〈보고서〉

공무 외 국외 자율연수 보고서

겨울, 북유럽에서 본 극야와 오로라

2017년 1월4일- 1월25일

푸른솔초등학교 (직급) 교사 (성명) 류제열

공무 외 국외 자율연수 개요

1. 연수주제 : 겨울, 북유럽에서 본 극야와 오로라

2. 연 수 국 : 폴란드, 발트3국, 핀란드

3. 연수일정 : 2016년 1월 4일~ 1월 25 일 (21일간)

4. 연수 중 방문지

바르샤바, 크라쿠프 : 올드시티 (세계문화유산)

크라쿠프 : 아우슈비츠 수용소 박물관, 쉰들러의 냄비공장, 비엘리츠카 소금 광산,

빌뉴스 : 올드시티, 국립박물관

리가 : 올드시티, 국립도서관

탈린 : 올드시티,

헬싱키 : 헬싱키 시립박물관, 수오멘린나 요새

사리셀카 : 우르호 케꼰 국립공원

5. 주요활동

폴란드 ~ 아우슈비츠 수용소와 유대박물관 등에서 홀로코스트 자료 수집

리투아니아, 라트비아, 에스토니아 ~ 세계문화유산인 올드시티에서 중세유럽문화 사진 자료 수집

핀란드 ~ 겨울의 고위도 지역 극야와 오로라 자료 수집

6. 연수의 효과

* 집단학살의 장소에서 인류의 치명적인 실책에 대해 반성함.

* 극야, 서안해양성기후의 특징, 오로라와 대기권에 대한 과학학습자료 정리함.

< 차 례 >

1. 북유럽의 겨울 기후의 특징 1

2. 극야 (極夜) 4

3. 오로라 (Northern Light) 9

오로라를 볼 수 있는 곳 11

관측 기록 13

오로라 촬영에 필요한 장비 16

4. 출입국 확인 17

1. 북유럽의 겨울 기후의 특징

북유럽은 위도가 우리나라에 비해 무척 높지만 날씨는 포근한 편입니다. 북대서양 난류 (멕시코 만류)가 카리브해의 따뜻한 물을 영국과 스칸디나비아 반도로 운반해 포근한 기온을 만들기 때문입니다. 이 해류가 아니라면 영국이나 북유럽 스칸디나비아 반도는 캄차카 반도나 베링 해협 정도와 비슷했을 겁니다. 세계 지도에서 스코틀랜드의 위도는 56도, 저희들이 이번 여행한 핀란드 사리셀카의 위도는 68.4도나 되는데 캄차카 반도가 56도 정도에 걸쳐 있고 베링해협이라 해도 65도에 불과하기 때문입니다.

위도의 감각으로 생각하자면 북유럽의 날씨는 지금보다 훨씬 더 추워야 하지만 멕시코 만류의 흐름 덕분에 고위도인 핀란드와 북유럽이 동아시아로 치면 저위도인 블라디보스톡이나 하바롭스크 정도의 온도가 됩니다. 여행을 시작한 폴란드의 바르샤바의 위도가 52도인데 이 위도면 동아시아 지역에서는 러시아의 하바롭스크가 48도에 불과합니다. 참고로 우리나라에서 가장 추운 중강진 지역은 41도입니다.

북대서양 난류는 유럽 깊숙한 북해까지 흘러들어간다. 난류의 영향을 받는 러시아의 상트페테르부르크 의 연평균기온은 +4.2도, 가장 추운 달의 평균기온이 2월 (−7.9도), 가장 더운 달은 7월(17.8도)이다. 2010년에는 37.1도까지 상승한 것이 관측될 정도로, 북대서양 난류가 유럽의 기후에 미치는 영향은 막대하다.

