

죽음 없는 유리창

조류 친화적 유리와 조명

죽·음·없·는
유리창

조류 친화적 유리창 조명

차례

서문 _ 새들에게 보이지 않는 벽	4
한국어판에 부쳐 _ 보이지 않는 가상의 세계	6
1. 문제가 되는 자재, 유리	8
2. 새 무덤을 만드는 유리	12
2.1. 투명성	12
2.2. 반사성	14
2.3. 조류 활동, 건물 주변 환경 및 건축	17
2.3.1. 조류 활동	17
2.3.2. 주변 환경	18
2.3.3. 건축	21
2.4. 하지 말아야 할 것 - 위험한 유리 건물의 예	24
3. 조류 친화적 조치	27
3.1. 조류 친화적 건물을 위한 구조적 해결법	27
3.2. 유리면 표식	32
3.2.1. 조류의 장애물 감지	32
3.2.2. 표준화된 평가시험법	35
3.2.3. 호헤나우 평가 체계	39
3.2.4. 매우 효과적인 조류 보호 표식 기준	41
3.2.5. 창문 및 건물 외벽용 조류 친화적 유리의 최신 개발 현황	44
3.2.6. 비행 터널에서 평가한 표식	49
3.3. 저감조치, 개조	58
4. 부적절한 조치	66
5. 빛 공해 - 인공조명의 환경 영향	74
6. 우리나라의 야생조류 유리창 충돌	83
6.1. 우리나라 유리창 충돌 연구 역사	83

6.2. 우리나라의 유리창 충돌 피해 구조물	84
6.2.1. 우리나라 건축물 현황	84
6.2.2. 우리나라 투명방음벽	85
6.2.3. 기타 위험 구조물	87
6.3. 우리나라의 야생조류 유리창 충돌 피해	88
6.3.1. 야생조류 유리창 충돌 시민조사 결과	89
6.4. 시민과학: 네이처링과의 협업 및 성과	90
6.5. 그리고, 변화	92
6.5.1. 법적 체계의 변화	92
6.5.2. 효과성 증명	95
6.6. 앞으로의 할 일	97
7. 한눈에 보기	99
7.1. 주요 포인트	99
7.2. 위험한 유리면	101
7.3. 조류 친화적인 해결책	103
추가정보	105
참고문헌	107
 〈표 차례〉	
표 1 실내 및 실외 일반 조도 수준(럭스(lux) 단위)	14
표 2 평가 창과 대조 창을 사용한 선택 평가에 따른 호혜나우 분류 체계	40
표 3 호혜나우-링겔스도르프 생물학연구소 비행 터널에서의 자외선 표식 선택 평가(WIN 평가) 결과	48
표 4 방음벽 및 유리 난간용으로 평가한 표식(ONR 평가, 투명 조건)	51
표 5 유리창과 건물 외벽을 위해 평가한 표식(Win 평가, 반사조건)	53
표 6 우리나라 건축물 층수에 따른 비율 (2023 기준)	84
표 7 시민참여 조사를 통해 확인한 상위 20위 피해종과 비율	89

서문

새들에게 보이지 않는 벽

나무와 나무 사이를 날아다니거나 하늘 높이 날아다니는 새를 볼 때면 저도 그렇게 날고 싶다는 생각이 들 때가 있습니다. 그러나 새를 기다리는 위험에 대해 우리는 거의 인식하지 못합니다. 새들에게 주요 위협 중 하나는 유리입니다. 유리가 없는 생활은 거의 상상할 수 없을 정도로, 유리창은 현대 생활의 일부가 되었습니다. 유리의 중요한 역할을 인정하여 유엔은 2022년을 국제 유리의 해로 선포하기도 했습니다.

문제는 우리 주변 곳곳에서 사용하고 있는 유리를 새들이 인식하지 못한다는 것입니다. 매년 수백만 마리의 새들이 유리와 충돌하여 죽어가고 있으며, 이는 조류 보호에 있어 도심지역에서 마주치는 가장 큰 문제 중 하나입니다. 도시는 계속 넓어지고 건축 자재로서 유리가 인기를 끌면서 이 문제는 더욱 심각해지고 있습니다.

하지만 간단한 조치만으로도 이러한 죽음을 예방할 수 있습니다. 관련 조치 방법을 소개하고자 발간한 2008년, 2012년 판본들은 큰 관심을 받았으며, 그 권고사항을 점점 더 많이 실행하고 있습니다. 그사이 수많은 새로운 연구결과와 제품이 등장하여 전면 개정판이 필요하게 되었습니다.

이 책자의 출판사인 쉘파흐의 스위스조류학연구소는 스위스는 물론 해외에서도 이 주제에 대한 인식을 높이하고자 노력하고 있습니다. 이 책자는 독일, 오스트리아, 스위스 과



학자들과 현장 전문가들이 20년간 꾸준히 협력해온 결과물로, 여러 국가에서 사용할 수 있도록 독어판뿐만 아니라 다른 언어로도 제작하였습니다. 여기에 정리된 정보는 건축가, 기획자, 건축업체나 유리 제조업체가 신축 건물을 위한 조류 친화적 해법을 찾는 데 도움이 될 것이며, 기존 건물에 조치하는 방법도 함께 담고 있습니다.

민간과 공공 영역 모두에서 해야 할 일이 많이 남아있습니다. 수많은 새의 죽음을 막기 위해 상상력이 풍부하고 미학적으로 아름다운 방법을 고안해낸 모든 분께 감사드립니다. 그리고 새들도 이들의 노고를 고마워할 것입니다!

피터 크나우스

셈파흐, 스위스조류학연구소, 보전책임자

한국어판에 부쳐

보이지 않는 가상의 세계

국립생태원은 지난 2015년부터 야생조류 유리창 충돌문제에 관심을 가지고 조사와 연구에 임해왔습니다. 그 결과 우리나라에서 연간 8백만 마리 이상의 야생조류가 유리창에 피해를 본다는 점을 확인하면서 국민과 소통하였고, 국회, 정부, 언론과의 협력과 시민과학으로 2022년 조류충돌 예방을 위한 법률 개정에 이르렀습니다.

이 책은 Bird-friendly building with glass and light 3권의 한국어 편역판으로, 원서의 깊이 있는 연구와 방향성을 바탕으로 한국의 환경과 실정에 맞추어 몇 가지 사항을 추가하고 수정했습니다. 이 책을 펴내며, 우리 주변에서 너무나도 빈번히 일어나는 조류 충돌 문제에 대해 다시 한번 생각해보기를 바라는 마음이 큼니다.

도시와 자연이 공존하는 우리 시대에 투명하고 반사되는 유리창은 조류들에게 보이지 않는 위협으로 다가오고 있습니다. 날아다니는 새들에게 유리창은 하늘이나 숲과 나무의 반사된 환경을 그대로 비추는 ‘길’처럼 보이기 때문에 이곳에 부딪혀 생명을 잃는 일이 많습니다. 전 세계적으로 이 문제에 관한 관심이 점차 높아지며 조류 충돌을 방지하기 위한 다양한 시도와 연구가 이루어지고 있지만, 아직은 그 필요성에 대한 인식이 충분히 퍼지지 않았습니다.

우리나라에서도 조류와 인간이 더불어 살아가는 환경을 조성하는 데 있어 더 큰 노력

이 필요합니다. 이 책에서는 Martin Rössler를 비롯하여 독일, 오스트리아, 스위스의 과학자들과 현장 전문가들이 수년에 걸쳐 축적한 연구 성과를 바탕으로 야생조류 충돌 방지 방안을 제안하고 있습니다. 또한, 조류 보호를 위한 실질적인 사례와 기준을 통해 우리가 쉽게 실천할 방법들도 담았습니다.

이 책이 자연과 공존하는 삶의 가치를 되새기는 계기가 되길 바랍니다. 책을 통해 더 많은 분이 조류 충돌문제를 이해하고, 조류에게 안전한 환경을 만들기 위한 노력에 동참해 주신다면, 우리가 살아가는 환경 또한 더불어 풍요로워질 것입니다. 이 길에 여러분과 함께할 수 있기를 소망하며, 독자 여러분의 작은 관심이 새로운 생명과 생태계 보전으로 이어지길 기원합니다.

조도순
국립생태원 원장

1. 문제가 되는 자재, 유리

지난 50~100년 동안 거의 모든 인간 거주지에서 자연은 조류 서식지로서의 가치를 급격히 잃어가고 있습니다. 그럼에도 사람들이 살아가는 도시에는 새들도 함께 살아갈 수 있는 다양한 환경이 조성되고 있습니다. 특히 도심 속 공원은 수많은 텃새와 철새들에게 번식할 장소와 쉼터를 제공하기 때문에 중요합니다.

매년 수백만 마리 조류가 유리에 부딪혀 죽고 있습니다

최근 수십 년 동안 조류의 위협요인으로 유리를 점점 더 주목하고 있습니다. 도시에서 흔히 볼 수 있는 많은 종이 유리에 충돌하여 죽고 있지만, 멧도요, 찌꼬리, 새매나 참매와 같은 철새나 맹금류도 죽는 경우가 많습니다. 나아가 도시 밖에서도 유리는 점점 더 치명적인 새들의 무덤이 되고 있습니다. 독일 주정부 조류보호기관 통계에 따르면 독일에 서만 연간 약 1억~1억 5천만 마리가 유리 충돌로 인해 죽는 것으로 추산합니다. 이는 매년 독일에 서식하는 조류 전체 개체수의 5% 이상에 달하는 수치입니다[1]. 인구밀도가 비슷한 다른 산업 국가에서도 이 수치는 비슷할 것입니다. 예를 들어, 미국의 경우 유리 충돌로 인한 조류 폐사 규모는 연간 3억 6,500만~9억 8,800만 마리로 추산하고 있습니다[2]. 유럽의 철새들은 지중해 지역을 포함한 많은 지역을 이동하는 과정에서 유리와 마주칩니다. 전 세계적으로 이동성 조류는 다양한 위협에 처해 있으며 유리는 철새 개체수에 부정적 영향을 미치는 또 다른 요인이 될 수 있습니다.

새들에게 치명적인 유리면이 빠르게 늘고 있습니다

물론 새들은 다른 위협에도 직면해 있습니다. 서식지 소실은 조류 개체수를 감소시키는 주요 요인으로 꼽힙니다. 한 보고에 따르면 많은 지중해 국가에서 매년 수백만 마리의 철새가 총에 맞거나 덫과 그물에 걸립니다. 이집트 지중해 연안에만 700km에 달하는 불법 포획그물을 적발했을 정도입니다. 그러나 이에 비해 현재 전 세계적으로 연간 약 8,500만 톤의 평면 유리를 생산하며 이 중 30~40%가 건물 외벽에 사용한다는 사실은, 새들에게 위협적인 유리가 주변에 얼마나 많이 도사리고 있는지를 가늠하게 해줍니다. 이렇게 매년 증가하는 유리 면적은 파리에서 서울까지 90m 높이, 9,000km 길이의 유리벽을 쌓을 수 있는 약 8억 m²에 해당합니다. 그리고 매년 그 양이 증가하고 있습니다! 2023



전 세계적으로 수백 m의 유리 외벽 건물들을 세우고 있으며, 이로 인해 조류 폐사가 급격히 늘고 있습니다. 새들이 건물에 부딪혀 죽는 문제를 막기 위해서는 건축 방식에 대해 다시 생각해 볼 필요가 있습니다.

년 112억㎡였던 전 세계 판유리 요구량이 2027년에는 143억㎡ 정도가 될 것으로 예상하며 이는 매년 4.9%의 증가율을 뜻합니다. 유리는 이제 전 세계 조류에게 위협을 초래하고 있습니다.

우리 새들의 조용한 죽음

유리 충돌로 인한 조류 폐사 사고는 의도한 것이 아니며, 대부분 예방할 수 있습니다. 엄청난 규모임에도 불구하고 왜 우리는 아직도 이 문제를 제대로 인식하지 못하고 있는 걸까요?

유리면을 자세히 살펴보면 새가 부딪혔다는 증거를 찾을 수도 있습니다. 큰 새(특히 비둘기류)는 충돌 시, 새 형태 또는 깃털 결이 보이는 흔적을 남기는 경우가 많으며, 충돌 충격으로 인해 깃털이 유리에 붙어 있기도 합니다. 그러나 대부분의 새, 특히 작은 새는 유리에 눈에 띄는 흔적을 남기지 않으며, 밤에는 고양이나 쥐, 너구리, 족제비가, 낮에는 까치와 큰부리까마귀가 사체를 빠르게 처리합니다. 실제로 이 청소동물들은 특히 '먹을 것이 풍부한' 유리 외벽을 주기적으로 순찰합니다. 청소 직원과 관리인들도 새 사체를 신



비둘기류 충돌 흔적. 깃털의 기름성분 때문에 충돌 흔적이 지문처럼 남아있습니다. 하지만 대부분 새들은 충돌해도 이러한 흔적이 남지 않습니다.

속하게 제거하죠. 제가 만나본 거리 미화원분들도 투명방음벽에 충돌해 죽은 사체를 너무 많이 치운다고 답변합니다. 새들의 보이지 않는 죽음으로 인해 과소평가된 조류 충돌 문제는 집중적인 체계적 연구를 통해서만 그 실체가 드러나는 경우가 많습니다.

항상 유리일 필요는 없습니다

유리는 비교적 가격이 저렴하다는 점 외에도 다양한 장점이 있는 건축 자재이지만, 여러 단점도 가지고 있습니다. 단열이나 차음성능이 떨어지고 생산 과정에서 많은 에너지가 필요합니다. 게다가 생물 다양성에 미치는 영향은 이 자재를 사용해야만 하는지 근본적 의문을 던지고 있습니다. 우리는 건물을 ‘투명하게’ 설계하기 전에 유리 사용에 대해 더욱 꼼꼼히 생각해볼 필요가 있습니다. 설령 설계한 건물에 많은 유리를 사용할지라도, 시야를 크게 방해하지 않으면서 새들의 충돌을 막는 간단한 방법들이 있습니다. 이 책자에서는 이러한 가능성을 살펴봅니다. 순전히 미적인 측면 때문에 생물 다양성을 희생해서는 안 됩니다!



우리나라에서는 연간 800만 마리 이상의 조류가 피해를 입는 것으로 알려졌습니다. 국립생태원이 모은 사체 중 일부입니다.

새를 죽이는 빛 공해

유리의 위험은 낮에만 국한되지 않습니다. 밤에는 수많은 철새들이 유리 너머에서 나오는 과도한 조명에 이끌려 유리창과 충돌합니다. 이러한 빛 공해는 박쥐나 곤충과 같은 야생동물뿐만 아니라 인간에게도 많은 영향을 미칩니다. 이러한 문제를 줄이기 위해 사용할 수 있는 몇 가지 간단한 방법들을 소개합니다(5장 참고).

2. 새 무덤을 만드는 유리

새를 죽이는 투명한 건축

유리는 현대 건축에서 중요한 지위를 가지고 있습니다. 투명하고 '공기처럼' 보이는 광학적 특성 덕분에 유리는 우리에게 가볍다는 느낌이 들게 합니다. 건축적 관점에서 유리는 내외부 공간 간의 상호작용을 가능하게 하고, 흐르는 듯한 전환, 건물 주변과 자연스러운 연결을 만들어내는 동시에 쾌적한 기후적, 물리적 분리라는 이점을 제공합니다. 외부에서 볼 때 유리는 매끄러운 표면으로 주변 환경을 반사하여 주변 건물, 구름과 같은 자연환경과 상호작용을 할 수 있으며, 사람들은 이러한 특성을 의도적으로 활용하기 위해 유리를 사용합니다. 밤에는 실내조명이 유리를 통해 외부로 발산되어 건축적으로 원하는 도심 야경도 만들어내죠.

그러나 조류 보호라는 관점에서 보면 투명성이나 반사성, 인공조명은 조류에게 치명적 위험을 초래하고 매년 수십억 마리의 새들이 목숨을 잃는 재앙을 만듭니다.

2.1. 투명성

보이지 않는 벽

새는 사람과 마찬가지로 시각적으로 장애물을 인식합니다. 장애물이 눈에 띄려면 외부 윤곽과 내부 면의 질감이 있어야 하는데[3], 유리에는 이 두 가지가 모두 없습니다. 따라서 새는 투명한 유리 벽과 공기를 시각적으로 구분할 수 없습니다. 사실 이는 인간도 마찬가지입니다. 하지만 인간은 경험을 통해 유리를 인식합니다. 유리를 생활 환경 일부로 내면화한 우리는 무의식적으로 건물 가장자리, 반복되는 특정 창문과 창틀 구조나 장식 요소 등과 같은 구조적 건축 요소에서 힌트를 얻습니다. 하지만 사람조차도 낮은 공간에서는 사고를 당하기 때문에 많은 건물의 유리에는 눈높이에 표식을 만들어둡니다. 가령 신규건물 유리에 테이프로 크게 X자 표시를 해둔 걸 자주 보셨을 겁니다. 하지만 새들에게는 이런 경험이 없지요. 또한, 새는 지상에 있는 사람보다 공중에서 더 빠르게 움직입니다. 이 속도 때문에 대부분 치명적 결과를 맞이하지요.



현대성의 전형인 투명성과 개방성은 현대 건축물의 대표적 특성입니다. 하지만 건물 유리를 통한 탁 트인 시야는 새들에게 치명적인 덫이 됩니다.



숲 속에 있는 운동장은 좋은 운동공간입니다. 다만 이를 둘러싸고 있는 유리벽은 인근 새들에게 죽음의 벽이 됩니다.

©권경환 @네이처링

반사성과는 반대로 투명성은 유리 뒤쪽 구역이 앞쪽만큼 밝을 때 발생합니다. 이러한 조건은 일반적으로 투명방음벽, 유리 난간이나 대중교통 정류장 등에서 볼 수 있습니다. 건물에는 새가 하늘이나 녹색 식생을 볼 수 있는 유리로 된 연결 복도나 유리 모서리와 같은 공간도 있습니다. 또한, 온실이나 유리 테라스 및 기타 방풍 구조물도 큰 위험을 초래할 수 있습니다.

결론:

빛이 투과하는 건축 자재로서 유리는 매력적이지만, 시각을 통해 방향을 찾는 모든 동물에게 그 위험은 과소평가되었습니다. 유리는 보이지 않는 장벽으로서 새들을 다치게 하고 죽입니다.



건물에 다양하게 활용하는 유리는 구조와 환경에 따라 여러 특성이 나타납니다.

2.2. 반사성

유리창에 나무와 덩불이 끊임 없이 반사되는 것을 본 새는 유리를 장애물로 인식하지 못합니다.

유리에 반사되는 원인은 무엇인가요?

유리창 뒤쪽 구역이 앞쪽보다 어두우면 매끄러운 앞면에 반사가 나타납니다. 이는 창문과 건물 외벽에서 자주 발생합니다. 창문 내측의 실내 조도는 일반적으로 조명을 켜 밤을 제외하고는 외부보다 더 어둡죠. 우리 눈은 주변 빛에 적응하기 때문에 실내 빛 강도가 야외 햇빛에 비해 훨씬 약함에도 불구하고 실내가 밝다고 인식합니다. 소위 '일광 지수'는 외부의 일광 조도와 실내 조도의 비율을 나타냅니다. 사무실에서는 1%에서 3% 사이가 적당합니다. 따라서 실내 조도 수준은 실외의 100분의 1에 불과한 경우가 많습니다. 즉 일반적으로 실외와 실내 조도 차이가 크기 때문에(표1) 유리창 바깥면에서는 반사가 나타나게 됩니다.

하지만 유리창에 비친 반사도 상황에 따라 달라질 수 있습니다. 예를 들어 외부 유리면의 반사는 실외보다 실내가 더 밝으면 사라집니다. 만약 화분 등 물체가 창문 근처에 있어 햇빛을 직접 닿을 수 있다면 반사된 모습은 사라지고 창 내부에 있는 화분이 보이게 됩니다.

표 1 실내 및 실외 일반 조도 수준(럭스(lux) 단위)

(출처: Wikipedia, 2022.6.1.)

조명 조건	일반 광도
맑은 하늘, 여름날의 태양 고도 60°(정오)	32,000-90,000 lx
흐린 하늘, 여름날	60,000 lx
흐린 하늘, 겨울날	3500 lx
TV 스튜디오	1,000 lx
사무실 작업 공간	320-500 lx
맑은 날 해질녘 또는 동틀녘	400 lx
대낮의 실내 공간	50 lx

하늘이 흐린 날에는 산란광 때문에 하늘이나 밝은색 벽만 뚜렷하게 반사되고 나무와 같이 반사율이 낮은 물체는 검은 실루엣으로 나타납니다. 그러나 햇빛이 약한 낮에도 건물 내부는 여전히 어둡기에, 외부 유리면에서 반사가 우세하게 나타나거나 반사와 내부 풍경이 혼합되어 나타나지요. 흔히 맑은 날에는 매우 사실적이고 대비가 높으며 입체적 반사가 나타납니다.



유리의 매끄러운 표면은 바깥쪽보다 안쪽이 어두울 때 반사를 일으킵니다. 외벽 유리에 추가 코팅을 하면 더 선명한 반사를 만들 수 있습니다. 새들은 나무와 하늘이 반사된 유리 속 풍경을 탁 트인 또 하나의 공간으로 보게 됩니다.



창문 안쪽에 블라인드나 밝은 색 커튼을 설치하면 반사를 줄일 수 있지만, 여전히 주변 풍경이 반사되는 경우가 많습니다. 특히 블라인드나 커튼은 언제든지 걸을 수 있기 때문에 이러한 조치만으로는 충돌을 효과적으로 막을 수 없습니다.

표식이 없는 저반사 유리는 새를 보호할 수 없습니다

이처럼 내부와 외부의 극심한 조도 차이를 고려할 때, 외부 반사율이 2%에 불과한 고성능의 저반사 유리를 사용하더라도 햇빛 아래에서는 선명한 반사가 발생할 수 있습니다. 따라서 추가 표식 없이 저반사 유리만 사용해서는 조류를 보호하기 어렵습니다(4장 참고).

하지만 반사율이 높을수록 충돌 위험이 증가하기 때문에 외부 반사율이 낮은 반사 방지 유리를 다른 조치와 함께 사용하면 좋겠지요. 평가시험(3.2.2항)에 따르면 새가 거울과 비코팅 단일 평판유리 중 하나를 선택하는 평가를 했을 때, 새가 비코팅 단일 평판유

리보다는 은색 거울(반사율 80% 이상)을 향하는 경우가 세 배나 더 많은데, 이는 거울이 고도의 대비 반사를 일으키기 때문입니다. 단열유리를 사용하면 복층 중첩 반사 때문에 반사 이미지가 흐려지거나 약간 왜곡되는 경우가 많습니다. 하지만 단열유리의 왜곡되거나 흐릿한 반사가 충동을 줄인다는 증거는 없습니다.

외부 반사율

코팅하지 않은 플로트 판유리는 부딪히는 빛(입사광)의 8%(두 표면-유리 안쪽과 바깥쪽-에서 각각 4%)를 반사합니다. 복층 단열유리를 사용하면 서로 다른 유리판의 누적 반사로 인해 외부 반사율이 증가합니다. 특수 코팅으로 외부 반사율을 줄일 수 있지만, 일반적으로 많은 코팅들은 반사율을 증가시킵니다. 예를 들어, 자외선 차단 필름은 보통 입사광의 25%, 때로는 최대 60%까지 반사합니다. 기존의 은색 거울은 가시광선의 80~90%를 반사하는 반면, 자외선은 그보다 낮은 강도로 반사합니다. 아무 표식이 없는 유리창과 은색 거울로 선택 평가를 한 결과, 새들이 은색 거울을 향해 날아갈 확률이 아무 표식이 없는 유리창으로 날아갈 확률보다 세 배 더 높은 것으로 나타났습니다. 이에 따라 반사가 충동 위험을 높이는 것으로 보입니다.



간혹 예술가들은 투명하거나 반사가 일어나는 물체가 동물들에게 위협할 수 있다는 사실을 인지하지 못한 채, 야외 작품에 유리나 거울을 사용합니다.

결론:

외부 빛의 1% 미만이 실내 공간에서 재반사되기 때문에 햇빛이 있는 거의 모든 낮 조건에선 창문과 건물 외벽의 매끄러운 표면에서 반사가 나타납니다.

2.3. 조류 활동, 건물 주변 환경 및 건축

충돌에 영향을 미치는 위험요인

빛 조건에 따라 달라지는 유리 특성인 투명성과 반사성은 낮과 밤 모두 유리창에 조류가 충돌하는 주요 원인이지요. 여기에서는 유리 특성과는 무관하지만, 충돌 위험에 큰 영향을 미치는 요인에 관해 설명합니다. 비행 활동과 건물 주변 환경(생물적 요소), 외벽 유리 크기와 배치(건축적 요소)가 바로 그것입니다.

