

農林水産省委託事業

令和7年度 水産防疫対策委託事業  
(養殖水産動物の診療体制の整備)

マス類養殖における投薬マニュアル

令和8年3月

公益社団法人日本水産資源保護協会



## はじめに

安定した養殖生産のためには、水産用医薬品の使用は欠かせない。ただし、食品としての安全性担保を考えた場合、一定以上の有効性が得られるための最小の使用量で済む方法で投薬することが望ましいことは言うまでもなく、魚病診断の最前線に立つ地方公設試の魚病担当者は投薬を希望する養殖業者には、最適な投薬方法を指導すべきである。

さて、養殖サケ科魚類に使用可能な水産用医薬品が市販されてから40年が経過した。水産用医薬品の実用化には、製品としての認可に必要な科学的知見の集積がなされ、それと同時に、一定以上の有効性が得られるための最少の使用量で済む方法が検討されてきた。おそらくは、実用化初期には科学的裏付けをもって使用方法を養殖業者に指導してきたのであろうが、投薬に関する具体的なマニュアルが作成されることはなかった。そのためか、具体的知見が伝わらずにその方法だけが各地方公設試に伝承されている場合はまだしも、具体的な投薬方法が伝わっていない地方公設試もあるような状況と伝え聞く。

上記のことは、多くの地方公設試の魚病担当者において、必ずしも同じでない種々の臨床例に即した投薬方法を指導できないことを示している。また、そのことは食品の安全性確保という観点からみても看過できない問題を含んでいるように思われる。

以上のことから、これまでの知見を総点検した上で、魚病診断の最前線に立つ地方公設試の魚病担当者にはその具体的知見も含めた指導機関向けマニュアルを、養殖業者には投薬に関する具体的方法を凝縮したマニュアルを作成することが、サケ科魚類養殖における適正な投薬に必要だと考えた次第である。そのため、養殖サケ科魚類の主産県の魚病担当者が分担して作業にあたった。

マス類養殖における投薬マニュアル作成グループ  
総括 中居 裕



## 目 次

1	マニュアル作成における基本方針	1
2	本書の構成、使い方および各項目執筆担当者	3
3	マニュアル作成に必要な知見の取りまとめ項目各論	
①	現在の養殖技術に即した投薬技術について	5
②	薬剤の体内動態（吸収・排泄等）	23
③	養魚用配合飼料の種類、製造原料等に関する取りまとめ	39
④	「各魚病の発生水温」「残留減衰試験の水温（8～14℃）」 「安全性試験の水温（12～18℃）」取りまとめ表	47
⑤	「マス類の生理」のうち、特に配合飼料の消化に関する知見	52
⑥	海面マス類養殖の給餌および投薬方法	55
⑦	「マス類の投薬マニュアル」における養殖業者等からの質問箇所を 想定した補足説明	58
⑧	診療時における投薬指導に資するチェックリスト	72
4	収集文献・資料等一覧	75



# 1 マニュアル作成における基本方針

安定した養殖生産のためには、水産用医薬品（抗菌剤）の使用は欠かせない。ただし、食品としての安全性担保を考えた場合、一定以上の有効性が得られるための最少の使用量で済む方法で投薬することが望ましいことは言うまでもない。特に、抗菌剤の投薬を行う場合、主に配合飼料へ外添することから、飼育水中への抗菌剤の散逸は避けられないことを考えると、その散逸を最小限にすることは抗菌剤の使用量を最小限にするためにも、最も重要なことであり、また環境への悪影響を軽減するためにも必要不可欠なことである。以上の点から、魚病診療の最前線に立つ地方公設試の魚病担当者は投薬を希望する養殖業者には、最適な投薬方法を指導すべきである。

「投薬する」ということは、「魚が病気」であり、「その病気が市販の水産用医薬品で治療可能」と判断されて初めて「投薬」となる。ここでは「投薬」に絞るので、「的確な魚病診療」と「水産用医薬品の適切な選択」に詳細には触れない。

マス類養殖における経口投薬とは、一言で言えば「配合飼料に何らかの形で水産用医薬品を混ぜ、魚病の発生している魚群にその配合飼料を給餌すること」である。その作業自体は単純明快で難しいところはない。投薬に際しては、使用総量を最少（＝経済的）とし、かつ所定の効果が得られるよう行うのが理想的である。ところで、人への投薬は、例えば飲み薬の場合、服用方法に「1日1回、大人2錠、小人1錠を朝食後30分以内に服用。服用する場合は水で飲み込むこと」と書いてあれば、ほとんどすべての人はそのとおりに服用するであろう。しかし、魚類養殖業の場合はそうはいかない。水産用医薬品の投薬量は単位魚体重あたりで決められている。したがって、投薬量＝薬剤を塗した配合飼料重量は、群で飼育されている魚のそれぞれ異なる体重によって、給餌量（＝投薬量）を変える必要がある。単位体重あたりの飽食量が体重に関わらず同じなら、それぞれ異なる魚の体重に関わらず、飽食量を与えることによって単位体重あたりの給餌量を各尾同じにすることは可能であるが、同一魚群においては大きな魚ほど単位体重あたりの飽食量が多いとの報告があるので、自由摂餌でそのような制御は不可能である。これだけ見ても人と同じような厳密な投薬は不可能である。つまりは、投薬対象の個々の魚すべてに適正量を投薬することがまず不可能であることから、次善の策として、主に個体間の投薬量のばらつきをできるだけ小さくして、かつ所定の効果が得られるような技術が必要となる。

では、その技術に必要な知見というと、まず、配合飼料の製法や形状等に関する知識である。さらに、水産用医薬品、生理生態、養殖技術に関すること等、実に多岐にわたる。これらのことを踏まえた上で、主に個体間の投薬量のばらつきをできるだけ小さくして、かつ所定の効果が得られるような投薬技術を構築する必要がある。ただし、変温動物であるマス類では、摂餌および生理状況が飼育水温で異なるため、水温を含めた飼育環境に応じたきめ細やかな投薬指導（指導は主に地方公設試の魚病担当者）も必要となる。

以上のことから、主に個体間の投薬量のばらつきをできるだけ小さくして、かつ所定の効

果が得られるような投薬技術を適切に指導するには、過去の膨大な知見を整理したうえで、その時の飼育状況を勘案しないと養殖業者に適切に指導できないことになる。それを迅速に実施するには、あらかじめ過去の知見を整理したうえで、養殖業者向けの簡潔なマニュアルを準備する必要がある。更に、養殖業者からの質疑にすぐ対応できる「虎の巻」のような資料も地方公設試の魚病担当者からは必要とされるであろう。

以上のことから、「マス類養殖における投薬マニュアル」の執筆においては、これまでの知見を総点検した上で、魚病診断の最前線に立つ地方公設試の魚病担当者に向けた、具体的知見も含めた指導機関向けマニュアルを、養殖業者には投薬に関する具体的方法を凝縮したマニュアルを作成することとした。ただし、養殖業者向けのマニュアルはその方法を記しただけとなるので、養殖業者からの質疑に備えて、その根拠となる箇所を迅速に参照できる工夫も行った。

「マス類養殖における投薬マニュアル」に関する講習会用の説明資料についてはここでは示さないが、本書で「配合飼料に何らかの形で水産用医薬品を混ぜ、魚病の発生しているマス類魚群にその配合飼料を給餌する事項に直接的に関係する知見を収集・整理」しているので、これらを参照し、地域の養殖事情を加えた説明資料を作成していただきたい。

以上、上記のことを踏まえて、本書を構成することとした。

なお、マス類の投薬方法については経口のほかに薬浴があるが、薬浴については認可薬剤及び使用方法など総合的に考えたときに、現在では使用頻度が高くないと考えられたため、本マニュアルからは除外した。

## 2 本書の構成、使い方および各項目執筆担当者

### 【本書の構成、使い方】

本書は「指導機関向けマニュアル」として構成している。「養殖業者向けマニュアル（以下、マス類の投薬マニュアル）」については「3 マニュアル作成に必要な知見の取りまとめ項目各論 ①現在の養殖技術に即した投薬技術について 表 2～6」に示した養殖業者向けマニュアル骨格案を基に、掲載内容等を精査した上で、別途パンフレットとして作成した（パンフレットは「3 マニュアル作成に必要な知見の取りまとめ項目各論 ⑦マス類の投薬マニュアル」における養殖業者等からの質問箇所を想定した補足説明」に示したとおり）。

「指導機関向けマニュアル」の内容については次の6項目とした。①現在の養殖技術に即した投薬技術について ②薬剤の体内動態（吸収・排泄等） ③養魚用配合飼料の種類、製造原料等に関するとりまとめ ④「各魚病の発生水温」「残留減衰試験の水温（8～14℃）」「安全性試験の水温（12～18℃）」取りまとめ表 ⑤「マス類の生理」のうち、特に配合飼料の消化に関する知見 ⑥海面マス類養殖の給餌および投薬方法

上記6項目は「マス類の投薬マニュアル」の根拠資料となるように作成した。したがって、養殖業者に指導する際には事前に読み込むことを勧める。しかし、大部であることと、養殖業者からの質問には即座に対応する必要があることから、「⑦マス類の投薬マニュアル」における養殖業者等からの質問箇所を想定した補足説明」を作成した。説明は簡潔であるので、①～⑥に該当するページを付記して、詳細はすぐに参照できるようにした。

また、「⑧診療時における投薬指導に資するチェックリスト」についても作成した。実際の診療時には、投薬可能な細菌による単独感染症で即投薬すべしという症例ばかりではない。投薬効果が見込める症例なのか否かを判断する目安として作成したので、投薬の可否について判断する参考になれば幸いである。

### 【各項目執筆担当者】

- ① 現在の養殖技術に即した投薬技術について（担当：岐阜県水産研究所 中居裕）
- ② 薬剤の体内動態（吸収・排泄等）（担当：山梨県水産技術センター 平塚匡）
- ③ 養魚用配合飼料の種類、製造原料等に関するとりまとめ（担当：長野県水産試験場 竹花孝太）
- ④ 「各魚病の発生水温」「残留減衰試験の水温（8～14℃）」「安全性試験の水温（12～18℃）」取りまとめ表（担当：静岡県水産・海洋技術研究所 富山皓介）
- ⑤ 「マス類の生理」のうち、特に配合飼料の消化に関する知見（担当：滋賀県水産試験場 菅原和宏）
- ⑥ 海面マス類養殖の給餌および投薬方法（担当：宮城県水産技術総合センター 本庄美）

穂)

- ⑦ 「マス類の投薬マニュアル」における養殖業者等からの質問箇所を想定した補足説明  
(担当: 山梨県水産技術センター 平塚匡)
- ⑧ 診療時における投薬指導に資するチェックリスト (担当: 滋賀県水産試験場 菅原和  
宏)

### 3 マニュアル作成に必要な知見の取りまとめ項目各論

#### ① 現在の養殖技術に即した投薬技術について

岐阜県水産研究所 中居 裕

「1 マニュアル作成における基本方針」に記したとおり、投薬を考える際には、水産用医薬品に関する知見のみならず、養殖技術全般に関する幅広い知見が必要であり、かつ如何に無駄なく水産用医薬品を魚に摂取させるために、養殖技術全般に関する幅広い知見を融合させて、投薬技術を組み立てる必要がある。

マス類の水産用医薬品は、1962年にスルファモノメトキシナトリウム (商品名: ダイメトンソーダ) が初めて市販された。それから60年以上経過しているため、水産用医薬品に関する知見のみならず、養殖技術全般に関する幅広い知見にも当然進展が見られる。したがって、現在の養殖技術に即した投薬マニュアルとするには、個々の水産用医薬品の市販された当時の養殖技術を踏まえつつ、現在の養殖技術に落とし込む作業が必要となる。

ここでは、後述する各項目に記された知見を基盤にして、マス類の水産用医薬品が最初に発売された頃からの養殖技術の変遷を踏まえつつ、無駄なく水産用医薬品を魚に摂取させるための養殖技術全般に関する幅広い知見を融合させることによって、養殖業者向けの投薬マニュアル (骨格) を提示し、その根拠および考察を記した。

#### 水産用医薬品および養殖技術全般の変遷

水産用医薬品および養殖技術全般の変遷を表1に示した。なお、1998年以降はこれら知見に目立った進展が見られないため、記載していない。

マス類養殖における水産用医薬品の使用は、1962年に承認されたスルファモノメトキシナトリウム (商品名: ダイメトンソーダ) に始まった。その当時は、配合飼料の製造技術が確立していない時期で、経口投薬方法としては、練り餌に混ぜ込む方法が取られていたようである。

配合飼料の基礎研究は1959年から開始され、1962年に標準的な配合割合が決定された。その成果を受けて1963年からマス用配合飼料 (いわゆるドライペレット: 以下DP) が販売された。

ただし、第一製薬 (1966頃) によると、ここには「水または油にダイメトン (純末) を懸濁させてペレット、クランブルに付着させて与える方法、あるいは懸濁させたうえで粉末飼料に混ぜる方法はロスが多く、しかも混合が不均一となりますので望ましい方法ではありません (p 69 上)」とある。

したがって、この時点ではマス用配合飼料に水に溶けないサルファ剤を DP に展着させる技術が確立されていなかったことを示していると考えられる。

ただし、その後、井上 (1971a~f, 1972) および原 (1979) により、DP による投薬方法の詳細が報告されている。これら内容から両氏は共同で研究にあたられたと思われるが、如何に無駄なく水産用医薬品を魚に摂取させるために、種々の実験を行い、養殖技術全般に関する幅広い知見を融合させたサルファ剤-DP 使用時の投薬マニュアルとして、高い到達点を示している。

その後、オキシテトラサイクリン塩酸塩 (水に可溶) とオキシソリン酸 (水に不溶) が発売されたが、養殖技術上の大きな転換として、配合飼料の性状等が DP と異なるエクストルーデッドペレット (以下 EP) が登場した (日本養魚飼料協会, 2007) ことである。EP は 1980 年代前半に登場したが、マス類養殖業者は高価格の割に飼料効率が DP とほとんど変わらない(加地 (2023) によると、現在では EP に油脂が内添されているため、DP よりも飼料効率が低い) ことから、養殖業界は導入に慎重であった。しかし、1990 年代初頭にはマス用配合飼料が普及した模様である。DP に比べ多孔質で形状保持力が強い EP の登場により、本来であれば EP に水産用医薬品を展着させる最適な方法を検討する必要があったと考えるが、調べた限りその形跡はない。1995 年に承認されたフロルフエニコールは、承認に必要な試験を EP で行った最初の水産用医薬品と考えられるが、淡水用の剤型は懸濁剤のため、EP に水産用医薬品 (粉末剤) を展着させる方法は、詳細については未だ検討されていないこととなる。

これらのことは、投薬マニュアルを作成する上で、踏まえておかなければならない背景と考えられる。

表1 水産用医薬品および養殖技術全般の変遷（1959～1998）

マス類使用可能な水産用医薬品（治療薬：現行品のみ）	西暦	主だった養殖技術等
	1959年	配合飼料の基礎研究開始（水産庁指定調査研究総合助成事業補助金 1959～1962「日本養魚飼料協会．2007」） → 研究成果として配合飼料の原型完成
	1960年	ニジマス粉末・DP配合飼料市販 * 粉末飼料：今でいうモイストペレット状の餌の原料
	1961年	
ダイメトロンダ承認（1962.12.8）	1962年	* この頃のマス類の配合飼料は、いわゆるモイストペレット状と、DPが混在？
	1963年	マス用配合飼料（クランブル）販売開始（日本養魚飼料協会．2007）：メーカーによる配合成分の差がほぼ無くなる → 配合飼料の原型完成による
	1964～1965年	
ダイメトロン承認（1966.10.25）	1966年	* 水または油にダイメトン（粉末）を懸濁させてペレット、クランブルに付着させて与える方法、あるいは懸濁させただけで粉末飼料に混ぜる方法が多く、しかも混合が不均一となりますので望ましい方法ではありません（第一製薬．1966頃） マス用親魚用配合飼料（ペレット）販売開始
	1967年	マス類養殖：この頃には配合飼料に既に完全移行（東．1967）
	1968～1970年	
イラスロンダ承認（1971.1.22） 水産用テラマイシン散（1971.2.16）	1971年	イラスロン（原末）も同時承認：サルファ剤は純末とソーダ塩が両方必要との認識があったのではないか（DPの場合？ 魚と薬①～⑦（井上．1971a～f 1972）にはこの頃の投薬方法の詳細が記載されている。（＝DPでの方法）
	1972年	ニジマスの病氣（原．1972）にこの頃の投薬方法の詳細が記載されている（＝DPでの方法） * 上記2資料は、サルファ剤-DP使用時の投薬マニュアルの到達点
	1973～1974年	
	1975年	
水産用パラザン承認（1975.4.15）	1976～1982年	
	1983年	アユ用EP配合飼料発売開始（マス用EP配合飼料発売開始の記録は確認できない状況）
	1984～1986年	
	1987年	* マス類大手養殖業者はEPとDPの比較を行っていた模様（全国養鱒振興協会 小堀会長からの聞き取り）。 一袋あたり約500円高価だったものの飼料効率ほぼほとんど変わらなかったため、切り替えには慎重だった模様。
	1988年	
	1989年	
	1990年	この頃までにはマス用EP配合飼料が普及し始めた模様（富士製粉：E P 機設置は1990年）
	1991年	
オキソリン酸・オキシテトラサイクリン塩酸塩 ニシン目魚類（海水飼育）における ピブリオ病・せっそう病効能拡大（1992.3.26）	1992年	各社EP機増設（日本養魚飼料協会．2007）
	1993～1994年	
アクアフェンL承認（1995.12.26）	1995年	承認に必要な各種試験がEP飼料で行われた最初のマス類水産用医薬品？
	1996年	
	1997年	ギンザケ海面養殖：EP飼料移行完了（本報告 p 56）
	1998年～	

\* 「マス類使用可能な水産用医薬品（治療薬：現行品のみ）」および「主だった養殖技術等」の記載の無い年が複数年続くときは一つのセルにまとめた。

## 養殖業者向けの投薬マニュアル (骨格) の提示

本来であれば、養殖業者向けの投薬マニュアル (骨格) の提示前に、本マニュアル作成に先立って根拠の提示および考察すべき項目等を記述するのが手順となる。しかし、それらは多岐にわたり、例えば、水産用医薬品の特性によっても考察すべき内容が異なることも多い、そのため、まず、養殖業者向けの投薬マニュアル (骨格) を提示することにより、その中で根拠の提示および考察すべき項目を示した方が理解しやすいと考えた。

その骨格を表 2~6 に示した。

その表の中で二重下線部分が根拠の提示および考察すべき項目となる。

## 根拠の提示および考察すべき項目

### 1 オキシテトラサイクリン塩酸塩 (以下 OTC) の薬効がニジマス以外に期待できない (用法用量上は投薬可) 根拠 (表 2)

アマゴにおける OTC の吸収は低く、治療効果は見込めない (森川・田代, 1975)。

\*アマゴ以外のデータが無いので「ニジマス以外のサケ科魚類では投薬効果は期待できない」と言い切ることは厳密には言えない。本来は実験で確かめる必要があるが、経験や類推等を含めると以下のとおりとなる。

ヤマメはアマゴと非常に近い種なので、アマゴと同等に取り扱う方が無難かと思われる。

イワナについては、属も異なるため、アマゴと同じだとは言えない。しかし、イワナは OTC を展着させた飼料の摂餌性は悪い。経験的には、イワナで残留試験を実施した際、通常は用量の 2 倍にして実験を行うが、全く食べなかったため用量どおりで実験したことがある。その場合でも、摂餌させるのにすごく時間がかかった (一旦口の中に入れてもよく吐き出した: 試しに OTC 未展着の飼料を食べさせると吐き出さなかった)。イワナの摂餌性からも OTC を体内に十分吸収させることは困難と考えられることから、投薬効果はあまり期待できないと思われる。

### 2 「投薬時の給餌回数: 1 回」の根拠 (表 2~5)

投薬量は単位体重あたりの量で示されている。そのことから、投薬群の個々の魚体重が均一でない状況で、単位体重あたりの薬剤摂取量 (= 摂餌量) が同じとなるためには、魚体重に係わらず単位体重あたりの摂餌量が同じである必要がある。

この点に関する知見は以下のとおりである。

・大きな魚ほど摂餌率が高い (加藤, 1970; 森川・田代, 1978; 森川・田代, 1980)。

\*したがって、個体ごとの体重当たりの投薬量 (= 給餌量) を同じにすることは現行給餌法では不可能である。

・ある時点で比較的小さな体重の個体が、ある時点で自らより大きな体重の個体と同じ体重に成長したとしても、ある時点で自らより大きな体重の個体の飽食量よりも少ない飽食量となる (加藤・坂本, 1969)。

\*このことから給餌率は個体ごとにバラバラであることが推測される。したがって、この点からも、個体ごとの体重当たりの投薬量 (=給餌量) を同じにすることは現行給餌法では不可能である。

以上のことから、次善の策として、如何にして単位体重あたりの薬剤摂取量 (=摂餌量) のばらつきを小さくするための給餌方法を考える必要がある。

・飽食量を与えた場合、1日に3回目でほとんど食べなくなる (石渡, 1969、森川・田代, 1980)。

\*したがって、健康魚でも、飽食量を与えた場合の給餌回数は2回で十分となる。

・1回給餌の飽食量を1回給餌・2回に分けて給餌・3回に分けて給餌とすると、1回給餌が個体間のばらつきが最も小さい (森川・田代, 1978)。

\*投薬時の給餌量は、薬剤を所定量摂取させる必要があることと、発病中の魚群に投与することと相まって、飽食量よりも少なくして確実に全量摂餌する給餌量となる (その割合については後述)。したがって、給餌は自ら制限給餌となるため、投薬時の給餌回数は1回となる。

### 3 「投薬時の給餌量: 適正給餌量×約 50 %」の考察 (表 2~5)

・健康時の適正給餌量の基準はライトリッツの給餌率表 (Leitritz, 1959) となる。

\*飽食量ではなく飼料効率が最も良い適正給餌率に近いのがライトリッツの給餌率表である。

\*稚魚期では過大 (10 g 程度以下ではライトリッツの給餌率の 80 %ぐらいが適量) であるのと、20℃以上の給餌率表が無いので修正 (最高水温 21~24℃ではその前の水温の 3.5%減) されている (全国湖沼河川養殖研究会, 1976)

→ 上記のうち、20℃以上の給餌率表については「岐阜水試が行った試験結果」 (全国湖沼河川養殖研究会, 1976) としか記されておらず、文献の記載はない。「岐阜水試が行った試験結果」は立川 (1965) が、高水温時におけるニジマスの給餌率について検討したものであるが、全国湖沼河川養殖研究会 (1976) にあるような記載はない。おそらくは、全国湖沼河川養殖研究会 (1976) 執筆時に立川 (1965) のデータを解析したと思われる。

\*なお、ライトリッツの給餌率表では 20℃までは水温が上がるほど給餌率が上がる。この理由としては、BROWN BULLHEAD の例ではなるが、胃酸の分泌は水温の上昇とともに増加するが、ある水温以上になると分泌が止まる (Smit, 1967) ことから説明可能と考えられる。特に夏期での河川水飼育の場合、1日の水温が一番高い時に投薬すると、その後の水温低下による消化活性の低下により魚体に負荷がかかることが予想される。従って、投薬は飼育適水温またはそれに近い水温の時間帯とし、その後の水温上昇により消化活性が上昇することを利用して速やかに薬剤を吸収させるのがより効果的な投薬と考えられる。

\*在来マスへのライトリッツの給餌率表の適用について

ライトリッツの給餌率表はニジマス用に作成されたものである。在来マスへの適用について、稚魚ではシロサケ(野川・八木沢, 2011)、ヤマメ・アマゴ(本荘・原, 1973)、エゾイワナ(長沢ら, 1981)、イワナ(鈴木ら, 1991)で、成魚についてはヤマメ・アマゴ(本荘・原, 1973)、エゾイワナ(君島, 2023)、イワナ(鈴木ら, 1989)で検討されている。各魚種とも稚魚ではライトリッツの給餌率表の $\times 0.6\sim 0.8$ 、成魚では概ねライトリッツの給餌率表が適用可能であったことから、在来マスでもニジマスと同様、修正されたライトリッツの給餌率表(全国湖沼河川養殖研究会, 1976)を用いて概ね妥当と考えられる。

