

해저드리터러시 융합교육연구소

해저드리터러시 교육 프로그램

해저드 리터러시
융합 교육 연구소

우리학교는 어떻게 미세먼지에 대응해야 할까? NetLogo 시뮬레이션으로 알아보기



1. 수업 프로그램 설명

본 프로그램은 학생들이 미세먼지에 대한 지식을 이해하는 데 그치지 않고, NetLogo 시뮬레이션을 활용하여 다양한 미세먼지 대응방법의 효과를 탐구하고 실제 학교와 지역사회에 적절한 대응방안을 제안할 수 있도록 개발되었다. 학생들은 미세먼지 농도가 높은 상황을 설정한 후 실외활동 시간 줄이기, 마스크 착용, 실내활동 전환, 민감군 보호 등의 대응 조건을 변화시키면서 학생들의 평균 미세먼지 노출량과 고노출 학생 수가 어떻게 달라지는지 비교한다. 이를 통해 동일한 미세먼지 상황에서도 어떠한 대응을 선택하는가에 따라 학생들의 노출 위험이 달라질 수 있음을 탐구하도록 하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 단순히 확인하는 것에서 나아가, 평균 노출량과 고노출 학생 수를 근거로 각 대응방안의 효과를 평가하고 미세먼지에 민감한 학생에게 추가적인 보호가 필요한지 판단하도록 구성하였다. 학생들은 실제 학교 상황을 보다 잘 반영하기 위해 비, 창문 개방, 공기청정기 등의 새로운 변인을 제안하고 생성형 AI를 활용하여 시뮬레이션을 개선해보는 활동도 수행한다. 마지막으로 미세먼지 계절관리제와 같은 실제 대응 사례를 살펴본 후, 분석 결과를 바탕으로 학교 또는 지역사회에 적용할 수 있는 미세먼지 대응기준을 직접 제안하도록 하였다.

수업 대상	초등학교 4~6학년	교육 방법	강의, 토의
운영 장소	실내 교실	수업 시간	총 45분 (45분 × 1차시)
준비물	노트북		

2. 교육 프로그램 목표(해저드리터러시 연계)

① 시뮬레이션을 활용하여 다양한 미세먼지 대응방법의 효과를 비교할 수 있다

② 데이터를 근거로 우리 학교에 적절한 미세먼지 대응방안을 선택하고 설명할 수 있다.

③ 학교와 지역사회에 적용할 수 있는 미세먼지 대응기준을 제안할 수 있다.

목표	지식·이해		사고·기능					가치·태도			심리·정서			행동·실천		
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
목표①			O		O		O									
목표②				O	O		O							O		
목표③		O					O									O

3. 핵심 개념

· 미세먼지 노출과 위험

· 미세먼지 대응 및 예방

· 미세먼지 계절제

4. 프로그램 전개

활동의 전개	
도입	·미세먼지가 심한 날 학교생활에서 경험할 수 있는 위험 상황 떠올리기 ·미세먼지 농도가 같더라도 학교의 대응방법에 따라 학생들의 노출 정도가 달라질 수 있는지 예측하기
전개1	·NetLogo 시뮬레이션의 기본 구조와 조작 방법 이해하기 ·봄·겨울철 고농도 미세먼지 상황 설정하기 ·실외활동 시간, 마스크 착용, 실내활동 전환, 민감군 보호 조건 조작하기 ·평균 노출량과 고노출 학생 수를 기록하고 대응방법별 효과 비교하기 ·일반 학생과 민감군 학생에 대한 대응방법의 적절성 비교하기 ·실제 학교 상황을 반영할 수 있는 변인을 제안하고 시뮬레이션 개선하기
전개2	·미세먼지 계절관리제 등 실제 대응 사례 살펴보기 ·시뮬레이션 결과를 근거로 우리 학교에 적절한 대응방법 선정하기 ·대응 대상, 방법, 필요성 등을 고려하여 학교 또는 지역사회의 미세먼지 대응기준 제안하기
정리	·시뮬레이션을 통해 확인한 효과적인 미세먼지 대응방법 정리하기 ·실제 데이터와 과학적 근거를 바탕으로 대응방법을 판단하는 것이 중요한 이유 설명하기 ·미세먼지가 심한 날 개인·학교·지역사회 차원에서 실천할 수 있는 행동 성찰하기

