



코이 연못 수질 가이드

h2koi.com · 2026-08-04



코이 연못 수질 가이드

- 01 탄산경도(KH) — 연못의 pH를 붙잡아 주는 값
- 02 pH 급락 — 밤사이 일어나고, 새벽에 발견됩니다
- 03 비단잉어가 예고 없이 폐사하는 이유
- 04 연못의 용존산소(DO) — 새벽에 무슨 일이 일어나는가
- 05 암모니아와 아질산염 — 같은 수치라도 pH와 수온이 독성을 결정합니다
- 06 새 연못과 물잡기 — 여과가 아직 암모니아를 처리하지 못하는 기간
- 07 연못 수질 기준표 — 무엇을, 어느 범위에서, 얼마나 빨리 움직이는가
- 08 연못 수질을 측정하는 다섯 가지 방법 — 각각 무엇을 읽고, 무엇을 못 읽는가
- 09 연못 환수 — 무엇을 해결하고, 무엇을 해결하지 못하는가
- 10 수온 — 한 번에 네 가지를 동시에 움직이는 값
- 11 코이 연못의 소금 — 무엇을 해 주고, 무엇을 해 주지 않는가
- 12 녹색 물과 실조류 — 색이 아니라 산소와 pH가 문제입니다

탄산경도(KH) – 연못의 pH를 붙잡아 주는 값

국내 자료에서 가장 자주 뒤섞이는 두 값이 탄산경도(KH)와 총경도(GH)입니다. 이름이 비슷할 뿐 역할은 전혀 다릅니다. 연못의 pH가 안정적인지 아닌지를 결정하는 것은 KH 쪽이며, GH에는 완충 능력이 없습니다. 그리고 KH는 줄어드는 동안 아무 신호도 보내지 않습니다. pH는 완충이 완전히 바닥 때까지 태연하게 7.5를 가리키다가, 어느 날 새벽에 한 번에 무너집니다. 이 문서는 KH가 무엇을 의미하는지, 비단잉어 연못에서 얼마나 유지해야 하는지, 어떻게 측정하고 어떻게 정확한 양으로 올리는지를 순서대로 정리한 것입니다.

요약

- KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다.
- 비단잉어 연못의 관행적인 권장 범위는 6-10 dKH(약 107-179 mg/L)입니다. 5 dKH 아래에서는 pH가 하루 안에 흔들리기 시작하고, 3 dKH 아래는 위험 구간입니다.
- KH를 가장 많이 쓰는 것은 **생물여과**입니다. 잘 먹이고 여과가 잘 도는 연못일수록 완충이 빨리 닳습니다.
- 올릴 때는 **탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3)** 약 30 g/톤이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 널리 퍼진 “100 L당 1 g” 규칙은 실제로 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다.
- pH는 결과이고 후행 지표입니다. 먼저 움직이는 선행 지표는 KH입니다.

탄산경도는 총경도가 아닙니다

탄산경도(KH)는 물에 녹아 있는 탄산수소이온(HCO_3^-)과 탄산이온(CO_3^{2-})의 양입니다. 이 이온들이 연못에서 생기는 산을 받아내어, 산이 들어와도 pH가 움직이지 않게 붙잡아 줍니다. 완충 능력이라는 말은 이 작용에 붙인 이름입니다.

총경도(GH)는 칼슘과 마그네슘의 양입니다. 미네랄로서는 중요하지만 산을 받아내지는 못합니다. 칼슘이 풍부한 지하수를 쓰고 있어도 KH가 낮으면 pH는 쉽게 떨어집니다. “우리 물은 센 물이니 괜찮다”는 판단이 무너지는 지점이 정확히 여기입니다.

비교 항목	탄산경도(KH)	총경도(GH)
무엇을 재는가	탄산수소이온·탄산이온	칼슘·마그네슘
역할	산을 받아내는 완충 능력	물속 미네랄 총량의 지표
pH를 붙잡아 주는가	붙잡아 줍니다. pH 안정성은 KH가 결정합니다	전혀 붙잡아 주지 못합니다
낮으면 생기는 일	하루 안에 pH가 흔들리고, 하룻밤에 급락할 수 있습니다	미네랄 부족은 되지만 pH 급변과는 관계가 없습니다

비교 항목	탄산경도(KH)	총경도(GH)
비단잉어 연못의 기준	6-10 dKH(약 107-179 mg/L)	이 문서에서는 다루지 않습니다

영어 자료를 기계적으로 옮긴 국내 판매 페이지에서 이 둘이 그냥 “경도” 한 단어로 합쳐져 있는 경우가 흔합니다. 그래서 이 문서에서는 두 값을 끝까지 **탄산경도(KH)**와 **총경도(GH)**로 나누어 씁니다. 참고로 **GH(총경도)**는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

수돗물을 쓰신다면 이미 이 값을 한 번 보셨을 가능성이 큼니다. **탄산경도는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다**(보고서에는 mg/L as CaCO₃로 적힙니다). 지역 수도사업소의 수질 공표 자료에서 그 항목을 찾아 두시면, 우리 집 원수가 완충을 보태 주는 물인지 오히려 희석하는 물인지 판단할 출발점이 생깁니다. 다만 이 문서에서는 이후 용어를 KH로 통일합니다.

단위 정리 – dKH, mg/L, 톤

- **mg/L과 ppm은 같은 값입니다.** 어느 쪽으로 적혀 있어도 같은 숫자로 읽으시면 됩니다.
- KH는 dKH(독일 경도)로 먼저 읽고, 괄호에 mg/L CaCO₃를 병기합니다. 환산은 **1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃**입니다.
- 부피는 톤으로 씁니다. **1톤 = 1,000 L**입니다. 국내에서는 “20톤 연못”, “3톤 여과조”처럼 톤으로 말하는 것이 자연스러우므로, 이 문서의 투입량도 모두 톤 기준입니다.
- 수온은 °C만 씁니다.

시약 키트마다 읽는 단위가 다릅니다. 국내에 유통되는 수족관용 키트는 dKH로 읽히는 것과 mg/L로 읽히는 것이 섞여 있으므로, 쓰기 전에 어느 단위로 읽는 키트인지 한 번 확인해 두시면 이후 기록이 꼬이지 않습니다.

KH가 pH를 붙잡는 방식

연못의 pH는 하루 동안 가만히 있지 않습니다. 낮에는 식물플랑크톤과 수생식물이 광합성으로 이산화탄소를 소비하므로 물속 탄산이 줄고 pH가 올라갑니다. 밤에는 광합성이 멈추고 물고기·여과 박테리아·조류·바닥의 유기물 분해가 모두 이산화탄소를 내놓으므로 탄산이 쌓이고 pH가 내려갑니다. 이 하루 왕복은 어느 연못에나 있습니다.

KH가 충분하면 이 왕복의 폭은 0.2-0.3 정도에 그칩니다. 밤새 생긴 탄산을 탄산수소이온이 그때그때 받아내기 때문입니다. KH가 바닥나면 같은 양의 이산화탄소가 pH를 1 이상 끌어내립니다. 받아 줄 것이 남아 있지 않기 때문입니다. 이것이 **pH 급락**이며, 거의 언제나 밤사이에 일어나고 새벽에 발견됩니다.

여기에 이 항목의 가장 불편한 성질이 있습니다. KH가 10에서 8로, 8에서 5로 줄어드는 동안 pH는 거의 움직이지 않습니다. 완충이 남아 있는 한 산은 흡수되기 때문입니다. pH만 매일 보고 계신 분에게는 “몇 주째 안정”으로만 보입니다. 실제로는 잔고가 계속 줄고 있었던 것이고, 잔고가 0이 되는 날 밤에 전부 한 번에 나타납니다. **pH는 설계상 보호가 사라진 뒤에야 움직입니다.**

KH는 왜 줄어듭니까 – 생물여과가 가장 큰 소비자입니다

물고기가 들어 있는 연못에서 KH를 가장 많이 소비하는 것은 대개 여과조입니다. 여과재에 붙은 질화 박테리아가 암모니아를 아질산염으로, 다시 질산염으로 바꾸는 과정에서 산이 생기고, 그 산을 중화하느라 탄산염 알칼리도, 즉 KH가 소모됩니다. 증발이나 환수로 묶어지는 것이 아니라 화학적으로 없어지는 양입니다.

수치로는 이렇습니다. **암모니아성 질소 1 mg/L가 산화될 때 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO_3 환산) 소모됩니다. KH로는 약 0.4 dKH입니다.** 그리고 중요한 세부가 하나 있습니다. **이 산은 전부 첫 단계, 즉 암모니아에서 아질산염으로 가는 단계에서 나옵니다. 아질산염에서 질산염으로 가는 단계는 알칼리도를 전혀 소비하지 않습니다.** 아질산염에서 진행이 멈춰 있는 미성숙 여과조라도 KH 소모는 똑같이 일어난다는 뜻입니다.

여기서 직관과 어긋나는 결론이 나옵니다. **물고기가 많고, 사료를 넉넉히 주고, 여과가 잘 도는 연못일수록 완충이 더 빨리 닳습니다.** 방치된 연못보다 정성껏 관리하는 연못에서 KH가 더 빨리 떨어집니다. 이것은 설비의 결함 이 아니라 여과가 제 일을 하고 있다는 증거이며, 그래서 보충이 관리 항목이 됩니다.

계산 예시 – 20톤 연못

20톤(20,000 L) 연못에 하루 사료 1 kg을 준다고 하겠습니다. 사료 무게의 대략 3% 정도가 총암모니아(TAN)로 배출된다는 것이 사육 현장에서 오래 쓰인 어림값이므로 하루 약 30 g입니다. 20,000 L에 퍼지면 1.5 mg/L이고, 여기에 7을 곱하면 알칼리도 약 10.5 mg/L, 즉 **하루 약 0.6 dKH**가 소모되는 셈입니다. 일주일이면 4 dKH입니다.

물론 실제 연못에서는 되돌아오는 몫도 있습니다. 바닥 저층의 혐기 구역에서 탈질이 일어나면 질산성 질소 1 g 당 CaCO_3 환산 약 3.6 g이 회복되고(질화로 잃은 양의 대략 절반), 굴 껍데기나 산호사가 녹아 보태 주며, 원수가 KH를 가진 물이라면 환수도 보충이 됩니다. 그래서 KH 감소 속도를 여과 능력의 측정값처럼 읽으실 수는 없습니다. 단발 측정값이 아니라 **주 단위 추세**로 보시고, 급이량과 환수 기록 옆에 나란히 놓고 읽는 것이 현실적입니다.

여과가 아닌 소비원도 있습니다. 잔여 사료와 낙엽, 바닥에 쌓인 유기물의 분해, 물고기 호흡으로 나오는 이산화탄소, 그리고 빗물처럼 완충이 거의 없는 물의 유입이 그것입니다. 암모니아와 아질산염이 계속 검출되는 연못이라면 KH도 함께 빠르게 소모되고 있다고 보시는 편이 맞습니다.

얼마나 유지해야 합니까

KH	상태	판단
3 dKH 미만(약 54 mg/L 미만)	위험	완충이 사실상 남아 있지 않습니다. 즉시 보정합니다
3-5 dKH(약 54-89 mg/L)	불안정	하루 안에 pH가 움직이는 수준입니다. 보정이 필요합니다
6-10 dKH(약 107-179 mg/L)	관행적인 권장 범위	비단잉어 연못에서 널리 쓰이는 목표 구간입니다
11-14 dKH(약 195-250 mg/L)	다소 높음	실질적 해는 없습니다. 그대로 두셔도 됩니다
14 dKH 초과(약 250 mg/L 초과)	높음	높지만 보통 문제가 되지 않습니다

6-10 dKH는 **관행적인 권장 범위**이지 절대 기준선이 아닙니다. 사육 현장에서 오래 통용되어 온 관행이며, 실제로는 방양 밀도·급이량·여과 방식·원수에 따라 적정 지점이 달라집니다. 다만 5 dKH 아래에서 pH가 불안정해지고 3 dKH 아래가 위험하다는 부분은 대부분의 연못에서 반복해서 관찰되는 경향입니다.

한 가지 더. KH가 2-3 dKH 아래로 내려가면 질화 자체의 속도도 떨어지기 시작합니다. pH가 흔들리는 일과 암모니아가 남기 시작하는 일이 같은 원인에서 동시에 나옵니다. KH는 pH만의 문제가 아니라 여과조의 소모품이라고 보시는 편이 실무에 가깝습니다.

한국의 연못 한 해 – KH가 실제로 움직이는 시점

사계절이 뚜렷한 기후에서는 KH가 일정한 속도로 줄지 않습니다. 거의 움직이지 않는 계절이 있고, 며칠 만에 몇 dKH가 사라지는 계절이 있습니다. 아래는 서울·경기를 기준으로 한 것이며, 남부와 제주는 2-4주 이르고 온화하게, 강원 내륙은 더 춥고 더 길게 잡으시면 됩니다.

시기	연못에서 일어나는 일	KH 관점의 조치
12-2월 한겨울·결빙	수면이 얼고 저층은 4°C 부근에 머무릅니다. 한파에는 기온이 크게 떨어집니다. 급이는 중단합니다(수온 약 8-10°C 아래에서는 소화기 사실상 멈춘다는 것이 통용되는 관행입니다). KH 소비는 적습니다	아무것도 하지 않는 계절입니다. 여과조 청소·대량 환수 금지. 폭기는 저층을 휘젓지 않도록 얇게. 얼음에 가스 교환 구멍을 유지합니다. 지금 가진 완충이 봄까지 쓸 전부입니다
3-4월 해빙·봄	한 해에서 가장 위험한 구간입니다. 수온이 빠르게 오르는데 일교차가 큼니다. 물고기는 면역이 눌린 상태로 겨울을 나왔고, 여과조는 아직 깨어나지 않았습니. 질화 박테리아가 회복되기 전에 암모니아가 먼저 나타납니다	사실상 매년 반복되는 부분 <u>물잡기</u> 이며, KH를 크게 소모합니다. 주 1회가 아니라 주 2-3회 측정하십시오. 국내 연못이 물고기를 잃는 시기가 여기입니다
5-6월 초여름	성장과 급이가 함께 올라갑니다. KH 소비도 같이 올라갑니다	장마 전에 권장 범위의 상단(9-10 dKH)까지 올려 두십시오
6월 하순-7월 장마	연간 강수의 큰 몫이 몇 주에 몰립니다. 국지성 호우도 늘었습니다. 완충이 거의 없는 약산성 빗물과 정원 유출수가 몇 달이 아니라 며칠 만에 KH를 희석합니다	장마 시작 전 측정 → 6월 중 상단까지 확보 → 장마 중반 재측정. 그리고 월류가 실제로 월류관으로 빠지는지, 아니면 연못 테두리를 넘어 흘러넘치고 있는지 확인하십시오
7월 말-8월 폭염·열대야	열대야에는 밤에도 수온이 떨어지지 않습니다. 물고기·여과 박테리아·조류가 새벽까지 계속 호흡합니다. 저층 유기물 분해도 최대입니다	야간 폭기가 최우선입니다(<u>용존산소</u> 참조). KH 쪽에서는 산 부하가 연중 가장 큰 시기이므로 보충 간격을 좁히십시오
8-10월 태풍	단시간 대량 강우로 다시 희석되고, 정전이 함께 오는 경우가 있습니다	통과 후 KH를 다시 재십시오. 폭기에는 예비 전원을 붙여 두시는 것이 이 지역에서는 현실적인 조언입니다
9-10월 가을	가장 좋은 성장 구간이고, 일교차가 다시 커집니다. 수온이 내려가며 급이를 줄입니다	여과조 작업이 가능한 마지막 안전 구간입니다
11월 월동준비	급이를 단계적으로 줄이고, 수심을 확보하거나 보온을 합니다	연못을 닫기 전에 KH를 채워 두십시오. 월동 직전의 여과조 청소는 하지 마십시오

장마는 이 시장에서 KH를 가장 크게 움직이는 사건입니다. 서구 자료에 흔한 “비는 서서히 물을 부드럽게 만드는 완만한 요인”이라는 설명은 여기에 맞지 않습니다. 며칠 만에 몇 dKH가 사라질 수 있고, 같은 기간에 광량과 기압이 낮아 낮 동안의 pH 회복도 약합니다. 장마 중반의 측정 한 번이 8월의 사고를 줄여 줍니다.

원수를 먼저 확인하십시오

보충수가 KH를 되돌려 준다는 가정은 이 시장에서 자주 틀립니다.

- **수돗물.** 국내 공급수 중에는 부드러운 물이 적지 않습니다. 그런 곳에서는 환수(물갈이)를 해도 KH가 회복되지 않고, 오히려 매번 조금씩 희석될 수 있습니다. 지역 수질보고서의 총알칼리도를 확인하시거나, 받아 둔 수돗물을 직접 시약으로 재 보십시오.
- **지하수.** 단독주택·전원주택 연못에서 흔합니다. 지하수는 이산화탄소가 높고 용존산소가 거의 없는 상태로 나오며, 철·망간이 함께 들어오기도 합니다. KH 수치 자체는 높게 나오더라도, 뽑아 올려 폭기하면 이산화탄소가 날아가면서 pH가 크게 달라집니다. **연못에 직접 대량으로 넣지 마십시오.** 별도의 저수조에서 폭기해 안정시킨 뒤 쓰시는 편이 안전합니다.

전국 평균값을 인용해 판단하지 마시고, 반드시 쓰고 계신 물을 직접 재 보십시오. 이 한 번의 측정이 이후 모든 계산의 기준이 됩니다.

KH 측정

적정식 시약 키트

시약을 한 방울씩 넣어 색이 바뀔 때까지 방울 수를 세는 방식이며, 낮은 쪽에서도 제대로 읽힙니다. 판단이 갈리는 구간이 바로 낮은 쪽이므로 이 점이 중요합니다.

시험지

간편하지만 KH에 관해서는 정밀도가 부족합니다. 특히 낮은 쪽에서 편차가 커서 3 dKH와 5 dKH를 구분하지 못하는 경우가 있습니다. 그 차이가 곧 “조치할 것인가 말 것인가”의 경계입니다. 대략의 추세 확인 용도로만 쓰십시오.

전자식 간이 측정기

시중의 값싼 디지털 측정기 상당수는 pH나 전기전도도(TDS)만 보고 있으며 KH를 재지 않습니다. 화면에 “hardness”라고 표시되더라도 그것이 GH 상당값이거나 전도도에서 추정한 값인 경우가 많습니다. 구매 전에 무엇을 재는 기기인지 확인할 가치가 있습니다.

H2Koi가 KH를 다루는 방식. H2Koi는 수온·pH·용존산소·전기전도도·탁도·암모늄(NH₄)·질산염(NO₃)을 직접 측정하고(ORP는 선택 사양입니다), 그 측정값에서 KH를 연속 계산해 보여 줍니다. **KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다.** 목적은 값이 움직이기 시작한 시점을 일찍 알리는, 산업용 등급 센서 기반의 연속 조기 경보입니다. **GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.**

KH를 올리는 방법

즉시 올리기 – 탄산수소나트륨

쓰는 것은 **탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3)**입니다. 기준은 다음과 같습니다.

탄산수소나트륨 약 30 g/톤(= 30 mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 100 L당 약 3 g과 같은 말입니다. 근거는 단순합니다. $1 \text{ dKH} = 17.848 \text{ mg/L as CaCO}_3$ 이고, NaHCO_3 는 1몰당 1당량을 공급하므로 1 dKH를 올리는 데 29.96 mg/L, 즉 약 30 mg/L가 필요합니다.

연못 부피	+1 DKH에 필요한 양	+2 DKH(하루 상한)
1톤(1,000 L)	약 30 g	약 60 g
5톤	약 150 g	약 300 g
10톤	약 300 g	약 600 g
20톤	약 600 g	약 1.2 kg
30톤	약 900 g	약 1.8 kg

흔히 도는 “100 L당 1 g” 규칙은 틀렸습니다

인터넷과 번역된 판매 페이지에 “100 L당 1 g으로 KH가 1도 오른다”는 규칙이 널리 퍼져 있습니다. 이는 톤당 10 g이며, 실제로는 **약 0.33 dKH**밖에 올리지 못합니다. 필요한 양의 약 3분의 1입니다. 이 규칙을 따르면 3 dKH에서 6 dKH로 올렸다고 생각하며 실제로는 4 dKH에 머물러 있게 되고, 위험 구간을 벗어난 줄 알고 손을 떼게 됩니다. 정확한 기준은 **톤당 30 g = 약 1 dKH**입니다.

절차

1. 현재 KH를 측정하고 목표와의 차이를 계산합니다.
2. 연못의 **실제** 수량을 확인합니다. 대부분의 연못은 주인이 생각하는 것보다 부피가 큼니다.
3. 필요량을 계산하고, 연못 물을 담은 통에 완전히 녹입니다. 가루를 그대로 뿌리지 마십시오.
4. 유입부나 물이 도는 지점에 **천천히** 흘려 넣어 연못 전체에 퍼지게 합니다.
5. 몇 시간 뒤 다시 측정하고, 다음 단계로 갈지 판단합니다.
6. **하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올립니다.** 이는 관행적인 상한이며, 단계마다 재측정하는 것을 전제로 합니다.

베이킹파우더는 쓸 수 없습니다. 베이킹파우더는 탄산수소나트륨에 산성제와 고결방지제를 섞은 팽창제이며, 연못에 넣을 것이 아닙니다. 반드시 **탄산수소나트륨(베이킹소다)** 단일 성분을 쓰십시오.

이 수치는 처방이 아닙니다

위의 양은 비단잉어 사육에서 널리 쓰이는 관행적인 수치입니다. 출발점으로는 타당하지만 모든 연못에 그대로 적용되는 처방이 아닙니다. 연못 수량은 대개 실측이 아닌 추정이고, 원수가 수돗물인지 지하수인지, 남아 있는 완충이 얼마인지, 물속 이산화탄소가 얼마인지, 방양 밀도와 급이량이 어떤지에 따라 같은 양을 넣어도 결과가 달라집니다. 생각하시는 것보다 적게 시작해 측정된 뒤 더하십시오. 이미 물고기에 이상이 나타난 연못에서는 임의로 수질을 크게 움직이지 마시고, 비단잉어에 밝은 전문점이나 수의사와 상의하십시오.

오래 유지하기 – 굴 껍데기와 산호사

여과조나 망에 **굴 껍데기(굴패각)** 또는 **산호사**를 넣어 두는 방법입니다. 물이 산성 쪽으로 기울 때만 녹아 나오고 KH가 충분할 때는 거의 녹지 않으므로, 사실상 자동 보충이 됩니다. 굴패각은 국내에서 구하기 쉽고 값도 저렴해, 서구 자료의 조개껍질 자재를 대신하기에 가장 자연스러운 선택입니다. 다만 녹아 없어지므로 1년에 한 번은 상태를 보고 보충하십시오.

환수

환수로 KH가 올라가는 것은 **넣는 물이 연못보다 KH가 높을 때**뿐입니다. 부드러운 수돗물을 쓰는 연못에서는 환수를 할수록 KH가 내려갑니다. 원수를 한 번 재 보시면, 환수가 보충인지 희석인지 바로 판단이 쉽니다.

KH를 내리는 방법

내려야 할 일은 드뭅니다. 14 dKH를 넘어도 비단잉어 사육에서 실질적 문제가 생기는 경우는 거의 없습니다. 그래도 낮추어야 할 사정이 있다면 부드러운 물로 희석하십시오. RO(역삼투) 물이나 받아 둔 빗물을 소량씩 여러 날에 걸쳐 씁니다.

산을 넣어 KH를 낮추지 마십시오. 산은 pH를 지키고 있는 완충 능력 자체를 소모합니다. 숫자로서의 KH는 분명히 내려가지만, 동시에 연못은 pH 급락에 무방비가 됩니다. 낮추려면 희석이 원칙입니다.

상황별 대응

이런 상황	이렇게 하십시오
KH가 5 dKH(약 89 mg/L) 아래이고 pH가 날마다 흔들립니다	탄산수소나트륨으로 하루 1-2 dKH씩 올리고 단계마다 재측정합니다

이런 상황	이렇게 하십시오
KH가 3 dKH(약 54 mg/L) 아래입니다	위험 구간입니다. 다만 한 번에 되돌리지 마십시오. 반드시 녹여서 소량씩 나누어 투입합니다
아침에만 pH가 낮고 낮에 회복됩니다	야간 이산화탄소를 완충이 받아내지 못하고 있습니다. KH를 재고 6-10 dKH로 올리십시오
매주 KH가 조금씩 내려갑니다	소비에 보충이 못 따라가고 있습니다. 굴패각·산호사를 여과조에 넣고, 원수의 KH도 확인하십시오
장마가 끝난 뒤 KH가 절반이 되었습니다	정상적인 결과입니다. 나누어 올리고, 다음 해에는 장마 전에 상단까지 확보해 두십시오
여과조를 대청소한 뒤 암모니아가 검출됩니다	KH 소비가 급증합니다. <u>암모니아·아질산염</u> 과 KH를 함께 매일 측정하십시오
KH가 14 dKH(약 250 mg/L)를 넘습니다	보통 조치가 필요 없습니다. 굳이 낮추려면 빗물이나 RO 물로 희석하고, 산은 쓰지 마십시오

측정과 측정 사이

주 1회 측정하라는 조언은 어느 자료에나 있고, 옳은 조언입니다. 다만 주 1회는 168시간 중 몇 분입니다. 나머지 약 167시간은 아무도 보고 있지 않습니다.

그리고 KH는 바로 그 167시간 동안 줄어듭니다. 줄어드는 동안에는 아무 징후가 없고, pH는 평평합니다. 실제 사건은 밤에서 새벽 사이에, 대개 다음 측정 예정일 직전 밤에 일어납니다. 일요일에 재서 이상 없음, 수요일 새벽에 급락, 다음 측정은 다시 일요일. 기록만 보면 “아무 일도 없던 주”로 남습니다.

국내에서 연못은 아파트가 아니라 단독주택·전원주택·별장, 또는 카페나 한정식집, 사찰의 마당에 있습니다. 즉 소유자가 늘 그 옆에 있지 않은 경우가 많습니다. 8월의 새벽 4시에, 장마 한가운데에도 연못 옆에 서 있는 사람은 없습니다. 이 부재가 연속 감시의 실질적인 이유입니다. 문제를 막아 주는 것이 아니라, 더 일찍 알게 되는 것입니다.

자주 묻는 질문

탄산경도(KH)와 총경도(GH)는 무엇이 다른니까

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 그래서 칼슘이 많은 지하수를 쓰는 연못이라도 KH가 낮으면 pH는 하룻밤에 떨어질 수 있습니다. 국내 판매 페이지에서 두 값이 그냥 한 단어로 합쳐져 있는 경우가 많으니, 시약 키트가 어느 쪽을 재는 것인지 확인하십시오.

비단잉어 연못의 KH는 얼마가 적당한니까

관행적인 권장 범위는 6-10 dKH(약 107-179 mg/L)입니다. 5 dKH(약 89 mg/L) 아래에서는 하루 안에 pH가 흔들리기 시작하고, 3 dKH(약 54 mg/L) 아래는 위험 구간입니다. 11-14 dKH는 다소 높지만 해가 없고, 14 dKH를 넘어도 보통 문제가 되지 않습니다. 이는 절대 기준이 아니라 사육 현장에서 오래 통용되어 온 관행적인 범위입니다.

베이킹소다를 얼마나 넣어야 KH가 1 dKH 오릅니까

탄산수소나트륨(베이킹소다) 약 30 g/톤, 즉 100 L당 약 3 g이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 20톤 연못이라면 약 600 g입니다. 흔히 도는 "100 L당 1 g" 규칙은 톤당 10 g이라 실제로는 약 0.33 dKH밖에 올리지 못하니 쓰지 마십시오. 하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올리고, 반드시 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 베이킹파우더는 산성제가 섞인 팽창제이므로 사용할 수 없습니다.

장마철에 KH가 급격히 떨어지는데 정상입니까

정상적인 결과입니다. 빗물은 완충이 거의 없고 약산성이며, 장마에는 연간 강수의 큰 몫이 몇 주에 몰립니다. 정원 유출수까지 더해지면 며칠 만에 KH가 절반이 되기도 합니다. 대응은 순서가 정해져 있습니다. 장마 시작 전에 측정해 6월 중 권장 범위의 상단(9-10 dKH)까지 올려 두고, 장마 중반에 다시 재며, 월류가 월류관으로 제대로 빠지는지 확인하십시오.

환수를 하면 KH가 회복됩니다

넣는 물이 연못보다 KH가 높을 때만 회복됩니다. 국내 공급수 중에는 부드러운 물이 적지 않아, 그런 지역에서는 환수(물갈이)를 할수록 KH가 오히려 희석됩니다. 지하수를 쓰는 연못은 또 다릅니다. 이산화탄소가 높고 용존산소가 거의 없는 상태로 나오므로 연못에 직접 대량 주입하지 마시고, 별도 저수조에서 폭기해 안정시킨 뒤 쓰십시오. 어느 쪽이든 전국 평균값이 아니라 본인의 원수를 직접 재 보셔야 합니다.

여과가 잘 되는 연못인데 왜 KH가 더 빨리 줄어듭니까

질화가 KH를 소비하기 때문입니다. 암모니아성 질소 1 mg/L가 산화될 때 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO_3 환산), 즉 약 0.4 dKH 소모됩니다. 그 산은 전부 암모니아에서 아질산염으로 가는 첫 단계에서 나오고, 아질산염에서 질산염으로 가는 단계는 알칼리도를 전혀 소비하지 않습니다. 결과적으로 방양이 많고 잘 먹이고 여과가 잘 되는 연못일수록 완충이 빨리 닳습니다. 설비의 결함이 아니라 여과가 제 일을 하고 있다는 뜻이며, 그래서 보충이 관리 항목이 됩니다.

겨울과 봄에는 KH를 어떻게 관리합니까

한겨울에는 소비가 적지만 보충도 없습니다. 여과조 청소와 대량 환수를 하지 마시고, 폭기는 저층을 휘젓지 않도록 얇게 유지하며 얼음에 가스 교환 구멍만 열어 두십시오. 그래서 11월 월동 준비 때 KH를 채워 두는 것이 중요합니다. 문제는 3-4월입니다. 수온은 빠르게 오르는데 여과조는 아직 깨어나지 않아 매년 부분 물잡기가 반복되고, KH가 가장 빠르게 소모됩니다. 이 시기에는 주 2-3회 측정하십시오.

