creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

`

작업환경측정자료 기반
장기적 소음 노출 특성 분석

연세대학교 보건대학원

산업환경보건학과 산업보건전공

최 규 영

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

작업환경측정자료 기반
장기적 소음 노출 특성 분석

지도 윤 진 하 교수

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함

2025년 6월

연세대학교 보건대학원

산업환경보건학과 산업보건전공

최 규 영

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

작업환경측정자료 기반
장기적 소음 노출 특성 분석

최규영의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 윤 진 하 인

심사위원 김 치 년 인

심사위원 윤 병 윤 인

연세대학교 보건대학원

2025년 6월

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

감사의 말씀

석사 과정을 마무리하며 이 논문이 완성되기까지 아낌없는 격려와 조언을 보내주신 모든 분들께 깊은 감사의 말씀을 전합니다. 2022 년 2 학기 연세대학교 보건대학원에 입학한 것이 엊그제 같은데, 어느덧 졸업을 앞두고 있습니다. 돌이켜보면 쉽지 않은 길이었지만, 저를 믿고 지지해준 많은 분들이 있었기에 여기까지 올 수 있었습니다.

무엇보다 이 논문이 존재하기까지 든든한 버팀목이 되어주신 지도교수님, 윤진하 교수님께 깊이 감사드립니다. 논문 주제의 방향을 잡는 과정에서부터 자료 분석, 글쓰기의 마지막까지 언제나 따뜻한 조언과 날카로운 통찰을 아끼지 않으셨습니다. 학생의 고민을 자신의 일처럼 진지하게 듣고 함께 길을 모색해 주셨던 교수님의 진심 어린 지도는 제게 가장 큰 힘이자 배움이었습니다. 학문적 성장은 물론, 앞으로의 길을 바라보는 태도까지도 교수님을 통해 많은 것을 배울 수 있었습니다.

또한 귀중한 피드백과 조언을 아낌없이 주신 김치년 교수님과 윤병윤 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 논문에 담긴 내용이 더욱 깊어질 수 있도록 방향성을 제시해주시고, 여러 학문적 시각을 넓혀주셔서 큰 배움이 되었습니다.

바쁜 일상 속에서도 함께 공부하며 큰 위로와 힘이 되어준 소중한 동기들에게도 감사를 전하고 싶습니다. 퇴근 후 지친 몸을 이끌고 수업을 듣는 일이 버거울 때, 항상 함께 있어 든든한 존재가 되어준 김혜진 선생님, 논문을 쓰며 막막함 속에서 제 이야기를 진심으로 들어주고 조언을 아끼지 않았던 서유리 선생님, 늘 격려와 긍정적인 에너지로 응원해 준 우리 졸업 동기 박선영, 정 현, 송주연, 김정선 선생님들께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 여러분 덕분에 이 길이 덜 외롭고, 오히려 즐거운 여정이 되었습니다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

항상 멀리서 묵묵히 응원해주신 저의 부모님, 건강한 모습으로 늘 든든한 힘이 되어주셔서 감사합니다. 부족한 며느리를 따뜻하게 품어주시고, 공부하는 며느리를 자랑스럽게 여겨주신 시부모님께도 진심으로 감사드립니다. 양가 부모님께서 늘 이해해주시고 격려해 주신 그 사랑 덕분에 이 과정을 끝까지 포기하지 않고 이어올 수 있었습니다.

무엇보다도, 학업과 직장, 그리고 가정이라는 여러 역할을 동시에 감당해야 했던 저를 언제나 지지하고 응원해 준 사랑하는 남편 원준에게 무한한 사랑과 감사를 전하고 싶습니다. 지쳐서 주저앉고 싶을 때마다, 아무 말 없이 곁을 지켜주며 일으켜 세워준 당신 덕분에 이 논문을 완성할 수 있었습니다. 늘 묵묵히 뒷받침해 준 당신의 헌신에 이 자리를 빌려 다시 한 번 고마움을 전합니다.

지난 3년간 연세대학교 캠퍼스의 사계절을 몸소 느끼며 보낸 시간은 저에게 매우 소중한 기억으로 남아 있습니다. 이 시간을 통해 저는 단순한 학문 이상의 것을 배웠고, 이를 가능케 한 가족과 동기들의 존재에 다시 한 번 감사드립니다.

산업안전보건공단에서 일하면서 산업보건 분야에 대한 지식의 부족함을 절감했고, 이를 채우고자 연세대학교 보건대학원의 문을 두드렸습니다. 지난 3년간의 여정은 결코 쉽지 않았지만, 그만큼 값진 시간이었습니다. 이제는 이 배움을 바탕으로, 다시 현장에서 근로자의 건강을 지키고 산업보건의 발전에 기여할 수 있는 실천가로 나아가고자 합니다. 앞으로도 초심을 잃지 않고, 제가 받은 가르침과 사랑을 다시 사회에 환원할 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

2025년 6월
최규영 올림

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

차 례

차례 ····· i
그림 차례 ····· iii
표 차례 ····· iv
국문 요약 ····· v

Ⅰ.서론 ·····
1. 연구 목적 및 필요성 ····· 1
2. 선행 연구 고찰 ····· 2
3. 연구 목적 ····· 4

Ⅱ.연구 방법 ····· ····
1. 연구 자료 ····· 6
2. 시나리오 ····· 10

Ⅲ.연구 결과 ·····
1. 업종별 소음 추이 분석 결과 ····· 14
2. 취급공정별 소음 추이 분석 결과 ····· 26
3. 사업장 규모별 소음 추이 분석 결과 ····· 36
4. 사업장 특성별 소음 추이 분석 결과 ····· 44

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅳ.고찰 ····· 55

Ⅴ.결론 ····· 59

참고문헌 ····· 62

Abstract ····· 63

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그 림 차 례

그림 1. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 85dB) ····· 18
그림 2. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 90dB) ····· 19
그림 3. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 95dB) ····· 20
그림 4. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 100dB) ····· 21
그림 5. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 105dB) ····· 22
그림 6. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 110dB) ····· 23
그림 7. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 85dB) ····· 28
그림 8. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 90dB) ····· 29
그림 9. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 95dB) ····· 30
그림 10. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 100dB) ····· 31
그림 11. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 105dB) ····· 32
그림 12. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 110dB) ····· 33
그림 13. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 85dB) ··· 36
그림 14. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 90dB) ··· 37
그림 15. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 95dB) ··· 38
그림 16. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 100dB) · 39
그림 17. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 105dB) · 40
그림 18. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 110dB) · 41

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

표 차 례

표 1. 업종별 소음 측정 자료 건수 ····· 14

표 2. 상위 10 대 업종의 연도별 기술 통계 ····· 16

표 3. 취급공정별 소음 측정 건수 ····· 25

표 4. 상위 10 대 취급 공정별 연도별 기술통계 ····· 26

표 5. 연도별 85dB 이상 소음이 1 회 이상 측정된 사업장 수 ····· 44

표 6. 연도별 연평균 85dB 이상 소음 노출 사업장 수 ····· 45

표 7. 12 년간 지속적으로 85dB 이상 소음이 측정된 사업장 수 및 관련 업종 ····· 48

표 8. 12 년 연속 85dB 이상 소음 노출 제조업 사업장의 세부 업종 정보 ····· 49

표 9. 12 년 평균 85dB 이상 소음 노출 사업장 수 및 관련 업종 ····· 50

표 10. 12년 평균 85dB 이상 소음 노출 제조업 사업장의 세부 업종 정보 ····· 51

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

국 문 요 약

작업환경측정 기반 장기적 소음 노출 특성 분석

배경 및 목적

산업현장에서의 소음은 전 세계적으로 가장 흔한 직업적 유해요인 중 하나이며, 특히 소음성 난청은 국내 직업병 유소견자(D1) 중 98%를 차지할 정도로 높은 비중을 보이고 있다(한국산업안전보건공단, 2021). 이에 따라 산업안전보건법은 소음 유해작업장에 대해 청력보존프로그램 운영, 보호구 지급, 근로시간 제한 등의 법적 조치를 규정하고 있으나, 그 실효성에 대한 평가는 여전히 미비한 실정이다(고용노동부, 2021).

NIOSH 보고서에 따르면, 소음 노출 근로자의 약 53%는 보호구를 항상 착용하지 않는다고 하였으며(Masterson et al., 2016), 이러한 이행 수준의 편차는 특히 소규모 사업장에서 더욱 뚜렷하게 나타나는 것으로 알려져 있다.

기존의 작업환경측정 제도는 시점(Point) 중심의 측정 방식에 머물러 있으며, 같은 사업장에서 일시적으로 85dB 미만이 측정되면 다음 해에는 측정이 면제되는 구조이다((산업안전보건법 시행규칙 제 190 조 제 2 항, 2025). 이로 인해 85dB 이상의 소음 노출의 '지속성'을 파악하는 데 한계가 있으며, 장기적 노출의 누적 위험을 반영하기 어렵다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이에 본 연구는 2012 년부터 2024 년까지 13 년간의 전국 작업환경측정자료 중 12 년 연속 측정된 5,081 개 사업장을 분석 대상으로 설정하여, 85dB 이상의 소음 노출의 분포와 지속성, 업종 · 공정 · 규모별 집중도를 입체적으로 분석하고자 하였다. 이를 통해 고위험 사업장 및 소외된 관리대상을 실증적으로 도출하고, 보다 실효성 있는 소음 관리 정책 수립에 기초자료를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다.

연구방법

본 연구는 산업안전보건법 시행규칙 제 188 조에 따라 전국 작업환경측정기관이 보고한 소음 측정값을 기반으로 하며, 2012 년부터 2024 년까지의 측정 결과 중 12 개 연도에서 누락 없이 연속적으로 측정된 사업장(총 5,081 개)을 대상으로 하였다. 분석 대상은 8 시간 TWA 기준 50dB 이상 110dB 미만의 유효 측정값이며, 극단값을 배제하고 일반적인 산업현장의 소음 특성을 정밀하게 반영하고자 하였다.

소음 노출 기준은 법정 기준인 85dB 를 기준점으로 하여 90, 95, 100, 105, 110dB 까지 총 6 단계의 구간으로 나누었고, 업종, 취급공정, 근로자 수 규모, 사업장 단위 등 다양한 변수에 따라 85dB 이상의 소음 노출의 분포와 변동성을 분석하였다. 특히, 평균이나 중앙값 외에도 상하 사분위수 및 IQR(사분위범위) 지표를 통해 노출의 이질성과 편차, 집중도를 정량적으로 측정하였다.

또한, 기존 연구에서는 조선업종에서 연속 측정 데이터를 분석한 결과, 하루 전체 노출량을 포함할 경우 기존 점 측정 방식보다 1.3dB 높게 나타났다는 점이 보고된 바 있으며(김민경 외, 2021), 이는 연속성 기반 측정의 필요성을 강조한 선례로 본 연구 설계의 타당성을 뒷받침한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

연구결과

업종별 분석에서 평균값과 중앙값은 대부분 연도에서 85dB 미만이었으나, 상위 사분위수(Q3)는 기준을 초과하였고, 사분위범위(IQR)는 2012 년 6.5 에서 2024 년 10.4 까지 확대되었다. 이는 소음 노출의 편차가 점차 커지고 있으며, 일부 업종에서 85dB 이상의 소음 환경이 심화되고 있음을 시사한다. 기준치를 상향 적용할수록 해당 기준 이상 노출 업종 수는 감소하였으며, 제조업은 모든 구간(85~110dB)에서 가장 높은 노출 비율을 보였다.

취급공정별 분석에서도 유사한 양상이 관찰되었으며, 특히 '사상', '조립', '프레스성형' 등 일부 공정에서 110dB 이상의 소음이 확인되었다. 이는 공정 특성에 따른 맞춤형 소음 관리 필요성을 보여준다.

규모별 분석에서는 300 인 이상 대규모 사업장에서 높은 소음 측정값을 보였으나 시간이 지날수록 감소하는 경향이 나타났고, 50 인 미만 소규모 사업장에서는 낮은 수준이지만 변화 없이 고착된 특성을 보였다.

사업장 단위로는 85dB 이상이 1 회 이상 측정된 사업장 수는 2020 년을 기점으로 감소했으며, 평균값 기준 85dB 이상인 사업장 수는 2014 년 이후 꾸준히 줄었다. 그러나 두 그룹 간 격차는 점차 확대되어, 일부 사업장은 소음이 완화되는 반면 다른 일부는 지속적으로 높은 소음에 노출되고 있었다

또한, 12 개 연도 모두에서 반복적으로 85dB 이상의 소음이 측정된 사업장은 총 966 개였고, 이 중 91.1%가 제조업이었다. 평균 소음 기준으로도 410 개 사업장이

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

고위험군으로 분류되었으며, ‘금속 가공제품 제조업’, ‘자동차 및 트레일러 제조업’, ‘섬유제품 제조업’ 등이 주요 업종으로 확인되었다.

결론

본 연구는 12년간의 연속 측정 데이터를 기반으로 소음 노출의 분포, 집중도, 변동성, 반복성을 종합적으로 분석함으로써 기존의 시점 중심 분석의 한계를 보완하였다. 특히, 85dB(A) 소음 노출이 특정 업종과 공정, 대규모 사업장에 집중되어 있으며, 소규모 사업장은 상대적으로 낮음 소음 측정치가 확인되었지만 관리의 사각지대에 놓여 있음을 보여주었다(정윤주 외, 2024).

이러한 결과는 산업현장 내 고위험군 식별과 청력보존 프로그램, 보호구 지급, 저감설비 등 관리자원의 효율적 분배를 위한 실증적 근거를 제공하며, 향후 직업병 발병자료와의 연계 연구나 정책 평가 모델로의 확장이 가능하다. 본 연구는 작업환경측정제도의 실효성을 높이고, 85dB 이상의 소음 작업환경에 대한 구조적·지속적 관리 필요성을 강조하는 데 기여할 수 있을 것이다(WHO, 2018).

또한 향후에는 산업재해 통계, 건강검진 결과 등과의 연계를 통해 소음 노출의 건강영향을 규명하고, 고위험 사업장의 반복 노출 패턴을 장기적으로 추적할 수 있는 모니터링 체계 구축 연구로 확장될 수 있을 것이다.

핵심어: 소음 노출, 작업환경측정, 장기 추세, 고위험 사업장

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅰ. 서론

1.1. 연구 목적 및 필요성

산업 현장의 소음 노출은 전 세계적으로 가장 흔한 직업적 유해요인 중 하나로, 소음성 난청(Noise-Induced Hearing Loss, NIHL)을 비롯한 다양한 건강 영향을 초래할 수 있는 중요한 산업보건 문제이다 (김규상, 2016).

세계보건기구(WHO)는 전 세계 청력손실의 약 16%가 직업성 소음에 기인한다고 보고하였으며 (World Health Organization, 2018), 독일에서는 직업성 질환의 38.3%가 소음성 난청으로 분류되었다는 연구도 존재한다 (Jo et al, 2024).

우리나라의 경우에도 제조업, 건설업 등 85dB 이상의 소음 산업에 종사하는 많은 근로자들이 법적 허용기준을 초과하는 소음에 지속적으로 노출되고 있으며, 이에 따라 산업안전보건법령에서는 8 시간 TWA 기준 90 dB 을 법적 허용한계로 설정하고, 85 dB 이상의 작업장에 대해서는 청력보존프로그램 운영을 의무화하고 있다 (고용노동부, 2025).

그럼에도 불구하고 현장에서는 보호구 착용, 소음 저감 조치 등의 실질적 이행이 미흡하다는 지적이 지속되어 왔으며, 미국 NIOSH 조사에 따르면 소음 노출 근로자의 약 53%가 보호구를 항상 착용하지 않는다고 보고되었다 (Masterson et al, 2016).

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

특히 소규모 사업장의 경우 안전 인프라가 부족하고, 관리 역량이 취약하여 소음 저감 조치가 상대적으로 소홀하게 이루어지는 경향이 있다.

