

ALPS 처리수 측정·확인용 탱크수의 배수 전 분석 결과 (1/4)

| | | | | | | |
|----------------------|---------------------|------|----|----|-------------------------------|---------------------|
| 시료명 | ALPS 처리수 측정·확인용 탱크수 | | B군 | 요약 | 측정·평가 대상 핵종(29개 핵종) 고시 농도비 총합 | 0.083 (1미만임을 확인) |
| 채취 일시 | 2024년 9월 4일 | 8:29 | | | | |
| 저류량(m ³) | 8951 | | | | | |

방사능 분석 측정·평가 대상 핵종 (30개 핵종)

| No. | 핵종 | 분석 결과 | | | | | | 고시 농도 한도 대비 비율 | | 고시 농도 한도 ※2 (Bq/L) | 분석치 도출 방법 ※4 |
|------------------------------|---------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 도쿄전력 | | | ☞ 화연 | | | 도쿄전력 | ☞ 화연 | | |
| | | 분석치 (Bq/L) | 불확실성 ※1 (Bq/L) | 검출한계치 (Bq/L) | 분석치 (Bq/L) | 불확실성 ※1 (Bq/L) | 검출한계치 (Bq/L) | | | | |
| 1 | C-14 | 1.2E+01 | ± 2.1E+00 | 2.0E+00 | 1.1E+01 | ± 1.3E+00 | 9.7E-01 | 5.8E-03 | 5.3E-03 | 2000 | 측정 |
| 2 | Mn-54 | ND | — | 2.2E-02 | ND | — | 1.7E-02 | 2.2E-05 미만 | 1.7E-05 미만 | 1000 | 측정 |
| 3 | Fe-55 | ND | — | 1.5E+01 | ND | — | 1.1E+01 | 7.7E-03 미만 | 5.4E-03 미만 | 2000 | 측정 |
| 4 | Co-60 | 2.4E-01 | ± 4.8E-02 | 2.5E-02 | 2.4E-01 | ± 3.5E-02 | 1.8E-02 | 1.2E-03 | 1.2E-03 | 200 | 측정 |
| 5 | Ni-63 | ND | — | 7.9E+00 | ND | — | 7.1E+00 | 1.3E-03 미만 | 1.2E-03 미만 | 6000 | 측정 |
| 6 | Se-79 | ND | — | 8.9E-01 | ND | — | 2.0E+00 | 4.5E-03 미만 | 1.0E-02 미만 | 200 | 측정 |
| 7 | Sr-90 | 8.4E-01 | ± 3.5E-02 | 3.3E-02 | 8.4E-01 | ± 1.1E-01 | 3.1E-02 | 2.8E-02 | 2.8E-02 | 30 | 측정 |
| 8 | Y-90 | 8.4E-01 | — | 3.3E-02 | 8.4E-01 | — | 3.1E-02 | 2.8E-03 | 2.8E-03 | 300 | Sr-90/Y-90 방사평형평가 |
| 9 | Tc-99 | 1.0E-01 | ± 2.5E-02 | 8.8E-02 | 1.3E-01 | ± 4.4E-02 | 6.3E-02 | 1.0E-04 | 1.3E-04 | 1000 | 측정 |
| 10 | Ru-106 | ND | — | 2.3E-01 | ND | — | 1.9E-01 | 2.3E-03 미만 | 1.9E-03 미만 | 100 | 측정 |
| 11 | Cd-113m | ND | — | 7.7E-02 | ND | — | 7.4E-02 | 1.9E-03 미만 | 1.8E-03 미만 | 40 | 측정 |
| 12 | Sb-125 | 1.3E-01 | ± 6.2E-02 | 8.4E-02 | 1.5E-01 | ± 5.9E-02 | 8.2E-02 | 1.6E-04 | 1.9E-04 | 800 | 측정 |
| 13 | Te-125m | 4.8E-02 | — | 3.1E-02 | 5.5E-02 | — | 3.0E-02 | 5.3E-05 | 6.1E-05 | 900 | Sb-125/Te-125m 방사평형평가 |
| 14 | I-129 | 1.1E-01 | ± 2.1E-02 | 6.2E-02 | 1.1E-01 | ± 3.7E-02 | 2.6E-02 | 1.2E-02 | 1.3E-02 | 9 | 측정 |
| 15 | Cs-134 | ND | — | 2.9E-02 | ND | — | 2.0E-02 | 4.8E-04 미만 | 3.4E-04 미만 | 60 | 측정 |
| 16 | Cs-137 | 5.4E-02 | ± 2.0E-02 | 2.5E-02 | 6.0E-02 | ± 1.7E-02 | 2.1E-02 | 6.0E-04 | 6.7E-04 | 90 | 측정 |
| 17 | Ce-144 | ND | — | 3.6E-01 | ND | — | 2.7E-01 | 1.8E-03 미만 | 1.3E-03 미만 | 200 | 측정 |
| 18 | Pm-147 | ND | — | 3.2E-01 | ND | — | 2.4E-01 | 1.1E-04 미만 | 8.0E-05 미만 | 3000 | Eu-154 상대비평가 |
| 19 | Sm-151 | ND | — | 1.2E-02 | ND | — | 9.2E-03 | 1.5E-06 미만 | 1.1E-06 미만 | 8000 | Eu-154 상대비평가 |
| 20 | Eu-154 | ND | — | 7.3E-02 | ND | — | 5.4E-02 | 1.8E-04 미만 | 1.3E-04 미만 | 400 | 측정 |
| 21 | Eu-155 | ND | — | 1.9E-01 | ND | — | 2.0E-01 | 6.3E-05 미만 | 6.7E-05 미만 | 3000 | 측정 |
| 22 | U-234 | ND | — | 3.0E-02 | ND | — | 2.3E-02 | 7.5E-03 미만 ※3 | 5.9E-03 미만 ※3 | 20 | 전 α |
| 23 | U-238 | | | | | | | | | 20 | 전 α |
| 24 | Np-237 | | | | | | | | | 9 | 전 α |
| 25 | Pu-238 | | | | | | | | | 4 | 전 α |
| 26 | Pu-239 | | | | | | | | | 4 | 전 α |
| 27 | Pu-240 | | | | | | | | | 4 | 전 α |
| 28 | Am-241 | | | | | | | | | 5 | 전 α |
| 29 | Cm-244 | | | | | | | | | 7 | 전 α |
| 30 | Pu-241 | | | | | | | | | 200 | Pu-238 상대비평가 |
| 고시 농도비 총합(고시 농도 한도 대비 비율의 합) | | | | | | | | | | 8.3E-02 미만 | 8.2E-02 미만 |

