



수질 가이드

용존산소는 하루 중 가장 낮은 값이 아무도 연못 옆에 서 있지 않는 시각에 나타납니다. 8월의 새벽 네 시, 그리고 장마가 절반쯤 지난 흐린 밤이 바로 그 시각입니다. 이 글은 그 시간대의 물속에서 실제로 무슨 일이 벌어지는지, 그리고 한낮에 한 번 찍어 본 수치가 왜 그 밤에 대해 아무것도 말해 주지 못하는지를 정리한 것입니다.

요점

- 수온이 오르면 물이 붙잡을 수 있는 산소의 절대량 자체가 줄어듭니다. 같은 시간에 물고기의 소비량은 늘어납니다. 양쪽이 반대로 움직인다는 점이 여름 연못의 핵심입니다.
- 하루의 최저점은 해 뜨기 직전입니다. 밤에는 수초도 조류도 산소를 만들지 않고 소비하는 쪽으로 돌아섭니다.
- 열대야가 이어지는 8월과 빛이 없는 장마철, 이 두 구간에서 새벽 산소 최저점이 가장 깊어 집니다.
- 수면에서 입을 뻐끔거리는 모습이 보인다면 이미 여유가 없는 상태입니다. 조기 신호가 아닙니다.
- 대책은 단순합니다. 폭기를 밤새 돌리는 것, 그리고 태풍철 정전에 대비해 폭기만이라도 별도 전원으로 이중화해 두는 것입니다.

수온이 천장을 정하고, 물고기가 그 아래를 갇아먹습니다

용존산소는 mg/L로 읽습니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다. 함께 보는 산소포화도(%)는 그 수온에서 물이 더는 산소를 받아들이지 못하는 상태를 100%로 놓은 상대값입니다.

오해가 시작되는 지점이 여기입니다. 포화도 100%는 “충분하다”는 뜻이 아닙니다. 수온이 올라갈수록 그 100%가 담고 있는 실제 산소량 자체가 줄어들기 때문입니다. 찬물은 산소를 잘 품고, 더운물은 품지 못합니다. 폭기를 아무리 늘려도 이 천장 위로는 올라가지 않습니다. 폭기가 하는 일은 천장을 높이는 것이 아니라, 밤새 깔여 내려간 값을 천장 가까이로 되돌리는 것입니다.

수온	포화 시 용존산소(대략)	읽는 법
15 °C	약 10.1 mg/L	봄·가을. 천장에 여유가 있습니다
20 °C	약 9.1 mg/L	평상시. 밤에 내려가도 아침이면 회복됩니다
25 °C	약 8.3 mg/L	가득 채워야 겨우 쾌적 범위의 위쪽입니다
28 °C	약 7.8 mg/L	공급과 소비가 팽팽해지는 구간입니다
30 °C	약 7.5 mg/L	포화 상태여도 7 mg/L대입니다. 밤의 하강폭이 그대로 위험이 됩니다

수온	포화 시 용존산소(대략)	읽는 법
35 °C	약 7.0 mg/L	하룻밤의 소비를 버틸 여력이 남지 않습니다

담수·1기압·대기와 평형을 이룬 조건의 개략값입니다. 폭염 기간의 얇은 연못은 표층이 30 °C를 넘어가는 일이 드물지 않고, 그런 날의 연못은 **가장 좋은 상태에서도** 하한선 근처에 서 있는 셈입니다.

왜 해 뜨기 직전이 가장 낮은가

낮 동안 수초와 식물플랑크톤은 광합성으로 산소를 내놓습니다. 맑은 날 오후에 재면 포화도가 100%를 넘어 120%까지 올라가 있기도 합니다. 그러나 해가 지면 광합성은 멈추고, 같은 수초와 같은 조류가, 물고기와 여과 박테리아와 함께, 밤새 산소를 소비하기만 하는 존재로 바뀝니다.