따라서 단순한 기술적 대처만으로는 한계가 있으며, 보다 강력한 제도적 개입을 통해 사업장 소음 노출을 관리할 필요성이 제기되고 있다.

본 연구는 연세의료원 세브란스병원 연구심의위원회(IRB)의 면제 승인(4-2025-0238)을 받아 수행하였다.

1.2. 선행 연구 고찰

산업현장에서의 85dB 이상의 소음 노출은 단순한 청력 손실을 넘어, 작업자 건강과 안전에 광범위한 영향을 미친다. 최근 국내외 연구들은 소음 노출이 수면 장애, 심혈관계 질환, 스트레스 증가 등 비청각적 문제와도 밀접히 관련된다고 보고하고 있으며 (Basner 외, 2014; Kerns 외, 2018; Bolm-Audorff 외, 2020), 이러한 영향은 특히 장기간 노출 시 더욱 뚜렷하게 나타난다. 이에 따라 소음 노출에 대한 실태 파악은 개별 측정이 아닌 연속적이고 누적적인 측정 기반 분석으로 전환되고 있다.

국내에서는 전국 16,000 여 개 사업장의 작업환경측정자료를 분석한 결과, 약 15.1%의 사업장이 법정 기준(90dB)을 초과하고 있으며 특히 50 인 미만 소규모 사업장에서 그 비율이 높다고 보고하였다 (김규상 외, 2020). 이는 법적 기준을

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

충족하지 못하는 사업장이 여전히 상당수 존재함을 보여주며, 제도적 보완의 필요성을 시사한다. 또 다른 연구에서는 제조업 현장의 소음 노출이 피로와 스트레스를 유발하여 작업자 주의력 저하와 안전수칙 미이행으로 이어질 수 있음을 지적하였다 (정윤주 외, 2024). 이는 소음 노출 관리가 단순한 개인 보호구 착용을 넘어, 작업자 행동과 조직의 안전문화에까지 영향을 미친다는 점을 보여준다.

한편, 연속 측정 기반 분석의 필요성도 제기되고 있다. 조선업종 근로자의 연속 측정 데이터를 활용하여, 작업 전후 준비시간과 휴게시간을 포함할 경우 소음 노출 수준이 평균 1.3dB 높게 측정되었다고 보고되었다 (김민경 외, 2021). 이는 점 측정 방식의 한계와 함께, 하루 전체 노출량에 기반한 노출 특성 분석의 필요성을 제시한 사례로 볼 수 있다.

또한 특정 직무의 85dB 이상의 소음 노출 특성에 대한 시각화 분석 사례도 존재한다. 소방관의 소음 노출 데이터를 분석한 결과, 일반 근무 시에는 65~70dB 수준이지만 훈련 및 출동 시에는 순간적으로 110~140dB 에 달하는 피크 소음이 반복된다고 보고하였다 (김진우 외, 2024). 이는 평균값 중심의 분석이 아닌, 분포 및 변동성에 기반한 분석의 중요성을 강조하는 결과이며, 본 연구의 시각화 기반 기술통계 분석과 직접적으로 연결된다.

해외 연구에서는 소음 노출 관리가 법·제도적 차원에서 접근될 필요성이 강조되고 있다. 북미 제조업 사업장에서 Buy Quiet 정책 도입 이후 노동자의 소음 노출 수준이 유의미하게 감소하였음을 실증적으로 보여주며, 제도 변화와 노출 저감 간의 연계성을 입증하였다 (Choi 외, 2022). WHO(2018) 역시 산업소음으로부터의

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

건강 보호를 위해 행동기준과 노출한계 설정 외에도, 측정자료 기반 모니터링 체계를 권고하고 있다.

이러한 선행연구들을 종합하면, 소음 노출의 정량적 분석은 단순 평균이나 기준 초과율만으로는 한계가 있으며, 특정 사업장에서의 장기적인 노출 변화 추이를 시각적으로 탐색하는 접근이 필요하다는 공통된 시사점을 도출할 수 있다. 본 연구는 12 년간 연속적으로 측정된 85dB 이상의 소음 사업장을 대상으로, 기술통계 기반의 시각화 중심 분석을 수행함으로써, 기존 소음 실태조사의 한계를 보완하고자 한다.

1.3. 연구 목적

작업환경에서의 소음은 가장 널리 퍼져 있는 만성 유해요인 중 하나로, 청력 손실, 작업 집중도 저하, 피로감 증가, 사고 위험 상승 등 다양한 건강상 문제를 유발할 수 있다. 특히 85dB 이상의 소음 환경은 청력보존프로그램 도입 등 법적 관리 기준이 존재하지만, 실제 현장에서는 업종이나 사업장 규모에 따라 이행 수준에 큰 차이를 보이고 있으며, 일부 고위험 업종에서는 반복적이고 지속적인 85dB 이상의 소음 노출이 여전히 문제로 지적되고 있다.

그동안 소음 노출에 대한 장기적 분석 연구는 일부 존재해왔으나, 대부분이 제한된 산업군이나 특정 시점을 중심으로 이루어졌으며, 다양한 업종과 사업장을 포괄하는 장기 추적 분석은 부족한 실정이다. 특히, 국내에서 2012 년부터

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2024 년까지의 작업환경측정자료를 활용하여, 소음 노출의 장기적인 분포 양상과 산업별 특성을 세부적으로 검토한 연구는 드물다.

이에 본 연구는 13 년간의 국가 작업환경측정자료를 기반으로, 산업현장의 소음 노출 실태를 장기적으로 분석하고자 한다. 분석은 업종, 취급공정, 근로자 규모, 사업장에 대한 다양한 측면에서 수행되며, 소음 노출의 분포, 지속성, 고위험군 도출 등 정량적 특성을 규명하는 데 목적이 있다. 이를 통해 향후 소음 노출 관리 정책 수립 및 산업 안전보건 전략 마련에 기초자료를 제공하고자 한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅱ. 연구 방법

2.1. 연구 자료

2.1.1. 분석 대상

소음은 대다수의 사업장에서 규모와 지역에 상관없이 지속적으로 측정되어 온 유해인자로, 가장 많은 시료 수를 가지고 있다는 점에서 사업장의 물리적 환경 또는 법적·제도적인 개입을 통해 얼마나 개선이 이루어졌는지 확인할 수 있는 가장 적절한 지표라고 판단했다.

본 연구에서는 산업안전보건법 시행규칙 제 190 조에 따라 작업환경측정기관이 전국 사업장을 대상으로 수행한 소음 측정 결과 중, 고용노동부에 보고된 자료를 기반으로 한국산업안전보건공단(KOSHA)이 보유·관리하고 있는 2012 년부터 2024 년까지의 데이터를 분석하였다.

해당 결과 값은 각 사업장에서 8 시간 시간가중평균(Time-Weighted Average, TWA)을 기반으로 측정된 소음도(dB(A))를 의미하며, 사업장 단위로 측정 대상 유해인자에 대한 측정시기, 작업공정, 시료채취 정보, 측정결과 값 등을 포함한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.1.2. 분석 대상 사업장 표본

본 연구는 산업현장의 소음 노출 수준을 장기적으로 추적·분석하기 위해, 측정 주기의 일관성과 표본의 연속성 확보를 우선적으로 고려하였다.

이를 위해 2012 년부터 2024 년까지 총 13 년 전체에서 빠짐없이 작업환경측정이 이루어진 사업장 관리번호를 기준으로 분석을 시도하였으나, 해당 조건을 만족하는 사업장은 존재하지 않았다. 이에 따라 2012 년부터 2024 년까지의 자료 중, 총 12 개 연도에서 누적 측정 이력이 존재한 사업장 관리번호를 기준으로 재조사한 결과, 총 5,081 개 사업장이 확인되었다.

본 연구는 이렇게 확인된 5,081 개 사업장을 분석 대상으로 하며, 각 사업장별로 측정된 소음 수치 중 50dB 이상 110dB 미만의 유효한 측정값만을 추출하여 분석에 활용하였다. 이와 같은 기준은 극단값 또는 측정 오류 가능성이 있는 데이터를 배제하고, 산업현장의 일반적인 소음 노출 범위를 중심으로 85dB 이상의 소음 추이를 정밀하게 파악하기 위한 목적으로 설정되었으며, 이후 모든 통계적 분석 및 비교는 이와 같이 정제된 누적 측정 데이터를 기반으로 수행되었다.

2.1.3. 소음 노출 분석을 위한 기준 설정 및 구간화 전략

본 연구에서는 산업현장의 소음 노출 특성을 정량적으로 파악하기 위해, 데시벨(dB) 수준을 기준으로 단계별 분석 시나리오를 설정하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

소음 측정값의 기준은 85, 90, 95, 100, 105, 110dB 의 총 6 단계로 설정하고, 산업군별 위험도와 노출 양상의 특성을 보다 명확히 파악하기 위해 업종별·공정별·사업장별로 해당 기준을 초과하는 소음 노출 빈도와 분포를 분석하였다.

85dB 를 시작 기준점으로 설정한 이유는, '산업안전보건기준에 관한 규칙' 에서 8 시간 작업 기준 85dB 이상인 경우를 소음작업으로 정의하고 있으며, 이는 직업성 난청 예방, 청력보존 프로그램 운영, 그리고 소음 노출 관리대책 수립의 기준점으로 광범위하게 활용되기 때문이다.

해당 기준에 따라, 소음작업이 확인된 사업장은 청력보존 프로그램을 수립해야 하며, 근로자에게 정기적인 청력검사를 실시하고, 귀마개 또는 귀 덮개 착용 등의 보호구 착용 조치가 요구된다. 특히 115dB 이상인 경우에는 귀마개와 귀덮개를 병행 착용하는 것이 권장되는 등, 노출 수준에 따라 관리 조치가 차등 적용된다.

분석의 상한 값을 110dB 로 설정한 이유는 다음과 같은 실무적, 통계적 이유에 기반한다. 115dB 이상은 산업안전보건기준에서 귀마개와 귀덮개를 병행 착용해야 하는 구간으로 특별히 규정되는 매우 위험한 수준의 소음이며, 실질적으로는 일반적인 산업현장에서의 측정 빈도가 극히 낮아 통계적 분석에 적합한 표본 수 확보가 어려운 구간이다.

실제로 115dB 이상의 측정값은 전체 작업환경측정 자료에서 차지하는 비율이 매우 미미하며, 폭발 위험 작업이나 특수 용접 환경 등 일부 극소수 작업공정에 국한되어 나타나는 경우가 대부분이다. 이러한 구간까지 포함할 경우, 표본 수

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

불균형으로 인해 분석 결과의 왜곡 가능성이 존재하며, 전체 산업 전반의 85dB 이상의 소음 노출 특성을 대표적으로 설명하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 산업 현장에서 실질적 관리와 정책적 대응이 필요한 고위험 수준의 소음 구간을 중심으로 분석의 실효성을 확보하고자, 85dB 부터 110dB 까지의 범위를 설정하여, 법적 기준과 현장 현실 간의 균형을 반영한 분석 구간을 적용하였다.

2.1.4. IQR 변화에 따른 소음 노출 분포 특성

본 연구에서는 산업현장의 소음 노출 특성을 보다 정밀하게 파악하기 위해, 기초통계(descriptive statistics) 단계에서 단순 평균값이나 중앙값뿐 아니라, 분포의 폭과 이질성을 설명할 수 있는 다양한 통계 지표를 병행하여 활용하였다.

특히, 분석에 사용된 소음 자료는 각 측정기관이 「작업장에서의 소음측정 및 평가방법(KOSHA GUIDE W-23-2016)」에 따라 산출한 최종 등가소음레벨(Leq: Equivalent Continuous Noise Level)이며, 이는 일정 시간 동안 측정된 변동 소음을 에너지 기준으로 통합한 대표값이다. 본 연구에서는 이 Leq 값을 사업장 단위로 통합하여 연도별 및 업종별로 산술평균(arithmetic mean)을 계산하였고, 이를 기반으로 노출 수준의 평균 추이를 분석하였다.

그러나 소음은 데시벨(dB)이라는 로그 단위를 사용하므로, 산술평균만으로는 전체 분포의 이질적 특성을 충분히 설명하기 어렵다. 특히 산업현장의 소음 노출은 일부 사업장이 고위험 수준에 근접하고 다른 사업장은 상대적으로 낮은 노출을

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

보이는 등, 분포가 양극화되는 경향이 나타난다. 이러한 특성은 중앙값이나 IQR(Interquartile Range, 사분위 범위)과 같은 보조 지표를 통해 보다 입체적으로 해석될 수 있다.

IQR 은 데이터의 중간 50% 구간(제 3 사분위수 - 제 1 사분위수)의 범위를 의미하며, 측정값의 산포도(variability) 또는 불균형성을 설명하는 지표로 활용된다. 본 연구에서는 IQR 값을 함께 확인함으로써, 노출의 집중도, 분산 정도, 구조적 변화를 다각도로 해석하고, 단순 평균 수준의 추이를 넘어 정책 개입이 필요한 고위험군 식별 및 소음 저감 노력의 효과성 평가에 실질적인 통계적 판단 근거를 제시하고자 한다.

2.2. 시나리오

본 연구에서는 산업현장의 소음 노출 특성을 다각적으로 분석하기 위해 크게 네가지 분석 시나리오를 구성하였다.

각 시나리오는 2012 년부터 2024 년 중에서 12 년간의 측정 이력이 존재하는 사업장(총 5,081 개)을 공통 분석 대상으로 하며, 고위험 수준의 소음 추이 분석의 경우 소음 기준 값은 85dB에서 110dB까지 5dB 간격으로 설정하여 단계별로 분석을 실시하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

2.2.1. 업종별 소음 추이 분석

2012년부터 2024년 중 12년간 연속 측정된 5,081개 사업장 목록을 기반으로, 표본 수가 많은 순으로 상위 10개 업종을 선정하였다.

선정된 각 업종별로 소음 기준 값을 단계적으로 적용하여(85~110dB), 각 기준 이상에 해당하는 측정값의 분포를 연도별로 집계하고, 업종 간 소음 노출 특성 및 변화 추이를 비교 및 분석하였다.

2.2.2. 취급공정별 소음 추이 분석

2012년부터 2024년 중 12년간 연속 측정된 5,081개 사업장 목록을 기반으로, 표본 수가 많은 순으로 상위 10개 취급공정을 선정하였다.

선정된 각 취급공정별로 소음 기준 값을 단계적으로 적용하여(85~110dB), 각 기준 이상에 해당하는 측정값의 분포를 연도별로 집계하고, 취급공정 간 소음 노출 특성 및 변화 추이를 비교 및 분석하였다.

2.2.3. 근로자 규모별 소음 추이 분석

2012년부터 2024년 중 12년간 연속 측정된 5,081개 사업장 목록을 기반으로, 사업장 근로자 수에 따라 5개의 그룹을 구분하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

- 5인 미만
- 5인 이상 50인 미만
- 50인 이상 300인 미만
- 300인 이상 1,000인 미만
- 1,000인 이상

각 근로자 수 규모별로 소음 기준 값을 단계적으로 적용하여(85~110dB), 각 기준 이상으로 측정된 소음의 분포를 분석하고, 사업장 규모별로 소음 노출 수준의 차이 및 시계열적 변화 양상을 비교 및 분석하였다.

2.2.4. 사업장 특성별 소음 추이 분석

2012년부터 2024년 중 12년간 연속 측정된 5,081개 사업장 목록을 기반으로, 연도별 소음 노출이 발생한 사업장 수와 그 특성에 대한 시계열적 변화를 분석하였다.

매 연도에서 단 하나의 측정값이라도 85dB 이상을 기록한 경우를 기준으로 전체 소음 사업장 수의 추이를 파악하였으며, 동시에 각 사업장별 평균 소음 값이 85dB 이상인 경우를 별도로 구분하여 고위험 사업장의 연도별 변화 경향을 비교 및 분석하였다.

