

# SOP 12

## 물 무게를 이용한 옮겨진 부피의 보정

### 1. 대상 및 적용 분야

이 절차는 눈금 피펫 또는 이런 부류의 Knudsen형 피펫, 주사기 또는 피스톤 뷰렛으로 옮겨진 물의 부피를 검정하는 방법을 다루고 있다. 결과는 표준 온도(20.0°C)에서 옮겨진 부피로 나타낸다. 이 절차는 0.01%(1 상대 표준편차) 보다 우수한 재현성을 확보할 수 있다.

### 2. 원리

측정된 검정 온도에서 기구로 옮겨진 물의 질량은 그 온도에서 이동된 물의 부피를 계산하는데 이용된다. 표준온도(20.0°C)에서 전달되었을 부피는 분주기의 부피 팽창을 고려하여 계산할 수 있다. 어느 원하는 온도에서 전달된 액체의 부피는 비슷한 방식으로 계산할 수 있다.

### 3. 기구

- $1/10^5$ 의 해상도로 전달된 물의 양을 측정할 수 있으며, 물을 담은 유리 용기와 함께 물의 무게를 측정할 충분한 용량을 지닌 분석용 저울
- 적절하게 닫을 수 있는<sup>1</sup> 깨끗하고 건조된 유리 용기
- $\pm 0.1^\circ\text{C}$  이내로 정확한 온도계
- 초시계

---

<sup>1</sup> 만일 그릇이 물을 채운 뒤 곧바로 측정된다면, 그리스를 바르지 않은 유리를 갈아 만든 마개나 심지어 돌려 막는 뚜껑도 적당하다. 배에서 시료가 옮겨지듯이 만일 얼마간 두었다가 젤다면 마개는 공기와 물 모두 새지 않는 것을 선택하는 것이 필수적이다.

## 4. 시약

- 탈이온수

## 5. 분석 절차

- 5.1 닫혀진 깨끗하고 건조된 빈 용기의 무게를 측정한다.
- 5.2 검정될 깨끗한 피펫이나 다른 기구를 탈이온수로 채운다. 피펫과 물의 온도가 평형에 도달하게 둔다. 이 온도를 기록하라.
- 5.3 정해 놓은 시간 (60초)동안 미리 중량을 잰 용기에 물을 채운다.
- 5.4 용기를 닫고 무게를 다시 측정한다.

## 6. 결과의 계산과 제시

### 6.1 보정 온도에서 옮겨진 물의 부피

채운 용기와 빈 용기 사이의 무게 차로 전달된 물의 무게를 계산한다.

$$w(\text{H}_2\text{O}) = w(\text{filled container}) - w(\text{empty container}) \quad (1)$$

공기 부력(SOP 21 참조)을 보정하여 담겨진 물의 질량을 계산한다.

$$m(\text{H}_2\text{O}) = w(\text{H}_2\text{O}) \left( \frac{1 - \rho(\text{air})/\rho(\text{weights})}{1 - \rho(\text{air})/\rho(\text{sample})} \right) \quad (2)$$

기록된 온도( $t$ )에서분주된 부피는

$$V(t) = m(\text{H}_2\text{O})/\rho(\text{H}_2\text{O}, t) \quad (3)$$

5에서 40°C 사이의 온도 범위에서 공기-포화된 물의 밀도는 다음 식으로 주어진다 (Jones and Harris, 1992).

$$\begin{aligned} \rho_w / (\text{kg m}^{-3}) = & 999.84847 + 6.337563 \times 10^{-2} (t/^\circ\text{C}) \\ & - 8.523829 \times 10^{-3} (t/^\circ\text{C})^2 + 6.943248 \times 10^{-5} (t/^\circ\text{C})^3 \\ & - 3.821216 \times 10^{-7} (t/^\circ\text{C})^4 \end{aligned} \quad (4)$$

식에서  $t$  는 ITS 90<sup>2</sup> 척도 온도이다. 1/10<sup>4</sup>의 정확도를 달성하기 위해서는  $t$  는 0.5°C 이내로 알려져야 한다.

### 6.2 다른 온도에서 옮겨질 부피

어느 한 온도( $t_1$ )에서 전달된 부피를 표준 또는 다른 온도( $t_2$ )에서 전달될 부피로 환산하려면 사용된 분주기의 열 팽창을 고려해야 한다. Pyrex 급 유리 (Corning 7740,

Kimble KG-33, Schott Duran, Wheaton 200, *etc*)의 선형팽창 계수  $\alpha_l$ 가  $32.5 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ 이다. Kimble KG-35 급 유리의  $\alpha_l$ 는 약  $55 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ 이다.

부피 팽창 계수는,

$$\alpha_V = (1 + \alpha_l)^3 - 1 \approx 3\alpha_l \quad (5)$$

다른 온도에서 보정된 부피를 계산하는데 쓰인다,

$$V(t_2) = V(t_1)[1 + \alpha_V(t_2 - t_1)] \quad (6)$$

이 보정은  $t_2 - t_1$  이  $10^\circ\text{C}$  을 넘지 않는 경우에는 아주 정밀한 작업을 제외하고는 무시해도 된다.

### 6.3 계산 예시

6.3.1 다음 자료가 이 계산에 이용된다:

$$w(\text{H}_2\text{O}) = 30.0000 \text{ g}$$

보정 온도 calibration temperature =  $23.0^\circ\text{C}$

$$\rho(\text{H}_2\text{O}, 23.0^\circ\text{C}) = 0.997535 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\alpha_l = 32.5 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$$

무게 측정 조건 weighing conditions:

$$\rho(\text{air}^2) = 0.0012 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\rho(\text{weights}) = 8.0 \text{ g cm}^{-3}$$

6.3.2 물의 무게를 질량으로 보정

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{O}) &= 30.0000 \times \frac{1 - 0.0012 / 8.0}{1 - 0.0012 / 0.997541} \\ &= 30.0316 \text{ g} \end{aligned}$$

6.3.3 보정온도  $23.0^\circ\text{C}$ 에서 전달된 물의 부피 계산

$$\begin{aligned} V(23.0^\circ\text{C}) &= 30.0316 / 0.997535 \\ &= 30.1058 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

6.3.4 표준 온도  $20.0^\circ\text{C}$  에서 분주되었을 부피 계산, 즉, 표준 보정 부피

$$\begin{aligned} V(20.0^\circ\text{C}) &= 30.1058 [1 + 3(32.5 \times 10^{-7})(20.0 - 23.0)] \\ &= 30.105 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

6.3.5  $25^\circ\text{C}$  에서 분주되었을 부피 계산

<sup>2</sup> 이 값은 해수면 기압 (1 atm)과 일반 실험실 온도( $\sim 20^\circ\text{C}$ )에서 행해지는 보통 정확성의 측정에 적당하다. 더 정확한 값을 원하면 SOP21 식 (1) 참조할 것.

$$\begin{aligned}V(25.0^\circ\text{C}) &= 30.1049[1 + 3(32.5 \times 10^{-7})(25.0 - 20.0)] \\ &= 30.106 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

## 7. 정도 보증

분주되는 부피가 잘 관리되고 있음을 확인하기 위해 분주된 양은 정기적으로 측정되어야 하며 20°C 로 보정된 부피를 속성 관리도에 기재하도록 한다 (SOP22 참조).

## 8. 참고 문헌

Jones, F.E. and Harris, G.L. 1992. ITS-90 density of water formulation for volumetric standards calibration. *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.* **97**: 335–340.