5. 재해·재난 이해를 위한 이론적 배경과 활동 사례

미세먼지로 인한 위험은 단순히 대기 중 PM-10이나 PM-2.5의 농도만으로 결정되지 않으며, 노출 시간과 장소, 개인의 건강 상태, 학교의 대응방법 등 여러 조건이 함께 작용하여 실제 피해 정도를 결정한다. 따라서 미세먼지 재난을 이해하기 위해서는 '미세먼지 농도가 높다는 곧 위험하다'라는 단순한 관계를 넘어, 환경의 위험 수준과 개인의 노출, 취약성, 대응 행동이 서로 어떻게 연결되는지를 종합적으로 살펴볼 필요가 있다. 특히 학생들은 하루 중 상당한 시간을 학교에서 보내기 때문에 실외활동 운영, 마스크 착용, 실내활동 전환과 같은 학교의 대응이 실제 노출 위험을 줄이는 중요한 요인이 될 수 있다. 또한 천식, 알레르기, 호흡기 및 심혈관 질환 등을 가진 학생은 동일한 미세먼지 상황에서도 더 세심한 보호가 요구되므로, 재난 대응에서는 모든 사람에게 동일한 조치를 적용하는 것뿐 아니라 취약집단의 특성을 고려한 대응도 중요하다. 학습지에서도 민감군을 별도로 제시하고 추가 보호 조치의 필요성을 판단하도록 구성하고 있다.

이를 학습하기 위해 본 프로그램에서는 행위자 기반 모델링(Agent-Based Modeling, ABM) 환경인 NetLogo를 활용한다. NetLogo에서는 사람과 같은 개별 행위자에게 행동 규칙을 부여하고 조건을 변화시키면서 전체적인 결과가 어떻게 달라지는지 탐구할 수 있다. 본 활동에서는 학생들이 학교 안과 운동장에 위치하며 시간에 따라 미세먼지 노출량이 누적되는 상황을 모형화하고, 학교의 대응 조건을 조작하여 결과 변화를 살펴본다. 학생들은 하나의 지표만으로 효과를 판단하지 않고 평균 노출량과 고노출 학생 수라는 두 가지 결과를 함께 비교하여 적절한 대응방법을 판단한다. 이어 시뮬레이션이 실제 학교 상황을 완전히 재현할 수 없다는 점을 고려하여 비, 창문 개방, 공기청정기 등 추가할 변인을 직접 제안함으로써 모델의 한계와 개선 가능성을 탐색한다. 이러한 경험을 실제 미세먼지 계절관리제와 연결하여 학교와 지역사회 수준의 대응방안을 제안함으로써 데이터 분석을 실제 재난 대응 의사결정으로 확장하도록 구성하였다.



그림1. 미세먼지 NetLogo 시뮬레이션

6. 지도상 유의점

시뮬레이션 결과를 실제 상황의 절대적인 예측값으로 받아들이지 않도록 지도하고, 시뮬레이션은 실제 현상을 단순화하여 나타낸 모델임을 지속적으로 강조할 필요가 있다. 특정 대응방법의 평균 노출량이 가장 낮게 나타났다고 해서 그것이 모든 상황에서 항상 최선의 방법이라고 단정하기보다는 고노출 학생 수, 민감군 보호, 학교 환경과 실행 가능성 등 여러 기준을 함께 고려하도록 한다. 특히 학생들이 대응방법을 비교할 때 한 번에 여러 조건을 동시에 변화시키기보다 가능한 한 하나의 조건을 변화시켜 결과의 원인을 명확하게 비교하도록 지도한다. 또한 민감군 학생을 단순히 '약한 학생'으로 표현하지 않고 건강 상태에 따라 추가적 보호가 필요한 집단으로 설명하여 낙인이나 편견이 발생하지 않도록 유의한다. 생성형 AI를 활용해 모델을 수정하는 활동에서는 AI가 제시한 코드나 결과를 그대로 수용하기보다는 추가한 요소가 실제 학교 상황을 적절하게 나타내는지, 결과가 과학적으로 타당한지를 학생들이 검토하도록 지도하는 것이 중요하다.

