



# あたらしい 水産技術

No.674

ニジマスの高密度輸送技術の開発

令和2年度

## 要 旨

### 1 技術、情報の内容及び特徴

- ・近年の大型ニジマス需要の増加に応えるため、「分業化\*」により生産量を増加させることとしましたが、中・大型の種苗の効率的な輸送が課題となりました。
- ・そこで、既存の輸送方法に簡易な手法（水流造成、食塩添加）を組み合わせることにより、高密度に輸送する技術を開発しました。

### 2 技術、情報の適用効果

- ・一般的な輸送の2.5倍量（水槽容積の50%）の輸送が可能となり、輸送回数を減らすことにより輸送経費の削減が可能となります。

### 3 適用範囲

- ・養殖を行う県内養鱒業者のほか、河川への放流魚を運搬する河川漁協や活魚輸送業者にも活用することが出来ます。

### 4 普及上の留意点

- ・今回の技術開発は、試験規模の水槽（150～500L）で実施しています。各業者により水槽の大きさ、形状、設備等が異なるため、酸素通気量や水中ポンプの能力などは目安としてください。
- ・また、輸送方法だけでなく、輸送に用いる魚の状態（健康、3日以上への餌止め等）が重要になります。

#### \*分業化

養殖業者それぞれの池の特長を最大限に発揮しつつ生産段階ごとに飼育を分担し、地域として大型ニジマスを効率的に生産する体制。業者間で種苗が売買される。

## 目次

はじめに	1
1 収容量と水質変化	1
2 魚体サイズと水温の影響	3
3 水流造成の効果	4
4 食塩添加の影響及び効果	6
5 高密度収容試験	6
おわりに	8
引用文献	8

## はじめに

近年、生食用途として2～4kgの大型のニジマスの需要が増加し、全国各地で「ご当地サーモン」と呼ばれる大型ブランドニジマスが生産されています。本県でも養殖業者それぞれの個別ブランドの他、富士養鱒漁業協同組合の統一ブランド「富士山の湧水が育てた大々鱒 紅富士（あかふじ）」（図1）が複数の組合員により生産されています。大型ニジマスの生産には2～3年の期間を要し、同一業者が種苗から製品まで一貫生産を行うために効率的な池繰りが出来ず生産量を増やせないことが問題でした。

そこで当場は、養殖業者それぞれの池の特長を活かし、種苗生産、中間育成、製品育成といった生産段階ごとに飼育を分担する“分業化”を提案し、種苗から製品までの成育期間の短縮や飼育尾数の増加などを図ることとしました。

この取組を進める上で課題となったのが、本報告のテーマである中間種苗（0.5～1kg サイズ）の効率的な輸送、すなわち大量輸送の技術開発でした。通常、ニジマスの活魚輸送では、水槽容積の20%（1,000Lの水槽に対し魚体200kg）が収容密度の限界であり、分業化ではこれを倍増させる必要がありました。本報告では、既存の輸送方法に僅かに手を加えることで可能となった中間種苗の大量輸送技術を紹介します。

