

ALPS 처리수 측정·확인용 탱크수의 배수 전 분석 결과 (1/4)

|                      |                     |      |  |    |    |                               |                    |
|----------------------|---------------------|------|--|----|----|-------------------------------|--------------------|
| 시료명                  | ALPS 처리수 측정·확인용 탱크수 |      |  | A군 | 요약 | 측정·평가 대상 핵종(29개 핵종) 고시 농도비 총합 | 0.12<br>(1미만임을 확인) |
| 채취 일시                | 2025년 6월 17일        | 9:50 |  |    |    |                               |                    |
| 저류량(m <sup>3</sup> ) | 8972                |      |  |    |    |                               |                    |

방사능 분석 측정·평가 대상 핵종(29개 핵종)

| No.                          | 핵종      | 분석 결과         |                   |                 |               |                   |                 | 고시 농도 한도 대비 비율 |               | 고시 농도 한도 ※2<br>(Bq/L) | 분석치 도출 방법 ※ 4         |
|------------------------------|---------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------------|-----------------------|
|                              |         | 도쿄전력          |                   |                 | (주) 화연        |                   |                 | 도쿄전력           | (주) 화연        |                       |                       |
|                              |         | 분석치<br>(Bq/L) | 불확실성 ※1<br>(Bq/L) | 검출한계치<br>(Bq/L) | 분석치<br>(Bq/L) | 불확실성 ※1<br>(Bq/L) | 검출한계치<br>(Bq/L) |                |               |                       |                       |
| 1                            | C-14    | 4.7E+01       | ± 3.1E+00         | 1.6E+00         | 5.0E+01       | ± 2.5E+00         | 9.7E-01         | 2.4E-02        | 2.5E-02       | 2000                  | 측정                    |
| 2                            | Mn-54   | ND            | —                 | 2.5E-02         | ND            | —                 | 1.7E-02         | 2.5E-05 미만     | 1.7E-05 미만    | 1000                  | 측정                    |
| 3                            | Fe-55   | ND            | —                 | 1.6E+01         | ND            | —                 | 1.1E+01         | 8.1E-03 미만     | 5.5E-03 미만    | 2000                  | 측정                    |
| 4                            | Co-60   | 1.4E-01       | ± 3.3E-02         | 2.5E-02         | 1.6E-01       | ± 2.6E-02         | 2.0E-02         | 7.1E-04        | 7.9E-04       | 200                   | 측정                    |
| 5                            | Ni-63   | ND            | —                 | 6.0E+00         | ND            | —                 | 5.4E+00         | 9.9E-04 미만     | 9.0E-04 미만    | 6000                  | 측정                    |
| 6                            | Se-79   | ND            | —                 | 8.9E-01         | ND            | —                 | 1.5E+00         | 4.5E-03 미만     | 7.3E-03 미만    | 200                   | 측정                    |
| 7                            | Sr-90   | 1.1E+00       | ± 7.5E-02         | 3.5E-02         | 1.1E+00       | ± 1.4E-01         | 3.1E-02         | 3.6E-02        | 3.5E-02       | 30                    | 측정                    |
| 8                            | Y-90    | 1.1E+00       | —                 | 3.5E-02         | 1.1E+00       | —                 | 3.1E-02         | 3.6E-03        | 3.5E-03       | 300                   | Sr-90/Y-90 방사평형평가     |
| 9                            | Tc-99   | ND            | —                 | 3.0E-01         | 1.2E-01       | ± 4.5E-02         | 6.3E-02         | 3.0E-04 미만     | 1.2E-04       | 1000                  | 측정                    |
| 10                           | Ru-106  | ND            | —                 | 2.2E-01         | ND            | —                 | 1.7E-01         | 2.2E-03 미만     | 1.7E-03 미만    | 100                   | 측정                    |
| 11                           | Cd-113m | ND            | —                 | 7.9E-02         | ND            | —                 | 4.9E-02         | 2.0E-03 미만     | 1.2E-03 미만    | 40                    | 측정                    |
| 12                           | Sb-125  | 2.5E-01       | ± 7.1E-02         | 8.0E-02         | 1.5E-01       | ± 5.5E-02         | 7.6E-02         | 3.1E-04        | 1.9E-04       | 800                   | 측정                    |
| 13                           | Te-125m | 9.2E-02       | —                 | 3.0E-02         | 5.7E-02       | —                 | 2.8E-02         | 1.0E-04        | 6.3E-05       | 900                   | Sb-125/Te-125m 방사평형평가 |
| 14                           | I-129   | 2.3E-01       | ± 1.9E-02         | 4.2E-02         | 3.0E-01       | ± 5.4E-02         | 1.3E-02         | 2.5E-02        | 3.3E-02       | 9                     | 측정                    |
| 15                           | Cs-134  | ND            | —                 | 2.9E-02         | ND            | —                 | 2.0E-02         | 4.9E-04 미만     | 3.4E-04 미만    | 60                    | 측정                    |
| 16                           | Cs-137  | 1.5E-01       | ± 3.5E-02         | 3.2E-02         | 1.4E-01       | ± 2.4E-02         | 2.1E-02         | 1.7E-03        | 1.6E-03       | 90                    | 측정                    |
| 17                           | Pm-147  | ND            | —                 | 3.2E-01         | ND            | —                 | 2.4E-01         | 1.1E-04 미만     | 8.0E-05 미만    | 3000                  | Eu-154 상대비평가          |
| 18                           | Sm-151  | ND            | —                 | 1.2E-02         | ND            | —                 | 9.2E-03         | 1.6E-06 미만     | 1.2E-06 미만    | 8000                  | Eu-154 상대비평가          |
| 19                           | Eu-154  | ND            | —                 | 7.3E-02         | ND            | —                 | 5.4E-02         | 1.8E-04 미만     | 1.4E-04 미만    | 400                   | 측정                    |
| 20                           | Eu-155  | ND            | —                 | 2.9E-01         | ND            | —                 | 1.9E-01         | 9.7E-05 미만     | 6.3E-05 미만    | 3000                  | 측정                    |
| 21                           | U-234   | ND            | —                 | 3.5E-02         | ND            | —                 | 2.4E-02         | 8.7E-03 미만 ※3  | 6.0E-03 미만 ※3 | 20                    | 전α                    |
| 22                           | U-238   |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 20                    | 전α                    |
| 23                           | Np-237  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 9                     | 전α                    |
| 24                           | Pu-238  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 4                     | 전α                    |
| 25                           | Pu-239  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 4                     | 전α                    |
| 26                           | Pu-240  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 4                     | 전α                    |
| 27                           | Am-241  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 5                     | 전α                    |
| 28                           | Cm-244  |               |                   |                 |               |                   |                 |                |               | 7                     | 전α                    |
| 29                           | Pu-241  | ND            | —                 | 9.6E-01         | ND            | —                 | 6.6E-01         | 4.8E-03 미만     | 3.3E-03 미만    | 200                   | Pu-238 상대비평가          |
| 고시 농도비 총합(고시 농도 한도 대비 비율의 합) |         |               |                   |                 |               |                   |                 | 1.2E-01 미만     | 1.3E-01 미만    |                       |                       |

