



Busan science high school

2023 Ocean ICT Festival

2023 BOIF

B
35

QR 코드 영역
QR 삽입 후
테두리 삭제

Youtube 영상 QR

후쿠시마 방사능 오염수가 우리나라 해양생태계에 미치는 영향

<해양방위대>
2505 강경인
2508 문성준

탐구동기

2011년 3월 11일 도호쿠 지방 태평양 해역 지진으로 인해 진도 7, 규모 9.0의 지진과 해일이 발생하면서 후쿠시마 제 1 원자력 발전소의 원자력 발전소 1~4호기에서 방사능이 누출되었다.

하지만, 12년이 지난 지금, 일본에서 **후쿠시마 방사능 오염수를 방류**하기로 결정하였는데, 방류에 대한 찬반논란이 다양하다. 그래서 이번 탐구를 통해 **바다에 오염수를 방류해도 우리 해양생태계가 안전할지**에 대해 탐구해보기로 하였다.

이론적 배경

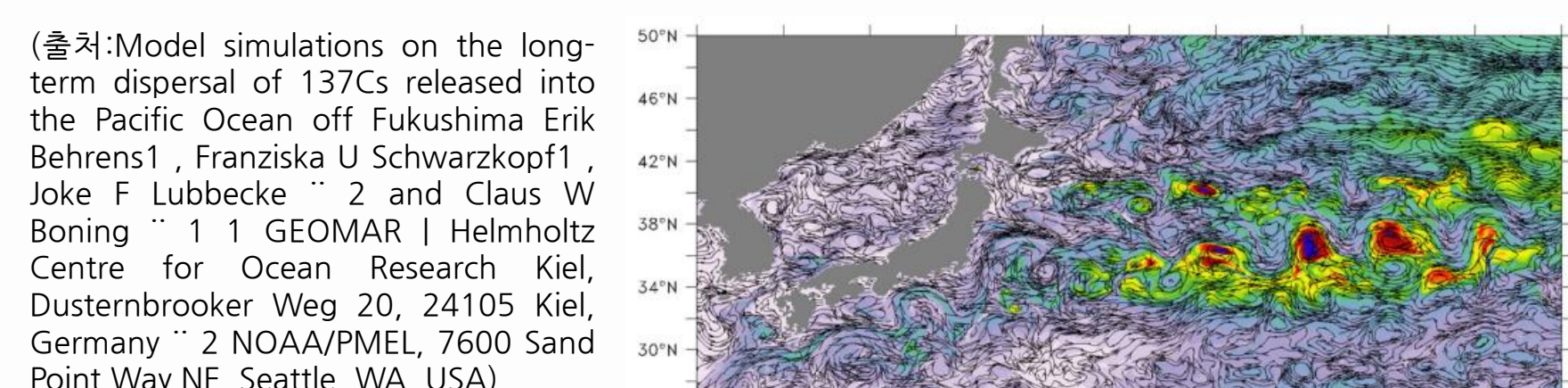
<식품 방사능 허용 기준치>

(출처: 고시 제 1989-19호, 1989.05.23 식품의약품안전처 방사능 오염 보고서 중)

방사능 핵종	가이드라인 (Bq/kg, L)
스트론튬 (⁸⁹ Sr)	100
삼중수소 (³ H)	10000
세슘 134 (¹³⁴ Cs)	370
세슘 137 (¹³⁷ Cs)	370

< 도달 시간 사전조사 >

Kiel, Germany Helmholtz Centre for Ocean Research의 모델링을 통해 **후쿠시마 오염수가 약 200일 후 제주도로 도착**한다는 결과를 확인하였다.



<시간에 따른 농도계산>

방사선 동위원소는 1차 반감기 속도를 따른다. 즉 일차 반감기 공식을 통해 시간에 따른 농도를 계산하였다.