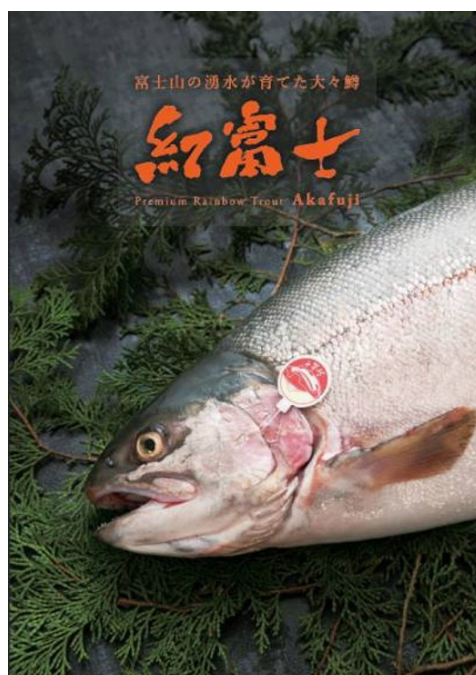


図1 紅富士の広報資料

## 1 収容量と水質変化

最初に、収容密度の違いが水質変化と魚体へ与える影響を確認するため、水量150Lの水槽に3日間餌止めした全雌三倍体ニジマスの大型魚（3歳魚：1.2kg）を、容積の20%（30kg）とその倍量にあたる40%（60kg）をそれぞれ収容して試験を行いました。酸素を通気（0.5L/min）しながら120分間収容し、収容中の溶存酸素量、pH及びアンモニア濃度を測定しました。また、試験終了後に試験魚を飼育池に戻し、5分後と60分後の遊泳状況を確認しました。

収容試験終了時、20%収容した場合は水槽内を泳ぐ個体が多く見られ、飼育池に戻した後も全てが通常通りに遊泳していました。一方で40%収容した場合は水槽内で横転している個体が多く見られ、飼育池に戻した後も横転は続き、へい死も確認されました（表1）。

表1 収容後の試験魚の状態

収容量	収容試験終了時	飼育池収容後	
		5分後	60分後
20%	遊泳個体を多く確認	全個体通常通り遊泳	全個体通常通り遊泳
40%	横転魚を多く確認	横転魚を多く確認	1尾へい死を確認

水槽収容中の溶存酸素量の推移は、収容前には 10mg/l 前後でしたが、どちらの収容量でも収容直後から減少し 30 分以内に最低値（6.2 及び 6.8mg/l）となりました。その後徐々に増加しましたが開始時の溶存酸素量までは回復しませんでした（図 2）。酸素飽和度は終始 100%未満で推移しました。ニジマスに必要な最低限の酸素飽和度は 63%と言われていますが、魚を 40%収容した場合は酸素飽和度が 60%と低く、加えて三倍体ニジマスはより敏感に低酸素状態に反応するため、溶存酸素量の低下がへい死に影響した要因の 1つと考えられました。

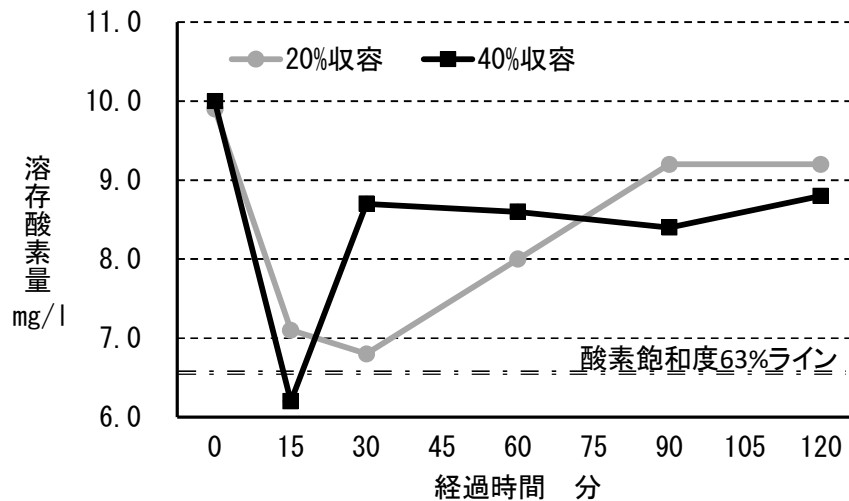


図 2 溶存酸素量の推移

pH はどちらの収容量でも開始時（7.3 及び 7.4）から徐々に低下し、終了時には最低値（ともに 6.6）となりました（図 3）。これは魚の呼吸により生じた二酸化炭素が溶解した結果と考えられます。溶存二酸化炭素量が過剰に増加すると窒息を引き起こすため、輸送時 pH の数値に気を付けるとともに、曝気等により溶存二酸化炭素濃度を低下させる方法も考えられます。

