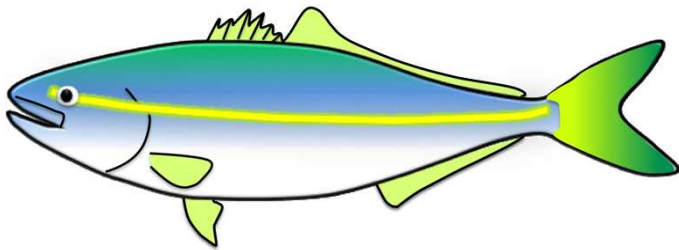


第6回 ブリ類養殖振興勉強会
20191029

ブリ養殖における季節に合わせた餌の開発

高知大学教育研究部自然科学系
深田陽久



本研究は、イノベーション創出強化研究推進事業（生研機構）の支援によって行われました。

今日の発表内容

1. はじめに

ブリの餌

飼料に使われる油脂

ブリの脂質利用

2. 試験1

高水温期・水温上昇期のイサ

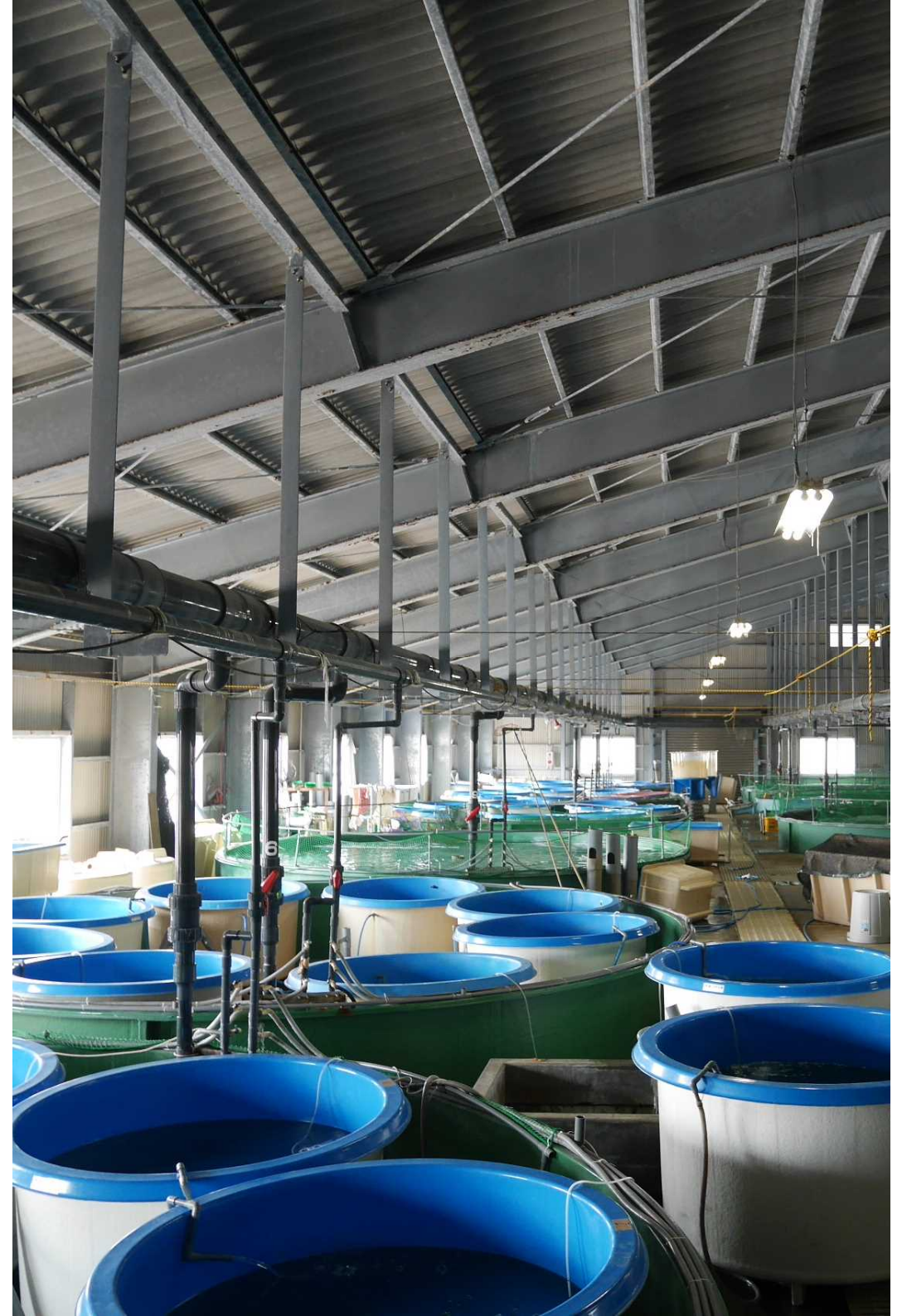
飼育成績

3. 試験2

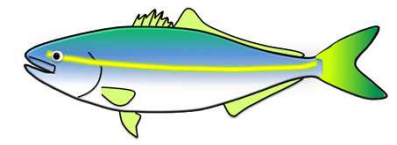
低水温期・水温下降期のイサ

飼育成績

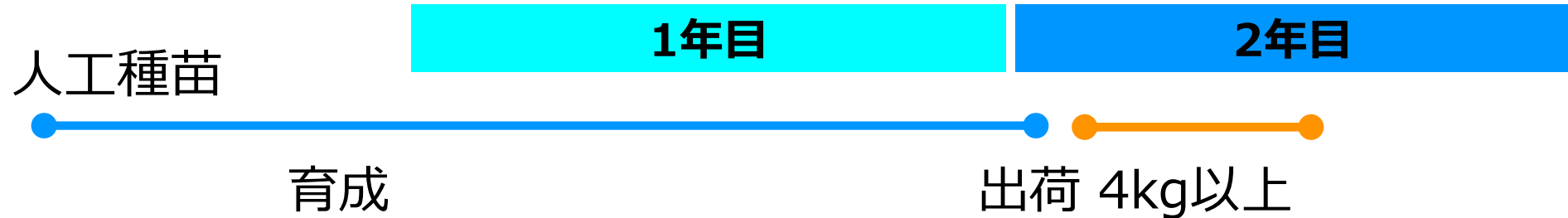
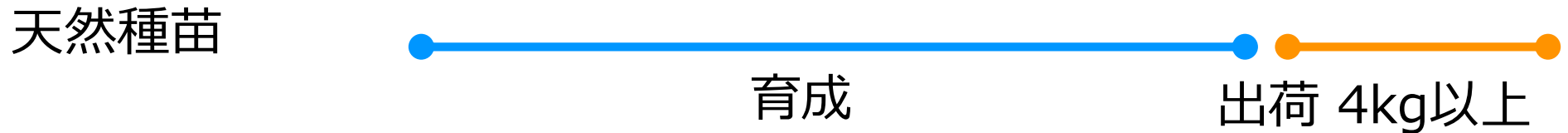
肉質評価と高付加価値化



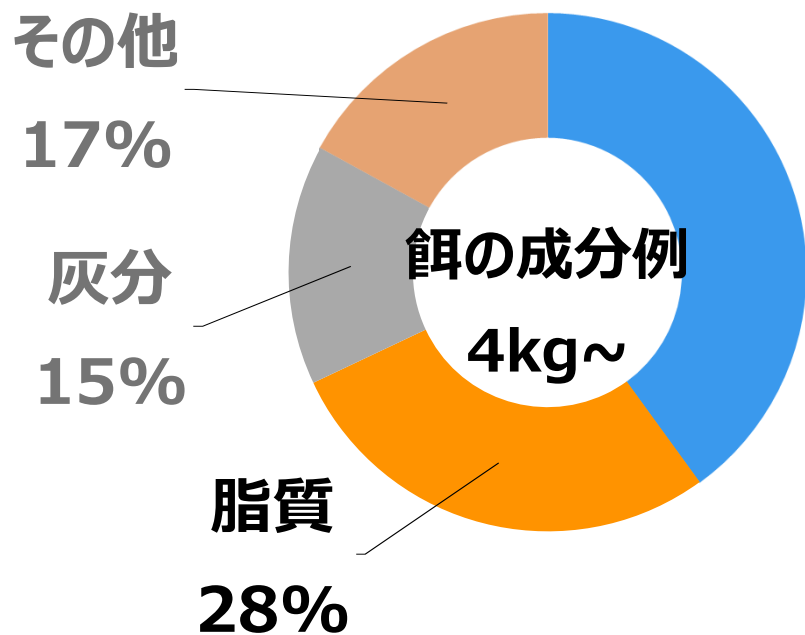
養殖ブリとその生産スケジュール



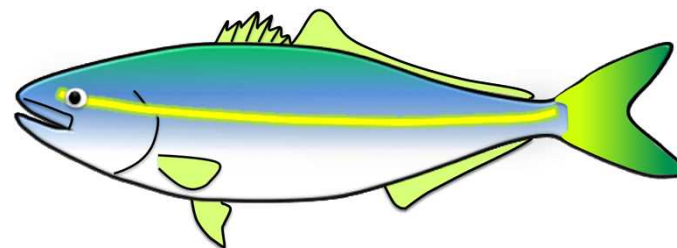
約2年間にわたる育成



ブリの飼料とその利用について

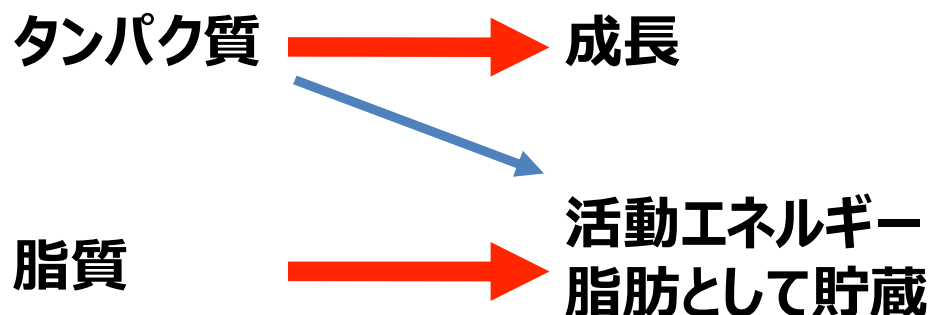


タンパク質
40%



- 飼料成分は、**タンパク質**が一番多い
- **脂質の量**は、**魚種、大きさによりかなり異なる**
- 主なエネルギー源は、**脂質 (+タンパク質)**

成長における栄養素の利用



稚魚から成魚にかけて

- **タンパク質**の要求量が低下
- 主なエネルギー源である**脂質**要求量が増加

成長に必要な、エネルギーの摂取量が増加

養魚飼料の油脂源について



ブリ (*Seriola quinqueradiata*)

- 日本で最も養殖されている魚種
- **脂質は成長に重要な栄養素！**

■ 一般的な油脂源

魚油

- n-3 高度不飽和脂肪酸に富む (n-3 LC-PUFA)
例) エイコサペンタエン酸 (EPA)
ドコサヘキサエン酸 (DHA)
- 原料となる天然資源が減少
- 価格は高め

■ 代替油脂源

植物油脂・動物油脂

- 飽和脂肪酸や不飽和脂肪酸に富む
例) パルミチン酸、オレイン酸
- **n-3 LC-PUFAが欠乏**
- 資源量が豊富で価格が比較的安価

ブリ用飼料では魚油の30%程度が植物油等で代替されていることが多い。

飼料油脂の種類

魚油

イワシ油	DHA等多い・酸化されやすい
タラ肝油	DHA・価格等 そこそこ
マグロ油	DHA等多い・酸化されやすい・高価
サーモン油	安価・DHA等は少ない（養殖サーモン）

