2026.2.20 情報交換会の概要

(於 東北大学レメタル棟)

<フェロー(高瀬 清美先生)の研究紹介・講演>



「農水のフィールドから食と健康を支える」

東北生活文化大学短期大学
生活文化学科 食物栄養学専攻　講師

石巻専修大学共創研究センター特別研究員を経て，2025年4月より現職。
自身が設立した一般社団法人マリンエコバイオ研究所の代表理事も務める。 博士(理学)

学校法人三島学園

東北生活文化大学

家政学部
家政学科
服飾文化専攻
健康栄養学専攻

美術学部
美術表現学科

東北生活文化大学短期大学部

生活文化学科
食物栄養学専攻
子ども生活専攻



- 東北生活文化大学高等学校
- ますみ幼稚園
- ますみ保育園

農水のフィールドから食と健康を支える

東北生活文化大学短期大学部
講師　髙瀬 清美

食品衛生の定義 (WHO)

「栽培(生育)、生産、製造から最終的に人に消費されるまでのすべての段階における食品の安全性、完全性、健全性を保障するのに必要なあらゆる手段」

「食」はさまざまな生物の命の循環

食に関わる生物の生理機能の健全性を保ちながら、農水産物の安全・安心確保や高品質化に関わる研究

(1) 農水産食品の安全・安心確保や高品質化

(2) 水産増養殖産業の活性化

(3) 環境の評価と保全

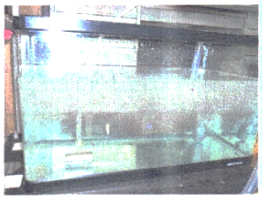
(1) 農水産食品の安全・安心確保や高品質化

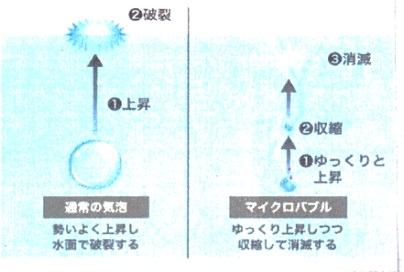
オゾンマイクロ(ファイン)バブルを用いた水産物の高品質化

マイクロバブル
・・・直径100μm未満の気泡

ナノバブル
・・・直径100nm未満の気泡

代表的な【自己加圧効果による圧縮破壊】の図解





オゾンファインバブルを用いたマボヤの高品質化



宮城県・・・ホヤの生産量 全国1位

刺身や酢の物などの生食が美味

⇒ 水揚げ後は急速に鮮度が低下するため、生食用として、関東以西に流通することはほとんどない

⇒ 生産量の約7割以上を韓国が消費していたが、2013年9月に原発事故を理由に輸入を禁止

県内の養殖業回復のためにも、ホヤの販路を拡大していくことが重要

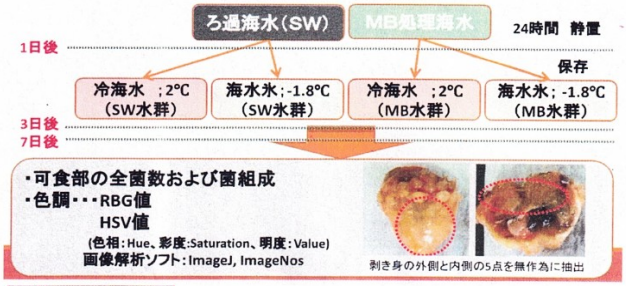
生食用ホヤを全国各地に届けるために、ホヤの鮮度を維持しながら保存・輸送できる方法を検討する必要あり！

オゾン超微細気泡(マイクロバブル)
気体にオゾンを利用した直径50μm以下の微細気泡。自己加圧効果等による殺菌作用や抗酸化作用を示すため、食品や医療の分野で利用。

保存前のオゾン超微細気泡(MB)処理が、マボヤの鮮度(細菌数および色)に及ぼす影響を調査

材料および方法

- 体重150g前後の宮城県石巻産のマボヤ（*Halocynthiaroretzi*）を使用
- 旋回式超微気泡発生装置 （タンノ冷機工業株式会社製）
  ⇒ 粒子数 1.6 × 10^{16} 個/L （メイワフォーシス株式会社製ナノパーティカルカウンター）
  粒径 0.8～2.0 μm （セイシン企業社製 SKレーザーマイクロンサイザー LMS-2000e）



- 可食部の全菌数および菌組成
- 色調・・・RBG値
  HSV値
  （色相：Hue、彩度：Saturation、明度：Value）
  画像解析ソフト：ImageJ, ImageNos