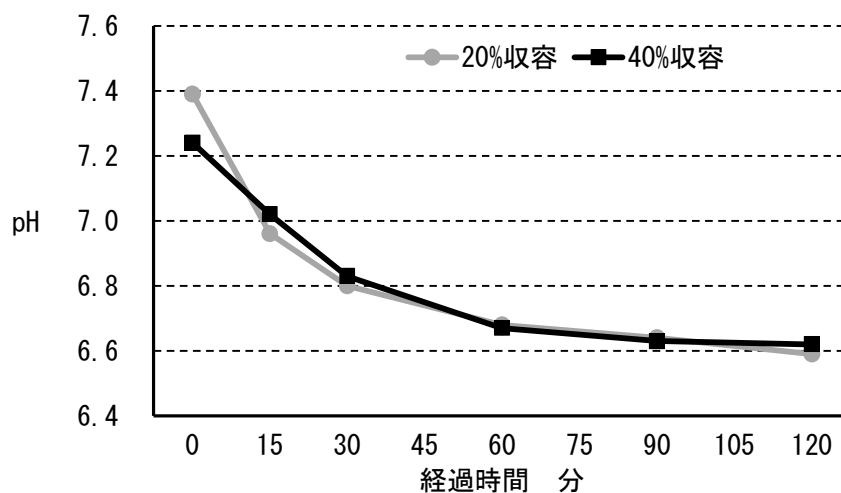


図 3 pH の推移

アンモニア濃度は開始時どちらの収容量でも検出限界以下（0.2 mg/l）でしたが、その後増加し 120 分後には 20%収容した場合は 1.3mg/l ですが、40%収容した場合は 5.4 mg/l と高い値を示しました（図 4）。アンモニア濃度が高くなると血液中の酸素が減少し、炭酸ガスが増加しへい死も起こります。アンモニア濃度の上昇は魚からの排泄物による影響が強いため、輸送前の餌止めにより軽減できます。なお、ニジマスでは、餌止め期間が 3 日間では排泄物が 1 日間の場合に比べ 20%以下に低下するため、輸送前に 3 日間以上の餌止めを行うことが有効です。

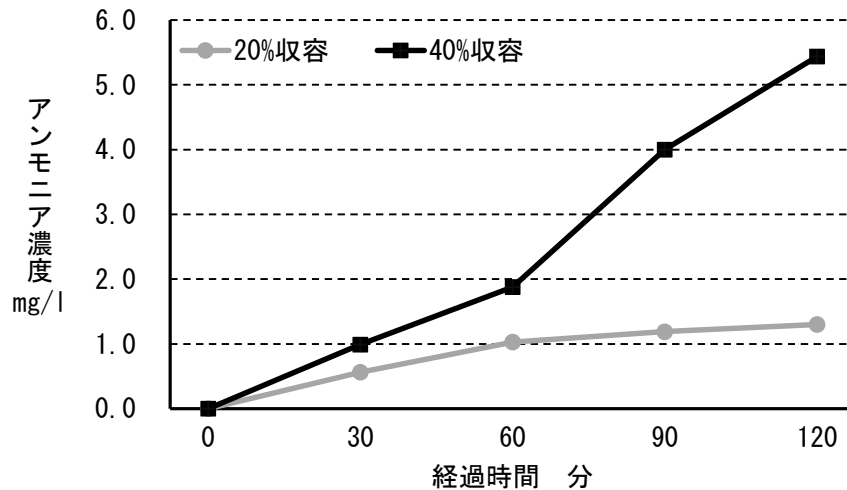


図 4 アンモニア濃度の推移

## 2 魚体サイズと水温の影響

輸送に対する魚体サイズと水温の影響を確認するため、大型魚（3歳魚：1.2kg）及び中型魚（2歳魚：0.4kg）を用いて、外気温が異なる冬季（大型冬季区、中型冬季区）及び夏季（大型夏季区、中型夏季区）に試験を実施しました。水量 500L の水槽にそれぞれ通常輸送の 1.5 倍量に当たる 150kg（容積の 30%：大型 120 尾、中型 370 尾）の魚を、酸素を通気（4L/min）しながら 3 時間収容し、溶存酸素量を測定しました（図 5）。その結果、溶存酸素量はいずれの区も収容から 30 分で急激に減少したのち、徐々に回復しました。