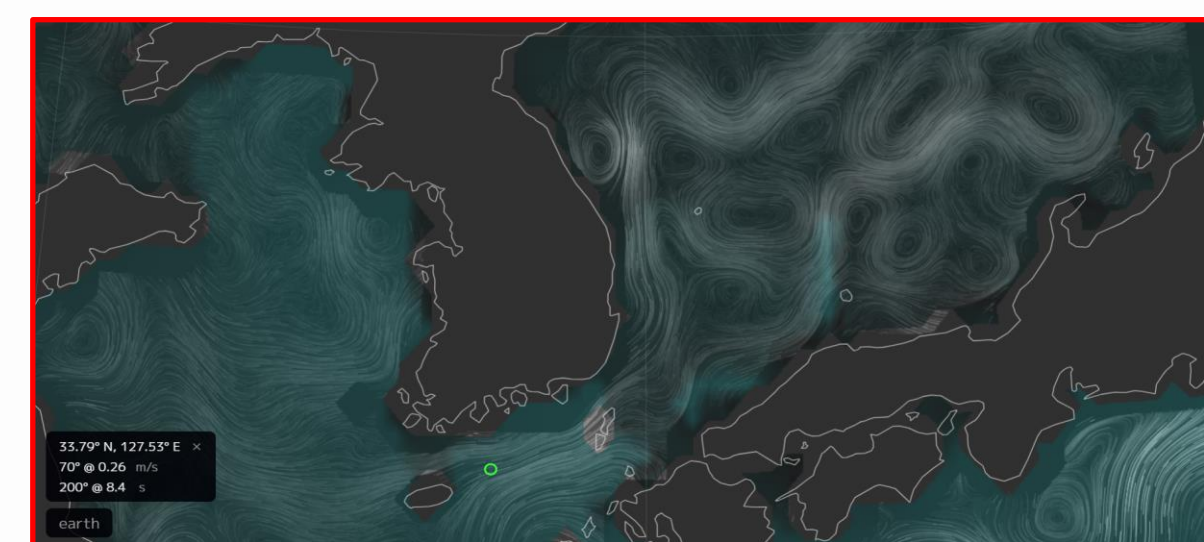
$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

$$\ln \frac{[A]_t}{[A]_0} = -k \cdot t$$

이동거리 구하기

지구는 평평한 면이 아니기에 두 점사이의 거리를 구할 때는 단순히 직선 거리 공식을 사용하면 안된다. 지구는 거의 구면을 띄고 있기에, 구면에서의 거리 공식을 사용할 수 있는 **하버사인 공식 (Haversine formula)**을 이용하여 두 점 사이의 거리를 구한뒤, earth.nullschool.net의 사이트를 이용하여 각 지점의 해류를 계산, 특히 동해구기저는 남해안을 타고 간 뒤 동해안을 따라 흘러가니 두 지점으로 나누어 계산해주었다. (거리m)/(해류m)(60m/s)(60h/m)(24d/h)로 계산해주면 각각 걸리는 시간을 알아낼 수 있다.

	대형선망	서남구중형기저	멸치어업	동해구기저 (남해)	동해구기저 (동해)
(위도,경도)	(33.2, 126.3)	(33.5, 127.2)	(33.8, 127.9)	(35.5, 130)	(37.6, 130)
평균 해류	0.21m/s	0.23m/s	0.19m/s	0.2m/s	0.32m/s
거리	90.01km	162.67km	319.14km	425.13km	233.51km
걸리는 시간	4.96일	8.18일	19.4일	24.6일	8.4일



```
import math

def haversine_distance(lat1, lon1, lat2, lon2):
    # 지구의 반지름 (단위: km)
    radius = 6371.0

    # 각도를 라디안으로 변환
    lat1_rad = math.radians(lat1)
    lon1_rad = math.radians(lon1)
    lat2_rad = math.radians(lat2)
    lon2_rad = math.radians(lon2)

    # 위도와 경도의 차이 계산
    d_lat = lat2_rad - lat1_rad
    d_lon = lon2_rad - lon1_rad

    # Haversine 공식 계산
    a = math.sin(d_lat / 2)**2 + math.cos(lat1_rad) * math.cos(lat2_rad) * math.sin(d_lon / 2)**2
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))

    # 두 지점 사이의 거리 계산
    distance = radius * c

    return distance

# 사용 예시
lat1 = float(input("첫 번째 지점의 위도를 입력하세요: "))
lon1 = float(input("첫 번째 지점의 경도를 입력하세요: "))
lat2 = float(input("두 번째 지점의 위도를 입력하세요: "))
lon2 = float(input("두 번째 지점의 경도를 입력하세요: "))

distance = haversine_distance(lat1, lon1, lat2, lon2)
print(f"두 지점 사이의 거리는 약 {distance:.2f}km 입니다.")
```

