

국내외 바람길 연구의 동향 분석

정운근* · 김건우**

*한양대학교 도시대학원 랜드스케이프어바니즘 전공 박사과정 · **한양대학교 도시대학원 랜드스케이프어바니즘 전공 조교수

Tendency Analysis of Domestic and International Wind Path Research

Jung, Woonkun* · Kim, Gunwoo**

*Ph.D. Candidate, Landscape Urbanism Major, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University

**Assistant Professor, Landscape Urbanism Major, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University

ABSTRACT

This study investigates the tendency of domestic and international research on wind paths by analyzing 138 domestic and 120 international papers from 1997 to 2022. Data analysis was performed using frequency and Meta analysis. The cold air plays a role of helping to improve air pollution and thermal environment by promoting air circulation by flowing cold and fresh air generated at night in the forests outside the city to the center of the city. First, regarding domestic studies, Eung-ho Jung conducted the most research, with 13 papers published between 2003 and 2021. Master's dissertations were first published in 2006, and doctoral dissertations, in 2010. The Korean Association of Geographic Information Studies featured the highest number of studies, with 16 papers (18.18%). Regarding international research, Cheng Chen from China studied eight cases (6.67%) between 1997 and 2022. Recently, the number of published studies significantly increased, with 18, 26, and 26 studies published in 2020, 2021, and 2022, respectively. As for the source, eight papers (the largest number) were published by Building and Environment and China conducted 70 (58.33%) of the 120 studies. South Korea and Japan each conducted 10 (8.33%) studies. In conclusion, it was found that the wind path of cold air inflow is thought to be a way to solve the significant issue of urban heat island effect within cities.

Key Words: Wind Paths (Wind Road), Wind Ventilation Corridor, Cold Air in the Forest, Fine Dust, Heat Island Effects, Garden

국문초록

본 연구는 1997년부터 2022년까지 국내 논문 138편과 해외 논문 120편을 분석하여 바람의 경로에 관한 국내외 연구 동향을 살펴보았다. 데이터 분석은 빈도분석과 메타분석을 이용하여 수행하였다. 찬공기는 도심 외곽의 숲에서 밤에 생성된 차고 신선한 공기를 도심으로 유입시켜 공기순환을 촉진시키고 대기오염 및 열환경 개선에 도움을 주는 역할을 한다. 첫째, 국내 연구에서는 정응호가 2003년부터 2021년까지 13편의 논문을 발표해 가장 많은 연구를 하였다.

Corresponding author: Kim, Gunwoo, Assistant Professor, Landscape Urbanism Major, Graduate School of Urban Studies, Hanyang University, South Korea, Phone: +82-2-2220-0274, E-mail: gwkim1@hanyang.ac.kr

석사 논문은 처음으로 2006년에, 박사 논문은 2010년에 발표되었다. 한국지리정보학회가 16편(18.18%)으로 가장 많은 연구를 기록했다. 국제적 연구로는 중국의 Cheng Chen이 1997년부터 2022년까지 8건(6.67%)을 연구했다. 최근 발표된 논문의 수가 크게 늘어나 2020년, 2021년, 2022년에 각각 18건, 26건, 26건의 연구가 발표되었다. 출처는 *Building and Environment*에서 8편(가장 많은)이 발표되었으며, 120개 연구 중 70개(58.33%)가 중국에서 수행되었다. 한국과 일본은 각각 10건(8.33%)의 연구를 수행하였다. 결론적으로 찬공기가 유입되는 바람의 경로는 도시 내 심각한 도시열섬효과 문제를 해결하는 방법으로 생각된다.

주제어: 바람길, 바람의 환기통로, 숲속의 찬공기, 미세먼지, 열섬효과, 정원

1. 서론

최근 국내에서 미세먼지의 빈번한 발생과 도시 열섬화로 인해 자연환경에 대한 국민적인 관심이 높아지고 있으며, 미세먼지와 도시 열섬화 문제의 해결방법으로 찬공기 바람길에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다. 찬공기 바람길은 도시에서 흐르는 바람의 길을 일컫는 것으로, 도시 외곽 산림에서 야간에 생성되는 차고 신선한 공기를 도심의 중심까지 흐르게 하여 공기 순환을 촉진함으로써 대기오염 및 열 환경개선에 도움을 주는 역할을 한다(엄정희 등, 2019). 찬공기는 교목이 많은 숲에서 보다는 들판이나 목초지에서 잘 발생하지만, 산림지역은 찬공기가 비탈을 타고 마을로 내려올 수 있어 바람길로 이용하기에는 더 적합하다(Mosimann *et al.*, 1999). 우리나라는 국토면적의 63%가 산림이고, 대부분의 도시 주변에 산지가 있어 바람길을 이용해 도심 열섬과 열대야를 완화할 수 있는 좋은 조건을 가지고 있다.

찬바람 생성관련 선행연구에 의하면 찬바람 생성은 일몰 후 복사열 냉각이 시작되는 시점인 20시에 시작하여 다음날 일출 전인 04~06시에 가장 많은 것으로 나타났다(Schädler and Lohmeyer, 1996). 나무는 광합성과 호흡을 통해 밤이 되면 차가운 산소를 내뿜기 때문에 숲의 공기는 시가지보다 5°C에서 9°C 가량 더 차갑다. 이 차갑고 무거운 신선한 숲의 공기가 밤에 계곡을 타고 내려와 시가지의 덥고 오염된 공기를 밀어 올리면서 도시 내 대기 오염물질을 도시 외곽으로 확산시킨다.

바람길은 도시 주변 산지, 계곡, 녹지대 등의 공간 지형적 특성과 조건에 따라 자연적으로 발생하는 찬공기가 도시 내로 유입될 수 있는 길(통로)을 만들어 대기오염 및 기후환경 문제개선(열섬)에 활용하는 것을 말한다. 바람길의 개념은 Kress (1979)가 독일어인 통풍(ventilation)과 기차(bahn)라는 단어를 합쳐 '바람길'(Ventilationbahn)이라는 이름으로 유래하였다. 현재는 녹지와 도시, 물, 오픈스페이스의 네트워크를 활용하여 산이나 바다로부터 유래한 신선한 공기를 도시로 흐를 수 있도록 하는 것을 의미(김수봉 등, 2007)한다. 독일의 슈투트가

르트(Stuttgart) 도시계획에 있어서 도시기후의 중요성이 대두되면서 사용하기 시작했다. 바람길의 활용은 도시 전체의 대기 오염문제와 도시열섬현상 등과 같은 환경문제를 완화시키고자 도시계획과정에 바람길 조성 및 활용을 위한 요소를 반영함으로써 보다 적극적으로 차고 신선한 바람(Kaltluft, Frischluft)을 시가지로 유입시키기 위함이었다(김수봉과 정응호, 2005).