그래서 용존산소는 해 질 무렵을 정점으로 완만하게 내려가다가 일출 직전에 바닥을 칩니다. 이것이 **새벽 산소 최저점**입니다. 물빛이 짙은 연못, 수초가 무성한 연못일수록 낮과 밤의 진폭이 커집니다. 녹색이 짙은 물은 “산소가 풍부한 물”이 아니라 “낮과 밤의 차이가 큰 물”입니다.

이 시간대에 연못 옆에 서 있는 분은 거의 없습니다. 주말 낮에 재서 9 mg/L이라는 숫자를 확인했다 해도, 그 연못이 새벽에 몇 mg/L까지 내려갔는지에 대해서는 아무것도 말하지 못한 것입니다.

열대야 – 연못이 밤새 열을 버리지 못하는 밤

열대야는 밤사이 최저기온이 25 °C 아래로 내려가지 않는 밤을 말하며, 여름마다 일수가 집계되어 보도되는 지표입니다. 연못 관리자에게 이 통계는 다음과 같은 의미를 갖습니다.

- 보통의 여름밤에는 기온이 떨어지면서 연못도 조금은 열을 버립니다. 새벽으로 갈수록 수온이 내려가면 산소 천장이 조금 올라가고, 그만큼 여유가 생깁니다.
- 열대야에는 그 회복이 없습니다. 수온이 저녁부터 새벽까지 거의 그대로 유지되고, 천장은 낮은 채로 고정됩니다.
- 수온이 높으니 물고기의 대사도, 여과 박테리아의 활성도, 바닥 유기물의 분해도 모두 밤새 최대치로 돌아갑니다. 소비만 계속됩니다.

즉 뉴스가 열대야 일수를 세고 있는 바로 그 주간에 새벽 산소 최저점이 가장 깊어집니다. 8월의 밤샘 폭기는 선택 사항이 아닙니다.

어디부터 위험한가

용존산소	상태	대응
8~10 mg/L	쾌적. 먹이 반응, 유영, 색이 흐트러지지 않는 범위	현재의 폭기를 유지합니다
약 7 mg/L	비단잉어 연못에서 지켜 두고 싶은 하한선	낮이 아니라 새벽에 7을 지키는지 확인합니다
6 mg/L 미만	스트레스 구간. 만성화되면 성장이 둔해지고 질병에 약해집니다	폭기를 늘리고 급이를 줄입니다
4 mg/L 미만	급성 위험 구간. 짧은 시간에 폐사로 이어집니다	폭기를 최대한으로, 급이 중단, 새 물 투입

이 수치들은 널리 쓰이는 사육 관행상의 기준이며, 연못마다 사육밀도와 수심, 유속에 따라 앞뒤로 움직입니다. 다만 8~10 mg/L을 평상값으로, 7 mg/L을 양보하지 않는 선으로 잡아 두면 판단이 흔들리는 상황이 크게 줄어듭니다.

밤의 바닥을 더 깊게 만드는 조건

야간의 하강폭은 매일 같지 않습니다. 다음 조건이 겹친 날일수록 아침의 바닥이 깊어집니다.

- **사육 밀도.** 연못 안 물고기 체중의 총합이 그대로 산소 소비량입니다. 20톤(20,000 L) 연못에 60 cm급이 여러 마리 들어 있는 상태는 숫자만 보아 짐작하는 것보다 훨씬 무거운 부하입니다.
- **그날의 급이량.** 소화 자체와 잔여 먹이의 분해, 양쪽에서 산소가 소모됩니다. 폭염기의 과급이는 밤에 청구서가 돌아옵니다.
- **바닥 슬러지와 막힌 여과재.** 유기물 분해는 조용하지만 끊임없이 산소를 먹습니다.
- **고수온과 무풍.** 천장이 낮아지는 동시에 수면에서의 기체 교환도 둔해집니다.
- **녹조가 갑자기 붕괴한 직후.** 죽은 조류가 분해되면서 산소를 대량으로 소비합니다. 물이 갑자기 맑아졌다면 그날 밤은 경계해야 합니다. 관련 내용은 [연못의 녹조와 남조류](#)를 참고하십시오.
- **약육·소금욕 중.** 약제에 따라 물속 산소를 직접 소비하는 경우가 있습니다. 처리 중일수록 폭기를 줄이지 마십시오. [소금 사용](#) 항목도 함께 보시기 바랍니다.

