

국외출장 결과보고서

1 출장 개요

□ 출장목적

- ISEE 2026 포스터 발표(연구성과 확산) 및 최근 연구 동향 파악
- 기후위기·미세먼지의 건강 영향 및 건강적응 분야 해외 연구자와의 연구 교류
- 뮌헨 바이에른주 보건식품안전청(LGL) 방문: 미세먼지·초미세입자 측정 체계 파악, 기후변화 적응을 위한 지역사회 사업 파악, 기후변화의 건강 영향 연구 교류 및 건강적응 정책 발전방안 논의

□ 과제명

- [수탁26-006-00] 노인 대상 지역사회 기반 미세먼지 건강 피해 최소화를 위한 중재프로그램 적용 연구

□ 출장기간

- 2026.8.30.(일)~2026.9.4.(금)

□ 출장국가(도시)

- 독일(뮌헨)

□ 출장자

- 채수미 실장, 최지희 부실장

□ 일정요약

일자	국가(도시)	방문기관	면담자	주요 활동상황
2026.8.30.	한국(인천)→독일(뮌헨)	-	-	국가 간 이동
2026.8.31.	독일(뮌헨)	SCCM	-	ISEE 2026 포스터 토론 및 구두 발표 세션 참석
2026.8.31.	독일(뮌헨)	SCCM	마리아 쾰츠(로베르트 코히), 아스마 알셀위(헬름홀츠 뮌헨)	ISEE 2026 포스터 발표 및 토의·연구자 간 주요 연구성과 공유 및 정책 교류
2026.9.1.	독일(뮌헨)	LGL	레아 그람메, 베로니카 바일 른하머, 리하르트 빈터할터 (바이에른주 보건식품안전청)	바이에른주 보건식품안전청 방문 및 기후 적응정책 발전방안 논의
2026.9.2.	독일(뮌헨)	SCCM	-	ISEE 2026 학회 및 연구자 발표 참석
2026.9.2.	독일(뮌헨)	SCCM	조안 바예스테르, 블랑카 파 니에요-카스티요, 라라 슈투 키(ISGlobal 바르셀로나)	ISGlobal팀 주요 연구 결과 공유 및 양국 정책 발전방안 논의
2026.9.3.-9.4.	독일(뮌헨)→한국(인천)	-	-	국가 간 이동

①-1	ISEE 2026 포스터 토론 및 구두 발표 세션 참석
일 시	2026.8.31.(월). 09:30~13:00
장 소	Science Congress Center Munich(SCCM)
참석자	(원내) 채수미, 최지희 (직함 생략)
□ 포스터 토론 세션 참석 ○ 주요 내용(환경·보건정책 통합) — 163개국 국가 기후변화 적응계획에 여성 건강·안녕을 통합하는 방안: 글로벌 정책 분석 — 영국 넷제로 정책의 인구 건강·건강형평성 다부문 영향평가 — 지식에서 행동으로: 보건의료인 대상 기후위험 교육 — 프랑스 주거 실내공기오염의 질병부담 정량 평가 — 기후변화 시대 보건 분야 예측적 조치(anticipatory action) 현황 □ 구두 발표 세션 참석 ○ 주요 내용(기후변화와 노화·노쇠 건강) — NAKO 기반 배출원별 초미세입자(UFP) 장기노출과 신경인지기능 — 저노출 환경에서 대기오염 장기노출과 다중 이환(복합질환)을 거친 노인 사망 — 호주 노인의 폭염 관련 취약성: 공간 사례시계열 분석 — PM2.5 노출과 치매 발생: Whitehall II 생애과정 분석 □ 주요 시사점 ○ 노인·취약층의 폭염 취약성 연구 결과 축적 — 대기오염·초미세입자·폭염이 노인의 인지기능, 다중이환, 치매에 미치는 영향, 폭염취약성 연구 결과 파악 ○ 기후변화와 대기오염의 복합노출 감시 필요성 확인 — 고온과 입자상물질 복합노출을 조기경보와 연계하는 방안 발표 → 미세먼지 행동지침과 폭염 대응 간 통합 관리 검토 근거 제공 ○ 본 연구와의 주요 연결지점 파악 — 기후변화 적응계획에 건강·형평성 관점을 통합하는 정책 분석과 보건의료인 교육, 예측적 조치 등 “근거의 정책 전환”을 다룬 내용 집중 — 지역사회 기반 중재 프로토콜의 정책 수단 연결 근거 확보	

①-2	ISEE 2026 포스터 발표 및 토의 · 연구자 간 주요 연구성과 공유 및 정책 교류
일 시	2026.8.31.(월). 15:00~18:00
장 소	Science Congress Center Munich(SCCM)
참석자	(원내) 채수미, 최지희 (직함 생략) (원외) 마리아 쾰츠(로베르트 코호), 아스마 알셀위(헬름홀츠 뮌헨)

□ 포스터 발표 및 토의

○ 주요 발표 내용

(1) 연구 배경 및 목적

- PM2.5 장기노출은 지속적 정책 노력에도 불구하고 주요한 건강위험요인이며, 노인은 심폐 기능 저하, 만성질환 부담으로 특히 취약함.
- 기존 중재는 단기·임상 기반 중심으로 지역사회에 지속가능한 중재 모형이 필요함. 이에 지역 인프라와 인력을 활용한 노인 대상 미세먼지 건강피해 완화 중재 프로그램과 표준 프로토콜 개발을 실시함.