剥き身の外側と内側の5点を無作為に抽出

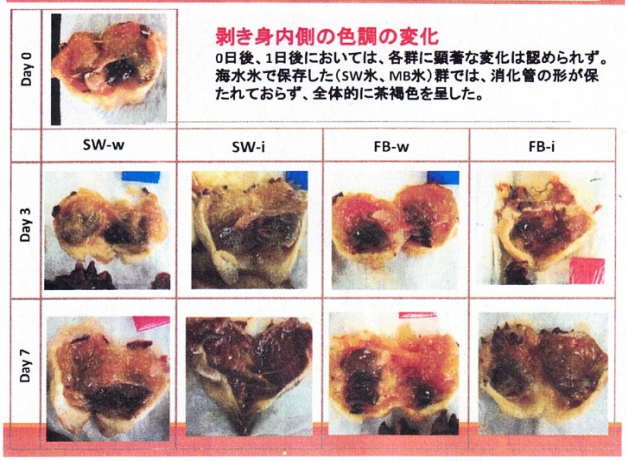
剥き身外側の色調の変化

0日後、1日後においては、各群に顕著な変化は認められず。
MB処理後冷海水で保存した（MB水）群では、7日後も鮮やかな黄色を保持した。



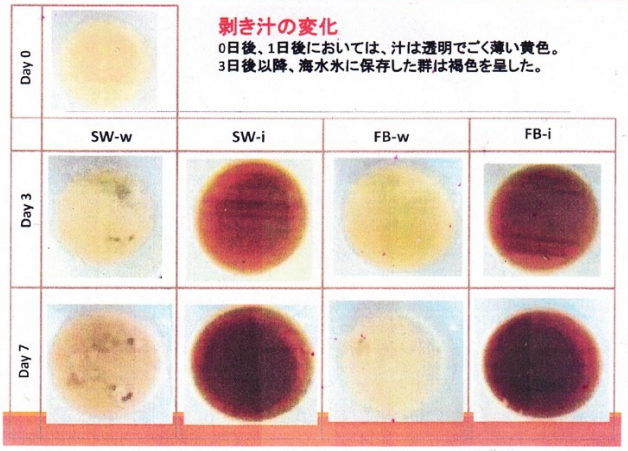
剥き身内側の色調の変化

0日後、1日後においては、各群に顕著な変化は認められず。
海水氷で保存した（SW氷、MB氷）群では、消化管の形が保たれておらず、全体的に茶褐色を呈した。

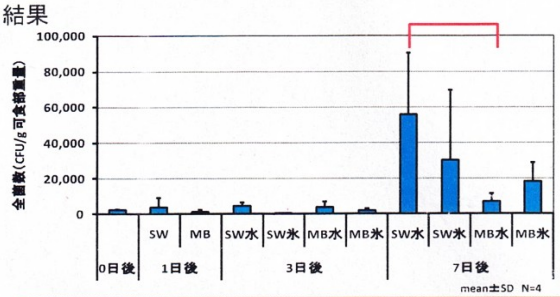


剥き汁の変化

0日後、1日後においては、汁は透明でごく薄い黄色。
3日後以降、海水氷に保存した群は褐色を呈した。



結果



全菌数の変化

- 保存日数の経過とともに、マボヤ中の全菌数は増加。
- 7日後において、MB処理後に冷海水で保存した（MB水）群では、MB未処理・冷海水保存（SW水）群に比べ、有意に低い値を示した。
  海水氷で保存した場合もほぼ類似した結果となった。

保存前のMB処理＋冷海水での保存

- 全菌数の増加を抑制
- 保存日数が経過しても、剥き身の色の鮮やかさを保持

⇒ オゾン超微細気泡の事前処理による、殺菌効果や酸化抑制効果が関与？

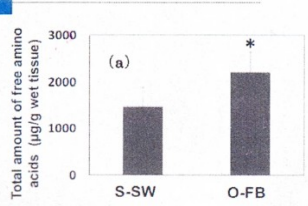
海水氷での保存 （現在の一般的な保存方法）
・・・ MB処理の有無に係わらず、可食部の褐色が激しく、剥き汁も茶褐色に変化
→ 保存温度が低すぎるため組織が損傷？

