

야생조류와 유리창 충돌

Wild birds and Window Collision

—
동물관리연구실



발행일 2017년 12월
발행처 국립생태원



325-813 충청남도 서천군 마서면 금강로 1210 국립생태원
대표전화 041-950-5300 홈페이지 www.nie.re.kr

일러두기

본 책자는 야생조류를 위협하는 유리창 충돌 문제를 널리 알리고, 야생조류 보전과 생태계 건강성을 지키기 위한 목적으로 제작되었습니다.

책자에서는 먼저, 야생조류의 유리창 취약성 정보와 더불어 유리창 충돌이 발생할 수밖에 없는 조류의 해부학적, 생리학적 해설을 담았습니다.

우리 주변에 존재하는 인공조명이 조류에게 미치는 영향에 대해 설명하고, 인간과의 공존 방법을 살펴보았습니다.

이와 함께 생각보다 심각한 수준의 불필요한 야생조류 죽음을 막을 수 있는 다양한 줄임 방안을 수록하였습니다. 건물 디자인이나, 유리창 설치와 같은 건축적 요소에서부터 일반 주택에서도 간단하게 적용 가능한 방법들도 제시하였습니다.

본 책자는 국외의 많은 선구적 연구자들과 자료의 도움을 받았습니다. 특히 Daniel Klem Jr. 박사와 Christine Sheppard 박사의 자료와 조언에 감사드립니다. *Bird-Friendly Building Design*, 2nd Ed.(The Plains, VA: American Bird Conservancy, 2015)을 근간으로 하였으며, 미국야생조류보전협회(American Bird Conservancy), 뉴욕 시의 Bird-Friendly Building Design, Bird Safe Building Guidelines, Markham 시의 2013 Bird Friendly Guideline, 오리건 주 포틀랜드 시의 Resource Guide for Bird-friendly Building Design, Fatal Light Awareness Program(FLAP) 등의 자료를 참조하였음을 알립니다.



건물 전면에 사용된 유리 면적은 세에게 건물이 얼마나 위협이 될 지를 예상할 수 있는 도구다. 유리 사용을 자제해야 하는 이유는 얼마든지 있다. 뉴욕 Skidmore Owings Merrill's Bronx 응급콜센터 건물이 유리 사용을 억제하면서 방법과 폭파에도 안전한 건물의 좋은 예다.

01. 도입	6	자. 시간대	19
02. 서론	9	차. 녹색지붕 및 벽	20
가. 조류의 중요성	9	카. 조류 유리창 충돌 예방에 도움이 되지 않는 방법들	20
나. 법률적 배경	9	1) 맹금류 모양 스티커	21
다. 유리: 보이지 않는 위협	10	2) 유리창 데칼	21
라. 조명: 위협 요소의 증가	10	04. 해결방법 : 유리	22
마. 조류와 건축 환경	11	가. 그물, 방충망, 창살, 서터, 외부 차양막	23
바. 조류의 건물 충돌이 개체수에 미치는 영향	12	나. 차양막과 어닝	24
사. 조류 충돌과 지속 가능한 건축물	14	다. 기울어진 유리	25
03. 문제 : 유리	15	라. 패턴이 적용된 유리	25
가. 유리의 특징	15	마. UV 패턴유리	26
나. 반사	15	바. 불투명과 반투명 유리	26
다. 투명성	16	사. 창문 필름	27
라. 블랙홀 또는 통로 효과(Passage Effect)	16	아. 유리 내측에서 적용되는 적용 하는 방법	28
마. 특정 건물의 조류 충돌사고율에 미치는 요소	17	자. 로프나 줄의 활용	28
바. 건물 디자인	17	차. 데칼과 테이프	29
사. 건물의 규모	18	카. 임시 해결방법	29
아. 건물의 방향과 위치	18		

05. 조명: 문제점과 해결방법	30
가. 해결방법	32
나. 소등 프로그램	33
다. 일반적 지침	33
06. 조류 충돌과 과학	34
가. 충돌로 희생되는 새들의 규모	34
나. 폐사 유형	36
다. 위험에 처한 조류종	37
라. 건물의 특성	38
1) 유리의 사용량	38
2) 1일 시간대	39
3) 지역 조경	40
마. 조류의 시력과 충돌	41
바. 조류의 방향감각과 지구의 자기장	43
사. 조류와 빛공해	43
아. 조명 색깔과 조류의 방향성	44
자. 연구: 충돌 예방	45

07. 충돌 문제 평가하기	
— 건물 소유주를 위한 도구	48
가. 해결방법	48
나. 계절적 시기	49
다. 날씨	49
라. 주간 시간대	50
마. 위치	50
바. 텃새 개체수	50
사. 개선작업 이후 조사	50

1. 도입



멧비둘기가 현관 유리창에 부딪혔다. 그 충격이 너무 강해 유리에 이런 유령 같은 형상이 남았다. 유리의 투명한 특성은 야생조류에게는 치명적이다.

현재 국내의 구체적인 수치는 알 수 없지만 미국에서 연구한 결과에 의하면 매년 미국에서만 수억 마리 조류가 건물 외벽 유리창과 충돌하여 죽는다고 보고하였다. 이는 인간이 조류 죽음에 직접적으로 연관된 가장 큰 원인 중 하나인데 고양이에 의해 폐사하는 비율에 이어서 두 번째로 높다. 수 천 km 이상을 날아 이동한 많은 새들이 유리에 부딪혀서 죽고, 비행이 미숙한 어린 새들도 희생양이 된다. 인공구조물 유리는 건강하고 번식력을 가진 성조뿐만 아니라 어린 새들에게도 매우 위험하며 이러한 위험요소로 인해 조류 개체수는 심각한 위협을 받고 있다.

우리나라뿐만 아니라 전 세계 많은 건물에서 수많은 새들이 죽어간다. 이러한 피해를 집중적으로 조사하는 대도시 건물의 조류 충돌 문제에 대해서는 많이 알려졌다. 그러나 대도시뿐만 아니라 유리가 사용된 건물이라면 그 위치와 상관없이 야생조류는 그 어디에서라도 위험에 노출되어 있다. 그러나 실제 이러한 조사 기록이나 연구 기관에 기증되는 죽은 새들은 전체 폐사한 숫자에 비하면 절대적으로 적다. 해외에는 이미 유리창 충돌로부터 새들을 보호할 수 있는 간단하고 효과적인 방법들이 고안되어 있다. 많은

기업들이 상업적으로 새로운 기술을 개발하고 있고 그 비율도 늘어나고 있는 추세다. 하지만 본질적 문제는 얼마나 많은 사람들이 그 기술과 지식을 사용하는지에 달려있다.

건물이나 도로에 설치된 조명 또한 조류 충돌에 심각한 영향을 미친다는 것도 이미 알려진 사실이지만 잘못 이해하고 있는 점도 많다. 대부분 조류 충돌은 밝은 낮에 일어난다. 하지만 많은 연구 자료에 따르면 주로 밤에 이동을 하는 참새류나 해양성 조류는 건물의 밝은 조명에 의해 방향을 잃고 헤맬 수 있다. 일부 조류는 인공조명으로 인해 방향을 잃고 조명 주변을 헤매고 일부는 동이 틀 때까지 그 주변을 맴돈다고 한다. 이렇게 야간에 원을 그리며 조명 주변을 맴돌다가 죽는 경우 대부분 지지강선(guy wires)이나 기타 구조물에 충돌하여 발생한다. 이러한 야간 조류 충돌기록은 19세기 등대 관련 자료에서부터 그 기록을 찾을 수 있다. 그 이후에는 야간에 밝은 조명을 설치한 미국 워싱턴 기념비, 자유의 여신상, 엠파이어스테이트 빌딩에 관련한 기록에서도 볼 수 있다. 현재는 이러한 조류의 야간 충돌사고는 육지에서 떨어진 해상 시추시설이나 통신 타워 등에서 대부분 발생한다. 야간

충돌이 빈번하게 발생하는 지점의 공통 특징은 주변이 어두운 곳에 밝은 조명이 설치되어 있다는 점이다. 현대 대도시에 설치된 야간 조명은 도시 전체가 각종 조명으로 인해 전체적으로 밝아졌기 때문에 대도시내 조류 야간 충돌이 많이 줄어들었다. 그러나 여전히 많은 조류들은 이동 시 인공조명으로 인해 방향을 잃고 있다. 조류 폐사 유형이 많이 바뀌었다고는 하지만 인공조명은 여전히 조류 충돌사고에 큰 원인이 되고 있다.

20세기 중반 이후 유리 생산기술 발전 및 생산량 증대로 고층건물 외벽을 유리로 만들었다. 가정집에도 대형 유리를 설치하고 수 km에 걸친 고속도로에 유리 방음벽을 설치할 수 있게 되었다. 이러한 일들로 각종 건설 현장에서 유리 사용이 증가 했다. 건물의 유리 사용량은 조류 충돌 가능성을 예측할 수 있는 잣대가 되었다. 건축물 건설 시 유리 사용은 실내 일조량에 중요한 부분이지만 건물 외벽의 30~40% 이상이 유리로 건설될 경우 냉난방에 사용하는 에너지가 크게 늘어나게 된다.

조류 친화적 건물 디자인이 환경적으로 지속 가능한 디자인이라는 사실이 알려지면서 북미 일부 지역에서는 건축허가를 받기 위한 필요 요건으로 자리 잡고 있는

추세다.

건축 초기부터 조류 친화적인 디자인을 적용하여 신규 건물을 짓게 되면 비용이 증가하지 않는다. 새로운 건물뿐 아니라 현존 건물에도 조류를 보호할 수 있는 다양한 방법을 적용할 수 있으며 이러한 방법은 현재도 꾸준히 개발되고 있다. 과학은 항상 발전하며 인류는 더욱 많은 정보를 필요로 한다. 완벽한 방법이 아닐지라도 더 늦기 전에 조류충돌사고 예방을 위해 노력하면 한 마리라도 더 살릴 수 있을 것이다.

조류 보호는 건축설계자, 디자이너, 도시계획자, 입법·행정기관 협력이 필수다. 건축 전문가는 최신 건축 자재 및 콘셉트를 알고 있을 뿐 아니라 지역사회를 구성하는 건축물 경향을 선도한다. 또한 건축 디자인 우선순위를 결정할 수 있는 영향력이 있다.

본 책자는 조류가 겪는 유리 위협과 그 원인을 도시 계획자, 건축 설계자, 디자이너, 조류 보호자, 지방 및 중앙 기관 그리고 일반 대중에게 설명하기 위해 만들었다. 조류 보호를 위한 과학적 근거에 대한 검토와 신규 및 기존 건물에 적용할 수 있는 조류 충돌



Camenzind Evolution, Ltd가 설계한 금속 메시로 외관을 장식한 스위스 취리히의 Cocoon 건물이다. 이러한 디자인은 사생활을 보장하고 냉난방 비용을 줄여주며 새들을 보호함과 동시에 실내 사용자가 외부를 조망하는데 문제가 없다.

회피방법에 대한 예시 외, 추가적으로 필요한 정보 등에 대해서 다룬다. 이 책자는 개인, 기업, 지역사회, 과학자 등에게 조류 충돌문제를 알리는데 활용될 것이라 믿는다. 나아가 우리가 살고 있는 건축물들이 보다 조류 친화적으로 기여하기를 바란다. 신규 건축물을 조류 친화적 디자인으로 설계하고, 조류에 위협적인 현존 구조물을 제거하기 위해서는 창의적인 디자인과 기존 건물에 조류 친화적인 구조물의 새로운 보강 등이 필요하다. 이를 위해서는 야생조류와 자연환경이 인간 본질과 문화, 경제 그리고 환경에 영향을 준다는 인식과 사회적 분위기가 필요하다.



Sauerbruch Hutton의 Brandhorst 박물관은 유리와 유리가 아닌 자재를 적절히 섞어 만든 훌륭한 건물이다. 사진: Guido Radig

2. 서론



크리스마스를 기념하는 데칼은 유리창 충돌을 막는데도 효과적이다. 가정집의 블라인드 자체도 조류의 충돌을 막는데 효과적인 것으로 알려져있다.



직박구리와 물까치는 도심지 조사프로그램에서 가장 많이 관찰되는 충돌 희생조류다.

가. 조류의 중요성

생태계는 해당 지역의 모든 살아있는 동물과 식물, 미생물들의 집합체며, 이들 상호간 관계까지 포함한다. 이러한 관계 안에서 조류는 에너지 순환과 더불어 상호연결을 이끌어 내는 중요한 지위를 차지한다. 조류는 인간 역사를 통틀어 매우 중요한 부분이었으며 평화, 자유, 용맹성 등과 같은 문화적 상징으로도 많이 사용되었다. 나아가 인류에게 많은 즐거움을 선사함과 동시에 중요한 환경적인 기능을 제공한다.

새들은 조절자로서 많은 양의 곤충과 설치류를 포식하여 개체수를 조절함으로써 농작물과 숲의 피해를 줄이고, 웨스트 나일 바이러스, 뎅기열, 말라리아와 같은 질병 전염을 막아준다. 뿐만 아니라 새들은 식물을 수분시키고 씨앗을 퍼뜨려 자연 서식지를 유지하거나, 되살리는데 중요한 역할을 한다. 조류 배설물은 농경지를 기름지게 하며, 먹이를 찾으며 뒤집는 활동을 통해 농경지 발효를 돕는다. 조류는 또한 직접적인 경제 자원이다. 미국 어류·야생동물관리국에 따르면 조류 관찰 활동은 북미에서 가장 빠르게 성장하고 있는 레저 활동 중 하나다. 그 가치가 400억 달러 이상으로 많은

직업을 창출하는 산업으로 자리 잡았다.

나. 법률적 배경

우리나라 야생동물 보호의 법률적 배경은 1911년 제정한 “수렵규칙”이라는 법률을 모태로 한다. 1953년 12월 30일에 제정된 대통령훈령 제8호 “수렵사무취급에 관한 건”을 통해 주한국제연합군의 수렵행위에 대해 규칙을 정한 바 있다. 1967년에는 산림청 발족과 함께 “조수보호및수렵에관한법률”을 제정하였다. 1972년부터 1981년까지 제주를 제외한 전국에서 수렵을 금지하는 보호기간을 가졌으며, 2004년에 제정한 “야생동물·식물보호법”에 이어 2012년 7월부터 시행된 “야생생물 보호 및 관리에 관한 법률”로서 현재에 이르고 있다. 이법에 따르면 국가는 야생생물 서식실태 등을 파악하여 야생생물 보호 종합 시책을 수립·시행한다. 그리고 야생생물 보호와 관련되는 국제협약을 준수하여야 하며, 관련 국제기구와 협력하여 야생생물 보호와 그 서식환경 보전을 위하여 노력하여야 한다. 나아가 지방자치단체는 야생생물 보호를 위한 국가 시책에

적극 협조하여야 하며, 지역적 특성에 따라 관할구역 야생생물 보호와 그 서식환경 보전을 위한 대책을 수립·시행하여야 한다. 또한 모든 국민은 야생생물 보호를 위한 국가와 지방자치단체 시책에 적극 협조하는 등 야생생물 보호를 위하여 노력하여야 한다.

한편 우리나라에는 일부 야생동물을 천연기념물로 지정하여 보호하는 체계도 있다. 1933년 제정된 조선 보물 고적 명승 천연기념물 보존령에서 천연기념물이 처음 지정되었고 이후 1961년 문화재보호법이 제정되었다. 1962년 광릉 크낙새 서식지 등 야생동물 서식지가 지정되었으며 개별 종으로는 1968년 크낙새를 필두로 많은 종이 지정 보호받고 있다. 문화재보호법에서는 지정문화재(보호물, 보호구역과 천연기념물 중 죽은 것을 포함한다)의 현상을 변경하거나 그 보존에 영향을 미칠 우려가 있는 행위를 법으로 금지하고 있다.

다. 유리: 보이지 않는 위협

유리는 새들에게도 사람에게도 투명하여 보이지 않는다. 사람들은 유리에 대한 경험과 창틀, 유리에 묻은 먼지를 통해 인지하는 방법을 터득하지만 대부분

새들은 이러한 방법을 터득하지 못한다. 상당수 새들은 시속 36~72km에 달하는 속력으로 날아가다가 유리에 충돌하고 폐사하거나 심각한 부상을 입는다. 새들이 가진 시각적인 구조도 유리 충돌에 한 몫 한다. 사람이나 많은 육식동물은 머리 전면에 눈이 위치해있고 좋은 거리 감각(심도)을 가지고 있다. 그러나 대부분 새들은 눈이 머리 옆에 붙어있어 전면에서 거리감을 느끼기 어렵고 대부분 시야는 앞과 옆, 뒤쪽을 향한다. 이는 자신을 공격하려는 포식자를 감시하기 위함이다. 새들은 날아갈 때 스스로의 속도를 자신의 옆을 지나는 물체를 보고 인식하기에 날아갈 때 시선이 꼭 앞으로만 향하지 않는다(자세한 것은 제6장 조류 충돌과 과학 편을 참조). 그러므로 건물을 지을 때 유리 사용을 줄이고 방충망이나 셔터 등을 사용하거나 조망을 해치지 않는 범위 내에서 유리의 일부를 가리는 시설 등 조류가 장애물로 인식할 수 있는 구조물을 건물에 적용하면 새들은 충돌하지 않는다.

라. 조명: 위험 요소의 증가

대부분 조류는 특별한 경우 혹은

절대적으로 부족한 데칼. 사진과 같이 데칼 하나로는 새들을 보호하는데 부족하다. 필요하다면 추가적으로 데칼을 부착하거나 보다 나은 해결방법을 도입해야 한다.



야행성 조류를 제외하고 낮에 활발하게 활동한다. 이는 조류 안구 구조물의 특성상 밝은 낮에 활동이 용이하기 때문이다. 그러나 많은 이동성 조류들은 낮 시간에 먹이를 먹고 밤에 이동하는 경우가 많다. 이런 새들이 밤에 어떻게 방향감각을 가지고 날아가는지 아직은 정확하게 알려지지 않았다. 아마도 발달된 특별한 감각을 통해 지구 자기력을 감지하여 자신의 위치와 날아가는 방향을 인식하는 것으로 보인다. 이 감각 중 하나는 눈 속에 자리 잡고 있고, 밝은 낮에는 파란색으로 나타나는 지구 자기장을 감지하는 것으로 알려져 있다. 이 뿐만이 아니라 별자리나 지형지물 그리고 기타 방법을 통해 새들은 스스로의 위치와 방향을 인지한다.