H2Koi가 보여 주는 KH는 어떻게 얻는 값입니까

KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. H2Koi의 역할은 값이 움직이기 시작한 단계에서 일찍 알려 주는, 산업용 등급 센서 기반의 연속 조기 경보입니다. 또한 GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

pH 급락 – 밤사이 일어나고, 새벽에 발견됩니다

어제 저녁까지 아무 이상이 없던 연못에서 아침에 물고기들이 바닥에 붙어 있거나 수면에서 입을 뿔뿔거리고 있습니다. pH를 재면 어제보다 1 이상 내려가 있습니다. 이것이 pH 급락이며, 원인은 pH가 아닙니다. 며칠에서 몇 주에 걸쳐 조용히 줄어든 완충 능력이 그날 밤에 마침 바닥났을 뿐입니다. 이 문서는 그 기전, 새벽에 발견되는 이유, 지금 당장 해야 할 일과 하지 말아야 할 일, 그리고 pH를 쫓아다니는 대신 탄산경도(KH)를 관리해 예방하는 방법을 다룹니다.

요약

- 기전은 낮과 밤의 이산화탄소 순환입니다. 낮에는 광합성이 CO_2 를 소비해 pH가 오르고, 밤에는 호흡이 CO_2 를 내놓아 pH가 내려갑니다.
- 완충이 충분하면 이 하루 진폭은 0.2-0.3에 그칩니다. 완충이 고갈되면 같은 CO_2 부하가 pH를 1 이상 끌어내립니다.
- 최저점은 **일출 직전**입니다. 그래서 낮에 한 번 재는 측정은 하루 중 가장 정보가 적은 측정입니다.
- 국내에서 가장 흔한 방아쇠는 **장마**이고, 그다음이 3-4월 해빙기의 여과 재가동입니다.
- 예방은 pH가 아니라 KH로 합니다. 탄산수소나트륨 약 30 g/톤이 KH를 약 1 dKH 올립니다.

기전 – 하루에 한 번 도는 이산화탄소

연못의 pH는 하루 동안 고정되어 있지 않습니다. 두 가지 힘이 번갈아 작용하기 때문입니다.

- **낮.** 식물플랑크톤과 수생식물, 벽면의 부착조류가 광합성으로 이산화탄소를 빨아들입니다. 물속 탄산이 줄고 pH가 올라갑니다. 맑은 여름날 오후에 pH가 가장 높습니다.
- **밤.** 광합성은 멈추고 호흡만 남습니다. 물고기, 여과 박테리아, 낮에 산소를 만들던 조류 자신, 그리고 바닥에 쌓인 유기물을 분해하는 미생물이 모두 이산화탄소를 내놓습니다. 이산화탄소는 물에 녹아 탄산이 되고, pH가 내려갑니다.

이산화탄소는 밤새 한 방향으로만 쌓입니다. 새벽 무렵이 가장 많고, 해가 뜨고 광합성이 다시 시작되면서 빠르게 줄어듭니다. 그래서 **pH의 최저점과 용존산소의 최저점은 같은 시각에 옵니다.** 이 두 가지는 서로 다른 문제이지만 같은 새벽에 함께 나쁜 값을 가리킵니다.

여기까지는 모든 연못에서 매일 일어나는 일이며, 그 자체로는 사고가 아닙니다. 사고가 되는지 아닌지를 결정하는 것은 물이 그 이산화탄소를 받아낼 수 있는지, 즉 완충 능력입니다.

완충이 남아 있을 때와 없을 때

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 밤새 생긴 탄산을 받아내는 것은 탄산수소이온이며, 그것이 KH입니다. 참고로 GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

KH	하루 PH 진폭(대략)	연못에서 보이는 모습
8-10 dKH (약 143-179 mg/L)	0.2 내외	새벽과 오후의 차이를 알아채기 어렵습니다
6-8 dKH (약 107-143 mg/L)	0.2-0.3	관행적인 권장 범위 안쪽. 안정적입니다
5 dKH (약 89 mg/L)	0.3-0.5	아침에만 낮은 값이 보이기 시작합니다
3-4 dKH (약 54-72 mg/L)	0.5-1.0	흐린 날이나 밤 기온이 높은 날에 급락 위험이 생깁니다
3 dKH 미만	예측 불가	하룻밤에 1 이상 움직일 수 있습니다

위의 진폭은 실측 규격이 아니라 사육 현장에서 반복적으로 관찰되어 온 대략의 경향입니다. 방양 밀도, 조류 양, 바닥 유기물, 폭기 방식에 따라 같은 KH에서도 진폭이 달라집니다. 다만 순서는 어디서나 같습니다. KH가 내려가면 진폭이 커지고, 어느 지점부터는 밤에 되돌아오지 못합니다.

단위 정리입니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다. KH는 dKH로 먼저 읽고 mg/L CaCO₃를 병기하며, 환산은 1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃입니다. 부피는 톤으로, 1톤 = 1,000 L입니다.

왜 pH만 보서는 미리 알 수 없습니까

이 항목의 성질이 그렇습니다. pH는 후행 지표입니다. 완충이 남아 있는 한 산이 들어와도 흡수되므로 pH는 움직이지 않습니다. KH가 10에서 7로, 7에서 4로 줄어드는 몇 주 동안 pH 기록지는 평평한 선을 그립니다. 그리고 완충이 바닥난 그날 밤, 아무 예고 없이 한 번에 떨어집니다.

즉 pH만 기록하는 관리에서는 원인이 진행되는 기간 전체가 보이지 않고, 결과가 나타난 아침에 처음 알게 됩니다. 먼저 움직이는 선행 지표는 탄산경도(KH) 쪽입니다.

“pH 쇼크”라는 말에 대하여

검색창에는 대부분 “pH 쇼크”라고 입력하십니다. 그런데 그 말은 물고기에게 나타난 증상의 이름이지, 물에서 일어난 사건의 이름이 아닙니다. 물에서 일어난 일은 완충 능력이 소진된 것이고, 측정값의 움직임으로 부르면 pH 급락입니다. 이 구분은 말장난이 아닙니다. 증상 쪽에 이름을 붙여 두면 대응도 증상 쪽으로 흘러 pH를 억지로 되돌리려 하게 되고, 그 조치가 상황을 더 나쁘게 만드는 경우가 많기 때문입니다.

또 하나 국내 자료에서 자주 섞이는 것이 **산성화와 급락**입니다. 산성화는 몇 주에서 몇 달에 걸쳐 pH가 서서히 내려가는 상태이고, 급락은 하룻밤 사이의 사건입니다. 둘은 원인이 이어져 있지만(산성화가 진행되면 완충 여력이 줄어 급락이 가까워집니다) 같은 현상이 아니며, 대응 시간도 완전히 다릅니다. 산성화는 다음 주에 처리하면 되고, 급락은 그날 아침에 처리해야 합니다.

주인이 실제로 보는 것

대부분 아침에 발견됩니다. 전형적으로 나타나는 모습은 다음과 같습니다.

- 물고기가 바닥에 모여 움직이지 않거나, 반대로 폭기 근처나 유입부에 몰려 있습니다.
- **수면에서 입을 뿔뿔거립니다.** 이 모습만으로는 산소 부족과 구분되지 않습니다.
- 지느러미를 접고, 몸을 벽이나 바닥에 비빔니다.
- 점액이 과다하게 분비되어 체표가 허영게 흐려 보입니다. 낮은 pH에 대한 아가미와 점막의 자극 반응입니다.
- 먹이에 반응하지 않습니다. 전날 저녁까지 잘 먹던 개체들이 그렇습니다.
- 물 자체는 오히려 맑아 보이는 경우가 많습니다. 눈으로는 이상이 없습니다.
- 심한 경우 밤사이 폐사한 개체가 있습니다(갑작스러운 폐사 참조).

여기서 곤란한 점은, **정오까지 기다리면 증거가 사라진다는 것**입니다. 해가 뜨고 광합성이 시작되면 이산화탄소가 빠지면서 pH가 상당 부분 되돌아옵니다. 오후에 재면 7.2가 나오고, “아침에 잘못 잤나 보다”로 정리됩니다. 완충이 없는 연못은 그날 밤 같은 일을 반복합니다.

지금 당장 해야 할 일

1. **급이를 중단합니다.** 소화 부담과 암모니아 생성을 동시에 줄입니다.
2. **폭기를 최대로 올립니다.** 표층을 강하게 교란해 물속 이산화탄소를 날려 보내는 것이 이 상황에서 가장 빠르고 안전한 조치입니다. 산소도 함께 올라갑니다.
3. **pH와 KH를 함께 잹니다.** 그리고 같은 날 정오에 pH를 한 번 더 재서 하루 진폭을 확인하십시오. 이 두 값이 있으면 원인 판단이 거의 끝납니다.
4. **원수의 KH를 재기 전에는 환수하지 마십시오.** 국내 공급수 중에는 부드러운 물이 적지 않습니다. 원수가 연못보다 부드러우면 환수는 남아 있는 완충까지 희석해 상황을 악화시킵니다.
5. **KH가 낮으면 탄산수소나트륨으로 올립니다.** 약 30 g/톤이 약 1 dKH입니다. 하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오.
6. **암모니아를 함께 확인하십시오.** pH가 낮은 동안에는 암모니아가 대부분 이온형(NH_4^+)으로 존재해 독성이 낮습니다. pH를 올리면 그 균형이 비이온 암모니아(NH_3) 쪽으로 이동합니다.

하지 말아야 할 것

pH를 직접 올리는 약제로 되돌리려 하지 마십시오. 수산화칼슘이나 이른바 pH-up 제품으로 pH를 급히 올리면, 물속에 남아 있던 암모늄이 순식간에 비이온 암모니아(NH_3)로 전환됩니다. 봄철처럼 여과가 아직 완전하지 않은 연못에서는 이 조치 하나로 물고기를 잃을 수 있습니다. 올려야 할 것은 pH가 아니라 KH이고, KH를 올리면 pH는 따라서 안정됩니다.

대량 환수를 하지 마십시오. 수온·pH·수질이 동시에 움직여 이미 약해진 물고기에게 두 번째 충격이 됩니다. 필요한 경우에도 소량씩 나누어, 원수의 KH를 확인한 뒤에 하십시오.

여과조를 청소하지 마십시오. 급락 직후의 연못에서 여과를 건드리면 암모니아와 아질산염 문제가 겹칩니다.

이미 물고기에 이상이 나타난 상태라면 임의로 수질을 크게 움직이지 마시고, 비단잉어에 밝은 전문점이나 수의사와 상의하십시오.

국내에서 pH 급락이 가장 잘 일어나는 시기

6월 하순-7월, 장마

이 시장에서 pH 급락의 가장 흔한 방아쇠입니다. 이유가 하나가 아니라 겹쳐 있기 때문입니다.

- 빗물은 완충이 거의 없고 약산성입니다. 연간 강수의 큰 몫이 몇 주에 몰리고, 국지성 호우까지 더해지면 KH가 **몇 달이 아니라 며칠 만에** 절반이 됩니다.
- 정원과 마당의 유출수가 함께 들어옵니다. 흙, 낙엽, 비료 성분이 산 부하를 더합니다.
- 광량이 낮습니다. 낮 동안의 광합성이 약하므로 밤에 내려간 pH가 낮에도 충분히 회복되지 않습니다. 즉 **출발점 자체가 매일 조금씩 낮아집니다.**
- 기압이 낮고 비가 따듯합니다. 같은 기간에 용존산소도 함께 낮아집니다.

처방은 순서가 정해져 있습니다. **장마 시작 전에 KH를 재고, 6월 중 권장 범위 상단(9-10 dKH)까지 올려 두고, 장마 중반에 다시 재십시오.** 그리고 월류가 실제로 월류관으로 빠지는지, 아니면 연못이 테두리를 넘어 흘러넘치고 있는지 확인하십시오. 후자라면 물고기가 넘어 나갈 수 있고, 유입되는 빗물의 비율도 계산보다 큼니다.

3-4월, 해빙기

겨울 동안 KH는 거의 보충되지 않았고, 봄이 되면 수온이 빠르게 오르면서 급이가 재개됩니다. 여과 박테리아는 아직 완전히 깨어나지 않았으므로 암모니아가 먼저 나타나고, 질화가 재가동되면서 KH를 빠르게 소모합니다. 사실상 매년 반복되는 부분 물잡기이며, 큰 일교차까지 겹칩니다. 국내 연못이 물고기를 잃는 시기가 여기입니다. 이 구간에는 주 2-3회 측정하십시오.

7월 말-8월, 열대야

밤 최저기온이 25°C 아래로 내려가지 않는 날에는 연못이 밤새 열을 버리지 못합니다. 물고기와 여과 박테리아, 조류의 호흡이 새벽까지 그대로 이어지므로 이산화탄소 생산량이 연중 가장 큼니다. 완충이 얇은 연못이라면 이 시기의 새벽이 가장 깊게 내려갑니다. 야간 폭기는 8월에 선택 사항이 아닙니다.

8-10월, 태풍

단시간 대량 강우로 다시 희석되고, 정전이 함께 오는 경우가 있습니다. 폭기가 멈추면 이산화탄소가 빠져나가지 못해 pH 저하와 산소 저하가 동시에 진행됩니다. 폭기에 예비 전원을 붙여 두시는 것이 이 지역에서는 현실적인 대비입니다. 태풍이 지나간 뒤에는 KH를 다시 재삽시오.

12-2월, 한겨울

수면이 열고 급이가 멈춘 시기에는 소비도 적지만 보충도 없습니다. 얼음으로 덮인 연못에서는 이산화탄소가 대기로 빠져나가지 못해 축적되며, 이때 KH가 얇으면 얼음 아래에서 pH가 내려갈 수 있습니다. 그래서 **11월에 연못을 닫기 전에 KH를 채워 두는 것과 얼음에 가스 교환 구멍을 유지하는 것**이 겨울 대비의 핵심입니다. 폭기는 저층의 따뜻한 물을 휘젓지 않도록 얇게 유지하십시오.

예방은 pH가 아니라 KH로 합니다

pH를 매일 기록하는 것으로는 급락을 예방할 수 없습니다. 앞에서 본 대로 pH는 보호가 사라진 뒤에야 움직이기 때문입니다. 관리 대상은 KH입니다.

할 일	내용
목표 유지	6-10 dKH(약 107-179 mg/L). 관행적인 권장 범위입니다
측정 주기	평시 주 1회. 해빙기와 장마에는 주 2-3회
즉시 보충	탄산수소나트륨(베이킹소다) 약 30 g/톤 = 약 1 dKH. 100 L당 약 3 g과 같습니다
지속 보충	여과조나 망에 굴 껍데기(굴패각) 또는 산호사. 산성 쪽으로 기울 때만 녹으므로 자동 보충이 됩니다. 1년에 한 번 보충하십시오
속도 제한	하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입
원수 확인	수돗물·지하수의 KH를 직접 측정. 부드러운 물이면 환수가 보충이 아니라 희석입니다
계절 대비	장마 전 상단까지 확보, 태풍 후 재측정, 월동 전 보충

넉리 도는 “100 L당 1 g” 규칙은 틀렸습니다. 그것은 톤당 10 g이며 실제로는 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 필요한 양의 약 3분의 1입니다. 이 규칙대로 넣고 “6 dKH로 올렸다”고 판단하면 실제로는 4 dKH에 머물러 있고, 다음 급락까지의 거리가 생각보다 훨씬 가깝습니다. 정확한 기준은 **톤당 30 g = 약 1 dKH**입니다.

이 수치들은 비단잉어 사육에서 넉리 쓰이는 관행적인 값이며 처방이 아닙니다. 연못마다 수량 추정, 원수, 방양 밀도, 급이량이 다르므로 생각하시는 것보다 적게 시작해 측정한 뒤 더하십시오.

H2Koi가 이 문제를 다루는 방식. 수온·pH·용존산소·전기전도도·탁도·암모늄(NH₄)·질산염(NO₃)을 직접 측정하고(ORP는 선택 사양입니다), 거기에서 KH와 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, TDS를 계산합니다. 즉 pH의 하루 진폭이 벌어지기 시작하는 단계와 KH 추세가 내려가기 시작하는 단계를 함께 볼 수 있습니다. **KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다.** 문제를 막아 주는 장비가 아니라, 더 일찍 알게 해 주는 장비입니다.

사후 확인 – 정말 pH 급락이었습니까

아침에 이상을 발견했을 때 후보는 하나가 아닙니다. 새벽의 산소 최저점, pH 급락, 여과 교란 뒤의 암모니아·아질산염이 모두 같은 시간대에 비슷한 모습으로 나타납니다.

단서	PH 급락	산소 부족	암모니아·아질산염
아침의 pH	전날보다 뚜렷하게 낮고, 정오에 상당 부분 회복	대체로 정상 범위	대개 정상. 단 봄철에는 함께 낮을 수 있습니다
KH	낮습니다. 대개 5 dKH 미만	관계없음	낮은 경우가 많습니다(질화가 소모)
물고기의 위치	바닥에 붙거나 흩어져 있음	수면·유입부·폭기 주변에 집중	무기력, 아가미를 빠르게 움직임
체표	점액 과다, 허영게 흐림	특이 소견 적음	아가미 충혈, 아질산염이면 혈색 이상
직전 며칠의 사건	장마·호우, 봄 재가동, 오래 미측정	열대야, 정전, 조류 대량 폐사	여과조 청소, 약품 투여, 정전 후 재가동
정오에 다시 재면	증거가 흐려집니다	증거가 사라집니다	남아 있습니다

마지막 줄이 중요합니다. 가장 흔한 두 원인은 **아침 해가 뜨면 증거가 사라집니다**. 그래서 낮에 한 번 측정하고 “수치는 모두 정상”이라는 결론이 반복적으로 나옵니다. 더 자세한 감별은 [갑작스러운 폐사와 암모니아·아질산염](#)을 참고하십시오.

새벽 4시에는 아무도 연못 옆에 없습니다

국내에서 연못은 아파트가 아니라 단독주택·전원주택·별장, 또는 카페나 한정식집, 사찰의 마당에 있습니다. 그래서 연못이 주인의 두 번째 집이나 영업장에 있는 경우가 많습니다. 8월의 새벽 4시에도, 장마 한가운데의 밤에도 그 옆에 서 있는 사람은 없습니다.

pH 급락이 밤에 일어나고 새벽에 발견되는 사건이라는 사실과, 그 시각에 아무도 없다는 사실이 겹치는 지점이 이 문제의 본질입니다. 주 1회 측정은 168시간 중 몇 분이고, KH는 나머지 167시간 동안 아무 신호 없이 줄어듭니다. 우리가 보는 것은 결과인 pH가 아니라 그것을 붙잡고 있는 값 쪽이며, 줄어들기 시작한 단계에서 알아채면 베이킹소다를 녹여 넣고 다시 재는 일로 끝납니다. 다음 날 아침에 알게 되면 이야기가 달라집니다.

자주 묻는 질문

pH 급락은 왜 하필 밤에 일어납니까

낮에는 광합성이 이산화탄소를 소비해 pH가 올라가지만, 밤에는 물고기·여과 박테리아·조류·바닥의 분해가 모두 이산화탄소를 내놓기만 합니다. 이산화탄소는 밤새 한 방향으로 쌓이고, 그것이 물에 녹아 탄산이 되면서 pH를 끌어내립니다. 최저점은 일출 직전이며, 해가 뜨면 광합성이 재개되어 상당 부분 회복됩니다. 그래서 사건은 밤에 일어나고 발견은 새벽에 이루어집니다.

"pH 쇼크"와 pH 급락은 같은 말입니까

같지 않습니다. "pH 쇼크"는 물고기에게 나타난 증상의 이름이고, 물에서 일어난 사건은 완충 능력의 소진입니다. 측정값의 움직임으로 부르면 pH 급락입니다. 구분이 필요한 이유는, 증상 쪽에 이름을 붙이면 대응도 pH를 억지로 되돌리는 쪽으로 흐르기 때문입니다. 또 몇 주에서 몇 달에 걸친 산성화와 하룻밤의 급락도 다른 현상이니 섞어 쓰지 마십시오.

아침에 pH가 떨어져 있으면 지금 무엇을 해야 합니까

순서는 이렇습니다. 급이를 중단하고, 폭기를 최대로 올려 표층을 교란해 이산화탄소를 날립니다. pH와 KH를 함께 재고 같은 날 정오에 pH를 한 번 더 재서 하루 진폭을 확인합니다. KH가 낮으면 탄산수 소나트륨으로 하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올리되, 반드시 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 넣습니다. 원수의 KH를 재기 전에는 환수하지 마십시오.

pH를 올리는 약제로 바로 되돌리면 안 됩니까

권하지 않습니다. 수산화칼슘이나 pH-up 제품으로 pH를 급히 올리면 물속에 남아 있던 암모늄이 순식간에 비이온 암모니아(NH_3)로 전환됩니다. 여과가 아직 완전하지 않은 봄철 연못에서는 이 조치 하나로 물고기를 잃을 수 있습니다. 올려야 할 것은 pH가 아니라 KH이며, KH를 올리면 pH는 따라서 안정됩니다.

장마철에 pH 급락이 특히 잦은 이유는 무엇입니까

원인이 겹치기 때문입니다. 완충이 거의 없는 약산성 빗물이 연간 강수의 큰 몫으로 며칠 만에 쏟아지며 KH를 희석하고, 정원 유출수가 산 부하를 더합니다. 동시에 광량이 낮아 낮 동안의 pH 회복이 약하므로 매일의 출발점이 조금씩 낮아지고, 저기압과 따뜻한 비로 용존산소까지 함께 내려갑니다. 대비는 장마 전 측정 → 6월 중 9-10 dKH 확보 → 장마 중반 재측정이며, 월류가 월류관으로 제대로 빠지는지도 확인하십시오.

pH만 매일 재면 급락을 미리 알 수 있습니까

알 수 없습니다. pH는 후행 지표입니다. 완충이 남아 있는 동안에는 산이 들어와도 흡수되므로 pH가 움직이지 않고, 완충이 바닥난 날 밤에 한 번에 떨어집니다. KH가 10에서 4로 줄어드는 몇 주 동안 pH 기록은 평평한 선입니다. 미리 알려면 선행 지표인 탄산경도(KH)를 보셔야 합니다.

급락을 막으려면 KH를 얼마로 유지해야 할까요

관행적인 권장 범위는 6-10 dKH(약 107-179 mg/L)입니다. 5 dKH 아래에서는 하루 진폭이 벌어지기 시작하고 3 dKH 아래는 위험합니다. 올릴 때는 탄산수소나트륨 약 30 g/톤이 약 1 dKH이며, 하루 1-2 dKH 이내로 나누어 올립니다. 지속 보충은 여과조에 굴 껍데기(굴패각)나 산호사를 넣어 두는 방법이 확실합니다. 널리 도는 "100 L당 1 g" 규칙은 약 0.33 dKH밖에 올리지 못하니 쓰지 마십시오.

겨울에 얼음이 덮인 연못에서도 pH 급락이 생깁니까

생길 수 있습니다. 얼음이 덮이면 이산화탄소가 대기로 빠져나가지 못해 물속에 축적되고, KH가 얇으면 얼음 아래에서 pH가 내려갑니다. 그래서 11월에 연못을 닫기 전에 KH를 채워 두는 것과, 얼음에 가스 교환 구멍을 유지하는 것이 겨울 대비의 핵심입니다. 폭기는 저층의 따뜻한 물을 휘젓지 않도록 알게 유지하십시오.



비단잉어가 예고 없이 폐사하는 이유

어제 저녁까지 잘 먹던 개체가 아침에 바닥에 누워 있습니다. 물은 맑고, 낮에 재 본 수치도 이상이 없습니다. 이런 상황에서 가장 먼저 의심하시는 것이 대개 질병이지만, 실제로 가장 흔한 원인은 물쪽에 있고 그중 상당수는 **밤사이에만 존재했다가 해가 뜨면 사라지는 조건**입니다. 이 문서는 현실적인 원인을 발생 빈도 순으로 놓고, 이미 벌어진 뒤에 원인을 구분하는 방법과, 무엇이 더 일찍 알려 줄 수 있었는지를 정리한 것입니다.

요약

- 현실적인 원인 순서는 ① 새벽 산소 최저점 ② pH 급락 ③ 여과조 교란 뒤의 암모니아·아질산염 ④ 수온 충격입니다.
- 앞의 두 가지는 **해가 뜨면 증거가 사라집니다**. 그래서 낮에 한 번 재고 “수치는 정상”이라는 결론이 반복됩니다.
- 큰 개체가 먼저 죽으면 산소를 먼저 의심하십시오. 몸집이 클수록 요구량이 큼니다.
- 최근 며칠 사이에 여과조를 청소했거나 정전이 있었다면 원인은 대개 거기에 있습니다.
- 국내에서 폐사가 물리는 시기는 **3-4월 해빙기와 7월 말-8월 열대야**, 그리고 **장마·태풍** 기간입니다.

원인 ① 새벽 산소 최저점

가장 흔한 원인입니다. 그리고 아침에 발견하는 시점에는 이미 원인이 사라져 있는 원인이기도 합니다.

기전은 단순합니다. 낮에는 식물플랑크톤과 수생식물이 산소를 만들지만, 밤에는 만들지 않습니다. 대신 물고기, 여과 박테리아, 낮에 산소를 만들던 조류 자신, 바닥의 유기물을 분해하는 미생물이 밤새 산소를 소비하기만 합니다. 그래서 **용존산소의 최저점은 일출 직전에 옵니다**.

여기에 수온이 겹칩니다. 물이 따뜻해질수록 녹을 수 있는 산소의 양은 줄어드는데, 물고기의 요구량은 반대로 늘어납니다.

수온	포화 시 용존산소(대략)	동시에 일어나는 일
20°C	약 9 mg/L	여유가 있습니다
30°C	약 7.5 mg/L	공급은 줄고 물고기의 요구량은 늘어납니다
35°C	약 7.0 mg/L	여유가 사실상 없습니다

이 표의 값은 포화 상태의 이야기입니다. 실제 새벽의 연못은 포화가 아니라 그보다 훨씬 아래로 내려가 있습니다. **mg/L과 ppm은 같은 값입니다**.

국내에서 이 문제가 커지는 조건

- **열대야.** 밤 최저기온이 25°C 아래로 내려가지 않으면 연못이 열을 버리지 못합니다. 여름마다 열대야 일수가 뉴스로 집계되는데, 그 주간이 곧 새벽 산소 최저점이 가장 깊은 주간입니다. **8월의 야간 폭기는 선택 사항이 아닙니다.**
- **장마.** 저기압, 낮은 광량, 따뜻한 비가 겹칩니다. 낮 동안의 산소 생산도 약하므로 밤에 쓸 여유분이 처음부터 적습니다.
- **태풍과 정전.** 폭기가 필요한 밤에 정확히 멈춥니다. 폭기와 순환에 예비 전원을 붙여 두는 것이 이 지역에서는 현실적인 대비입니다.
- **조류의 갑작스러운 폐사.** 살조제를 쓰거나 날씨가 급변해 녹색 물이 한꺼번에 무너지면, 산소를 만들던 쪽이 사라지고 분해가 산소를 대량으로 소비합니다. 처리 다음 날 새벽이 가장 위험합니다.
- **바닥의 유기물.** 낙엽과 잔여 사료가 쌓인 연못은 밤새 산소를 더 많이 씁니다.

왜 큰 개체가 먼저 죽습니까. 몸이 클수록 절대 산소 요구량이 크고, 체중 대비 아가미 면적은 오히려 작습니다. 그래서 산소가 얕아지면 가장 크고 가장 값나가는 개체부터 영향을 받습니다. 아침에 큰 개체만 폐사해 있고 작은 개체들은 멀쩡하다면, 산소를 가장 먼저 의심하십시오.

원인 ② pH 급락

밤에는 광합성이 멈추고 호흡만 남으므로 이산화탄소가 쌓이고 pH가 내려갑니다. 완충이 충분하면 이 하루 진폭은 0.2-0.3에 그치지만, 완충이 고갈되면 같은 이산화탄소 부하가 pH를 1 이상 끌어내립니다. 그리고 이 사건 역시 밤에 일어나 **새벽에 발견**됩니다.

완충 능력을 담당하는 값이 탄산경도(KH)입니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 참고로 GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

KH의 관행적인 권장 범위는 6-10 dKH(약 107-179 mg/L)이며, 환산은 1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃입니다. 5 dKH 아래에서 pH가 불안정해지고 3 dKH 아래는 위험 구간입니다. 국내에서 KH를 가장 크게 무너뜨리는 사건은 **장마**이고, 그다음이 겨울 내내 보충이 없던 상태에서 질화가 재가동되는 **3-4월 해빙기**입니다.

이 원인의 성질이 까다로운 이유는 pH가 후행 지표라는 점에 있습니다. KH가 줄어드는 몇 주 동안 pH 기록은 평평한 선을 그리고, 완충이 바닥난 날 밤에 한 번에 떨어집니다. 자세한 기전과 대응은 pH 급락과 탄산경도(KH)를 참고하십시오.

원인 ③ 여과조를 건드린 뒤의 암모니아·아질산염

앞의 두 원인이 “밤에 일어나는 일”이라면, 이것은 “며칠 전에 사람이 한 일”입니다. 그래서 원인을 짚기가 오히려 쉽고, 동시에 가장 자주 반복됩니다.

질화 박테리아는 여과재 표면에 붙어 살고, 수가 회복되는 데 며칠에서 몇 주가 걸립니다. 다음과 같은 일이 있고 나서 물고기를 잃으셨다면 여기부터 확인하십시오.

- 여과재를 **수돗물로 씻은 경우.** 잔류 염소가 박테리아를 죽입니다. 행귀야 한다면 반드시 연못 물로 하십시오.
- 여과조를 한 번에 **전부 청소한 경우.** 여러 칸이 있다면 한 번에 한 칸씩, 간격을 두고 하십시오.

- **약품 투여.** 항생제, 일부 기생충약, 살조제는 여과 박테리아에도 작용합니다.
- **정전 이후.** 순환이 몇 시간 멈추면 여과재 안쪽이 산소 부족에 빠지고, 재가동 시 죽은 유기물이 한꺼번에 밀려 나옵니다. 태풍 시즌에 흔합니다.
- **봄 재가동.** 겨울 동안 활성이 떨어진 여과조가 아직 깨어나지 않았는데 수온이 오르고 급이가 재개되면 암모니아가 먼저 나타납니다. 사실상 매년 반복되는 부분 물잡기입니다.

중요한 세부가 둘 있습니다. 첫째, **총암모니아(TAN) 수치만으로는 위험도를 알 수 없습니다.** 실제로 독성을 내는 것은 비이온 암모니아(NH_3)이고, 그 비율은 pH와 수온이 결정합니다. pH가 높고 수온이 높을수록 같은 총암모니아라도 훨씬 위험합니다. 둘째, **아질산염(NO_2^-)은 헤모글로빈과 결합해 산소 운반을 막습니다.** 즉 산소 수치가 정상인 물에서도 물고기가 질식사합니다. 폭기를 아무리 올려도 나아지지 않는다면 이쪽을 의심하십시오. 자세한 내용은 암모니아·아질산염에 있습니다.

암모니아가 남아 있는 연못에서 pH를 급히 올리지 마십시오. 낮은 pH에서는 암모니아가 대부분 이온형(NH_4^+)으로 존재해 독성이 낮습니다. 수산화칼슘이나 pH-up 제품으로 pH를 끌어올리면 그 균형이 순식간에 비이온 암모니아(NH_3) 쪽으로 이동합니다. 봄철 연못에서 이 조치 하나로 물고기를 잃는 경우가 있습니다.