マボヤを鮮度を保ったまま輸送するには、MB処理後、冷海水での輸送が有効！

味や適性なMB処理時間については現在検討中・・・

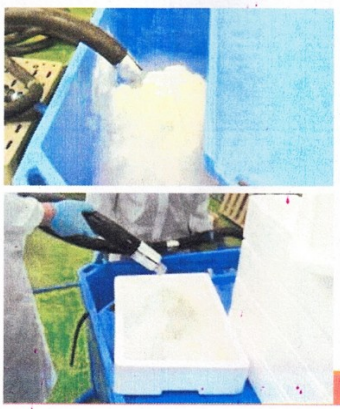


マガキ



- 生理活性向上
  （免疫担当細胞の活性化）
- 可食部細菌数の低下
- ノロウイルスも1/10～1/1000レベル程度の除去が可能

超微細氷ナノアイスを用いた魚類の鮮度保持



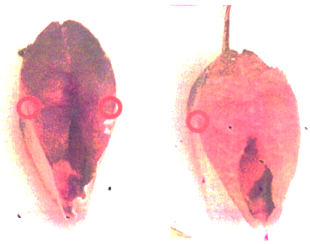
直径0.4 μm以下の超微細氷（ナノアイス）

通常の淡水氷や海水氷に比べ，魚体を傷つけることがなく，魚との接地面積が大きくなることで，急速冷却や酸化抑制が可能となる

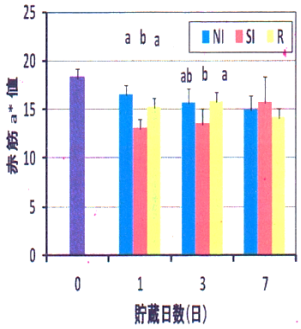
マアジ、マイワシ、イカナゴ等で検討



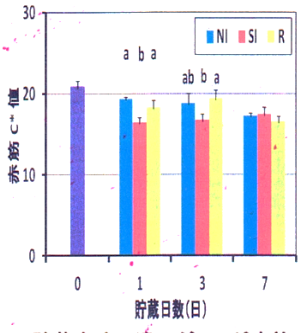
躯幹部背側および腹側の各3カ所において．L*値（明度），a*値（赤），b*値（黄），C*値（彩度）を測定した．



躯幹部断面の赤筋部分の3カ所において．
a*値（赤），
b*値（黄），
C*値（彩度）
を測定した．

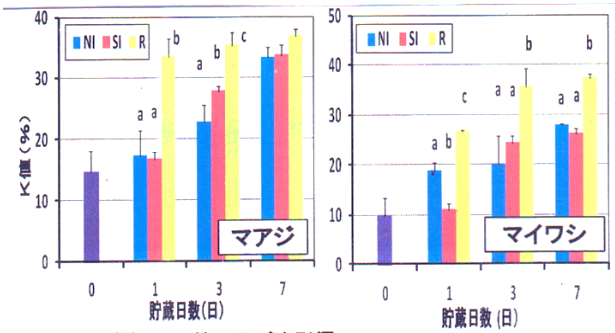


貯蔵方法がマアジ赤筋のa*値に及ぼす影響

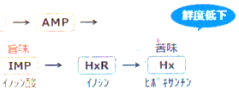


貯蔵方法の違いがマアジ赤筋のC*値に及ぼす影響

《NI：ナノアイス、SI：海水氷、R：冷蔵》
ab；貯蔵日数毎に異符号間に有意差あり($p<0.05$)



貯蔵方法が筋肉のK値に及ぼす影響 《NI：ナノアイス、SI：海水氷、R：冷蔵》
abc；貯蔵日数毎に異符号間に有意差あり($p<0.05$)



イカナゴ

捕獲直後船上にて

破砕海水氷入り冷海水で保存(-1.0～-1.5℃)

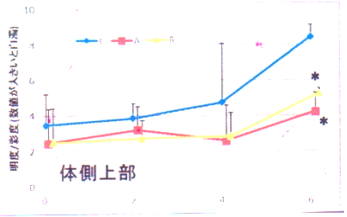
ナノアイスで保存(-1.8℃)

ナノアイスで保存(-1.0℃)