도시지역의 바람 형태는 도시 내부의 온도차에 의한 미세한 공기의 흐름에 의해 유발된다. 이러한 현상에는 두 가지의 예가 있는데, '전원미풍(country breeze)'과 '공원미풍(park breeze)'가 있다. 첫째, 'country breeze'는 도시의 국지적 기온형성에 의한 열섬현상의 영향으로 바깥의 자연지역에 비해 상대적으로 고온이 형성됨에 따라, 차가운 공기가 자연지역으로부터 도심을 향해 유입되는 것을 말하며(Goldreich and Surridge, 1988), 둘째, 'park breeze'는 도시 내부 공간들 사이의 현상으로서 공원과 녹지대에서 생성되는 찬공기들이 인근의 지역으로 확산되는 것을 말한다(Eliasson, 2000).

열대야 현상은 낮 동안의 도시의 공기는 종종 자연지역에 비해 건조해지고, 밤에는 그와 반대로 된다(Chandler, 1967). 이러한 기후적 특성들은 대도시 야간고기 분포에 영향을 주게 되며, '열대야' 현상에 영향을 미친다. 또한, 도시화된 지역에서 발생한 고온다습한 수증기는 높은 수준의 대기오염과 결합하여 구름형태가 되어 최종적으로 전체도시에 다시 낙하하게 됨으로서 고온다습의 답답한 도시환경을 유발하게 되는 것이다(Oke, 1987). 도시 열섬화, 미세먼지 완화 등의 문제들을 해결하기 위해, 그린인프라 등의 방법으로서 가로수를 활용한 대책, 옥상·벽면녹화를 활용한 대책, 수경시설을 활용한 대책, 바람을 활용한 대책 등 여러 가지 분야에서 다양한 방법이 시도되고 있다. 그러나 분수, 폭포, 계류, 연못 등의 수경 공간을 활용한 대책이나, 수평적인 녹화, 수직적 녹화 등의 식재를 이용한 방법은 좁은 지역에서 환경문제를 해결하는 좋은 방법은 될 수 있으나, 도시 전체를 고려하지 못하였다. 그러므로 바람길 연구는 필요하다고 본다.

국내 선행연구에 대해 알아보면, 먼저 박사논문에서 Cha(2010)

는 토지이용 변화에 따른 바람유동 분석과 평가방안에 관한 연구를 통해 바람의 유동 분석과 평가방안을 제시하였다. Seo (2022)는 공동주택 단지 개발에 따른 찬공기 유동성 평가 및 법·제도 개선방안에 관한 연구를 대구 연경 공공주택지구를 중심으로 연구하였다. 이 연구를 통해 대구지역의 열섬화를 찬공기 유동성의 바람길을 통해 해결하고자 하는 개선방안을 제시하였다. 석사논문에서는 바람길에 대한 분석과 활용에 대해 다양하게 연구를 하였다. 다음은 학술지 논문에서 문운섭 등 (2003)이 처음으로 바람길에 대한 연구를 시작하였다. 도시지역의 3차원 바람길과 대기질의 수치모의를 통해 복잡한 도시지역의 문제를 해결해 보자는 의견을 제시하였다. 김수봉 등 (2004)은 도시 열섬현상 완화를 위한 대구시 바람길 도입 및 조성방안에 관한 연구를 통해 대구시의 여름 날씨를 해결해 보고자 하였다. 2010년대에 들어와 2019년에는 엄정희(2019)에서 시작되어 바람길에 대한 연구가 9건이 있었는데, 바람길 활용에 주로 주안점을 두고 연구를 하였다. 2020년대에 와서는 바람길과 열환경에 대한 연구들이 주류를 이루며 연구되어졌다. 김중성과 강정은(2021)은 도시 열환경 개선을 위한 취약지역 선정 및 바람길 조성방안을 창원시를 대상으로 연구하였다. 그리고 이어 문호경 등(2021)은 부산광역시를 대상으로 도시 열환경 개선을 위한 바람길 특성 분석과 관리 전략을 제시하였다. 국외 연구들을 살펴보면, Weiwu *et al.*(2022)은 환기 가능성 및 바람 특성의 정량적 분석을 통한 도시 환기 통로 식별을 통해 Hangzhou의 열섬현상을 밝히고, 54개의 고온 구역과 48개의 저온 구역 영역은 각각 Hangzhou(항저우)에서 기능 및 보상 공간으로 식별되었다는 것을 밝혔다. Eum *et al.*(2022)은 ‘찬공기 특성을 활용한 바람길 계획 및 관리 전략: 한국 도시의 적용(청주시, 전주, 진주시)’을 대상으로 KALM 모델을 이용하여 다양한 공간적 특성에 따라 형성되는 국지적 냉기의 특성을 분석하였다. Sung *et al.*(2021)은 ‘찬공기를 이용한 바람 회랑 계획 및 관리 전략 특징: 한국 도시에서의 적용 연구’를 통해서 한국의 행복시(HBC 지역) 현황을 분석하여 바람 회랑 숲 구현을 위한 계획 전략을 제공하였다. Gashniani *et al.*(2022)은 ‘건물 환기에 바람을 활용한 Double Skin Facades의 활용 연구’를 통하여, 신재생에너지 활용의 대안으로 이중외피의 적용을 고려하여 이란의 만질시 건물의 자연환기에서 풍력 에너지를 활용하기 위한 최적의 절차를 조사하였다. Gu *et al.*(2020)은 ‘도시 기후학에 의한 도시환기통로의 공간계획’을 통해 도시 환기 통로에 효과적인 모델링 방법을 도입하는 것을 연구하였다. Marando *et al.*(2022)은 인프라를 통한 도시 열섬 완화를 통해서 도시의 열강도와 고온 완화 기회에 대한 모델을 제시하였다.

도시 계획적인 측면에서 도시 전체를 고려하여 바람길을 조성하는 것이 도시 환경문제를 해결하는 방안으로 부각되고 있다. 그러나 바람길에 대한 연구는 찬바람생성 지역이나 건축물에 의한 영향 등에 국한되어 도시의 바람길에 대한 광역적인 분석은 매우 부족한 실정이다. 그러므로 숲의 찬공기 바람길에 대한 연구를 파악하기 위한 동향 분석은 필요하다고 본다. 따라서 본 연구의 목적은 연구의 동향을 파악하고 초점과 발전 경향과 바람길의 다양하고 체계적인 데이터를 구축하는 데 기초자료가 되고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 학술연구정보서비스(Research Information Sharing Service: RISS)의 자료검색에서 국내학술논문과 학위 논문을 중심으로 ‘바람길’ 검색어를 통하여 자료를 조사하였다. RISS를 통해 검색된 논문은 2022년 12월 31일까지를 기준, KCI 등재 및 등재후보인 국내학술논문 608건, 학위논문 950건으로 총 1,558건이 검색되었다. 그 중 논문의 목적에 부합하지 않는 논문을 제외하고, 분석에 활용한 논문은 석사논문 43편, 박사논문 7편, 학술논문 88편으로 총 138편의 논문을 선별 분석하였다. 국외 연구는 Web of Science, Scopus 등에서 ‘wind ventilation corridor’ 키워드로 검색하였을 때 388건의 결과를 얻었다. 국외 대학교의 학위논문은 Web of Science, Scopus 등에서 검색되지 않았다. 국내자료와 마찬가지로 본 연구와 관련 없거나 목적에 부합하지 않는 논문 들을 제외하고 분석에 활용한 논문은 총 120건이다. 본 연구에서는 제목과 키워드 중심으로 정리하였다.