2.3.1. 조류 활동

우리는 종종 조류 개체 수와 이동성을 과소평가합니다

멧새류, 박새, 참새, 딱다구리류 등 우리에게 가장 친숙한 새들은 수풀에서 수풀로, 나무에서 나무로 이동하면서 종종 지저귀며 우리의 관심을 끌죠. 반면 개개비류나 휘파람새, 솔새류와 같은 종은 눈에 잘 띄지도 않고 우리도 그들의 존재를 잘 모릅니다. 그 이유는 비록 그 소리가 화려하더라도 울창한 초목 안에서 살아가며 은신처인 초목을 거의 떠나지 않기 때문입니다. 우리는 그 지역에 서식하는 조류 개체수와 이동성을 쉽게 과소평가하며, 조류가 유리창에 충돌하는 사고를 전혀 예상치 못한, 우연히 단발성으로 발생하는 것처럼 경험합니다. 하지만 새는 먹이를 찾거나 천적의 방해에 대응하기 위해 끊임없이 움직이며, 지구상에서 가장 이동성이 뛰어난 생물 중 하나입니다. 많은 종이 계절에 따라 대륙을 이동합니다. 이동성 조류는 중간 기착지에 며칠 또는 몇 주 동안 머무는 경우가 많습니다. 이는 봄과 가을에 더 많은 새가 존재한다는 것을 의미하며, 유리 충돌 사고 증가로 연결될 수도 있습니다[4].

조류는 요인에 따라 다르게 활동합니다

서식하는 조류 종의 행동 특성, 시간대와 계절, 날씨, 서식지의 질과 주요 생활권(먹이

터, 휴식처 등) 간의 거리, 포식자의 방해 빈도 등 다양한 요인이 건물 주변에 사는 조류 활동에 영향을 주죠. 그러나 대도시 한복판 초목이 거의 없는 열악한 지역에서도 새는 유리창에 충돌하며, 때에 따라서는 대규모로 죽는 일도 있습니다. 멧도요나 덩불해오라기와 같이 습지나 숲속에 서식하여 인간 거주지에서 보기 어려운 종도 충돌하곤 합니다. 특히 이러한 새들은 주로 이동시기에 도심지 내 피해가 관찰됩니다.

결론:

새들의 활동성은 야생조류 유리창 충돌에 관한 결정적 요인이지만 장소와 연중 시간에 따라 매우 가변적입니다.

2.3.2. 주변 환경

새를 끌어들이는 도시 녹지

2022년 통계상 전 세계 인구의 절반이 넘는 56% 인구가 도시 밀집 지역에 살고 있습니다. 그러나 여유가 있는 사람들은 자연으로 둘러싸인 곳에 정원이 딸린 집을 찾습니다. 기후변화가 가속화되고 특히 건축물 유형에 영향을 많이 받는 도시가 점점 더워지면서, 도심 내 녹지대가 점점 더 중요해지고 있습니다. 우리 주변에는 그들을 제공하고 대기 중의 먼지를 걸러주며 거리 경관을 만드는 가로수로 주차 공간을 대체하는 사례가 점



참새는 우리 주변에서 흔하게 살아가는 조류입니다. 건물 주변에 새가 많을수록 유리창 충돌로 인한 폐사 사고가 일어날 가능성이 높아집니다.



되지빠귀는 보통 숲에 사는 새로 알려져 있지만, 유리창 충돌로 많은 수가 목숨을 잃는 종 중 하나입니다.

점 늘어나고 있죠. 주택과 가까운 녹지 공간은 자연, 그리고 그중 가장 대표적 존재인 새와의 접촉을 만들어냅니다.

수목 근처 유리는 특히 치명적입니다

사람들은 다양한 새와 만날 수 있는 곳을 좋은 환경이라고 생각하지요. 하지만 창문, 건물 외벽뿐만 아니라 유리 난간, 대중교통 정류장, 공간 예술 시설물 등 다양한 구조물을 유리로 만들면서, 자연과 가까운 공간에 유리를 무분별하게 사용하는 경우가 많습니다.

초목이 거의 없는 도심에서도 충돌 사고가 발생하지만, 일반적으로 조류 유리창 충돌 가능성은 주변부 초목의 풍부도 및 높이와 관련이 있죠. 연구에 따르면 건물 인근 초목이 가장 큰 역할을 합니다. 2층 높이 이상의 나무가 있는 경우, 나무가 없는 환경의 건물보다 충돌 위험이 3.6배 더 높습니다[5, 6]. 나무에서 최대 100m 떨어진 외벽 유리에서도 직접적인 충돌 증가 경향이 입증되었습니다[7]. 지속 가능한 도시 계획에는 생물 다양성을 보전, 보호, 증진하고 도시 기후를 개선하려는 조치가 점점 더 많아지고 있습니다. '동물 지원 설계(Animal-Aided Design, AAD)'[8]는 동물에게 먹이, 둥지 또는 은신처 역할의 구조물을 의도적으로 제공하는 것을 말합니다. 그러나 조류 충돌 방지 조치가 동시에 이루어지지 않는다면 생물 다양성 증진은 오히려 더 많은 새를 생태적 무덤으로 끌어들이는 역효과를 낳을 수 있습니다.



생물 다양성을 높이고 도시 기후와 경관을 개선하기 위한 벽면 녹화는 조류 충돌 방지 노력과 함께 실행해야 합니다.

강은 새들이 대도시를 통과하도록 이끍니다

유리를 조심해서 사용해야 하는 곳은 공원이나 숲, 정원 인근만이 아닙니다. 특정 비오톱, 특히 습지나 넓은 수역이 거주 지역과 인접한 경우도 많습니다.

물새들이 많이 찾아오는 철새도래지는 자연보호

구역으로 지정된 경우가 많으며, 주변 환경에 넓게 영향을 미칩니다. 이러한 장소 간에는 새들이 오가는 비행경로가 만들어질 수 있는데, 이는 물새와 같은 대형 조류뿐만 아니라 비행 고도가 낮은 소형 조류도 이 경로를 사용합니다. 이를 간과하면 위험을 과소평가할 수 있습니다. 또한, 강은 마을과 도시를 관통하는 통로 역할을 합니다. 나아가, 곤충이 많아 이동 중 악천후 시 먹이를 구할 수 있는 마지막 피난처가 되기도 합니다. 강은 일반적으로 물이나 인근에 서식하는 조류뿐만 아니라 주변 지역에서 먹이를 찾는 명조류에게도 중요한 장소가 됩니다. 건물을 감싸고 있는 '주변 환경'에 대한 문제는 복잡하며, 바로 인근만 고려해서는 안 됩니다.

보고 싶은 것을 죽이는 파노라마 창

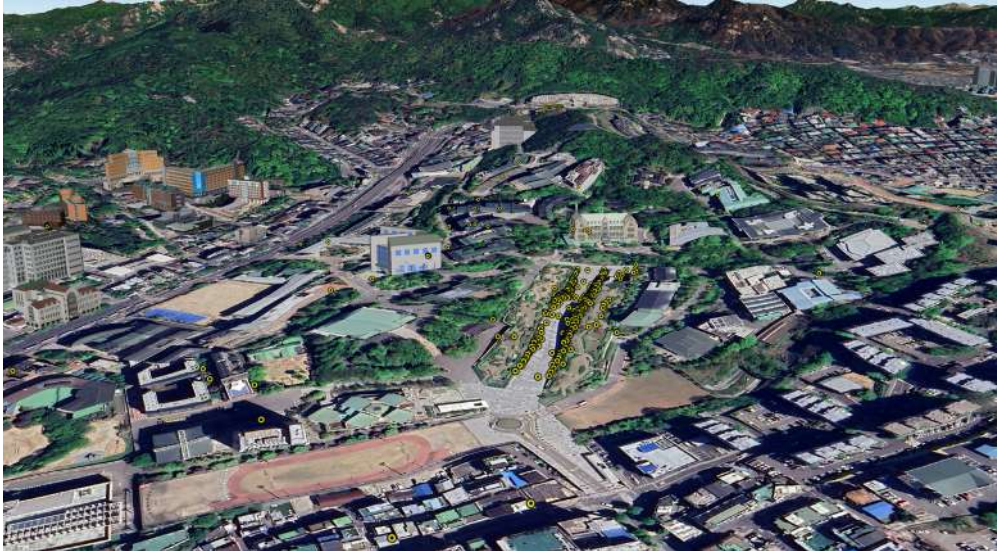
자연과의 친밀함을 목표로 건축하는 경우, 주변의 자연적 특징과 생동감은 종종 건물 설계에 직접적 영향을 미칩니다. 안전하고 깨끗하며 에어컨이 설치된 생활 공간과 자연 사이를 흐르듯 자연스레 공간을 전환하려는 건축 개념은 특히 문제가 됩니다. 주거용 건물, 웰니스 시설, 호텔 단지는 이상적인 자연환경으로 침투하기 위해 외관 유리를 매우 많이 사용하여 짓는 경우가 많습니다. 이러한 건축물과 자연 사이의 시각적 경계를 없애기 위해 노력하면서도 한편으로는 물리적 경계를 더 강하게 만들기도 합니다. 어느덧 우리는 자연과의 친밀함을 상징하는 대명사가 되었지만, 오히려 우리가 갈망하는 자연을 위협하는 존재가 되었습니다.

이러한 사실은 탁 트인 전망을 즐기고자 대형 유리를 사용하는 산속의 관광 시설에서도 분명하게 드러납니다. 케이블카나 리프트 승강장도 유리로 외관을 설계하는 경우가 많습니다. 스키장은 연중 일시적으로만 운영하는 경우가 많죠. 관광철 외에는 많이 활용하지 않지만, 조류에게 지속적 위협을 가하는 쓸모없는 구조물로 풍경 속에 서 있는 경우가 많습니다. 산림이나 수목선 위 고산 서식지는 구름이나 안개와 같이 시야가 좋지 않은 상황에 놓이는 경우가 많습니다. 이로 인해 이 지역에 서식하는 이동성이 뛰어난 조류들은 빈번하게 유리 구조물과 치명적으로 충돌합니다. 피해 좋은 몸길이가 10cm도 안 되는 상모솔새부터 40cm가 넘는 멧닭까지 다양하며, 이 중에는 큰 산맥을 가로질러 이동하는 조류종도 있습니다.

결론:

건물 유리는 자연과의 근접성과 관련이 있습니다. 주변 환경이 자연에 가까울수록 유리는 더 많은 문제

를 일으킵니다. 파노라마 유리창을 설치한 단독주택이나 숲속 카페, 관광 시설은 조류에게 특히 위험할 수 있습니다. 충돌 위험을 평가할 때는 인공구조물 인근뿐만 아니라 주변 환경을 넓게 살필 필요가 있습니다.



야생조류 유리창 충돌 위험을 평가하려면 수백 미터에 이르는 주변 지역을 함께 고려해야 합니다. 예를 들어 녹지 공간이 많은 대학교 캠퍼스는 새들에게 도심 속 오아시스 같은 곳이며, 그곳에 있는 유리 건물은 새들에게 큰 위협이 됩니다. 300마리 이상의 피해가 발생한 이화여자대학교 ECC 주변 녹지도 새들을 유인하는 덫과 같은 역할을 합니다. ©Google 어스

2.3.3. 건축

조류를 위협하지 않는 건축 설계

유리의 본 기능은 실내 공간으로 빛을 가져오는 것이었지만, 현재는 거의 모든 건축 분야에서 미적 요소로 사용하고 있습니다. 건축은 두 가지 방식으로 조류를 위협하는데, 하나는 건물 외벽 유리 사용량이고, 다른 하나는 건물 형태와 유리 배치방식입니다.

특히 위험한 건축요소

원칙적으로 충돌 위험은 유리 면적에 따라 증가합니다. 그러나 조류 활동성이 높고 주변 환경이 매력적이라면 건물 유리면이 상대적으로 작아도 피해가 클 수 있습니다. 방음 벽이나 방풍벽, 유리 난간, 연결 통로 및 유리 다리, 모서리 유리와 같은 투명한 건축 요소가 특히 위험합니다.



눈에 보이는 장애물을 최소화하여 실내와 실외를 물 흐르듯 부드럽게 연결한 건축 방식은 비행하는 모든 생물들에게 치명적인 장벽을 만듭니다.

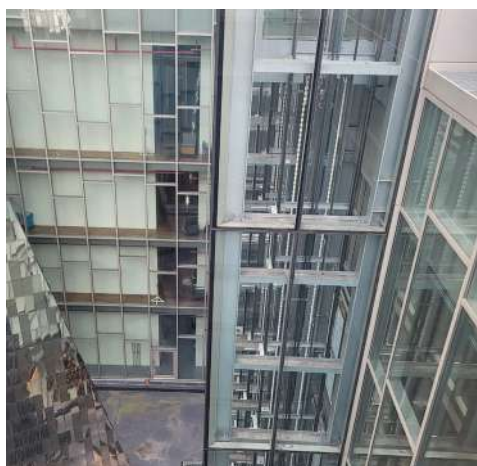


굵은 기둥 뒤에 반사유리로 뒤덮인, 민주주의 상징인 국회의사당 도서관 건물. 여기서도 많은 충돌사례가 기록되었습니다.

나아가 도시에서는 일정 높이 이상의 개별 건물 배치가 조류의 비행경로에 영향을 미칩니다. 평행하거나 합쳐지는 건물 구조가 새들을 유리로 막힌 골목이나 병목 지점, 좁은 통로로 유도하는 경우, 새가 유리면을 탈출구로 인식하여 충돌할 가능성이 높아집니다. 사방이 가로막힌 안뜰(예를 들면 중정)도 마찬가지죠. 좁은 안뜰에서는 새가 가파른 각도로 날아오르기 어려워서 그 영향이 더 심해집니다. 여기서 방향 감각을 잃거나 당황한 새들은 작은 유리면에도 충돌할 수 있습니다.



새들은 긴 창문이나 반사 유리를 보면 통과할 수 있다고 인식합니다. 유리창이 얇은 틀로 나뉘져 있어도 충돌 위험이 줄지는 않습니다.



이러한 공간에 새들이 들어오면, 가파른 각도때문에 새들이 빠져나오기 어려워 주변 유리에 충돌할 가능성이 높습니다.

건물 높이 및 충돌 위험

낮에 발생하는 대부분의 충돌은 나무 꼭대기 높이(약 6층)까지의 건물 층에서 발생하는데, 이 높이 아래에서 새들이 가장 많이 활동하기 때문입니다. 건물 높이가 높아질수록 충돌 위험이 많이 감소한다는 일부 증거가 있습니다. 그러나 이러한 건축물 구역에 대한 체계적 조사가 어려워서 아직 결정적으로 입증되지는 않았지요. 낮에 먹이를 사냥하거나 상당한 거리를 이동하기 위해 높은 고도로 날아다니는 조류는 소수에 불과합니다. 다만 건물 외벽의 높은 부분, 특히 초고층 건물의 옥상 테라스에서도 조류 충돌이 기록되긴 했습니다. 또한, 건물 주변 환경도 살펴볼 필요가 있습니다. 예를 들어, 산 옆에 건물을 지었다면 이러한 높이 차이는 무의미해집니다. 새가 날아오르는 높이가 이미 상당히 높은 곳인지라 고층빌딩이라 하더라도 충돌은 여전히 발생할 수 있습니다. 따라서 주변 환경을 같이 고려하는 게 반드시 필요합니다.

새를 끌어들이는 인공조명

건축물과 관련된 위험에는 유리를 통해 외부로 비치는 실내조명과 야간 외부 조명도 포함됩니다. 빛을 내뿜는 건물 조형물 외에도 복도나 사무실의 단순한 야간 조명도 위험할 수 있으며, 특히 이동 시기에는 더욱 위험한 상황을 불러옵니다. 베를린에서는 새벽녘 지상 근처에서 주변보다 훨씬 밝은 디지털 광고판 불빛을 향해 날아갔다가 야간 충돌로 폐사하기도 했습니다. 건물 외벽에 조명이 켜져 있으면 새가 유리에 충돌할 위험도 증가합니다. 조류는 야간에 장거리 이동 시 높이 나는 경향이 있지만, 특정 조류 종은 역풍, 비 또는 안개가 끼면 낮게 납니다. 따라서 문제가 되는 것은 높은 타워와 고층 건물만이 아닙니다. 이러한 조건은 때때로 지역 언론에 보도되는 대규모 충돌 사고로 이어질 수도 있습니다. 그 대표적 예가 2023년 10월 4일 밤부터 5일 새벽 사이 미국 시카고의 무역 전시관 맥코믹플레이스 레이크사이드센터에서 발생한 사건입니다. 10월 4일 밤은 기상이 좋지 않아 남쪽으로 이동하던 새들은 낮게 날 수밖에 없었고, 행사로 조명을 밝힌 건물에 유인되어 거의 1천 마리 새가 죽은 것이죠. 야간조명, 유리 건물과 이동 시기 그리고 악천후라는 조건이 만들어 낸 비극입니다.



건물 옥상의 유리 난간. 건물 옥상이나 베란다 난간에서는 새들이 난간 바깥쪽뿐만 아니라 안쪽에서도 부딪힐 수 있습니다.

결론:

조류 보호는 화재 안전, 소방, 추락 방지, 방음, 단열과 같은 기능만큼이나 건물이 갖춰야 할 기능이어야 합니다. 건축은 생물 다양성 보전을 지켜야 할 의무가 있다고 믿습니다. 고효율 건축 자재, 지속 가능한 에너지 개념, 주변 환경과 조화를 이루는 디자인뿐만 아니라 조류 친화적 건물 설계도 필수입니다.

2.4. 하지 말아야 할 것 - 위험한 유리 건물의 예

새와 유리 충돌 문제를 알고 있는 사람이라면 누구나 새가 위험에 빠지는 상황을 자주 목격할 것입니다. 투명방음벽이나 건물 사이 투명한 유리통로가 대표적 예이며, 관목과 나무를 반사하는 외벽 유리도 마찬가지입니다. 문제가 되는 이러한 요소들을 가진 건물을 멀리서 찾을 필요가 없습니다.



다리와 유리 연결 통로는 새들에게 큰 함정 중 하나입니다. 특히 이러한 구조물 주변에는 사람들이 있다는 것을 알기에 새들이 더욱 빠르게 통과하려 합니다.



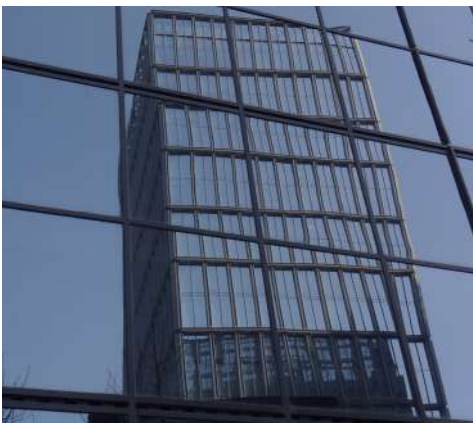
양측 건물의 배치 때문에 새들이 투명 장애물 쪽으로 유도되면 충돌 위험이 더욱 커집니다.



식생으로 둘러싸인 환경에 있는 유리구조물은 새들에게 특히 위험합니다.



조류에 대한 안전 조치 없이 대중교통 정류장을 유리로 만드는 경우가 대부분입니다.



유리 커튼월에도 사실적인 반사가 잘 나타나며, 이는 로이유리 (Low-E glass)를 이용할 때 더욱 두드러집니다.



유리면이 건물 안쪽으로 몇 미터 들어가 있어도 창문에 선명한 반사가 여전히 보입니다. 창문에 그림자가 드리워도 반사는 여전히 발생합니다. ©변예진 @네이처링

2. 새 무덤을 만드는 유리



새들은 종종 유리 난간을 알아채지 못한 채 건물 가장자리로 날아갑니다.



우리나라에 특히 많이 설치한 투명 방음벽은 정말 많은 조류를 죽음으로 몰아가고 있습니다.



새들이 살기 좋은 곳에 지은 유리온실은 매우 위험한 구조물입니다.



의외로 새들은 높이 날지 않습니다. 따라서 낮은 건물에서도 조류 충돌은 곧잘 발생합니다.



새들도 알아차릴 만하다고 생각하는 유색 플라스틱 투명방음벽에서도 충돌 사고가 발생할 수 있습니다.



투명하거나 반사를 만드는 유리 예술 작품은 조류충돌 예방 조치 없이 외부에 전시하면 안됩니다.

3. 조류 친화적 조치

3.1. 조류 친화적 건물을 위한 구조적 해결법

반투명 유리 및 대체 자재

반투명 및 질감이 있는 유리 또는 유사한 폴리카보네이트 제품은 표면에 사실적인 반사를 일으키지 않습니다. 이러한 자재는 두드러지는 그림자 없이 부드러운 빛을 제공하며, 빛은 필요하지만, 밖을 볼 필요가 없는 건물 구역에 설치할 수 있는 조류 친화적 방법입니다.

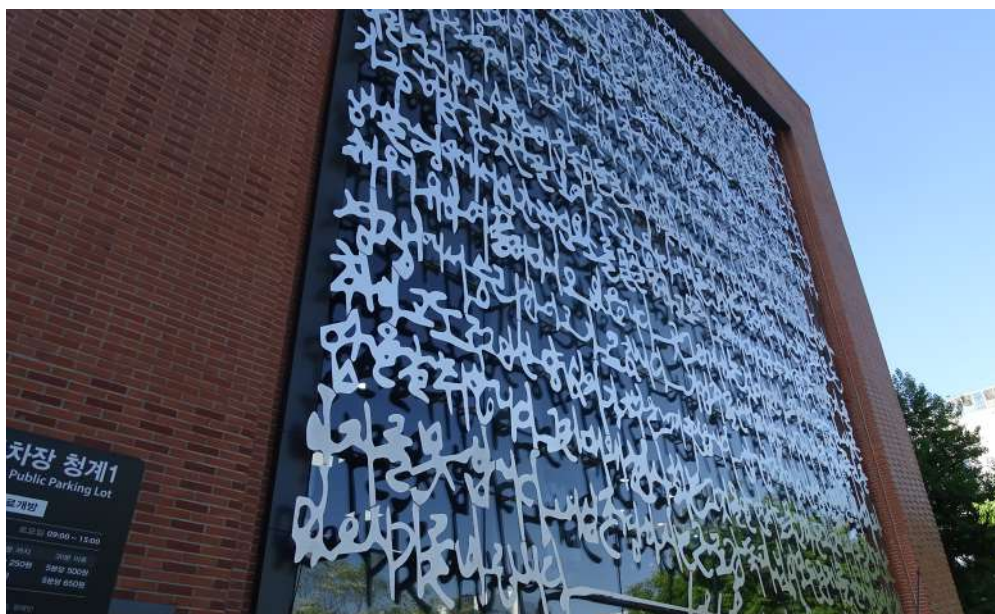


질감이 있는 반투명 유리 외벽을 통해 건물 내부로 충분한 햇빛이 들어옵니다. 작은 투명 유리창은 전망이 필요한 곳에만 선택적으로 사용하면 됩니다.

스크린 및 고정식 차양

대형 창문과 외벽 유리 앞에 설치한 스크린 등 돌출 구조물은 장식적 효과와 햇볕을 가리는 그늘을 모두 제공할 수 있습니다. 시험평가 성적표지에 대한 기준(3.2.4항)을 따른다면, 이러한 외벽 구조물은 조류 충돌을 막는 좋은 보호 기능이 있습니다.

3. 조류 친화적 조치



다양한 부착물을 활용하면 조류 충돌을 막을 수 있을 뿐만 아니라, 유리 외벽에 건물 고유성을 부여할 수도 있습니다. 전태일기념관 정면에는 근로감독관에게 쓴 자필편지글을 형상화하여 부착했습니다.



유리 외벽에 다양한 굵기의 기둥을 설치하여 조류충돌을 막으면서도 내부에서는 바깥 풍경을 볼 수 있습니다.



우리나라 근대 건축 거장인 고(故) 김중업이 1959년 건축한 부산대학교 인문관 뒷편. 인문관의 뒤쪽 중앙홀에는 두꺼운 벽사이로 기하학적 무늬가 촘촘하게 뚫려 있어 빛의 스펙트럼이 찬란하게 펼쳐집니다. 이러한 건축양식은 조류충돌을 예방하는 하나의 기법으로도 볼 수 있습니다.

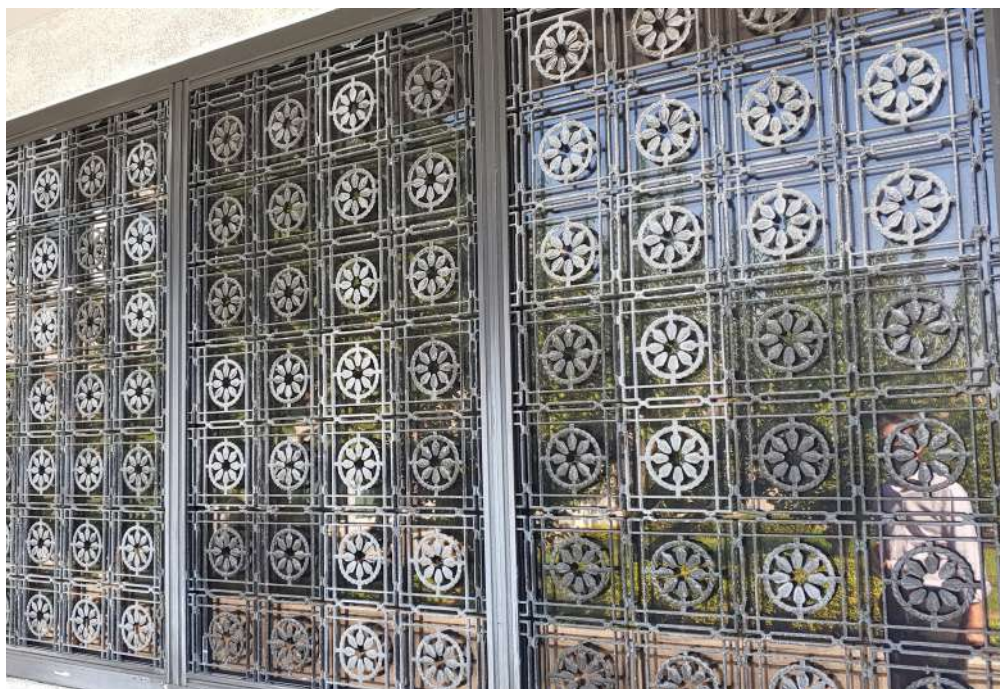
3. 조류 친화적 조치



색상, 재질 등을 달리하여 다양한 외벽 구조물을 설치할 수 있습니다. 단, 외벽 구조물로 가려지지 않은 유리창은 별도 조치가 필요합니다.



