

## 해역 방사능 농도 시뮬레이션에 대해서(제 5 보)

2011년 5월 24일  
문 부 과 학 성

### 1. 개요

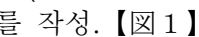
문부과학성은 2011년 3월 23일부터 후쿠시마 제 1 원자력발전소 앞바다 해역의 모니터링을 실시하고 있다. 이번에 수치해황예측시스템 JCOPE2(주)에 의한 후쿠시마 제 1 원자력발전소 앞바다의 방사능 농도 분포 시뮬레이션을 실시하였다.

본 시뮬레이션은 5월 19일 시점의 JCOPE2의 유속장을 바탕으로 문부과학성 및 도쿄전력(주)이 발표한 5월 20일까지의 해수 표층 방사능 농도의 실측치를 반영하여 5월 22일에 해양연구개발기구의 슈퍼컴퓨터 시스템으로 계산한 것이다.

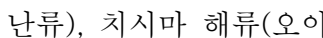
(주) JCOPE2 : 일본근해의 수온과 염분 변동과 함께 해황에 크게 영향을 주는 쿠로시오 해류와 오야시오 해류 등 해류계에 대해 사행과 같은 유로 변동과 중규모 소용돌이 거동 등을 예측하는 모델. 독립행정법인 해양연구개발기구가 개발하였다. (재현 메시는 8Km×8Km)

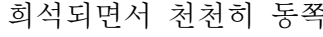
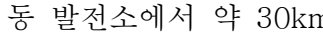
### 2. 방법

본 시뮬레이션에서는 발전소에서 배출된 방사성 물질의 양에 대한 정보가 불충분하므로 다음과 같은 시나리오 및 가정을 두고 바다 표면만의 확산을 계산하였다.

- \* 도쿄전력(주)이 공표하는 5월 20일까지의 해안의 해수 방사능 농도를 바탕으로 보수적인 가정 시나리오를 작성. 【 1】
- \* 상기 해수 방사능 농도가 8 km 사방으로, 해안의 1/100의 농도로 바다 표면에만 확산되는 것으로 보수적으로 가정.
- \* 방사성 물질의 농도는 원자력 시설의 폐수 농도 한도의 몇배인지 지수로 표시한다.
- \* 발전소에서 대기중에 방출된 방사성 물질의 해면으로의 하강은 고려하지 않는다.
- \* 해수중의 하층으로의 확산은 고려하지 않는다.
- \* 후쿠시마 제 1 원자력발전소의 방수구 부근 물에 대해 5월 20일 시점과 같은 방사능 농도의 물이 5월 22일까지 존재한다고 가정.
- \* 반감기(세슘 134는 약 2년, 세슘 137은 약 30년)는 고려한다.

### 3. 결과

후쿠시마 바다를 포함한 남동북 연안 해류장은 일본 해류(쿠로시오)와 쓰시마 해류 분기류(쓰가루 난류), 치시마 해류(오야시오)의 영향을 받아 복잡하고 느릿한 흐름이다. 【 그림 2】

이 복잡한 흐름과 함께, 발전소 부근에 체류하고 있는 방사성 물질을 포함한 물은 바다를 향해 확산된다. 특히 6월에는 방사성 물질을 포함한 물은 북위 35도에서 40도 해역에서 서서히 확산, 희석되면서 천천히 동쪽으로 이동하여 갈 것으로 예측된다. 【 그림 3-1】 ~ 【 그림 3-4】

동 발전소에서 약 30km 떨어진 곳에서의 실측치로는 5월 10일, 11일에 발전소 북동쪽 약 35km 및 약 41km의 샘플링 포인트 2점에서 방사성 세슘의 검출 한계치(현재 측정방법으로는 세슘 134가 약 6Bq/L, 세슘 137이 약 9Bq/L)를 조금 웃도는 수치가 관측되었지만, 그 이외에 5월 24일까지 분석 결과를 얻은 37점의 샘플링 포인트에 대해서는 모두 검출 한계치 이하이다.