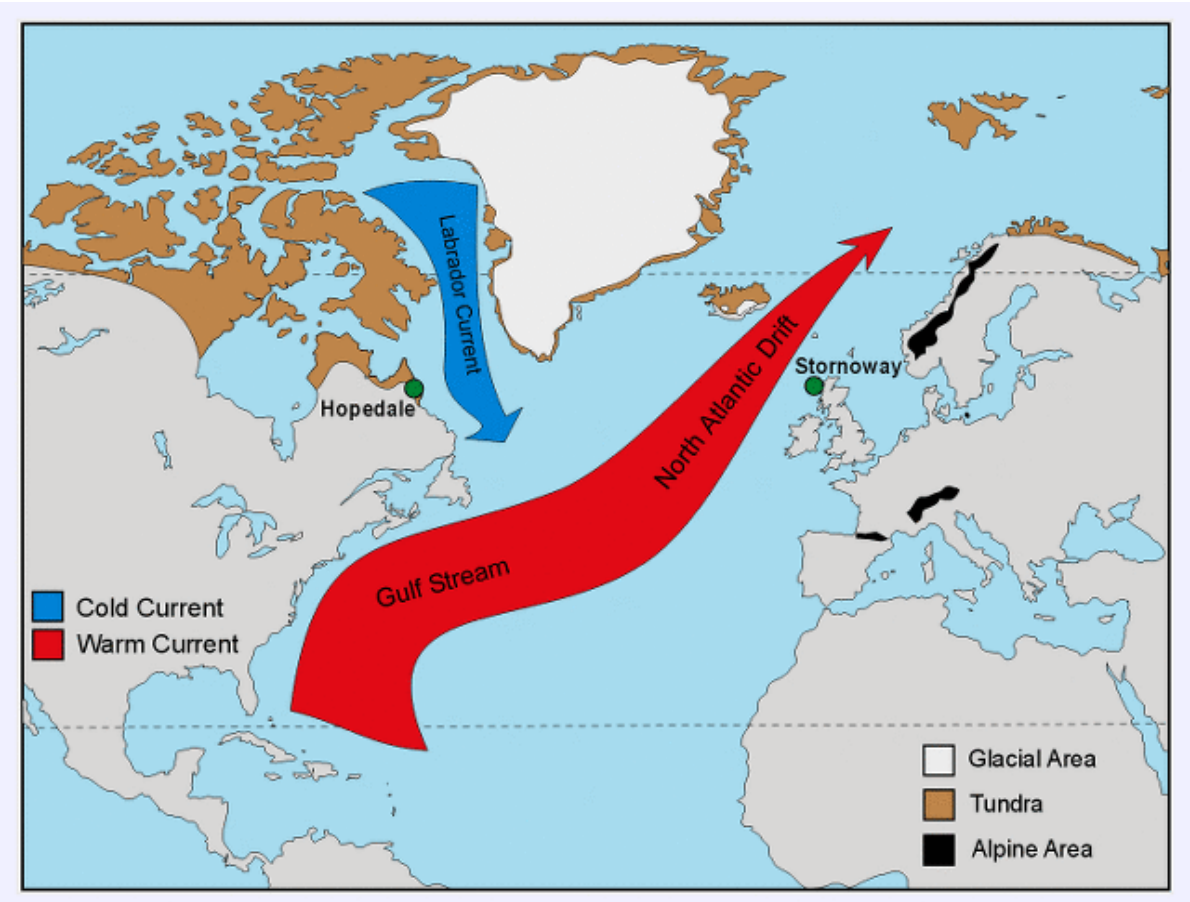
북위 66.6˚이 지나는 아이슬란드는 난류의 영향으로 우리나라의 중부 지방보다 겨울이 온난한 편이다. 북위 51˚ 30'에 위치한 런던의 겨울이 우리나라보다 온난하다는 사실은 바로 북대서양 난류 때문인 것이다.

고위도이면서 내륙의 추운 지방에도 영향을 미치는 북대서양 난류가 본격적으로 드러나는 곳이 서유럽인데, 유럽의 서안해양성기후는 모두 북대서양 난류의 영향 때문에 나타난다. 물론 편서풍의 영향도 있지만, 애초에 북대서양 난류 덕택에 바다가 온난하지 않았다면 오히려 편서풍을 타고 찬 공기가

> 유입되어, 서유럽의 기후는 바뀌었을지도 모른다. 즉, 현재 유럽의 온난한 기후를 만들어준 이 난류 덕분에 강수량 역시 같은 위도의 대륙 동쪽보다 고르게 배분되어 서유럽은 가뭄이나 홍수, 산불로부터 비교적 안전한 곳이 되었다. (원문 출처 : 나무위키 북대서양 난류 항목)

하지만 2000년대 후반에 들어서 온난화 때문에 녹은 그린란드 빙하가 바닷물의 염도를 낮추고, 수온을 낮추어 북대서양 난류의 속도가 느려지고 있다는 연구가 나왔습니다. 영국 서부해안의 수온이 더 낮아지고 미국동부 해안의 수온이 더 높아진다는 이야긴데요, 이렇게 되면 찬곳에서 더운곳으로 이동하는 원리상 북대서양 난류의 흐름이 저항을 받게 되고 유럽의 기후가 점차 춥게 될 것이라는 예측을 할 수 있게 됩니다.

참고 : 2016년 북유럽 한파 / 2017년 유럽 지역 한파

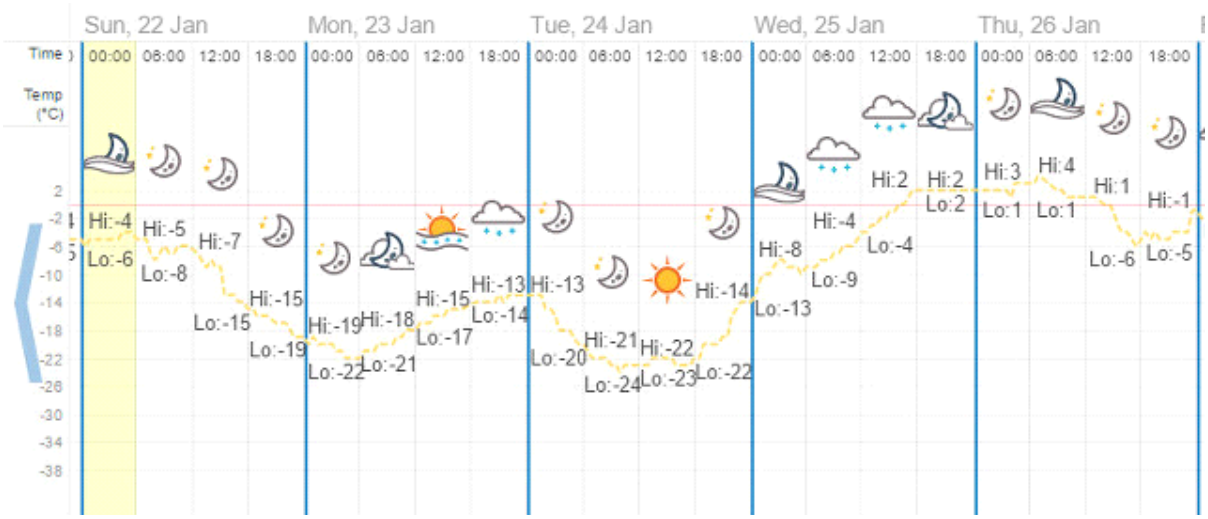


그러나 북유럽은 해류의 영향으로 상대적으로 포근한 기온을 나타낼 뿐, 한파가 몰아치면 원래의 위도에 알맞은 온도로 급변하는 특징이 있습니다. 가끔씩 유럽 지역에 한파가 몰아쳐 수십에서 수백명이 얼어 죽었다는 기사가 나오는 것이 그런 까닭입니다.