국립아시아문화전당 일부 벽면에는 반짝이는 스테인리스 스틸로 된 철판을 외벽에 둘러 조류 충돌을 막을 뿐만 아니라 주변 공간을 밝게 하는 효과를 줍니다. 철판에는 구멍이 뚫려있어 안에서는 비깅 풍경을 충분히 즐길 수 있습니다.



백제 전통문양을 활용하여 외벽 구조물을 설치한 국립부여박물관. 이러한 문양은 건물의 고유성을 부여하는 데도 매우 도움이 됩니다.

3.2. 유리면 표식

잠재적 위험 구역을 알리는 안내판이나 시설은 일상생활에서 비교적 익숙한 광경입니다. 예를 들어 교통 표지판 기둥과 난간, 계단, 공사 구덩이 가장자리에는 검은색과 노란색 또는 빨간색과 흰색 막대를 세우거나 줄무늬로 표시합니다. 방풍문이나 택시정류장과 같은 유리벽에 부딪히는 것을 막기 위해 굵은 띠무늬와 같은 표식을 눈높이에 표시하기도 하죠. 같은 원리를 이용하여 새가 유리와 충돌할 위험을 줄일 수 있습니다. 최대한 사람 눈에는 띄지 않으면서도 조류 충돌 방지에 효과적인 표식을 개발하려면 새의 시각과 행동 연구가 중요합니다.

3.2.1. 조류의 장애물 감지

새의 시각적 능력

효과적인 조류 유리 충돌 방지 방법을 찾으려면 어떻게 주변 환경을 인식하고 장애물을 회피하는지 이해하는 게 중요합니다. 특히 새가 빠르게 날면서 주변 환경을 명확하게 파악할 시간이나 주변 밝기가 충분치 않은 경우를 주목할 필요가 있습니다. 이러한 상황에서도 새는 인지할 수 있지만 우리 눈에 잘 띄지 않는 최대한 작은 표식이 있냐는 것입니다.

새는 시각에 많이 의존하기 때문에 시각 자극을 처리하는 뇌 영역이 다른 동물에 비해 더 넓습니다. 그래서 새는 매우 미세한 구조를 인식하고 색상을 정확하게 구별할 수 있습니다[9]. 하지만 어두운 곳에서 빠르게 날 때도 유리 표식을 알아차리는 데 이 능력을 활용할 수 있을까요?

새의 눈으로 본다는 것

새들이 보는 광경을 상상해보면 가장 먼저 새가 높은 하늘에서 아래를 내려다보는 듯한 ‘조감도(鳥瞰圖)’ 모습이 떠오르게 됩니다. 공중에서 선회하거나 범상하는 새들은 이러한 모습을 주로 보겠지만, 사실 대부분의 새들은 숲과 들판 안에 주로 머무릅니다. 가장 흔한 조류인 붉은머리오목눈이, 박새, 참새, 지빠귀류나 딱새는 대부분 땅 위 높지 않은 공간에 머물며 초목 사이에 살고 있습니다. 새는 먹이를 찾는 데 대부분 시간을 보내

며 동시에 먹이가 되지 않도록 주의해야 하죠. ‘새’를 생각했을 때 비행을 가장 먼저 생각하는 우리로서는 조류 시각이 비행경로를 고해상도로 보는 방향으로 진화했을 것이라 짐작하지만, 실제로 먹이와 천적을 감지하는 데 초점을 둔 것 같습니다[10].

날면서 어디를 볼까요

나무줄기나 나뭇가지, 지형 장애물과 같이 크고 단단한 물체가 많은 자연환경에서는 비행을 위해 특별히 미세 물체까지 볼 수 있는 높은 해상도가 필요하지 않습니다. 대부분 새는 눈이 머리 옆에 있기에 전체적으로 매우 넓은 단안 시야(한 눈으로만 볼 수 있는 시야)를 갖습니다. 반면, 공간적 입체시(3차원으로 인식할 수 있는 양안시)는 부리 앞 좁은 구역으로 제한되어 있죠. 눈이 옆에 있으니 두 눈으로 같이 볼 수 있는 구역이 좁다는 의미입니다. 이는 새들이 살아가기 위해선 앞에 놓인 비행경로보다는 옆에 있는 다른 무언가를 파악할 필요가 많다는 것을 볼 수 있죠. 실제로 망막(상이 맺히는 부위)을 살펴보면 광학 해상도가 가장 높은 부위(중심와, fovea)가 측면을 향하고 있습니다. 어쩌면 우리가 앞을 보며 초점을 맞추는 것처럼 새들은 옆에 초점을 더 많이 맞추고 있을지 모릅니다.



새는 머리 크기에 비해 눈이 매우 크고 시각 축이 옆을 향하고 있습니다. 적을 감지하고 먹이를 찾는 데는 정면을 예리하게 보는 것보다 주변 시야를 확보하는 것이 더 중요합니다.

매의 눈

모든 새가 '매의 눈'을 가지고 있는 것은 아닙니다. 실제로 먼 거리에서 더 선명하게 보고 미세한 사항을 구분할 수 있는 새(맹금류)는 소수에 불과합니다. 종에 따라서는 사람들이 생각하는 것보다 새의 시력 해상도가 낮을 수도 있습니다. 예를 들어, 사람의 시력 해상도는 황조롱이의 약 2배, 비둘기의 4배, 참새의 14배에 달한답니다[10]. 이마저도 어두워지면 해상도는 급격히 감소하며, 당연히 새들이 활발하게 움직이는 새벽에는 한낮보다 훨씬 눈이 어두워집니다[11, 12].

결론:

일반적으로 조류 눈은 일반적으로 사람 눈보다 시력 해상도가 낮습니다. 조류 대부분은 앞보다는 옆을 보는 게 더 중요합니다. 따라서 미세한 표식이나 간격이 좁은 작은 점은 유리 표식에 적합하지 않습니다. 새가 멀리서도 인식하고 제때 대응할 수 있도록 표식은 어느 정도 크기 이상이어야 합니다.

장애물 인식

새가 뭔가를 피하기 위해서는 장애물을 빠르게 인식해야 합니다. 유리창과의 정면충돌은 약간 방향을 바꾼다고 해서 피할 수 없고, 몸을 완전히 돌려야만 피할 수 있기에 시간이 필요합니다. 참새와 같은 명조류는 시속 40km 정도의 속도를 내고 이는 초당 11미터 정도를 날아갑니다. 무의식적인 반응을 통해 충분히 회피 동작을 시작하기 위해서 소뇌 특정 신경은 충돌하기 0.5초 전에는 활성화되어야 하죠. 충돌을 피하기 위한 재빠른 반응은 울타리에서 열매를 찾거나 화려한 색의 짝을 선택하는 것과는 근본적으로 다릅니다. '시운동 반사시스템(optomotor reflex system)'은 동체 시력, 착지 지점 확인이나 먹이 포착, 천적의 움직임 판단 등[13] 특수 사항을 담당합니다. 현재 알려진 바에 따르면 이 시스템은 색상이나 자외선을 감지하지 못합니다[14].

색상은 중요하지 않습니다

색이 사라져도 서식지나 비행 장애물을 인식하는 데 거의 문제가 없습니다. 명암 분포, 대비선 등과 같이 단순한 이미지는 빠르게 처리할 수 있기에, 비행하는 새들에게 중요한 정보를 제공할 수 있습니다. 짝 선택과 같이 색상이 중요한 경우 시각은 훨씬 더 복잡한 과정을 거칩니다. 또 다른 중요한 요소는 많은 명조류가 가지고 있는 자외선 지각

입니다.

조류 시운동 반사시스템 설명에서 '색맹'에 대해 언급한 이유가 충돌 방지 표식을 흑백으로만 해야 한다는 것을 뜻하지는 않습니다. 장애물 접근을 감지하고 충돌 시간을 계산하는 감각과 신경도 특정 파장에 대한 감도를 가지고 있습니다. 즉, 다른 파장 대역보다 특정 파장 빛에 더 민감하게 반응하므로 특정 '색상'을 다소 강렬하게 인식합니다. 따라서 표식에 적합한 색상으로 구성하면 대비를 높여 예방 효과를 높일 수 있습니다. 이것은 현재 유리면 표식 개발 연구 과제 중 하나입니다.

결론:

움직이는 것을 보거나 움직이면서 무언가를 볼 때, 그리고 빠른 회피 반응을 할 때 눈과 뇌에서 일어나는 과정은 '시간 압박 없이 볼 때'와 크게 다릅니다. 운동과 관련된 자극 처리는 색상 및 자외선에 민감하지 않은 것으로 보입니다.

3.2.2. 표준화된 평가시험법

건물에서의 평가

표식의 효과를 연구, 개발 및 평가하려면 표준화된 조건에서 재현 가능한 결과를 얻을 수 있는 효율적 평가 방법이 필요합니다. 기존 구조물로 이 기준들을 충족하는 것은 사실상 불가능합니다. 각 건물에서는 새의 활동 수준, 주변 환경, 노출, 유리 표면의 구성 및 크기가 다양하므로 비교 가능성이 떨어지기 때문입니다. 다양한 건물에서 많이 사용할 수 있고 모든 충돌 사고 정보를 얻을 수 있는 자동화 절차는 아직 존재하지 않죠.

호헤나우-링겔스도르프 생물학연구소(오스트리아)의 선택 평가시험법

표식 효과를 정량화하고 비교 가능하며 재현 가능한 결과를 도출하려면 주요 변수를 일정하게 유지하면서 제한적이고 쉽게 충돌을 통제할 방법이 필요합니다. 또한, 가능한 많은 자연적 변수(예: 자연광 조건, 야생조류 사용)를 통제된 방식으로 활용해야 합니다. 따라서 연구실과 현장 조건을 결합한 시험 설계를 사용하는 것이 좋습니다.

유리 표식 효과에 대해 세계적으로 가장 다양한 지식을 쌓은 현장 연구실 중 하나는 오스트리아 호헤나우-링겔스도르프 생물학연구소의 비행 터널입니다. 새를 터널로 보내는 개념은 기본적으로 새는 어두운 곳에서 밝은 곳을 향해 날아간다는 점에서 착안한

것입니다. 터널의 밝은 쪽 끝에는 새들이 인식해야 하는 장애물이 있습니다. 날아다니는 새가 이 장애물을 더 잘 인식할수록 더 자주 적극적 회피 반응을 보일 겁니다. 이 장애물이 바로 유리 표식입니다. 정확한 평가를 위해서는 자연조건을 재현해야 합니다. 이를 위해 새들이 터널의 어둠에 익숙해지면 안 되고 오히려 햇빛에 적응해야 합니다. 따라서 비행 터널 시험을 할 때는 햇빛에 적응한 새가 터널에 최대한 짧게 머물도록 하는 것이 중요합니다.



새들은 좌우로 나란히 세워둔 연구 시즌 전 호헤나우-링겔스도르프 생물학연구실 비행 터널. 원형 공터는 비행 터널의 회전 범위이며, 새들이 항상 태양을 등지고 날 수 있도록 터널을 회전축 위에 설치하였습니다. 좁은 터널 끝에 새를 풀어두면, 새는 즉시 터널 반대편에 설치한 창 쪽으로 날아갑니다(사진 기준 터널의 오른쪽). 연구 시즌에는 주변 식생이 자라 터널에서는 배경이 균일하게 보입니다. 새들의 안전을 위해 유리 앞에 안개그물을 설치하였고, 평가가 끝나면 측면 문을 통해 풀어줍니다. ©Martin Rössler

자연광과 자연스러운 배경

호헤나우 비행 터널 평가는 자연광 조건에서 자연스럽고 균일한 배경을 앞에 두고 실시하는 선택 평가시험법입니다. 자유 회전축에 장착한 길이 7m 터널 몸체를 태양 위치와 일치하게 정렬하여, 유리창에 빛과 그림자가 대칭을 이루도록 합니다. 빛이 새가 날아가는 방향으로, 즉 항상 새 뒤에서 비치게 터널을 정렬하는 것이죠. 햇빛에 적응한 새들은 비행 터널 어두운 쪽에 들어가면 즉시 날아서 다시 터널 밝은 쪽으로 이동합니다. 새들은 좌우로 나란히 세워둔 두 개의 유리창을 향해 날아가는데 하나는 시험 표식이 있는

유리창(평가 창)이고 다른 하나는 표식이 없는 유리창(대조 창)이죠.

평가 전반에 걸쳐 같은 대조 창을 사용합니다. 조류 눈에는 보이지 않는 미세한 특수 그물을 유리판 앞에 설치하여 충돌 직전 비행을 막습니다. 그 후에는 즉시 풀어주죠. 과학적 목적으로 운영하는 조류 가락지 부착센터에 비행 터널을 설치하였기에, 평가를 위해 필요한 충분한 수의 야생조류를 확보할 수 있습니다.

시험 비행 평가

시험 비행은 비디오로 녹화하여 평가합니다. 시험 표식이 효과적이지 않으면 무작위 분포(즉, 새의 절반은 표식한 평가 창으로, 절반은 표식하지 않은 대조 창으로 비행)를 나타낼 것으로 예상할 수 있습니다. 표식이 더 효과적이고 인식하기 쉬우면 더 많은 새가 표식이 없는 대조 창으로 날아갈 것이라고 예상할 수 있습니다. 평가할 때는 장시간에 걸쳐 최소 80회의 시험 비행을 통해 각 시험 표식을 평가합니다. 이를 통해 하루 중 다양한 시간대와 다양한 조명 및 기상 조건에서 효능을 평가할 수 있습니다. 평가 결과는 반복 시험에서 통계적으로 같게 나타났습니다. 이 결과를 통해 다양한 표식을 비교하고 효과 측면에서 순위도 매길 수 있습니다.



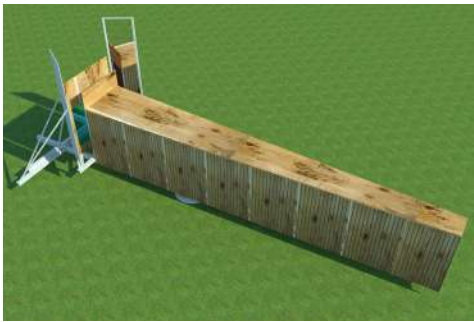
오스트리아 호헨라우-링겔스도르프 조류가락지부착센터에서는 잡은 야생조류(오른손에 있음)를 측정하고, 기록합니다. 가락지 번호는 비행터널 평가 시 재기록합니다. 해당 조류를 약 3초간 빛이 있는 조건에 적응시킨 후 비행시키며 이를 영상으로 기록합니다. 조도계로 빛 상태를 자동 기록합니다. ©Martin Rössler



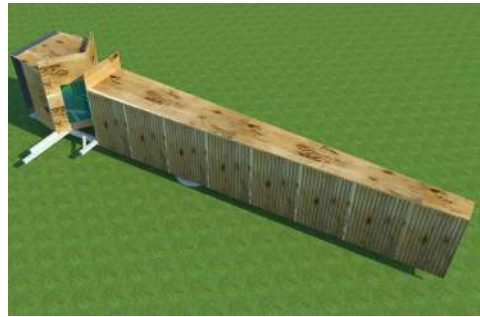
매 3회 평가 비행마다 평가 창을 무작위로 배치하여 시험 표식을 장시간, 다양한 빛 조건에서 평가합니다. 평가 창에 식생 배경이 고르게 나타나도록 조성한 식생 사이의 '정글 길'을 따라 유리판을 운반합니다. ©Martin Rössler

ONR 평가 및 WIN 평가

호혜나우에서는 투명 조건(ONR 평가)과 반사 조건(WIN 평가)을 모두 평가할 수 있는 두 가지 평가시험 설비가 있습니다. 이를 통해 방음벽이나 유리 난간과 같이 유리의 내외부 조도가 같은 곳과 창문이나 외벽 유리 등 반사가 표식 효과에 영향을 미치는 곳의 결과를 구분할 수 있습니다.



투명 조건(밝은 배경)에서 표식 효과를 확인하기 위한 평가 설비. 햇빛이 새의 비행 방향과 동일한 방향으로 비행 터널을 비추도록 회전축 방향을 조정합니다. 평가 창 뒤편의 두 개 거울(왼쪽과 오른쪽에 장착)로 평가 창과 대조 창에 햇빛을 비춥니다. 평가 창은 새의 비행 방향과 90° 직각으로 설치하며, 평가 시험 전에 새는 햇빛에 적응한 상태여야 합니다. ©Martin Rössler ©김주용



반사 조건(어두운 배경)에서 표식 효과를 확인하기 위한 평가 설비. 두 개의 평가창을 각각 바깥쪽으로 35°(새의 비행 축에 대해 125°) 꺾어 설치합니다. 평가창은 균일하게 조성된 주변 환경을 마치 자동차의 사이드미러처럼 반사합니다. 실내 환경처럼 내부가 어두운 오두막에 유리창을 설치하여, 유리면에 반사가 발생합니다(표1 참조). ©Martin Rössler ©김주용

유리 표식을 평가하기 위한 터널 시험 개발

미국 물렌버그대학 Daniel Klem

1980년대 초 미국의 Klem 박사는 빛을 향해 난다는 새의 비행 특성을 이용해 다양한 물체(천 조각, 맹금류 모형, 선형 조명)의 효과를 평가하고 회피 반응을 정량적으로 비교하기 위해 '비행 케이지'[15]를 사용했습니다. 이 시험을 통해 맹금류 모형의 비효율성을 비롯한 여러 가지 중요한 결과를 알아냈습니다.

독일 라돌프첼 막스 플랑크 조류학연구소 Hans-Willy Ley

2000년대에 Ley 박사는 독일 라돌프첼-외킹겐에 있는 막스 플랑크 연구소에서 근무했습니다. 당시 유명한 조류 이주 실험장으로 P. Berthold가 사용하던 검은머리휘파람새(Eurasian blackcap) 새장을 비행 터널로 개조하여 자외선 유리 표식 효과 연구에 사용하였습니다[16]. 그는 라돌프첼 조류학연구소 조류포획 프로그램에서 확보한 야생조류로 연구했습니다. 터널 끝을 양쪽으로 나뉘, 한쪽에는 표식이 없는 대조 창을, 다른 한쪽에는 표식이 있는 평가 창을 배치하였습니다. 새들이 보지 못하는 안개그물을 설치해 유리창 충돌 직전에 비행을 막을 수 있었습니다. 새들이 터널의 약한 빛에 적응할 수 있도록 암흑 적응 훈련을 시켰고, 평가 창에는 오스람 바이탈룩스 램프로 인공조명을 비쳤습니다.

오스트리아 호헤나우-링겔스도르프 생물학연구소 Martin Rössler

Ley 박사의 경험은 호헤나우 연구의 기초가 되었습니다. 하지만 여기에서는 새들이 밝은 배경에 눈부시지 않도록 햇빛에 적응시킨 후 터널에 넣었습니다. 램프의 부자연스러운 스펙트럼 분포(색상 구성)와 깜박임 문제를 제거하고자 인공조명을 자연광으로 대체했습니다. 이전 연구와 달리 호헤나우 방식 시험 비행 평가는 일회성 직접 관찰이 아닌 비디오 녹화를 기반으로 합니다[17, 18].

남북 방향으로 정렬하여 고정된 터널에서 예비 시험을 하던 중 중요한 현상을 발견했습니다. 오전 비행 평가(해가 터널 오른쪽에 있을 때)에서는 대다수 새가 터널 왼쪽(서쪽)으로 향했고 오후(해가 터널 왼쪽에 있을 때)에는 대부분 오른쪽(동쪽)으로 향하는 결과가 나타났습니다. 태양 위치가 시험에 미치는 영향을 없애기 위해 처음에는 터널 끝에 천막을 쳤지만, 심층 조사를 위해 방법을 개선할 필요가 있었습니다. 2004년부터 2006년 사이에 M. Rössler, W. Laube, C. Schauer, O. Schweinberger는 그물에서 40cm, 터널 끝에서 30cm 떨어진 곳에 평가 창을 배치하였고, 측면 거울로 균일하게 태양빛을 비추는 터널 구조를 개발했습니다(38쪽 그림)[19]. 전체 구조물은 회전축 위에 설치하여 터널을 태양 방향에 따라 회전시킬 수 있습니다. 이렇게 하면 항상 새들의 비행 방향과 같은 방향으로 햇빛이 들어오고 그림자는 대칭을 이루게 됩니다. 자연 채광과 균일한 배경 앞에 있는, 1m가 조금 넘는 시험 창으로 매년 약 2,500마리의 야생조류를 날렸고, 각 개체 비행의 관찰 시간은 단 몇 초에 불과합니다. 2010년까지만 해도 이 비행 터널은 밝은 자연 배경을 가리지 않는 투명 조건 시험에만 사용되었습니다. 이 절차는 오스트리아 표준규칙 ONR 191040에 명시되어 있으며, 유럽에서는 'ONR 평가'로 알려져 있습니다. 2010년에 미국에서 C. Sheppard[20]가 이 방법을 인용 채택하되, 새들이 날아가는 방향에 파란색 인공 배경을 설치하였습니다.

2010년, 호헤나우에서는 시험방법을 확장했습니다. 창문과 외벽에서 발생하는 반사를 고려하여 챔버룸(일종의 작은 오투막)을 만들고 그곳 외벽에 평가 유리창을 설치하였습니다(38쪽 그림). 이를 통해 햇빛의 약 1% 정도만 유리창으로 다시 반사되는, 일반적인 건물 유리창에서 반사가 일어나는 조건을 만들었습니다. ONR 평가에 사용한 거울(투명 조건)을 없애고 유리창을 바깥쪽으로 35° 기울였죠. 이를 통해 직사광선을 받는 유리창이 자동차 사이드미러처럼 주변 초목을 균일하게 반사하게 만들었습니다. 현재 호헤나우의 대부분 평가 결과는 이 'WIN 평가'(WINdow에서 따옴) 결과입니다.

3.2.3. 호헤나우 평가 체계

전제 조건 및 목표

투명 유리나 반사 유리에 조류가 충돌할 가능성을 완전히 없앨 수는 없습니다. 그러나 가능한 수준까지 피해를 줄이고 관련된 모든 당사자에게 계획과 법적 명확성을 제공하려면, 다양한 조치 효과를 안정적으로 측정할 필요가 있습니다. 위에서 설명한 방법을 사용하면 표준화된 조건에서 평가한 모든 표식 효과를 비교하고 순위를 매길 수 있습니다. 다만 자연적으로 다양하게 변화하는 조명 조건에서 얼마나 많은 조류가 실제로 표식을

인식하여 유리 충돌을 피할 수 있는지 이 시험을 통해 정확하게 정량적으로 예측할 수는 없습니다.

매우 효과적인 표식은 다양한 기술을 통해 만들 수 있습니다. 이를 통계적으로 검증한 표식은 다양한 환경 조건에서 조류 보호 기준을 충족할 것이라 기대할 수 있습니다.

분류 체계

2008년 전문가들이 국제적으로 합의한 분류 체계에 따라 호헤나우-링겔스도르프 생물학 연구소는 효과 기준을 만들었으며, 이는 현재 오스트리아 기술규칙 ONR191040로 규정하고 있습니다. 효과 기준은 네 가지 범주로 나뉘며 투명 조건 평가(ONR)와 반사 조건 평가(WIN) 모두에 적용합니다. 사용을 추천하는 A등급(매우 효과적)은 모든 구조물에 사용할 수 있습니다. A등급 기준은 10:90 비율(평가 창:대조 창)입니다. 이는 90%가 넘는 새가 표식이 없는 대조 창을 향해 날아간다는 의미로, 새가 표식을 쉽게 인식할 수 있다는 것을 뜻합니다. 평가 비행의 10~20% 이하의 새가 평가 창을 향해 날아가는 경우, 호헤나우 분류에서는 표식이 조건부 적합(B등급)이라고 평가합니다. 조도가 좋지 않았을 때 등 다른 조건에서는 효과가 많이 감소할 가능성이 있으므로 이 등급은 그 자체로는 권장하지 않습니다. 평가 비행의 20% 이상에서 새가 표시된 창문 쪽으로 날아간다면 거의 효과 없음(C등급)으로 평가합니다. 이 범주에는 언뜻 효과가 있는 것처럼 보이지만, 진정한 조류 보호 조치로는 간주할 수 없습니다. 시험 비행의 42% 이상(42:58 비율) 새가 평가 창 쪽으로 날아가는 경우, 새가 방향을 선택할 때 표식이 영향을 미친다고 통계

표 2 평가 창과 대조 창을 사용한 선택 평가에 따른 호헤나우 분류 체계

통계에 따라 일반적으로 최대 12%까지 새가 표식을 향해 날아오는 경우 표식을 권장할 수 있습니다.

시험 평가창으로 날아간 새의 비율(%)		추천 등급
A 등급 매우 효과적	0-10	추천
B 등급 조건부 적합	> 10-20	제한적 추천
C 등급 거의 효과 없음	> 20-42	추천하지 않음
D 등급 효과 없음	> 42	추천하지 않음

적으로 명확하게 말할 수 없으므로 효과 없음(D등급)으로 정의합니다.