2. 연구 설계 및 분석

본 연구는 2022년 11월 15일부터 2023년 02월 21일까지 진행되었다. 본 연구의 설계는 2022년 11월 15일부터 2022년 11월 29일까지 하였다. 본 연구의 이론적 배경을 위한 문헌과 논문 자료수집과 정리는 2022년 11월 30일부터 2022년 12월 20일까지 하였다. 본 연구를 위한 자료수집은 2022년 12월 25일부터 시작하여 2023년 01월 15일까지 수집하였다. 자료 정리와 분석은 2023년 01월 16일부터 01월 31일까지 하였다. 그리고 최종 정리는 02월 21일까지 하였다. 수집된 자료는 2003년부터 2022년까지 국내 학술연구정보서비스(RISS)와 Web of Science, Scopus를 기반으로 “바람길”에 관련된 논문을 분석하였다. 국외는 ‘wind ventilation corridor’로 검색하였다. 본 연구의 자료

분석은 연구자, 출판연도, 출처, 주제를 밝히고 빈도수를 실수와 백분율(%)로 환산하여 제시하였다. 그리고 그 결과를 표와 막대그래프로 나타내었다. 마지막으로 국내외의 학술지, 학위논문의 주제별 동향에 대하여 살펴본 후 키워드별 바람길 연구 주제, 내용 및 방법을 요약하여 국내외의 바람길 연구의 동향을 체계적으로 분석하였다.

다음은 국내외의 바람길 연구의 동향 분석을 위한 연구 설계 모형을 그림 1에 제시한다.

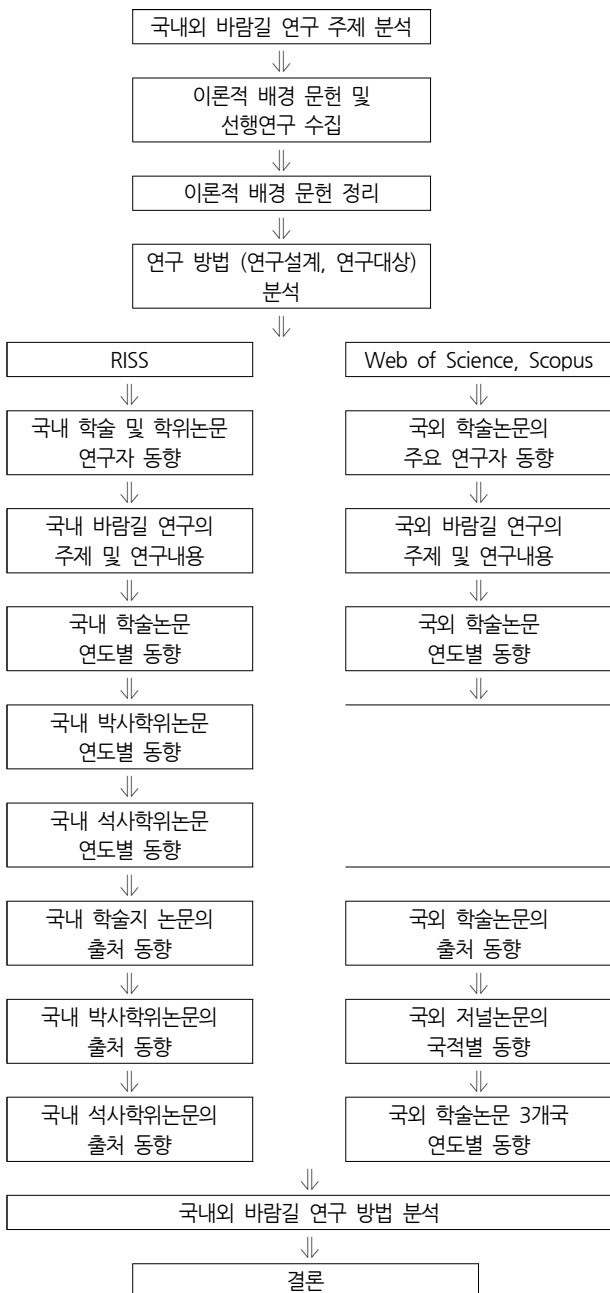


그림 1. 국내외 바람길 연구의 동향 분석을 위한 연구 설계 모형

III. 결과 및 고찰

1. 국내 바람길 연구 결과

1) 국내 바람길 연구자별 동향, 연구주제, 내용 및 방법

국내 학술논문과 학위논문 전체 138건의 연구자별 동향을 알아보면 표 1 및 그림 2와 같다.

국내 학술논문과 학위논문의 연구자별 동향은 총 138건 중에서 정응호가 12건(8.69%)으로 가장 많은 연구를 하였다. 다음으로 엄정희가 11건(7.97%)을 연구하였다. 차재규는 학술논문과 석사학위, 박사학위까지 총 9건(6.52%)을 연구하였으며, 손정민은 8건(5.79%), 류지원과 박경훈, 송봉근은 5건(5.68%)을 연구하였다. 5건 미만은 기타에 넣었다. 기타는 83건(60.14%)이다. 국내 박사과 석사학위논문 연구자는 총 50건(100%)으로 박사가 7건, 석사가 43건으로 석사의 논문이 많았다. 석사와 박사학위논문을 모두 쓴 사람은 Jae-gyu Cha와 Bo-yong Seo, 2명이었다.

다음은 국내 바람길 연구의 주제 및 세부내용에 대해 알아보았는데, 표 2와 같다. 연구의 주제 및 세부내용에 대한 논문 중 여러 분야를 복합적으로 다루는 논문들도 제목과 키워드 중심으로 분류하고 정리하였다.

표 1. 국내 학술논문과 학위논문 연구자 논문의 동향

Researcher	N	%
Eung-ho Jung	12	8.70
Jeong-hee Eum	11	7.97
Jae-gyu Cha	9	6.52
Jeong-min Son	8	5.80
Ji-won Ryu	5	3.62
Kyung-hun Park	5	3.62
Bong-geun Song	5	3.62
Etc.	83	60.14
Total	138	100.00

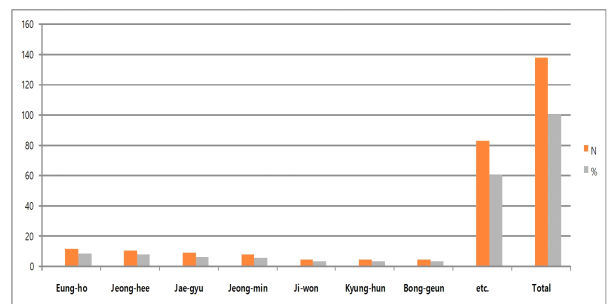


그림 2. 국내 학술논문과 학위논문의 연구자 동향

표 2. 국내 바람길 연구의 주제 및 세부 내용

Research Topic	Keywords	Total	%
Wind paths	Wind, wind paths, cold air, Earth's surface	38	27.54
Heat island effect	Urban heat island, heat environment, heat island effect, alleviation of urban heat island effect, improvement of urban heat environment	34	24.64
Urban space	Urban structure, urban climate, urban wind path, urban space evaluation	28	20.29
Fine dust	Air quality, fine dust, air pollution, air purification	16	11.59
Climate	Climate, microclimate, temperature	15	10.87
Use	Legal system, utilization measures, analysis, safety measures	7	5.07
Total		138	100.00

국내 바람길 연구 주제의 특징은 바람길의 세부 내용인 바람, 찬공기, 지표면 등에 관련된 연구가 가장 높은 비중을 차지하며, 실제적으로도 다른 모든 연구 대상에도 바람길은 포함되어 있다고 볼 수 있다. 다음으로 열 환경과 관련된 도시 열섬화에 관련된 내용이다. 그 다음은 도시공간, 미세먼지, 기후, 활용 등의 순서로 연구가 진행되고 있다.

