The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	種々の環境下におけるメダカに及ぼすX線の影響について 4. 酸素の効果
Author(s)	菱田, 豊彦
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(1), p. 105-108
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15220
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

種々の環境下におけるメダカに及ぼすX線の影響について
4. 酸素の効果

京都府立医科大学放射線医学教室（主任　金田弘教授）
京都府立医科大学生物学教室（主任　仲尾善雄教授）
菱田　豊彦

（昭和34年1月16日受付）

1. 緒　言

放射線感受性が照射時の酸素の有無によつて大きく影響されることは一般に広く認められ，いわゆる“酸素効果 oxygen effect”として放射線生物学作用の基礎的現象の一つとみなされている．

Holthusen が1921年に酸素圧の低い場合に生物の放射線感受性が低下することを最初に見出して[1]以来，数多くの実験が観察され，最近は酸素療法として癌の治療にも応用されるに至つた[2]．

酸素効果の著明な事実は動物の致死，染色体の切断，腫瘍細胞や細菌の死滅，さらにショウジョウバイの突然変異誘発などの現象において普遍的に認められている．

言うまでもなく水棲動物は水中の酸素を呼吸して生活しているが，水中の溶存酸素は空気中のそれと比較するとひじように少く，15℃の水1 l 中に約7cc含まれるにすぎない．従つて水棲動物は陸棲動物と本質的に異なつた生理的状態にあり，とくに酸素の問題は陸棲動物と違つた面で重大な役割を演じている．

それにもかかわらず魚類に関するこの種の実験は極めて少い．そこで著者は魚類における放射線と酸素の関係を検討した．

2. 実験方法

淡水産成体メダカ *Oryzias latips* を一定期間実験室飼育に充分馴らした後，その中から体長 2.5～3.5cmのものを選び実験に使用し，雄雌各10匹宛計20匹を一群とした．

深さ 3.5cmのガラス製シヤーレ中の水深1cmの位置に，二枚のナイロン製ガーゼを設け，そのガーゼの間にメダカをはさみ，その水中に側下方から2本の細管を通し，気泡として酸素を送り込むように装置した．

実験は次の三群について行つた．

1）照射前5分より酸素を充分通気して，飽和状態にせしめた後X線照射を行つた．なお酸素の通気は照射中行ない，照射終了と同時に通気を中止した．

2）煮沸せしめることによつて排気させた水を一定時間室内に静置し，常温にまで冷却せしめた水中にて照射した．

3）レヤーレ中の水を一定時間放置し，水中の酸素含量が空気と平衡状態にあると推定される水中で照射した．

以上三群について照射後30日間の生存曲線を観察した．

X線照射条件は 250KVp, 25mA, 1.0mm Al 濾過板，距離20cm　922r/分 であつて 5,000 r, 10,000 r, 20,000 r の照射を行つた．

水中の溶存酸素量は Winkler 氏の方法によつた．それによると上記三群の実験におけるシヤーレの中の水の酸素含有量は

1）28.7cc/ l

2）4.1cc/ l

3）7.0cc/ l

である．

Winkler 氏の酸素定量法を略記すると次の如くである．

先ず被検液一定量を採り，40% $MnCl_2$ を入れ攪拌後，50% NaOH＋15%KI を注入し，攪

拌した後一定時間静置する．この際おこる反応は

$MnCl_2 + 2\,NaOH = Mn(OH)_2 + 2NaCl$

$2Mn(OH)_2 + H_2O + {}^1/_2O_2 = 2Mn(OH)_3$

そこで濃塩酸を加えると沃度が遊離する．

$2Mn(OH)_3 + 6HCl = 2MnCl_2 + 6H_2O + Cl_2$

$Cl_2 + 2KI = 2KCl + I_2$

これを滴定瓶にて $Na_2S_2O_3$ で滴定する．

$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$

このとき澱粉液を指示薬として青色が消失する点を求める．

1ccの N/500 $Na_2S_2O_3$ は0.011195ccの酸素に相当するので，1 l 中の酸素の量は次式により換算出来る．

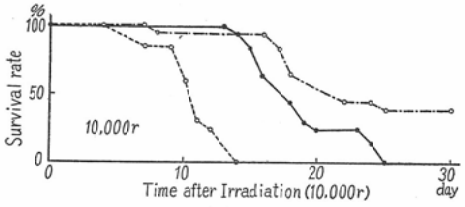
$$O_2 = \frac{0.011195 \times N \times 100}{V}$$