장마 – 낮의 보충이 통째로 사라지는 2-3주

장마는 국내 연못 관리에서 가장 특징적인 계절 사건입니다. 산소 측면에서 장마가 하는 일은 다음과 같습니다.

- 며칠씩 흐리므로 **낮의 광합성 보충이 거의 사라집니다.** 밤의 소비만 남고, 낮에 다시 채워 넣는 몫이 빠집니다.
- 비는 따뜻하고 기압은 낮습니다. 두 조건 모두 수면에서의 산소 유입에 불리합니다.
- 정원과 주변 지면에서 유기물이 씻겨 들어옵니다. 소비 쪽이 늘어납니다.
- 같은 기간에 완충 능력이 희석됩니다. 부드럽고 약산성인 빗물이 며칠 만에 KH를 끌어내립니다. 그래서 국내에서 pH 급락이 가장 자주 보고되는 시기도 장마철입니다. [pH 급락](#) 페이지에 자세히 정리해 두었습니다.

장마가 시작되기 전, 6월에 KH를 작업 범위 위쪽으로 올려 두고, 장마 중간에 다시 측정하십시오. 그리고 월류(오버플로)가 실제로 작동하는 월류인지, 아니면 연못이 그냥 가장자리로 넘치고 있는 것인지 확인하십시오. 이 두 가지는 매년 같은 시기에 해야 하는 점검입니다.

태풍은 이 시스템 전체를 동시에 멈춥니다. 에어펌프, 순환펌프, 폭포는 대개 같은 배선에 걸려 있습니다. 8월부터 10월 사이 태풍 통과 시의 정전은 드물지 않고, 하필 산소가 가장 필요한 밤에 일어납니다. 연못이 별장이나 카페·식당 마당에 있다면 정전 사실 자체를 몇 시간 뒤에야 알게 됩니다. 폭기만이라도 UPS, 소형 발전기, 또는 배터리 구동 에어펌프로 이중화해 두십시오. 국내 조건에서 실제로 값을 하는 대비입니다.

대책은 폭기입니다. 다만 밤새 돌려야 합니다

할 일 자체는 단순합니다. 공기를 넣고, 수면을 움직이고, 그것을 밤 동안 멈추지 않는 것입니다. 낮에만 돌리는 운전은 가장 필요한 시간대를 정확히 비껴갑니다.

방식	작동 방식	유의점
에어펌프 + 산기관	기포와 그로 인한 물의 순환으로 연못 전체를 움직입니다	산기관이 막히면 풍량이 조용히 줄어듭니다. 야간 상시 운전이 전제입니다
벤투리	펌프 토출 흐름에 공기를 빨아들입니다. 별도 동력이 필요 없습니다	막히기 쉽고, 유량이 떨어지면 공기를 물지 않습니다
폭포·낙수	수면 기체 교환이 크고 경관과도 어울립니다	낙차와 수량에 좌우되며, 펌프가 멈추면 함께 멈춥니다
부분환수	유기물 부하 자체를 낮추어 소비 쪽을 가늘게 만듭니다	폭기의 대체가 아니라 병행 수단입니다. 환수 참고

수온이 오르는 시기에는 용량을 키우십시오. 천장이 내려가는데 물고기의 대사는 올라가므로, 봄과 같은 설정으로 여름을 넘기기 어렵습니다.

겨울 – 얼음이 덮인 뒤의 산소

한겨울의 연못은 표면이 얼고 심층은 4 °C 부근에 머물립니다. 수온이 낮으므로 산소 천장은 높고 소비는 적어, 용존산소 자체는 대체로 넉넉합니다. 문제는 다른 데 있습니다.

