

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.4.121>

JCCT 2023-7-14 초청논문

서귀포는 겨울철에 왜 따뜻할까? 제귀지풍과 귀제지풍

Why is Seogwipo Warm in Winter?

The wind from Jeju City to Seogwipo-The Wind from Seogwipo to Jeju City

이성국*, 이문호**, 김정수***

Sung kook Lee*, Moon Ho Lee**, Jeong Su Kim***

요약 겨울철에는 제주의 서귀포와 중문 등지는 제주시 지역에 비해 기온이 2~3℃가 따뜻하다. 이유는 한라산을 넘은 북풍이 한라산 백록담을 넘고 해발 1600m의 돈내코의 세로 300m 가로 260m 수직 암벽면을 지나면 차가운 공기가 따뜻한 공기로 변하는 단열압축으로 그 온기가 돈내코를 타서 서귀포와 중문으로 날아가기 때문이다. 반대로 여름철에 서귀포 바다를 오른 남풍은 한라산을 넘고 아흔(99)골을 지나면 후덥지근한 습도를 머금은 기온으로 변해 제주시는 무덥다. 즉, 제귀지풍과 귀제지풍 때문이다.

주요어 : 돈내코, 단열압축, 제귀지풍, 귀제지풍

Abstract In winter, Jeju's Seogwipo and Jungmun areas are 2~3℃ warmer than Jeju City. The reason is that when the north wind over Halla Mountain crosses Baengnokdam of Halla Mountain and passes the 300m long and 260m vertical rock face of Donnaeko at an altitude of 1600m above sea level, the cold air turns into warm air through adiabatic compression, and the warmth rides on Donnaeko and flies to Seogwipo and Jungmun. Conversely, the south wind that rises over the sea in Seogwipo in the summer passes over Hallasan Mountain and passes 99 valleys before turning into a muggy, humid climate, making Jeju hot. In other words, it is because of The wind from Jeju City to Seogwipo-The Wind from Seogwipo to Jeju City.

Key words : Donnaeko, Adiabatic compression, The wind from Jeju City to Seogwipo, The Wind from Seogwipo to Jeju City

1. 서론

양간지풍(襄杆之風)은 봄철에 강원도 양양군과 고성군(간성) 사이에서 빠른 속도로 부는 바람이고 제주시와 한라산(1950m)을 가운데 두고 서귀포로 넘어가는 바람은 제귀지풍[1](濟歸之風, 제주시의 제(濟)자와 서

귀포의 귀(歸)자가 붙고, 갈지(之)자와 한라산을 넘는 바람(風) 연결됨)이 아닌가? 그 증표가 겨울철 한라산이 한랭한 북서 계절풍을 막아 산남 지방에 4월부터 하얗게 피는 감귤 꽃, 가을이면 제귀지풍에 노랗게 익어가는 귤, 감귤 꽃봉오리가 탁 터질 듯 맺혀있다. 제귀지풍이 한라산을 서너 번 더 넘고 비 한주 더 내리면 만

*정회원, 제주국제대학교 JEINS 운영지원팀 차장 (제1저자)
(미국 인디애나 주립대 경제학 박사과정 수료)
**정회원, 전북대학교 전자정보공학부 초빙교수
***정회원, 숭실사이버대학교 ICT공학과 교수 (교신저자)
접수일: 2023년 5월 17일, 수정완료일: 2023년 5월 30일
게재확정일: 2023년 7월 1일