다음은 국내 바람길 연구 분야 및 연구내용에 대해 알아보았다. 이에 대한 결과는 표 3과 같다.

국내 바람길 주요 연구 분야는 찬공기 생성 및 바람길 계획이 주류를 이루고 있으며, 연구내용으로 찬공기 유동 분석 및 관리방안, 바람의 특성 및 생성 기능 평가, 바람길 형성의 공간적 특성 평가, 찬공기 생성지역 특성 및 냉각 효과, 지표면 물

표 3. 국내 바람길 연구 분야 및 연구내용

Keywords	Research content	Total	%
Generation of cold air and planning wind paths	Cold airflow analysis and management measures	11	7.97
	Wind characteristics and evaluation of generating function	9	6.52
	Evaluation of spatial characteristics of wind path creation	8	5.80
	Characteristics of cold air generating regions & cooling effects	7	5.07
	Analysis of physical elements of the Earth's surface	4	2.90
	Subtotal	39	28.26
urban heat environment Improvement and alleviation plans	Analysis of urban heat island effect	18	13.04
	Improvement of urban heat environment	15	10.87
	Subtotal	33	23.91
Residential complex building layout plans that take into consideration wind paths	Urban structure & spatial evaluation	16	11.59
	Urban wind path for each complex type	6	4.35
	Improvement of urban air environment	6	4.35
	Subtotal	28	20.29
Plan to reduce ultrafine & fine dust	Collect, analyze, predict air pollution, and fine dust	8	5.80
	Measures to reduce fine dust	8	5.80
	Subtotal	16	11.59
Effects of greenery and wind paths on urban microclimate	Microclimate analysis & evaluation	10	7.25
	Effects of greenery on cities	5	3.62
	Subtotal	15	10.87
Legal system review & utilization plan	Application of legal system & urban planning	7	5.07
	Subtotal	7	5.07
Total		138	100.00

리적 인자 분석 등이다. 이는 국내의 산지가 63%인 점을 감안한 연구의 내용이라고 본다. 다음으로 도시 열 환경개선 및 완화계획은 연구내용이 도시 열섬 효과 분석과 도시 열 환경개선을 위해 도시 내의 찬바람 생성 숲, 디딤·확산 숲, 연결 숲이 파편화되고 단절되지 않게 하고 조성하고 보전하며 확대해 나가야 하는 점을 시사하고 있다. 초미세먼지 및 미세먼지 저감 계획에 있어서는 미세먼지 발생이 심각한 산업단지 및 도로에는 미세먼지 차단을 고려한 연결 숲을 조성하여 주변 지역으로 미세먼지가 확산되지 않는 연구가 포함되고 있었다. 더불어 천연의 에너지인 찬바람을 효율적으로 이용할 수 있는 법제도 검토 및 활용계획에 대해서도 시사하는 바가 크다.

2. 국내 바람길 연구의 연도별 동향

바람길 연구의 연도별 동향을 알아보면, 국내 학술논문은 총 88건으로 표 4, 그림 3과 같다.

국내 등재 및 등재 후보 이상의 학술논문은 2003년부터 발간되기 시작하였으며, 각 연도 별로 1건에서 2건 정도 연구되

표 4. 국내 학술논문 연도별 동향

Y	N	%
'03	1	1.14
'04	2	2.27
'05	2	2.27
'06	1	1.14
'07	4	4.55
'08	2	2.27
'09	4	4.55
'10	4	4.55
'11	6	6.82
'12	5	5.68
'13	3	3.41
'14	2	2.27
'15	1	1.14
'16	3	3.41
'17	7	7.95
'18	4	4.55
'19	9	10.23
'20	7	7.95
'21	13	14.77
'22	8	9.09
Total	88	100.00

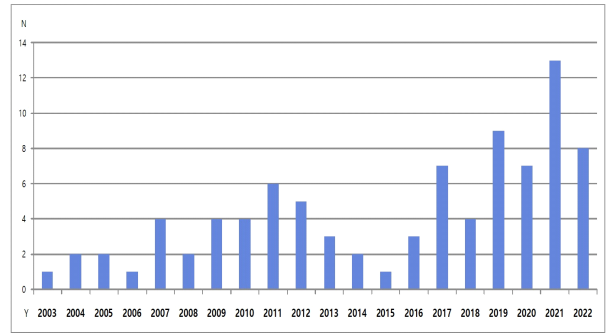


그림 3. 국내 학술논문 연도별 동향

다가 2007년에 4건으로 전년도에 비해 연구가 늘어났다. 그러다가 2011년에 6건으로 연구되었는데, 점점 연구가 미미해지다가 2017년 7건, 2019년에 9건으로 연구의 진전을 보이기 시작하였다. 그리고 2021년 코로나 시대적 요구 때문인지 13건으로 증가되었다.

다음은 국내 박사학위 논문 연도별 동향을 살펴보면 표 5, 그림 4와 같다.

국내 박사학위논문을 연도별로 살펴보면 2010년에 1건의 연구가 시작되었지만, 그 다음 연도에는 연구가 되지 않았다.

그러다가 2014년에 1건, 2015년에 1건, 2017년에 1건, 2019년에 1건, 그리고 연구가 없다가 2022년에는 2건으로 늘어났다. 이와 같이 박사논문은 바람길 연구에 미미한 실정이다.

다음은 국내 석사학위논문의 연도별 동향에 대해 알아보면, 표 6, 그림 5와 같다.