(2) 연구 방법

- 3단계 방법론: ① 개발(문헌고찰, 전문가·이해관계자·제공자 인터뷰) → ② 준비(지역 여건 평가, 중재 제공자 구조화 교육) → ③ 실행(프로토콜 기반 중재 제공 및 충실도 모니터링)
- 대상·선정: 경기도 광명시 지역사회 거주 65세 이상 노인, 보건소 및 경로당을 통해 모집함. 기저조사 403명(중재군 202명, 대조군 201명; 경로당 14개소 및 방문건강관리 사업 대상자)
- 설계 원칙: 1) 모든 단계를 별도 인력이 아닌 기존 지역사회 인프라·인력으로 운영하여 연구 종료 후 지속성을 확보
2) 운영협의체는 목적에 따라 보건소·연구진·대안노인회 3자 또는 보건소·연구진 2자 구조로 유연하게 운영

(3) 주요 결과

구분	내용
이론적 틀	건강신념모형(HBM) 4개 구성개념(지각된 심각성·이익, 행동의 계기, 자기효능감)을 교육·행동지침·건강일지로 구현. 2025년부터 건강일지에 사회인지이론·통합행동모형 반영
프로그램 구성	① 미세먼지 특성·건강영향 교육 ② 농도 단계별 행동지침(활동·환기·마스크) ③ 노출·환경·행동·건강 자가 모니터링 12주 건강일지(종이/웹) + 주 1회 전화 독려
현장 적용 (광명시, 2025-2026)	방문간호사가 경로당 집단교육 및 가정방문 개별교육으로 제공. 기저 시 두 군은 미세먼지 지식·인지기능·주관적 건강에서 대체로 유사했으나 연령·성별·교육수준 일부 차이
유지율	1차 추적조사 완료 90.1%(363/403) 탈락 사유는 주로 건강 관련이며 중재에 대한 불만족 등 중재 관련 사유는 적었음.
참여자 피드백	교육 만족도 높음, 시간 경과에 따른 기억 감퇴로 주기적 보수교육 요구 / 일지 기록은 기록 습관이 있는 경우에 적합, 일부는 반복적으로 인식 / 전화 독려가

구분	내용
	동기부여에 유효 → 2차년도에 순응도별 통화 빈도 차등화
실행 프로토콜	① 틀 개발 ② 제공자 교육 ③ 사전평가 ④ 실행 ⑤ 사후평가 ⑥ 피드백(다음 주기 개선에 반영)의 순환 구조

(4) 결론 및 시사점

- 인지·행동 변화 전략을 계획-실행-평가-환류 주기에 내재화한 지역사회 기반 프로토콜을 개발하였으며, 추가 전담인력 없이 기존 공공보건 인력만으로 제공되어 현실 적용 가능성을 확인함.
- 미세먼지 민감·취약계층 보호는 「제2차 미세먼지 관리 종합계획(2025-2029)」의 5대 목표 중 하나로, 현장 적용형 표준 프로토콜은 해당 목표의 이행 수단이 될 수 있음.
- 한계: 지식·행동·자기효능감 등 효과 지표는 추적조사·분석이 진행 중으로 아직 제시되지 않았으며, 별도 평가연구로 보고 예정

○ 관련 질의응답 및 토의

- (질문) 연구 종료 후에도 보건소가 자체 운영 가능한가
(답변) 설계 단계부터 기존 방문건강관리 인력·경로당 인프라를 활용했고, 운영협의체가 파 일렛 기간 내내 유지된 점을 근거로 제시
- (질문) 농도 단계별 지침이 WHO 권고기준 대비 어떤 수준인가
(답변) 국내 예보 등급 체계에 맞춰 설계하였으며, 국가 환경기준 하향 논의 시 지침 기준 시 재검토 필요
- (질문) 고온·폭염과 미세먼지 복합노출이 노인에게 중요한데 확장 계획이 있는가
(답변) 이번 학회에서 폭염-대기오염 상호작용 발표가 다수였음을 참고하여, 2차 년도 교육 내용에 폭염 대응 요소 연계를 검토
- (질문) 건강일지 작성 부담 및 참여자 인지능력 저하에 대해 어떻게 대응할 예정인가
(답변) 주기적 보수교육, 순응도별 전화 독려 빈도 차등화(2차년도 반영 계획) 예정

□ 연구자 간 주요 연구성과 공유 및 정책 교류

○ 주요 연구 결과 공유(1)

- 목적: 기존 역학연구는 주로 단일 환경 노출과 심혈관·대사질환의 관련성을 다루었으나, 개인은 여러 환경 노출에 동시에 노출되고 노화에 따라 여러 심혈관·대사질환을 함께 갖게 됨. 이에 따라 외부 환경 노출과 심혈관·대사 다중 이환(CMM, 당뇨병, 고혈압, 뇌심혈관질환(심근경색·협심증·뇌졸중) 중 2개 이상 보유한 것)의 결합 연관성을 분석함.
- 주요 결과 1) 최종 분석 199,384명(평균 49.8세) 중 15,486명(7.8%)이 CMM을 보유함. 혼합물 노출 IQR 증가 시 CMM 오즈 증가(OR 1.25, 95% CI 1.10-1.42)
주로 박탈지수, PM2.5, 교통소음 수준이 높을수록 연관이 강했음.
- 주요 결과 2) 질환 조합별로는 당뇨+고혈압 OR 1.26(1.08-1.47), 당뇨+뇌심혈관질환 OR 1.64(1.20-2.26), 고혈압+뇌심혈관질환 OR 1.28(1.08-1.51)이며, 세 질환 모두 이환 OR 1.66(1.20-2.29).

○ 주요 연구 결과 공유(2)

- 목적:폭염 감수성을 이끄는 다양한 지표가 제시되었으나 어떤 요인이 가장 중요하고 어떻게 교차하여 위험을 높이는지는 불분명함. 독일 군·시(district) 단위에서 폭염일이 응급입원에 미치는 영향의 고차원적 이질성을 분석함.
- 주요 결과 1) 폭염일 발생 시 3일 단위 응급입원율이 평균 인구 1만 명당 1.8건(95% CI -0.16, 3.87) 증가했으며, 지역별 효과는 -96.84에서 75.14까지 큰 차이를 보임.
- 주요 결과 2) 폭염 효과는 매우 농촌적인 지역, 돌봄 필요 인구 비율이 높은 지역, 6세 미만 인구와 보호 신청자(persons seeking protection)가 많은 지역에서 더 컸음.