図 5 魚体及び水温別の収容試験水槽

また、冬季（最終水温 9.5℃）、夏季（最終水温 14℃）ともに中型魚を収容した水槽がより大きく減少し、特に夏季では回復が少ない状況でした（図 6）。生残率は、大型魚では冬季及び夏季ともに 100%でしたが、中型魚では、夏季には僅かにへい死が見られました（生残

率 99%) (表 2)。このように同じ重量の中・大型魚を収容する場合は、水温が高く、魚が小さい (尾数が多い) ほど、酸素消費が多くなり収容可能量が減りました。

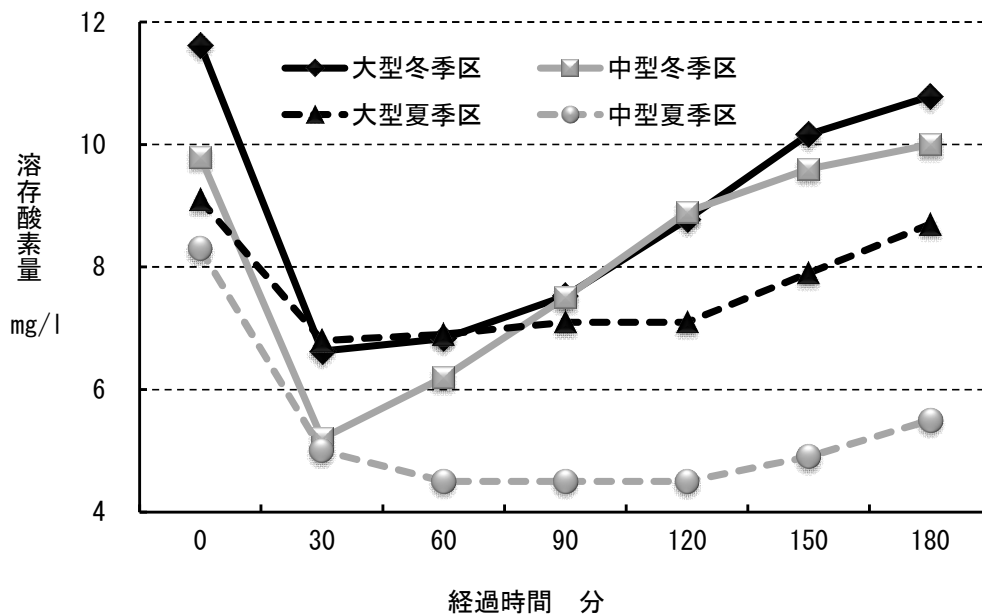


図 6 魚体サイズ及び水温別収容試験時の溶存酸素量の推移

表 2 魚体サイズ及び水温別収容試験終了時の生残率

	大型種苗 (1.2 k g)	中型種苗 (0.4 k g)
冬季 (9.5℃)	○ (100%)	○ (100%)
夏季 (14℃)	○ (100%)	△ (99%)

### 3 水流造成の効果

ニジマスの収容量を増やすと、水の動きが滞り通気していても酸素が全体に行き渡らない恐れがあります。水流をつくることで魚が一定方向に回り、ニジマスのストレスも軽減されると予想されます。そこで、水中ポンプを用いて輸送中の水槽内に水流をつくることの効果を検証しました。

