

濁りが溪流魚の血中酸素濃度に及ぼす影響

国土交通省 ○木下篤彦
 京都大学大学院農学研究科 田川正朋
 京都大学防災研究所 藤田正治
 京都大学大学院農学研究科 水山高久

1. はじめに

今後砂防ダムでも流砂系土砂管理のための排砂が増加すると考えられる。これまで著者らは排砂によって生じる濁りによるイワナへの生理的影響に焦点を当て、溶存酸素濃度の低下、浮遊物質濃度の上昇によるイワナへの影響を評価するモデルを構築した¹⁾。著者らは浮遊物質濃度がある程度以上になるとエラ表面での土砂付着面積が増加し、そこでの酸素吸収量が減少し、血中酸素濃度が低下し、窒息死すると考えてモデルを構築したが、これらについては実験によって確認し、モデルの妥当性を検証する必要がある。本研究ではまず、空気中でイワナを窒息させた場合の血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化を調査した。次に、図-1に示す著者らの十分な溶存酸素濃度の下での浮遊物質濃度とイワナの生存率の時間変化の関係を調べた水槽実験の結果¹⁾を基に設定浮遊物質濃度を決定し、浮遊物質濃度と血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化の関係を調査した。そして、両者の結果を比較し、浮遊物質濃度が大きい場合のイワナの死因が窒息死であることを確認した。

2. 血液の分析方法および実験条件

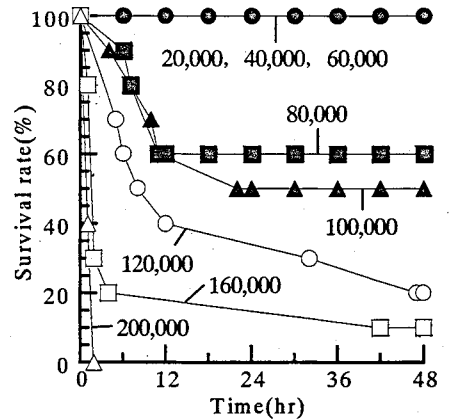
血液分析は株式会社桑品工業のi-STATを用いており、血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHを同時に測定できるが、本来は人間を対象としているため、血液を37℃にして測定されており、変温動物であるイワナにとっては相対的な値である。また、血液は採取が容易な尾柄部の切断によって行った。尾柄部を切断すると尾動脈と尾静脈を共に切断することになり、得られる血液は動脈血と静脈血が混じった血液である。また、実験に用いたイワナは輸送ストレスを取り除くため1週間常時井戸水が流入している水槽で飼育してから実験に用いている。また、実験24時間前から給餌していない。なお、実験に用いたイワナは15.6~22.9cmの未成魚である。

3. 窒息時のイワナの血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化

空気中でイワナを窒息させた場合の血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化を調べた。ただし時間はイワナを水槽から出して0、30、60、120、240、480秒後とし、各時間6匹ずつ計測している。なお、イワナを揚げる前の飼育水槽の溶存酸素濃度は6.12~8.48mg/L、水温は16.4~17.2℃、pHは6.49~7.42であった。図-2(a)~(c)に酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化を示す。窒息時の酸素分圧は低下し、二酸化炭素分圧は増加し、pHは低下することが明らかとなった。また、実験では約300秒後にイワナの動きが止まったので480秒後の酸素分圧がほぼイワナが窒息死する時の値だと考えられる。

4. 浮遊物質濃度と血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化の関係

次に、浮遊物質濃度と血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化の関係を調べる実験を行った。図-1から設定浮遊物質濃度はイワナが全く死亡しなかった40,000mg/L、48時間で40%のイワナが死亡した80,000mg/L、48時間で90%のイワナが死亡した160,000mg/Lとした。実験に用いた濁り物質は図-1の水槽実験と同じパールクレでその平均粒径は0.009mmである。また、水槽に入れて240、3600秒後の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHを各時間6匹ずつ測定した。なお、240秒後に計測したのは図-2において240秒後に血中酸素分圧が十分低下しており、この値と実験結果を比較するためである。図-3(a)~(c)、図-4(a)~(c)、図-5(a)~(c)にそれぞれ浮遊物質濃度が40,000mg/L、80,000mg/L、160,000mg/Lの時の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化を示す。なお、水槽の溶存酸素濃度は5.82



Dissolved oxygen concentration was 4.60~11.9 2mg/L.

When the suspended solids concentration was 20,000~100,000mg/L, the water temperature was 4.1~9.1℃; in the other cases, it was 14.2~21.1℃.

The units in this figure are mg/L.

The turbid material is Pearl Clay which average diameter was 0.009mm.