또한, 전체 분석 기간인 2012~2024년 중 12개 연도에서 1회 이상 또는 평균 소음(85dB 이상)이 반복적으로 측정된 사업장을 식별하여, 이들 사업장의 업종 분포와 세부 특성을 정량적으로 비교 및 분석하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅲ. 연구 결과

3.1. 업종별 소음 추이 분석 결과

3.1.1. 배경 및 기초통계

2012 년부터 2024 년까지 12 년간 연속 측정된 5,081 개 사업장의 업종 정보를 확인한 결과, 전체 업종 분포는 [표 1]와 같이 나타났으며, 결측값(N/A)을 제외하고 표본 수가 많은 순으로 상위 10 개 업종을 분석 대상으로 선정하였다. 측정 건수는 50~120dB 범위의 유효한 측정값을 기준으로 선정하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

표 1. 업종별 소음 측정 자료 건수

업종	건수
제조업	161,690
협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업	4,253
건설업	16,677
수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	1,669
도매 및 소매업	845
광업	731
전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	596
운수 및 창고업	573
전문, 과학 및 기술 서비스업	668
사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업	358
정보통신업	228
보건업 및 사회복지 서비스업	130
예술, 스포츠 및 여가관련 서비스업	122
숙박 및 음식점업	120
공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	110
농업, 임업 및 어업	21
금융 및 보험업	14
부동산업	13

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이들 상위 10개 업종을 기준으로, 연도별 소음 노출 수치에 대한 기초통계를 산출하였다[표 2]. 기초통계는 표본 수, 평균, 중앙값, 표준편차, 사분위수 등을 포함한다.

- 제조업
- 협회 및 단체, 수리 및 기타 개인 서비스업
- 건설업
- 수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업
- 도매 및 소매업
- 광업
- 전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업
- 운수 및 창고업
- 전문, 과학 및 기술 서비스업
- 사업시설 관리, 사업 지원 및 임대 서비스업

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

표 2. 상위 10대 업종의 연도별 기술 통계

항목	표본수	평균값	중앙값	표준편차	하위25	상위75	IQR
2012	9,360	84.2	84.4	6.30	81.3	87.8	6.5
2013	10,268	83.9	84.2	6.50	81.0	87.8	6.8
2014	14,102	84.1	84.4	6.74	81.0	88.1	7.10
2015	17,269	83.9	84.3	6.79	80.8	88.1	7.3
2016	14,421	83.6	84.1	7.08	80.3	88.0	7.7
2017	14,408	83.2	83.8	7.24	79.9	87.6	7.7
2018	14,410	83.1	83.7	7.36	79.8	87.7	7.9
2019	15,049	82.8	83.6	7.45	79.3	87.6	8.3
2020	16,175	82.2	83.0	7.69	78.4	86.9	8.5
2021	16,960	81.8	82.7	7.89	77.9	86.8	8.9
2022	17,825	81.3	82.3	8.20	77.0	86.6	9.6
2023	17,758	80.6	81.8	8.53	76.0	86.2	10.2
2024	10,055	80.2	81.5	8.71	75.6	86.0	10.4

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

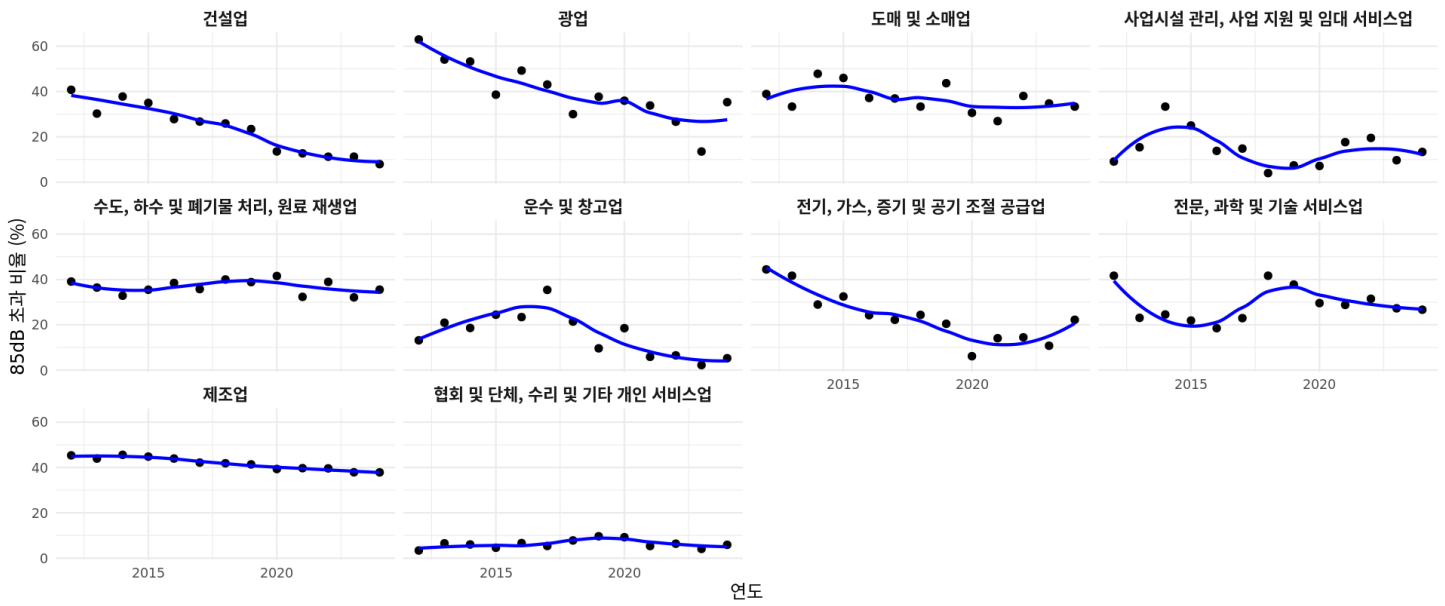
분석 결과, 모든 연도에서 평균값 및 중앙값은 소음 기준인 85dB 보다 낮은 수준으로 나타났으나, 상위 75% 구간(제 3 사분위수)에서는 대부분의 연도에서 85dB 이상의 수치가 확인되었다. 이는 각 연도별로 일정 비율 이상의 소음 작업환경이 지속적으로 존재했음을 시사한다.

특히 제 1 사분위수(Q1)와 제 3 사분위수(Q3)의 차이를 나타내는 IQR 이 2012 년 6.5 에서 2024 년 10.4 까지 점진적으로 증가한 양상을 보인다는 점에서, 소음 노출 분포의 편차가 확대되었을 가능성도 함께 고려할 수 있다. 이는 일부 사업장에서는 소음 수준이 낮아진 반면, 다른 사업장에서는 여전히 85dB 이상의 소음 노출이 심화되고 있음을 의미할 수 있으며, 노출의 불균형성과 고위험군의 지속 존재 가능성을 반영하는 지표로 해석될 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

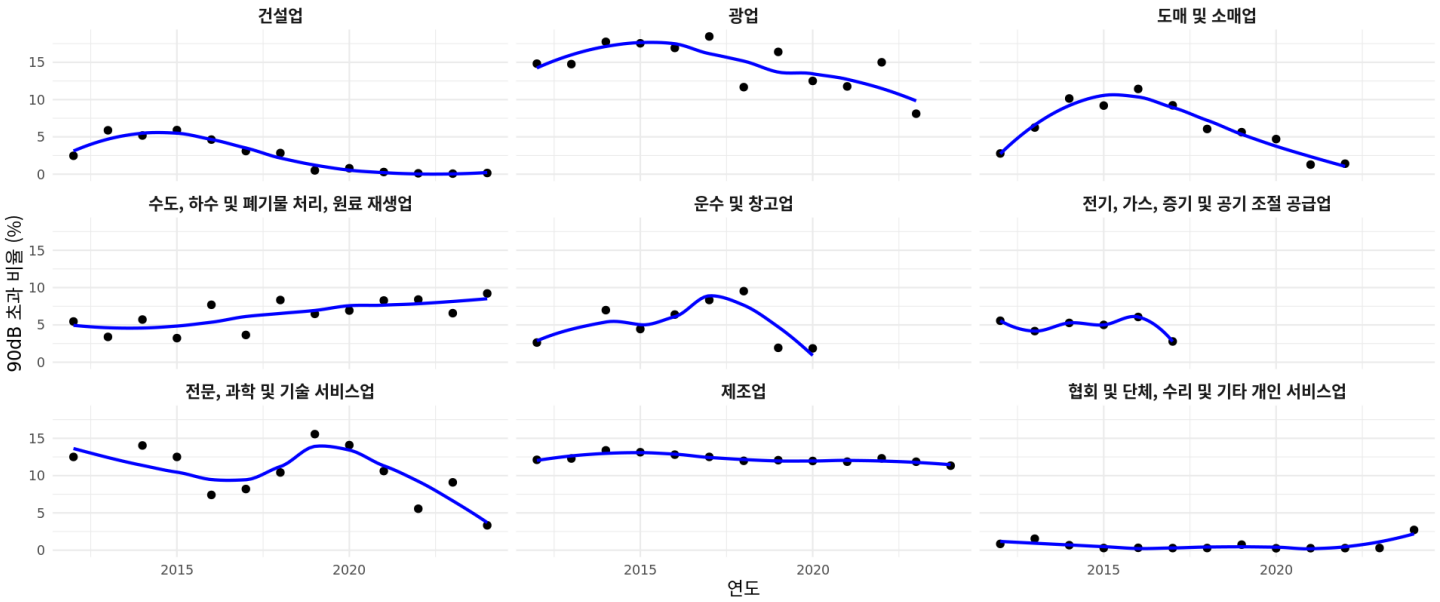
3.1.2. 측정 결과

그림 1. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 85dB)



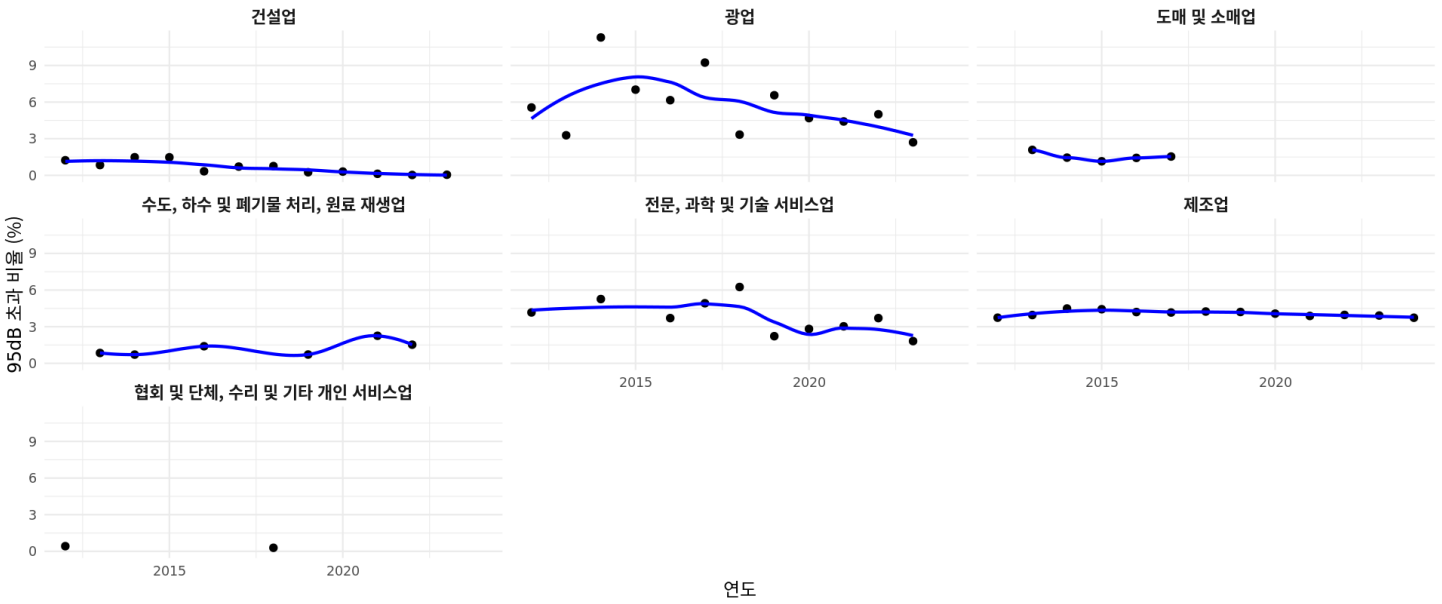
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 2. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 90dB)



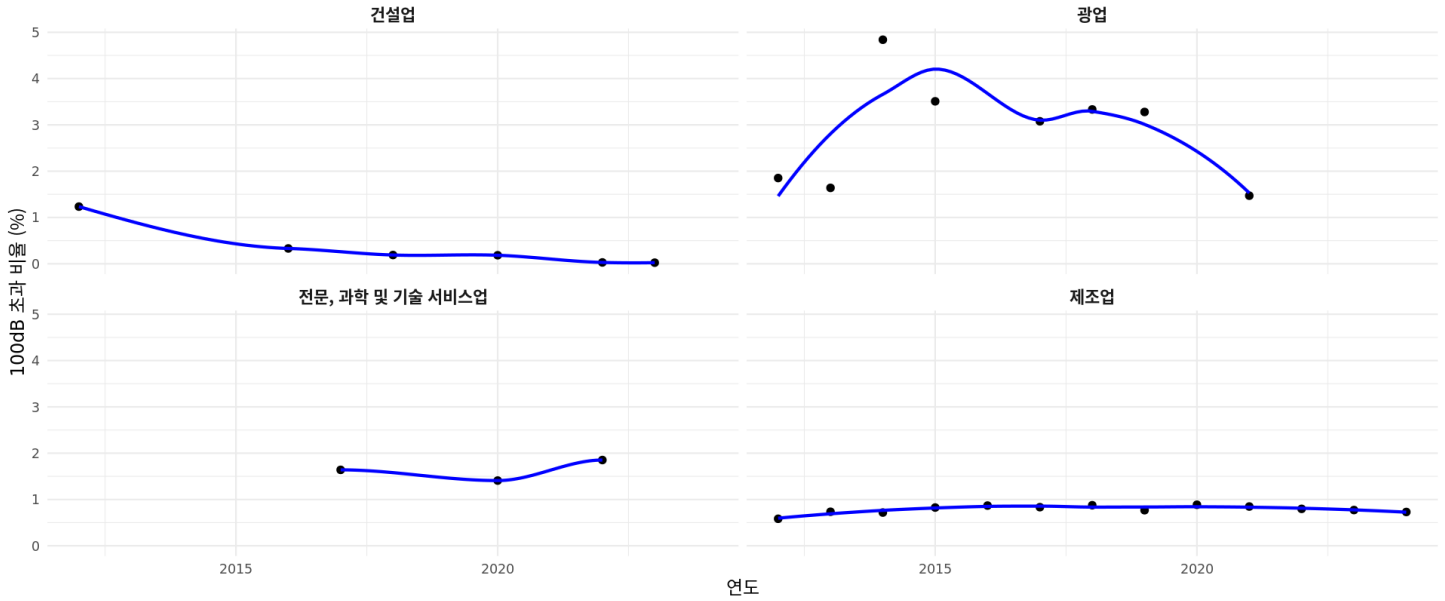
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 3. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 95dB)