（Nは滴定に要した N/500 $Na_2S_2O_3$ のcc，Vは試験液の量cc）

3．実験結果

第1図は 10,000 r 照射後30日の生存曲線である．

Fig. 1. Comparison of the survivals of the fish, *Oryzias latipes*, irradiated in the water included different oxygen concentration.
……：Oxygen content 82.9%
——：Oxygen content 20.2%
—·—·：Oxygen content 11.8%



1）酸素が与えられた場合の生存期間は14日である．

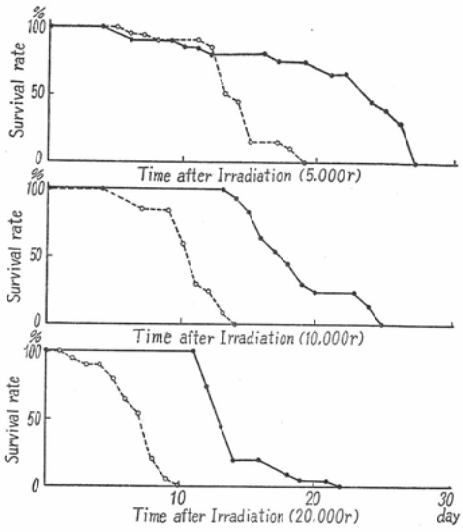
2）煮沸排気せしめた水中のものは照射後30日に40%の生存率を示す．

3）空気と平衡状態にある水中の場合は生存期間は25日である．

すなわち水中酸素溶存量に比例して生存日数の短縮が見られる．

第2図は酸素を充分通気した第一実験群（溶存酸素 28.7cc/l）において，照射線量を 50,000 r，10,000 r，20,000 rとし，その生存日数を比較検討した結果を示したものである．

Fig. 2. Survivals of the fish babbled oxygen in the water during irradiation.
……：Oxygen Content: 82.9%
——：Oxygen Content: 20.2%



5,000, r照射の場合：酸素群の生存日数は19日，対照のそれは27日である．

10,000 r 照射の場合：酸素群は14日，対照群は25日である．

20,000 r の場合：酸素群は10日，対照群は22日の生存日数を示している．

ここにおいても第1図と同様酸素群は対照群に比して生存期間の短縮が認められる．

また酸素群においても，酸素通気を行わざる対照群においても，照射線量の増加にともなつて，生存日数の短縮がみられる．

4．考　察

以上の生存曲線からメダカにおよぼす酸素の影響をみると，照射（5,000 ～ 20,000 r）中の水中酸素の存在は，生存期間の短縮をもたらす傾向が見られ，しかもそれは酸素濃度が高いほど著明であることがわかる．

言うまでもなく水棲動物は，一般にその水中に溶解した酸素を呼吸して生命を推持している．けれども水中の溶存酸素量は極めて少く，常温で空

気と平衡状態にある淡水は1 l 当り約7 cc含まれるにすぎない，空気は1 l 当り 210ccの酸素を含むのに比べると非常に大きな相違であり，しかも酸素が水に拡散する速さは空中に拡散する速さよりも数千倍も劣つている．これらの点が呼吸生理学上水棲動物と陸棲動物とが本質的に異なる所であろう．

魚類では外界からのガス交換は，哺乳動物の肺に相当する鰓で行われるが，酸素が血液中のヘモグロビンによつて全組織に運ばれることは哺乳類と変りない．従つて水中の酸素含有量が増せば血液中の酸素分圧も増大し，一般組織の酸素含有量も大きくなる．