図-1 浮遊物質濃度とイワナの生存率の時間変化の関係¹⁾

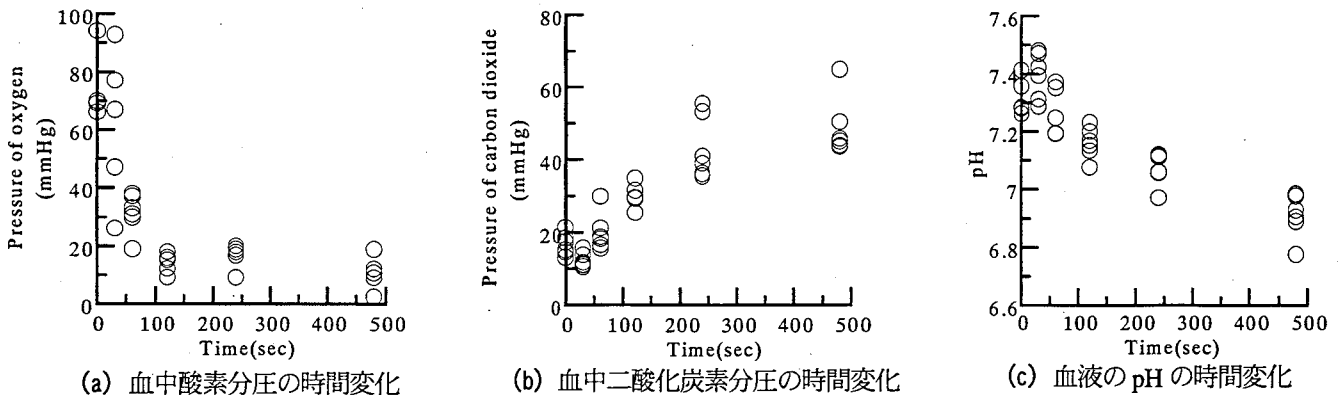


図-2 イワナを空気中で窒息させた時の血液の酸素分圧、二酸化炭素分圧、pHの時間変化

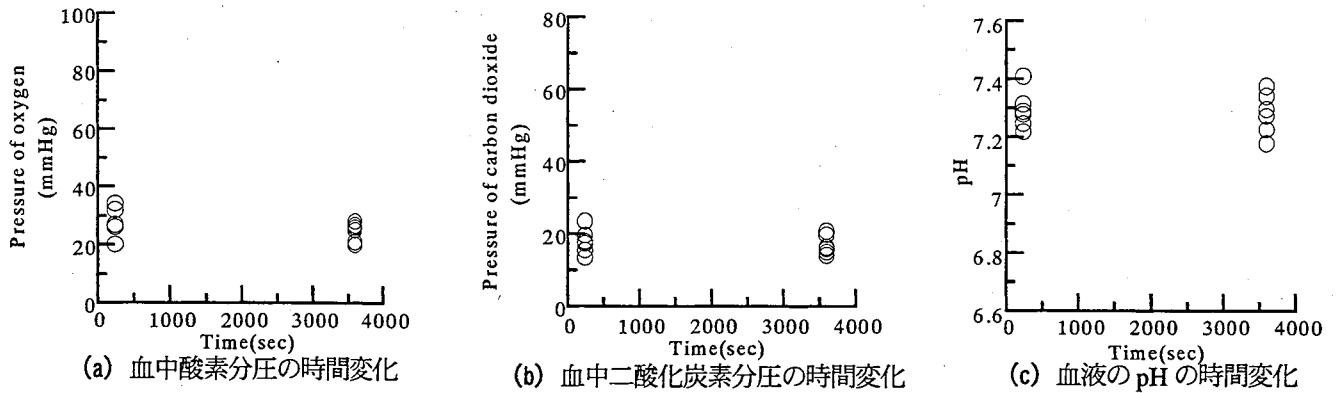


図-3 浮遊物質濃度が 40,000mg/L の時のイワナの血中酸素分圧, 血中二酸化炭素分圧, 血液の pH の時間変化

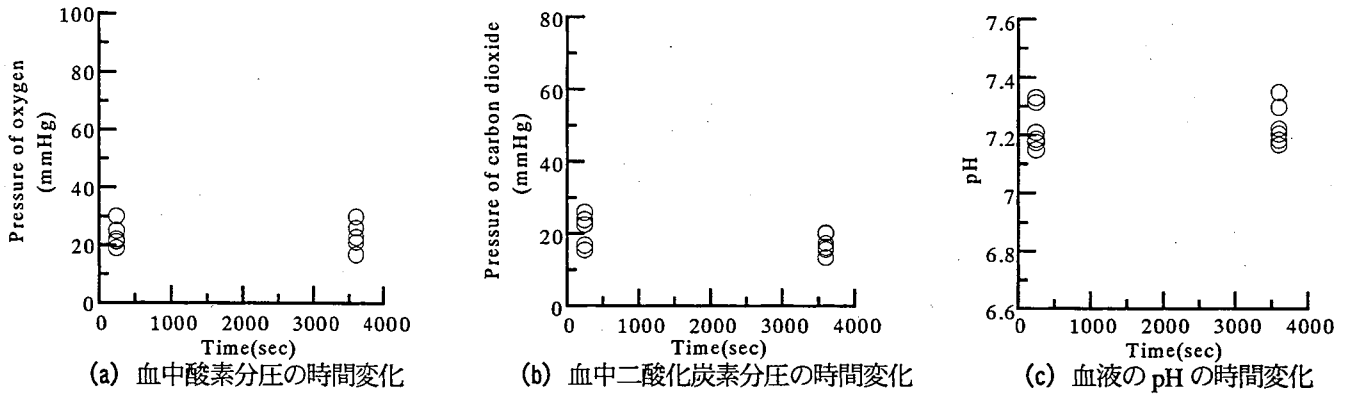


図-4 浮遊物質濃度が 80,000mg/L の時のイワナの血中酸素分圧, 血中二酸化炭素分圧, 血液の pH の時間変化

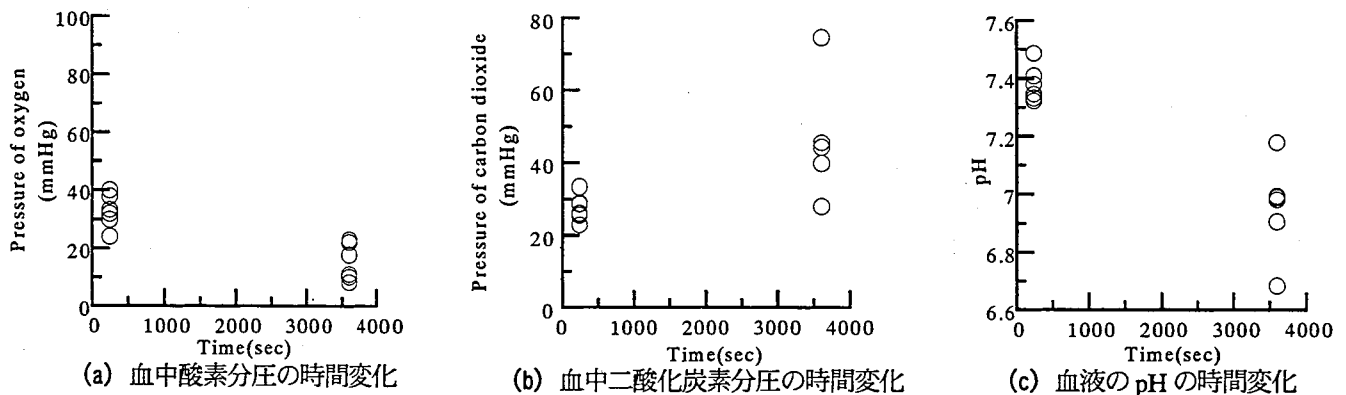


図-5 浮遊物質濃度が 160,000mg/L の時のイワナの血中酸素分圧, 血中二酸化炭素分圧, 血液の pH の時間変化

～9.19mg/L, 水温は 14.6～16.9℃, pH は 6.28～7.51 であった。240 秒後と 3600 秒後を比較すると 40,000, 80,000mg/L の時は酸素分圧, 二酸化炭素分圧, pH は特に変化しなかった。また, 酸素分圧はいずれも図-2(a)の致死値に達していない。このことから, 40,000, 80,000mg/L の場合は 1 時間では大きな影響は無かったと言える。このことは図-1 の水槽実験で 40,000, 80,000mg/L の場合は影響が小さかったことと一致する。