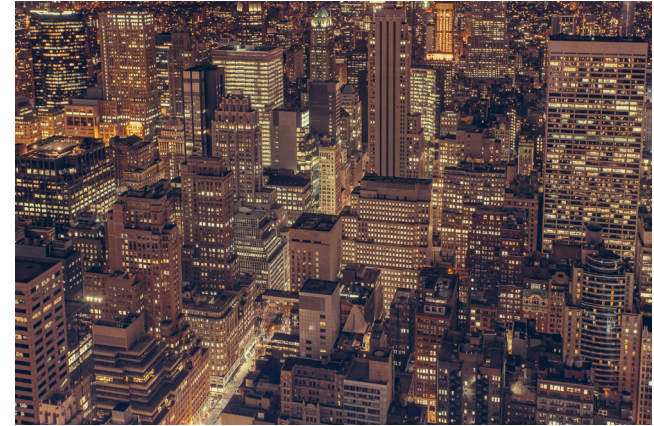
인공조명은 어두운 빛과 자연광에 최적화된 조류 시각을 방해하여 방향감각을 잃고 비행경로를 이탈하게 한다. 안개나 구름을 피해 낮게 날아갈 경우 인공조명에 더욱 가깝게 날아갈 수 있는데, 이런 경우 새들이 천체 및 자기성 신호를 감지하지 못해서 경로 이탈 문제는 더욱 심각해진다. 새들이 인공조명 가까이 날아갈 경우 방향을 잃고 건물과 같은 구조물에 착지하기도 한다.

새들과 유리 구조물 충돌은 실제로 대부분 밝은 낮에 발생한다. 이는 새들이 밤에 이동하기 전에 먹이를 구하기 위해 수많은 건물 사이를 날아다니기 때문이다.

이때 서식지와 유리에 비친 반사체를 구별하지 못하고 유리와 충돌하게 된다. 건물의 높이보다는 얼마나 많은 빛을 반사시키는가에 따라 특정 건물에 충돌하는 조류의 수를 가늠할 수 있다. 건물의 모든 층과 그 주변에서 방출되는 조명량을 줄이는 것은 조류 충돌을 낮추는데 중요한 방법 중 하나가 될 수 있다. 최근 연구에 따르면 가시광선 파장대 범위 밖의 전자기 방사선 또한 새들을 혼란시킬 수 있다는 사실이 밝혀졌다.

마. 조류와 건축 환경

인류는 기원전 3,500년경부터 이집트에서 유리를 사용하기 시작하였다. 1세기경 로마에서 발명된 유리 불기 방법을 통해 최초로 유리창을 개발하는 등 유리 활용도를 크게 높였다. 17세기에 들어 대형 유리를 생산할 수 있는 플로트 유리 제조방식(float process)이 개발되었다. 이 기술은 발전을 거듭하여 1960년대에는 초대형 유리 생산을 가능하게 하였다.



야간 조명은 조류의 방향감각을 잃게 하며, 이러한 문제는 고층건물에만 국한되지 않는다. 사진은 뉴욕시 야경이다. 주변을 날아가는 새들에게는 매우 위험한 곳이다.

1980년대 들어 개발된 새로운 유리 제조 및 건설 방식은 유리로 된 초고층 건물의 건설을 가능하게 하였다. 특히 커튼월(curtain wall) 건축방식은 건물 하중을 모두 기둥, 들보, 바닥, 지붕으로 지탱하고, 외벽은 하중을 부담하지 않는다. 따라서 마치 커튼을 치듯 유리 등의 건축자재로 둘러막는 것이 가능해져 문제가 심각해지고 있다. 이러한 기술 발전으로 인해 건설 분야 전반에 유리 사용이 늘어나게 되었다.

우리는 무분별한 토지 사용과 도시화를 통해 전 세계 조류 서식지를 질과 양적으로 파괴시켰다. 도시와 마을을 강변과 해안에 건설했고 교외 지역, 농장, 휴양지들을 위해 습지와 삼림지대를 훼손했다. 일부 조류는 이렇게 파괴된 서식지를 떠났고, 남은 새들은 그 서식지에 생겨난 인공 건축물의 유리 위협에 끊임없이 노출되어 있다. 서식지 파괴로 인해 철새들은 기존에 쉬어가던 곳이 아닌 인도, 도심 공원이나 수변 상업지역 등에 조성된 나무 또는 기타 도심 녹지대에서 쉬어가고 있다.

건물에 사용된 유리 양은 이 건물이 조류에 가할 수 있는 위협 정도를 가늠할 수 있는 척도가 된다. 하지만 아주 적은 양의 유리라도 새들에게는 심각한 위협이 될 수 있다. 미국 내 가정에서 죽는 새의 수는 연간

가구당 한 마리에서 열 마리 정도로 추산되며 수많은 가정집들로 인해 수백만 마리 새들이 한 해에 폐사한다. 이는 전체 건축물에 충돌하여 죽어가는 새들 중 46%에 해당한다. 서식하는 조류 밀도와 종의 분포, 지형, 조경의 유형, 위치, 규모 그리고 가까운 서식지, 바람과 날씨, 철새 이동 유형 등도 건물이 조류에게 주는 위협 정도에 영향을 미친다. 조류 친화적인 건물 설계를 위해서는 이 모든 요소를 고려해야 한다.

바. 조류의 건물 충돌이 개체수에 미치는 영향

현재 국내 서식하는 것으로 확인된 536종의 조류 중에서 95종(17.7%)이 국립생물자원관 적색목록 대상종으로 파악되었다. 여기에는 현재 환경부 멸종위기 1·2급 종외에 우리나라에서 지속적으로 개체수가 감소하고 있거나 보호가 시급한 종들도 포함되어 있다(<http://www.nationalredlist.org>).

서식지 파괴 또는 번식지나 월동지 변화는 인간이 초래한 문제 중 가장

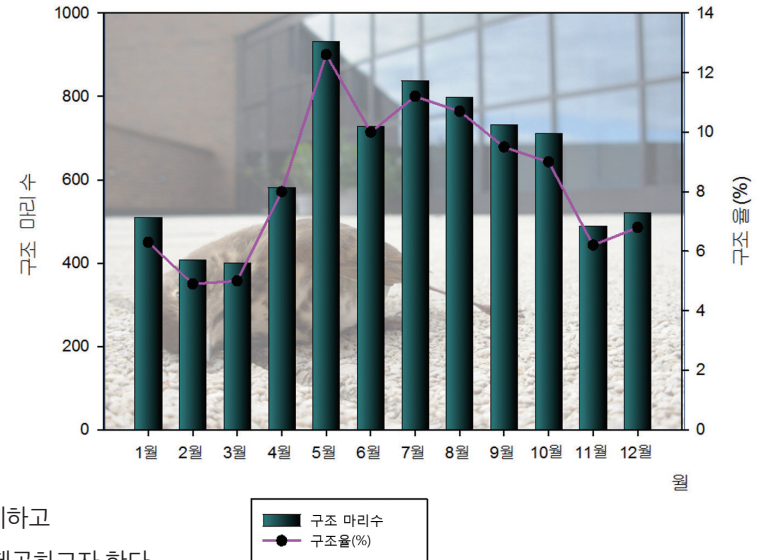
유리창 충돌에 의해 폐사한 암괘(까투리)다. 방사선 촬영결과 가슴뼈의 심각한 골절이 확인되었고, 뱃속에 알이 발견되었다. 암괘이 새끼들의 양육을 전적으로 혼자 담당하기에 어미의 폐사는 전체 자손의 죽음으로 직결된다.



심각한 부분이다. 건물 충돌에 따른 위협은 배회 혹은 반려 고양이가 조류에 가하는 위협에 이어 두 번째로 많다. 미국 내에서만 벌새와 매를 포함한 약 258종 이상 조류가 충돌 위협에 노출되어 있다. 병들거나 노쇠한 조류들이 자연재해나 포식자에 의해 사라지는 것은 자연스런 현상이다. 하지만 유리창 충돌은 살아남아 번식을 할 수 있는, 강하고 건강한 조류까지도 죽인다. 생태계 내에서 어린 동물이 번식 가능한 성체까지 생존한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 번식 성체가 무의미하게 폐사한다는 것은 장기적으로 개체수가 영향 받는 것을 의미한다. 서둘러 대책을 세우지 않을 경우 조류 개체수는 심각하게 줄어들게 될 것이다. 이러한 유리창 충돌사고로 인한 대부분 조류 폐사는 예방이 가능하다. 본 책자는(조류 유리창 충돌의 과학적 설명과

더불어) 조류 충돌사고 증가를 억제하고 줄여갈 수 있는 여러 가지 방법을 제공하고자 한다.

유리창 등 건물 충돌로 구조된 야생조류의 월별 구조경향



종명	마리수	비율
솔부엉이	631	8.25%
황조롱이	489	6.39%
멧비둘기	447	5.84%
직박구리	433	5.66%
소쩍새	358	4.68%
집비둘기	320	4.18%

종명	마리수	비율
수리부엉이	228	2.98%
새매	225	2.94%
까치	220	2.88%
큰오색딱다구리	189	2.47%
말뚝가리	187	2.44%
참새	185	2.42%

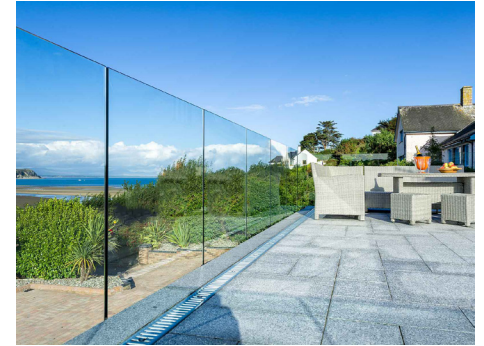
표1 2016년 전국 야생동물 구조센터에서 유리창 충돌로 구조한 상위 12개종

사. 조류 충돌과 지속 가능한 건축물

최근 수십 년 간 발전된 유리 기술과 그 제조 능력을 통해 고층 건물 외벽을 모두 유리로 건설할 수 있게 되었으며, 이를 통해 모든 건설현장에서 유리 사용 비율이 증가하는 원인이 되었다. 이는 가정집 전망창, 유리 발코니 및 난간, 버스 정류장과 정자(gazebo) 등에 유리를 더 많이 사용하게 하였다. 현재도 더 많은 분야에서 유리를 사용하기 위해 인류는 관련 기술을 끊임없이 연구한다. 하지만 이러한 유리 사용 증가는 안타깝게도 조류 충돌사고 증가로 이어진다.

최근 수십 년 간 환경문제 우려가 국제적으로 높아지면서 개발을 위한 “녹색” 표준과 평가 체계를 만들었다. 대표적인 사례가 미국 LEED(에너지·환경디자인리더십, Leadership in Energy and Environment Design)라고 알려진, 미국녹색건축물위원회(the U.S. Green Building Council)의 에너지 및 친환경 디자인 인증제도다. 미국녹색건축물위원회는 조류 충돌 방지조항을 친환경 건물 인증 목록에 추가하였다. 이 인증은 미국조류보전협회(American Bird Conservancy), 조류안전유리협회, 미국녹색건축물위원회 지속가능 건물을 위한 기술자문회가 함께 만든 것이다. 부동산

개발자가 이 인증을 받기 위해서는 건물 자체나 디자인 등이 조류에 미치는 위협 정도를 수치화 하여 건물이 조류에 미치는 위협 정도를 산출한다. 인증을 받기 위해서는 기존 수치보다 산출된 수치가 낮아야 한다. 이러한 산정 목적은 각종 조건을 만족하는 건물 설계를 더욱 용이하도록 하기 위해서다. 인증을 위해서는 실내외 조명 계획과 더불어 완공 후 관리 방법 등도 설명해야 한다.



발코니에 설치된 유리난간은 건물의 미적인 측면에서는 도움이 되지만 조류 충돌사고를 늘리는 큰 요인으로 진화한다. 이러한 유리난간은 건물 주변 경관을 보다 자연스럽게 만들고자 하는 의도에서 비롯된 것이다.



The Tracy Aviary의 신규 LEED Gold 방문자 센터 건물은 LEED 조류 충돌 방지조항 요구사항에 맞춰 지었다. 데칼과 스크린 등을 사용하여 건축하였다.

3. 문제 : 유리

가. 유리 특징

유리는 그 특성상 투명하게 보이거나 거울처럼 식생과 같은 사물이 반사될 수 있다. 유리 표면은 빛을 완전히 반사시키거나 100% 통과시킬 수도 있다. 그리고 유리는 태양의 상대적인 위치, 외부와 내부 조도, 반사되는 물체 및 각도 등과 같은 환경적 요인에 따라서 그 반사 모습이 바뀔 수 있다. 이러한 요인들의 조합은 유리를 거울이나 어두운 통로처럼 보이게 하거나 완전히 보이지 않게 한다. 사람들은 실제로 투명 유리를 “보지” 못하지만 유리에 묻은 먼지, 오물 또는 창문틀과 같은 사물로 식별이 가능하다. 그러나 새들은 사람과는 달리 인공적인 구조물을 장애물 또는 인공 구조물이라고 판단하지 못하고 그저 보이는 그대로 받아들인다. 대학교 식당 근처에 서식하는 새들은 경험에 의해 식당 건물 유리를 인지하는 경우가 있기는 하지만, 유리의 본질적 특성을 절대 이해하지는 못한다.

나. 반사

특별한 조건 하에서는 건물의 투명한 유리조차도



영국 런던의 Hartley Botanic greenhouse에 사용된 유리는 새들에게 두 가지 위험이 된다. 실내 식물로 새를 유혹하고 유리에는 주변 경관이 반사되어 보인다.



대도시에서 흔히 볼 수 있는 대형건물의 유리벽은 새들에게 마치 또 다른 하늘처럼 보이게 한다.



투명한 발코니나 테라스 난간은 특히 식생 가까이 설치되어 있을 경우 새들에게는 매우 위험하다.



펑의 충돌. 불행하게도 유리창에 반사가 된 경관을 야생조류는 인식할 수 없다.

거울처럼 보일 수 있으며 하늘, 구름, 혹은 인접한 서식지가 유리에 반사되어 새들에게 마치 실제같이 보일 수 있다. 유리에 반사된 식생은 새들에게 아주 위험할 수 있다. 새가 반사되는 유리에 가까이 날거나 유리를 통과해서 이동하려고 시도할 경우 매우 위험한 상황이 될 수 있다. 때에 따라 새들은 반사되는 표면에 비춰진 자신 모습을 보고도 공격적인 행동을 한다.

다. 투명성

새들은 앉을 자리나 먹이 또는 물에 접근하려고 하다가 투명한 유리에 충돌하기도 한다. 유리 안이나 바깥쪽 새들을 유인하는 물체를 보고 날아가다가도 충돌사고를 당한다. 유리 발코니 난간이나 스카이워크 같은 시설이 있는 대형 수목원도 새들에게는 자주 위험이 된다. 조경 시설에 유리를 사용하는 것도 새들에게는 위험이 된다. 지붕이 있는 정원 주변 담장, 난간이나 산책로를 나누는 시설물 그리고 정원에 있는 정자 등도 이러한 구조물을 통과해서 서식지로 날아가려는 새들에게는 위험요소다.



유리의 투명한 특성은 야생조류에게는 치명적이다. 멧비둘기가 도로 방음벽에 전속력으로 부딪친 결과 유리에 선명한 충돌자국을 남겼다.

라. 블랙홀 또는 통로 효과(Passage Effect)

새들은 종종 나뭇잎이나 나뭇가지 사이, 다른 작은 구멍을 통해 둥지로 날아간다. 특정 빛의 영향 하에서는 유리 뒤편 공간이 검은색으로 보일 수 있는데 이러한 부분은 새들이 장애물 없이 날아서 통과할 수 있는 공간으로 인식한다. 새의 크기는 새들에게 위험이 될 수 있는 유리 크기를 결정짓는데 중요한 요소다. 예를 들어 벌새는 작은 몸집으로 인해 통로라고 인식할 수 있는 매우 작은 유리와도 충돌한다.



건물에 설치된 유리문은 입구와 출구가 동시에 보일 경우 하나의 통로로 인식되어 조류 유리창 충돌을 야기한다. 건물 유리문에 충돌하여 폐사한 멧비둘기



주로 건물과 건물을 연결하는 곳에서 사용하는 유리형 연결통로다. 이동하는 사람들에게는 외부 경관을 볼 수 있고, 채광 효과가 좋지만, 근처에 서식하는 조류에게는 치명적인 블랙홀이 될 수밖에 없다. 이러한 경우 반원형 통로를 설치하게 되면 그나마 충돌을 줄이거나 충격영향을 줄일 수 있다.

마. 특정 건물의 조류 충돌사고율에 미치는 요소

모든 현장과 건물은 조류 충돌사고가 생길 수 있는 각각의 고유한 요소들을 지니고 있다. 특히 건물 디자인은 많은 요소 중 큰 부분을 차지한다. 이러한 설계 문제들은 쉽게 개선될 수 있으며 새로운 설계를 할 경우 원천적으로 피할 수도 있다. 그러나 조류 이동 경로의 중간 기착지와 근접한 건물 위치, 지역의 생태와 지리적 조건을 개선하는 것은 매우 어렵거나 불가능하다.

바. 건물 디자인

유리 인기가 높아지면서 건물 자재로 활용하는 빈도가 높아졌다. 유리 단가가 내려가면서 외벽이 모두 유리로 된 건물들이 많이 늘어났다. 그러나 이러한 유리가 조류 건물 충돌 원인이 되고 있다. 조사 결과 건물에 사용된 유리 양이 건물에 충돌하여 폐사하는 조류 숫자와 직접적인 연관이 있다는 사실을 알게 되었다.

건물 외벽을 거울 유리로 만들 경우 주변 수목 등을 그대로 반사시켜 주변 환경에 동화되는 효과를 내기 때문에 이러한 자재를 의도적으로 건물에 사용하기도

한다. 그러나 이러한 디자인은 새들에게는 아주 치명적이다. 이러한 추세로 인해 유리로 된 건물이 점점 문제가 돼 가고 있다. 미국난방냉동공조학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)나 국제코드협회(The International Code Council)에 따르면 건물 외벽에 사용 하는 유리 양이 전체 30~40% 이상이 늘어나게 되면 냉난방 비용이 증가하게 된다고 한다.



건물 외벽 전체를 유리로 감싸는 커튼월 방식 건축물이 늘고 있지만 이러한 건축물은 새들에게는 매우 치명적인 결과를 일으키고 있다.

사. 건물의 규모

유리로 된 초고층 건물은 그 높이와 가시성으로 인해 유리로 된 초고층 건물은 그 높이와 가시성으로 인해 조류 충돌 연구에서 주된 초점이 되고 있다.

이런 대형 건물은 낮은 건축물에 비해서 조류 충돌이 더욱 빈번하게 일어난다. 하지만 전체적인 건물수로 보았을 때 가정집과 같은 소규모 건물수가 훨씬 많기 때문에 초고층 건물보다는 낮은 건물이 더욱 위험이 된다. 2014년 스미소니언박물관 과학자들이 발표한 연구에 따르면 연간 50만 8,000마리 조류가 초고층 건물에 충돌하여 폐사한다. 저층 건물에서 3억 3,900만 마리 조류가, 그리고 2억 5,300만 마리 조류가 가정집에 충돌하여 폐사한다고 한다. 새들이 대부분 활동하는 높이인 건물 저층 유리에서 더욱 많은 충돌이 발생하였다. 하지만 조사하는 범위를 건물 단벽이나 지붕으로 넓혔을 때 폐사한 새들을 발견한 점으로 보아 건물 유리는 높이와 상관없이 새들에게 위협이 된다는 사실을 알 수 있었다.