투명 조건 시험에서 매우 효과적인 것으로 확인한 표식이 반드시 반사 조건 시험에서도 가장 적합한 것은 아니라는 점에 유의해야 합니다. 평가 방법은 적용 분야에 적합해야 합니다. 투명 유리면(방음벽, 유리 난간 등)의 경우 ONR 평가 결과를 적용하는 반면, 반사 유리면(창문 또는 외벽 유리)의 경우 WIN 평가 결과를 적용해야 합니다.



상암 난지캠핑장 앞 방음벽에는 얇은 검은 선을 안에 인쇄한 매입형 집합유리를 사용하였습니다.

3.2.4. 매우 효과적인 조류 보호 표식 기준

표식 효과에 대한 표준화된 평가를 통해 몇 가지 기준들을 잡아갈 수 있었습니다. 여기서 문제는 날아다니는 새가 어떤 표식을 장애물로 인식할 수 있는가입니다. 고려해야 할 기본 요소는 크기, 간격, 대비, 그리고 모양입니다.

표식 크기

표식 크기는 조류의 시력 해상도와 '정지거리', 즉 장애물까지의 거리, 새의 속도와 반응 시간에 따라 달라집니다. 대비가 좋은 가로 줄무늬는 폭 3mm 이상이면 충분히 잘 인식할 수 있으며, 세로 줄무늬의 경우 평가 결과, 최소 폭이 5mm 이상 되어야 효과적인 것으

로 나타났습니다. 점의 이상적인 최소 지름은 9mm라고 Rössler 박사는 말합니다. 대비가 낮을수록 줄무늬 폭이나 점의 지름이 커야 합니다.



조류 충돌을 막기 위해 점 스티커를 부착한 국립생태원의 미디어룸 안쪽에서 본 모습입니다.

표식 간격에 대한 놀라운 발견

표식 사이의 간격은 새의 지각에 관한 것이 아니라 새의 행동 반응, 즉 새가 실제로 무언가를 보고 방향을 바꾸는지에 대한 것입니다. 위험을 인지하면 무의식적인 반응이 빠르게 일어납니다. 경보 자극은 신경 회로를 통해 몇 분의 1초 만에 소뇌로 직접 전달됩니다. 표식까지의 임계 거리는 절댓값이 아니고, 인식한 장애물의 방향과 모양에 따라 달라지는 것으로 나타났습니다. 가로 줄무늬의 가장 효과적인 최대 간격(가장자리 사이의 거리)은 50mm이며, 세로 줄무늬는 100mm, 점은 최소 지름을 9mm로 할 경우 가로와 세로 모두 90mm입니다. 놀랍게도 점의 경우, 가로 줄무늬보다 상하간격이 더 넓어도 피해 방지 효과가 있는 것으로 나타났습니다. 이렇게 하면 표식이 차지하는 면적이 크게 줄어들겠죠. 다만 점 크기는 줄이는 데는 한계가 있으며, 오히려 작은 점으로 이루어진 조밀한 격자는 효과가 거의 또는 전혀 없습니다. 예를 들어 점 크기가 3mm이고 간격이 14mm 인 문양은 장애물로 인식하지 않습니다.

우리나라에서는 다양한 표식별 최소 기준(간격, 크기 등)을 고려하여, 5×10 규칙을 조

류 충돌 방지 간격 기준으로 잡고 있습니다. 5×10 규칙이란 표식을 상하간격 5cm 이하, 좌우간격 10cm 이하로 배치하는 것을 의미합니다. 북미권에선 인치 단위를 사용하여 2×4 규칙(2×4 rule)이라 하고 우리나라는 이를 인용하고 있습니다. 유럽권에서는 한 뼘 규칙(one-palm rule)이라고 표현하기도 합니다. 크기/폭 기준은 가로 줄무늬는 최소 3mm 이상, 세로 줄무늬는 최소 6mm 이상, 점은 줄무늬 폭 기준을 고려하여 6mm 이상으로 잡고 있습니다.



해당 방음벽에는 조류 충돌을 막기 위해 점 스티커를 부착하였습니다.

표식 색상, 대비 및 불투명도

표식이 얼마나 유리를 가리는지 의미하는 가림면적(coverage)은 표식 크기와 간격에 따라 달라집니다. 그리고 표식이 배경과 뚜렷하게 대비될수록 일정 수준까지 가림면적을 줄일 수 있습니다. 대비에 영향을 미치는 요소 중 하나는 색입니다. 예를 들어 무채색 계열 중에는 아무리 어두운 회색이라고 해도 검은색이, 아무리 밝은 회색이라도 흰색이 더 강한 대비를 만듭니다. 유리창 반사율이 높을수록 강한 대비를 만들기가 더 어렵습니다. 반면에 금속성 반사 표식은 극도로 밝기 때문에, 특히 강한 대비를 만들 수 있으며, 전체 표면의 1% 미만으로도 높은 효과를 얻을 수 있습니다. 대비가 낮은 표식은 더 많은 가림면적이 필요합니다. 반투명 유리나 간유리와 같은 수준의 대비를 나타내는 표식은 최소 11%(53쪽, 2번 참조), 반투명 필름 표식은 최소 20%(52쪽, 8번, 10번 참조)의 가림

면적이 필요합니다.

표식 모양

조류 충돌 방지 표식 문양은 조류 충돌을 충분히 예방하거나 줄일 수 있어야 합니다. 이를 유효성이라 합니다. 하지만 유효성이 아무리 높다고 하여도 소비자가 선택하지 않는다면 무의미해집니다. 따라서 가급적 소비자 취향에 맞도록, 눈에 띄지 않도록 또는 더 아름답도록 혹은 건물의 고유성을 부각할 수 있도록 표식 모양과 색상, 간격, 크기를 연구할 필요가 있습니다. 이는 단순히 새들의 표식 인식 정도 외에도 사용자들이 겪는 상황도 살펴야 한다는 것을 의미합니다. 대만의 한 연구팀은 가상현실을 이용하여 18개 표식 유형에 대해 참가자가 실내에서 느끼는 창문 전망의 시각적 선명도를 평가하였습니다[21]. 실험 결과 참가자들은 수평 및 수직 줄무늬가 도트 표식에 비해 시각적 선명도가 높다고 평가했으며, 가림면적 비율이 증가함에 따라 시각적 선명도는 유의미하게 감소했습니다. 또한, 간격이 넓은 표식이 조밀한 표식보다 더 높은 개방감을 나타냈습니다. 다만 제한 없이 가림면적을 줄이고 간격을 넓힌다면 충돌 방지 유효성이 감소하는 현상도 같이 발생할 겁니다.

3.2.5. 창문 및 건물 외벽용 조류 친화적 유리의 최신 개발 현황

산업계와 조류학자들의 협력

유리의 시각적 특성을 바꾸지 않고 조류 충돌 위험을 완전히 줄이는 것은 불가능합니다. 그러나 기술은 훨씬 더 눈에 잘 띄지 않는 표식을 만드는 방향으로 발전하고 있습니다. 초기에는 접착 스트립, 필름, 스프레이 페인트와 같은 재료를 이용했지만, 이제는 유리 제조업체와 연구 기관이 특수 재료와 코팅 연구를 함께 진행하고 있습니다. 그러한 연구는 현재 물리학 및 공정 공학 분야와 조류학계와의 협업을 통해 빠르게 진전하고 있습니다. 매년 새로운 아이디어와 개념을 유리에 적용해보고 있으며 기존 표식도 점차 개선해나가고 있습니다. 이 책자에는 독일어판이 출간된 2022년 당시까지의 연구결과를 담고 있습니다. 여기에 표시된 모든 표식은 어두운 배경, 즉 반사 조건을 기준으로 평가했으므로(WIN 평가, 3.2.2항) 배경이 밝아 유리가 투명한 상황에는 검토 없이 적용할 수 없습니다.



조류 충돌을 막기 위해 점 스티커를 부착한 국립호남권생물자원관

금속성 표식 및 단방향 거울 패턴 - 매우 높은 대비

2023년, 영국 NSG 필킹턴 그룹의 한 아이디어는 큰 혁신을 불러일으켰습니다. 금속성 코팅은 반사율이 낮은 유리에서도 매우 밝고 강렬한 반사를 일으키기에 매우 강한 대비를 만들 수 있습니다. NSG 필킹턴은 유리 외부에 매우 얇은 금속성 줄무늬 패턴을 코팅



평가 터널 내부에서 새가 바라보는 모습. 필킹턴 AviSafe™를 바깥에서 보는 모습: 조류 충돌 방지 효과가 뛰어나며 건물 내부에서는 거의 보이지 않습니다(왼쪽: 평가 창, 오른쪽: 대조 창).

©Martin Rössler



Arnold Glas Omilux® 디자인 라인 5/95: 매우 효과적인 금속성 선 표식(왼쪽: 평가 창, 오른쪽: 대조 창). 격자처럼 보이는 것은 시험조류 보호를 위한 안개그물입니다. ©Martin Rössler

하여 단방향 거울 효과를 만들었습니다. 바깥쪽에서 보면 줄무늬가 높은 대비로 나타나고 안쪽에서는 표식이 약간만 보입니다. 이를 개선하여 2021년에 출시한 제품은 매우 효과적인 것으로 확인하였습니다.

폭 5mm의 세로 줄무늬와 같은 검증된 표식도 불투명 금속성 코팅으로 제작할 수 있으며 이러한 표식은 조류 충돌을 막는데 효과적입니다.

도트 격자 - 예상치 못한 효과

미국에서는 수년 전부터 도트 격자 방식을 권장해왔지만, 유럽에서는 2017년까지 도트 격자에 대해 체계적으로 살펴보지 않았습니다. 역설적이게도 도트는 줄무늬보다 허용 간격이 더 넓은 경향이 있는데, 아직 그 이유는 알려진 바가 없습니다. 다시 한번 강조하지만, 표식의 크기, 간격 및 대비를 올바르게 선택하는 것이 중요합니다. Martin Rössler 박사에 따르면 도트는 지름 9~12mm, 간격(중심점 사이의 거리) 90~100mm여야 합니다. 햇빛 차단용으로 사용하는 작은 점(1~3mm, 최대 30% 표면 가림면적)으로 된 조밀한 격자 인쇄문양은 충돌 예방을 위해 사용 가능하다고 여러 번 언급되었지만, 사실 충돌을 방지하는 데 한계가 있습니다.



Eastman Saflex® FlySafe™ SEEN shiny 9/90: 금속성 도트, 지름 9mm, 간격 90mm: 매우 효과적이며 반사율이 높아 표면 2(왼쪽: 평가 창, 오른쪽: 대조 창)에 인쇄하여도 효과가 뛰어납니다.
©Martin Rössler



이 점 표식은 점과 점 사이의 간격이 좁지만 효과적이지 않습니다. 지름 3mm의 검은색 점으로 이루어진 조밀한 표식은, 표면 1(왼쪽: 평가 창, 오른쪽: 대조 창)에 인쇄했음에도 불구하고 새들이 인식하지 못했습니다. ©Martin Rössler



90mm 간격, 9mm 금속성 점으로 만든 격자는 단열유리창 안쪽에 라미네이팅되어 있지만 매우 효과적입니다. 반면 검은색 표식은 반사로 인해 외벽 유리 외부에 시공했을 때만 효과가 있는 것으로 나타났습니다. ©Martin Rössler

매우 효과적인 투명 표식을 향해

현재 연구자들이 가장 많은 관심을 기울이고 있는 분야는 투명한 표식을 개발하는 것입니다. 연구자들은 날아다니는 새들이 표식을 인지하는 방법을 고려하여 다양한 코팅법으로 최적의 파장 범위에서 표식이 반사할 수 있도록 노력하고 있습니다. 프라운호퍼 태양에너지 시스템 연구소(Fraunhofer Institute for Solar Energy System, ISE)의 시제품은 이미 매우 효과적인 것으로 나타났죠. 그러나 투명도가 높다고 해서 사람 눈에 반드시 안 보인다고는 할 수 없기에 미적 요구 사항을 더욱 충족시키도록 다양한 방향으로 연구하고 있습니다.



현재 프라운호퍼 태양에너지시스템연구소(ISE)에서 개발 중인 이 표식은 투명한 줄무늬를 표면 1에 인쇄했으며, 조류충돌 예방 효과가 매우 뛰어난 것으로 나타났습니다(왼쪽: 평가 창, 오른쪽: 대조 창). ©Martin Rössler

자외선 표식(UV Marking) - 여전히 권장하지 않음

2000년대 초반부터 개발자들은 불투명 표식 필름을 적용하는 것 외에도 '보이지 않는' UV 표식에 대한 아이디어를 발전시켜 왔습니다. 이 접근 방식은 새는 자외선을 감지할 수 있지만, 인간은 그렇지 못하다는 가정에 바탕을 둔 것으로, 겉보기에는 완벽한 해결책으로 보입니다. 그러나 '새는 자외선을 볼 수 있다'라는 개념은 지나치게 단순화되어 있습니다. 그 이유는,

1) 자외선 강도는 태양 고도와 구름 밀도에 따라 달라집니다. 악천후, 그늘 지역, 숲이 나 울창한 초목에서는 강도가 급격히 떨어집니다.

2) 타조나 레아, 키위와 같은 고악류(古鵖類, Palaeognathae) 일부, 도요물떼새/갈매기류, 앵무류, 명조류(까마귀류 제외) 등 네 가지 조류 분류군만이 특정 자외선 감각기를 가지고 있는 것으로 알려져 있습니다[10].

반사 조건 시험을 포함한 호헤나우 비행 터널 평가에서 거의 모든 투명 자외선 표식은 전혀 효과가 없거나 거의 효과가 없는 것으로 판명되었습니다(표 3). 효과가 없는 것으로 평가된 7개 표식 중 5개가 자외선 표식이었습니다. 평가한 40개의 표식 중 자외선 표식은 31~40위 안에 있었습니다. 이 표식들은 밝은 배경에서 유리면에 반사가 없을 때 약간 더 나은 성능을 보이는 경향이 있었습니다. 2016년부터 2020년까지 바이에른조류보호협회(Landesbund für Vogel- und Naturschutz, LBV)는 실제 상황에서 네 가지 자외선 표식을 평가하는 현장 연구를 수행했습니다. 특정 사례들에서는 조류 충돌이 현저히 감소하는 것이 관찰되었지만, 전체적으로 효과가 거의 없거나 아예 없는 사례들의 비율이 상당히 높아 이를 상쇄했습니다. 기록된 453건의 충돌 사례 중 26%가 자외선 표식 유리창에 충돌한 것으로 나타났습니다.

표 3 호헤나우-링겔스도르프 생물학연구소 비행 터널에서의 자외선 표식 선택 평가(WIN 평가) 결과

평가 표식	평가 창을 향한 비행	대조 창을 향한 비행	결과
Ornilux Mikado®[22]	56%	44%	효과 없음
Kolbe Bird Sticker® bird silhouettes, 21.7% 가림면적[23]	53%	47%	효과 없음
Kolbe Bird Pen®, 21.6% 가림면적[24]	36%	64%	거의 효과 없음*

* 놀랍게도 자외선 파장대에서의 반사율이 일반 플로트 유리와 차이가 나지 않았음[24].



맹금류 스티커를 부착했다는 것은 일반적으로 해당 위치에서 새가 충돌한다는 것을 말합니다. 그러나 스티커 옆에 새가 충분히 통과할만한 공간이 있으면 바로 옆이라도 충돌할 수 있으므로, 이 방법은 효과가 없습니다. 효과적으로 충돌을 막기 위해서는 유리면 전체에 예방 표식을 사용해야 합니다.

3.2.6. 비행 터널에서 평가한 표식

다음 쪽에는 호혜나우 비행 터널의 가장 중요한 평가 결과 중 일부를 소개합니다. 최초로 방음벽과 같이 투명 조건에서 평가한 표식(ONR 평가, 51-52쪽)과 창문, 외벽 유리와 같이 반사 조건에서 평가한 표식(WIN 평가, 53-57쪽)을 구분하여 설명하고 있습니다. 각 색상은 호혜나우 평가 체계의 네 가지 분류를 나타냅니다(3.2.3항). 백분율은 선택 평가에서 평가 창을 향해 날아간 새의 비율을 나타내며, 이 숫자가 적을수록 새가 표식을 더 잘 인식한다는 의미입니다. 이에 따라 순위가 결정됩니다.

모양, 크기, 색상 또는 자재 측면에서 표식을 조금만 변경해도 그 효과에 영향을 미칠 수 있습니다. 특히 WIN 평가에서는 유리 외부 반사(반사율)도 고려해야 합니다. 이 평가 결과들은 평가 당시 평가 창 자체 반사율까지의 조건에서만 유효합니다.

약어

CR: 가림면적 비율, 전체 유리 면적 중 표식 면적 비율(coverage rate)

ER: 전체 평가 창외 반사율(external reflectance)

DM: 지름(diameter)

ED: 표식 가장자리 간 거리(edge distance)

CD: 표식 중심 사이의 거리(center distance)

GBP: 유리판 사이의 간격(gap between panes)

LSG: 접합 안전유리(laminated safety glass)

N/A: 명시 불가(not available)

표면(surface)은 코팅 적용 위치를 나타내며, 유리의 제일 바깥쪽부터 안쪽으로 번호를 매깁니다. 표면 1(surface 1)은 창문의 외부, 표면 2는 단일 창문의 내부 또는 단열유리 중 외부 창외 내측면, 표면 3은 단열유리 중 두 번째 창외 외측면 등으로 순서를 지정합니다.

평가 보고서는 비엔나 환경보호 옴부즈사무소(Wiener Umweltanwaltschaft) 웹사이트(wua-wien.at/publikationen)에서 확인할 수 있습니다.

표 4 방음벽 및 유리 난간용으로 평가한 표식(ONR 평가, 투명 조건) ©Martin Rössler

A등급, 매우 효과적		B등급, 조건부 적합		C등급, 거의 효과 없음		D등급, 효과 없음	
번호	평가창 비율	사진	설명				
1	2%		명칭/설명: ZOOLEX branch pattern / Gasperlmair 재질/색상: Film RAL 6014 yellow olive, 25% transparency 표면: 1 가림면적 비율: 20-25%				
2	2%		명칭/설명: Eckelt 4Bird V3066 vertical rows of dots 크기: DM 8mm, ED between rows of dots 100mm 재질/색상: Screen printing black-orange 표면: 1 가림면적 비율: 9%				
3	3%		명칭/설명: Eckelt Litex 540 diagonal black dot gridn 크기: DM 7.5mm, diagonal CD 12.7mm 재질/색상: Screen printing black 표면: 1 가림면적 비율: 27%				
4	3%		명칭/설명: Vertical black stripes 크기: 5mm wide, ED 95mm 재질/색상: Black print on polycarbonate 표면: 1 가림면적 비율: 5%				
5	5%		명칭/설명: Eckelt 4Bird V3067 vertical rows of dots 크기: DM 8mm, ED between rows of dots 100mm 재질/색상: Screen printing black 표면: 1 가림면적 비율: 9%				
6	5%		명칭/설명: Horizontal black stripes 크기: 3mm wide, ED 47mm 재질/색상: Black print on polycarbonate 표면: 1 가림면적 비율: 6%				
7	6%		명칭/설명: Vertical orange stripes 크기: 5mm wide, ED 100mm 재질/색상: Orange spray paint Duplicolor Platinum RAL 2009 표면: 1 가림면적 비율: 4.8%				

3. 조류 친화적 조치

번호	평가창 비율	사진	설명
8	6%		명칭/설명: Glasdecor 25 크기: Stripes of varying width 15-40mm, horizontal distance < 100mm 재질/색상: Adhesive film ORACAL Etched Glass Cal 8510, matt, translucent 표면: 1 가림면적 비율: 25%
9	6%		명칭/설명: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 dot grid 9/90 크기: DM 9mm, CD 90mm 재질/색상: Aluminium 표면: 2 가림면적 비율: 0.8% 구조: LSG 44.2
10	10%		명칭/설명: ABC Bird Tape double vertical stripes 크기: 20mm wide stripes, distance between stripes alternately 5mm and 100mm 재질/색상: Translucent ABC Bird Tape 표면: 1 가림면적 비율: 22.8%
11	15%		명칭/설명: White dot grid 크기: DM 18mm, CD 82mm 재질/색상: White screen printing 표면: 1 가림면적 비율: 3.8%
12	35%		명칭/설명: Plexiglas Soundstop® 크기: 15mm thick 재질/색상: Smoky Brown, tinted acrylic glass
13	37%		명칭/설명: Ornlux Mikado (Ornlux Neutralux 1,1 - June 2011) 재질/색상: Coatings on interior of insulating glass which, according to the manufacturer, reflect and absorb UV radiation
14	54%		명칭/설명: Birdpen® 재질/색상: A marker pen is used to apply substances to the glass which, according to the manufacturer, create contrasts in the UV range 표면: 1 가림면적 비율: approx. 50%

표 5 유리창과 건물 외벽을 위해 평가한 표식(WIN 평가, 반사 조건) ©Martin Rössler

A등급, 매우 효과적		B등급, 조건부 적합		C등급, 거의 효과 없음	D등급, 효과 없음
번호	평가창 비율	외부에서 본 모습 (주변 반사)	내부에서 본 모습	설명	비고
1	4%			명칭/설명: ZOOLEX branch pattern / GasperImair 유형: Non-geometric shape 크기: Variable 재질/색상: Digital print, RAL 6014 yellow-olive 표면: 1 가림면적 비율: 20-25% 구조: Monolithic float glass, 6mm 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2020	동물원에서 사용하기 위해 개발
2	6%			명칭/설명: AGC Interpane, etched effect 유형: Vertical broken double stripes 크기: Rectangles, 8 x 30mm 재질/색상: Etched-effect screen printing 표면: 1 가림면적 비율: 11% 구조: LSG 66.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2019	동일 모양을 서로 다른 방법으로 유리에 시공한 표식 2가지 (에칭, 투명 스크린 인쇄)를 평가했습니다(13번 참조). 투명 스크린 인쇄로 시공한 표식보다 에칭으로 시공한 표식이 훨씬 더 효과적이었습니다.
3	6%			명칭/설명: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 ISO 유형: Dot grid 크기: DM 9mm, CD 90mm 재질/색상: Multilayer aluminium 표면: 2 가림면적 비율: 0.8% 구조: Insulating glass LSG 44.2 / GBP 16mm / 4mm float 기능성 코팅: Low-E (ClimaGuard Premium, surface 4) 외부 반사율: 12% 평가연도: 2020	Saflex® 표식은 2019년에 평가했던 'SEEN elements'(6번, 7번) 제품 단일 유리에 로이코팅을 한 제품입니다.
4	8%			명칭/설명: Ornlux® design lines 5/95 Decochrome 유형: Vertical stripes 크기: 5mm wide, ED 95mm 재질/색상: Decochrome 표면: 1 가림면적 비율: 5% 구조: LSG 66.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: n/a 평가연도: 2020 평가보고서: Vienna Ombuds Office for Environmental Protection (WUA)	Ornilux® design은 금속 재질이며, 눈에 보이는 표식입니다. Ornlux®라는 이름의 UV 관련 제품과 혼동하지 마세요.

3. 조류 친화적 조치

번호	평가창 비율	외부에서 본 모습 (주변 반사)	내부에서 본 모습	설명	비고
5	9%			명칭/설명: AviSafe™ AS/h (hard-edge) laminated 70/40 유형: Vertical stripes 크기: 40mm wide stripes, distance 60mm, blurred edges 재질/색상: Semi-reflective coating (transparent from inside), metallic reflective 표면: 1 가림면적 비율: n/a 구조: Insulating glass LSG 64.2/4 mm float 기능성 코팅: Solar Control 70/40, surface 4 외부 반사율: n/a 평가연도: 2021	AviSafe™ 표식은 외부에서는 반사성으로 나타나지만 내부에서는 투명하거나 거의 보이지 않습니다.
6	9%			명칭/설명: SEEN shiny 9/90 (later Saflex®) 유형: Dot grid 크기: DM 9mm, CD 90mm 재질/색상: Multilayer aluminium 표면: 2 가림면적 비율: 0.8% 구조: LSG 44.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2019 평가보고서: WUA	SEEN shiny는 빛 반사가 매우 강한 오목한 표면을 가지고 있으며 표면 2에도 매우 효과적입니다. 표면 1의 저감처리에도 적합합니다.
7	9%			명칭/설명: SEEN matt 9/90 유형: Dot grid 크기: DM 9mm, CD 90mm 재질/색상: Aluminium coating 표면: 2 가림면적 비율: 0.8% 구조: LSG 44.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2019 평가보고서: WUA	SEEN matt는 빛을 고르게 반사하는 평평한 표면을 가지고 있습니다. 표면 1에도 저감처리하는데 적합합니다.
8	10%			명칭/설명: Saflex® FlySafe™ 3D SEEN shiny 9/90 유형: Dot grid 크기: DM 9mm, CD 90mm 재질/색상: Multilayer aluminium 표면: 2 가림면적 비율: 0.8% 구조: LSG 44.2 기능성 코팅: St. Gobain COOL-LITE® ST167 외부 반사율: 19% 평가연도: 2021	이 평가 사례는 외부 반사율이 19%인 접합안전유리의 표면 2에 Saflex® 9/90 dot grid를 적용한 사례입니다(6번 참조).