원인 ④ 수온 충격

비단잉어는 넓은 수온 범위를 견디지만, **빠른 변화**는 견디지 못합니다. 사계절이 뚜렷한 기후에서 이 문제는 특정 시기에 몰립니다.

- **지하수 직접 주입.** 단독주택·전원주택 연못에서 가장 흔한 사고입니다. 지하수는 계절과 무관하게 낮은 온도로 나오고, 용존산소가 거의 없으며, 이산화탄소가 높습니다. 한여름에 연못에 직접 대량으로 넣으면 수온·산소·pH가 동시에 움직입니다. 별도 저수조에서 폭기해 안정시킨 뒤 쓰십시오.
- **대량 환수.** 수온과 수질이 함께 바뀝니다. 나누어 하십시오.
- **봄과 가을의 큰 일교차.** 얇은 연못일수록 하루 안에 크게 움직입니다. 이미 면적이 늘린 봄철 개체에게는 부담이 큼니다.
- **겨울에 얼음을 깨는 행위.** 충격이 전달되고 저층의 따뜻한 물이 뒤섞입니다. 얼음은 깨지 말고 **가스 교환 구멍**을 유지하십시오.
- **새 개체 도입.** 온도 순차 없이 넣으면 이동 스트레스에 수온 충격이 겹칩니다.

겨울과 관련해 하나 더 짚겠습니다. 수온이 약 8-10°C 아래로 내려가면 소화는 사실상 멈추고, 약 10°C 아래에서는 면역 기능도 떨어진다는 것이 통용되는 관행적 설명입니다. 그런데도 급이를 이어 가면 소화되지 않은 사료가 부담으로 남습니다. **연중 급이를 전제로 쓰인 해외 자료를 그대로 따르지 마십시오.** 국내 중부 지방 연못에서 그 조언은 해롭습니다.

사후에 원인을 구분하는 방법

이미 벌어진 뒤라면, 남아 있는 단서로 역산해야 합니다. 다음 표가 실무에서 쓰기 좋은 순서입니다.

단서	산소 부족	pH 급락	암모니아·아질산염	수온 충격
발견 시각	새벽~아침에 집중	새벽~아침에 집중	시간대와 무관, 며칠에 걸쳐	사건 직후 수 시간~하루
어느 개체가 먼저	가장 큰 개체	크기와 무관, 약한 개체부터	크기와 무관, 어린 개체가 빠를 수 있음	이동·도입 개체, 약한 개체
물고기의 위치·행동	수면·유입부·폭기 주변에 몰려 입을 뿔뿔거림	바닥에 붙거나 흩어져 무기력	무기력, 아가미를 빠르게 움직임, 폭기해도 나아지지 않음	측면으로 눕거나 급격히 흩어짐
체표·아가미	특이 소견이 적고, 사체는 아가미를 벌린 상태	점액 과다로 허영게 흐림, 아가미 자극	아가미 충혈, 아질산염이면 혈액 이상	특이 소견 적음
지금 재면 남아 있는 값	거의 남지 않음(해가 뜨면 회복)	KH가 낮게 남아 있음. 정오 pH는 회복	남아 있음	수온 기록에 남음
직전 며칠의 사건	열대야, 장마, 정전, 살조제·조류 폐사	장마·호우, 봄 재가동, 오래 미측정	여과조 청소, 약품, 정전 후 재가동, 봄	지하수 주입, 대량 환수, 큰 일교차, 신규 도입

표에서 가장 중요한 줄은 다섯 번째입니다. 가장 흔한 두 원인, 즉 산소 부족과 pH 급락은 아침 해가 뜨면 증거가 사라집니다. 광합성이 재개되면 산소가 올라오고 이산화탄소가 빠지면서 pH도 회복됩니다. 그래서 오전 10시에 측정기를 들고 나가면 “모든 수치 정상”이 나오고, 원인 불명으로 정리됩니다. 그 연못은 다음 조건이 갖춰지면 같은 일을 반복합니다.

지금 하실 수 있는 확인

1. **KH를 재십시오.** 낮게 남아 있다면 pH 급락의 유력한 근거입니다. 이 값은 아침에도 사라지지 않습니다.
2. **암모니아와 아질산염을 재십시오.** 검출된다면 원인이 거의 확정됩니다.
3. **같은 날 새벽과 정오에 pH를 각각 재십시오.** 진폭이 0.5를 넘으면 완충이 얇다는 뜻입니다.
4. **가능하면 일출 직전에 용존산소를 재십시오.** 낮에 재는 값은 이 문제에 관해 거의 정보를 주지 않습니다.
5. **최근 2주의 기록을 되짚으십시오.** 여과조 청소, 약품, 정전, 호우, 지하수 보충, 신규 도입 중 무엇이 있었는지 가 대개 답을 줍니다.

국내 계절별 위험 지도

시기	가장 흔한 원인	대비
12-2월 한겨울·결빙	수온 충격, 얼음 아래 가스 축적	급이 중단, 여과조 청소·대량 환수 금지, 폭기는 알게, 가스 교환 구멍 유지
3-4월 해빙기	암모니아·아질산염, pH 급락	한 해에서 가장 위험한 구간입니다. 여과가 깨어나기 전에 급이를 서두르지 마시고, 주 2-3회 측정하십시오
5-6월 초여름	급이 증가에 따른 KH 소모	장마 전에 KH를 권장 범위 상단(9-10 dKH)까지 확보
6월 하순-7월 장마	pH 급락, 산소 부족	장마 중반 KH 재측정, 야간 폭기 강화, 월류 경로 확인

시기	가장 흔한 원인	대비
7월 말-8월 폭염·열대야	새벽 산소 최저점	야간 폭기는 선택이 아닙니다. 급이를 줄이고 바닥 유기물을 관리하십시오
8-10월 태풍	정전으로 인한 산소 부족, 희석	폭기·순환에 예비 전원. 통과 후 KH 재측정
9-10월 가을	큰 일교차	여과조 작업이 가능한 마지막 안전 구간
11월 월동 준비	급이 자연에 따른 부담	급이를 단계적으로 축소, KH 보충, 직전 여과조 청소 금지

무엇이 더 일찍 알려 줄 수 있었습니까

위의 원인들을 다시 보시면 공통점이 하나 있습니다. **어느 것도 순간적으로 시작되지 않았다는 것**입니다.

- 산소는 밤새 몇 시간에 걸쳐 내려갔고, 그 전 며칠 동안에도 매일 밤 최저점이 조금씩 깊어졌습니다.
- KH는 몇 주에 걸쳐 줄었습니다. pH가 움직이기 전에 이미 다 진행되어 있었습니다.
- 암모니아는 여과조를 청소한 그날 저녁부터 올라가기 시작했습니다.
- 수온은 지하수를 넣은 그 시각의 기록에 남아 있습니다.

즉 사건은 갑작스러웠지만 **조건은 갑작스럽지 않았습니**다. 물고기가 예고 없이 죽은 것처럼 보이는 이유는 예고가 없었기 때문이 아니라, 예고가 나타난 시간대에 아무도 그 값을 보고 있지 않았기 때문입니다. 주 1회 측정은 168시간 중 몇 분이며, 하필 그 몇 분은 거의 언제나 낮입니다. 그리고 낮의 단 한 번 측정은 이 문제에 관해 하루 중 가장 정보가 적은 측정입니다.

국내에서 연못은 아파트가 아니라 단독주택·전원주택·별장, 또는 카페나 한정식집, 사찰의 마당에 있습니다. 소유자가 늘 그 옆에 있지 않은 경우가 많습니다. 8월의 새벽 4시, 장마 한가운데의 밤, 태풍이 지나간 뒤 정전된 새벽에 연못 옆에 서 있는 사람은 없습니다. 연속 감시의 실질적인 근거는 바로 이 부재입니다.

H2Koi가 하는 일. 수온·pH·용존산소(mg/L과 산소포화도 %), 전기전도도·탁도·암모늄(NH₄)·질산염(NO₃)을 연속으로 직접 측정하고(ORP는 선택 사양입니다), 거기에서 KH, 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, TDS 등을 계산합니다. 광학 센서면은 자동 세척 와이퍼가 관리합니다. **KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.** 그리고 이것은 문제를 막아 주는 장비가 아니라 더 일찍 알게 해 주는 장비입니다. 질병과 기생충은 이 페이지의 범위가 아니며 H2Koi도 이를 검출하지 않습니다.

지금 막 물고기를 잃으셨다면

1. 급이를 중단하십시오. 원인이 무엇이든 부담을 줄입니다.
2. 폭기를 최대로 올리십시오. 산소를 올리고 이산화탄소를 날려 보냅니다. 네 가지 원인 중 셋에 도움이 됩니다.
3. 수질을 크게 움직이지 마십시오. 대량 환수, pH 조정제, 여과조 청소는 지금 하지 않습니다.
4. KH·암모니아·아질산염·pH·수온을 기록하십시오. 새벽과 정오 두 번이면 더 좋습니다.

5. 사체는 남겨 두지 말고 치우십시오. 분해가 산소를 더 소비합니다.
6. 남은 개체의 상태가 나쁘다면 임의로 약품을 쓰지 마시고, 비단잉어에 밝은 전문점이나 수의사와 상의하십시오.

여기 실린 수치와 절차는 비단잉어 사육에서 널리 쓰이는 관행적인 값이며, 모든 연못에 그대로 적용되는 처방이 아닙니다. 연못마다 수량 추정, 원수, 방양 밀도, 여과 방식이 다르므로 반드시 본인의 측정값에 대조해 판단하십시오.

자주 묻는 질문

멀쩡하던 비단잉어가 하룻밤 사이에 죽는 가장 흔한 원인은 무엇입니까

현실적인 순서는 ① 새벽 산소 최저점 ② pH 급락 ③ 여과조 교란 뒤의 암모니아·아질산염 ④ 수온 충격입니다. 앞의 두 가지는 밤에만 존재하는 조건이라 해가 뜨면 증거가 사라지고, 그래서 낮에 측정하면 모든 수치가 정상으로 나옵니다. 질병을 먼저 의심하시는 경우가 많지만, 하룻밤에 여러 마리가 상태를 잃는 양상은 대개 물 쪽입니다.

왜 가장 큰 개체가 먼저 죽습니까

몸이 클수록 절대 산소 요구량이 크고, 체중 대비 아가미 면적은 오히려 작기 때문입니다. 그래서 새벽에 산소가 떨어지면 가장 크고 값나가는 개체부터 영향을 받습니다. 아침에 큰 개체만 폐사해 있고 작은 개체는 멀쩡하다면 산소를 가장 먼저 의심하시고, 일출 직전의 용존산소를 확인하십시오.

낮에 재면 수치가 다 정상인데 왜 밤에 문제가 생깁니까

낮에는 광합성이 산소를 만들고 이산화탄소를 소비하지만, 밤에는 물고기·여과 박테리아·조류·바닥의 분해가 모두 산소를 쓰고 이산화탄소를 내놓기만 합니다. 그래서 용존산소와 pH의 최저점은 함께 일출 직전에 옵니다. 해가 뜨면 두 값 모두 빠르게 회복되므로, 오전 10시의 측정 한 번은 이 문제에 관해 하루 중 가장 정보가 적은 측정이 됩니다.

여과조를 청소한 뒤 물고기가 죽었습니다. 관계가 있습니까

관계가 있을 가능성이 큼니다. 질화 박테리아는 여과재 표면에 붙어 살고 회복에 며칠에서 몇 주가 걸립니다. 여과재를 수돗물로 씻으면 잔류 염소가 박테리아를 죽이고, 여러 칸을 한 번에 청소하면 처리 능력이 급감합니다. 암모니아와 아질산염을 즉시 재 보십시오. 특히 아질산염은 헤모글로빈과 결합해 산소 운반을 막으므로, 용존산소가 정상인 물에서도 물고기가 질식사합니다. 폭기를 올려도 나아지지 않는다면 이쪽입니다.

한국에서 폐사가 가장 많이 나는 시기는 언제입니까

3-4월 해빙기와 7월 말-8월 열대야 기간, 그리고 장마와 태풍 시즌입니다. 봄은 수온이 빠르게 오르는 데 여과조가 아직 깨어나지 않아 암모니아가 먼저 나타나고 일교차까지 큼니다. 8월은 밤에도 연못이 열을 버리지 못해 새벽 산소 최저점이 가장 깊어집니다. 장마는 완충을 며칠 만에 희석하고, 태풍은 정전으로 폭기를 멈춥니다.

지하수를 연못에 바로 넣어도 됩니까

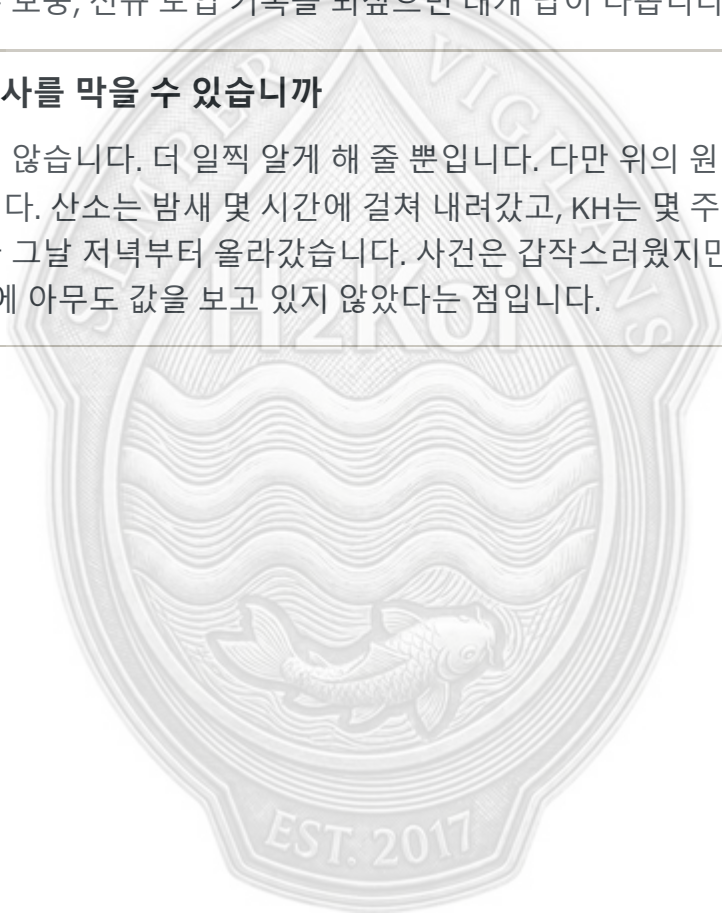
권하지 않습니다. 지하수는 계절과 무관하게 낮은 온도로 나오고, 용존산소가 거의 없으며 이산화탄소가 높습니다. 철·망간이 함께 들어오기도 합니다. 한여름에 직접 대량으로 넣으면 수온·산소·pH가 동시에 움직여 수온 충격과 산소 부족이 겹칩니다. 별도 저수조에서 폭기해 안정시킨 뒤 쓰시고, 쓰기 전에 본인의 지하수를 직접 측정해 두십시오.

이미 폐사한 뒤인데 원인을 확인할 방법이 있습니까

남아 있는 값부터 재삽시오. KH가 낮게 남아 있으면 pH 급락의 유력한 근거이고, 암모니아나 아질산염이 검출되면 원인이 거의 확정됩니다. 같은 날 새벽과 정오에 pH를 각각 재서 진폭이 0.5를 넘는지 보시고, 가능하면 일출 직전의 용존산소를 확인하십시오. 그리고 최근 2주 사이의 여과조 청소, 약품 투여, 정전, 호우, 지하수 보충, 신규 도입 기록을 되짚으면 대개 답이 나옵니다.

연속 감시가 있으면 폐사를 막을 수 있습니까

막아 준다고 말씀드리지 않습니다. 더 일찍 알게 해 줄 뿐입니다. 다만 위의 원인들은 어느 것도 순간적으로 시작되지 않았습니다. 산소는 밤새 몇 시간에 걸쳐 내려갔고, KH는 몇 주에 걸쳐 줄었으며, 암모니아는 여과조를 청소한 그날 저녁부터 올라갔습니다. 사건은 갑작스러웠지만 조건은 갑작스럽지 않았고, 문제는 그 시간대에 아무도 값을 보고 있지 않았다는 점입니다.



연못의 용존산소(DO) – 새벽에 무슨 일이 일어나는가

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 최대로, 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 않았습다. 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 충분할까요

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.

암모니아와 아질산염 – 같은 수치라도 pH와 수온이 독성을 결정합니다

코이(비단잉어) 연못에서 갑자기 물고기를 잃는 사고는 대부분 암모니아, 아질산염, 또는 둘 다입니다. 물은 맑은 채로 수치만 올라가기 때문에 눈으로는 알 수 없습니다. 그리고 시약 키트가 알려 주는 "총암모니아 0.5 mg/L"라는 숫자 하나만으로는 위험한지 아닌지 판단할 수 없습니다. 같은 농도라도 pH와 수온에 따라 실제 독성은 수십 배 차이가 납니다. 이 페이지가 가장 먼저 말하려는 것이 그 부분이고, 두 번째로 말하려는 것은 한국의 연못에서 이 사고가 가장 많이 일어나는 시점이 한여름이 아니라 3~4월 해빙기라는 사실입니다.

요점

- 코이가 내보낸 암모니아를 여과조의 질화 박테리아가 암모니아 → 아질산염 → 질산염으로 처리합니다. 중간 단계는 모두 독성이 높고, 여기서 막히면 사고가 됩니다.
- 총암모니아(TAN)는 암모늄(NH_4^+)과 비이온 암모니아(NH_3)로 나뉘며, 해로운 쪽은 NH_3 입니다. NH_3 의 비율은 pH가 높을수록, 수온이 높을수록 급격히 커집니다. 같은 1.0 mg/L이라도 pH 8.5·30°C는 pH 7.0·15°C의 약 80배입니다.
- 아질산염의 목표값은 0입니다. 혈액의 헤모글로빈과 결합해 산소를 운반하지 못하게 만들기 때문에, 용존산소(DO) 수치가 정상인 물에서도 물고기는 질식합니다.
- 여과재를 씻거나 약을 쓴 뒤 2~5일에 아질산염이 올라오는 것은 예외가 아니라 전형적인 경과입니다.
- 암모니아를 산화하는 첫 단계가 탄산경도(KH)를 소모합니다. 잘 먹이고 잘 여과하는 연못이 방치된 연못보다 완충 능력을 더 빨리 씹니다.

질소는 어디서 나와서 어디로 가는가



코이는 질소 노폐물의 대부분을 아가미에서 암모니아 형태로 물에 직접 내보냅니다. 여기에 배설물, 먹다 남은 사료, 떨어진 잎, 폐사한 개체가 분해되면서 나오는 암모니아가 더해집니다. 즉 암모니아는 무언가 잘못되었을 때 생기는 물질이 아니라, 코이를 기르는 한 매일 계속 생성되고 있는 물질입니다. 문제는 생성이 아니라 처리 속도입니다.

처리를 맡고 있는 것이 여과조의 생물여과입니다. 암모니아 산화균이 암모니아를 아질산염으로 바꾸고, 아질산염 산화균이 아질산염을 질산염으로 바꿉니다. 질산염까지 오면 독성은 크게 낮아지고, 남은 일은 환수로 희석해 빼내는 것뿐입니다. 이 두 단계 중 어느 쪽이든 사료 부하를 따라가지 못하면, 처리되지 못한 만큼이 그대로 물에 쌓입니다.

"물이 잡혔다"는 말은 이 두 단계가 현재의 사료량을 따라잡고 있다는 뜻입니다. 새 연못에서 이 상태에 도달하는 과정이 물잡기이고, 뒤에서 다시 말하겠지만 한국의 연못은 사실상 매년 봄마다 이 과정을 축소판으로 한 번 더 겪습니다.

총암모니아만 보고는 판단할 수 없습니다

시판 시약이 읽는 값은 대개 총암모니아(TAN)입니다. 이 값은 물속에서 두 가지 형태의 합입니다.

- 암모늄 이온(NH_4^+) — 전하를 띠고 있어 아가미 상피를 잘 통과하지 못합니다. 같은 농도라면 독성이 훨씬 낮습니다.
- 비이온 암모니아(NH_3) — 전하가 없어 막을 그대로 통과합니다. 국내 수질 기준에서도 이 형태를 따로 다루며, 문헌에 따라 유리 암모니아로 표기되기도 합니다. 실제로 아가미를 상하게 하는 쪽은 이쪽입니다.

두 형태의 비율을 정하는 것은 pH와 수온입니다. pH가 1 올라가면 NH₃ 쪽으로 약 10배 기울고, 수온이 올라가면 여기서 더 기울어집니다. 아래는 총암모니아 중 NH₃가 차지하는 대략적인 비율입니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

PH	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
7.0	0.19%	0.27%	0.40%	0.57%	0.80%
7.5	0.59%	0.86%	1.2%	1.8%	2.5%
8.0	1.8%	2.7%	3.8%	5.4%	7.5%
8.5	5.6%	7.9%	11%	15%	21%

총암모니아가 똑같이 1.0 mg/L이라고 하겠습니다. pH 7.0, 수온 15°C인 연못에서 비이온 암모니아는 약 0.003 mg/L로 사실상 무시할 수 있습니다. 같은 1.0 mg/L이 pH 8.5, 수온 30°C인 연못에서는 약 0.21 mg/L이 되어 아가미 손상 영역에 들어갑니다. 시약이 보여 주는 숫자는 완전히 같고, 실제 노출량은 약 80배 차이입니다.

그래서 암모니아 수치를 기록할 때는 반드시 pH와 수온을 같은 줄에 적어 두십시오. 이 세 값이 함께 있어야 의미가 생깁니다. 뒤집어 말하면, pH와 수온이 없는 암모니아 수치는 좋은 소식도 나쁜 소식도 되지 못합니다.

암모니아가 검출되어 있는 상태에서 pH를 급하게 올리지 마십시오. KH를 보충하거나 알칼리성 자재를 한꺼번에 투입해 pH가 7.5에서 8.5로 움직이면, 총암모니아가 1 mg/L도 줄지 않았는데 비이온 암모니아만 몇 배로 늘어납니다. 같은 이유로 한여름 오후, 광합성으로 pH가 하루 중 최고점에 도달하는 시간대가 가장 위험합니다. 완충을 다시 세워야 한다면 암모니아가 잡힌 뒤에, 며칠에 나누어 올리십시오.

아질산염은 산소가 충분한 물에서 질식시킵니다

아질산염은 성질이 다릅니다. pH에 따른 독성 변화가 거의 없기 때문에, pH가 낮은 연못이라고 안심할 수 없습니다. 오히려 산성 쪽으로 기운 연못에서는 암모니아보다 아질산염을 먼저 경계합니다.

아질산염은 아가미로 흡수되어 혈액의 헤모글로빈과 결합하고, 산소를 실어 나르지 못하는 형태(메트헤모글로빈)로 바꿉니다. 혈액이 갈색을 띠기 때문에 영어권에서는 brown blood라고 부릅니다. 결과적으로 물속 용존산소가 충분해도 물고기 쪽이 산소를 운반하지 못합니다. 수면에서 입을 뻐끔거리고, 유입구 근처에 모이고, 아가미 움직임이 빨라지고, 사료를 먹지 않습니다. 산소 부족과 겉모습이 구별되지 않습니다. 폭기를 늘렸는데도 뻐끔거림이 개선되지 않는다면 아질산염을 의심하십시오.

소금에 들어 있는 염화물 이온은 아가미에서 아질산염과 경쟁해 체내 흡수를 방해합니다. 여과가 회복될 때까지 시간을 버는 수단으로 오래 쓰여 온 방법이며, 관행적인 보호 수준은 0.1% 전후입니다. 염분 0.1%는 1 kg/톤이므로(1톤 = 1,000 L), 20톤 연못이라면 약 20 kg입니다. 농도를 더 올릴수록 지금 되살리려는 바로 그 여과 박테리아에 부담이 되고, 일부 어병약이나 대부분의 수생식물과도 상충합니다. 다만 이 계산은 출발점일 뿐이고, 실제로는 반드시 측정된 염분 값에 맞추어야 합니다. 연못 용적은 대부분 실제보다 크게 추정되며, 소금은 증발로 줄지 않고 환수로만 빠지기 때문에 추가 투입을 반복하면 농도를 알 수 없게 됩니다. 자세한 내용은 소금 페이지를 보십시오.

여과조를 청소한 뒤 2~5일, 아질산염이 올라옵니다

가장 흔한 상담 내용이 "청소를 했더니 오히려 나빠졌다"입니다. 순서를 알면 놀랄 일이 아닙니다. 여과재를 수돗물로 헹구면 잔류 염소가 여과 박테리아를 죽입니다. 약을 쓰면 대부분의 어병약이 질화 박테리아에도 작용합니다. 그리고 두 군 그룹은 회복 속도가 다릅니다. 암모니아 산화균이 먼저 살아나 암모니아를 아질산염으로 바꾸기 시작하는데, 아질산염 산화균은 아직 회복되지 않았습니다. 그래서 암모니아는 내려갔는데 아질산염만 며칠씩 남는 구간이 생깁니다. 암모니아가 0이 되었다고 검사를 멈추면 이 구간을 통째로 놓칩니다.

원인	전형적인 상황	나타나는 방식
여과가 아직 서지 않음	새 연못, 여과재 전량 교체, 해빙 직후	암모니아 먼저, 아질산염이 뒤따라
여과재를 수돗물로 세척	청소 다음 날부터	둘이 며칠 안에 동시에
투약·급격한 가염	투약 후 2~5일	아질산염이 길게 남음
사료 과다	수온이 오른 시기, 증량 직후	서서히 상승
폐사체·대량의 낙엽	여과조 바닥, 흡입구	국소적으로 급상승
정전·펌프 정지	태풍 시즌, 수 시간의 순환 중단	통수 재개 직후 한꺼번에
한꺼번에 여러 마리 입식	구입 직후, 연못 확장	며칠~2주 사이

여과재를 씻어야 한다면 반드시 연못 물로, 그리고 한 번에 전부가 아니라 나누어 하십시오. 깨끗하게 정리했다고 생각한 작업이 생물여과를 0으로 되돌려 놓는 경우가 실제로 많습니다.

수치를 어떻게 읽을 것인가

연못마다 수질도 개체 크기도 다르므로 아래 표는 판단의 출발점입니다. 절대값보다 지난번 대비 어느 방향으로 움직였는지가 더 중요한 경우도 많습니다.

항목	목표	주의	위험
비이온 암모니아 NH3	0.02 mg/L 미만	0.02~0.05 mg/L	0.05 mg/L 초과
총암모니아 TAN	검출되지 않음	0.25 mg/L부터	pH·수온에 따라 결정
아질산염 NO2-	0	0.1 mg/L부터	0.3 mg/L 초과
질산염 NO3-	40 mg/L 미만	40~100 mg/L	100 mg/L 초과
탄산경도(KH)	6~10 dKH	3~5 dKH	3 dKH 미만

질산염은 앞의 두 물질에 비하면 독성이 훨씬 낮아 응급 대응의 대상이 아닙니다. 다만 "쌓인 부하의 기록"으로는 대단히 정직한 지표이고, 계속 오르고 있다면 환수량이 사료량을 따라가지 못하고 있다는 뜻입니다. 질산염은 환수 외에는 잘 내려가지 않습니다.

시약 표기도 확인해야 합니다. 아질산염에는 NO2로 표기하는 제품과 질소 환산인 NO2-N으로 표기하는 제품이 있고, 같은 물을 측정해도 숫자는 약 3.3배 다릅니다. 암모니아도 NH4+ 표기와 NH3-N 표기가 섞여 있습니다. 시약 브랜드를 바꾼 직후 "갑자기 올랐다"고 보이는 사례의 상당수는 단위가 바뀐 것뿐입니다.

암모니아를 처리할 때마다 완충이 줄어듭니다

여기서 탄산경도(KH) 이야기가 들어옵니다. 탄산경도는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다. 이후로는 KH로 부르겠습니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO₃이며, 코이 연못에서 널리 쓰이는 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L)입니다.

암모니아성 질소 1 mg/L이 산화될 때 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO₃ 기준), 즉 약 0.4 dKH 소모됩니다. 여기서 중요한 세부가 하나 있습니다. 이 산은 전부 첫 단계, 암모니아에서 아질산염으로 가는 단계에서 나옵니다. 아질산염에서 질산염으로 가는 두 번째 단계는 알칼리도를 전혀 소비하지 않습니다.

결과는 직관과 반대입니다. 개체수가 충분하고 여과가 잘 돌고 사료를 넉넉히 주는 연못이, 방치된 연못보다 완충 능력을 훨씬 빨리 태웁니다. 예를 들어 하루에 총암모니아 0.5 mg/L에 해당하는 양이 생겨 전량 산화된다면 하루 약 0.2 dKH가 사라집니다. 열흘이면 2 dKH입니다. 보충이 없으면 성장기 한 달 만에 권장 범위 아래로 내려갈 수 있습니다.

반대 방향도 성립합니다. 질화 박테리아는 무기 탄소원으로 알칼리도를 사용하므로, KH가 바닥난 연못은 암모니아 처리 능력 자체를 잃습니다. 완충이 무너지면 pH가 흔들리고(pH 급락), 동시에 암모니아가 처리되지 않고 쌓이기 시작합니다. 두 사고가 함께 오는 이유가 여기에 있습니다.

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 국내 판매 페이지에서 이 둘이 모두 "경도"로 뭉뚱그려진 경우가 많으므로, 시약을 고를 때 어느 쪽을 측정하는 제품인지 반드시 확인하십시오.

한국의 1년에서 이 수치가 움직이는 지점

아래는 중부(서울·경기)를 기준으로 한 것이며, 남부와 제주는 2~4주 이르고 온화하게, 강원 내륙은 더 춥고 길게 움직입니다.

3-4월 해빙기 – 1년 중 가장 위험한 구간

한국의 연못이 물고기를 잃는 시기는 대개 여기입니다. 수온은 빠르게 오르는데 일교차가 크고, 코이는 면역이 억눌린 상태로 겨울을 빠져나옵니다. 대략 10°C 이하에서 면역 기능이 억제된다는 것은 정확한 임계값이라기보다 관행적인 이해로 받아들이는 편이 안전합니다. 여기에 여과조가 아직 깨어나지 않았다는 조건이 겹칩니다. 물고기의 대사는 먼저 올라오고 질화 박테리아는 늦게 올라오기 때문에, 암모니아가 먼저 나타나고 처리가 뒤늦게 따라옵니다. 사실상 해마다 봄에 부분 물잡기를 다시 하는 셈이며, 이 과정에서 KH가 크게 소모됩니다. 첫 급이를 서두르지 말고, 3월부터는 총암모니아·아질산염·KH를 함께 재입시오.