7. 참고문헌

- 김가형, & 이현주. (2017). 지역사회연계 미세먼지 교육프로그램이 중학생들의 이슈에 대한 이해와 시민으로서의 인성과 가치관 함양에 미치는 효과. Journal of the Korean Association for Science Education, 37(6), 911-920.
- 김가형, & 이현주. (2017). 지역사회연계 과학이슈 교육프로그램 운영의 교육적 함의에 대한 운영 교사 및 강사, 지역 전문가의 인식 탐색. Journal of the Korean Association for Science Education, 37(3), 453-464.
- 한국환경공단. (n.d.). 에어코리아(AirKorea). Retrieved July 1, 2026, from https://www.airkorea.or.kr/web/

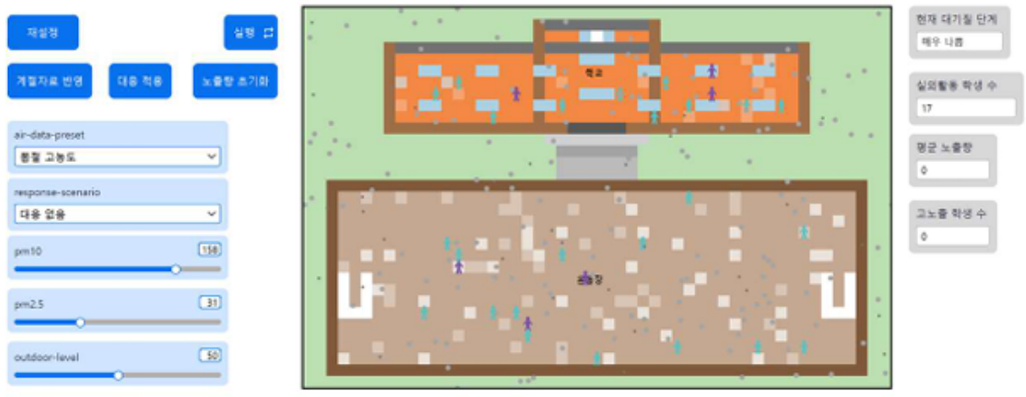
2차시: 우리 학교는 어떻게 대응해야 할까?

주제	우리 학교 미세먼지 대응 방안 설계
무엇을 배울까요?	① 시뮬레이션을 활용하여 다양한 미세먼지 대응 방법의 효과를 비교할 수 있다. ② 데이터를 근거로 우리 학교에 적절한 미세먼지 대응 방안을 선택하고 설명할 수 있다. ③ 학교와 지역사회에 적용할 수 있는 미세먼지 대응 기준을 제안할 수 있다.

1 시뮬레이션으로 미세먼지 재난 대응하기

- 제공된 NetLogo 시뮬레이션을 다운받아 학교의 대응 방법에 따라 학생들의 미세먼지 노출량이 어떻게 달라지는지 확인해 봅시다.

미세먼지가 있는 날, 학교의 대응 방법에 따라 학생들의 미세먼지 노출량이 어떻게 달라지는지 알아보는 시뮬레이션입니다. 학생들은 학교 안이나 운동장에 있을 수 있으며, 시간이 지날수록 미세먼지에 노출된 양이 쌓입니다. 학교 안에 있을 때보다 운동장에 있을 때 미세먼지에 더 많이 노출될 수 있습니다. 마스크 착용, 실내활동 전환, 민감군 학생 보호와 같은 대응 방법을 바꾸어 보며 어떤 방법이 학생들의 노출을 줄이는 데 도움이 되는지 살펴봅니다.



1) 미세먼지가 높은 상황(봄 혹은 겨울)에서 결과를 확인해 봅시다.

설정한 미세먼지 농도 (X)			시뮬레이션 결과 (Y)	
PM-10	㎍/㎥	→	평균 노출량	
PM-2.5	㎍/㎥		고노출 학생 수	

2) 학교의 대응 방법을 조작하며 결과를 비교해 봅시다.

대응 시나리오	어떻게 바꾸었나요?	결과 (평균 노출량)	결과 (고노출 학생 수)
실외활동 시간 줄이기	_____ → _____		
마스크 착용하기	대응 없음 → 마스크 착용		
실내활동으로 전환하기	실외활동 → 실내활동		
민감군 보호 조치 적용하기	적용 안 함 → 보호 적용		

3) 결과를 해석해 봅시다.
※ 미세먼지에 민감한 학생: 천식, 알레르기, 호흡기 질환, 심혈관 질환 등 기저질환이 있는 학생

3-1) 두 가지 결과(평균 노출량, 고노출 학생 수)를 함께 보았을 때 가장 효과적인 대응은 무엇이었나요?

3-3) 모든 학생에게 같은 대응을 적용하는 것과 미세먼지에 민감한 학생에게 추가 보호 조치를 적용하는 것 중 어떤 방식이 더 적절하다고 생각하나요?