시뮬레이션에서는 5월 중에 세슘 134, 세슘 137 모두 전해역에서 현행의 측정방법의 검출 한계치를 밑돈다는 계산 결과를 얻었으며, 실측치와 일치한다. 단, 본 시뮬레이션은 상기 2.의 가정 시나리오 및 각종 가정하에서 계산한 결과로 반드시 실측치를 보장하는 것은 아니다.

### 4. 제 4 보와의 차이

제 4보의 방사능 농도 분포와 본 보고 사이에 차이가 있는데, 그 이유는 예측 개시일이 다르므로 본 보고에서는 다음과 같이 계산 조건을 변경했기 때문이다.

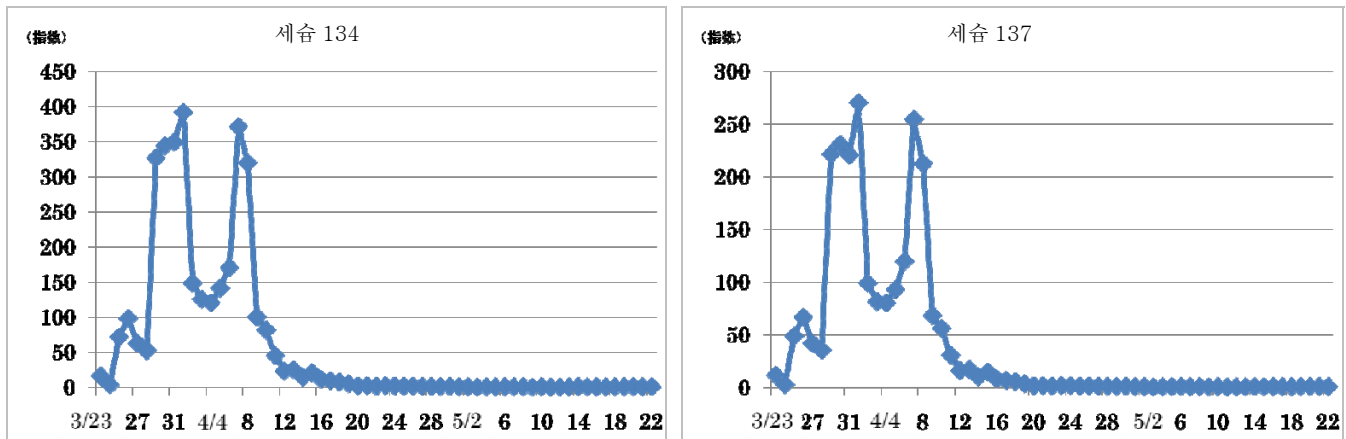
- \* 5월 20일까지의 관측 데이터를 반영하였다.(제 4 보는 5월 3일까지의 관측 데이터)

- \* 5월 19일의 유속장을 초기치로 사용하였다.(제 4 보의 유속장의 초기치는 5월 3일)
  - \* 해수면에 영향을 주는 풍향 예측은 5월 19일 시점의 예측을 사용하였다.(제 4 보는 5월 3일 시점) 이상의 계산 조건의 차이가 초기치의 차이가 되어 계산 결과에 차이를 내고 있다.
- 이처럼 새로운 관측 데이터와 최신의 유속장 등을 이용함으로써 차이가 생기는 것은 불가피한 것이다.