保存4日目

その他
VBN(揮発性塩基窒素)の上昇もゆるやかに



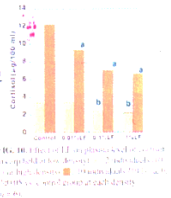
(2) 水産増養殖産業の活性化

▪ 生物資源の投与によるストレス応答の適正化と生体防御活性の増強

養殖施設などでは、過密飼育により魚もストレス指標が上昇
⇒ 生体防御活性の低下や病気の蔓延、成長の停滞

ラクトフェリン(LF)などの機能性食品の投与でストレス改善

病気に強い魚づくりが可能に

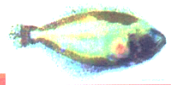


▪ 魚の体色とその調節機構　異常と制御



正常個体の無眼側

ストレスがヒラメの無眼側黒化に大きく関係することを解明
・・・フェルラ酸等により改善可能



異常個体の無眼側

自律神経失調も原因？⇒
活性促進・受容体活性阻害の影響等を調査中

(2) 水産増養殖産業の活性化

▪ 魚の糖利用能改善

魚は炭水化物をあまり利用できない。成長には多量のタンパク質が必要。

水産養殖

魚粉高騰・不足⇒低魚粉化(大豆粕・米糠等)
餌添加物としての炭水化物の有効活用
⇒ 炭水化物が利用できない原因を探る
&その改善策を検討
・・・ 成長維持・生体防御活性維持・生殖機能維持などは必須

▪ 乳酸菌の利用による生体防御機構の調節と増強

乳酸菌生菌や死菌の投与による影響を調査

(2) 水産増養殖産業の活性化

魚の低い糖利用能の改善

世界的なタンパク資源の減少
価格高騰・供給不足が懸念

養殖魚

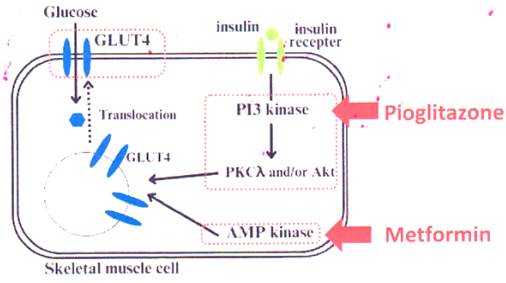


高タンパク餌料の供給が必須
炭水化物の利用能が著しく低い

餌中のタンパク質量を減らし、炭水化物の利用を高めることで持続可能な養殖の実現が可能に！

魚の低い糖利用能の原因究明とその改善

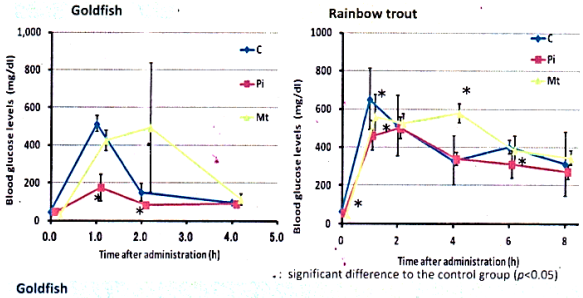
(1) 消化管における糖の消化・吸収能の低さ
(2) 膵臓β細胞のインスリン分泌活性の低さ
(3) 筋肉細胞等のインスリン抵抗性の高さ(低い耐糖能)
(4) 細胞内での糖代謝不良



2型糖尿病改善剤の投与

Results:

Changes in plasma glucose concentration



Goldfish

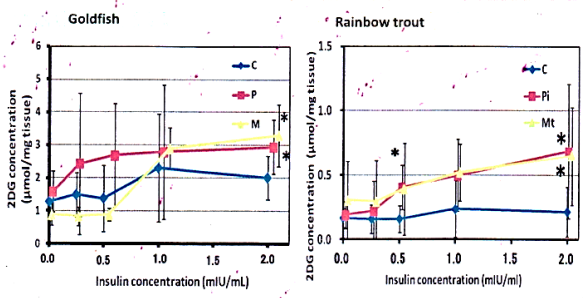
Pi･･･Lower values were shown 1 and 2 hours after the injection.

Rainbow trout

Pi･･･Lower values were shown 1 and 6 hours after the injection.

Mt･･ Lower values were shown at the initial and 1 hour after the injection.

Changes in 2DG uptake levels in fish muscle



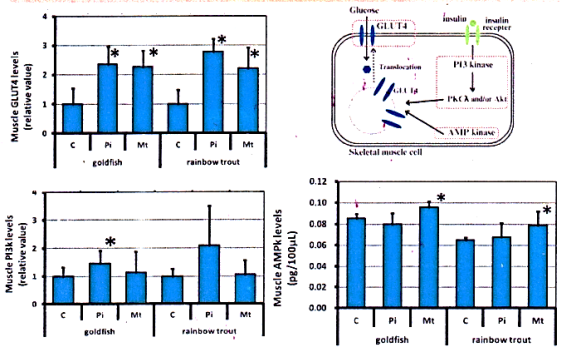
Goldfish muscle:

Pi･･･ Higher values in 2DG uptake test were.

Rainbow trout muscle:

Pi , Mt･･･ Very higher values in 2DG uptake test were shown.