아. 건물의 방향과 위치

대부분 충돌은 낮 시간대에 일어나며 건물 방향보다는 건물이 위치한 곳의 주변 서식환경이나 조경 등이 더 큰 원인이 된다. 주변 서식지 내 조류 이동 유형은 예기치 못한 충돌을 야기한다. 새들은 나무 사이와 같이 자연 조경물 사이를 날아가는 경우가 많아 이러한 경로의 인공 구조물은 새들에게 위협이 된다. 유리



고등학교 유리창에 충돌하여 구조된 참매. 해당 건물은 우리가 흔히 볼 수 있는 학교 건물로서 멧비둘기를 쫓다가 유리창에 충돌하여 유리창이 깨진 사례다. 구조된 참매는 구강 내 출혈과 더불어 뇌에 상당한 충격을 입었다.



전면이 유리로 된 건물은 주변 경관을 반사를 극대화시켜 조류 폐사의 블랙홀이 될 수 있고, 시간대와 관계없이 새들에게 매우 위험하다. 숲속 온실은 해당 지역에 서식하는 조류에게는 매우 큰 위협이 될 수 있다.

중에서도 관목이나 나무 등 주변 식생을 반사시키는 유리가 포장도로나 잔디를 반사시키는 유리에 비해 조류 충돌사고 확률이 높다. 건물 외벽에서 4.5~15m 사이 거리의 식생지는 조류 충돌에 미치는 영향이 크다. 더욱 멀리 떨어진 식생도 유리에 반사되어 보일 수 있어 조류에게는 여전히 위협이 될 수 있다. 유리에 매우 가까이 심은 식물(예를 들어 2미터 이내) 그 위험 정도가 낮을 수 있다. 그 나무에서 유리로 날아가 부딪혔을 때 심각한 부상으로 이어질 정도의 충격이 없기 때문이지만 이러한 경우에도 이 공간을 빠져나가려는 새들은 여전히 유리에 부딪힐 확률이 있다.



건물 옥상녹화는 CO2 농도를 줄이고, O2 농도를 올리는 효과로 지역 공기를 더욱 건강하게 만들며, 도시의 열섬 영향을 감축시키고, 생물서식공간을 제공하여 여러 동식물과 곤충이 어울려 사는 환경을 조성한다. 그러나 새들을 유리로 날아들게 할 수도 있다.

건물 주변 식생은 유리에 그 모습이 반사되어 건물 주변으로 더욱 많은 새를 유인한다. 나무 높이와는 상관없이 나무는 새의 건물 충돌사고 원인이 될 수 있다. 건물 주변 비탈 녹지는 지상보다 더 높은 층의 유리에 그 모습이 비쳐 보인다는 사실을 명심해야 한다. 새 먹이통을 이용한 연구(Klem 등 1991)에 따르면 건물 유리에서 수 미터가 떨어진 거리에서 조류가 유리를 향해 날아올 경우 더욱 심각한 충돌사고를 일으킬 수 있다는 사실을 밝혀냈다.

아예 건물 밀도가 매우 높은 곳의 건물에서는 조류 충돌이 덜 발생한다. 새들은 충분한 나무나 관목들이 모여 있는 서식지 같은, 좋은 환경을 갖춘 지역으로 날아가기 때문이다. 그러나 건물 가까이 인공적으로 조성한 식생지를 서식지로 인식하고 날아들 수 있다는 점은 기억해야 한다.

자. 시간대

조류 충돌사고는 새들이 활발하게 활동할 때 더욱 빈번하게 일어난다. 많은 연구들에 따르면 대부분 충돌사고는 이른 아침에 일어나지만 다른 시간대에도 얼마든지 일어날 수 있다. 대부분 조사 프로그램은



유리창 충돌에 의해 폐사한 후 까치에 의해 훼손된 멧비둘기 성체. 주변에 서식하는 청소동물은 이 폐사현상을 정확하게 이해하고 있으므로 유리창 충돌 피해조사에 방해가 될 수 있다.



고양이가 훼손한 멧비둘기 사체 흔적. 아파트 등 도심 방음벽 구간 조사는 주변에 서식하는 고양이나 족제비 때문에 조사가 어려워질 수 있다.

일반적으로 조사지역내 청소하는 직원들이 산책로 등을 청소하기 전에 실시한다. 그 이유는 청소과정 중에 폐사한 새들을 치워 정확한 조사에 방해가 되는 요소를 최소화하기 위함이다. 나아가 주변 고양이나 까치, 설치류 등은 이런 문제를 잘 알고 있고, 총돌로 폐사한 조류를 재빨리 없애기 때문에 오전조사를 실시하는 것도 도움이 된다.

차. 녹색지붕 및 벽

옥상녹화건물은 새들을 더욱 높은 고도로 유인하여 새들을 보호할 수 있으나 많은 지붕들이 유리과 가까이 설치된 경우가 많다. 그러나 최근 사례를 볼 때 옥상녹화건물은 효과적인 생태계를 구축하여 새들에게 먹이나 서식처를 제공하기도 한다. 이러한 이유로 건물에 녹색 지붕이나 벽 그리고 옥상에 위치한 정원 등의 설치를 긍정적으로 고려하는 것이 좋다. 설치할 경우 근처에 설치된 유리로부터 새들을 보호하는 효과를 얻을 수 있다.



프랑스 파리의 이 건물 벽에는 많은 식물이 식재되어 있어 매우 자연미가 뛰어나다. 그와 동시에 아무런 처리되지 않은 유리창이 도드라지게 나타난다. 이러한 점은 주변에서 먹이를 찾아다니는 새들에게 매우 위협적이다.

카. 조류 유리창 충돌 예방에 도움이 되지 않는 방법들

우리가 알고 있는 유리창 충돌 방지 방법 중 가장 많이 사용하는 것이 바로 맹금류 모양 스티커다. 하지만 이러한 방법은 충분한 수량의 스티커를 유리 전면에 부착하지 않고서는 유리창 충돌을 근본적으로 막을 수 없다. 다음 방법들은 야생조류 유리창 충돌 방지에 그리 효과적이지 않다.



유리창 충돌을 막기 위해 맹금류 스티커나 동물의 눈 모양 스티커를 붙여두면 새들이 놀라서 접근하지 않는다는 믿음이 있다. 하지만 유리창 한 군데에만 맹금류 스티커를 붙여둔 것은 유리창 충돌을 예방하는데 거의 효과가 없다.

1) 맹금류 모양 스티커

조류 시력은 사람과 같거나 더 좋은 경우가 일반적이다. 인지 가능한 빛 파장대도 사람보다 더 넓다는 것은 잘 알려진 사실이며, 맹금류의 경우 많게는 10배가 넘는 해상도를 가지고 있다. 맹금류 모양이 중요한 것이 아니라 여기에 유리창이 있다고 알릴 수 있을 만큼 충분한 수량의 스티커를 부착해야 효과가 있다. 또한 이 스티커를 사용한다고 하더라도 가급적 유리창 바깥에 붙여야 빛 반사를 깨뜨릴 수 있어 효과가 있다.

2) 유리창 데칼

유리창에 데칼을 붙여두는 것 또한 효과가 있지만 맹금류 모양 스티커와 마찬가지로 한 유리창에 데칼 하나만 붙인다고 하여 유리창 충돌을 예방할 수는 없다. 역시 충분한 수의 데칼을 붙여야 한다.

4. 해결방법 : 유리



브루클린 보태닉가든 방문자센터 건물은 Weiss/Manfredi가 설계하였으며 처음부터 조류 안전을 생각하여 설계한 건물이다. 유리 사용이 많은 디자인이라 조류 친화적인 건물로 만들기 위해 많은 어려움이 있었다.
사진: <http://www.weissmanfredi.com>

조류 희생이 전혀 없거나 최소화 할 수 있는 건물을 디자인하는 일은 가능하다. 조류를 특별히 고려한 디자인은 아니지만 실제로 조류를 보호할 수 있는 건물 디자인이 많이 존재한다. 그러나 이러한 디자인들이 기능적인 면으로는 탁월하나 시각 혹은 미적인 관점에서는 매력적이지 않은 경우가 많다. 이러한 빌딩은 유리창이 매우 많아 새들이 유리에 충돌하기 전, 미리 인지할 수 있도록 방충망, 격자창문,

루바(louvers)나 기타 장치 등을 이용한다. 혹은 유리에 특정 패턴을 넣어 충돌을 예방한다. 유리가 새들에게 주는 위협을 줄이고 유리 투과성을 유지하도록 설계하는 것이 전 세계 많은 학자들의 목표다. 자세한 내용은 조류 충돌과 과학 편에서 따로 다루겠지만 유리 간격, 길이, 폭, 불투명도, 색깔, 유리에 새겨진 패턴 방향 등에 연구의 초점을 두고 있다. 실험실 환경에서는 유리 면적의 최소 5% 정도 패턴을 새겨 넣을 경우 조류 충돌사고를 현저히 줄일 수 있는 것으로 나타났다. 또한 명조류(songbird)와 같은 조류는 일반적으로 유리구조물 높이가 5cm 미만이거나 폭이 10cm 미만일 경우 그 구조물을 통과해서 날아가려는 시도를 하지 않는다고 한다. 이 법칙을 5×10 규칙이라고 부르며 이는 날아가는 새 크기나 모양에 연관이 있다(6장 조류 충돌과 과학 5×10 규칙 참조).

조류 친화적 건물의 설계가 건물 디자인 상상력을 제한하거나 비용이 증가하는 원인은 아니다. 전 세계 많은 건축 설계자들은 조류 위협을 최소화하거나 아예 위협하지 않는 유리를 사용하여 멋지고 중요한 건물을 이미 많이 설계하였다. 좋은 예로, 더운 지역의 건물에는 차양 막을 설치한다거나 미적인 목적으로 설치한 각종 구조물이 조류 친화적인 디자인에 도움이 되기도 한다.



브루클린 보태닉가든 방문자센터 건물 유리벽과 문은 조류 친화적인 조건을 만족시키는 프리트 패턴을 적용하였다. 완공 후 실시한 조사를 통해 건물 디자인이 조류 친화적이라는 사실을 증명하였다.
Caroline Léna Becker

조류 친화적인 디자인은 지금까지 그 중요성을 많이 인정받지 못하였다. 그러나 최근 건물 디자인이나 자재 선정에 있어 조류 안전을 고려하는 사례가 늘어나고 있다. 과거에는 기존 건물에 구조물을 설치하는 것이 어렵고 비용이 많이 들었으나 많은 신규 자재들이 등장하면서 이 문제가 해결되었다. 비용 면에서도 건물 전체가 아닌 문제가 되는 특정 부분에만 설치하여 비용을 줄일 수

있는 방법도 늘어났다.

조류 친화적 건물은 새들이 인식하는 표시와 반사를 억제하는데 필요한 기술을 건물 전체에 적용하는 것이 가장 좋다. 그 중 가장 중요한 부분은 지상에서 위로 16미터* 구간이다. 이 구간 내의 유리설치 방법 혹은 조류가 인지할 수 있는 방해물 등의 부착여부를 통해, 해당 건물이 조류 친화적인지 여부를 판단할 수 있다(*이 길이는 도심지 나무의 일반적인 최고높이다).

조류 친화적인 디자인은 그 기능에 있어서 열이나 빛의 조절, 방법이나 방충 수단 및 장식 등 목적과

겹치는 경우가 많다. 조류 친화적인 건물 디자인 방법을 일반적으로 세 가지 범주로 나누며, 이 세 가지 범주에 한 구조물로 통합할 수도 있다. 그 세 가지 범주는 다음과 같다:

1. 유리 사용의 최소화
2. 유리 앞에 특정 형태의 스크리닝 또는 반사나 투과를 막을 수 있는 부착물을 장착
3. 충돌사고를 줄일 수 있는 특성을 가진 유리를 사용

가. 그물, 방충망, 창살, 셔터, 외부 차양막

유리가 주는 장점과 조류 친화적인 디자인을 결합하여 조류 폐사를 줄이면서 건물 일조권이나 조망권을 해치지 않는 방법은 얼마든지 있다. 어떤 건축 설계자는 건물 외벽 전체를 감는 장식 구조물을 설계하기도 한다. 장식용 창살 사용은 많은 설계자들이 사용하는 전통적인 방법이다. 외벽에 모터로 가동되는 차광막은 태양열이나 빛을 조절하는데 효과가 있으며 방법효과가 있다. 조망을 극대화 하고 시간대에 따라 조류를 보호하거나 햇빛가림도 극대화 할 수 있다. 그물, 창살, 셔터 등의 사용도 건물 크기와 상관없이 조류를 유리로부터 보호할 수 있는 방법이다. 이러한 구조물은



유리창 앞에 설치한 충돌방지 그물망. 유리창과의 직접적 충돌을 완충하기 위해, 그물망과 유리창은 최소 5cm 이상은 띄워서 설치하는 게 좋다. 그물코는 주변 서식조류 크기에 맞게 작은 크기를 선택한다. 그물을 사용할 경우에는 새가 그물 뒤편에 걸릴 가능성이 있으므로 주기적으로 점검하는 것도 필요하다.

기존 건물에 추가하거나 새로운 건물 디자인과 통합시킬 수 있으며 조류 폐사를 크게 줄일 수 있다.



유리창에 맞춰 설치한 블라인드 등도 근처 풍경 반사를 줄이는데 도움이 된다. 여기에는 방충망도 좋은 예방책이 될 수 있다.

열 수 없는 유리벽 도입 이전에는 벌레를 막기 위해 설치되었던 방충망이 새를 보호하는데 많은 도움이 되었다. 방충망 사용은 현재에도 가장 저렴한 조류 친화적인 방법인데 만약 벌레 등의 유입이 큰 문제가 아니라면 거의 보이지 않는 네트 사용도 한 방법이 될 수 있다. 방충망이나 네트는 유리와의 약간 떨어져 설치하여 조류가 충돌하였더라도 그 충격으로

인해 유리에 부딪히는 것을 막아야 한다. 일부 생산업체들이 유리에 흡착판이나 아이훅(eye-hook)을 사용하여 부착할 수 있는 방충망을 판매하고 있으며 더욱 큰 규모의 설치를 전문적으로 하는 업체들도 있다(collisions.abcbirds.org 검색). PollyNet이나 Ultra net과 같은 제품을 사용할 수 있으며, 유리창에서 5cm 정도 떨어뜨려 설치하면 충돌이 발생한다고 해도 조류에게 가해지는 충돌 충격을 억제한다. 너무 미세하거나 엉키기 쉬운 그물 제품은 오히려 조류를 죽일 수 있으므로 조심해야 한다.



차광막이나 어닝은 특정 각도에서의 유리창 충돌을 막을 뿐이다. 그러나 반사현상을 막지는 못한다.



이 건물의 기울어지게 설치한 유리벽은 반사를 줄이고, 충돌각도를 바꾸기에 충돌사고를 감소시키는 기능이 있다. 다만 주변 조경이 여전히 비칠 수 있어 완벽한 예방책이 되지는 않는다.

나. 차광막과 어닝

차광막은 조류 충돌을 줄이기 위해 자주 사용하는 자재다. 그러나 많은 경우 차광막은 유리 반사를 막지 못하고 유리를 가려주는 정도의 역할만 하므로 그 효과는 제한적이다. 차광막을 가장 효과적으로 사용하려면 모든 방향에서 유리를 가려야 하지만 쉬운 문제는 아니다. 발코니나 난간은 유리가 보이는 것을 막아줌과 동시에 거주하는 사람들에게도 휴식공간을 제공한다.

다. 기울어진 유리

2004년도 Klem 등은 20~40도 각도로 비스듬히 설치된 유리가 직각으로 설치된 유리에 비해 조류에게 더욱 안전하다는 연구결과를 발표하였다. 이 연구에서 Klem은 기울어진 유리는 식생이 아닌 땅을 반사시키기 때문이라고 주장하였다. 이러한 이유로 인해 유리를 일정 각도로 기울여 설치하는 것이 조류에 안전한 방법이라고 일반적으로 알려져 있다. 그러나 유리설치 방향이 모든 위협요인을 없애는 것은 아니며, 이 방법도 일부 특별한 경우에만 효과적이라는 주장도 있다. 이 연구에서는 새들이 단순히 지면과 평행하게 날아가는

상황만을 가정한 것이다. 새들이 기울어진 유리에 예각으로 충돌하기 때문에 직각 유리에 비해 충격이 적다고 할 수 있다. 다만 다른 각도에서 바라볼 경우 여전히 위험할 수 있다는 의견이다.

라. 패턴이 적용된 유리

세라믹 점(프리트 패턴 종류 중 하나)이나 기타 자재를 유리에 부착, 프린트하거나 기타 방법으로 유리에 적용한다. 이렇게 할 경우 빛이나 열 투과를 줄여주고 미적으로도 효과가 있다. 프리트 패턴(frit pattern)은 육안으로 거의 보이지 않지만 5×10 규칙을 적용하여 디자인 하면 유리에 적용된 패턴이 조류 충돌을 줄일 수 있다. 유리 외부에 적용된 패턴은 아무리 강한 반사 현상이 일어나도 항상 조류의 눈에 띄기 때문에 조류 충돌을 줄이는데 가장 탁월한 효과가 있다. 프리트 색상은 진한 회색, 오렌지색이 들어간 세라믹 프리트가 가장 좋은 결과를 내며, 흰색은 새를 막는데 효과가 덜한 것으로 나타났다. 이러한 디자인은 새로운 건물을 시공할 때 가장 유용한데 주로 유럽이나 아시아에서 많이 적용하고 있으며 미국에서도 생산업체가 늘어나고 있는 추세다. 유리 외부 면에 세라믹 페인트를 인쇄할 수 있는 기술이 개발되면 조류 친화적인 건물 디자인

방법이 더욱더 늘어나게 될 것이다.

프리트 패턴은 단열 처리가 된 유리 내부 표면에 주로 적용한다. 유리 바깥쪽에 반사된 광량에 비해 프리트 패턴에 반사된 광량이 적거나 새들이 인지할 수 있는 높이보다 낮게 프리트 패턴을 적용하면 그 패턴이 잘 보이지 않을 수 있다. 일부 내장된 프리트 패턴은 특정 각도로 볼 때나 빛 조건이 맞을 경우에만 유리 반사를 막을 수 있다. 그러나 유리 표면 반사력과 유리 내부면에 프리트 패턴을 서로 적절히 혼합하여 적용할 경우 그 효과가 극대화 된다. Frank Gehry가 설계한 뉴욕의 인터넷 회사 IAC 본사 건물은 건물 전체에 고밀도 프리트 패턴을 입힌 유리를 사용하여 건물 어디에서든 유리가 잘 보일 수 있도록 되어 있다. 이 건물이 완공된 후 뉴욕 오두본협회(Audubon)에서 2년간 조사한 결과 단 한 마리의 새도 건물에 충돌하여 폐사하지 않았다. 맨해튼에 위치한 FXFLOWLE의 Jacob Javits 센터는 위험한 유리를 제거하고 프리트 패턴을 입힌 유리로 교체하는 새 단장을 추진한 결과 건물에 충돌하여 폐사되는 새의 수를 90% 가까이 줄이는 결과를 볼 수 있었다. 프리트 패턴 적용 유리를 사용한 또 다른 건물의 예로 캘리포니아 오클랜드의 Skidmore Owings Merrill의 Cathedral of Christ the Light 건물이 있다.