### 5. 留意事項

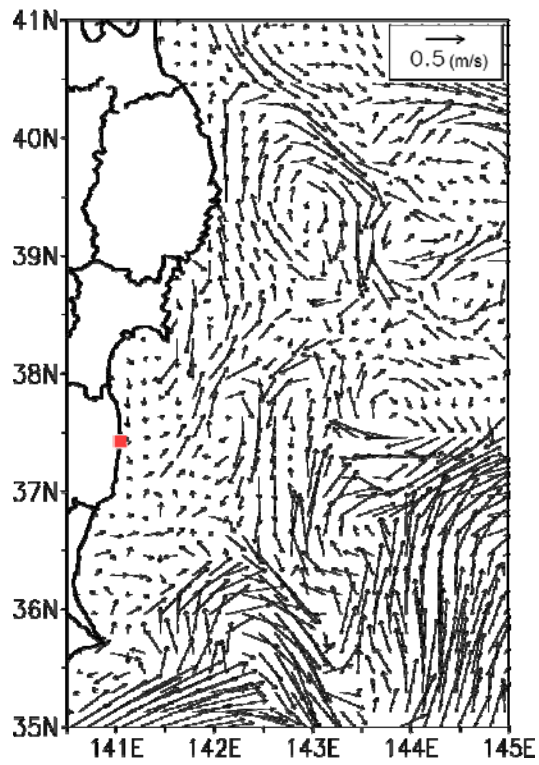
본 시뮬레이션은 반드시 실측치를 보장하는 것은 아니다. 관측치를 모델로 반영한다 하더라도 시뮬레이션에서는 현실의 흐름 자리를 완벽하게 재현할 수 없다는 점, 예측에 사용하는 바람은 약 1주일 분이며, 그 이후에는 예측대상 시기의 평균적인 바람을 이용하므로 오차가 포함될 수 있다는 점, 방사성 핵종의 해저로의 축적 과정을 고려하지 않는다는 점, 등 예측계산을 할 때 여러 불확실한 요소가 있어 실측치와 다를 수 있다. 특히 예측 기간이 길면 길수록 오차도 커진다. 앞으로는 최신의 모니터링 결과의 실측치를 계속 확인하면서 다른 계산 코드에 의한 시뮬레이션과의 상호 평가를 얻으면서 부단한 검토를 할 필요가 있다.

또한 방사능 농도가 현재의 측정방법으로 검출 한계치를 밑도는 상황이 되어 있지만, 방사성 물질을 포함한 물은 태평양 전체에 천천히 확산되어 가는 것이 분명하며, 앞으로는 대기중에서 하강하는 방사성 물질도 고려하면서 태평양 전역에 걸친 방사능 농도의 확산, 희석에 대한 예측을 할 필요가 있다.



【그림 1】 후쿠시마 제 1 원자력발전소에서 배출되는 방사성 농도에 관한 가정 시나리오

도쿄전력이 발표한 "해수 핵종 분석 결과"(3월 21일~5월 20일)에서 8 km 사방으로 해안의 1/100의 농도로 표층에서 확산되는 것으로 가정해, 후쿠시마 제 1 원자력발전소의 방수구 부근 물에 대해 5월 20일 시점과 같은 방사능 농도의 물이 5월 22일까지 존재한다는 가정하에 시나리오. 또한, 세로축은 예상되는 방사능 농도를 원자력 시설의 폐수 농도 한도의 몇배인지를 가리킨 지수로 나타내고 있다.