○ 국가 간 정책 교류 및 시사점

1) 복합적 환경 노출 및 복합질환

- (독일) 대기오염·소음·녹지·박탈 등 혼합노출이 CMM과 결합 연관(OR 1.25), 박탈지수·PM2.5·교통 소음 등이 주요 기여
- (한국) 단일 오염물질 중심의 미세먼지 대응을 넘어 소음·녹지·지역 박탈 수준을 함께 고려한 취약 노인 선정 기준 마련, 국내 코호트에 거주지 기반 혼합노출 연계 분석 검토

2) 사회경제적 박탈과 환경보건

- (독일) 사회경제적 박탈지수를 환경노출의 구성요소로 분석
- (한국) 국내 지역 박탈지수를 환경보건 취약지역 선정 및 보건소 중재 우선순위 설정에 활용하는 방안 논의

3) 지역별 폭염 감수성

- (독일) 폭염일의 응급입원 효과가 지역별로 크게 다르며, 농촌 지역, 돌봄 필요 인구, 6세 미만 인구, 보호(복지) 신청자가 많은 지역에서 영향력이 큼.
- (한국) 농촌 지역 돌봄 필요 노인을 폭염 대응 우선 대상으로 고려 중

4) 연구-정책 연계 체계

- (독일) 국가 코호트(NAKO)와 국가 공중보건기관(RKI)의 분석 역량 결합
- (한국) 국가 감시자료(온열질환 응급실감시)와 지역사회 중재 연구를 연결하는 근거 기반 정책 환류 구조 검토

5) 후속 연구를 위한 상호 간 제언

- 코호트 및 지역 단위 자료를 활용한 (혼합)노출·폭염 감수성 비교연구 가능성 검토

②	바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL) 방문 및 기후 적응정책 발전방안 논의
일 시	2026.9.1.(화). 10:00~12:30
장 소	Science Congress Center Munich(SCCM)
참석자	(원내) 채수미, 최지희 (직함 생략) (원외) 레아 그뤼메, 베로니카 바일른하머, 리하르트 빈터할터(바이에른주 보건식품안전청)

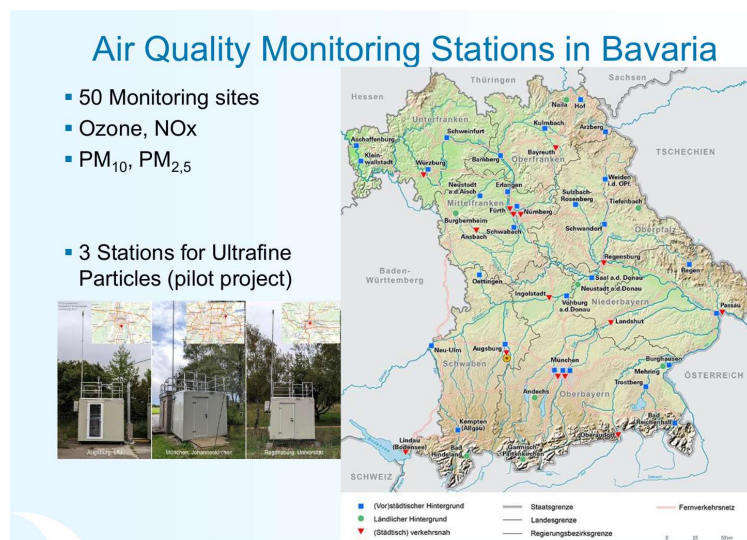
□ 나노랩(미세먼지·초미세입자 측정) 소개 발표

○ 법적 근거

- EU 대기질 지침(2008/50/EC)을 기반으로, 2024. 12. 10. 개정 지침(2024/2881/EU)이 채택되어 2026. 12. 11.까지 국내법 전환, 2030. 1. 1.부터 강화된 한계값이 적용됨.
- 국내법은 연방법(BImSchG) 제5장(대기질 감시 §44, 개선 §45, 배출목록·공개 §46, 개선조치 §47)과 제39차 시행령(39. BImSchV: 대기질 기준, 측정소, 대기질 관리계획)으로 구성됨.

○ 측정망 및 기준

- 바이에른주 대기질 측정소 50개소에서 오존, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}를 측정하며, 초미세입자(UFP)는 시범사업으로 3개 측정소에서 측정 중임.



[그림 1] 바이에른주 대기질 측정망(측정소 50개소, 초미세입자 시범 측정소 3개소)

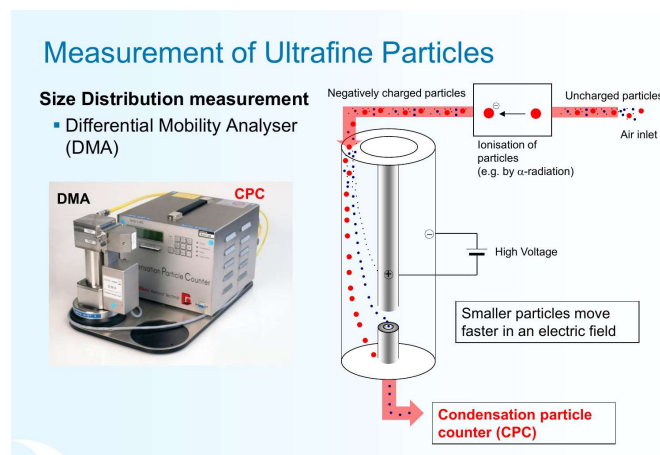
출처: Winterhalter, R. (2026). Measurement of Particulate Matter and Ultrafine Particles in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅(2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 3.