마. UV 패턴유리

명조류, 갈매기, 앵무새 그리고 기타 조류는 인간이 볼 수 없는 자외선 파장대를 볼 수 있다(조류 시력과 충돌편 참조). 맹금류나 물총새, 벌새, 비둘기 등과 같은 기타 조류는 자외선에 덜 민감한 편이다. 자외선 반사 또는 흡수 패턴은 인간에게는 보이지 않지만 새들은 이를 볼 수 있다. 이러한 사실은 조류 충돌사고를 방지하는 방법을 찾는 데 좋은 해결책으로 자주 거론되나 2017년 현재, 이런 점을 이용한 상업적 제품은 그 수가 매우 적다. 조류에 친화적인 자외선 반사 유리 개발은 매우 더디게 진행된다. 하지만 많은 지역에서 조류 친화적인 디자인에 관련한 법률을 입법하고 있어 유리 생산자 및 판매자 그리고 유리 필름을 생산하는 업체 등이 관련 기술을 개발하고 있다. 연구에 따르면 자외선이 적은 이른 아침이나 늦은 오후에는 자외선 패턴은 대조도(contrast)가 커야 그 효과를 극대화시킬 수 있다고 한다. 그러나 자외선 패턴은 실제로 충돌사고로 많이 폐사하고 있는 벌새, 딱새류, 미주뚝부기, 딱다구리류 등과 같은 조류에는 효과적이지 않을 수 있다고 한다.



국립생태원 관람객 휴게실에 설치한 UV 반사스틱커. 이 건물은 조류 서식지 한복판에 설치되어 조류 유리창 충돌위험도가 매우 높은 건물이었다. ABC 반사 테이트를 부착한 이후에는 단 한 건의 충돌사고도 보고된 바 없다.



불투명한 유리와 격자를 선택은 유리창을 예술작품처럼 만들 수도 있다. 이러한 미적 요소를 통해 우리는 자연과 공존할 수 있는 틈도 마련할 수 있는 것이다.



이탈리아 브렌네로시를 지나가는 A22 도로변의 태양광 전지판넬형 방음벽. 기술 발달은 태양광 전지필름도 생산하고 있으며, 기존 건물에 도입 시 온실가스를 줄이고 지구온난화를 낮추는데도 도움이 될 수 있다.

바. 불투명과 반투명 유리

불투명, 에칭유리, 색유리, 간유리나 유리블럭 등은 조류 충돌사고를 막는데 탁월할 효과가 있으며 실제 건축에서 사용할 수 있는 다양한 방법들이 있다. 이런 유리들을 기존 건물에도 적용할 수 있으나 새로운 건물 시공 시 더욱 많이 사용한다. 젓빛 유리는 산 부식 방법을 통해 만들거나 투명한 유리에 모래분사를 하여 만들기도 한다. 이렇게 만들어진 간유리는 반투명한 유리로 만들어지며 빛 투과율에 따라 다양한 종류가 있다. 유리 전체 면에 적용하여 불투명하게 만들 수도 있고 불투명한 패턴을 넣을 수도 있다. 패턴은 연구: 충돌 예방편에서 다룬 5×10 규칙에 따라 실행해야 한다. 색유리는 작은 면적에서 주로 사용되나 이러한 형태의 유리는 조류 충돌을 막는데 매우 효과적이고 매력적인 자재다. 유리블럭은 그 적용 방법이 매우 다양하다. 전체 건물 디자인에서 세부적인 부분에 사용할 수도 있다. 유리블럭은 건물에 사용 하는 주요 재료로도 사용 할 수 있으며 조류 충돌사고를 막는데 탁월한 효과가 있는 자재다. 조류 충돌을 막는 또 다른 자재가 태양광전지용 유리 또는 필름이 있다. 투명한 도로 방음벽은 조류 충돌사고의 큰 원인이 된다. 이 방음벽에 태양광 전지패널을 부착하거나 교체하면 재생에너지 생산과 더불어 조류 충돌사고를 막을 수

있는 훌륭한 대안이 된다.

사. 창문 필름

유리에 패턴이 입혀진 형태의 자재는 원래 건물 내부의 디자인적인 요소나 사생활 보호 차원에서 사용하였다. 이제는 건물 외벽에서 발생하는 조류 충돌사고를 줄이기 위해 외벽에도 사용하고 있다. 이중 일부 제품은 조류 충돌 예방에 매우 효과적이고 인기가 많은 자재다. 이 중 가장 오래된 유리 제품은 유리 외부가 하얀색으로 불투명하게 생산된 제품이다. 이 제품은 겉으로는 불투명하지만 안쪽에서 바깥으로 보는데는 문제가 없다.

보통 타공필름이나 원웨이필름(one-way film)으로 알려져 있는데, 유리 외부 면에 부착하며, 보통은 시트지 방식으로 부착한다. 필요에 따라 바깥 면에는 원하는 그림이나 사진을 인쇄하여 디자인을 강조할 수도 있다. 내측에서 바깥을 볼 경우에는 썬팅필름 효과가 나타나는 특징이 있다. 국립생태원 맹금류 전시장에 설치된 대형 유리창에도 타공필름을 도입하여 유리창 충돌사고를 예방하고 있다.

필라델피아 동물원 곰 전시장에 수평으로 얇은 줄무늬 형태의 유리 필름은 5년 이상 사용하였다. 조류

충돌사고를 막는데 탁월한 효과가 있었으며 기타 다른 시설에도 비슷한 효과를 보였다.



타공필름을 부착한 국립생태원 맹금류 전시장의 실내(A)와 사육조류장 내측(B) 모습. 관람객이 전시장 내부를 관찰함에 있어 아무런 장애에 없으며, 전시 조류들이 유리창 내부를 볼 수 없으므로 유리창 충돌을 근본적으로 예방함과 동시에 동물 스트레스를 경감시키는 기능도 있다.

아. 유리 내측에서 적용 하는 방법

열은 색의 블라인드나 셰이드도 조류 충돌을 막는데 사용할 수 있다. 그러나 바깥쪽이 완전히 보이도록 세팅되면 유리 반사를 효과적으로 줄일 수 없고 반사에 의해 블라인드가 가려질 수 있다. 완전히 닫혀 있는 블라인드도 마찬가지로 5×10 규칙을 적용하여 블라인드를 일부 열어둘 경우 새들이 이를 감지한다. 만약 유리 외부에 적용 가능한 방법을 이용하기 어려워 유리 안쪽 부분에 테이프나 접착식 노트를 부착한다면 부착한 테이프나 노트가 잘 보이는지 자주 확인해야 한다.



독일 뒤셀도르프 사무실 블라인드. 유리 내측이나 외측에 설치한 블라인드도 적절히 사용하면 조류 유리창 충돌을 예방하는데 큰 도움이 될 수 있다. 특히 블라인드를 전체를 열 경우 5×10 규칙이 적용되어 채광 효과와 함께 조류 유리창 충돌을 막을 수 있다.

자. 로프나 줄의 활용

Acopian BirdSavers에서는 낙하산 줄을 이용한 조류 충돌 방지 기법을 소개한다. 유리창 바깥 면에서 10cm 간격으로 로프나 밧줄을 늘어뜨려 조류가 유리창으로 접근하는 것을 방지하는 기법이다. 줄 길이는 유리 아래 끝에서 5cm 정도 떨어뜨리는 방법과 유리 아래까지 내려 고정하는 방법이 있다. 줄을 늘어뜨릴 경우에는 바람에 의해 줄이 날리면서 시각적 효과를 배가할 수 있는 장점이 있다. 하지만 간혹 줄이 주변 물체와 꼬여 빈 공간이 발생할 위험이 있다. Klem(2011)의 연구에 따르면 이러한 줄을 이용할 경우 92~100% 정도



에코피안 충돌 방지 줄은 매우 저렴하면서도 효과적으로 유리창 충돌을 예방할 수 있는 기법이다. <https://www.birdsavers.com/> 에서 물품을 구매할 수도 있지만 직접 간단하게 만들어 부착할 수 있다는 장점도 있다.



코스타리카 카라라국립공원 유리창에는 아크릴 물감을 이용하여 점을 찍어두었다. 아크릴 점은 물에 쉽게 지워지지 않아 내구성이 좋은 자구책으로도 알려져 있다.

유리창을 회피하는 것으로 나타났다.

줄은 수축이 발생하지 않아야 한다. 특히 물을 머금은 상태에서는 수축현상이 발생하는 경향이 강한데 Mil-Spec paracord라는 낙산 줄은 수축발생 현상이 매우 적어 Acopian BirdSavers에서도 추천하는 재질이다.

각 가정에서 적용할 때 제작 및 설치하는 방법도 간단하다. 3mm 정도 굵기의 적당한 로프나 줄, 등반용 슬링을 준비하고, 건물 외장재에 사용하는 비닐사이드 제이채널(J-channel)에 구멍을 내서 유리창 길이에 맞는 줄을 끼운다. 나사, 벨크로 테이프, 고무 자석 등을 이용하여 제이채널을 창문틀에 부착하면 된다.

차. 데칼과 테이프

데칼은 조류 충돌을 막는데 가장 흔히 사용하는 방법이다. 그러나 데칼 효과는 많이 왜곡되어 있는 경향이 있다. 새들은 데칼을 맹금류나 거미줄 또는 기타 자연 물체로 인식하지 않고 피해 날아가야 하는 장애물 정도로 인식한다. 데칼은 서로간의 거리가 28cm를 절대 넘어서는 안 되며, 되도록 5×10 규칙에 따라 유리 바깥쪽에 설치할 경우 매우 효과적이다. 그러나 내구성이 떨어지는 측면이 있어 데칼은 최소 일년에 한번 이상 자주 갈아주어야 한다. 테이프는 비용이 비교적 적게 들고 빨리 설치할 수 있는 제품이다. 그러나

대부분 가정에서 사용하는 테이프는 주변 환경적 요인으로 인해 오래가지 못한다. 최근에는 한번 붙이면 몇 년 간 사용할 수 있는 테이프가 많이 출시되어 5×10 규칙에 따라 유리에 부착할 경우 그 효과를 볼 수 있다.

카. 임시 해결방법

가정이나 작은 건물에서 조류를 보호하기 위해 임시적인 방법이 필요한 경우 적은 비용으로 빠르게 할 수 있는 방법들이 있다. 페인트나 스티커를 사용하여 유리에 패턴을 입히거나 포스트잇 같은 접착식 메모장을 사용하는 것이다. 아주 작은 노력으로도 충돌사고에서 조류를 보호할 수 있는 방법은 많은데 5×10 규칙을 사용하여 적용하면 큰 효과를 볼 수 있다(더 자세한 내용은 ABC에서 발행한 책자 "당신도 유리창에 부딪혀 폐사하는 새를 구할 수 있다"를 참조하거나 collisions.abcbirds.org에서 기타 자료를 참조한다.).

5. 조명: 문제점과 해결방법



사진에서 보이는 구조물은 빛공해를 줄여주고 에너지와 비용을 줄여주며 새들에게 미치는 부정적 영향을 감소시킨다.

새들은 인간이 인공적인 조명을 발명하기 훨씬 이전에 방향감각과 시각능력이 고도로 진화되었다. 다양한 연구를 통해 최근 인공조명이 특히 야간에 이동하는 철새들에게 어떠한 위협이 되는지 밝혀졌다. 대부분 조류 유리 충돌사고가 대낮에 발생하지만 야간에 사용하는 조명 역시 건물이 많은 지역에서 발생하는 조류 충돌사고 발생률에 한 몫 한다. 그러나 일반적으로 알고 있는 사실에 비해 아직 조류들이 야간 조명에

어떻게 반응하는지 명확하게 밝혀지지 않았다.

명조류와 같이 충돌사고로 많이 폐사하는 조류는 대부분 대낮에 활발히 활동하며 시력은 여러 가지 색깔과 밝은 빛을 감지할 수 있는 능력을 가지고 있다. 그러나 이런 조류들은 주로 밤에 장거리 이동을 하지만 야간 시력은 좋지 않다. 그 대신 조류들은 지구 자기장을 감지할 수 있는 능력이 있어 그 자기장을 감지하여 날아간다. 이러한 감각인지 조직체는 안구 망막에 위치해 있으며 어두운 파란색 자연광을 인지해야 자기장을 감지할 수 있다. 많은 인공조명들이 내뿜는 붉은색 파장은 이러한 조류 자기장 인지 활동을 방해한다. 독일과 러시아에서 이뤄진 연구를 살펴보면 이러한 인공조명 사이를 날아가는 새들은 자신의 비행경로를 최소 몇 도에서 많게는 원을 한 바퀴 그리면서 바꾼다고 한다. 인공조명이 내뿜는 빛이 심각한 지역에서는 새들은 방향감각을 완전히 상실할 수 있다.

새들은 상대적으로 밝은 빛에 이끌리며 낮일 경우 밝은 해를 향해 날아간다. 만약 명조류 같은 조류가 집 안으로 날아 들어온다면 집안을 어둡게 하고 밝은 쪽 창문을 열어두면 조류가 바깥으로 나갈 수 있는

최적의 환경을 만들어줄 수 있다. 많은 새들은 야간에 인공조명으로 이끌리는 것으로 보인다. 아직은 어느 수준의 광량이 어느 정도 거리에서 발산될 때 새들이 이끌리거나 특정 행동을 하는지 명확히 밝혀진 바가 없다. Gauthreaux와 Belser는 새들이 야간에 특정 거리에서 인공조명에 이끌려 날아가는 것이 아니라 조명을 넘어 원하는 방향으로 날아가는 것일 뿐이라는 주장을 하여 논란이 되었다. 북해 해상 유전에서 조류와 조명 관계를 연구하는 Marquenie과 Van de Laar는 해상 유전 시설의 모든 불빛을 야간에 밝힐 경우 3~5km에 떨어진 조류까지도 영향을 미쳐 원을 그리며 시설 주변을 날아다닌다고 밝혔다.

과학으로는 아직 이러한 현상에 대해 명확히 설명할 수 없다. 인공조명은 새들이 이동을 마치면서 건물이 많은 지역에 안착하는 경우에만 영향을 미칠 수도 있고 조류 이동경로에 일부 영향을 미치는 정도일 수도 있다. 날씨가 나쁜 경우 새들이 낮게 날아가면서 시각적인 신호를 없애기 위해 조명 가까이 다가갈 수도 있다. 건물 조명과 조류 충돌사고의 상호관계 범위는 생각보다 좁을 수 있다. 새들이 조명에 가까이 올 경우 조명이 뿜어내는 전자기파가 조류 자기장 감지 능력을 방해하기도 한다.

조명에 이끌리고 방향을 잃는 것은 많은 새들이 조명 근처에 있기 때문이며 이는 더 많은 충돌사고로 이어진다. 하지만 여기서 흥미로운 점은 철새들이 새로운 이동지로 이동하기 위해 지상에서 날아올랐을 때 조명에 이끌려 방향을 잃었다는 보고는 없다.

연구 보고서들에 의하면 설치된 조명 높이와는 상관없이 조류에게 영향을 미친다고 하지만 보통 높이가 높은 건물에서 조류 충돌이 많이 일어나는 경향이 있다. 이러한 현상은 초기에 등대에서 많이 발생하였다. 해상에 위치한 원유 시추시설에서 조류들이 조명 주변을 선회한다는 보고가 있었으며 스키장에서 야간에 방향을 잃은 새들이 많이 보고되었다. 토론토에서 실시한 연구에 따르면 야간에 불이 켜진 유리창 숫자를 방출된 광량을 결정하는 지수로 삼은 결과 건물 높이가 아니라 뿜어진 광량이 폐사한 조류 숫자와 가장 큰 영향이 있었다는 것을 알 수 있었다.

가. 해결방법

잘못 디자인 되었거나 제대로 설치되지 않은 외부 구조물로 인해 매년 미국에서 10억 달러 이상 비용이



대도시 도심의 덮개가 없는 가로등은 모든 방향으로 빛을 뿜어내며, 밤하늘까지 비추는 경향이 있다.



현대를 살아가는 인류는 필수적인 빛의 이용을 넘어서 광범위한 수준의 빛공해를 야기한다. 이러한 빛공해는 에너지 자원 낭비와 지구 온난화와 더불어 야생동물에게도 큰 영향을 끼치고 있다.

지출되고 있다(국제암야협회; International Dark Skies Association). 최근 연구에 따르면 전 세계 인구 중 ⅓가 인간과 자연을 연결해주는 야간 장관인 은하수를 더 이상 보지 못한다고 한다. 건물 외부에 조잡스럽게 설치된 조명들로 인해 시야가 가려지기 때문이다. 특히 노인들에게 위험하다고 알려져 있다. 또 다른 연구에 따르면 야간 조명에 오래 노출될 경우 유방암, 우울증, 당뇨병, 비만이나 불면증 등 원인이 될 수 있다. 이러한 환경적, 경제적, 문화적인 요인들이 야간에 조명 사용을 줄여야 하는 대표적 이유다.

건물 외벽과 거리 등에 조명 사용을 줄이면 야간에 이동하는 조류 충돌사고를 크게 줄일 수 있다. 그러나 전체 조류 충돌을 줄이기 위해서는 이러한 원칙을 좀 더 넓은 범위에서 적용해야 한다. 이러한 방법을 적용할 경우 건물 에너지 비용을 줄일 수 있고 대기 오염과 빛 공해를 줄일 수 있는 효과를 동시에 얻을 수 있다. 조명 효과를 극대화 하면서 조명이 바깥으로 새어 나가지 않게 하는 방법과 효율적인 조명 디자인은 매우 중요하다. 조명 중에서도 녹색이나 파란 조명이 붉은 파장을 뿜어내는 붉은 조명과 흰색 조명에 비해 조류에 미치는 영향이 적다.

빛 공해는 비효율적인 야외 조명이 원인이 되며 조명 디자인을 개선하면 변경 비용보다 더 많은 이득을 볼 수

있다. 예를 들어 모든 방향을 비추는 조명방식은 빛을 조절하는 데 한계가 있다. 이는 에너지가 최대 50%까지 낭비되며 조명 밝기도 효율적이지 않다. 조명에 빛 손실을 줄일 수 있는 반사판을 설치하면 더 낮은 출력의 전구를 사용해도 된다. 분위기를 위한 조명은 대부분 불필요한 조명들이다. 하지만 반드시 사용되어야 할 경우 불빛이 아래로 향하는 것이 위로 향하는 것보다 좋다. 안전이나 방법을 위해 조명이 필요한 경우, 불빛이 불필요한 방향으로 나가는 것을 막으면 그림자가 생기는 것을 방지할 수 있다. 새들이 이동 할 때는 스포트라이트나 서치라이트를 사용하지 않는 것이 좋다. 빛 공해를 줄이는 프로그램에 동참한 지역사회라고해서 범 죄율이 높아지는 현상은 보고된 바 없다.