- 얼음이 수면을 완전히 덮으면 기체 교환이 막힙니다. 바닥의 유기물 분해는 느리게나마 계속되므로, 가스가 빠져나갈 구멍을 반드시 하나 열어 두십시오. 얼음을 깨서 충격을 주는 방식은 피하고, 미리 구멍을 유지하는 쪽이 안전합니다.
- 겨울 폭기는 **얇게** 하십시오. 바닥의 따뜻한 층까지 휘저으면 물고기가 겨울을 나는 자리를 흩어 버립니다. 수면 근처에서 가스 교환용 구멍을 유지하는 정도가 목적입니다.
- 이 계절에는 급이를 멈춥니다. 수온이 대략 8~10 °C 아래로 내려가면 소화는 사실상 멈추고, 10 °C 아래에서는 면역 기능도 억제된다는 것이 통용되는 관리 기준입니다. 겨울은 여과조 청소도, 대량 환수도 하지 않는 계절입니다.

봄 해빙 – 소비가 먼저 깨어납니다

3~4월은 국내 연못에서 가장 위험한 구간입니다. 수온은 빠르게 오르는데 일교차가 크고, 물고기는 면역이 떨어진 상태로 겨울을 나왔으며, 여과조는 아직 깨어나지 않았습니다. 사실상 매년 봄마다 부분적인 물잡기를 다시 하는 셈입니다.

여기에 산소 이야기가 붙습니다. 질화 과정 자체가 산소를 씹니다. 암모니아성 질소 1 mg/L을 질산염까지 산화시키는 데 약 4.6 mg/L의 산소가 필요합니다. 봄에 여과 박테리아가 되살아나 밀린 암모니아를 처리하기 시작하면, 그 작업은 물고기와 같은 산소 통장에서 인출됩니다. 봄에 폭기를 미리 올려 두는 것은 과잉 대응이 아닙니다.

같은 밤, 같은 이유로 pH도 내려갑니다

밤에 소비되는 것은 산소만이 아닙니다. 동시에 이산화탄소가 물에 쌓이고, pH는 내려가는 방향으로 밀립니다. 탄산경도(KH)가 얇은 연못에서는 이 압력을 받아 줄 완충이 없어 새벽의 pH 진폭이 커지고, 완충이 다 소모되면 pH 급락에 이릅니다.

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO₃에 해당하며, 비단잉어 연못에서 통용되는 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(≈107~179 mg/L)입니다. 자세한 내용은 [탄산경도\(KH\)](#) 페이지에 있습니다.

정리하면, 산소의 바닥과 pH의 바닥은 같은 시각에 옵니다. 여름 새벽에 물고기를 잃는 사고가 흔히 “원인을 모르겠다”로 끝나는 이유가 여기 있습니다. 두 값이 함께 내려갔고, 아침 해가 뜨자 둘 다 정상으로 돌아와 있었기 때문입니다. [비단잉어의 갑작스러운 폐사](#)에서 이 조합을 다룹니다.

수면에서 입을 빼꼼거린다 – 이미 늦은 신호입니다

산소 부족의 전형적인 모습은 물고기가 수면에서 입을 빼꼼거리는 것입니다. 폭포 아래, 낙수구, 급수구처럼 물이 움직이는 자리에 무리 지어 모이는 것도 같은 뜻입니다. 둘 다 새벽에 가장 뚜렷합니다.

문제는 이것이 조기 신호가 아니라는 점입니다. 물고기가 굳이 수면까지 올라오는 것은 물속에서 이미 산소를 얻지 못한 뒤의 행동이고, 그 단계에서는 남은 여유가 거의 없습니다. 게다가 해가 뜨고 광합성이 시작되면 수치는 회복되므로, 주인이 연못에 나갈 무렵에는 평소처럼 헤엄치고 있는 것처럼 보입니다. 며칠 그렇게 지나가다가 어느 아침에 갑자기 손쓸 수 없게 되는 것, 이것이 하룻밤 사이에 잃는 전형적인 경과입니다.

