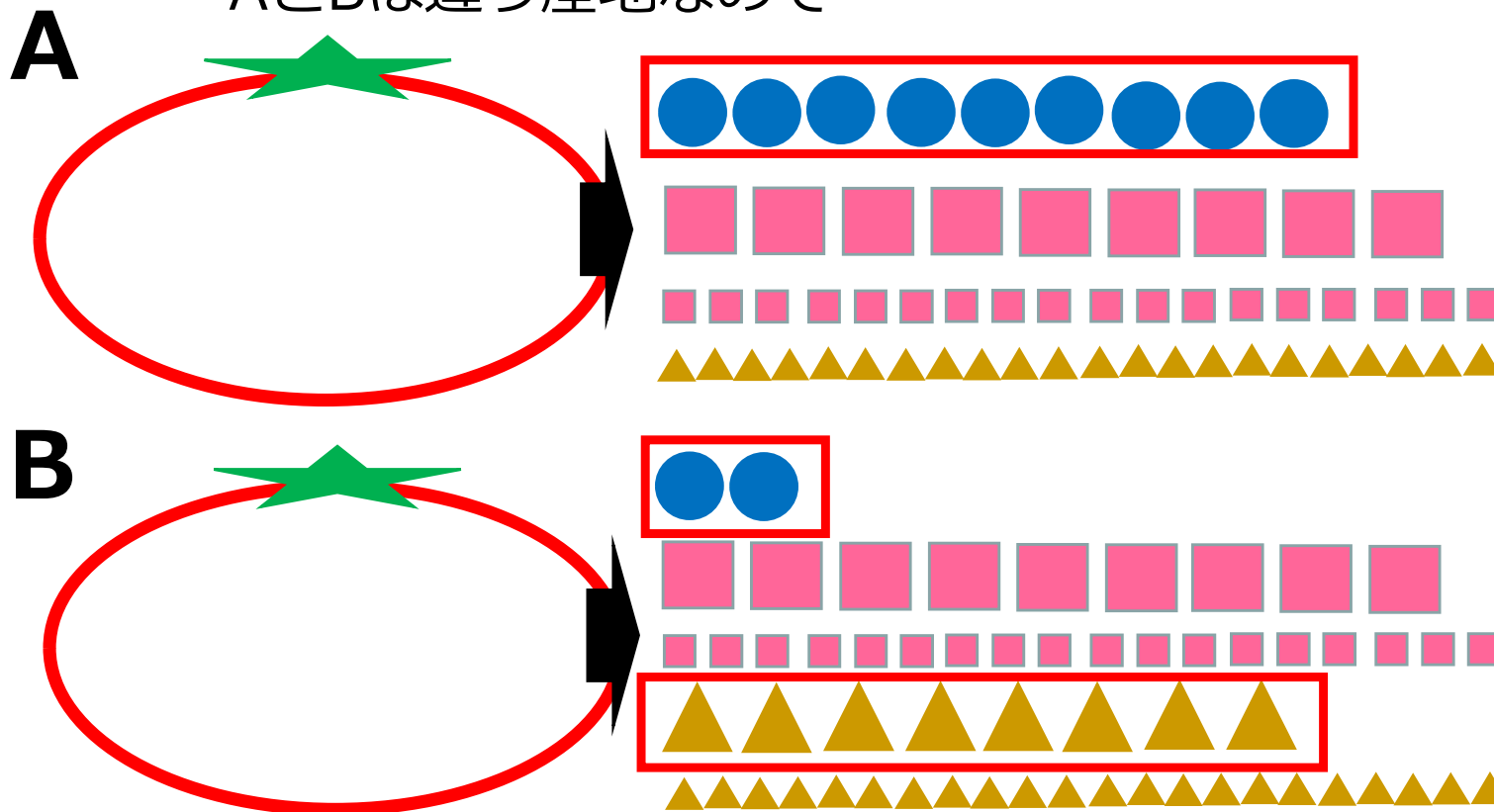
今回実施した網羅的な成分分析  
(ノンターゲット分析)



…数百・数千成分の情報が得られる  
正確さ・精度はターゲット分析に劣る

フードミックスは比較したい複数の食品間の「差」を捉えるのに適している

- ・ AとBは違う品種でAの方が美味しいので・・・
- ・ AよりBの方が鮮度が悪いので・・・
- ・ AとBは違う産地なので・・・



- ・・・ Aの方がBより●の含有量が多い  
Bのみ▲が含まれている

●や▲はアミノ酸？糖？機能性成分？AとBはどう違う？  
⇒何を意味するのか情報から推測

○背景

○**フードミクス技術の活用事例**

○研究の進捗



## 三ヶ日みかんの機能性食品表示取得



- ・ 静岡県浜松市特産のブランドみかん
- ・ 甘みと酸味のバランスが市場で高く評価されている

○フードミクス技術によって、**GABAを含む、複数の水溶性成分が高濃度で含まれることを確認**

⇒論文発表「メタボローム解析によるウンシュウミカン含有イオン性低分子化合物の網羅的測定と比較(2020.7)」

⇒機能性表示食品登録(2020.9)

**生鮮食品の果樹初の2成分登録(GABAおよびβ-クリプトキサンチン)**

血圧が高めの方の血圧を下げる  
機能がある GABA と、  
骨の健康に役立つβ-クリプトキサンチンが含まれています。



三ヶ日みかん(GABA・β-クリプト)機能性表示食品(届出番号:〇〇〇)

- 名称: うんしゅうみかん
- 届出表示: 本品にはGABAとβ-クリプトキサンチンが含まれています。  
GABAには血圧が高めの方の血圧を下げる機能が、β-クリプトキサンチンには骨代謝のはたらきを助けることにより骨の健康に役立つ機能があることが報告されています。