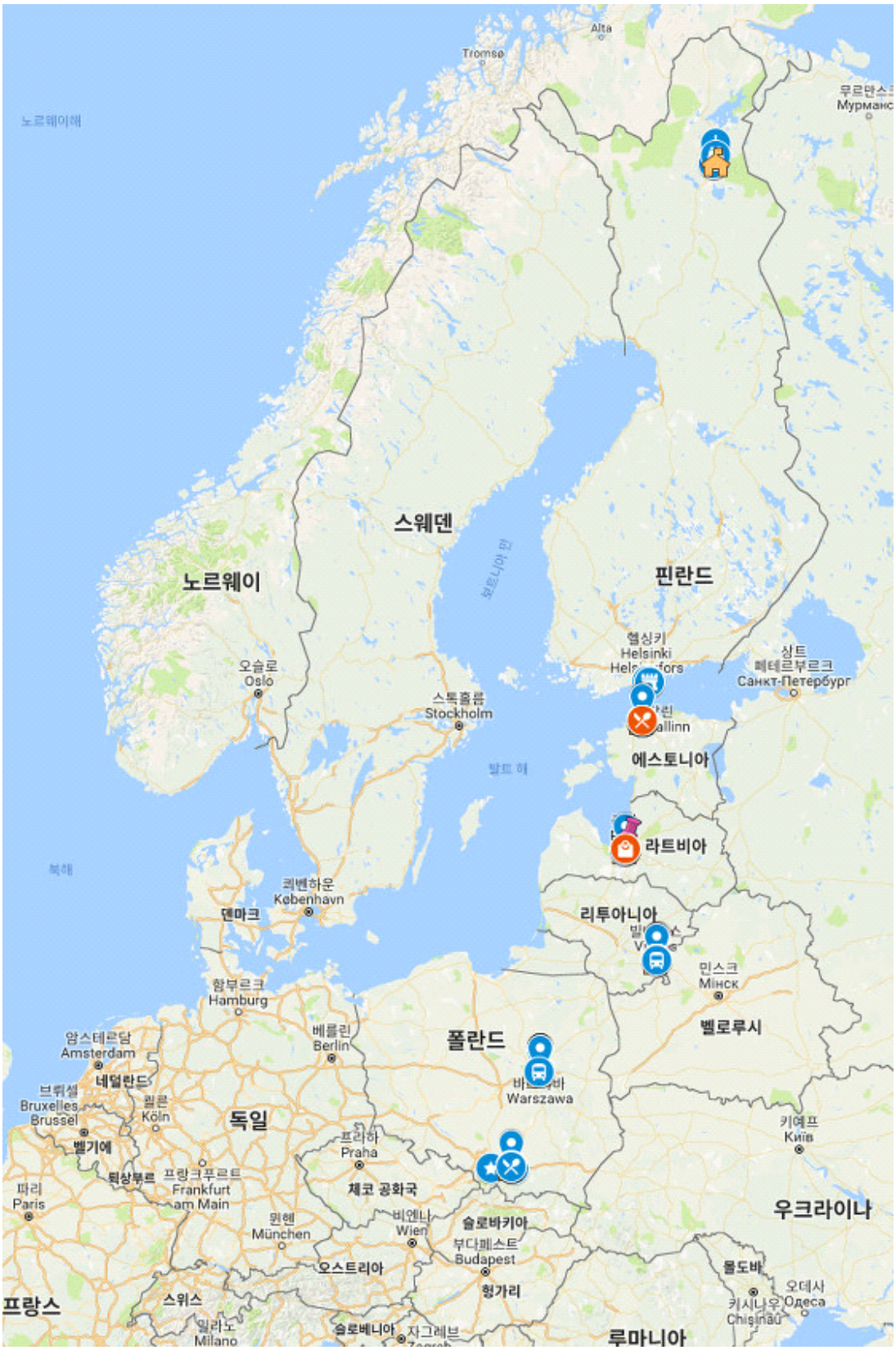
이번 여행에서 기록한 최저온도는 의외로 여행지중 최남단이었던 폴란드 오슈비엥침에서 겪은 -23도입니다. 그 날, -10도 정도를 대비한 차림으로 아우슈비츠 수용소를 탐방하는 동안 정신이 하나도 없더군요. 이 주간에 북유럽에 한파 주의보가 내렸었죠. 120년 만에 최악의 한파였다고 합니다. (YTN보도)

> 일부 지역 기온이 영하 30도까지 떨어진 독일과 이탈리아 등에서 최소 20여 명이 숨지고, 도로 곳곳이 폐쇄되었다. 폴란드에서는 영하 20도에 이르는 맹추위로 10명이 사망하였다. 러시아 일부 지역은 기온이 영하 35.9도까지 떨어지는 등 120년 만에 최악의 한파를 맞았다.
> (원문 출처 위키피디어 2017년 1월 유럽 한파 항목)