타이머, 광센서, 적외선 센서, 움직임 감지기 등과 같은 자동 조절 장비를 사용하는 것이 직원들이 직접 조명을 끄는 것보다 더욱 효과적이다. 이러한 장비들을 사용할 경우 에너지 비용을 줄일 수 있어 그 비용을 일 년 안에 상쇄할 수 있다. 작업장 조명은 넓은 장소보다는 꼭 필요한 장소에만 설치를 하는 것이 좋다. 실내조명 중 야간 동안 지속적으로 사용 하는 조명이 있을 경우에는 조명이 미치는 반경을 최소화하고 해가 저문 이후에는 전등갓과 같은 장치를 하는 것이 좋다. 낮에 사무실 청소를 하는 것만으로도 조명 사용을 줄이고 비용을 절감할 수 있다.

Examples of Acceptable / Unacceptable Lighting Fixtures



국제암야협회에 제안하는 권장 조명 유형과 유해 조명 유형

나. 소등 프로그램

새들이 유리에 충돌하여 폐사하는 사고를 줄이는 것은 복잡한 일이지만 간단하게 이 문제를 줄일 수 있는 방법이 있다. 불을 끄는 것이다. 우리나라에서도 2004년부터 에너지의 날(매년 8월 22일) 전국 동시 소등행사를 실시하고 있다. 물론 이 소등행사는 조류를 빛 공해로부터 보호하자는 취지보다는 에너지를 아끼자는 취지에서 시작된 측면이 강하지만, 빛 공해에 의해 조류가 폐사하고 있음을 알릴 필요성도 있다. 미국과 캐나다에서는 지방정부와 주정부의 주도하에 새들이 이동하는 봄과 가을에 건물에 설치된 조명을 소등하는 "소등(Lights Out)" 운동을 펼치고 있다.

많은 법적 관할구역에서 감시 관찰 활동이 시행되고 있다. 이러한 조사 프로그램은 조류 충돌사고를 수치화 하고 자료화 하는데 추가적으로 중요한 정보를 제공한다. 앞서 언급한 "소등" 운동이 일 년 내내 광범위하게 실시된다면 가장 이상적인 방법이 될 것이며 이 운동 실행은 새를 보호할 뿐 아니라 에너지 비용을 줄이고 온실가스 방출을 줄일 것이다.

다. 일반적 지침:

- 조명 빛이 위로 향하는 가로등과 건물 외부 조명 위에 조명갓을 설치한다.
- 조명이 안전과 방법을 위해 필요한 곳인 경우 불빛 번짐을 줄인다.
- 스포트라이트, 서치라이트, 지붕 조명 등의 사용을 봄(3월~6월)과 가을(8월~10월) 철새 이동시기에 제한한다.
- 자정부터 새벽 6시까지 소등(안전, 입구 또는 이동을 위한 조명은 제외)하거나 외부 조명 밝기를 제한(기존 조명의 50%이하로 조절)한다(LEED 표준).
- 안뜰, 옥상 정원 및 연결된 유리 부분에 동작감지센서를 설치한다.
- 새들이 혼란을 일으킬 수 있는 붉거나 노란색 계열의 조명빛 사용을 줄이고, 파랑거나 녹색 외관 조명을 사용하면 새들이 모이는 현상을 방지할 수 있다.
- 30분 이상 비어 있을 경우 자동 소등장치가 작동하도록 한다.



조류에게 영향을 미치는 조명

6. 조류 충돌과 과학



우리 주변을 살펴보면 새들에게 위험한 유리구조물이 의외로 많다는 것에 놀란다.

가. 충돌로 희생되는 새들의 규모

매년 유리에 충돌하여 폐사하는 조류 수는 천문학적이다. 이러한 죽음을 수치화하고 조류의 숫자에 미치는 영향 등을 알아내는 데는 어려움이 많았다. Loss 등(2012)은 기존 자료를 사용하여 인위적인 폐사율 정도를 결정하는 방법론 및 분석 기법을 개발했다. 저자들은 2013년까지의 건물 충돌에 관련한 모든 발표 및 미발표 자료(Loss 등, 2013)를

수집하여 다양한 기준에 따라 분석하였다. 이들은(Loss 등, 2014b) 충돌에 관련된 의미 있는 자료를 어떻게 수집할 수 있는지 방법을 공개하기도 하였다.

저자들은 일반가구 건물에서 폐사하는 조류를 연간 평균 2억 5,300마리로 추정했다. 이 숫자는 가구당 약 2.1마리에 해당된다. 북미에는 가정집에 조류의 먹이통을 두는 경우가 많다. 당연히 먹이통을 둔 주택에 더 많은 조류가 몰리는 것이 사실이다. 조류 먹이통이 없는 도심지 가정집에서 폐사한 숫자가 전체의 약 33%에 해당되었다. 먹이통이 있는 가정집 당 폐사하는 수가 더 많지만 건축물 전체로 보았을 때 먹이통이 없는 가정집 수가 더 많기 때문에 이런 결과가 나온 것으로 보인다. 먹이통이 없는 시골의 가정집이 전체 폐사율의 31%를 차지하였으며 먹이통이 있는 도심 가정집이 19%로 그 뒤를 이었고 먹이통이 있는 농촌 가정집이 17%로 그 뒤를 이었다. 수집한 두 연구 자료를 분석한 결과 4층에서 11층 정도인 저층 건물에서 폐사한 조류수가 평균 3억 3,900만 마리였다. 이는 건물당 21.7마리에 해당한다. 고층건물에서 폐사한 전체 숫자를 보면 50만 8,000마리 정도로 가장 적지만

건물당 폐사한 수로 보면 평균 24.3마리로 가장 높은 마리에서 최대 9억 8,800만 마리(평균 5억 9,900만 수치를 보였다. 미국 내 모든 건물 형태를 종합해보면 연간 미국에서 폐사한 조류 수는 최소 3억 6,500만 마리)다.

건물 분류	미국 내 평균 건물 수	점 추정치		95% 신뢰구간	
		총 수량	건물 당	총 수량	건물 당
일반가정 (1-3 층)	122.9백만	253.2백만	2.1	159.1-378.1백만	1.3-3.1
11층 이하 저층건물	15.1백만	245.5백만 ^a	16.3 ^a	62.2-664.4백만 ^a	4.1-44.0 ^a
		409.4백만 ^b	27.1 ^b	114.7-1,028.6백만 ^b	7.6-68.1 ^b
12층 이상 고층 건물	20,900	508,000	24.3	104,000-1.6백만	5.0-76.6
총합	138.0백만	507.6백만 ^a	3.7 ^a	280.6-933.6백만 ^a	2.0-6.8 ^a
		667.1백만 ^b	4.8 ^b	349.9-1,296백만 ^b	2.5-9.4 ^b

^a 연구 기준을 충족하는 8개 연구 중 저층건물의 추정치

^b 연구 기준을 충족하는 4개의 연간 연구 중 저층건물의 추정치

<표2> 미국 내 건축물에서 건물충돌로 발생하는 연간 조류 폐사율 추정치. 저층건물에 대해서는 2가지 충돌치를 따로 계산하였다. 본 연구에서 설정한 기준을 충족하는 8개의 저층건물 연구들과 연간 폐사율을 조사한 8개의 저층건물 연구들을 이용하여 두 가지 추정치를 계산하였다.

Bird-building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability Loss 등(2013)

Machtans 등(2013)은 캐나다에서 연간 2,500만 마리(1,600만 마리에서 4,200만 마리 범위) 정도의 조류가 유리창에 충돌하여 폐사한다고 예측하였다. 캐나다의 인구는 3,630만 명 정도지만 건물 수는 10,550,000만 채 정도다. 건물에서 발생하는 폐사 사례를 보면 사례의 90%가 가정주택에서 발생하였고

10%가 약간 안 되는 비율이 12층 이하 저층 건물에서 그리고 약 1% 정도가 고층건물에서 폐사하였다고 한다. 이러한 결과는 가정집 수가 저층 건물이나 고층건물(6,200채에서 연간 건물 당 10.3-16.1마리 폐사)에 비해 월등히 많기 때문이다. 참고로 우리나라의 11층 이상 건물 수는 103,000채 정도고 같은 비율로



전혀 특별한 것 없는, 우리 주변에서 흔히 찾아볼 수 있는 일반 주택 유리창에 들쭉이 충돌하여 폐사했다. 가정 주택에서 발생하는 충돌사고율은 낮으나, 가정집 수가 월등하게 많기 때문에 이를 무시할 수 없다.

계산할 경우 고층건물에서만 106만~166만 마리가 폐사한다고 추정할 수 있다.

우리나라 2016년 국토교통부 건축물 현황에 따르면 약 7백만 채의 건축물 중 65.1%인 4백 60만 채에 가까운 건물이 주거용 건물로 등록되어 있다. 전체 층수로 살펴봐도 62%에 해당하는 건물이 1층 구조물이고, 조류충돌사고가 빈번하게 발생하는 것으로 알려진 4층까지 건물 비율은 전체 94.8%인 6백 70만 채에 육박한다. 캐나다의 가정집 충돌사고율은 연간 2.2마리 수준이다. 현재 우리나라 연간 조류 충돌사고 통계자료나 추정치가 없지만 이러한 건물수로 비교 추정한다면 실로 엄청난 수의 새들이 희생당하고 있음을 알 수 있다.

Dunn(1993)은 가정에서 새에게 먹이를 주는 5,500명의 사람을 대상으로 설문조사를 실시하여 유리창에 충돌하여 죽은 새들을 기록하였다. 북미에서 일 년에 한 가정 당 0.65마리에서 7.7마리 정도가 폐사한다고 보고하였다. Klem(1990)은 미국 내 건물에서 연간 한 마리에서 열 마리 정도 조류가 폐사한다고 기록하였다. 1986년 미국 센서스 조사를 인용해보면 미국 내 가정집, 학교, 상업 건물을 모두 합하면 그 수가 최고 97,563,626채에 육박한다고

기록한다. 이는 매년 미국에서만 건물에서 충돌사고로 폐사하는 조류수가 적게는 1억 마리에서 많게는 10억 마리가 된다는 증거다.

Klem 등(2009a)은 뉴욕 오듀본협회가 맨해튼의 73개 건물 전면을 조사한 자료를 분석하여 결과를 발표하였는데 미국 내 도시환경에서 약 4,000m²당 0.5마리의 조류가 폐사한다고 밝혔으며 이는 총 3,400만 마리의 이동성 조류가 도심지 건물에 충돌하여 폐사한다는 것을 말한다. 그러나 미국 내에서도 도시마다 폐사하는 양상이 다를 수 있다. 그리고 이러한 수치는 더욱 많은 지역에서 수집된 자료를 사용해서 산출해야 한다.

미국조류보호가이드의 조류보호항목(Lebbin 등, 2010)에 따르면 “인간이 주는 스트레스로 인해 숫자가 감소하는 동식물은 그 스트레스 근원을 찾아 없앤다면 개체수를 늘리는데 도움이 될 수 있다. 가능하다면 이런 동물에게 가해지는 스트레스를 낮추는데 노력해야 한다”고 주장하였다. 이는 유리에 충돌하여 죽어가는 새들을 보았을 때 맞는 주장임이 분명하다. 우리 개개인이 유리로 인해 발생하는 희생을 줄이기 위해 할 수 있는 일들이 많다.



유리창 충돌에 빈번하게 희생당하는 것으로 알려진 멸종위기종인 새매

나. 폐사 유형

유리 충돌로 폐사하는 조류의 정확한 폐사율을 파악하기란 어려운 일이다. 충돌사고는 언제든지 발생할 수 있다. 조사 프로그램은 주로 도시에 초점을 맞추고 있다. 집중적인 조사 프로그램이라 할지라도 대개 하루에 한번 정도 지상 층을 방문하거나 특정 장소 일부만을 살펴본다. 이 역시도 철새 이동기에만 실시하는 경우가 많다. 많은 건물 지붕이나 단벽에는 조사원들이 접근하기 어려운 경우가 많다. 일부 연구는 주택 뒷마당에 서식하는 조류를 보고(Klem, 1989; Dunn, 1993)하거나 도심지에서 발생하는 철새 폐사(Gelb와 Delacretaz, 2009; Klem 등, 2009a; Newton, 1999) 정도에 집중되었다. 다른 연구들은 하나 또는 대규모 충돌 폐사사례 부분만을 분석하였다(Sealy, 1985).

충돌사고로 폐사한 새들은 나이, 성별, 크기 또는 건강상태 등으로 구분하여 분류하지 않은 경우가 많았다(사례: Blem과 Willis, 1998; Codoner, 1995; Fink와 French, 1971; Hager 등, 2008; Klem, 1989). 대부분 연구는 철새 이동 시기에 수집된 자료에만 집중하였고 또한 이 연구 자료들은 미시시피 강 동편에서만 주로 수집하였다는 한계가 있다.

다. 위험에 처한 조류종

Snyder(1946)는 로얄 온타리오 박물관에서 유리창에 충돌하여 폐사한 조류를 연구하였다. 폐사한 대부분 새들은 철새거나 "터널 통과조(tunnel flyer)"라고 부르는 새들로 작고 밀집된 공간이나 낮은 위치의 서식지를 날아다니는 성향이 있는 새들이었다. 그와는 반대로 지역 텃새이며 도시에서 쉽게 보는 참새류나 찌르레기의 경우 폐사한 조류 목록에 없었다. 이러한 현상은 오랜 시간 자신이 서식하는 환경에서 유리창 충돌한 경험을 새끼들에게 알려 피할 수 있도록 가르친 결과일 수도 있다. 동물원에서 유리로 된 벽이 있는 장안에 갇혀있는 새들도 특정 유리에 대하여 학습할 수 있으나 일반적인 모든 유리에 대해서 학습할 수 있는 능력은 없다. Daniel Klem 박사는 전 세계에서 유리창 충돌하여 폐사한 조류수 통계 자료를 가지고 있다(이 정보는 <http://tinyurl.com/y9gum3da> 에서 참조). 2015년에는 폐사한 조류가 868종이라는 사실을 웹사이트를 통해 밝혔으며 이중 274종이 미국에서 보고되었다. 이런 조사와 보고 체계는 국가마다 그 정도가 매우 다르다.

Hager 등(2008)은 일리노이 주의 Augustana College 건물에서 충돌로 인해 폐사한 조류와 그



야생동물구조센터 자료에 따르면 여름철새인 솔부엉이(천연기념물)가 가장 자주 충돌사고에 의해 구조되는 것으로 기록되어 있다. 유리창 충돌에 의해 안구가 손상된 솔부엉이



뉴욕타임즈 건물 전면은 FXFOWLE와 Renzo Piano가 설계한 세라믹 막대로 장식하였다. 실내에 있는 사람들이 바깥을 조망하는데 무리가 없으면서 유리가 최소한으로 노출될 수 있도록 하여 열과 빛을 손쉽게 조절하고 새들에게도 안전할 수 있는 건물로 만들었다. 사진: Jleon, wikipedia

종을 주변 지역 밀도와 서식하고 있는 조류종과 함께 비교하는 연구를 진행하였다. 전체 유리 면적, 유리와 가까이 위치한 서식지 그리고 조류의 중간 행동적 차이점 등이 지역 내 서식하는 조류 크기나 개체수, 그 종류에 비해 더욱 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. Kahle 등(2015) 역시 캘리포니아 과학아카데미(California Academy of Sciences)에서 5년 간 수집한 자료를 분석하여 비슷한 결과를 도출하였다. 폐사한 조류들 중 철새가 차지하는 비율이 높지는 않았으며, 연구 지역 중 박물관 근처 서식지에는 수컷이 많이 서식했기 때문에 수컷의 폐사 비율이 높았다. Dunn(1993)은 조류 먹이를 주는 가정에서 겨울 중 수집한 자료를 분석한 결과, 먹이통을 설치한 가정이 많은 지역에서 유리에 충돌해 폐사하는 새들이 더 많다는 사실을 알 수 있었다. Dunn은 유리 면적이 1m²가 넘지 않은 유리창에서 폐사한 새들은 매우 적다는 사실과 더불어 유리 크기가 커질수록 폐사하는 새들도 많아진다는 사실을 알게 되었다.

흰목참새, 가마새(Ovenbird), 명조류 일종인 노란목솔새 등은 도시지역에서 발견되는 조류 순위 목록에서 꾸준히 10위 안에 들었다. 이 종류의 새들이 조명에 더욱 강한 반응을 할 가능성이 있으며 이러한 이유로 인해 도시 지역에서 이동을 멈추고 서식할

가능성이 있다. 그러나 이는 앞으로 확인되어야 할 과제다.

Loss 등(2013)은 노란죽지솔새, 오색멧새, 캐나다솔새, 숲지빠귀, 아메리카 솔새 일종인 센터키솔새, 식충성 명조류 등과 같은 보호종도 건물에 충돌하여 많이 폐사하는 조류로 밝혀냈다. Hager(2009)는 미국 내 도시지역에서 유리에 충돌하여 폐사한 조류 중 45%가 맹금류라는 것을 알게 되었고 이는 가는다리새매(Sharp-shinned hawks), 쿠퍼새매(Cooper's hawks), 쇠황조롱이, 매 등의 죽음에 큰 원인이 되는 것으로 나타났다. 대부분의 유리 충돌사고 자료가 미국 동부에서 수집되었기 때문에 이 목록에 포함된 새들은 자료가 수집된 지역에 서식하는 새들로만 편향된 경향이 있다.

우리나라 야생동물구조센터에서 자주 구조되는 조류는 여름철새인 솔부엉이를 비롯하여 황조롱이, 멧비둘기와 직박구리, 소쩍새와 수리부엉이 등으로 나타났다(표1 참고). 특히 폐사한 조류 중 맹금류가 전체 37.3% 이상을 차지하였다.

한편 일부 방음벽 충돌조사 현장에서는 직박구리나 멧비둘기, 물까치나 박새, 참새 등이 빈번하게 폐사하는 것으로 나타났다. 야생동물구조센터에서는 주로

살아있는 조류만 구조하는 경향이 있어 폐사가 많이 발생하는 피해 현장조사와는 상당한 수준의 폐사종 차이가 나타나는 것으로 보인다.

라. 건물의 특성

1) 유리의 사용량

Klem 등(2009a)은 맨해튼의 건물들을 연구한 결과 건물 전면에 사용된 유리 양이 충돌사고로 인한 조류 폐사율을 예상할 수 있는 가장 확실한 수단이라는 사실을 알게 되었다. 유리 사용량이 10% 늘어나게 되면 봄에 폐사하는 조류수가 19% 늘어나며 가을에는 32%까지 늘어난다는 것을 알 수 있었다. 그러나 그러한 결과를 얼마나 정확하게 다른 도시에서도 적용할 수 있는지는 아직 미지수다. 일리노이 주의 밀리킨대학교(Millikin University)에서 조류 충돌을 연구하고 있는 콜린(Collin)과 혼(Horn)(2008)은 사용한 유리 총 면적과 대형 유리 존재 유무가 조류 충돌사고 발생 정도를 예상하는데 도움이 된다고 밝혔다. Hager 등(2008, 2014) 역시 Dunn(1993)과 Kahle 등(2015)과 같은 연구결과를 발표하였다. 그러나 건물 전면 유리의 수나 크기, 형태나 설치간격 등과 같은

부분(이러한 부분들은 시각적 장애물의 한 형태다)은 아직 자세히 연구되지 않았으며 차후 연구에 중요한 부분이 될 수 있다.