Received: May 17, 2023 / Revised: May 30, 2023

Accepted: July 1, 2023

***Corresponding Author: kjs@mail.kcu.ac

Dept. of ICT Engineering, Korea Soongsil Cyber Univ,
Korea

개할 것이다. 지금까지 제귀지풍 바람 이름이 없는 것은, 제주에서 바람은 우리의 이웃 권당(‘권담(礎牆)’은 제주인의 관습상 발음 변화-할머니가 할망이 되듯-(口語體)가 되면 권당이 된다)이기 때문이다. 서귀포는 지형이 특이하다. 신 서귀포의 당산인 고근산은 북서풍과 북동풍의 바람길을 가르고 있고, 환절기에는 ‘도끼이주 시(회오리바람), 후내기(눈비바람)’가 일어나고, 바다에서 번섬을 기점으로 용오름 현상이 가끔 나타난다. 또한, 신 서귀포 지역은 병참·반참·고른참이라 하여 이 지역을 기점으로 동쪽은 정의현, 서쪽은 대정현의 경계가 되고, 물 때 또한 정의현은 대정현 지역보다 한물이 늦다. 즉 대정현은 음15일·30일 기준으로 여섯 무날이지만, 정의현에서는 일곱 무날이 된다. 이는 자연환경이 다르기 때문에 문화 환경 또한 다르게 나타난다고 윤봉택 시인은 제주올레 7-1길 순례에서 쓰고 있다. 서귀분지는 땅속에 빌레와 땅위에 머들을 특이하게 볼 수 있는 곳이 다, 한라산 마그마 화산 폭발시 마그마 흐름이 제귀지풍(濟歸之風)에 영향을 받았음을 알 수 있다.

II. 양강지풍(襄江之風)

태백산맥(太白山脈)은 한반도의 동쪽, 중남부에 걸쳐 남북방향으로 길게 뻗어 있는 우리나라에서 가장 긴 산맥(1,708m)·함백산(1,573m) 등의 명산, 태백은 단면상의 특징은 동쪽으로는 급경사를 이루며 동해와 가깝고, 서쪽으로는 완만한 경사를 이루며 길게 영서지방 또는 영남지방으로 이어진다. 이는 한반도 지형의 기본 골격인 동고서저(東高西低) 비대칭 ‘경동(傾動)지형’, 즉 비대칭 요곡(謠曲)운동에 의해 서서히 융기되었기 때문. 따라서 제주도도 성산포는 높고 모슬포는 낮은 동고서저(東高西低). 강원도 양양군과 강릉시 사이의 바람은, 양강지풍(襄江之風). 계절이 바뀌면서 한반도 남쪽에 따뜻한 저기압이 형성되고 북쪽에 차가운 고기압이 형성되면 서풍이 동쪽으로 분다. 이 바람이 태백산맥을 넘으면서 썬(Foehn) 현상을 일으키고 양양과 간성 사이의 골짜기 지역을 지나며 지형적 영향으로 속도가 빨라진다.

III. 썬(Foehn) 현상의 서귀포

썬 현상(독일어: Föhn)은 바람이 산 또는 산맥의 오름과 내림 방향으로 불 때, 바람이 산등성을 타고 올라

갔다(풍상측) 산을 넘어 산 내림 방향으로 타고 내려 오면서(풍하측) 따뜻하고 건조한 바람에 의해 풍하측 지역에 기온이 오르는 현상이 썬 바람.

썬 현상에 의해 고온 건조한 바람이 부는 이유는 공기가 산을 따라 하강하면서 단열압축이 일어나기 때문이다. 우리가 살고 있는 지면 가까운 공기는 일반적으로 수증기를 포함하고 있다. 이 공기가 수평으로 부는 바람을 따라 이동하다가 산을 만나서 산의 오르막을 따라 상승을 한다. 일반적으로 대류권에서는 고도가 높아질수록 온도가 낮아지기 때문에 상승하는 공기는 그 주변 영향으로 온도가 하강하게 되면서 단열팽창을 하게 되고 공기가 머금은 수증기들이 응결하여 구름을 형성하고 강수를 내리게 된다. 수증기를 탈락시킨 공기는 산 정상에 지나 후면의 산 내리막을 따라 불면서 공기가 하강하게 되면 이번에는 단열압축(斷熱壓縮: Adiabatic Compression, 압축 후의 온도증가) 되면서, 이미 수증기를 잃은 공기는 건조단열감률(斷熱減率)을 따라 온도가 상승하면서 불어 내리기 때문이다. 서귀포에서 한라산 정상 남벽 돈네코는 유체역학의 단열압축 곡선처럼 급격한 수직절벽(Cliff)이 가로막는데 놀란다. 돈네코에서 한라산등반은 직선으로 정상을 올라가지 못하고 영실과 윗세오름 코스로 우회한다. 그림 1에서 제귀지풍(濟歸之風)의 원인은 한라산 돈네코 남벽 정상(해발 1600m)의 지형지세다. 남벽(南壁, 해발1590m)은 정상에서 암벽 하단까지 고도가 무려 약 300m, 옆면은 260m(면적은78,000, m²:23,595평) 주상절리가 발달해있고 식생(植生)이 전혀 없다.