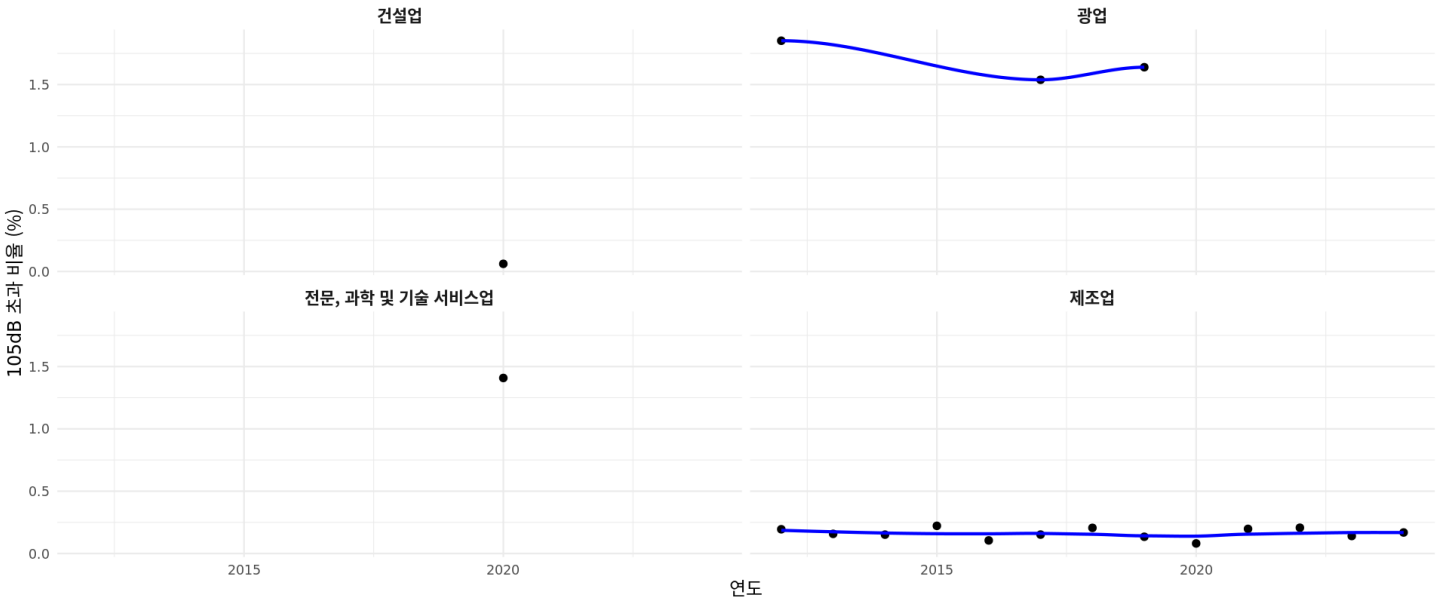
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 4. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 100dB)



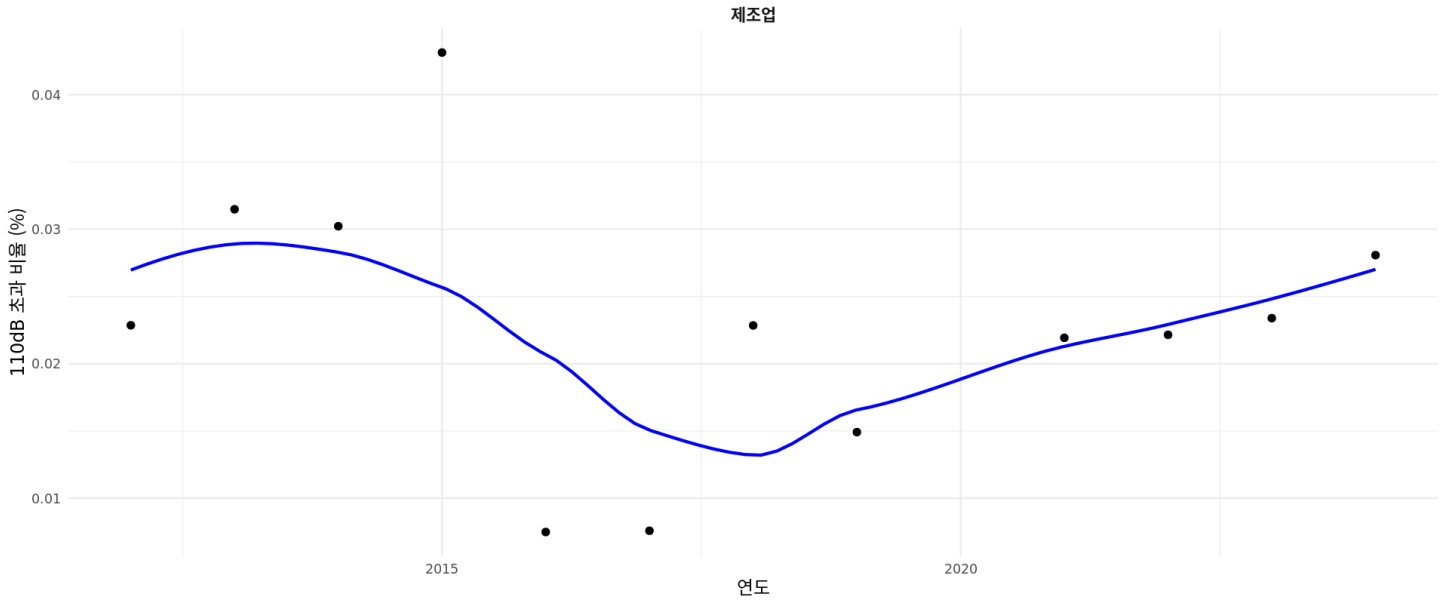
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 5. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 105dB)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 6. 업종별 기준 초과 소음 노출 추이(기준값: 110Db)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.1.3. 결론

분석 결과, 모든 연도에서 평균값과 중앙값은 소음 노출 기준(85dB) 미만이었으나, 상위 사분위수(Q3)는 대부분의 연도에서 85dB 이상을 기록하며, 일정 비율의 높은 수준의 소음 작업환경이 지속적으로 존재하고 있음을 보여주었다.

더불어, IQR이 2012년 6.5에서 2024년 10.4까지 증가한 점은, 소음 노출의 편차가 확대되고 있음을 시사하며, 일부 업종 또는 사업장에서 85dB 이상의 소음 노출이 심화되고 있음을 의미할 수 있다.

또한 85dB에서 110dB까지 85dB 이상의 소음 기준치를 상향 적용한 결과, 기준치가 높아질수록 해당 기준 이상 소음이 측정된 업종의 수가 점차 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 결과는 85dB 이상의 소음 노출이 특정 업종에 집중되어 있음을 보여주는 지표로 해석될 수 있으며, 특히 제조업에서 12년 전체 기간 동안 가장 높은 기준치(110dB) 이상의 85dB 이상의 소음 이 측정되었음을 볼 수 있다.

이러한 결과는 단순한 평균 수준의 변화만으로는 파악하기 어려운 업종별 85dB 이상의 소음 노출의 이질성과 분산 구조를 드러내는 중요한 정량적 근거이며, 연도별 변화 추이를 바탕으로 고위험 업종 및 사업장을 도출하고, 우선순위 기반의 관리 대책을 수립할 필요성을 시사한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.2. 취급공정별 소음 추이 분석 결과

3.2.1. 배경 및 기초통계

2012 년부터 2024 년까지 12 년간 연속 측정된 5,081 개 사업장의 업종 정보를 확인한 결과를 기반으로, 결측값(N/A)을 제외하고 표본 수가 많은 순으로 상위 10 개 취급공정을 분석 대상으로 선정하였다. 측정 건수는 50~120dB 범위의 유효한 측정값을 기준으로 선정하였다.

표 3. 취급공정별 소음 측정 건수

업종	건수
용접	10,530
프레스성형	7,223
CNC 가공	5,928
기타가공	5,807
사상	4,763
조립	4,208
기계가공	3,915
기타절단	3,547
포장	3,296

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이들 상위 10개 취급공정을 기준으로, 연도별 소음 노출 수치에 대한 기초통계를 산출하였다.

표 4. 상위 10대 공정별 연도별 기술통계

항목	표본수	평균값	중앙값	표준편차	하위25	상위75	IQR
2012	2,973	84.2	84.4	6.19	81.4	87.9	6.5
2013	3,559	84.0	84.2	6.32	81.2	87.8	6.6
2014	5,054	84.2	84.5	6.61	81.1	88.3	7.2
2015	6,424	84.1	84.4	6.70	80.9	88.1	7.2
2016	5,409	83.6	84.1	6.96	80.4	88.0	7.6
2017	5,633	83.3	83.9	7.25	79.9	87.8	7.9
2018	5,865	83.2	83.7	7.24	79.8	87.7	7.9
2019	6,145	82.9	83.5	7.35	79.2	87.5	8.3
2020	4,678	83.0	83.6	7.41	79.4	87.5	8.1
2021	4,912	82.7	83.3	7.54	79.1	87.5	8.4
2022	5,339	82.2	83.0	7.81	78.3	87.2	8.9
2023	5,353	81.8	82.7	8.07	77.8	87.0	9.2
2024	3,285	81.5	82.6	8.30	77.5	86.9	9.4

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

분석 결과, 모든 연도에서 평균값과 중앙값은 소음 노출 기준인 85dB 미만으로 나타났으며, 상위 75% 구간(제 3 사분위수, Q3)의 경우 모든 연도에서 85dB 이상의 수치가 확인되었다.

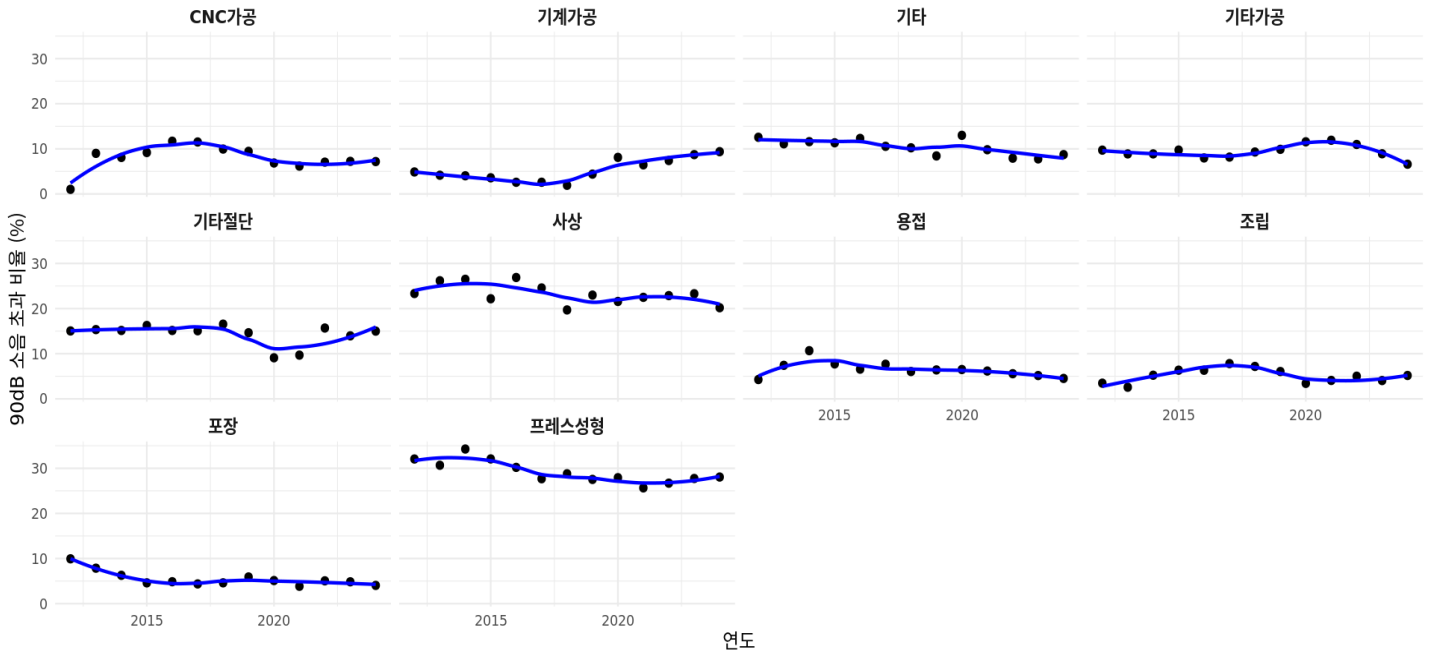
또한, 제 1 사분위수(Q1)와 제 3 사분위수(Q3)의 차이(IQR)는 업종별 분석에서의 결과와 마찬가지로 2012 년 6.5 에서 2024 년 9.4 까지 점진적으로 증가하는 경향을 보였다.

이러한 소음 노출 분포 편차의 지속적인 확대는, 일부 취급공정에서는 소음 수준이 완화된 반면, 다른 취급공정에서는 오히려 85dB 이상의 소음 노출이 심화되었을 가능성을 시사한다. 이는 취급공정별로 소음 노출 환경의 변화 양상이 상이하게 나타났음을 의미하며, 취급공정별 맞춤형 소음 관리의 필요성을 더욱 부각시킨다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

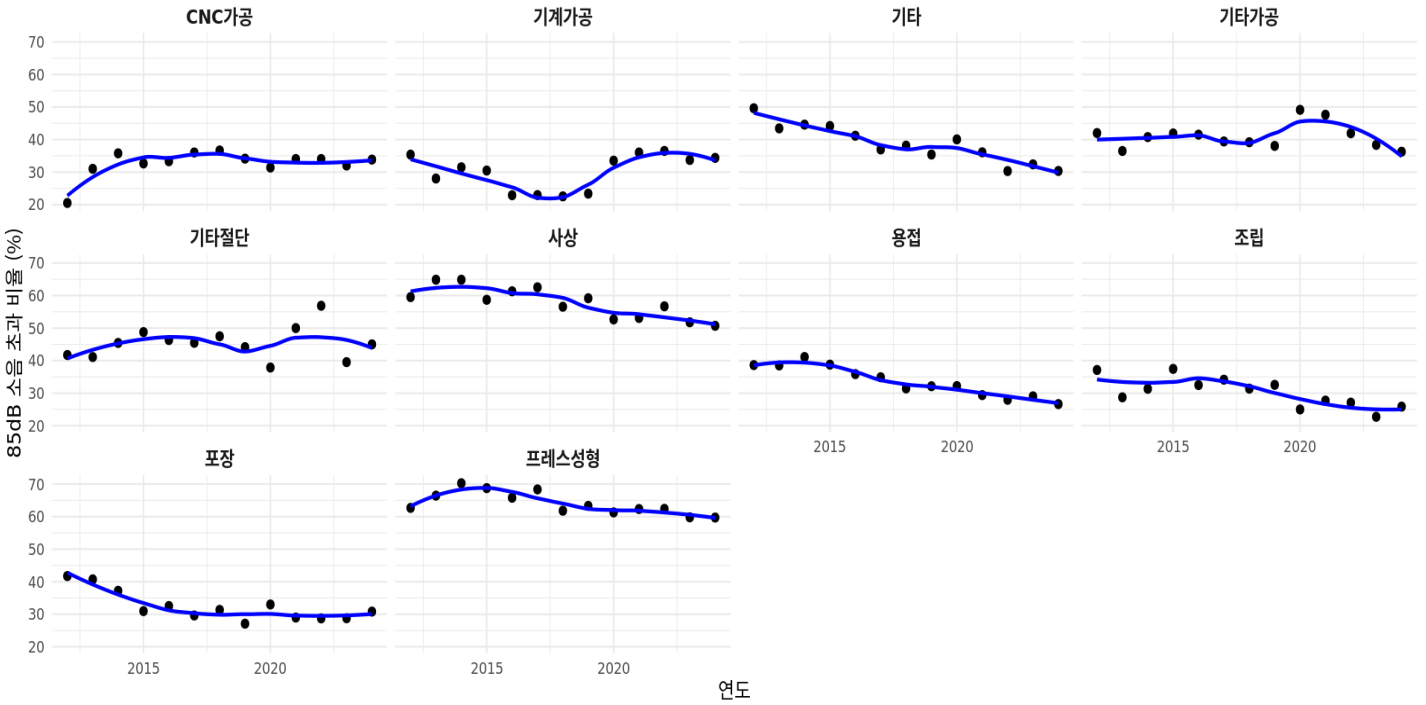
3.2.2 측정결과

그림 7. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 85dB)