160,000mg/L の時は 240 秒後と 3600 秒後の間で酸素分圧が低下し, 二酸化炭素分圧が上昇し, pH が低下している。これは図-2(a)～(c)の窒息時の酸素分圧, 二酸化炭素分圧, pH の変化と同じであり窒息していると考えられる。また, 酸素分圧は図-2(a)の致死値近くまで低下している。以上のことから, 図-1 の水槽実験で死亡したイワナは窒息死したと考えられる。

また, 酸素分圧が低下した 160,000mg/L の場合についてエラの写真撮影を行った。その結果, 時間と共にエラ表面がパールクレで覆われその被覆面積が増加すること, 透けて見える血液の色が赤黒くなることが分かった。血液が赤黒いということは多くのヘモグロビンが酸素と結合していない状態を示しており, このことから血液中の酸素濃度が低下していたことは明らかである。

5. おわりに

浮遊物質濃度がある程度以上増加すると, 時間とともにエラでの土砂付着面積が増加し, エラでの酸素吸収量が減り, 血液中の酸素濃度が減少し, 窒息死したことが分かった。このことから著者ら¹⁾のモデルの妥当性は確認された。

参考文献 1) 木下篤彦・藤田正治・水山高久・澤田豊明: 排砂に伴う濁水によるイワナへの影響評価法, 水工学論文集, 第 47 巻, p.1129-1134, 2003

謝辞 本研究では長崎大学海洋資源教育研究センターの石松惇教授, 魚津水族館の稲村修学芸員(現魚津市教育委員会)に貴重な助言を頂きました。ここに記して感謝致します。