표 5. 국내 박사학위논문 연도별 동향

Y	N	%
'10	1	14.29
'11	0	0.00
'12	0	0.00
'13	0	0.00
'14	1	14.29
'15	1	14.29
'16	0	0.00
'17	1	14.29
'18	0	0.00
'19	1	14.29
'20	0	0.00
'21	0	0.00
'22	2	28.57
Total	7	100.00

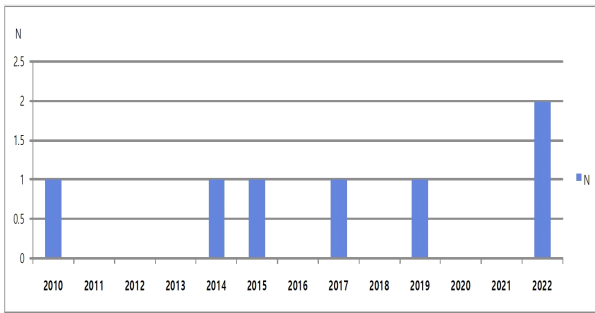


그림 4. 국내 박사학위 연도별 동향

표 6. 국내 석사학위논문 연도별 동향

Y	N	%
'06	4	9.30
'07	2	4.65
'08	2	4.65
'09	5	11.63
'10	6	13.95
'11	2	4.65
'12	2	4.65
'13	1	2.32
'14	3	6.98
'15	3	6.98
'16	2	4.65
'17	0	0.00
'18	4	9.30
'19	4	9.30
'20	0	0.00
'21	0	0.00
'22	3	6.98
'Total	43	100.00

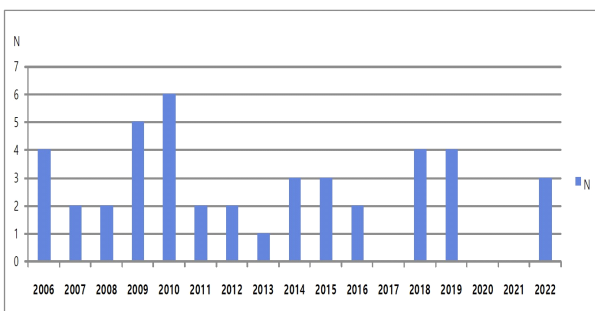


그림 5. 국내 석사학위 연도별 동향

국내 석사학위논문의 연도별 동향을 살펴보면 2006년부터 4건의 연구가 시작되었다가 2건 정도의 약간 미미한 수준으로 연구가 되다가 2009년 5건, 2010년 6건을 연구하였다. 그 이후에는 2건에서 3건 정도의 연구를 보이다가 2017년에는 한 건도 없었다. 그러다가 2018년에 4건, 2019년에 4건 연구되었다. 그리고 2000년에는 한 건도 없었다가 2022년은 3건의 연구가 되었다.

다음은 국내 박사학위논문의 출처 동향에 대해 알아보면 표 7, 그림 6과 같다.

국내 박사학위논문의 출처는 Keimyung University에서 2건, 그 외 Mokpo National University와 Hanyang University, Konkuk University, Kangwon National University, Dankook University에서 각 1건씩 박사학위가 나왔다. 박사학위를 통한 바람길 연구가 원활하게 진행되고 있지 않은 것을 알 수 있었다.

다음은 국내 석사학위 논문의 출처 동향을 알아보면 표 8, 그림 7과 같다.

국내 석사학위논문의 출처를 가장 많이 나온 순서대로 알아보면, Keimyung University에서 9건으로 가장 많이 나왔다. 그리고 Hanyang University에서 8건으로 거의 비슷한 수준으로 나왔다. 다음 Konkuk University은 4건이었으며, University of Seoul에서 3건이었다. 그리고 Chungbuk National University와

표 7. 국내 박사학위논문의 출처 동향

University doctoral thesis	N	%
Keimyung University	2	28.57
Mokpo National	1	14.29
Hanyang University	1	14.29
Konkuk University	1	14.29
Kangwon National	1	14.29
Dankook University	1	14.29
Total	7	100.00

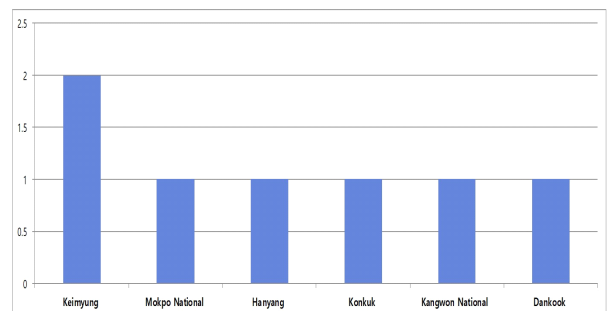


그림 6. 국내 박사학위 논문의 출처 동향

표 8. 국내 석사학위논문 출처 동향

University master's thesis	N	%
Keimyung University	9	20.93
Hanyang University	8	18.60
Konkuk University	4	9.30
University of Seoul	3	6.98
Chungbuk National University	2	4.65
Sangji University	2	4.65
Kwangju University	2	4.65
Etc.	13	30.23
Total	43	100.00

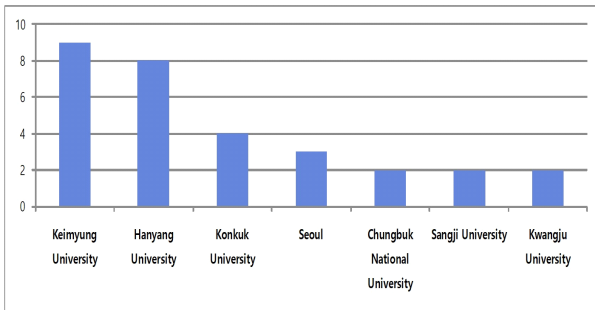


그림 7. 국내 석사학위 논문의 출처 동향

Sangji University, Kwangju University에서 각각 2건의 석사학위가 나왔다. 그 외 1건은 기타에 넣었는데, 1건 석사학위를 낸 대학교는 13교가 있었다. 이상에서 볼 때, 박사학위논문보다 석사학위논문에서 바람길 연구가 원활하게 이루어지는 것을 볼 수 있었다.

3. 국외 바람길 연구 결과

1) 국외 바람길 연구자 동향

국외 연구는 학술지를 중심으로 알아보았다. 총 120건의 국외 학술지 논문에 대한 연구자의 동향을 알아보면 표 9, 그림 8과 같다.

국외 학술논문의 연구자별 동향은 총 120건 중에서 중국 연구자의 연구 결과가 많은 비중을 차지하고 있었다. 그리고 Chen Cheng이 8건(6.67%)으로 가장 많은 연구를 하였다. 그 다음으로 Bai Zhican과 Liu Yonghong이 동일하게 6건(5.00%)씩 연구를 하였다. Wong Man Sing과 Nichol Janet E.는 5건(4.17%)이다. 그 외에도 4건(3.33%)을 연구한 연구자는 Chun-Ming Hsieh 외 9명이 있으며, 3건, 2건, 1건의 연구 실적

표 9. 국외 학술논문의 주요 연구자 동향

Researcher	N	%
Chen Cheng	8	6.67
Bai Zhican	6	5.00
Liu Yonghong	6	5.00
Wong Man Sing	5	4.17
Nichol Janet E	5	4.17
Etc.	90	75.00
Total	120	100.00

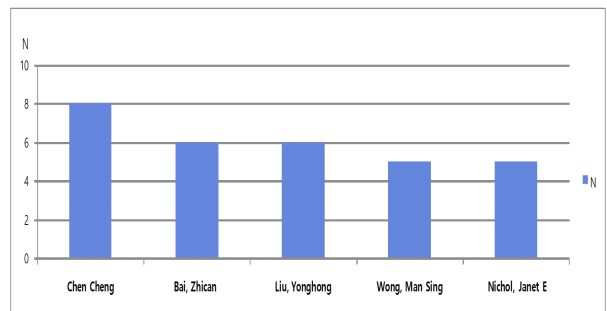


그림 8. 국외 학술논문의 주요 연구자 동향

을 낸 연구자 중 1건을 연구한 사람이 제일 많았다. 4건 이하의 연구자는 지면 관계상 기타에 넣어 처리하였다.