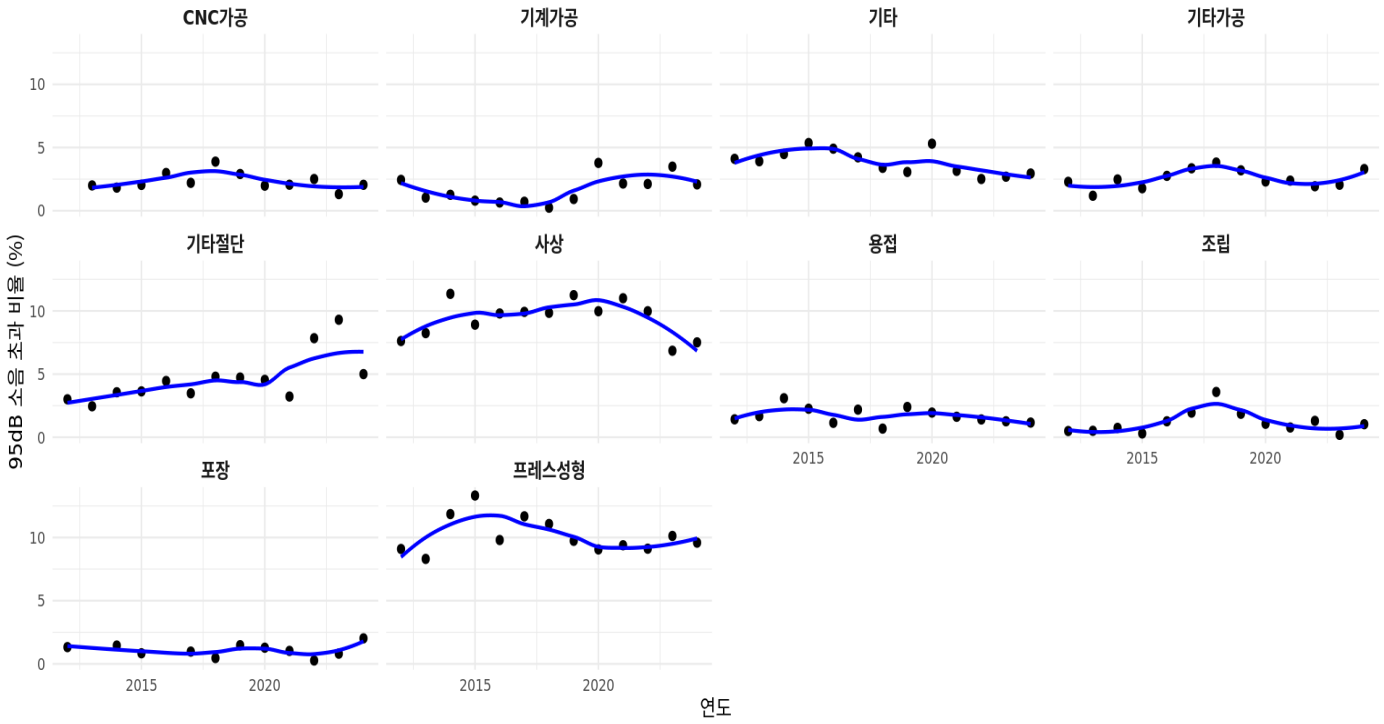
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 8. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 90dB)



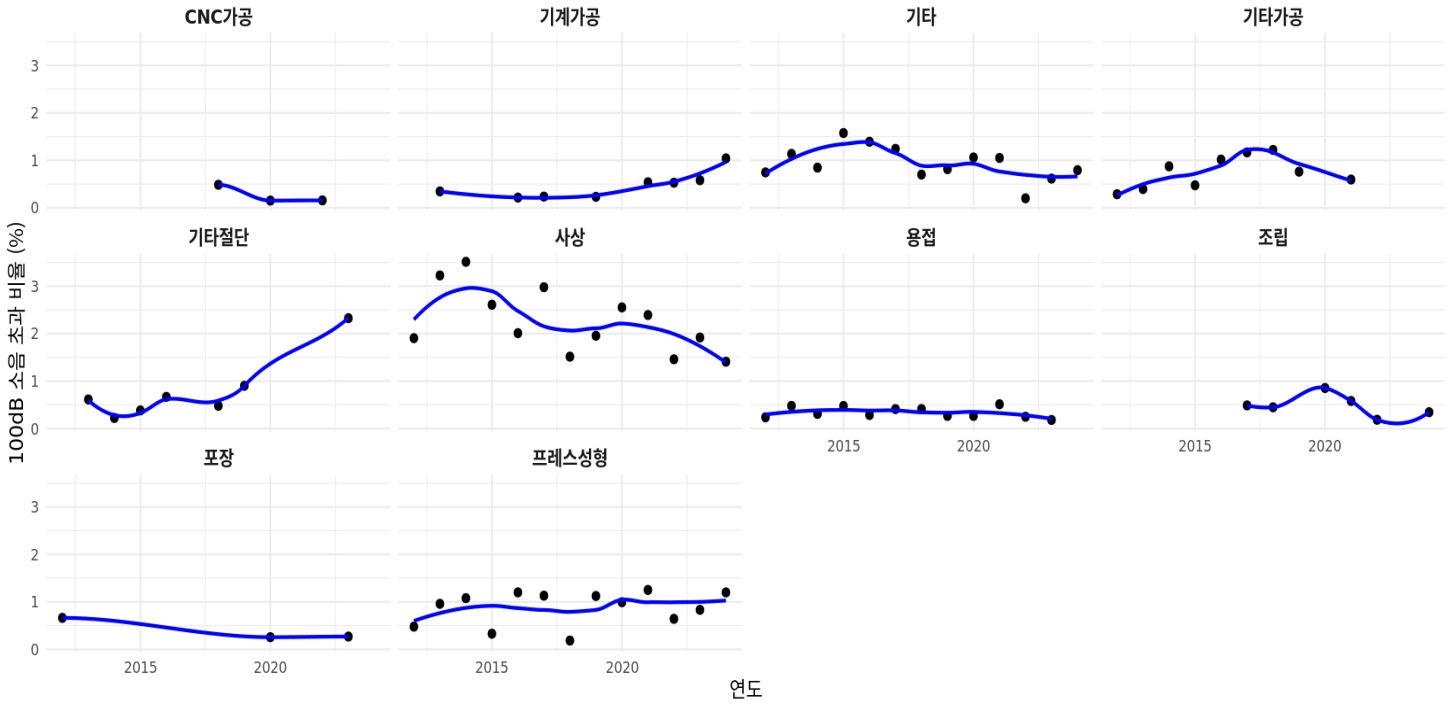
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 9. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 95dB)



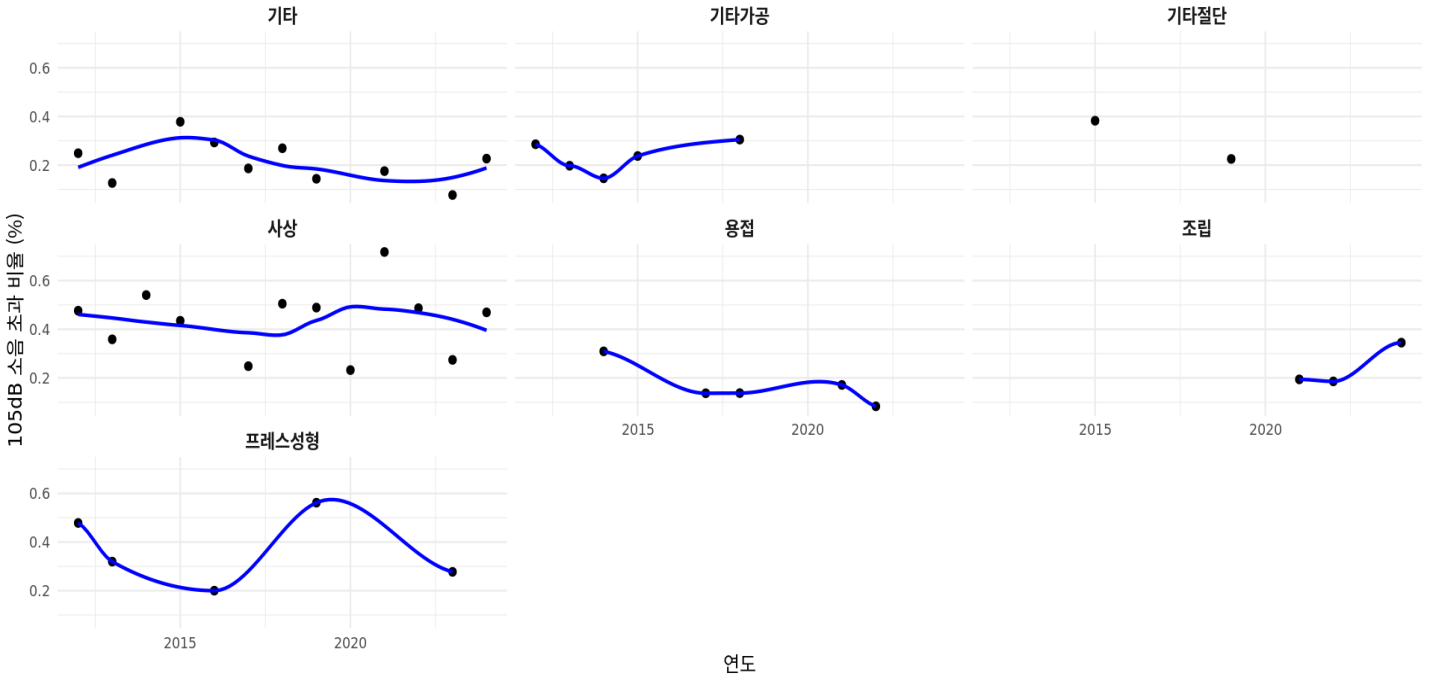
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 10. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 100dB)



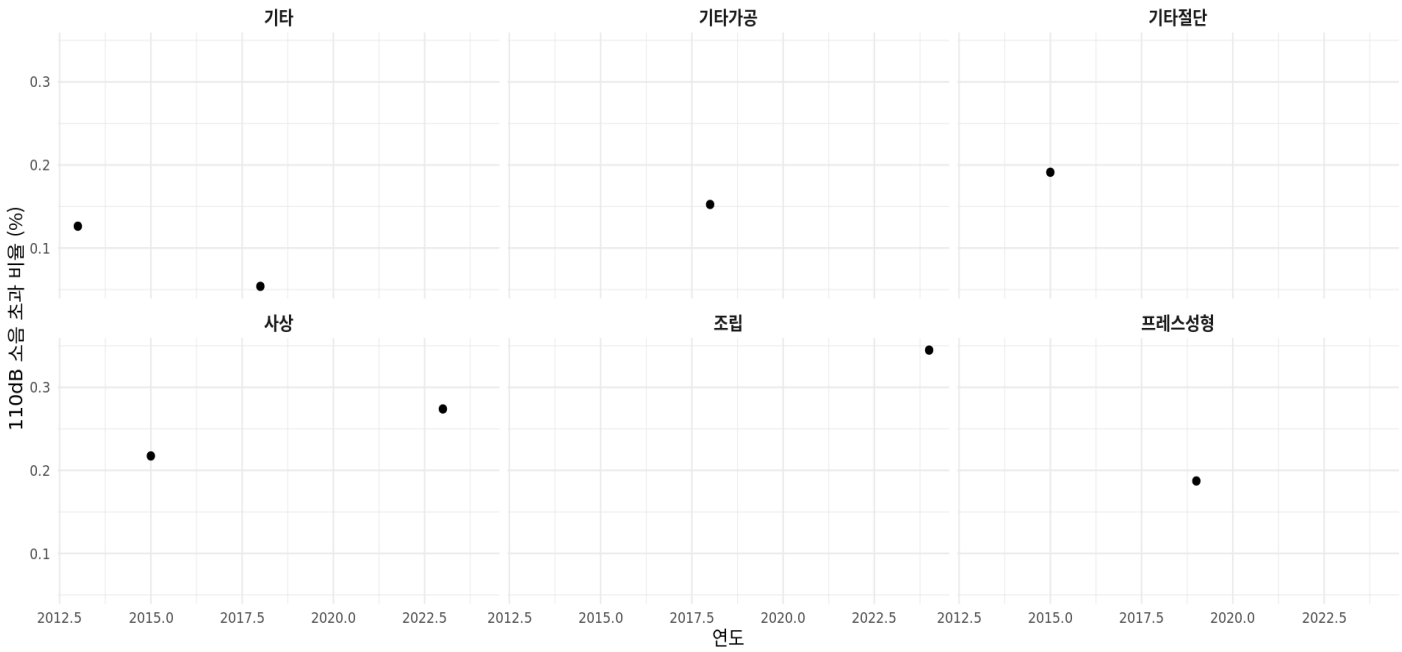
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 11. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 105dB)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 12. 취급공정별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 110dB)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.2.3. 결론

2012 년부터 2024 년 중 12 년간 지속적으로 측정된 사업장 중 상위 10 개 취급공정에 해당하는 데이터를 기준으로 분석한 결과, 모든 연도에서 평균값과 중앙값은 소음 노출 기준(85dB) 미만으로 나타났으나, 상위 사분위수(Q3)는 모든 연도에서 85dB 이상을 기록하며, 일정 비율 이상의 85dB 이상의 소음 작업환경이 지속적으로 존재하고 있음을 보여주었다.

더불어, IQR 이 2012 년 6.5 에서 2024 년 9.4 까지 증가한 점은, 소음 노출의 분포 편차가 확대되고 있음을 시사하며, 이는 일부 취급공정에서는 소음 수준이 완화된 반면, 다른 취급공정에서는 85dB 이상의 소음 노출이 심화되었을 가능성을 나타낸다.

또한 85dB 에서 110dB 까지 소음 기준치를 상향 적용한 결과, 기준치가 높아질수록 해당 기준 이상 소음이 측정된 취급공정의 수는 점차 감소하는 경향을 보였으며, 110dB 이상의 소음이 측정되었음이 확인된 취급공정에는 기타가공, 기타절단, 사상, 조립, 프레스성형의 6 개가 존재함을 확인했다.