発病時の摂餌活性低下を考慮すると健康時の適正給餌量では食べ残しにより必要な投薬量を確保できないことが想定される。

・発病時の給餌による酸素消費量増加が体調に悪影響を与えることから、給餌量は少ない方がよい(福田, 2023)

では、ライトリッツの給餌率表の何%の給餌量が妥当なのだろうか。

給餌量を減らす利点

- ・海面養殖では適正給餌量の80%が目安とされ、その理由として、過給餌による酸素消費量増加が魚の抗病性を低下させることによる(福田, 2016)。
- ・飼料中の薬剤濃度が濃いほど、薬剤の魚体内吸収が向上することから、給餌量を減らすことで、その分飼料中の薬剤濃度を濃くできる(原, 1979)。

\*上記の知見から、ライトリッツの給餌率表の50%給餌を想定

給餌量を増やす利点

- ・個体間の摂餌量のばらつきを小さくするためには、ある程度の給餌量は必要である(森川・田代, 1978)。
- ・飽食量に近づくほど、個体間の摂餌量のばらつきは小さくなることが想定される(森川・田代, 1978, 森川・田代, 1980)。
- ・薬剤によっては、苦み等のため、飼料中の薬剤濃度が濃いほど食べ残しが出る可能性があるため、給餌量を増やすことで、苦み等のある程度軽減できる可能性がある。また、油等でコーティングすることでも苦み等のある程度軽減できると思われる。  
→ 味覚器である味蕾は水溶性物質に感受性を示す(山下ら, 1985)ことから、苦みのある水溶性薬剤を展着後、油でコーティングすることで、味蕾に苦みのある水溶性薬剤に触れにくくする効果はあると思われる。

\*以上の知見から、ライトリッツの給餌率表の60%給餌を想定

- ・臨床試験例からみた投薬時の給餌量(率)についての検討

検討症例: 森川(2003)

上記論文に記載された5症例に投薬時の給餌率が掲載されていたので、ライトリッツの

給餌率表に対する投薬時の給餌率の比率と投薬の効果を比較した。

①アマゴ (118 g 1700 尾) 水温: 12.3~19.9 °C (平均 16.1 °C)

給餌率: 1% 薬剤: スルファモノメトキシシ (以下 SMM) +オリメトプリム

展着方法: 油 6%

(実際の給餌率/ライトリッツの給餌率) × 100 (%)

12°C: 83.3% (ライトリッツの給餌率 1.2%)

16°C: 62.5% (ライトリッツの給餌率 1.6%)

20°C: 50% (ライトリッツの給餌率 2.0%)

投薬効果等: 投薬終了 (5 日) 後に日間死亡率はほぼゼロ

②アマゴ (9.8 g 15325 尾) 水温: 16.7~20.2 °C (平均 18.5 °C)

給餌率: 1% 薬剤: スルフィソゾール (以下 SIZ) +トリメトプリム

展着方法: 油 6%

(実際の給餌率/ライトリッツの給餌率) × 100 (%)

17°C: 28.6% (ライトリッツの給餌率 3.5%)

19°C: 24.4% (ライトリッツの給餌率 4.1%)

20°C: 22.7% (ライトリッツの給餌率 4.4%)

投薬効果等: 投薬終了 (7 日) 後に日間死亡率はほぼゼロ

\*5 日後ではそれなりの死亡率あり

③アマゴ (272 g 780 尾) 水温: 14.8~18.9 °C (平均 16.9 °C)

給餌率: 1% 薬剤: オキシリン酸 (以下 OA)

展着方法: 水 10%をふりかけて吸着後、乾燥

(実際の給餌率/ライトリッツの給餌率) × 100 (%)

15 °C: 76.9% (ライトリッツの給餌率 1.3%)

17 °C: 71.4% (ライトリッツの給餌率 1.4%)

19 °C: 62.5% (ライトリッツの給餌率 1.6%)

投薬効果等: 投薬終了 (5 日) 後に日間死亡率はほぼゼロ

④アマゴ (15 g 26000 尾) 水温: 17.8~19.0 °C (平均 18.4 °C)

給餌率: 1%程度 薬剤: ナリジクス酸 (以下 NA) 純末 展着方法: 油 5%

(実際の給餌率/ライトリッツの給餌率) × 100 (%)

18 °C: 28.6% (ライトリッツの給餌率 3.5%)

19 °C: 26.3% (ライトリッツの給餌率 3.8%)

投薬効果等: 投薬終了 (5 日) 11 日後に日間死亡率はほぼゼロ

\*5 日後ではそれなりの死亡率あり

⑤アマゴ (15 g 12000 尾) 水温: 17.8~19.0 °C (平均 18.4 °C)

給餌率: 1%程度 薬剤: NA10 倍散 展着方法: 5%のぬるま湯

18 °C: 28.6% (ライトリッツの給餌率 3.5%)

19℃: 26.3% (ライトリッツの給餌率 3.8%)

投薬効果等: 投薬終了 (5日) 12日後に日間死亡率はほぼゼロ

\*5日後ではそれなりの死亡率あり

投薬終了 (投薬期間を 5日として) 時に死亡がほぼ治まった症例は①③、それ以外は投薬終了時 (投薬期間を 5日として) には死亡は治まっていなかった。

なお、森川 (2003)はいずれの症例も投薬は有効 (薬剤感受性結果と相関) としている。

投薬終了時に死亡がほぼ治まった症例①③の給餌比率は 50~83.3%だったのに対して、投薬終了時には死亡が治まっていなかった症例②④⑤の給餌比率は 30%未満であった。

本 5 症例は、供試魚の大きさや使用薬剤が異なり、直接的な比較が難しいものの、給餌比率は 30%未満では飼育魚に万遍なく給餌できたかは疑問に残る。これら症例が投薬終了時には死亡は治まっていなかった原因として、薬剤接種が十分でなかった個体が、投薬終了後に死亡したものと考えられた。それに対して投薬終了時に死亡がほぼ治まった症例①③は、ほぼ万遍なく給餌できたために投薬終了時に死亡がほぼ治まったものと考えられた。

以上のことを総合的に考えると、臨床試験例から見てライトリッツの給餌率表の 60%を投薬時の給餌量の目安とするのが妥当と考える。しかし、実際は、ライトリッツの給餌率表を参考にしつつ、日々の摂餌状況に応じて給餌しているのが実情である。

加地 (2023) によると可消化エネルギーの高い現行の EP では、飽食量でも顕著な飼料効率の低下は認められなかったとしている。このことから、現行の EP では飽食量給餌でもあまり飼料効率が落ちずに高成長養殖が可能となる。しかし、飽食量給餌は非常に時間がかかることから、現実的な給餌方法ではないと思われる。

加地 (2023) の報告は令和 3 年度全国養鱒技術協議会養殖技術部会連絡試験を取りまとめたものだが、山梨県実施分において、週 5 日給餌を考慮する必要はあるものの、給餌活性が多少落ちた時点の給餌率はライトリッツの給餌率表の約 1.5 倍 (飽食は 1.6~1.7 倍) であった (三浦私信)。毎日給餌を想定すると、給餌活性が多少落ちた時点の給餌率はライトリッツの給餌率表の 1.2 倍前後と想定することは概ね妥当と考えられる。なお、養殖業者の多くは、給餌活性が多少落ちた時点で給餌を止めていると考えられることから、この辺りを健康魚の適正給餌量と設定するのが養殖業者には理解されやすいと思われる。

よって、健康時 (あるいは発病前) の給餌において、餌への食いつきが少し弱まった時までの給餌量 (=ライトリッツの給餌率表 × 1.2) × 0.5 ≒ ライトリッツの給餌率表 × 0.6 となる。

したがって、投薬時の給餌量は以下のとおりとなる。

適正給餌量 × 約 0.5 (適正給餌量: 健康時 (あるいは発病前) の給餌において、餌への食いつきが少し弱まった時までの給餌量)

#### 4 個体ごとの体重当たりの投薬量の差異をできるだけ小さくするための餌の選択の根拠 (表 6)

・個体間の摂餌量のばらつきは小さくするための工夫としては、投薬時の餌の大きさを投薬直前から 1 ランク小さいものとすることや、手撒きにすることで摂餌活性の低い個体への給餌がある程度可能になると思われる。

→ 配合飼料の大きさを変えて投薬した場合、配合飼料が大きくなるにつれて全く摂餌しないか、ごく少量しか摂餌しない個体が増えた (原, 1979)。

## 5 水産用医薬品を配合飼料に展着する方法 (表 6)

・サルファ剤を DP に展着される場合は以下のとおりとなる。

井上 (1971a~f, 1972) によると、以下のとおりである。

原末 (水に不溶): クランプルは油に懸濁後、配合飼料と混合

ペレットは油に懸濁後、配合飼料と混合

\*ただし、クランプルよりはサルファ剤は流失する

ナトリウム塩 (水に可溶): クランプルは水を含ませるとドロドロになり、投薬不能ペレットは水に溶解後、ペレットに吸収させ、油でコーティング

\*従って、サルファ剤の場合、原末 (水に不溶) とナトリウム塩 (水に可溶) が 1 セットとして配合飼料 (クランプル・ペレット) に展着可能と考えられる。

\*SIZ は発売当初は原末とナトリウム塩 (以下 SIZ-Na) があったが、現在は SIZ-Na のみが販売されている。しかし、EP の登場により、SIZ-Na がクランプルでも展着可能となったものと考えられる。

・OTC (水に可溶) では、DP クランプルでは展着できない。しかし、形状保持力のある EP がマス用配合飼料 (クランプル) の主流となったことで、クランプルに水を含ませても DP のようにドロドロにならないことから、EP クランプルで「水に溶解後、ペレットに吸収させ、油でコーティング」することで展着可能となった (油でコーティングする意味は苦みを軽減させる効果もある)。

・田辺製薬 (1975) によると、OA (水に不溶) は、ペレットでの展着では「水に懸濁+同量の肝油」を混合して配合飼料に展着する 1 例のみで、他は練り餌に混合する方法がとられている (販売当初は EP が市販されていない)。サルファ剤原末と同様の展着方法でよいと考えられるが、EP は多孔質であるため、DP のペレットよりも流出は少ないものと考えられる。

・したがって、形状保持力がありかつ多孔質である EP を使用する場合は、水産用医薬品の展着方法は以下のとおりとなる。

(クランプル・ペレットを問わず)

・水に溶ける水産用医薬品の場合は、水に溶解後、配合飼料に吸収させ、油でコーティングする。

→ \*油でコーティングする意味は、水中での薬剤の拡散を妨げることにある。それとは別の効果として、薬剤からの忌避を低減する効果も見込まれる。水に溶ける水産用

医薬品のうち、スルファモノメトキシナトリウム (以下 SMM-Na) と OTC については苦みがあるとされる (SIZ は食欲減退等は無いとされる (武田薬品工業, 1971 頃 a))。また、水に溶けない薬剤は、そもそも味蕾を刺激しない。なお、魚類の味蕾は口腔だけでなく鰓・口唇・触鬚・頭部の皮膚に見られるとされる (日高, 1991) ことから、SMM-Na と OTC については、餌を口に入れる前に薬剤の苦みを感じて忌避すると考えられた。

- ・ 水に溶けない水産用医薬品の場合は、油に懸濁後、配合飼料と混合する。
  - \* ニジマスを用いた実験から、脂質の増加が飼料の消失速度を低下させる (Windell *et al.*, 1969) ことから、油をコーティングすることにより消化管内での飼料滞留時間を延ばし、薬剤吸収が促進されるかもしれない。
- ・ 懸濁剤であるフロルフェニコール (以下 FF) はそのまま配合飼料と混合する (溶媒のプロピレングリコールが水と混和可能であるため、適度に展着するには薬剤量が不足する場合は不足する分の水を加えてよく混和後、展着する)。
  - 表 6 で水・油の必要量の目安を示したが、その根拠は「3③養魚用配合飼料の種類、製造原料等に関するとりまとめ 4 水産用抗菌剤を配合飼料へ混合する際の水及び油の添加について (p44~46)」に基づいている。ただし、EP でも、製法により水を含みやすくしているものとそうでないもの、熱で壊れやすいアスコルビン酸を付着させるため、製造後油で懸濁させてから付着させている製品等があることから、水・油の必要量は、使用前に実際に試しておくことが必須である。

## 6 水産用医薬品と調合した後の配合飼料の保管について (表 6)

いわゆる「作り置き」については、製薬メーカーとしては推奨していないとのこと。

OTC: ある種の金属イオンとキレートを作り、不溶化する (不溶化したら、腸管内での吸収が悪くなる) (尾崎, 1980)

SMM: パラアミノ安息香酸 (以下 PABA、飼料中に存在) と拮抗する (有効性の低下) (武田薬品工業, 1971 頃 a)

SIZ: PABA と拮抗する (程度は軽い) (武田薬品工業, 1971 頃 a)

- 上記の水に可溶の水産用医薬品については、作り置きしない方が無難と考えられる。また、水に不溶の水産用医薬品については、作り置きによる有効成分の変化等の知見は見当たらない。しかし、種々の物質が混在する配合飼料に長時間触れることは避けた方が無難と考えられる。

## 7 サルファ剤の場合、1 回目のみ増量投与可能な根拠 (表 2・3・5)

スルファモノメトキシナトリウム、スルファモノメトキシンの用量は 100~150 mg/kg、スルフィソゾールナトリウムの用量は 100~200 mg/kg である。用量に幅がある理由は以下のとおりである。

\*初回に 1.5~2 倍用量を投与して速やかに薬剤の体内濃度を上げ、それを維持するために用量の下限を投与することによって、より高い治療効果が期待できる (原, 1979)。

## 8 投薬期間終了後の給餌方法について

投薬終了直後に発病群が完治したわけではない。その時点で死亡が収束していても、生残魚の一部は回復途上と考えられる。その時すぐに給餌量を健康時と同じ量に戻すと、急な酸素消費量増大に伴う体力消耗で、再発する可能性が高まることが考えられる。以上のことから、投薬終了後も投薬時の給餌量としつつ、様子を見ながら徐々に増やしていくのが無難と思われる。

\*ブリ養殖の例ではあるが、投薬終了後すぐに通常の給餌量に戻したことで再発した例は多いとのこと (福田, 2024)。

## 9 低水温時および 1 g 以下の稚魚で発病した冷水病治療のための投薬に係る問題点 (表 4・5)

イスランソーダ

・稚魚: 10 °C以上の発病例では問題なし (臨床試験例 (豊田, 2011) あり: 効能拡大時)

・稚魚: 10 °C未満の臨床例なし。

・低水温時の吸収排泄の知見 (一例)

\*ニジマスにおいて、水温 6.8 °Cでも吸収は早く、96 時間後でも血中濃度は高いとのこと (武田薬品工業, 1971 頃 a)。ただし、この知見をもって低水温時で残留期間が長くなるかどうかは不明であるが、スルファモノメトキシシンに比べて持続性はあるようなので、それを見越した投薬方法に利用できる可能性がある。

・稚魚期の最適な投薬方法が不明

ニジマスにおいて飼料の消失時間は体重の 0.7 乗に比例する (Grove *et al.*, 1978) ことから、稚魚期は消化吸收速度が速いことが想定される。そのため稚魚期の給餌回数を多くする必要があるが、そうすると消化管移動速度が速くなるため、薬剤の消化管内移動速度も速く、薬剤の吸収量が少なくなるため、その結果として薬剤の体内濃度も上がらない可能性がある (井上 (1971f) によると、アユ稚魚における SMM の体内濃度が稚魚に比べて上昇せずかつ早く消失するとしている)。

また、投薬回数を 1 日 1 回とした場合、特に小さな稚魚の成長を考えると、投薬期間中も薬剤添加無しの飼料を複数回給餌する必要があるが、その場合は飼料の吸収排泄が促進され、体内濃度が更に上がらない可能性がある。また、特に小さな稚魚の場合は摂餌速度が遅いため、残餌がある程度出るような給餌が通常であり、特に餌付け時は、飼料が長時間飼育池に浮いたまま水面へ晒されるため、薬剤が水中へ拡散しやすい懸念もある。

以上のことから、特に小さな稚魚への投薬方法は、残餌も含めた 1 日の摂餌量を見極め、また水中への拡散量を考慮して薬の添加量を決める必要があるが、投薬時の魚体重

や水温等も考慮して、1日の摂餌量および薬の添加量を適宜調整しなければならない。ただし、1日の摂餌量および薬の添加量の相違により、薬剤の体内濃度が治療に必要な濃度以上に上昇しているかどうかの検討例は無い。そのため、投薬回数や使用する餌の量および薬剤の添加量を決めるために必要な知見が無いのが現状である。

参考までに、稚魚期における長野県の投薬例を以下に示した。

業者名	A	B	C
魚種	ニジマス	ニジマス	信州サーモン
疾病	冷水病	冷水病	冷水病
投薬製剤	FF	FF SIZ-Na	FF
投薬時の体重	餌付け2～3週間後	1～5 g	1～2 g
給餌量	投薬前と同量	投薬前の約7割	投薬前の6割
給餌頻度	投薬前と同頻度(3回/日)	投薬前と同頻度(1回/日)	2回/日(投薬前は3回/日)
備考	この時期は、残餌による飼育環境悪化を防ぐために、飽食給餌やや給餌率が低い。	親魚用の飼育魚であるため、給餌頻度がそもそも低い。IHNも発生していた可能性があることから、投薬効果不明。	投薬中給餌頻度を1回/日では、全量摂餌できない。

これら投薬例から、魚体重が小さいほど給餌量を減らすことができず、また給餌回数も同様であることが伺える。

#### 水産用フロルフェニコールKS

- ・稚魚・10℃以上の発病例では問題なし？(臨床試験例無し: 効能拡大時)
- ・稚魚・10℃未満では臨床例なし。
- ・低水温時の吸収排泄の知見無し: 低水温時では排泄が長引く可能性がある。
- ・稚魚期の最適な投薬方法が不明: イスランソーダに同じ。

#### マス類においてより効果的な投薬に必要な検討すべき項目

「根拠の提示および考察すべき項目」に記述したことも含めて、マス類においてより効果的な投薬に必要な検討すべき項目を以下に列挙した。

##### ・EPに水産用医薬品を展着させる最適な方法の検討

井上(1971a～f, 1972) および原(1979)により検討されたDPによる投薬方法をEPでも検討する必要がある。具体的には、クランブルおよびペレットの大きさ別の展着方法、展着方法毎の水産用医薬品の水中への溶出の程度、前述の検討により最適と判断された展着方

法により投薬された魚における水産用医薬品の体内濃度測定等が挙げられる。

・飼料中の成分と水産用医薬品の関係の検討 (特に拮抗成分の有無について)

サルファ剤やOTCで知られている飼料中にある拮抗成分について、他の水産用医薬品では存在するのか否かを明らかにする必要がある。また、それら拮抗成分について、どの程度の時間水産用医薬品に接触が続いたら影響が大きいのかも明らかにする必要がある。

・低水温時および1g以下の稚魚で発病した冷水病治療のための投薬技術の検討

「低水温時および1g以下の稚魚で発病した冷水病治療のための投薬に係る問題点」で触れたが、低水温時および1g以下の稚魚での発病は、冷水病以外では想定されていないため、SIZ・FFについて以下に示す項目を検討する必要がある。

①低水温時の吸収排泄の知見

②稚魚期における最適な投薬方法の検討

冷水病が発病しやすい1g以下の稚魚の場合は、通常の給餌は、餌付時の場合では特に水面に長く浮いているような浮遊性の配合飼料により給餌可能な時間を長く取り、かつ複数回の給餌回数となる。

従って、SIZ・FFを展着させた配合飼料は、摂餌されるまで長く飼育水に触れることが想定されるため、その時間を考慮した水中への拡散状況を検討する必要がある。また、稚魚の1回あたりの摂餌量は成魚等に比べて小さいため、1回の摂餌量で治療に必要なSIZ・FFを展着させることは困難と思われるため、複数回給餌による最適な投薬方法(海水・展着させるSIZ・FFの必要量等)を検討する必要がある。

・油以外の展着剤の検討

淡水マス類の投薬で油以外の展着剤はほとんど使われていない。海水の例ではあるが、フロルフェニコール(液剤)に展着剤を使用することにより散逸率が低下することが報告されている(福田ら, 2019)。淡水マス類養殖においても展着剤の使用を検討する必要があるものと思われる。

表2 スルファアモノメトキシナトリウム・オキシテトラサイクリン塩酸塩（いずれも水に可溶）である水産用医薬品の投薬方法

対照魚種	マス類全般
対照魚病（投与可能薬剤）	せつそう病（スルファアモノメトキシナトリウム・オキシテトラサイクリン塩酸塩） ビブリオ病（スルファアモノメトキシナトリウム・オキシテトラサイクリン塩酸塩） 連鎖球菌症（オキシテトラサイクリン塩酸塩）
対照薬剤（水に可溶）	スルファアモノメトキシナトリウム オキシテトラサイクリン塩酸塩 *ニジマス以外は効果が期待できない（用法用量上は投薬可）
投薬回数	1回（追加給餌「薬剤添加無し」はしない）
投薬時の給餌量	適正給餌量×約0.5（適正給餌量：健康時（あるいは発病前）の給餌において、摂餌の様子が少し不活発になった時までの給餌量） 海面：適正給餌量×約0.5（オキシテトラサイクリン塩酸塩のみ）
調合方法（表6を参照）	①
投薬方法	手撒き
投薬時間	飼育適水温またはそれに近い水温の時間帯
投薬期間	用法用量のとおり *スルファアモノメトキシナトリウムの場合、1回目のみ1.5倍量投与が可能（1回目：150mg/kg 2回目以降：100mg/kg）
投薬期間終了後の給餌	しばらくは制限給餌（投薬時の給餌量から様子を見ながら徐々に元に戻す）
備考	1～2g以下の稚魚の投薬は想定されない（対象魚病はその体重では発病しない）

表3 スルファアモノメトキシシン・オキシソリン酸（いずれも水に不溶）である水産用医薬品の投薬方法

対照魚種	マス類全般
対照魚病（投与可能薬剤）	せっそう病（スルファアモノメトキシシン・オキシソリン酸） ビブリオ病（スルファアモノメトキシシン・オキシソリン酸）
対照薬剤（水に不溶）	スルファアモノメトキシシン オキシソリン酸
投薬回数	1回（追加給餌「薬剤添加無し」はしない）
投薬時の給餌量	適正給餌量×約0.5（適正給餌量：健康時（あるいは発病前）の給餌において、摂餌の様子が少し不活発になった時までの給餌量） 海面：適正給餌量×約0.5（オキシソリン酸のみ）
調合方法（表6を参照）	②
投薬方法	手撒き
投薬時間	飼育適水温またはそれに近い水温の時間帯
投薬期間	用法用量のとおり * スルファアモノメトキシシンナトリウムの場合、1回目のみ1.5倍量投与が可能（1回目：150mg/kg 2回目以降：100mg/kg）
投薬期間終了後の給餌	しばらくは制限給餌（投薬時の給餌量から様子を見ながら徐々に元に戻す）
備考	1～2g以下の稚魚の投薬は想定されない（対象魚病はその体重では発病しない）

表4 フロルフェニコールの投薬方法

対照魚種	マス類全般
対照魚病	せっそう病 ビブリオ病 冷水病
対照薬剤 (液剤：水に不溶)	フロルフェニコール (水に不溶：製剤としての溶媒はプロピレングリコール → 水と混和可能)
投薬回数	1回 (追加給餌「薬剤添加無し」はしない) *ただし、1～2g以下の稚魚での冷水病の場合は複数回投薬
投薬時の給餌量	適正給餌量×約0.5 (適正給餌量：健康時 (あるいは発病前) の給餌において、摂餌の様子が少し不活発になった時までの給餌量)
調合方法 (表6を参照)	③
投薬方法	手撒き
投薬時間	飼育適水温またはそれに近い水温の時間帯
投薬期間	用法用量のとおり
投薬期間終了後の給餌	しばらくは制限給餌 (投薬時の給餌量から様子をしながら徐々に元に戻す)
備考	冷水病を除き1～2g以下の稚魚の投薬は想定されない (冷水病以外の対象魚病はその体重では発病しない) * 冷水病において1～2g以下の稚魚の投薬例は報告されていない。 * 冷水病において10℃以下の発病時には残留期間に留意する必要がある。