다음은 국외 바람길 연구의 주제 및 연구의 세부 내용에 대해 알아보았는데 표 10과 같다.

국외 바람길 연구 주제 Urban space의 세부 내용인 Urban structure, Urban climate, Urban wind ventilation corridors, Urban space evaluation 등에 관련된 연구가 가장 높은 비중을 차지하며, 다음으로 Uses, Heat island, Wind Ventilation Corridors에 관련된 내용이다. 그러나 실제적으로도 다른 모든 연구 대상에도 Wind Ventilation Corridors은 포함되어 있다고 볼 수 있다. 마지막으로 Fine dust, Climate 등이 비슷한 수준으로 연구가 진행되고 있었다.

다음은 국외 바람길 주제의 분야별 연구 방법에 대해 알아보았다. 이에 대한 결과는 표 11과 같다.

국외 바람길 분야별로는 바람길을 고려한 공동주택의 건물 배치 계획이 가장 많았고, 연구내용으로 도시구조 및 공간평가, 도시 대기 환경개선, 단지 유형별 도시 바람길 등등이다. 다음은 법제도 검토 및 활용계획으로 연구내용은 분석 및 안전대책, 도시계획 활용계획, 법제도 검토 및 적용이다. 그 다음이 도시 열 환경개선 및 완화계획으로 연구내용으로는 우리나라와 동일하게 도시 열섬 효과 분석과 도시 열 환경개선을 위해 도시

표 10. 국외 바람길 연구의 주제 및 세부 내용

Topic categories	Detail topic	Total	%
Urban space	Urban structure, urban climate, urban wind ventilation corridors, urban space evaluation	33	27.50
Uses	Legal system, utilization plan, analyze, safety measures	25	20.83
Heat island	Urban heat island, heat environment, heat island, urban heat island mitigation, improvement of urban thermal environment	24	20.00
Wind ventilation corridors	Wind, wind ventilation corridors, cold air, ground surface	22	18.33
Fine dust	Air quality, fine dust, air pollution, air purification	8	6.67
Climate	Climate, microclimate, temperature	8	6.67
Total		120	100.00

표 11. 국외 바람길 연구의 주요 분야와 연구내용

Topic categories	Research contents	Total	%
Building layout plan of apartment house considering wind path	Urban structure and spatial evaluation	16	13.33
	Improvement of urban air environment	9	7.50
	City wind road by complex type	8	6.67
	Total	33	27.50
Legal system review and utilization plan	Analysis and safety measures	12	10.00
	Urban planning utilization plan	10	8.33
	Legal system review and application	3	2.50
	Total	25	20.83
Urban heat environment improvement and mitigation plan	Improvement of urban heat environment	13	10.83
	Analysis of the urban heat island effect	11	9.17
	Total	24	20.00
Cool air generation and wind path planning	Analysis of wind path characteristics and application plan	16	13.33
	Cold air characteristic analysis and management plan	6	5.00
	Total	22	18.33
Ultrafine dust and fine dust reduction plan	Air quality and fine dust collection, analysis and prediction	6	5.00
	Fine dust reduction measures	2	1.67
	Total	8	6.67
Effects of green spaces and wind path on urban microclimate	Analysis and evaluation of microclimate	5	4.17
	How Greenery Affects Cities	3	2.50
	Total	8	6.67
Sum		120	100.00

내의 찬바람 생성 숲, 디딤·확산 숲, 연결 숲이 과편화되고 단절되지 않게 하며, 조성하고 보전하며, 확대해 나가야 하는 점을 시사하고 있다. 이어서 찬공기 생성 및 바람길, 연구내용으

로 바람길 특성 분석 및 적용계획, 찬공기 특성 분석 및 관리 방안, 찬공기 생성 및 바람길 계획이다. 국외 연구가 국내의 연구에 비해 적은 이유는 국내에는 산지가 많은 데 비해, 외국은

산지가 많지 않은 환경 때문이라고 추정된다. 마지막으로 초미세먼지 및 미세먼지 저감 계획과 녹지 및 바람길이 도시 미기후에 미치는 영향으로 2건이 연구되고 있었다.

2) 국외 바람길 연구의 연도별 동향

국외 논문의 출판 연도별 동향을 알아보면 표 12, 그림 9와 같다.

국외 Web of Science 기반의 바람길에 대한 학술논문은 1997년부터 발간되기 시작하였으며, 1997년의 2건을 제외하고

표 12. 국외 학술논문 연도별 동향

Y	N	%
'97	2	1.67
'98	1	0.83
'99	1	0.83
'00	1	0.83
'07	1	0.83
'09	1	0.83
'10	1	0.83
'11	1	0.83
'12	4	3.33
'13	5	4.17
'15	1	0.83
'16	9	7.50
'17	13	10.83
'18	6	5.00
'19	3	2.50
'20	18	15.00
'21	26	21.67
'22	26	21.67
Total	120	100.00

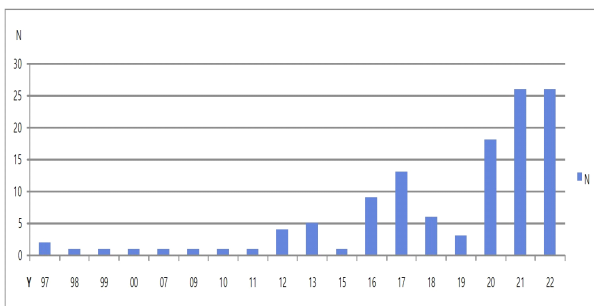


그림 9. 국외 학술논문 연도별 동향

각 연도 별로 1건 정도씩 연구되었지만, 2001년에서 2006년까지는 연구 실적이 전무하였다. 그 후 2012년에는 4건으로 연구의 수가 늘어났다. 2017년에 13건으로 전년 대비 비교적 많은 연구가 되었다. 2018년과 2019년에는 전년에 비해 줄어든 추세였지만, 2020년 18건, 2021년 26건, 2022년 26건으로 비약적으로 늘어나는 추세를 보였다.

국외 Web of Science 기반의 바람길에 대한 학술논문은 1997년부터 발간되기 시작하였으며, 1997년의 2건을 제외하고 각 연도별로 1건 정도씩 연구되었지만, 2001년에서 2006년까지는 연구 실적이 전무하였다. 그 후 2012년에는 4건으로 연구의 수가 늘어났다. 2017년에 13건으로 전년 대비 비교적 많은 연구가 되었다. 2018년과 2019년에는 전년에 비해 줄어든 추세였지만, 2020년 18건, 2021년 26건, 2022년 26건으로 비약적으로 늘어나는 추세를 보였다.