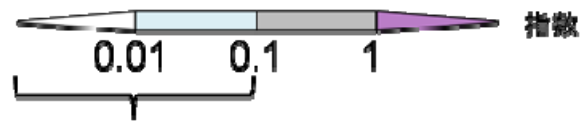
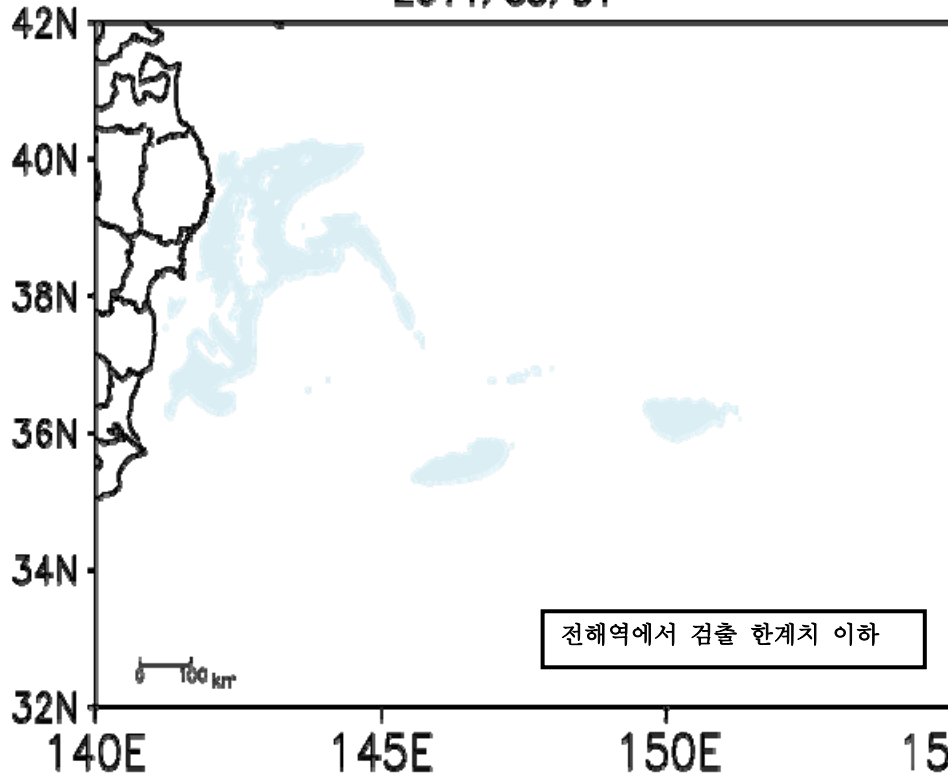
【그림 2】 JCOPE2의 유속 분포(5월 19일 시점)

JCOPE2의 유속 분포는 5월 19일까지의 현장 관측 데이터 및 위성 관측 데이터를 도입하여 계산한 것임. 계산을 할 때 반감기(세슘 134는 2년, 세슘 137은 30년)를 고려하여 예측하고 있다.