表 5 スルフィンゾールナトリウムの投薬方法

対照魚種	ニジマス
対照魚病 (投与可能薬剤)	ビブリオ病 冷水病
対照薬剤 (水に可溶)	スルフィンゾール
投薬回数	1回 (追加給餌「薬剤添加無し」はしない) *ただし、1~2g以下の稚魚での冷水病の場合は複数回投薬
投薬時の給餌量	適正給餌量 × 約0.5 (適正給餌量：健康時 (あるいは発病前) の給餌において、摂餌の様子が少し不活発になった時までの給餌量)
調合方法 (表 6 を参照)	①
投薬方法	手撒き
投薬時間	飼育適水温またはそれに近い水温の時間帯
投薬期間	用法用量のとおり *1回目のみ倍量投与が可能 (1回目：200mg/kg 2回目以降：100mg/kg)
投薬期間終了後の給餌	しばらくは制限給餌 (投薬時の給餌量から様子をしながら徐々に元に戻す)
備考	冷水病を除き1~2g以下の稚魚の投薬は想定されない (冷水病以外の対象魚病はその体重では発病しない) *冷水病において1~2g以下の稚魚の投薬例は報告されていない。 *冷水病においては10°C以下の発病時には残留期間に留意する必要がある

表6 調合方法

	投薬直前に使用していた餌の大ききより一段小さいものを使用する（可能であれば）
* 餌の大ききの選択	必要量の水に薬剤を溶かし、飼料に万遍なく絡ませた後、必要量の油を万遍なく絡ませる
①水に可溶	
・スルファモノメトキシナトリウム	* 水の必要量（目安） EP克蘭ブル：飼料重量の10～12%程度（細かいほどその割合は高くなる） ペレット：飼料重量の5～10%程度（細かいほどその割合は高くなる）
・オキシテトラサイクリン塩酸塩	→ DP克蘭ブルは水を含ませると液状となるので使用不可
・スルファイソゾールナトリウム	* 油の必要量（目安） EP克蘭ブル：飼料重量の5～10%程度（細かいほどその割合は高くなる） ペレット：飼料重量の3～7%程度（細かいほどその割合は高くなる）
②水に不溶	必要量の油に薬剤を懸濁し、飼料に万遍なく絡ませる
・スルファモノメトキシ	* 油の必要量（目安） クランブル：飼料重量の5～10%程度（細かいほどその割合は高くなる） ペレット：飼料重量の3～7%程度（細かいほどその割合は高くなる）
・オキソリン酸	
③フロルフェニコール	薬剤（液剤）の必要量が飼料重量とほぼ適合している場合：薬剤のみを万遍なく絡ませる 薬剤（液剤）の必要量が飼料重量に比して少ない場合：不足分の水を足してよく混合した後、万遍なく絡ませる 薬剤（液剤）の必要量が飼料重量に比して多い場合：飼料重量を増やして薬剤量と適合させた後、万遍なく絡ませる
* 使用する油	大豆油（精製油「いわゆるサラダ油」を含む）、飼料添加油 その他
* 水・油の必要量はあくまで目安である。実際の投薬時には、まず最適（万遍なく水・油が餌表面に行きわたり、かつべた付かない程度の量）な量をあらかじめ試しておく必要がある。	
* 調合後の餌は速やかに投薬する（作り置きは製薬メーカーとしても推奨していない）	

## ② 薬剤の体内動態（吸収・排泄等）

山梨県水産技術センター 平塚 匡

### 総論: 魚類における薬剤の体内動態

魚類に投与された薬剤は、体内で一連の動態過程を経て作用を発揮し、最終的に排泄される。この過程は一般に吸収・分布・代謝・排泄の4段階に分類され、総称して薬物動態と呼ばれる。魚類における薬剤の効果や安全性を考える上で、薬剤が体内でどのように挙動するかを知ることが重要である。まずは魚類における薬剤の体内動態の要点等をまとめる。

#### (吸収)

- ・主に小腸（ヒトなどと同様）から吸収されると考えられており、薬浴では鰓からの吸収も起こる。魚種によっては胃から吸収されることもある（尾崎・池田, 1978a）
- ・吸収速度は薬剤の性状、魚種、水温、配合飼料の質と量、飼料中の薬剤濃度（濃度勾配が大きいほどよく吸収）、腸 pH、共存物質等に依存する（尾崎・池田, 1978a）
- ・飼料中の Ca/Mg やタンパク質の結合で不溶化し、吸収が低下する薬剤（例: OTC）もある（水産庁, 1980a; 上野, 2004）

#### (分布)

- ・吸収された薬剤は体液に乗って各組織へ移行し、体液濃度と組織濃度の間には一定の平衡関係が成立する（水産庁, 1980b）
- ・一般的に肝臓に濃縮される傾向が強く、腸肝循環（胆汁に排泄→腸で再吸収）を介して残留が延長する場合がある（尾崎・池田, 1978b; 水産庁, 1980b）

#### (代謝)

- ・代謝速度は水温に強く依存し、経口投与後の摂餌の有無も影響する。また、魚種により管理条件や生理学的な相違も関与する（日本水産資源保護協会, 1981a）
- ・SMMのアセチル化（抗菌性消失）率は肝臓で高い（原・井上, 1967a）

#### (排泄)

- ・腎臓を経た尿、胆汁、消化液、鰓が主要な排泄経路と考えられている。胆汁へ排泄された薬剤が腸へ出て、一部が再び腸から吸収（腸肝循環）されることにより残留期間が延びることがある（尾崎・池田, 1978b; 水産庁, 1980b）
- ・水温が高いほど排泄は速くなる傾向であり、給餌により排泄が促進される（日本食品分析センター, 1980）

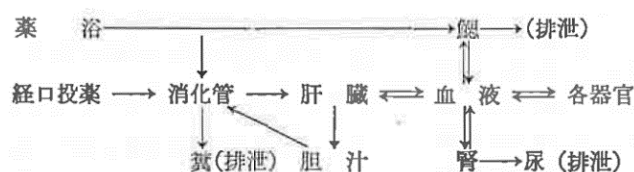


図: 薬物の魚体内における移行  
(尾崎・池田, 1978b)

## 養殖マス類で使用される抗菌剤と各薬剤の特徴

次に実際に養殖マス類で使用される抗菌剤の概要と薬剤別の特徴を整理した。薬剤ごとに吸収性、分布傾向、代謝経路、排泄様式は異なり、これらの違いを把握しておくことは投薬指導時（薬剤の選択等）に役立つものと考えられる。

なお、本稿で示す多くのデータ（FF以外）は、DP飼料を用いた試験に基づくものであり、現在主流となっているEP飼料とは吸収挙動等が完全に一致しない可能性があることに留意してほしい。また、薬剤別の特徴における「\*」は根拠となるデータ等を参考までに示したものである。

### (抗菌剤の概要)

- ・抗菌剤は抗生物質と合成抗菌剤（サルファ剤も含む）の2種類に分類され、主に細菌に作用し、ウイルスや真菌には効果を示さない
- ・現在、養殖マス類で承認されている抗菌剤とその概要は以下の表のとおりである

表：マス類で承認されている抗菌剤の分類と概要

分類	種類	成分名	作用機序	薬理作用	溶解性
合成抗菌剤	サルファ剤	スルファモノメトキシシン	葉酸合成阻害	静菌的	水に不溶
		スルファモノメトキシシンナトリウム	葉酸合成阻害	静菌的	水に可溶
		スルフィソゾールナトリウム	葉酸合成阻害	静菌的	水に可溶
	キノロン系	オキシリン酸	DNA複製阻害	殺菌的	水に不溶
抗生物質	テトラサイクリン系	オキシテトラサイクリン塩酸塩	タンパク質合成阻害	静菌的	水に可溶
	クロラムフェニコール系	フロルフエニコール	タンパク質合成阻害	静菌的	水に不溶

### (薬剤別の特徴)

#### 1-1 サルファ剤 (総論)

- ・作用機序: 葉酸合成阻害。PABA (パラアミノ安息香酸) との拮抗による静菌的作用
  - ※ PABA…葉酸の構成基、細菌が増殖するために必要
  - ※ 静菌的作用…細菌の増殖を遅延または阻止
- ・交叉耐性: 一種類のサルファ剤に対して耐性を獲得すると、他のサルファ剤に対しても耐性を示すようになる場合がある
- ・静菌的作用による投薬効果を得るためには、抗菌剤が病原菌の増殖を抑え、魚の生体防御能 (免疫) により菌を除去するまでの間、魚体内の薬剤濃度を一定水準以上維持することが必要となる (和田, 2024)

#### 1-2 スルファモノメトキシシン (SMM) / スルファモノメトキシシンナトリウム (SMM-Na)

経口投与で腸管からの吸収、血中濃度維持が比較的良好で、長時間作用する持続型サルファ剤。Na塩は薬浴剤としても使用される

### (性状)

- SMM 原末は白色または微黄色の結晶性粉末で無味無臭、水に不溶。SMM-Na は白色の結晶または結晶性粉末で、無臭だが苦みがあり、水に可溶 (水産庁, 1980c)
- SMM-Na は水道水で 40~45 %以下でないとは短時間に沈殿が生じる (武田薬品工業, 1971 頃 b)

### (抗菌性)

- 抗菌スペクトル: 広域でグラム陰性及び陽性菌に対して強い抗菌力を有する
- 魚病細菌に対する MIC: *Aeromonas salmonicida* (アマゴ、サクラマス) 3.2  $\mu\text{g/ml}$ 、*Vibrio piscium var. japonicus* (ニジマス) 1.6  $\mu\text{g/ml}$  (水産庁, 1980c)
- 耐性: せつそう病及びビブリオ病原菌に耐性菌が多く存在し、近年 (R1~5) の感受性菌株の割合は、せつそう病菌 12%、ビブリオ病菌 14%となっている (全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会, 2021~2025)

### (体内動態)

- SMM (ニジマス): 肝臓、血漿は 24 時間、筋肉は 12 時間後に組織内濃度が最大になる。肝臓で濃縮かつ残留する傾向を示し、筋肉は早期に排泄される。肝臓でアセチル化 (抗菌性消失) 率が高い

\* ニジマス (75g, 7.2~10.5°C) に SMM 原末 250 mg/kg を 1 回経口投与した場合、投与 3 時間後には血漿をはじめ肝臓、筋肉にも認められるようになり、投与 24 時間後に肝臓で 14.2 mg%、血漿で 7.6 mg/d $\ell$ 、筋肉では 12 時間後に 5.7 mg% と最高値になった。組織内濃度の減少は緩やかで、72 時間後でも血漿 4.8 mg/d $\ell$ 、肝臓 9.1 mg%、筋肉 1.3 mg% と個体によってはかなり

残存していた。アセチル化率は血漿よりも肝臓で高かった (原・井上, 1967a)

- SMM-Na (ニジマス): 全組織 (血漿、肝臓、腎

臓、筋肉) 24 時間で組織内濃度が最大になる。肝臓で濃縮と残留傾向がみられ、その他はみられない。Na 塩の方が、組織内濃度が高く、吸収も速くなる傾向がみられる

\* ニジマス (78g, 9.8~15.0°C) に Na 塩 250 mg/kg を 1 回経口投与した場合、投与 24 時間後に各組織とも最高濃度となり、肝臓で 20.3 mg%、腎臓で 11.1 mg%、血漿で 9.8 mg/d $\ell$ 、筋肉で 7.3 mg% となった。72 時間後でも筋肉を除いてかなり残存が認められたが、100 時間後にはほとんど認められなかった

図1 各サルファ剤のニジマス血漿中濃度

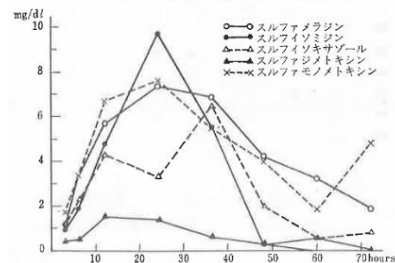


図2 各サルファ剤のニジマス肝臓内濃度

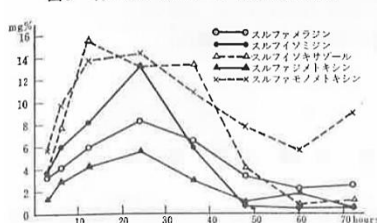
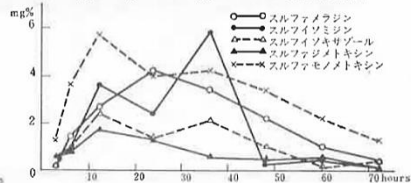


図3 各サルファ剤のニジマス筋肉内濃度



(原・井上, 1967a)

(原ら, 1967)

→ SMM、SMM-Na とともに最高組織内濃度に達するまでの時間は 24 時間 (ニジマス) であり、SMM-Na の方が濃度が高く、吸収排泄も速い傾向がある

- ・体内分布 (SMM): 胆汁>肝臓>血液>腎臓>筋肉となり、胆汁には血漿の 18~20 倍存在することが知られている (ニジマス)。胆汁濃度が他の組織に比して高い濃度を維持していることから、肝臓から胆汁に排泄され、腸においてその一部が再吸収 (腸肝循環) されていることが、組織内濃度を長時間持続する要因と推測される (水産庁, 1980c)
- ・排泄: 主に腎臓からの尿中排泄である。投薬終了後の給餌再開や水温が高い方が排泄速度が速まる

\* ニジマス (0 年魚、15°C) に Na 塩を投与後 (100 mg/kg×8 日間)、給餌群と餌止群に分けそれぞれ各水温下 (5、10、15、20°C) にて飼育し、筋肉及び内臓における SMM 残留量を定量した結果、給餌群の筋肉において 5°C では休薬 9 日で 0.14ppm の残留が認められたが、10°C、15°C、20°C ではそれぞれ休薬 9 日、6 日、6 日後にはほとんど認められなかった。内臓では休薬 9 日後でも全水温区で残留がみられたが、水温が高いほど排泄速度が速くなる傾向にあった。一方、餌止群では筋肉及び内臓とも排泄速度が給餌群に比べ遅く、休薬 11 日後でも全水温区で残留がみられた (日本食品分析センター, 1980)

### (投薬方法)

- ・飼料への吸着: SMM-Na は水に溶解し、SMM は油併用で配合飼料に吸着させる
  - \* ニジマス稚魚に SMM 原末及び Na 塩 (100 mg/kg) を固形配合飼料に添加し投与したところ、Na 塩を水に溶かしてペレット吸着、あるいはこれに大豆油をコーティングした場合に魚体内濃度が 6 mg% まで上昇するが、Na 塩を大豆油と混合しペレット吸着させた場合には 2 mg% 以下と有効濃度に達しない。原末を大豆油と混合してペレット吸着させた場合には両者の中間となる (水産庁, 1980c)
- ・飼料の種類と剤型: 経口投与の場合、固形配合飼料では Na 塩を用いる方が魚体内濃度の上昇という点で優れる。粉末飼料 (練り餌やモイストペレット) では剤型に関係なく魚体内に摂取され、組織内濃度は有効濃度まで達する (水産庁, 1980c)
- ・薬剤の連続投与により、腸管などからの再吸収が悪くなる、排泄が早くなることなどから、次第に血中濃度が低くなる傾向にみられ、薬が効かない原因となる。長期のサルファ剤の投与は魚体への副作用と耐性菌の問題に繋がる。サルファ剤の種類を変えて連続投与すると同様に耐性菌の出現に繋がるため、投薬を中止するか休薬期間において再投薬すべきである (第一製薬, 1966 頃)

### (安全性・副作用)

- ・摂餌低下: 高用量 (300 mg/kg 以上など) での連続投与で摂餌量の低下がみられる
  - \* 経口投与時の副作用としてアマゴでは摂餌率 (給餌率) の低下がみられる。配合飼料に SMM 1.0、0.75、0.5、0.25% 添加し 1 日 3 回飽食、7 日間連続投与すると、大型魚 (70 g、9.0~15.5°C)、小型魚

(33 g, 10.4~15.5 °C) とともに平均給餌率は1~4日目より5~7日目の方が低くなり、添加率が高くなるほど摂餌率の低下が著しい(長野県, 1973)

- \* アマゴ (53.2 g, 12.9~16.9 °C) に Na 塩を 100 mg/kg×7 日間経口投与 (給餌率 1.5 %) すると、投与開始 6 日目、7 日目にそれぞれ 49%、45% の残餌を出し、原因不明の死亡が 5~8 日目にかけて毎日 1~7 尾みられ、体色が青緑色に変化した個体も多数出現した。投薬終了後 2 日間は摂餌が極めて悪く、6 日目によりやく良好な摂餌を示した (岐阜県, 1973)
- \* SMM を *A. salmonicida* 接種ニジマス (8.4~9.4 g, 15.7~17.8 °C) に 50~300 mg/kg×10 日間投薬したとき、200~300 mg/kg 投薬区では餌料を吐き出し、摂餌しなくなり、そのため治療率が低下した (東京都水産試験場奥多摩分場, 1967)
- ・嗜好性低下: 低水温下においては嗜好性の低下を増長する可能性がある (武田薬品工業, 1971 頃 b)
- ・急性経口毒性 (LD50): ニジマスでは 10g/kg 魚体重以上と極めて低毒性 (第一製薬, 1966 頃)

### 1-3 スルフィソゾールナトリウム (SIZ)

水溶性が高く、経口投与での吸収が早い。安全性、摂餌性に与える影響が少ない。水産専用のサルファ剤で、マス類ではニジマスのみで使用可能である

#### (性状)

- ・白色~ほとんど白色の結晶または結晶性粉末。においはほとんどなく、水によく溶ける
- ・水道水 (20 °C) で最高 70% の溶液が容易に作れ、沈殿を生じない (武田薬品工業, 1971 頃 b) →SMM-Na より調整が安定

#### (抗菌性)

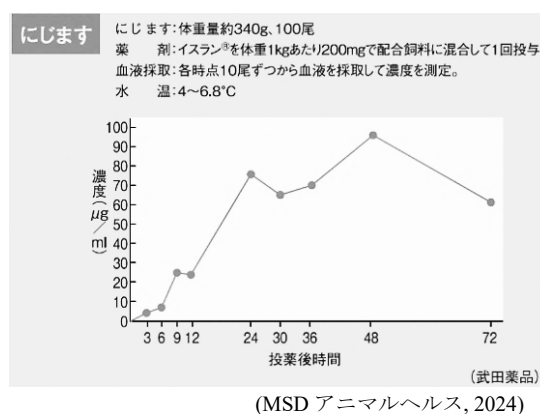
- ・抗菌スペクトル: サルファ剤の中でも高い抗菌力を示す。緑膿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) に対して他サルファ剤にはない抗菌力を示すことから、近縁の *Aeromonas*、*Vibrio* 属の主要魚病原因菌に対しても強い抗菌力を有する。*Flavobacterium psychrophilum* にも高い抗菌力を有する (日本水産資源保護協会, 1981a; 武田薬品工業, 1971 頃 b)
- \* 各種サルファ剤の魚病由来菌に対する抗菌力の比較において、SIZ (ナトリウム塩ではない) はマス類のせつそう病菌やビブリオ病菌に対して SMM より優れた抗菌力を示した (第一製薬, 1966 頃)
- ・魚病細菌に対する MIC: *A. salmonicida* 1.9~3.9 µg/ml、*V. piscium* var. *japonicus* 12.5 µg/ml (日本水産資源保護協会, 1981a)。全国の冷水病罹患ニジマスから分離された *F. psychrophilum* (50 株) に対する MIC は 0.25~64 mg/L に分布し、うち 8 mg/L 以上の株は 7 株 (14%) あった (豊田, 2011)
- ・PABA との拮抗性が少なく、ビタミン剤との併用でも効果が低下しない (武田薬品工業, 1971 頃 b)
- ・耐性: ビブリオ病原菌において耐性菌がみられるが、冷水病原菌ではほぼない。近

年 (R1~5) の感受性菌株の割合は、ビブリオ病菌 34%、冷水病菌 99%となっている (全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会, 2021~2025)

### (体内動態)

- ・消化管から良く吸収され、高い血中濃度を維持し、排泄も速い。低水温でも吸収は良好である
- ・1回投与 (ニジマス) で水温に因らず時間とともに血中濃度は上昇し、24~48時間でピークとなる

\* ニジマス (340 g, 3.8~6.8 °C) に SIZ (Na 塩ではない) 200 mg/kg を1回投与すると、血中濃度は時間の経過とともに増加する傾向がみられ、48時間後に最高血中濃度を示した (投与後 3、6、9、12、24、30、36、48 及び 72 時間でそれぞれ 4.1、7.2、24.7、23.7、76.9、66.3、71.8、97.9 及び 63.2  $\mu\text{g}/\text{ml}$ )。SIZ は低水温でも吸収が良好である (武田薬品工業, 1971 頃 b; 豊田, 2011)



- \* ニジマス (70 g, 18~20 °C) に SIZ 200 mg/kg を1回強制経口投与すると、血中濃度は投与後 1、2、4、6、9、12 及び 24 時間においてそれぞれ 10.2、50.8、75.8、116.0、166.7、210.5 及び 241.8  $\mu\text{g}/\text{ml}$  を示し、時間とともに上昇した (前述より血中濃度が高い傾向となったのは、比較的水温が高く代謝が高まったためと考えられる) (豊田, 2011)
- ・最終投与 24 時間後から血中濃度が急速に低下し、72 時間後には検出限界値以下になる
- \* ニジマス (9 g, 18~19 °C) に SIZ (Na 塩ではない) 200 mg/kg を 14 日間連続投与すると、最終投与終了 24 時間後には 21.0  $\mu\text{g}/\text{g}$  の筋肉血中濃度を示すが、以後急速に低下し、48 時間後は 1.2  $\mu\text{g}/\text{g}$ 、72 時間後には検出限界値以下となり、3 日後には筋肉内から消失した (武田薬品工業, 1971 頃 b)
- \* アマゴ (6 g, 水温不明) に SIZ の添加量を変えた飼料 (0.5%、1.0%、2.0%、1 日目 200 mg/kg/・2~7 日目 100 mg/kg) を 7 日間連続投与すると、飼料添加量と筋肉中濃度はほぼ比例的で投与期間中有効的な濃度維持がみられた。最終投与終了 24 時間以後は濃度が急速に低下し、72 時間後には 0.5 mg% 以下となる (日本水産資源保護協会, 1981a; 長野県, 1973)
- ・SIZ とその Na 塩はニジマスにおいて同等性が確認されている (豊田, 2011)

### (投薬方法)

- ・飼料への吸着: 水に溶解し、均一に配合飼料に吸着させる (クランブル、ペレットのサイズにより表面積が異なってくるため、水の適正量は変わる)
- ・Na 塩は嗜好性を多少落とすため、薬液吸着後にさらにフィードオイルを添加することで、疾病魚などの嗜好性向上にも繋がる (武田薬品工業, 1971 頃 b)

### (安全性・副作用)

- ・副作用が少なく、長期連続投与しても安全性が高い。摂餌性も良好である
- \* 通常用量 (100~200 mg/kg) の連用では、ニジマス及びアマゴに僅かな摂餌性の低下が報告されているのみ。過剰量の連用では、ニジマスで摂餌性と成長率の低下、アマゴで体色黒化がみられる (日本水産資源保護協会, 1981a)
- \* アマゴ (53.2 g, 12.9~16.9 °C) に SIZ 及び SMM (いずれも Na 塩) を 100 mg/kg、7 日間経口投与し嗜好性を調べたところ、投薬開始 4 日目より明らかな摂餌状況の差が現れ、給餌率 1.5 % で SIZ は全て摂餌したが、SMM は 6 日目、7 日目にそれぞれ 49%、45% の残餌を出した。投薬終了後 SIZ は良好な摂餌状況を示したのに対し、SMM は投薬終了 2 日間は摂餌が極めて悪く、6 日目によく SIZ と同様な良好な摂餌を示した (岐阜県, 1973)
- ・急性経口毒性 (LD<sub>50</sub>) : ニジマス (260 g, 18 °C、48 時間観察) では 3,000 mg/kg 以上 (常用最大量 200 mg/kg の 15 倍以上) で、他のサルファ剤で認められる骨折毒性などもない (武田薬品工業, 1971 頃 b)