· ND는 검출 한계치 미만임을 나타낸다.

· ○.○E±○란 ○.○×10<sup>±○</sup>임을 의미한다.

(예) 3.1E+01는 3.1×10<sup>1</sup>이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10<sup>0</sup>이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10<sup>-1</sup>이므로 0.31을 의미한다.

※1 '불확실성'이란 분석 데이터의 정밀도를 의미한다.

'불확실성'은 '확정 불확실성: 포함계수k=2'를 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/cm<sup>3</sup>의 표기를 Bq/L로 환산한 값을 기재])

※3 α핵종의 고시 농도 한도 대비 비율은 평가 대상 핵종 중 가장 낮은 고시 농도를 기준으로 평가한다.

※4 분석치 도출법은 다음과 같다.

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

전α: 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.

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

|    |                          |
|----|--------------------------|
| 요약 | 38만Bq/L (100만Bq/L미만을 확인) |
|----|--------------------------|

방사능분석 트리튬

| No. | 핵종  | 분석 결과         |                   |                 |               |                   |                 | 분석 목적 | 분석치 도출법 ※ 3 |
|-----|-----|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|-------|-------------|
|     |     | 도쿄전력          |                   |                 | (주) 화연        |                   |                 |       |             |
|     |     | 분석치<br>(Bq/L) | 불확실성 ※1<br>(Bq/L) | 검출한계치<br>(Bq/L) | 분석치<br>(Bq/L) | 불확실성 ※1<br>(Bq/L) | 검출한계치<br>(Bq/L) |       |             |
| 1   | H-3 | 3.8E+05       | ± 2.8E+04         | 1.7E+01         | 3.8E+05       | ± 2.8E+04         | 2.1E+01         | ※2    | 측정          |

· ○.○E±○란 ○.○×10<sup>±○</sup>임을 의미한다.