3-4) 모델 개선 아이디어 내기
- 실제 학교 상황을 더 잘 나타내기 위해 이 시뮬레이션에 새로 추가하고 싶은 요소는 무엇인가요?
- 여러분이 제안한 아이디어를 생성형 AI(ChatGPT, Gemini)의 도움을 받아 NetLogo에 추가해 봅시다.

① 어떤 요소를 추가하고 싶나요? 예: 비, 교실 창문 열기, 공기청정기 설치 등	
② 이 요소를 어떻게 조작할까요?	☐ 켜기/끄기 버튼 ☐ 숫자를 조절하는 막대 ☐ 상황을 선택하는 메뉴 (예: '봄철 고농도' 선택) ☐ 기타:
③ 왜 이 요소를 추가해야 한다고 생각하나요?	

참고 NetLogo 시뮬레이션에 대해 알아보기

아래 링크에 접속한 후, 자신의 PC에 맞는 파일을 선택해 설치하면 됩니다. // 참고 자료 (뒤) // 읽을거리
▶ 다운로드 링크: https://www.netlogo.org/downloads/archive/7.0.2/

1) NetLogo는 무엇인가요?

- NetLogo는 실제 세상에서 일어나는 일을 컴퓨터 안에서 실험해 볼 수 있는 프로그램입니다.
- 여러 조건을 바꾸어 보며 어떤 결과가 나타나는지 확인하고, "이 조건에서는 어떤 일이 일어날까?"를 직접 탐구할 수 있습니다.

2) NetLogo에는 어떤 행위자가 있을까?

Observer	시뮬레이션 전체를 시작하고 관리하는 역할
Turtles	사람, 동물, 자동차 등 직접 움직이는 행위자
Patches	화면을 이루는 작은 바닥 칸으로, 숲·바다·도로 같은 환경

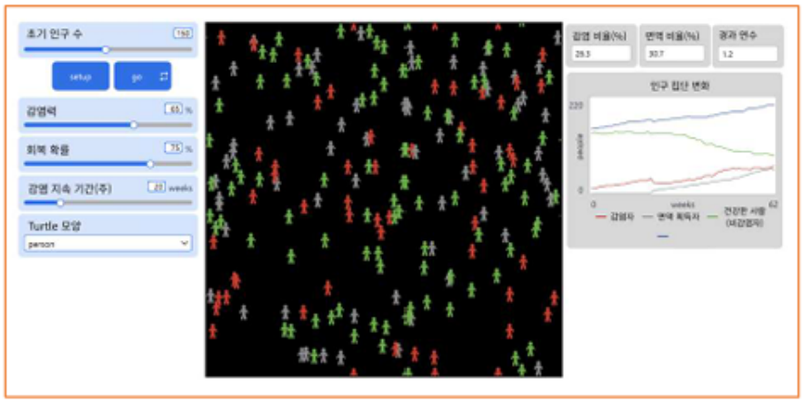
예시 1. 늑대와 양의 수

- 양과 늑대가 서로 영향을 주며 개체 수가 시간에 따라 어떻게 변하는지에 대한 시뮬레이션
- 다양한 조건을 바꾸며 개체 수 변화와 생태계의 균형을 탐구할 수 있습니다.