## 2 オキシリン酸 (OA)

経口投与での吸収性が良好で、組織移行性も高く、長時間血中濃度を維持できる。グラム陰性菌、抗生物質やサルファ剤に抵抗性をもつ病原菌に対して強い抗菌力を示す

### (性状)

- ・白色～帯黄白色の結晶または結晶性粉末で無味無臭である。水にほとんど溶けない (日本水産資源保護協会, 1981b)
- ・1g を溶かすのに必要な水の量は 1.0×10<sup>5</sup>ml 以上 (日本水産資源保護協会, 1981b)
- ・水産用パラザンは淡黄白色～褐色の散剤で特異なおいがある (田辺製薬, 1975)

### (抗菌性)

- ・作用機序: 細菌の DNA ジャイレース (DNA の切断と結合に関与する酵素) に結合し、核酸合成を阻害することによる殺菌的作用 (青木, 2013)
- ・抗菌スペクトル: グラム陰性菌、一部のグラム陽性菌に対して抗菌作用を示す。テトラサイクリン類やサルファ剤等と交叉耐性が無く、R 因子耐性にも関連しない (日本水産資源保護協会, 1981b)
  - ※ 交叉耐性 ...細菌が 1 つの抗菌剤に耐性を獲得すると、構造や作用機序が類似する別の抗菌剤にも同時に耐性を示す現象
  - ※ R 因子耐性...細菌が薬剤耐性遺伝子を含むプラスミド (R 因子) を獲得することで、複数の抗菌剤に一度に耐性を示すようになる現象
- ・魚病細菌に対する MIC: *A. salmonicida* 0.01~0.39 µg/ml、*V. piscium var. japonicus* 0.03 µg/ml (日本水産資源保護協会, 1981b)
- ・耐性: せつそう病原菌において耐性菌がみられるが、ピブリオ病原菌ではほぼない。

近年 (R1~5) の感受性菌株の割合は、せつそう病菌 48%、ビブリオ病菌 99%となっている (全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会, 2021~2025)

- R 因子多剤耐性菌対策として OA が多用されたことで、R 因子によらない OA 耐性菌の増加がみられ、*A. salmonicida* では 10 代継代で 15 倍の耐性上昇が認められている (日本水産資源保護協会, 1981b)

### (体内動態)

- 吸収は良好で体内に速やかに移行し、比較的長期間残留する
- 水温が低いほどピークが遅延し、残留が延長する傾向がある
- 体内分布: 腎臓>肝臓>筋肉>血液
  - \* ニジマス (130g, 15°C及び10°C) に OA 40 mg/kgを強制経口投与すると、15°Cでは投与 1 日後に筋肉 (5.05 µg/g) と肝臓 (8.43 µg/g)、2 日後に腎臓 (23.16 µg/g) と血液 (3.33 µg/ml) で最高値となり、その後徐々に減少し、12 日後には全ての組織で検出されなくなった。10°Cでは投与 3 日後に全組織で最高値となり (筋肉 4.73 µg/g、肝臓 8.04 µg/g、腎臓 15.82 µg/g、血液 2.85 µg/ml)、その後徐々に減少し、18 日後には検出されなくなった。両温度とも OA の組織内濃度は腎臓>肝臓>筋肉>血液の順に高くなった (Ueno *et al.*, 1988)
  - \* アマゴ (180g, 15°C) に OA 40 mg/kgを強制経口投与すると、投与 2 日後に筋肉 (4.33 µg/g)、肝臓 (7.76 µg/g)、腎臓 (14.36 µg/g) で、3 日後に血液 (2.80 µg/ml) で最高値となり、その後徐々に減少し、30 日後には概ね全ての組織で検出されなくなった (Ueno *et al.*, 1988)
  - \* ニジマス (176g, 17°C) に OA 40 mg/kgを強制経口投与すると、すべての組織において投薬 72 時間後に最高値を示し (血清 2.2 µg/ml、筋肉 4.8 µg/g、肝臓 5.9 µg/g、腎臓 15.0 µg/g)、濃度は腎臓>肝臓>筋肉>血清の順であった (石田, 1992)
  - \* ヤマメ (144.2g, 17.0~22.7°C) に OA 純末及び 20 倍散を 10 mg/kg 5 日間経口投与した時の魚体内濃度は、初回投薬終了 48 時間後では純末で血清 0.64 µg/ml、肝臓 1.7 µg/g、腎臓 1.4 µg/g、20 倍散で血清 0.98 µg/ml、肝臓 1.5 µg/g、腎臓 1.7 µg/g、筋肉 1.2 µg/g と高い体内濃度を示し、同 120 時間後 (最終投薬終了 24 時間後) は純末で血清 1.11 µg/ml、肝臓 2.2 µg/g、腎臓 1.3 µg/g、20 倍散で血清 1.5 µg/ml、肝臓 1.9 µg/g、腎臓 2.5 µg/g、筋肉 1.3 µg/g と純末の腎臓を除き更に上昇が見られ、いずれにおいても全般によく吸収されていた (岐阜県, 1973)
- 小型魚ほど残留が延長する可能性がある
  - \* ニジマス (約 10°C, 160g 及び 10g) に OA 20 mg/kg/日を 5 日間経口投与し、筋肉及び肝臓の組織内残留性を比較したところ、160g では両組織とも投薬終了後 13 日、10g では筋肉で 16 日、肝臓で 19 日において検出限界値以下となった。魚体重が軽いニジマスの方が OA の残留期間が長かった (春日ら, 1984)
- 海水環境下では淡水より組織内最高濃度が低くなり、消失も速い
  - \* ギンザケ (17°C, 120g) で淡水飼育時と海水飼育時の OA 組織内濃度を比較したところ (OA 40 mg/kgを強制経口投与)、淡水区では 48 時間後に肝臓 (5.3 µg/g) で、72 時間後に血清 (2.4 µg/ml)、筋肉

(7.0 µg/g) 及び腎臓 (17.4 µg/g) で最高濃度を示し、海水区では 12 時間後に全組織において最高濃度を示したが (血清 0.2 µg/ml、筋肉 1.0 µg/g、肝臓 2.8 µg/g、腎臓 6.3 µg/g)、いずれも淡水区よりも低くなり、72 時間後には検出限界値以下になった。ニジマスもギンザケと同様に、海水飼育時では淡水飼育時に比べて OA 濃度は低く、残留期間も短い傾向がみられた (石田, 1992)

- ・排泄: 腎臓での濃度が高く尿排泄が主要経路と考えられる (石田, 1992)

### (投薬方法)

- ・飼料への吸着: 水に不溶のため、油に懸濁し配合飼料に吸着させる

### (安全性・副作用)

- ・用法用量の範囲内において副作用は認められない。高用量の連続投与で一部肝臓変化等の異常が認められている

\* アマゴ (30 g, 18.2~19.1°C) に 50、100、200 mg/kg (常用量の 5、10、20 倍量)、5 日間強制投薬 (給餌率 0.5%) したところ、投薬中及び投薬終了後 7 日間では死亡魚や異常魚は見られなかった。組織学的検査の結果、200 mg/kg 投与魚の肝臓に胞体、核の萎縮傾向を示す肝細胞が認められたのみで、腎臓、脾臓等の臓器に異常は認められなかった。SIZ と比較 (同時に試験実施) しても毒性は低いと推察される (田辺製薬, 1975)

\* ニジマス、アマゴ、ヤマメに対する無作用量は下表のとおりである (田辺製薬, 1975)

魚 種	供試尾数(平均体重)	水温(°C)	投 薬 量* (mg/kg/day) × 日	通常投与量の最高量* (mg/kg/day) × 日
ニジマス	1群1670尾( 3.6g )	11.8	50,100×21	20×3~7
	30尾( 80g )	12.9~15.1	30×10	
アマゴ	1群 20尾( 30g )	18.2~19.1	50,100×5	
ヤマメ	1群 5尾(6.2~16.1g)	15±1	20,100×7	

(田辺製薬, 1975)

\* ニジマスでは 150~200 mg/kg・日、5~21 日間の投薬で狂躁と摂餌の低下等の異常性、アマゴ稚魚への OA 油剤の高投与によると思われる狂躁その後起こる鎮静、摂餌の低下が認められている (日本水産資源保護協会, 1981b)

- ・嗜好性に影響は少なく、通常量では摂餌の低下はみられない

\* ニジマス (80g, 12.9~15.9°C) に OA20 倍散を 30 mg/kg・日で 10 日間投与 (給餌率 1.5%) したところ、遊泳や摂餌などに異常はみられない (田辺製薬, 1975)

- ・経口急性毒性 (LD<sub>50</sub>): ニジマスでは 4,000 mg/kg 以上である (青木, 2013)

### 3 オキシテトラサイクリン塩酸塩 (OTC)

経口吸収は比較的良好で、組織残留性が高い。魚病細菌に対する抗菌力が強く、他の抗生物質と比べ耐性を生じにくい。マス類では連鎖球菌症に対して承認された唯一の薬剤 (性状)

- ・輝黄色の結晶性粉末で、無臭であるが苦味を有している。水に溶けやすい (尾崎, 1980)

## (抗菌性)

- ・作用機序: 細菌のリボソームに作用しタンパク質合成を阻害することによる静菌的作用 (尾崎, 1980)
- ・抗菌スペクトル: 広域でグラム陽性及び陰性の桿菌、好気性及び嫌気性菌、抗酸菌、放線菌、リケッチア、原虫などに抗菌性を示す。真菌には抗菌性はない (水産庁, 1980a)
- ・魚病細菌に対する MIC: *V. piscium* var. *japonicus* (ニジマス) 0.39  $\mu\text{g/ml}$ 、*A. salmonicida* (アマゴ、ヒメマスなど) 0.39  $\mu\text{g/ml}$  (水産庁, 1980a)。全国で分離された *S. iniae* (50 株) に対する MIC は  $\leq 0.125 \sim 0.5 \text{ mg/L}$  に分布し、うち 48 株が  $\leq 0.25 \text{ mg/L}$  であった (渡辺ら, 2011)
- ・耐性: せつそう病、ビブリオ病、連鎖球菌症の各原因菌において大きな耐性化はみられていない。近年 (R1~5) の感受性菌株の割合は、せつそう病菌 87%、ビブリオ病菌 93%、連鎖球菌 100%となっている (全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会, 2021~2025)

## (体内動態)

- ・経口投与により消化管から速やかに吸収され、各組織に良く分布する。有効体内濃度を長時間維持する
- ・体内分布: 肝臓 > 腎臓 > 筋肉  $\geq$  血液となり、肝臓は常に最も高濃度に分布する
- ・水温が低いほど残留が延長する傾向がある
- ・排泄: 主に尿と胆汁を経て行われる。排泄速度は器官により差異があり、特に肝臓に濃縮され、筋肉は肝臓よりも早く排泄される。ニジマス、カワマス、ブラウントラウトなどの生物学的半減期は約 5 日、魚体からの消失時間は平均すると 20 日程度 (尾崎, 1980)
- \* マス類に OTC 50 mg/kg 経口投与すると、筋肉では血液より高い濃度を示し、腎臓では更に高く、肝臓で最も高くなった (尾崎, 1980)
- \* ニジマスに 3 温度 (6~7°C 664.7 g、9~10°C 170.0 g、12~13°C 45.3 g) で OTC を 75 mg/kg  $\times$  14 日間経口投与したところ、肝臓濃度は両温度 (6~7°C、12~13°C) で投薬期間中は 4  $\mu\text{g/g}$  程度になり、投薬終了後も同じような傾向を示した。6~7°C では投薬後 35 日でも検出限界 (0.5  $\mu\text{g/g}$ ) 以上の値を示したが、12~13°C では検出限界以下になった。筋肉は投薬期間中は 0.5~1.0  $\mu\text{g/g}$  にあるが、高温ほど濃度は高く、投薬終了後の濃度低下も速い。濃度が検出限界以下になるには 6~7°C で 21 日、9~10°C で 14 日、12~13°C で 6 日であった。6~7°C で肝臓濃度が検出限界以下になるのに 30~35 日、筋肉と血液で 28 日かかる。温度別の最高器官濃度は肝臓が高く (8  $\mu\text{g/g}$ )、筋肉と血液では 0.8~1.0  $\mu\text{g/g, mL}$  である (尾崎, 1980)

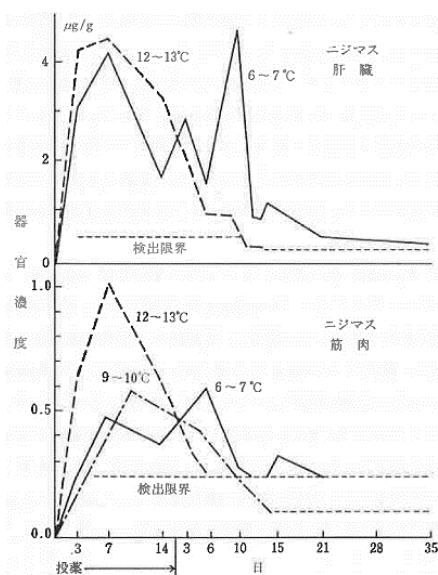


図1. ニジマスにオキシテトラサイクリンを投与した時の器官濃度。  
(尾崎, 1980)

\* カワマスに2温度 (6~7°C 144.0g、12~13°C 53.8g) で OTC を 75 mg/kg×14 日間経口投与すると、肝臓濃度は筋肉や血漿より高く、6~7 °Cでは2~3 μg/g の濃度を維持し、最高で 6.5 μg/g に達した。12~13 °Cでは2 μg/g と低い濃度を示した。投薬が終了すると急速に低下し、6~7°Cで28日、12~13 °Cでは10日で検出限界以下となった。筋肉濃度は3日目に0.7 μg/g に達するが、投薬期間中は0.3 μg/g 以上の濃度で、投薬終了後は急速に低下し、肝臓と同様の日数で検出限界値以下となった。器官濃度の序列は肝臓>筋肉>血漿となった (尾崎, 1980)

・在来マス (アマゴなど) では吸収が悪く、特に肝臓での吸収量が低い

\* アマゴでは各組織とも投薬後濃度の上昇が遅い。アマゴ (200 g、16.5~17.6 °C) に OTC 300 mg/kg を1回強制経口投与すると、12時間目より体内濃度は上昇する。血液では48時間後に最大値 (0.76 μg/ml) を示し、0.40 μg/g 以上の濃度を48時間持続した。肝臓では8時間後で0.33 μg/g であり、72時間目で最大値 (1.75 μg/g) を示し、1 μg/g の濃度を48時間持続した。筋肉では48時間後に0.66 μg/g、腎臓では24時間後に0.61 μg/g と最大値を示した (森川・田代, 1975)

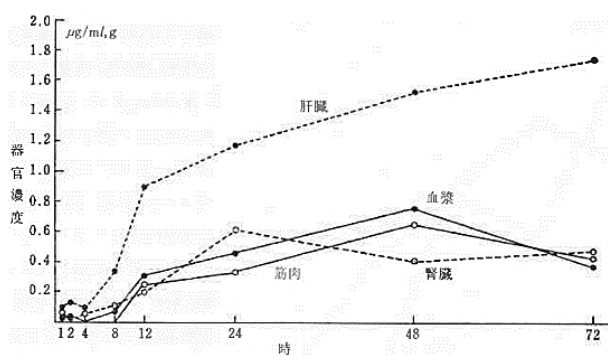


図4. アマゴにオキシテトラサイクリンを300mg/kg体重、1回強制経口投与した時の器官濃度。

(森川・田代, 1975)

\* アマゴはコイに比べ OTC の吸収が遅く、また各器官における吸収量が小さく、この傾向は特に肝臓で顕著であった。アマゴでは OTC の吸収量が低く、治療効果は期待できないと考えられた (森川・田代, 1975)

・飼料中のタンパク質との結合や金属イオン (Ca や Mg) とのキレート形成により不溶化し、消化管からの吸収が低下 (脂質膜通過が困難) する (水産庁, 1980a; 上野, 2004)

### (投薬方法)

・飼料への吸着: 水に溶解し、配合飼料に吸着させる

### (安全性・副作用)

・常用最高量を連続投与しても大きな異常は認められず、毒性は認められない

\* 常用最高量を連続投与した場合、アマゴでは斃死、摂餌、遊泳、体色、活力に異常はみられず、ニジマスで若干の食欲不振の症状が認められた程度であり、投薬中止後は正常に回復した (水産庁, 1980a)

\* ニジマス (5~10 g) に OTC 5,200 mg/kg を3日間、マスノスケに1,600 mg/kg を5日間投与した場合でも毒性はなく、行動に変化はみられなかった (尾崎, 1980)

・摂餌性の低下やそれに伴う成長速度の低下、体重減少がみられることがある

\* OTC を添加すると摂餌量が減少し、成長速度が低下することが指摘されており、これは薬餌の味 (不味) によるものと考えられる (尾崎, 1980)

- \* ニジマスとカワマスに OTC を 75、150、300 mg/kg 投与したところ、成長の低下及び体重の減少がみられ、カワマスの方が敏感であった (尾崎, 1980)
- \* 各種濃度の OTC (250~1,000 mg/kg) を添加した餌料をベニザケ、マスノスケ、ニジマスに投与し摂餌状況を調べたところ、低濃度ではよく摂餌したが、高濃度になると魚種にもよるが摂餌性が低下するものもあった (尾崎, 1980)

表 32 オキシテトラサイクリン (OTC) 添加餌料の摂餌状況 (オキシテトラサイクリン 50g/ポンド餌料)

魚種名	餌料の種類	OTC (mg/kg・日)	投餌量 (%体重)	OTC 餌料 (%餌料)	摂餌状況
ベニザケ	乾	250	2	11.8	卅
〃	乾	300	2	16.0	+
〃	乾	500	2	22.7	+
〃	オレゴン	500	2	23.0	卅
マスノスケ	オレゴン	250	2	11.8	卅
〃	オレゴン	500	2	23.0	+
ニジマス	乾	700	3	30.0	卅
〃	乾	1,000	3	45.5	+

(尾崎, 1980)

#### 4 フロルフェニコール (FF)

広範囲の魚病細菌に強い抗菌活性を示し、吸収が良く、組織からの消失も速い水産動物(魚類)専用の抗菌剤。マス類用市販薬の中で唯一の液剤である

##### (性状)

- ・白色の結晶性粉末であり、苦みはないと考えられている。水にはほとんど溶けない
- ・1g を溶かすのに必要な水の量は  $1.0 \times 10^4$  ml 以上 (武田薬品工業, 1994)
- ・市販薬は無色～うすい黄色の液剤で、無臭～わずかに特異なおいがある (武田薬品工業, 1994)
- ・市販薬は唯一の液剤であり、クランブルやペレットなどの固形飼料に添加しやすい

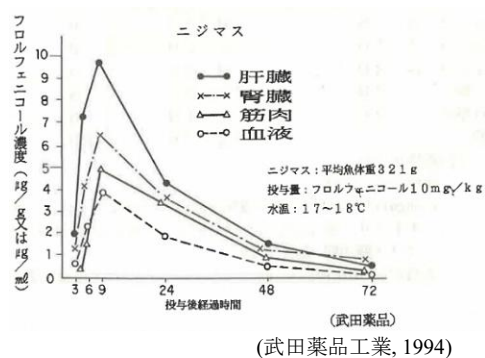
##### (抗菌性)

- ・作用機序: 細菌のリボソームに作用しタンパク質合成を阻害することによる静菌的作用
- ・抗菌スペクトル: 広域でグラム陽性菌、グラム陰性菌、リケッチアなどに作用し、抗菌力も強い (青木, 2013)。魚病細菌に対しても広く抗菌活性を示し、マス類のビブリオ病やせつそう病、冷水病の原因菌に強い抗菌力を持つ
- ・野外から分離された耐性菌 (サルファ剤、OTC、OA 耐性) のビブリオ病、せつそう病原菌に対しても強い抗菌力を示す (武田薬品工業, 1994)
- ・魚病細菌に対する MIC: *V. ordalii* 0.4  $\mu$ g/ml、*A. salmonicida* 0.4  $\mu$ g/ml (武田薬品工業, 1994)
- ・耐性: せつそう病、ビブリオ病、冷水病の各原因菌における大きな耐性化はみられていない。近年 (R1~5) の感受性菌株の割合は、せつそう病菌 94%、ビブリオ病菌 91%、冷水病菌 98%となっている (全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会, 2021~2025)

### (体内動態)

- ・経口投与で速やかに吸収され、血液をはじめ組織各部に広く高濃度で分布する。各組織からの消失も速く残留期間が短い (使用禁止期間が短い)
- ・10 mg/kgの1回投与 (ニジマス) で、各組織濃度は約6~9時間にピークとなり、72時間で全組織1  $\mu\text{g/g}$  ( $\text{m}\ell$ ) 以下となる
- ・体内分布: 肝臓 > 腎臓 > 筋肉 > 血液

\* ニジマス (321g, 17~18°C) に10 mg/kg経口投与すると、いずれの組織も投与後約9時間で最大値に達し、各組織濃度は肝臓 > 腎臓 > 筋肉 > 血液となった (いずれもおおよそ肝臓10  $\mu\text{g/g}$ 、腎臓6.5  $\mu\text{g/g}$ 、筋肉5  $\mu\text{g/g}$ 、血液4  $\mu\text{g}/\text{m}\ell$ )。72時間後には全ての組織で1  $\mu\text{g/g}$  ( $\text{m}\ell$ ) 以下まで減少した (武田薬品工業, 1994)



\* ニジマス (211.9 g) に10 mg/kg経口投与した場合、

6時間後に最高血中濃度3.28  $\mu\text{g}/\text{m}\ell$ に達する (共立製薬, 2020)

\* ニジマスに承認容量の2倍量 (20 mg/kg) を7日間連続投与した場合、休薬後3日目で皮膚を含む筋肉に1.3~2.57  $\mu\text{g/g}$ の濃度が検出されたが、最終投薬の7日後には検出されなくなった (検出限界0.05ppm以下) (武田薬品工業, 1994)

### (投薬方法)

- ・飼料への吸着: 配合飼料にそのまま展着させる
- ・配合飼料の量に対して薬液量が少ない場合は、水で量を調整し、飼料に混合する (FFの溶剤であるプロピレングリコールは水と混和する性質がある)
- ・液剤では保管中に乾燥が生じ、力価低下が懸念される →作り置きは避けた方がよい

### (安全性・副作用)

・常用量以上を連続投与しても摂餌性等に異常は認められない (ニジマス)

\* ニジマス (230 g) に20及び100 mg/kg (常用量の2倍及び10倍量) 飼料添加で7日間連続投与した場合、いずれの投与群においても外観、摂餌性などの臨床所見、飼育成績、血液学的検査、剖検及び病理学的検査などに異常は認められなかった (武田薬品工業, 1994)

## 今後検討等が必要なこと

本稿をとりまとめるに当たり、参考にする際に注意すべき点や今後更なる検討等が必要と考えられた点を以下に列挙する。

- ・吸収排泄等に関する数値データについて

薬剤の体内動態は、投与している薬剤量や投与時の水温等の様々な条件で変化する。したがって、本稿で引用した試験データ等についてもそれらの点を十分考慮した上で参考にする必要がある

- ・飼料形態 (DP、EP) の違いによる薬剤動態の変化

本文中の薬剤動態データは DP 飼料によるものが大半であり、現在の養殖現場でそのまま適用すると誤差が生じる恐れがある。EP 飼料では薬剤の吸着性等の点から吸収挙動が改善される可能性がある

- ・海面養殖 (海水) での薬剤動態の変化

OA では海水環境下で淡水とは動態が異なることが明らかにされていることを考慮すると、他の薬剤 (OTC) においても淡水でのデータを単純に適用すべきではないと思われる

## 各種情報のとりまとめ (参考)

以下に各薬剤に関する有用な情報等を一覧表の形でとりまとめた。

- ・各薬剤の承認用量と使用禁止期間

分類/成分名	用量 (/kg・日)						使用禁止期間
	淡水にしん目				ニジマスのみ		
	ビブリオ	せっそう	連鎖球菌	冷水	ビブリオ	冷水	
合成抗菌剤 (サルファ剤) スルファモノメトキシシ (Na塩)	100~150mg	100~150mg	-	-	-	-	30日間
スルフイソゾールナトリウム	-	-	-	-	100~200mg	100~200mg	15日間
合成抗菌剤 オキシリン酸	5~20mg (3~5日間)	5~10mg (5~7日間)	-	-	-	-	21日間
抗生物質 オキシテトラサイクリン塩酸塩	50mg力価	50mg力価	50mg力価	-	-	-	30日間
抗生物質 フロルフェニコール	10mg (5日間)	10mg (5日間)	-	10mg (5日間)	-	-	14日間