(예) 3.1E+01는 3.1×10<sup>1</sup>이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10<sup>0</sup>이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10<sup>-1</sup>이므로 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 미만인 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(39개 핵종)

| No. | 핵종      | 도쿄전력  |              | (주) 화연 |              | 확인 방법 ※2     |
|-----|---------|-------|--------------|--------|--------------|--------------|
|     |         | 평가 ※1 | 검출한계치 (Bq/L) | 평가 ※1  | 검출한계치 (Bq/L) |              |
| 1   | Fe-59   | ○     | 5.4E-02      | ○      | 4.3E-02      | 측정           |
| 2   | Co-58   | ○     | 2.5E-02      | ○      | 1.7E-02      |              |
| 3   | Zn-65   | ○     | 4.5E-02      | ○      | 3.7E-02      |              |
| 4   | Rb-86   | ○     | 2.6E-01      | ○      | 2.1E-01      |              |
| 5   | Sr-89   | ○     | 6.3E-02      | ○      | 5.4E-02      |              |
| 6   | Y-91    | ○     | 2.7E+00      | ○      | 2.2E+00      |              |
| 7   | Nb-95   | ○     | 2.9E-02      | ○      | 2.9E-02      |              |
| 8   | Ru-103  | ○     | 2.9E-02      | ○      | 2.1E-02      |              |
| 9   | Ag-110m | ○     | 2.4E-02      | ○      | 1.8E-02      |              |
| 10  | Cd-115m | ○     | 1.1E+00      | ○      | 9.1E-01      |              |
| 11  | Sn-123  | ○     | 1.1E+00      | ○      | 8.4E-01      |              |
| 12  | Sn-126  | ○     | 1.3E-01      | ○      | 1.1E-01      |              |
| 13  | Sb-124  | ○     | 5.5E-02      | ○      | 4.4E-02      |              |
| 14  | Te-123m | ○     | 4.1E-02      | ○      | 3.6E-02      |              |
| 15  | Te-127  | ○     | 6.7E-01      | ○      | 6.0E-01      |              |
| 16  | Te-129m | ○     | 7.4E-01      | ○      | 6.0E-01      |              |
| 17  | Te-129  | ○     | 3.3E-01      | ○      | 3.1E-01      |              |
| 18  | Cs-136  | ○     | 2.4E-02      | ○      | 2.1E-02      |              |
| 19  | Ba-140  | ○     | 9.3E-02      | ○      | 1.0E-01      |              |
| 20  | Ce-141  | ○     | 1.0E-01      | ○      | 9.6E-02      |              |
| 21  | Ce-144  | ○     | 3.1E-01      | ○      | 2.7E-01      |              |
| 22  | Pm-146  | ○     | 5.7E-02      | ○      | 5.4E-02      |              |
| 23  | Pm-148m | ○     | 2.5E-02      | ○      | 2.2E-02      |              |
| 24  | Pm-148  | ○     | 1.1E-01      | ○      | 2.0E-01      |              |
| 25  | Eu-152  | ○     | 1.1E-01      | ○      | 9.0E-02      |              |
| 26  | Gd-153  | ○     | 1.3E-01      | ○      | 1.8E-01      |              |
| 27  | Tb-160  | ○     | 7.3E-02      | ○      | 5.7E-02      |              |
| 28  | Am-243  | ○     | 3.5E-02      | ○      | 2.4E-02      | 측정 (전α로 대체)  |
| 29  | Cm-242  | ○     | 3.5E-02      | ○      | 2.4E-02      |              |
| 30  | Cm-243  | ○     | 3.5E-02      | ○      | 2.4E-02      | 측정 (전α로 대체)  |
| 31  | Rh-103m | ○     | 2.9E-02      | ○      | 2.1E-02      |              |
| 32  | Rh-106  | ○     | 2.2E-01      | ○      | 1.7E-01      |              |
| 33  | Sn-119m | ○     | 4.9E-03      | ○      | 4.0E-03      |              |
| 34  | Te-127m | ○     | 6.8E-01      | ○      | 6.1E-01      |              |
| 35  | Cs-135  | ○     | 2.1E-07      | ○      | 1.4E-07      |              |
| 36  | Ba-137m | ○     | 3.0E-02      | ○      | 2.0E-02      |              |
| 37  | Pr-144m | ○     | 4.7E-03      | ○      | 4.0E-03      |              |
| 38  | Pr-144  | ○     | 3.1E-01      | ○      | 2.7E-01      |              |
| 39  | Am-242m | ○     | 2.4E-04      | ○      | 1.6E-04      |              |
|     |         |       |              |        |              | 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 이하여야 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  | 1.0E-06    | 9.3E-07 | 6.0E+02            |
| Ba-137m | 1.4E-01    | 1.3E-01 | 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 3.1×10<sup>1</sup>이므로 31, 3.1E+00는 3.1×10<sup>0</sup>이므로 3.1, 3.1E-01는 3.1×10<sup>-1</sup>이므로 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/cm<sup>3</sup>의 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)          | -      | 8.8     | 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   | 0.4     | 해역 230이하      |
| 5   | 용해성 철              | mg/L   | <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                | CFU/mL | 0       | 800이하         |
| 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  | 비소                 | 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   | 5       |               |
| 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.