最初に、ニジマスは収容せず、市販の観賞魚用水中ポンプ (34L/min) の設置の有・無 (ポンプ区 (図 7)・対照区) による溶存酸素量の推移を測定しました (条件: 水量 500L、酸素供給量 1L/min、10 分間)。全ての区で溶存酸素量は増加していきましたが、ポンプ区では 10 分後に溶存酸素量の増加量が対照区の 1.5 倍 (増加量 2mg/L→3mg/L) となりました。これは水流により酸素の気泡を水中に長く留めることができたためと思われます。なお、ポンプの設置場所と酸素通気場所との位置 (同一及び対角) による違いは見られませんでした (図 8)。

次に、中型魚を用いて収容試験を行いました。水量 150L の水槽に 45kg（容積の 30%）の魚を収容し、酸素供給量を 0.5L/min とし、3 時間保持しました。その結果、対照区の生残率 98% に対し、ポンプ区では生残率 100% となり、水流造成による効果があることが確認できました。（表 2）

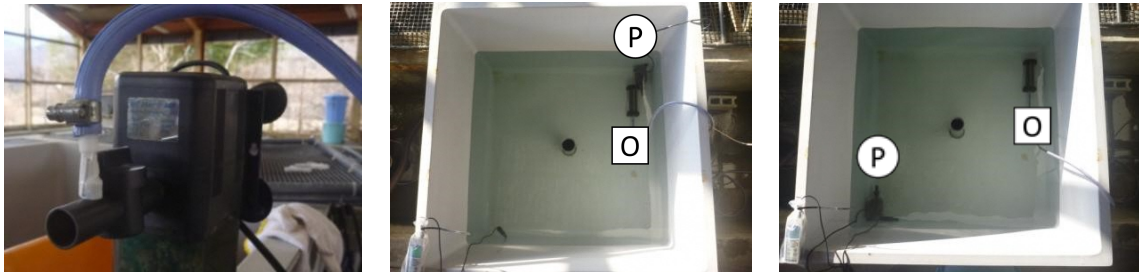


図 7 試験に用いたポンプ（左）とポンプ区（同一（中）、対角（右））  
（P：水中ポンプ、O：酸素通気）

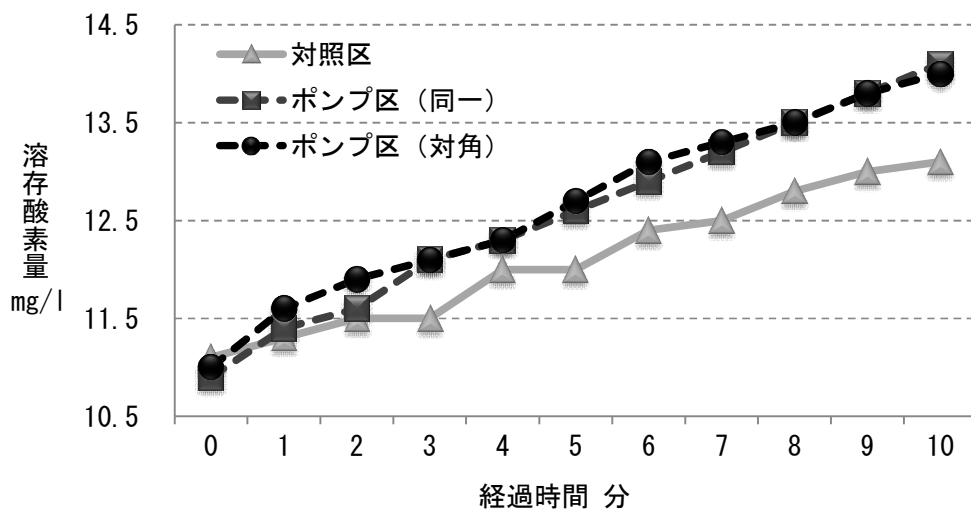


図 8 水流造成時の溶存酸素量の推移

表 2 水流造成試験終了時の生残率

サイズ	中型種苗 (400 g)	
水温	13°C	
水流	有り	無し
生残率	100%	98%



#### 4 食塩添加の影響及び効果

ニジマスと同じ淡水魚のアユの活魚輸送では輸送時のスレ防止のために食塩を添加することがあります。また、食塩は魚病（エラ病、寄生虫病等）対策にもしばしば用いられます。そこで、輸送時に食塩の添加（1%）を行うことの影響や効果を確認しました。