※各種医薬品の取扱説明書に記載された内容を基に作成

・薬剤別比較表 (吸収・分布・排泄・残留)

薬剤	吸収	分布の特徴	主な排泄経路	残留傾向	嗜好性・安全性
SMM	・原末はやや遅い ・Na塩で速く、高濃度	・肝臓濃縮 ・胆汁18-20倍 (再吸収)	尿・胆汁・鰓	・水温低で延長 ・給餌で排泄促進	・高用量や低水温で嗜好性低下 ・LD50 $\geq$ 10g/kg
SIZ	・低水温でも吸収良好 ・高血中濃度維持	・広範囲分布 ・連続投与後72hで消失	主に尿	・速やかに消失 (残留短)	・副作用少 ・LD50 $\geq$ 3,000mg/kg
OA	・良好 ・淡水で高濃度維持	・腎臓濃度高い (尿排泄)	尿主体	・低水温や小型魚で延長 ・海水で残留短	・副作用少 ・LD50 $\geq$ 4,000mg/kg
OTC	・速いが在来マスで吸収低い	・肝>腎>筋 $\geq$ 血 ・長時間有効濃度	尿・胆汁	・半減期約5日 ・低水温で長期残留	・高濃度で嗜好性低下、成長低下
FF	・非常に速い ・高濃度で広範囲分布	・肝>腎>筋>血 ・72hで低濃度	主に尿	・残留短 (使用禁止期間短)	・高用量連続投与でも臨床異常なし

・各種魚病原菌の薬剤に対する感受性 (感受性有り株の割合)

	SMM	SIZ	OTC	FF	OA
せつそう病	<b>12%</b> (5~25%)		<b>87%</b> (78~96%)	<b>94%</b> (89~100%)	<b>48%</b> (38~57%)
ピブリオ病	<b>14%</b> (0~54%)	<b>34%</b> (15~50%)	<b>93%</b> (71~100%)	<b>91%</b> (71~100%)	<b>99%</b> (93~100%)
連鎖球菌症			<b>100%</b>		
冷水病		<b>99%</b> (97~100%)		<b>98%</b> (96~100%)	

※全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会にて実施した薬剤感受性試験結果を基に作成

※数値は平成30年度~令和4年度(5年分)試験結果のうち治療効果が期待できる株の割合(+++の割合)の平均値を表す

・各種抗菌剤の特徴等とりまとめ一覧

分類	成分名	商品名(例)	剤型	味嗜好性	対象疾病	使用禁止期間	コスト	その他 (主な長所、短所)
サルファ剤 (合成抗菌剤)	スルファモノメトキシム	水産用ダイメトン散	10倍散	ほぼ無味 やや悪い	ビブリオ病 せつそう病	30日間	B	長所:散剤は比較的安価、ソーダ塩は薬浴可 短所:対象魚病原菌の多くが耐性化(効果×)、 使用禁止期間が長い
	スルファモノメトキシム ナトリウム	水産用ダイメトンソーダ	ソーダ塩 純末	苦い やや悪い			B	
	スルフイソゾールナトリウム	イスランソーダ	ソーダ塩 純末	無味 良い	ビブリオ病 冷水病 (ニジマスのみ)	15日間	C	長所:ニジマスの冷水病に使用可、使用禁止期間 が短い、摂餌性に影響なし 短所:ビブリオ病菌で効果△、ニジマス以外で使用 不可、高価
合成抗菌剤	オキシリン酸	水産用パラザン10%	10倍散	無味 良い	ビブリオ病 せつそう病	21日間	A	長所:比較的安価、摂餌性に影響なし 短所:せつそう病で効果△、使用禁止期間が比較 的に長い
抗生物質	オキシテトラサイクリン 塩酸塩	水産用OTC散10%「KS」	10倍散	苦い やや悪い	ビブリオ病 せつそう病 連鎖球菌症	30日間	A	長所:連鎖球菌症に使用可、対象疾病全てで 効果○ 短所:嗜好性悪い、在来マスで吸収が悪い、使用 禁止期間が長い
	フロルフェニコール	水産用フロルフェニコール 2%液「KS」	2%液剤	無味 良い	ビブリオ病 せつそう病 冷水病	14日間	B	長所:飼料添加が容易、冷水病で使用可、対象疾 病全てで効果○、摂餌性に影響なし、使用 禁止期間が短い 短所:排泄が早い(再発の可能性)、飼料に対して 薬剂量が不足するケースあり(水で増量)

※ 散剤: 粉状または粉末状の製剤。賦形剤で希釈した散剤を倍散という

※ コストはマニュアル作成時(令和6年9月時点)の定価(税抜き)をもとに、魚体重1tに対して1回投薬した場合にかかる費用を以下のパターンでランク付けしたもの

A: 10,000円以下 B: 10,000円以上 50,000円未満 C: 50,000円以上

なお、水産用パラザン10%についてはビブリオ病に対する投薬と仮定して算出(せつそう病は耐性株が存在するため)

### ③ 養魚用配合飼料の種類、製造原料等に関する とりまとめ

長野県水産試験場 竹花 孝太

#### 1 緒言

マス類に使用可能な水産用医薬品は 1970 年台前半に相次いで販売された。当時の養魚用配合飼料はドライペレット (DP) が主流であったが、現在ではエクストルーデッドペレット (EP) が多く使われている。また、1970 年代前半の養魚用配合飼料の原材料と、現在の原材料では、魚粉一つとっても異なっている。配合飼料の種類の違いが、水産用医薬品と混合した場合、どのような影響があるのかは不明であるが、マス類に使用可能な水産用医薬品が相次いで販売された 1970 年台前半の配合飼料と、現在の配合飼料の違いを知ることは、投薬に必要な基本的事項と考えられる。そこで、本項目では、DP 及び EP 飼料の違い及び原材料の 1 つである魚粉の国内における利用の変遷について述べる。

あわせて、水産用抗菌剤を配合飼料へ混合する際の水及び油の添加についての調査結果を述べる。

#### 2 ドライペレット (DP) とエクストルーデッドペレット (EP) の相違

##### (1) ドライペレット (dry pellet: DP)

(呼称)

ペレットを造粒する前のコンディショニングで蒸気を使うためスチームペレット、もしくは硬いため、ハードペレット、単にペレットという (秋元, 2016)。

(製造方法)

DP は、ペレットミルを用いて粉末原料に少量の蒸気を加えて機械的に圧縮、成型した製品のことを指す (安藤, 1964)。リング状のペレットミルダイの中をローラーが回転し、その間に配合粉碎された飼料の粉体が押し込まれ、圧縮されて固形化したものがダイからでてきたところを一定の長さにカットして成形される。蒸気を数 % 添加して粉体の温度と水分を上げて粘りを出す、水分の上昇は数 % 程度であるため、理論上蒸気添加による温度上昇とペレットがダイから出る時の摩擦熱によって増えた水分は蒸発する。クーラーを用いて速やかに室温に戻さなければ効率的に水分が蒸発しない (秋元, 2016)。

(製品の特徴)

エクストルーデッドペレット (以下、EP) 製品のような水中での保形性、脂肪の含有能力には乏しいが、乾燥機が不要なため製造に係る光熱水費が EP などに比べると大幅に抑えることができるため、加工費が EP と比較すると低コストで量産できることが長所であ

る。製造中に澱粉の 20-30 %が $\alpha$ 化される。ただし、DP の欠点として、15 %以上の油脂を含んだ飼料の製造及び 10 mm を超えるサイズの製造が困難である。10 mm を超えると 1 個の重さが非常に重くなり扱いにくくなるだけでなく、自重で粉や欠片の発生が高くなる。また、圧力によって粉同士を固める DP は、ペレットの径が大きくなるに従い高い圧力が均一にかかりにくくなり、成形性を悪化させる (安藤, 1964; 秋元, 2016) 。貯蔵には冷凍冷蔵庫も必要がなく、水濡れや高温をさける倉庫であれば常温での貯蔵が可能で、基本的には製造後 3 か月は、ビタミンなどの損失を見越した設計や、その他の栄養成分の酸化変質が発生しないように配慮されている。しかし、輸送貯蔵中の水濡れや高温多湿な部屋での長期保存には耐えられないので、十分注意が必要である (田中, 2006)

#### (製品の形状)

製品の形状は、ペレット状以外に、ペレットを粉砕しシフターで均一な粒度に篩い分けしたクランブルや流動層造粒コーティング装置を用いて作られる顆粒状飼料がある。顆粒状飼料は、仔稚魚用飼料として用いられ、100~1,000  $\mu\text{m}$  以上のサイズまで造成可能である (秋元, 2016) 。

#### (製品の販売開始時期)

1960 年から数社より養鱒育成用ペレットが販売され、1963 年には稚魚用飼料、1966 年には親魚用飼料が販売された (日本養魚飼料協会, 2007) 。

#### (その他)

飼料カロリーを上げるため、原料混合中、または乾燥後に油脂を添加する方法も取られる (日本養魚飼料協会, 2007)

### (2) エクストルーデッドペレット (Extruded Pellet: EP)

#### (呼称)

メーカーによって EP、ソフトドライ等様々な呼び方をする (安藤, 1964)

#### (製造方法)

エクストルーダーで多孔質のペレットを製造する。製造を行うエクストルーダーは 1 台で飼料原料を、圧縮、混合、混練、剪断、熔融、反応、殺菌、組織化、脱水、膨化、成型する多機能な製造機械である (安藤, 1964) 。エクストルーダーには、スクリュウの数が 1 本のもので 2 本のもので存在し、それぞれ「1 軸エクストルーダー」、「2 軸エクストルーダー」と呼ばれる。日本国内では、どちらかという汎用性の高い 2 軸エクストルーダーが広く用いられているため、2 軸エクストルーダーについて説明する。2 軸エクストルーダーを用いると、飼料原料は加熱・加圧されるとともに剪断力による作用を受ける。そ

のため、原料のいくつかは、エクストルーダーによって栄養価に変化が生じる可能性がある (秋元, 2016)。

#### (製品の特徴)

EP 化による物理的な特徴として、高油脂を含有することによる高エネルギー化や、保形性の向上による消化管内での滞留時間の増加等が知られている。また、小麦粉や精製澱粉は、ほぼ 100%が  $\alpha$  化され強い粘着性を持つとともに、炭水化物の消化吸収率が高くなる (秋元, 2016; 秋元, 2022)。

#### (製品の形状)

製品の形状は、ペレットを粉砕しシフターで均一な粒度に篩い分けしたクランブルや流動層造粒コーティング装置を用いて作られる顆粒状飼料がある。顆粒状飼料は、仔稚魚用飼料として用いられ、100~1,000  $\mu\text{m}$  以上のサイズまで造成可能である。その他に、粗脂肪含量が 15%未満の沈むように調整されている沈降性 EP、エクストルーダーの内部で熱と圧力を加え飼料内部の水分を気化し飼料に細やかな気泡があるフロートタイプ EP、飼料の長さが一般的な養魚用飼料と比較し長い線香タイプ EP、飼料の長さを特に短くし円盤状にカットしたディスクタイプ EP などが知られている (秋元, 2016)。

#### (製品の販売開始時期)

マス用の EP 飼料の販売時期について明確に記載した文献はないものと思われるが、1983 年にアユ用の EP 飼料の販売が開始されている (日本養魚飼料協会, 2007) ため、このあたりの時期にマス用の EP 飼料の販売が進んだものと推察される。

表 ドライペレット (DP) とエクストルーデッドペレット (EP) の相違

	DP (ドライペレット)	EP (エクストルーデッドペレット)
その他の呼称	スチームペレット ハードペレット ペレット	ソフトドライ
製造方法	ペレットミルを用いて粉末原料に少量の蒸気を加えて機械的に圧縮、形成した製品	エクストルーダーで製造された多孔質のペレット
販売開始時期 (マス類用)	1960年～	1983年頃 (アユ用クランブル)
メリット	乾燥機不要 加工費がEPと比較すると低く、安価	小麦粉や精製澱粉は、ほぼ100%が $\alpha$ 化され強い粘着性を持つとともに、炭水化物の消化吸収率が高くなる 脂肪分を多く含有可能
デメリット	15%以上の油脂を含んだ飼料の製造が困難 10mmを超えるサイズの製造が困難	DPと比較すると高価

### (3) 製品の種類

DP及びEP製品の種類をまとめた。

名称	説明
顆粒状飼料 (DP、EP)	流動層造粒コーティング装置を用いて作られる仔稚期用飼料。100～1,000 $\mu\text{m}$ 以上のサイズまで造成可能。水中における沈降速度が穏やか。
クランブル (DP、EP)	ペレットを粉砕し、シフターで均一な粒度に篩い分けした製品。
ペレット (DP、EP)	

### 3 国内の魚粉利用の変遷

1955年頃からニジマスの配合飼料の研究が始まる。当時近代的なミール工船が北太平洋の底魚を原料に魚粉製造を始めており、大量の良質な魚粉が生産された。1963年に配

合飼料の当時の組成が完成（北洋魚粉 65 %、小麦粉 33 %、ビタミン混合 1 %、ミネラル混合 1 %、及び外割でタラ肝油 10 %）した（能勢, 1980）。

北洋漁業による練り製品向けのすり身の需要が高まるにつれて副産物である北洋ミールの品質低下が進行し、その品質の改良を求める声が上がる中、1977年に200海里専管海域条約が制定され、エルニーニョによるペルーミールの生産激減から国際ミール相場と連動して北洋魚粉の価格が暴騰した。同時期に、雛鶏の筋胃びらん被害と魚粉工場の公害に対する対策として沿岸魚粉工場が製造設備を一新したことや水産庁の指定試験の成果を取り入れたことにより、沿岸魚粉の品質が著しく向上したため、1977年頃から飼料メーカー各社は徐々に沿岸魚粉に移行し始めた。以降、一部の特殊用途のために北洋魚粉など自身魚粉が使用されるのみで、大半はマイワシ由来の沿岸魚粉に移行した（日本養魚飼料協会, 2007）。

しかし、1988年をピークにマイワシ漁にかげりが見え始め、1994年には漁獲高が200万トンをきった。当時はブリ用を中心に生餌需要は旺盛であったために1990年代前半には魚粉生産に回るイワシは急激に減少し始め、飼料メーカーは、再度これに代わる高い品質の魚粉を探す必要が出た（日本養魚飼料協会, 2007）。

一方、1985年ころから南米チリにおいて、高品質な魚粉を作る動きが始まる。それまで、南米の魚粉といえばペルーのアンチョビー（カタクチイワシ）を原魚とした直火型乾燥方式によるものが主体であり、養魚飼料の主原料としては使用に耐えられなかった。しかし、日本の水産会社の指導により、大型のジャックマカレル（アジ科）を原魚として、養魚用魚粉が開発されるようになり、沿岸魚粉枯渇のピンチを乗り切った。チリのみでなく、ペルーにおいても魚粉生産設備の改善が進み、品質も向上した。養魚飼料の大部分を輸入に頼ることになる（日本養魚飼料協会, 2007）。

近年は、日本の輸入している魚粉の約5割を南米産の魚粉が占めている。この魚粉は、アジやアンチョビーを原料とし、フィッシュソリュブル（魚粉製造過程で生じる煮汁から油脂を分離した後の液を濃縮したもの）を全量再添加したホールミールである。アジ魚粉は、チリ南部でとれるミナミアジが原料で南チリミールと呼ばれる。1997年のエルニーニョ現象発生以降、アジの漁獲量・魚粉生産量とも大幅に減少し、現在では、主としてほかの魚粉への代替が難しい養鰻用原料向けに輸入されている。アンチョビーは、ペルーからチリ北部にかけて漁獲されるが、当初はこの魚粉は魚臭が強く養魚用に用いられていなかった。湿式加熱乾燥機の導入や加工技術の進歩によって、この欠点が克服され今では、アジ魚粉に代わって養魚用原料の主力となっている。なお、国内で供給される魚粉は荒かす（不可食部分を原料にしたもの）が主体となっている（秋元, 2022）。

国内で利用された主な魚粉の変遷

年代	～1977年	1978年～1980年代中頃	省略	現在
魚粉	国産魚粉 (北洋魚粉)	国産魚粉 (沿岸魚粉)		輸入魚粉、 国産魚粉 (荒かす)

養魚用配合飼料の原材料の変遷 (%)

年 原材料	1963 (能勢, 1980)	1971-1973 (新聞, 1976) 試 験飼料	1974頃 (立川ら, 1974) 試 験飼料	1979 (岩本, 1980) 市 販飼料	1983-1984 (青江, 1985) 成 魚用ペレ ット、市 販飼料組 成	2017 (竹花, 2018) 市 販飼料組 成
北洋魚粉	65		59			
魚粉		65		63	48-73	50-57
小麦粉	33		30	30		
穀類		30-31			25-35	23-27
植物性油粕類				3	5-15	7-14
そうこう類					2-9	4-7
ビタミン混合	1	1	1			
ミネラル混合	1	1	1			
トルラ酵母			5			
その他		2-3	4	4	2-7	4-7

○ 内は出典

4 水産用抗菌剤を配合飼料へ混合する際の水及び油の添加について

水産用抗菌剤を配合飼料に混合するにあたり、配合飼料への水及び油の添加試験を実施し、最適な水及び油の添加割合を調査した。

(1) 調査方法

ア 材料

配合飼料 (EP または DP) のクランブルまたはペレット 100g

イ 混合方法

ビニール袋に配合飼料を入れ、次に水または油を所定量入れた後、封をしてよく攪拌した。水産用抗菌剤の添加は行わなかった。

#### ウ 添加方法

- (I) 水 (水道水) と油 (市販のサラダ油) を別々に、配合飼料に対し 5~10 % (w/w) の範囲で実施した。配合飼料の種類によって適宜割合を変更した。配合飼料に水または油の触れていない部分がほとんど無く、かつビニール袋の内側に余分な水または油がほとんど付着していない状態を最適な割合とした。
- (II) 水で最適な添加割合のものに、油の添加割合を配合飼料に対し 5~10 % (w/w) の範囲で実施した。配合飼料の種類によって適宜割合を変更した。油が最も浮いていないかつ時間が短いものを最適な割合とした。
- (III) (II)で水+油の最適な添加割合のものについて、水を混合直後、水を混合後 1 時間、水を混合後 2 時間経過した時点で油を添加した。油が最も浮いていないかつ時間が短いものを最適とした。

#### (2) 結果

結果を表に示した。クランブル及びペレットは、いずれも大きさ (粒大) が大きくなるにつれ、概ね水の添加割合が減少していった。油の添加割合は、飼料の種類・大きさによる顕著な傾向はみられなかった。最適な水の混合割合は、クランブル (EP) では 10~15 %、ペレット (EP) では 3~10%と考えられる。最適な油の混合割合は、クランブル (EP) では 5~13%、ペレット (EP) では 3~7%と考えられる。ペレット (DP) は、同粒大の EP よりも水及び油が数 %多い割合が適当と考えられる。最適な水+油の混合割合は、いずれの種類の配合飼料においても、それぞれの最適な割合と同等か 2~3 %油を減らした量が適当と考えられる。水混合後に油を添加するまでの経過時間は、直後から 1 時間までの間が適当と考えられる。

実際に、水産用抗菌剤を添加する際の水や油の割合は、用いる配合飼料の種類やその時の外気温などの環境によって変わると考えられることから、本結果を目安としつつ使用者が水や油の量を調整することが望ましい。

表 養魚用配合飼料（EP）における水・油による水産用医薬品展着の最適使用割合調査結果

1 クランブル（EP）

実施機関	養魚用配合飼料商品名	規格	大きさ（粒大）	最適な水の混合割合（%）	最適な油の混合割合（%）	最適な水+油の混合割合（0時間）	左の場合、水混合後油添加までの最適経過時間（時間）	商品名(油等)
静岡県	日本農産工業 EXますLPS	1号	0.5mm	13~15	5	水（15%）+油（5%）	1	さらさらキャノーラ油（味の素）
静岡県	日本農産工業 EXますLPS	2号	0.75mm	13~15	5	水（15%）+油（5%）	1	さらさらキャノーラ油（味の素）
岐阜県	日本農産工業 EXますLPS	3号	1.0mm	15	10	水（15%）+油（7%）	0	食用なたね油（（株）パロー）
山梨県	日清丸紅飼料マス稚魚スーパー	EPC-1	0.9~1.9mm	15	7	水（15%）+油（5%）	0	日清大豆白絞油（日清オイリオ）
滋賀県	フィードワンEC	4C	1.2~1.8mm	13	13	水（13%）+油（10%）	0	なたね油（和光純薬）
宮城県	日本農産工業 EXますLPS	4号	1.5mm	10	7	水（10%）+油（7%）	0	食用なたね油（J-オイルミルズ）
長野県	日清丸紅飼料マス稚魚スーパー	EPC-2	1.75~2.28mm	10	10	水（10%）+油（10%）	0	食用なたね油（日清オイリオ）
岐阜県	日本農産工業 EXますLPS	5号	2.0mm	12	7	水（12%）+油（5%）	0	食用なたね油（（株）パロー）

2 ペレット（EP）

実施機関	養魚用配合飼料商品名	規格	大きさ（粒大）	最適な水の混合割合（%）	最適な油の混合割合（%）	最適な水+油の混合割合（0時間）	左の場合、水混合後油添加までの最適経過時間（時間）	商品名(油等)
静岡県	日本農産工業 ツインパワー	2.5P	2.5mm	7	3	水（7%）+油（3%）	1	さらさらキャノーラ油（味の素）
宮城県	日本農産工業 ますEP	3.2P	3.0mm	7	3	水（7%）+油（3%）	0	食用なたね油（J-オイルミルズ）
滋賀県	フィードワン鱒EPパフクリーン	d4	4mm	10	7	水（10%）+油（5%）	0	なたね油（和光純薬）
岐阜県	日本農産工業 EXますLPS	4.5P	4.5mm	5	3	水（5%）+油（2%）	1	食用なたね油（（株）パロー）
山梨県	フィード・ワン鱒EPパフクリーン	d5	5mm	7	7	水（7%）+油（5%）	1	日清大豆白絞油（日清オイリオ）
長野県	日本農産工業 ますEP	6P	6mm	3	3	水（3%）+油（3%）	0	食用なたね油（日清オイリオ）

3 ペレット（DP）

実施機関	商品名	規格	大きさ（粒大）	最適な水の混合割合（%）	最適な油の混合割合（%）	最適な水+油の混合割合（0時間）	左の場合、水混合後油添加までの最適経過時間（時間）	商品名(油等)
長野県	マルイ ます育成用	4P	4.5mm	7	5	水（7%）+油（3%）	1	食用なたね油（日清オイリオ）

## ④ 「各魚病の発生水温」「残留減衰試験の水温(8～14℃)」「安全性試験の水温(12～18℃)」取りまとめ表

静岡県水産・海洋技術研究所 富山 皓介

水に可溶性抗菌剤 (オキシテトラサイクリン塩酸塩、スルファモノメトキシシナトリウム、スルフイソゾール)

### 対象となる魚病

せっそう病: 発生水温について明示された文献は無いが、の報告では5、10、15℃の各水温で原因菌である *A. salmonicida* に感染させると、水温の高い試験区ほど斃死率は高かったと報告されている (森川, 2003)。また10℃～20℃の間で実施した *A. salmonicida* の感染試験では、水温が高いほど菌の増殖速度が早く、死亡にかかる時間が短いと報告されている (佐古・原, 1981)。一方で *A. salmonicida* については、22℃以上で毒性の有無にかかわる A-layer を喪失した株が優占することが示されており (Ishiguro *et al.*, 1981)、これ以上の水温での感染は無いと考えられ、各県の発症状況を鑑みても、20℃以上での発症例はほとんど見られない。これらのことから、主な発生水温は10～20℃と考えられる。

ビブリオ病: 主に15～18℃以上の水温で発生するとされている (小川ら, 2022)。

連鎖球菌症: 発生水温について明示された文献は無い。菌の発育温度は15～37℃とされ (若林ら, 2004)、近年の発症状況から水温15℃以上で発症することが多いことから、主な発生水温は15℃以上と考えられる。