家禽油 植物油

DHA/EPA（海産魚類の必須栄養素）は含まれない。

鶏油	パルミチン酸が多い・安価
大豆油	リノール酸が多い
菜種（キャノーラ）油	オレイン酸が多い
パーム油	パルミチン酸が多い・安価

藻類油

オーランチキトリウム（培養）

DHA（海産魚類の必須栄養素）を豊富に含む。

飼料油脂の違い

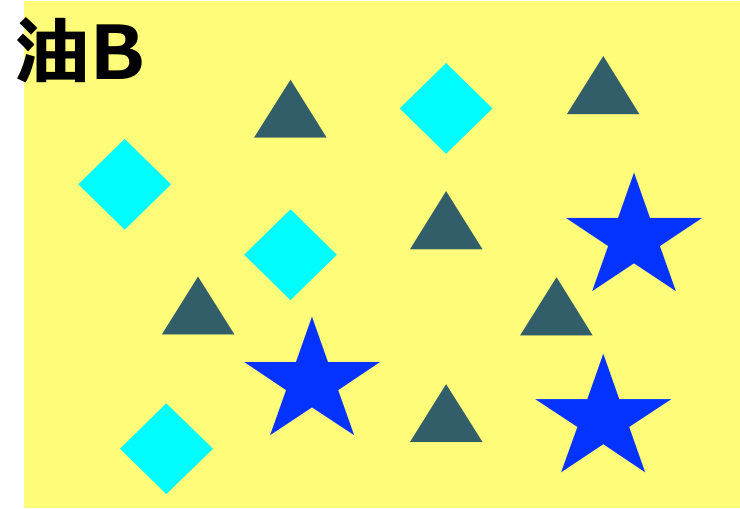
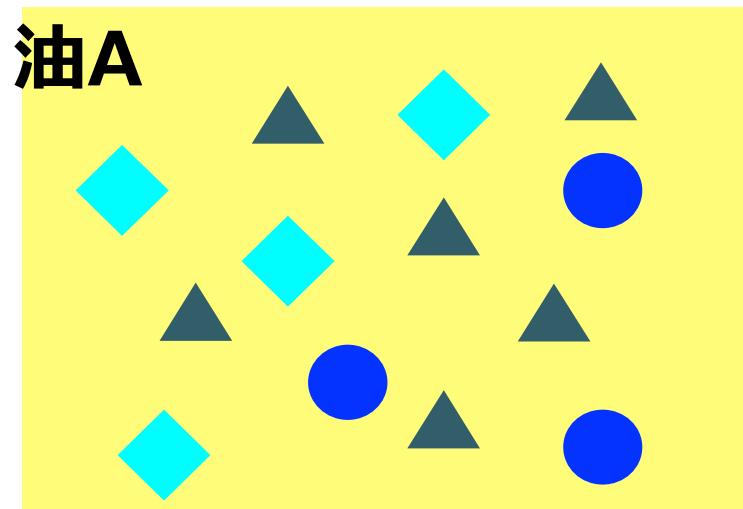
油の性質（融点）に違いがある（4°Cでの保管下）



油の違いは何の違い？

脂肪酸組成 (%)	菜種油	パーム油	大豆油	藻類油	オキアミ	タラ肝油	マグロ油
パルミチン酸	3.1	40.6	10.0	48.0	26.6	13.3	18.6
オレイン酸	67.7	44.0	30.0		15.4	10.0	15.0
リノール酸	20.6	11.2	60.0		1.4	1.5	1.2
リルン酸	5.8				0.5	1.0	0.7
アラキドン酸					0.3		1.5
エイコサペンタエン酸				0.23	10.0	8.9	7.3
ドゴサヘキサエン酸				23.6	4.9	8.8	26.7

油を構成する脂肪酸の種類・割合がことなる。



油（脂肪酸）の違いは何を生む？

脂肪酸組成 (%)	菜種油	パーム油	大豆油	藻類油	タラ肝油	オキアミ	マグロ油
パルミチン酸	3.1	40.6	10.0	48.0	13.3	26.6	18.6
オレイン酸	67.7	44.0	30.0		10.0	15.4	15.0
リノール酸	20.6	11.2	60.0		1.5	1.4	1.2
リルン酸	5.8				1.0	0.5	0.7
アラキドン酸						0.3	1.5
エイコサペンタエン酸				0	8.9	10.0	7.3
ドゴサヘキサエン酸				23.6	8.8	4.9	26.7

エネルギーとしての利用されやすさ（ β -酸化）に差がある！

エネルギー源に適している？

パルミチン酸
オレイン酸

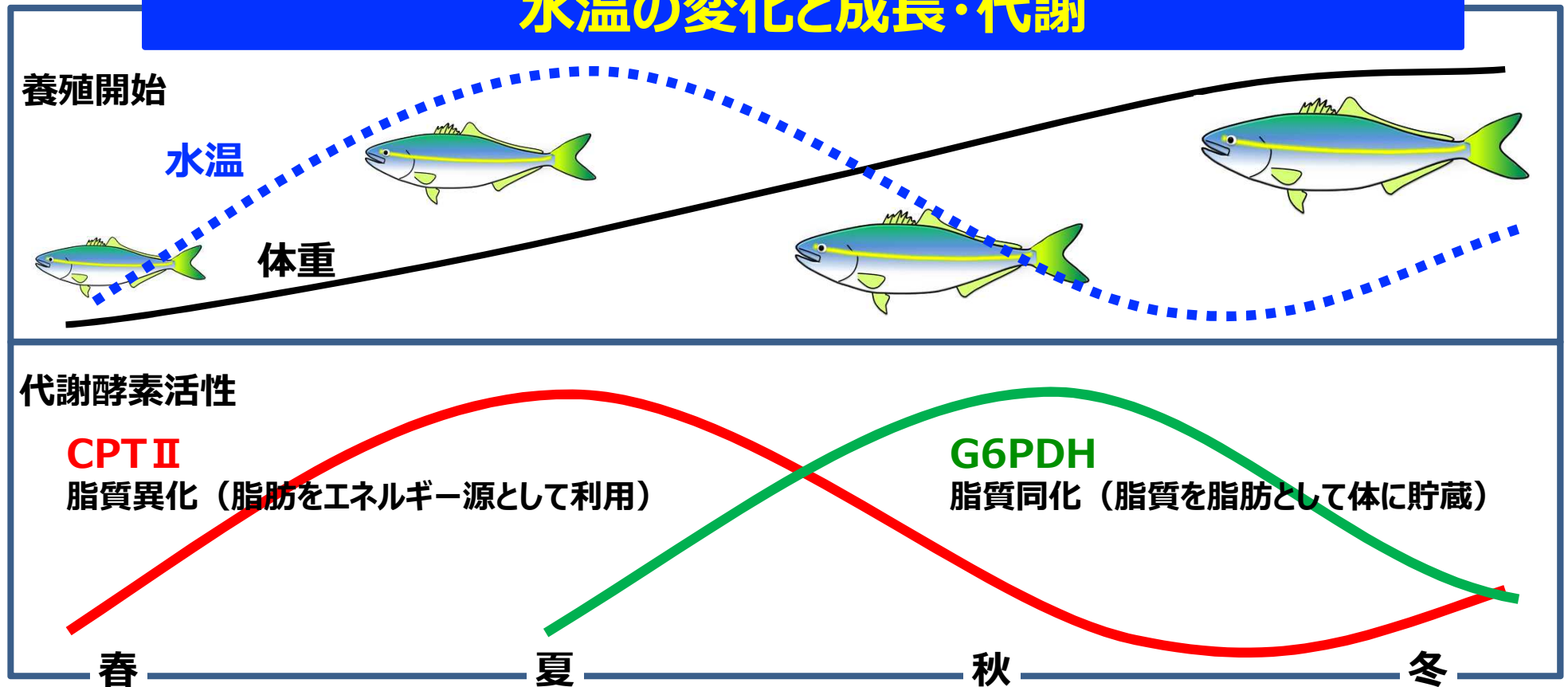
蓄積に適している？

リノール酸
ドコサヘキサエン酸

ブリの体（生理状態）に合わせて油脂を選べば効率良く成長する！？

ブリの体（生理状態）は季節でどう変わる？

水温の変化と成長・代謝



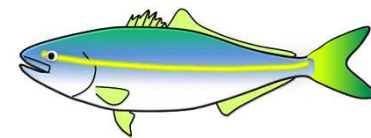
ブリの身質

夏：ほっそり（脂肪が少ない） ⇒ 脂質を**エネルギー源**として**利用**

冬：まるまる（脂肪が多い） ⇒ 脂質を**体脂肪**として**蓄積**

ブリは季節で脂質の利用方法を変えている！

研究の仮説



季節に合わせて油脂を選べば効率良く成長する！？

油脂

エネルギー源に適している？

パルミチン酸
オレイン酸 } 植物油に多い

蓄積に適している？

リノール酸
ドコサヘキサエン酸⇒マグロ油に多い

ブリの身質

夏：ほっそり（脂肪が少ない）⇒脂質をエネルギー源として利用？

冬：まるまる（脂肪が多い）⇒脂質を体脂肪として蓄積？

春～夏（高水温期・水温上昇期）：植物油を配合

秋～冬（低水温期・水温下降期）：マグロ油を配合

背景：植物油による魚油代替

植物油脂・動物油脂

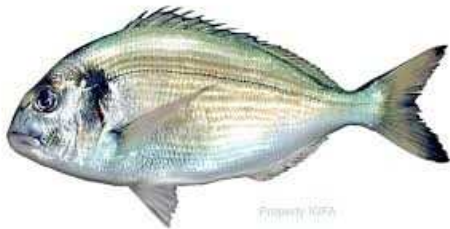
- 飽和脂肪酸や不飽和脂肪酸に富む
- **n-3 HUFAの欠乏**
- 豊富な資源量
- 安い価格

適切でない代替を行うと

成長
摂餌量
生存率



これまでの魚油代替



ヨーロッパヘダイ
(Izquierdo et al., 2005)



ヨーロッパスズキ
(Mourente et al., 2005)