- 本品は、事業者の責任において特定の保健の目的が期待できる旨を表示するものとして、消費者庁長官に届出されたものです。ただし、特定保健用食品と異なり、消費者庁長官による個別審査を受けたものではありません。
- 一日摂取目安量: 一日当たり可食部270g(約3個)を目安に、そのままお召し上がりください。
- 摂取上の注意: 多量に摂取することにより、疾病が治癒したり、より健康が増進するものではありません。降圧剤を服用している方や食事制限を受けている方は、医師、薬剤師にご相談の上お召し上がりください。
- GABAとβ-クリプトキサンチンの含有量が表示値以上になるよう出荷管理していますが、三ヶ日みかんは生鮮食品のため、気象等の影響により、表示されている量を下回る場合があります。
- 本品は、疾病の診断、治療、予防を目的としたものではありません。疾病に罹患している場合は医師に、医薬品を服用している場合は医師、薬剤師に相談してください。体調に異変を感じた際は、速やかに摂取を中止し、医師に相談してください。
- 食生活は、主食、主菜、副菜を基本に、食事のバランスを。
- 事業者名: 三ヶ日町農業協同組合
- 連絡先: 浜松市北区三ヶ日町三ヶ日885 電話: 053-525-1016

栄養成分表示(可食部270g当たり)(推定値)  
エネルギー 122kcal、たんぱく質 1.4g、脂質 0.3g、炭水化物 32.1g、食塩相当量 0.007g  
機能性関与成分(可食部270g当たり): GABA 12.3mg、β-クリプトキサンチン 3mg