【그림 3-1】 JCOPE2에 의한 방사능 농도 분포 시뮬레이션 - 5월 31일 -  
 (5월 20일까지의 데이터를 바탕으로 한 시뮬레이션)

JCOPE2 예측치 (세슘 134)

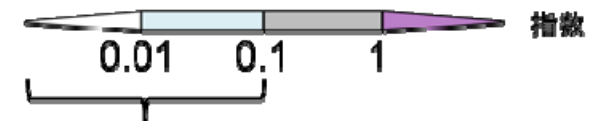
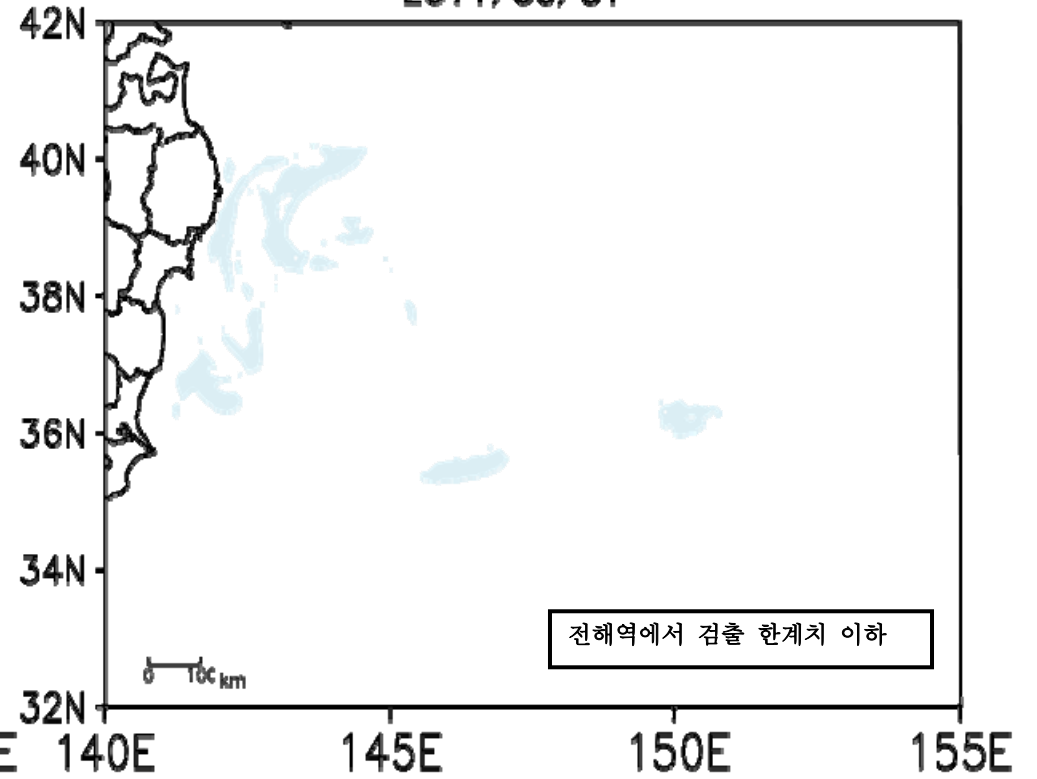
2011/05/31



