



연못 수질 가이드 · PH 급락

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 CO₂를 소비해 pH가 오르고, 밤에는 호흡이 CO₂를 내놓아 pH가 내려갑니다.
- 완충이 충분하면 이 하루 진폭은 0.2-0.3에 그칩니다. 완충이 고갈되면 같은 CO₂ 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 빼꼼거립니다.** 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 얼고 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

넌리 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 넌리 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 최대한 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.