フードミクスで食品全体の大まかな特徴を捉える



重要な成分について、ターゲット分析で正確な情報を得る

## だだちゃ豆の特性解明



- 山形県鶴岡市原産のブランド枝豆
- 甘みが強く、濃厚な風味
- トウモロコシのような独特の香り
- ここ20年程度で知名度が上昇し、  
ブランド化に成功

○だだちゃ豆を含む27品種の枝豆について、266種類の成分を網羅的に分析

⇒ショ糖やブドウ糖等の糖類、グルタミン酸やアラニンなどのアミノ酸を他の枝豆より多く有することを確認、特有の香り成分の発見

⇒だだちゃ豆の特徴を科学的に見える化することに成功

⇒知名度・ブランド力向上に寄与

○背景

○フードミクス技術の活用事例

**○研究の進捗**

## ① フードミクスによる県産品の品質評価技術の確立(環保経常、R5~7)

目的：県産品の特徴を科学的に「見える化」し、ブランド強化に寄与

⇒今年度は適用する県産品の選定と技術基盤の確立を行う



## ② 長崎県産魚の長距離流通に向けた品質保持技術の開発(水試戦プロ、R4~6)

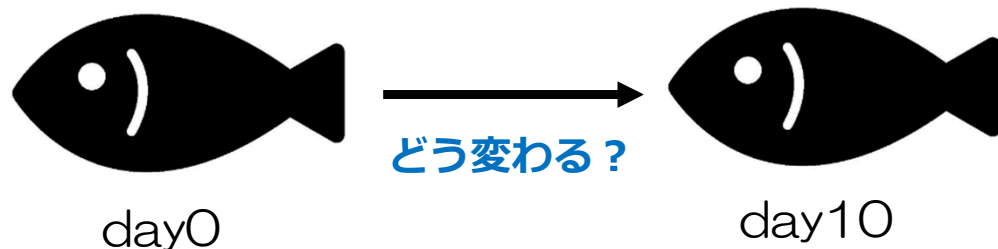
目的：県産魚の輸出拡大のための、魚肉の長距離鮮度保持技術

⇒魚肉の安全性の評価を環保研(生活化学科および保健科)で分担研究

⇒加えて、官能評価の科学的な裏付けとなるデータ取得を目的として、

フードミクス技術を適用



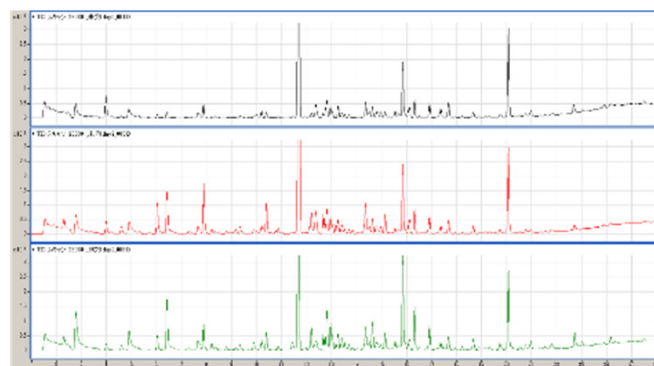


**魚肉の冷蔵中の成分変化や  
残存する血液が魚肉に与える影響を  
確認したい**

**⇒官能評価の裏付けとなるデータ取得  
⇒安全性の評価**



質量分析計による分析



データの取得



データ処理  
統計解析

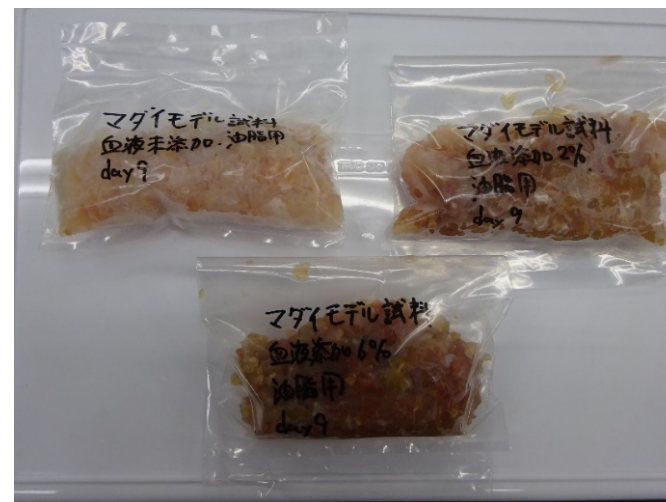


## ①ブリ

血抜き処理済みの魚肉ミンチとそれに予め抜いておいた血液を一定量混ぜ込んだ魚肉ミンチを作成。

揮発性成分(におい)について、経時的に分析を行う。

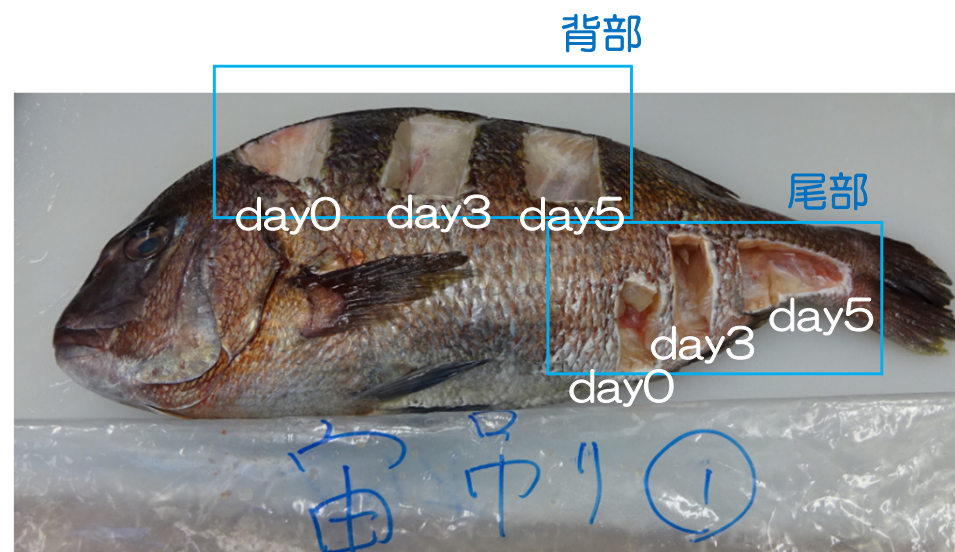
⇒血液が魚肉に与える影響を確認



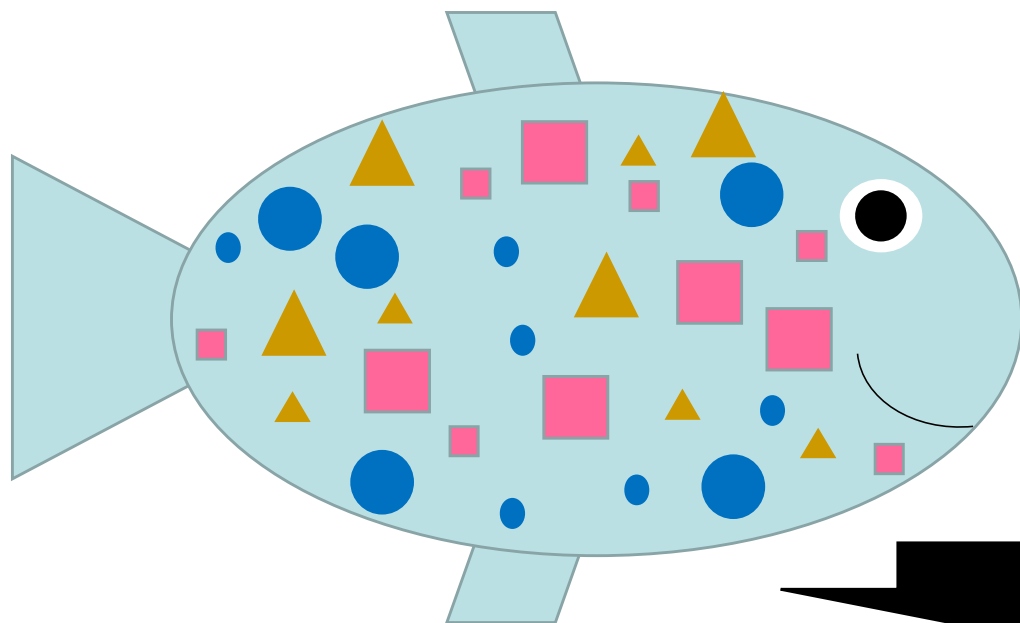
## ②マダイ

冷蔵保存中の魚体から、経時的に魚肉を切り出し、極性成分(水になじむ)について、分析する。

⇒冷蔵中の魚肉成分の変動を確認



## 魚肉中の網羅的な成分分析を行うためにどうすれば良いか



現状、どの分析機器にも  
得意・不得意な成分がある

複数の分析機器を併用  
多成分を高感度で分析できる  
質量分析計を選択

● ● 水などによく馴染む成分

▲ ▲ ■ ■ 揮発性の高い成分  
(匂いのあるもの等)