魚油の60%までなら、問題なく代替可能。

焦点

- 必須脂肪酸要求を満たすこと
- エネルギー要求を満たすこと
- 魚油と同等の成長を示すこと

現在、魚油の代替は价格的利点でのみ行われている

今日の発表内容

1. はじめに

ブリの餌

飼料に使われる油脂

ブリの脂質利用

2. 試験1

高水温期・水温上昇期のイサ

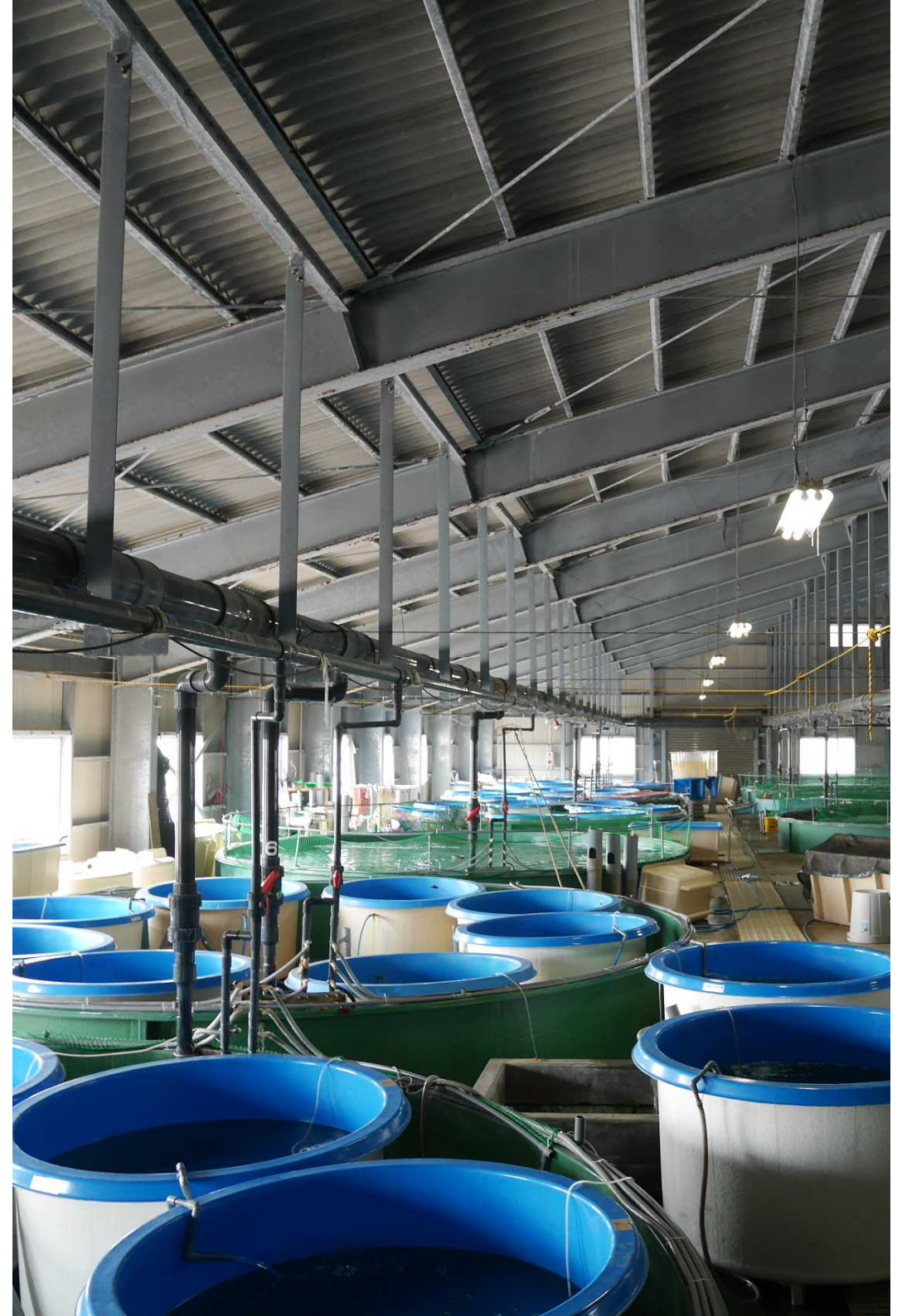
飼育成績

3. 試験2

低水温期・水温下降期のイサ

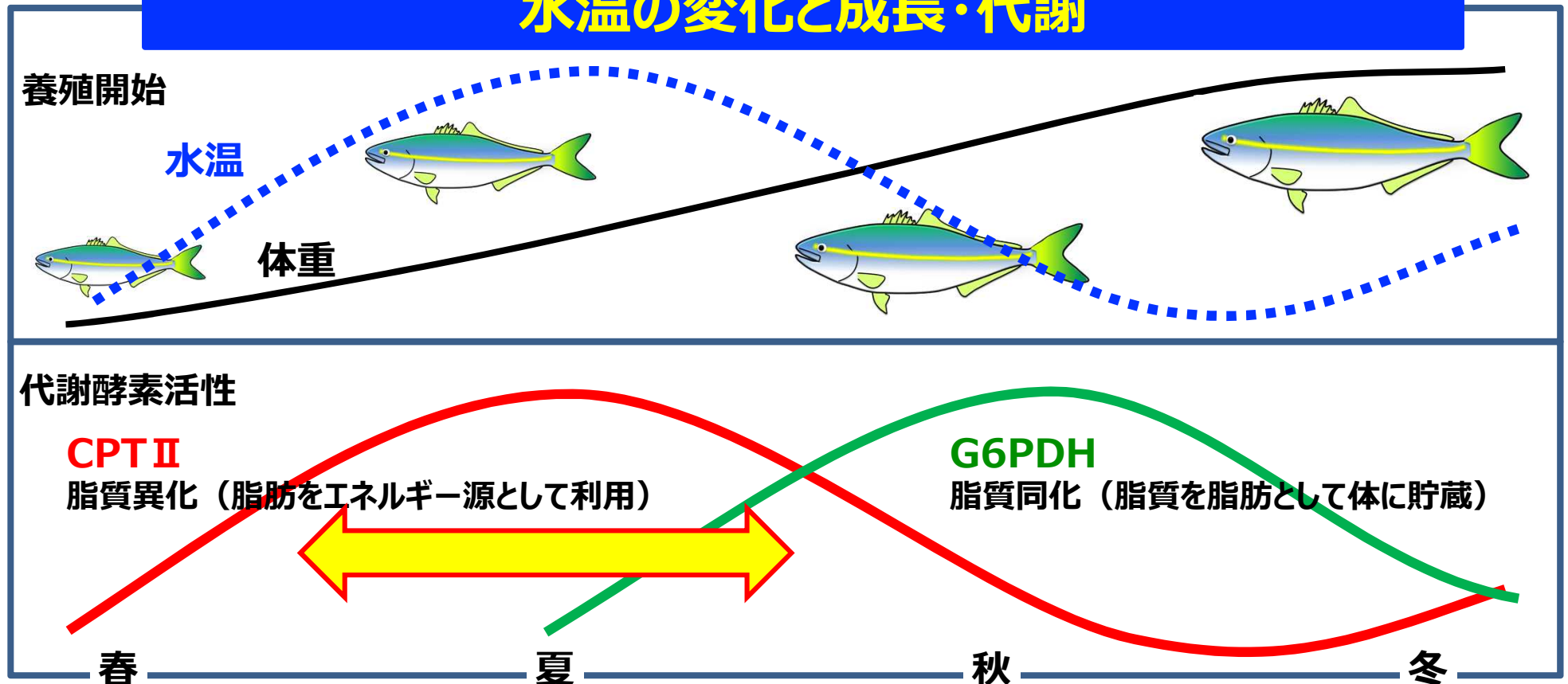
飼育成績

肉質評価と高付加価値化



ブリの体（生理状態）は季節でどう変わる？

水温の変化と成長・代謝



ブリの身質

- 夏**：ほっそり（脂肪が少ない） ⇒ 脂質を**エネルギー源**として**利用**
- 冬**：まるまる（脂肪が多い） ⇒ 脂質を**体脂肪**として**蓄積**

高水温期にエネルギー源になりやすい植物油を配合！

試験1: 飼料組成

- 主なタンパク質源にカゼイン（脂質含量 1%）を使用
- 魚油（タラ肝油）の60 gをキャノーラ油（C）とパーム油（P）を用いて代替

	Control	C60P0	C45P15	C30P30	C15P45	C0P60
原料(g)						
カゼイン	525	525	525	525	525	525
タラ肝油	180	120	120	120	120	120
キャノーラ油（C）	0	60	45	30	15	0
パーム油（P）	0	0	15	30	45	60
摂餌刺激物質	50	50	50	50	50	50
その他	225	225	225	225	225	225
分析値（%）						
粗タンパク質	50.7	49.4	50	50	49.5	51
粗脂質	17.1	17.7	17.1	18.7	18.4	18.2

試験1：飼料の脂肪酸組成

脂肪酸 (%)	飼料の種類					
	Control	C60P0	C45P15	C30P30	C15P45	C0P60
パルミチン酸	13.6	11.1	13.9	17.4	21.6	23.1
オレイン酸	12.7	30.0	30.3	29.2	27.3	24.0
リノール酸	1.5	3.9	6.9	6.4	5.6	4.5
EPA	12.1	8.5	8.0	7.7	7.6	7.6
DHA	16.1	8.7	8.4	8.3	8.2	9.7
飽和脂肪酸	21.7	17.3	20.1	23.8	28.1	29.7
一価不飽和脂肪酸	38.8	49.5	48.2	46.5	43.8	41.3
n-3 多価不飽和脂肪酸	31.2	19.0	18.1	17.6	17.4	19.0
Total n-6	2.0	4.3	7.2	6.7	5.9	4.8
Pal+Ole	26.3	41.1	44.1	46.7	48.8	47.1
Pal/Ole	1.1	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
n-3/n-6	16.2	3.1	2.9	2.9	3.2	4.1

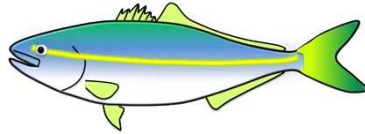
- パルミチン酸 (16 : 0)
- オレイン酸 (18:1n-9)
- n-3 LC-PUFA
- Pal/Ole

パーム油の増加により**増加**
 パーム油の増加により**減少**
 ブリの要求量を満たしている
 パーム油の増加により**増加**

試験1: 飼育試験

飼育条件

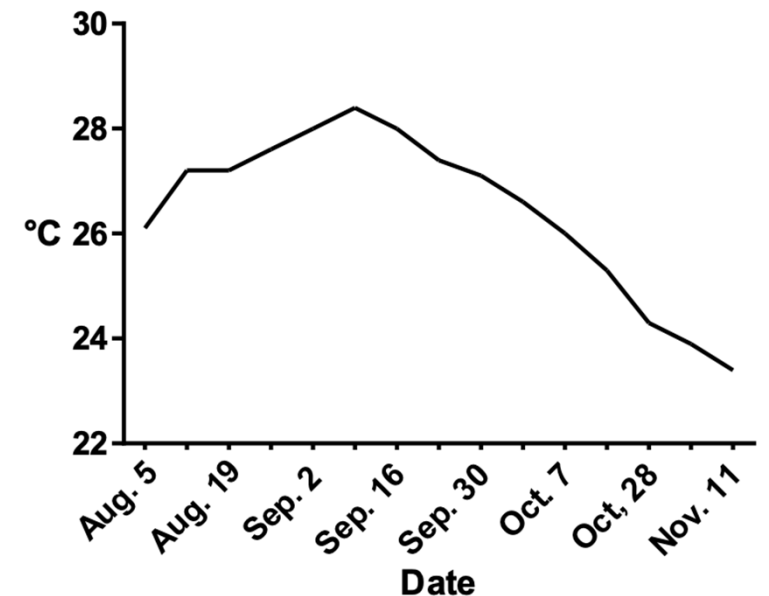
- 供試魚 ブリ
- 平均体重 63.4 g
- 飼育密度 15尾/1,100 L 容水槽、3反復
- 給餌 1回/日 (飽食量)、6日/週
- 飼育期間 8月4日 - 11月12日 (12週間)
- 水温 26.4 ⇒ 28.7 ⇒ 23.2 °C
(天然モジャコが取れず、開始が遅れた。)



測定項目

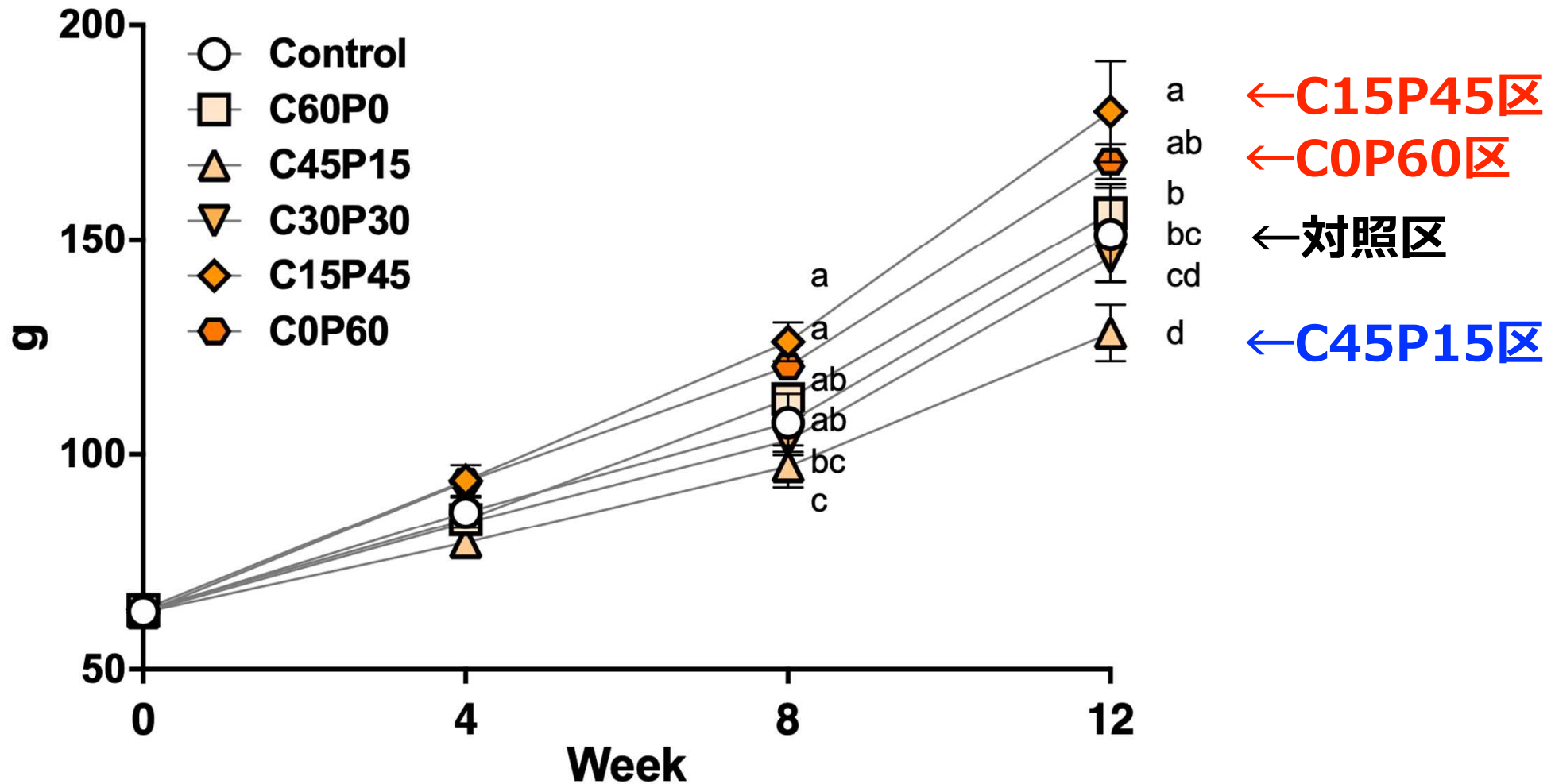
- 成長成績
- 一般成分 (粗タンパク質、粗脂質、灰分、水分)
- 脂肪酸組成
- 栄養素・脂肪酸の蓄積率
- 脂質代謝酵素活性 (G6PDH、CPT II)
- 肝臓組織切片撮影

