

실뱀장어(*Anguilla japonica*)의 내인성, 외인성 산소소비 리듬에 대한 수온 및 염분 영향

윤성진 · 김완수 · 이태원*
한국해양연구원 · *충남대학교

서론

본 연구는 실뱀장어(*Anguilla japonica*)의 내인성, 외인성 산소소비 리듬에 대한 수온 및 염분 영향을 관찰하기 위하여 각각의 실험 체계에 따라 실험생물의 산소소비율을 측정하였다.

재료 및 방법

실뱀장어의 산소소비율은 조석이나 먹이공급 없이 자동호흡측정기(AIFR)를 사용하여 측정하였다. 실험기간 중 측정된 실뱀장어의 산소소비 자료는 내인성 산소소비 리듬, 수온 및 염분변화에 따른 호흡 생리 반응 분석에 사용하였다.

결과 및 요약

실뱀장어의 산소소비율 정점들은 현장의 고조시기와 일치하지 않았으나 산소소비 패턴은 채집지역의 조석패턴과 유사하게 나타났는데, 이는 실뱀장어가 고조나 저조의 조고(tidal height) 차이나 조류의 변화 패턴을 인식할 수 있는 능력이 뛰어나다는 것을 의미한다. 이러한 생리 특성으로 인해 실뱀장어는 조류의 흐름을 선택적으로 이용함으로써 소상에 소요되는 에너지 소비를 최소화시킬 것으로 판단된다. 또한 실험기간 중 빛, 수온, 먹이, 염분 및 조석 등과 같은 대사활동에 영향을 줄 수 있는 외부 요인을 완전히 배제시키고 일정수온과 어두운 상태를 유지시키며 실험하였음에도 불구하고 실뱀장어의 산소소비 패턴은 뚜렷한 내인성 조석주기 리듬(12.1~12.7시간)이 나타났다. 이와 같은 실뱀장어의 호흡 리듬은 채집지역의 조석주기(12.4시간)에 의해 동기화 된 내인성 생물시계(endogenous biological clock)에 의해 나타나는 것으로 판단된다.

수온상승에 따른 실뱀장어의 산소소비 반응은 색소발달단계에 따라 다르게 관찰되었다. 초기 색소발달단계(VA~VIA1 단계) 생물의 산소소비율은 13℃ 이하 수온에서 뚜렷한 변화 없이 낮은 값을 유지하였으며, 13~21℃ 수온구간에서는 계속 증가하였고, 21℃ 보다 높은 수온에는 다시 감소하였다. 그러나 후기 색소발달단계 실뱀장어(VIA1~VIA3 단계)의 산소소비율은 수온을 상승시킴에 따라 계속 증가하였다. 이러한 결과들은 뱀장어의 최적수온이 성장단계에 따라 다르다는 것을 의미한다. 또한 저 수온 환경(< 13℃)에서 관찰된 호흡 패턴은 맺잎 뱀장어 단계에서 변태한 후 하구로 가입하는 동안 사용되는 에너지 소비를 최소화시키기 위한 전략으로 판단된다.

임의로 선정한 주기(14시간)로 2, 1, 0.7, 0.5, 0.4℃씩 수온을 상승 또는 하강시키면서 관찰한 실뱀장어의 산소소비 패턴은 수온변화 주기와 유사한 호흡 리듬(14.0~14.6 시간)이 분석되었다. 이러한 결과는 실뱀장어의 산소소비 과정이 내인성 조석주기리듬뿐만 아니라 임의적인 수온변화와 같은 외인성 리듬에 의해서도 조절된다는 것을 의미한다. 특히, 0.4℃의 미세한 수온변화에도 호흡 반응이 관찰된다는 것은 실뱀장어가 미세한 환경변화를 감지할 수 있는 능력이 있다는 것을 의미하며, 이러한 능력은 담수로 소상한 후 성장을 위해 알맞은 서식지를 선정하는 과정에서 중요한 역할을 담당할 것이다.

일정수온에서 15, 10, 5 psu의 저 염분에 노출된 실뱀장어의 산소소비 패턴은 노출 전과 후 뚜렷한 변화가 없었다. 그러나 담수에 노출된 후, 산소소비 리듬은 본래의 호흡 패턴으로 회복되기 전까지 27~55시간 동안 교란되었으며, 호흡량은 노출 전에 비해 11.1~29.2% 증가하였다. 이러한 결과는 급격한 염분 스트레스에 적응하기 위한 에너지 소비과정으로 해석할 수 있다. 또한, 본 연구에서 산출된 27~55시간의 회복시간은 만일 다른 제한적 환경요인이 작용하지 않을 경우, 갑작스런 담수 노출에 대한 실뱀장어의 행동 및 생리적응을 위한 충분한 시간일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 25시간 주기로 2℃씩 수온을 변화시킨 상태에서 15, 5 psu 및 담수에 노출되기 전·후 실뱀장어의 산소소비 반응을 관찰하였다. 실뱀장어의 산소소비율 값은 담수에 노출된 후에도 뚜렷하게 차이가 나타나지 않았으며, 호흡 패턴은 수온변동 주기와 유사한 산소소비 리듬(24.9~25.8시간)이 분석되었다. 이러한 결과는 비록 급격한 염분변화가 발생할지라도 실뱀장어는 생리조절 과정을 염분보다는 주기적인 수온변동에 맞추어 진행시킨다는 것을 의미한다. 또한 본 연구 자료는 실뱀장어가 하구에서 장기간 염분적응과정을 거치지 않고 단기간에 담수로 소상하는 과정 중에 겪게 되는 생리 적응 기작을 제시하는 중요한 결과로 판단된다.