2) 1일 시간대

대부분 조사 프로그램은 철새 이동 중 발생하는 충돌을 조사하기 위해 이른 아침에 실시한다. 주로 인도를 청소하기 전 새벽에 실시하는 게 좋다. 하지만 이러한 조사방법으로 인해 야간에 이동하는 철새들이 조명이 밝은 건물에 충돌하거나 이른 아침에만 충돌한다는 오해를 불러일으킬 수 있다는 지적이 있다. 그러나 충돌은 이때뿐만 아니라 밝은 낮에도 일어날 수 있다. 그리고 "새벽"이라는 단어에 대해서도 새로운 정의가 필요한데 Thomas 등(2002)은 일부 조류는 인간이 하늘빛을 인지하여 새벽이라고 여기는 시간보다 더 이른 시간에 활발하게 활동한다는 사실을 발표하였다.

일리노이 주 북서쪽의 텃새 개체군 충돌 사례를 6월에서 8월 초까지 살펴본 결과 폐사한 새의 66%가 동틀 녘에서 오후 4시 사이에 폐사하였으며 오후 4시에서 자정까지는 충돌이 없었던 것으로



신규 방음벽 설치에 따라 충돌 폐사한 흰등새. 이렇게 작은 조류들은 조사에서도 발견되기 어렵거나 주변 포식자에 의해 쉽게 사라지는 경향이 있다.



도심 숲에서 많이 번식하는 소쩍새는 인근 카페테리아 등의 유리에 자주 희생당한다. 번식 개체군인 성체 폐사는 개체군 집단 크기에도 큰 영향을 미친다.

나타났다(Hager와 Craig, 2014). 또 다른 연구에서는 이른 아침과 오후 사이에 발생하는 충돌을 살펴보았는데 오전 중에 충돌이 가장 많이 일어났던 것으로 확인되었다(Delacretaz와 Gelb, 2016). 이러한 사실은 펜실베이니아 주 오듀본협회가 실시한 조사를 통해서 증명되었다. 이른 아침,

새 차례에 걸쳐 새들이 날아가는 경로들을 따라가 살펴보았는데 각 경로(Keith Russell, 비공식 정보)마다 폐사한 새들이 발견되었다. 사람이 거주하거나 업무를 보는 건물에서는 오후 시간대(Olson, 개인 의견)에도 충돌한다고 보고하였다.

3) 지역 조경

Gelb와 Delacretaz(2006, 2009)는 맨해튼 건물들의 전면에서 발생한 충돌 자료를 평가하여 광범위한 식생을 반사하는 유리가 식생을 반사하지 않는 유리에 비해 조류 충돌사고가 빈번하다는 것을 밝혔다. 충돌사고가 가장 빈번한 10개 건물 중 4개 건물은 저층 건물이었다. Klem(2009)은 맨해튼 건물들의 전면과

직접적인 연관이 있는 공간(space) 변수가 충돌 위험 요소라 보고 이를 측정하였다

가을에는 나무 높이와 식생 높이가 높아짐에 따라서 조류 건물 충돌 위험 정도도 높아졌다. 가을에 나무나 식생 높이가 10% 올라가면 조류가 건물에 충돌할 비율은 각각 30% 그리고 13%가 높아졌다. 봄에는 나무 높이만이 큰 영향을 미쳤고 나무 높이가 10% 높아지면 충돌 위험이 22% 정도 높아지는 것을 볼 수 있었다. 그러나 가장 가까운 구조물과의 거리로 정의되는 "표면지역(Facing Area)"이 늘어날수록 봄에는 충돌율이 늘었으며 가을에는 오히려 줄어드는 결과를 볼 수 있었다. 식생 확대는 서식하는 조류 숫자가 늘거나 건물 유리에 식생 모습이 반사되는 경우가 많아져 충돌사고가 늘어나는 원인이 되는 것으로 보인다.

Bayne 등(2012)은 조류 유리창 충돌 위험 정도는 위치(도시 대 농촌, 주택 대 아파트, 먹이통 유무 여부, 주변 지역 형성 시기 정도)에 따라서 달라진다고 밝혔다. 그들은 설문조사를 통해서 농촌 지역에 거주하는 사람들이 도시 지역에 비해서 조류 충돌을 더 많이 경험한다는 것을 알았다. 조류 먹이통이 있는 경우가 없는 경우에 비해서 2배 이상 충돌사고가 많았다는 사실도 확인하였다. 도시지역은 주변 지역에

오래된 나무가 많은 상대적으로 조성된 지가 오래된 지역일수록 충돌이 빈번하였다. 충돌빈도는 계절에 따라서도 달랐는데 가을에 24%, 여름 35%, 봄 25%, 겨울 16% 정도로 나타났다. 충돌하여 죽는 경우도 가을이 26%, 여름 31%, 봄 26%, 겨울이 17%로 기록되었다. 이때 보고된 종은 총 48개종이었다.

Hager 등(2013)은 조류 충돌사고로 폐사하는 조류를 예측하는 연구가 조류 충돌이 모든 건물에서 비슷한 빈도로 발생한다는 가정 하에 이루어진다고 발표하였다. Klem도 이와 비슷한 주장하였다. 그러나 이들은 존재하는 모든 건물에서 발생하는 충돌로 인한 조류 폐사는 건물 특성이나 토지, 서식지 종류, 물, 포장도로와 같은 주변 지역 환경 등에 영향을 받는다고 주장하였다. 이들은 건물을

무작위로 선정하여 연구를 하였으며 연구 범위를 북미 다른 지역으로도 확대했다.

마. 조류의 시력과 충돌

맹금류와 같은 조류는 예리한 시력을 가진 것으로 유명하다. 그러나 조류 시각은 생각보다 훨씬 복잡한 구조다. 인간은 색깔을 구분하는 데 있어 세 가지 종류의 색 영역에 의존한다. 그러나 조류는 네 가지 색 영역을 가지고 있고 컬러필터까지 가지고 있으므로 인간에 비해 더 많은 색깔을 구분한다(Varela 등 1993).

새들도 종에 따라서 보는 시각에 조금 차이가 있다. 어떤 새들은 보라색까지만 인지하는가 하면

참새목(passerines)과 같은 대부분 조류는 자외선 파장대를 볼 수 있다(Ödeen과 Håstad, 2003, 2013).

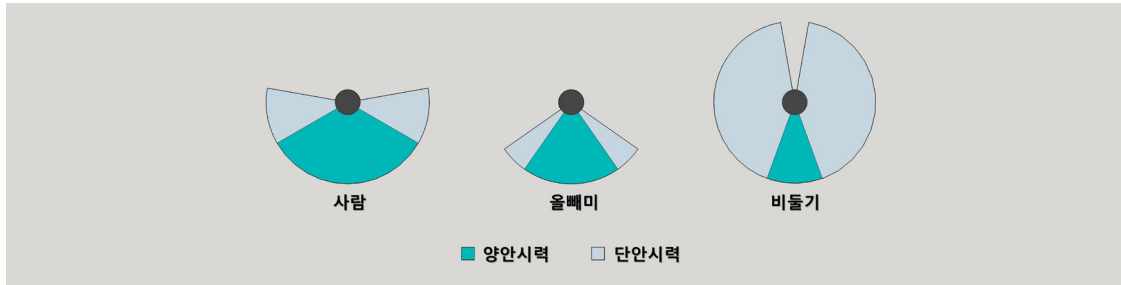
자외선은 어떤 색상에서나 볼 수 있다(Cuthill 등2000). 인간은 빨강, 노랑 또는 빨강+노랑을 볼 수 있지만 새들은 빨강+노랑을 넘어 빨강+자외선, 노랑+자외선, 빨강+노랑+자외선 등과 같이 이름 없는 색깔도 볼 수 있다. 모든 물체는 자외선과 기타 파장을 눈에 보이는 파장대와 함께 흡수하고 반사하고 내뿜는다. 그래서 조류는 볼 수 있으나 사람은 보지 못하는 자외선 패턴을 유리에 입히는 것이 충돌을 막는 좋은 방법으로 거론된다. 그러나 유리에 자주 충돌하는 맹금류, 비둘기, 딱따구리, 벌새와 같은 조류는 자외선 패턴을 인식하지 못할 수 있다(Håstad와 Ödeen, 2014). 많은 새들은 아직



화려한 색의 물총새



사람과 조류는 서로 색 감각이 다르다. 특히 조류는 자외선 영역 인식능력이 인간에 비해 뛰어나다고 알려져 있다.



동물들은 먹이확보와 포식자 감시 등을 위해 다양한 시야로 적응하였다. 인간과 포식자인 올빼미는 전방 집중적 시야를 갖는 반면 포식동물을 피해야 하는 비둘기 등의 시야는 매우 넓게 형성되어 있다. 다만 3차원 인식이 가능한 양안시야 영역이 좁게 형성되어 유리창 등의 구조물 인식이 쉽지 않다.

자외선이 강하지 않은 이른 아침에 활발히 활동하는 경우가 많다.

인간과 다른 영장류는 납작한 얼굴을 가지고 있으며 눈이 서로 가까이 붙어있다. 그러므로 인간과 같이 시야가 겹쳐서 보이는 경우 거리 감각이 뛰어나고 앞의 사물을 잘 인식한다. 대부분 새들은 머리 측면에 눈이 위치해 있어서 훌륭한 측면 시야를 갖는다. 하지만 심도인지력은 매우 떨어져서 부리 끝 지점 정도의 한계점을 갖는데, 이는 먹이여부를 판단하기 위한 최소한 거리 때문으로 추측된다. 바로 앞 물체는 인식하지 못할 수 있지만(Martin 2011, 2012) 옆이나 뒤에서 쫓아오는 천적은 인식한다는 것이다. 대부분 조류는 자신 옆쪽을 가장 예리하게 볼 수 있다. 입체적인

시각 없이 새들은 "시각적 유동장(visual flow field)"이라는 것을 이용하는데 측면의 환경적인 요인을 살펴 자신의 속도를 감지하고 얼마나 멀리 날아왔는지를 판단한다(Bhagavatula 등2011). 조류가 유리창 충돌하는 것은 전방 인지능력이 떨어지므로 유리창이 있는 부분이 빈 공간이라 인식하여 발생한다고 볼 수 있다.

새들은 보이는 이미지를 인간보다 빨리 처리한다. 인간은 연속적 움직임을 영화처럼 보지만 새들은 빨리 깜빡이는 이미지 정도로 인식한다(D'Eath, 1998; Greenwood 등2004; Evans 등 2006). 사람의 경우 60Hz 정도를 인식하는 것이 일반적이지만 많은 조류는 120~140Hz 이상을 인지한다. 빠른 비행 과정에서



맹금류인 수리부엉이와 포식동물인 회색기러기의 안구 위치. 회색기러기는 구조적으로 3차원 인식이 쉽지 않다.

찰라의 속도에 주변 사물을 인지해야 하는 것이 많기 때문이다.

이런 구조로 인해 새들은 복잡한 서식지를 날아가면서 예상치 못한 장애물을 발견하였을 때 빠르게 피해갈 수 있다. 그러나 공간 대조 감도(spatial contrast sensitivity)의 경우 인간이 조류보다 우수한 능력을 가지고 있다(Ghim과 Hodos, 2006). 대조 감도란 "관찰자가 가까이 있는 사물의 질고 열음을 상대적인 감도로 인지하는 능력"을 말한다. 이러한 조류의 시각적 한계 때문에 인간에게는 보이지 않으며 조류만이 인식할 수 있는 특정 장애물을 만들기가 어려울 수 있다.

바. 조류의 방향감각과 지구의 자기장

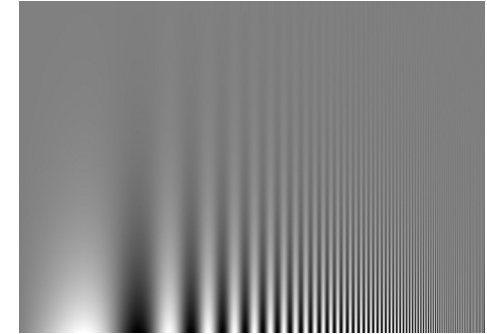
1960년대에 철새가 태양 신호, 편광(polarized light), 별, 지구 자기장, 눈에 띄는 지형지물 등을 통해 방향을 찾는다는 점이 밝혀졌으며 냄새를 통해서도 방향을 인지한다는 견해가 있었다. 정확히 어떻게 인식을 하는지 그리고 조류종에 따라 어떤 차이가 있는지는 여전히 연구하고 있는 분야다(조류 방향 감각 자료는 Wiltschko와 Wiltschko(2009) 논문 참조).

지구 자기장은 방향과 위치 정보를 제공한다.

야간에 이동하는 철새를 비롯한 대부분 조류에게는 지구 자기장 인식이 가능한 구조가 망막에 있다. 이 구조물은 빛을 이용하여 방향을 감지하는 것이다. 이 자기장 감지 능력은 특정 파장대의 빛에 의지한다. 실험을 통해 알아낸 바로는 긴 파장의 경우 방향감각을 방해하고 약하고 짧은 빛 파장이 방향을 인지하는데 도움이 된다고 한다(Wiltschko 등 2007). 이 연구는 실험실에서 진행되었으며 이러한 결과가 실험실 밖에서는 어떤 결과를 보일 지가 매우 중요하다.

도심환경 전역에서 발생하는 인위적인 전자 소음은 매우 낮은 강도에서도 유럽올새의 자기장 방향감각을 방해한다는 사실을 알아냈다(Engels 등2014). 이러한 발견은 야간 인공조명을 줄여 조류 충돌을 막는 전략에 심각한 영향을 미칠 수 있으며 추가적인 연구를 위한 우선순위가 되어야 할 것이다.

새들에게 위치 정보를 제공하는 두 번째 자기장 감지 능력은 이미 밝혀졌지만 자세한 내용은 아직 연구 중이다(보다 자세한 자기수용(magnetoreception)과 철새의 이동 시 활용에 관한 내용은 Mouritsen(2015)의 연구내용을 참조).



대비감도란 대비도가 낮은 패턴을 볼 수 있는 한계를 측정하는 것이다. 개개인의 대비 감도는 이 사진에서 보이는 막대가 아치 형태로 보이는 정도를 통해 측정할 수 있다. 가장 높은 정확한 곡선부 위치는 바라보는 사람이 사진과 얼마나 멀리 떨어져 있느냐에 따라 달라질 수 있다. 아치 내부 넓이는 보는 사람이 가까이 있을수록 넓게 보인다. 같은 거리에서 측정한다면 새들이 인식하는 아치 내 넓이는 사람에 비해 좁다.

사진: Izumi Ozawa, 버클리 대학교 신경과학 연구소(Berkeley Neuroscience Laboratory) 제공

사. 조류와 빛공해

불빛으로 인한 조류 집단 폐사가 처음으로 보고된 곳은 등대다. 그러나 이러한 집단 폐사는 무지향성의 지속광이던 등대 조명을 회전 조명으로 교체한 후 사라졌다(Jones와 Francis, 2003). 깜빡이는 조명은 새들이 이동하는데 방해가 되지 않았으며 이러한 조명 유형은 교도소 감시탑에서도 사용한다(Gehring 등 2009). 고층 건물에만 강조하여 시행하는 “소등” 운동은 도심지 곳곳으로 확대되어야 더욱 큰 효과를 볼 수 있다. 도심지 곳곳에서부터 주차장까지의 다양한 조명들이 조류 행동에 영향을 주고 도심지에서 새들이 방향을 잃고 헤매면서 조난을 당할 수도 있기 때문이다(Gauthreaux와 Belser, 2006). Evans-Ogden(2002)은 8층 건물에서 72층 건물까지 16개 건물을 선정하여 야간에 사용하는 조명수와 강도를 측정하였다. 이는 조류 폐사에 직접 연관이 있는 것으로 나타났으며, 건물 조명 양이 건물 높이(물론 건물 높이도 한 원인이다)에 비해 더욱 정확한 지표라는 것을 밝혀냈다. Parkins 등(2015) 역시 자신의 연구에서 비슷한 결과를 발표하였다.

조명과 안개 그리고 태풍 등이 동반된 철새들의 대량 충돌은 자주 보고되었다(Weir, 1976; Avery 등

1977; Avery 등 1978; Crawford, 1981a, 1981b; Gauthreaux와 Belser, 2006; Newton, 2007)]. 그러나 이제는 이러한 요인들이 절대적인 조류 충돌 원인이라고 볼 수는 없다. 워싱턴 기념탑이나 자유의 여신상 같은 높은 구조물에서 조류 충돌이 있었던 시절과 비교해 현대 야간경관이 너무 많이 변한 까닭일 수도 있다. 이러한 구조물은 한때 어둠 속의 이정표와 같은 존재였지만 이제는 엄청난 빛 공해의 일부에 지나지 않는다. 여전히 교도소 감시탑 등에서 야간 조류 충돌사고가 보고되고 있지만 많은 수의 조류 건물 충돌은 낮에 주로 발생한다(Hager, 2014; Kahle 등, 2015; Olson, 비공식 정보).

아. 조명 색깔과 조류의 방향성

1940년대부터 사용된 운고계(ceilometer)는 강력한 불빛을 사용하여 구름 높이를 측정하는 장치다. 이 장치를 사용한 후 많은 조류가 폐사하였다. 파장 길이가 긴 붉은 색을 걸러내고 파란색이나 녹색을 사용하였을 때 조류 폐사를 크게 줄일 수 있었다. 그러나 이때 파란색과 녹색 채도가 같았는지는 알 수 없다. 이후 고정식이었던 운고계 조명을 회전 방식으로 교체하여 철새에게

미치는 영향을 없었다(Laskey, 1960). 1990년대 들어 복잡하고 다양한 연구들을 통해 새들은 지구 자기장을 인식하기 위해 불빛이 필요하다는 사실을 밝혀냈다. 새들은 단색인 파란색이나 녹색 불빛 영향 하에서 정확하게 방향을 인식할 수 있었다. 그러나 파장 길이가 상대적으로 긴 노란색이나 빨간색은 새들이 방향을 잃는 원인이 되었다(Rappli 등, 2000; Wiltschko 등, 1993, 2003, 2007). Wiltschko 등(2007)은 녹색에서 자외선으로 채도가 감소할 때 새들이 방향을 잃는 모습을 보였다고 주장하였다. 이러한 방향감각 상실은 상대적으로 빛 채도가 낮을 때 관찰할 수 있었으며 맑은 하늘에서 해가 뜨기 약 30분 전에 관찰할 수 있었다.

Poot 등(2008)은 철새가 여러 가지 다른 색깔의 빛에 노출되었을 때 연구실에서 보였던 반응과 같은 반응을 보인다고 주장하였다. 새들은 흰색과 빨간빛에 강하게 반응하였으며 방향감을 잃는 것으로 보였고 흐린 날 그 반응이 더욱 심했다. 녹색에는 반응이 적었으며 방향감을 잃는 일도 적었다. 파란색에도 새들은 작은 반응을 보였으나 방향감을 잃지는 않았다. 새들은 적외선에는 아무런 반응을 보이지 않았다. Evans 등(2007) 역시 여러 가지 다른 색깔의 빛으로 실험을 하였으나 빨간색에는 새들이

반응하지 않았다. 그러나 실험에서 사용했던 빨간색 채도가 다른 파장의 채도보다 낮았으며 채도가 강한 빨간 빛을 시험에서 반복적으로 사용하였을 때 새들이 반응한다는 사실을 알 수 있었다(Evans, 비공식 정보 2011).