水温の推移



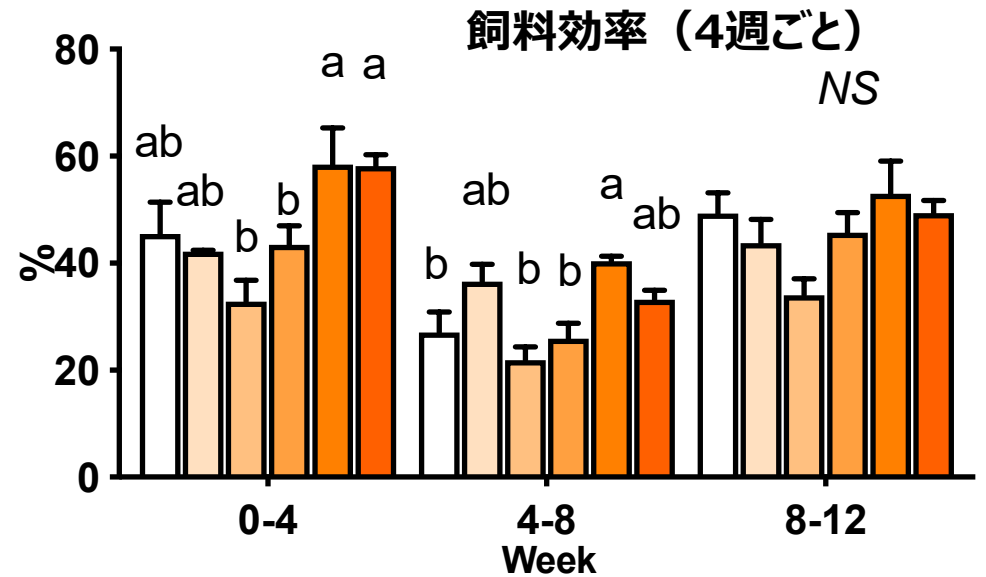
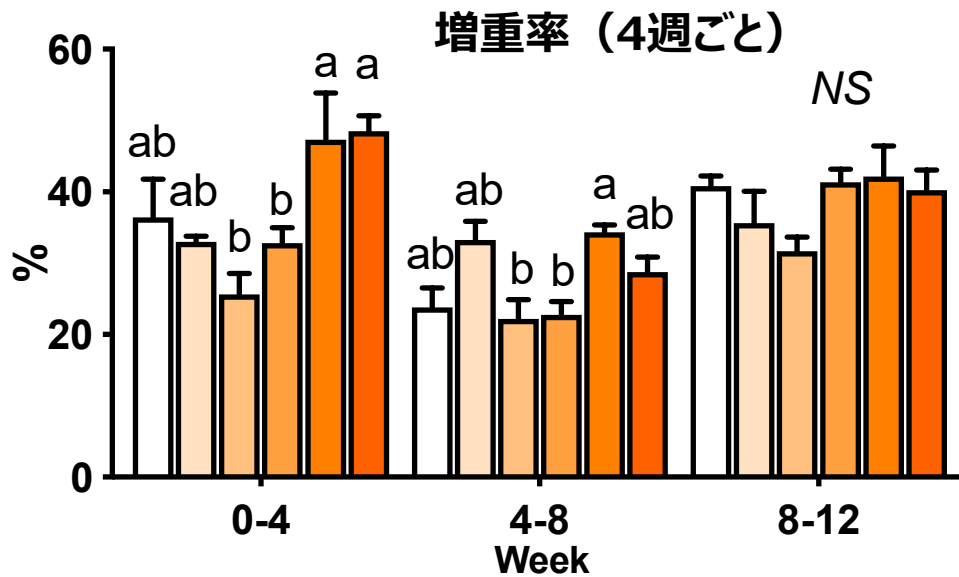
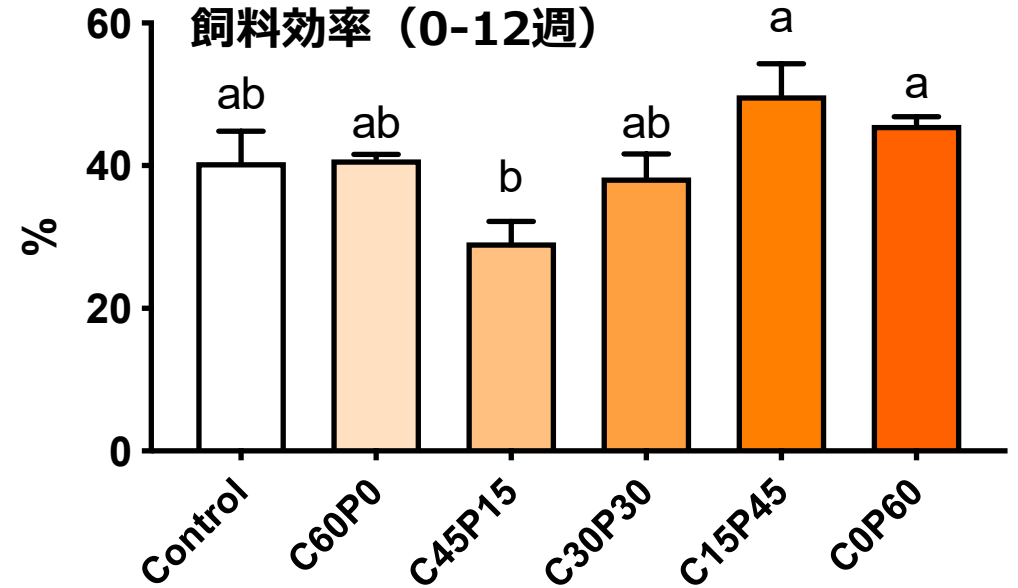
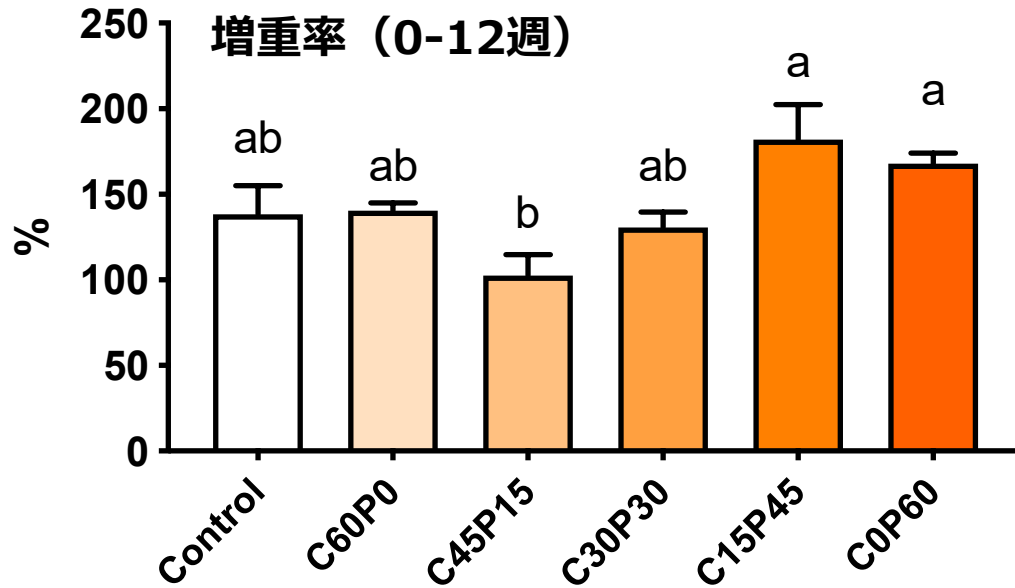
試験1：成長成績

平均魚体重



平均体重は対照区に比べて**C15P45区**と**C0P60区**が優れ、**C45P15区**が劣った。

試験1: 成長成績

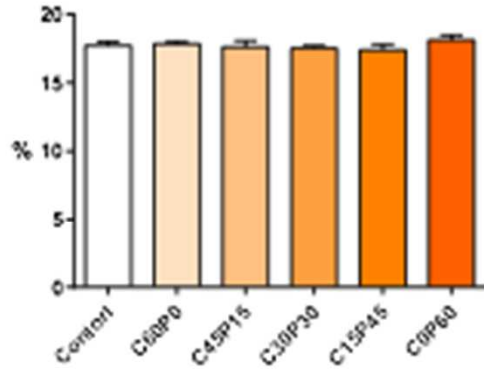


- **C15P45区およびC0P60区で対照区よりも優れた成長**
- **4-8週目でのみC60P0区が対照区よりも優れた成長**
- 水温の低下に伴って、差は消失