Changes in the GLUT4 troncelocation relative facter and GLUT4



Pi･･･ Higher values in Akt and PI3k levels

Mt･･･Higher values in AMPk levels

→ cell surface GLUT4 levels up!

野生植物由来ミネラルおよび紅参の作用機序を調査

供試魚 ； キンギョ *Carassius auratus* 体重 約15g

ニジマス *Oncorhynchus mykiss* 体重 約100g

改善剤の投与

・対照群 （C群） 市販飼料

・野生植物由来ミネラル投与群（M群）･･･100mg/kgBW

・紅参投与群（J群）･･･100mg/kgBW

市販飼料に添加

毎日体重の1%量を給餌

3週間後

取り上げ

・単離骨格筋のインスリン刺激時の

2DG取り込み量の測定

・ウエスタン・ブロット法により

IRS-1、PI3キナーゼ、Akt、リン酸化Akt、GLUT4の定量

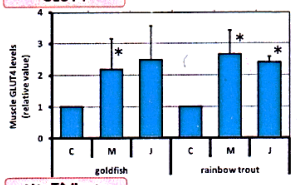
・ELISA法によりAMPキナーゼ活性を測定

グルコース(1,500 mg/kg体重)を腹腔内投与し、

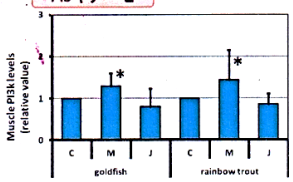
経時的に魚を取り上げ

- 血漿中のグルコース濃度
- インスリン濃度 を測定

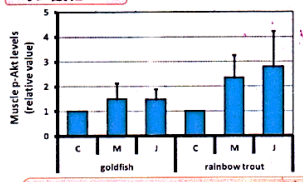
GLUT4



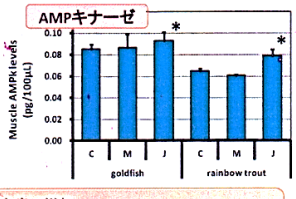
PI3キナーゼ



リン酸化Akt



AMPキナーゼ

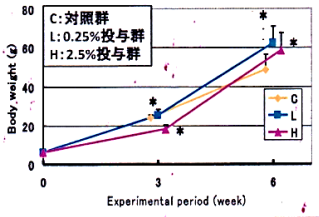


野生植物由来ミネラル･･･PI3キナーゼが有意に増加

紅参･･･････････････AMPキナーゼが有意に増加

→ GLUT4が増加

ヒラメの体重の変化



3週間後

⇒ L区はC区に対し有意に高い

6週間後

⇒ L区とH区はC区に対し有意に高い

全長においては飼育期間中、3区の間に差はなし

カンパチの体重

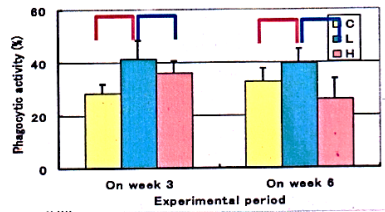
	Body weight (g)	Body length (mm)
Control group	1920±175	449±17
Mineral group	2120±164	466±13