검출 한계치 이하

JCOPE2 예측치 (세슘 137)

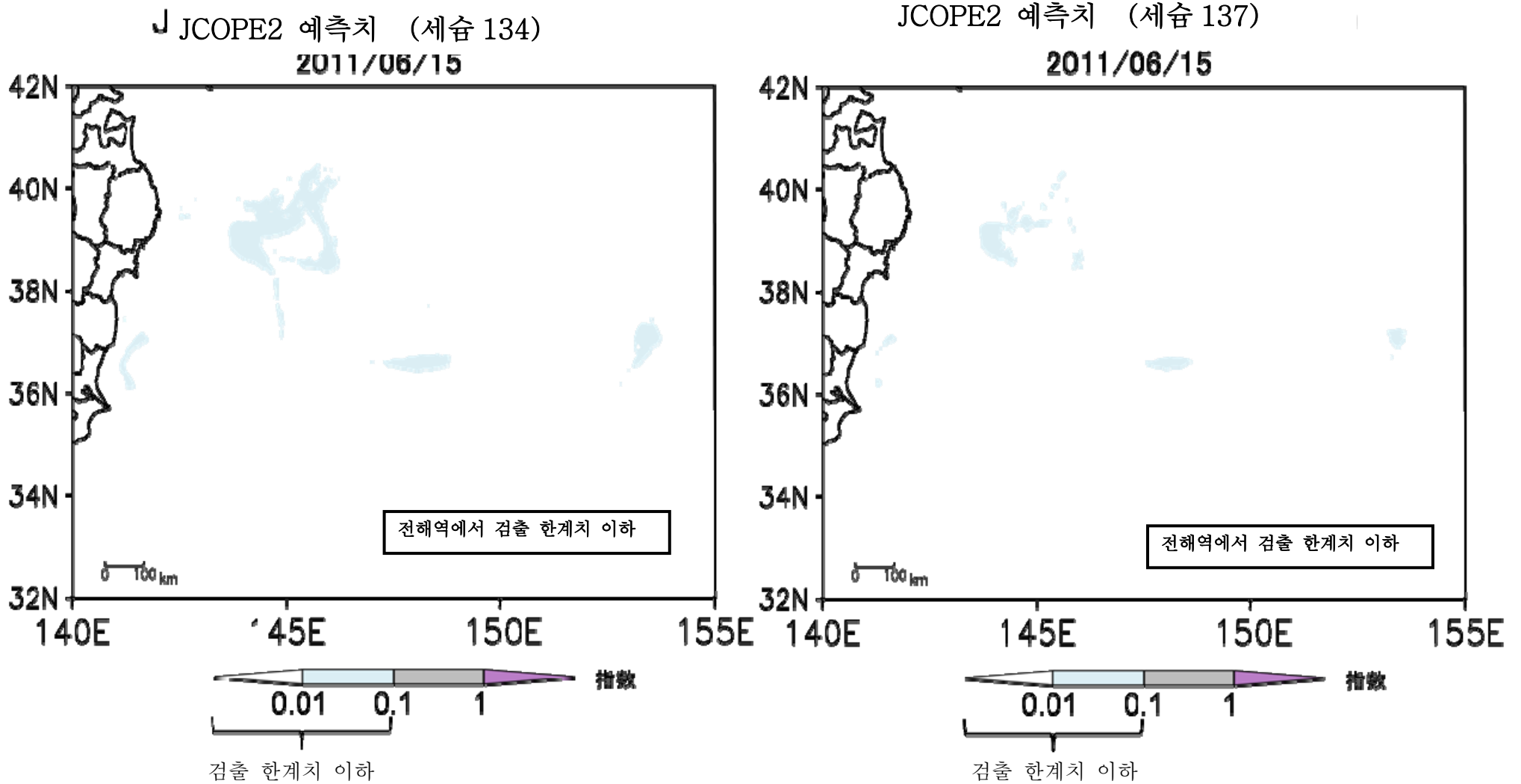
2011/05/31



검출 한계치 이하

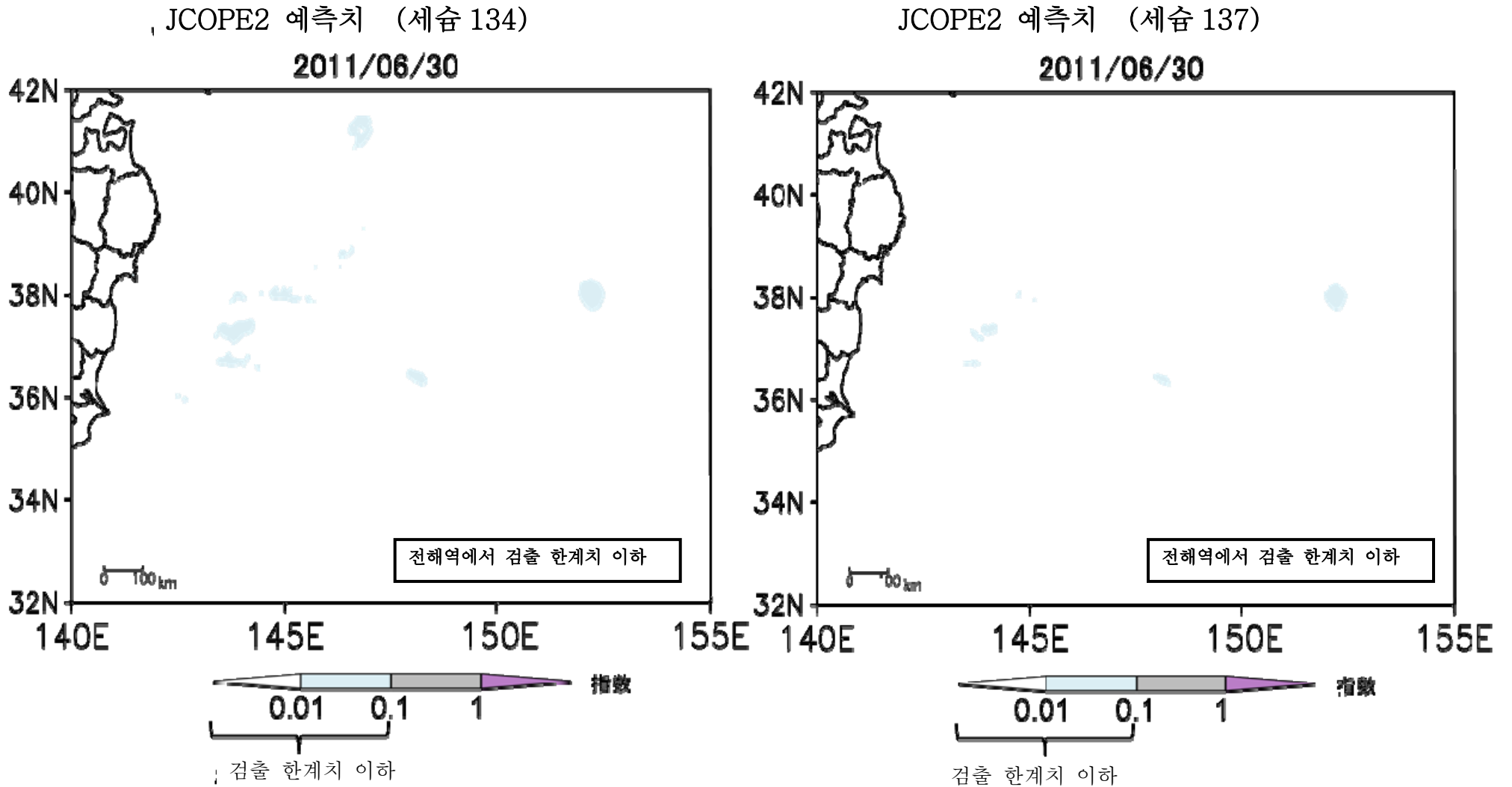
※ 현재 문부과학성이 실시하고 있는 후쿠시마 제 1 원자력발전소 주변 해역 모니터링의 검출 한계치는 세슘 134는 6 Bq/L, 세슘 137은 9 Bq/L이다.  
 <주: 위 그림의 지수는 원자력 시설의 폐수 농도 한도(세슘 134는 60 Bq/L, 세슘 137은 90 Bq/L)의 몇배인지를 나타낸 것>