5-6월

성장과 급이가 본격화되고 완충 소모도 같이 올라갑니다. 이 시기의 KH 관리가 장마를 건디는 여유분을 만듭니다.

6월 하순-7월 장마

연간 강수의 상당 부분이 짧은 기간에 쏟아지고, 국지성 호우가 더해집니다. 약산성의 부드러운 빗물과 정원 유출수가 며칠 단위로 완충을 희석합니다. KH가 낮아지면 pH가 흔들릴 뿐 아니라 질화 속도까지 떨어지므로, 장마 중 암모니아가 오르는 연못이 드물지 않습니다. 장마 전에 KH를 재고 6월 중 권장 범위 상단으로 올려 두십시오. 장

마 중간에 다시 재고, 월류부가 실제로 월류로 작동하는지, 아니면 물이 연못 테두리를 넘어 흙탕물째 되돌아 들어오고 있는지 확인하십시오.

7월 말~8월 폭염과 열대야

열대야가 이어지면 연못은 밤에도 열을 버리지 못합니다. 수온이 높게 유지되므로 비이온 암모니아 비율은 표의 오른쪽 끝에 머무르고, 사료 부하는 1년 중 최대이며, 산소는 새벽에 최저점을 찍습니다. 이 시기에는 오후의 시약 검사 한 번보다 급이량을 줄이는 판단이 더 확실한 안전 조치입니다. 수온 페이지에서 자세히 다룹니다.

8-10월 태풍

갑작스러운 희석에 더해 정전이 겹칩니다. 순환 펌프가 몇 시간 멈추면 여과재 내부가 산소를 잃고, 통수를 재개한 직후 암모니아와 아질산염이 한꺼번에 밀려 나옵니다. 폭기 계통에 예비 전원을 두는 것은 한국 연못에서 실질적인 대비이며, 복전 후 3일간은 매일 측정하십시오.

9-11월

가을은 성장이 가장 좋은 구간이자 여과조 작업이 가능한 마지막 안전 구간입니다. 수온이 내려가면 급이를 줄이고, 11월에는 겨울 전에 KH를 채워 둡니다. 월동 직전에 여과조를 청소하지 마십시오.

12-2월 한겨울

수면이 얼고 깊은 물은 4°C 부근에 머물니다. 대략 8~10°C 이하에서 소화가 사실상 멈추므로 급이는 중단합니다. 이 시기에는 암모니아 생성량도 적지만, 여과 능력 역시 거의 없다는 점을 같이 기억해야 합니다. 대량 환수와 여과조 청소는 하지 않습니다.

검출했을 때의 순서

1. 급이를 중단합니다. 공급원을 끊는 것이 가장 빠르고 확실합니다. 며칠 굶겨도 코이는 약해지지 않습니다.
2. 같은 시각의 pH와 수온을 함께 재서 비이온 암모니아로 환산합니다. 남은 시간이 몇 시간인지 며칠인지를 알려 주는 것이 이 값입니다.
3. 폭기를 강화합니다. 아질산염으로 산소 운반이 막힌 개체에게는 물속 산소 분압을 올리는 것이 직접적인 도움이 됩니다.
4. 염소를 제거한 물로 부분환수합니다. 1회 전체 수량의 1/4~1/3을 기준으로 하고, 필요하면 날을 나누어 반복합니다. 수온 차는 2°C 이내로 맞춥니다.
5. 여과조는 더 이상 건드리지 않습니다. 역세도 세척도 멈춥니다. 지금 필요한 것은 살아남은 박테리아입니다.
6. 아질산염이 나오면 소금을 검토합니다. 측정된 염분 값을 기준으로 하고, 투입량을 기록합니다.
7. 처음에는 몇 시간 간격으로, 이후 매일 측정합니다. 연속 두 번 정상이 나올 때까지 멈추지 마십시오. 암모니아가 사라진 뒤에 아질산염이 올라오는 것이 정상적인 경과이므로, 암모니아만 보고 끝내지 마십시오.

환수는 희석일 뿐이며, 여과가 돌아올 때까지 수치는 몇 번이고 다시 올라옵니다. 그래도 그동안의 노출량을 계속 낮추는 데에는 분명한 의미가 있습니다. 회복 기간은 수온에 크게 좌우되어, 따뜻한 시기의 몇 주가 저수온기에는 그 두 배 이상이 되기도 합니다.

주 1회 시약 검사가 구조적으로 놓치는 것

이 사고가 까다로운 이유는 진행이 빠르는데 눈에 보이는 신호가 늦게 나온다는 점입니다. 태풍으로 펌프가 네 시간 멈춘 연못은 그날 안에 수치가 움직입니다. 투약으로 여과가 상한 연못은 이틀째부터 올라옵니다. 일요일 아침에 재서 이상이 없던 연못이 수요일 저녁에 위험 영역에 들어가는 일은 드물지 않고, 다음 측정은 그다음 일요일입니다.

게다가 pH와 수온 자체가 하루 안에 움직입니다. 아침에 7.4이던 pH가 여름 오후에 8.6까지 오르는 연못이 있습니다. 같은 총암모니아라도 아침과 오후의 비이온 암모니아는 사실상 다른 물질에 가깝습니다. 그리고 우리가 시약을 들고 연못 앞에 서는 시각은 대개 서늘한 아침, 하루 중 가장 안전한 시간대입니다. 점검 빈도가 부족하다기보다, 점검이 가장 위험한 순간을 구조적으로 비껴가고 있는 것입니다.

여기에 한국의 사정이 하나 더 붙습니다. 아파트가 주거의 다수를 차지하는 만큼 야외 코이 연못은 단독주택·전원주택·별장이나 카페·한정식·사찰의 정원에 있습니다. 상당수는 두 번째 주택이거나 영업장입니다. 8월의 새벽 4시, 혹은 장마 한복판의 밤에 그 연못 옆에 서 있는 사람은 없습니다.

H2Koi가 측정하는 것과 측정하지 않는 것

직접 측정: 수온, pH, 용존산소(DO, mg/L 및 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃). 선택 사양: 산화환원전위(ORP).

측정값에서 연산: 탄산경도(KH), 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, 총용존고형물(TDS). KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

pH와 수온을 같은 순간, 같은 지점에서 측정하고 있기 때문에 암모늄 실측값으로부터 비이온 암모니아를 연속적으로 산출할 수 있습니다. 이것은 산업용 등급 센서가 만들어 내는 연속 조기경보입니다. 질병이나 기생충을 찾아내지는 못합니다. 광학 센서면은 와이퍼가 자동으로 닦아 오염에 의한 편차를 줄입니다. 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.

장비가 사고를 막아 주지는 않습니다. 막는 것은 이상을 알아챈 사람이 빨리 움직이는 일이고, 장비의 역할은 그 "빨리"를 만들어 내는 데 있습니다. 측정 방법 전반은 수질 측정, 항목별 기준값은 연못 수질 기준에서 다룹니다.

자주 묻는 질문

봄에 물은 맑은데 코이가 계속 죽습니다. 무엇부터 봐야 할까요

3~4월 해빙기라면 총암모니아와 아질산염, 그리고 그 두 값을 해석하기 위한 pH와 수온을 함께 재는 것이 먼저입니다. 겨울을 지나며 여과조는 거의 멈춰 있고 코이는 면역이 억눌린 상태인데, 수온이 오르면 대사가 먼저 올라와 암모니아가 나오기 시작합니다. 여과가 따라오기 전까지의 이 구간이 한국 연못에서 가장 사고가 많은 시기입니다. 함께 KH도 재십시오. 봄의 재가동은 완충을 크게 소모하며, KH가 낮아지면 질화 속도까지 떨어집니다.

총암모니아 0.5 mg/L는 위험한 값입니까

그 숫자만으로는 결정되지 않습니다. 판단해야 하는 것은 비이온 암모니아(NH₃)이고, 목표는 0.02 mg/L 미만입니다. 총암모니아 0.5 mg/L은 pH 7.0·15°C에서 약 0.0014 mg/L로 사실상 문제가 되지 않지만, pH 8.5·30°C에서는 약 0.10 mg/L로 명확한 위험 영역입니다. 같은 시약, 같은 눈금이라도 결론이 반대가 됩니다. 암모니아를 기록할 때는 반드시 pH와 수온을 같이 적어 두십시오.

여과조를 청소했더니 이틀 뒤에 아질산염이 나왔습니다. 정상입니까

전형적인 경과입니다. 여과재를 수돗물로 헹구었다면 잔류 염소가 여과 박테리아를 죽입니다. 회복 과정에서 암모니아 산화균이 먼저 살아나고 아질산염 산화균이 늦게 따라오기 때문에, 보통 2~5일 사이에 아질산염만 남는 구간이 생깁니다. 지금은 급이를 멈추고, 폭기를 올리고, 부분환수로 희석하면서 여과조를 더 건드리지 않는 것이 최선입니다. 다음부터는 연못 물로, 그리고 여과재를 한 번에 전부가 아니라 나누어 씻으십시오.

아질산염이 나왔을 때 소금은 얼마나 넣습니까

염화물 이온이 아가미에서 아질산염과 경쟁하므로 여과가 회복될 때까지의 보호 수단으로 유효하며, 관행적인 보호 수준은 0.1% 전후입니다. 염분 0.1%는 1 kg/톤(1톤 = 1,000 L)이므로, 20톤 연못이라면 약 20 kg입니다. 농도를 더 올릴수록 되살리려는 여과 박테리아에 부담이 되고, 일부 어병약이나 대부분의 수생식물과도 상충합니다. 다만 이 계산은 출발점일 뿐이고, 실제 투입은 반드시 측정된 염분 값을 보면서 조정해야 합니다. 연못 용적은 대개 실제보다 크게 추정되며, 소금은 증발로 줄지 않고 환수로만 빠지기 때문에 감으로 추가하면 농도를 알 수 없게 됩니다. 투입량은 기록해 두십시오.

장마철에 암모니아가 오르는 이유는 무엇입니까

빗물이 며칠 만에 KH를 희석하기 때문입니다. 질화 박테리아는 알칼리도를 무기 탄소원으로 쓰므로, 완충이 낮아지면 암모니아를 처리하는 속도 자체가 떨어집니다. 여기에 정원 유출수로 들어오는 유기물 부하와 낮은 광량이 더해집니다. 대응은 장마가 시작되기 전에 KH를 재서 6월 중 권장 범위 상단으로 올려 두고, 장마 중간에 다시 재는 것입니다. 이 시기에 필요한 것은 추가 환수가 아니라 완충 확인입니다.

시약의 NO2와 NO2-N은 어떻게 다르니까

NO2-N은 아질산염을 질소 무게로 환산한 표기이고, NO2는 아질산 이온 자체의 표기입니다. 같은 물을 재도 NO2 값이 NO2-N의 약 3.3배가 됩니다. 암모니아에도 NH4+ 표기와 NH3-N 표기가 섞여 있습니다. 시약 제품을 바꾼 직후 수치가 갑자기 뛴 것처럼 보인다면, 물을 의심하기 전에 단위를 먼저 확인하십시오.

태풍으로 정전이 되었습니다. 복전 후 무엇을 해야 할까요

순환이 멈춘 동안 여과재 내부는 산소를 잃고, 통수를 재개하면 그 안에 갇혀 있던 암모니아와 아질산염이 한꺼번에 밀려 나옵니다. 복전 직후에는 급이를 하루 이상 멈추고 폭기를 최대한 올린 뒤, 3일 동안 매일 총암모니아·아질산염·pH·수온을 재십시오. 그리고 다음 태풍을 대비해 폭기 계통만이라도 예비 전원을 두는 것을 권합니다. 순환보다 폭기가 먼저입니다.



새 연못과 물잡기 – 여과가 아직 암모니아를 처리하지 못하는 기간

물이 잡혔다는 말은 여과조 안의 박테리아 군집이 코이(비단잉어)가 내놓는 암모니아를 실시간으로 따라잡을 수 있게 되었다는 뜻입니다. 새로 만든 연못, 여과재를 새로 넣은 여과조, 그리고 겨울을 난 뒤 봄에 다시 돌아가기 시작한 연못은 모두 그 상태가 아닙니다. 이 기간에 무슨 일이 순서대로 일어나는지, 왜 이때 KH가 가장 빠르게 깎이는지, 그리고 무엇이 진행을 원점으로 되돌리는지를 정리합니다.

이 글의 요점

- 암모니아를 아질산염으로 바꾸는 균과 아질산염을 질산염으로 바꾸는 균은 다른 집단이며 순서대로 자랍니다. 그래서 **암모니아가 먼저 오르고, 늦게 아질산염이 오릅니다.**
- 수온에 크게 좌우됩니다. 20~25°C에서 4~8주가 흔한 기준이며, 저수온에서는 훨씬 길어집니다.
- **물잡기는 KH를 가장 빠르게 소모하는 시기입니다.** 암모니아성 질소 1 mg/L을 산화하는 데 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO₃ 기준), 즉 약 0.4 dKH 소모됩니다.
- 그 산은 전부 **첫 단계**에서 나옵니다. 아질산염에서 질산염으로 가는 단계는 알칼리도를 전혀 소모하지 않습니다.
- 한국에서는 매년 3~4월이 사실상 부분 물잡기이며, 연못이 코이를 잃는 시기도 대개 이때입니다.

물이 잡혔다는 것은 무슨 상태인가

생물여과를 담당하는 것은 물속을 떠다니는 무언가가 아니라 여과재 표면에 붙은 생물막입니다. 여과조는 주인이 손으로 가리킬 수 있는 통이고, 생물여과는 그 안에서 일어나는 과정이며, 실제로 일을 하는 것은 여과 박테리아입니다. 이 구분을 붙잡고 있으면 뒤에 나오는 실수 목록 대부분이 자명해집니다.

실무적인 판정 기준은 단순합니다. 평소대로 급이하는 상태에서 총암모니아(TAN)와 아질산염이 며칠 연속으로 검출되지 않으면 잡힌 것입니다. 하루 측정해서 0이 나온 것으로는 판정할 수 없습니다.

암모니아 다음에 아질산염 – 순서가 정해져 있습니다



코이는 아가미와 배설로 암모니아를 계속 내놓습니다. 사료가 많을수록 많이 나옵니다. 이것을 처리하는 과정이 질소순환이며, 연못에서는 두 단계로 나뉩니다.

- **1단계.** 암모니아를 아질산염으로 산화합니다. 이 단계에서 산이 나오고, 그 산을 KH가 받아 냅니다.
- **2단계.** 아질산염을 질산염으로 산화합니다. 이 단계는 알칼리도를 소모하지 않습니다.

두 단계를 맡는 균은 서로 다른 집단이고, 2단계 쪽이 늦게 자랍니다. 그래서 새 연못의 그래프에는 봉우리가 둘 생깁니다. 먼저 암모니아가 올랐다가 내려가고, 그다음에 아질산염이 올랐다가 내려갑니다. 두 봉우리 모두 급성 독성을 가집니다.

여기서 총암모니아 수치만 보는 것은 위험합니다. 물속의 암모니아는 비이온 암모니아(NH3)와 암모늄 이온으로 나뉘는데, 독성이 큰 쪽은 NH3이고 그 비율은 pH와 수온이 결정합니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

수온 / PH	7.0	7.5	8.0	8.5
20°C	0.4%	1.2%	3.8%	11%
25°C	0.6%	1.8%	5.3%	15%
30°C	0.8%	2.5%	7.4%	20%

표는 총암모니아 중 비이온 암모니아가 차지하는 비율입니다. 같은 총암모니아 1 mg/L이라도 pH 7.0의 20°C 연못과 pH 8.5의 30°C 연못은 전혀 다른 상황입니다. 그래서 총암모니아 값 하나만으로는 판단할 수 없습니다. 자세한 내용은 [암모니아와 아질산염](#)에 있습니다.

아질산염은 다른 방식으로 위험합니다. 헤모글로빈과 결합해 산소를 나르지 못하게 만들기 때문에, 물의 용존산소가 정상인데도 코이가 질식합니다. 목표값은 둘 다 0입니다.

얼마나 걸립니까

아래는 널리 쓰이는 관행적 기준이며, 여과재 종류와 사육 밀도, 원수에 따라 달라집니다.

수온	현실적인 소요 기간	비고
10°C 이하	사실상 진행되지 않음	결빙기에 물잡기를 시작하지 마십시오
12~15°C	8~12주	3월 말 재가동이 오래 걸리는 이유
18~22°C	4~8주	가장 흔히 인용되는 구간
24~28°C	3~5주	빠르지만 산소 여유가 줄어듭니다

기간을 줄이는 가장 확실한 방법은 이미 잡혀 있는 연못에서 여과재 일부를 나눠 받는 것입니다. 시판 중균제는 도움이 되는 경우가 있으나 결과가 일정하지 않으므로, 받았다면 그것을 근거로 급이를 앞당기지 마십시오.

물잡기는 KH를 가장 빠르게 소모합니다

이 절이 이 페이지에서 가장 실용적인 부분입니다. 탄산경도(KH)는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다.

질화의 1단계는 산을 만듭니다. 암모니아성 질소 1 mg/L을 산화하는 데 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO₃ 기준) 소모되며, 이는 약 0.4 dKH에 해당합니다. 1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃이고, 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L)입니다.

여기서 직관에 어긋나는 결론이 나옵니다. **사육 밀도가 높고 여과가 잘 돌고 사료를 많이 주는 연못일수록 완충을 더 빨리 태웁니다.** 방치된 연못보다 잘 관리되는 연못 쪽이 KH가 빨리 떨어집니다. 여과가 일을 잘하고 있다는 것은 곧 산을 많이 만들고 있다는 뜻이기 때문입니다.

사료로 환산해 보기. 흔히 쓰이는 어림값으로 사료 1 kg은 대략 30 g의 총암모니아성 질소를 낳습니다. 이를 산화하는 데 필요한 알칼리도는 약 210 g(CaCO₃ 기준)입니다. 20톤(20,000 L) 연못에서 하루에 사료 1 kg을 준다면 하루에 약 0.6 dKH가 사라지는 셈입니다. 되돌리려면 탄산수소나트륨이 약 350 g 필요합니다. 실제로는 일부 암모니아가 조류에 흡수되고 환수로도 빠지며 원수가 알칼리도를 조금 되돌려 주므로, 이 계산은 크기의 감각을 잡기 위한 것입니다. 확인은 계산이 아니라 측정으로 하십시오.

투여량 정정. 탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3) 약 30 g/톤(=30 mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 1톤 = 1,000 L입니다. 널리 퍼진 100 L당 1 g 규칙은 1톤당 10 g에 해당하며 약 0.33 dKH 밖에 올리지 못합니다. 세 배가량 모자란 값이므로 그대로 쓰지 마십시오. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 여과조에 굴 껍데기(굴패각)나 산호사를 넣어 두는 방식도 흔히 쓰이며, 이쪽은 서서히 녹아 완만하게 받쳐 줍니다. 모두 관행 값이며 처방이 아닙니다.

KH가 5 dKH 아래로 내려가면 pH가 불안정해지고, 3 dKH 아래는 위험 구간으로 봅니다. pH는 늦게 움직이는 지표입니다. 설계상 완충이 사라진 뒤에야 움직이므로, 먼저 보아야 할 것은 KH입니다. pH 급락과 탄산경도(KH) 페이지를 함께 보십시오.

산소도 함께 소모됩니다

질화는 산화 반응이므로 산소를 씁니다. 암모니아성 질소 1 mg을 질산염까지 산화하는 데 대략 4.6 mg의 산소가 듭니다. 앞의 20톤 연못 예로 돌아가면 하루 30 g의 질소를 처리하는 데 약 138 g의 산소가 필요합니다. 같은 연못이 물속에 녹여 두고 있는 산소 총량이 8 mg/L 기준으로 약 160 g이라는 점과 나란히 놓고 보면, 여과조 하나가 하루에 연못 한 통 분량의 산소를 쓰는 셈입니다.

그래서 물잡기 기간의 폭기는 여유 있게 잡아야 합니다. 특히 여름에 시작한 물잡기는 수온이 높아 진행은 빠르지만 산소 여유는 가장 적은 조건에서 진행됩니다.

한국에서는 봄이 매년 물잡기입니다

이것이 이 시장에서 가장 중요한 항목입니다. 12~2월 결빙기 동안 급이는 멈추고 여과 박테리아의 활성도 거의 사라집니다. 3~4월이 되면 수온이 빠르게 오르고 코이가 움직이기 시작합니다. 주인은 사료를 다시 주기 시작합니다. 그런데 여과는 아직 깨어나지 않았습니니다.

결과는 매년 같습니다. 암모니아가 먼저 올라오고, 며칠에서 몇 주 뒤에 아질산염이 뒤따릅니다. 그동안 KH는 겨울 동안 쌓아 둔 잔량에서 깎여 나갑니다. 여기에 큰 일교차와 겨울을 나며 눌린 면적이 겹칩니다. 한국의 연못이 코이를 잃는 시기는 한겨울이 아니라 이 해빙기입니다.

봄 재가동 순서. 수온이 안정적으로 오르기 전까지 급이를 서두르지 마십시오. 다시 주기 시작할 때는 소량으로 시작해 며칠 단위로 늘리고, 늘릴 때마다 총암모니아와 아질산염, KH를 확인합니다. KH는 겨울을 나며 이미 줄어 있는 경우가 많으므로 급이를 늘리기 전에 먼저 권장 범위 안으로 올려 두십시오. 여과조 청소는 이 시기에 하지 마십시오. 지금 남아 있는 생물막이 봄 전체를 좌우합니다.

물잡기를 되돌리는 실수

실수	일어나는 일
여과재를 수돗물로 헹굼	잔류 염소가 생물막을 죽입니다. 헹굴 때는 반드시 연못물을 씁니다

실수	일어나는 일
여과조 전체를 한 번에 청소	균집이 한꺼번에 사라집니다. 나누어, 그것도 가을까지 끝내십시오
겨울 직전 여과조 청소	회복할 수온이 남아 있지 않습니다. 11월 이후에는 손대지 마십시오
정전으로 여과 정지	물이 흐르지 않으면 생물막은 몇 시간 만에 상합니다. 태풍철 정전이 대표적입니다
약육을 연못 전체에 시행	대상이 기생충만은 아닙니다. 여과 박테리아도 영향을 받습니다
급이를 갑자기 늘림	암모니아 부하가 균집의 처리 능력을 넘습니다. 봄에 가장 흔합니다
KH가 바닥난 채 방치	완충이 사라지면 질화 자체가 둔해지고 pH가 흔들립니다

자외선 살균기에 대한 오해도 정리해 두겠습니다. 자외선은 물과 함께 흘러 지나가는 부유 미생물에 작용하며, 여과재 표면에 붙어 있는 생물막에는 닿지 않습니다. 자외선 살균기 때문에 물이 잡히지 않는 일은 없습니다. [녹조](#) 페이지에 관련 내용이 있습니다.

물잡는 동안의 관리

- **급이는 최소로.** 사료가 곧 암모니아입니다. 코이가 이미 들어 있다면 평소의 일부만 주고, 수치가 0으로 정리 될 때까지 늘리지 마십시오.
- **부분환수로 희석.** 박테리아는 물이 아니라 여과재에 붙어 있으므로, 환수한다고 물잡기가 늦어지지 않습니다. 수치가 오르면 환수(물갈이)로 낮추십시오.
- **아질산염 구간에는 소금.** 염화물이 아가미에서 아질산염과 경쟁합니다. 자세한 조건은 [소금](#) 페이지에 있습니다.
- **폭기는 넉넉하게.** 앞에서 본 대로 질화 자체가 산소를 크게 씁니다.
- **측정은 자주.** 총암모니아, 아질산염, KH, 수온을 함께 봅니다. 낮에 한 번 재는 것으로는 하루 안의 움직임을 알 수 없습니다.

원수는 각자 확인해야 합니다

물잡기의 조건은 채워 넣는 물이 절반을 결정합니다. 그런데 이 부분은 지역마다 크게 다르므로 일반적인 수치를 인용하지 않겠습니다. 자신의 원수를 직접 검사하십시오.

- **수돗물.** 지역에 따라 연수인 경우가 있습니다. 이 경우 환수를 해도 KH가 회복되지 않으며, 오히려 희석되어 내려갑니다. 환수로 완충이 돌아올 것이라는 가정을 검증 없이 두지 마십시오. 잔류 염소는 반드시 제거해야 하고, 클로라민이 쓰였다면 폭기만으로는 빠지지 않습니다.
- **지하수.** 단독주택과 전원주택 연못에서 흔히 쓰입니다. 지하수는 이산화탄소가 많고 용존산소가 거의 없는 상태로 나오며, 철과 망간을 함께 가져오는 경우가 있습니다. 받아서 충분히 폭기한 뒤 쓰는 것이 기본이며, 폭기 전후로 pH가 달라지는 것을 확인해 두면 판단이 쉬워집니다.

계절별로 유의할 점

6월 하순~7월, 장마. 이 시기에 물잡기가 진행 중이라면 조건이 겹칩니다. 완충은 빗물에 희석되고, 넘침으로 물이 계속 바뀌며, 부하는 그대로입니다. 장마 전에 KH를 권장 범위의 위쪽으로 올려 두고 장마 중반에 다시 측정하십시오. 넘치는 물이 실제 오버플로 배관으로 나가는지, 아니면 연못이 가장자리를 타고 넘고 있는지도 확인해야

합니다.

7월 말~8월, 폭염과 열대야. 질화는 빨라지지만 산소 여유는 최소입니다. 야간 폭기를 늘리고 급이를 서둘러 늘리지 마십시오.

8~10월, 태풍. 정전으로 순환이 멈추면 며칠 뒤 아질산염으로 결과가 나옵니다. 폭기와 순환에 예비 전원을 두는 것은 이 시장에서 특히 실질적인 대비입니다.

9~10월, 가을. 성장기이자 여과 작업을 할 수 있는 마지막 안전한 시기입니다. 청소는 이때 나누어 끝내십시오.

11월~2월. 급이를 줄이고, 겨울 전에 KH를 채워 두며, 여과조는 건드리지 않습니다. 결빙기에는 가스 교환 구멍을 유지하고 폭기는 얇게 두어 바닥의 따뜻한 층을 휘젓지 않도록 합니다. 수온 페이지를 함께 보십시오.

연속 측정이 물잡기에서 하는 일

물잡기는 값이 하루 안에서 움직이는 기간입니다. 낮에 한 번 켜 값으로는 봉우리의 꼭대기를 놓치기 쉽습니다. H2Koi 존데는 수온, pH, 용존산소(mg/L과 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃)을 직접 측정하고, 여기서 KH와 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, TDS를 계산합니다. ORP는 선택 사양입니다. KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

질병이나 기생충을 찾아내지는 않습니다. 문제를 막아 주는 것이 아니라 더 일찍 알아차리게 해 줍니다. 측정 장비 전반에 대해서는 [수질 측정 장비와 연못 수질 기준](#)을 보십시오.

자주 묻는 질문

물이 잡혔는지 어떻게 판단합니까

평소대로 급이하는 상태에서 총암모니아(TAN)와 아질산염이 며칠 연속으로 검출되지 않으면 잡힌 것으로 봅니다. 하루 재서 0이 나온 것으로는 판정할 수 없습니다. 특히 아질산염을 처리하는 균이 늦게 자라므로, 암모니아가 0이 되었다고 끝난 것이 아닙니다. 판정한 뒤에도 급이는 한 번에 늘리지 말고 며칠 단위로 올리며 수치를 확인하십시오.

봄마다 암모니아가 올라옵니다. 여과에 문제가 있는 것입니까

대부분 정상적인 현상입니다. 결빙기 동안 여과 박테리아의 활성이 거의 사라졌다가 수온이 오르면서 다시 자라는데, 코이의 대사와 급이가 그보다 빨리 회복되기 때문입니다. 사실상 매년 부분 물잡기를 다시 하는 셈입니다. 대응은 급이를 서두르지 않는 것, KH를 미리 채워 두는 것, 그리고 이 시기에 여과조를 청소하지 않는 것입니다.

물잡는 동안 환수를 하면 진행이 늦어집니까

늦어지지 않습니다. 여과 박테리아는 물속이 아니라 여과재 표면의 생물막에 붙어 있으므로, 물을 바꾸어도 군집은 그대로 남습니다. 오히려 암모니아와 아질산염이 위험한 수준까지 올랐다면 부분환수로 희석하는 것이 좋습니다. 다만 원수의 수온을 맞추고, 원수가 연수라면 환수로 KH가 오히려 내려갈 수 있다는 점을 감안하십시오.

여과재는 언제, 어떻게 씻어야 합니까

씻어야 할 때는 유량이 눈에 띄게 떨어졌을 때이며, 정기 일정으로 전량을 씻는 방식은 권하지 않습니다. 씻을 때는 반드시 연못물을 쓰고, 수돗물에 헹구지 마십시오. 잔류 염소가 생물막을 죽입니다. 여러 칸으로 나뉜 여과조라면 한 번에 한 칸씩, 간격을 두고 진행하십시오. 시기는 늦어도 가을까지이며, 11월 이후와 봄 재가동 직전에는 손대지 마십시오.

물잡는 동안 KH가 계속 떨어집니다. 정상입니까

정상이며, 예상되는 일입니다. 질화의 첫 단계가 산을 만들고 그 산을 KH가 받아 내기 때문입니다. 암모니아성 질소 1 mg/L을 산화하는 데 알칼리도가 약 7 mg/L, 즉 약 0.4 dKH 소모됩니다. 아질산염에서 질산염으로 가는 단계는 알칼리도를 소모하지 않습니다. 관행적인 권장 범위인 6~10 dKH 안에 머무르도록 나누어 보충하고, 탄산수소나트륨은 약 30 g/톤이 약 1 dKH를 올린다는 값을 쓰십시오. 100 L 당 1 g 규칙은 세 배가량 모자랍니다.

겨울에 새 연못을 만들었습니다. 지금 물잡기를 시작해도 됩니까

권하지 않습니다. 10°C 이하에서는 질화가 사실상 진행되지 않으므로, 코이를 넣은 채 겨울을 나면 처리되지 않은 암모니아 위에서 겨울을 보내게 됩니다. 수온이 안정적으로 오르는 봄까지 코이 투입을 미루고, 그동안 배관과 폭기, 여과조 구조를 점검해 두는 편이 낫습니다. 부득이하게 진행해야 한다면 사육 밀도를 최소로 하고 급이를 거의 하지 않으며 측정 간격을 좁히십시오.

연못 수질 기준표 – 무엇을, 어느 범위에서, 얼마나 빨리 움직이는가

수질 항목을 외울 필요는 없습니다. 다만 각 항목이 *어느* 속도로 움직이는지는 알아야 합니다. 몇 주에 걸쳐 변하는 값과 하룻밤 사이에 물고기를 잃게 만드는 값을 같은 주기로 확인하는 것이, 국내 연못에서 실제로 사고가 나는 방식입니다.