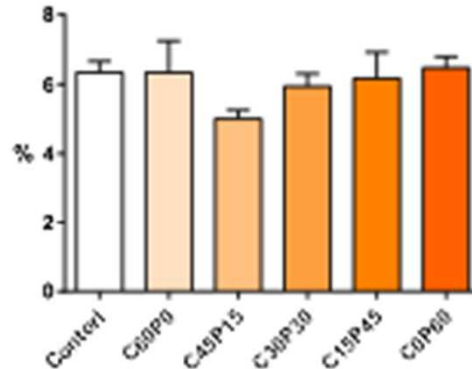
試験1: 一般成分

全魚体

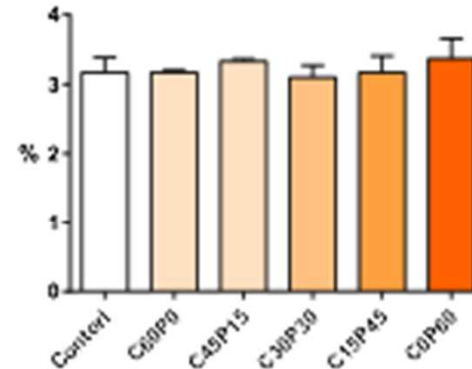
粗タンパク質



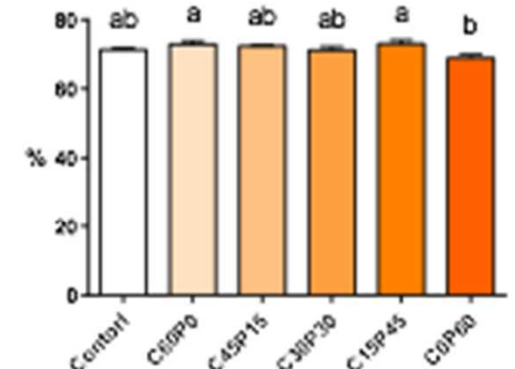
粗脂質



灰分

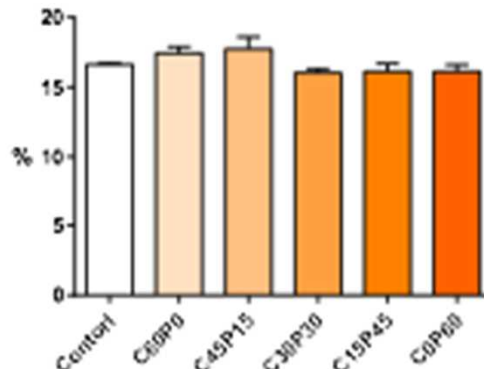


水分

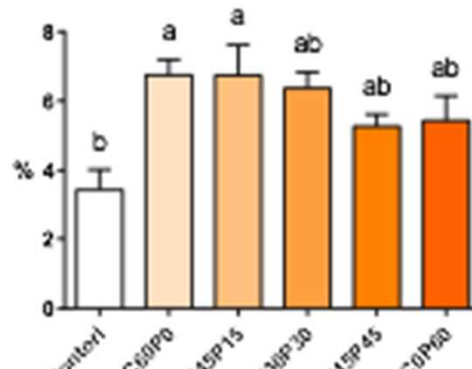


肝臓

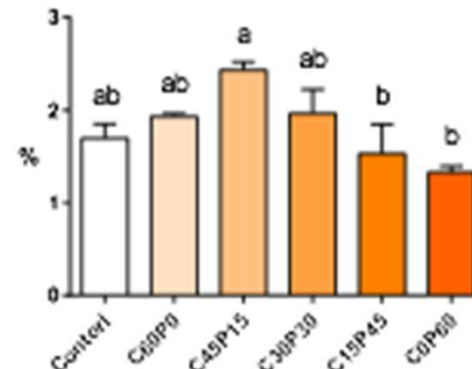
粗タンパク質



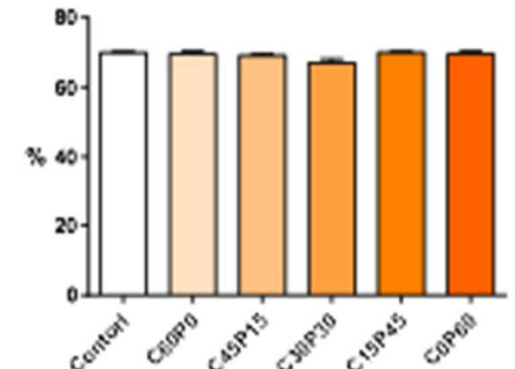
粗脂質



灰分

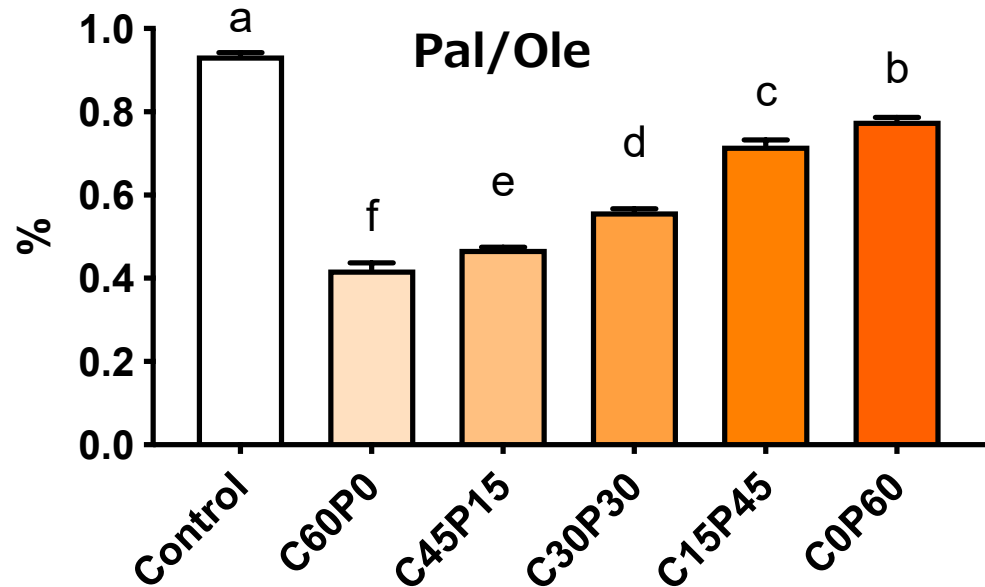
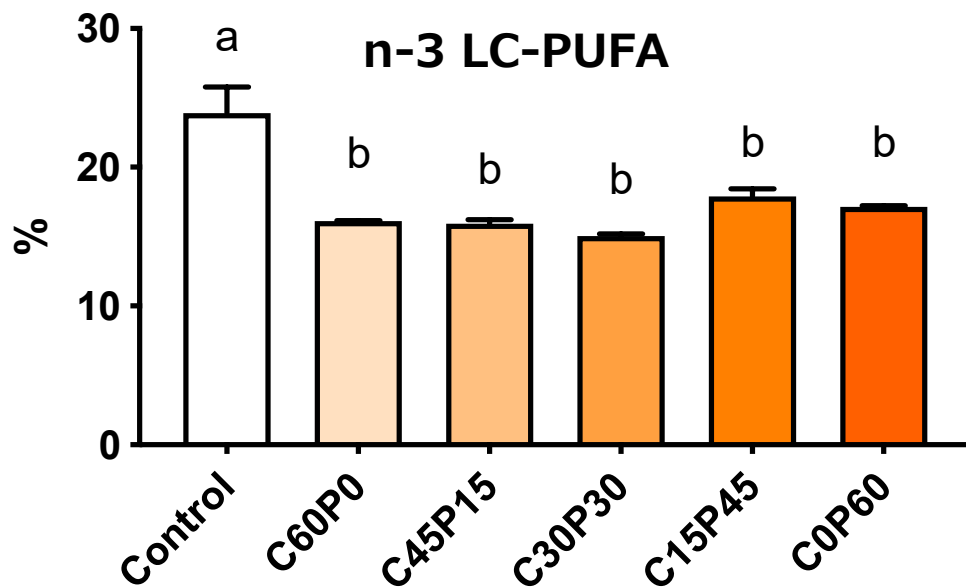
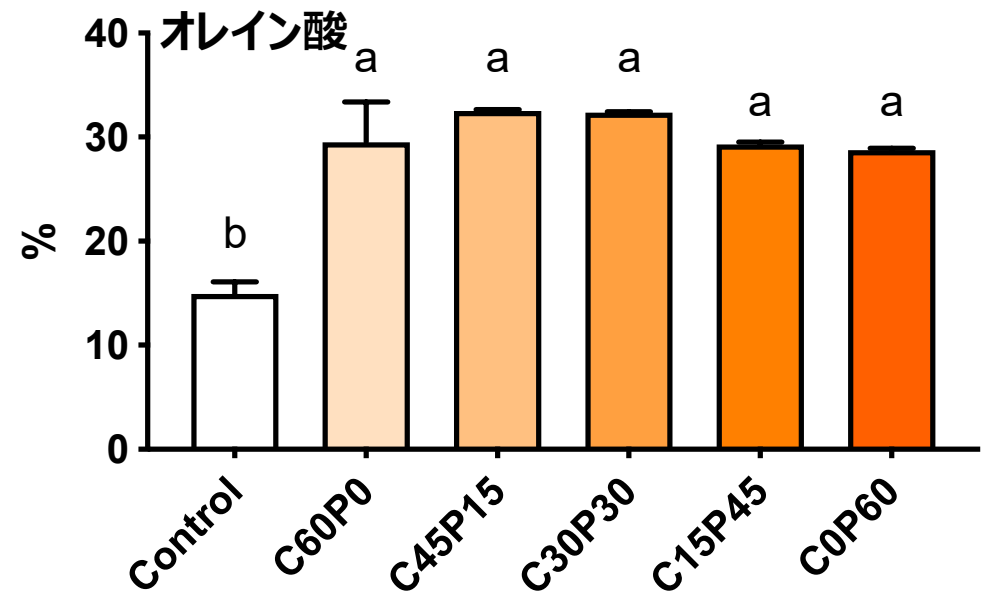
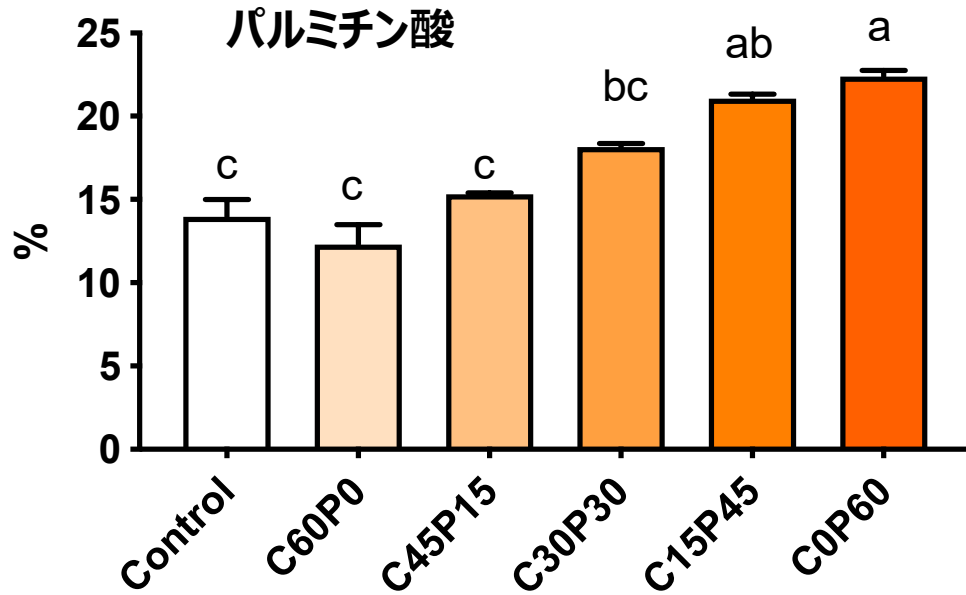


水分



- フィレでは水分でのみ有意差あり
- 肝臓では粗脂質と灰分で有意差あり
- 肝臓の粗脂質は成長の良かった試験区で低い傾向

試験1: 全魚体の脂肪酸組成



- 飼料の脂肪酸組成を概ね反映した。
- パルミチン酸に比べてオレイン酸の変化は乏しい。

試験1: 栄養素および脂肪酸の蓄積率

蓄積率

	Control	C60P0	C45P15	C30P30	C15P45	C0P60
タンパク質	14.1 ± 1.8 ^{ab}	15.0 ± 0.1 ^{ab}	10.2 ± 0.7 ^b	13.3 ± 1.1 ^{ab}	17.3 ± 2.0 ^a	16.4 ± 0.8 ^{ab}
脂質	20.5 ± 0.8 ^{ab}	23.5 ± 0.4 ^a	11.6 ± 0.5 ^b	16.7 ± 1.9 ^{ab}	21.6 ± 4.4 ^{ab}	21.3 ± 1.6 ^{ab}
パルミチン酸	18.7 ± 1.1	20.9 ± 4.0	11.2 ± 0.7	17.0 ± 2.1	21.5 ± 4.6	21.2 ± 2.0
オレイン酸	21.2 ± 1.3	22.9 ± 5.4	14.4 ± 0.4	20.3 ± 2.1	24.5 ± 4.6	26.9 ± 2.2
EPA	13.5 ± 0.8 ^b	12.8 ± 1.4 ^{ab}	6.8 ± 0.3 ^b	10.7 ± 1.5 ^{ab}	16.4 ± 3.5 ^a	15.9 ± 1.3 ^a
DHA	14.1 ± 2.0 ^{ab}	16.1 ± 1.1 ^{ab}	4.3 ± 0.5 ^b	7.7 ± 1.7 ^{ab}	20.1 ± 6.6 ^a	14.2 ± 1.4 ^{ab}