이러한 결과는 단순한 평균 수준의 변화만으로는 파악하기 어려운 공정별 85dB 이상의 소음 노출의 이질성과 집중도를 드러내는 정량적 근거이며, 연도별 변화 추이와 고위험 공정의 식별을 통해, 공정 특성에 기반한 맞춤형 소음관리 및 청력보존 대책이 필요함을 시사한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.3. 근로자 규모별 소음 추이 분석 결과

3.3.1. 배경

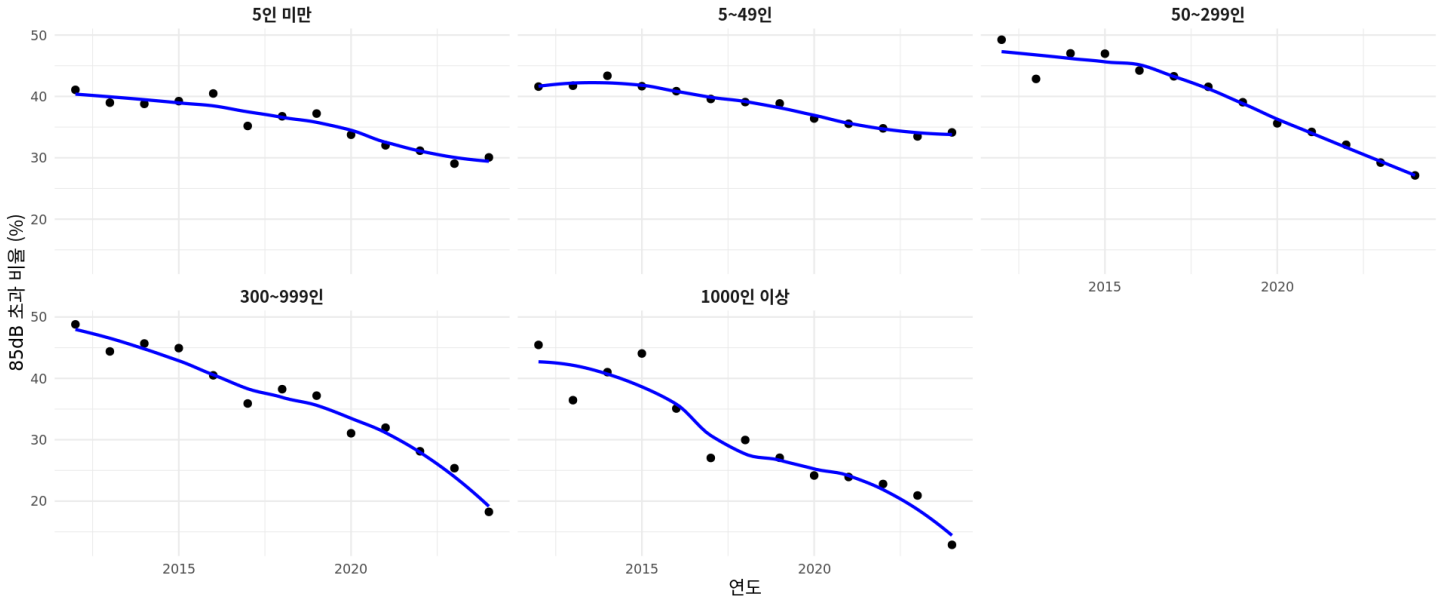
2012 년부터 2024 년까지 12 년간 연속적으로 측정된 5,081 개 사업장의 데이터를 대상으로 각 사업장의 상시 근로자 수 정보를 수집 및 분류한 정보를 바탕으로, 5 개 규모별 그룹으로 사업장을 구분하였다.

이후 각 근로자 수 그룹을 기준으로, 85dB 이상의 소음 노출 판단 기준인 85dB 부터 110dB 까지의 85dB 이상의 소음 구간을 5dB 간격으로 단계적으로 적용하여, 각 구간별 기준치를 초과하는 측정값의 연도별 분포를 집계하고, 사업장 규모에 따른 85dB 이상의 소음 노출 양상 및 변화 추이의 특성을 비교 및 분석하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

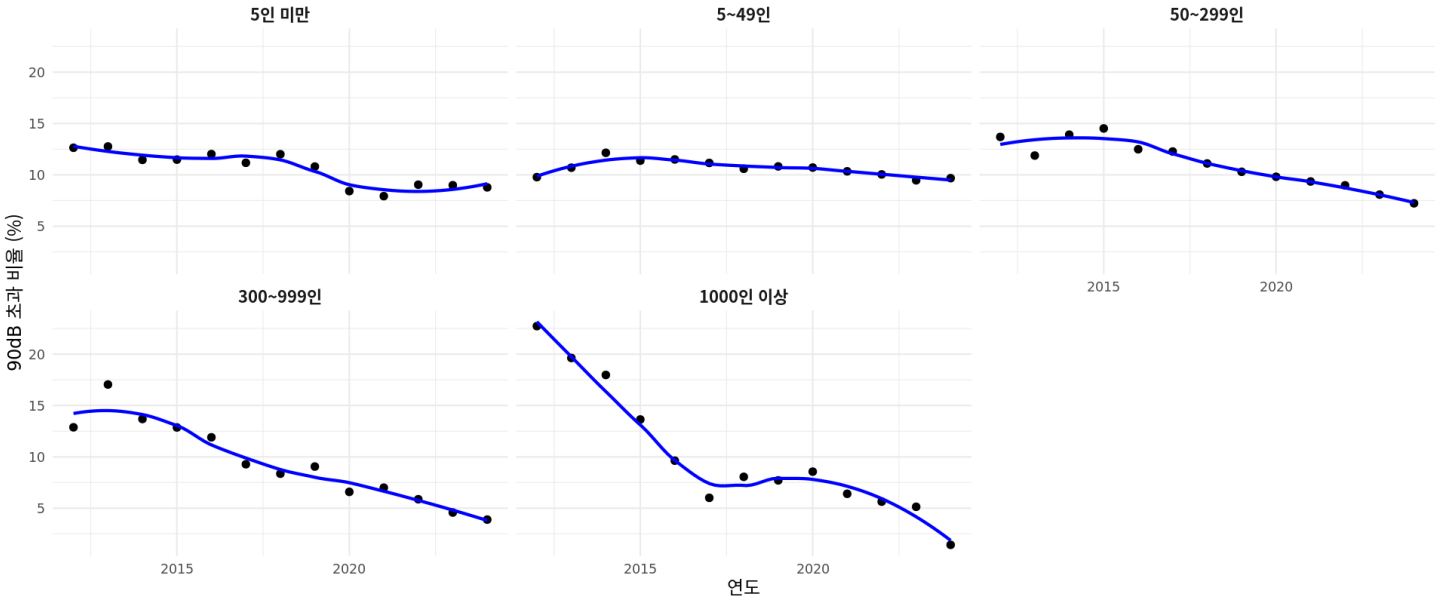
3.3.2. 측정 결과

그림 13. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 85dB)



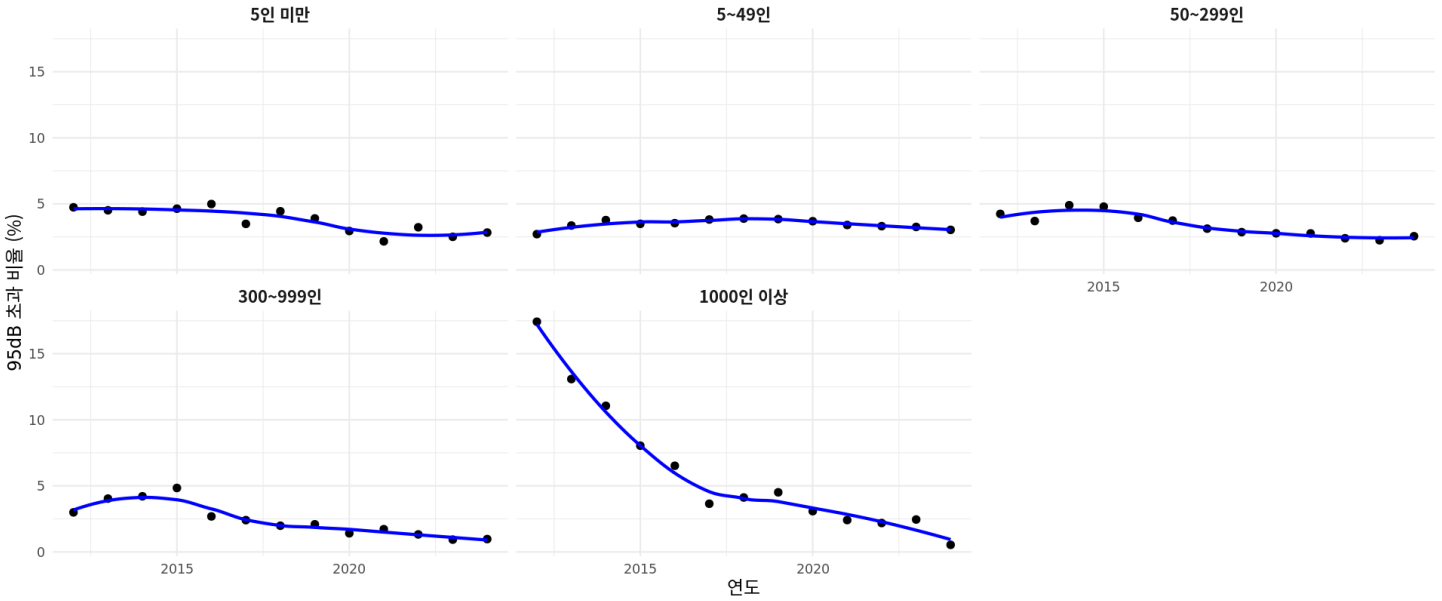
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 14. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 90dB)



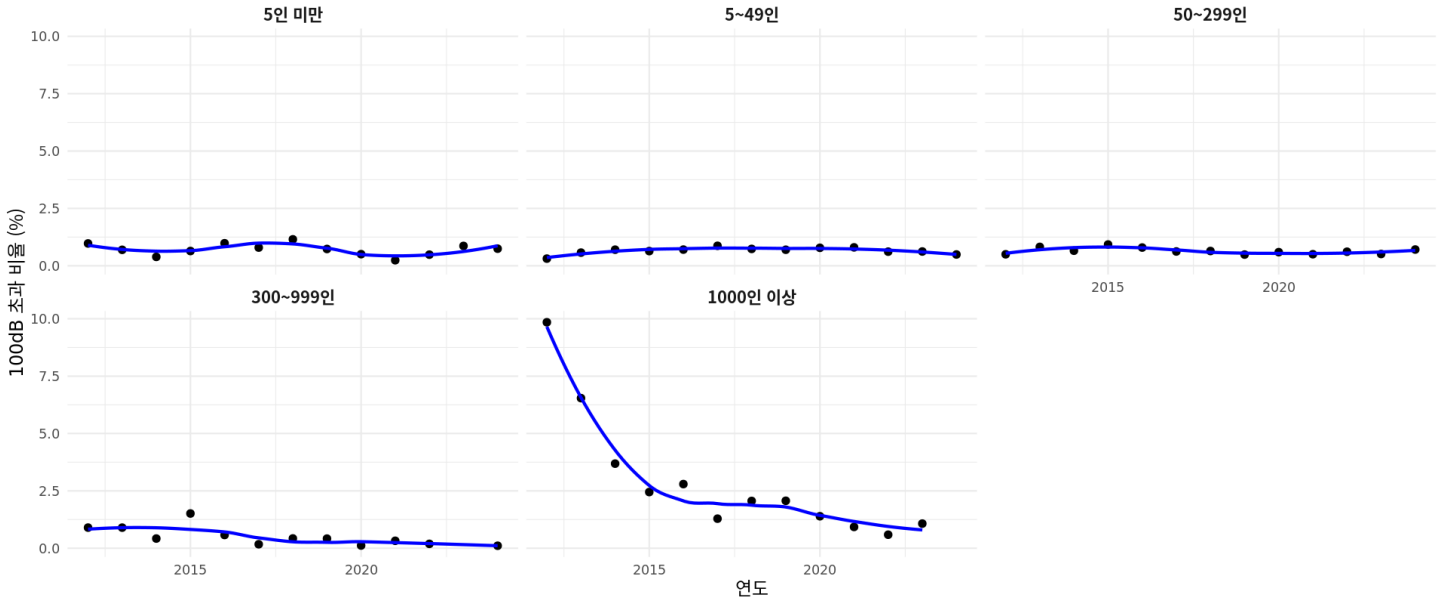
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 15. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 95dB)



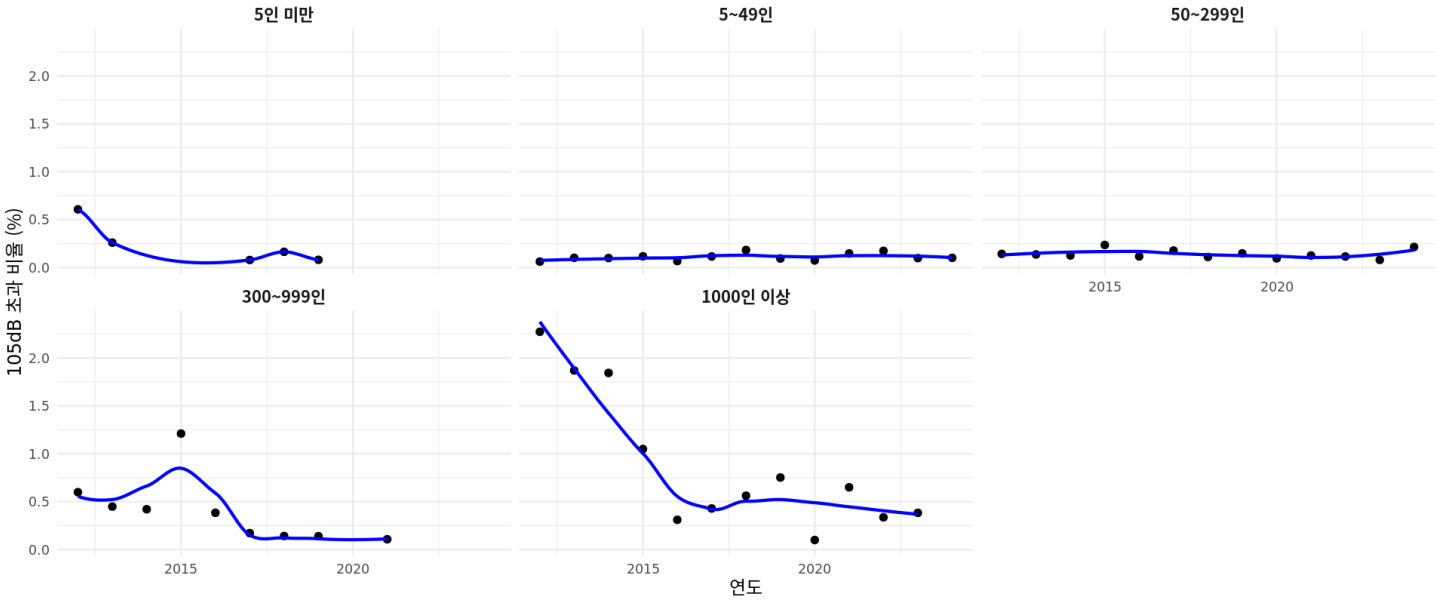
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 16. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 100dB)



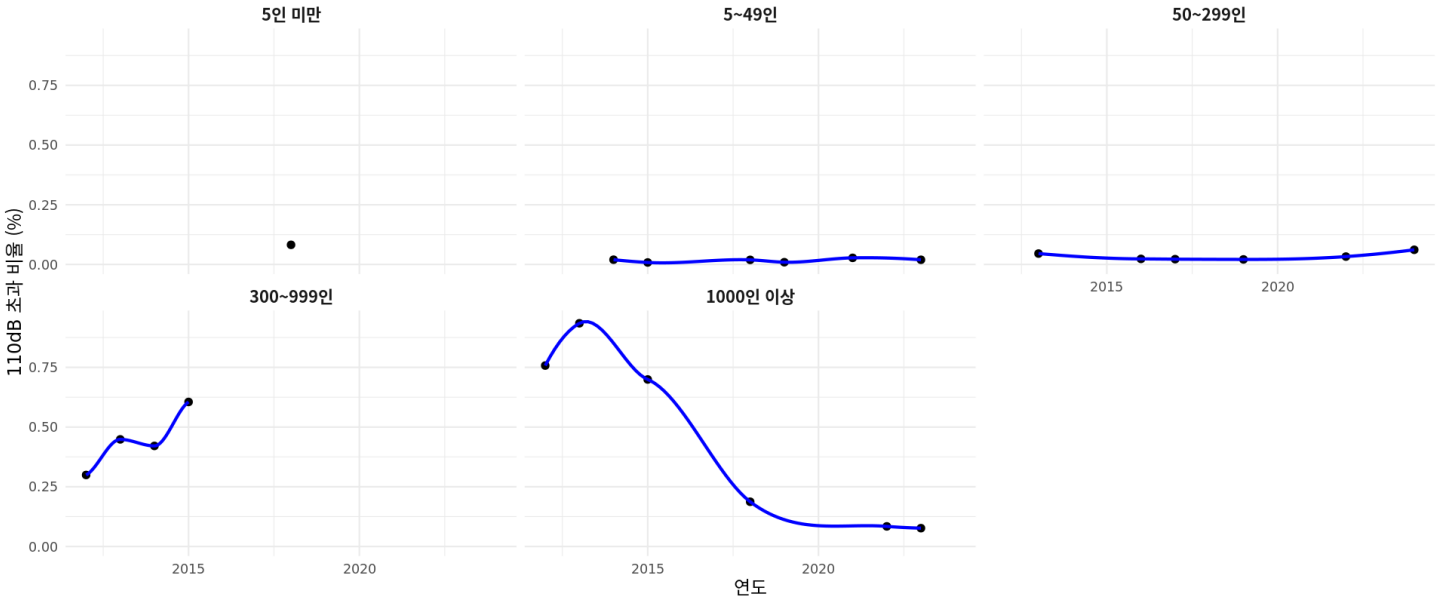
연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 17. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 105dB)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

그림 18. 사업장 규모 별 기준 초과 소음 노출 추이 (기준값: 110dB)



연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.3.3. 결론

근로자 수 규모에 따른 소음 노출의 연도별 분포를 분석한 결과, 전체적으로 사업장 규모가 클수록 85dB 이상의 소음 노출 비율이 높은 경향을 보였으며, 특히 300 인 이상(300 인 이상 1000 인 미만, 1000 인 이상)의 대규모 사업장에서 85dB 이상 소음 노출 확률이 가장 높고 뚜렷한 감소 추세를 나타냈다.