그림 1. 제귀지풍, 제주시에서 한라산으로 오르는 바람
Figure 1. The wind from Jeju City to Seogwipo, the wind from Jeju City to Mt. Halla

갈로 자른듯한 수직암벽(80m), 그 땅속에 모인 물은 서산 및 동산 버려네의 돈내코 계곡. 그 아래로 흐르는

한라산을 넘은 따뜻한 바람과 물, 길(路)을 만들면서 아래로 흘러 흘러, 한라산 자생의 아고산(亞高山) 대식물인 눈향나무, 시로미, 털진달래 조릿대, 산철쭉이 군락을 이룬다. 그래서 예부터 돈네코(豚川鼻)를 ‘돼지가 물을 마시는 형태의 계곡’이라 불렀고, 복(福)을 내리는 영험한 곳으로 알려져 명당 묘지가 많이 들어서 있다. 즉 온기(溫氣)와 한라 정기, 성수(聖水)를 서귀포에 가져다준다. 원앙(鴛鴦)과 정방(正方)폭포다. 쉽게 이야기하면, 해발 1590m 높이에 약 24,000평의 면적을 갖는 남벽 방열(放熱)관이 추운 겨울에 서귀포를 향해 열을 발산하는 것과 같다[그림 2].



그림 2. 한라산과 서귀포
 Figure 2. Mt. Halla and Seogwipo

성산포나 모슬포 등은 한라산 백록담 동서 수직 암벽이 없어 편(Foehn)현상을 일으키지 않아 바람이 사방 팔방으로 날린다. 하늘빛(雨)길은 1100-1600 고지 Ring 벨트인 돈네코남벽-윗세오름-진달래밭-삼다수 물오름 등으로 연결된다. 부록에 수식으로 ‘서귀포가 왜 따뜻한가’를 돈내코 수직암벽면의 단열압축에 대해서 수식으로 증명했다.

IV. 제귀지풍(濟歸之風)의 감골

제주시에 서북풍이 1950미터 한라산을 넘으며 편현상에 의하여 체감기온이 평균 2-3도 올라가 제주시보다 서귀포가 따뜻하게 별천지처럼 느껴진다. 제주시가 겨울인데도 서귀포는 봄꽃이 핀다. 김오진 교장의 ‘조선시대 제주도의 이상기후와 문화(2018, 푸른길)’에서 보면, 김정희의 ‘제주풍토록’, 김상헌의 ‘남사록’, 이원진의 ‘탐라지’, 김성구의 ‘남천록’ 등에 잘 나와 있다. 제주도에 있어서 한라산 사면(斜面)에 따라 기온이 다르다. 제주시는 섭씨 15.8도, 서귀포는 16.6도, 한라 남사면 이북사면보다 기온이 높다. 겨울철 월 평균 풍속은 제주시가

