

活魚箱輸送におけるマダイの最適水温の探索

上田幸男*1

Optimum water temperature for live transportation of the red sea bream, *Pagrus major* in fish stock boxes

Yukio UETA *1

A part of the red sea bream, *Pagrus major* caught off Tokushima Prefecture is sent to Tsukiji fish market in Tokyo by live fish stock box. However, death of fish often occurs depending on the season. Therefore in this study the optimum water temperature for live transport of *Pagrus major* in fish stock boxes was examined. *Pagrus major* of 588 to 1,754g in body mass caught by angling in the Naruto Strait and cultured fishes of 932 to 1,396g were used for these experiments. Five fishes were stocked for 24 hours in a styrofoam fish stock box which contained 30L of seawater of 5.4~15.2°C and survival of fish, DO, COD, ammonia of sea water were examined after 24 hours. Twenty experiments were carried out during April 2014 to January 2015. These results show that the optimum water temperature for *Pagrus major* in live fish stock boxes range 7.6 - 8.5°C and that rapid lowering of water temperatures that are initially above 11.8°C led to the exhaustion and death of fishes by low temperature stress.

キーワード：マダイ、活魚箱、生残率、水温、DO、COD、アンモニア、収容密度、低温ストレス

マダイは北海道以南から南シナ海北部までの北太平洋に生息する暖温帯から冷温帯域に分泌し(島本2006)、温帯性域に適応した魚類である。このため、低温や高温にも比較的強く、養殖や種苗生産などの飼育に適した魚である。

一方、トラックによる活魚流通も盛んで、本県を含む日本各地間はもちろん、韓国にも輸送されている。一般にマダイは養殖、天然魚ともに「アパート」と呼ばれるプラスチックの仕切りを入れたカゴに10尾ほど入れた状態でトラック輸送される。ただし、トラックを仕立てるほど荷が揃わない場合や東京築地等遠隔地に輸送する場合には乾電池製のエアレーションが装着されたスチロール製の活魚箱が用いられる。

しかしながら、活魚箱という小型の輸送容器における輸送条件は明らかにされておらず、時期や個体によって生残率が低下や水質の悪化が課題となっている。そこで、本研究ではマダイの活魚箱輸送の最適条件を明らかにする目的で、24時間室内の常温下でいた活魚箱内における生残率及び水質変化から最適な水温および収容密度等輸送条件を探索した。

材料と方法

平成26年4月17日から平成27年1月8日にかけて計20回(箱)の試験を水産研究所鳴門庁舎の飼育棟内で実施した。鳴門海峡の一本釣りで漁獲された体重588~1,754g(平均1,042g)の天然マダイ、内の海で養殖された体重932~1,396g(平均1,200g)の養殖マダイを供試魚とした。スチロール製活魚箱(Toho製TKG-5, 30×60×H25cm)を活魚輸送の「アパート」同様にプラダン4枚で仕切り(写真1)、4~5尾、計重量4,360~6,744g(平均