· ND는 검출 한계치 미만임을 나타낸다.

· ○.○E±○란 ○.○×10^{±○}임을 의미한다.

(예) 3.1E+01는 3.1×10¹이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10⁰이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10⁻¹이므로 0.31을 의미한다.

※1 '불확실성'이란 분석 데이터의 정밀도를 의미한다.

'불확실성'은 '확정 불확실성: 포함계수k=2를 사용하여 산출한다.

※2 '도쿄 전력 주식회사 후쿠시마 제1원자력발전소 원자로 시설의 보안 및 특정 핵연료 물질의 방호에 관한 규칙'에서 규정한 고시 농도 한도

(별표 제1 제6란: 주변 감시 구역 외의 수중 농도 한도[본 표에서는 Bq/cm³의 표기를 Bq/L로 환산한 값을 기재])

※3 α 핵종의 고시 농도 한도 대비 비율은 평가 대상 핵종 중 가장 낮은 고시 농도 한도를 기준으로 평가한다.

※4 분석치 도출법은 다음과 같다.

측정: 방사능 강도, 원소량을 직접 계측·분석함으로써 방사성 핵종별 농도를 구한다.

전 α : α 선을 직접 계측하여 시료에 포함된 α 핵종의 전량을 구한다.

방사평형평가: 방사성 핵종과 방사성 핵종이 괴변하여 생성하는 또다른 방사성 핵종 사이에 일정 비율로 방사능량이 존재한다는 물리적 현상을 이용하여 구한다.

상대비평가: 원자로 내에 존재하는 방사성 핵종의 평가치를 바탕으로 방사성 핵종의 붕괴와 ALPS 처리수로의 이행을 고려하여 구한다.

ALPS 처리수 측정 · 확인용 탱크수의 배수 전 분석 결과 (2/4)

| | |
|----|--------------------------|
| 요약 | 31만Bq/L (100만Bq/L미만을 확인) |
|----|--------------------------|

방사능분석 트리튬

| No. | 핵종 | 분석 결과 | | | | | | 분석 목적 | 분석치 도출법 ※3 |
|-----|-----|------------|----------------|--------------|------------|----------------|--------------|-------|------------|
| | | 도쿄전력 | | | (주) 화연 | | | | |
| | | 분석치 (Bq/L) | 불확실성 ※1 (Bq/L) | 검출한계치 (Bq/L) | 분석치 (Bq/L) | 불확실성 ※1 (Bq/L) | 검출한계치 (Bq/L) | | |
| 1 | H-3 | 3.1E+05 | ± 1.8E+04 | 1.7E+01 | 3.0E+05 | ± 2.2E+04 | 2.8E+01 | ※2 | 측정 |

· ○.○E±○란 ○.○×10^{±○}임을 의미한다.