그 시기가 지나니 폴란드~발트3국은 -5~-8도 내외가 되었고 핀란드 헬싱키에 도착했을 때는 -1도, 북위 68.4도인 사리셀카에서도 줄곧 -5 ~ -10도를 유지하다 1/21일 하루 -18도를 기록한 게 최저온도였습니다. 아래는 북극권 이북인 사리셀카가 위치한 이발로 지역의 올 1월 날씨입니다. 1/24일엔 -24도까지 떨어지지만 이틀 뒤인 1/26일 온도는 최고 -6도 최고 4도로 우리 나라의 날씨와 비슷합니다. 온도의 부침이 심하지요.



2. 극야 (極夜)


Alta
Tromsø
노르웨이해
Мурманск
스웨덴
노르웨이
핀란드
보스니아 만
Helsinki
Санкт-Петербург
Oslo
Stockholm
에스토니아
발트 해
라트비아
북해
København
덴마크
리투아니아
Hamburg
Minsk
벨로루시
Amsterdam
Berlin
폴란드
네덜란드
Bruxelles
Brussel
Köln
독일
Warszawa
Praha
Kiev
벨기에
룩셈부르크
Frankfurt am Main
체코 공화국
Paris
München
Wien
슬로바키아
우크라이나
Budapest
오스트리아
헝가리
몰도바
Одеса
Chisinau
프랑스
스위스
Milano
슬로베니아
Zagreb
루마니아

고위도 지역에서는 여름 동안 해가 지지 않는 백야 현상을, 겨울에는 반대로 해가 뜨지 않는 극야 현상을 경험할 수 있습니다. 교과서에서만 들었던 해가 뜨지 않는 겨울이라...

이번 여행지 중 최남단인 크라쿠프(폴란드)는 북위 50도, 최북단인 이발로(핀란드)는 북극권인 66.2도를 훌쩍 넘어 68.5도입니다. 이 지역의 겨울에 체험할 수 있는 극야나 오로라는 우리나라에서 전혀 접할 수 없는 자연 현상이라서 실제로 어떻게 나타나는 것인지 흥미로웠습니다. 게다가 낮이 극도로 짧고 추운 이곳 사람들의 생활은 과연 어떨지도 궁금했었지요.

참고 : 전 세계 일출과 일몰 시각 https://www.timeanddate.com/sun/

1월 초 폴란드 바르샤바의 일출시각은 7시40분 정도이며 일몰은 3시 40분 정도였는데 7시 정도면 사물이 완전히 분간되는 상태가 되고 4시가 되면 일몰의 느낌이 확연해졌습니다.

▲ 1/5일 오후4시, 바르샤바

1/16일~1/21일 동안 핀란드 북부의 사리셀카에서 지냈는데 이 시기 해 뜨는 시각은 10시 35분에서 하루에 5~6분씩 빨라지고 해 지는 시각은 1시 58분에서 하루에 5~6분씩 늦어졌습니다. 하루에 10분 가량씩 일조량이 늘어나고 있습니다. 그러나 온통 눈으로 뒤덮인 이곳은 해가 지고 나서도 한참 동안 밝음을 유지하는군요.

아래 사진은 일몰 시각에서 한 시간이 지난 2시 55분의 상태입니다. 공기가 무척 맑고 구름 한 점 없어 하늘빛의 청색-핑크-청색 그라데이션이 무척 아름답습니다.

이번 극야 체험 기간 동안 Civil twilight, Nautical Twilight, Astronomical Twilight 이라는 용어를 접했습니다.

Astronomical Twilight : 태양이 지평선 18도 아래에 위치한 때. 별의 일주 운동을 아름답게 찍을 수 있는 때이며 지평선에 은은하게 빛나는 광채가 보입니다.

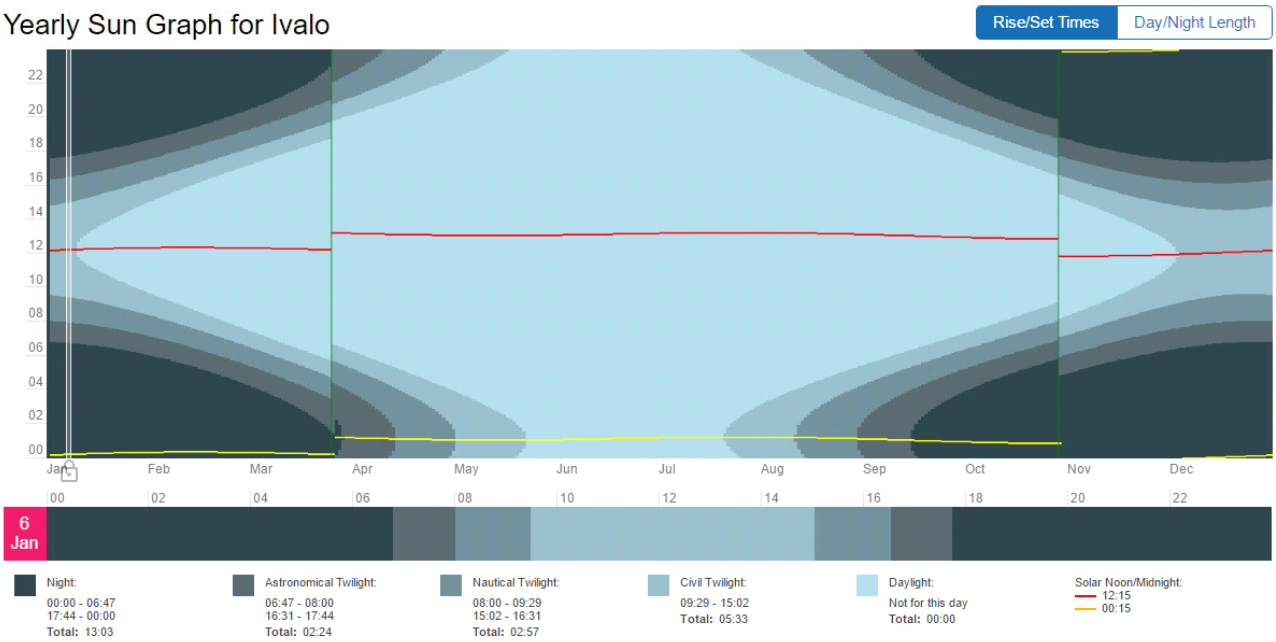
Nautical Twilight : 태양이 지평선 아래 6~12도 정도에 있을 때. 달빛이 전혀 없는 날이라도 지평선을 분간할 수 있습니다.