항목	평균시간	WHO AQG 2021	EU 신지침(2030~)	현행 39.BImSchV	2025 바이에른 측정값
PM10	연평균	15 µg/m³	20 µg/m³	40 µg/m³	7-20 µg/m³
PM10	24시간	45 µg/m³	45 µg/m³ (연 18일 초과 허용)	50 µg/m³ (연 35일)	초과일 7일 (뮌헨·뉘른베르크), 8일(아우크스부르크)
PM2.5	연평균	5 µg/m³	10 µg/m³	25 µg/m³	5-10 µg/m³
PM2.5	24시간	15 µg/m³	25 µg/m³ (연 18일)	—	—

자료: Winterhalter, R. (2026). Measurement of Particulate Matter and Ultrafine Particles in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅(2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 4. WHO AQG: World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

○ 측정 원리

- 질량 기반 측정: 필터 채취 후 중량법, 필터 위 입자에 의한 β 선 감쇠(방사선법), TEOM (필터 질량에 따른 진동수 변화). 이들 방법은 질량이 매우 작은 UFP 측정에는 적용할 수 없음.
- UFP 측정: 미분형 전기이동도 분석기(DMA)로 입자를 하전시켜 전기장 내 이동도(작은 입자일수록 빠름)에 따라 크기별로 분리하고, 응축핵계수기(CPC)에서 부탄올 증기(35℃ 증발, 10℃ 응축)로 입자를 성장시켜 레이저로 계수함.
- 입자 크기 분포는 개수·표면적·질량 기준에 따라 다르게 나타나며(핵화·축적·조대 모드), 개수 기준에서는 UFP가 지배적이나 질량 기준에서는 거의 보이지 않음(US-EPA ISA 2019 인용).

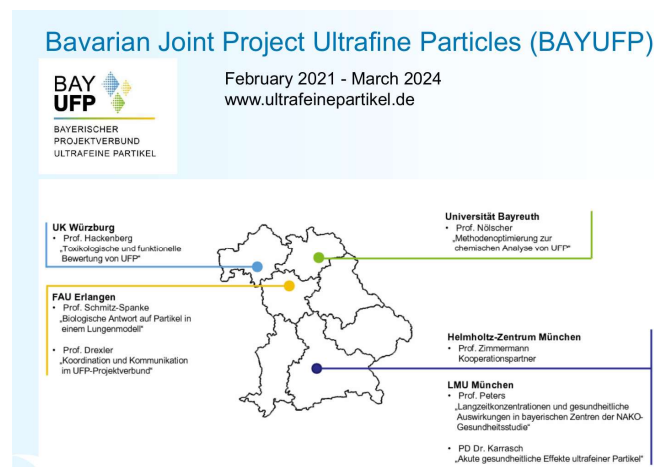


[그림 2] 초미세입자 크기분포 측정: 미분형 전기이동도 분석기(DMA)와 응축핵계수기(CPC)

출처: Winterhalter, R. (2026). Measurement of Particulate Matter and Ultrafine Particles in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅 (2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 7.

○ 건강 영향에 대한 조사·연구 사례

- 바이에른 초미세입자 공동연구(BAYUFP, 2021. 2.~2024. 3.): 뷔르츠부르크·에를랑겐·바이로이트·LMU 뮌헨 대학, 헬름홀츠 뮌헨 등이 참여한 주 차원 공동연구



[그림 3] 바이에른 초미세입자 공동연구(BAYUFP, 2021. 2.~2024. 3.) 참여기관 및 과제

출처: Winterhalter, R. (2026). Measurement of Particulate Matter and Ultrafine Particles in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅 (2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 10. 관련 웹사이트: Bayerischer Projektverbund Ultrafeine Partikel(BAYUFP), <https://www.ultrafeinepartikel.de>

- 급성 건강영향 준실험 연구(LMU 뮌헨, Karrasch): 건강한 청년 26명이 4가지 환경(대조, 도시 배경, 교통 밀집, 바이오매스 연소)에서 75분 보행 후 폐기능·혈압·심박수 등을 전후 측정

Acute health effects of UFP (Karrasch, LMU Munich)

Methods

26 young, healthy volunteers, 4 different types of exposure (75 min walking)

Medical examination prior and after exposition (e.g. lung function, blood pressure, heart rate)



	Control exposure	Urban background	Heavy traffic	Biomass combustion
Location	Woodland, 82131 Neuried	Neighborhood, 81377 Munich	Major traffic axis, 80637 Munich	Suburban garden, 82152 Krailling
Pollutant	Levels relative to each other			
UFP	↓↓↓	↓	↑↑↑	↑↑↑↑
PM _{2.5}	↓	↓	↑	↑
NO ₂	↓	↓	↑↑	↓
Exposure site and set-up				

Folwarczny et al. 2025 Part Fib Tox: "Acute health effects of ambient air pollution including ultrafine particles in a semi-experimental setting in young healthy individuals"

[그림 4] 초미세입자 급성 건강영향 준실험 연구(LMU 뮌헨) 설계: 4개 노출 환경

출처: Winterhalter, R. (2026). Measurement of Particulate Matter and Ultrafine Particles in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅 (2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 11. 원자료: Folwarczny, M., et al. (2025). Acute health effects of ambient air pollution including ultrafine particles in a semi-experimental setting in young, healthy individuals. Particle and Fibre Toxicology. <https://doi.org/10.1186/s12989-025-00628-7>

□ 기후변화·기후위기의 건강 영향 대응 노력

○ 정책 기반: 연방 기후적응법(KAnG)

- 2024. 7. 1. 시행.

연방·주·기초지자체의 기후적응 전략 틀을 규정하며, 각 주는 자체 입법으로 이행해야 함.

- 바이에른주 이행 계획: 모든 지역을 포괄하는 기후적응 계획을 행정구가 수립하되 조치 이행의 직접 의무는 부과하지 않음.

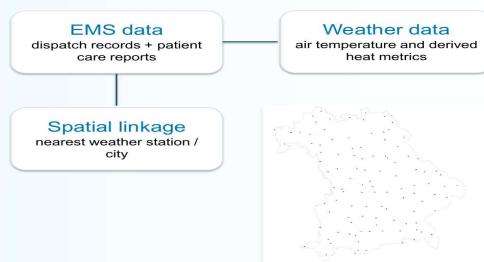
○ HIRTE 연구: 폭염이 구급출동(EMS) 건수·유형에 미치는 영향

- 구급 출동기록·환자처치기록과 기상자료(기온 및 파생 열지표)를 최근접 기상관측소·시 단위로 공간을 연계하여,

- ① 폭염의 EMS 영향
- ② 폭염 정의별 차이
- ③ 폭염 시 주요 진단
- ④ 특히 영향을 받는 인구집단(연령·성별·기저질환)을 분석함.