요점

- pH는 후행 지표입니다. 완충이 남아 있는 동안에는 설계상 움직이지 않습니다. 선행 지표는 KH입니다.
- 총암모니아 수치 하나로는 위험을 말할 수 없습니다. 독성을 갖는 비이온 암모니아(NH₃)의 비율은 pH와 수온이 정합니다.
- 아질산염은 용존산소가 정상인 물에서도 물고기를 질식사킵니다. 헤모글로빈에 결합하기 때문입니다.
- 잘 관리되고 잘 먹이는 연못일수록 완충을 더 빨리 씹니다. 질화가 KH의 가장 큰 소비자이기 때문입니다.
- 단위는 mg/L로 적습니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다. KH는 dKH로 적고 괄호에 mg/L CaCO₃을 병기합니다.

한눈에 보는 기준표

항목	관행적인 권장·작업 범위	의미	움직이는 속도
수온	계절에 따름. 급변은 하루 2 °C 이내로	다른 모든 값의 전제. 대사·용해도·독성 비율을 모두 좌우합니다	계절 단위. 얇은 연못과 봄가을 일교차에서는 하루 단위
pH	7.0~8.5. 값 자체보다 흔들리지 않는 것이 중요합니다	산·염기 상태. 후행 지표입니다	완충이 남아 있으면 거의 고정, 사라지면 하룻밤
탄산경도(KH)	6~10 dKH (≈107~179 mg/L CaCO ₃)	pH를 붙잡아 주는 완충 능력. 선행 지표입니다	보통 수 주. 장마철에는 며칠
총경도(GH)	—	칼슘·마그네슘의 양. 완충과는 무관합니다	측정하지도, 보고하지도 않습니다
총암모니아 (TAN)	검출되지 않는 상태가 정상	급이·사육밀도와 여과 능력의 균형을 나타냅니다	몇 시간

항목	관행적인 권장·작업 범위	의미	움직이는 속도
비이온 암모니아(NH3)	0을 목표. 0.02 mg/L 이상이면 조치	실제 독성을 갖는 부분. pH·수온이 비율을 정합니다	pH가 움직이면 함께, 몇 시간
아질산염(NO2-)	0	헤모글로빈에 결합해 산소 운반을 막습니다	몇 시간~하루
질산염(NO3-)	대체로 40 mg/L 이하를 목표	축적의 지표. 환수 주기를 판단하는 근거입니다	수 주
용존산소(DO)	8~10 mg/L 정상, 7 mg/L 을 하한선으로	여유의 크기 그 자체입니다	하룻밤. 최저점은 해 뜨기 직전
산소포화도	90~100%	그 수온에서의 상대적 여유	하룻밤
염분(염도)	평시 0%. 치료 목적 시 0.3% 전후를 기간을 정해 짧게	0.1% = 1 kg/톤. 삼투 부담을 줄이려고 기간을 정해 쓰는 치료 수단입니다. 상시로 걸어 두면 소금에 건디는 기생충만 남고 다른 값들의 해석도 흐트러집니다	투입 즉시. 증발로는 빠지지 않습니다
전기전도도	연못별 기준선 대비로 판단	총 이온량. 급격한 변화가 정보입니다	보통 수 일. 폭우 시 몇 시간
총용존고형물(TDS)	전도도 환산값	내역을 구분하지 못합니다. 안전 판정 불가	전도도와 동일
산화환원전위(ORP)	대략 250~400 mV를 관행적 기준으로	물의 산화 상태. 기준선 대비 변화로 읽습니다	시간 단위
탁도	연못별 기준선 대비 변화	부유물, 조류, 슬러지 교란의 지표	시간 단위
남조류(피코시아닌, 선택 사양)	수치 기준 없음. 추세만	남조류 특이 색소의 형광	수 일

여기의 숫자들은 비단잉어 사육에서 널리 통용되는 관행적 기준이며, 절대적인 처방이 아닙니다. 연못마다 수심, 사육밀도, 여과 방식, 원수가 다릅니다. 반드시 본인의 연못에서 측정한 값으로 확인하십시오.

수온 – 나머지 전부를 움직이는 값

수온은 그 자체로도 항목이지만, 다른 항목의 의미를 바꾸는 변수이기도 합니다. 수온이 오르면 물이 불잡을 수 있는 산소의 절대량이 줄고, 물고기의 대사와 산소 요구는 늘며, 총암모니아 중 독성을 갖는 비이온 암모니아의 비율이 커집니다. 같은 “암모니아 0.5 mg/L”이 15 °C의 연못과 30 °C의 연못에서 전혀 다른 뜻이 되는 이유입니다.

수온대	연못에서 일어나는 일
4 °C 부근	한겨울 심층의 온도. 물고기는 바닥에서 거의 움직이지 않습니다
8~10 °C 미만	소화가 사실상 멈춥니다. 급이를 하지 않습니다
10 °C 미만	면역 기능이 억제된다고 보는 것이 관행입니다. 봄에 문제가 물리는 이유입니다
15~20 °C	여과 박테리아가 본격적으로 활동을 회복합니다

수온대	연못에서 일어나는 일
20~26 °C	성장과 급이의 중심 구간. KH 소모도 여기에서 커집니다
28 °C 초과	산소 천장이 낮아지고 소비는 늘어납니다. 급이를 줄입니다

수온 변화 속도도 항목입니다. 봄과 가을의 큰 일교차, 그리고 여름에 찬 수돗물이나 지하수를 한꺼번에 넣는 환수가 급변의 주된 원인입니다. 하루 2 °C 이내라는 기준은 널리 쓰이는 관행이며, 수온 관리에서 자세히 다룹니다.

pH와 KH – 후행 지표와 선행 지표

연못 관리에서 가장 흔한 오해는 pH를 감시 항목으로 삼는 것입니다. pH는 완충이 남아 있는 한 움직이지 않도록 설계된 값입니다. 즉 pH가 눈에 띄게 움직였다면, 그것은 “변화가 시작되었다”는 뜻이 아니라 **“보호가 이미 사라졌다”**는 뜻입니다.

탄산경도(KH)는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다. 이후로는 KH로 부릅니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO₃에 해당하며, 6~10 dKH(≈107~179 mg/L)가 관행적인 권장 범위입니다. 5 dKH 아래에서는 pH가 불안정해지고, 3 dKH 아래는 위험 구간으로 봅니다.

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 국내에 유통되는 번역 자료가 둘을 모두 “경도”로 옮기면서 생기는 혼동이 많습니다. 산호사나 굴 껍데기(굴패각)를 넣어 GH가 올라갔다고 해서 완충이 생긴 것은 아니라는 점을 기억하십시오. 다만 이 재료들은 몇 주에 걸쳐 천천히 녹아 탄산염을 내놓으므로 장기적인 KH 유지에는 도움이 됩니다. 그러나 이미 3 dKH까지 내려간 연못에서 진행 중인 급락을 막지는 못합니다. 급할 때 쓰는 것은 탄산수소나트륨입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

KH를 가장 많이 쓰는 것은 질화입니다

완충이 왜 줄어드는지에 대한 답은 대개 여과조 안에 있습니다. 암모니아성 질소 1 mg/L을 산화시키는 데 알칼리도가 CaCO₃ 기준 약 7 mg/L, 즉 약 0.4 dKH가 소모됩니다. 그리고 이 산은 **전부 첫 단계, 암모니아에서 아질산염으로 가는 과정에서 나옵니다**. 아질산염에서 질산염으로 가는 단계는 알칼리도를 전혀 쓰지 않습니다.

여기에서 직관에 어긋나는 결론이 나옵니다. 사육밀도가 높고 여과가 잘 돌아가며 급이를 충분히 하는 연못이, 방치된 연못보다 완충을 *더 빨리* 태웁니다. 잘 관리되는 연못일수록 KH를 자주 확인해야 하는 이유입니다.

KH를 올릴 때

탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO₃) 약 30 g/톤(=30 mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 100 L 기준으로는 3 g입니다. 국내외 취미 자료에 널리 퍼져 있는 “100 L당 1 g으로 1 dKH”라는 규칙은 틀렸습니다. 그 양은 10 g/톤에 해당하며 실제로는 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 그 규칙대로 투여하면 필요한 양의 3분의 1만 넣게 됩니다.

속도 제한도 관행으로 정해져 있습니다. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 이 수치들 역시 널리 쓰이는 사육 관행이지 처방이 아닙니다. 연못의 실제 부피, 사육밀도, 원수가 모두 다르므로 투입 후 반드시 다시 측정해 확인하십시오. 자세한 절차는 탄산경도(KH)와 pH 급락에 있습니다.

질소 삼형제 – 암모니아, 아질산염, 질산염

이 세 항목은 같은 사슬의 세 단계이며, 위험의 성격이 각각 다릅니다.

항목	어디에서 오는가	왜 위험한가	언제 나타나는가
총암모니아(TAN)	물고기의 배설과 먹이 잔재	그 자체보다 비이온 분율이 문제입니다	급이 재개, 여과조 정지, 봄 해빙기
비이온 암모니아 (NH3)	총암모니아 중 pH·수온이 정하는 비율	아가미를 직접 손상시킵니다	pH가 높고 수온이 높을수록 늘어납니다
아질산염(NO2-)	암모니아 산화의 중간 산물	헤모글로빈에 결합해 산소 운반을 막습니다	첫 단계만 살아난 여과조에서, 봄에 혼합니다
질산염(NO3-)	사슬의 종점	급성 독성은 낮으나 축적되면 부담이 됩니다	환수 부족의 지표로 서서히 오릅니다

아질산염은 특히 오해를 부릅니다. 물고기가 수면에서 입을 빼꼼거리는데 용존산소를 재 보면 정상인 상황이 여기에서 나옵니다. 물속의 산소는 충분한데 물고기가 그 산소를 실어 나르지 못하는 것입니다. 자세한 내용은 [암모니아와 아질산염](#)에서 다룹니다.

또 하나. 총암모니아만 보고 안심하거나 놀라는 것은 둘 다 부정확합니다. 같은 총암모니아라도 pH 8.5·수온 28 °C의 여름 연못에서는 독성 분율이 크고, pH 7.2·수온 14 °C의 봄 연못에서는 훨씬 작습니다. 그래서 이 항목은 항상 pH·수온과 함께 읽어야 합니다.

용존산소 – 하룻밤에 위험 구간에 들어갈 수 있는 항목

용존산소는 이 표에서 가장 빠르게 움직이는 항목입니다. 수온이 오르면 물이 붙잡을 수 있는 양 자체가 줄어들고 (20 °C에서 약 9 mg/L, 30 °C에서 약 7.5 mg/L, 35 °C에서 약 7.0 mg/L), 동시에 물고기의 요구량은 늘어납니다. 낮에는 광합성으로 보충되지만 밤에는 모두가 소비만 하므로, 최저점은 해 뜨기 직전에 나타납니다.

국내에서 이 최저점이 가장 깊어지는 시기는 열대야가 이어지는 8월과, 며칠씩 흐린 장마 기간입니다. 앞의 경우는 밤새 수온이 내려가지 않아 산소 천장이 낮은 채로 고정되기 때문이고, 뒤의 경우는 낮의 광합성 보충이 통째로 사라지기 때문입니다. [용존산소](#) 페이지에 자세히 정리했습니다.

보조 지표 – 염분, 전기전도도, ORP, 탁도

- 염분.** 0.1%가 1 kg/톤입니다. 치료 목적의 농도는 0.3% 전후이며(0.5%까지는 전문가 조언 아래 짧은 기간에 한합니다), 반드시 연못 부피의 추정치 아니라 실제 측정된 염분 값을 기준으로 조절하십시오. 소금은 증발로 빠지지 않으므로, 보충수를 넣을 때마다 농도가 달라집니다. 상시로 걸어 두는 농도가 아닙니다. 계속 남겨 두면 소금에 견디는 기생충만 골라 남기고, 다른 모든 값의 해석도 흐트러집니다. [소금 사용](#)을 참고하십시오.
- 전기전도도.** 절대값보다 그 연못의 기준선에서 얼마나 벗어났는지가 정보입니다. 국지성 호우가 지나간 뒤 전도도가 뚝 떨어졌다면, 같은 시간에 KH도 희석되었다고 보아야 합니다.
- ORP.** H2Koi에서는 선택 사양 채널입니다. 물의 산화 상태를 보는 지표로, 250~400 mV를 관행적 기준으로 씁니다. 다만 연못마다 기준선이 다르므로 절대값에 의존하지 말고 변화를 보십시오.
- 탁도.** 바닥 슬러지가 교란되었거나 조류가 늘었을 때 먼저 움직입니다. 태풍이나 호우 직후의 상승은 대개 유입된 흙탕물입니다.

남조류 채널 – 추세만 보는 선택 항목

국내에서 “녹조”라는 말은 하천의 유해 조류 대발생을 가리키는 공공 용어로 이미 자리 잡았습니다. 그래서 연못이 초록빛을 띠면 곧바로 독성을 떠올리기 쉽지만, 식물플랑크톤에 의한 녹색 물과 남조류는 구분해야 하는 별개의 사안입니다.

남조류 채널은 선택 사양이며 피코시아닌 형광으로 추세만 보여 줍니다. 세포 수나 독소를 측정하지 않습니다. 따라서 이 표에서도 수치 기준을 두지 않고 추세 행으로만 넣었습니다. 며칠에 걸쳐 값이 오르고 있다는 사실이 정 보이고, 그 다음의 판단은 사람의 몫입니다. 연못의 녹조와 남조류에서 구분 방법을 다룹니다.

계절별로 무엇이 먼저 흔들리는가

국내 연못의 한 해에는 항목별로 위험이 물리는 구간이 뚜렷합니다. 이 표는 앞의 기준표를 계절 위에 얹은 것입니다.

시기	먼저 움직이는 항목	배경
12~2월 한겨울	수온, (느리게) KH	결빙. 급이 중단. 여과조 청소와 대량 환수를 하지 않습니다. 봄까지 쓸 완충은 지금 가진 것이 전부입니다
3~4월 해빙·봄	총암모니아, 아질산염, KH	수온은 빠르게 오르는데 일교차가 크고, 여과조는 아직 깨어나지 않았습니다. 사실상 매년 봄의 부분 물잡기이며 KH를 크게 소모합니다
5~6월 초여름	KH, 질산염	성장과 급이가 늘고 질화가 본격화되면서 완충 소모가 함께 커집니다
6월 하순~7월 장마	KH, pH, 전기전도도	부드럽고 약산성인 비와 정원 유입수가 며칠 만에 완충을 희석합니다. 국내에서 pH 급락이 가장 잘 일어나는 구간입니다
7월 말~8월 폭염·열대야	용존산소, 비이온 암모니아	밤새 수온이 내려가지 않아 산소 천장이 낮게 고정됩니다. 고수온·고pH에서 암모니아 독성 분율도 커집니다
8~10월 태풍	KH, 탁도, 용존산소	급격한 희석과 휴탕물 유입. 정전으로 폭기가 멈추면 그 밤이 가장 위험합니다
9~10월 가을	수온, 질산염	일교차가 다시 커지고 성장이 정점입니다. 여과조 작업이 가능한 마지막 구간입니다
11월 월동 준비	KH	급이를 줄이고, 겨울 직전에 여과조를 청소하지 말고, 닫기 전에 KH를 채워 둡니다

어떤 주기로 확인할 것인가

항목	평상시	간격을 좁혀야 할 때
KH	2주에 한 번	장마 직전과 중간, 봄 급이 재개 후, 대량 환수 후
pH	주 1회	KH가 낮게 나온 직후. 이때는 새벽과 낮을 함께 봅니다
총암모니아·아질산염	주 1회	봄 해빙기, 여과조 청소 후, 신규 입어 후, 정전 복구 후
질산염	월 1회	환수 주기를 조정할 때
용존산소	주 1회	폭염·열대야, 장마, 약육 중. 낮이 아니라 새벽에

항목	평상시	간격을 좁혀야 할 때
수온	상시	봄가을 일교차, 환수 시
염분	치료 중에만	보충수를 넣을 때마다

이 주기는 사람이 직접 재는 것을 전제로 한 관행적인 목표입니다. 그리고 위 표를 다시 보면 “간격을 좁혀야 할 때”가 대부분 사람이 연못 옆에 없는 시각과 겹칩니다. 새벽, 휴가철, 흐린 장마의 한밤중, 태풍이 지나간 새벽의 정전.

정해진 시각의 측정으로는 메울 수 없는 틈

이 표에서 가장 빠른 항목은 하룻밤에 위험 구간까지 내려가고, 아침이면 원래대로 돌아옵니다. 용존산소가 그렇고, 완충이 얇아진 연못의 pH가 그렇습니다. 주말 낮에 재서 정상이었다는 기록은, 목요일 새벽에 무슨 일이 있었는지에 대해 아무 말도 하지 못합니다.

국내에서 연못을 두고 계신 분들의 상당수는 그 연못이 본가가 아닌 곳에 있습니다. 전원주택, 별장, 또는 운영 중인 카페와 식당의 마당입니다. 연속 측정이 메우는 것은 **그 시각에 아무도 없다는 사실**입니다.

H2Koi가 직접 측정하는 항목은 수온, pH, 용존산소(mg/L과 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃)입니다. ORP는 선택 사양입니다. 여기에서 KH, 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, TDS를 계산합니다. KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다. 남조류 채널은 선택 사양이며 피코시아닌 형광으로 추세만 보여 줍니다. 세포 수나 독소를 측정하지 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 함께 적어 둡니다. 질병이나 기생충을 판별하지 않습니다. 문제를 막아 주지 않고, 더 일찍 알게 해 줍니다. 측정 방식별 비교는 수질 측정 장비에 있습니다.

자주 묻는 질문

연못의 pH는 얼마가 이상적입니까

7.0~8.5 범위 안이면 값 자체는 크게 문제 되지 않습니다. 중요한 것은 그 값이 흔들리지 않는 것입니다. pH 7.8에서 안정적으로 유지되는 연못이 매일 7.2와 8.6 사이를 오가는 연못보다 훨씬 낫습니다. 그리고 pH는 후행 지표입니다. 완충이 남아 있는 한 움직이지 않도록 되어 있으므로, pH가 눈에 띄게 움직였다면 보호가 이미 사라졌다는 뜻입니다. 감시해야 할 항목은 KH입니다.

KH와 GH는 무엇이 다른니까. 국내 자료는 둘 다 경도라고 씁니다

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 영문 자료를 옮기는 과정에서 둘을 모두 경도로 뭉뚱그린 페이지가 많아 혼동이 생깁니다. 측정 키트를 살 때 상자에 KH인지 GH인지 명시되어 있는지 확인하십시오. 참고로 H2Koi는 GH(총 경도)를 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

KH는 몇 dKH를 유지해야 합니까. 낮으면 무슨 일이 생깁니까

6~10 dKH($\approx 107 \sim 179$ mg/L CaCO_3)가 관행적인 권장 범위입니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO_3 입니다. 5 dKH 아래에서는 pH가 불안정해지기 시작하고, 3 dKH 아래는 위험 구간입니다. 완충이 사라지면 밤사이 쌓인 이산화탄소를 받아 줄 것이 없어 새벽에 pH가 급락합니다. 장마철에 이런 상황이 가장 잘 만들어집니다.

베이킹소다로 KH를 올리려면 얼마나 넣어야 합니까

탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3) 약 30 g/톤($=30$ mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 100 L에는 3 g입니다. 취미 자료에 흔한 100 L당 1 g이라는 규칙은 틀렸습니다. 그 양은 실제로 약 0.33 dKH밖에 올리지 못하므로, 그대로 따르면 필요한 양의 3분의 1만 넣게 됩니다. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 이 수치들은 관행적 기준이므로 투입 후 반드시 다시 측정해 확인하십시오.

암모니아가 0이 되지 않습니다. 어떻게 해야 합니까

먼저 총암모니아 수치만으로 판단하지 마십시오. 독성을 갖는 비이온 암모니아의 비율은 pH와 수온이 정합니다. 같은 값이라도 pH 8.5·28 °C의 여름 연못에서는 훨씬 위험합니다. 실무적으로는 급이를 줄이고, 부분환수를 하고, 여과조를 건드리지 않는 것이 순서입니다. 봄 해빙기라면 여과 박테리아가 아직 깨어나지 않은 정상적인 경과일 수 있으므로, 급이를 낮게 유지한 채 며칠 간격으로 추적하십시오.

용존산소가 정상인데 물고기가 수면에서 입을 뻐끔거립니다

아질산염을 확인하십시오. 아질산염은 헤모글로빈에 결합해 산소 운반을 막기 때문에, 물속 산소가 충분해도 물고기는 질식합니다. 봄에 여과조의 첫 단계만 되살아났을 때 흔히 나타납니다. 아가미 질환이나 기생충도 같은 행동을 보이므로, 아질산염이 정상이라면 다음으로 아가미를 살펴보아야 합니다.

장마철에는 어떤 항목을 봐야 합니까

KH가 첫 번째입니다. 부드럽고 약산성인 비와 정원 유입수가 며칠 만에 완충을 희석합니다. 장마가 시작되기 전 6월에 KH를 작업 범위 위쪽으로 올려 두고, 장마 중간에 다시 측정하십시오. 함께 볼 것은 전기전도도입니다. 호우 뒤 전도도가 뚝 떨어졌다면 같은 시간에 KH도 희석되었다고 보아야 합니다. 그리고 흐린 날이 이어지면 낮의 광합성 보충이 사라지므로 새벽 용존산소도 함께 낮아집니다.

겨울에는 무엇을 관리해야 할까요

거의 아무것도 하지 않는 것이 관리입니다. 수온이 8~10 °C 아래로 내려가면 급이를 멈추고, 여과조 청소와 대량 환수를 하지 않으며, 폭기는 얇게 유지해 바닥의 따뜻한 층을 휘젓지 않도록 합니다. 얼음이 완전히 덮이지 않도록 가스 교환용 구멍을 하나 열어 두십시오. 겨울에는 KH 소모가 적지만, 연못이 가진 완충이 봄까지 쓸 전부입니다. 그래서 11월에 미리 채워 두는 것이 중요합니다.

이 표의 수치는 그대로 따라도 됩니다

기준선으로 삼되 처방으로 받아들이지는 마십시오. 여기의 숫자는 비단잉어 사육에서 널리 통용되는 관행적 범위이며, 연못의 수심과 부피, 사육밀도, 여과 방식, 그리고 무엇보다 원수의 성질에 따라 달라집니다. 수돗물이 연수인 지역이라면 환수로 KH가 회복되지 않을 수 있고, 지하수를 쓰신다면 이산화탄소와 용존산소, 철·망간 상태가 또 다릅니다. 본인의 수원을 한 번 측정해 두는 것이 출발점입니다.



연못 수질을 측정하는 다섯 가지 방법 — 각각 무엇을 읽고, 무엇을 못 읽는가

국내에서 연못용 수질 측정 정보를 찾으면 대부분 어항 기준으로 쓰인 글이거나, 기계 번역된 수입 제품 설명입니다. 이 글은 야외 연못을 전제로, 다섯 가지 측정 방식이 실제로 무엇을 읽어 내고 무엇을 읽지 못하는지, 그리고 각각이 어떤 방식으로 조용히 틀리는지를 정리한 것입니다.

요점

- “디지털”이라는 말이 “더 많은 항목을 읽는다”는 뜻은 아닙니다. 시중의 펜 미터가 읽는 항목은 오히려 시약 키트보다 적습니다.
- 암모니아, 아질산염, 질산염, KH — 물고기의 안전에 직결되는 이 네 가지는 휴대용 펜 미터로 읽히지 않습니다.
- 연속 측정에서 갈리는 것은 센서의 등급과 관리 방식입니다. 항목마다 알맞은 산업용 등급 센서를 쓰고, 정기 교정과 오염 관리를 함께 이야기하는 제품을 고르십시오.
- 남조류는 어떤 취미용 방법으로도 읽을 수 없는 유일한 항목입니다. 형광 방식의 선택 채널만이 추세를 보여 줍니다.
- 주 1회 측정은 나머지 167시간을 아무도 보지 않는다는 뜻입니다. 장마 중간과 8월 새벽이 정확히 그 167시간 안에 들어 있습니다.

먼저, 원수를 측정하십시오

연못을 측정하기 전에 연못에 넣는 물을 측정해야 합니다. 이것이 국내에서 특히 중요한 이유가 있습니다.

- **수돗물.** 지역에 따라 연수인 곳이 적지 않습니다. 부드러운 물로 환수를 하면 KH가 회복되지 않을 뿐 아니라 오히려 희석됩니다. “물을 갈았으니 완충도 돌아왔겠지”라는 가정은 국내에서 위험합니다. 수돗물 수질보고서의 총알칼리도 항목을 확인하고, 실제로 받아 둔 물을 시약 키트로 한 번 재 보십시오.
- **지하수.** 단독주택·전원주택 연못에서 흔한 수원입니다. 지하수는 대개 이산화탄소가 많고 용존산소는 거의 없는 상태로 올라오며, 철·망간이 함께 나오는 곳도 있습니다. 받자마자 재면 pH가 낮게 나오다가, 하루 폭기해 두면 이산화탄소가 빠지면서 pH가 올라갑니다. 즉 **지하수는 받아서 바로 측정한 값과 폭기 후 값이 다릅니다.** 연못에 넣기 전에 별도 탱크에서 폭기해 두는 습관이 필요합니다.

전국 평균 같은 것은 의미가 없습니다. 본인의 수전, 본인의 관정을 재는 것 외에 방법이 없습니다. 이것은 딱 한 번만 하면 되는 일이고, 이후의 모든 판단이 이 기준선 위에서 이루어집니다.

다섯 가지 방식 개관

방식	읽을 수 있는 것	읽을 수 없는 것	실질적 한계
시험지(스트립)	pH, KH, GH, 아질산염, 질산염을 대략	정확한 저농도, 용존산소, ORP, 전기전도도	가장 위험한 낮은 농도 구간에서 색 차이가 나지 않습니다
시약 적정·비색 키트	KH, 총암모니아, 아질산염, 질산염, pH, GH	용존산소(전용 키트 제외), 실시간 변화	손이 갑니다. 시약 유효기간과 보관 상태에 좌우됩니다
휴대용 펜 미터	pH, 전기전도도·TDS, 수온, 기종에 따라 ORP·용존산소	암모니아, 아질산염, 질산염, KH	교정 없이는 조용히 틀립니다. 전극은 소모품입니다
광도계(포토 미터)	시약 키트가 읽는 항목을 수치로, 재현성 있게	실시간 변화. 시약은 여전히 필요합니다	사람이 시료를 떠서 조작해야 하는 구조는 그대로입니다
연속 측정 센서(존데)	수온, pH, 용존산소, 전기전도도, 탁도, 암모늄, 질산염을 24시간(ORP는 선택 사양)	적정으로 읽는 값, 질병·기생충	정기 교정과 오염 관리가 전제입니다

이하 각 항목의 단위는 mg/L로 적습니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

시험지 – 빠르지만, 가장 위험한 구간을 못 읽습니다

시험지의 장점은 속도입니다. 물에 담갔다 빼면 30초 안에 대략의 상황을 알 수 있습니다. 문제는 정확히 어디에서 못 읽느냐입니다.

암모니아와 아질산염은 낮은 농도부터 해를 끼칩니다. 그런데 시험지의 색 단계는 그 낮은 구간에서 서로 거의 구분되지 않습니다. 0 mg/L과 0.25 mg/L의 색이 눈으로 같아 보인다면, 그 시험지는 “안전”과 “조치 필요”를 구분하지 못하는 것입니다. 게다가 야외에서 흐린 날 색을 판정하면 오차가 더 커지고, 개봉한 통을 습한 장마철에 마당 창고에 두면 시험지 자체가 못 쓰게 됩니다.

실무적인 쓰임새는 이렇습니다. 시험지로 “뭔가 이상하다”를 잡아내고, 시약으로 확인합니다. 시험지 단독으로 안전을 판정하지는 않습니다.

시약 키트 – KH를 사람 손으로 읽을 수 있는 유일한 방법

적정 방식의 KH 키트는 시료에 시약을 한 방울씩 떨어뜨려 색이 바뀔 때까지의 방울 수를 세는 것입니다. 원리가 단순하고, 무엇을 세고 있는지가 눈에 보이며, 야외에서도 판정이 명확합니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO₃에 해당합니다.

탄산경도(KH)는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다. 이후로는 KH로 통일해 부르겠습니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 국내 판매 페이지들이 영문 자료를 옮기면서 둘을 “경도”로 뭉뚱그리는 일이 잦으니, 키트를 살 때 상자에 KH인지 GH인지가 명시되어 있는지 확인하십시오.

시약 키트의 약점은 세 가지입니다. 사람이 있어야 하고, 시약이 늙고, 판정이 사람의 눈에 달려 있다는 점입니다. 특히 개봉 후 오래된 시약은 실제보다 낮은 KH를 돌려주는 방향으로 틀리기 쉬우므로, 유효기간을 확인하고 매년 새로 사는 편이 낫습니다. 그럼에도 사람 손으로 KH를 읽는 방법은 시약 키트뿐입니다. 탄산경도(KH) 페이지에 관리 방법을 정리했습니다.

휴대용 펜 미터 – “디지털인데 못 재는” 항목이 더 많습니다

가장 흔한 오해가 여기에서 생깁니다. 펜 미터는 전극이 감지할 수 있는 물리량만 읽습니다. 그래서 다음과 같이 나뉩니다.

항목	펜 미터로	비고
수온	읽힙니다	거의 모든 기종에 내장되어 있습니다
pH	읽힙니다	교정이 전제입니다. 전극은 소모품입니다
전기전도도 / TDS	읽힙니다	TDS는 전도도를 환산한 값입니다. 내역은 구분하지 못합니다
ORP	중급 이상 기종에서	절대값보다 연못별 기준선 대비 변화로 읽습니다
용존산소	전용 기종에서	격막식·광학식 모두 소모품 교체와 교정이 필요합니다
총암모니아 / 아질산염 / 질산염	읽히지 않습니다	시약 또는 광도계가 필요합니다
KH	읽히지 않습니다	적정 또는 계산으로만 얻습니다

TDS 미터를 사서 “수치가 안정적이니 물이 안전하다”고 판단하는 경우가 종종 있습니다. 그렇지 않습니다. TDS는 총 이온량을 대략 나타낼 뿐이고, TDS가 그대로인 채로 질산염이 오르거나 암모니아가 검출될 수 있습니다. 추세 지표로는 쓸모가 있지만 안전 판정에는 쓸 수 없습니다.

광도계 – 항목은 늘어나지만, 사람의 손은 남습니다

광도계는 시약을 넣어 발색시킨 시료의 흡광도를 읽어 숫자로 돌려줍니다. 색을 눈으로 비교하는 단계가 사라지므로 재현성이 좋아지고, 여러 사람이 번갈아 관리하는 연못(예: 영업장 마당의 연못)에서 판정이 흔들리지 않는다는 장점이 있습니다.

다만 시약이 여전히 필요하고, 시료를 떠서 조작하는 사람도 여전히 필요합니다. 즉 광도계는 정확도를 올려 주지만 측정 빈도를 올려 주지는 않습니다. 새벽 네 시의 값을 알고 싶다면 새벽 네 시에 광도계를 들고 나가야 합니다.