4.3m/s, 서귀포는 2.4m/s. 큰바람 일수는 제주시가 4.6일, 서귀포는 0.2일. 한라산 편현상에 의한 제귀지풍(濟歸之風)의 별천지가 서귀포이다. 감귤나무와 벚꽃, 무병장수(長壽) 노인성(老人星), 그래서 중국 진시왕이 불로초를 찾았던 서귀포, 서시과차(徐市過此)가 그 증표다. 1955년 봄, 초등학교 5학년 때 처음으로 서귀포 효돈에 벚꽃 구경을 갔다. 세상에 이런 곳이 있구나. 벚꽃만 보면 서귀포 생각이 난다. 2000년대까지는 처녀종각들이 데이트 장소도 서귀포였고, 수학여행과 Honeymoon 여행지 1위도 서귀포: 제귀지풍(濟歸之風) 바람이 전국을 뒀다. 무릉도원(武陵桃源)의 도량이다. 아! 서귀포 돈내코 남벽(南壁) 300m!. 본 글은 한라산과 오름 높이측정, 마그마 폭발속도계산, 서귀정방(正方(正房이 아님)) 여원 찾기 등에서 같이 관찰된 결과이다[1][3][4][5][6][7].

V. 아흔 아홉골

산북(山北) 제주시에서 한라산(1950m)을 가운데 두고 산남(山南) 서귀포로 넘어가는 겨울 하니 바람은 제귀지풍(濟歸之風, 제주시의 제(濟)자와 서귀포의 귀(歸)자가 붙고, 갈지(之)자와 한라산을 넘는 바람(風) 연결됨), 반대로 여름철에는 서귀포에 남풍이 한라산(漢孛山) 백록담을 넘고 윗세오름, 어승생악 아흔아홉골을 지나 북쪽 제주시로 부는 바람이 귀제지풍(歸濟之風)[2], 산북에서 산남으로 부는 바람이 제귀지풍이면, 반대로 산남에서 산북으로 가는 바람은 귀제지풍(歸돌아갈귀歸濟之風.)[그림 3].

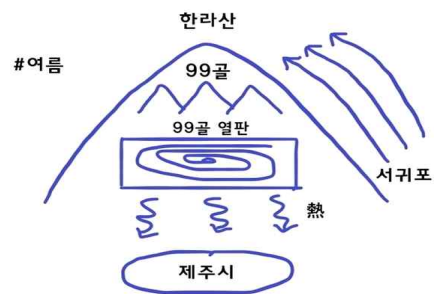


그림 3. 귀제지풍, 서귀포에서 제주시로 부는 바람
 Figure 3. The Wind from Seogwipo to Jeju City, wind blowing from Seogwipo to Jeju City

제주시 서남쪽 해안지경 어승생악(1169m) 아흔아홉골, 크고 작은 골짜기가 마치 밧고랑처럼 뻗어 내린 기봉. 백에서 한 골이 모자라 호랑이도 임금님도 못나온

다는 아흔아홉골 또는 구구동(洞), 제2횡단도로에서 10 km 지점의 해안동(海安洞)에 있는데, 어승생악(御乘生岳) 동쪽 동산에 크고 작은 꼬불꼬불한 골짜기가 많아서 붙여진 이름이다. 울창한 수목이 하늘을 가리고 있어서 그윽한 멋과 고요한 정취가 속세와 절연된 느낌을 준다. 오밀조밀한 봉우리들이 솟아 있으며, 그 사이의 깊고 얇은 수많은 계곡에는 맑고 찬 물이 흐른다. 골짜기 안에 이르면 언덕바지 비탈진 곳에 기암괴석(奇岩怪石)이 수목 속에 들어서 있고, 맑고 찬 약수가 샘솟는다.

VI. 제주시 여름 장마철의 귀제지풍(歸濟之風)

겨울철: 서귀 돈내코(豚川口) 300m의 제귀지풍(濟歸之風)

북쪽 시베리아에서 불어오는 바람은 제주시에서 한라산을 넘어 서귀포로 향한 바람은 편현상에 의하여 체감기온이 평균 2-3도 올라가 제주시보다 서귀포가 따뜻하다[그림 4].