LC-QTOF-MS



SPME-GC-MS

同じ機器の中でも複数の分析条件を用いて、  
網羅的に食品中成分を分析する



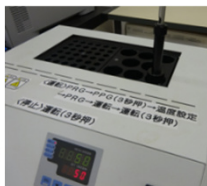
# ブリの分析および解析

加熱しながら  
ファイバーに  
おい成分を  
捕集

魚肉  
ミンチ



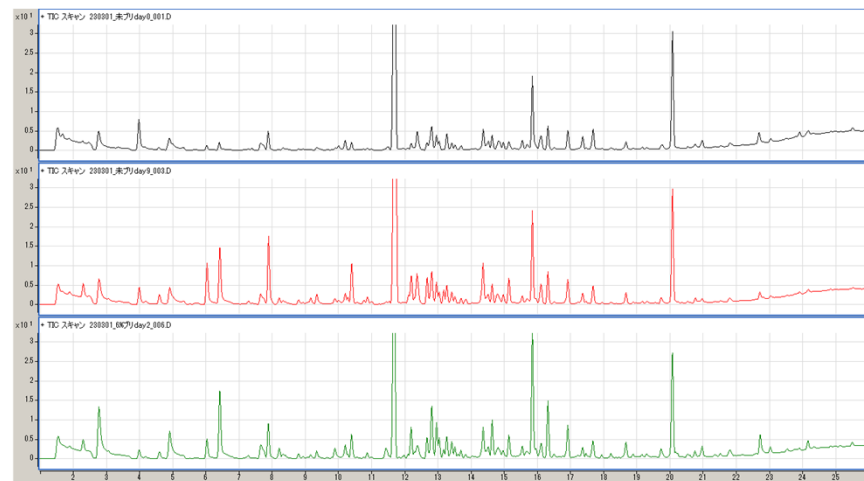
HS-SPME



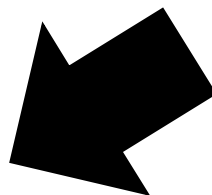
ファイバーを  
GC-MSに注入



## データ取得

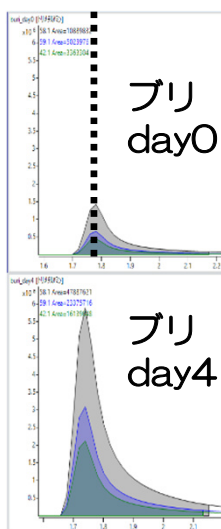


異臭分析用  
データベースと照合

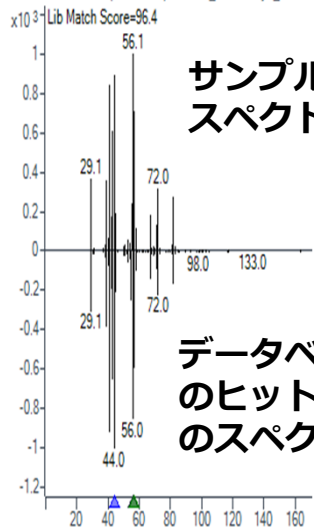


保持時間とスペクトル  
パターンによって  
データベースとマッチ  
度の高い成分を探索

保持時間  
(RT)



Deconvoluted Scan (6.416 min) 230301\_6%ブリ day9\_006.D



サンプルの  
スペクトル

データベース中  
のヒット化合物  
のスペクトル

代表的なおい成分の数百を含む  
数万成分を検出・量の比較可能

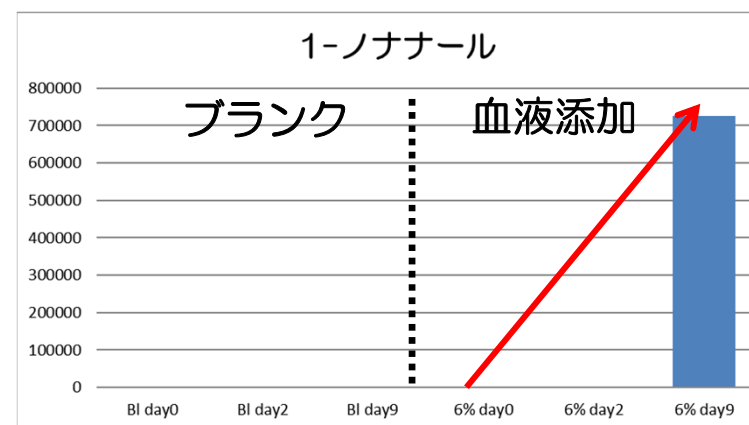
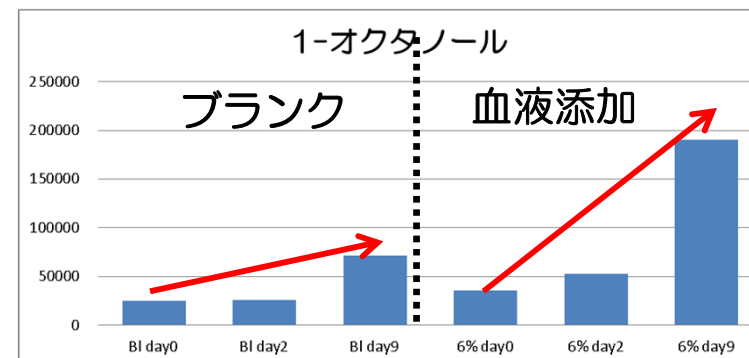
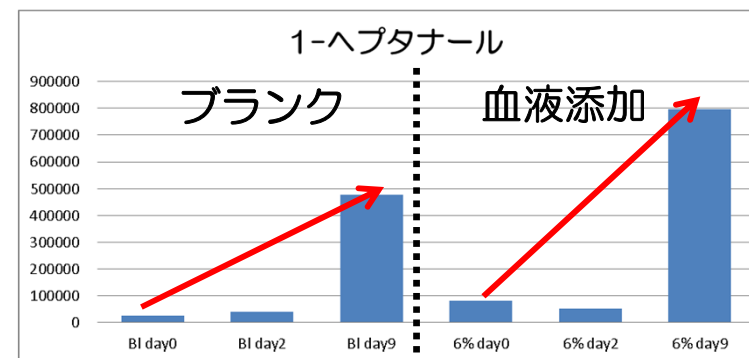
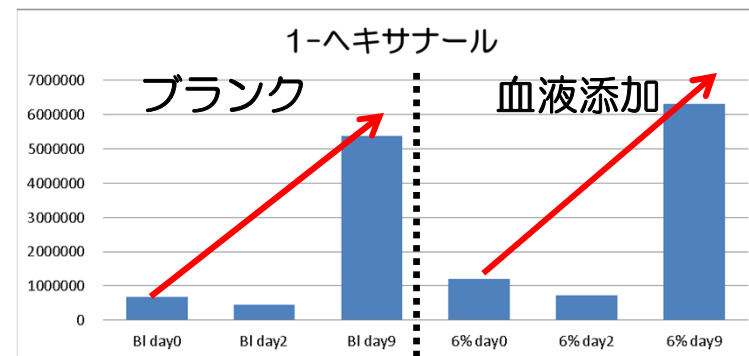
区分	化合物名
アルデヒド	1-ヘキサナル
	1-ノナール
	1-オクタナル
	1-ヘプタナル
	ベンズアルデヒド
	n-吉草酸アルデヒド (バレニルアルデヒド)
	trans,trans-2,4-ヘプタジエンール
	プロピオンアルデヒド
	trans-2-ヘキセナル (trans-3-プロピルアクリン)
アルコール	1-オクテン-3-オール (マツタケオール)
	1-オクタノール (n-オクチルアルコール)
	ベンジルアルコール
	n-アミルアルコール (1-ヘプタノール)
	1-ヘキサノール (ヘキシルアルコール)
	trans-2-ヘキセノール
	メチルシクロヘキサノール②
メチルシクロヘキサノール③	
カルボン酸	安息香酸
その他	アセトフェノン (ヒフノン, アセチルベンゼン)
	スチレン
	2-エチルフラン