연속 측정 센서(존데) – 밤 시간대가 처음으로 기록되는 방식

존데는 연못에 담가 둔 채로 정해진 간격마다 값을 읽고 기록합니다. 이 방식이 유일하게 답할 수 있는 질문이 있습니다.

- 오늘 새벽 용존산소는 몇 mg/L까지 내려갔는가. 새벽 산소 최저점은 사람이 그 시각에 나가 있지 않으면 기록되지 않습니다.
- 어젯밤 pH의 진폭은 얼마였는가. 낮에 재는 pH는 하루 중 가장 높은 값 근처입니다.
- 장마 3일째와 10일째 사이에 KH가 얼마나 내려갔는가.
- 봄에 여과조가 되살아나는 동안 암모늄이 어느 날 튀어 올랐는가.

동시에, 존데가 하지 못하는 일도 분명합니다. 질병과 기생충을 판별하지 않으며, 무엇도 예방하지 않습니다. 더 일찍 알게 해 줄 뿐입니다.

교정과 오염 관리 – 연속 측정을 원하는 쪽이 먼저 말해야 하는 것

과학적 정확도는 센서 하나로 완성되지 않습니다. 항목마다 알맞은 산업용 등급 센서를 쓰고, 정해진 주기에 제대로 교정하고, 센서면을 계속 깨끗하게 유지하는 일이 함께 갑니다. 전극과 광학 센서에는 각각 관리해야 할 부분과 소모 주기가 있으며, 그것을 지키는 동안 값은 바르게 유지됩니다.

센서	관리해야 하는 부분	관행적 교정 주기	야외 연못에서의 현실
pH 전극	유리막 노화, 기준 전극의 오염, 건조	제조사 지정에 따르되 정기적으로	여름 고수온과 유기물 부하에서 수명이 짧아집니다
용존산소(광학식)	형광 캡의 소모, 표면 생물막	캡 수명은 유한하며 교체가 전제입니다	수면 근처는 조류 부착이 빠릅니다
ORP	백금면 오염, 기준 전극 열화	기준 용액으로 확인	절대값보다 기준선 대비 변화로 씁니다
전기전도도	전극 셀의 오염·스케일	표준액으로 확인	비교적 안정적인 편입니다
탁도(광학식)	렌즈면 오염, 기포	정기 확인	자동 세척이 없으면 며칠 만에 값이 올라갑니다
암모늄(이온 선택성)	막의 노화, 칼륨 등 간섭 이온	정기 교정	계절에 따른 이온 조성 변화의 영향을 받습니다

야외 연못에서 연속 측정의 가장 큰 적은 오염입니다. 생물막과 조류가 센서면에 쌓이도록 두어서는 안 됩니다. 그래서 H2Koi의 존데는 광학 센서면을 자동 와이퍼로 계속 닦아 냅니다. 여기에 정기 교정과, 때가 되면 이루어지는 센서 교체가 더해져 값이 바르게 유지됩니다.

연속 측정을 판매하면서 교정과 오염 관리를 언급하지 않는 설명은 의심하십시오. 담가 두면 알아서 관리되는 센서는 존재하지 않습니다. 항목마다 알맞은 산업용 등급 센서, 제대로 된 교정, 그리고 계속 닦이는 센서면 — 과학적 정확도는 이 세 가지에서 나옵니다. 그리고 “같은 방식으로 계속 기록된 곡선”은 단발 측정이 원리상 담을 수 없는 정보입니다.

계산되는 값과 측정되는 값을 구분하십시오

연속 측정 화면에 뜨는 항목이 전부 직접 측정된 것은 아닙니다. 이 구분을 흐리는 제품 설명이 많으므로, H2Koi의 경우를 그대로 적어 둡니다.

- **직접 측정:** 수온, pH, 용존산소(mg/L과 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃). ORP는 선택 사양이고, 남조류(피코시아닌 형광) 채널도 선택 사양입니다.
- **계산:** KH, 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, TDS.

KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값이며, 화면에도 계산값으로 표기됩니다. 그리고 GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

비이온 암모니아도 같은 성격입니다. 총암모니아(TAN) 중에서 실제로 독성을 갖는 비이온 암모니아(NH₃)의 비율은 pH와 수온이 결정합니다. 그래서 총암모니아 수치 하나만으로는 위험도를 말할 수 없고, pH·수온과 함께 읽어야 합니다. 암모니아와 아질산염에서 자세히 다룹니다.

남조류 – 어떤 취미용 방법으로도 읽히지 않는 항목

국내에서 “녹조”라는 말은 이미 하천의 유해 조류 대발생을 가리키는 공공 용어로 자리 잡았습니다. 그래서 연못이 초록색으로 변하면 곧바로 독성을 떠올리게 되지만, 실제로는 두 가지를 구분해야 합니다. 식물플랑크톤에 의한 녹색 물은 대체로 관리의 문제이고, 남조류는 성격이 다른 사안입니다.

문제는 이 구분을 취미용 측정 도구로는 할 수 없다는 점입니다. 시험지에도, 시약 키트에도, 펜 미터에도 남조류 항목은 없습니다. 광도계로도 읽히지 않습니다. 눈으로 보는 물빛과 냄새 외에 근거가 없는 셈입니다.

H2Koi에는 선택 사양으로 남조류 채널이 있습니다. 남조류에 특이적인 색소인 피코시아닌의 형광을 읽는 방식입니다. 다만 범위를 분명히 해 둡니다. **남조류 채널은 선택 사양이며 피코시아닌 형광으로 추세만 보여 줍니다. 세포 수나 독소를 측정하지 않습니다.** 값이 며칠에 걸쳐 올라가고 있다는 사실을 알려 줄 뿐이고, 그 이후의 판단과 조치는 사람의 몫입니다. 물빛과 조류에 관해서는 연못의 녹조와 남조류를 참고하십시오.

계절이 측정 계획을 정합니다

측정 빈도를 일 년 내내 똑같이 유지할 이유는 없습니다. 국내 연못의 한 해에는 간격을 좁혀야 하는 구간이 분명합니다.

시기	무엇을 재는가	이유
3~4월 해빙기	총암모니아, 아질산염, KH, 수온	여과조가 아직 깨어나지 않은 상태에서 급이가 재개됩니다. 사실상 매년 봄의 부분 물잡기입니다
5~6월	KH, 질산염	성장과 급이가 늘면서 완충 소모가 함께 늘어납니다
장마 직전(6월)	KH	희석되기 전에 작업 범위 위쪽으로 올려 둡니다
장마 중간	KH, pH	며칠 만에 내려갑니다. 월류가 실제로 작동하는지도 함께 확인합니다
7월 말~8월 폭염·열대야	용존산소(새벽), 수온, 총암모니아	새벽 산소 최저점이 가장 깊어지는 구간입니다
태풍 통과 전후	KH, pH, 용존산소	급격한 희석에 더해 정전으로 폭기가 멈출 수 있습니다
9~10월 가을	전 항목	일교차가 커지고, 여과조 작업이 가능한 마지막 구간입니다
11월 월동 준비	KH	겨울에는 연못이 가진 완충만으로 버팁니다. 닫기 전에 채워 둡니다
12~2월	수온, 필요 시 KH	손대지 않는 계절입니다. 여과조 청소와 대량 환수를 하지 않습니다

주 1회 측정은 나머지 167시간을 보지 않는다는 뜻입니다

일주일은 168시간입니다. 주말 오후에 한 번 재는 관리는 그중 1시간을 보고 167시간을 추정하는 방식입니다. 그리고 이 페이지에서 다룬 위험은 대부분 그 167시간 안에 들어 있습니다. 장마 5일째 밤, 열대야가 이어지는 8월의 새벽, 태풍이 지나간 뒤 정전이 세 시간 이어진 새벽. 어느 것도 사람이 연못 옆에 서 있는 시각이 아닙니다.

연못이 별장이나 영업장 마당에 있다면 이 간격은 더 벌어집니다. 국내에서 연못을 두고 사는 분들의 상당수가 이 조건에 해당합니다. 연속 측정이 메우는 것은 **그 시각에 아무도 없다는 사실**입니다.

실제 조합 방식은 이렇습니다. 존데가 24시간 기록합니다. 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 주 의입니다. 주인은 그 시점에 무엇을 볼지 이미 알고 연못으로 나갑니다. 산업용 등급 센서가 밤 낮없이 읽는 구조입니다.

자주 묻는 질문

디지털 측정기만으로 연못 수질을 관리할 수 있습니까

할 수 없습니다. 시중의 펜 미터는 pH, 전기전도도·TDS, 수온, 기종에 따라 ORP와 용존산소 정도를 읽 습니다. 총암모니아, 아질산염, 질산염, KH는 대부분 읽지 못합니다. 그런데 물고기의 안전에 직결되는 것은 바로 이 네 항목입니다. 따라서 이 네 항목을 실제로 읽어 내는 측정 방식이 필요합니다.

시험지와 시약 키트 중 어느 쪽이 정확합니까

시약 키트입니다. 시험지의 장점은 속도이지만, 암모니아나 아질산염처럼 낮은 농도부터 해를 끼치는 항목에서 색 차이가 거의 나지 않습니다. 0과 0.25 mg/L을 눈으로 구분할 수 없다면 안전 판정에는 쓸 수 없습니다. 시험지로 이상 징후를 잡고 시약으로 확인하는 방식이 현실적입니다. 장마철에 개봉한 시험지 통을 마당 창고에 두면 습기로 못 쓰게 되는 점도 감안하십시오.

KH는 디지털로 측정할 수 있습니까

직접 측정하는 센서는 일반적이지 않습니다. H2Koi를 포함해 연속 측정 화면에 KH로 표시되는 값은 측정값에서 계산된 것입니다. KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값이며, 화면에도 계산 값으로 표기됩니다. 산업용 등급 센서가 밤낮없이 읽으므로, KH 추세가 어느 쪽으로 움직이고 있는지는 곡선으로 그대로 남습니다.

TDS 수치가 안정적이면 물이 안전한 것 아닙니까

안전의 근거가 되지 못합니다. TDS 미터는 전기전도도를 환산한 값을 보여 줄 뿐, 그 안에 무엇이 들어 있는지는 구분하지 못합니다. TDS가 그대로인 채로 질산염이 오를 수 있고, 암모니아가 검출될 수도 있습니다. 연못별 기준선 대비 변화를 보는 추세 지표로는 유용하지만, 안전 판정에는 쓸 수 없습니다.

지하수로 연못을 채우는데 pH가 낮게 나옵니다. 무엇이 문제입니까

대개 문제가 아니라 지하수의 성질입니다. 지하수는 이산화탄소가 많고 용존산소는 거의 없는 상태로 올라오므로, 받자마자 재면 pH가 낮게 나옵니다. 별도 탱크에서 하루 폭기해 두면 이산화탄소가 빠지 면서 pH가 올라가고 용존산소도 채워집니다. 철·망간이 나오는 관정이라면 그 부분도 함께 확인하십 시오. 연못에 직접 대고 채우는 방식은 권하지 않습니다.

연못에 담가 둔 센서는 오염되지 않습니까

생물막과 조류의 부착은 야외 연속 측정의 가장 큰 적입니다. 그래서 H2Koi는 광학 센서면을 자동 와이퍼로 계속 닦아 내고, 전극은 정기적으로 교정하며, 센서는 때가 되면 교체합니다. 오염 관리와 교정을 설명하지 않는 연속 측정 제품은 신중하게 보시기 바랍니다.

남조류는 어떻게 확인합니까

취미용 측정 방법으로는 확인할 수 없습니다. 시험지에도 시약 키트에도 펜 미터에도 해당 항목이 없습니다. H2Koi에는 선택 사양으로 남조류 채널이 있습니다. 남조류 채널은 선택 사양이며 피코시아닌 형광으로 추세만 보여 줍니다. 세포 수나 독소를 측정하지 않습니다. 값이 며칠에 걸쳐 오르고 있다는 사실을 알려 주는 용도이며, 판단과 조치는 사람의 몫입니다.

용존산소는 낮에 재면 충분합니까

충분하지 않습니다. 용존산소는 낮에 높고 밤새 소비되어 해 뜨기 직전에 최저가 됩니다. 낮의 한 점만 재면 가장 힘든 시간대를 통째로 놓칩니다. 손으로 보완하려면 해 뜨기 전과 한낮, 두 시점을 재서 비교해 보십시오. 특히 열대야가 이어지는 8월과 장마 중반에 그 차이가 가장 큼니다.

측정은 얼마나 자주 해야 합니까

계절에 따라 다릅니다. 3~4월 해빙기에는 암모니아와 아질산염을 자주, 장마 직전과 중간에는 KH를, 폭염·열대야 구간에는 새벽 용존산소를 봅니다. 한겨울은 손대지 않는 계절이므로 수온 확인 정도로 충분합니다. 다만 주 1회 측정이라는 것은 나머지 167시간을 보지 않는다는 뜻이고, 이 페이지에서 다룬 위험은 대부분 그 167시간 안에 들어 있습니다.

연못 환수 – 무엇을 해결하고, 무엇을 해결하지 못하는가

환수(물갈이)는 코이(비단잉어) 연못 관리에서 가장 오래되고 가장 확실한 수단이지만, 동시에 가장 자주 잘못 쓰이는 수단이기도 합니다. 환수로만 해결되는 문제가 있고, 환수로는 절대 해결되지 않는데 환수로 덮고 있는 문제가 있습니다. 그리고 완충이 얇아진 연못에서의 대량 환수는 그 자체가 사고의 방아쇠가 됩니다. 이 페이지는 언제, 얼마나, 어떤 물로 갈아야 하는지를 한국의 원수 사정과 계절을 전제로 정리한 것입니다.

요점

- 환수가 확실하게 해내는 일은 질산염과 축적된 용존 부하를 빼내는 것입니다. 이 둘은 여과로는 줄지 않습니다.
- 환수는 생물여과를 대신하지 못합니다. 암모니아가 나오는 연못에서 환수는 희석일 뿐, 처리 능력을 만들어 주지는 않습니다.
- 유입수는 반드시 직접 시험하십시오. 한국의 수돗물은 지역에 따라 상당히 연수이며, 환수를 해도 KH가 회복되지 않는 연못이 많습니다. 지하수는 이산화탄소가 과포화되고 용존산소가 거의 없는 상태로 나옵니다.
- 완충이 얇은 연못에 대량 환수를 하면 pH가 급락할 수 있고, 반대로 산성화된 연못에 알칼리성 원수를 한꺼번에 넣으면 pH가 급상승해 비이온 암모니아가 몇 배가 됩니다. 위험은 양방향입니다.
- 탄산수소나트륨(베이킹소다)으로 KH를 올릴 때 널리 퍼져 있는 "100 L당 1 g" 규칙은 실제로 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 1 dKH를 올리려면 톤당 약 30 g이 필요합니다.

환수가 실제로 하는 일

연못은 닫힌 계에 가깝습니다. 사료로 들어온 물질 중 물고기의 몸으로 가지 않은 것은 전부 물에 남습니다. 생물여과는 그중 질소를 독성이 낮은 형태로 바꾸어 주기는 하지만, 어디로 내보내지는 않습니다. 그래서 다음 항목들은 환수 외에는 실질적인 배출 경로가 없습니다.

- **질산염(NO_3^-)** — 질화의 종착점입니다. 독성은 낮지만 계속 쌓이며, 쌓였다는 사실 자체가 사료량 대비 환수량이 부족하다는 기록입니다.
- **용존 유기물과 총용존고형물(TDS)** — 사료 유래 물질, 점액, 분해 산물이 누적됩니다. 전기전도도가 서서히 올라가는 형태로 나타납니다.
- **염분과 약제 잔류** — 소금은 증발로 줄지 않습니다. 환수로만 빠집니다. 어병약도 마찬가지입니다.
- **인과 미세 부유물** — 실조류가 잘 자라는 연못은 대개 여기가 원인 쪽에 있습니다.

여기에 반대 방향의 효과가 하나 더 있습니다. 원수가 적당한 성질을 가지고 있다면 환수는 소모된 완충과 미량 원소를 다시 넣어 주는 보급이기도 합니다. 다만 이 효과는 원수에 따라 크게 다르고, 뒤에서 보듯 한국에서는 기대할 수 없는 경우가 적지 않습니다.

환수가 하지 못하는 일

가장 흔한 오해는 "물을 갈면 암모니아가 해결된다"는 것입니다. 환수는 지금 물에 있는 암모니아를 희석할 뿐, 계속 생성되는 암모니아를 처리해 줄 능력을 만들지 않습니다. 여과가 서지 않은 연못에서는 갈아도 갈아도 다시 올라옵니다. 그 사이의 노출량을 낮추는 데에는 분명히 의미가 있지만, 해결은 물잡기가 완료되어야 이루어집니다. 암모니아와 아질산염 페이지를 함께 보십시오.

또한 환수는 여름의 산소 문제를 해결하지 못합니다. 새로 넣은 물이 차갑다면 잠깐 도움이 될 수는 있으나, 새벽 산소 최저점을 만드는 것은 호흡이지 수질이 아닙니다. 8월의 답은 환수가 아니라 야간 폭기입니다. 용존산소 페이지를 보십시오.

유입수를 먼저 시험하십시오

이 페이지에서 가장 중요한 한 문장을 고르라면 이것입니다. 어떤 물을 넣고 있는지 모르면 환수는 관리가 아니라 도박입니다. 전국 평균값 같은 것은 의미가 없습니다. 자기 집에 들어오는 물을 재야 합니다.

수돗물

확인해야 할 항목은 pH, 탄산경도(KH), 그리고 소독 방식입니다. 탄산경도는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값이므로, 관할 수도사업소가 공개하는 수질보고서에서 mg/L as CaCO₃ 값을 찾아 17.9로 나누면 대략적인 dKH가 나옵니다. 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO₃입니다. 다만 보고서 값은 정수장 기준이고 계절에 따라 변하므로, 결국은 수도꼭지에서 받은 물을 직접 재는 편이 확실합니다.

여기서 자주 어긋나는 기대가 있습니다. 한국의 상수는 지역에 따라 상당히 연수여서, 환수를 해도 KH가 거의 회복되지 않는 연못이 많습니다. 오히려 KH 5 dKH인 연못에 KH 2 dKH인 수돗물로 30%를 갈면 완충은 더 얇아집니다. 환수가 완충을 채워 준다는 가정은 원수를 재기 전까지는 가정일 뿐입니다.

지하수

단독주택이나 전원주택 연못에서는 지하수를 쓰는 경우가 흔합니다. 지하수는 수돗물과 성질이 전혀 다른 물이라고 생각해야 합니다.

- 이산화탄소가 과포화된 상태로 나옵니다. 받은 직후에 재는 pH는 실제보다 낮게 나오고, 폭기하면 몇 시간 안에 올라갑니다. 나온 물 그대로 pH를 판단하지 마십시오.
- 용존산소가 사실상 0에 가깝습니다. 대량으로 바로 투입하면 연못 전체의 산소를 끌어내립니다.
- 철과 망간이 함께 나오는 지역이 있습니다. 공기와 만나면 산화되어 여과재와 아가미에 침착합니다.
- 계절에 따라 성분이 바뀌고, 장마 뒤에는 지표수의 영향을 받기도 합니다.

대응은 단순합니다. 지하수는 바로 넣지 말고, 별도의 저수조에 받아 충분히 폭기한 뒤 사용하십시오. 폭기는 이산화탄소를 날리고, 산소를 채우고, 철을 미리 산화시켜 침전시킵니다. 그리고 자기 우물의 물을 한 번은 제대로 시험해 두십시오.

염소와 클로라민

잔류 염소는 여과 박테리아를 죽입니다. 여과재를 수돗물로 행구는 것이 위험한 이유가 이것이고, 중화하지 않은 물로 대량 환수를 하는 것도 같은 이유로 위험합니다.

염소는 폭기와 정치로 상당 부분 날아가지만, 클로라민은 그렇게 빠지지 않습니다. 소독 방식은 지자체와 정수장에 따라 다르므로 관할 수도사업소나 수질보고서로 확인하십시오. 확실한 방법은 티오황산나트륨 계열의 중화제를 정량 사용하는 것입니다. 클로라민을 중화하면 결합되어 있던 암모니아가 유리되므로, 여과가 약한 상태에서 대량 환수를 하면 그만큼의 암모니아가 추가된다는 점도 함께 계산에 넣으십시오. 대량으로 채워야 할 때는 중화제를 유입부에 미리 넣고 천천히 채우는 편이 안전합니다.

수온과 수질을 맞추는 일

새 물과 연못 물의 차이는 온도, pH, 완충, 염분의 네 가지에서 납니다. 그중 가장 자주 사고를 만드는 것은 온도와 pH입니다.

항목	관행적인 기준	지키지 않으면
수온 차	2°C 이내	스트레스, 면역 저하, 국소적인 저온 충격
1회 환수량	전체의 10~20%	30%를 넘기면 수질 이동폭이 커집니다
주입 속도	몇 시간에 걸쳐 천천히	유입구 주변에 다른 물이 층으로 남습니다
pH 차	0.5 이내를 목표로	양방향 모두 위험합니다(아래 참조)

계산 예를 들면, 20톤 연못(1톤 = 1,000 L)에서 15%는 3톤, 즉 3,000 L입니다. 이 정도를 서너 시간에 걸쳐 넣으면 연못 전체의 온도 이동은 거의 없습니다. 반대로 같은 양을 20분 만에 쏟아부으면 유입구 근처에 있던 개체는 완전히 다른 물을 겪게 됩니다.

완충이 얇은 연못에서의 대량 환수

여기가 이 페이지에서 가장 위험한 부분입니다. 탄산경도(KH)는 pH를 붙잡아 주는 능력이고, 코이 연못에서 널리 쓰이는 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L)입니다. 5 dKH 아래로 내려가면 pH가 불안정해지고, 3 dKH 미만은 위험 영역으로 봅니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 국내에서 판매되는 "경도 상승제" 중에는 GH만 올리는 제품이 섞여 있으므로, 무엇을 올리는 제품인지 반드시 확인하십시오.

완충이 얇아진 연못에 KH가 더 낮은 물로 대량 환수를 하면, 남아 있던 완충까지 희석되어 밤사이의 호흡성 이산화탄소를 붙잡을 것이 없어집니다. 그 결과가 pH 급락입니다. 낮에 재면 정상이던 pH가 새벽에 크게 내려갔고, 아침에 물고기가 이상해진 상태로 발견됩니다.

반대 방향도 성립합니다. 오랫동안 보충 없이 산성화된 연못에 알칼리성 원수를 한꺼번에 넣으면 pH가 빠르게 올라갑니다. 이때 총암모니아가 조금이라도 남아 있으면 비이온 암모니아 비율이 몇 배로 됩니다. 수치는 하나도 늘지 않았는데 독성만 올라가는 상황입니다.

순서를 지키십시오. 환수 전에 KH를 재고, 유입수의 KH도 재고, 그다음에 얼마나 갈지를 정합니다. 완충이 3 dKH 아래라면 대량 환수보다 완충 복구가 먼저입니다. 완충을 세운 뒤에 나누어 갈아도 늦지 않습니다.

완충을 되돌리는 방법과 정확한 투입량

가장 흔히 쓰이는 것이 탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3)입니다. 여기서 국내외 취미 커뮤니티에 널리 퍼진 잘못된 수치를 바로잡아야 합니다.

"100 L당 1 g으로 KH가 1 dKH 오른다"는 규칙은 틀렸습니다. 100 L당 1 g은 톤당 10 g이고, 실제로는 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 즉 필요한 양의 약 3분의 1입니다. 1 dKH를 올리는 데 필요한 양은 100 L당 3 g, 톤당 약 30 g입니다.

계산 근거는 단순합니다. 1 dKH = 17.848 mg/L as CaCO_3 이고, 탄산수소나트륨은 1몰당 1당량을 공급하므로 1 dKH를 올리려면 29.96 mg/L, 즉 약 30 mg/L이 필요합니다. 물 1톤은 1,000 L이므로 톤당 약 30 g입니다. 미국 갤런 기준으로는 1,000 US gallon당 약 113 g입니다.

연못 용적	+1 DKH에 필요한 NaHCO_3	+2 DKH(하루 상한)
5톤(5,000 L)	약 150 g	약 300 g
10톤(10,000 L)	약 300 g	약 600 g
20톤(20,000 L)	약 600 g	약 1.2 kg
40톤(40,000 L)	약 1.2 kg	약 2.4 kg

투입 방법도 결과를 좌우합니다. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 반드시 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 이것은 관행적인 상한이며 절대적인 임계값은 아닙니다. 가루째 연못에 뿌리면 국소적으로 pH가 크게 튀어 그 자리에 있던 개체가 피해를 봅니다.

느리고 자율적인 방법으로는 굴 껍데기(굴패각)와 산호사를 여과조나 별도의 망에 넣어 두는 방식이 있습니다. 국내에서 어렵지 않게 구할 수 있는 자재이며, 물이 산성 쪽으로 기울 때 서서히 녹아 완충을 보급합니다. 다만 이미 진행 중인 급락을 되돌릴 만큼 빠르지는 않습니다. 급한 복구는 탄산수소나트륨으로, 장기적인 유지는 굴패각·산호사로 나누어 생각하는 편이 실용적입니다.

여기 실린 수치는 코이 사육에서 널리 쓰이는 관행적인 값이며 처방이 아닙니다. 연못마다 용적, 사육 밀도, 원수 조건이 다릅니다. 반드시 직접 측정한 값으로 검증하면서 조정하십시오.

얼마나 자주 갈아야 하는가 – 달력이 아니라 추세

"주 1회 20%" 같은 규칙은 출발점으로는 나쁘지 않지만, 결정은 수치가 해야 합니다. 실제로 보아야 할 것은 두 가지입니다. 질산염의 추세, 그리고 전기전도도(또는 총용존고형물)의 추세입니다. 둘 다 우상향이면 환수량이 부족한 것이고, 평평하면 현재의 방식이 부하와 균형을 이루고 있는 것입니다.

한 번에 많이 가는 것보다 조금씩 자주 가는 쪽이 언제나 안전합니다. 상시 소량 환수는 수질의 이동폭 자체를 없애기 때문에, 같은 총량이라도 물고기가 겪는 충격이 전혀 다릅니다. 자동 환수 설비를 두는 이유가 여기에 있습니다.

계절별 환수 판단

시기	환수에 대한 판단
12~2월 한겨울	대량 환수는 하지 않습니다. 수온 차와 저층 교란이 위험합니다. 불가피하면 소량, 온도를 맞추어, 바닥층을 흔들지 않도록 천천히.
3~4월 해빙기	여과가 아직 깨어나지 않은 구간입니다. 소량씩 자주 갈고, KH를 함께 보충합니다. 봄의 재가동은 완충을 크게 소모합니다.
5~6월	급이와 성장이 오르는 시기이므로 환수량도 같이 올립니다. 장마 전에 KH를 권장 범위 상단으로 올려 둡니다.
6월 하순~7월 장마	이미 빗물이 대량으로 희석하고 있습니다. 여기에 추가 환수를 었을 이유는 거의 없습니다. 필요한 것은 KH 측정과 보충, 그리고 월류부 점검입니다.
7월 말~8월 폭염	환수는 산소 문제의 답이 아닙니다. 야간 폭기가 답입니다. 환수를 한다면 수온 차를 특히 조심하십시오.
8~10월 태풍	호우 뒤에는 KH와 pH를 확인합니다. 정전으로 여과가 멈춘 뒤에는 환수보다 급이 중단과 폭기가 먼저입니다.
9~11월	가을은 환수와 여과조 작업의 마지막 안전 구간입니다. 월동 직전에 KH를 채우고, 그 뒤에는 여과조를 건드리지 않습니다.

장마에 대해서는 조금 더 말할 필요가 있습니다. 유럽식 자료들은 비를 "서서히 물을 부드럽게 만드는 완만한 유입"으로 설명하지만, 한국의 장마는 그렇지 않습니다. 며칠 만에 완충을 눈에 띄게 낮출 수 있고, 국지성 호우가 겹치면 그 속도가 더 빨라집니다. 그리고 이 시기에 물이 실제로 어디로 나가는지를 확인해 두어야 합니다. 월류부가 좁거나 막혀 있으면 연못은 테두리를 넘어 넘치고, 그때 들어오는 것은 정원의 흙과 유출수입니다.

H2Koi가 측정하는 것과 측정하지 않는 것

직접 측정: 수온, pH, 용존산소(DO, mg/L 및 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH4), 질산염(NO3). 선택 사양: 산화환원전위(ORP).

측정값에서 연산: 탄산경도(KH), 비이온 암모니아(NH3), 아질산염, 염분, 총용존고형물(TDS). KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

환수 판단에 필요한 값들이 대부분 여기에 있습니다. 질산염의 추세, 전기전도도의 추세, 그리고 환수 직후에 KH와 pH가 실제로 어디로 움직였는지를 연속으로 볼 수 있습니다. 이것은 산업용 등급 센서가 만들어 내는 연속 조기 경보입니다. 질병이나 기생충을 찾아내지는 못합니다. 광학 센서면은 와이퍼가 자동으로 닦습니다. 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.

저희는 연못마다 설계하는 자동 환수 설비도 함께 다루고 있습니다. 같은 일을 하는 다른 시스템을 저희도, 저희 고객도 아직 찾지 못했습니다. 다만 설비가 사고를 막아 주지는 않습니다. 설비가 하는 일은 한 번에 크게 갈던 것을 매일 조금씩 가는 일로 바꾸어, 물이 흔들리는 폭 자체를 줄이는 것입니다. 측정 장비는 수질 측정, 항목별 기준은 연못 수질 기준에서 다룹니다.

자주 묻는 질문

얼마나 자주, 얼마나 갈아야 할니까

달력보다 수치가 결정하게 하는 편이 낫습니다. 질산염과 전기전도도가 계속 우상향이면 환수량이 부족한 것이고, 평평하면 현재 방식이 부하와 균형을 이루고 있는 것입니다. 출발점으로는 주 10~20%가 흔히 쓰이며, 한 번에 30%를 넘기는 것은 권하지 않습니다. 같은 총량이라면 한 번에 많이 가는 것보다 조금씩 자주 가는 쪽이 언제나 안전합니다. 물고기가 겪는 것은 총량이 아니라 변화의 폭이기 때문입니다.

환수를 하면 KH가 회복됩니까

유입수에 달렸고, 재보기 전에는 알 수 없습니다. 한국의 상수는 지역에 따라 상당히 연수여서, 환수를 해도 KH가 거의 회복되지 않는 연못이 많습니다. 연못이 5 dKH인데 수돗물이 2 dKH라면 환수는 오히려 완충을 얇게 만듭니다. 수질보고서의 총알칼리도(mg/L as CaCO₃)를 17.9로 나누면 대략적인 dKH가 나오지만, 계절에 따라 변하므로 수도꼭지 물을 직접 재는 편이 확실합니다.