中型魚を用いて水流造成と同様の収容試験を行ったところ、収容時に食塩添加による生残率低下の影響は見られませんでした（表3）。一方、溶存酸素量の変化には顕著な差が見られ、食塩添加区の溶存酸素量は収容直後の減少は僅かで、その後急激に増加（20mg/L以上）しました。これは、食塩により水に粘性が与えられることで酸素の気泡が小さくなり、水中により長く留まり、水流造成による効果が増強されたためと考えられます（図9）。なお、試験魚は継続飼育も行いましたが、悪影響は見られませんでした。

表3 食塩添加試験終了時の生残率

サイズ	中型種苗（400g）	
水温	10℃	
食塩添加	有り	無し
生残率	100%	100%

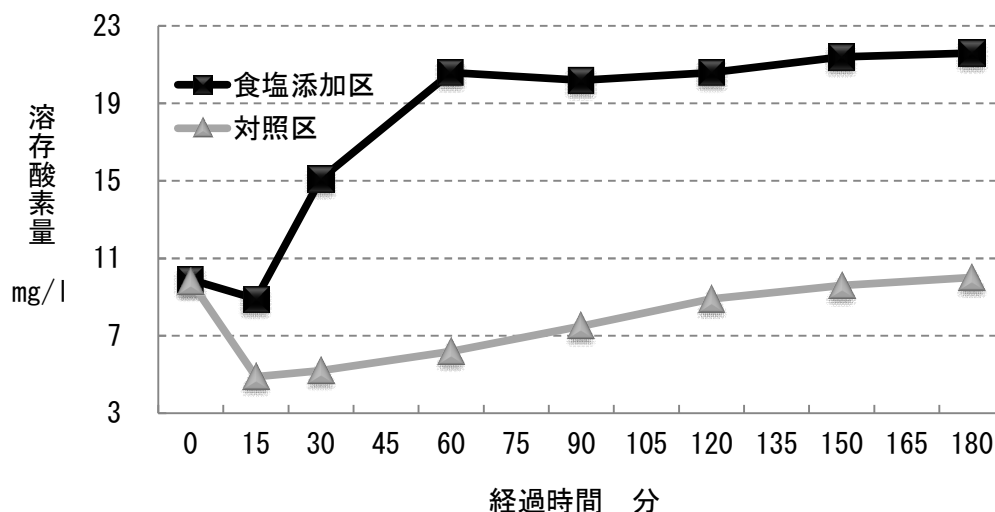


図9 食塩添加試験時の溶存酸素量の推移

#### 5 高密度収容試験

これまでの結果を踏まえ高密度収容に必要な条件を整えて試験を行いました。

水中ポンプによる水流造成と食塩を添加（1%）した容積150Lの水槽に中型魚75kg（容積の50%）を1時間収容し、その後に飼育への影響がないかを調べるために飼育池に戻し3週間の給

餌飼育を行いました。この際、処理時間を1時間としたのは、富士宮市内での種苗輸送を想定したためです。その結果、収容時及び継続飼育時共に生残率は100%でした。また、継続飼育時の飼料効率は収容試験を行わなかった対照区とも差はなく、収容後の飼育には影響がないことが確認できました（図10、表4）。