アルデヒド9成分、アルコール8成分、カルボン酸1成分を同定

⇒これらは魚肉の劣化臭の主な原因とされる

いくつかの成分では、血液添加魚肉で、より多く増加していることを確認

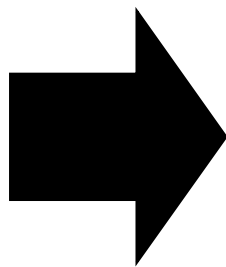
⇒血の残存がににおいに影響している可能性



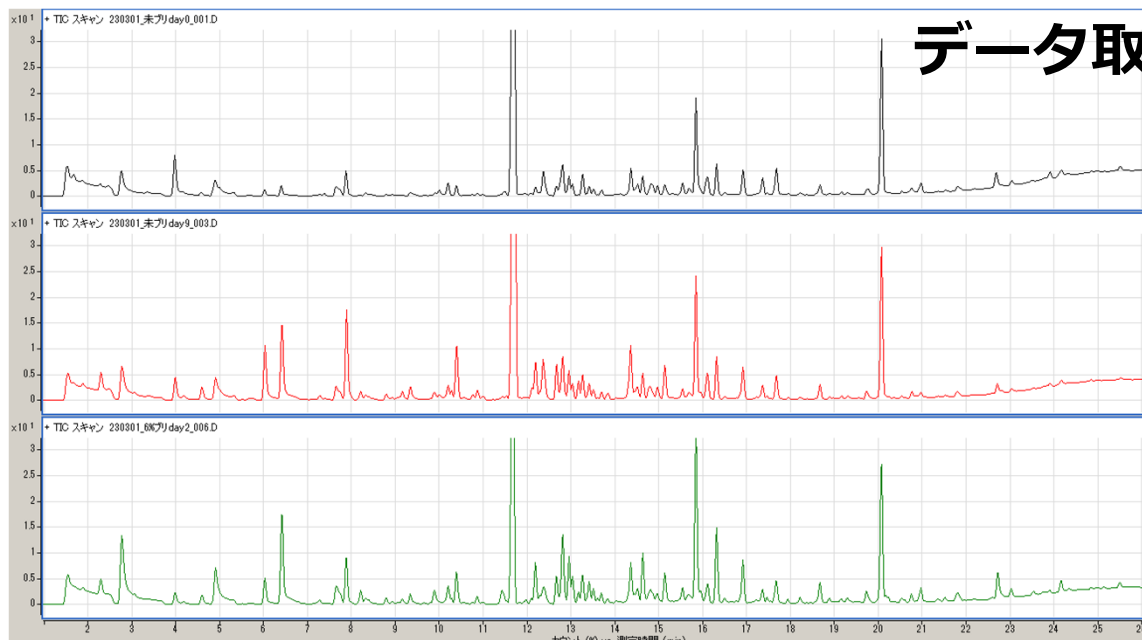
# マダイの分析および解析



LC-QTOF-MS



4条件  
で分析



データ取得

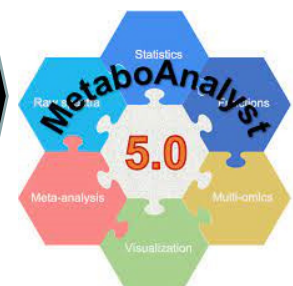
データの行列化  
(条件①)