■ すべての試験区で**パルミチン酸** < **オレイン酸**

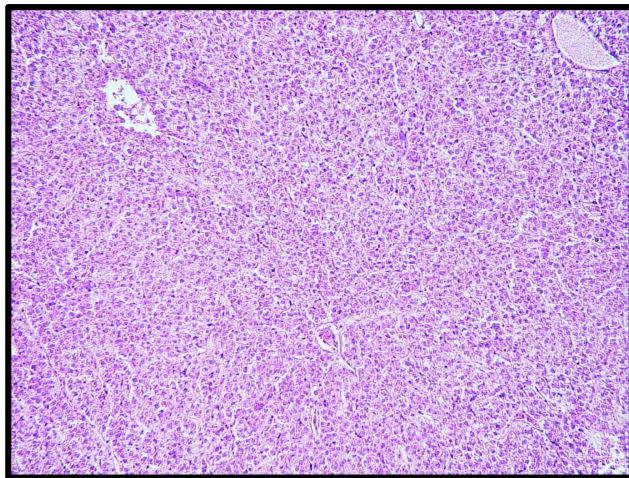
→ **パルミチンの方がエネルギー源として優れている可能性**

■ **C15P45区**のタンパク質、EPAおよびDHAの蓄積率が高い

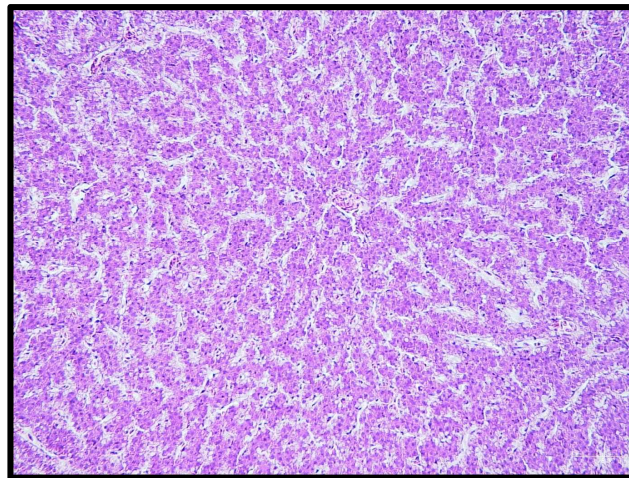
→ **至適な脂肪酸組成によって、蓄積率が向上**

試験1：肝臓組織切片

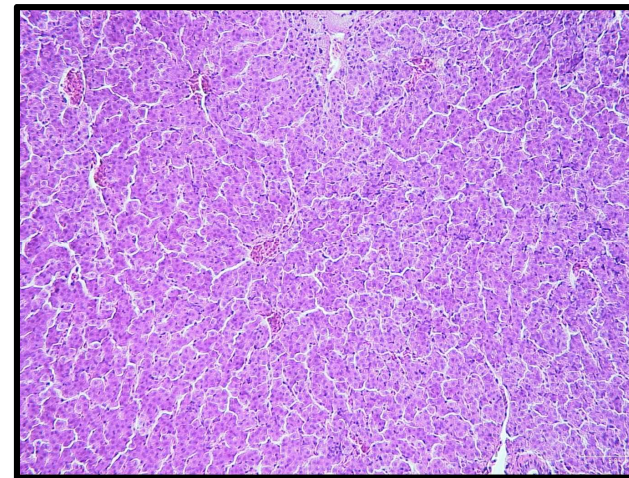
対照区



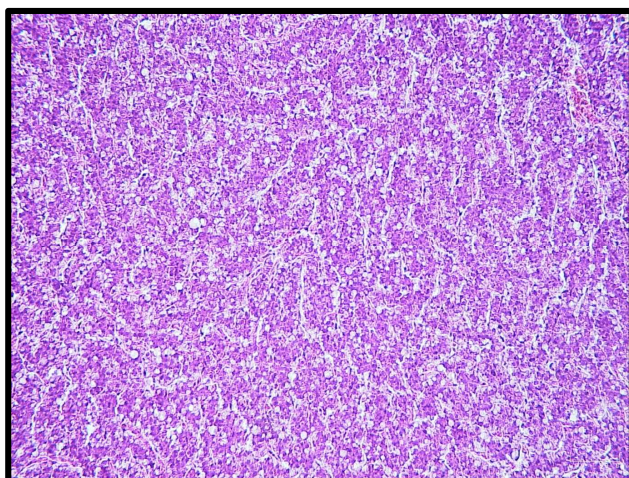
C60P0区



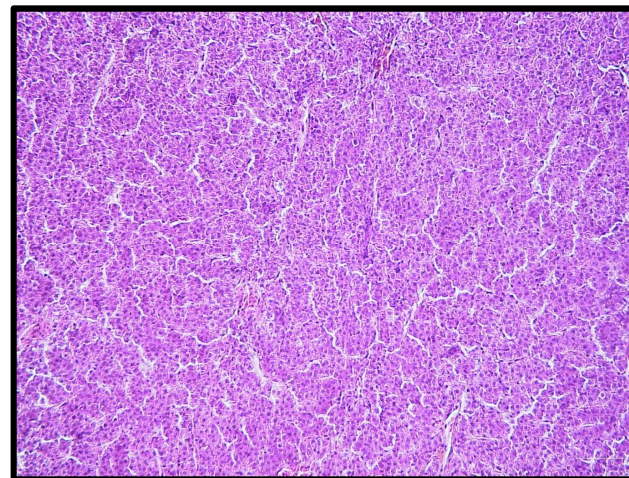
C45P15区



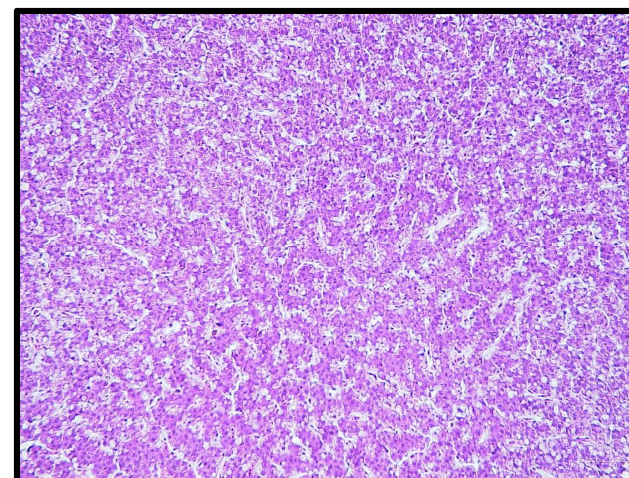
C30P30区



C15P45区



C0P60区



- 外観での差違はわからなかった
- 組織切片観察で代替区では細胞間隙が観察された

試験1: まとめ

成長成績

- **C15P45区, C0P60区** \geq C60P0区, 対照区, C30P30区 \geq **C45P15区**
(C15P45区, C0P60区 $>$ C45P15区)
- C60P0区は4-8週目（最も高水温）でのみ、対照区より優れた成長
- 蓄積率は**パルミチン酸** $<$ **オレイン酸**