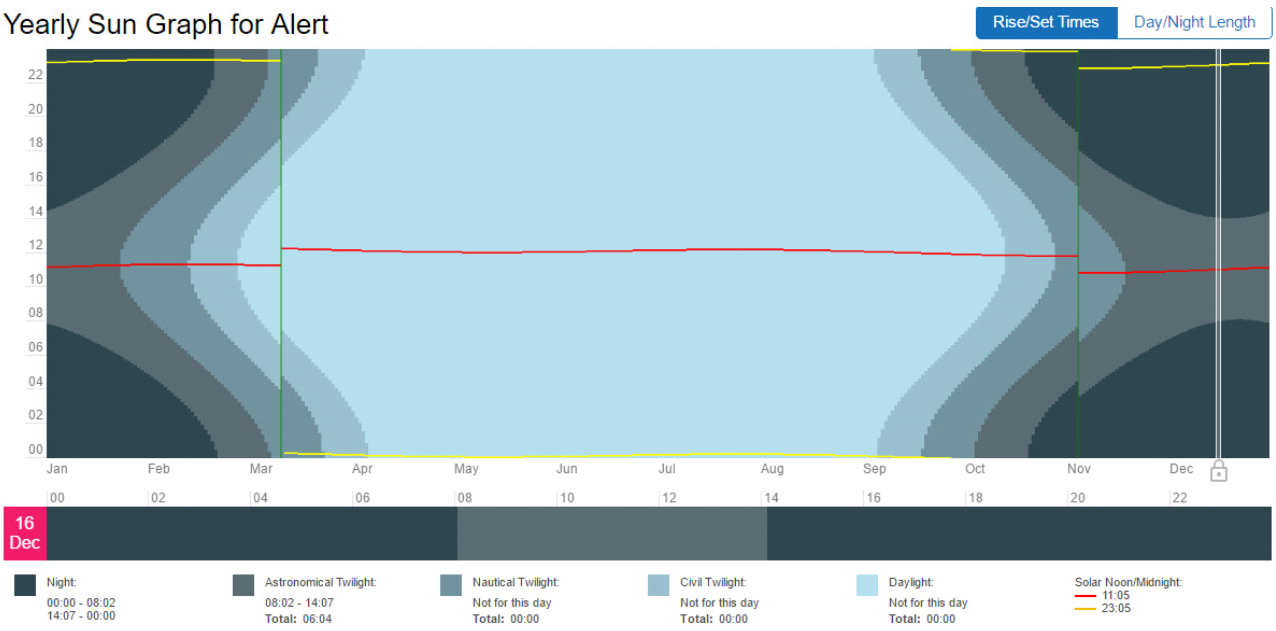
Civil twilight : 태양이 지평선 아래 6도정도 위치할 때입니다. 밝은 별만 보이며 이때를 황혼(Dusk)라는 용어로 나타냅니다. 사진작가들이 멋진 사진을 많이 만들어 내는 시간이라고 합니다.

아래 사진은 해 뜨기 1시간 30분 전인 오전 9시입니다. 도시의 거대한 빛 덩어리에 의한 반사가 없는 곳이라서 일출과 일몰 시에 광량 변화가 매우 차분하고 아름답습니다.

숙박지인 킬로파 펠 센터에 게시된 자료에 보면 12/9일부터 1/6까지 해가 지평선 위로 올라오지 않는 극야의 상태가 되지만 5시간 정도 어둑한 상태가 지속되는 밤을 맞이한다고 합니다. 저희는 1/16일에 도착했으므로 낮이 꽤 길어진 상태였는데 극야 시기에 왔다고 해도 생각처럼 캄캄한 밤이 되지는 않나 봅니다.

다음 장의 자료는 숙소가 위치한 사리셀카 지역의 연중 일출일몰 그래프입니다. (https://www.timeanddate.com/sun/finland/ivalo) 해가 뜨지 않는 시기인 12/9~1/6일 기간 중 가장 어두운 날이라도 사물 분간이 가능한 Civil twilight과 Nautical Twilight의 시간을 합치면 8시간 가량이나 됩니다.