번호	평가창 비율	외부에서 본 모습 (주변 반사)	내부에서 본 모습	설명	비고
9	10%			명칭/설명: SEDAK squares 12mm black 유형: Dot grid 크기: Squares with 12mm sides, CD 90mm 재질/색상: Screen printing, RAL 9005 표면: 1 가림면적 비율: 1.8% 구조: LSG 44.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2019 평가보고서: WUA	검정색 스크린 인쇄 및 필름 패턴은 지금까지 표면 1에 시공한 조건에서만 평가하였습니다(10번 및 17번 참조).
10	11%			명칭/설명: Anthracite 10/100 dot grid, no specific manufacturer 유형: Dot grid 크기: 10mm DM dots, CD 100mm 재질/색상: Plotted adhesive foil, RAL 7016 표면: 1 가림면적 비율: 0.8% 구조: Monolithic float glass, 4mm 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2018	저감처리에 적합
11	14%			명칭/설명: Saflex® FlySafe™ SEEN shiny 3/50 유형: Dot grid 크기: DM 3mm, CD 50mm 재질/색상: Multilayer aluminium 표면: 2 가림면적 비율: 0.3% 구조: LSG 44.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 12% 평가연도: 2020	3mm 직경의 금속 점은 9mm보다 덜 효과적입니다.(3, 6 및 7번 참조).
12	16%			명칭/설명: Ornlux® design dart 9/90 Decochrome 유형: Dot grid 크기: pierced, cockade-like dots, outer ring 2mm, inner circle 3mm DM, grid spacing: 90mm 재질/색상: Decochrome 표면: 1 가림면적 비율: 0.4% 구조: LSG 66.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: n/a 평가연도: 2020 평가보고서: WUA	같은 재질 조건에서 가운데가 뚫린 금속 원(‘도넛 형태, 모표 형식’) 문양은 4번 선형 문양보다 효과가 떨어집니다.

3. 조류 친화적 조치

번호	평가창 비율	외부에서 본 모습 (주변 반사)	내부에서 본 모습	설명	비고
13	16%			명칭/설명: AGC Interpane Ipasol grey / Ipasol bright 유형: Vertical broken double stripes 크기: Rectangles, 8 × 30mm 재질/색상: Screen printing Ipasol grey / Ipasol bright 표면: 1 가림면적 비율: 11% 구조: LSG 66.2 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2020	에칭 효과 표식(2번)의 투명 스크린인쇄 버전입니다.
14	32%			명칭/설명: Diagonal dot grid 5mm etched 유형: Diagonal dot grid 크기: DM 5mm, diagonal CD 35mm 재질/색상: Etched 표면: 1 가림면적 비율: 1.6% 구조: Insulating glass 6mm float / GBP: 16mm / 6mm float 기능성 코팅: Low-E on surface 3 외부 반사율: n/a 평가연도: 2021	5mm 직경의 에칭 도트 격자문양은 매우 효과가 좋지 않습니다(배경과의 대조가 되지 않고 문양 크기가 너무 작습니다)
15	45%			명칭/설명: Vertical rows of dots 3mm black 유형: Vertical row of dots 크기: DM 3mm, CD within row 6mm, between rows 38mm 재질/색상: Black screen printing 표면: 2 가림면적 비율: 3.1% 구조: Insulating glass 6mm float / GBP: 16mm / 6mm float 기능성 코팅: Low-E on surface 3 외부 반사율: n/a 평가연도: 2021	3mm 직경의 도트를 표면 2에 시공하여 만든 선 표식은 효과적이지 않습니다(표식이 너무 얇음)
16	47%			명칭/설명: Kolbe birdsticker® silhouettes 유형: Bird silhouettes 15 pcs. 크기: 94 cm2/silhouette. 재질/색상: Transparent, UV reflective 표면: 1 가림면적 비율: 21.7% 구조: Monolithic float glass, 4mm 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2017 평가보고서: WUA	효과적이지 않은 UV 표식

번호	평가창 비율	외부에서 본 모습 (주변 반사)	내부에서 본 모습	설명	비고
17	48%			명칭/설명: Anthracite 3/14 dot grid 유형: Dot grid 크기: Dots 3mm DM, CD 14mm 재질/색상: Plotted adhesive foil, RAL 7016 표면: 1 가림면적 비율: 3,6% 구조: Monolithic float glass, 4mm 기능성 코팅: none 외부 반사율: 8% 평가연도: 2018 평가보고서: WUA	표면 1에 직경 3mm의 검정색 도트 격자 (표식이 너무 미세함, 15번의 도트 행 참조)는 효과적이지 않음.

3.3. 저감조치, 개조

저감조치는 조류 친화적 유리로 건축하는 것보다 비용이 더 많이 듭니다

문제가 있는 기존 유리면에 사용할 수 있는 저감조치는 흔히 문양을 인쇄한 필름 또는 이면필름으로 도트 등과 같은 문양을 부착하거나 실크스크린 등으로 칠하는 것입니다. 이러한 필름이나 페인트를 시공하면 새가 유리가 있다는 것을 알 수 있습니다.

그러나 조류 친화적 유리 제품(예: 인쇄 유리, 반투명 유리, 질감 유리)에 비해 이러한 저감조치는 내구성이 떨어지고 정기적으로 교체해야 합니다. 특히 남쪽을 바라보는 구조물이나 동서 방향으로 늘어선 방음벽은 자외선 때문에 저감조치 내구성이 떨어집니다. 또한, 광범위한 저감 작업은 고소작업차량이나 비계를 사용하게 되는데, 그 과정에서 추가 비용이 발생하는 경우가 많습니다. 즉, 장기적으로 비교했을 때 대부분의 저감조치는 건축 계획 단계에 적용한 조류 보호 조치에 비해 비용이 더 많이 듭니다. 또 다른 중요한 고려 사항은 필름을 사용하면 많은 양의 폐기물이 발생한다는 것입니다.

조류 충돌을 방지하기 위해 유리면을 바꾸는 또 다른 방법에는 철망, 나무 격자, 굵은 줄이나 그물 등과 같은 촘촘한 구조물을 설치하는 것도 있습니다. 필름 등에 비해 내구성이 좋을 것으로 추정하는 방법도 있으나 가장 좋은 것은 건축 계획 단계부터 조류 보호 조치를 적용하는 것입니다.

반사가 일어나는 유리면에는 항상 외부에 표식을 부착하세요!

창문 및 기타 반사 유리면에 적용하는 모든 저감조치 표식은 항상 유리창 외부에 부착해야 합니다. 건물 내부에 저감필름 등을 부착할 경우 외부 반사를 줄이지 못해 저감조치를 시공했음에도 불구하고 여전히 충돌이 발생하는 경우가 많습니다. 유리 안팎 조도가 같아 투명성이 위험요소인 방음벽, 유리 난간 등의 경우, 시공하기 편한 쪽에서 작업하면 됩니다.

도트 테이프

현재 우리나라에서 기존 투명방음벽에 적용하는 저감조치로 많이 사용하고 있는 방법입니다. 가정집이나 작은 창문에도 효과적인 도트 문양을 쉽게 만들 수 있습니다. 우리나라에서는 5×10의 규칙으로 부착하고 있으며 사전/사후 조사결과 92~96%까지 충돌 사

고가 줄어든 것을 확인하고 있습니다(6.5.2항 효과성 증명 참고). 그러나 이 방법은 대형 건물이나 신축 프로젝트에는 적합하지 않으며, 이러한 경우에는 3.1절과 3.2절에 설명한 방법을 따라야 합니다.

조류 보호 표식이 인쇄된 필름

조류 보호 표식이 인쇄된 투명 필름을 유리면 전체에 부착합니다. 표식이 외부 반사를



표식은 유리 표면 전체에 적용해야 합니다.



2019년 방음벽에 설치한 필름이 자외선에 의해 노후화된 모습입니다. 조류 충돌 방지 조치 내구성이 중요한 이유입니다.

깨뜨리도록 필름을 반드시 외부에 부착해야 하며, 실외 사용에 적합한 내구성을 갖춰야 합니다. 필름에 인쇄된 표식이 조류 충돌 저감에 효과적인 표식 기준을 충족하도록 주의해야 합니다(3.2.4항). 투명도가 높은 특수 필름(도난 방지, 비산 방지 등)에 조류 보호 표식을 인쇄하여 사용할 수 있습니다.

인쇄 필름의 경우, 인쇄물의 내광성(자외선 저항성)과 불투명도에 주의를 기울여야 합니다. 완전히 불투명한 색상만이 확실히 충돌을 막을 수 있습니다. 제조업체에 따르면 이러한 필름의 수명은 5~15년이며, 그 이후에는 제거 후 재설치해야 할 수도 있습니다. 필름 가장자리를 전문적으로 밀봉하면 내구성을 높일 수 있습니다.

플롯 필름 표식

조류 충돌을 줄이는 또 다른 방법은 이면 필름(캐리어 필름)에 플롯 표식을 적용하는 것입니다. 흔히 알려진 도트 테이프가 바로 이런 방식입니다. 이 용도로 사용하는 필름은 일반적으로 단색 플라스틱 자재로 만들기 때문에 인쇄 필름보다 변색 위험이 적습니다. 제조업체에 따르면 일반적으로 5년에서 15년 정도 내구성을 가진다고 합니다.



미국 스미소니언 동물원 유리난간에 선 표식이 들어간 필름을 시공하였습니다.

저감 필름 적용 후 열응력 유리 파손 위험성

열응력에 따른 유리 파손은 유리면의 각 위치별 온도 차이가 클 때 발생합니다.

강한 햇빛이 내리쬐면 유리면이 뜨거워집니다. 유리창의 넓은 부분을 어두운 색상이나 기타 흡수성 물질로 코팅한 경우 코팅을 하지 않은 표면보다 온도가 높아집니다. 약 50°C 이상의 온도 차이가 발생할 경우 열적 스트레스(thermal stress)로 인해 비강화 유리는 파손될 수 있습니다. 강화 유리(안전유리)와 부분 강화 유리는 열 스트레스에 대한 저항력이 훨씬 높습니다. 이 유리는 필름, 페인트 또는 에칭 등으로 인한 열부하 증가에도 파손되지 않고 쉽게 견딜 수 있습니다.

평가한 대부분의 조류 보호 패턴은 매우 작습니다. 이러한 패턴은 창문 일부에 광범위한 열을 발생시키지 않으며 안전하게 사용할 수 있습니다.

그러나 예외가 있습니다. 자외선 차단 필름과 조류 보호 표식을 인쇄한 필름을 함께 사용하는 경우입니다. 자외선 차단 틴팅을 추가하면 개별 유리판 사이의 온도 차가 증가하여 특히 민감한 삼중 유리의 경우 열 스트레스로 인한 파손 위험이 커질 수 있습니다.

반사 및 잠재적인 가열 효과를 방지하기 위해 유리창 외부에 접착식 조류 보호 표식을 부착해야 합니다. 지속해서 환기하면 냉각 효과가 있지만, 강한 햇빛이 다중유리 내부에 들어오면 열이 빠르게 축적되어 유리가 파손될 수 있습니다.

샌드블라스팅 및 사틴 마감

조류 충돌을 방지하기 위해 샌드블라스팅 또는 사틴 마감 처리로 유리면에 무광택 표식을 만들 수 있습니다. 이렇게 처리한 유리는 불투명하고 반사가 안 되는 특성을 가지며, 외벽 유리나 발코니 난간 등에 사용할 수 있습니다.

샌드블라스팅 공정은 압축 공기로 금강사와 같은 가는 모래를 유리면에 분사하여 연마하는데, 매끄러운 반사면을 거칠고 난반사되는 표면으로 바꿉니다. 사틴 유리는 간단히 설명하면 유리 표면에 화학물질로 에칭 가공을 하여 일부 또는 전체를 무광택 처리한 유리입니다.

이러한 유리 가공방식은 애초 공장에서 생산 단계에서부터 적용할 수도 있지만, 간혹 현장 개조에도 적용할 수 있으며 조류 충돌 방지 목적으로 전체 유리창 또는 일부 표면에 처리할 수도 있습니다.

금속 그물

외벽 유리 보호 및 녹화 또는 건물 디자인적 요소로 사용하는 금속 그물은 개조 및 영

구 설치에 적합합니다. 조류 충돌을 방지하기 위해 사용할 때는 케이블 두께와 그물코 크기가 조류 보호 설계 사양을 준수하는지 확인해야 합니다. 케이블 두께는 3mm 이상이 어야 하며, 그물코는 너무 크지 않아야 합니다(대각선으로 설치할 경우 최대 7×7cm 또는 가장 넓은 지점에서 최대 10cm).



새가 인식하는데 문제 없는 규격이라면 철망으로도 조류 충돌을 막을 수 있습니다. (국립경주박물관)

플라스틱 그물

플라스틱 그물은 임시방편으로 간주해야 합니다. 금속 그물과 마찬가지로 그물 두께는 최소 3mm 이상이어야 하며 최대 그물코 크기는 10cm여야 합니다. 대비가 잘되는 색상을 사용해야 합니다. 그물망은 짙게 펴서 창문에 밀착시키지 않으면 새가 그물망에 엉킬 수 있습니다.

로프

새가 유리면을 볼 수 있도록 하는 간단하고 저렴한 방법은 유리면에 로프나 줄을 늘어뜨리는 것입니다. 최소 3mm 두께 로프를 창문 앞에 좌우 10cm 간격으로 부착해야 합니다. 내후성이 좋은 재질을 사용해야 하며 색상은 배경과 잘 대비되어야 합니다. Acopian BirdSavers 측에 따르면 주로 진한 olivegreen 색상의 로프를 사용했으며, 이 밖에도 어두운 색상이나, 사실상 어떤 색상이나 종류의 코드도 동일하게 효과적일 것이라고 확신한다고 밝히고 있습니다. 이러한 로프 커튼은 만들기도 간단하고 크기와 부착 방법도 상황에 맞도록 쉽게 조정할 수 있습니다. 북미에서는 '아코피안 버드 세이버(Acopian BirdSavers)'라는 기성품을 구매할 수도 있습니다. 'Acopian BirdSavers'라는 주제로 인터넷을 검색해보면 수많은 사용기와 실제 설치 사례, 스스로 제작하는 법에 대한 자세한 안내도 나옵니다.



국립생태원 주차장 투명 기림판에 조류 충돌이 반복되자 검은색 낙하산 줄을 10cm 간격으로 설치했습니다. 개선 후 더 이상의 조류 충돌이 발생하지 않았습니다.

예술적 개조

때때로 창문은 독특하고 멋진 장식을 할 수 있는 공간이 되기도 합니다. 예를 들어, 방수 페인트나 펜을 사용하여 창의적인 새 보호 표식을 그릴 수 있습니다. 새가 잘 볼 수 있도록 주변 환경 등을 고려하여 배경과 대비되는 색을 사용해야 합니다. 스텐실, 스프레이 페인트 또는 장식용 창문 스티커와 같은 다른 방법도 사용할 수 있습니다.



충남야생동물구조센터 유리창에 그린 그림. 내부 시야를 크게 제한하지 않고 조류 충돌을 막으면서도 센터의 특징을 보여주고 있습니다.
©충남야생동물구조센터

상상력을 마음껏 펼치되, 가급적 창문 표면 전체에 5×10 규척(상하 간격 5cm, 좌우 간격 10cm)에 맞춰 그려야 한다는 것만 기억하세요.

또한, 이러한 창의적 디자인은 항상 반사가 일어나는 유리창일 경우 유리창 외부에 적용해야 하며, 사용하는 재료는 방수 및 내후성이 있어야 한다는 점도 유의해야 합니다. 투명방음벽이나 유리 난간과 같이 유리창에 반사가 없고 내외부 조도가 같아 완전히 투명한 경우에는 어느 쪽에서건 표식할 수 있습니다.



초목 근처에 자리잡은 유리창에는 새들이 충돌할 가능성이 높습니다. 이를 막기 위해 저감 테이프를 시공하였습니다. 상단은 저감처리 전, 하단은 저감처리 후 사진입니다. 저감처리를 하더라도 이용자는 시각적 개방감을 느낄 수 있습니다. (아차산숲속도서관)

4. 부적절한 조치

조류 충돌을 유의미하게 줄일 수 있다는 권장 사항과 더불어 효과가 없는 것으로 판명된 표식도 그럴싸한 정보와 함께 여전히 유포되고 있습니다. 그 결과 조류 충돌 방지에 효과적이지 않은 제품이 시중에 판매되고 있죠. 아래에서 설명하는 조치 중 일부는 특정 조건에서 위험을 어느 정도 줄이는 데 도움이 될 수 있지만, 그 어떤 것도 새를 충분히 보호하지는 못합니다.

맹금류 스티커

조류 보호 조치로 창문이나 투명방음벽에 맹금류 모양 스티커를 붙이는 것은 전 세계적으로도 여전히 흔한 일입니다. 맹금류 스티커를 보면 천적으로 인식하여 피해갈 것이라는 사람의 착각이 빚어낸 춘극이며, 조류 접근을 억제하는 효과가 없습니다. 실제로는 유리창에 접근하는 새들은 맹금류 스티커를 단위 장애물로만 인식하고 표식이 없는 바로 그 옆의 유리나 충돌하는 경우가 많습니다. 따라서 맹금류 스티커로 조류 충돌 방지 효과를 보겠다면 5×10의 규칙에 따라 매우 조밀하게 많이 부착해야 할 것입니다.



맹금류 스티커는 효과가 거의 없습니다. 전북 원주군의 한 방음벽에 맹금류 스티커가 있지만 지금도 새는 죽고 있습니다.

외부 반사율 감소

유리 반사는 유리창 앞과 뒤 밝기 차이로 인해 발생합니다. 건물 내부와 외부 조도 차이가 매우 크기 때문에 외부 반사율을 크게 줄이더라도 반사가 나타납니다(2.2절). 따라서 저반사 유리(반사율 2% 이하)를 표시 없이 단독으로 사용하는 것은 효과적인 조류 보호에 해당하지 않습니다. 다만 반사율이 높을수록 충돌 위험이 증가하고 조류 충돌을 막는 표식 효과가 줄어드는 경우가 많습니다. 따라서 일반적으로 반사율이 높은 코팅보다는 외부 반사율을 낮추는 기능성 코팅을 채택하는 게 좋습니다.

자외선 표식

현재까지 유리 안에 내입 또는 스티커/필름으로 부착하거나 펜으로 표시한 투명 자외선 표식이 조류 충돌을 확실하게 방지할 수 있다는 과학적 증거는 없습니다. 특정 조류 종은 자외선 범위 빛을 볼 수 있는 능력이 있지만, 멍금류, 딱다구리류나 비둘기류 등 충돌 위험이 큰 조류 상당수가 자외선을 효과적으로 감지하는 능력이 없습니다. 우리나라에서 대표적으로 가장 많은 충돌사고를 당하는 멧비둘기도 자외선을 인지하지 못할 가능성이 높습니다. 게다가 새의 시각 메커니즘은 특정 시점의 행동에 따라 달라집니다. 먹이를 찾거나 짝을 선택하는 것과 같은 상황과 달리, 장애물을 빠르게 감지하여 피해야 하는 비행하는 새의 경우, 자외선을 감지하는 능력은 거의 또는 전혀 역할을 하지 못합니다(3.2.1항).

또한, 오전 10시부터 오후 4시 사이에 하루 자외선량의 80%(자외선A)~90%(자외선B)가 집중된다는 특성이 있죠. 하늘이 흐리거나 일출 또는 일몰 때는 자외선 지수가 현격하게 떨어집니다. 그런데 많은 조류의 비행 활동이 아침과 저녁에 활발하다는 문제와 연결되지요.

시험 결과, 자외선 표식 효과는 강한 조명, 자외선이 풍부한 (인공)조명, 밝은 배경과 관련이 있는 것으로 나타났습니다. 조도가 낮거나 배경이 어두우면 대부분 효과를 볼 수 없습니다. 호헤나우-링겔스도르프 비행 터널 평가나 바이에른 보완 현장 연구에서도 신뢰할 만한 효과를 확인할 수 없었습니다. 자외선 표식은 대부분의 가시적 표식보다 성능이 현저히 떨어졌습니다(3.2.5항).

레이저로 만든 미세 선 표식

레이저 기술을 이용하면 코팅이나 플라스틱에 어떤 표식이든 각인할 수 있으며, 각인하는 표식에 따라선 매우 효과적으로 조류 충돌을 방지할 수도 있습니다. 그러나 레이저는 주로 정밀하고 매우 미세한 구조를 만드는 데 사용하지요. 하지만 이렇게 매우 미세한 선은 새가 볼 수 없으므로 기대하는 보호 효과를 보지 못합니다(조류 포획용 그물 참조). 따라서 레이저 각인 표식은 조심스럽게 접근할 필요가 있고, 이용하고자 하는 표식이 효과적인 기준(크기, 간격, 대비)을 충족하는지, 평가를 거쳤는지 확인하는 게 좋습니다. 단순히 미세한 선 표식으로는 조류 보호를 기대할 수 없습니다.

높은 가림면적 비율

가림면적 비율이 높다고 무조건 효과가 좋은 것은 아닙니다. 유럽에서는 2005년부터 전체 유리면적의 5~10%를 덮는 표식을 기준으로 하였지만 지금은 전체 표면적의 1% 미만만을 가리고도 매우 효과적인 표식들이 있습니다. 과거에는 반투명 표식(반투명 유리 같은 줄무늬)의 경우 더 높은 가림면적율(20~25%)이 필요했지만, 이러한 표식 중 한 표식(이중 줄무늬로 구성)이 유리면적 중 15%만을 가림에도 불구하고 매우 효과적인 사례가



광주 5.18기념공원에 위치한 미디어월에는 유리에 LED단자가 균일한 간격으로 붙어있지만, LED 단자 크기가 작아 지속적으로 충돌이 발생하고 있습니다. ©희복

있음을 2019년에 확인하였습니다. 따라서 표식의 적용 범위(밀도)와 효과 사이에는 직접적인 상관관계가 없습니다. 중요한 것은 감지 가능성(표식의 최소 크기, 다양한 조명 조건에서도 충분한 대비를 만들어낼 것)과 새의 예상 행동 반응(표식의 최대 허용간격)입니다. 예를 들어, 가림면적율이 10%를 초과하는 작은 점들로 이루어진 조밀한 격자는 효과가 없는 것으로 입증되었습니다. 처리 구역과 비처리 구역 사이에 명확한 대비를 만들어내는 것이 유리면 가림면적보다 중요할 수 있습니다.

유리창 일부 표면의 부분 표식

조류 보호 표식은 항상 유리창의 전체 표면에 적용해야 합니다. 새는 모든 높이에서 활동하므로 고층 유리창뿐만 아니라 지면과 가까운 유리창에도 적용해야 합니다. 유리창 일부를 표시하지 않은 채로 남겨놓으면 미처리 구역에서 충돌이 계속 발생할 수 있습니다.

유리면에 그늘 만들기

유리면을 건물 벽체보다 안쪽에 설치하여 그늘을 만들거나 캐노피 또는 비가림, 차양으로 유리창에 그늘을 만드는 건축적 조치로는 조류 충돌을 방지할 수 없습니다. 조류는 여기에서도 충돌할 수 있습니다.

경사 유리면

경사진 유리면도 위험한 반사를 일으킬 수 있으며, 유리창 각도는 충돌 시 충격을 크게 줄일 수는 없습니다. 실제로 굴곡진 유리온실에서 충돌 사고가 나기



이 방음벽에는 일부 방음판에만 표식이 들어가 있습니다. 표식이 없는 방음판에서는 여전히 새들이 충돌합니다.

도 했습니다. 조류 보호 관점에서 보자면, 유리 지붕이나 채광창과 같이 대부분 수평인 유리창만 문제가 없는 것으로 봅니다.

벽면녹화

유리면 앞의 벽면녹화 조치는 매우 특정한 조건에서만 조류 충돌을 효과적으로 방지하는 수단이 될 수 있습니다. 벽면녹화 식생은 새가 직접 날아가지 않을 만큼 매우 짙게 해야 하며, 설령 식생에서 날아오른 새가 창문에 부딪히더라도 충격을 받을 만큼 속도를 낼 수 없도록 창문에 가까워야 합니다. 유리창 앞 외벽 초목은 먹이 공급원, 피난처, 휴식처 또는 보금자리로도 매력적이므로 조류 충돌 위험이 있는 위치에 조류 밀도를 증가시키기 때문입니다.

종종 방음벽에서도 비슷한 사례를 찾을 수 있습니다. 예를 들어 투명방음벽 식생이 바짝 붙어 자라 방음벽을 가리는 경우, 그 구역에서는 거의 사고가 발생하지 않습니다. 특히 침엽수라면 겨울철에도 그 효과가 지속할 수 있습니다. 하지만 이렇게 식생을 자라게 할 것이라면, 사실 투명방음벽 자체가 필요하지 않았다고도 볼 수 있겠죠.

접이식 외부 차양

접이식 외부 블라인드, 어닝 또는 차양은 적절한 조류 보호 조치가 아닙니다. 블라인



외부 블라인드를 내리면 충돌을 방지할 수 있습니다. 하지만 이를 걷으면 여전히 새들이 충돌할 수 있기 때문에 영구적인 해결책으로 적합하지 않습니다.

드를 펼치면 창문을 완전히 가릴 수 있지만, 이는 일시적 효과일 뿐입니다. 블라인드를 접는 나머지 시간 동안은 다시 위험해집니다. 접이식 블라인드를 내리는 것은 조류 충돌이 처음 관찰되었을 때 간단하고 신속한 응급조치로 사용할 수 있지만, 영구 해결책으로는 적합하지 않습니다. 실내에 밝은 색상의 실내 블라인드나 커튼을 설치하면 낮 동안 반사를 줄일 수 있지만, 이 역시 조류 보호에 효과적이지 않습니다.