冷水病 (ニジマスのみ): 仔魚期～成魚まで幅広く発生。15℃以下の低水温時に主に発生する (熊谷, 2016)。

### 有効成分ごとの残留減衰・安全性試験の条件および結果

オキシテトラサイクリン塩酸塩における試験実施時の条件

魚種	水温 (℃)	投薬力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回るのに要した期間	文献
アマゴ	16.5～17.6	300	1日	— (72時間後時点で肝臓に高濃度の残留)	水産庁, 1980a
ニジマス	6～7	75	14日	肝臓: >35日、筋肉: 28日	尾崎, 1980
	9～10	75	14日	14日 (筋肉中)	
カワマス	12～13	75	14日	肝臓: 35日、筋肉中: 6日	
	6～7	75	14日	肝臓: >35日、筋肉: 28日	
ブラウン	12～13	75	14日	10日	
	6～7	75	14日	21>	
	12～13	75	14日	肝臓: 21日、筋肉10日	

スルファモノメトキシナトリウムにおける試験実施時の条件

魚種	水温 (°C)	力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回るのに要した期間	文献
ニジマス	10.4~14.2	200	7日	10日	水産庁, 1980c
ニジマス	5	100	8日	筋肉・内臓：>9日	日本水産食品センター, 1980
	10			内臓：>9日、筋肉：9日	
	15			内臓：>9日、筋肉：6日	
	20			内臓：>9日、筋肉：6日	

スルフィソゾールにおける試験実施時の条件

魚種	水温 (°C)	投薬力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回るのに要した期間	文献
ニジマス	4~6.8	200	1日	血中：>3日	日本水産資源保護協会, 1981a
	4	200	6日	血中：>18時間	
	18	200	14日	筋肉：3日	

投薬時の給餌量

「現在の養殖技術に即した投薬技術について」で記述された通り、投薬時の給餌量はライトリッツ給餌率表を適正給餌量とした場合の、その6割程度である。一方、10g未満の稚魚では同給餌率表の80%程度が適正給餌率であること、20°Cを上回る水温では1°Cの水温上昇に対し、適正給餌率は3.5%下がることが報告されている(全国湖沼河川養殖研究会, 1976)。以上のことから、投薬時の給餌量は次の表の通りとなる。

体重 (g)	<0.18	0.18~1.5	1.5~5.1	5.1~12	12~23	23~39	39~62	62~92	92~130	130~180	180<
体長 (cm)	<2.5	2.5~5.0	5.0~7.5	7.5~10.0	10~12.5	12.5~15	15~17.5	17.5~20	20~22.5	22.5~25	25~
水温 (°C)											
2	1.2	1.1	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
3	1.3	1.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
4	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
5	1.6	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
6	1.7	1.4	1.2	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
7	1.9	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4
8	2.0	1.7	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
9	2.2	1.8	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
10	2.4	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5
11	2.5	2.2	1.7	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
12	2.7	2.3	1.9	1.4	1.4	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7
13	3.0	2.5	2.0	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
14	3.2	2.7	2.2	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7
15	3.5	2.9	2.4	1.8	1.7	1.4	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
16	3.7	3.1	2.5	2.0	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8
17	4.0	3.3	2.7	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
18	4.2	3.5	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
19	4.5	3.8	3.1	2.4	2.3	1.8	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0
20	4.8	3.9	3.3	2.6	2.4	1.9	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
21	4.6	3.8	3.2	2.5	2.3	1.9	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
22	4.4	3.7	3.1	2.5	2.2	1.8	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
23	4.3	3.5	3.0	2.4	2.2	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
24	4.1	3.4	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9

## 水に不溶な薬剤 (スルファモノメトキシシ、オキシリン酸)

### 対象疾病

せつそう病: 発生水温について明示された文献は無いが、の報告では 5、10、15℃の各水温で原因菌である *A. salmonicida* に感染させると、水温の高い試験区ほど斃死率は高かったと報告されている (森川, 2003)。また 10℃~20℃の間で実施した *A. salmonicida* の感染試験では、水温が高いほど菌の増殖速度が早く、死亡にかかる時間が短いと報告されている (佐古・原, 1981)。一方で *A. salmonicida* については、22℃以上で毒性の有無にかかわる A-layer を喪失した株が優占することが示されており (Ishiguro *et al.*, 1981)、これ以上の水温での感染は無いと考えられ、各県の発症状況を鑑みても、20℃以上での発症例はほとんど見られない。これらのことから、主な発生水温は 10~20℃と考えられる。

ビブリオ病: 主に 15~18℃以上の水温で発生するとされている (小川ら, 2022)

### 有効成分ごとの残留減衰・安全性試験の条件および結果

#### スルファモノメトキシシにおける試験実施時の条件

魚種	水温 (°C)	力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回るのに要した期間	文献
ニジマス	10.4~14.2	200	7日	10日	水産庁, 1980c
	5			筋肉・内臓: >9日	
ニジマス	10	100	8日	内臓: >9日、筋肉: 9日	日本水産食品センター, 1980
	15			内臓: >9日、筋肉: 6日	
	20			内臓: >9日、筋肉: 6日	

#### オキシリン酸における試験実施時の条件

魚種	水温 (°C)	力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回るのに要した期間	文献
アマゴ	17~22.7	10	5日	各組織: 5日	日本水産資源保護協会, 1981b
ニジマス	-	30	5日	3日	田辺製薬株式会社, 1975
ニジマス	13.0~18.5	20	1日	血液: 10日	小原, 1986

### 投薬時の給餌量

「現在の養殖技術に即した投薬技術について」で記述された通り、投薬時の給餌量はライトリツ給餌率表を適正給餌量とした場合の、その 6 割程度である。一方、10g 未満の稚魚では同給餌率表の 80 %程度が適正給餌率であること、20℃を上回る水温では 1℃の水温上昇に対し、適正給餌率は 3.5 %下がることが報告されている (全国湖沼河川養殖研究会, 1976)。以上のことから、投薬時の給餌量は次の表の通りとなる。

体重 (g)	<0.18	0.18~1.5	1.5~5.1	5.1~12	12~23	23~39	39~62	62~92	92~130	130~180	180<
体長 (cm)	<2.5	2.5~5.0	5.0~7.5	7.5~10.0	10~12.5	12.5~15	15~17.5	17.5~20	20~22.5	22.5~25	25~
水温 (°C)											
2	1.2	1.1	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
3	1.3	1.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
4	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
5	1.6	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
6	1.7	1.4	1.2	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
7	1.9	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4
8	2.0	1.7	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
9	2.2	1.8	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
10	2.4	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5
11	2.5	2.2	1.7	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
12	2.7	2.3	1.9	1.4	1.4	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7
13	3.0	2.5	2.0	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
14	3.2	2.7	2.2	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7
15	3.5	2.9	2.4	1.8	1.7	1.4	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
16	3.7	3.1	2.5	2.0	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8
17	4.0	3.3	2.7	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
18	4.2	3.5	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
19	4.5	3.8	3.1	2.4	2.3	1.8	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0
20	4.8	3.9	3.3	2.6	2.4	1.9	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
21	4.6	3.8	3.2	2.5	2.3	1.9	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
22	4.4	3.7	3.1	2.5	2.2	1.8	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
23	4.3	3.5	3.0	2.4	2.2	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
24	4.1	3.4	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9

## フロルフェニコール

### 対象疾病

せつそう病: 発生水温について明示された文献は無いが、の報告では5、10、15°Cの各水温で原因菌である *A. salmonicida* に感染させると、水温の高い試験区ほど斃死率は高かったと報告されている (森川, 2003)。また10°C~20°Cの間で実施した *A. salmonicida* の感染試験では、水温が高いほど菌の増殖速度が早く、死亡にかかる時間が短いと報告されている (佐古・原, 1981)。一方で *A. salmonicida* については、22°C以上で毒性の有無にかかわる A-layer を喪失した株が優占することが示されており (Ishiguro *et al.*, 1981)、これ以上の水温での感染は無いと考えられ、各県の発症状況を鑑みても、20°C以上での発症例はほとんど見られない。これらのことから、主な発生水温は10~20°Cと考えられる。

ビブリオ病: 主に15~18°C以上の水温で発生するとされている (小川ら, 2022)。

冷水病 (ニジマスのみ): 仔魚期~成魚まで幅広く発生。15°C以下の低水温時に主に発生する (熊谷, 2016)。

### 残留減衰・安全性試験の条件および結果

フロルフェニコールにおける試験実施時の条件

魚種	水温 (°C)	力価 (mg/kg)	投薬期間	検出限界値を下回る のに要した期間	文献
ニジマス	—	20	7日	7日	武田薬品工業株式会社, 1994

## 投薬時の給餌量

「現在の養殖技術に即した投薬技術について」で記述された通り、投薬時の給餌量はライトトリツツ給餌率表を適正給餌量とした場合の、その6割程度である。一方、10g未満の稚魚では同給餌率表の80%程度が適正給餌率であること、20°Cを上回る水温では1°Cの水温上昇に対し、適正給餌率は3.5%下がることが報告されている(全国湖沼河川養殖研究会, 1976)。以上のことから、投薬時の給餌量は次の表の通りとなる。

体重 (g)	<0.18	0.18~1.5	1.5~5.1	5.1~12	12~23	23~39	39~62	62~92	92~130	130~180	180<
体長 (cm)	<2.5	2.5~5.0	5.0~7.5	7.5~10.0	10~12.5	12.5~15	15~17.5	17.5~20	20~22.5	22.5~25	25~
水温 (°C)											
2	1.2	1.1	0.8	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
3	1.3	1.1	0.9	0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
4	1.5	1.2	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3
5	1.6	1.3	1.1	0.8	0.8	0.7	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3
6	1.7	1.4	1.2	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4
7	1.9	1.5	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4
8	2.0	1.7	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4
9	2.2	1.8	1.5	1.2	1.1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5
10	2.4	2.0	1.6	1.2	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.5
11	2.5	2.2	1.7	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
12	2.7	2.3	1.9	1.4	1.4	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7
13	3.0	2.5	2.0	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
14	3.2	2.7	2.2	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0	0.8	0.7	0.7
15	3.5	2.9	2.4	1.8	1.7	1.4	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8
16	3.7	3.1	2.5	2.0	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8
17	4.0	3.3	2.7	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
18	4.2	3.5	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
19	4.5	3.8	3.1	2.4	2.3	1.8	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0
20	4.8	3.9	3.3	2.6	2.4	1.9	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
21	4.6	3.8	3.2	2.5	2.3	1.9	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
22	4.4	3.7	3.1	2.5	2.2	1.8	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
23	4.3	3.5	3.0	2.4	2.2	1.7	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
24	4.1	3.4	2.9	2.3	2.1	1.7	1.3	1.1	1.0	0.9	0.9

## ⑤ 「マス類の生理」のうち、特に配合飼料の消化に関する知見

滋賀県水産試験場 菅原 和宏

### 摂餌から排泄までの生理

魚類の口腔内に摂取された餌は咽頭、食道、胃、腸と移動していく間に次第に細分化され、消化液が加わり、吸収されやすい形にまで分解され、消化管壁を通過して魚体内に取り込まれ、残渣は糞として肛門から排泄される (渡邊, 2009)。

摂餌において、特に仔稚魚は口の大きさと餌の大きさとの関係は重要な要因である。仔稚魚は一口で捕捉できない餌は取り込むことが不可能であることから、餌は仔稚魚の口の大きさより小さくなくてはならない (杉田, 2008)。

多くの魚類の食道は太くて短く、淡水魚は海水魚に比較して、食道の括約筋が強い。すなわち、淡水魚は水をできるだけ飲まないようにし、浸透圧の調節を行っている (渡邊, 2009)。

胃は餌の一時的貯蔵および消化のための器官であり吸収は行わない。コイ科などは胃が欠如した無胃魚であり、無胃魚は植物性食や雑食性食の魚が多く、餌を機械的に磨砕する咽頭歯などが発達したものが多い。胃でタンパク質の消化に関与するのはペプシンである。無胃魚ではペプシンは分泌されないため、タンパク質は腸管のトリプシンで消化される (板沢・羽生, 1991)。

胃と腸の間に幽門垂が付随する。幽門垂は消化液を分泌するだけでなく、餌料の貯蔵、消化および吸収の機能がある。無胃魚には幽門垂はない (板沢・羽生, 1991)。

腸は腸前部と腸後部、あるいは前腸、中腸、後腸および直腸と呼ばれる部位に区分される消化と吸収を行う主要な器官で、副消化器官として前述の幽門垂がある。胃である程度消化された食物は、腸の中でさらに肝・膵臓などから加わった消化液とともに、腸管の筋層の拡張・収縮による攪拌で消化・吸収され、最後に残渣として排泄される (渡邊, 2009)。腸の長さや食性の間には密接な関係が見られ、肉食性の魚類では腸は短く、植物食性の魚類は長い (板沢・羽生, 1991)。

### 消化速度と消化時間

食物の種類や量により、消化速度は変化することが知られている。例えば、ニジマスの胃における消化では小型の餌の方が早く、大型のものは遅くなる。餌料別にみると、餌としてマス稚魚を与えると 12 時間で、肝臓は 8 時間で、魚肉は 6 時間で、ミジンコや昆虫幼生は 4.5～5 時間で胃から消失する (尾崎, 1972a)。消化速度は、餌の量とも関係があり、餌の量が増加すると消化速度は遅くなることが知られており、1 日の給餌量を 1 回で与えるより 3 回に分けた方が消化速度は速くなる (板沢・羽生, 1991)。また、ニジマスに飽食量まで投餌した後一定時間に再投餌するとき、その間の時間が長いほど再摂餌量は大きくなり、十分な時間において再投餌すると飽食量を摂取するようになる (尾崎, 1972a)。さらに、飼料中に魚にとって利用できない物質が増加すると、エネルギー効率が悪くなるため、魚は摂餌量を

増加させるとともに、消化速度を早めて必要なエネルギーを満足させようとする (渡邊, 2009)。

ニジマス (6~10 °C) に 15 時に投餌し、その後 24 時間にわたって胃の内容物の重量を測って消化の状況を調べた研究では、消化は始めの 10 時間で急速に進むが、その後内容物の重さはゆっくり減少し、中には未消化物もあった。胃の内容物は 42 時間後にも存在することから、胃から非常にゆっくり出ていくことがわかる (尾崎, 1972a)。

### 配合飼料の各原料の消化率

魚類はタンパク質の消化率はかなり高く、通常の動物性タンパク質で 90 %、植物性タンパク質でも 70~90 % である。しかし、植物性原料においては、魚の生息水温により異なり、適正水温以下になると消化率が著しく低下するものもある (渡邊, 2009)。一方、炭水化物については、一般的に魚類の糖利用能は低いが、食性によってそれは大きく異なり、雑食性のコイのアミラーゼ活性は肉食性のブリの 100 倍である (会田・金子, 2002)。また、糖の種類によっても消化率は異なり、ニジマスでは、グルコースのような単糖類の消化率は高いが、デキストリンやデンプンのような多糖類の消化率はそれより劣る (渡邊, 2009)。なお、エクストルーダー処理を行うと、植物性原料に含まれるデンプン質が  $\alpha$  化し、炭水化物の消化吸収率が向上することに加え、タンパク質の一部も低分子化して消化吸収率が若干向上することが報告されている (渡邊, 2009)。

### EP と DP の消化の違い

エクストルーダー処理された飼料 (EP) をニジマスに与えたところ、ドライペレット (DP) と比較して胃における滞留時間が増加した。これはエクストルーダー処理された原料や飼料の密度が高くなることと炭水化物が  $\alpha$  化され、消化されやすくなり、その結果、飼料エネルギーが増加したことが消化時間増加の原因と考えられる (板沢・羽生, 1991)。

### 摂餌時の酸素消費量について

摂餌時には酸素消費量が増加することが知られている。一つは摂餌運動のためであり、もう一つは消化吸収のためである。マス類では給餌すると酸素消費量が 22~26 % 増加したという報告もある (尾崎, 1972b)。このため、魚病発生時の餌止めや次で述べる活魚輸送時の餌止めは、摂餌・消化に係るエネルギーを節約し、体力の消耗を防ぐ目的で効果があると考えられる。

### 活魚輸送のための餌止め期間について

餌止めは活魚輸送にとって欠かせない技術である。体内に未消化の食物が残っていると、酸素消費量や消化のためのエネルギーが増加することで魚に負担がかかり、アンモニア態窒素の排泄量も増え、水を汚す原因となる。餌止め期間とは、言い換えれば摂餌した餌が糞として排泄されるまでの時間である。その期間は一般的に、マス類では 2 日、コイは 3 日、アユでは 2 日間であり、稚魚ではこれより 1 日短いなど魚種や魚の大きさ、水温によって

いくらかの違いがある (日本水産学会, 1982)。

## ⑥ 海面マス類養殖の給餌および投薬方法

宮城県水産技術総合センター 本庄 美穂

### 1. 餌料

海面養殖ギンザケの餌料には、1975年の養殖開始当初から、マイワシを主とした冷凍魚のミンチに配合飼料を10%前後混入したMP(モイストペレット)が使用されていた(熊谷, 2015)。高橋ら(1992)は、マイワシ資源が減少する中で餌料の安定供給や品質向上、漁場汚染の軽減、合理化などを目的として、当時ヨーロッパで使用されていたEP(エクストルーデットペレット: 加圧成形加工した消化吸収に優れた配合飼料)の導入試験を行った。その結果、従来餌料に比べて給餌量が少なく、投餌の省力化および調餌のための施設と機材の大幅な縮小が可能であり、食味では特に刺身での評価が高いこと等を報告している。しかし、輸入飼料は高コストのため普及しなかった。その後、マイワシ資源が著しく減少したため、1997年頃からEPに転換され、現在もEPが使用されている。

### 2. 給餌方法

EP給餌を導入した当初から、給餌前日にEPに等量の真水を添加して柔らかくさせてから与える加水給餌が行われた。これは魚が浸透圧調整を円滑に行うことができるようEPへの加水が不可欠と考えられていたためである(熊谷, 2015)。加水給餌によって摂餌が促進されること、無加水給餌では乾燥飼料に慣れず、摂餌量が少ないために成長が低く抑えられる個体がいることが推察されている(八谷ら, 2020)。しかしながら、加水給餌は無加水給餌に比べて、加水の時間や労力の負担が大きく、自動給餌機を使用することができないため、作業効率の面から、最近は無加水給餌を行う生産者が増えている。現在、宮城県内のギンザケ養殖では、①加水、②はじめの2週間~1ヵ月は加水でその後は無加水、③無加水など様々な給餌パターンがある。

給餌の方法は、①スコップでの手撒き、②とい流し(塩化ビニールパイプを使って生簀中央に流し込む)、③エア投餌機を使ってエアで餌を飛ばす方法などがある。補助的に自動給餌機(無加水給餌)を活用している生産者もいる。

海面養殖での適正給餌率は明らかにされておらず、給餌量は養殖業者の経験によるところが大きい(熊谷, 2015)。実際に生産者に聞いてみると、ギンザケの食べ方を見ながら食べるだけ与えるといった声が多い。給餌回数は1日朝1回が多く、一部では自動給餌機で午後にも給餌を行っている。また、水温が10℃以下の低水温期において、隔日給餌を行うことにより、飼育成績を低下させることなく飼料使用量を削減できるという報告もある(小野寺ら, 2003; 黒川ら, 2018)。

大規模な海面養殖の事例も出てきており、鳥取県でギンザケ養殖を行っている弓ヶ浜水産(株)では、先端技術を活用した大規模な自動給餌システムや生産管理システムが導入されている(山内, 2022)。

### 3. 海水馴致時のストレス

サケ科魚類の海面養殖は、淡水域で育った種苗を海面に導入して開始される。宮城県のギンザケ養殖では、水温が 17 °C 以下となる 11 月頃に内水面の養魚場から数時間かけて 150 g サイズの稚魚を沿岸部に運び、海面に搬入する (佐々木, 1989)。ギンザケは、自然界では春にスマルトで降海するが、100 g 以上のギンザケ種苗は秋でもスマルト化するなど、海水への適応力を有しており、直接海水に収容してもほとんど死ぬことはないが、淡水から海水への浸透圧変化に加え、水温差や輸送など、魚が受けるストレスは少なくない。そのストレスを軽減するため、海面搬入時に海水馴致が行われるようになり、1990 年代には 2 泊 3 日の適正海水馴致スケジュール (高橋, 1992) が開発され、その後徐々に簡略化され、東日本大震災以降は 30 分~1 時間かけて行う方法が主になっている (熊谷, 2019)。それでも、大きな問題は起きなかったが、2018 年 11 月のギンザケの海面搬入時期に暖水塊が接岸したことによる高水温の影響で、宮城県中部の各浜でへい死が発生したことがあった (本庄ら, 2025)。

### 4. 投薬

海面搬入後に死亡が継続したり、増加する場合や魚の様子がいつもと違う場合は魚病の可能性があり、せつそう病や連鎖球菌症の発症が報告されている (絵面ら, 1984; 厚田ら, 1990)。淡水飼育中にすでに感染していたが、症状はなく健康と思われた魚を淡水から海面に移動した際にそのストレスによって発症することがある。また、淡水飼育中にせつそう病が発症したが、不十分な治療により、海面搬入後に再度発症する場合もある。さらに、水温が上昇する春から初夏など、水温 10 °C 以上 (飯岡, 1980; 熊谷, 2018) ではビブリオ病の発症に注意が必要である (田島ら, 1981; 文谷, 1982; 山田・細谷, 1988)。

海面ギンザケのビブリオ病に対しては、モイストペレットを使用していた 1988~1992 年にスルファモノメトキシシン (SMM)、オキシテトラサイクリン塩酸塩 (OTC)、エリスロマイシン (EM) の投薬試験が行われた。これらの試験では、1 日 1 回、船上の調餌機で所定量の薬剤をモイストペレット (サバ: 配合飼料=9: 1) と混合して造粒し、直接投与した結果、3 薬剤とも 50 mg/kg/日・7 日間の投与で有効性が確認された (熊谷ら, 1994, 1995a, 1995b)。

現在、海面マス類で使用できる水産用医薬品としては、ビブリオ病に対しオキシリン酸 (経口投与、20 mg/kg・日、3~5 日間) とオキシテトラサイクリン塩酸塩 (経口投与、50 mg/kg・日)、せつそう病に対しオキシリン酸 (経口投与、10 mg/kg・日、5~7 日間) が認められている (農林水産省, 2025)。また、またニジマスのみ、ビブリオ病と冷水病に対してスルフィゾールナトリウム (経口投与、200 mg/kg・日) が認められている。淡水と比べると薬が使用できる病気や薬の種類が限定されるので注意が必要である。

宮城県の海面ギンザケ養殖では、現在、投薬の事例はない。ビブリオ病については、浸漬ワクチンによる対策が行われており、抗菌剤は使用していない。また、海面搬入直後にせつそう病等が発症することがあるが、被害は大きくなく、抗菌剤を使用することなく収束している。

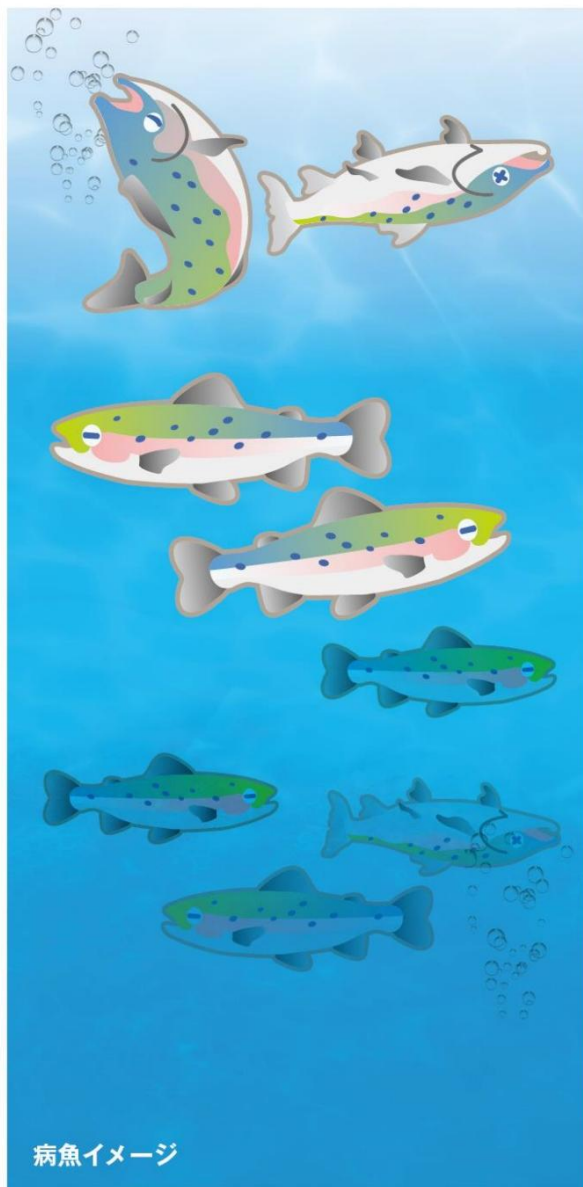
他県で行われた投薬事例では、海面ギンザケ養殖でビブリオ病が発症し、オキシリン酸を配合餌料 (通常量の 60-70 %餌量) に混ぜ、手撒きで投薬した事例や海面ニジマス養殖で発症したビブリオ病に対して薬剤を展着剤と混合してから水を添加し、EP の表面に付着させ、手撒きで投薬した事例がある。なお、水溶性の薬剤の場合は水に溶解し、EP に浸み込ませて投薬するとのことである。