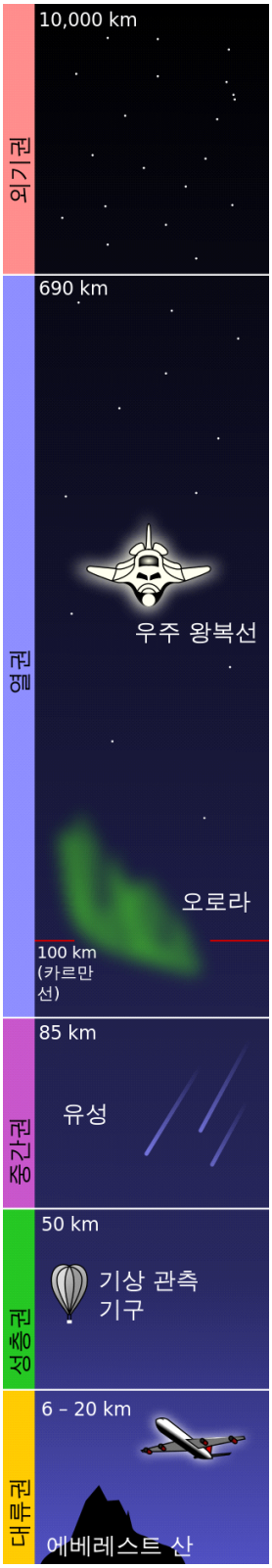


위 자료는 캐나다 최북부 Alert 지방입니다. 북위 82도인 이곳은 12/16일에 밤이 가장 길어지는데 이날 Astronomical Twilight 이 6시간동안이네요. 사물 분간이 안되는 밤이 11/19일부터 1/21일까지 지속되는 반면 3/25일부터 9/3일까지는 가장 어두울 때라도 확연히 주변 분간이 되는 Civil twilight 상태가 되는군요.

"해가 뜨지 않는다" 라는 개념이 지금까지 생각하던 느낌과는 다르게 다가옵니다. 해가 지평선 위로 올라 오지 않는 것 뿐이지 생각처럼 밤이 지속되는 것은 아니라는 사실!

3. 오로라 (Northern Light)

지구 대기권은 아래와 같이 구성되어 있습니다.



대류권은 기상현상이 일어나는 곳으로 1km높아질 때 마다 6.5도씩 온도가 낮아지는 권역입니다. 극 지방에서는 10km, 적도에서는 대략 17km까지를 대류권으로 봅니다. 항공기가 지나다니는 영역이며 일부 국제선 항공기는 기상현상을 회피하기 위해 대류권 경계면을 날기도 합니다.

대류권 위는 성층권입니다. 대략 50km 정도까지입니다. 기상관측기구나 일부 초고도 정찰기가 운행되는 곳입니다. 지상으로부터 25km 부근에 오존층이 존재하며 자외선이 산소와 오존에 의해 흡수됩닏. 이 때 위쪽부터 흡수되어 아래로 내려올 수록 자외선량이 줄어들기에 성층권에서는 고도가 높을 수록 많이 가열되는 것입니다.

최고 고도에서는 0~10도 정도가 됩니다. 고도가 높아질 수록 높은 온도이기 때문에 대류현상이 없어 대기가 안정되어 있습니다.

중간권은 고도가 높아질 수록 성층권의 열이 적게 도달하므로 온도가 계속 내려갑니다. 유성이 많이 관측되는 곳이며 약 85km지점인 상층부 온도는 −100도 부근입니다.

높아질 수록 온도가 낮아지기 때문에 대류현상이 일어나지만 수증기가 극히 적어 날씨현상은 없습니다.

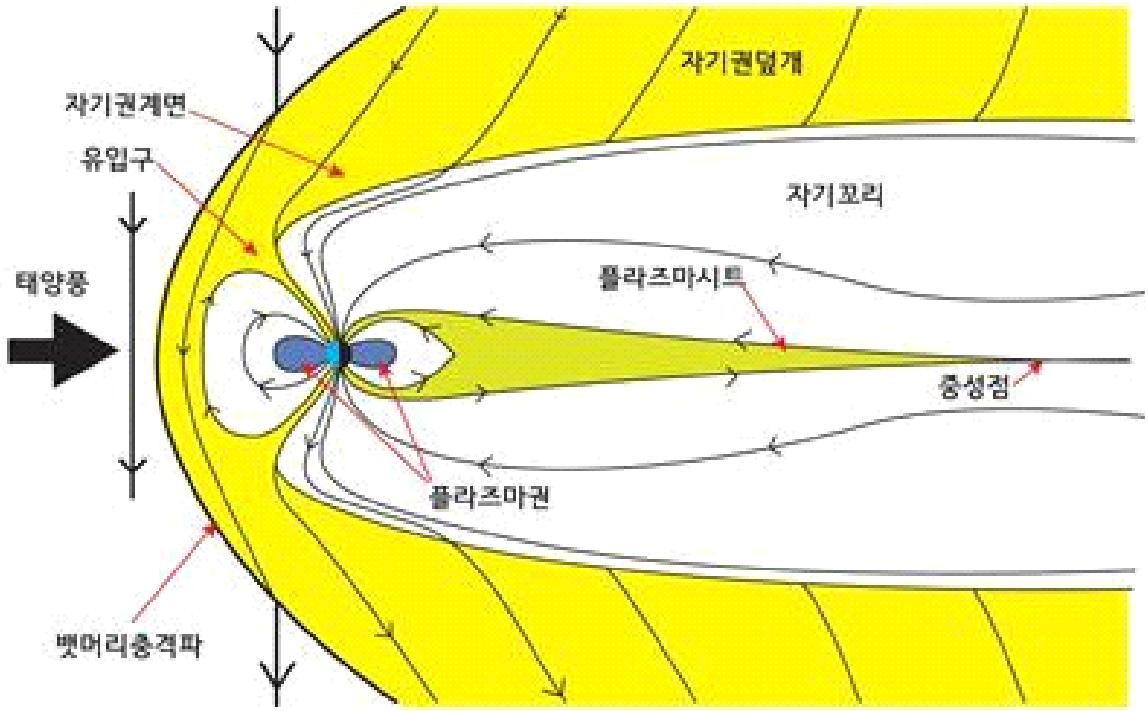
열권은 100km 이상 높이이며 공기가 매우 희박하고 태양 복사에너지를 직접 흡수하기 때문에 높아질수로 기온이 급격히 올라가 최상층에는 2000도에 육박하게 됩니다. 대신 태양이 비치지 않는 밤에는 급격히 온도가 내려갑니다. 이곳에 기상관측위성, 통신위성, 우주정거장 ISS 등이 궤도를 돌고 있습니다. 전파를 반사하는 전리층이