3) 국외 출처별 분석 동향

국외 논문의 출처 동향을 알아보면 표 13, 그림 10과 같다.

국외 저널 120건의 출처는 66곳이며, 그 중 가장 많이 발간된 순서대로 출처를 알아보면, Building and Environment의 저널이 8편으로 가장 많았다. 그리고 그 다음으로 Sustainable Cities and Society 저널이 7건이었으며, Urban Climate와 Atmosphere는 각각 6건이었다. 그리고 Buildings, Land 및 Sustainability 3 저널에서 각각 4건이 나왔으며, Sensors, Journal of Environmental Engineering, Computers-Environment and Urban Systems, The Science of the Total Environment의

표 13. 국외 학술논문의 출처 동향

Association	N	%
Building and Environment	8	6.67
Sustainable Cities and Society	7	5.83
Urban Climate	6	5.00
Atmosphere	6	5.00
Buildings	4	3.33
Land	4	3.33
Sustainability	4	3.33
Sensors	3	2.50
Journal of Environmental Engineering	3	2.50
Computers, Environment and Urban Systems	3	2.50
The Science of the Total Environment	3	2.50
Etc.	69	57.50
Total	120	100.00

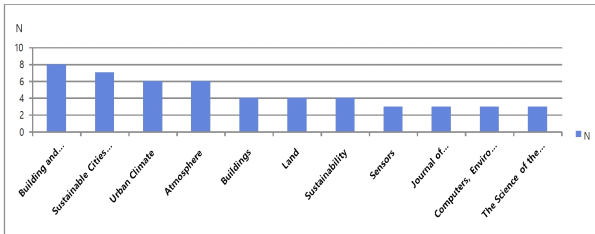


그림 10. 국외 학술논문의 출처 동향

4개 저널에서는 각각 3건의 연구물이 나왔다. 그리고 2건 이하는 기타에 넣어 처리하였다.

4) 국외 저널 논문의 국적별 동향

국외 저널 논문의 국적별 동향을 알아보면 표 14, 그림 11과 같다.

국외 저널 논문의 120건 중 70건(58.33%)이 중국에 의해 연구되었으며, 그다음 대한민국과 일본이 각각 10건(8.33%)을 연구하여 동아시아 3국의 합산 논문이 거의 대부분인 74.99% (90건)를 차지하였다. 다음이 Poland 5건(4.17%)으로 동아시아

표 14. 국외 저널 논문의 국적별 동향

Name of country	N	%
China	70	58.33
South Korea	10	8.33
Japan	10	8.33
Poland	5	4.17
Singapore	4	3.33
Hong Kong	4	3.33
Norway	3	2.50
Germany	3	2.50
Etc.	11	9.17
Total	120	100.00

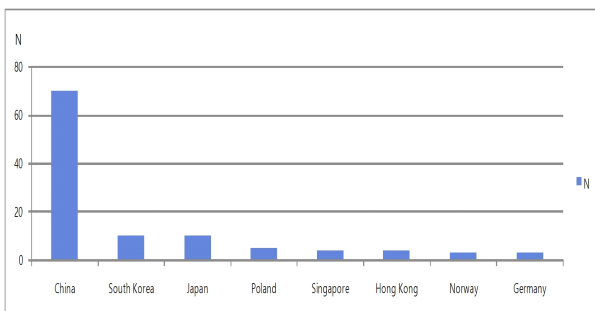


그림 11. 국외 저널논문의 국적별 동향

이를 벗어난 지역으로는 최고의 연구 실적이다. 그다음인 Singapore와 HongKong으로 각각 4건(2.50%)을 차지한다. Norway와 Germany는 각각 3건(2.50%)으로 유럽에서는 Poland 보다 1건씩 적게 연구 실적을 냈다. 2건 이하는 미국, 인도 등으로 기타에 넣어 처리하였다.

5) 국외 저널 논문의 주요 3개국 연도별 동향

국외 저널 논문의 주요 3개국 연도별 동향을 알아보면 표 15, 그림 12와 같다.

국외 논문의 주요 3개국 연도별 동향을 알아보면, 일본이 가장 먼저 1997년에 시작하였다. 그러나 2010년과 2011년에 연구 건수가 없었으며, 2012년부터 2015년까지 한건씩 연구되다가 2022년까지 전무한 실정이다. 한국은 2012년에 연구가 시작되어 2013년까지 각 1편씩 연구되다가 2015년부터 2018년까지 연구가 없었다. 그러다가 2019년에 1건, 2020년에 0건이었지만 2021년에 5건, 2022년에 2건을 기록하였다. 가장 많은 실적을 낸 중국은 연구의 시작은 늦었지만 2010년과 2012년에 한 건을 시작으로 2016년에 6건을 기록하였다. 그 다음 점점 적어지다

표 15. 국외 학술논문 3개국 연도별 동향

Y	China	South Korea	Japan	Subtotal
'97			2	2
'98			1	1
'99			1	1
'00			1	1
'07			1	1
'09			1	1
'10	1			1
'11				
'12	1	1	1	3
'13		1	1	2
'15			1	1
'16	6			6
'17	5			5
'18	4			4
'19	1	1		2
'20	15			15
'21	17	5		22
'22	20	2		22
Total	70	10	10	90

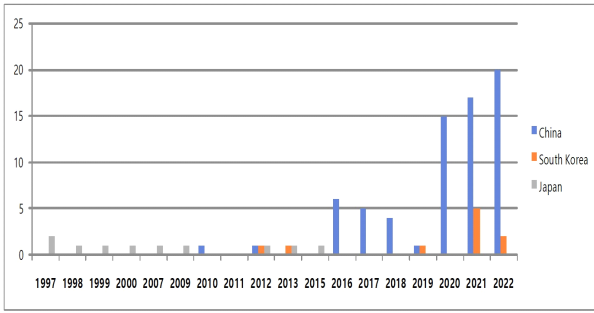


그림 12. 국외 학술논문의 3개국 연도별 동향

가 2020년에 15건, 2021년에 17건, 2022년 20건으로 연구 수가 계속 늘어나고 있는 추세이다.

이러한 연구 결과는 산림청과 지자체에서 바람길 사업을 주도하면서 2019년을 기점으로 전국의 주요 시·도별 17개소에 미세먼지 해결을 위한 다양한 도시 숲 프로젝트를 진행하였다. 효과로는 도시 전체의 대기오염문제와 도시열섬현상 등과 같은 환경문제를 완화시키고, 도시계획과정에 바람길 조성과 활용을 위한 요소를 반영하고 있다.

IV. 결론

본 연구는 국내외 바람길 연구의 동향 분석으로 조사연구이다. 도시 계획적인 측면에서 도시 전체를 고려하여 바람길을 조성하는 것이 도시환경 문제를 해결하는 방안으로 이러한 실정에서 본 연구의 필요성이 있었다고 본다. 그리고 연구 목적은 바람길에 대한 연구 분석을 통해서 바람길의 다양하고 체계적인 데이터를 구축하는 데 기초자료가 되고자 하는 것이다.