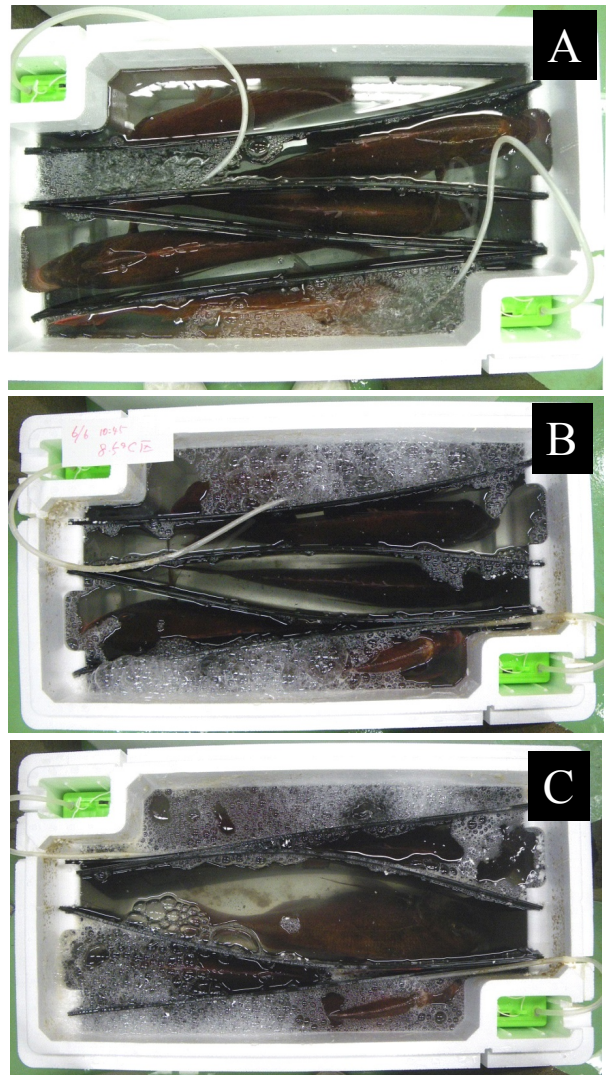


写真1 試験区7における各試験区における生残個体数の推移。A, B, Cは試験開始, 14時間後, 24時間後の状態。

*1 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所鳴門庁舎(Fisheries Research Institute Naruto Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Dounoura, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

表1. 活魚箱を用いたマダイの生残試験における試験開始時の収容尾数、収容重量、試験開始と終了時(24時間後)の水質の変化、および生残率

試験区	漁獲日(入手日)	試験日	供試尾数	由来	重量(g)	飼育水温(°C)〈A〉	試験開始時水温(°C)〈B〉	〈A-B〉(°C)	試験後(°C)〈C〉	〈C-B〉(°C)	平均水温(°C)	生残率(%)	溶存酸素(mL/L)	COD(mg/L)	アンモニア(mg/L)
1	2014年4月17日	2014年4月17日	5	一本釣	4,360	12.6	14.2	-1.6	15.4	1.2	14.7	40	2.83	60	20.0
2	2014年4月23日	2014年4月23日	5	一本釣	-	12.8	14.5	-1.7	15.5	1	15.0	40	2.55	70	20.0
3	2014年4月30日	2014年5月6日	5	一本釣	4,880	14.9	15.2	-0.3	16.9	1.7	16.3	40	1.93	40	20.0
4	2014年4月30日	2014年5月12日	5	一本釣	4,726	15.3	9.7	5.6	12.9	3.2	11.1	80	2.56	12	11.3
5	2014年5月28日	2014年5月29日	5	一本釣	4,418	17.4	7.4	10.0	13.8	6.4	10.9	80	3.22	30	25.0
6	2014年6月4日	2014年6月5日	5	一本釣	5,386	18.0	6.1	11.9	12.3	6.2	9.8	20	5.48	30	5.0
7	2014年6月4日	2014年6月5日	5	一本釣	6,248	18.0	8.5	9.5	14.2	5.7	11.8	100	1.96	30	37.5
8	2014年6月4日	2014年6月9日	5	一本釣	6,744	18.9	8.5	10.4	14.2	5.7	11.8	60	2.55	30	15.0
9	2014年6月11日	2014年6月12日	5	一本釣	5,146	19.4	7.7	11.7	14.3	6.6	11.4	60	2.21	25	10.0
10	2014年6月11日	2014年6月12日	5	一本釣	5,070	19.4	7.6	11.8	14.1	6.5	11.3	100	3.21	30	15.0
11	2014年7月1日	2014年7月1日	5	一本釣	5,120	21.9	9.5	12.4	16.4	6.9	13.5	60	2.5	20	20.0
12	2014年7月2日	2014年7月2日	5	一本釣	5,224	22.3	7.9	14.4	13.9	6	10.9	0	3.79	20	17.5
13	2014年12月15日	2014年12月15日	4	養殖	4,832	13.8	8.4	5.4	9.3	0.9	8.9	100	4.45	21	3.0
14	2014年12月15日	2014年12月15日	5	養殖	5,464	13.8	8.2	5.6	9.4	1.2	9.0	100	4.98	14	4.0
15	2014年12月19日	2014年12月19日	5	養殖	5,892	12.6	7.7	4.9	9.2	1.5	8.4	100	4.98	30	10.0
16	2014年12月19日	2014年12月19日	5	養殖	5,962	12.6	10.2	2.4	10.5	0.3	10.3	100	4.78	25	10.0
17	2014年12月27日	2014年12月27日	5	養殖	5,784	12.0	5.4	6.6	7.4	2	6.6	0	5.93	40	3.5
18	2014年12月27日	2014年12月27日	5	養殖	6,452	12.0	11.7	0.3	11.4	-0.3	11.4	100	3.68	20	3.5
19	2015年1月8日	2015年1月8日	5	養殖	6,360	10.9	7.2	3.7	8.2	1	7.7	100	4.66	40	5.0
20	2015年1月8日	2015年1月8日	4	養殖	4,870	10.9	10.1	0.8	9.5	-0.6	9.7	100	5.99	40	7.5