Sample	con day0	con day0	con day0	duri day0	duri day0	duri day0	tsu day0	con day7	con day7	con day7	duri day7	duri day7	duri day7	tsu day7	con day10	con day10	con day10	duri day10	duri day10	duri day10	tsu day10				
0	5997.964	5607.927	5811.129	5327.651	5233.028	5383.354	5284.049	116	5941.653	6977.137	6289.343	5295.978	5443.026	5337.301	5514.814	4499.44	5224.404	5158.872	4886.731	6078.899	4482.051	3384.069			
1	48411.61	3885992	1653832	48211.75	77369.63	1626449	56463.13	1.5	49754.67	47802.52	66172.94	39708.42	48804.76	38927.17	1866573	50682.3	59199.11	65843.9	317494.7	69643.31	56434.69	39798.11			
2	36216.06	30935.18	32039.6	36958.68	32639.51	27658.57	35440.55	35764.72	36124.27	31506.44	37789.74	43231.6	30956.14	33718.55	35676.86	34413.92	31636.64	33885.3	38516.25	34624.05	31719.91	34151.87	30106.67	30810.46	36952.14
3	41848.12	41235.28	37797.25	42595.68	35778.12	36168.76	36845.78	38243.29	38014.28	34917.36	40139.92	39793.54	38605.35	40159.34	36334.42	42138.55	38433.9	37952.76	37293.3	38846.72	35644.65	37729.72	34108.43	43767.14	37974.76
4	19985.19	17316.55	17721.88	18904.46	16533.13	16843.69	16236.06	18655.29	18547.42	16681.29	18012.75	20354.77	17960.08	17204.96	17890.04	17196.71	19248.33	16856.83	19851.65	19771.66	17949.6	16676.63	16920.82	16826.84	
5	3752.017	187485.2	1934582	2831.257	10893.85	4296.5	17743.22	3480.067	4981.204	10056.52	5813.379	3636.02	2362.967	94114.8	3748.987	5698.022	4272.746	694993.4	1869.165	2003.893	5190.467	4004.97	24990.78	79054.12	3161.515
6	3526.468	3640.438	5014.063	2771.666	11095.54	4730.563	28013.14	3667.192	3829.472	12177.32	3570.554	3349.1	2558.159	222525.9	3418.842	3793.68	3306.245	4119.938	2037.84	2141.298	4364.406	3442.906	43058.82	180973.4	2922.323
7	2675.572	280684.2	263281.6	2430.673	5344.625	226782.6	4389.313	2591.906	4582.316	2780.25	21806.87	2426.765	2326.125	1182471	3426.448	10485.39	4986.023	205880.2	1759.966	2648.577	10661.01	38491.91	3876.563	657727.8	3320.219
8	11646.89	17114.44	22255	7922.585	28687.93	19070.81	62837.56	7938.784	13996.95	59855.65	26396.31	16410.91	6761.306	1081605	15139.77	13521.71	10822.22	17454.06	10146.32	12739.39	30020.19	19788.99	228663.2	1492813	8475.074
9	5081.916	1168265	8574.063	3303.687	11377.52	7034.5	16574.16	3467.347	5275.052	19412.7	7049.237	6027.465	3582.802	226206.2	6201.265	4649.995	5800.831	6892.75	4932.183	4058.771	7462.565	8104.837	101119.5	212390	3968.126
10	1206.139	1290.222	2528.457	1234.787	1449.126	1762.178	7034.5	960.8822	1543.595	1479.079	1196.171	1641.232	1373.552	1426.877	1539	1561.452	1769.563	1661.636	1423.777	1520.944	2256.649	2050.552	1591.875	2263.748	1395.489
11	8275.501	10973.38	11892.38	5248.177	27618.37	12644.5	66624.34	8212.827	8809.765	29066.11	11136	8655.436	5490.62	530417.4	7184.337	10444.55	7642.744	9200.563	4886.396	4171.719	11759.03	11499.92	97483.07	480476.6	7081.926
12	51412.71	1.07E+07	4527642	44897.53	92275.88	3968833	62180.13	51525.87	75715.43	66229.31	369036.3	55931.74	51137.89	76610.5	58793.37	97605.7	66193.24	5109816	54551.75	64653.86	161189.6	723571.6	74993.31	61311.94	52443.42
13	5214.675	7424	6413.125	4130.748	17286.56	7383.25	39737.56	5829.534	6176.389	16246.46	5994.179	5535.72	3141.404	417294.9	5220.6	5149.506	6092.875	3661.362	3446.822	5323.334	5938.796	55978.25	455455.8	3602.451	
14	2008.814	3910.125	3888.563	1875.768	14891.57	4266.75	34010.45	2499.291	3273.792	13111.92	4448.8	2868.084	1609.61	500596.6	2487.992	3471.885	2723.784	3494.25	1445.987	1434.634	4159.082	3761.169	59026.55	571093.4	2513.538
15	6799.905	17398.14	19367.91	6699.325	17230.19	19609.15	12962.38	5248.944	11760.13	11689.37	10744.33	9712.665	7447.63	25816.44	9136.021	8495.524	6169.52	22983.82	6734.376	8810.881	11537.91	9788.315	18980.23	17820.82	7402.86
16	3606.966	287122.1	216410.8	3770.718	4038.375	179912.9	2327.75	3261.337	65921.35	4933.25	9688.915	3989.185	11603.31	5886.688	9315.502	3593.439	6585.938	176471.2	7489.815	34856.18	10222.75	21666.95	6713.5	4403.125	12629.45
17	857.819	1185.443	1885.54	314.281	5680.938	259847	4669.813	3190.097	5511.959	3402.063	21826.57	4035.645	3596.537	4621.313	3829.34	10081.42	4550.923	246225.9	2383.256	3892.514	9931.002	40515.56	5421.875	3740.875	3721.093
18	153.443	1171.1	2287.604	805.936	816.3754	1301.347	1610.841	572.8468	943.076	798.0902	577.0239	818.2735	794.9146	908.901	1138.898	1314.616	2028.677	958.2722	961.3771	1152.896	2118.094	2194.535	1196.618	2406.317	1116.165
19	1943.46	36700	161988	1638.24	20338.88	1998981	25413.81	22386.7	13220.12	22371.38	146398	20343.79	11945.21	21907.88	4076.722	4548.113	4052.362	5233.81	4586.597	3641.594	5615.11	5592.617	5844.115	4885.789	3718.517
20	424.5455	1135.724	2227.748	712.918	851.225	1028.497	932.8829	524.493	1255.533	831.3639	913.2823	620.1483	871.441	942.8109	1582.014	1581.314	1673.803	1019.764	918.8123	1354.636	1221.286	1542.945	1017.022	1170.77	1229.548
21	3184.062	1320.829	1210.045	1873.898	1118.005	1026.95	868.991	2111.824	945.3276	802.9398	902.1439	2092.444	1507.595	925.6337	895.7533	1072.655	1112.163	879.0082	1466.843	1297.995	1200.357	950.3283	1194.469	1236.825	1017.691
22	4605.658	5225.993	5461.638	5169.977	4343.4	5676.723	5045.417	4808.616	4446.612	5362.174	4440.06	5010.114	4658.421	5357.333	4076.722	4548.113	4052.362	5233.81	4586.597	3641.594	5615.11	5592.617	5844.115	4885.789	3718.517
23	19309.75	243070.8	201361.6	22844.04	22635.88	195228.5	23255.38	21584.53	18452.3	23379.94	150604.5	21933.56	20107.01	291349	18627.38	43742.41	28295.76	21721.21	18994.87	16244.61	60293.71	24810.25	1039399	289890.3	17214.08
24	10503.75	13132.33	144457.4	9709.238	285044.9	144270.8	9327.622	19425.92	170461.7	89677.8	13496.75	7264.604	188977.6	21667.84	32106.95	17759.02	149504.9	9632.221	18703.59	49838.27	53634.94	245824	160596.3	14408.21	
25	2078.073	42316.77	53097.02	1052.035	42982.61	34342.33	42909.05	1474.56	2849.778	49312.26	18179.88	4323.251	1740.35	40695.5	11264.278	41278.137	895.58	17759.02	149504.9	9632.221	18703.59	49838.27	53634.94	245824	160596.3
26	9312.06	6912.06	308.63	319.306	1288.99	2057.003	1136.315	925.941	6171.688	22232.16	9021.149	5813.758	4206.586	49486.7	4643.875	629.71	9186.6	123.5	8319.5	5005.44	436.6	336.4	33.07		