Effects of Heat Events on the Number and Type of Emergency Medical Service Operations (EMS) in Bavaria (HIRTE)

- To ensure quality in emergency medical services
- Investigates several aspects:
 - 1) Influence of heat on EMS
 - 2) Relation of different heat definitions and EMS
 - 3) Most frequent medical diagnoses of EMS during heat
 - 4) Particularly affected population groups (age, gender, pre-existing conditions) during heat



[그림 5] HIRTE 연구 개요: 구급출동 자료와 기상자료의 공간 연계

출처: Grümme, L., & Weinhhammer, V. (2026). Climate Change and Health in Bavaria [기관 발표자료]. 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅(2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 6.

연구	주요 결과
폭염 정의의 중요성 (Grümme et al., 2025, Int J Biometeorol 69:3085-3096)	- 바이에른 106개 관측소·2018-2020년 EMS 자료로 기온(T), 열지수(HI), UTCI 기반 40개 폭염 정의를 비교(음이향 회귀) - 모든 정의에서 폭염일 EMS 유의 증가: 8.3%(야간 최저 $\geq 20.0^{\circ}\text{C}$)~18.7%(HI 평균 $\geq 26.7^{\circ}\text{C}$, 2일 이상) - 임계값이 높고 지속기간이 길수록 효과는 크지만 모형 적합도는 낮아짐. 복합지수(HI·UTCI)는 기온 기반 정의보다 우월하지 않음. - 비교가능성을 위해 백분위 기반 정의를 권고하며, “일평균기온 90백분위 초과”(23.0°C; 효과 11.3%) 사용을 제안
바이에른 폭염 취약성 (Grümme et al., 2026, Int J Biometeorol 70:58)	107개 관측소, 2018-2020년 여름, 약 100만 건 EMS. 폭염일(최고기온 $\geq 30^{\circ}\text{C}$) EMS 8.5%(95% CI 7.4-9.6%) 증가, 이후 1·2일째 각각 3.4%, 1.7% 추가 증가 - 심혈관 관련 10.9%, 대사질환 27.0%(지연 1일 14.4%, 2일 11.5%) 증가. 호흡기는 당일보다 2일 지연효과(7.6%)로 나타남. - 연령별: 미성년 15.3%, 근로연령 8.8%, 65-79세 5.9%, 80세 이상 3.2%. 농촌·소도시가 대도시보다 증가폭이 큼.
도시 특성과 폭염 취약성 (Brammer et al., 2026, Int J Biometeorol 70:35)	- 바이에른 25개 도시 302,353건 EMS. 폭염 기여분율(PAF) 9.34%(95% CI 7.72-10.96%) 65세·80세 이상 인구 비율, 요양 필요 인구, 허혈성심질환 비율이 높을수록 폭염 효과 증가 - NO2 고농도 일에 PAF 11.29%로, NO2가 유의한 효과 증폭 요인으로 확인됨.

자료: Grümme, L., et al. (2025). *Heat-related emergency medical service operations: the relevance of the heat definition. International Journal of Biometeorology*, 69, 3085-3096. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-03009-z>; Grümme, L., et al. (2026). *Heat-related vulnerability in Bavaria: implications for emergency medical services during climate change. Int J Biometeorol*, 70, 58. <https://doi.org/10.1007/s00484-026-03141-4>; Brammer, M., et al. (2026). *City characteristics and heat vulnerability: insights from emergency medical services in Bavaria, Germany. Int J Biometeorol*, 70, 35. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-03076-2>

○ 폭염 정의별 임계값 및 효과 크기(선별) — 바이에른 2018-2020년 여름 기준

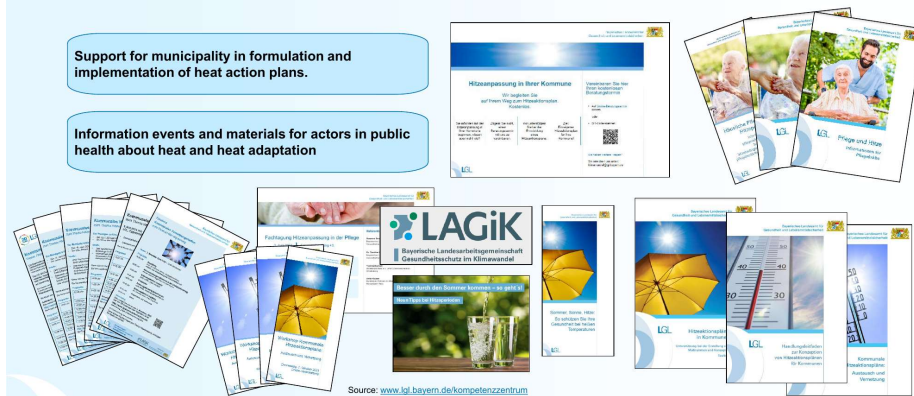
폭염 정의	임계값	EMS 증가율(95% CI)
최고기온 $\geq$ 90백분위	30.5°C	11.1% (9.5-12.7%)
최고기온 $\geq$ 90백분위, 2일 이상	30.5°C	12.6% (10.4-14.7%)
일평균기온 $\geq$ 90백분위 (권고 정의)	23.0°C	11.3% (9.7-12.9%)
일평균기온 $\geq$ 90백분위, 2일 이상	23.0°C	11.8% (9.8-13.8%)
일평균기온 $\geq$ 95백분위	24.3°C	12.7% (10.5-14.9%)
일평균기온 $\geq$ 95백분위, 2일 이상	24.3°C	14.8% (12.0-17.8%)
열지수 최고 $\geq$ 90백분위	29.8°C	11.1% (9.5-12.7%)
UTCI 최고 $\geq$ 90백분위	33.7°C	11.0% (9.4-12.6%)