5,397g)のマダイを収容し、水量が30Lになるように海水を満たした。プラダンの上部にはマダイが飛び出さないように、発砲スチロール板の中蓋を設置した。

常温下に24時間放置し、その後の生残を確認するとともに、試験開始時及び終了時(24時間後)の水温、DO、COD、アンモニア濃度を計測した。DOはウインクラー法により、COD(共立理化学研究所製WAK-COD、常温アルカリ性過マンガン酸カリウム酸化法)、アンモニアについてはバックテスト(共立理化学研究所製WAK-NH₄、インドフェノール青比色法)により計測した。

結果

試験開始時の収容尾数、収容重量、試験開始と24時間後の水質の変化、および生残率を表1に示した。

4~7月の天然マダイ

この時期の天然マダイは梱包時に暴れることが多かった。4~6月の天然マダイで試験開始時の水温が8.5°C(試験区7、写真1)と7.6°C(試験区10)で生残率が100%、7.4°C区(試験区4)と9.7°C区(試験区5)で80%であったのに対し、14.2~15.2°C(試験区1~3)では40%、6.1°C(試験区6)で20%であった。7月には試験開始時の水温が9.5°C(試験区11)、7.9°C(試験区12)とともに生残率は20%であった。

80~100%生残区のDOは1.96~3.22mL/L、CODは12~30mg/L、アンモニアは11.3~37.5mg/Lであった。また、生残率が40%と低かった4月17日から5月6日の試験区1~3ではイカナゴの撒き餌釣りで漁獲されたものであり、供試魚が大量のイカナゴを水中に吐き出したために海水が汚れ、40~70mg/Lの著しい高いCODを示した。特に24時間後の汚れは著しかった(写真1-C)。

12~1月の養殖マダイ

この時期の養殖マダイは飼育水の低水温もしくは養殖

魚そのものの性質のためか梱包時に暴れることは少なかった。12~1月の養殖マダイでは温度を5.4°Cまで下げた試験区17を除いて、7.2~10.2°C(試験区13~16、18~20)で生残率が100%であった。100%生残区のDOは3.68~5.99mL/L、CODは14~40mg/L、アンモニアは3.0~10mg/Lであった。

考察

4~7月の天然マダイ

これらの結果から4~6月の天然マダイでは試験開始時の水温が7.6~8.5°C付近に最適輸送温度があるものと考えられる。マダイの生息水温は8°C以上(松原、落合1977、佐野1996)、漁獲水温は7.98°C以上(柿元、植野1978)にあることが報告されており、今回の6月の生残率が100%の試験区の試験開始水温(7.6、8.5°C)と概ね一致する。つまり、生息限界水温に近い状態で梱包することでマダイの代謝を下げ、沈静化を図り、水質の悪化を防ぐことが可能になると考えられる。

魚介類に生理的变化を引き起こすDOの臨界濃度は3.0mL/L、底生生物に生存可能な最低濃度は2.0mL/L、魚介類の致死濃度は1.5mL/Lにあることが水産用水基準(2005)に示されている。このことから、6月の試験区10の24時間後の生残率は100%で、DOは3.21mL/L、アンモニアが15mg/Lであったことは良好な状態で輸送できると言えるが、6月の試験区7では生24時間後の残率が100%ながらもDOは1.96mL/Lで、アンモニアが最も高い37.5mg/Lであったことは水質は良好な状態とは言えない。また、6月の試験区6~10における予備飼育から飼育試験開始時の水温差が9.5~11.8°Cのわずかに2.3°C違いで、DOが1.96~5.48mL/L、アンモニアが10~37.5mg/L、生残率が20~100%と大きく変動することから、この10°C差付近を中心とした微妙な温度差が水質やマダイの生残に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