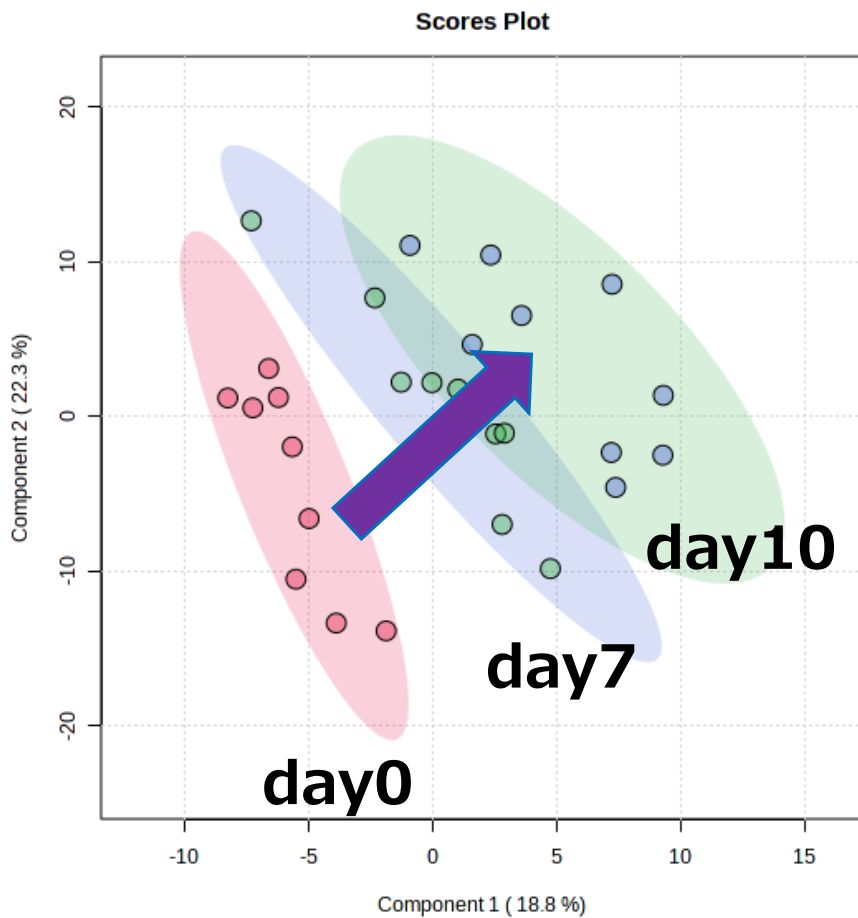
サンプル

統計解析  
成分の同定



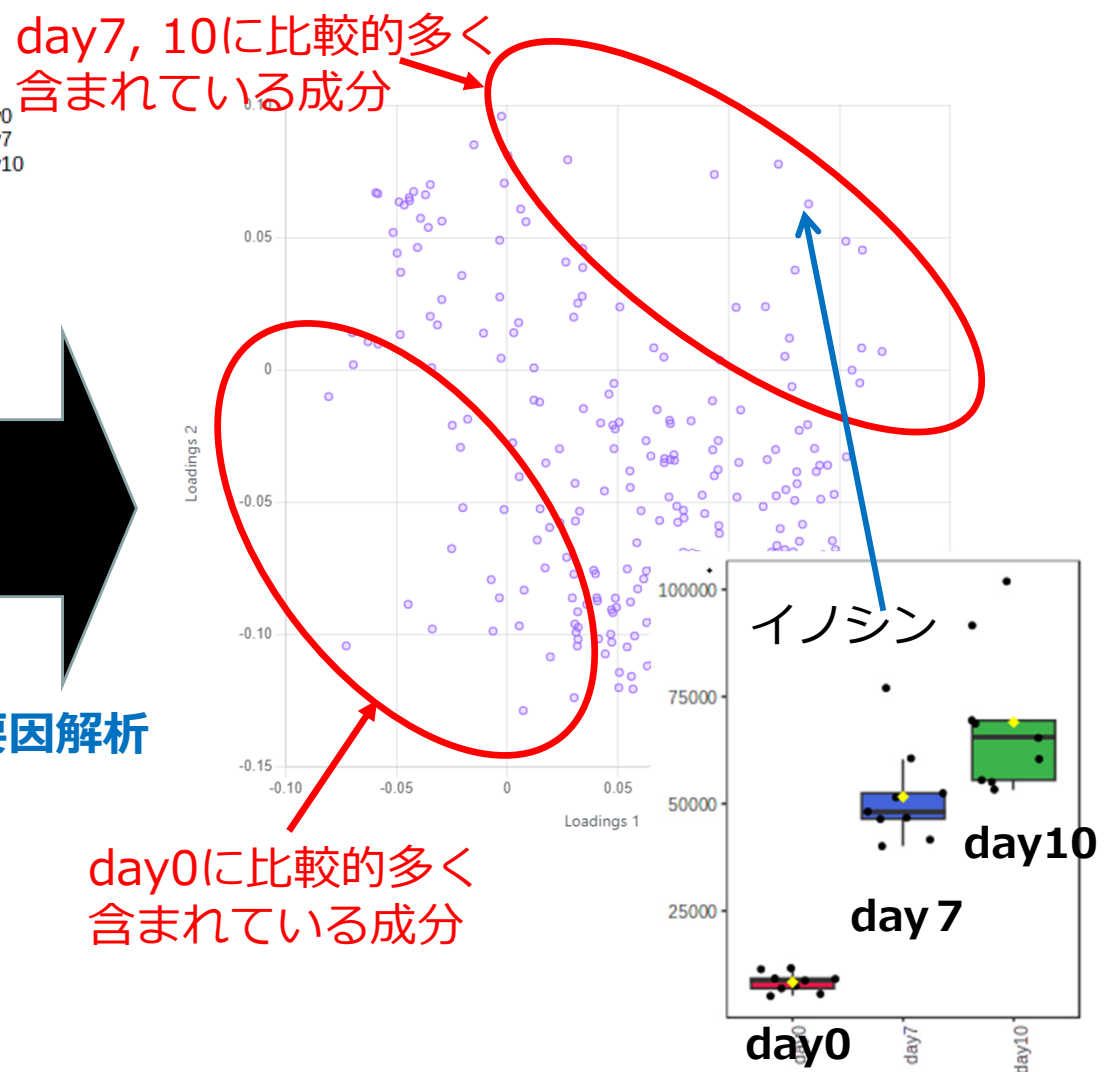
25成分  
↓  
約800成分

ここ10数年でこれらの技術が発展し、  
かつ解析プラットフォームの整備された



スコアプロット  
(条件①)

約800成分のデータを二次元に圧縮  
違いを可視化



要因解析

ローディングプロット  
(条件①)

違いに寄与する成分の探索

所有する化合物ライブラリで  
どの化合物かを推定

経時的に増加している成分		
成分名	備考	
ヒポキサンチン	既知の鮮度指標、苦み	
イノシン	既知の鮮度指標、苦み	
チアミン	ビタミンB1	
タウリン	アミノ酸様物質、抗高血圧、肝臓機能強化	
ニコチンアミドモノヌクレオチド	抗老化作用を有する可能性	
ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド	補酵素	
(2Z,6E,10E)-12-hydroxy-6,10-dimethyl-2-(4-methylpent-3-enyl)dodeca-2,6,10-trienoic acid	経時的に変動することが知られていなかった成分	
Baohuoside I		フラボノイド
(4aS,6aS,6bR,10S,12aR)-10-hydroxy-2,2,6a,6b,9,9,12a-heptamethyl-1,3,4,5,6,6a,7,8,8a,10,11,12,13,14b-tetradecahydronicene-4a-carboxylic acid		
3,5-dihydroxydecanoic acid		