⑦ 「マス類の投薬マニュアル」における  
養殖業者等からの質問箇所を想定した補足説明

山梨県水産技術センター 平塚 匡



魚に異状を感じたら、病気の可能性があります。薬（抗菌剤）を使用できる病気の場合は、発病後（ある病気の特定の症状がみられた後）早ければ早いほど投薬効果が大きくなります。このため、まず何の病気を把握することが大切です。



病魚イメージ

## 2 | 何の病気が判断する

何の病気かわからない時は、専門家（水産試験場等）に魚病診断を依頼しましょう。魚に症状が見られたらすぐに相談することで、早期解決につながります。

## 3 | 薬が使える病気が確認する

3) マス類で薬が使用できる病気は、冷水病、せつそう病、ピブリオ病、連鎖球菌症の4つです（→詳しくは6~7ページ参照）。これらの病気の場合は投薬を検討しましょう。



薬（抗菌剤）は、細菌の病気に対して効果があります。ウイルスや寄生虫が原因の病気には効果がないことにご注意ください!!  
毎日しっかり魚を観察することで、小さな異変にもすぐ気づけるようになります。

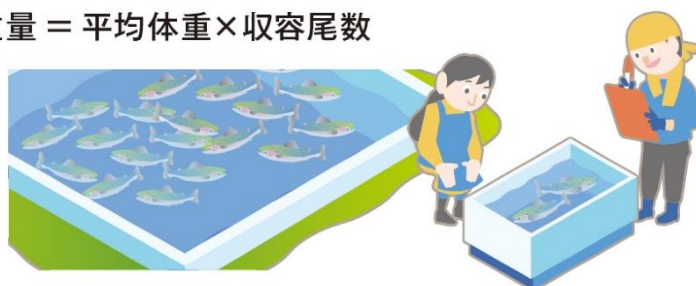


## 2. 投薬の流れ

投薬が有効な病気と分かったら、早速治療を開始しましょう。ここでは投薬前の準備から投薬までの手順やポイントを簡単に説明します。

### ① 投薬対象群の総重量を把握する<sup>4)</sup>

◆ 総重量 = 平均体重 × 収容尾数



### ② 1日あたりの投薬量を求める<sup>5)</sup>

◆ 投薬量 (1日分) = 総重量 (①) × 薬ごとに定められた用量<sup>注1)</sup>

注1) 商品ごとに有効成分含量が異なります。用法用量は使用説明書 (添付文書) を必ず確認しましょう。

◆ 1日に投薬する分を毎日準備する (作り置きは避ける)<sup>6)</sup>

### ③ 投薬時の給餌量を決める

◆ 投薬時の給餌量 = 適正給餌量<sup>注2)</sup> の約50%を目安<sup>注3)</sup><sup>7)</sup>

注2) 健康時 (あるいは発病前) の給餌において、餌への食いつきが少し弱まった時までの給餌量。

注3) 淡水養殖における投薬時の給餌量は、ライトリッツの給餌率表の約60%を目安でも可。

◆ 投薬する魚全体に行き渡り、かつ食べきれぬ量にすることが重要<sup>8)</sup>

### ④ 餌にからめる

◆ 1日分の餌 (③) に薬 (②) をからめる

◆ 水に溶ける薬、水に溶けない薬、液体の薬で

それぞれやり方が変わるので注意!

詳しくはP8~9へ



## ⑤ 投薬する

- ◆ 投薬回数<sup>注4)</sup> 1日分を1回で投薬<sup>9)</sup> <sup>注4)</sup> 稚魚の場合は1日複数回に分けた投薬も可。<sup>10)</sup>

- ◆ 投薬するタイミング

- 水温が変動する河川水では、  
各魚種の飼育適水温<sup>注5)</sup>の時間帯の投薬が望ましい<sup>11)</sup>  
(特に水温が高くなっている時間帯は避ける)

<sup>注5)</sup> 養殖代表魚種例: ニジマス9~18℃<sup>12)</sup>  
ヤマメ・アマゴ10~18℃、イワナ10~15℃

- 水温が一定の湧水や地下水では、  
毎日同じ時間帯の投薬が望ましい<sup>13)</sup>  
(投薬間隔を一定に保つ)

- ◆ 投薬期間 薬ごとの用法用量に定められた期間毎日投薬<sup>14)</sup>



## ⑥ 記録する

- ◆ 投薬日、投薬対象群の総重量や平均体重(①)、投薬量(②)などを記録<sup>注6)</sup>

<sup>注6)</sup> 薬(抗菌剤)の購入にあたっては、専門家(水産試験場等)が発行する水産用抗菌剤使用指導書が必要になります。本指導書の交付申請時に薬の使用記録票(写し)の添付が求められるので、日頃から忘れずに記録を付けるようにしましょう。

※「水産用医薬品について」(農林水産省HP)のQRコードが裏表紙右下にあります。



投薬を始めて約3日を  
経過しても日間死亡率が  
低減されない…<sup>15)</sup>



投与している薬が効いていない可能性があります。このような場合は、一度専門家(水産試験場等)に相談しましょう。



投薬が終わった後の  
給餌はどうしたらいい?<sup>16)</sup>



投薬時と同じくらいの給餌量を1週間程度維持し、その後は魚の様子を見ながら徐々に投薬前の給餌量に戻していくと良いでしょう。



### 出荷時の注意!!


薬を使った後は、魚体内に薬が残らないように出荷まで期間(使用禁止期間)をあける必要があります。**必ず薬の使用禁止期間を確認しましょう!**

### 3. マス類に使用可能な薬


#### (1) 水に溶ける薬 (粉末)

有効成分	対象魚種	対象疾病	製剤名
<p><b>【スルファモノトキシナトリウム】</b></p>  <p>水産用スルファモノトキシソーダ 純末「KS」 画像提供：共立製薬（株）</p>  <p>水産用ダイメトンソーダ 画像提供：愛媛県農林水産研究所 水産研究センター</p>			<p>水産用スルファモノトキシ ソーダ純末「KS」</p> <p>水産用ダイメトンソーダ</p>
<p><b>【オキシテトラサイクリン塩酸塩】</b></p>  <p>水産用 OTC20%「あすか」NC 画像提供：あすかアニマルヘルス（株）</p>  <p>水産用 OTC50%「バイオ」NC 画像提供：バイオ科学（株）</p>  <p>水産用 OTC 散「TG」10% 画像提供：（株）トーヨー技術研究所</p>  <p>水産用 OTC 散 10%「KS」 画像提供：共立製薬（株）</p>	<p>にしん目魚類 （淡水で飼育されて いるもの。あゆを除 く）</p> <p>例 にじます やまめ さくらます あまご さつきます いわな ぎんざげ 等</p>	<p>せつそう病 ピブリオ病 連鎖球菌症</p>	<p>水産用 OTC20%「あすか」NC</p> <p>水産用 OTC20%「バイオ」NC</p> <p>水産用 OTC50%「バイオ」NC</p> <p>水産用 OTC 散「TG」10%</p> <p>水産用 OTC 散「TG」20%</p> <p>水産用 OTC 散「TG」40%</p> <p>水産用 OTC 散 10%「KS」</p> <p>水産用 OTC 散 20%「KS」</p> <p>水産用 OTC 散 50%「KS」</p>
<p><b>【スルフイソゾールナトリウム】</b></p>  <p>イスランソーダ 画像提供：MSD アニマルヘルス（株）</p>	<p>にじます のみ</p>	<p>ピブリオ病 冷水病</p>	<p>イスランソーダ</p>

## (2) 水に溶けない薬(粉末)

有効成分	対象魚種	対象疾病	製剤名
<b>【スルファモメトキシシ】</b>  <p>水産用ダイメトン散 画像提供: 福田穰氏</p>	にしん目魚類 (淡水で飼育されているもの。あゆを除く)  例 にじます やまめ さくらます あまご さつぎます いわな ぎんざげ 等	せつそう病 ビブリオ病	水産用ダイメトン散
<b>【オキシリン酸】</b>  <p>水産用オキシリン酸10%散「KS」 画像提供: 共立製薬(株)</p>			水産用オキシリン酸10%散「KS」
 <p>水産用パラザン10% 画像提供: 物産アニマルヘルス(株)</p>			水産用オキシリン酸20%散「KS」  水産用パラザン10%

## (3) 液体の薬(液剤)

有効成分	対象魚種	対象疾病	製剤名
<b>【フロルフェニコール】</b>  <p>水産用フロルフェニコール2%液「KS」 画像提供: 共立製薬(株)</p>	にしん目魚類 (淡水で飼育されているもの。あゆを除く)  例 にじます やまめ さくらます あまご さつぎます いわな ぎんざげ 等	せつそう病 ビブリオ病 冷水病	水産用フロルフェニコール2%液「KS」

※製剤は、2025年7月時点で動物用医薬品等データベースに掲載されているものを記載

※現在の分類学ではさけ目やきゅうりうお目等に分類される魚種もありますが、水産用医薬品の分類については平成3年に設定した方法を採用しています。

## 4. 薬を餌にからめる方法

- ・薬を魚に食べさせるため、投薬時には、薬を餌にからめる必要があります。ここでは、その手順について詳しく解説していきます。
- ・また、ここで示す水および油の量はあくまでも目安で、適切な量は皆さんが使用する餌の種類やメーカーにより若干異なります。実際に投薬する前に、まずは給餌する餌に合った量を検討してみてください。

※参考：水および油の量の計算方法 = 投薬時の給餌量 × 適切な添加率 (%) ÷ 100

### (1) 水に溶ける薬(粉末)<sup>17)</sup>

#### ① 薬を水に溶かす



・必要な量の薬を水に溶かします。

水の量は、餌の重量に対して  
 ペレットで3~10%、<sup>18)</sup>  
 クランブルで10~15%程度が適切です。



#### ② 薬液を餌にからめる



- ・①の薬液を餌にまぶしてかき混ぜます。
- ・この時点で全体がムラなく濡れていることを確認してください。

——— 水の量を判断する目安は次の通り ———

- 濡れ具合にムラあり ⇒ 水の量少ない
- ムラなし ⇒ 適切な量
- 薬液が底や側面に多く残る ⇒ 水の量多い

ペレットの場合、餌を乾燥させてもよい

#### ③ 油を餌にからめる



- ・薬の溶出を防ぐため、油をまぶしてかき混ぜます。
- ・サラダ油やフィードオイル<sup>19)</sup>等を用いてください。
- ・餌全体に油をムラなくからめてください。

油の量は、餌の重量に対して、  
 ペレットで3~7%、<sup>20)</sup>  
 クランブルで5~13%の重量が適切です。  
 また油には、薬剤の苦味を抑え、<sup>21)</sup>  
 餌食いを向上する効果もあります。



完成!

全ての工程で共通の目的は

**規定量の薬を、池の魚全体に行き渡りよう食べさせること!!**

作業手順を守り、しっかりと投薬を行ってください。



## (2) 水に溶けない薬(粉末) <sup>22)</sup>

### ① 薬を油に混ぜる



- ・ 水に溶けない薬は、代わりに油に混ぜます。  
(油にも溶けません)
- ・ 油はサラダ油や、フィードオイルなどを用いてください。

基本は水に溶かす場合と同じ。餌の重量に対して、  
ペレットで3~7%、 <sup>20)</sup>  
クランブルで5~13%の油が適切です。



### ② 薬液を餌にからめる



- ①の薬液を餌にまぶしてかき混ぜます。  
水に溶かす場合と同様、全体にムラなくからめてください。

**完成!**

## (3) 液体の薬(フロルフェニコール) <sup>23)</sup>

### ① 薬を餌にからめる



- ・ 規定量の薬液をそのまま餌にまぶしてかき混ぜます。

餌に対して 薬液の量が少ない ⇒ 薬液を水で伸ばして  
ください <sup>24)</sup>

**完成!**

完成した餌は4~5ページ記載の方法に従い、  
魚に与えてください。

## 5. 海面養殖の場合の注意点

マス類の養殖は淡水のみで行う場合と淡水で育成された種苗を海面に搬入して養殖（ギンザケやニジマス（トラウトサーモン<sup>25)</sup>）など）を行う場合があります。使用できる薬が限定されるなど、海面養殖の場合の注意点をまとめました。

### ① 病気かどうかの見分け方

- ・淡水から海面に魚を搬入した直後に死亡が見られることがあります。一時的な死亡は海水適応が十分でなかった等、病気ではない場合があります。<sup>26)</sup>
- ・死亡が継続したり、増加する場合や魚の様子がいつもと違う場合は、病気の可能性もありますので、注意深く観察しましょう。海面搬入直後にせっそう病や連鎖球菌症等が発症することがあります。



事例1：健康と思われた魚（淡水飼育中に感染。症状なし）を淡水から海面に移動した際、そのストレスによって発症

事例2：淡水飼育中に発症し、不十分な治療により、海面搬入後に再度発症

- ・水温が上昇する春から初夏など、水温10℃以上ではピブリオ病の発症に注意しましょう。

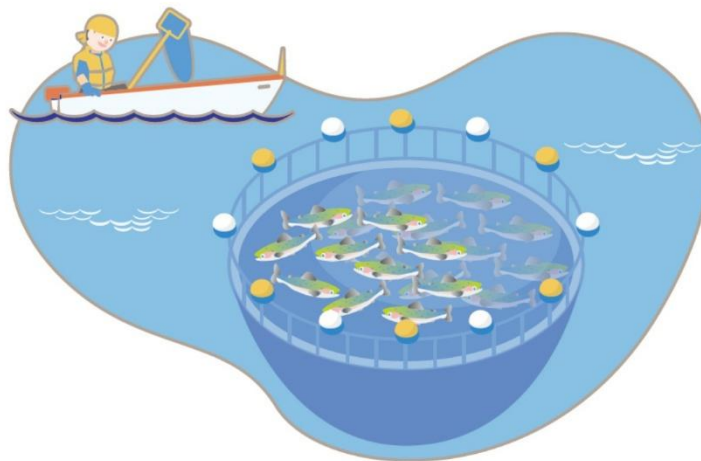


## ② 海面で使用できる薬

海面で養殖されているマス類では、ピブリオ病やせっそう病で薬が使用できます。さらにニジマスのみ、ピブリオ病と冷水病に対して使用できる薬があります。淡水に比べると薬が使用できる病気や薬の種類が限定されますので注意しましょう。

対象魚種	対象疾病	有効成分	製剤名
にしん目魚類 (海水中で養殖されているもの)  例 ぎんざけ にじます さくらます 等	ピブリオ病	オキシテトラサイクリン 塩酸塩	水産用 OTC20% 「あすか」 NC 水産用 OTC20% 「バイオ」 NC 水産用 OTC50% 「バイオ」 NC 水産用 OTC 散 「TG」 10% 水産用 OTC 散 「TG」 20% 水産用 OTC 散 「TG」 40% 水産用 OTC 散 10% 「KS」 水産用 OTC 散 20% 「KS」 水産用 OTC 散 50% 「KS」
		オキシソリン酸	水産用オキシソリン酸 10% 散 「KS」 水産用オキシソリン酸 20% 散 「KS」 水産用バラザン 10%
	せっそう病	オキシソリン酸	
にじます のみ	ピブリオ病 冷水病	スルフィソゾール ナトリウム	イスランソーダ

※製剤は、2025年7月時点で動物用医薬品等データベースに掲載されているものを記載



### ピブリオ病の予防

27)  
ピブリオ病に対してはワクチンが市販されており、ワクチンの使用により、  
予防・被害軽減が可能になります。





困ったときは  
いつでも  
各都道府県の魚病担当者に  
おたずねください



【作成協力】

岐阜県水産研究所	中居 裕
宮城県水産技術総合センター	本庄 美穂
山梨県水産技術センター	平塚 匡
長野県水産試験場	竹花 孝太
静岡県水産・海洋技術研究所富士養鱒場	富山 皓介
滋賀県水産試験場	菅原 和宏

本パンフレットは、公益社団法人日本水産資源保護協会が  
令和7年度農林水産省消費・安全局の委託事業により  
作成いたしました。

農林水産省委託事業  
令和8年3月 発行



水産用医薬品に  
ついてのページ  
(農林水産省HP)

## 補足説明

1)	新・魚病図鑑を参照：眼球の突出はビブリオ病や連鎖球菌症、体表の潰瘍はせつそう病や冷水病でみられる症状である。体色の異状は病気等が原因で主に健康状態が良くない魚でみられる。
2)	3 ② p24 を参照：抗生物質と合成抗菌剤(サルファ剤も含まれる)がある。抗菌剤は細菌に作用し、ウイルスや真菌に効果は示さない。
3)	新・魚病図鑑を参照
4)	投薬量は単位魚体重あたり(/kg 体重)で規定される。正確な投薬量を算出するには、先ず投薬を行う池に収容された魚群の総重量を求める必要がある。また、総重量を求める際に収容魚の平均体重を把握する必要がある場合は、以下の方法で求めることができる。 ① 養魚池から無作為に一定数の魚を取り上げ、重量を測定する ② 測定した魚の尾数をカウントし、「重量÷尾数」により平均体重を算出する ③ 同様の操作を 3 回程度繰り返し、得られた平均体重の平均値を採用する（反復して測定することで、より精度の高い推定値が得られる）
5)	投薬量は 1 日に魚体重 1kg あたりに与える量(○/kg・日)で決められている。
6)	3 ① p14、② p24・33 を参照：飼料中に存在する物質等が影響し、薬の腸管内での吸収性(オキシテトラサイクリン塩酸塩)や有効性(スルファモノメキシシムやスルフイソゾール)が低下する可能性がある。いずれの薬においても作り置きはしない方が無難と考えられる。
7)	3 ① p9～12 を参照：発病時は摂餌活性が低下するため、健康時の給餌量(適正給餌量)では必要な投薬量を摂取できないことが想定される。また、給餌による酸素消費量の増加は魚の体調に悪影響を与えるため、給餌量は少ない方が良い。臨床試験例から、ライトリッツの給餌率表の 60%を投薬時の給餌量の目安とするのが妥当と考えられたため、給餌活性が多少落ちた時点の給餌量(ライトリッツの給餌率表×1.2 倍前後)に対してみると、約 50%が概ね同等となる。 なお、ライトリッツの給餌率表とは、主に飼料効率の観点から水温や体重ごとに適正な給餌率が記載されたもので、主に淡水マス類養殖における標準的な給餌量の目安として活用されている(海面養殖においては、当該給餌率表に相当するものは無い)。
8)	3 ① p8～9 を参照：投薬対象群の個体ごとの体重あたりの投薬量(=給餌量)を同じにすることは現行給餌法では不可能である。したがって、如何に投薬する魚全体に「均等」に投薬できるよう工夫するかが重要となる。
9)	3 ① p8～9 を参照：投薬時には、対象群における単位魚体重あたりの投薬量(=給餌量)のばらつきを可能な限り抑制することが重要である。投薬時の給餌量(適正給餌量の約 50%)を個体間で均一に摂餌させるためには、給餌回数を分割せず、1 回で集中的に給餌する方法が最もばらつきを低減できると考えられる。
10)	3 ① p15～16 を参照：稚魚期(餌付け～数 g)では、投薬時の給餌量を 1 回で給餌しきれないケースがある。その場合は 1 日 2～3 回に分けて給餌し、所定量の薬剤を確実に摂取させる。
11)	3 ① p9～10 を参照：投薬時の水温が過度に高いあるいは低い場合、摂餌が不活発(薬剤摂取が不十分)になることが想定される。また極度に高水温の場合は、給餌等により酸欠に陥るリスクもある。
12)	ニジマスや在来マスの成長の面での適水温が各種文献で報告されており、それらを参考にした目安の水温範囲。ニジマスでは 7～20℃(「養魚学各論」 恒星社厚生閣)、10～18℃(「養魚講座 10 ニジマス」 緑書房)、13～18℃(「淡水養殖技術」 恒星社厚生閣)などが適した水温とされている。ヤマメ・アマゴは「養魚講座 8 ヤマメ・アマゴ (緑書房)」及び「水産増養殖システム 2 淡水魚 (恒星社厚生閣)」、イワナは「水産増養殖システム 2 淡水魚 (恒星社厚生閣)」より引用した適水温である。

13)	3 ② p23～35 を参照：抗菌剤は一定の血中濃度を維持することで効果を発揮するため、有効濃度以上を長時間維持するには一定間隔での投薬が必要不可欠となる（間隔が不規則であると薬の効果が低下する）。
14)	農林水産省発行パンフレット「水産用医薬品について」を参照
15)	3 ② p23～35 を参照：抗菌剤は投与後数時間～1 日で血中濃度が上がり、病原菌の増殖を抑制し始めるため、死亡率の減少は 2～3 日後に現れることが多い。3 日経っても死亡率に変化が見られない場合は、投薬が上手く出来ていない、原因菌が薬に耐性を持っている、飼育環境に異常がある等の可能性が想定される。 なお、日間死亡率とは対象魚群において 1 日あたりに死亡する割合を示し、「その日の死亡尾数」/「その日の収容尾数」×100 で表す。
16)	3 ① p15 を参照：投薬終了直後に投薬前（健康時）の給餌量に戻すと、急激な酸素消費量の増大等により体力を消耗し、回復途上の生残魚等で再発する可能性が高まる。
17)	3 ① p13～14 を参照
18)	3 ③ p39～42、p44～46 を参照：ペレットは原料を混合し、押し固めて円筒状や球状に成形したものの。クランブルはペレットを砕いて細かくしたもので、稚魚期の餌に適している。餌の種類や成分組成により水の適正量が多少変化するため、一度は使用する餌で試し、最適な量を検討することが望ましい。
19)	養魚用飼料に添加される油脂成分で、魚油や植物油などがある。主にエネルギー源や必須脂肪酸の供給源、嗜好性向上等を目的として使用される。投薬時は、水に溶けない薬を餌にからめる、餌にからめた薬が水中に溶出しないよう表面をコーティングするため等に使用される。
20)	3 ③ p44～46 を参照：餌の種類や成分組成により油の適正量は多少変化するため、一度は使用する餌で試し、最適な量を検討することが望ましい。
21)	3 ① p10・p13～14、② p25・31・38 を参照：養魚用飼料に油（フィードオイル）をからめることで、苦味のある薬の成分が油膜で覆われ（コーティングされ）、魚が直接苦味を感じにくくなるとともに、嗜好性の向上にも繋がる。スルファモノメトキシナトリウムやオキシテトラサイクリン塩酸塩が苦味を呈する成分として知られている。
22)	3 ① p13～14 を参照
23)	3 ① p13～14 を参照
24)	3 ① p14 を参照：フロルフェニコールの溶媒（プロピレングリコール）は水と混和が可能である。
25)	ニジマスを海面で養殖したもの。学術的な名称ではなく、種名はニジマス。市場や小売店等で販売される際、ニジマスではなくトラウトサーモンと表示されることが多い。サーモントラウト、トラウトと呼ぶ場合もある。
26)	マス類は淡水と海水の両方に適応できる広塩性魚であり、海水適応とは淡水から海面に移動した際に、浸透圧調節により海水の環境に適応すること。
27)	病原性を不活化した細菌やウイルスを成分とし、健康な魚に接種することで免疫が獲得され、病気を予防することができる。水産用医薬品。マス類で使用できるのはビブリオワクチンのみ。