반면, 50 인 미만 사업장(5 인 미만, 5 인 이상 50 인 미만)은 전반적으로 85dB 이상의 소음 비율이 낮았으나, 시간에 따른 감소 폭이 작거나 거의 변화가 없었으며, 특히 5 인 이상 50 인 미만의 사업장에서는 소음 기준 구간(85~110dB)에서 거의 평평한 추이를 보여, 소규모 사업장에서의 85dB 이상의 소음 노출이 상대적으로 고착화되어 있음을 시사한다.

또한, 측정 기준 값이 높아질수록 대규모 사업장의 85dB 이상의 소음 노출 확률은 급감하였으나, 일부 연도에 85dB 이상의 소음이 집중되거나 일시적으로 급등한 경우도 확인되었다. 이는 특정 고위험 공정이나 사업장 내 특수 작업환경의 영향일 가능성을 암시하며, 일시적인 85dB 이상의 소음 이상치가 아닌 구조적 반복 가능성을 고려한 추가적인 확인이 요구된다.

전반적으로, 근로자 수가 많을수록 85dB 이상의 소음 노출 가능성은 높았지만 최근 들어 감소 추세가 명확한 반면, 소규모 사업장은 85dB 미만의 소음이 지속되는 특성을 보여주었으며, 이러한 현상은 향후 사업장 규모에 따른 차등적 소음 관리 전략 수립의 필요성을 뒷받침하는 중요한 근거로 작용한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4. 사업장 특성별 소음 추이 분석 결과

3.4.1. 연도별 사업장 소음 추이

3.4.1.1. 배경

기존의 소음 분석이 개별 측정값 수준에서 이루어졌던 것과 달리, 본 절에서는 사업장을 분석 단위로 설정하고, 각 연도별로 85dB 이상의 소음이 측정된 사업장의 분포와 변화 양상을 파악하고자 하였다.

먼저 소음이 발생한 사업장의 비율 및 확산 양상을 확인하기 위해, 매 연도별로 단 하나의 측정값이라도 85dB 이상을 기록한 사업장의 수를 집계하여 85dB 이상의 소음 노출이 관측된 사업장의 연도별 발생 추이를 분석하였다.

추가로, 보다 보수적인 기준을 적용하기 위해, 각 연도별로 해당 사업장에서 기록된 전체 측정값의 평균이 85dB 이상인 경우를 별도로 산정하였다. 이는 일시적인 85dB 이상의 소음 노출이 아닌, 전반적으로 85dB 이상의 소음 환경에 노출된 사업장을 식별하기 위한 목적이며, 결과적으로 연도별로 고위험 사업장이 얼마나 존재했는지를 파악할 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4.1.2. 측정 결과

표 5. 연도별 85dB 이상 소음이 1회 이상 측정된 사업장 수

연도	전체 측정 사업장 수	85dB 이상 소음 측정 사업장 수	비율 (%)
2012	5,078	2,671	52.6%
2013	5,801	2,821	48.6%
2014	7,577	3,965	52.3%
2015	7,677	3,985	51.9%
2016	7,745	3,966	51.2%
2017	7,956	4,039	50.8%
2018	8,121	4,021	49.5%
2019	8,383	4,065	48.5%
2020	8,264	3,791	45.9%
2021	8,398	3,814	45.4%
2022	8,536	3,802	44.5%
2023	8,157	3,523	43.2%
2024	4,764	2,024	42.5%

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

표 6. 연도별 연평균 85dB 이상 소음 노출 사업장 수

연도	전체 측정 사업장 수	연평균 85dB 이상 소음 측정 사업장 수	비율 (%)
2012	5,078	1,133	22.30%
2013	5,801	1,298	22.40%
2014	7,577	1,567	20.70%
2015	7,677	1,562	20.30%
2016	7,745	1,517	19.60%
2017	7,956	1,449	18.20%
2018	8,121	1,408	17.30%
2019	8,383	1,398	16.70%
2020	8,264	1,246	15.10%
2021	8,398	1,220	14.50%
2022	8,536	1,225	14.40%
2023	8,157	1,162	14.20%
2024	4,764	1,024	21.50%

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4.1.3. 결론

연도별 사업장 단위의 85dB 이상의 소음 노출 추이를 분석한 결과, 85dB 이상의 소음이 단 한 차례라도 측정된 사업장 수는 2012 년 2,671 개에서 2019 년 4,065 개로 꾸준히 증가하였으며, 이후 2020 년부터 감소세를 보이다가 2024 년에는 2,024 개로 줄어들었다. 이는 85dB 이상의 소음 노출이 관측된 사업장의 수 자체는 일정 기간 동안 증가하다가 최근 들어 다소 완화되는 경향을 보였음을 시사한다.

반면, 보다 보수적인 기준인 연도별 평균 측정값이 85dB 이상인 고위험 사업장의 수는 2014~2015 년을 정점으로 이후 지속적으로 감소하였다(2014 년 1,567 개 → 2024 년 1,024 개). 이러한 결과는 일시적 85dB 이상의 소음 노출 사업장은 여전히 많지만, 평균적으로 높은 수준의 소음에 지속 노출되는 사업장은 점차 줄어들고 있음을 보여준다.

결과적으로, 전체 85dB 이상의 소음 노출 사업장의 수와 고위험 사업장의 수 간의 격차가 점차 벌어지는 양상은, 일부 사업장에서 소음 수준이 완화된 반면, 여전히 85dB 이상의 소음 환경이 반복적으로 발생하는 취약 사업장이 존재함을 의미한다고 볼 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4.2. 12 개 연도에서 지속적으로 소음이 측정된 사업장

3.4.2.1. 배경

85dB 이상의 소음 노출이 단기적 또는 일시적인 현상인지, 또는 장기적으로 반복 및 지속되는 양상인지를 구분하기 위해, 2012~2024 년 중 12 개 연도에서 지속적으로 85dB 이상의 소음이 관측된 사업장을 식별하고, 그 특성을 분석하였다.

먼저, 2012 년부터 2024 년까지의 전체 분석 기간 중, 총 12 개 연도에서 85dB 이상의 소음이 한 차례 이상 측정된 사업장을 추출하여, 장기적 85dB 이상의 소음 노출이 반복적으로 발생한 사업장의 수와 분포 특성을 분석하였다.

또한, 보다 명확한 고위험 사업장 분류를 위해, 해당 기간 동안 측정된 모든 소음 값의 평균이 85dB 이상인 사업장의 수와 분포 특성을 분석하였다. 기존의 소음 분석이 개별 측정값 수준에서 이루어졌던 것과 달리, 본 절에서는 사업장을 분석 단위로 설정하고, 각 연도별로 85dB 이상의 소음이 측정된 사업장의 분포와 변화 양상을 파악하고자 하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4.2.2. 측정 결과

2012 년부터 2024 년까지의 분석 기간 동안, 매 연도에 85dB 이상의 소음이 한 차례 이상 측정된 사업장 수는 총 966 개로 확인되었다. 이는 해당 기간 동안 지속적으로 85dB 이상의 소음 노출이 발생한 사업장이 전국적으로 상당수 존재했음을 시사한다.

표 7. 12년간 지속적으로 85dB 이상 소음이 측정된 사업장 수 및 관련 업종

순위	업종	사업장 수
1	제조업	880
2	건설업	10
3	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	4
4	도매 및 소매업	3
5	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	2
6	광업	2
7	농업, 임업 및 어업	2
8	운수 및 창고업	2
9	전문, 과학 및 기술 서비스업	2
10	정보통신업	2

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

해당 사업장들을 업종 기준으로 분류한 결과, 제조업이 966 개 중 880 개(91.1%)로 압도적인 비중을 차지하였으며, 그 외 업종들은 건설업, 폐기물 처리업, 도매 및 소매업 등으로 매우 적은 수에 그쳤다.

이러한 결과는 85dB 이상의 소음 노출이 제조업과 같이 특정 산업에 집중되어 있음을 보여주는 정량적 근거로 해석될 수 있다.

표 8. 12년 연속 85dB 이상 소음 노출 제조업 사업장의 세부 업종 정보

순위	업종	사업장 수
1	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	204
2	자동차 및 트레일러 제조업	173
3	섬유제품 제조업; 의복 제외	77
4	기타 기계 및 장비 제조업	76
5	1 차 금속 제조업	71
6	고무 및 플라스틱제품 제조업	48
7	비금속 광물제품 제조업	46
8	전기장비 제조업	33
9	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	28
10	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	25

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이에 따라, 제조업에 해당하는 사업장을 대상으로 세부 업종(중분류)을 기준으로 85dB 이상의 소음 발생 분포를 추가 분석한 결과, '금속 가공제품 제조업(기계 및 가구 제외)'이 가장 높은 빈도를 보였으며, 그 뒤를 이어 '자동차 및 트레일러 제조업', '섬유제품 제조업(의복 제외)', '기타 기계 및 장비 제조업' 등이 상위에 포함되었다.

추가로 2012 년부터 2024 년까지의 전체 분석 기간 동안, 각 연도별로 평균 소음 값이 85dB 이상인 사업장을 대상으로 누적 분석한 결과 총 410 개 사업장이 확인되었다. 이는 장기간에 걸쳐 일시적인 85dB 이상의 소음이 아닌, 구조적으로 높은 소음 환경이 반복된 사업장이 일정 규모 이상 존재함을 시사하는 결과이다.

표 9. 12 년 평균 85dB 이상 소음 노출 사업장 수 및 관련 업종

순위	업종	사업장 수
1	제조업	383
2	도매 및 소매업	3
3	건설업	2
4	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	2
5	공공 행정, 국방 및 사회보장 행정	1
6	전기, 가스, 증기 및 공기 조절 공급업	1
7	전문, 과학 및 기술 서비스업	1
8	정보통신업	1

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이들 사업장을 업종 분류 기준으로 집계한 결과, 전체의 93.4%에 해당하는 383개 사업장이 제조업에 속하는 것으로 나타났으며, 그 외 도매 및 소매업, 건설업, 수도·하수 및 폐기물 처리업 등은 소수에 그쳤다. 이는 장기적 85dB 이상의 소음 노출 문제가 제조업과 같이 특정 산업에 집중되어 있음을 보여주는 정량적 지표로 해석된다.

표 10. 12년 평균 85dB 이상 소음 노출 제조업 사업장의 세부 업종 정보

순위	업종	사업장 수
1	금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외	93
2	자동차 및 트레일러 제조업	78
3	섬유제품 제조업; 의복 제외	53
4	1차 금속 제조업	32
5	기타 기계 및 장비 제조업	24
6	비금속 광물제품 제조업	23
7	목재 및 나무제품 제조업; 가구 제외	19
8	화학 물질 및 화학제품 제조업; 의약품 제외	14
9	펄프, 종이 및 종이제품 제조업	11
10	고무 및 플라스틱제품 제조업	10

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

이에 따라, 제조업 내 사업장을 대상으로 세부 업종(중분류)을 기준으로 분석한 결과, ‘금속 가공제품 제조업; 기계 및 가구 제외’가 가장 높은 비중을 차지하였고, ‘자동차 및 트레일러 제조업’, ‘섬유제품 제조업; 의복 제외’, ‘1 차 금속 제조업’ 등의 순으로 나타났다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

3.4.2.3. 결론

12 년간 85dB 이상의 지속적으로 측정된 사업장은 총 966 개로 확인되었으며, 이 중 제조업이 전체의 91.1%를 차지하는 등 85dB 이상의 소음 노출이 특정 산업군에 구조적으로 집중되어 있는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 세부 업종 분석 결과에서도 ‘금속 가공제품 제조업’, ‘자동차 및 트레일러 제조업’, ‘섬유제품 제조업’ 등이 지속적 85dB 이상의 소음 노출의 핵심 산업군으로 반복적으로 확인되었다.

한편, 평균 소음 값이 12 년간 지속적으로 85dB 이상인 사업장만을 대상으로 한 보다 보수적인 기준에서도 총 410 개 사업장이 식별되었으며, 이 중 93.4%가 제조업에 속하는 것으로 나타났다. 이는 단순히 일시적인 85dB 이상의 소음 발생이 아닌, 장기적으로 높은 수준의 소음에 반복적으로 노출되는 사업장이 산업 전반에 일정 비율 존재함을 보여주는 지표이다.

결과적으로, 85dB 이상의 소음 노출이 특정 업종 내 일부 사업장에 집중되며, 이들 사업장이 장기적이고 구조적인 고위험 사업장으로 기능하고 있다는 사실이 실증적으로 확인되었다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅳ. 고찰

가. 고찰

본 연구는 2012 년부터 2024 년까지 12 년간 연속적으로 소음 작업환경측정이 이루어진 전국 5,081 개 사업장을 분석함으로써, 85dB 이상의 소음 노출이 단기적 현상이 아닌 구조적이고 반복적인 양상으로 존재하는지를 실증적으로 검토하였다. 기존 연구들이 단일 연도 또는 특정 산업군에 한정된 자료를 바탕으로 85dB 이상의 소음 노출 특성을 파악한 것과 달리, 본 연구는 장기 시계열 데이터를 바탕으로 한 전국 단위의 연속 측정 자료를 활용함으로써, 노출의 반복성과 집중성을 입체적으로 분석할 수 있었다는 점에서 의미가 크다.

연구 결과, 85dB 이상의 소음 노출은 산업 전반에 걸쳐 존재하고 있었으며, 특히 제조업에서 그 노출 수준이 가장 높고 반복적으로 측정되는 특성이 나타났다. 금속 가공, 자동차 제조, 섬유제품 제조업 등 일부 업종에서는 전체 기간에 걸쳐 85dB 이상의 소음이 지속적으로 측정되었고, 이는 85dB 이상의 소음 노출이 특정 산업에 구조적으로 내재되어 있음을 시사한다. 또한 ‘기타’, ‘프레스’, ‘사상’, ‘조립’과 같은 공정군에서 110dB 에 달하는 매우 높은 수준의 소음이 반복적으로 확인된 바, 이는 단순히 일부 설비의 문제가 아니라 공정 단위 전체의 구조적 소음관리 부재를 보여준다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

소음 노출 분포의 비대칭성과 불균형성도 중요한 결과로 도출되었다. 특히 IQR(사분위범위)의 증가 양상은 전체 평균값이 완화되는 추세와는 별도로, 일부 사업장에서 85dB 이상의 소음이 오히려 악화되고 있음을 반영하며, 이는 소수의 고위험 사업장이 전체 통계를 왜곡하고 있을 가능성을 뒷받침한다. 이러한 비균질적 구조는 단일 연도 평균값 또는 기준 초과율 중심의 정책평가가 실제 노출 실태를 과소평가할 수 있음을 경고하며, 분포 기반의 지표와 반복 노출에 대한 이력 기반 분석이 병행되어야 함을 강조한다.