그림 4. 한라산과 서귀포
Figure 4. Mt. Halla and Seogwipo

돈내코는 예전에 ‘멧돼지가 물을 마신 내 입구라’해서 돼지와 내천, 입구의 돈천구(豚川口)라고도 불리워지며, 백중날 물맞이는 원앙폭포와 난대상록수와 한란, 겨울 산딸기가 잘 자란다. 왜 그럴까?. 답은 수직암벽에 생성된 제귀지풍의 주엽(主葉main lobe)이 돈내코 상공, 부엽(副葉 side lobe)은 중문과 남원쪽이다. 단열압축을 물리적으로 설명하면, 타이어에 공기를 주입시 타이어와 펌프의 고무관이 따뜻하다. 내부 공기양이 많아져 내부가 단열압축 효과 때문이다. 타이어는 인공의 닫힌 공간(Closed Loop), 반면에 돈내코 남벽 300m를 타는 바람은 개방공간(Open Space)에서 단열압축이 일어나 서귀포를 향한 하늬바람이 따뜻해진다.

여름철: 제주시 99곡 어승생악 1169m의 귀제지풍(歸濟之風)

일반적으로 대류권에서는 고도가 높아질수록 온도가 낮아지기 때문에 상승하는 공기는 그 주변 영향으로 온도가 하강하게 되면서 단열팽창을 하게 되고 공기가 머금은 수증기들이 응결하여 구름을 형성하고 강수를 내리게 된다. 수증기를 탈락시킨 공기는 산 정상에 지나 후면의 산 내리막을 따라 불면서 공기가 하강하게 되면 이번에는 단열압축(斷熱壓縮: Adiabatic Compression, 압축후의 온도증가) 되면서, 이미 수증기를 잃은 공기는 건조단열감률을 따라 온도가 상승하면서 불어 내리기 때문이다[그림 5].

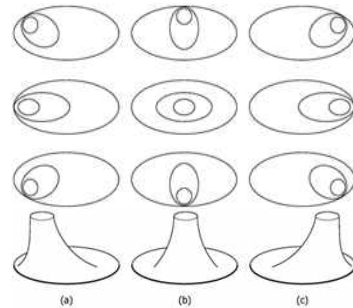


그림 5. 바람 방향에 따라 움직이는 한라산 시물레이션도
Figure 5. Simulation of Mt. Halla moving according to wind direction

제주시에서는 한라산 정상을 넘어 서귀포남풍이 윗세오름을 지나는 바람과 어승생악 아흔 아홉골 골짜기를 지난 계곡풍(溪谷風)이 더해져 후덥지근한 열풍(熱風)이 제주시로 부는 것으로 추정된다. 제주시에서는 여름철 산지부두에서 부는 바람이 한라산으로 올라오지 못하는데, 모슬포는 봄 여름에 산방산 절물이 바다에서 부는 마바람 냄새가 나면 중산간 마을에 비가 내린다.

VII. 결 론

6, 7월 장마철 서귀포에서 불어오는 남풍은 산북 제주시에서 습도가 부분적으로 빠진 습한 날씨. 1970년대 제주시 서사라 삼도동 701-11번지에 조그만 집을 짓고 10년간 살 때는 여름 한 철 습도나 날씨, 바람과 상관 관계를 잘 못 느꼈다. 그런데 전주에 50년 살다가 여름 장마 때 제주시에 가면 습도와 바다 바람과 해풍의 귀제지풍(歸濟之風)을 크게 느낀다. 지리산의 산바람과 한라산에서의 바다 산바람(海軟山風) 차이는 전주의 센

물(硬水)과 제주 물(軟水)의 ‘만지락(Soft)’한 부드러움이 차이와 같다. 제주에 가장 큰 문제는 여름철 습도가 높다. 한국 장마철 평균습도가 65% 이상, 20년전에 러시아 모스크바 과학원 유명교수 3명이 Brainpool 정부 초청으로 본 전주연구실에 6월에 왔는데 월급은 500만원. 그런데 숨을 잘못 쉬어 ‘답답하다’면서 월급이 많아도 조기귀국을 했다. 습도가 얼마나 중요한 문제인가?. 건조한 지역에 살던 사람은 습도가 많은 지역에 와서 견디기가 힘든데, 반대로 습도 지역 사람은 건조한 러시아나 미국 LA에 가도 문제가 안 된다.