방충망

방충망이 새가 창문을 장애물로 인식하는 데 도움이 될 수 있는지는 주로 조명 조건에 따라 달라집니다. 따라서 방충망은 조류 충돌을 효과적으로 방지하는 기법으로 권장하지 않습니다. 구름다리에 설치한 방충망 창문에도 새들이 충돌한 사례가 있습니다.



국립생태원 구름다리에 설치한 방충망에 청딱다구리가 충돌하였습니다. 방충망이 완벽한 해결책이 되기는 어려워 보입니다.

창문 청소 빈도 줄이기

일반적으로 유리창에 묻은 얼룩이나 먼지는 조류 충돌을 충분히 줄이지 못합니다. 충돌 자국은 특히 깨끗하지 않은 유리면에서 쉽게 알아볼 수 있는 경우가 많습니다. 그러나 갓 청소한 유리창은 특히 충돌 위험이 큼니다. 따라서 창문 청소 간격을 길게 두고 조류 활동이 적은 시간대를 선택하여 청소하는 것이 좋습니다.

미러형 자외선 차단 필름

미러형 자외선 차단 필름은 창문의 외부 반사를 증가시켜 매우 선명한 거울 이미지를 만들 수 있습니다. 이로 인해 창문은 새들에게 더욱 위험해집니다. 따라서 조류 보호의 관점에서 본다면, 이러한 자외선 차단 필름은 효과적인 표식과 함께 사용할 때만 안전합니다.



반사형 자외선 차단 필름은 사실적인 거울 이미지를 만들어냅니다. 새들에게 이 창문은 날아갈 수 있는 하늘처럼 보입니다.

착색 또는 유색 유리

착색 유리나 유색 유리도 반사율이 높을 수 있으며, 색상은 새에게 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보입니다. 새가 유리창 건너편 또는 유리창에 반사된 풍경을 볼 수 있는 상황이라면 착색유리는 명확한 보호 기능을 제공하지 못합니다.

음향 방어 조치

일반적인 조류의 가청 주파수는 대략 1kHz에서 5kHz 사이입니다. 그러나 일부 새들은 이 범위 밖의 소리도 들을 수 있습니다. 예를 들어, 어떤 종은 최대 8kHz에서 10kHz까지 들을 수도 있습니다. 반면 사람의 가청 주파수는 일반적으로 20Hz에서 20,000Hz(20kHz)입니다. 이 범위 내에서 사람은 가장 잘 들을 수 있으며, 특히 1kHz에서 4kHz 사이의 주파수



유색 유리에서도 새들이 충돌할 수 있습니다. ©희복

에 가장 민감합니다. 새들이 듣는 주파수 대역은 사람도 듣는다는 문제가 있습니다. 따라서 겁을 주는 소리나, 경고음 또는 영역음을 발생시키거나 특정 음파를 방출하는 것은 새를 쫓아내고 충돌을 방지하는 데 적합한 해결책이 아닙니다. 당연히 이러한 지속 소음은 주변 지역과 이 시설을 지나가는 사람들을 방해합니다. 새는 인간과 거의 같은 가청범위 안에서 들을 수 있기에 사람이 인지할 수 없는 초음파도 새에게는 아무런 영향을 주지 않습니다.

5. 빛 공해 - 인공조명의 환경 영향

인공조명은 인간을 포함한 많은 생물들에게 부정적 영향을 미칠 수 있습니다. 이 장에서는 새, 박쥐와 곤충에 미치는 영향에 대해 자세히 살펴보고 야생동물과 인간에게 미치는 영향을 줄이기 위한 조명 기술을 설명하고자 합니다.



등대의 강한 빛은 해안가를 따라 밤에 이동하는 새들을 유인하고 유리나 충돌하게 만듭니다.

새

철새가 강한 광원에 이끌린다는 사실은 수 세기 동안 알려져 왔습니다. 해안이나 바다에서 방향을 잃은 철새들이 등대, 조명이 켜진 풍력 발전기, 석유 플랫폼이나 선박에 충돌하는 극적인 상황들이 나타났습니다.

이러한 현상은 주로 북미 내륙에서 특히 많이 관찰되었으며, 조명이 켜진 고층 건물, 송전탑 및 기타 구조물에 많은 새들이 충돌했지요. 철새는 고층 건물 조명이나 기타 노출된 광원에 영향을 받아 비행경로를 바꾸기도 합니다. 새들은 광원을 향해 날아가다가 방향을 잃고 그 주변을 선회하며 광원이나 다른 장애물과 충돌할 수 있죠. 중부 유럽에서는 광선 안을 비행하는 철새가 보이는 이상 행동을 레이더 기술로 확인한 바 있습니다. 그 결과 폐사, 스트레스, 에너지 손실이 나타났습니다.



뉴욕시에서는 매년 9월 11일을 추모하는 빛의 헌정 행사를 진행합니다. 7년 동안 행사일마다 100만 마리가 넘는 철새들이 행사에서 쏘아올린 강한 스포트라이트 빛에 현혹되어 방향 감각을 잃는 문제가 발생했습니다. 지금은 새들의 활동을 살펴보면서 조명을 일시적으로 끕니다.

중부 유럽에서도 조명이 설치된 건물이 조류 충돌 문제에 어떤 영향을 미치는지를 살펴본 여러 연구 결과들이 있습니다. 가장 면밀히 조사한 건물 사례는 스위스 본에 있는 163m 높이의 포스트 타워입니다. 이곳에서는 주로 늦은 저녁 시간부터 눈에 띄는 건물



일반적으로 새들이 대륙간 이동 등 장거리를 비행할 때에는 높은 고도에서 날지만, 날씨가 좋지 않다면 낮게 납니다. 이때 마주치는 다양한 구조물들은 새들에게 큰 위협이 될 수 있습니다.

외벽 조명과 옥상의 로고 조명에 새가 충돌했습니다. 한편 외벽 조명이 꺼진 상태에서도 밤새 고층 건물 복도에 있는 희미한 야간 비상 조명으로 새들이 날아와 건물 유리창에 충돌하는 경우가 많았습니다. 대부분 철새였으며, 특히 상모술새가 가장 많았습니다.

독일 함부르크에서는 2020년 가을에 높이 23~90m의 건물 단지 3곳을 매일 조사한 사례가 있습니다. 수많은 폐사체가 발견되었으며, 그중 77%가 야간 이동 철새였습니다. 가장 흔한 종은 꼬까울새와 노래지빠귀였죠. 새들이 어느 높이에서 건물에 충돌했는지는 아직 명확하지 않지만, 조명이 밝은 유리 외벽에 더 많은 수가 충돌하는 것은 분명해졌습니다.

독일 베를린에서도 2020년 주요 기차역(중앙역) 주변에 있는 최대 42m 높이의 건물 4곳을 대상으로 조류 충돌 여부를 조사했습니다. 야간에 직접 관찰한 결과, 본의 포스트타워와 마찬가지로 철새(꼬까울새와 노래지빠귀)가 늦은 밤에 가장 밝은 조명을 향해 날아가면서 낮은 층 외벽 유리에서도 충돌하는 것으로 나타났습니다. 이처럼 철새는 밤새 이동을 마치고 착륙한 후에도 여전히 빛에 민감합니다.

이러한 연구결과는 이미 어느 정도 확산 조명이 있는 환경에서도 더 밝은 광원이 더 강하게 철새를 끌어들이 수 있음을 시사합니다. 반드시 더 높은 건물이나 구조물이 필요한 것은 아닙니다. 높은 위치의 광원은 더 많이 노출되어 이동성 조류에게 더 위험하지만, 낮은 곳에 있는 광원도 여전히 위험할 수 있습니다. 실제로 야간 이동성 조류가 빛 공



초목 주변과 강변에 설치된 조명은 박쥐, 물고기, 곤충 등 다양한 생물들에게 문제가 됩니다.

해가 심한 도심 내 수 층 높이의 건물 외에 어두운 환경의 작고 외진 오두막에서 충돌하는 사례도 다수 발견되었습니다. 이러한 사례는 광원이 새들에게 노출되는 것이 충돌에 결정적 요인임을 보여줍니다. 중부 유럽에서 철새 이동의 핵심 시기는 북동쪽에서 남서쪽으로 지역적으로 다소 시차를 두고 있으며 일반적으로 2월 초부터 5월 말까지, 7월 중순부터 11월 말까지 지속하지만, 기상 조건에 따라 다소 차이가 있을 수 있습니다. 따라서 철새는 거의 일 년 내내 인공조명과 충돌할 수 있습니다. 다만 철새의 이동량이 최고조에 이르는 10월과 11월의 가을철에 충돌이 가장 빈번하게 발생합니다. 잦은 역풍과 구름과 안개가 많은 악천후로 인해 조류의 이동이 느려지는 경우가 많기 때문입니다.

박쥐

빛이 있으면 올빼미와 같은 포식자가 박쥐를 발견할 가능성이 높아집니다. 이런 이유로 박쥐는 빛을 피해 다닙니다. 그런 상황에서 유럽권 오래된 교회 지붕 구조물에 있는 박쥐 둥지 입구에 인위적으로 조명을 설치하는 것은 특히 문제가 됩니다. 이는 박쥐가 둥지를 떠나기 어렵게 만들어 먹이활동을 하는 시간을 줄여 번식 성공률을 떨어뜨릴 수 있습니다. 조명 설치 후 박쥐가 둥지를 버리기도 하며, 극단적일 때는 갈증이나 굶주림으로 죽는 일도 있습니다.

사례 연구: 작은멧박쥐

인공조명이 박쥐에게 미치는 영향은 작은멧박쥐(*Nyctalus noctula*) 연구 사례로 잘 설명할 수 있습니다. 2019년 라이프니츠 동물원 야생동물 연구소 연구원들은 작은멧박쥐에 소형 GPS 송신기를 달아 베를린 상공에서 박쥐 비행경로를 기록했습니다. 연구결과, 박쥐는 도시의 어두운 지역을 선호하고 밝은 조명이 있는 건물이 있는 곳은 피하는 것으로 나타났습니다. 도시 숲, 공원 또는 수로와 같은 어두운 통로는 먹이 지역과 둥지에 도달하는 데 매우 중요합니다. 일부 다른 박쥐 종은 인공조명에 훨씬 더 민감합니다.

박쥐 종에 따라 빛에 반응하는 방식이 다르긴 하지만, 많은 박쥐들은 먹이 곤충이 많은 곳이라 할지라도 빛이 있다면 그곳을 피합니다. 박쥐에게는 조명이 켜진 거리 하나도 극복할 수 없는 장벽이 될 수 있습니다. 박쥐가 이동하는 동안 방향을 잡는 데 사용하는 자연 지형지물 위 또는 인접한 광원은 큰 영향을 미칩니다. 특히 교량이나 강변에 설치한 조명은, 이러한 박쥐 습성에 대한 고려뿐만 아니라, 수생 생물 보호를 위해서도 피해야 할 필요가 있습니다.

곤충

달과 별빛은 페로몬과 함께 야행성 비행 곤충의 방향 결정에 중요한 역할을 하며, 곤충 성장 주기에 중요한 단계를 결정하기도 합니다. 사람이 볼 수 있는 빛의 단파장 구역(보라색, 청색~녹색)과 자외선은 곤충에게 특히 매력적입니다. 많은 곤충들이 꽃 등의 자외선 반사 구역을 인식하여 먹이식물을 찾기 때문입니다. 곤충은 종종 광원에 이끌려 서식지를 이탈합니다. 일부는 열기에 탈수되어 죽고, 일부는 충격이나 탈진으로 인해 죽기도 합니다. 조명이 켜진 건물 외벽이나 길거리에 내려앉으면 포식자나 차량의 희생양이 되는 경우도 많습니다. 중부 유럽에 서식하는 4,000여 종의 나비와 나방 중 85% 이상이 야행성입니다. 인공조명, 서식지 변화, 살충제로 인해 많은 나방 종과 다른 곤충의 개체 수가 급격히 감소했으며, 몇몇 종은 멸종위기에 처했습니다.

곤충은 먹이사슬의 연결고리이자 우리가 먹는 꽃을 포함한 식물의 수분 매개자로서 필수 불가결한 역할을 합니다. 수많은 동물 중뿐만 아니라 인간에게도 인공조명이 미치는 해로운 영향은 조명 설계와 운영 방식을 개선하면 최소화할 수 있습니다.

조명 디자인

인공조명은 사람들에게 안정감을 주고, 저녁과 밤에 공공장소에서 사회생활을 할 수 있게 합니다. 그러나 빛은 우리 환경에도 영향을 미치며, 방출된 빛은 동물, 식물, 인간에게 다양한 부정적 영향을 미치기도 합니다. 조명 설계자의 주된 기술은 낮은 높이에서 몇 개의 광점을 사용하여 사람들을 눈부시게 하지 않으면서 균일한 조명을 구현하는 것입니다. 어두운 환경에서 눈이 부실 정도로 발산하는 과도한 빛은 다양한 조명 조건에 눈이 적응하는 것을 방해하기에 사람에게도 매우 불쾌하고 때로는 위험할 수 있습니다.

사례 연구: 곤충 바이오매스 감소

2017년, 장기 연구결과가 발표되어 큰 파장을 일으켰습니다. 곤충학자들은 1989년부터 독일 노르트라인베스트팔렌, 라인란트팔츠, 브란덴부르크 지역의 63개 지역에 걸쳐 곤충 개체군의 변화를 연구하고 기록해 왔습니다. 그 결과 27년 동안 날아다니는 곤충의 총 질량이 75% 이상 감소한 것으로 나타났습니다. 독일의 가로등 때문에 매년 1,500억 마리(=150,000,000,000) 곤충이 죽는 것으로 추정됩니다.

조명 디자인의 생태적 방향 전환이 절실히 필요합니다. 야간 경관의 조명은 전 세계적으로 매년 2~6%씩 증가하고 있습니다. 따라서 새로운 옥외 조명 설치와 기존 조명을 개



산 뒷편 밝은 빛은 도시 빛 공해로 인해 나타난 모습입니다.

조할 때마다 그 필요성을 자세히 검토해야 합니다. 건물을 비추기 위한 조명 설치를 최대한 피하고, 나무와 기타 식물, 수역 또는 암석과 같은 자연물에는 조명을 비추지 않아야 합니다. 원칙적으로, 야행성 야생생물에 가장 적합한 것은 조명을 끄는 것이기 때문입니다.

조명 기구

환경보호 및 자연보전이라는 관점에서 가장 좋은 실외조명은 '완전 차단형 조명 기구'입니다. 이 조명을 올바르게 설치하면 위쪽으로 빛을 방출하지 않습니다. 또 다른 권장 사항은 조명 기둥의 높이를 낮추는 것입니다. 같은 조도를 얻기 위해서는 추가 조명 시설이 필요하지만 유출광과 눈부심을 더욱 줄일 수 있습니다. 조명은 위에서 아래로 비추도록 설치해야 합니다. 광선을 대상 물체에 한정하여 비추도록 하면 빛 공해를 줄일 수 있습니다. 곤충을 보호하기 위해서는 폐쇄형 덮개로 덮어 표면 온도가 60°C 미만인 조명 기구를 설치하는 것이 효과적임이 입증되었습니다.

국제암야협회(International Dark Sky Association)는 친환경 조명기구에 대한 인증 프로그램을 운영하고 있습니다(<https://darksky.org/what-we-do/darksky-approved/>).



조명이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위해서는 아래로만 비추게 해야 합니다. 광원을 등갓 안쪽에 설치하면 필요한 곳에만 빛을 비출 수 있습니다. 나이가 감지센서 등을 활용하면 에너지 보존에도 도움이 됩니다.

광원

조명 기구에 사용하는 광원이 색 품질을 결정합니다. 같은 색온도를 가진 빛이라도 스펙트럼 구성이 다를 수 있습니다. 따라서 켈빈으로 표시하는 광원의 색온도만으로는 곤충에게 특히 문제가 되는 방출 스펙트럼의 단파장을 확실하게 확인하기 어렵습니다. 오늘날 발광 다이오드(LED)는 실내조명뿐만 아니라 실외조명 시장도 지배하고 있습니다. 하지만 다른 광원과 마찬가지로 LED는 빛 공해를 유발하고 야생동물에게 해를 끼칠 수 있습니다. 에너지 비용이 낮다고 해서 전반적으로 친환경적이라고 단정해서는 안 됩니다. 식생이 인접한 주거 지역에 조명을 설치해야 한다면, 황색광을 내는 주황색 LED(색온도 약 1800~2200켈빈)를 사용해야 합니다. 예외적으로 녹지 공간의 길을 비춰야 할 때는 좁은 대역폭의 주황색 LED를 선택해야 합니다. 명확한 색상 인식이 필요한 경우, 건축 공간에는 따뜻한 백색의 색온도(최대 2700켈빈)를 가진 LED를 선택할 수 있습니다. 차가운 백색광은 청색광이 높아서 이제는 사용해서는 안 됩니다. LED는 개별 광점으로 구성돼있어 눈부심을 방지하기 위해 특별한 주의를 기울여야 합니다. LED 조명은 고품질과 우수한 차폐가 특히 중요합니다. LED 조명은 움직임 감지 센서나 조광기를 이용해 쉽게 조절할 수 있죠. 이를 통해 에너지를 절약하고 야생동물에 미치는 영향을 줄이

며 빛 공해를 줄일 수 있습니다. 다만 에너지 절약 효과가 상쇄되지 않도록 과도한 조명 사용을 경계해야 합니다. 곤충을 죽이지 않는 곤충 친화적인 고압나트륨증기램프(HPS lamp)를 LED 조명으로 교체할 때는 청색광이 낮거나 전혀 없는 방출 파장(2700켈빈 이하, 될 수 있으면 2200 켈빈 이하) 조건을 지키는 것이 중요합니다.

사례 연구: 비엔나의 빛 공해

2011년 비엔나 환경보호 옴부즈사무소(WUA)의 연구에 따르면 빛 공해의 ⅔가 상가 창문 조명, 투광 조명 및 기타 효과 조명으로 발생한다고 합니다. 공공 조명이 전체 광원의 ⅓를 차지하지만, 전체 빛 공해의 ⅓만이 공공 조명 때문에 발생했습니다. 따라서 현대 가로 조명은 유해한 빛 방출에 있어 상대적으로 영향이 적습니다.

운영 조치

실외 공간에 인공조명을 사용할 때는 조명이 필요한 곳에, 필요한 강도로, 필요한 시간 동안만 사용하는 것이 중요합니다. 사용 빈도가 낮은 장소에서는 동작 감지기, 타이머, 조광기를 설치하는 것이 유용합니다. 조명 설비는 주기적으로 점검하고 조정해야 합니다.

외부로 발산되는 실내조명도 적절한 조치를 하지 않으면 빛 공해의 원인이 될 수 있습니다. 해 질 무렵에는 자동으로 닫히는 블라인드가 도움이 될 수 있으며, 빛 차단 커튼과 업무 시간에 맞춘 조명 시스템도 도움이 될 수 있습니다. 노출된 광원은 휴식 중인 철새의 리듬과 이동 경로를 방해할 수 있으며, 때로는 철새를 유인하여 창문이나 다른 장애물과 충돌할 수 있는 위험을 만들기도 합니다. 따라서 적어도 새가 이동하는 기간에는 예방 조치를 하는 것이 좋습니다. 이는 특히 해안, 내륙의 수역 또는 산길에 있는 지형적으로 노출된 건물뿐만 아니라 멀리서도 보이는 고층 건물에도 필요합니다. 안전상 필요하지 않은 조명은 완전히 끄거나 적어도 오후 10시부터 일출 전까지 조명을 끄고, 해 질 무렵에는 블라인드를 내려야 합니다. 고층 건물의 항공 안전 조명의 경우, 회전 조명 또는 지속광보다는 오래 꺼지고 짧게 켜지는 점멸조명이 좋습니다. 조류 보호에 있어 카메라 플래시와 같은 섬광조명이 계속 깜빡이는 점멸조명보다 더 유리하다고 합니다.

사례 연구: 스위스 융프라우요흐

효과 조명의 극단적 사례로는 스위스 베르너 고원의 해발 3471m 고산 고개인 융프라우요흐가 있습니다. 이곳에서는 안개가 자욱한 밤에 전망대인 '스핑크스'의 조명을 끄는 간단한 조치로 수많은 철새의 생명을 구하는 데 큰 성공을 거두었습니다.

6. 우리나라 야생조류 유리창 충돌

6.1. 우리나라 유리창 충돌 연구 역사

야생조류 유리창 충돌 문제는 투명성 또는 반사성을 가진 구조물이 있었던 때라면 언제든 발생할 수 있습니다. 해외에서는 1800년대 조류학 서적에 조류 충돌 문제를 언급한 사례가 있을 정도죠[25]. 우리나라에서 조류 충돌 문제가 언론 등을 통해 처음 언급된 것은 1996년이지만[26], 학술 연구에서 조류 충돌 문제를 다루기 시작한 것은 2006년 이후입니다.

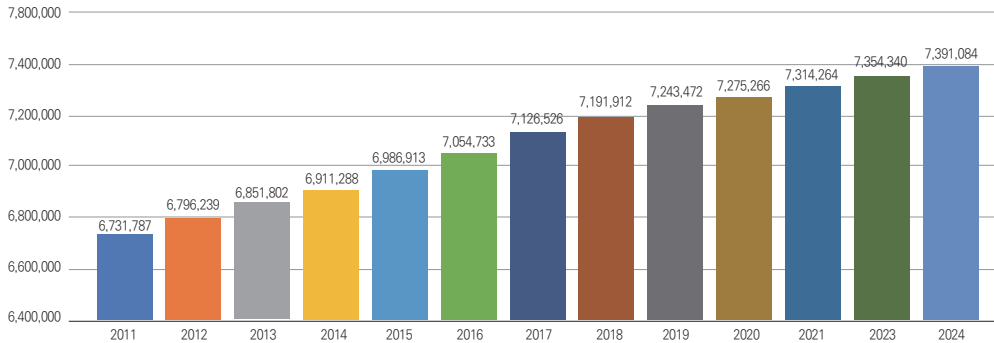
2006년 보고한 학위논문에 따르면 1998년 7월부터 2005년 10월까지 수집한 구조 조류 2,897개체 중 803개체인 27.7%가 충돌로 구조되어 충돌이 조류 구조 원인 중 가장 큰 비율을 차지했다고 밝히고 있습니다[27]. 2012년 발표한 논문에서는 전남 신안군 홍도에 서 2004년 10월부터 2007년 11월까지 조류 256마리의 사인을 분석한 결과, 인공구조물에 충돌하여 죽은 수가 89개체(34.8%)로 폐사 원인 중 가장 높은 비율을 차지하였습니다[28]. 또한, 제주도 내 팔색조 부상/폐사 원인을 살펴본 논문에서도 30개체 중 유리창에 충돌한 수가 11개체(36.7%)로 천적 포식(11개체, 36.7%)과 함께 가장 주요 부상/폐사 원인으로 확인되었습니다[29]. 그 외 국내 지자체 야생동물 조난 실태를 살펴본 논문들[30, 31]에서도 충돌 피해가 주요 조난 원인 중 하나로 나타난 점을 고려할 때, 야생조류 유리창 충돌 문제를 조류 폐사 주요 원인 중 하나로 볼 수 있습니다.

국립생태원은 서울대학교와 함께 국내 야생조류 유리창 충돌 피해 규모 추정을 위해 『인공구조물에 의한 야생조류 폐사방지 대책수립』 연구 일환으로 2017년 11월부터 2018년 10월까지 12개 광역시도 30개 지점 건축물, 10개 광역시도 26개 지점 방음벽을 조사 및 분석한 바 있습니다. 그 결과, 1년에 우리나라에서 충돌 피해를 입는 조류 수가 중위수 기준으로 건축물에서는 7,649,030개체(1.07개체/건물 1동), 방음벽에서는 232,779개체(163.8개체/km)로 추정되어, 약 '800만'이라는 수치가 나오게 되었습니다[32]. 그 이후 해당 연구를 시작으로 다양한 연구자들이 학위논문, 학술지 논문을 발표했죠.

야생조류 유리창 충돌 문제에 대해 보다 먼저 활발하게 연구한 타 국가보다 아직 조류 충돌 관련 연구가 적은 편이긴 하나, 조류 충돌 예방에 따른 경제적 이익[33], 조류 유리창 충돌 방지 정책 형성 과정[34] 등 다양한 시각의 연구 사례들이 있습니다. 또한, 국내 조류 충돌 시민과학 데이터가 축적됨에 따라 관련 자료 활용을 시도하는 사례 등도 보입니다.

6.2. 우리나라 유리창 충돌 피해 구조물

6.2.1. 우리나라 건축물 현황



2011년부터 2023년까지의 우리나라 건축물 수 변화. 2023년 기준 우리나라 건물 수는 총 7,391,084동입니다.

표 6 우리나라 건축물 층수에 따른 비율 (2023 기준)

층수별	건물수	건물수 비율
1층	4,489,003	60.7%
2~4층	2,462,327	33.3%
5층	185,860	2.5%
6~10층	100,671	1.4%
11~20층	100,323	1.4%
21~30층	30,106	0.4%
31층 이상	4,316	0.1%
기 타	18,478	0.3%
총합계	7,391,084	100.0%

우리나라에는 2023년 현재 총 7,391,084동 건물이 존재합니다. 이중 공공기관이 관리하는 건물은 237,091동으로, 전체 건물의 3.2%만을 차지합니다. 현재 개정한 야생생물법을 적용할 수 있는 대상이 공공건물뿐이라는 점은, 우리가 조류 충돌 피해를 막기 위해 할 일이 여전히 많다는 것을 의미합니다.