(예) 3.1E+01는 3.1×10¹이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10⁰이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10⁻¹이므로 0.31을 의미한다.

※1 '불확실성'이란 분석 데이터의 정밀도를 의미한다.

'불확실성'은 '확정 불확실성: 포함계수k=2'를 사용하여 산출한다.

※2 희석 후의 트리튬 농도가 1500Bq/L 미만이 되도록, 실시계획에서 정한 상한 농도 1E+06Bq/L 미만(100만 Bq/L 미만)임을 확인한다.

※3 분석치 도출법은 다음과 같다.

측정: 방사능 강도, 원소량을 직접 계측 · 분석함으로써 방사성 핵종별 농도를 구한다.

ALPS 처리수 측정 · 확인용 탱크수의 배수 전 분석 결과 (3/4)

| | |
|----|-----------------------|
| 요약 | 모든 핵종에서 유의미하게 존재하지 않음 |
|----|-----------------------|

방사능분석 유의미하게 존재하지 않은 지를 자체적으로 확인하고 있는 핵종(38개 핵종)

| No. | 핵종 | 도쿄전력 | | (주) 화연 | | 확인 방법 ※2 |
|-----|---------|-------|--------------|--------|--------------|-----------------------|
| | | 평가 ※1 | 검출한계치 (Bq/L) | 평가 ※1 | 검출한계치 (Bq/L) | |
| 1 | Fe-59 | ○ | 4.3E-02 | ○ | 3.5E-02 | 측정 |
| 2 | Co-58 | ○ | 2.4E-02 | ○ | 1.7E-02 | |
| 3 | Zn-65 | ○ | 5.0E-02 | ○ | 3.6E-02 | |
| 4 | Rb-86 | ○ | 2.8E-01 | ○ | 2.3E-01 | |
| 5 | Sr-89 | ○ | 5.8E-02 | ○ | 5.9E-02 | |
| 6 | Y-91 | ○ | 2.7E+00 | ○ | 2.0E+00 | |
| 7 | Nb-95 | ○ | 3.2E-02 | ○ | 1.8E-02 | |
| 8 | Ru-103 | ○ | 3.1E-02 | ○ | 2.6E-02 | |
| 9 | Ag-110m | ○ | 2.4E-02 | ○ | 1.9E-02 | |
| 10 | Cd-115m | ○ | 1.3E+00 | ○ | 1.1E+00 | |
| 11 | Sn-123 | ○ | 1.4E+00 | ○ | 9.0E-01 | |
| 12 | Sn-126 | ○ | 1.5E-01 | ○ | 1.2E-01 | |
| 13 | Sb-124 | ○ | 5.4E-02 | ○ | 4.2E-02 | |
| 14 | Te-123m | ○ | 4.9E-02 | ○ | 5.9E-02 | |
| 15 | Te-127 | ○ | 7.9E-01 | ○ | 5.9E-01 | |
| 16 | Te-129m | ○ | 7.9E-01 | ○ | 6.5E-01 | |
| 17 | Te-129 | ○ | 3.4E-01 | ○ | 5.4E-01 | |
| 18 | Cs-136 | ○ | 2.3E-02 | ○ | 2.0E-02 | |
| 19 | Ba-140 | ○ | 9.9E-02 | ○ | 1.1E-01 | |
| 20 | Ce-141 | ○ | 1.0E-01 | ○ | 7.7E-02 | |
| 21 | Pm-146 | ○ | 3.8E-02 | ○ | 3.3E-02 | |
| 22 | Pm-148m | ○ | 2.3E-02 | ○ | 2.2E-02 | |
| 23 | Pm-148 | ○ | 2.9E-01 | ○ | 1.1E-01 | |
| 24 | Eu-152 | ○ | 1.3E-01 | ○ | 1.1E-01 | |
| 25 | Gd-153 | ○ | 1.7E-01 | ○ | 1.2E-01 | |
| 26 | Tb-160 | ○ | 1.0E-01 | ○ | 6.0E-02 | |
| 27 | Am-243 | ○ | 3.0E-02 | ○ | 2.3E-02 | |
| 28 | Cm-242 | ○ | 3.0E-02 | ○ | 2.3E-02 | |
| 29 | Cm-243 | ○ | 3.0E-02 | ○ | 2.3E-02 | |
| 30 | Rh-103m | ○ | 3.1E-02 | ○ | 2.5E-02 | |
| 31 | Rh-106 | ○ | 2.3E-01 | ○ | 1.9E-01 | |
| 32 | Sn-119m | ○ | 5.5E-03 | ○ | 4.2E-03 | |
| 33 | Te-127m | ○ | 8.1E-01 | ○ | 6.0E-01 | |
| 34 | Cs-135 | ○ | 1.7E-07 | ○ | 1.4E-07 | |
| 35 | Ba-137m | ○ | 2.4E-02 | ○ | 2.0E-02 | |
| 36 | Pr-144m | ○ | 5.5E-03 | ○ | 4.1E-03 | |
| 37 | Pr-144 | ○ | 3.6E-01 | ○ | 2.7E-01 | |
| 38 | Am-242m | ○ | 2.0E-04 | ○ | 1.6E-04 | |
| | | | | | | 측정 (전α로 대체) |
| | | | | | | Ru-103/Rh-103m 방사평형평가 |
| | | | | | | Ru-106/Rh-106 방사평형평가 |
| | | | | | | Sn-126 상대비평가 |
| | | | | | | Te-127 상대비평가 |
| | | | | | | Cs-137 상대비평가 |
| | | | | | | Cs-137/Ba-137m 방사평형평가 |
| | | | | | | Ce-144/Pr-144m 방사평형평가 |
| | | | | | | Ce-144/Pr-144 방사평형평가 |
| | | | | | | Am-241 상대비평가 |