북대서양(Wiese 등 2001), 멕시코 만(Russell, 2005)과 북해(Poot 등 2008)에서 근무하는 과학자들은 해상 시추시설에서 사용하는 밝은 조명으로 인해 새들이 야간에 조명 주변을 원을 그리며 날거나 폐사하는 일들이 많다고 보고하였다. 북해의 시추 시설에서 일하는 Marquenie 등(2013)은 시추 시설 조명으로 인해 최고 5km 반경 내 있는 새들이 그 영향을 받는다고 하였다. 붉은 빛을 최소한으로 방출하는 전구로 교체한 후 새들이 시추선 주변을 원을 그리며 나는 행동이 50%나 줄었다고 한다. 과학자들은 시추선 조명을 모두 교체할 경우 새들이 이렇게 몰려오는 행동이 90% 이상 사라질 것이라고 예상한다. Gehring 등(2009)은 통신타워 조명을 지속적으로 흰색 빛이나 붉은색을 내는 조명에서 깜빡이는 조명으로 교체할 경우 통신타워에서 폐사하는 조류수를 줄일 수 있다고 주장하였다. 맨해튼 911 테러 추모 조명에서도 새들이 조명 주변으로 많이 모여들면 조명을 잠시



미국 펜실베이니아 주 파우더밀에 있는 조류충돌 터널 시험시설. 뒷면이 터널의 골격이다.
사진: Christine Sheppard, ABC

동안 꺼서 새들이 방향감을 찾을 수 있도록 한다(Elbin, 2015, 비공식 정보). 일정하게 반복적으로 조명을 꺼 어둡게 하거나 지속적으로 비추는 조명을 깜빡이는 조명으로 교체할 경우 새들을 보호하는데 도움이 된다. 아직 더 연구가 이루어져야겠지만 다양한 색의 조명을 사용하는 방법도 도움이 될 수 있다.

자. 연구: 충돌 예방

조류가 유리를 인식할 수 있도록 신호를 개발하는 연구는 1989년 Daniel Klem 박사에 의해 시작되었다. 새장 안에서 유리패널을 이용하여 양분선택 프로토콜로 실험한 결과 Klem(1990)은 "맹금스티커" 실루엣 등을 사용할 때는 그 부착패턴을 밀집된 형태로 5cm에서 10cm 사이를 두고 적용해야 효과가 있다고 주장하였다. 또한 부엉이 모형, 깜빡이는 장식 조명, 척추동물 눈 그림과 같은



파우더밀 조류충돌실험 시설. 뒤편에 보이는 연하늘색 무늬가 터널 안 조류가 바라보는 하늘무늬다. 내부를 관찰하는 영상을 통해 조류 충돌 위험률을 찾아낸다.

사진 : <http://wildlifeleadershipacademy.org/bird-collisions/>

제품을 한두 개 붙이는 것은 효과가 없다고 밝혔다. 2.5cm 정도 폭으로 흰색 격자 형태나 줄무늬 패턴을 패턴 간 여러 거리 간격을 적용하여 시험하였다. 그 결과 세 가지 형태만이 효과가 있었는데 7.5 x 10cm 격자 패턴, 10cm 정도 사이를 두고 만든 세로 줄무늬 패턴 그리고 유리 표면 전체에 적용한 2.5cm 정도 사이를 두고 만든 가로 줄무늬 패턴이었다(Klem의 자세한 연구결과 요약은 collisions.abcbirds.org 참조).

Klem의 연구결과를 더욱 발전시켜 Rössler는

오스트리아에서 2004년부터 현재까지 시행하고 있는 시험 프로그램을 개발하였다(Rössler와 Zuna-Kratky, 2004; Rössler, 2005; Rössler 등, 2007; Rössler와 Laube, 2008; Rössler, 2010; Rössler, 2012; Rössler, 2013). 비엔나 외곽의 Hohenau Ringelsdorf 생물학 연구소의 The banding center는 실험 때 마다 많은 조류 연구사들을 제공한다. 때로는 특정 패턴을 채도가 서로 다른 조명들을 이용하여 비교하기도 한다. 이 프로그램은 시각적인 표시 간격, 방향, 크기 등을 평가하는 데 초점을 둔다. 실험은 새를 터널 안에 넣어 새들이 터널 안에서 두 개의 유리를 볼 수 있도록 하는 것이다. 두 개의 유리 중 하나는 아무런 처리를 하지 않은 일반 유리고 다른 하나는 패턴을 입힌 유리다. 실험은 조류가 일반 유리로 날아가는지 아니면 패턴이 입혀진 유리로 날아가는 지를 관찰한다. 이 때 유리 앞에는 촘촘한 안개그물을 설치하여 새들이 유리에 충돌하지 않도록 조치를 취하고 실험이 끝나면 새들을 터널에서 꺼낸다. 이 프로젝트는 단순히 어떤 유리가 조류 충돌을 막는데 더 효과적인지를 판단하는 것뿐만이 아니라 유리에 최소한으로 적용하여 효과를 입증할 수 있는 패턴이 무엇인지를 밝히는 데도 그 목적을

둔다. 현재 특정 패턴은 유리 면적 5% 정도에만 적용하였음에도 불구하고 매우 효과적이라는 결과를 볼 수 있었다(Rössler의 연구 결과는 collisions.abcbirds.org 에서 참조).

Rössler의 연구결과를 바탕으로 미국조류보전협회(ABC)는 뉴욕 오듀본협회, 야생동물보전협회, 카네기 박물관 등과 함께 파우더밀 자연보호구(Powdermill Nature Reserve)의 banding station에 터널 시설을 만들어 상업적으로 판매되는 제품들을 실험하였다. 첫 번째 실험에서는, 표면 전체를 자외선 반사체로 만든 제품은 새들을 보호하는데 그리 효과적이지 못하였다. 자외선 관련 제품들은 대조가 중요한 요소로 보였다. 5×10 법칙에 따라 유리에 프리트 패턴을 입힌 제품은 좋은 점수를 받았다(파우더밀에서 실시한 시험 결과는 collisions.abcbirds.org 참조).

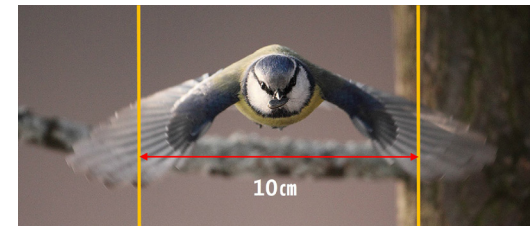
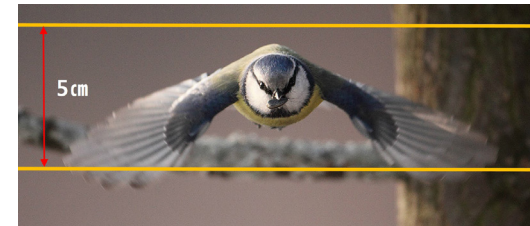
미국에서 생산된 대부분 투명 유리는 바깥 표면에 직각으로 떨어지는 빛의 96%를 통과시키고 4% 정도는 반사시킨다. 유리 표면에서 반사되는 광량은 빛이 표면에 닿는 각이 작을수록 커졌는데 투명한 유리는 빛이 들어오는 각도가 70도 이상일 경우 50%

정도 입사광선을 반사시켰다. 유리 안쪽 빛은 일부가 반사되었고 일부는 통과하였다. 유리 안쪽에서 통과한 빛과 바깥쪽에서 반사된 빛의 상대적 채도는 빛을 바라보는 각도와 함께 결합되어 유리가 투명해지는지 주변 환경을 거울처럼 비추는지가 결정된다. 유리 안쪽 패턴이나 사물은 때로는 보이지 않을 수 있다. 이렇게 변화무쌍한 광학적 특징은

유리 바깥쪽 패턴이 유리 안쪽 패턴에 비해서 더욱 효과적이라는 주장을 뒷받침한다. 지주 없이 서있는 유리, 건물에 설치된 유리, 유리 반사작용 등의 모델을 제작하여 실제 실험에 사용하였다[지주 없이 서있는 유리 실험 프로토콜은 Hohenau에서 개발하였으며 파우더밀에서 실시한 실험 프로토콜은 collisions.abcbirds.org에서 확인할 수 있다].

5 x 10 규칙

충돌사고의 가장 큰 희생양인 명조류 연구를 통해 명조류를 보호하기 위해서는 선과 선 사이 간격이 반드시 5cm 미만이어야 한다는 사실을 알 수 있었다. 수직선 간격은 반드시 10cm 미만이어야 한다. 이러한 차이점은 조류 몸집 모양의 차이에서 나온다(별새를 보호하기 위해서는 간격이 더욱 좁아야 한다). Schiffner 등(2014)은 사랑앵무(budgies)들은 자신의 몸 크기를 알고 있다고 주장하였다. 터널을 날 수 있게 훈련 받은 앵무새는 아주 좁은 공간을 날아가려는 시도를 하였고, 특히 공간 폭과 자신의 크기를 비교하여 날아가는 자세를 거기에 맞게 조절하였다. 이러한 점이 마치 조류의 일반적인 특징으로 보이며 이러한 점은 복잡한 환경을 날아가는데 유용한 부분이다. Bhagavatula 등(2011)은 동일한 터널 환경을 만들어 광학적인 부분이 새들이 날아가는데 어떠한 영향을 미치는지 실험하였다. 새들은 두 눈을 사용하여 보이는 이미지(새의 옆 이미지)를 통해 속도 균형을 조절하는 것으로 보였다. 이러한 점은 인간은 앞에 보이는 것을 통해 세상을 경험하고 조류는 날아갈 때 자신의 앞에 있는 것들에 집중하지 않는다는 Martin(2011)의 주장을 뒷받침해주는 실험이었다.



7. 충돌 문제 평가하기— 건물 소유주를 위한 도구



건물 유리창에 광량과 사생활 보호를 위해 설치한 블라인드나 버티컬 등도 조류 유리창 충돌을 예방하는데 도움이 된다.

건물 일부분만이 조류 충돌 원인이 되는 경우가 많다. 원인을 개선하기 위해서는 평가와 자료화가 필요하다. 일부 시설에 대한 개선작업은 건물 전체를 개조하였을 때만큼 효과를 기대할 수 있고 비용 또한 절감할 수 있다. 조류 폐사 유형과 충돌원인이 되는 환경 요소 자료는 개선작업에 필수적 요소다. 건물 관리 인력은 근무 중 폐사한 조류를 자주 목격할 수 있으므로 좋은 정보를 제공할 수 있다. 건물 유리 가까이에서 근무하는 직원은

새들이 유리에 충돌하는 것에 대해 잘 인지하고 있을 수도 있다.

정기적으로 실시하는 조사를 통해 조류 폐사 규모나 유형 정보뿐만 아니라 개선작업에 필요한 기초를 마련하기도 한다. 가장 효율적인 조사 프로그램은 지속적인 노력을 통해 정확한 충돌위치 및 폐사 조류 정보가 필요하다. 조사 결과를 토대로 폐사율을 줄이려면 특별히 아주 높은 폐사율을 보이지 않는 이상 최소 18개월간 장기 조사 자료가 필요하다(간단한 조사기록에서부터 정교한 조사기록까지 모든 조사

자료들은 collisions.abcbirds.org에서 참고할 수 있다).

가. 해결방법

새들에게 안전한 유리를 만들기 위해서는 여러 가지 요인을 고려해야 한다. 아래 도표(표3)는 공통적으로 사용하는 해결방법의 효과, 비용, 적용 용이성, 내구성, 필요한 유지보수 등의 항목으로 나누어 비교한 것을 보여준다. 유리 외부에 적용한 패턴은 반사, 투명성, 통로 효과 등과 같은 문제점을 해결하는데 도움을 준다. 5×10 규칙 안에서도 조류에 친화적인 패턴을 만들 때 여러 가지 다른 방법을 시도할 수 있다. 패턴 적용 시 선 두께가 최소한 0.6cm가 되는 것을 추천하며 이때 선이 수평이든 수직이든 상관없다. 패턴과 배경 사이의 명암은 중요한 요소이며 디자이너들은 시간대에 따라서 배경으로 있는 건물 실내, 하늘, 식생 등은 다르게 보일 수 있다는 점을 고려해야 한다.

아래에 명시된 질문은 조류 충돌 원인과 다른 중요한 요인을 밝히는데 도움이 되는 평가 및 자료화 과정을 위한 지침이다.

자 재	효과	비용	적용성	외관	사용 가능기간	유지보수
계절적, 임시 해결	*****	\$	*	*	na	na
네팅	*****	\$\$	**	***	****	***
유리창 필름	*****	\$\$\$	****	*****	***	****
방충망(스크린)	*****	\$\$	***	****	*****	****
셔터	*****	\$\$\$	***	****	*****	****
창살	*****	\$\$\$	****	*****	*****	****
유리 교체	*****	\$\$\$\$\$	*****	*****	*****	****
5개별/달러=	매우 효과적	고비용	용이함	세련됨	장기 가능성	최소유지

<표3> 개선작업에 필요한 요소별 비교표



계절적으로 안개 등이 자주 끼는 시기에는 가로등 영향이 크게 발생할 수 있다. 안개로 인해 새들이 아래로 비행하는 경향이 강해지며, 굴절된 불빛을 멀리서 볼 수 있기 때문이다.

나. 계절적 시기

조류 충돌사고가 주로 철새 이동시기, 새들이 새끼를 키우는 기간 또는 일 년 내내 발생하는가? 만약 조류 충돌이 대부분 짧은 시기에만 일어난다면 비용 부담이 적은 임시 조치를 하여 그 시기에만 사용하고 이후에는 제거할 수 있다. 어떤 새들은 특히 봄 시기에 유리에 자신이 비친 모습을 보고 공격할 수 있다. 그러나 이것을 충돌이라 보기 어렵다. 까치나 직박구리, 박새와 같이 세력권을 주장하는 수컷은 스스로 유리에 비친 모습을 보고 경쟁 수컷으로 인식한다. 이런 개체들은 유리창에 부딪쳐 다치지 않으며 유리 반사 현상을 잠시 막으면

금방 해결된다. 유리창에 종이를 붙이거나 비누를 바르는 것도 효과적이다.

다. 날씨

조류 충돌이 안개가 끼거나 흐린 날 많이 발생하는가? 이러한 경우 조명이 원인일 수 있다. 이런 경우 날씨가 안 좋은 날 건물 관리인에게 조명을 끄게 하는 것을 권장한다.

라. 주간 시간대

조류가 특정 시간대에만 충돌하는가? 하루 중 시간대에 따라 유리 외관은 직간접적 조명이나 태양 각도에 따라 크게 변할 수 있다. 이러한 시간대에 차광막 등을 사용하면 간단히 문제를 해결할 수 있다.

마. 위치

건물에 조류가 많이 충돌하는 특정 유리창 또는 건물외벽이 있는가? 만약 있다면 해당 부분만을 개선하면 비용 효과를 볼 수 있다. 유리가 조류 보금자리와 먹이가 있는 곳 사이를 날아다니는 경로에 있는가? 아트리움, 안뜰, 유리로 된 건물을 이어주는 통로와 같은 곳에 유리를 통해 식물이 보이는 지역이 있는가?

새들을 유리로 날아들게 할 수 있는 건축적 또는 조경 요소가 있는가? 이러한 요소들은 짙은 식생으로 경계가 이루어진 벽이나 바위가 드러난 부분 또는 통행로 등과 같은 것들이다. 유리 가까이에 유리쪽으로 유혹할 만한 유실수, 배리류 관목이나 다른 식물이 있는가? 이런 유리가 있다면 가장 빨리 개선해야 한다. 유리 자체를 개선하거나 살아 있는 조경 요소나 비생물적 물체를

활용한 조경 요소를 이용하여 먹이자원과 유리창 사이를 가리는 것도 한 방법이다.

바. 텃새 개체수

지역 내에서 어떤 새들이 주로 발견되는가? 지역 조류보호단체나 자원 봉사자들을 통해 지역적 텃새 종류와 개체수는 얼마나 되는지, 지역 내 비행경로는 어디인지를 조사하는데 도움을 받을 수 있다. 국립생태원 또는 국립생물자원관이나 지역 대학이나 조류 관련협회, 탐조단체 등은 많은 도움이 될 수 있다.

사. 개선작업 이후 조사

조사 프로그램은 개선 작업 후 최소 18개월 동안은 지속되어야 하며 최소한 조류 충돌사고가 가장 빈번한 두 계절(도심지역에서는 가을, 농촌 지역에서는 봄이나 여름이 충돌사고가 가장 빈번히 일어나는 시기다)동안은 실시해야 한다. 충돌율은 개선 작업 효과와는 상관없이 지역 텃새 개체수에 따라 달라질 수 있다. 개체수가 많은 해에는 충돌사고도 빈번하고 개체수가 적은 해에는 충돌사고도 줄어든다.



담쟁이 등 덩굴식물로 건물을 감싸면 편안하고 고풍스러운 느낌이 난다. 하지만 그 사이에 위치하는 유리창은 식생 사이로 난 터널같이 인식하기에 유리창 충돌을 잘 일으킨다.

미국조류보전협회의 조류 친화적 건물 표준

조류 친화적 건물은 다음과 같다:

- 지상 층에서 12m 높이까지 건물 전면에 사용된 자재의 최소 90%가 실험을 통해 위험 점수 30 이하를 받아야 한다.
- 건물 충돌 위험 부분보다 높이가 높은 건물 전면에 사용된 자재의 최소 60%가 표준 이상 등급을 받아야 한다.
- 아트리엄 또는 정원 주변에 설치된 유리 모두가 표준 이상 등급을 받아야 한다.
- 투명하게 보이는 통로나 모퉁이가 없어야 한다.
- 외부 조명은 알맞게 가리고 야간에 이동하는 새들이나 야행성 새들의 이끌림을 최소화해야 한다.
- 실내조명은 야간에 사용하지 않을 때는 소등하고 야간 업무 시 불빛이 새어 나가는 것을 최소화해야 한다.
- 조경 설계 시 조류 충돌 위험이 있는 요소들은 배제해야 한다.
- 실제 조류 폐사를 조사하고 이러한 폐사는 다른 방법으로 보상해야 한다(예: 조류 서식지를 보전하거나 신규 대체서식지를 조성, 기타 원인에 의해 발생하는 조류 폐사를 줄이려는 노력 등).

8. 참고자료

Avery, M.L., P.F. Springer and J.F. Cassel, 1977. Weather influences on nocturnal bird mortality at a North Dakota tower. *Wilson Bulletin* 89(2):291-299.

Avery, M.L., P.F. Springer and N. S. Daily, 1978. Avian mortality at man-made structures, an annotated bibliography. Fish and Wildlife Service, U.S. Dept. of the Interior: Washington, D.C. 108 pp.