経時的に有意に減少した成分		
成分名	備考	
Glutathione	抗酸化作用	
イノシン 5'-リン酸	既知の鮮度指標、旨味	
D-(+)-Malic acid	リンゴ酸	
Disodium Glycerophosphate 5.5-Hydrate		
リン酸トリブチル	抽出剤および可塑剤成分	

○冷蔵保存マダイ中の既知の鮮度指標成分および生理活性物質の有意な増減を検出、ヒスタミン等の有害物質の増加は未検出

⇒食品の「美味しさ」「機能性」「安全」等を科学的に見える化できる可能性

○他8成分について、成分名推定はできなかったが、有意に増減を確認できた

⇒品質評価指標に関わる新しい発見につながる可能性

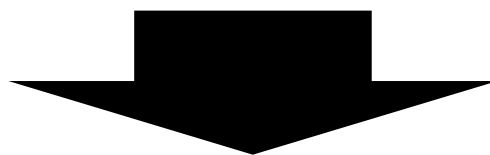
**魚肉以外の食品についても研究を進め、網羅的な成分分析手法を改善し、解析技術の向上を図る**

### **<産業振興>**

○官能評価等と組み合わせることで、食品の「美味しさ」を科学的に見える化

⇒県産品の産業振興へ寄与

⇒より質の高い県産品の開発へ寄与



**フードミクス技術基盤を確立し、食品衛生分野へも適用**

**○食品偽装問題対策**

**○異臭品・異味品の原因究明**

**○突発的に毒化する魚の未知毒究明**

**○フードミクス技術は産業振興、農水産業、食品衛生等、色んな分野で利用できる可能性があります**

**○一方で、当所だけでできること・思いつくことには限りがありますし、これからの技術でもあります**

**○こんなことはできないかという助言・提案、先々一緒にやらないかというお誘い、大歓迎ですので、お気軽にお声がけください**

ご清聴ありがとうございました