常温で空気と平衡状態にある水は 7.0cc/l の酸素を含み，酸素溶解飽和量を15℃で34.6cc/l とすると20.2%に相当する，酸素を通気した場合は28.7cc/l で 82.9%であり，煮沸により水中の気体をおい出した水は 4.1cc/l であつて 11.8%の酸素を含んでいることになる．

これらの場合のX線照射による致死効果は，第1図に示すように溶存酸素の少いもの程軽度であつた．すなわち酸素効果が魚類においても成り立つように思われる．

一般に照射中酸素が存在すると活性化された radical が生じ ($H_2O+O_2 \rightarrow OH^{\cdot}+HO_2^{\cdot}$)，それによつて感受性が増大すると考えられている．けれども腫瘍細胞あるいはビールス，その他における多くの実験では，環境の酸素含有量の少い場合，すなわち 0—20%の範囲では感受性に著明な変化が認められるが，それ以上すなわち20～100%の範囲ではその差が少いことが知られている[4]．本実験でも水中酸素含有量に比例して放射線感受性の増大がみられるが，これからただちに感受性の比較すなわち dose-reduction-factor を導き得ないので，他の実験と比較検討することは困難であろう．しかしともかく魚類のメダカにおいては，照射中の酸素の多寡により血液酸素分圧および組織の酸素含有量に変化を来たし，それによりX線感受性に変化を生ずることは認めなければならない．その定量的な考察は今後続けたい．

5. 要　約

淡水魚メダカ *Orysias latipes* 20匹（雄10，雌10）を一群として，次の如き種々の酸素含有量の水中で照射（5,000 ～ 20,000 r）し，その生存曲線を検討した．

1） 照射中酸素が通気された水(28.7cc/l, 酸素82.9%)

2） 煮沸により酸素含有量を減少せしめた水（4.1cc/l, 酸素11.8%).

3） 一定時間放置せしめ空気と平衡状態にある水（7.0cc/l, 酸素20.2%).

酸素含有量が大なるほど生存期間の短縮が認められる．

また照射線量の増加にともなつて生存期間の短縮が認められる．

この結果は淡水魚のメダカにおいても，照射中の酸素の存在は放射線感受性の増大，すなわち，酸素効果が適用されることを意味している．

本実験に対し御指導，御校閲下さいました金田弘教授並びに仲尾善雄生物学教授に深謝の意を表します．

文　献

1) Holthusen, H., Pfluger's Arch., 1921, 187, 1. — 2) Churchill-Davidson, I., Sanger, C., & Thomlinson, R.H., Brit. J. Radiol., 1957, 30, 365, 406—422. — 3) 山本時男：動物生理の実験, 1949, 河出書房，東京. — 4) Bacq, Z.B. & Alexander, P.: Fundamentals of Radiobiology, Butterworths, London.

Effect of X-ray Irradiation on *Oryzias latipes* under Different Conditions
4. Effect of oxygen

By

Toyohiko Hishida
Department of Radiology, Kyoto Prefectural Medical Collage
(Director: Prof. H. Kaneda)
Department of Biology, Kyoto Prefectural Medical Collage
(Director: Prof. Y. Nakao)

The materials used were the fresh water fish, *Oryzias latipes*, and each group consisted of twenty fish.

The effect of oxygen upon survival was tested.

The fish were irradiated with doses of 5,000～20,000r under the following three conditions.

1) Oxygen was bubbled through the water 5 minutes before and during irradiation (oxygen content 28.7 cc/*l* water ; 82.9%),

2) Oxygen was removed by previous boiling (oxygen content 4.1 cc/*l* water ; 11.8%),

3) Oxygen content was in equilibrium by standing for a definite period (oxygen content 7.0 cc/*l* water ; 20.2%).

The greater the quantity of oxygen dissolved in water, the shorter was the survival time. That is, a decrease of oxygen content in the surrounding water brings about an increase in radio-sensitivity.

From the results of these experiments, therefore, it may be concluded that the ' oxygen effect ' is also applicable for fresh water fish.