자료: Grümme, L., et al. (2025). *Heat-related emergency medical service operations: the relevance of the heat definition. International Journal of Biometeorology*, 69, 3085-3096. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-03009-z> (본문 표에서 발췌)

○ 바이에른 기후변화 건강보호 역량센터(Bayerisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsschutz im Klimawandel)

- 기초지자체의 폭염행동계획(Hitzeaktionsplan) 수립·이행 지원, 공중보건 주체 대상 폭염·적응 정보 제공
- 행사: 지자체 네트워킹 회의, 기후변화와 건강 전문가 세미나, “돌봄시설의 폭염 적응” 세미나 등
- 자료: 「지자체 폭염행동계획 툴박스」, 폭염행동계획 수립 지침, 엽서·앱·전단·책자 등

Bavarian Competence Center for Public Health Protection in Climate Change
(Bayerisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsschutz im Klimawandel)



[그림 6] 바이에른 기후변화 건강보호 역량센터의 지자체 지원 활동 및 배포 자료

출처: Grümme, L., & Weinhammer, V. (2026). Climate Change and Health in Bavaria [기관 발표자료], 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅(2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 9. 관련 웹사이트: LGL, Bayerisches Kompetenzzentrum für Gesundheitsschutz im Klimawandel, <https://www.lgl.bayern.de/kompetenzzentrum>

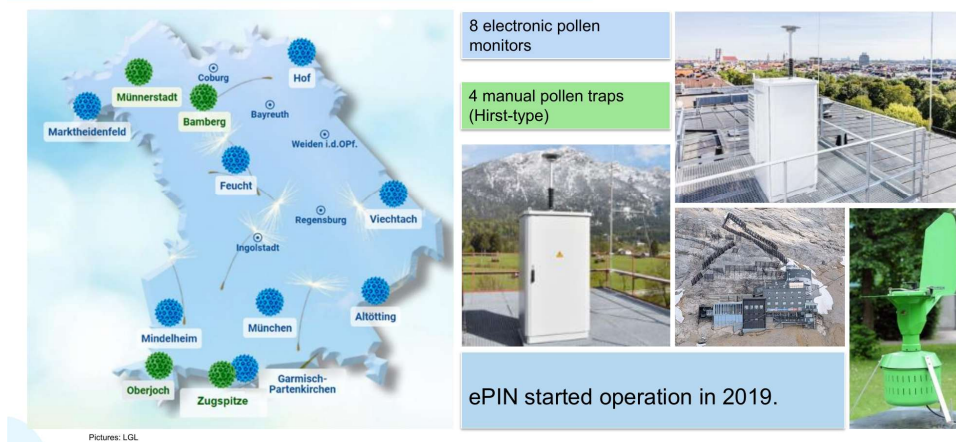
○ 기후불안(Climate Anxiety)

- 독일 기후변화-건강연합(KLUG), psychologists4future 등과 연계하여, 연방환경청(UBA) 「기후변화 속 정신건강 안내서」(기후변화 관련 심리적 스트레스 요인, 심리적 안녕의 의미, 대처 전략)를 일반인 대상으로 보급

○ 전자 꽃가루 정보 네트워크(ePIN)

- 2019년 운영 개시
전자식 꽃가루 자동측정기 8대와 수동 포집기 4대로 구성되며, 36개 꽃가루·포자 분류군을 측정(한국 주요 알레르기 꽃가루 13종과 비교 제시)
- 접근성을 개선한 독·영문 앱 재출시(꽃가루 일지 기능 포함), EUMETNET AutoPollen 및 PomoAI 등 자동 식별 연계 활동 소개

Electronic Pollen Information Network (ePIN)



[그림 7] 전자 꽃가루 정보 네트워크(ePIN) 측정소 배치 및 장비

출처: Grümme, L., & Weinhammer, V. (2026). Climate Change and Health in Bavaria [기관 발표자료], 바이에른주 보건식품안전처(Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, LGL), 한국보건사회연구원 방문 미팅(2026. 9. 1., 독일 뮌헨), 슬라이드 12. 사진: LGL.

□ 주요 논의

○ 폭염 정의의 표준화

- LGL은 복합지수보다 단순하고 비교가능한 백분위 기반 기온 정의를 권고
- 절대기온 기준이 다른 기후대 간 비교를 어렵게 하므로, 한·독 비교연구 시 “일평균기온 90백분위 초과”를 공통 정의로 두고 국내 기준을 민감도 분석으로 병행하는 방안을 논의

○ 건강 감시자료 활용

- 바이에른의 경우, 구급 출동 자료를 기상자료와 연계해 이환 지표로 활용
- 한국의 경우, 온열질환 응급실 감시체계(2025년 516개 기관 참여)를 운영하고 있어, 구급·응급실 자료를 결합한 폭염 이환 지표 개발 가능

○ 취약집단 정의

- 바이에른 연구에서 요양 필요 인구·허혈성심질환·고령 비율이 도시 단위 폭염 영향을 높이는 것으로 확인

○ 지자체 폭염행동계획

- 바이에른은 역량센터가 톨박스·지침·네트워킹으로 지자체를 지원
- 한국의 경우 보건소 사업을 위한 표준화된 도구 제공 방식 진행

○ 초미세입자 측정·연구

- UFP 시범측정소 운영, DMA-CPC 측정 원리, BAYUFP 공동연구 체계를 청취
- 국내 도입 시 측정 표준화와 건강영향 연구의 동시 설계가 필요하다는 점 확인

□ 시사점

○ 근거 생산-정책 지원 간 일원화 사례

- LGL은 한 기관 안에서 대기질 측정(측정망·UFP 시범측정), 역학연구(HIRTE), 지자체 지원(역량센터), 정보 서비스(ePIN 앱)를 함께 수행하고 있어, 측정-연구-현장 지원이 연결되는 구조를 보여줌.