예시 2. 감염병 확산

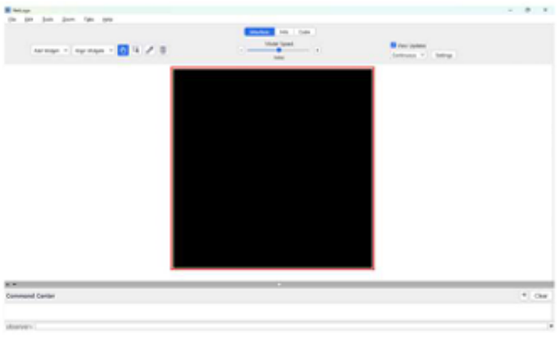
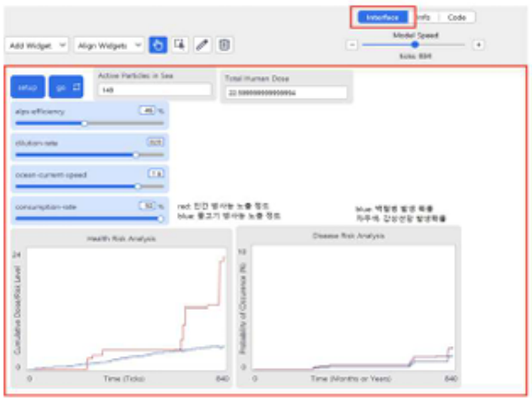
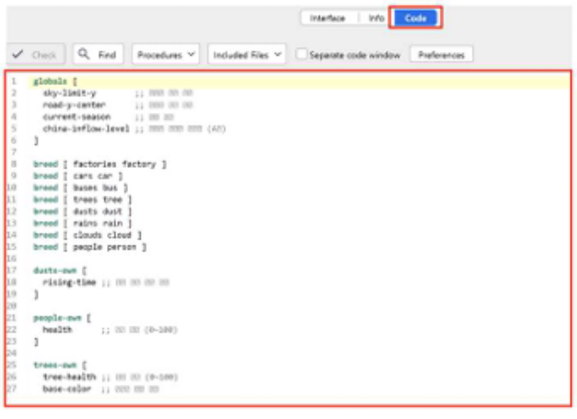
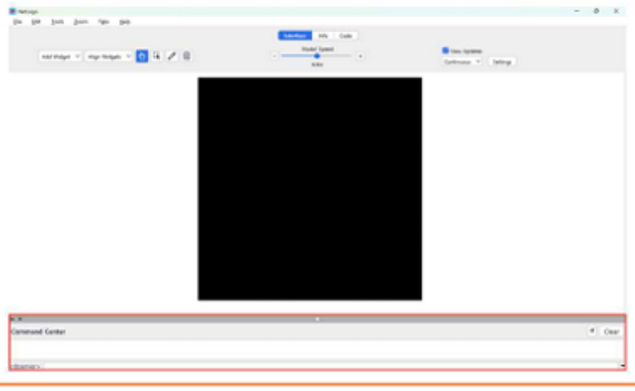
- 사람들 사이에서 감염병이 퍼지고 회복되는 과정에 대한 시뮬레이션
- 감염력, 회복 확률, 감염 기간 등을 바꾸며 감염병 확산 양상이 어떻게 달라지는지 탐구할 수 있습니다.



3) NetLogo는 어떤 원리로 작동할까?

- NetLogo에서는 사람, 동물, 자동차, 바이러스처럼 스스로 움직이거나 행동하는 대상을 행위자(Agent)라고 합니다.
- 각 행위자에게는 '이동하기', '먹이 먹기', '에너지 얻기'처럼 간단한 규칙을 정할 수 있습니다.
- 여러 행위자가 서로 영향을 주고받으면 다양한 결과가 나타나는데, 이를 행위자 기반 모델(Agent-Based Model)이라고 합니다.
- 슬라이더와 버튼으로 조건을 바꾸며 결과가 어떻게 달라지는지 탐구할 수 있습니다

4) NetLogo 화면은 어떻게 구성되어 있을까?

World : 행위자들이 움직이는 공간	
Interface : 버튼과 슬라이더를 이용해 시뮬레이션을 실행하고 조건을 바꾸는 화면	
Code : 행위자의 행동 규칙을 만드는 공간	
Command Center : 간단한 명령을 입력해 바로 실행해 보는 공간	

3 우리 학교 미세먼지 대응 기준 만들기

1) 미세먼지 계절관리제 알아보기

〈예시〉

5등급 차량 운행 제한 / 석탄화력 가동중단 / 도로 물청소 강화 / 민감·취약계층 이용시설 점검 / 저소득층과 옥외작업자 마스크 보급

미세먼지 계절관리제는 미세먼지 고농도 시기인 _____월부터 이듬해 _____월까지 평상시보다 강화된 미세먼지 저감 및 관리 정책을 시행하는 제도입니다.

2) 우리 학교 대응 기준 작성하기

- 학교 또는 지역사회에 제안하고 싶은 미세먼지 대응 방안을 한 가지 작성해 봅시다.

누구에게 제안하나요?	☐ 학교 ☐ 지역사회 ☐ 학생 ☐ 학부모
어떤 대응을 제안하나요?	
왜 필요하다고 생각하나요?	

4 수업 마무리

- 오늘 수업을 통해 새롭게 알게 된 점은 무엇인가요?

- 실제 대기질 데이터를 보고 판단하는 것이 왜 필요하다고 생각하나요?

- 앞으로 미세먼지가 심한 날 내가 실천할 수 있는 행동은 무엇인가요?