덧붙여, 같은 행동은 아가미 질환이나 기생충, 그리고 아질산염 중독에서도 나타납니다. 아질산염은 헤모글로빈에 결합해 산소 운반을 막기 때문에, 용존산소 수치가 정상인 물에서도 물고기는 질식합니다. [암모니아와 아질산염](#)을 함께 확인하십시오.

낮의 단발 측정이 하루 중 가장 쓸모없는 이유

용존산소는 하루 안에서 크게 움직이는 값입니다. 그래서 주 1회, 월 1회의 점검으로는 다루기 어렵습니다.

- 측정하는 시각은 대개 사람이 연못에 나가 있는 시간입니다. 최저값이 나오는 시간대와 겹치지 않습니다.
- 휴대용 DO 계기가 돌려주는 값은 그 순간, 그 수심 한 점의 값입니다. 깊은 연못은 층마다 다릅니다.
- 신뢰할 만한 DO 계기는 저렴하지 않고, 격막이나 센서 캡의 소모와 정기 교정을 전제로 합니다.
- 결과적으로 가장 알고 싶은 정보 — “오늘 새벽에 몇 mg/L까지 내려갔는가” — 가 기록으로 한 번도 남지 않습니다.

연속으로 측정한다는 것은 그 새벽의 최저값과, 그 값이 날마다 어느 쪽으로 움직이고 있는지가 보이게 된다는 뜻입니다. 7 mg/L을 밑돈 아침이 있었는지, 지난 일주일 동안 바닥이 매일 0.3 mg/L씩 내려갔고 있는지. 낮의 단발 측정으로는 원리상 담기지 않는 정보입니다. 측정 방법별 비교는 [수질 측정 장비](#)에 정리했습니다.

H2Koi가 하는 일. 용존산소를 mg/L과 산소포화도(%)로 직접 측정하고 연속 기록합니다. 추정값이 아니라 실제로 측정하는 항목입니다. 수온, pH, 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH4), 질산염(NO3)도 함께 직접 측정하며, ORP는 선택 사양입니다. KH·비이온 암모니아(NH3)·아질산염·염분·TDS는 이 측정값에서 계산합니다. KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다. 광학 센서면은 자동 와이퍼로 닦아 냅니다. 그리고 이 값들은 소프트웨어만 보는 것이 아니라 사람이 직접 지켜봅니다. 추세가 방향을 틀면, 주인이 앱을 열어 확인할 때까지 기다리지 않고 저희가 먼저 연락드립니다. 이 서비스의 핵심은 대시보드가 아니라 사람이 기울이는 그 주의입니다.

범위도 분명히 적어 둡니다. 질병이나 기생충을 판별하지 않습니다. 문제를 막아 주는 장치가 아니라 더 일찍 알게 해 주는 장치입니다.

자주 묻는 질문

비단잉어가 새벽에 수면에서 입을 뻐끔거립니다. 산소 부족입니까

먼저 산소 부족을 의심하십시오. 특히 새벽에 심하고 해가 뜨면 잦아든다면 가능성이 높습니다. 다만 아가미 질환이나 기생충에서도 같은 행동이 나타나고, 아질산염 중독에서도 나타납니다. 아질산염은 헤모글로빈에 결합해 산소 운반을 막으므로, 용존산소가 정상인 물에서도 물고기는 질식합니다. 순서는 이렇습니다. 먼저 폭기를 최대로 올려 산소 쪽 가능성을 지우고, 그래도 계속되면 암모니아와 아질산염을 측정한 뒤 아가미를 봅니다.