우리나라에 미치는 영향 시각화

```
import folium
from folium.plugins import CircleMarker

L= input('방류할 오염수 양을 입력하세요(L): ')
L = int(L)

def calculate_final_concentration(area):
    half_time = 28.7
    k_s = 0.0241
    first_s = 43
    half_time_h = 12
    k_h = 0.05
    first_h = 13000
    half_time_cs4 = 2
    k_cs4 = 0.345
    first_cs4 = 4.3
    half_time_cs7 = 30.1
    k_cs7 = 0.023
    first_cs7 = 4.3
    if area == '대형선망':
        time = 0.59533
    elif area == '서남구중형기저':
        time = 0.57085
    elif area == '멸치어업':
        time = 0.60108
    elif area == '동해구기저':
        time = 0.63955
    else:
        print('알려진 지역은 없습니다.')
        return None

    # 방류가 1시간에 일정한 비율로 감소
    final_concentration1 = (first_s * (2.71828)**(-k_s * time)) * L
    final_concentration2 = (first_h * (2.71828)**(-k_h * time)) * L
    final_concentration3 = (first_cs4 * (2.71828)**(-k_cs4 * time)) * L
    final_concentration4 = (first_cs7 * (2.71828)**(-k_cs7 * time)) * L

    # 방사능 양 계산하기
    if area == '대형선망':
        rad_s = final_concentration1
        rad_h = final_concentration2
        rad_cs4 = final_concentration3
        rad_cs7 = final_concentration4
        return rad_s, rad_h, rad_cs4, rad_cs7
    elif area == '서남구중형기저':
        rad_s = final_concentration1
        rad_h = final_concentration2
        rad_cs4 = final_concentration3
        rad_cs7 = final_concentration4
        return rad_s, rad_h, rad_cs4, rad_cs7
    elif area == '멸치어업':
        rad_s = final_concentration1
        rad_h = final_concentration2
        rad_cs4 = final_concentration3
        rad_cs7 = final_concentration4
        return rad_s, rad_h, rad_cs4, rad_cs7
    elif area == '동해구기저':
        rad_s = final_concentration1
        rad_h = final_concentration2
        rad_cs4 = final_concentration3
        rad_cs7 = final_concentration4
        return rad_s, rad_h, rad_cs4, rad_cs7

# 가장 입력한 area = input('대형선망, 서남구중형기저, 멸치어업, 동해구기저 중 원하는 어장을 입력하세요: ')

# 최종 농도 계산
result1, result2, result3, result4 = calculate_final_concentration(area)

if result1 is not None:
    print(f"지역의 스트론튬 농도는 {result1:.2f}배크를, 삼중수소 농도는 {result2:.2f}배크를, 세슘134 농도는 {result3:.2f}, 세슘137 농도는 {result4:.2f}배크를입니다.")

# 변수들을 지도나리틀 그룹화
rad_vars = []
for i in range(4):
    rad_vars.append((rad_s, result1, rad_h, result2, rad_cs4, result3, rad_cs7, result4))

# 대형선망: (rad_s, result1, rad_h, result2, rad_cs4, result3, rad_cs7, result4)
# 서남구중형기저: (rad_s, result1, rad_h, result2, rad_cs4, result3, rad_cs7, result4)
# 멸치어업: (rad_s, result1, rad_h, result2, rad_cs4, result3, rad_cs7, result4)
# 동해구기저: (rad_s, result1, rad_h, result2, rad_cs4, result3, rad_cs7, result4)
```

위에 코드를 통해 제주도부터 각 어장까지 해수가 이동하는데 걸리는 시간을 구하였다.