平均体重は増加

養殖魚に野生植物由来ミネラルを投与することによって体重の増加は促進！

→ **糖利用能を改善することで、魚粉の利用を削減でき、低コストかつ安心・安全な養殖が可能に**

顆粒球の貪食率

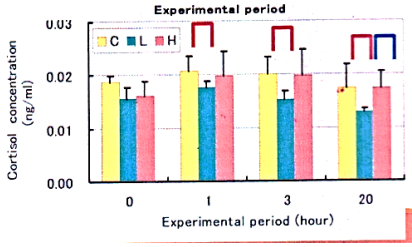


飼育3週目、6週目においてL区はC区、H区に対し有意に高い。

NBT還元活性（6週目）

L区、H区がC区に対し有意に高い。

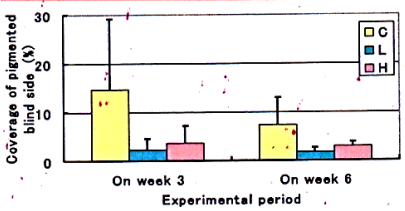
コルチゾル濃度



ストレス負荷後1,3,20時間目においてL区はC区に対し有意に低い。

20時間目においては、L区はH区に対しても有意に低い。

黒化面積率



飼育3、6週目において L区、H区はC区に対し低い傾向を示した。

野生植物由来ミネラル ⇒ 安価かつ環境にも優しい

- 魚の糖利用能向上（成長促進）
- 生体防御活性の増強
- ストレス抑制

・ 乳酸菌の利用による生体防御機構の調節と増強

増養殖施設…

高密度飼育に伴う感染症の蔓延が懸念

抗生物質等の薬剤が用いられることも・・・

薬剤が魚肉中に残留したり、環境中に薬剤耐性菌が出現したりする等の問題も提起されている

乳酸菌

これまでにもプロバイオティクスとして食品に添加されたり、環境改善に用いられてきた。腸内環境の改善は、生体防御活性の増強に寄与することも知られている。

また、その効果とともに、安全性の高さには定評があり、関連研究・情報も多い。近年では、生菌だけでなく、死菌としての利用も進んでいる。

食や環境の安全性確保の観点から、乳酸菌の生菌および死菌添加飼料の投与が魚類の生体防御活性に及ぼす効果を調査。

・供試魚：キンギョ（*Carassius auratus*） 体重約13g

ニジマス（*Oncorhynchus* mykiss） 体重約200g

・乳酸菌：ラクトバチルス・カゼイ・シロタ株

（*Lactobacillus casei* strain YIT 9029）の生菌および死菌

エンテロコッカス・フェカリス・FK-23株

（*Enterococcus faecalis* strain FK-23）の加熱死菌

- ・対照群
- ・L.カゼイ生菌群（400 mg 湿重量/kg体重/日）
- ・L.カゼイ死菌群（120 mg 乾燥重量/kg体重/日）
- ・FK群 （120 mg 乾燥重量/kg体重/日）

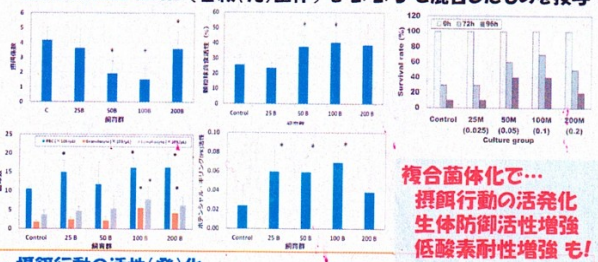
乳酸菌の日間投与量が上記となるよう市販飼料に添加し、同飼料を毎日体重の2%量給餌

5週間飼育後、以下の項目を調査

- 体表粘液の溶菌活性
- 顆粒球とリンパ球数
- 顆粒球の貪食率
- 顆粒球のポテンシャル・キリング（PK）活性
- 腸内細菌数

Heat-killed 乳酸菌を一種あるいは複数種投与したギンザケの摂餌行動、生体防御、ストレス応答〔2025年〕

Lactobacillus delbrueckii : *Leuconostoc mesenteroides* : *Lactococcus lactis*〔各殺（死）菌体〕を 2: 2: 3 で混合したものを投与



複合菌体化で…

摂餌行動の活発化

生体防御活性増強

低酸素耐性増強 も!

- **摂餌行動の活性（発）化**
- **赤血球数の増加、**
- **顆粒球数やリンパ球数の増加**
- **貪食細胞活性の上昇、**
- **ポテンシャル・キリング（殺菌）活性の上昇**
- **低酸素（DO: 4.0-4.5 ppm）耐性上昇**

ネオニコチノイド系農薬（NEOs）

1990 年代に有機リン系殺虫剤の代替として開発された比較的新しい殺虫剤であり、世界で最も広く使用されている。

- ニコチンに類似した構造を持ち、昆虫のニコチン性アセチルコリン受容体に選択的に結合して、神経系を破壊することにより殺虫効果を発揮する。
- 主に根から植物に取り込まれ、長期間分解されない。