パルミチン酸が β 酸化の基質として優れている
オレイン酸は水温が28°C前後の際にのみ有効

◆これまでの数年間に渡る類似試験の結果

カロリー・プロテイン (C・P) 比で結果をしてみる

試験1 CP比 ○76.0

試験2 CP比 ○70.7, ×CP比 85.2

試験3 CP比 ○71.9

試験4 CP比 ○78.2

試験5 CP比 ○78.2

試験6 CP比 ×81.4

植物油（パルミチン酸・オレイン酸）が有効に利用されるためには、何らかの条件がある？
CP比 80未満？ \Rightarrow 脂質利用のキャパシティ

今日の発表内容

1. はじめに

ブリの餌

飼料に使われる油脂

ブリの脂質利用

2. 試験1

高水温期・水温上昇期のイサ

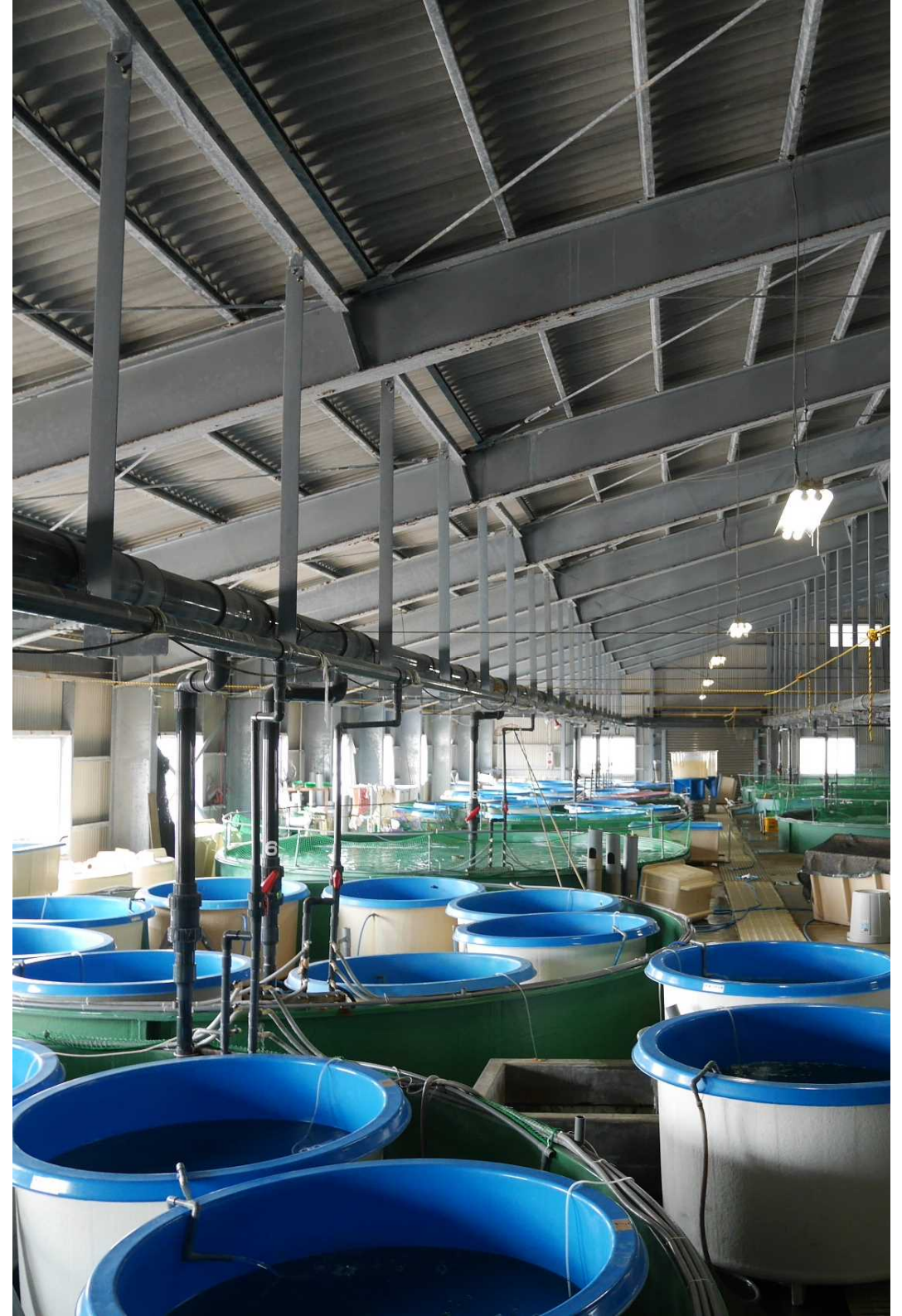
飼育成績

3. 試験2

低水温期・水温下降期のイサ

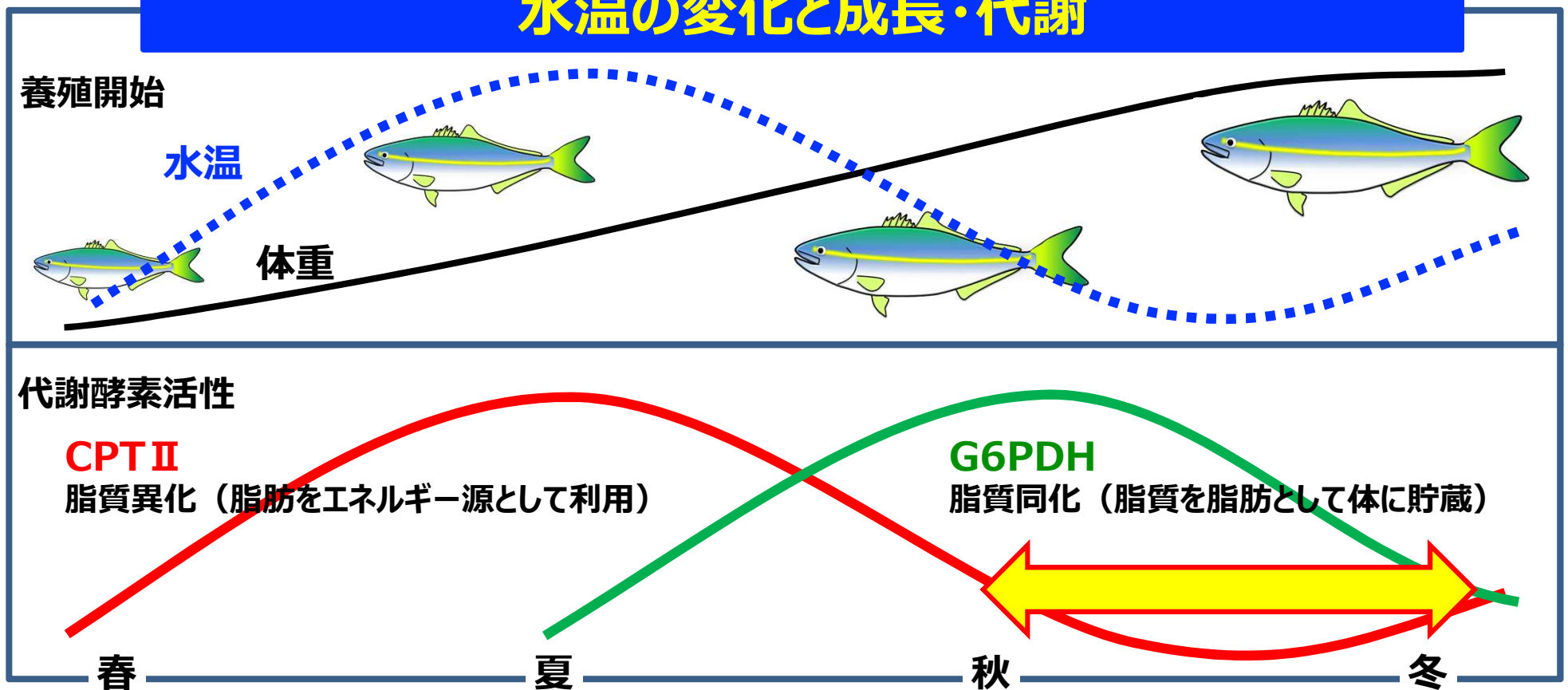
飼育成績

肉質評価と高付加価値化



ブリの体（生理状態）は季節でどう変わる？

水温の変化と成長・代謝



ブリの身質

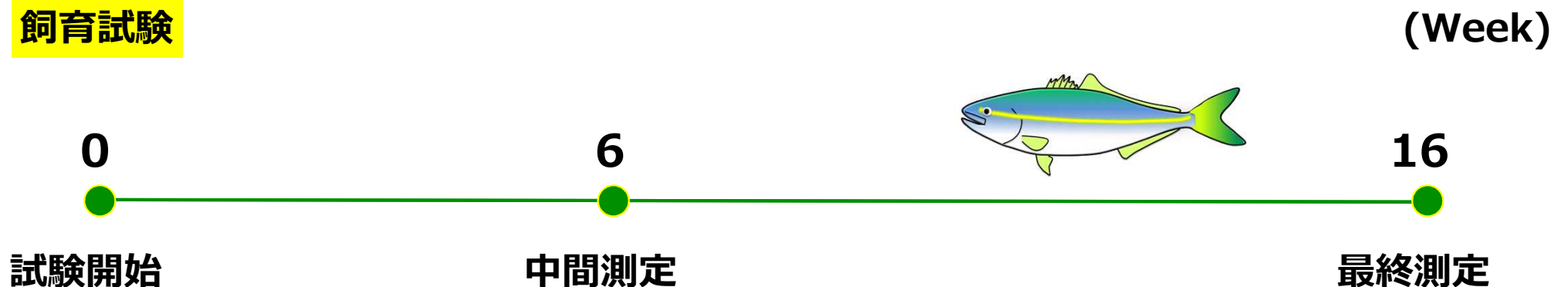
- 夏**：ほっそり（脂肪が少ない） ⇒ 脂質を**エネルギー源**として**利用**
- 冬**：まるまる（脂肪が多い） ⇒ 脂質を**体脂肪**として**蓄積**

低水温期に蓄積しやすいマグロ油を配合！

試験2: 方法

試験飼料	Control	T15	T30	T60
基礎飼料(g)	1000	1000	1000	1000
タラ肝油(g)	150	127.5	105	60
マグロオイル(g)	0	22.5	45	90
EPA (%/fatty acid)	7.9	7.6	7.3	7.1
DHA (%/fatty acid)	11.5	13.3	15.0	18.9

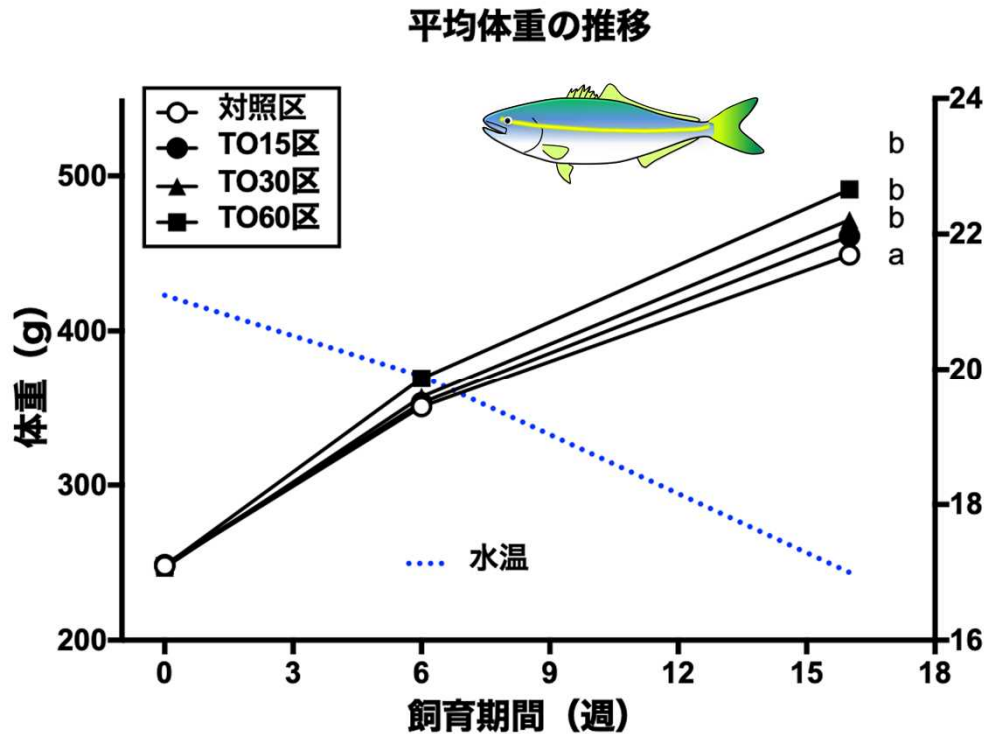
飼育試験



供試魚	ブリ	<i>Seriola quinqueradiata</i>	
初期体重	247.8 ± 0.7 g	水温	15.6~21.3 °C
飼育密度	18 尾 / 1.1 t 円形水槽	溶存酸素	3.75~6.20 mg/L

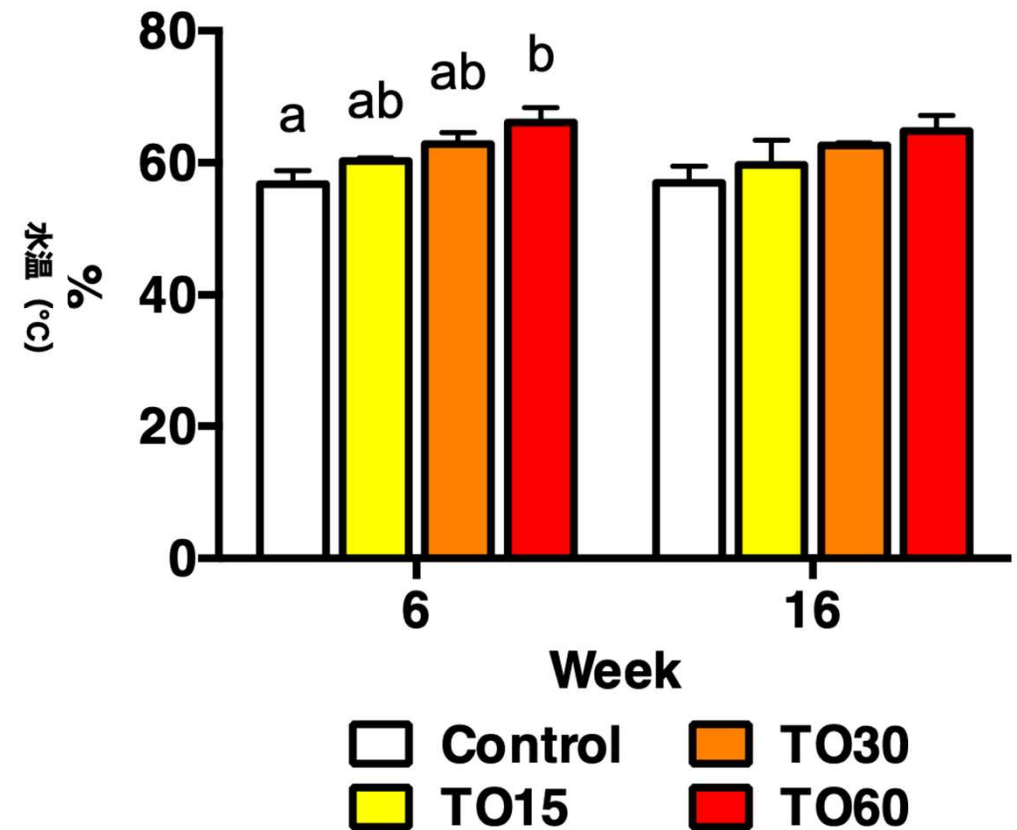
試験2: 成長成績

体重の変化



飼料効率

Feed efficiency



Feed efficiency : 飼料効率

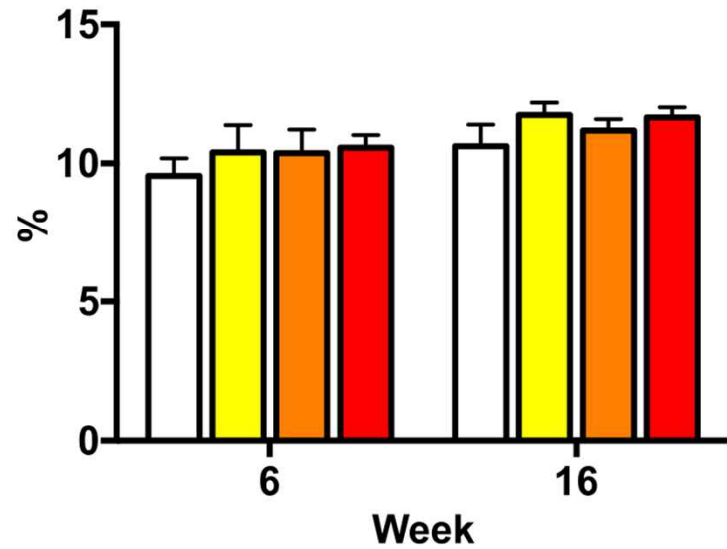
飼料効率 (%) = $100 \times \text{増えた体重 (g:湿重)} \div \text{摂取した餌 (g:乾重)}$

マグロオイル (TO) による成長への阻害なし。むしろ向上。

試験2: 全魚体成分

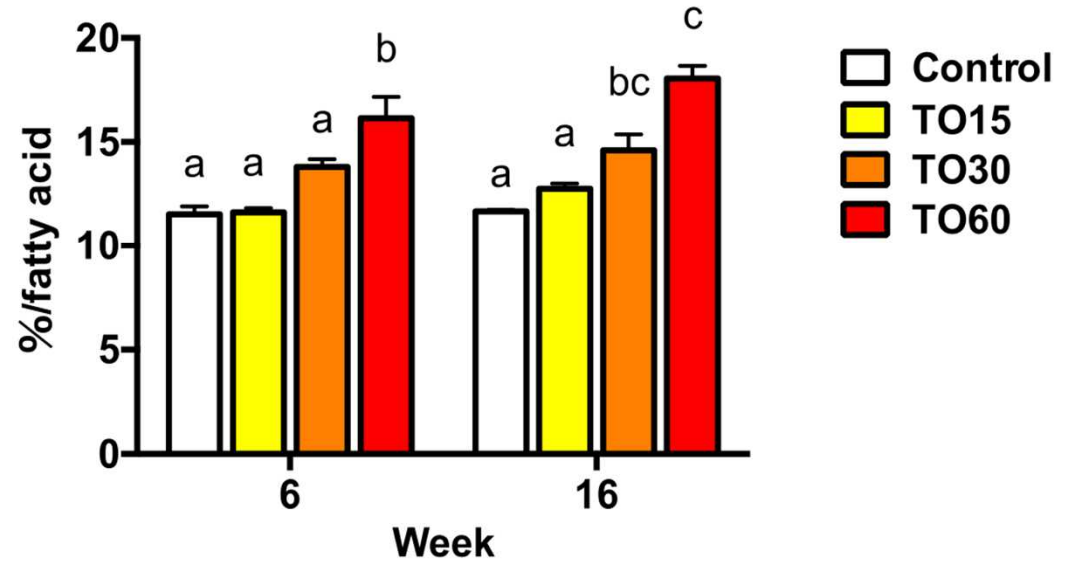
粗脂質

Crude lipid (whole body)



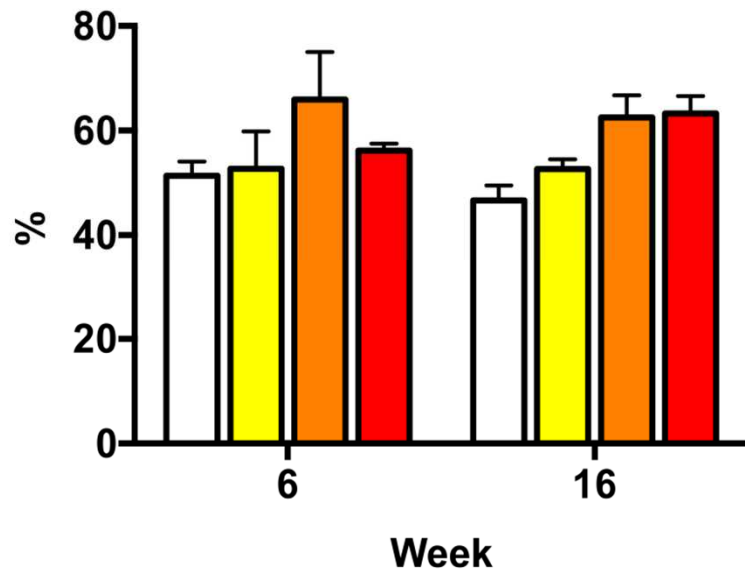
DHA(%)