Bayne, Erin M., Corey A. Scobie and Michael Rawson, 2012. Factors influencing the annual risk of bird-window collisions at residential structures in Alberta, Canada. *Wildlife Research* <http://dx.doi.org/10.1071/WR11179>

Bhagavatula, Partha S., Charles Claudianos, Michael R. Ibbotson and Mandyam V. Srinivasan, 2011. Optic Flow Cues Guide Flight in Birds. *Current Biology* 21:1794-1799.

Blem, C.R. and B.A. Willis. 1998. Seasonal variation of human-caused mortality of birds in the Richmond area. *Raven* 69(1):3-8.

Bolshakov, Casimir V., Michael V. Vorotkov, Alexandra Y. Sinelschikova, Victor N. Bulyuk and Martin Griffiths, 2010. Application of the Optical Electronic Device for the study of specific aspects of nocturnal passerine migration. *Avian Ecol. Behav.* 18: 23-51.

Bolshakov, Casimir V., Victor N. Bulyuk, Alexandra Y. Sinelschikova and Michael V. Vorotkov, 2013. Influence of the vertical light beam on numbers and flight trajectories of night-migrating songbirds. *Avian Ecol. Behav.* 24: 35-49.

Bulyuk, Victor N., Casimir V. Bolshakov, Alexandra Y. Sinelschikova and Michael V. Vorotkov, 2014. Does the reaction of nocturnally migrating songbirds to the local light source depend on backlighting of the sky? *Avian Ecol. Behav.* 25:21-26.

Codoner, N.A. 1995. Mortality of Connecticut birds on roads and at buildings. *Connecticut Warbler* 15(3):89-98.

Collins and Horn, 2008. Bird-window collisions and factors influencing their frequency at Millikin University in Decatur, Illinois. Transactions of the Illinois State Academy of Science 101(supplement):50.

Crawford, R.L., 1981a. Bird kills at a lighted manmade structure: often on nights close to a full moon. American Birds (35):913-914.

Crawford, R.L., 1981b. Weather, migration and autumn bird kills at a North Florida TV tower. Wilson Bulletin, 93(2):189-195.

Cuthill, I.C., J.C. Partridge, A.T.D. Bennett, C.D. Church, N.S. Hart and S. Hunt, 2000. Ultraviolet vision in birds. Advances in the Study of Behavior 29:159-215.

Davila, A.F., G. Fleissner, M. Winklhofer and N. Petersen, 2003. A new model for a magnetoreceptor in homing pigeons based on interacting clusters of superparamagnetic magnetite. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C 28: 647-652.

Dunn, E.H. 1993. Bird mortality from striking residential windows in winter. Journal of Field Ornithology 64(3):302-309.

D'Eath, R.B., 1998. Can video images imitate real stimuli in animal behaviour experiments? Biological Review 73(3):267-292.

Elbin, Susan, 2015. 미발표 자료

Evans, W.R., Y. Akashi, N.S. Altman, A.M. Manville II, 2007. Response of night-migrating songbirds in cloud to colored and flashing light. North American Birds 60, 476-488.

Evans, W.R., 2011 미발표 자료

Evans, J.E., I.C. and A.T. Cuthill, D. Bennett, 2006. The effect of flicker from fluorescent lights on mate choice in captive birds. Animal Behaviour 72:393-400.

Evans-Ogden, 2002. Effect of Light Reduction on Collision of Migratory Birds. Special Report for the Fatal Light Awareness Program (FLAP).

Fink, L.C. and T.W. French. 1971. Birds in downtown Atlanta—Fall, 1970. Oriole 36(2):13-20.

Fleissner, G., E. Holtkamp-Rötzler, M. Hanzlik, M. Winklhofer, G. Fleissner, N. Petersen and W. Wiltschko, 2003. Ultrastructural analysis of a putative magnetoreceptor in the beak of homing pigeons. *The Journal of Comparative Neurology* 458(4):350-360.

Fleissner, G., B. Stahl, P. Thalau, G. Falkenberg and G. Fleissner, 2007. A novel concept of Ferromagnetic-based magnetoreception: histological and physicochemical data from the upper beak of homing pigeons. *Naturwissenschaften* 94(8): 631-642.

Gauthreaux, S.A. and C.G. Belser, 2006. Effects of Artificial Night Light on Migrating Birds in Rich, C. and T. Longcore, eds, 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press, Washington, DC. 259 pp.

Gauthreaux, Sidney A. Jr. and Carroll G. Belser, 2006. Effects of Artificial Night Lighting on Migrating Birds in *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Catherine Rich and Travis Longcore eds. Island Press, Washington, D.C. 458 pages.

Gehring, J., P. Kerlinger, and A.M. Manville. 2009. Communication towers, lights, and birds: successful methods of reducing the frequency of avian collisions. *Ecological Applications* 19:505-514.

Gelb, Y. and N. Delacretaz. 2006. Avian window strike mortality at an urban office building. *Kingbird* 56(3):190-198.

Ghim, Mimi M., and William J. Hodos, 2006. Spatial contrast sensitivity of birds. *J Comp Physiol A* 192: 523-534

Gochfeld, M., 1973. Confused nocturnal behavior of a flock of migrating yellow wagtails. *Condor* 75(2):252-253.

Greenwood, V., E.L. Smith, A.R. Goldsmith, I.C. Cuthill, L.H. Crisp, M.B.W. Swan and A.T.D. Bennett, 2004. Does the flicker frequency of fluorescent lighting affect the welfare of captive European starlings? *Applied Animal Behaviour Science* 86: 145-159.

Hager, S.B., H. Trudell, K.J. McKay, S.M. Crandall, L. Mayer. 2008. Bird density and mortality at windows. *Wilson Journal of Ornithology* 120(3):550-564.

Hager, Stephen B., 2009. Human-related threats to urban raptors. *J. Raptor Res.* 43(3):210–226.

Hager SB, Cosentino BJ, McKay KJ, Monson C, Zuurdeeg W, Blevins B (2013) Window Area and Development Drive Spatial Variation in Bird-Window Collisions in an Urban Landscape. *PLoS ONE* 8(1): e53371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053371>

Hager S.B., Craig M.E. (2014). Bird-window collisions in the summer breeding season. *Peer J* 2: e460 <https://dx.doi.org/10.7717/peerj.460>

Haupt, H. and U. Schillemeit, 2011. Skybeamer und Gebäudeanstrahlungen bringen Zugvögel vom Kurs ab: Neue Untersuchungen und eine rechtliche Bewertung dieser Lichtanlagen. *NuL* 43 (6), 2011, 165-170. (Search/spot Lights and Building Lighting Divert Migratory Birds Off Course: New investigations and a legal evaluation of these lighting systems)

Herbert, A.D., 1970. Spatial Disorientation in Birds. *Wilson Bulletin* 82(4):400-419.

Jones, J. and C. M. Francis, 2003. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. *Journal of Avian Biology* 34: 328–333.

Kahle LQ, Flannery ME, Dumbacher JP (2016) Bird-Window Collisions at a West-Coast Urban Park Museum: Analyses of Bird Biology and Window Attributes from Golden Gate Park, San Francisco. *PLoS ONE* 11(1): e0144600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144600>

Kerlinger, P., 2009. *How Birds Migrate*, second edition, revisions by Ingrid Johnson. Stackpole Books, Mechanicsville, PA. 230 pp.

Klem, D., Jr., 1990. Collisions between birds and windows: Mortality and prevention. *Journal of Field Ornithology* 61(1):120-128.

Klem, D., Jr., 1989. Bird-window collisions. *Wilson Bulletin* 101(4):606-620.

Klem, D., Jr., 1991. Glass and bird kills: An overview and suggested planning and design methods of preventing a fatal hazard. Pp. 99-104 in L. W. Adams and D. L. Leedy (Eds.), *Wildlife Conservation in Metropolitan Environments*. Natl. Inst. Urban Wildl. Symp. Ser. 2, Columbia, MD.

Klem, Daniel Jr., and Peter G. Saenger, 2013. Evaluating the Effectiveness of Select Visual Signals to Prevent Bird-window Collisions. *The Wilson Journal of Ornithology* 125(2):406-41.

Download at: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1676/12-106.1>

Klem, D. Jr., D.C. Keck, K.L. Marty, A.J. Miller Ball, E.E. Niciu, C.T. Platt. 2004. Effects of window angling, feeder placement, and scavengers on avian mortality at plate glass. *Wilson Bulletin* 116(1):69-73.

Klem, D. Jr., C.J. Farmer, N. Delacretaz, Y. Gelb and P.G. Saenger, 2009a. Architectural and Landscape Risk Factors Associated with Bird-Glass Collisions in an Urban Environment. *Wilson Journal of Ornithology* 121(1):126-134.

Klem, D. Jr., 2009. Preventing Bird-Window Collisions. *Wilson Journal of Ornithology* 121(2):314-321.

Laskey, A., 1960. Bird migration casualties and weather conditions, Autumns 1958, 1959, 1960. *The Migrant* 31(4): 61-65.

Lebbin, Daniel J., Michael J. Parr and George H. Fenwick, 2010. *The American Bird Conservancy Guide to Bird Conservation*. University of Chicago Press, Chicago. 447 pages.

Longcore, Travis, Catherine Rich, Pierre Mineau, Beau MacDonald, Daniel G. Bert, Lauren M. Sullivan, Erin Mutrie, Sidney A. Gauthreaux Jr, Michael L. Avery, Robert L. Crawford, Albert M. Manville II, Emilie R. Travis and David Drake, 2012. An estimate of avian mortality at communication towers in the United States and Canada.

Longcore, Travis, Catherine Rich, Pierre Mineau, Beau MacDonald, Daniel G. Bert, Lauren M. Sullivan, Erin Mutrie, Sidney A. Gauthreaux Jr., Michael L. Avery, Robert L. Crawford, Albert M. Manville II, Emilie R. Travis, and David Drake, 2013. Avian mortality at communication towers in the United States and Canada: which species, how many, and where? *Biological Conservation* 158:410-419.

Loss, Scott R., Tom Will and Peter P. Marra, 2012. Direct human-caused mortality of birds: improving quantification of magnitude and assessment of population impact. *Frontiers in Ecology and the Environment*, September, Vol. 10, No. 7: 357-364

Loss, Scott R., Tom Will, Sara S. Loss and Peter P. Marra, 2014. Bird-building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. *Condor* 116:8-23.

Loss, S.R., Loss, S.S., Will, T., Marra, P.P. 2014. Best practices for data collection in studies of bird-window collisions. Available at <http://abcbirds.org/?p=10399>

Machtans, Craig S., Christopher H.R. Wedeles and Erin M. Bayne, 2013. A First Estimate for Canada of the Number of Birds Killed by Colliding with Building Windows. *Avian Conservation and Ecology* 8(2): 6. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00568-080206>

Muheim, R., J.B. Phillips and S. Akesson, 2006. Polarized Light Cues Underlie Compass Calibration in Migratory Songbirds. *Science* 313 no. 5788 pp. 837-839.

Muheim, R., 2011. Behavioural and physiological mechanisms of polarized light sensitivity in birds. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011 Mar 12; 366(1565): 763-771. doi: 10.1098/rstb.2010.0196

Marquenie, J., and F.J.T. van de Laar, 2004. Protecting migrating birds from offshore production. *Shell E&P Newsletter*: January issue.

Marquenie, J.M., M. Donners, H. Poot and Steckel, 2013. Adapting the Spectral Composition of Artificial Lighting to Safeguard the Environment. *Industry Applications Magazine, IEEE* 19(2):56-62.

Mouritsen, H., 2015. Magnetoreception in Birds and Its Use for Long-Distance Migration. Pp. 113-133 in *Sturkie's Avian Physiology*, sixth edition, Colin G. Scanes ed. Academic Press, Waltham, MA, 1028 pp.

Newton, I., 2007. Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* 149:453-467.

Newton, I., I. Wyllie, and L. Dale, 1999. Trends in the numbers and mortality patterns of Sparrowhawks (*Accipiter nisus*) and Kestrels (*Falco tinnunculus*) in Britain, as revealed by carcass analyses. *Journal of Zoology* 248:139-147.

Ödeen and Håstad, 2003. Complex Distribution of Avian Color Vision Systems Revealed by Sequencing the SWS1 Opsin from Total DNA. *Mol. Biol. Evol.* 20(6):855–861. 2003.

Ödeen and Håstad, 2013. The Phylogenetic Distribution of Ultraviolet Vision in Birds *BMC Evolutionary Biology* 2013, 13:36. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-36>

Håstad O, Ödeen A. (2014) A vision physiological estimation of ultraviolet window marking visibility to birds. *PeerJ* 2:e621 <https://doi.org/10.7717/peerj.621>

O'Connell, T. J. 2001. Avian window strike mortality at a suburban office park. *Raven* 72(2):141-149.

Parkins, Kaitlyn L, Susan B. Elbin and Elle Barnes, 2015. Light, Glass, and Bird–building Collisions in an Urban Park. *Northeastern Naturalist* 22(1): 84-94. <http://dx.doi.org/10.1656/045.022.0113>

Poot, H., B.J. Ens, H. de Vries, M.A.H. Donners, M.R. Wernand, and J. M. Marquenie, 2008. Green light for nocturnally migrating birds. *Ecology and Society* 13(2): 47.

Rappli, R., R. Wiltshcko, P. Weindler, P. Berthold, and W. Wiltshcko, 2000. Orientation behavior of Garden Warblers (*Sylvia borin*) under monochromatic light of various wavelengths. *The Auk* 117(1):256-260.

Rich, C. and T. Longcore, eds, 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press. Washington, DC.

Richardson, W.J., 1978. Timing and amount of bird migration in relation to weather: a review. *Oikos* 30:224-272.

Rössler and Zuna-Kratky, 2004 Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Experimentelle Versuche zur Wirksamkeit verschiedener Glas-Markierungen bei Wildvögeln. Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf [available for download from www.windowcollisions.info].

Rössler, M. and T. Zuna-Kratky. 2004. Avoidance of bird impacts on glass: Experimental investigation, with wild birds, of the effectiveness of different patterns applied to glass. Hohenau-Ringelsdorf Biological Station, unpublished report. [English translation: available from ABC.]

Rössler, 2005. Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Weitere Experimente mit 9 Markierungstypen im unbeleuchteten Versuchstunnel. Wiener Umwelthanwaltschaft. Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf (available for download from www.windowcollisions.info).

Rössler, M. 2005. Avoidance of bird impact at glass areas: Further experiments with nine marking types in the unlighted tunnel. Hohenau-Ringelsdorf Biological Station, unpublished report. (English translation available from ABC.)

Rössler, M., W. Laube, and P. Weihs. 2007. Investigations of the effectiveness of patterns on glass, on avoidance of bird strikes, under natural light conditions in Flight Tunnel II. Hohenau-Ringelsdorf Biological Station, unpublished report. (English translation available for download from www.windowcollisions.info)

Rössler, M. and W. Laube. 2008. Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen. Farben, Glasdekorfolie, getöntes Plexiglas: 12 weitere Experimente im Flugtunnel II. Biologische Station Hohenau-Ringelsdorf (available for download at www.windowcollisions.info).

Rössler M. and W. Laube. 2008. Avoidance of bird impacts on glass. Colors, decorative window film, and noise-damping plexiglass: Twelve further experiments in flight tunnel II. Hohenau-Ringelsdorf Biological Station, unpublished report. (English translation available from ABC.)

Rössler, M., 2010. Vermeidung von Vogelanprall an Glasflächen: Schwarze Punkte, Schwarz-orange Markierungen, Eckelt 4Bird®, Evonik Soundstop®, XT BirdGuard. (available for download from www.windowcollisions.info).

Russell, K., 2009. 미발표 자료

Russell, Keith, 2015. Conversation on August 13.

Russell, R.W. 2005. Interactions between migrating birds and offshore oil and gas platforms in the northern Gulf of Mexico: Final Report. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2005-009. 348 pp. www.data.boem.gov/PI/PDFImages/ESPIS/2/2955.pdf

Schiffner, Ingo, Hong, D Vo, Panna S. Bhagavatula and Mandyam V Srinivasan, 2014. Minding the gap: in-flight body awareness in birds. *Frontiers in Zoology* 2014, 11:64 <http://www.frontiersinzoology.com/content/11/1/64>

Sealy, S.G.,1985. Analysis of a sample of Tennessee Warblers window-killed during spring migration in Manitoba. *North American Bird Bander* 10(4):121-124.

Snyder, L.L., 1946. "Tunnel fliers" and window fatalities. *Condor* 48(6):278.

Thomas, Robert J., Tamas Szekely, Innes C. Cuthill, David G. C. Harper, Stuart E. Newson, Tim D. Frayling and Paul D. Wallis, 2002. Eye size in birds and the timing of song at dawn. *Proc. R. Soc. Lond. B* (2002) 269, 831-837. DOI 10.1098/rspb.2001.1941

Van De Laar, F.J.T., 2007. Green Light to Birds, Investigation into the Effect of Bird-friendly Lighting. *Nederlandse Aardolie Maatschappij, The Netherlands*. 24pp.

Varela, F.J., A.G. Palacios and T.H. Goldsmith, 1993. Color vision of birds. In *Vision, Brain, and Behavior in Birds*, H. P. Zeigler and H. Bischof eds., chapter 5.

Weir, R.D.,1976. Annotated bibliography of bird kills at man-made obstacles: a review of the state of the art and solutions. Department of Fisheries and the Environment, Canadian Wildlife Service, Ontario Region, 1976.

Wiese, Francis K., W.A. Montevecchi, G.K. Davoren, F. Huettman, A.W. Diamond and J. Linke, 2001. Seabirds at Risk around Off-shore Oil Platforms in the North-west Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 42(12):1285-1290.

Wiltschko, W., R. Wiltschko and U. Munro, 2000. Light-dependent magnetoreception in birds: the effect of intensity of 565-nm green light. *Naturwissenschaften* 87:366-369.

Wiltschko, W.,U. Munro, H. Ford and R. Wiltschko, 2003. Magnetic orientation in birds: non-compass responses under monochromatic light of increased intensity. *Proc. R. Soc. Lond. B*:270, 2133-2140.

Wiltschko, W., U. Monro, H. Ford and R. Wiltschko, 2006. Bird navigation: what type of information does the magnetite-based receptor provide? *Proc. R. Soc. B* 22 November 2006 vol. 273 no. 1603 2815-2820.

Wiltschko, W. and R. Wiltschko, 2007. Magnetoreception in birds: two receptors for two different tasks. *J. Ornithology* 148, Supplement 1:61-76.

Wiltschko, R., K. Stapput, H. Bischof and W. Wiltschko, 2007. Light-dependent magnetoreception in birds: increasing intensity of monochromatic light changes the nature of the response. *Frontiers in Zoology* 2007 4:5. doi: 10.1186/1742-9994-4-5

Wiltschko, R., U. Monro, H. Ford, K. Stapput and W. Wiltschko, 2008. Light-dependent magnetoreception: orientation behaviour of migratory birds under dim red light. *The Journal of Experimental Biology* 211, 3344-3350.

Wiltschko, R. and W. Wiltschko, 2009. Avian Navigation. *The Auk* 126(4):717-743.