있고 오로라가 100~1000km 범위에서 관측됩니다.

오로라가 발생되는 구역이 이 열권입니다.

오로라는 태양에서 출발한 전기를 가진 입자들이 지구대기권에 들어서면서 열권에서 대기입자들과 마찰하며 생기는 결과입니다. 전기입자가 마찰하면 자기를 띄게 되어 지구 양극의 자기장에 끌려 모이게 되며 결국 고위도 지방에서 대규모 반응을 보이게 됩니다.

매우 드물게 아래처럼 오로라 폭풍이 일어나는 경우도 있습니다. 사진은 오로라를 가장 쉽게 관측할 수 있는 캐나다의 옐로나이프에서 촬영한 오로라 폭풍 사진입니다.



초음속으로 움직이는 태양풍이 지구 자기장과 부딪히면 충격파, 즉 뱃머리 충격파가 생깁니다. 뱃머리 충격파 안쪽에서는 속도가 느려진 태양풍 입자들이 지구 자기장을 따라 흐르며 지구 자기장을 안쪽으로 밀어서 태양의 반대쪽 방향으로 수백만 킬로미터 이상 길게 꼬리를 만듭니다.

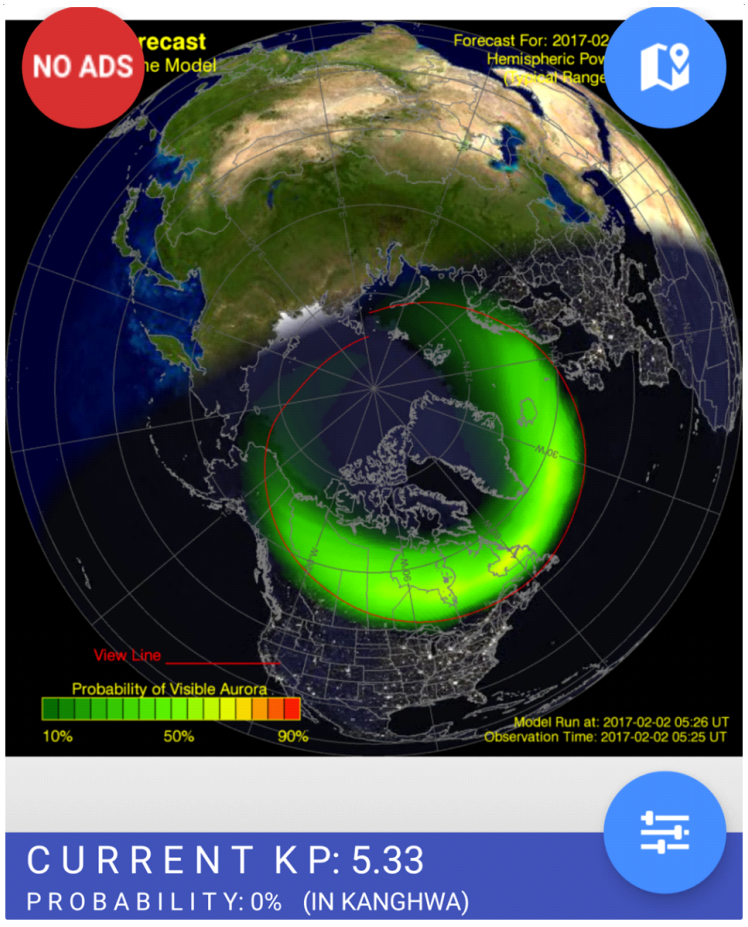
자기장의 꼬리를 따라 태양 반대편에 태양 입자들이 모이게 되면 순간적으로 자기장의 재결합이 일어나며 이때 플라즈마 탄환(plasma bullets)이라 불리는 엄청나게 많은 태양 입자들이 지구의 양 극으로 날아들게 됩니다. 테미스 위성의 관측 결과 자기장의 재결합이 일어나는 위치는 지구와 달 사이의 1/3 정도 되는 지점으로 밝혀졌습니다. 지구에서 약 12만km떨어진 지역이지요.