→ カメムシなどの吸汁性昆虫に対して高い効果を示す。
米の安定した収穫量と品質を確保するために、育苗箱処理剤や空中散布用の殺虫剤として一般的に使用。

近年では…

ミツバチの大量死、赤とんぼの激減等の一因など

非標的昆虫への影響が問題視 ⇒ 諸外国ではNEOsの使用規制は強化

脊椎動物へも影響も懸念

- 昆虫食鳥類の個体数の激減への関与
- マウスやラットの行動異常その子供に不安行動や生殖異常が現れること…等が報告

水田や農地に散布されたNEOsは周辺の水域に拡散し、河川へと流出…

⇒ 水中に棲息する生物は常にNEOsに曝露されている状態

水田周辺の河川や池で検出されるNEOsの濃度が、そこに棲息する魚類の脳機能や行動へどのような影響を及ぼすかは不明

乳酸菌生菌 ・・・⇒⇒〔？〕⇒⇒ ・・・ 乳酸菌殺（死）菌体

・生きた乳酸菌を腸内に届ける…常時培養・維持（管理大変）

pH、酸、消化酵素対応要

見てわかる（認知容易）

・乳酸菌殺（死）菌体で健康附与可なら…準備楽・保存性up

機能・機序データ収集

提示方法検討

・死菌活用で追加効果附与（拡大・上昇、新規 etc.）なら…

⇒ 加熱殺菌処理物の流通に負うところが大きい食品業界

家畜・家禽、養殖魚、愛玩動物飼料の調製・管理に有利

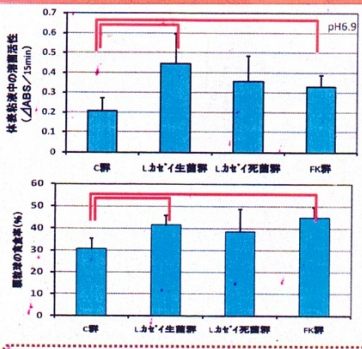
ただし、死菌体の作用機構には生菌とは異なった点も多くある。

死菌作製法による機能差…膜構造体・菌体成分・代謝産物

同機構の解明 & 利用方針に応じた最適化 が急がれる。

対象・分野に応じた

⇒ データ収集・開示、醸成・普及、ストーリー性附与の同時進行



体表粘液中の溶菌活性

L.カゼイ生菌群およびFK群は、対照群に対して、有意に高い値を示した。

顆粒球の貪食率

L.カゼイ生菌群およびFK群は対照群に対して、有意に高い値を示した。

L.カゼイ生菌：第一次生体防御活性を増強（体表粘液の溶菌活性↑）

L.カゼイ死菌：腸内細菌叢の調整

FK-23 ：第一次および第二次生体防御活性を増強

腸内細菌叢の調整 （溶菌活性および貪食率↑）

(3) 環境の評価と保全



農水産物由来の未利用・低利用資源を活用した家畜・水産動物用飼料の開発

再生可能エネルギーや光を活用した低コスト養殖技術の開発



農薬を含む各種環境汚染物の濃度把握、生物影響の把握

水田周辺の河川、水路、農業用排水路で実際に観測されたNEOsの濃度と曝露期間でメダカを曝露し、不安行動へ及ぼす影響を調査

供試魚：体重0.45g、体長32mm程度のメダカ（*Oryzias latipe*）

雌雄をそれぞれ以下の7群に分け、1週間の曝露試験を行った

- ・対照群

ネオニコチノイド系農薬

- ・チアメトキサン低濃度群（THM-L：10 μg/L）
- ・チアメトキサン高濃度群（THM-H：200 μg/L）
- ・ジノテフラン低濃度群 （DIN：6 μg/L）
- ・ジノテフラン高濃度群 （DIN：120 μg/L）

フェニルピラゾール系殺虫薬（毒性が強い）

- ・フィプロニル低濃度群 （FIP：1 μg/L）
- ・フィプロニル高濃度群 （FIP：20 μg/L）

低濃度群 水田周辺の小川、水路、農業排水路で観測された濃度

高濃度群 水田で観測された最大値の濃度

飼育期間中、餌は1日おきに体重の1%量を給餌

曝露直前、曝露から1日後および1週間後、

曝露試験終了後にメダカを清浄水に戻して2週間飼育した後

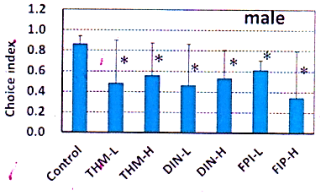
⇒各群6尾のメダカに対して明暗選好性テストを実施

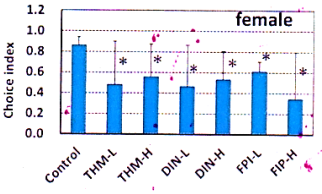
明暗選好性テスト

背景が暗い方が生物がより安全に感じる習性を利用し、げっ歯類や魚等の不安様行動（隠蔽行動）を定量化するための試験

底面を白と黒に分けた容器（12cm × 16cm）に1尾ずつメダカを収容し、2分間の馴致後、5分間の行動観察を行い、黒背景に滞在した時間の割合（Choice index）と黒と白の境界線を移動した回数を測定。