특히 층수로 살펴보면 조류 충돌이 가장 많이 발생한다는 4층 이하의 건축물은 총 6,951,330동으로, 전체 94%를 차지하고 있습니다. 물론 구도심의 낮은 건물은 상대적으

로 유리창 수가 적은 경우가 많아 조류 충돌 가능성이 작을 수 있습니다. 하지만, 신축 건물은 로이유리를 사용하는 경우가 많고 유리판 크기도 커서 그 위험성이 더 높으며, 관공서 단일 건물의 경우 설령 높이가 낮더라도 그 규모가 크기에 단위 피해를 상쇄하고도 남습니다. 더군다나 숲이나 경관이 좋은 지역에 지은 카페 등은 더욱 그 위험성이 높다 할 수 있습니다.

6.2.2. 우리나라 투명방음벽

우리나라는 세계적으로 유례없을 만큼 방음벽을 곳곳에 설치하였죠. 좁은 국토면적과 높은 인구밀도, 주거 지역과 도로의 인접성, 도로 직선화에 따른 고속화 도로가 많아 집에 따라 방음벽을 많이 설치하였습니다. 하지만 기존 폐쇄형 방음벽은 자연 채광에 있어 다소 문제가 있었습니다. 아래는 투명방음벽을 설치하는 대표적 이유입니다.

● 소음 차단

가장 중요한 이유입니다. 도로와 철도는 교통량이 많아지고 속도가 빨라지면서 소음 공해를 유발할 수 있는데, 이는 인근 지역에 거주하는 사람들의 삶의 질을 크게 떨어뜨립니다. 방음벽은 이러한 소음을 효과적으로 차단하여 소음 피해를 줄이는 데 중요한 역할



우리나라는 눈만 돌려도 보일만큼 방음벽을 과도하게 사용하고 있는 실정입니다.

을 합니다.

● 시각적 개방감 유지

투명방음벽은 시각적 개방감을 제공하는 것이 특징입니다. 전통적인 콘크리트나 금속형 폐쇄 방음벽은 시야를 완전히 차단하여 답답한 느낌을 줄 수 있습니다. 반면, 투명 방음벽은 자연경관이나 도시 경관을 가리지 않으면서도 소음을 차단할 수 있어 시각적 만족도를 높일 수 있습니다. 특히 자연경관이 중요한 지역에서는 투명방음벽을 선호합니다.

● 자연 채광 확보

자연 채광은 도로 주변 공간이 충분한 빛을 받을 수 있도록 하는 중요한 요소입니다. 투명방음벽은 햇빛을 가리지 않기 때문에 도로 주변 지역이나 건물에 자연광이 더 많이 들어오게 하여 어두운 공간을 밝게 유지할 수 있죠. 이는 도시 미관뿐만 아니라 에너지 절약 측면에서도 긍정적 효과가 있습니다.

● 안전성 강화

교통안전 측면에서도 투명방음벽은 폐쇄형 방음벽에 비해 유리합니다. 운전자는 방음벽 너머의 도로 상황이나 교차로를 더 잘 볼 수 있어 사고를 줄이는 데 도움이 됩니다. 특히 교차로, 고가도로, 터널 출구 등 시야 확보가 중요한 장소에서 투명방음벽을 설치하면 안전성이 높아집니다. 나아가 곡선도로에 폐쇄형 방음벽을 설치할 경우 겨울이 춥고 긴 우리나라에서는 방음벽 그림자로 인해 도로 위에 얼음이 녹지 않아 교통사고로 이어질 수 있습니다. 투명방음벽은 햇빛을 도로 위까지 투과시켜 도로 결빙과 교통사고를 줄이는 효과가 있습니다.

● 심미성 향상

심미성도 중요한 이유입니다. 방음벽을 피치 못하게 설치해야 한다면 투명방음벽은 주변 환경과 조화를 이루며 설치할 수 있어 도시 미관을 해치지 않습니다. 이는 특히 관광지나 공원, 주거 지역에서 중요한 요소일 수 있습니다.

위와 같은 이유로 무조건 투명방음벽을 없애야 한다고 주장하기에는 현실적으로 어렵습니다. 다만 투명방음벽은 최소한의 범위에서 설치해야 하며, 반드시 조류 충돌을 막을 수 있는 표식이 들어간 방음벽을 설치해야 합니다. 나아가 방음식재 등 소음을 차단하면서도 경관을 아름답게 만들고 탄소 감축에 도움이 되는 방법들도 모색할 수 있습니다.

6.2.3. 기타 위험 구조물

건축물과 투명방음벽에서 피해가 주로 일어나지만, 이 밖에도 눈여겨봐야 할 구조물들이 많습니다. 예를 들어 숲 안에 있는 유리온실은 특히 위험할 수 있습니다. 다리나 건물 옥상 유리 난간도 위험합니다. 예전에는 철제 난간이 주를 이뤘으나 이젠 경관을 위해 유리로 대체하는 경우가 많습니다. 특히 물총새나 붉은머리오목눈이와 같이 습지 주변에서 낮게 비행하는 조류에게는 치명적인 공간이 되기도 합니다. 지하철 출입구도 유리로 감싸져 있고, 시골길 버스정류장조차도 투명 유리입니다. 모든 것을 한 번에 해결할 수는 없지만, 차근차근 우리 주변을 바꾸나갈 필요가 있습니다.

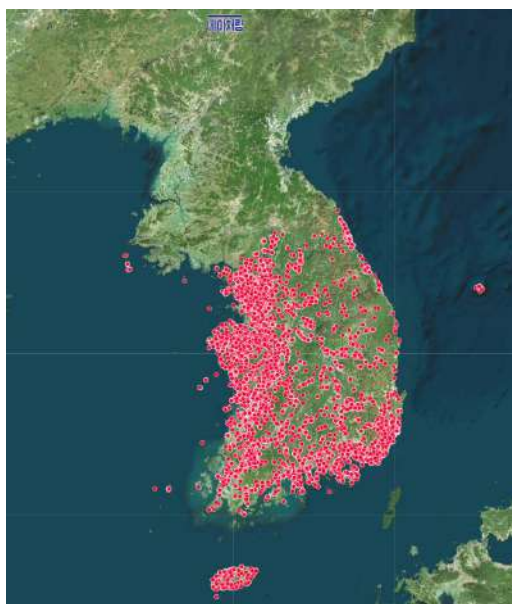


건물, 방음벽 뿐만 아니라 버스정류장, 지하철 출입구, 유리난간 등에도 새들이 충돌할 수 있습니다.

6.3. 우리나라 야생조류 유리창 충돌 피해

앞서 6.1절에서 국내 연간 야생조류 충돌에 의한 피해량 규모 추정에 대한 자료를 간략하게 설명한 바 있습니다. 이 추정값은 연간 건물 1동당 1.07마리가 충돌한다는 것을 뜻합니다. 또한, 이 연구에서는 전체 피해량 추정을 위해 등록 건축물만 포함하였을 뿐 지하철 출입구, 버스정류장, 다리 난간 등 기타 구조물에서 발생하는 사례는 셈하지도 않았습니다.

야생조류 유리창 충돌은 우연히 발생하는 경향이 강하기 때문에 이를 전문가만을 통해 조사하는 것은 한계가 있어 시민과학으로 접근하였습니다. 국민 참여를 통해 다양한 시공간에서 발생하는



"네이처링 '야생조류 유리창 충돌 조사' 미션 기록 지도 (2024년 9월 25일 기준) (출처: 네이처링)"

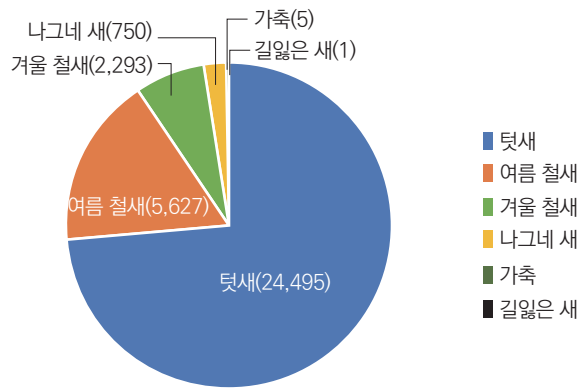
충돌 사례를 기록하기 위하여 2018년 7월부터 네이처링 '야생조류 유리창 충돌 조사' 미션을 운영하고 있습니다(6.4절 참고).

2024년 9월까지 네이처링에 기록한 피해 사례는 총 55,756개체입니다. 국민이 생활 속에서 발견한 사례를 남기는 이 기록은 계획한 연구자료는 아니기에 당연히 그 편향성이 존재합니다. 따라서 이 기록은 피해 현황이라기보다는 발견 수치로 이해해야 합니다. 우리나라 특정 지역 기록이 없다고 하여 새가 죽지 않는 것은 아니며, 기록이 많다고 하여 그 지역만 새가 더 많이 죽는 것이라고 보기 어렵습니다. 이 죽음은 전국적으로 유리창이 있는 곳에서라면 어디서든 일어날 수 있기 때문입니다. 다만 피해종이나 빈도, 계절성 등에 관해서는 충분히 의미가 있습니다.

6.3.1. 야생조류 유리창 충돌 시민조사 결과

이 기록에 담긴 피해종은 매우 다양합니다. 2024년 9월까지 기록된 피해종 수는 206종에 이르며, 동정불가인 개체들을 제외하고 가장 많이 발견된 종들은 멧비둘기, 참새, 직박구리, 물까치, 박새 등입니다.

멸종위기종은 20종 1,092개체(전체 약 2%)며 이중 새매가 576개체로 가장 큰 피해를 입고 있습니다. 천연기념물은 참매를 포함하여 18종 2,119개체가 발견되었습니다.



네이처링 야생조류 유리창 충돌 조사 기록으로 살펴 피해 종의 이동성 분석. 북미에서는 봄, 가을철에 철새 피해가 많은 반면, 우리나라에서는 텃새 피해 비율이 높게 나타납니다.

시민조사에서는 반드시 동정이 가능한 사례만 수집하지 않습니다. 가령 유리창에 남은 충돌 흔적이나 깃 또는 뼈만 남아버린 사례도 기록합니다. 따라서 동정이 불가능한 사례도 전체 39.4%에 달합니다. 이를 제외하고 상위 20위를 차지하는 종과 그 피해율은 다음과 같습니다.

표 7 시민참여 조사를 통해 확인한 상위 20위 피해종과 비율

종명	개체수	비율
멧비둘기	7,928	23.90%
참새	2,826	8.52%
직박구리	2,296	6.92%
물까치	1,772	5.34%
박새	1,471	4.43%
붉은머리오목눈이	1,325	3.99%

종명	개체수	비율
집비둘기	1,068	3.22%
되지빠귀	1,039	3.13%
물총새	859	2.59%
호랑지빠귀	808	2.44%
흰배지빠귀	760	2.29%
평	594	1.79%
새매	576	1.74%
까치	575	1.73%
노랑턱멧새	551	1.66%
솔부엉이	478	1.44%
청딱다구리	421	1.27%
딱새	409	1.23%
밀화부리	344	1.04%
황조롱이	327	0.99%

6.4. 시민과학: 네이처링과의 협업 및 성과

야생조류 유리창 충돌 문제를 풀어나가기 위해서는 무엇보다도 실제적 증거가 필요합니다. 문제가 심각하다는 증거가 없다면 사회나 정책 결정에 어려움을 겪기 마련이기 때문입니다. 그래서 정부 주도의 조사를 통해 우리나라에서도 심각하게 문제가 발생하고 있다는 걸 밝혔습니다. 다만, 정책과 학계만의 의견이기에 이를 사회 전반적으로 동의를 얻기 어려운 부분이 남아 있습니다.

무엇보다도 건물에서의 충돌은 거의 우연의 변수로 발견되고, 그마저도 기록하지 못하고 개인 기억으로 회발되어 날아가고 있었습니다. 이마저도 새에 관심 있는 사람들에게만 보이는 현상이었으며, 건물 관리인이 건물 주변을 치우거나 주변 동물들이 먹어 사체가 빠르게 없어지므로 그 증거를 수집한다는 것은 매우 어려운 상황이었습니다.

체계적인 시민 모니터링이 절실하던 때, 자연관찰 온라인 플랫폼인 ‘네이처링’의 제안으로 시민참여 모니터링 플랫폼을 사용하기 시작합니다. 네이처링은 언제 어디서나 쉽게 사용할 수 있는 온라인 기반 자연활동 공유 플랫폼으로서 자연을 관찰, 기록하고 검색

[자연은 있다 > 세상을 있다](#)
[📷 자연관찰](#)
[📌 미션](#)
[👥 사람들](#)
[📁 블로그](#)
[🌐 아생조류 유라... > 알림 > 더 보기](#)

네이처링

[📷 이 미션에 관찰올리기](#)

개요

관찰기록

참여자

통계

야생조류 유리창 충돌 조사

수정 < 공유 > 마킹도움말

참여자

5005

관찰기록

55145

생물분류

조류

개설자

야생조류 유리창충돌 erowet@nie.re.kr

개설일

2018년 7월 12일

미션기간

2018년 7월 12일 오후 6시부터

미션지역

전국

관련링크

<https://www.facebook.com/groups/445639272561345>

우리나라 야생조류의 유리창을 포함한 회색에 관련된 정보를 모으는 미션입니다. 미국에서만 연간 3억5천에서 9억9천마리가, 캐나다에서는 2천 5백만 마리가 연간 희생당하고 있는 것으로 보고됩니다. 우리나라의 도시밀집도와 이에 따른 건물 유리벽의 증가, 투명항일벽의 증가는 야생조류 개체군 몰락에 큰 영향을 미칠 것으로 판단합니다. 주변에서 발생하는 야생조류 유리벽 ...

더 보기

검색필터 ▾

검색할 생물의 이름(국명 또는 학명)

이동할 위치를 입력하세요

지도 범위 내 보기

입력한 생물이름과 정확히 일치하는 결과만 보기

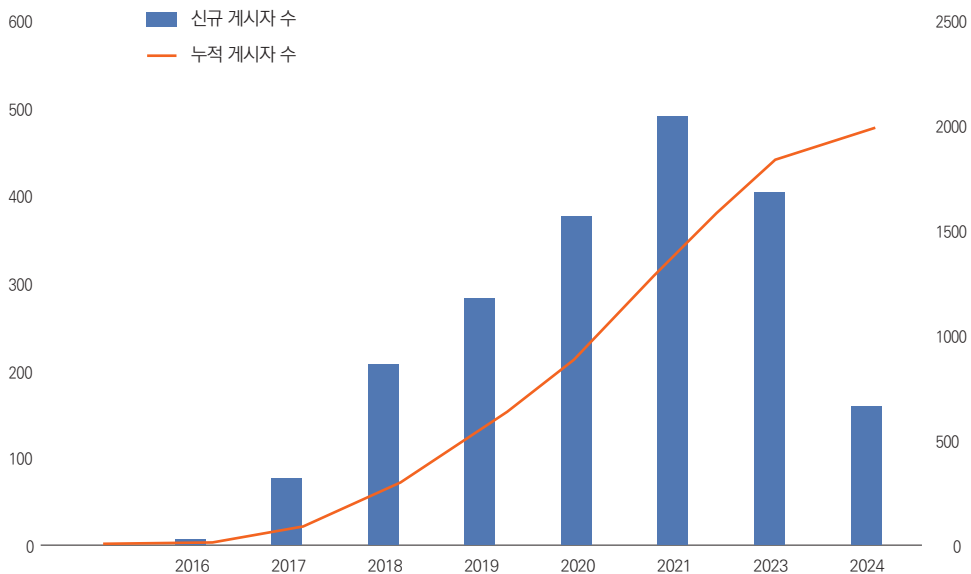
관찰 생물종 | 209 관찰 기록 | 55145

고해상지도 동물분석지도 저감원형지도

네이처링 '야생조류 유리창 충돌 조사' 미션 (출처: 네이처링)

사라는 미션(<https://www.naturing.net/m/2137/summary>)을 개설한 이래 2024년 10월 까지 총 5만 5천 건이 넘는 충돌기록을 남기게 되었습니다.

이 기록은 세계적으로도 유례없는 기록일뿐더러 국내 법적 체계를 갖추는데 중요한 근거자료 중 하나로써도 활용되었습니다. 나아가 피해가 심각한 인공구조물의 증거를 남겼고, 이를 바탕으로 해당 구조물을 보다 안전하게 저감 조치할 수 있도록 이바지하고 있습니다.



2018년 네이처링 '야생조류 유리창 충돌 조사' 미션 개설 후 기록 계시자 수 변화

6.5. 그리고, 변화

6.5.1. 법적 체계의 변화

야생조류 유리창 충돌 문제를 막는 데 있어 가장 효과적인 것은 구조물을 처음 설계할 때부터 조류 충돌 위험이 없는 방식으로 설계하는 것입니다. 이를 보다 효과적으로 규제 하기 위해서는 법적 체계도 필요합니다. 따라서 일부 해외 도시나 국가에서는 관련 기준 과 규제들을 만들어 시행하고 있습니다.

야생조류 유리창 충돌 문제에 대한 언론 보도가 미미하게 확인되던 2012년, 부산시에

서는 『부산광역시 건축위원회 일반건축물 심의기준』을 제정하여 건축물의 공공 가치 증대와 친환경 기준을 강화한 바 있었습니다. 다만 그 당시엔 맹금류 스티커로 조류 충돌 문제를 대처했기 때문에 그 효과를 기대하기 어려웠습니다.

우리나라에서는 19대 국회 2015년 환경부 국정감사에서 야생동물구조센터 신고 접수 기록을 바탕으로 조류 충돌 문제를 제기한 것이 국가적 의제화 시작이라고 볼 수 있습니다[35]. 이후 야생조류 유리창 충돌 관련 연구와 언론 보도 등을 통해 사회적 인식이 퍼진 2010년대 후반부터 관련 법률 개정을 시도하였습니다. 2017년에는 소음·진동관리법과 건축법 개정안이, 2019년에는 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」(이하 야생생물법) 개정안을 발의하였으나 모두 임기 만료로 폐기되었습니다.

조류 충돌 문제에 대한 사회적 인식 확산과 법률 개정안 발의가 이루어지는 가운데, 서울 구로구에서 조류 충돌 관련 조례를 전국 최초로 제정하였습니다. 그 이후 야생생물법 개정 전까지 7개 광역자치단체와 20개 기초자치단체에서 관련 조례를 제정하여 지자체 내 조류 충돌 저감 대책 근거를 마련하였죠. 또한, 2021년에는 방음벽 기준인 ‘방음시설의 성능 및 설치 기준’ 환경부 고시를 개정하여, 투명방음판을 사용하는 경우 조류 충돌 방지 기능이 있는 문양의 방음판을 사용하는 등 생태적 영향을 최소화할 방안 강구를 명시하였습니다.

21대 국회는 조류 충돌과 관련해 야생생물법, 소음·진동관리법, 건축법, 건축기본법 개정안을 발의하였습니다. 이 중 2차례 발의되었던 야생생물법 개정안을 법안소위에 상정, 환경노동위원회(이하 환노위) 위원장 대안으로 병합시켜 마침내 2022년 6월 10일에 개정되었습니다.

2023년 6월 11일부터 시행한 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 제8조의2는 다음과 같습니다.

제8조의2(인공구조물로 인한 야생동물의 피해방지) ① 국가기관, 지방자치단체 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따라 지정된 공공기관(이하 “공공기관등”이라 한다)은 건축물, 방음벽, 수로 등 인공구조물(이하 “인공구조물”이라 한다)로 인한 충돌·추락 등의 야생동물 피해가 최소화될 수 있도록 소관 인공구조물을 설치·관리하여야 한다.

② 환경부장관은 인공구조물로 인한 충돌·추락 등의 야생동물 피해에 관한 실태조사를 실시할 수 있다. 이 경우 환경부장관은 공공기관등의 장에게 실태조사에 필요한 자료의 제출 등 협조를 요청할 수 있으며, 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

제8조의2(인공구조물로 인한 야생동물의 피해방지) ① 국가기관, 지방자치단체 및 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제4조에 따라 지정된 공공기관(이하 “공공기관등”이라 한다)은 건축물, 방음벽, 수로 등 인공구조물(이하 “인공구조물”이라 한다)로 인한 충돌·추락 등의 야생동물 피해가 최소화될 수 있도록 소관 인공구조물을 설치·관리하여야 한다.

② 환경부장관은 인공구조물로 인한 충돌·추락 등의 야생동물 피해에 관한 실태조사를 실시할 수 있다. 이 경우 환경부장관은 공공기관등의 장에게 실태조사에 필요한 자료의 제출 등 협조를 요청할 수 있으며, 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

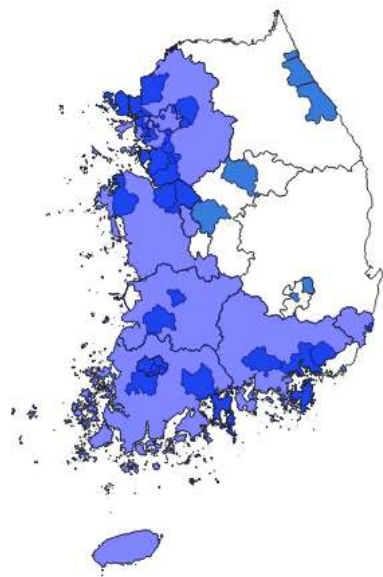
③ 환경부장관은 인공구조물로 인한 충돌·추락 등의 야생동물 피해가 심각하다고 인정하는 경우 공공기관등의 장에게 소관 인공구조물에 대하여 충돌방지제품의 사용 등 야생동물 피해를 방지하기 위한 조치를 하도록 요청할 수 있으며, 요청을 받은 자는 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

④ 국가는 제3항에 따른 조치를 이행하는 데 필요한 비용의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.

⑤ 인공구조물의 범위 및 설치기준, 제2항에 따른 실태조사의 대상·주기 및 방법 등 그 밖에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

[본조신설 2022. 6. 10.]

이에 따라 공공기관은 인공구조물에 의한 야생동물 피해를 최소화할 수 있도록 소관 인공구조물을 설치·관리할 의무가 생겼습니다. 구체적 사항을 환경부령에 정하게끔 되어있어 2023년 6월에 야생생물법 시행규칙 제7조의2와 제7조의3을 신설하였습니다. 또한, 기존의 권고 조례들도 해당 내용을 의무로서 제·개정하기 시작하여 지금까지 광역자치단체 11개, 기초자치단체 44개에서 관련 조례를 시행하고 있습니다(2024년 10월 기준).



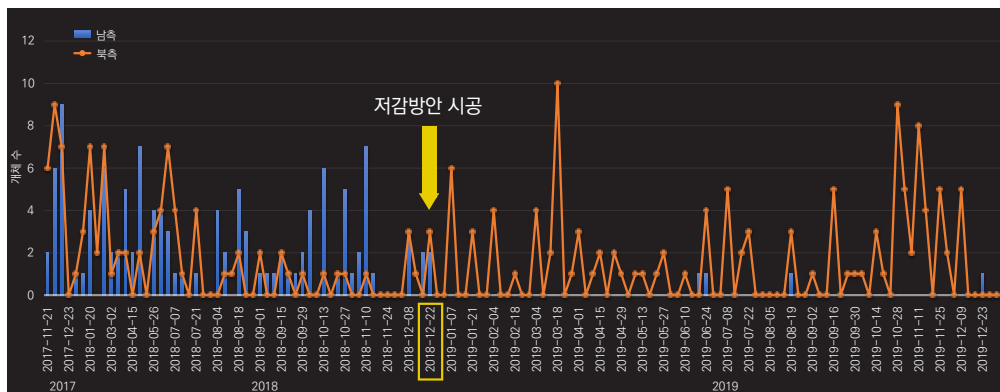
야생조류 유리창 충돌 관련 조례를 제정한 지방자치단체를 표시한 지도입니다.(2024년 10월 기준)

6.5.2. 효과성 증명

야생조류 유리창 충돌에 관한 여러 연구와 시민조사 기록을 통해 국내 유리창 충돌 피해에 대한 사회적 인식을 확산시킬 수 있었습니다. 그러나 예방이나 저감방법을 알리고 규제화하기 위해서는 이를 뒷받침할 수 있는 증거가 필요합니다.

국내에서는 해외 연구를 바탕으로 국립생태원에 조류 충돌 방지 기법을 처음으로 적용하여, 피해 감소 효과를 확인하였습니다[36]. 다만 원내 제보를 통한 단순 발견수를 비교하여 확인한 사항이었기에, 더욱 체계적인 조치 전후 비교 연구가 필요하였습니다.

대전광역시 반석동에는 높이 12m, 길이 110m가 넘는 방음벽 2개(남측 방음벽, 북측 방음벽)가 있습니다. 충돌 방지 효과 확인을 위해 약 1년간 조류 충돌 조사를 진행한 뒤, 두 방음벽 중 남측 방음벽에 캐나다에서 수입한 조류 충돌 저감 테이프를 부착하고 조사하였습니다. 그 결과 테이프를 부착한 남측 방음벽에서는 피해가 거의 사라졌지만, 대조군인 북측 방음벽에서는 계속 피해가 나타났습니다. 이 결과는 야생조류 투명창 충돌 저감 가이드라인 발표와 건축물·투명방음벽 조류 충돌 방지테이프 지원사업 실시 등으로 이어지며 조류 충돌 방지 조치를 보다 적극적으로 시행하는 근거가 되었습니다.