지하수로 채워도 됩니까

됩니다만 그대로는 안 됩니다. 지하수는 이산화탄소가 과포화된 상태로 나오기 때문에 받은 직후 재는 pH가 실제보다 낮게 나오고, 용존산소는 사실상 0에 가깝습니다. 철과 망간이 함께 나오는 지역도 있습니다. 별도의 저수조에 받아 충분히 폭기한 뒤 사용하십시오. 폭기가 이산화탄소를 날리고 산소를 채우며 철을 미리 산화시켜 가라앉힙니다. 그리고 자기 우물의 물을 한 번은 제대로 시험해 두십시오.

장마철에도 환수를 해야 할니까

대개 필요하지 않습니다. 빗물이 이미 대량으로 희석하고 있기 때문에, 여기에 환수를 더하는 것은 완충을 한 번 더 묽게 만드는 일이 됩니다. 이 시기에 해야 할 일은 KH를 재고 필요하면 보충하는 것, 그리고 월류부가 실제로 월류로 작동하는지 확인하는 것입니다. 월류가 막혀 연못이 테두리를 넘으면 정원의 흙과 유출수가 그대로 들어옵니다.

대량 환수는 왜 위험합니까

위험이 양방향이기 때문입니다. 완충이 얇은 연못에 KH가 더 낮은 물을 대량으로 넣으면 남아 있던 완충까지 희석되어, 밤사이 쌓이는 이산화탄소를 붙잡을 것이 없어집니다. 이것이 pH 급락입니다. 반대로 오래 보충 없이 산성화된 연못에 알칼리성 원수를 한꺼번에 넣으면 pH가 빠르게 올라가고, 총암모니아가 조금이라도 남아 있으면 비이온 암모니아가 몇 배로 됩니다. 환수 전에 연못과 유입수의 KH를 둘 다 재십시오.

베이킹소다는 얼마나 넣습니까

1 dKH를 올리려면 톤당 약 30 g입니다(100 L당 3 g, 1톤 = 1,000 L). 널리 퍼져 있는 "100 L당 1 g" 규칙은 톤당 10 g에 해당하며 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 필요한 양의 3분의 1 수준이므로 그대로 따르면 완충이 회복되지 않습니다. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 반드시 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 넣으십시오. 이 수치는 관행적인 값이므로 직접 측정하면서 조정하십시오.

겨울에도 환수를 해야 합니까

한겨울의 대량 환수는 권하지 않습니다. 수온 차가 그대로 충격이 되고, 깊은 곳의 상대적으로 따뜻한 층을 흔들 위험이 있습니다. 급이를 멈춘 상태에서는 부하 자체가 적어 환수의 필요도 낮습니다. 불가피하다면 소량으로, 수온 차 2°C 이내로, 바닥층을 교란하지 않도록 아주 천천히 넣으십시오. 겨울 전에 해 두어야 할 일은 11월에 KH를 채워 두는 것입니다.



수온 – 한 번에 네 가지를 동시에 움직이는 값

수온계는 연못에서 가장 싸고 가장 흔한 계측기이지만, 실제로는 가장 많은 것을 결정하는 값입니다. 수온은 코이(비단잉어)가 얼마나 먹고 얼마나 자랄지, 면역이 작동하는지, 물이 산소를 얼마나 품을 수 있는지, 그리고 같은 암모니아 수치가 얼마나 독한지를 한꺼번에 정합니다. 한국처럼 사계절이 뚜렷하고 겨울에 얼음이 얼며 여름에 열대야가 이어지는 기후에서는, 수온을 읽는 방식이 곧 연간 관리 계획입니다.

요점

- 코이는 변온동물이므로 대사와 소화가 수온을 따라갑니다. 대략 8~10°C 이하에서 소화가 사실상 멈추고, 대략 10°C 이하에서 면역 기능이 억제된다는 것이 관행적인 이해입니다.
- 물이 품을 수 있는 산소는 수온이 오를수록 줄어듭니다. 20°C에서 약 9 mg/L, 30°C에서 약 7.5 mg/L입니다. 그런데 물고기의 요구량은 반대로 올라갑니다.
- 수온이 오르면 총암모니아 중 비이온 암모니아(NH₃)의 비율이 커집니다. 수치가 그대로여도 독성은 올라갑니다.
- 절대값만큼 변화 속도가 중요합니다. 관행적으로 이동·환수 시 수온 차 2°C 이내를 기준으로 합니다.
- 한국에서 가장 위험한 구간은 한여름이 아니라 3~4월 해빙기입니다. 수온은 오르는데 면역과 여과조는 아직 따라오지 않습니다.

대사와 급이 – 수온이 정하는 사료량

코이의 체온은 물 온도입니다. 소화 효소의 작동, 위 배출 속도, 사료의 이용 효율이 모두 수온에 묶여 있습니다. 그래서 급이량은 계절이 아니라 수온으로 정해야 합니다. 4월 중순이라도 수온이 12°C라면 12°C에 맞는 급이를 해야 하고, 10월 말이라도 18°C라면 18°C의 급이를 합니다.

수온	급이	같이 봐야 할 것
8°C 미만	중단	소화가 사실상 멈춥니다. 준 사료는 장에 남아 오히려 부담이 됩니다.
8~12°C	10°C 아래에서는 중단. 10~12°C에서만 소화가 쉬운 사료로 소량	8~10°C에서는 소화가 사실상 멈춥니다. 수온이 다시 내려갈 가능성이 있으면 주지 않는 편이 안전합니다.
12~16°C	주 몇 회, 소량	여과조가 아직 완전히 서지 않았습니다. 암모니아를 함께 재십시오.
16~22°C	하루 1~2회	완충 소모가 본격적으로 시작됩니다.
22~28°C	성장이 가장 좋은 구간	산소와 KH가 동시에 가장 빠르게 소모됩니다.
28~30°C	감량	산소 여유가 줄고 비이온 암모니아 비율이 올라갑니다.

수온	급이	같이 봐야 할 것
30°C 초과	중단을 검토	야간 폭기가 우선입니다.

표의 경계값은 관행적인 기준이며 임계값이 아닙니다. 개체 크기, 사육 밀도, 사료 종류, 여과 용량에 따라 달라집니다. 그리고 어느 구간이든 원칙은 같습니다. 판단이 서지 않으면 적게 주는 쪽이 안전합니다. 며칠 덜 먹인 코이는 회복되지만, 처리되지 못한 사료가 만든 암모니아는 회복에 몇 주가 걸립니다.

면역 – 낮은 수온에서 무엇이 일어나는가

대략 10°C 이하에서 어류의 획득 면역 반응이 크게 느려진다는 것은 코이 사육에서 널리 받아들여지는 이해입니다. 정확한 임계값이라기보다 경향으로 받아들이는 편이 안전합니다. 실무적으로 중요한 것은 이 사실이 만드는 시간차입니다.

겨울을 지난 코이는 면역이 억눌린 상태로 봄을 맞습니다. 그런데 수온이 오르기 시작하면 병원체와 기생충 쪽이 먼저 활동을 재개합니다. 물고기의 방어가 완전히 돌아오기 전에 상대 쪽이 먼저 움직이는 구간이 생기고, 여기에 여과조가 아직 서지 않아 암모니아가 나온다는 조건이 겹칩니다. 봄에 사고가 물리는 이유는 하나가 아니라 이 세 가지가 겹치기 때문입니다.

그래서 봄에는 관찰의 밀도를 올려야 합니다. 이 시기의 수온은 하루 안에도 크게 움직이므로, 낮에 한 번 본 값으로는 그날의 상황을 알 수 없습니다.

산소 – 물이 품을 수 있는 양은 수온이 정합니다

담수가 대기와 평형을 이룰 때 품을 수 있는 산소의 양은 수온이 오를수록 줄어듭니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

수온	포화 용존산소(대략)
4°C	약 13.1 mg/L
10°C	약 11.3 mg/L
15°C	약 10.1 mg/L
20°C	약 9.1 mg/L
25°C	약 8.3 mg/L
30°C	약 7.5 mg/L
35°C	약 7.0 mg/L

여기서 두 곡선이 반대로 움직인다는 점이 핵심입니다. 공급 상한은 수온과 함께 내려가는데, 코이의 산소 요구량과 여과 박테리아의 소비량, 그리고 조류의 야간 호흡량은 모두 수온과 함께 올라갑니다. 20°C에서 30°C로 가는 동안 상한은 약 18% 줄고 수요는 크게 늘니다. 그 차이가 여름밤에 한꺼번에 청구됩니다. 자세한 것은 [용존산소](#) 페이지에서 다룹니다.

덧붙여 산소포화도(%)와 mg/L을 함께 보십시오. 같은 8 mg/L이라도 15°C에서는 약 79%로 여유가 없는 상태이고, 30°C에서는 100%를 넘긴 상태입니다. 어느 쪽인지에 따라 해야 할 일이 달라집니다.

독성 – 같은 암모니아 수치가 더 독해집니다

총암모니아는 암모늄(NH_4^+)과 비이온 암모니아(NH_3)로 나뉘고, 실제로 아가미를 상하게 하는 것은 NH_3 입니다. 이 비율은 pH가 높을수록, 그리고 수온이 높을수록 커집니다. pH 8.0을 기준으로 하면 15°C에서 약 2.7%, 30°C에서 약 7.5%입니다. 총암모니아가 조금도 늘지 않아도 여름밤의 독성 노출은 봄의 두세 배가 됩니다. 상세한 표는 [암모니아와 아질산염](#) 페이지에 있습니다.

완충 쪽에도 같은 구조가 있습니다. 수온이 높으면 사료를 많이 주고, 사료를 많이 주면 질화가 활발해지며, 질화의 첫 단계가 [탄산경도\(KH\)](#)를 소모합니다. 암모니아성 질소 1 mg/L이 산화될 때 알칼리도가 약 7 mg/L(CaCO_3 기준), 즉 약 0.4 dKH 사라집니다. 즉 여름은 완충이 가장 빠르게 줄어드는 계절입니다. 코이 연못에서 널리 쓰이는 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L)이며, 1 dKH는 약 17.9 mg/L CaCO_3 입니다.

KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 완충이 얇아진 상태로 여름밤을 맞으면 pH 급락이 일어납니다.

변화 속도 – 절대값보다 위험한 것

코이는 넓은 수온 범위를 견디지만, 빠른 변화는 견디지 못합니다. 관행적으로 이동이나 환수에서 수온 차 2°C 이 내를 기준으로 삼습니다. 실제로 문제가 되는 상황은 대개 다음과 같습니다.

- **봄·가을의 일교차** — 맑고 건조한 3~4월과 10월에는 낮과 밤의 기온 차이가 큼니다. 얇은 연못일수록 수온이 그 대로 따라 움직입니다. 수심 1.5 m 이상, 그리고 충분한 용적이 있는 연못은 이 흔들림을 훨씬 덜 겪습니다.
- **차가운 물의 대량 유입** — 겨울과 초봄의 수돗물은 대단히 차갑습니다. 한 번에 쏟아부으면 유입구 주변만 국소적으로 낮아져 그 자리에 있던 개체가 충격을 받습니다. [환수](#) 페이지의 기준을 따르십시오.
- **장마와 호우** — 한국의 장맛비는 따뜻한 편이지만, 강한 소나기가 표층만 급격히 바꾸어 층을 만드는 경우가 있습니다. 순환이 약한 연못에서는 이 층이 몇 시간씩 남습니다.
- **가온의 중단** — 겨울에 가온하던 설비가 정전이나 고장으로 멈추면, 수온이 하루 만에 크게 내려갑니다. 가온을 선택했다면 그 하강을 감당할 대비가 함께 있어야 합니다.

한국의 1년, 수온으로 다시 쓴 관리표

아래는 중부(서울·경기)를 기준으로 한 것이며, 남부와 제주는 2~4주 이르고 온화하게, 강원 내륙은 더 춥고 길게 봄니다. 수온은 기온을 며칠 늦게 따라가므로, 기온 예보가 아니라 실제 수온으로 판단하십시오.

시기	대략적인 수온	그 시기의 핵심
12~2월 한겨울	1~6°C	결빙, 급이 중단, 여과조·대량 환수 금지
3~4월 해빙기	6~15°C	1년 중 가장 위험한 구간. 큰 일교차, 억눌린 면역, 아직 서지 않은 여과
5~6월 초여름	16~24°C	성장 재개, KH 소모 증가, 장마 전 완충 확보
6월 하순~7월 장마	22~27°C	완충의 급격한 희석, 낮은 광량, 월류부 점검
7월 말~8월 폭염	27~32°C	열대야, 새벽 산소 최저점, 야간 폭기 필수
8~10월 태풍	20~28°C	급격한 희석과 정전. 폭기 예비 전원
9~10월 가을	15~24°C	가장 좋은 성장 구간, 일교차 복귀, 여과조 작업의 마지막 안전 구간

시기	대략적인 수온	그 시기의 핵심
11월 월동 준비	8~15°C	급이 감량, 수심·보온 확보, KH 보충, 여과조 청소 금지

12-2월 – 얼음이 어는 연못을 어떻게 다루는가

한파가 오면 수면이 얼고, 깊은 물은 4°C 부근에 머물습니다. 물은 4°C에서 밀도가 가장 크기 때문에 가장 따뜻한 층이 바닥에 자리 잡습니다. 겨울 관리의 핵심은 이 층을 흔들지 않는 것입니다.

- 폭기는 얇은 곳에 두십시오. 바닥에서 강하게 올리면 4°C 층을 표층의 찬물과 섞어 버립니다.
- 얼음에는 가스 교환을 위한 구멍을 유지하십시오. 얼음을 망치로 깨는 것은 물속으로 충격을 그대로 전달하므로 피합니다. 소량의 온수나 전용 기구로 녹이는 편이 낫습니다.
- 급이는 중단합니다. 대략 8~10°C 이하에서 소화가 사실상 멈춥니다.
- 여과조 청소와 대량 환수는 하지 않습니다. 겨울에는 여과 능력이 거의 없으므로, 무언가 잘못되면 회복할 여력도 없습니다.
- KH는 겨울에 거의 소모되지 않습니다. 그러나 보급도 거의 없으므로, 지금 연못이 가진 완충이 봄까지 쓸 전 부라고 보아야 합니다. 그리고 봄의 재가동이 그 완충을 빠르게 태웁니다. 11월에 채워 두어야 하는 이유가 이것입니다.

3-4월 – 쉬운 계절이 아닙니다

봄은 회복의 계절로 소개되는 경우가 많지만, 한국의 연못에서 물고기를 잃는 시기는 대개 여기입니다. 수온이 빠르게 오르는 동안 일교차가 크고, 코이는 면역이 억눌린 상태이며, 여과조는 아직 깨어나지 않았습니다. 물고기의 대사가 먼저 올라오고 질화 박테리아가 늦게 따라오기 때문에, 암모니아가 먼저 나타납니다. 사실상 해마다 부분 물잡기를 다시 하는 셈입니다.

이 시기에 지킬 것은 세 가지입니다. 첫째, 수온이 안정적으로 올라온 것을 확인하기 전에 급이를 서두르지 않습니다. 며칠 따뜻하다가 다시 내려가는 일이 흔합니다. 둘째, 총암모니아·아질산염·KH를 함께 재고 KH를 미리 보충합니다. 셋째, 여과조를 이 시기에 대대적으로 손보지 않습니다.

6월 하순-7월 – 장마

장마는 이 시장에서 가장 특징적인 계절 요인입니다. 연간 강수의 상당 부분이 짧은 기간에 들어오고, 국지성 호우가 겹칩니다. 수온 자체는 크게 흔들리지 않지만 완충이 며칠 단위로 희석되고, 광량이 낮아 낮 동안의 광합성이 줄며, 유출수가 유기물을 실어 옵니다. 6월에 KH를 권장 범위 상단으로 올려 두고, 장마 중간에 다시 재십시오. 그리고 월류부가 실제로 월류로 작동하는지 확인하십시오. 연못이 테두리를 넘어 넘치고 있다면 그것은 배수가 아니라 유입입니다.

7월 말-8월 – 폭염과 열대야

열대야, 즉 밤 최저기온이 25°C 아래로 내려가지 않는 밤이 이어지면 연못은 밤에도 열을 버리지 못합니다. 낮에 데워진 물이 아침까지 그대로 유지되고, 그 사이 코이와 여과 박테리아와 조류가 계속 호흡합니다. 산소 공급 상한은 표의 아래쪽에 머물러 있고 소비는 밤새 이어지므로, 새벽 산소 최저점이 1년 중 가장 깊어집니다. 뉴스가 열대야 일수를 세고 있는 그 주간이 정확히 그 시기입니다.

이때 해야 할 일은 명확합니다. 야간 폭기는 8월에 선택 사항이 아닙니다. 차광막이나 수생식물로 직사광을 줄이고, 급이를 낮추고, 수온은 표층이 아니라 코이가 머무는 깊이에서 확인하십시오. 그리고 오후에 한 번 재는 것으로는 아무것도 알 수 없다는 점을 기억해야 합니다. 하루 중 가장 정보가 적은 측정이 여름 낮의 단발 측정입니다.

8-10월 – 태풍

태풍은 두 가지를 동시에 가져옵니다. 짧은 시간의 대량 희석, 그리고 정전입니다. 정전은 에어펌프를 세우고, 그것도 대개 가장 필요할 때 세웁니다. 폭기 계통에 예비 전원을 두는 것은 한국의 연못에서 실질적인 대비이며, 순환 펌프보다 폭기를 먼저 살리는 것이 우선순위입니다. 복전 후에는 여과재 안에 갇혀 있던 암모니아와 아질산염이 밀려 나오므로, 급이를 멈추고 사흘간 매일 측정하십시오.

9-11월 – 마지막 안전 구간

가을은 성장에 가장 좋고, 여과조를 손볼 수 있는 마지막 시기입니다. 일교차가 다시 커지므로 급이는 수온을 보고 줄여 나갑니다. 11월에는 수심과 보온을 확인하고 KH를 채운 뒤, 그다음부터는 연못을 조용히 두십시오. 월동 직전의 여과조 청소는 겨울 내내 회복할 수 없는 상태로 들어가는 일입니다.

가온할 것인가

겨울에 수온을 올려 두는 선택은 장단점이 분명합니다. 대사를 유지하면 성장이 이어지고 면역도 유지되지만, 그만큼 급이를 계속해야 하고 여과가 계속 돌아야 하며 완충 소모도 이어집니다. 병원체와 기생충의 활동 주기도 함께 유지됩니다. 그리고 가장 중요한 문제는 실패 모드입니다. 가온하던 연못에서 전원이나 설비가 멈추면 수온이 하루 만에 크게 내려가고, 그것은 자연스럽게 식은 연못이 겪는 것보다 훨씬 급격한 변화입니다.

부분 가온, 즉 연못의 일부만 데우는 방식은 층을 만들어 오히려 온도차를 키울 수 있습니다. 가온을 택한다면 전체를 균일하게, 그리고 정전 대비를 포함해서 설계해야 합니다. 가온하지 않기로 했다면 수심 확보, 보온 덮개, 방풍이 그 자리를 대신합니다.

수온을 어디서, 얼마나 자주 재는가

수면에 띄운 온도계 하나로는 부족합니다. 여름의 표층과 코이가 머무는 깊이는 몇 도씩 차이가 나고, 겨울에는 그 차이가 생사를 가릅니다. 재야 할 곳은 코이가 실제로 있는 깊이이며, 순환이 약한 연못이라면 두 지점 이상을 비교해 보아야 합니다.

빈도도 문제입니다. 하루 한 번의 기록은 그날의 최고와 최저를 둘 다 놓칩니다. 봄과 가을의 일교차, 여름 새벽의 최저점, 한파가 지나간 밤의 하강 속도는 모두 연속으로 보아야 보입니다. 그리고 이 값들은 다른 모든 수치를 해석하는 근거이기도 합니다. 수온 없이 기록된 pH나 암모니아는 나중에 다시 읽을 수 없는 데이터입니다.

여기에 한국의 사정이 하나 더 있습니다. 아파트가 주거의 다수를 차지하는 만큼 야외 코이 연못은 단독주택·전원주택·별장이나 카페·한정식·사찰의 정원에 있고, 상당수는 두 번째 주택이거나 영업장입니다. 8월의 새벽 4시, 혹은 한파가 지나가는 밤에 그 연못 옆에 서 있는 사람은 없습니다.

H2Koi가 측정하는 것과 측정하지 않는 것

직접 측정: 수온, pH, 용존산소(DO, mg/L 및 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃). 선택 사양: 산화환원전위(ORP).

측정값에서 연산: 탄산경도(KH), 비이온 암모니아(NH₃), 아질산염, 염분, 총용존고형물(TDS). KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

수온을 다른 값들과 같은 순간, 같은 지점에서 측정하기 때문에 산소포화도와 비이온 암모니아를 그 시점의 수온으로 계산할 수 있습니다. 이것은 산업용 등급 센서가 만들어 내는 연속 조기경보입니다. 질병이나 기생충을 찾아내지는 못합니다. 광학 센서면은 와이퍼가 자동으로 닦습니다. 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.

장비가 한파를 막거나 열대야를 없애 주지는 않습니다. 장비가 하는 일은 밤사이의 하강과 새벽의 최저점을 기록으로 남겨, 다음 날 아침이 아니라 그날 밤에 판단할 수 있게 하는 것입니다. 관련해서 [연못 수질 기준과 수질 측정](#), 그리고 [코이의 갑작스러운 폐사](#)를 함께 보십시오.

자주 묻는 질문

몇 도부터 급이를 멈춰야 할니까

대략 8°C 아래에서는 소화는 사실상 멈추므로 급이를 중단하는 것이 관행입니다. 8~12°C 구간은 소화가 쉬운 사료로 아주 소량만, 그것도 수온이 다시 내려갈 가능성이 없을 때에 한합니다. 초봄에는 며칠 따뜻하다가 다시 떨어지는 일이 흔하므로, 판단이 서지 않으면 주지 않는 쪽이 안전합니다. 며칠 덜 먹은 코이는 회복되지만, 소화되지 못한 사료가 만든 암모니아는 회복에 몇 주가 걸립니다.

연못이 얼었습니다. 어떻게 해야 할니까

얼음을 깨지 마십시오. 충격이 물속으로 그대로 전달됩니다. 가스 교환을 위한 구멍을 하나 유지하는 것이 목적이므로, 소량의 온수를 부어 녹이거나 전용 기구를 쓰십시오. 폭기는 얇은 곳에 두어야 합니다. 바닥에서 강하게 올리면 4°C 부근의 가장 따뜻한 저층을 표층의 찬물과 섞어 버립니다. 급이는 중단하고, 여과조 청소와 대량 환수도 하지 않습니다.

봄에 사고가 많은 이유가 무엇입니까

세 가지가 겹치기 때문입니다. 코이는 면역이 억눌린 상태로 겨울을 빠져나오고, 수온이 오르면서 병원체 쪽이 먼저 활동을 재개하며, 여과조는 아직 깨어나지 않아 암모니아가 먼저 나타납니다. 여기에 3~4월의 큰 일교차가 더해집니다. 사실상 해마다 봄에 부분 물잡기를 다시 하는 셈이고, 이 과정에서 KH도 크게 소모됩니다. 급이를 서두르지 말고, 총암모니아·아질산염·KH를 함께 재십시오.

열대야가 이어지는 밤에는 무엇을 해야 할까요

야간 폭기를 최대한 올리는 것이 우선입니다. 열대야에는 연못이 밤에도 열을 버리지 못해 산소 공급 상한이 낮게 유지되는데, 코이와 여과 박테리아와 조류는 밤새 계속 호흡합니다. 그 결과 새벽 산소 최저점이 1년 중 가장 깊어집니다. 함께 급이를 줄이고, 차광으로 낮 동안의 가열을 억제하십시오. 환수는 이 문제의 답이 아닙니다.

수온은 하루에 몇 도까지 변해도 괜찮습니까

이동이나 환수에서는 수온 차 2°C 이내를 관행적인 기준으로 삼습니다. 자연적인 일교차는 그보다 크게 움직이기도 하지만, 수심이 확보된 연못일수록 폭이 작습니다. 실제로 문제가 되는 것은 국소적이고 급격한 변화입니다. 차가운 수돗물을 한 번에 쏟아붓거나, 겨울에 가온 설비가 멈추거나, 강한 소나기가 표층만 바꾸는 경우가 여기에 해당합니다. 물은 천천히, 여러 시간에 걸쳐 넣으십시오.

겨울에 가온하는 것이 좋습니까

선택의 문제이며 대가가 따릅니다. 가온하면 성장과 면적이 유지되지만 급이와 여과, 완충 소모도 함께 이어지고 병원체의 활동 주기도 유지됩니다. 가장 중요한 것은 실패했을 때입니다. 정전이나 고장으로 가온이 멈추면 수온이 하루 만에 크게 떨어지는데, 이는 자연스럽게 식은 연못이 겪는 것보다 훨씬 급격합니다. 연못의 일부만 데우는 방식은 층을 만들어 오히려 온도차를 키울 수 있습니다. 가온하지 않는다면 수심 확보와 보온 덮개, 방풍이 그 역할을 대신합니다.

수온계는 어디에 두어야 할까요

수면이 아니라 코이가 실제로 머무는 깊이입니다. 여름의 표층과 그 아래는 몇 도씩 차이가 나고, 순환이 약한 연못이라면 두 지점 이상을 비교해 보아야 합니다. 그리고 하루 한 번의 기록은 그날의 최고와 최저를 둘 다 놓칩니다. 봄가을의 일교차, 여름 새벽의 최저점, 한파가 지나간 밤의 하강 속도는 연속으로 볼 때에만 보입니다.

코이 연못의 소금 – 무엇을 해 주고, 무엇을 해 주지 않는가

소금은 코이(비단잉어) 사육에서 가장 오래된 도구이자 가장 자주 잘못 쓰이는 도구입니다. 쓸 자리는 분명히 있습니다. 다만 넣어서 나쁠 것 없다는 생각으로 계속 더해 가는 방식은 코이를 돕지 못하고 오히려 조용히 몰아붙입니다. 소금이 왜 듣는지, 어떤 농도가 무엇을 위한 농도인지, 그리고 연못에 한 번 들어간 소금이 그 뒤에 어떻게 되는지를 정리합니다.

이 글의 요점

- 가장 근거가 분명한 용도는 **아질산염 방어**입니다. 염화물 이온이 아가미의 흡수 경로에서 아질산염과 경쟁해, 여과가 회복될 때까지 시간을 벌어 줍니다.
- 상용역은 **0.1~0.3%(1톤당 1~3 kg)**, 치료역은 **0.5%까지**를 기간을 정해 짧게 쓰는 것이 널리 쓰이는 관행입니다. 처방이 아닙니다.
- 소금은 증발하지 않고 소모되지도 않습니다.** 배수를 동반한 환수로만 빠집니다. 눈대중으로 더하면 생각한 농도를 한참 넘깁니다.
- 연못 부피 추정치 아니라 **측정된 염분값**에 맞춰 투여하십시오. 천일염과 굵은소금은 무게당 실제 염화나트륨 양이 일정하지 않습니다.
- 소금은 산소를 늘려 주지 않고, 암모니아를 처리하지 않으며, KH를 올려 주지도 않습니다.

소금을 넣는 이유는 셋뿐입니다

실제로 소금이 쓰이는 자리는 크게 셋으로 나뉩니다. 목적이 다르면 적정 농도도 기간도 다르므로, 우선 이 셋을 섞지 않는 것이 중요합니다.

- 낮은 농도의 상시 보조.** 낮은 농도를 유지해 삼투압 조절에 드는 부담을 조금 덜어 주는 방식입니다. 효과는 완만하며 극적이지 않습니다.
- 일부 외부 기생충에 대한 처치.** 높은 농도를 짧게 겁니다. 다만 상대를 가리며, 소금이 듣지 않는 기생충이 오히려 더 많다고 보는 편이 안전합니다.
- 아질산염 중독에 대한 방어.** 셋 중 근거가 가장 분명하고, 여과가 무너졌을 때의 첫 수단으로 자리 잡았습니다.

아질산염 방어 – 가장 확실한 용도

코이의 아가미에는 살아가는 데 필요한 염화물 이온을 물에서 끌어들이는 경로가 있습니다. 아질산염 이온은 형태가 비슷해 이 경로에 섞여 들어옵니다. 혈액으로 들어온 아질산염은 헤모글로빈과 결합해 산소를 나르지 못하게 만듭니다. 그래서 물의 용존산소가 정상인데도 코이는 질식사합니다. 물속 염화물이 충분하면 이 경로에서 경쟁이 일어나 아질산염이 덜 들어옵니다. 소금을 넣으면 아질산염에 강해진다는 말의 실제 내용이 이것입니다.

아질산염이 올라오는 시점은 정해져 있습니다. 새 연못, 봄 재가동, 약욕 뒤, 여과재를 과하게 씻은 뒤, 정전으로 여과가 멈춘 뒤, 그리고 급이를 갑자기 늘렸을 때입니다. 모두 암모니아와 아질산염을 여과가 따라잡지 못하는 상태이며, 물잡기가 다시 자리 잡는 데에는 며칠에서 몇 주가 걸립니다.

소금은 아질산염을 없애지 않습니다. 코이가 건디는 시간을 늘려 줄 뿐입니다. 동시에 급이를 줄이고, 환수(물갈이)로 아질산염 자체를 희석하며, 여과가 돌아올 때까지 기다려야 합니다. 소금을 넣고 안심한 채 사료를 그대로 주는 것이 가장 나쁜 조합입니다.

또 하나 놓치기 쉬운 점이 있습니다. 질화가 진행 중인 연못에서는 탄산경도(KH)가 함께 깎입니다. 아질산염이 나오는 시기는 KH가 동시에 줄어드는 시기이기도 합니다. KH가 바닥나면 pH 급락이 뒤따릅니다. 소금을 넣을 때는 KH도 같이 보십시오.

농도 별로 무엇을 위한 숫자인지

아래는 널리 자리 잡은 목표값이며 절대적인 처방이 아닙니다. 코이의 상태, 수온, 계절, 그동안의 투약 이력에 따라 적절한 범위는 달라집니다. 1톤 = 1,000 L 기준입니다.

염분	1톤당 소금	무엇을 위한 농도인가	기간의 감각
0.1%	1 kg	매우 낮은 상용역	장기간이어도 부담이 작음
0.1~0.3%	1~3 kg	일반적인 상용·보조. 아질산염 방어의 중심	이상이 가라앉을 때까지, 며칠~몇 주
0.3~0.5%	3~5 kg	짧게 쓰는 치료역	지도를 받고 기간을 끊어서
0.5% 초과	5 kg 초과	권하지 않음	농도 자체가 부담이 됨

염분 0.1%는 물 1 L에 소금 1 g, 즉 1,000 mg/L입니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다. 기억할 것은 소금 자체도 스트레스 요인이라는 점입니다. 진하게, 오래 걸수록 돕기 위한 것이 부하로 바뀝니다. 0.5%로 이틀과 0.5%로 두 달은 전혀 다른 일입니다.