## ⑧ 診療時における投薬指導に資するチェックリスト

滋賀県水産試験場 菅原 和宏

### ④ 投薬可能な魚病（冷水病、ビブリオ病、せつそう病、連鎖球菌症）ですか？

はい → ③へ

いいえ → 投薬せず、他の方法で対応

投薬可能な4魚病以外は、原則投薬できないので、他の方法で対応する。

### ⑤ 死亡の状況はどうですか？

死亡が増加している → ③へ

死亡は収束してきている → 投薬しないという選択も検討。投薬する場合は③へ

収束してきている場合は、投薬してもしなくても変わらない可能性がある。その場合、投薬コストを考慮する必要がある。

### ⑥ 飼育環境（水温、密度など）に問題はありませんか？

ない → ④へ

ある → 飼育環境の改善ができるかどうか検討する。その後、投薬する場合は④へ

飼育環境（水温、換水率、溶存酸素、池の汚れ具合、飼育密度等）が適切でない場合、魚の摂餌が落ちて経口投与の効果が低くなる場合が多い。また、それらの環境要因が魚病の発生の要因となっている場合もある。このような場合は、まず飼育環境の改善を試みる。次に、必要に応じて投薬を検討する。

### ⑦ 混合感染はありますか？

ない → ⑤へ

ある

- ・投薬可能な4魚病の混合感染 → どの魚病の病勢が最も強いかが判断し、⑤へ
- ・ウイルス病との混合感染 → ウイルス病の病勢の方が強い場合は投薬しないという選択も検討。投薬可能な4疾病の病勢の方が強い場合は⑤へ
- ・細菌性鰓病や寄生虫との混合感染 → 先に塩水浴を検討。投薬する場合は⑤へ

投薬可能な4魚病の混合感染の場合は、病勢が最も強い魚病に対する投薬を推奨する。または、複数の疾病に効果がある薬剤を選択するという方法もある。

「病勢が強い」についての判断方法は、基本的にはそれぞれ特有の症状の有無や原因微生物の濃度等で総合的に判断するしかない。典型的な症状がどちらの魚病に出ているか、細菌病の場合は標的臓器の菌濃度を染色標本でざっと観察することで判断可能。あと、個体ごとの判断に偏るのではなくて、死亡魚全体の兆候を見ることも重要。

ウイルス病との混合感染でウイルス病の病勢の方が強い場合は、餌を食べられない可能性があり、その場合は投薬せずに餌止めも検討する。

細菌病や寄生虫病との混合感染では、餌を食べられないほど重篤な場合は、先に寄生虫対策（塩水浴等）を実施し、その後に投薬を検討する。ただし、このような場合の塩水浴を行う場合は慎重を要する。魚は相当弱っているため、通常の塩水浴に耐えられなくなっている可能性がある。また、細菌病に罹っている魚に塩水浴を行うことは、ストレスを与えるだけなので、通常は塩水浴を行うことによって病状が悪化することも考慮しないとイケない。以上のことは、養殖業者に伝えるべきことと思われる。

**⑤ 使用する薬剤の使用禁止期間（休薬期間、水揚げ禁止期間）に食用として出荷する予定はありますか？**

- ある → 出荷を延期して投薬するか、投薬しないかを検討。投薬する場合は⑥へ  
ない → ⑥へ

薬剤の使用禁止期間中に食用として出荷することはできないので、出荷が延期できるようなら投薬する。出荷を延期できない場合は、投薬はできないので、他の方法で対応する。

**⑥ 発症している疾病の原因菌が使用する薬剤に対して耐性を持っている可能性はありますか？**

- ある → 過去の薬剤感受性試験の結果や、今回の薬剤感受性試験の結果を踏まえて、使用する薬剤を検討し、投薬する  
ない → 使用可能な薬剤を投薬する

使用する薬剤に対する耐性菌である場合、投薬の効果は低くなる。そのため、薬剤耐性菌であるかどうかを調べて、耐性菌である場合は、使用できる薬剤の中で耐性が確認されていない薬剤を投薬する。薬剤感受性試験のデータはきちんと取り、次回の発生時の参考データとする。

## 4 収集文献・資料等一覧

- 会田勝美, 金子豊二 (2002) 魚類生理学の基礎, 恒星社厚生閣, 東京.
- 秋元淳志 (2016) 養魚用配合飼料の種類と特徴. 養殖ビジネス臨時増刊号: よくわかる! 養魚飼料と低魚粉, 緑書房, 東京, 10-17.
- 秋元淳志 (2022) 養魚用配合飼料とは. 養殖ビジネス臨時増刊号: イチからはじめる! 養魚飼料入門, 緑書房, 東京, 59 (4): 22-40.
- 安藤七郎 (1964) 養魚用配合飼料. 養殖, 別冊: 養殖資材ハンドブック, 緑書房, 東京, 30-33.
- 青江弘 (1985) 淡水魚用飼料. 「養魚飼料—基礎と応用, 米康夫編」, 水産学シリーズ 54, 恒星社厚生閣, 東京, p 123-134.
- 青木宙編 (2013) 第3章 水産用抗菌剤・消毒剤. 魚介類の微生物感染症の治療と予防, 恒星社厚生閣, 東京.
- 厚田静男, 吉本二郎, 酒井正博, 小林正典 (1990) 養殖ギンザケに発生した連鎖球菌症について. 水産増殖 38(3): 215-219.
- 第一製菓株式会社 (1966 頃) 水産用ダイメトン文献集, 第一製菓, 東京.
- 絵面良男, 山本啓之, 吉水守, 田島研一, 三戸秀敏, 池田和夫, 佐古浩, 原武史, 木村喬久 (1984) 海面養殖開始直後に発生したギンマスのせつそう病について. 魚病研究 19(2): 75-80.
- 福田穰 (2016) 海産魚類の疾病防除法に関する研究. 魚病研究 51(4): 137-143.
- 福田穰, 甲斐桑梓, 木本圭輔 (2019) ブリ類養殖業成長産業化推進事業 輸出用ブリ生産手法の確立. 平成30年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告, p 63-65.
- 福田穰 (2023) 水産用抗菌剤の使用～海産魚養殖における投薬技術. 養殖ビジネス増刊号: トピックスから学ぶ 現代の魚類養殖業, 緑書房, 東京, 60 (4): 90-93.
- 福田穰 (2024) 水産用抗菌剤の使用の実際. 「魚病学〔第2版〕, 和田新平監修」, 緑書房, 東京, p 64-69.
- 文谷俊雄 (1982) 海面養殖魚から分離されたビブリオ菌の性状. 宮城県気仙沼水産試験場研究報告 6: 1-11.
- 岐阜県 (1973) せつそう病. 病害研究報告書 ニジマス稚魚の IPN ならびにせつそう病に関する研究 昭和47年度指定調査研究総合助成事業, 4-32.
- Grove DJ, Loizides LG, Nott J (1978) Satiation amount, frequency of feeding and gastric emptying rate in *Salmo gairdneri*. J Fish Biol 12: 507-516.
- 原武史 (1972) にじまスの病気 その予防と治療のすべて, 養魚タイムス社, 東京.
- 原武史 (1979) サケ科魚のせつそう病の防除に関する研究, 東京大学学位論文.
- \*本論文は公開されていない。本論文を構成している発表論文のうち、本マニュアルに  
関係する文献は以下のとおりである。
- 原武史, 井上進一, 今井重之, 吉田文三 (1966) サルファ剤の魚類に関する研究-III サルファ剤を連続投与した時のニジマス組織内濃度について. 魚病研究 1(1): 10-14.
- 原武史, 井上進一 (1967a) 各種サルファ剤をニジマスに経口投与した時の組織内濃度につ

- いて. 日本水産学会誌 33(7): 618-623.
- 原武史, 井上進一, 斎藤実 (1967) サルファ剤のナトリウム塩をニジマスに経口投与した時の組織内濃度について. 日本水産学会誌 33(7): 624-627.
- 原武史, 井上進一 (1967b) スルファモノメトキシンをニジマスに経口投与した時の組織内濃度維持投薬量について. 魚病研究 1(2): 35-40.
- 原武史, 井上進一 (1969) スルファモノメトキシンをニジマスに経口投与した時の血液中の分布について. 魚病研究 3(2): 9-13.
- 原武史 (1969) 数種薬剤によるニジマスのビブリオ菌病の治療について. 魚病研究 3(2): 111-112.
- 原武史, 井上進一 (1970) サルファ剤の魚類に関する研究-IX 飼料への添加と組織内濃度. 昭和 45 年度日本水産学会春季大会講演要旨.
- 原武史, 井上進一 (1972) サルファ剤の魚類に関する研究-X 飼料の種類と組織内濃度について. 昭和 47 年度日本水産学会秋季大会講演要旨.
- 原武史, 井上潔 (1974) 化学療法剤による魚病の治療に関する研究-1 オキシリン酸について. 昭和 49 年度日本水産学会春季大会講演要旨.
- 原武史 (1974) 各種抗菌剤の in vivo での効果の検討について. 昭和 49 年度日本水産学会秋季大会講演要旨.

\*

- 日高磐夫 (1991) 味覚. 「魚類生理学, 板沢靖男・羽生功編」, 恒星社厚生閣, 東京, p489-518.
- 東秀雄 (1967) III 養魚と養魚飼料. 栄養と食 20(2): 10-15.
- 本庄美穂, 菊田拓実, 熊谷明 (2025) 2018 年に宮城県中部海域で発生したギンザケ養殖開始直後のへい死. 宮城県水産研究報告 25: 7-14.
- 本荘鉄夫, 原武史 (1973) 養魚講座 第 8 巻 ヤマメ・アマゴ, 緑書房, 東京.
- 飯岡主税 (1980) サケ・マスの海中飼育過程における疾病上の問題点について. 魚病研究 14(4): 159-165.
- 井上進一 (1971a) 魚と薬①. 養殖, 緑書房, 東京, 8(7): 105-107.
- 井上進一 (1971b) 魚と薬②. 養殖, 緑書房, 東京, 8(8): 105-108.
- 井上進一 (1971c) 魚と薬③. 養殖, 緑書房, 東京, 8(9): 105-107.
- 井上進一 (1971d) 魚と薬④. 養殖, 緑書房, 東京, 8(10): 105-108.
- 井上進一 (1971e) 魚と薬⑤. 養殖, 緑書房, 東京, 8(11): 105-107.
- 井上進一 (1971f) 魚と薬⑥. 養殖, 緑書房, 東京, 8(12): 90-92.
- 井上進一 (1972) 魚と薬⑦. 養殖, 緑書房, 東京, 9(2): 105-107.
- 石田典子 (1992) 養殖魚における合成抗菌剤, オキシリン酸の体内動態に関する研究. 中央水産研究所研究報告 4: 1-58.
- Ishiguro EE, Kay WW, Ainsworth T, Chamberlain JB, Austen RA, Buckley JT, Trust TJ (1981) Loss of virulence during culture of *Aeromonas salmonicida* at high temperature. J. Bacteriol 148: 330-340.
- 石渡直典 (1969) 魚の摂餌に関する生態学的研究-VII 投餌回数と飽食量との関係. 日本水

- 産学会誌 35: 979-984.
- 板沢靖男・羽生功 (1991) 魚類生理学, 恒星社厚生閣, 東京.
- 岩本光一 (1980) ウグイ適正市販飼料試験. 栃木県水産試験場業務報告書 24.
- 加地奈々 (2023) マス類の給餌率表に関する再検討. 養殖ビジネス, 緑書房, 東京, 60(12): 15-20.
- 春日洋二, 杉谷哲, 山田不二造, 荒井真, 森川進 (1984) 養殖ニジマス及びアユにおけるオキソリン酸の組織内残留について. 食品衛生学雑誌 25(6): 512-516.
- 加藤禎一, 坂本義雄 (1969) ニジマスの成長変異に関する研究-I 成長過程に及ぼす選別の影響. 淡水区水産研究所研究報告 19(1): 9-16.
- 加藤禎一 (1970) ニジマスの成長変異に関する研究-II 給餌量の基準としての飽食量直線. 淡水区水産研究所研究報告 20(2): 101-107.
- 君島裕介 (2023) エゾイワナ *Salvelinus leucomaenis leucomaenis* 大型魚における適正給餌率の検討について. 宮城県水産研究報告 23:1-5.
- 小原昌和 (1986) ニジマスにおけるオキソリン酸 2 種製剤の生物学的同等性試験. 昭和 60 年度長野県水産試験場事業報告 22.
- 熊谷明, 高橋清孝, 岩井拓郎 (1994) 海面養殖ギンザケのビブリオ病に対するスルファモノメトキシシン及び塩酸オキシテトラサイクリンの有効性. 宮城県気仙沼水産試験場事業報告 9: 70-79.
- 熊谷明, 阿部靖, 松浦良, 高橋清孝, 伊藤貴, 渡辺誠樹, 厚田静男 (1995a) 海面養殖ギンザケにおけるエリスロマイシンの化学療法的研究-I 安全性、吸収排泄および残留性. 宮城県内水面水産試験場研究報告 2: 21-27.
- 熊谷明, 阿部靖, 松浦良, 高橋清孝, 渡辺誠樹 (1995b) 海面養殖ギンザケにおけるエリスロマイシンの化学療法的研究-II ビブリオ病の治療試験. 宮城県内水面水産試験場研究報告 2: 29-34.
- 熊谷明 (2015) 第 2 章 海面養殖 ギンザケ. 養殖ビジネス臨時増刊号: よくわかる! 日本の養殖業, 緑書房, 東京, 66-70.
- 熊谷明 (2016), 細菌性冷水病, 魚病研究 51(4), 153-157.
- 熊谷明 (2018) 第 1 章 魚種別にみる疾病発生動向と対策 ギンザケ. 養殖ビジネス増刊号 45-49.
- 熊谷明 (2019) ギンザケにおけるストレスの小さい海水馴致方式の開発. 養殖ビジネス臨時増刊号: よくわかる! ジャパンサーモン養殖, 緑書房, 東京, 88-91.
- 黒川忠英, 栗田潤, 熊谷明, 戸川富喜, 井手伸一郎, 菊池潔, 高橋義文 (2018) 東日本大震災からの宮城県産養殖ギンザケ復活への取り組み. JATAFF ジャーナル 農林水産技術 6: 40-44.
- 共立製薬株式会社 (2020) 水産用フロルフエニコール 2%液「KS」添付文書 (第 3 版), 共立製薬株式会社, 東京.
- Leitritz E (1959) Fish Bulletin No. 107. Trout and salmon culture (Hatchery methods). State of California Department of Fish and Game.

- 森川進, 田代文男 (1975) せつそう病に関する研究-VIII クロラムフェニコール・オキシテトラサイクリン・AMF-16・テトラサイクリン・ピロミド酸の治療効果・毒性・吸収について. 岐阜県水産試験場研究報告, 21: 97-110.
- 森川進, 田代文男 (1978) 養殖マス類への給餌に関する研究-I. 昭和 53 年度日本水産学会春季大会講演要旨.
- 森川進, 田代文男 (1980) 養殖マス類への給餌に関する研究-II. 昭和 55 年度日本水産学会春季大会講演要旨.
- 森川進 (2003) サケ科魚類のせつそう病の防除に関する研究. 岐阜県淡水魚研究所研究報告 48: 1-234.
- MSD アニマルヘルス株式会社 (2024) イスランソーダ パンフレット, MSD アニマルヘルス株式会社, 東京.
- 長野県 (1973) サルファ剤吸収試験. 昭和 47 年度指定調査研究総合助成事業「病害研究」報告書, 19-31.
- 長沢静雄, 佐藤脩, 佐野秋夫, 高田寿治 (1981) エゾイワナ給餌率比較試験. 福島県内水面水産試験場 昭和 55 年度事業報告書 11-14.
- 日本食品分析センター (1980) 医薬品の代謝生理に関する研究 サルファ剤の排泄に及ぼす水温、給餌の影響. 魚病対策技術開発研究事業報告書 昭和 54 年度水産庁委託, 1-20.
- 日本水産学会 (1982) 活魚輸送 (水産学シリーズ 39), 恒星社厚生閣, 東京.
- 日本水産資源保護協会編 (1981a) スルフィソゾール. 水産用医薬品使用指針 2 水産庁委託事業, 日本水産資源保護協会, 東京. 38-55.
- 日本水産資源保護協会編 (1981b) オキシソリン酸. 水産用医薬品使用指針 2 水産庁委託事業, 日本水産資源保護協会, 東京. 163-179.
- 日本養魚飼料協会 40 年史編集委員会 (2007) 日本の魚類養殖と配合飼料, 日本養魚飼料協会, 東京.
- 野川秀樹, 八木沢功 (2011) さけます類の人工ふ化放流に関する技術小史 (飼育管理編). 水産技術 3(2): 67-89.
- 能勢健嗣 (1980) 養魚と養魚飼料の現状. 「魚類の栄養と飼料, 荻野珍吉編」, 恒星社厚生閣, 東京, p 1-11.
- 農林水産省 消費・安全局 畜水産安全管理課 (2025) 水産用医薬品について (第 38 報). 29.
- 小川和夫, 佐野元彦, 横山博, 倉田修 (2022) 新魚病図鑑, 緑書房, 東京.
- 小野寺毅, 末永明雄, 永倉一徳, 熊野芳明 (2003) ギンザケ海面養殖における隔日給餌法の検討. 宮城県水産研究報告 3: 42-44.
- 尾崎久雄 (1972a) 魚類生理学講座 第 4 巻 IV 消化の生理 (下), 緑書房, 東京.
- 尾崎久雄 (1972b) 魚類生理学講座 第 2 巻 III 呼吸の生理, 緑書房, 東京.
- 尾崎久雄・池田彌生 (1978a) 第 4 章 吸収. 魚類薬理学I サルファ剤, 緑書房, 東京. 37-46.
- 尾崎久雄・池田彌生 (1978b) 第 5 章 体内分布. 魚類薬理学I サルファ剤, 緑書房, 東京. 47-60.
- 尾崎久雄 (1980) オキシテトラサイクリン. 魚類薬理学III 抗生物質 2, 緑書房, 東京. 59-

125.

- 佐古浩, 原武史 (1981) ヤマメに接種された *Aeromonas salmonicida* の増殖に及ぼす水温の影響. 養殖研究所研究報告 2: 73-81.
- 佐々木良朗 (1989) 岐路に立つギンザケ養殖 (下) 種卵および種苗の供給動向. 養殖 26(12): 60-63.
- 新聞弥一郎 (1976) 炭化水素資化酵母の飼料利用-3-9.5°および 17°Cの試験池を利用したニジマスの長期飼育. 淡水区水産研究所研究報告 26: 45-57.
- Smit H (1967) Influence of temperature on the rate of gastric juice secretion in the brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*. Comp Biochem Physiol 21: 125-132.
- 杉田治男 (2008) 養殖の餌と水 陰の主役たち, 恒星社厚生閣, 東京.
- 水産庁編 (1980a) 塩酸オキシテトラサイクリン. 水産用医薬品使用指針 1, 水産庁, 東京. 53-73.
- 水産庁編 (1980b) 総論. 水産用医薬品使用指針 1, 水産庁, 東京. 1-16.
- 水産庁編 (1980c) スルファモノメトキシシン. 水産用医薬品使用指針 1, 水産庁, 東京. 17-35.
- 鈴木邦雄, 田中深貴男, 田中繁雄 (1989) 荒川系イワナ 1 年魚の適正給餌率について. 埼玉県水産試験場研究報告 48: 66-71.
- 鈴木邦雄, 田崎志郎, 野村博 (1991) 荒川系イワナ稚魚 (2g 級) の適正給餌率について. 埼玉県水産試験場研究報告 50: 81-84.
- 高橋清孝 (1992) ギンザケ海水馴致手法の再検討. 日本水産学会東北支部会報. 42: 21-23.
- 高橋清孝, 熊谷明, 小山拓海, 杉森実, 内海順夫 (1992) ギンザケ海面養殖へのドライペレット導入試験. 日本水産学会東北支部会報 42: 24-26.
- 武田薬品工業株式会社畜産事業部(1971 頃 a) イスランの魚の吸収性について. 「水産用イスラン文献集」, 武田薬品工業株式会社, 大阪.
- 武田薬品工業株式会社畜産事業部 (1971 頃 b) 動物用 水産用イスラン文献集II, 武田薬品工業株式会社, 大阪.
- 武田薬品工業株式会社 (1994) 動物用医薬品 水産用フロルフェニコール 2 % 液剤 アクアフェン L 特約店社員用テキスト, 武田薬品工業株式会社, 大阪.
- 竹花孝太 (2018) 信州大王イワナの肉食評価と給餌飼料. 第 43 回全国養鱒技術協議会大会. 130-133.
- 田島研一, 吉水守, 絵面良男, 木村喬久 (1981) 我が国の海面養殖ギンマスに発生したビブリオ病原菌について. 日本水産学会誌 47(1): 35-42.
- 田辺製薬株式会社 (1975) オキシリン酸製剤 水産用パラザン文献集, 田辺製薬株式会社, 大阪.
- 田中誠 (2006) エサの種類と特徴. 養殖臨時増刊号: 養魚飼料ガイドブック, 緑書房, 東京, 14-25.
- 立川互 (1965) 高水温時におけるニジマスの給餌率について. 岐阜県水産試験場研究報告 11: 121-132.
- 立川互, 熊崎隆夫, 上松和夫, 原田賢之 (1974) アマゴ体表の朱赤点について— I 飼料への

- 色素添加による着色効果. 水産増殖 21(4): 157-161.
- 東京都水産試験場奥多摩分場 (1967) スルファモノメトキシンをニジマスに経口投与した時の組織内濃度維持投薬量について. 養殖魚介類の病害研究報告書 昭和 41 年度指定試験研究事業, 18-23.
- 豊田雅典 (2011) スルフィソゾール (効能追加). 動物用抗菌剤研究会報 33: 60-66.
- Ueno R, Okumura M, Horiguchi Y, Kubota SS (1988) Levels of Oxolinic Acid in Cultured Rainbow Trout and Amago Salmon after Oral Administration. Nippon Suisan Gakkaishi 54: 485-489.
- 上野隆二 (2004) 養殖魚におけるゼノバイオティックスの比較薬理学的研究. 日本水産学会誌 70(3): 280-283.
- 和田新平 (2024) 第 4 章 主要魚介類の臨床概説. 獣医学教育モデル・コア・カリキュラム準拠 魚病学 第 2 版, 緑書房, 東京. 58-76.
- 若林久嗣, 室賀清邦, 小川和夫 (2004) 魚介類の感染症・寄生虫病, 恒星社厚生閣, 東京.
- 渡辺直久, 岡村由紀子, 久保埜和成, 豊田雅典, 沼田厚子, 元木弘昭 (2011) オキシテトラサイクリン (効能追加). 動物用抗菌剤研究会報 33: 55-59.
- 渡邊武 (2009) 改訂 魚類の栄養と飼料, 恒星社厚生閣, 東京.
- Windell JT, Norris DO, Kitchell JF, Norris JS (1969) Digestive response of rainbow Trout, *Salmo gairdneri*, to pellet diets. J Fish Res Bd Canada. 26: 1801-1812.
- 山田和雄, 細谷久信 (1988) 海面養殖ギンザケに発生したビブリオ病原菌の性状. 新潟県内水面水産試験場調査研究報告 14: 29-34.
- 山下智, 清原貞夫, 山崎浩一 (1985) 水生動物の味覚. 動物生理 2(3): 98-105.
- 山内康司 (2022) 大規模沖合養殖システムの国内展開と SDGs への展開. 養殖ビジネス, 緑書房, 東京, 59: 8-10.
- 八谷三和, 二階堂英城, 鶴見忠生, 黒川忠英 (2020) 制限給餌および飼料への加水の有無がギンザケの成長に及ぼす影響. 日本水産学会誌 86: 312-317.
- 全国湖沼河川養殖研究会養鱒部会編 (1976) 養鱒の研究, 緑書房, 東京.
- 全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会 (2021) 令和元年度全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会活動報告. 令和 2 年度全国養鱒技術協議会資料集, 85-87.
- 全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会 (2022) 令和 2 年度全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会活動報告. 令和 3 年度全国養鱒技術協議会資料集, 85-87.
- 全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会 (2023) 平成 3 年度全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会活動報告. 第 45 回全国養鱒技術協議会要録, 155-158.
- 全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会 (2024) 平成 4 年度全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会活動報告. 第 46 回全国養鱒技術協議会要録, 13-16.
- 全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会 (2025) 平成 5 年度全国養鱒技術協議会魚病対策研究部会活動報告. 第 47 回全国養鱒技術協議会要録, 11-13.