※1 아래와 같이 유의미하게 존재하지 않는 것을 확인한 경우에는 ○, 유의미하게 존재하고 있는 것을 확인했을 경우에는 ×로 표시

- 측정하고 있는 핵종은 검출 한계치 미만이어야 한다.
- 방사평형 등으로 평가를 실시한 핵종 중에서 평가 대상의 핵종이 검출되었을 경우에는, 그 평가치가 고시 농도 한도에 비해 극히 낮은 농도, 즉 검출 한계치의 설정값인 고시 농도 한도의 1/100 이하이어야 하며 그 수치가 검출 한계치 미만인 것과 같다고 판단할 수 있어야 한다.

| 핵종 | 평가치 (Bq/L) | | 고시 농도 한도 ※3 (Bq/L) |
|---------|------------|---------|--------------------|
| | 도쿄전력 | (주) 화연 | |
| Rh-103m | — | — | 2.0E+05 |
| Rh-106 | — | — | 3.0E+05 |
| Sn-119m | — | — | 2.0E+03 |
| Te-127m | — | — | 3.0E+02 |
| Cs-135 | 3.5E-07 | 4.0E-07 | 6.0E+02 |
| Ba-137m | 5.1E-02 | 5.7E-02 | 8.0E+05 |
| Pr-144m | — | — | 4.0E+04 |
| Pr-144 | — | — | 2.0E+04 |
| Am-242m | — | — | 5.0E+00 |

- —은 평가 대상 핵종이 검출 한계치 미만임을 나타낸다.
- ○, ○E±○란 ○.○×10±○임을 의미한다.
- (예) 3.1E+01는 3.1×10¹이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10⁰이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10⁻¹이므로 0.31을 의미한다.

※2 확인 방법은 이하와 같다.

- 측정: 방사능 강도, 원소량을 직접 계측 · 분석함으로써 방사성 핵종별 농도를 구한다.
- 전α (전α로 대체): α선을 직접 계측하여 시료에 포함된 α핵종의 전량을 구한다.
- 방사평형평가: 방사성 핵종과 방사성 핵종이 괴변하여 생성하는 또다른 방사성 핵종 사이에 일정 비율로 방사능량이 존재한다는 물리적 현상을 이용하여 구한다.
- 상대비평가: 원자로 내에 존재하는 방사성 핵종의 평가치를 바탕으로 방사성 핵종의 붕괴와 ALPS 처리수로의 이행을 고려하여 구한다.

※3 '도쿄 전력 주식회사 후쿠시마 제1원자력발전소 원자로 시설의 보안 및 특정 핵연료 물질의 방호에 관한 규칙'에서 규정한 고시 농도 한도 (별표 제1 제6란: 주변 감시 구역 외의 수중 농도 한도[본 표에서는 Bq/cm³의 표기를 Bq/L로 환산한 값을 기재])