소금은 증발하지 않습니다

이 페이지에서 가장 중요한 문단입니다. 물이 증발하면 소금은 그대로 남고 농도는 올라갑니다. 여과조를 통과해도 걸러지지 않으며, 박테리아가 분해하지도 않습니다. 빠져나가는 경로는 배수를 동반한 환수와 넘침에 의한 희석, 이 둘뿐입니다.

결과는 두 방향으로 나타납니다. 폭염기에 증발분만 보충수로 채우는 연못은 아무것도 더 넣지 않았는데 염분이 계속 오릅니다. 반대로 장마철에는 며칠 만에 농도가 절반 아래로 내려갈 수 있습니다. 치료 목적으로 농도를 맞춰 둔 상태라면, 비가 그 계획을 지워 버린 셈입니다. 어느 쪽이든 지난달에 넣었으니 아직 그만큼 있을 것이라는 추정은 틀립니다.

감이 아니라 측정값에 맞추십시오

첫 투여량은 실수량에서 계산합니다. 도면상의 수량이 아니라 여과조와 배관, 침전조까지 포함해 실제로 들어 있는 물의 양입니다. 3톤짜리 여과조를 단 20톤 연못은 20톤이 아니라 23톤입니다. 이 차이만으로 0.3%를 노린 투여가 0.26%가 됩니다.

그러나 계산은 첫 투여의 근사치일 뿐입니다. 두 번째부터는 측정된 값이 기준입니다. 이유는 셋입니다. 실수량 추정에는 늘 오차가 있고, 이전에 넣은 소금이 얼마나 남아 있는지 계산으로는 알 수 없으며, 국내에서 흔히 쓰는 소금 자체가 무게당 염화나트륨 양이 일정하지 않기 때문입니다.

소금 고르기. 첨가물이 없는 염화나트륨이면 충분합니다. 요오드 첨가염, 고결방지제가 들어간 정제염, 제설용 소금은 피하십시오. 천일염과 굵은소금은 수분과 간수를 머금고 있어 같은 1 kg 이라도 실제 염화나트륨 양이 다릅니다. 무게로 맞춘 계산이 어긋나는 흔한 이유이며, 측정으로 확인해야 하는 또 하나의 이유이기도 합니다. 사료점이나 양어 자재점에서 취급하는 포대 소금이 가장 확실합니다.

측정 수단은 전기전도도식 디지털 염분계가 실용적입니다. 비중계는 이 농도역에서 눈금이 너무 거칠어 판단 근거가 되지 못합니다. 참고로 0.1%(1 g/L)의 염화나트륨은 25°C에서 대략 2 mS/cm 안팎의 전기전도도를 더합니다. 다만 원수와 질산염, 경도 성분이 이미 만들어 놓은 배경 전도도를 빼야 하고, 전도도는 수온에 크게 좌우되므로 온도 보정 기능이 있는 계기를 쓰십시오.

투여는 미리 물에 완전히 녹여 유입부에 나누어 천천히 흘려 넣습니다. 포대를 그대로 붓지 마십시오. 바닥에 깔린 고농도 소금층 위에 코이가 눕는 사고가 실제로 일어납니다. 올릴 때는 0.1%씩 나누어 올리고, 올린 뒤 반드시 다시 측정하십시오.

소금이 하지 않는 일

KH를 올리지 않습니다. 염화나트륨은 완충 능력에 기여하지 않습니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. 소금은 이 둘 어느 쪽도 아닙니다. 완충이 필요하다면 완충제를 써야 합니다. 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L CaCO₃)이며, 1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃입니다.

정정해야 할 숫자. 탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO₃) 약 30 g/톤(=30 mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 국내외 취미 자료에 널리 퍼진 100 L당 1 g 규칙은 1톤당 10 g에 해당하며 실제로는 약 0.33 dKH밖에 올리지 못합니다. 즉 세 배가량 모자랍니다. 올릴 때는 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고, 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 자세한 내용은 [탄산경도\(KH\)](#) 페이지에 있습니다.

암모니아를 처리하지 않습니다. 소금은 아질산염 쪽에서만 방어 역할을 하며, 암모니아 독성에는 도움이 되지 않습니다. **대부분의 질병을 치료하지 않습니다.** 진단 없이 소금부터 올리는 습관은 원인을 가릴 뿐입니다. **산소를 늘리지 않습니다.** 오히려 0.3%에서 용존산소 포화 농도가 담수보다 1~2% 정도 낮아집니다. 그 자체로 위험한 크기는 아니지만, 이미 여유가 없는 여름밤에는 남은 여유를 더 깎습니다.

다른 처치와 겹칠 때

연못에서 사고가 나는 지점은 대개 약품 하나가 아니라 둘이 겹치는 자리입니다.

- **산소를 깎는 약제와의 조합.** 포르말린 계열은 물의 산소를 소모합니다. 여기에 소금으로 낮아진 포화 농도와 높은 수온이 겹치면 산소 여유가 세 번 깎입니다. 여름철에 이 조합을 쓸 때는 폭기를 최대로 올리고 걸을 지킵시오.
- **과망간산칼륨.** 유기물과 반응하며 소모되고 ORP를 크게 흔듭니다. 소금과 동시에 쓰면 판단해야 할 변수만 늘어납니다.
- **여과 박테리아.** 0.3% 이하에서 완만하게 변하는 농도는 대체로 견딘다고 보는 것이 관행입니다. 문제는 농도 자체보다 속도입니다. 하루 만에 0.5%로 올리는 방식은 피하십시오.
- **수생식물.** 치료역에서는 대부분 상합니다. 수련은 화분째 대피시키는 편이 확실하며, 소금을 넣고 나서 잎을 보고 판단하는 순서로는 늦습니다.

원칙은 하나입니다. 한 번에 한 가지만 바꾸고, 바꾼 뒤에 측정하십시오.

한국의 연못 1년과 소금

서울·경기를 기준으로 씁니다. 남부와 제주는 2~4주 이르고 온화하며, 강원 내륙은 더 춥고 김니다.

시기	소금과 관련해 일어나는 일	할 일
3~4월	여과가 아직 깨어나지 않은 상태에서 급이가 시작되어 아질산염이 먼저 올라옵니다. 일교차가 큼니다	소금이 가장 정당하게 쓰이는 시기. 다만 저수온에서 급격히 올리지 말 것
6월 하순~7월	장마. 며칠 만에 희석되어 목표 농도가 무너집니다	장마 중반에 다시 측정. 넘침 경로가 실제 오버플로인지 확인
7월 말~8월	폭염과 열대야. 증발분만 보충하면 농도가 계속 오르고, 산소 여유는 줄어듭니다	보충 전후로 측정. 야간 폭기는 선택 사항이 아닙니다
8~10월	태풍. 갑작스러운 희석과 정전이 함께 옵니다	폭기용 예비 전원을 준비. 정전 뒤에는 아질산염을 확인
11월	급이를 줄이며 월동 준비	여과조 청소를 겨울 직전에 하지 말 것
12~2월	결빙. 급이 정지, 큰 환수 금지	이 시기에 새로 치료역까지 올리는 것은 대체로 나쁜 선택입니다. 봄까지 그대로 남습니다

정전은 특히 눈여겨볼 항목입니다. 태풍이 지나가는 밤에 에어펌프가 멈추면 산소와 생물여과가 동시에 타격을 받고, 며칠 뒤 아질산염으로 결과가 나타납니다. 이때 소금이 방어선이 되지만, 그것은 *이미 들어 있을 때*의 이야기입니다. 정전이 끝난 뒤 눈대중으로 보는 소금은 농도를 알 수 없는 소금입니다.

소금을 뺄 때

빼는 방법은 환수뿐입니다. 물이 잘 섞여 있다면 30%를 배수하고 채우면 염분도 대략 30% 내려갑니다. 한 번에 크게 빼면 염분과 수온, 수질이 동시에 움직이므로 여러 번 나누어 며칠에 걸쳐 내리십시오. 내리는 동안에는 급이를 줄이고 폭기를 올려 둡니다.

목적이 끝나면 빼는 편이 좋습니다. 늘 소금이 들어 있는 연못은 정작 필요할 때 올릴 여지가 좁고, 지금 농도가 얼마인지도 점점 알 수 없게 됩니다.

연속 측정이 있는 경우

H2Koi 존데는 전기전도도를 직접 측정하며, 염분과 총용존고형물(TDS)은 그 값에서 계산합니다. 수온, pH, 용존 산소(mg/L과 산소포화도 %), 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃)도 같은 화면에 함께 놓이며, ORP는 선택 사양입니다. KH는 적정(titration)이 아니라 측정값에서 계산된 값입니다. GH(총경도)는 측정하지도, 보고하지도 않습니다.

연속 측정이 소금 관리에서 실제로 해 주는 일은 단순합니다. 넣은 뒤 농도가 어떻게 움직이는지를 남겨 둡니다. 장마 사흘 동안 염분이 어디까지 내려갔는지, 폭염기 보충수만으로 얼마나 올라왔는지가 그래프로 남습니다. 치료역을 다룰 때는 전용 염분계로 대조하십시오. 이것은 산업용 등급 센서로 얻는 연속 조기 경보입니다.

자주 묻는 질문

연못에 소금을 계속 넣어 둔 상태로 유지해도 됩니까

낮은 상용역이라면 큰 해는 없지만 권하지는 않습니다. 소금은 줄어들지 않기 때문에 보충수와 부분환수를 반복하는 사이에 실제 농도를 알 수 없게 됩니다. 또 늘 소금이 들어 있는 상태에서는 정말 필요해졌을 때 농도를 올릴 여지가 좁아집니다. 목적이 끝나면 환수로 빼고, 필요할 때 다시 계산해 넣는 편이 관리로서 확실합니다.

장마가 지나간 뒤 소금 농도는 얼마나 떨어집니까

연못의 형태와 넘침 경로에 따라 다르므로 숫자로 답할 수 없습니다. 다만 몇 주 동안 연간 강수량의 상당 부분이 쏟아지는 시기이므로, 며칠 만에 절반 아래로 내려가는 경우도 드물지 않습니다. 중요한 것은 추정하지 않는 것입니다. 장마가 시작되기 전과 중반에 각각 측정하고, 넘치는 물이 실제 오버플로 배관으로 나가는지 아니면 연못 가장자리를 타고 넘는지도 함께 확인하십시오. 같은 시기에 KH도 함께 희석됩니다.

천일염을 써도 됩니까

쓸 수 있지만 계산이 어긋나는 점을 감안해야 합니다. 천일염과 굵은소금은 수분과 간수를 머금고 있어 같은 무게라도 실제 염화나트륨 양이 일정하지 않습니다. 목표 농도를 정확히 맞추려면 첨가물이 없는 소금을 쓰고, 어느 쪽을 쓰든 투여 뒤 염분계로 확인하십시오. 요오드 첨가염과 고결방지제가 들어간 제품, 제설용 소금은 피하십시오.

염분은 무엇으로 측정합니까

전기전도도식 디지털 염분계가 실용적입니다. 비중계는 연못이 쓰는 농도역에서 눈금이 너무 거칠어 판단 근거가 되지 못합니다. 전도도는 수온에 크게 좌우되므로 온도 보정 기능이 있는 계기를 쓰고, 원수가 이미 가지고 있는 배경 전도도를 감안해 판단하십시오. 연속 측정으로 전도도를 보고 있더라도 치료역을 다룰 때는 전용 계기로 대조하는 편이 안전합니다.

겨울에 소금을 넣어도 됩니까

괜찮지 않습니다. 결빙기에는 급이가 멈추고 큰 환수도 하지 않으므로, 이때 올린 농도는 봄까지 그대로 남습니다. 저수온에서는 코이의 대사와 면역이 모두 눌러 있어 농도 변화 자체가 부담이 됩니다. 겨울에 문제가 보인다면 소금 농도를 올리기 전에 수온과 산소, 결빙 아래의 가스 교환 구멍부터 확인하십시오.

소금을 넣으면 pH가 안정됩니까

아닙니다. 염화나트륨은 완충 능력에 전혀 기여하지 않습니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다. pH가 흔들린다면 소금이 아니라 KH를 보아야 하며, 탄산수소나트륨 약 30 g/톤이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 흔히 인용되는 100 L당 1 g 규칙은 약 0.33 dKH밖에 올리지 못하므로 그대로 쓰지 마십시오.

모르는 사이에 0.5%를 넘겼습니다. 어떻게 해야 합니까

우선 소금 추가를 멈추고 정확한 농도를 측정하십시오. 그다음 통상적인 환수를 여러 번으로 나누어 며칠에 걸쳐 단계적으로 내립니다. 한 번에 대량 환수하면 농도와 수온, 수질이 동시에 움직여 부담이 커집니다. 내리는 동안에는 급이를 줄이고 폭기를 강하게 유지하십시오. 코이에 뚜렷한 이상이 보인다면 자체 판단으로 진행하지 말고 판매점이나 수의사와 상의하십시오.

녹색 물과 실조류 – 색이 아니라 산소와 pH가 문제입니다

연못이 초록으로 변하면 대부분의 주인은 색을 없애는 방법부터 찾습니다. 그러나 녹색 물은 병이 아니라 증상이며, 실제로 코이(비단잉어)를 위협하는 것은 색이 아니라 그 조류가 만들어 내는 하루 짜리 산소와 pH의 진폭입니다. 색만 걷어 내는 처치가 오히려 사고로 이어지는 이유도 여기에 있습니다.

이 글의 요점

- 한국에서 **녹조**는 이미 하천의 유해 조류를 가리키는 말로 쓰입니다. 연못의 녹색 물 대부분은 식물플랑크톤이며, 남조류와는 다른 이야기입니다.
- 조류는 낮에 산소를 만들고 밤에는 코이·여과 박테리아와 함께 산소를 씹니다. 위험은 오후가 아니라 **새벽 산소 최저점**에 있습니다.
- 낮에 이산화탄소를 소비해 pH가 오르고 밤에 다시 내려갑니다. KH가 충분하면 진폭은 작고, 바닥이면 붙잡아 줄 것이 없습니다.
- **탁도만으로는 부유 조류와 흙탕물을 구분할 수 없습니다.** 장마철 유입 토사와 조류는 같은 탁도로 읽힙니다.
- 실조류는 원인도 대처도 다른 문제입니다. 녹색 물을 없애는 방법으로는 사라지지 않습니다.

먼저 '녹조'라는 말을 갈라 놓겠습니다

한국에서 녹조는 일상어로 이미 하천과 호소의 유해 조류를 가리킵니다. 여름마다 녹조라떼라는 표현이 나오고 조류경보제가 발령되므로, 연못이 초록으로 변한 것을 본 주인이 곧바로 독소를 떠올리는 것은 자연스러운 반응입니다. 그러나 정원 연못에서 일어나는 일은 대개 다릅니다.

- **식물플랑크톤에 의한 녹색 물.** 미세한 녹조류가 물에 떠 있는 상태입니다. 물 전체가 균일한 초록빛을 띠고, 유리컵에 떠서 밝은 곳에 비춰 보면 맑은 초록으로 보입니다. 그 자체로 독성은 없으며, 일본 사육서에서 말하는 녹수가 이것입니다.
- **남조류.** 시아노박테리아이며 성격이 다릅니다. 수면에 청록색 유막이 뜨거나 페인트를 흘린 듯한 막이 생기고, 걷어 내면 손에 미끄러운 감촉이 남으며 흙냄새가 납니다. 독소를 만드는 종이 있고 만들지 않는 종이 있습니다.

수면에 청록색 막이 보이면 개와 아이가 물에 접근하지 못하게 하십시오. 연못물을 마시는 반려견 쪽이 사람보다 먼저 문제가 됩니다. 걷어 낼 때는 장갑을 쓰고, 걷어 낸 것을 연못 가장자리에 그대로 두지 마십시오.

녹색 물은 증상입니다

조류가 늘어나려면 빛과 영양염이 함께 있어야 합니다. 연못에서 빛은 대개 조절하기 어렵고, 실제로 움직일 수 있는 쪽은 영양염입니다. 그 영양염이 어디서 오는지는 거의 정해져 있습니다.

- 사료. 코이 연못에서 들어오는 질소와 인의 대부분입니다. 급이량이 곧 조류의 먹이량입니다.
- 축적된 질산염. 부분환수가 부족하면 질화의 최종 산물이 계속 쌓입니다.
- 바닥에 가라앉은 유기물, 낙엽, 청소하지 않은 침전조.
- 정원과 텃밭에서 흘러드는 비료. 전원주택 마당의 잔디밭에 비료를 준 뒤 장마가 오면, 그 비료는 연못으로 들어옵니다.

그래서 색을 지우는 처치만 반복하면 같은 일이 반복됩니다. 조류가 자란 이유는 그대로이기 때문입니다.

진짜 위험은 하루 주기에 있습니다

이 페이지의 핵심입니다. 조류는 낮에 광합성으로 산소를 만들고 이산화탄소를 소비합니다. 밤에는 광합성이 멈추고 호흡만 남아, 코이와 여과 박테리아와 함께 산소를 소비하며 이산화탄소를 내놓습니다.

결과는 두 가지 진폭입니다. 첫째, 산소가 낮에 과포화까지 올랐다가 새벽에 최저점을 찍습니다. 오후에 한 번 측정한 값은 하루 중 가장 정보가 없는 값이며, 종종 가장 안심시키는 값입니다. 둘째, 이산화탄소가 낮에 빠지고 밤에 쌓이므로 pH가 하루 안에서 오르내립니다.

수온	포화 상태의 용존산소	상황
20°C	약 9 mg/L	봄·가을. 여유가 있는 편
30°C	약 7.5 mg/L	한여름 낮. 코이의 요구량은 반대로 커져 있음
35°C	약 7.0 mg/L	폭염기 앞은 연못. 여유가 거의 없음

물이 데워질수록 담을 수 있는 산소의 총량은 줄고 코이의 요구량은 늘어납니다. 여기에 조류의 야간 호흡이 얹히는 것이 8월 새벽의 구조입니다. 수면에서 입을 빠끔거리는 코이를 아침에 발견했다면, 최저점은 그보다 앞서 지나갔을 가능성이 큼니다. 자세한 내용은 용존산소 페이지에 있습니다.

pH 진폭을 붙잡아 주는 것은 KH입니다

탄산경도(KH)는 수돗물 수질보고서의 총알칼리도와 사실상 같은 값입니다. KH는 pH를 붙잡아 주는 완충 능력이고, GH는 칼슘·마그네슘의 양입니다. GH는 pH를 전혀 붙잡아 주지 못합니다.

KH가 충분한 연못에서는 조류가 아무리 왕성해도 하루 pH 변동이 소수점 단위에 머물습니다. KH가 바닥난 연못에서는 같은 조류가 같은 일을 해도 pH가 낮에 크게 오르고 밤에 크게 떨어집니다. pH는 늦게 움직이는 지표입니다. 설계상 완충이 사라진 뒤에야 움직입니다. 먼저 보아야 할 것은 KH입니다. 관행적인 권장 범위는 6~10 dKH(약 107~179 mg/L CaCO₃)이며, 1 dKH ≈ 17.9 mg/L CaCO₃입니다. mg/L과 ppm은 같은 값입니다.

투여량 정정. 탄산수소나트륨(베이킹소다, NaHCO_3) 약 30 g/톤(=30 mg/L)이 KH를 약 1 dKH 올립니다. 1톤 = 1,000 L입니다. 널리 퍼진 100 L당 1 g 규칙은 1톤당 10 g에 해당해 약 0.33 dKH밖에 올리지 못하므로, 세 배가량 모자랍니다. 하루 1~2 dKH 이내로 나누어 올리고 물에 미리 녹여 유입부에 천천히 투입하십시오. 굴 껍데기(굴패각)와 산호사를 여과조에 넣는 방식도 흔히 쓰입니다. 이는 널리 쓰이는 관행값이며 처방이 아닙니다. pH 급락과 탄산경도(KH)도 함께 보십시오.

조류가 갑자기 사라질 때가 더 위험합니다

왕성하던 녹색 물이 하루 이틀 만에 맑아지는 일이 있습니다. 장마가 시작되어 광량이 급락했을 때, 살조제를 썼을 때, 자외선 살균기를 새로 가동했을 때입니다. 이때 일어나는 일은 다음과 같습니다.

- 죽은 조류가 분해되면서 산소를 대량으로 소비합니다.
- 동시에 암모니아가 방출되어 여과가 감당해야 할 부하가 갑자기 커집니다.
- 낮에 산소를 만들어 주던 원천이 사라지므로, 낮의 산소 여유마져 없어집니다.

이 조합이 폭염기에 겹치면 **갑작스러운 폐사**의 전형적인 경로가 됩니다. 녹색 물을 걷어 내기로 했다면, 걷어 내기 전에 폭기를 먼저 올려 두십시오.

탁도만으로는 구분할 수 없습니다

탁도는 물이 얼마나 흐린지를 알려 줄 뿐, 무엇 때문에 흐린지는 알려 주지 않습니다. 부유 조류로 흐린 물과 장마철에 흘러든 토사로 흐린 물은 같은 탁도로 읽힙니다. 그런데 이 둘은 대처가 정반대입니다. 조류는 영양염과 빛의 문제이고, 토사는 유입과 침전의 문제입니다.

실무적으로는 다른 채널과 함께 보면 상당 부분 갈립니다. 조류는 산소를 만들고 씹니다. 흙은 그러지 않습니다. 그래서 탁도가 높으면서 **하루 산소 진폭과 pH 진폭이 함께 커져 있다면** 조류 쪽이고, 탁도만 튀어 오르고 진폭에는 변화가 없으면 토사 쪽으로 봅니다. 비가 온 시각과 탁도가 오른 시각이 붙어 있는지도 유용한 단서입니다.

남조류를 갈라내는 데에는 전용 채널이 있습니다. 남조류 채널은 선택 사양이며 피코시아닌 형광으로 추세만 보여 줍니다. 세포 수나 독소를 측정하지 않습니다. 피코시아닌은 남조류가 가진 색소이므로, 녹조류가 늘어날 때와 남조류가 늘어날 때를 추세로 구분하는 데 쓰입니다. 판단은 눈으로 본 수면 상태와 함께 내려야 합니다.

실조류는 다른 문제입니다

실조류(실이끼)는 벽면과 폭포, 자갈, 배관 입구처럼 붙을 자리가 있는 곳에 자랍니다. 부유 조류를 없애는 방법 대부분이 실조류에는 듣지 않습니다. 자외선 살균기는 물과 함께 흘러 지나가는 것만 처리하므로 붙어 있는 실조류에는 아무 영향이 없습니다.

오히려 물이 맑아질수록 바닥까지 빛이 닿아 실조류가 잘 자라는 역설이 흔합니다. 4월 해빙 뒤 광량이 늘고 아직 부유 조류가 물을 가려 주지 않는 시기에 실조류가 폭발적으로 자라는 것이 그래서입니다.

- 대처는 기본적으로 물리적 제거입니다. 막대나 솔에 감아 걷어 내고, 걷어 낸 것은 반드시 연못 밖으로 내십시오. 그대로 두면 분해되면서 영양염으로 돌아옵니다.

- 실조류 매트는 밤에 산소를 소비하고, 그 아래에 유기물을 가둡니다. 두껍게 깔린 매트를 한꺼번에 뜯어내면 갇혀 있던 것이 한 번에 풀립니다. 여름에는 나누어 걷어 내십시오.
- 보릿짚 같은 민간 처방은 결과가 일정하지 않습니다. 급이량과 부분환수 주기를 조정하는 쪽이 확실합니다.

조치별로 무엇에 듣는지

조치	대상	효과	주의
자외선 살균기	부유 조류	확실히. 유량과 램프 출력이 맞아 야 함	실조류에는 무효. 램프는 시간이 지나면 출력이 떨어짐
급이 조절	양쪽	가장 근본적. 다만 느낌	성장기에는 절충이 필요
부분환수	양쪽	질산염을 실제로 줄임	원수의 KH와 수온을 확인하고 시행
차광·수생식물	양쪽	빛과 영양염을 동시에 줄임	수면을 과하게 덮으면 야간 산소가 나빠짐
살조제	주로 부유 조류	빠름	급사한 조류가 산소를 소모하고 암모니아를 냄. 폭염기 사용은 위험
물리적 제거	실조류	확실히	한 번에 대량으로 걷어내지 말 것

한국의 계절과 조류

서울·경기 기준입니다. 남부와 제주는 2~4주 이르고, 강원 내륙은 늦습니다.

3~4월. 수온이 빠르게 오르고 광량이 늘어나는데 여과는 아직 깨어나지 않았습니다. 조류는 여과보다 먼저 반응합니다. 봄에 물이 초록으로 변하는 것은 연못이 물잡기를 다시 하고 있다는 신호이기도 합니다. 일교차가 커서 하루 안의 진폭도 큼니다.

6월 하순~7월, 장마. 광량이 떨어져 조류가 급감하는 한편, 빗물과 정원 유출수가 영양염을 밀어 넣습니다. 동시에 부드럽고 약산성인 빗물이 KH를 며칠 만에 희석합니다. 조류가 죽으면서 산소를 쓰고, 완충은 얕아지고, 기압은 낮고, 비는 따듯합니다. 한국 연못에서 pH 급락이 가장 잘 일어나는 조건입니다. 장마 전에 KH를 측정해 권장 범위의 위쪽으로 올려 두고, 장마 중반에 다시 측정하십시오.

7월 말~8월, 폭염과 열대야. 밤 최저기온이 25°C 아래로 내려가지 않는 날에는 연못도 열을 버리지 못합니다. 포화 농도는 낮은 채로 유지되고, 코이와 여과 박테리아와 조류가 밤새 함께 호흡합니다. 새벽 산소 최저점이 가장 깊어지는 것이 정확히 이 시기입니다. 8월의 야간 폭기는 선택 사항이 아닙니다.

8~10월, 태풍. 갑작스러운 희석과 정전이 함께 옵니다. 조류가 많은 연못에서 밤사이 폭기가 멈추면, 산소를 쓰던 쪽만 남습니다. 폭기 계통에 예비 전원을 두는 것이 이 시장에서 특히 값어치 있는 준비입니다.

11월~2월. 조류는 잦아듭니다. 이 시기에는 여과조를 건드리지 않고, 큰 환수를 하지 않으며, 결빙 시 가스 교환 구멍을 유지합니다. 수온 페이지를 함께 보십시오.

연속 측정으로 보이는 것

조류 문제에서 연속 측정이 바뀌는 것은 색이 아니라 시간축입니다. 하루 산소 진폭이 언제부터 커졌는지, 새벽 최저점이 며칠에 걸쳐 어디까지 내려갔는지, pH 진폭이 벌어지기 시작한 날이 장마 시작과 겹치는지가 남습니다. 존데는 수온, pH, 용존산소(mg/L과 산소포화도 %), 전기전도도, 탁도, 암모늄(NH₄), 질산염(NO₃)을 직접 측정하고, ORP와 남조류 채널은 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.

질병이나 기생충을 찾아내지는 않습니다. 문제를 막아 주는 것도 아닙니다. 더 일찍 알아차리게 해 줄 뿐입니다. 광학 센서면은 자체 세척 와이퍼가 닦아 주므로, 조류가 많은 연못에서도 값이 서서히 흐려지지 않습니다.

자주 묻는 질문

연못이 초록색인데 코이는 멀쩡해 보입니다. 그냥 두어도 됩니까

둘 수 있습니다. 다만 색이 아니라 하루 진폭을 보고 판단하십시오. 확인해야 할 것은 새벽의 용존산소와 하루 안의 pH 변동 폭, 그리고 KH입니다. KH가 권장 범위 안에 있고 새벽 산소에 여유가 있다면 녹색 물 자체는 큰 문제가 아니며, 일본 사육서에서 말하는 녹수를 일부러 유지하는 사육자도 있습니다. 반대로 KH가 낮은 상태에서 조류가 왕성하면 색이 예뻐 보이는 것과 무관하게 위험합니다.

녹조라떼처럼 독소가 있는 것 아닙니까

연못의 녹색 물 대부분은 미세 녹조류에 의한 것이며 하천의 남조류 대발생과는 다른 현상입니다. 구분의 실마리는 걸모습입니다. 물 전체가 균일하게 초록이면 식물플랑크톤 쪽이고, 수면에 청록색 유막이나 페인트를 흘린 듯한 막이 뜨고 미끄러운 감촉과 흙냄새가 나면 남조류를 의심합니다. 남조류가 의심되면 개와 아이의 접근을 막고, 걷어 낼 때 장갑을 쓰십시오. 피코시아닌 채널은 추세를 보여 줄 뿐 독소를 측정하지 않습니다.

자외선 살균기를 달았는데 실이끼는 그대로입니다

정상입니다. 자외선 살균기는 물과 함께 흘러 지나가는 부유 조류에만 작용하므로, 벽면과 자갈에 붙어 자라는 실조류에는 영향을 주지 않습니다. 오히려 물이 맑아지면 바닥까지 빛이 닿아 실조류가 더 잘 자라는 경우가 흔합니다. 실조류는 물리적으로 걷어 내고, 급이량과 부분환수로 영양염을 줄이는 쪽으로 접근하십시오.

살조제를 써도 됩니까

쓸 수는 있지만 시기와 준비가 중요합니다. 조류가 한꺼번에 죽으면 분해 과정에서 산소를 대량으로 소비하고 암모니아가 나옵니다. 폭염기나 열대야가 이어지는 시기, 그리고 이미 사육 밀도가 높은 연못에서는 이 조합이 위험합니다. 쓰기로 했다면 먼저 폭기를 최대한 올리고, 한 번에 전량이 아니라 나누어 처리하며, 이후 며칠 동안 암모니아와 아질산염을 확인하십시오.

장마가 끝나면 물이 다시 초록으로 변합니다. 왜 그렇습니까

장마 동안 광량이 떨어져 조류가 줄었을 뿐, 영양염은 오히려 늘어난 상태이기 때문입니다. 빗물과 정원·텃밭에서 흘러든 유출수가 질소와 인을 밀어 넣습니다. 비가 그치고 햇빛이 돌아오면 그 영양염 위에서 조류가 다시 늘어납니다. 장마 뒤에는 KH를 다시 측정하고, 침전조와 낙엽·유기물을 정리하며, 급이량을 점검하십시오.

탁도가 올랐는데 조류인지 흙탕물인지 어떻게 압니까

탁도 하나만으로는 구분되지 않습니다. 조류는 낮에 산소를 만들고 밤에 소비하지만 흙은 그러지 않으므로, 하루 산소 진폭과 pH 진폭이 함께 커졌다면 조류 쪽입니다. 탁도만 갑자기 튀고 진폭에는 변화가 없으며 상승 시각이 강우와 겹친다면 유입 토사 쪽입니다. 남조류와 녹조류의 구분에는 피코시아닌 채널이 추세로 도움이 되지만, 최종 판단은 수면 상태를 눈으로 확인해서 내리십시오.