【그림 3-2】 JCOPE2 에 의한 방사능 농도 분포 시뮬레이션-6 월 15 일-  
(5 월 20 일까지의 데이터를 바탕으로 한 시뮬레이션)



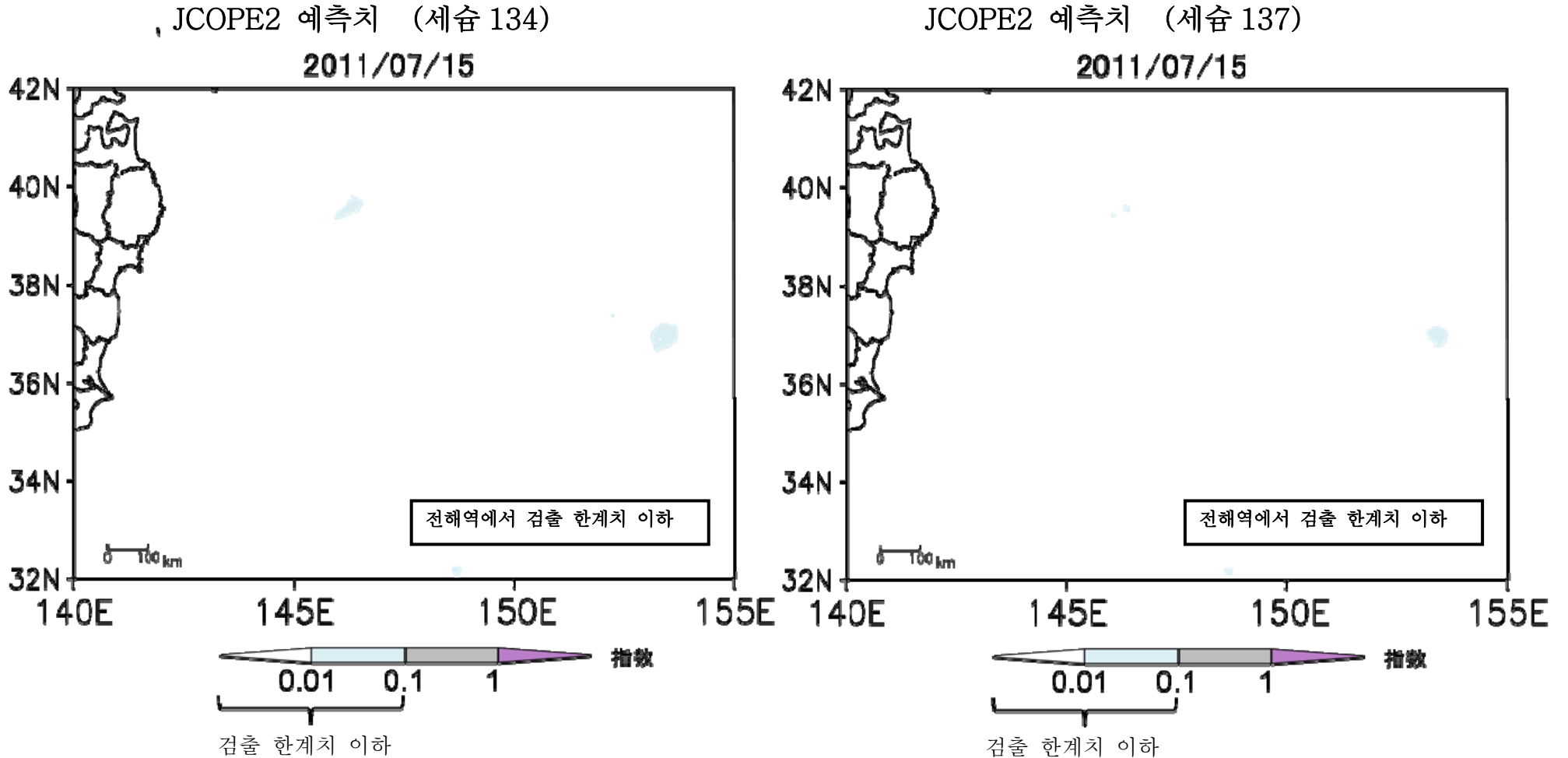
※ 현재 문부과학성이 실시하고 있는 후쿠시마 제 1 원자력발전소 주변 해역 모니터링의 검출 한계치는 세습 134 는 6 Bq/L, 세습 137 은 9 Bq/L 이다.  
<주: 위 그림의 지수는 원자력 시설의 폐수 농도 한도(세습 134 는 60 Bq/L, 세습 137 은 90 Bq/L)의 몇배인지를 나타낸 것>

【그림 3-3】 JCOPE2 에 의한 방사능 농도 분포 시뮬레이션-6 월 30 일-  
 (5 월 20 일까지의 데이터를 바탕으로 한 시뮬레이션)



※ 현재 문부과학성이 실시하고 있는 후쿠시마 제1 원자력발전소 주변 해역 모니터링의 검출 한계치는 세습 134 는 6 Bq/L, 세습 137 은 9 Bq/L 이다.  
 <주: 위 그림의 지수는 원자력 시설의 폐수 농도 한도(세습 134 는 60 Bq/L, 세습 137 은 90 Bq/L)의 몇배인지를 나타낸 것>

【그림 3-4】 JCOPE2 에 의한 방사능 농도 분포 시뮬레이션-7 월 15 일-  
 (5 월 20 일까지의 데이터를 바탕으로 한 시뮬레이션)



※ 현재 문부과학성이 실시하고 있는 후쿠시마 제 1 원자력발전소 주변 해역 모니터링의 검출 한계치는 세슘 134 는 6 Bq/L, 세슘 137 은 9 Bq/L 이다.  
 <주: 위 그림의 지수는 원자력 시설의 폐수 농도 한도(세슘 134 는 60 Bq/L, 세슘 137 은 90 Bq/L)의 몇배인지를 나타낸 것>