사업장 규모별로는, 대규모 사업장에서 85dB 이상의 소음 비율이 높음에도 불구하고 분석기간 후반부로 갈수록 개선되는 추세가 확인되었다. 이는 법적 규제 이행 역량과 재정적·기술적 자원이 풍부한 대규모 사업장이 청력보존 프로그램, 소음 차단 설비 등 구조적 개선을 시행한 결과로 해석할 수 있다. 반면, 5~49 인 미만의 소규모 사업장은 85dB 이상의 소음 노출 비율 자체는 낮지만, 변화 추세가 정체되어 있었으며, 이는 구조적 사각지대에 해당하는 계층으로 기능하고 있음을 시사한다. 특히 해당 집단은 전체 사업장의 대부분을 차지하고 있다는 점에서, 소음 노출의 총량 감소에는 기여하지 못하더라도, 근로자 개별 수준에서는 청력손실 등 건강영향 위험이 상당할 수 있어 적극적인 정책介入이 요구된다.

또한 본 연구에서는 연도별로 평균 소음값이 85dB 이상인 사업장 수와, 단 1 회라도 85dB 이상이 측정된 사업장 수 간의 격차가 점차 확대되는 현상을 포착하였다. 이는 정책 개입이 일부 사업장에는 효과적으로 작동했지만, 다른 일부

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

사업장에서는 85dB 이상의 소음 환경이 여전히 반복되고 있음을 시사하며, 85dB 이상의 소음 노출의 "집중화" 경향이 강화되고 있는 구조적 특성을 보여준다. 특히 12 년간 반복적으로 85dB 이상의 소음이 측정된 966 개 사업장 중 91.1%가 제조업에 해당했다는 점은, 고위험군에 대한 추적 관리 체계의 필요성을 강하게 뒷받침하는 결과이다.

본 연구는 단순한 평균값 중심의 기술통계에 머물지 않고, 중앙값, 사분위수, 반복 노출 여부, 시계열 흐름 등을 종합적으로 해석함으로써, 기존 노출 관리체계의 한계를 보완하고 정책의 정밀도를 높이기 위한 기초자료로서 활용 가능성을 제시하였다. 특히 85dB 이상의 소음 노출은 건강영향과 직결되는 위험요인임에도 불구하고, 현재까지는 고정적 기준 초과 여부 중심으로 관리되고 있어, 실제 근로자 개인의 청력 보호에는 한계가 있었다. 이에 본 연구는 소음 노출 관리의 방향이 "정량적 기준 충족"을 넘어서, "구조적 노출 집중 해소"와 "반복 노출군의 선별 관리"로 나아가야 함을 강조하고 있다. 이에 본 연구는 85dB 이상의 소음 노출 관리의 실효성 제고를 위해, 평균 중심의 단편적 분석을 보완하고, 노출 이력과 구조적 고위험군에 주목하는 정밀한 관리 방향의 필요성을 제안하는 기초자료로 활용될 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

나. 제한점

첫째, 분석 대상이 12년간 연속적으로 측정된 사업장에 한정되어 있어, 최근에 신설된 산업군이나 소규모 신규 사업장은 분석에서 제외되었으며, 이에 따라 결과의 일반화 가능성에는 한계가 존재한다.

둘째, 정규성 검정 결과에 따른 검정 방법의 선택 과정이 충분히 기술되지 않아 통계 분석의 타당성 해석에 일부 제약이 있다.

셋째, 업종·공정·규모 등 다중 그룹 간 비교에 있어 다중 비교 보정(multiple comparison correction)이 이루어지지 않아, 유의확률 해석 시 오류 가능성이 존재한다.

넷째, 시계열 분석은 시각화 중심으로 이루어졌으며, 변화의 통계적 유의성을 계량적으로 검증하기 위한 일반화 가법모형(GAM)이나 segmented regression과 같은 고급 분석 기법은 적용되지 않았다. 이에 따라 추세 분석의 해석력은 제한적일 수 있다.

다섯째, 소음은 로그 단위인 데시벨(dB)로 측정되므로, 산술평균을 적용하는 경우 물리적 정확도에 일정 부분 한계가 존재한다. 그러나 본 연구에서는 측정기관이 Leq(에너지 등가 소음레벨)으로 이미 통합한 값을 제공하고 있어, 추세 파악 및 비교

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

목적의 평균 분석에는 제한적으로 활용 가능한 것으로 판단하였다. 이를 보완하기 위해 중앙값(median), 사분위수(IQR) 등 평균 외의 기술통계 지표를 병행하여 제시하였다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Ⅴ. 결론

본 연구는 2012 년부터 2024 년까지 12 년간 연속적으로 소음 작업환경측정이 수행된 5,081 개 사업장을 대상으로, 85dB 이상의 소음 노출의 장기적 변화 양상과 구조적 집중 특성을 다각적으로 분석하였다. 이는 단일 시점이나 제한된 업종을 중심으로 한 기존 연구들과 달리, 전국 단위에서 연속성이 확보된 장기 데이터를 기반으로 85dB 이상의 소음 노출의 실태를 정량적으로 검토한 드문 사례이며, 작업환경측정자료를 활용한 정책 실증 연구의 모범적 접근으로 평가할 수 있다.

연구 결과, 85dB 이상의 소음 노출은 산업 전반에 걸쳐 일정 수준 이상 존재하고 있으며, 특히 제조업에서 반복적이고 고착화된 양상이 뚜렷하게 확인되었다. 금속 가공, 자동차 제조, 섬유제품 제조 등 일부 업종에서는 12 년간 지속적으로 85dB 이상의 소음이 측정되었고, 이는 평균 소음 수치로는 포착되지 않는 구조적 고위험군의 존재를 시사한다. 또한, 사분위범위(IQR)의 변화 추세를 통해 소음 노출의 불균형이 오히려 심화되고 있는 경향도 관찰되었으며, 이는 전체 평균값이 낮아졌다고 하더라도 일부 사업장 또는 공정에서는 노출 환경이 오히려 악화되고 있을 가능성을 의미한다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

사업장 규모별로는 대규모 사업장에서 점진적인 소음 저감 효과가 관찰된 반면, 5~49인 미만의 소규모 사업장에서는 85dB 이상의 소음 비율이 낮음에도 불구하고 정체된 수준을 유지하고 있어, 자율 개선이 어려운 구조적 사각지대의 존재를 보여준다. 특히, 이러한 소규모 사업장은 산업 전반에서 높은 비중을 차지함에도 불구하고, 제도적 개입의 사각지대에 놓여 있는 경우가 많아 정책적 관심이 요구된다.

아울러 단일 연도 내 85dB 이상이 한 차례라도 측정된 사업장 수와 해당 연도의 평균 소음값이 85dB 이상인 사업장 수 간의 격차가 해마다 확대되고 있는 점은, 단순한 평균 중심의 지표만으로는 고위험 사업장을 식별하는 데 한계가 있음을 보여준다. 따라서 향후에는 단순 수치가 아닌 노출의 반복성, 시간적 지속성, 분포의 왜곡 정도 등을 고려한 다차원적 지표 개발이 필요하다.

이와 같은 결과는 85dB 이상의 소음 노출 관리정책이 평균 노출 저감에만 초점을 맞출 것이 아니라, 특정 업종·공정·사업장군에 대한 **표적형 개입(Targeted intervention)**을 병행해야 실질적인 개선 효과를 도출할 수 있음을 시사한다. 구체적으로는, 반복적으로 85dB 이상의 소음이 측정된 사업장에 대해 노출 이력 기반의 추적관리 체계, 정기적 개선계획 제출 의무화, 소음 저감시설 설치 지원, 순회 기술지도 프로그램 도입 등이 고려될 수 있다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

또한, 작업환경측정 결과는 산업안전보건공단이 수집·축적해온 고정밀 국가 데이터로, 정책 수립과 자원 배분에 있어 중요한 근거자료로 활용될 수 있다. 단순 보고 의무를 넘어, 다년도 누적 자료를 기반으로 한 구조적 위험 추적 체계를 제도화하고, 정책 수립에 있어 데이터 기반 의사결정(Data-driven policy-making)을 실현하기 위한 기반 인프라 구축이 필요하다.

향후 연구에서는 시계열 분석 기법(GAM, segmented regression 등)을 통해 정책 변화 시점과 소음 노출 변화 간의 인과적 연관성을 보다 정밀하게 검증하고, 작업환경측정 결과와 특수건강진단(청력 손실 등), 산업재해 발생 데이터 등을 연계한 노출-건강 영향 분석이 병행되어야 한다. 나아가 업종이나 공정 분류 정확도를 높이기 위해 텍스트 마이닝 기반의 자동 분류기법, 85dB 이상의 소음 사업장에 대한 군집(클러스터링) 분석 및 공간 분석 등을 통해 산업별·지역별 불균형 문제를 보다 세밀하게 규명할 필요도 있다.

결론적으로, 본 연구는 평균값 중심의 단편적 분석에서 벗어나, 반복성·불균형성·집중성을 고려한 입체적 분석을 통해 85dB 이상의 소음 노출 관리의 실효성 강화를 위한 정책적 방향성을 제시하였다. 이러한 접근은 향후 85dB 이상의 소음 노출 관리를 넘어, 유해요인 전반에 대한 구조적 위험 기반 접근(Risk-based approach)의 출발점으로 확장될 수 있을 것이다.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

참고 문헌

근로복지공단. 소음성 난청 업무처리기준. 서울: 근로복지공단; 2021.

한국산업안전보건공단. 특수건강진단 직업병의 요관찰자 및 유소견자 통계. 울산: 한국산업안전보건공단; 2021.

고용노동부. 작업장 소음관리 및 청력보존프로그램 지침. 세종: 고용노동부; 2022.

고용노동부. 산업안전보건법 시행규칙. 제정 2003 년 3 월 27 일, 일부개정 2024 년 2 월 2 일. 세종: 고용노동부; [인용 2025 년 6 월 8 일].

김규상, 이재형, 박대현, 정소희. 전국 사업장 작업환경측정자료 기반 소음 노출 실태 분석. 산업보건연구 2020;30(1):17-26.

김민경, 유소미, 박찬희, 이수현. 조선업 근로자의 연속 소음 측정과 점 측정 비교. 국제환경보건학회지 2021;27(3):54-62.

김진우, 최은영, 배규태, 이현영. 소방공무원의 소음 노출 특성과 고주파 청력 손실 위험 분석. 대한직업환경의학회지 2024;36(1):22-31.

정윤주, 이나래, 홍서윤, 박민찬. 제조업 종사자의 소음 노출과 업무 스트레스의 상관관계. 산업안전보건연구 2024;33(1):45-53.

World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2018.

Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. Lancet 2014;383(9925):1325-32.

Bolm-Audorff U, Weschenfelder J, Monser M, Brüning T, Petru R, Hoffmann W. Occupational noise and ischemic heart disease: a systematic review and meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health 2020;93(6):799-821.

Choi Y, Harris B, Nelson P, Zhou L. Impact of ‘Buy Quiet’ programs on noise exposure levels in North American industries. J Occup Environ Hyg 2022;19(4):204-13.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

=ABSTRACT=

Long-Term Analysis of Occupational Noise Exposure Characteristics Based on Workplace Environmental Monitoring Data

Kyuyoung Choi

Graduate School of Public Health,
Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

(Directed by professor Jin Ha Yoon, Ph.D.)

Background and Objectives

Noise is one of the most common occupational hazards globally, and in Korea, noise-induced hearing loss accounts for approximately 99% of all cases classified as occupational diseases (D1) (KOSHA, 2021). Although legal measures such as hearing conservation programs, provision of personal protective equipment (PPE), and work hour limitations are stipulated by the Occupational Safety and Health Act, their effectiveness remains under-evaluated (MoEL, 2021). According to NIOSH, about 53% of noise-exposed workers do not consistently wear PPE (Masterson et al., 2016), and this compliance gap is more pronounced in small-scale workplaces. Furthermore, the current workplace environmental monitoring system in Korea adopts a point-in-time measurement approach. If a business records noise exposure below 85 dB at any given time, it is exempt from measurement the following year (OSHA Enforcement Rule, Article 190(2), 2025), thereby limiting its ability to capture chronic or repetitive exposure patterns.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

This study aims to address these limitations by analyzing long-term noise exposure characteristics. Specifically, it targets 5,081 workplaces where noise measurements were continuously conducted for 12 consecutive years between 2012 and 2024. The study investigates the distribution, persistence, and intensity of high noise exposure by industry type, process, and workplace size to identify high-risk groups and inform more effective noise control policies.

Methods

The study utilized national workplace environmental measurement data collected under Article 188 of the Enforcement Rules of the Occupational Safety and Health Act. The analysis included only workplaces with valid noise measurement data between 50 dB and 110 dB, continuously recorded for 12 years. To assess noise distribution and variability, the study employed a range of metrics including averages, medians, interquartile ranges (IQR), and upper/lower quartiles. Exposure levels were categorized into six intervals based on the Korean legal standard of 85 dB (i.e., 85, 90, 95, 100, 105, 110 dB).

Additional stratification was performed by industry classification, work process, and workforce size. The study design is further supported by previous research showing that full-day noise measurements in shipbuilding reported exposures 1.3 dB higher than point-in-time methods (Kim et al., 2021), emphasizing the importance of continuous monitoring.

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

Results

While mean and median values by industry remained below 85 dB in most years, the upper quartile (Q3) exceeded this threshold, and the IQR widened from 6.5 dB in 2012 to 10.4 dB in 2024, indicating growing noise exposure disparity across workplaces. As stricter noise thresholds were applied, fewer industries met the high-exposure criteria, but the manufacturing sector consistently exhibited the highest proportion of high-noise exposure across all intervals.

Similar trends were observed by work process, with processes such as grinding, assembly, and press-forming showing exposure above 110 dB. Large-scale workplaces (300+ employees) exhibited higher exposure levels that gradually decreased over time, while small-scale businesses (fewer than 50 employees) maintained consistently low but stagnant exposure levels.

At the individual workplace level, the number of workplaces with at least one measurement above 85 dB declined after 2020, and the number of those with annual mean exposure exceeding 85 dB began decreasing from 2014 onward. However, the gap between these two groups widened, suggesting a bifurcation: some workplaces are improving, while others remain chronically exposed.

Of the 5,081 workplaces, 966 recorded high noise levels in all 12 years, with 91.1% of them in the manufacturing sector. Additionally, 410 of them had average

연세대학교
YONSEI UNIVERSITY

exposure levels above 85 dB, primarily in the fabricated metal, automotive, and textile manufacturing industries.

Conclusion

By analyzing continuous exposure data over 12 years, this study addresses the limitations of snapshot-based monitoring systems and provides a comprehensive understanding of structural and persistent noise exposure in Korean workplaces. The findings confirm that high noise exposure is concentrated in specific industries, processes, and larger workplaces, while small-scale businesses, though generally lower in exposure, remain outside the scope of active noise management.

This research provides empirical evidence for targeted intervention strategies, including enhanced hearing conservation programs and prioritized deployment of noise control resources. It also highlights the necessity of strengthening regulatory monitoring for under-managed workplaces.

Future studies should integrate noise exposure data with occupational disease statistics and health screening results to evaluate health impacts more holistically and to develop long-term surveillance systems for high-risk sites.

Key words: Noise exposure, workplace environmental monitoring, long-term trend, high-risk workplaces