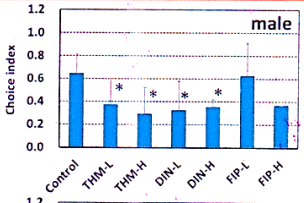
Choice index
⇒黒背景に滞在した時間の割合

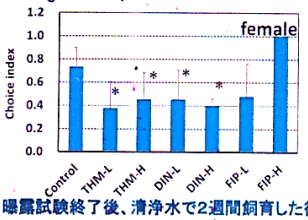
曝露直前のChoice indexは全ての群において0.8前後。

→ 黒背景への滞在時間の方が長い

農薬曝露から1日後のChoice indexの値は、対照群に対しすべての農薬曝露群で雌雄ともに有意に低い値を示した。

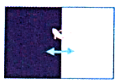
農薬曝露から1日後のChoice indexの変化





農薬曝露終了から2週間、清浄水で飼育したメダカのChoice indexの値は、チアメトキサンの低・高濃度群、ジノテフランの低高濃度群は対照群に対し有意に低い値を示した。

フィプロニルに曝露した群では、対照群の同等の値を示した。（高濃度群では死亡個体が多かったため、N=2の値）



白黒背景の境界線を越えた回数は、全ての群間で有意な差はなし。

曝露試験終了後、清浄水で2週間飼育した後のChoice indexの変化

考察

通常、新奇環境下では、外敵から身を隠すため暗い（黒背景）場所へ留まる ⇒ 隠蔽行動

隠蔽行動の損失は、不可逆的？

チアメトキサン
ジノテフラン
（ネオニコチノイド系農薬）

フィプロニル
（フェニルピラゾール系殺虫薬）

曝露1日後：Choice indexは低下（白背景への滞在時間が長くなる）隠蔽行動の損失

曝露7日後：Choice indexは低下したまま ／ 対照群と同程度まで回復

曝露後、清浄水で14日間飼育：Choice indexは低下したまま ／ 生残率は大きく低下 Choice indexは対照群と同程度？

水田内の生簀で飼育した魚を対象とした調査





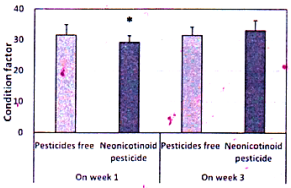
- 体重10～25 g程度のキンギョ（*Carassius auratus*）を使用
- 宮城県内登米市内のNEOs使用・非使用水田各6箇所対象
- キンギョを収容した籠を設置 田植え直後（5月下旬）～6月中旬に実施 ＜3(4)週間＞
- 飼育開始から1＆3週間後に魚を取り上げ、外形・内臓状態、血液性状を調査

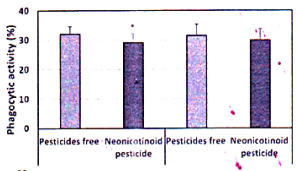
NEO：チアメトキサム（μg/L）
開始時（田植え直後）：1.4±1.0
1週間後：13.0±3.2
2週間後：2.5±1.9
3週間後：0.3±0.2

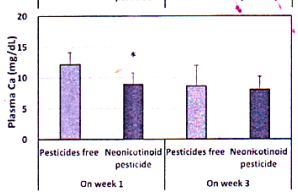
4週間後：0.1以下（ND）

- 3週間以内に死亡する個体なし
- NEOs非使用水田の魚：
  - 腹部の皮膚、体側部の筋肉、内臓はしっかりしている
  - 腹腔内に腹水はないor微量
- NEOs使用水田の魚：
  - 腹部の皮膚や筋肉が薄い
  - 鱗ははがれやすい状態
  - 腹腔内には視認できる量の腹水が貯留
  - 一部個体には…
    - 体表の黒化
    - 肝臓の緑白化
    - 肝臓の乳白色（脂肪過剰）
- 1週間後のみ肥満度低下









1週間後のみ…
- 顆粒球貪食活性の低下
- 血漿中カルシウムの低下

血漿中ALT活性：平均の3倍↑
個体差大のため差なし(cv: 0.84)

血漿中コルチゾル濃度・抗酸化能
・ALP活性 等
個体差や時期差が大きく…
水田間に有意差なし

NEOs使用水田で飼育した魚：
合脂質代謝異常；肝機能障害
生体防御活性低下
低カルシウム 等

⇒ 変化は3週間後には消失
生理機能異常は継続？



- ネオニコチノイド系農薬は、低濃度（環境省の水域の生活環境動植物の被害防止に係わる農薬登録基準以下）でも水生生物に大きな障害を及ぼす。
- ネオニコチノイド系農薬への曝露は、低濃度かつ短期間でも水生生物に長期的かつ多大な悪影響を及ぼす可能性が高い。

食料の生産から加工・流通、そして消費に至るまでの一連の食料システム全体において、安全性や健康、さらには環境への配慮を重視した持続可能な食環境の実現を目指した研究の推進