7月以降には飼育水温21.9、22.3°Cから7.9、9.6°Cに下げたことにより12.4、16.4°Cの急激な水温差が生じたため

に、適水温へのマダイの水温馴致が困難で、生残率が0、60%に低下したと考えられる。従って、低水温に馴致させるための予備飼育を実施した上で、10℃以下の輸送最適水温に低下させる必要があると考えられる。

12～1月の養殖マダイ

冬期の養殖マダイにおいては7.2～10.2℃の試験開始水温で、試験終了時の水温上昇もが-0.3～1.5℃で、DOも3.0mL/L以上を有することから、養殖マダイであることを考慮しつつも死亡することなく、この温度帯で安定的に輸送が可能と考えられる。

マダイの酸素消費量は28.4～28.5℃で208mL/kg・hrであるが、9.5℃では45mL/kg・hrで21.8%に低下することが報告されており(池田1996)、本研究の飼育水温を10℃以下に下げた試験区では代謝量が著しく低下しているものと考えられる。特に予備飼育の水温が13.8℃以下の12～1月の試験区では試験終了時のDOが3.68～5.99mg/Lと高く、アンモニアの濃度も10mg/L以下で4～7月の試験区に比べて低いこともマダイの代謝量の低下が影響していることによると考えられる。

池田(1996)は冷水魚、温水魚、広温魚ともに急激な温度低下は強いストレスとなり、寒冷麻酔により死を来すことになるので、水温低下は現在の馴致水温、目的とする水温、温度低下速度を考慮してゆっくり行うべきであると述べている。今回の4～7月の試験も飼育水温から急激に水温を下げ、供試魚に著しいストレスを与えたこととなる。取り分け、11.8℃以上の急激な水温低下を施した場合は著しく生残率が低かったことから、供試魚に死に至る強い低温ストレスを与えたことになる。一方で、低水温ほどDO、COD、アンモニア濃度からみた水質は良好なことから、最適な梱包輸送水温は7.6～10℃にある。つまり、飼育水温から急激に11.8℃以上下げることなく7.6～10℃に下げることが重要である。

水温の季節変化を考慮すると、水温が20℃以上ある

夏秋期には飼育水温からいきなり8℃以下に下げるとは低温ストレスにより死亡する確率が高いことから、飼育水温から10℃以内の水温で一次馴致を実施した後に、7.6～10℃に下げた方が良いと考えられる。一次馴致の具体的な温度や時間については今後の検討課題である。一方、水温が17,18℃以下の冬春期には飼育水温から7.6～10℃のいきなりの低温輸送が可能と思われる。

謝 辞

本研究に供した天然マダイの入手には鳴門町漁協に、養殖マダイの入手には室撫佐漁協にお世話になった。また、水産研究課鳴門庁舎の平野 匠主任にDOの計測を実施していただいた。記して謝意を表す。本研究は平成27年度「とくしまの活魚」小ロット輸送実証事業により実施した。

文 献

- 池田彌生(1996)第2節 活魚の生理学. 本間昭郎ほか編集, 活魚大全, フジ・テクノシステム, 東京, pp16-25.
- 柿元 皓, 植野敏之(1978)小型機船底曳網資源に関する研究Ⅲ. 新潟水試研報, 7, 7-31.
- 松原喜代松, 落合 明(1977)魚類学(下), 第35章タイ類. 恒星社厚生各, 東京, pp702-720.
- 永岡哲雄, 前川兼佑(1963)有用鹹水魚の冬季における摂餌ならびに致死限界水温に関する研究. 山口内海水試業績, 13, 93-99.
- 佐野和生(1996)第6節 活魚の品質と取り扱い. 本間昭郎ほか編集, 活魚大全, フジ・テクノシステム, 東京, pp149-158.
- 島本信夫(2006)瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源管理. 社団法人日本水産資源保護協会, 水産研究叢書, 52, 東京, pp1-85.
- 日本水産資源保護協会(2006)水産用水基準(2005版), pp16-19.