본 연구에 대한 의의는 바람길에 대한 학술연구 등 폭 넓은 사례 조사를 통해서 도출된 자료를 통하여 도시환경의 문제를 인식하고, 도시계획 표준 지침을 마련하는 데 도움을 준다는 점이다. 이를 토대로 국토종합계획에 미세먼지 저감과 도시 열섬화 해결, 그린인프라 도입 등 국토·환경정책을 마련하는 기초자료에도 도움이 된다고 본다.

결론적으로 본 연구를 통하여 빈번하고 극심한 미세먼지와 도시의 열섬화를 해결하기 위하여 연구자들은 바람길에 대한 연구에 많은 관심을 가졌다는 것을 알 수 있었다. 따라서 열섬화 해결 방법으로 찬공기를 유입하여 바람길을 만드는 것은 또 하나의 도시를 위한 큰 이슈를 해결하는 방법이라고 생각한다. 미세먼지 저감과 도시 열섬화를 위해서는 국토·환경계획과 연계를 통해서 바람길 혹은 바람길 통로를 설정하여야 하며, 이를 위해서는 계획을 위한 조사연구, 작성, 평가 단계별로 세부 방안이 연구되어야 한다는 것을 얻었다.

대상 도시에 따라 적용 전략이 상이할 수 있으므로 조경학과 생태학, 도시계획학, 국토지리적 관점에서 분석이 필요하다고 본다. 타 지역에 대한 전략 수립 시 해당 도시의 특성 분석을 함께 진행하는 것이 바람직하고, 다양한 사례연구가 축적되어 어느 지역이나 공통적으로 적용될 수 있는 바람의 회랑 산림계획 지침이 마련될 것으로 기대된다.

그러므로 차기 연구는 숲의 찬공기를 활용한 바람길이 도시 열섬화 완화와 미세먼지의 저감에 미치는 영향을 실험적으로 연구해 보는 것이 필요하다고 본다. 본 연구의 제한점은 국외의 박사과 석사과정의 연구물을 원활하게 데이터화 할 수 없었던 점이 아쉽다. 차기에는 국외의 박사과 석사학위 논문까지 연구 동향을 알아본다면 좀 더 체계적이고 구체적인 연구가 되리라고 판단된다. 이러한 바람길 연구는 정원과도 밀접한 연관이 있다고 사료된다. 신선한 공기는 정원의 중요한 요소 중의 하나로 보기 때문이다. 정원의 신선한 공기는 수목과 화훼의 생육뿐만 아니라, 정원을 방문한 사람들에게도 건강과 힐링에 도움을 주는 요소가 된다고 본다.

References

1. 김수봉, 정응호(2005) 친환경적 도시건설을 위한 바람길 도입 기초 연구. 대구경북연구원 연구보고서 2005-07.
2. 김수봉, 정응호, 김용범(2004) 도시열섬현상 완화를 위한 대구시 바람길 도입 및 조성방안에 관한 연구. 계명대학교 낙동강환경원 9: 143-156.
3. 김수봉, 정응호, 이준우(2007) 바람길 조성을 위한 법제도 검토 및 활용방안. 환경과학논집 12(1): 127-143.
4. 김종성, 강정은(2021) 도시 열환경 개선을 위한 취약지역 선정 및 바람길 조성 방안: 창원시를 대상으로. 한국환경영향평가학회지 30(4): 187-202.
5. 문윤섭, 구윤석, 한창호(2003) 복잡한 도시지역에서 CFD를 이용한 3차원 바람길 및 대기질의 수치모의. 한국기상학회지 13(3): 304-305.
6. 문호경, 김동필, 권영달, 박현민(2021). 도시 열환경 개선을 위한 바람길 특성 분석 및 관리 전략: 부산광역시를 사례로. 한국환경생태학회지 135(6): 659-668.
7. 서보영(2022) 공동주택 단지 개발에 따른 찬공기 유동성 평가 및 법·제도 개선방안에 관한 연구: 대구연경 공공주택지구를 중심으로. 계명대학교 박사학위논문.
8. 엄정희(2019) 전주지역의 바람길 특성 분석 및 활용 방안. 한국환경생태학회지 33(3): 366-374.
9. 엄정희, 오정학, 손정민, 김권, 백준범, 이채연(2019) 바람길숲의 유형별 분석 방안: 대구광역시를 사례로. 한국지리정보학회지 22(4): 12-23.
10. 차재규(2010) 토지이용 변화에 따른 바람유동 분석과 평가방안에 관한 연구. 계명대학교 박사학위논문.
11. Chandler, T. J.(1967) Absolute and relative humidities in towns. Bull Am Meteorol Soc 48: 394-399.
12. Eliasson, I.(2000) The use of climate knowledge in urban planning. Landscape and Urban Planning 48: 31-44.
13. Marando, F., M. P. Heris, G. Zulian, A. Udías, L. Mentaschi, N. Chrysoulakis, D. Parastatidis, and J. Maes(2022) Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban

- Areas, *Sustainable Cities and Society* 77: 1-15.
14. Goldreich, Y. and A. D. Surridge(1988) A case study of low level country breeze and inversion hights in the Johannesburg area. *J Climatology* 8: 55-66.
15. Son, J.-M., J.-H. Eum, and S. Kim(2022) Wind corridor planning and management strategies using cold air characteristics: the application in Korean cities. *Sustainable Cities and Society* 77: 1-16.
16. Gu, K., Y. Fang, Z. Qian, Z. Sun, and A. Wang(2020) Spatial planning for urban ventilation corridors by urban climatology. *Ecosystem Health and Sustainability* 6(1): 1747946.
17. Mosimann, T., T. Frey, and P. Trute(1999) Schutzgut klima/luft in der landschaftsplanung. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 19(4): 201-276.
18. Gashniani, M. G. and D. Yazdani(2022). Studying the usage of double skin facades in utilizing Manjil wind in building ventilation. *Iranian Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (IRSHRAE)* 9(1): 110-118.
19. Oke, T. R.(1987) *Boundary Layer Climates*. London: Routledge.
20. Schädler, G. and A. Lohmeyher(1996) Kaltluft-und Windfeld-berec Hnungen Fur den Raum Stuttgart im Zusammenhang Mit der Planung Fur das Projekt "STUTTGART21". Stuttgart: Landes hauptstadt Stuttgart.
21. Sung, U.-J., J.-H. Eum, J.-M. Son, and J.-H. Oh(2021) Planning strategies of wind corridor forests utilizing the properties of cold air. *Land* 10(6): 607.
22. Weiwu, W., D. Wang, H. Chen, B. Wang, and X. Chen(2022) Identifying urban ventilation corridors through quantitative analysis of ventilation potential and wind characteristics. *Building and Environment* 214: 1-15.

Received : 11 September, 2023

Revised : 21 September, 2023 (1st)

26 September, 2023 (2nd)

Accepted : 27 September, 2023

3인익명 심사필