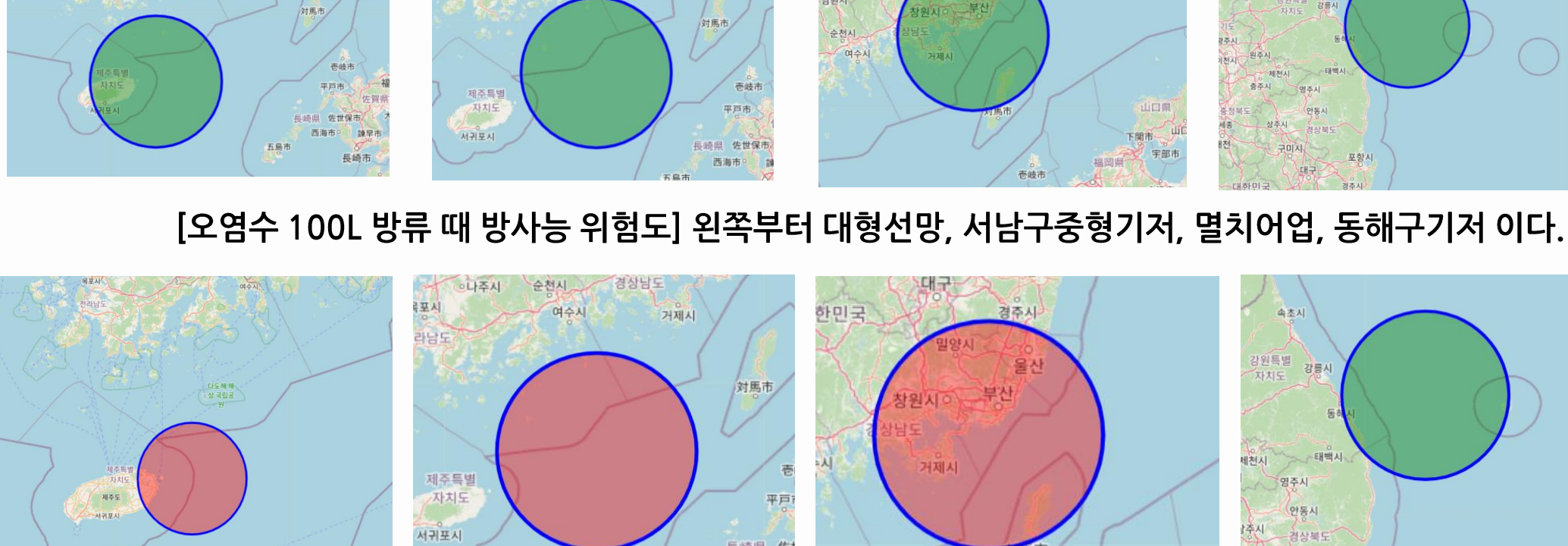
사용자가 원하는 어장을 입력하면 그 어장까지의 이동시간이 계산되고 이 값들을 반감기 공식을 활용하여 $\ln([A]/[A]_0) = -kt$ **스트론튬, 삼중수소, 세슘137,134의 나중 농도를 계산**하였다. 또한 방사능 물질의 양은 오염수의 양에 비례하므로 방류하는 오염수량을 입력하면 그에 비례하여 방사능 물질의 양이 나오도록 프로그래밍 하였다.

입력한 어장에서의 방사능 물질의 양이 계산되었다면 사용자는 **확인하고 싶은 방사능 물질을 입력**하면 된다. 그러면 사용자가 직관적으로 이해할 수 있도록 하기 위해서 입력한 방사선 동위원소의 농도가 기준치 이상이면 **빨간색**, 기준치 이하이면 **초록색**으로 어장의 위치와 함께 지도에 표시하도록 프로그래밍 하였다.



결과

[오염수 100L 방류 때 방사능 위험도] 왼쪽부터 대형선망, 서남구중형기저, 멸치어업, 동해구기저이다.



[오염수 105L 방류 때 방사능 위험도]

해석 및 느낀점

결과를 보면 105L가 방류 한계치라는 사실을 알 수 있다. 아무리 방사선 동위원소의 반감기가 짧아 하더라도 최소 몇 십년 이 걸리기 때문에 초반에 도착하는 경우는 **방사능 물질이 대부분 남아있다고 보아야 한다**. 또한 이 결과는 고작 100L를 방류 하였을 때의 결과이다. 하지만 후쿠시마 오염수는 일평균 170t씩 증가하고 지금은 120만톤이 보관되어있다. 즉 어떠한 방식으로 방류를 하여도 대한민국 해양생태계에 피해를 미칠 수 있다는 것은 사실이고 대한민국 해양생태계가 아닌 태평양의 해양생물은 큰 피해를 입을 것이다. 하지만 **변수 또한 존재한다**. 동해안으로 들어오는 방사능 오염수는 해류로 인하여 극히 일부만 도달할 수도 있다. 이번 오션ICT 활동을 통해 후쿠시마 방사능 오염수에 대한 한국 해양생태계에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 후쿠시마 오염수는 대한민국 해양생태계 또한 대한민국 국민들에게 피해를 끼칠 가능성이 존재함을 확인하였다. 비록 그 가능성이 작을지 몰라도 가능성이 존재한다는 사실만으로도 우리는 조심해야 할 것이고 철저하게 감시 및 확인해야 할 것이다.