以上により、これまでの活魚輸送法に僅かに手を加えることで、従来の収容量（容積の20%）の2.5倍量（容積の50%）の輸送が可能となりました（図11）。

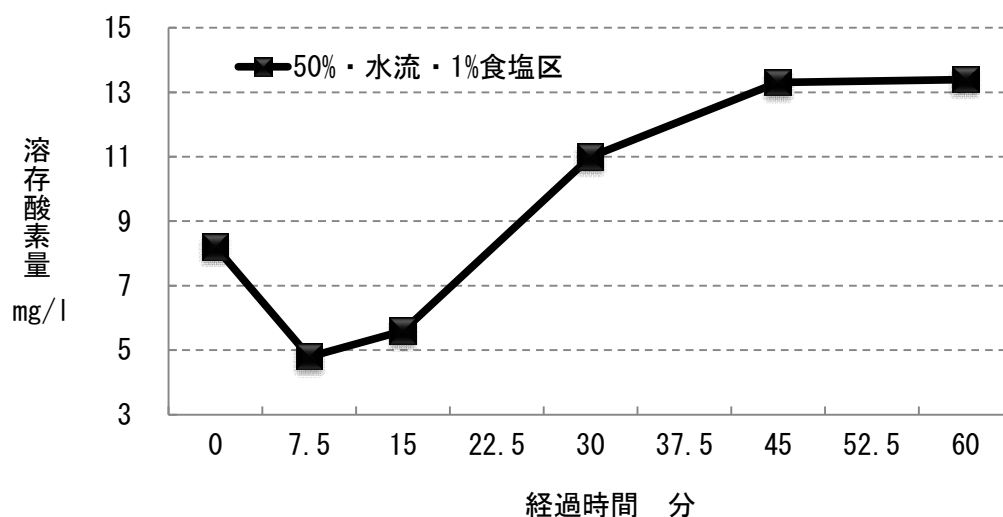


図10 高密度収容試験時の溶存酸素量の推移

表4 高密度収容試験終了後の飼育結果

		高密度収容	対照
平均体重	開始時	394 g	394 g
	終了時	447 g	446 g
生残率		100%	100%
飼料効率		97.1%	95.1%



図11 収容密度の違い（20%（左）、50%（右））

## おわりに

近年、内水面だけでなく海面でのニジマス養殖も盛んになっており、中型魚を内陸から沿岸へ輸送する頻度が増えています。今回検討した高密度輸送技術により、一度に多くの魚を安全かつ健全に輸送することが可能となるだけでなく、輸送回数を減らせることで輸送経費の削減にも寄与することが期待されます。一方、今回取りまとめた手法では収容直後に溶存酸素量の急激な低下が見られますが、収容直後の溶存酸素量の低下を抑えることにより、さらなる収容量の増加や、魚へのストレス軽減もできると考えられます。今後さらに輸送方法を検討するとともに、実証試験を実施していきます。

## 参考文献

- 1) 林孝市郎ら, 1982. 活魚輸送. 恒星社厚生閣, 東京都, 137pp.
- 2) 山崎隆義, 1967. 淡水魚の活魚輸送. 社団法人日本水産資源保護協会, 東京都, 56pp.

## 用語解説

### 1) 全雌三倍体ニジマス

通常2組の染色体を持つところ、受精卵に温度刺激等を加えることで、3組の染色体を持たせたニジマスの雌個体です。三倍体雌は成熟しないため、成熟による身質の変化がなく良質な肉質を周年維持することができることから、生食用の用途に向いています。

### 2) 溶存酸素量

水に溶けている酸素の量のことです。水質状況を知る重要な指標の1つです。気圧、水温、塩分などの影響を受けてその値が変化します。一般に魚介類が生存するためには3mg/L以上が必要です。

### 3) 飼料効率

飼料効率(%) = 飼育期間中の魚の増重量 ÷ 飼育期間中に与えた飼料の総重量 × 100 で表され、飼料100gによって魚の重量が何g増重したかを示します。成長の指標であり、飼料原料の組成等によっても変化し、また、同一の飼料であっても水温や水質などの環境要因、魚のサイズにも影響されます。

水産・海洋技術研究所 富士養鱒場 松山 創

鈴木邦弘(現:水産・海洋局水産振興課)