폭기를 밤에도 돌려야 합니까. 소음과 전기요금이 신경 쓰입니다

밤에 돌려야 합니다. 산소가 가장 낮아지는 시각은 일출 직전이고, 낮에만 운전하는 방식은 그 시간대를 정확히 비껴갑니다. 소음 때문에 야간에 멈추는 것은 하루 중 가장 위험한 몇 시간을 무방비로 두는 일과 같습니다. 소음이 문제라면 산기관을 깊게 배치하고 펌프를 방음 상자에 넣는 쪽이, 야간 운전을 포기하는 것보다 낫습니다.

열대야가 이어지는 8월에는 무엇을 바꿔야 합니까

세 가지입니다. 첫째, 폭기 용량을 봄 설정보다 키우고 24시간 운전으로 고정합니다. 둘째, 급이를 줄입니다. 소화와 잔여 먹이 분해가 모두 밤의 산소를 씁니다. 셋째, 정전 대비를 점검합니다. 열대야와 태풍철이 겹치는 시기이므로, 정전이 나면 폭기가 가장 필요한 밤에 폭기가 멈춥니다. 배터리 구동 에어펌프 한 대만 준비해 두어도 상황이 달라집니다.

장마철에는 산소가 오히려 넉넉하지 않습니까. 수온이 낮고 비가 물을 섞어 주는데요

수온이 조금 내려가는 만큼 천장은 올라갑니다. 그러나 며칠씩 흐리므로 낮의 광합성 보충이 거의 사라지고, 기압이 낮고 비가 따듯하며, 정원에서 유기물이 씻겨 들어옵니다. 공급의 낮 쪽이 빠진 상태에서 소비만 이어지는 구조입니다. 여기에 KH 희석까지 겹쳐 pH 급락 위험이 같은 시기에 올라갑니다. 장마철은 안심하는 계절이 아니라 측정 간격을 좁히는 계절입니다.

겨울에 얼음이 얼면 폭기를 어떻게 해야 할까요

얇게, 그리고 가스 교환용 구멍을 유지하는 목적으로만 운전하십시오. 산기관을 바닥에 두고 강하게 돌리면 물고기가 겨울을 나는 심층의 따뜻한 물을 휘저어 버립니다. 얼음을 망치로 깨는 것은 피하고, 미리 열어 둔 구멍을 유지하는 편이 안전합니다. 이 계절에는 급이를 멈추고 여과조 청소나 대량 환수도 하지 않습니다.

수초와 조류가 많은 연못은 산소가 풍부한 것 아닙니까

낮에는 그렇습니다. 밤에는 반대로 수초도 조류도 소비하는 쪽으로 돌아섭니다. 녹색이 짙은 물은 낮과 밤의 진폭이 큰 물이고, 아침의 바닥은 오히려 더 깊어집니다. 특히 녹조가 갑자기 붕괴해 물이 하루 아침에 맑아졌다면, 죽은 조류의 분해에 산소가 대량으로 쓰이므로 그날 밤이 가장 위험합니다.

휴대용 용존산소계를 한 대 사면 충분합니까

한 대 있으면 판단이 달라집니다. 다만 계기로 알 수 있는 것은 측정한 그 순간, 그 수심의 값입니다. 새벽 최저점까지 알고 싶다면 해 뜨기 전과 한낮, 두 시점을 직접 재서 비교해 보십시오. 그 차이를 한 번 확인해 보는 것만으로도 낮의 단발 측정이 무엇을 놓치고 있는지 분명해집니다. 계속 그 시각에 나가 있기 어렵다면 연속 측정이 필요한 것입니다.

태풍으로 정전이 되었습니다. 무엇을 먼저 해야 할까요

폭기부터 복구하십시오. 순환펌프와 자외선 살균기보다 우선입니다. 배터리 구동 에어펌프가 있다면 바로 투입하고, 없다면 물을 계속 움직이는 수단(양수기로 물을 떠서 낙차를 만드는 것도 도움이 됩니다)을 확보하십시오. 정전 중에는 급이를 멈추십시오. 복전 후에는 여과조가 몇 시간 정지해 있었다는 점을 감안해 며칠간 암모니아와 아질산염을 확인하십시오.