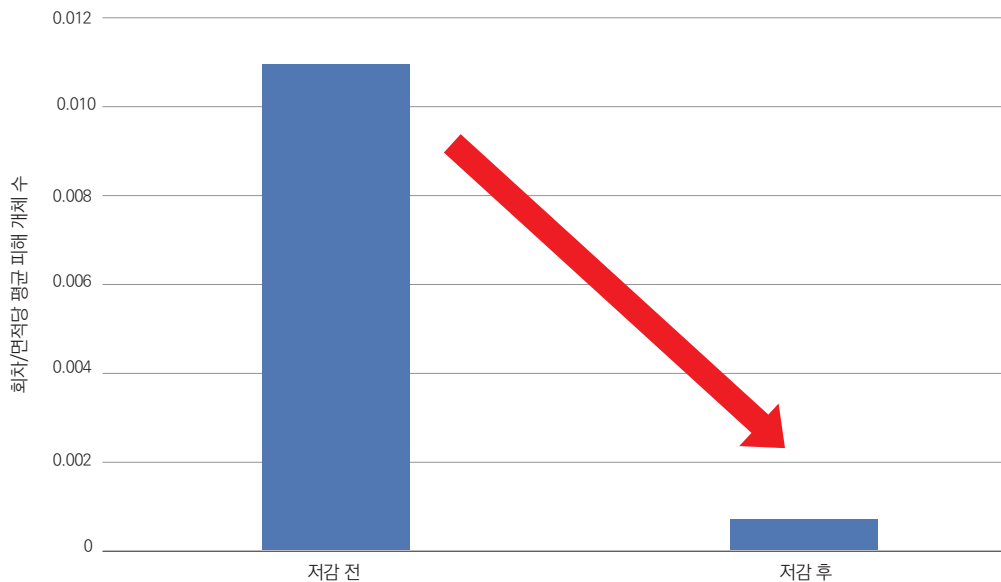


저감조치가 없는 북측 방음벽에서는 지속적으로 폐사한 반면, 저감방안을 시공한 남측 방음벽에서는 충돌 사고가 매우 줄어든 것을 확인할 수 있습니다.

조류 충돌 피해를 확인하는 과정뿐만 아니라 조류 충돌 저감 기법 효과를 알리는 데에도 시민들의 노력이 함께 하였습니다. 조류 충돌 피해를 직접 기록하는 네이처링에는 피해가 없으면 기록을 남길 수 없습니다. 따라서 네이처링 기록만으로는 시공 전후 피해

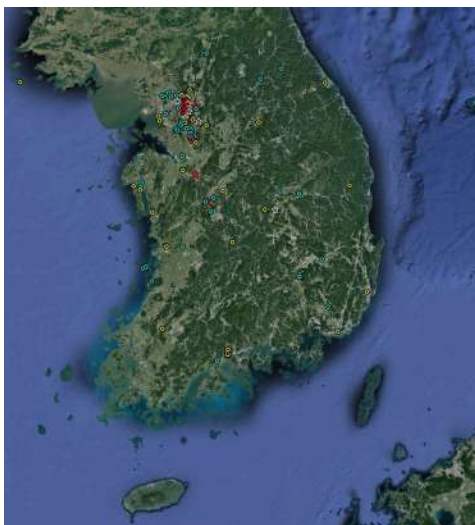
규모 변화를 확인할 수 없습니다. 이 한계를 극복하기 위해 저감조치를 시공한 구조물들을 시민들이 주기적으로 조사하여 그 효과를 확인한 사례들이 있습니다.

서산시 649번 지방도는, 도로를 확장하며 많은 방음벽을 설치하였고, 수많은 새가 목숨을 잃었습니다. 이 상황을 안타까워하던 서여울 가족이 2019년부터 매달 1회 조사를 시작하였죠. 조사로 확인한 수많은 피해 기록은 환경단체인 녹색연합이 회원들과 함께 저감조치를 시공하는 계기가 되었습니다. 시민들 손으로, 그리고 지자체의 힘으로 649번 지방도 방음벽 대부분에 저감조치를 시공하였습니다. 저감조치 시공 후에도 꾸준히 조사한 총 4년간의 사전/사후 기록은 방음벽에 붙인 작은 점이 얼마나 많은 생명을 살릴 수 있는지를 보여주었습니다.

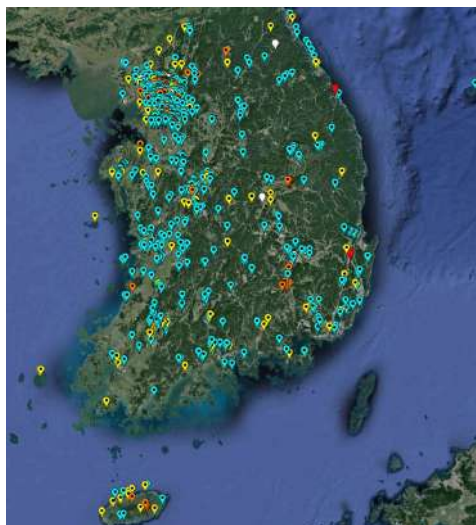


서산 649번 지방도 방음벽에서 많은 새들이 죽었으나, 저감조치 이후 피해가 큰 폭으로 감소하였습니다.

649번 지방도 외에도 정읍시, 서천군, 경기도 등 전국 곳곳 방음벽에서 시민들이 조사한 효과성 검증 결과는 우리들의 관심이 새들을 살리는 데 얼마나 큰 역할을 할 수 있는지를 보여주는 중요한 근거가 되었습니다.



2020년 3월 국립생태원이 파악한 저감조치 현황



2024년 7월 국립생태원이 파악한 저감조치 현황

6.6. 앞으로의 할 일

2018년 7월 네이처링에 ‘야생조류 유리창 충돌 조사’ 미션을 개설한 이래 전국 각지에서 수많은 기록을 수집하고 있습니다. 이에 힘입어 행정규칙인 ‘방음시설의 성능 및 설치 기준’에 야생조류 충돌 예방을 위한 투명방음벽 기준을 만들었고, 세계 최초로 국가 법령 내에 공공기관이 야생조류 유리창 충돌을 예방할 수 있도록 규정하는 성과까지 끌어냈습니다.

2023년 6월 야생조류 충돌 예방 관련 법률이 시행되었지만, 그 한계가 남아있습니다. 법률 대상은 공공 인공구조물에 국한하고 있고, 이마저도 소급적용이 불가능하여 기존 건축물과 방음벽 등에는 곧바로 적용할 수 없습니다. 즉 피해가 심각하다고 인정되는 때에만 저감조치를 하도록 규정하고 있습니다. 피해 규모가 확인되지 않은 모든 인공구조물을 한꺼번에 처리하는 것은 너무나 큰 예산이 들기도 하거니와 그 효과성에 대해서도 의문이기 때문입니다. 따라서 기존 공공 인공구조물에 대해서는 그 피해를 증명해야 하며, 민간 건축물은 법적으로 아예 접근하기도 어려운 상황입니다.

환경부에서는 2019년부터 건축물·투명방음벽 조류 충돌 방지테이프 지원사업을 매년 펼치고 있으며 이를 통해 야생조류 충돌 저감정책 홍보 및 확산을 유도하고 있습니다. 이제 새로 만드는 투명방음벽에는 대부분 조류 충돌 예방 문양을 삽입하고 있다는 것은

고무적인 일입니다.

하지만 이 문제는 중앙정부만의 노력으로 해결할 수 없습니다. 특히 중앙정부가 관리하는 '멸종위기 야생생물'을 제외한 생물은 지방자치단체가 관리해야 합니다. 그 피해 규모는 전체 피해 개체 수의 98%를 차지하고 있습니다. 이는 생물다양성을 심각하게 위협하는 야생조류 유리창 충돌 문제 해결에 지방정부와 의회도 함께 나서야 한다는 것을 뜻합니다.

나아가 보다 효과적인 예방법을 찾기 위한 노력도 필요합니다. 유리생산 및 가공 회사도 책임을 나누어 짊어져야 합니다. 야생조류 충돌 예방에 필요한 유리를 연구하고 개발할 필요가 있습니다. 더불어 양산 규모로 생산할 경우 국민의 접근성과 선택지도 다양해질 수 있습니다.

이밖에도 입법을 담당하는 국회와 더불어 국민의 눈과 귀와 입인 언론, 시민단체와 건축학계 및 문화예술인들도 끊임없이 이 문제에 관심을 기울이고 공존의 빈 공간을 메워나가야 할 것입니다. 야생조류와의 공존은 우리 인류의 아량으로서만 달성될 수 있다고 믿습니다.

만약 야생조류가 돌멩이와 같았다면, 또는 토마토와 같았다면 이 문제는 이미 해결되었을 것입니다. 하지만 야생조류는 돌멩이처럼 단단하지도, 토마토처럼 무르지도 않은 존재라 그 흔적을 남기지도 못하고 여기저기서 여전히 죽고 있습니다. 이 무의미한 죽음을 막기 위해 우리 모두가 관심을 가지고 한 번 더 우리 주변을 둘러보고, 기록하고, 이야기해야 합니다. 새들의 무고한 죽음을 이제라도 막아보자고….

7. 한눈에 보기

7.1. 주요 포인트

문제가 있는 유리면 사용하지 않기

- 투명방음벽과 유리 난간 같은 독립형 투명구조물을 사용하지 마세요.
- 반사율이 높은 유리나 금속 자재를 사용하지 마세요.
- 계단, 연결 통로 등에 투명 모서리 유리나 큰 반대편 유리창을 사용하지 마세요.
- 반투명 유리나 유리 블록 또는 불투명 재료(예: 금속 난간)를 사용하세요.
- 슬레이트, 목재 판금, 금속 메쉬 등을 이용하여 영구적으로 설치하는 외벽 클래딩 시스템(cladding system)을 사용하세요.

피할 수 없는 유리면에 효과적으로 표식하기

- 환경부 기준에 맞는 표식을 사용하세요.
- 방음벽 등 독립형 유리벽은 양쪽 면 중 어느 곳에도 표식을 해도 됩니다.
- 반사성이 문제가 되는 경우, 항상 창 외부에 표식해야 합니다(예외: '매우 효과적'이라고 평가된 제품의 평가 보고서 참조).
- 표식은 배경과 강하게 대비되어야 합니다(금속성 은색은 효과적이라고 입증됨).
- 대비가 낮은 필름(예: 반투명 필름)의 경우 유리 투명성을 20~25% 이상 가릴 필요가 있습니다.
- 주변 환경과 대비되는 특성이라는 조건 하에 매우 효과적인 표식 기준입니다:
 - 수평선: 최소 폭 3mm, 가장자리 간 거리 50mm
 - 세로선: 최소 폭 6mm, 가장자리 간 거리 100mm
 - 점 표식(도트): 최소 지름 6mm, 상하간격 5mm, 좌우간격 10mm
- 유리면 전체에 표식을 만들어야 합니다.

인공조명의 부정적 영향 줄이기

- 필요한 경우에만, 필요한 강도로만 그리고 필요한 기간에만 사용하세요.
- 자연물을 비추지 마세요.
- 가능하면 건물에 조명을 비추는 것을 피하고, 최소한 계절적으로나 시간적으로라도 조명을 제한하며, 빛을 비춰야 하는 물체에만 광선을 집중시킵니다.
- 가능하면 위에서 아래로 조명을 비추세요.
- 차폐형 조명기구를 사용하세요.
- 조명 표면 온도가 60℃ 미만이 되게 하세요.
- 곤충 보호를 위해 조명이 방출하는 스펙트럼 범위에서 단파장 사용을 최소화하고, 자연에 가까운 지역에서는 이를 완전히 피하세요.
- 박쥐 잠자리 입구가 있는 건물은 조명을 비추지 않아야 합니다.
- 건물 내부 빛이 발산되지 않도록 합니다.

7.2. 위험한 유리면

우리 주변에서 조류 충돌 위험이 가장 큰 부분은 어디가 있을까요? 새들이 지나갈 수 있는 것처럼 보이는 투명한 유리면과 서식지를 반사하는 유리창은 그 어디에서건 새들이 유리와 충돌하는 원인이 됩니다. 다음 그림에서 문제가 되는 부분들을 찾아봅시다.



우리 주변 위험한 공간 ©김주용



1 난간
안전 등을 목적으로 설치한 투명 유리난간은 새들에게 보이지 않는 경우가 많습니다.



2 유리 모서리
투명 유리 모서리는 자유로운 통로 같은 느낌을 줍니다.



3 대형 유리창
대형 유리창에서는 새가 충돌할 가능성이 높습니다.



4 자전거 보관소
투명 자재로 만든 구조물은 새들에게 위험한 장애물입니다.



5 온실/방풍문
유리로 만들어진 건물 구조물은 새들에게 치명적인 덫이 될 수 있습니다.



6 방음벽
투명 방음벽은 새들에게 매우 위험합니다.



7 버스 정류장
효과적인 표식이 없는 버스 정류장은 새들에게 매우 위험합니다.



8 외벽 유리
외벽이 유리로 된 건물은 주변 풍경을 반사시켜 새들이 충돌할 가능성을 높입니다.



9 연결다리
유리 연결다리는 유리창을 볼 수 없는 새들에게 위험한 장애물입니다.

7.3. 조류 친화적인 해결책

새들을 죽이던 많은 구조물에 저감 제품을 사용하면 안전하게 만들 수 있습니다. 이용자에게 큰 영향을 주지 않는 다양한 기법이 있습니다.



이렇게 개선할 수 있습니다. ©김주용



1 난간
유리 난간에 표식을 넣으면 조류 충돌을 막을 수 있습니다.



2 유리 모서리
표식을 사용하여 새가 유리 모서리를 볼 수 있도록 합니다.



3 대형 유리창
표식을 사용하여 크고 반사되는 표면을 조류 친화적으로 만들 수 있습니다.



4 자전거 보관소
조류 충돌 위험이 없는 자재를 사용할 수 있습니다.



5 온실/방풍문
반투명 유리 또는 표식 유리를 사용하여 조류 충돌을 막을 수 있습니다.



6 방음벽
「방음시설의 성능 및 설치기준」에 따라 현재 설치하는 방음벽은 조류충돌 방지기능이 있는 방음판을 사용해야 합니다.



7 버스정류장
표식이 있는 유리를 사용하면 새들을 보호할 수 있습니다.



8 외벽 유리
효과적인 조류 보호 때문에 채광을 포기할 필요는 없습니다.



9 연결다리
다양한 방법으로 조류 친화적인 연결다리를 만들 수 있습니다.

추가정보

유리

www.vogelglas.vogelwarte.ch

www.wua-wien.at

www.bund-nrw.de/themen/vogelschlag-an-glas

www.lbv.de/ratgeber/lebensraum-haus/gefahren-durch-glas

www.birdlife.ch/de/glas

www.birdsandbuildings.de

www.lfu.bayern.de/natur/vogelschutz/vogelschlag/index.htm

www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/voegel/helfen/01079.html

www.abcbirds.org/glass-collisions

www.birdsafe.ca

www.nycaudubon.org/our-work/conservation/project-safe-flight/bird-friendly-building-design

조명

www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/lichtemissionen-lichtverschmutzung-.html

www.helldunkel.ch

www.hellenot.org

www.lichtverschmutzung.de

www.darksky.org

www.flap.org

www.wua-wien.at

추가 웹사이트

www.vogelwarte.ch/de/home

www.wua-wien.at

www.bund.net

www.lbv.de

www.birdlife.ch

www.lipu.it

www.lpo.fr

www.bfn.de

www.vogelschutzwarten.de

www.darksky.ch/dss/de

www.ornitologia.org/ca

www.seo.org

대한민국 관련

<https://www.naturing.net/m/2137>

<https://www.facebook.com/groups/445639272561545>

<https://www.facebook.com/groups/308545713368523>

야생조류와 유리창 충돌 (2018)

<https://www.nie.re.kr/nie/bbs/BMSR00071/view.do?boardId=22172218&menuNo=200299>

야생조류 유리창 충돌 시민 참여 조사 지침서 (2021)

<https://www.nie.re.kr/nie/bbs/BMSR00071/view.do?boardId=46554656&menuNo=200299>

야생동물 충돌·추락 피해 실태조사 및 피해방지 조치 세부지침 (2024)

https://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10261&seq=8265

참고문헌

- [1] LAG VSW - Landerarbeitsgemeinschaft der Vogelschutzwarten (2017): Der mögliche Umfang von Vogelschlag an Glasflächen in Deutschland - eine Hochrechnung. Berichte zum Vogelschutz 53/54: 63-67.
- [2] Loss, S. R., T. Will, S. S. Loss & P. P. Marra (2014): Bird-building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. Condor 116: 823.
- [3] Gibson, J. J. (1958): Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. Br. J. Psychol. 49: 182-194.
- [4] Steiof, K., R. Altenkamp & K. Baganz (2017): Vogelschlag an Glasflächen: Schlagopfermonitoring im Land Berlin und Empfehlungen für künftige Erfassungen. Berichte zum Vogelschutz 53/54: 69-95.
- [5] Klem, D., C. J. Farmer, N. Delacretaz, Y. Gelb & P. Saenger (2009): Architectural and landscape risk factors associated with bird-glass collisions in an urban environment. Wilson J. Ornithol. 121: 126-134.
- [6] Kummer, J. A., E. M. Bayne & C. S. Machtans (2016): Comparing the results of recall surveys and standardized searches in understanding bird-window collisions at residential houses. Avian Conserv. Ecol. 11: 4.
- [7] Loss, S. R., S. Lao, J. W. Eckles, A. W. Anderson, R. B. Blair & R. J. Turner (2019): Factors influencing bird-building collisions in the downtown area of a major North American city. PLoS ONE 14: e0224164.
- [8] Hauck, T. & W. Weisser (eds.) (2019): Animal-Aided Design im Wohnumfeld. Einbeziehung der Bedürfnisse von Tierarten in die Planung und Gestaltung städtischer Freiraume. Kassel and Munich.
- [9] Hodos, W. (1993): The visual capabilities of birds. In: Zeigler, H.P. & H.-J. Bischof (Eds.): Vision, Brain, and Behavior in Birds. MIT Press Cambridge (MA).
- [10] Martin, G. R. (2017): The sensory ecology of birds. Oxford Avian Biology Series. Oxford.
- [11] Lind, O., T. Sunesson, M. Mitkus, & A. Kelber (2012): Luminance-dependence of spatial vision in budgerigars (*Melopsittacus undulatus*) and Bourke's parrots (*Neopsephotus bourkii*). J. Comp. Physiol. A 198: 69-77.
- [12] Mitkus, M., S. Potier, G. R. Martin, O. Duriez, & A. Kelber (2018): Raptor vision. In: Oxford research encyclopedia of neuroscience.
- [13] Frost, B. J. (2010): A taxonomy of different forms of visual motion detection and their underlying neural mechanisms. Brain, Behav. Evol. 75: 218-235.
- [14] Campenhausen, M. & K. Kirschfeld (1998): Spectral sensitivity of the accessory optic

- system of the pigeon. J. Comp. Physiol. A 183: 1-6.
- [15] Klem, D. (1990): Collisions between birds and windows: mortality and prevention. J. Field Ornithol. 61: 120-128.
- [16] Ley, H. W. (2006): Experimentelle Tests zur Wahrnehmbarkeit von UV-reflektierenden 'Vogelschutzgläsern' durch mitteleuropäische Singvögel. Berichte zum Vogelschutz 43: 87-91.
- [17] Rossler, M. & T. Zuna-Kratky (2004): Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen: Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln. Wiener Umwelthanwaltschaft.
- [18] Rossler, M., E. Nemeth & A. Bruckner (2015): Glass pane markings to prevent bird-window collisions: less can be more. Biologia 70: 535-541.
- [19] Rossler, M., W. Laube & P. Weihs (2009): Avoiding bird collisions with glass surfaces. Experimental investigations of the efficacy of markings on glass panes under natural light conditions in Flight Tunnel II. BOKU-Met Report 10.
- [20] Sheppard, C. D. (2019): Evaluating the relative effectiveness of patterns on glass as deterrents of bird collisions with glass. Global Ecology and Conservation 20: e00795.
- [21] Gan Quan Sheng, Simeon N. Ingabo, Ying-Chieh Chan (2024): Evaluating the impact of bird collision prevention glazing patterns on window views, Building and Environment, Volume 259, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111657>
- [22] Rossler, M. (2012): Mikado®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/vogelanprall-ornilux-mikado.pdf> (2022년 9월 28일).
- [23] Rossler, M. (2018): birdsticker®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/pruefbericht-birdsticker-2018.pdf> (2022년 9월 28일).
- [24] Rossler, M. (2015): birdpen®: <https://wua-wien.at/images/stories/publikationen/pruefbericht-birdpen-2015.pdf> (2022년 9월 28일).
- [25] Daniel Klem Jr. (2021): Solid Air-Invisible Killer: Saving billions of birds from Windows, Hancock House
- [26] 연합뉴스, 서울일대 새들 유리벽빌딩 충돌등 조난 급증, 1996.09.20., 연합뉴스, <https://n.news.naver.com/mnews/article/001/0004054156?sid=103>
- [27] 김영준 (2006): 한국 야생동물 조난원인 유형분석, 서울대학교 대학원 석사 논문
- [28] 빙기창, 최창용, 남현영, 박종길, 홍길표, 김성진, 채희영, 최영복 (2012): 중간기착지에서 조류 사인에 대한 고찰, 한국조류학회
- [29] EUN-MI KIM, CHANG-YONG CHOI & CHANG-WAN KANG (2013): Causes of injury and mortality of Fairy Pitta Pitta nympha on Jeju Island, Republic of Korea, November 2013, Forktail 29(29):145-148

- [30] 박인철, 김지원, 김종택 (2012): 강원도 야생동물 조류의 조난·구조 실태분석. 한국가축위생학회지, 35(1), 39-45.
- [31] 김봉균 (2019): 충청남도 내 야생동물 조난 실태와 원인 분석, 전남대학교 대학원 석사논문
- [32] 환경부, 국립생태원 (2018): 인공구조물에 의한 야생조류 폐사방지 대책수립
- [33] Kim, CM., Kim, JH. & Yoo, SH. (2023): Economic benefits of preventing bird collisions in South Korea: findings from a choice experiment survey. Environ Sci Pollut Res 30, 2945-2957 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22343-y>
- [34] 박현지 (2023): 「조류 유리창 충돌 방지를 위한 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률 개정」 정책형성 과정 : - Zahariadis의 다중흐름모형을 중심으로 -, 서울대학교 대학원 석사논문
- [35] 국회사무처 속기록, 2015년도 국정감사 환경노동위원회 회의록, 피감사기관 환경부, 일시: 2014년 10월 07일, 장소: 환경노동위원회 회의실
- [36] 국립생태원 보도자료, 2018.02.27., 자외선 반사 테이프...조류 유리창 충돌 예방합니다, 환경부, <https://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=&boardId=844150&boardMasterId=1>

죽음 없는 유리창

- 조류 친화적 유리창 조명 -

발행일 2024년 12월 20일 초판 1쇄 발행

원저 Martin Rössler, Wilfried Doppler, Roman Furrer, Heiko Haupt, Hans Schmid, Anne Schneider, Klemens Steiof, Claudia Wegworth (2023)
Bird-friendly building with glass and light. 3rd, revised edition.
Swiss Ornithological Institute in Sempach

번역자 김영준, 김윤진, 이수길, 박진영, 진세림

발행인 조도순

책임 편집 유연봉

편집 최유준

디자인 도서출판 리잰

사진 권경환, 김주용, 변예진, 충남야생동물구조센터, 희복, Martin Rössler

발행처 국립생태원 출판부

신고번호 제458-2015-000002호(2015년 7월 17일)

주소 충남 서천군 마서면 금강로 1210 / www.nie.re.kr

문의 041-950-5999 / press@nie.re.kr

© 국립생태원 National Institute of Ecology, 2024

ISBN 979-11-6698-537-9 93490

※ 이 책에 실린 모든 글과 그림을 저작권자의 허락 없이 무단으로 사용하거나
복사하여 배포하는 것은 저작권을 침해하는 것입니다.

비매품

〈유리, 새들에게는 보이지 않는 거대한 벽〉

도시와 자연이 공존하는 우리 시대에 투명하고 반사되는 유리창은 조류들에게 보이지 않는 위협으로 다가오고 있습니다. 날아다니는 새들에게 유리창은 하늘이나 숲과 나무의 반사된 환경을 그대로 비추는 '길'처럼 보이기 때문에 이곳에 부딪혀 생명을 잃는 일이 많습니다. 전 세계적으로 이 문제에 관한 관심이 점차 높아지며 조류 충돌을 방지하기 위한 다양한 시도와 연구가 이루어지고 있지만, 아직은 그 필요성에 대한 인식이 충분히 퍼지지 않았습니니다.

우리나라에서도 조류와 인간이 더불어 살아가는 환경을 조성하는 데 있어 더 큰 노력이 필요합니다. 이 책에서는 Martin Rössler를 비롯하여 독일, 오스트리아, 스위스의 과학자들과 현장 전문가들이 수년에 걸쳐 축적한 연구 성과를 바탕으로 야생조류 충돌 방지 방안을 제안하고 있습니다. 또한, 조류 보호를 위한 실질적인 사례와 기준을 통해 우리가 쉽게 실천할 방법들도 담았습니다.

조도순 국립생태원 원장 서문 中

비매품/무료

93490



9 791166 985379
ISBN 979-11-6698-537-9