○ 이환 지표로서의 구급출동 자료 활용

- 사망보다 민감한 단기 이환 지표로 구급출동 자료를 활용하고, 결과를 구급 인력·자원 계획에 반영하도록 제언

○ 농촌·소도시와 돌봄 필요 인구

- 바이에른에서 농촌·소도시의 폭염 증가폭이 대도시보다 컸고 돌봄 필요 인구 비율이 폭염 영향을 높인 결과는 도시 열섬 중심의 대응만으로는 부족하며 보건소·방문건강관리 등 지역 보건인력을 활용한 대응이 필요함을 시사

○ 정신건강·알레르기 등 확장 영역

- 기후불안 안내서, 꽃가루 자동측정망 등은 국내 기후 건강 정책에서도 참고 가능

③-1	ISEE 2026 학회 및 연구자 발표 참석
일 시	2026.9.2.(수). 10:00~12:00
장 소	Science Congress Center Munich(SCCM)
참석자	(원내) 채수미, 최지희 (직함 생략)
□ 오전 세션 발표 참석 ○ (주제) 노출에서 적응으로: 지역·인구집단별 기온 관련 사망의 시간적 변화 — 유럽 653개 지역 기온 관련 사망 적응의 사회경제적 동인: 최초 대륙 규모 중단분석 — 요르단 암만의 야간 고온 지연 사망효과(DLNM) — 기후변화 질병부담의 세계·국가·하위국가 전망(2025-2100) — 브라질 기온 관련 사망 추세(1996-2023) — 129개국 1,673개 지역의 고온·한파 관련 사망 — 미국 폭염 사망의 계절 패턴과 에어컨의 보호 역할 ○ (주제) 기후 노출과 건강 — 임신 중 실내·외 고온 노출과 태아 뇌 발달 — 기후변화 완화정책에 따른 유럽 도시 대기오염 기여 사망 감소 — 사하라 이남 청소년의 폭염-심리적 고통 관계에서 사회적 취약성·식량불안 — 고온 노출과 신경인지장애 응급실 방문(애틀랜타) — 중국 272개 도시에서 폭염에 의한 대기오염 사망 효과 수정 □ 주요 시사점 ○ 노출에서 적응으로의 연구 흐름 — 기온-사망 관계가 시간에 따라 어떻게 변하는지와 그 사회경제적 영향 요인을 다루었으며, 적응을 정량적으로 추적하는 것이 정책평가의 핵심 지표로 다뤄지고 있음을 확인함. — 특히 유럽 653개 지역(2000-2019년)에서 폭염 위험은 증가하고 한파 위험은 감소했으며, 1인당 GDP가 유일하게 유의미한 적응 요인이었으나 동시에 지역 간 격차 확대와도 연관 되었다고 보고됨. ○ 기온 관련 사망 — 129개국 1,673개 지역 자료로 2014-2023년 연간 약 301만 명의 기온 관련 사망을 추정 하였고, 아프리카 등 취약지역에서는 폭염 사망 증가가 한파 사망 감소를 이미 상쇄하기 시작했다는 결과가 제시됨. — 집계 사망자료만으로 건강위험을 추정하는 방법은 자료 접근이 제한된 국가의 근거 격차를 줄이는 방안으로 주목됨. ○ 폭염과 대기오염의 상호작용 — 중국 272개 도시에서 폭염일의 PM2.5·오존 관련 사망 위험 증가가 비폭염일의 2-3배이 며, 상승작용을 무시하면 기여 사망이 8-13% 과소추정된다고 보고함. ○ 취약집단 세분화 — 이주민, 청소년, 임신부, 신경인지장애 등 세분화된 취약집단 분석이 확대되고 있어, 국내 노인 대상 중재에서도 돌봄 필요도·기저질환에 따른 하위집단 분석 설계가 요구됨.	

③-2	ISGlobal팀 주요 연구 결과 공유 및 양국 정책 발전방안 논의
일 시	2026.9.2.(수). 15:00~19:00
장 소	Science Congress Center Munich(SCCM)
참석자	(원내) 채수미, 최지희 (직함 생략) (원외) 조안 바예스테르, 블랑카 파니에요-카스티요, 라라 슈투키(ISGlobal 바르셀로나)
□ ISGlobal팀 주요 연구 결과 소개(ISEE 2026 발표 중심) ○ 주요 연구 결과 공유(1) — 기존 기온 관련 사망 추정은 일별 사망자료에만 의존하였으며, 자료 접근 제약으로 저소득국과 고소득국 간 자료·대표성 격차가 존재함. 연구진은 주별·월별 등 시간적으로 집계된 사망자료만으로 일별 노출-건강 관계를 정확히 추정하는 방법을 개발함. — 2014-2023년 전 세계 기온 관련 사망은 연간 3,011,749명(95% eCI 2,722,350-3,269,838)이며, 한파가 폭염보다 약 5배 더 해로움. — 여성이 남성보다 대체로 취약함. — 폭염 기여분율은 아프리카(1.61%, 1.09-2.14)에서, 한파 기여분율은 유럽(8.35%, 7.83-8.75)에서 가장 높음. — 가장 취약한 지역에서는 폭염 사망 증가가 이미 한파 사망 감소를 상쇄하기 시작했으며, 이는 그간 중기 기후변화 전망에서만 제시되던 현상으로 표적화된 완화·적응 조치가 시급한 상황임. ○ 주요 연구 결과 공유(2) — 기후변화 적응은 생리적 순응뿐 아니라 문화·정치·사회경제적 과정을 포함하나, 21세기 유럽 전역에서 여러 사회경제적 요인이 기온 관련 사망 적응에 미친 역할을 종합적으로 평가한 연구는 없었음. — 폭염 관련 사망 위험은 시간에 따라 증가하고, 한파 관련 위험은 감소함. — 병상 가용성 감소는 초기 병상이 많던 지역에서 폭염 위험에 대한 보호 효과 상실과 연관됨. — 1인당 GDP 증가는 지역 간 격차 확대와 연관되어, 후기에는 부유한 지역의 한파 관련 사망이 더 높게 나타남. 반면 빈곤 관련 요인의 감소는 빈곤 지역의 폭염 위험 감소와 연관됨. — 사회경제적 요인의 변화는 기온 관련 적응에서 복합적 역할을 함. 1인당 GDP 증가는 한파 사망 감소와 연관되었으나 지역 간 격차 확대와도 동시에 나타났으며, 사회경제적 변화는 취약성 불평등을 완화하기도 악화시키기도 하므로 기후적응 정책의 핵심 고려 요소임. ○ 주요 연구 결과 공유(3) — EU는 2050년 온실가스 순배출 제로를 목표로 하며 그린딜(Green Deal, GD)이 핵심 정책 수단임. 이러한 기후 정책은 온실가스와 함께 대기오염물질 배출도 줄일 것으로 기대되므로, 유럽 825개 도시의 2050년 대기오염 기여 사망을 EU 기후정책 시나리오별로 추정함. — 기후 완화정책은 유럽 도시에서 대기질 관련 건강 편익을 상당히 가져올 것으로 예상되며, 편익은 동유럽에서 가장 큼. 지역 간 편익 차이의 정책·인구학적 동인은 후속 분석 예정임.	