ALPS 처리수 측정 · 확인용 탱크수의 배수 전 분석 결과 (4/4)

| | |
|----|---------|
| 요약 | 기준치를 만족 |
|----|---------|

일반 수질 분석 자체적으로 실시한 검사에서 수질에 이상이 없음 확인 (44개 항목)

| No. | 측정 항목 | 단위 | 분석 결과 | 기준치 ※1 |
|-----|--------------------|-------------------|---------|---------------|
| 1 | 수소 이온(pH) | - | 8.3 | 해역 5.0~9.0 |
| 2 | 부유물 질량(SS) | mg/L | <1 | 최대70이하 평균50이하 |
| 3 | 화학적 산소 요구량(COD) | mg/L | 0.5 | 최대40이하 평균30이하 |
| 4 | 붕소 | mg/L | 0.5 | 해역 230이하 |
| 5 | 용해성 철 | mg/L | <0.1 | 10이하 |
| 6 | 동 | mg/L | <0.1 | 2이하 |
| 7 | 니켈 | mg/L | <0.1 | 2이하 |
| 8 | 크롬 | mg/L | <0.1 | 2이하 |
| 9 | 아연 | mg/L | <0.1 | 2이하 |
| 10 | 생물 화학적 산소 요구량(BOD) | mg/L | <1 | 최대40이하 평균30이하 |
| 11 | 대장균 군수 | 개/cm ³ | 0 | 3000이하 |
| 12 | 카드뮴 | mg/L | <0.01 | 0.0이하 |
| 13 | 시안 | mg/L | <0.05 | 0.5이하 |
| 14 | 유기 린 | mg/L | <0.1 | 1이하 |
| 15 | 납 | mg/L | <0.01 | 0.1이하 |
| 16 | 육가 크롬 | mg/L | <0.05 | 0.2이하 |
| 17 | 비스 | mg/L | <0.01 | 0.1이하 |
| 18 | 수은 | mg/L | <0.0005 | 0.005이하 |
| 19 | 알킬 수은 | mg/L | <0.0005 | 검출되지 않을 것 ※2 |
| 20 | 폴리염화비페닐 | mg/L | <0.0005 | 0.003이하 |
| 21 | 트리클로로에틸렌 | mg/L | <0.03 | 0.1이하 |
| 22 | 테트라클로로에틸렌 | mg/L | <0.01 | 0.1이하 |
| 23 | 디클로로메탄 | mg/L | <0.02 | 0.2이하 |
| 24 | 사염화탄소 | mg/L | <0.002 | 0.02이하 |
| 25 | 1,2-디클로로에탄 | mg/L | <0.004 | 0.04이하 |
| 26 | 1,1-디클로로에틸렌 | mg/L | <0.1 | 1이하 |
| 27 | 시스-1,2-디클로로에틸렌 | mg/L | <0.04 | 0.4이하 |
| 28 | 1,1,1-트리클로로에탄 | mg/L | <0.3 | 3이하 |
| 29 | 1,1,2-트리클로로에탄 | mg/L | <0.006 | 0.06이하 |
| 30 | 1,3-디클로로프로펜 | mg/L | <0.002 | 0.02이하 |
| 31 | 티우람 | mg/L | <0.006 | 0.06이하 |
| 32 | 시마진 | mg/L | <0.003 | 0.03이하 |
| 33 | 티오벤카르브 | mg/L | <0.02 | 0.2이하 |
| 34 | 벤젠 | mg/L | <0.01 | 0.1이하 |
| 35 | 셀렌 | mg/L | <0.01 | 0.1이하 |
| 36 | 페니트로티온 | mg/L | <0.003 | 0.03이하 |
| 37 | 페놀류 | mg/L | <0.1 | 1이하 |
| 38 | 불소 | mg/L | <0.5 | 해역10이하 |
| 39 | 용해성 망간 | mg/L | <1 | 10이하 |
| 40 | 암모니아, 암모늄 화합물 | mg/L | <1 | 100이하 |
| 41 | 아질산 화합물 및 질산 화합물 | mg/L | 4 | |
| 42 | 1,4-다이옥신 | mg/L | <0.05 | 0.5이하 |
| 43 | n-헥산 추출물질(광물유) | mg/L | <0.5 | 1이하 |
| 44 | n-헥산 추출물질(동식물유지류) | mg/L | <1 | 10이하 |

· 부등호(< : 작음)는 정량 하한피 미만을 나타냄

※1 후쿠시마현 "대기 오염 방지법에 근거한 배출 기준 및 수질 오염 방지법에 근거한 배수 기준"에 관한 조례(별표 제2)"및 "후쿠시마현 생활 환경의 보전 등에 관한 조례 시행규칙(별표 제5)"에 의거함

※2 "검출되지 않을 것"이란 "배수 기준을 정하는 시행령(별표 제1)"의 비고란에 따라 환경부 장관이 정하는 방법으로 배출수의 오염상태를 검정한 경우, 그 결과가 해당 검정 방법의 정량한계(알킬수은: 0.0005mg/L)를 밑도는 것을 의미함.