겨울철 서귀포 돈내코의 남벽수직 높이 300m로 인한 온풍(溫風), 여름철 제주시 윗세오름, 아흔아홉골어승생악 1169m로 인한 열풍(熱風): 여름날씨와 겨울날씨는 정반대: 제귀(濟歸)와 귀제(歸濟)풍이 Forward-Reverse, 한라산을 오르고 내리는 바람은 자연 지능제어(自然知能制御: Natural Intelligence Control)[4][7]로 국제 인공지능자연지능학회에 논문으로 발표된다.

References

[1] Moon Ho Lee, “The wind from Jeju City to Seogwipo, created by the 300m rock wall at Seogwidonnaeko”, Voice of Jeju. 2022.6.16.
 [2] Moon Ho Lee, “The Wind from Seogwipo to Jeju City, created by Jeju Eoseungsaeng 99 Valley”, Voice of Jeju. 2022.6.30.
 [3] Kim Bong-ok, “Expansion Jeju History”, Serim, 2000.
 [4] Moon-Ho Lee, Jeong-Su Kim, “Wind Castle: Hal lasan-Oreum-Batdam Natural Intelligence Control I”, JIIBC 2015.5.
 [5] Moon Ho Lee, “Gates of Jeju”, Seogwipo Cultural Center, 2015.
 [6] Moon Ho Lee, “Mt. Halla is Buddha”, Jemin Ilbo, 1997.9.15.
 [7] Moon Ho Lee, Jeong Su Kim, “The Natural Intelligence of the Wind Castle Design with the World Natural Heritageof Jeju Island”, Springer Nature Switzerland AG 2021,Z. Hu et al. (Eds.): AIMEE 2020, AISC 1315, pp. 237 -247, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-67133-4_22

부록 서귀포 돈내코 단열압축

시스템이 외부와의 상호작용 중에 열(Heat)의 출입이 없이 계의 상태가 변화하는 과정.

1. 단열 압축

$$dU=\delta Q-\delta W \text{에서 } \delta Q=0 \quad (1)$$

여기서 dU는 내부에너지, δQ는 열, δW는 외부 일

2. 식유도

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma, \text{ 여기서 } P \text{는 압력, } V \text{는 체적} \quad (2)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (3)$$

이식을 $\frac{V_1}{V_2}$ 에 관한 식으로 정리하면

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\left(\frac{1}{\gamma-1}\right)} \quad (4)$$

(3)을 (2)에 대입

따라서

$$\therefore \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)} \quad (5)$$

3. Example: 단열압축에 대하여 서귀포 돈내코 공간 기체의 온도(°C)를 구하면

조건 ① 단열압축 이전의 기체: 25°C 1기압

② 단열압축 이후의 기체: 20기압

③ 여기서 정적비열 $C_V = 1[\text{cal/g}^\circ\text{C}]$,

정압비열 $C_P = 1.4[\text{cal/g}^\circ\text{C}]$

Solution:

① 비열비 $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$

② $\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)}, T_2 = T_1 \times \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right)}$

③ $T_2 = (273 + 25 = 298.15K) \times \left(\frac{20}{1}\right)^{\frac{1.4-1}{1.4}}$

= 428.71°C

= (273 + 428.71°C) = 701.71K

결국, 한라산 정상인 백록담 기온 25°C가 서귀포 돈내코 암벽을 통과하면 428°C로 뜨거워져, 그 더운 바람이 서귀포 중문으로 지향적(Directional)으로 퍼져 나간다. (Blowing up)