○ ISGlobal 연구팀의 유럽 폭염 사망 및 조기경보 연구 소개(ISEE 2026 연계 논문)

- 2022년 여름 유럽 폭염 사망 (Ballester et al., 2023, Nature Medicine)
- 2023년 폭염 사망과 적응의 역할 (Gallo et al., 2024, Nature Medicine)
- 2024년 폭염 사망과 보건 비상 예측 (Janoš et al., 2025, Nature Medicine)
- Forecaster.health: 기온·대기질 예보를 역학 모형과 결합해 성·연령 등 집단별 사망 위험으로 변환하는 영향기반 조기경보 체계임.
- 2025년 11월 PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, 오존에 대한 사망 위험 경보를 추가함.
- ISGlobal 연구진은 보건 부담의 대부분이 드물게 발생하는 고농도 사건보다 빈번한 중간 수준 사건에서 발생하며 주로 취약계층에 영향을 준다는 점을 강조함.

□ 국가별 정책 상황 공유

○ 조기 정보의 활용

- (연구팀) 영향 기반 예보로 집단별 위험을 사전에 산출
- (한국) 방문간호사·경로당 등 지역 전달체계 보유 → 예보 위험등급을 노인 대상 행동지침·전화 독려로 연결하는 “경보-행동” 연계

○ 폭염·미세먼지 통합

- (연구팀) 기온과 대기오염물질의 사망 위험을 한 체계에서 제공
- (한국) 기후위기 대응 지침을 통합한 노인용 복합 행동지침 개발, 효과평가 공동 설계 고려

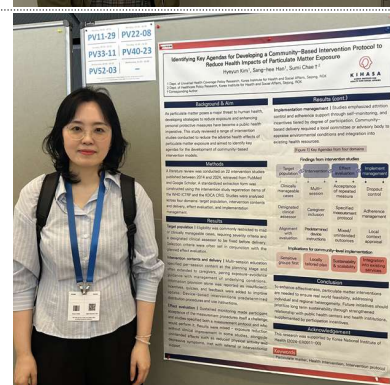
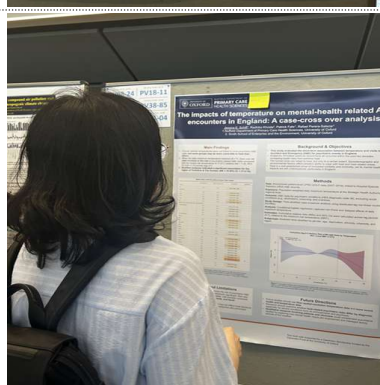
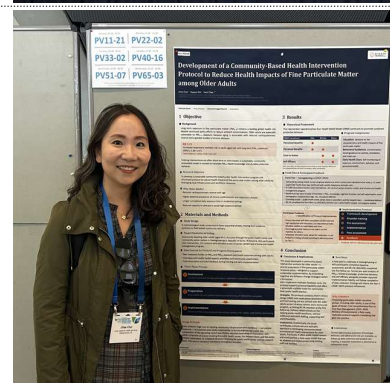
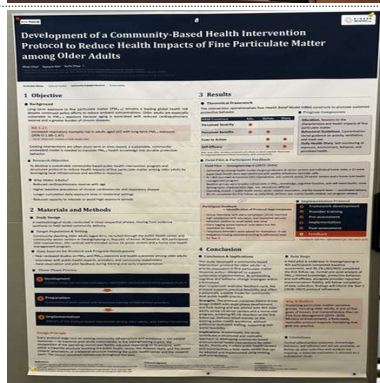
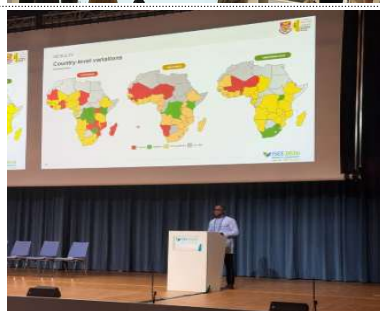
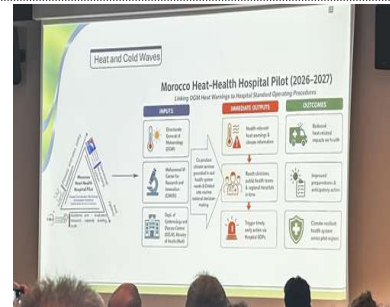
○ 자료 현황 및 집계 자료의 활용

- (연구팀) 주·월 단위 집계 사망자료로 일별 노출-반응 관계를 추정
- (한국) 일별 사망자료 구축

○ 직업적 폭염·한파 노출

- (연구팀) 유럽 31개국 기온 관련 직업적 손상 연평균 270,551건(전체의 4.53%), 2018-2023년에는 폭염 관련 손상이 한파 관련 손상을 넘어섬
- 국내 야외 근로자 온열질환 감시자료 분석을 근거로 보건·노동 분야 연계를 통해 폭염 시 작업 보호 대책 강화 필요

ISEE 2026



뮌헨 바이에른주
보건식품안전청