약 12만km나 되는 거리를 입자들이 날아오는데 걸리는 시간은 불과 90초 정도랍니다. 불과 90초 만에 엄청나게 많은 입자들이 지구의 양극으로 밀려와 오로라 폭풍 (서브스톰)을 만듭니다.

■ 오로라를 볼 수 있는 곳

오로라는 지구 자기장을 따라 고위도 지방에서 발생합니다. 오로라가 둥근 원형상으로 발생하는 것을 오로라 타원(OVAL)이라 하는데 북반구 자북극(磁北極)이 북위 86도 서경 160도(2015년 기준) 정도이기 때문에 북미 쪽으로는 북위 60도 전후, 유럽 쪽으로는 북위 70도 전후가 오로라 오발 지역입니다. 노던 아이와 같은 오로라 예보 앱을 사용하면 오로라 오발 지역을 확인할 수 있습니다.

북미 쪽에서는 알라스카와 캐나다의 여러 지역들이며 유럽 쪽에서는 스칸디나비아 반도 북쪽과 아이슬란드, 그린란드, 시베리아 북쪽 지역입니다. 유럽 쪽은 대부분이 바다이고, 흐린 날이 많기 때문에 관측 조건이 좋지 않은 편입니다.



북미 쪽의 경우 캐나다의 옐로나이프는 정기 항공로가 있는 가장 북쪽 도시로 오로라 관측의 최고 명당으로 알려져 있습니다.

왼쪽은 2017/2/2일 현재 오로라 상황입니다.

오로라 수준은 1~5까지로 나타내는데 1은 맨눈으로 보면 흰 안개같은 정도, 2는 육안으로 색이 약간 보이는 정도 3은 색이 확연하며 천천히 움직임이 보이는 정도, 4는 영화를 보듯 연속적으로 움직이는 정도, 5는 온 하늘을 뒤덮는 화려한 쇼가 보이는 정도입니다. 현재는 5를 넘어섰으니 캐나다의 처칠과 북미 동부해안에서 화려한 쇼가 보일 것 같습니다. 제가 다녀왔던 핀란드 지역은 약하게 너울거리는 수준으로 보이겠습니다.

우리나라의 경우 고려사 천문지에 오로라로 추정되는 적기(赤氣)현상이 기록되어 있습니다. 자북극은 일정하지 않고 항상 이동하는데 계산해 보면 고려시대에 자북극이 한반도와 비슷한 경도 상의 시베리아에 있었고 자북극을 기준으로 개성의 위도가 48~58도였다고 합니다. 오로라 오발이 생기는 위도가 60도 근처이니까 고려시대에는 우리나라에서도 오로라를 볼 수 있었을 것입니다.

■ 관측 기록

킬로파 지역에 머문 1/16~1/20일 동안 운 좋게도 무려 4일이나 맑은 밤하늘이 보였습니다. 첫날인 16일에는 눈으로도 확연히 알아볼 만큼 오로라 활동이 활발했습니다. 오로라 레벨은 2.5 정도입니다.

2017년 1월 16일 (-14도) | 20:45:14 F3.5 25초 SONY RX100

2017년 1월 16일 (-16도) | 22:18:19 F2.2 5초 SONY RX100

2017년 1월 17일 (-5도) | 23:23:01 F2.8 20초 SONY RX100

17일 밤은 구름한 점 없는 맑은 하늘이었지만 오로라 활동은 없었고 쏟아질 것 같은 별이 밤하늘을 수놓았고 18일은 날이 흐렸습니다.(-5도)

19일에 다시 오로라 활동이 미약하게 나타났습니다. 레벨 1.5 정도였습니다.

2017년 1월 19일 (-6도) | 22:18:19 F2.2 5초 SONY RX100

20일에는 관측 앱 상에는 레벨 2의 오로라였는데 눈에 띄는 커튼 형은 아니었지만 넓게 퍼져 있었습니다. 이날은 달이 뜨지 않았지만 발밑을 분간할 수 있을 만큼 밝아 왜 이 지역 사람들이 오로라를 북방의 빛 (Northern Lights)이라 부르는지 실감했습니다.

레벨 4 이상의 오로라가 관측되는 날은 보름달 정도의 밝기라고 합니다.

2017년 1월 20일 (-6도) | 21:33:48 F2.5 20초 SONY RX100

보통 날이 포근하면 오로라 관측이 잘 안된다고 하는데 머물렀던 기간 동안 매우 포근한 날씨가 계속되어 오로라 관측이 원활하지 않았던 것 같습니다.

■ 오로라 촬영에 필요한 장비

제가 사용한 것은 하이엔드카메라인 소니 RX100이었습니다. 만약 사리셀카의 온도가 평년과 같이 -25도정도 되었다면 아마 사진을 못 찍었을지도 모릅니다. 일반적인 자동카메라는 전원을 넣을 때 경통이 나오는데 그 부분이 얼어붙는다고 합니다. 또 얼지 않더라도 촬영 중간에 카메라를 주머니에 넣던가 하여 온도변화가 있을 시 맺힌 이슬이 곧 얼게 되어 사용할 수 없게 됩니다.

보통은 DSLR을 사용하며 ISO는 800정도, 15~20초 정도 노출시켜 촬영해야 하므로 삼각대가 꼭 필요합니다. 또한 카메라를 계속 조작해야 하므로 탄탄한 방한 장갑이 필수입니다.

4. 출입국 확인

사 증
VISAS
PL
05.01.17 69
WARSZAWA
L 09
23.01.17 37
HELSINKI - VANTAA
L 113