DHA (whole body)



DHA蓄積率

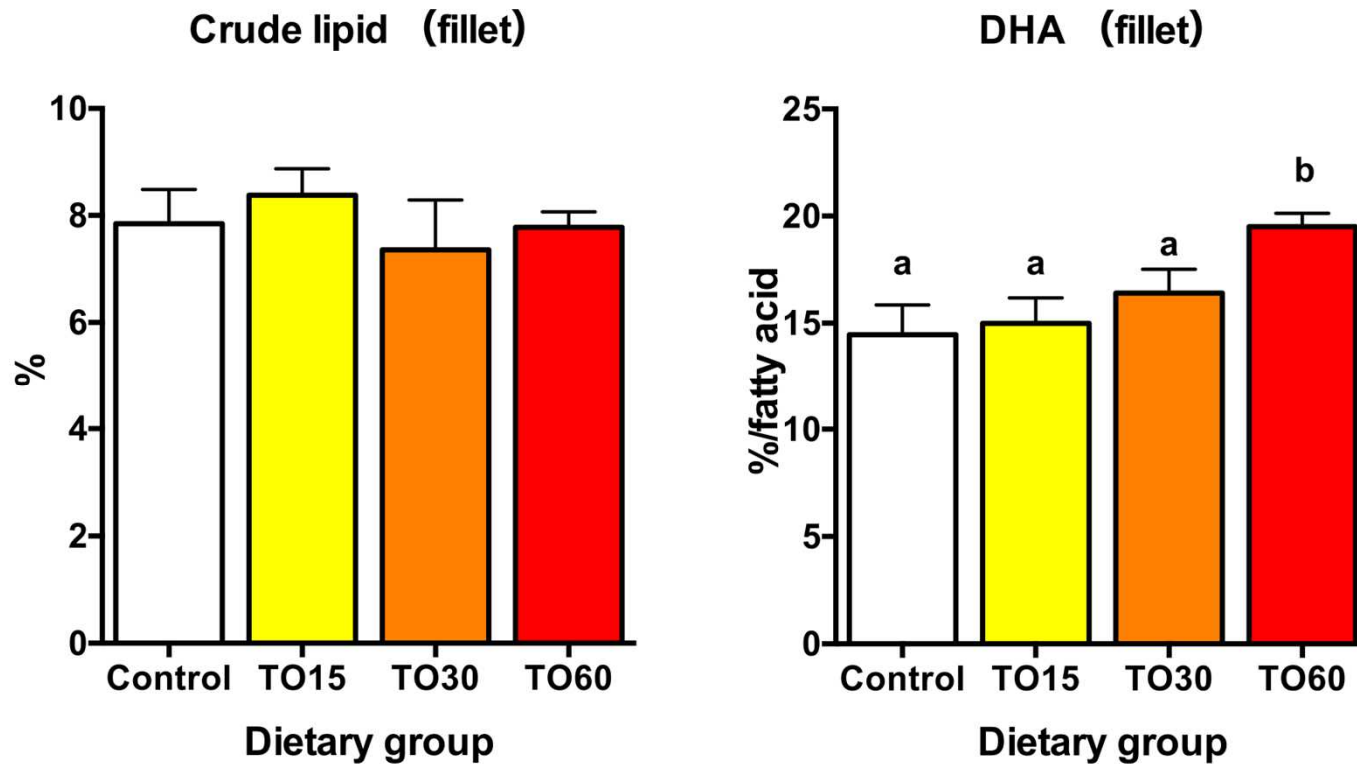
DHA retention



粗脂質含量：有意差なし
 DHA(%): 飼料DHA含量に依存して増加
 DHA蓄積：有意差はないがTO30以上が良い

	対照区	TO15区	TO30区	TO60区
脂質 (%)	10.6	11.7	11.2	11.7
DHA(%)	11.7	12.8	14.6	18.1
対照比	1.00	1.09	1.25	1.54
DHA (g/100g)	1.24	1.49	1.64	2.11
対照比	1.00	1.21	1.32	1.71

試験2: ファイルのDHA



粗脂質含量：有意差なし
DHA(%): 飼料DHA含量
に依存して増加

TO60区で1.35倍

	対照区	TO15区	TO30区	TO60区
脂質 (%)	7.84	8.38	7.36	7.78
DHA(%)	14.5	15.0	16.4	19.5
対照比	1.00	1.04	1.13	1.35
DHA (g/100g)	1.13	1.26	1.21	1.52
対照比	1.00	1.11	1.06	1.34

試験2: まとめ

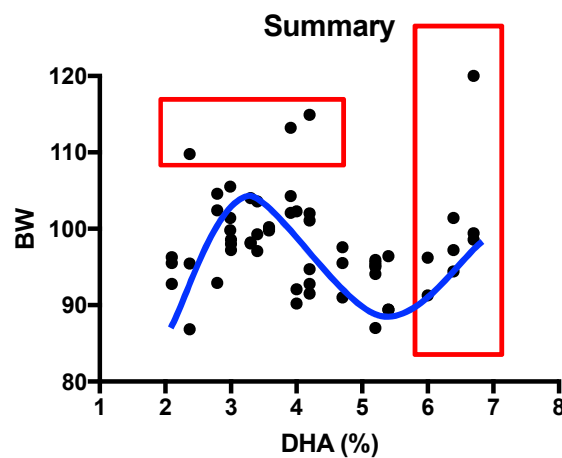
成長成績

- マグロ油の配合により成長が向上（DHA含量 3%以上）

身質

- マグロ油の配合によりDHA含量が増加

◆ これまでの数年間に渡る類似試験の結果



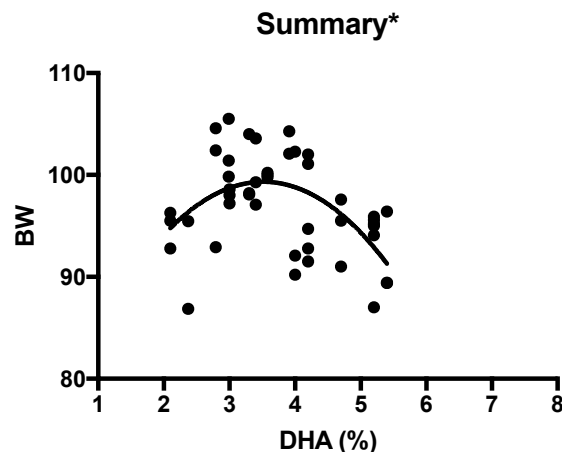
当歳の結果のみ成長と飼料DHA含量の関係をまとめた。

各試験DHA3.3%前後の飼料で得られた成長を100とし、各試験の数値を相対評価。

傾向としてN型を示す。

3.5%までは増加し、それ以上は減少、6%以上で増加に転じる。DHAブリ（2歳魚）に使用している飼料のDHA6%程度のため、成長が良好になる可能性がある。

下図は、高濃度と外れ値を省いた散布図。



回帰式

$$Y = 71.32 + 15.93x + (-2.265)X^2$$

$$\text{頂点 } 15.93 / (2.265 * 2) = 3.516\%$$

当歳魚冬季：DHAの至適含量は**3.5% in diet**となる。

他の脂肪酸とのバランスもあるかも。

■ 海面生け簀試験（尾鷲物産）



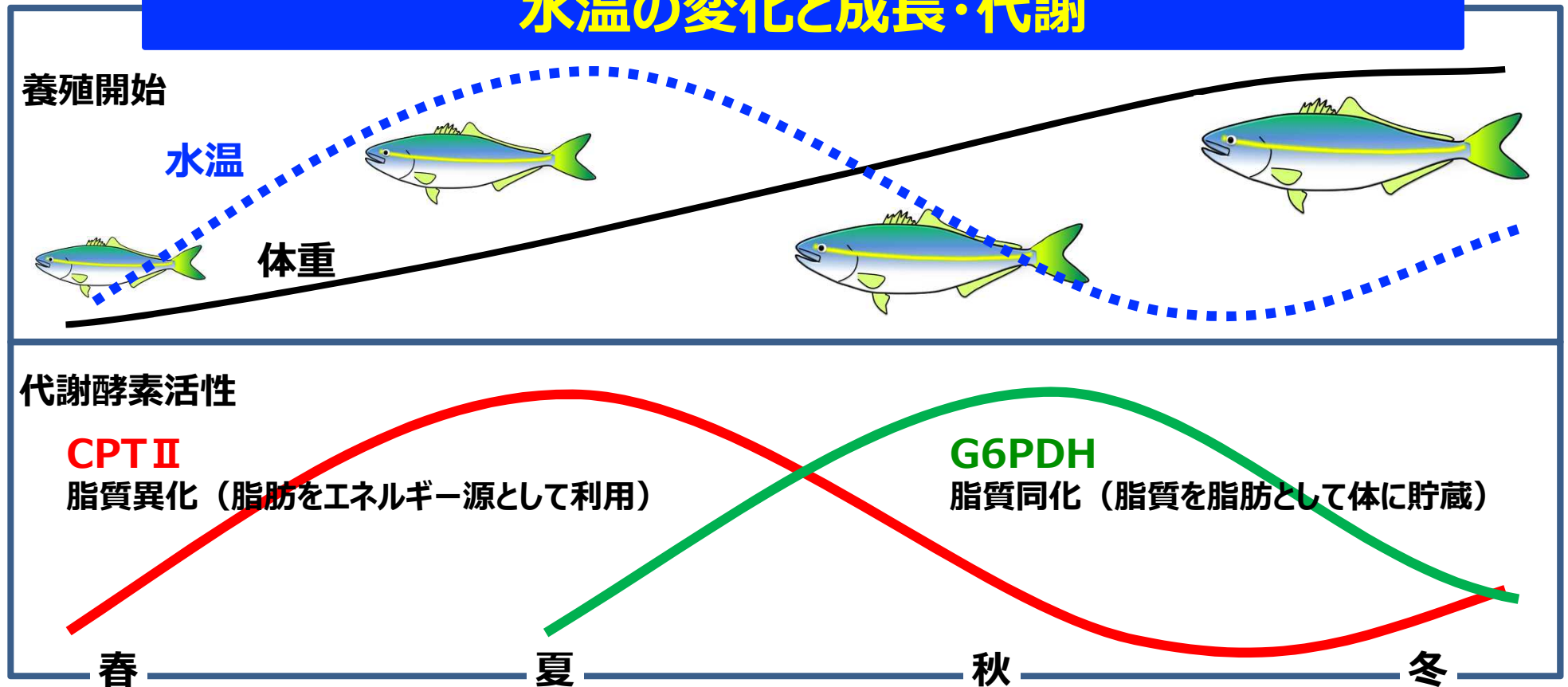
ファイル全体（背・腹）	平年のブリ	高DHA化ブリ
脂質（%）	25%前後	25%前後
DHA（g/100g）	2g前後	3～5g

尾鷲物産（株）ホームページにて、分析結果を開示。

魚種	クロマグロ （トロ：生）	クロマグロ （赤身）	大西洋サケ （養殖、生）	ブリ （養殖、生）	高DHA化ブリ
DHA （g/100g）	3.2	0.12	1.4	1.7	3以上

ブリの体（生理状態）は季節でどう変わる？

水温の変化と成長・代謝



ブリの身質

夏：ほっそり（脂肪が少ない） ⇒ 脂質を**エネルギー源**として**利用**

冬：まるまる（脂肪が多い） ⇒ 脂質を**体脂肪**として**蓄積**

季節に合わせて油脂を選択することで、効率化＋高付加価値化も可能！

代替油脂を用いた研究：成長の向上例

- 飽和脂肪酸や一価不飽和脂肪酸はβ酸化の基質として優れている。
- DHA（海産魚類の必須脂肪酸）は魚体に優先的に蓄積される。

代替油脂

季節



ヒラマサ

(Bowyer et al., 2015)

家禽油（魚油の50%を代替）

パルミチン酸, 16:0（飽和脂肪酸）

オレイン酸, 18:1n-9（一価不飽和脂肪酸）

夏季



ブリ

(Fukada et al., 2017,
Shinagawa et al., 2017)

キャノーラ油（魚油の50%を代替）

オレイン酸とパルミチン酸

夏季

マグロ加工残渣油

DHA, 22:6n-3が豊富

冬季

飼料の脂肪酸組成を魚の脂質代謝の状態に合わせることで
魚油の代替をさらに有効に行えると考えられる。