

화학적 산소요구량-연속자동측정방법

(COD-Continuous Monitoring Method)

2024

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 연속자동측정기를 이용하여 화학적 산소요구량을 측정하는 것을 목적으로 사용된다.

1.2 적용범위

이 시험기준은 「물환경보전법」 시행령 제28조 및 제35조에 따라 오염물질의 배출농도를 연속 측정하는 경우에 적용하며, 하·폐수 및 하천수, 호소수 등의 화학적 산소요구량을 연속적으로 측정하는 방법에 대하여 규정한다. 염소이온이 2 g/L 이하인 반응시료는 산성법에 따르고, 그 이상일 때에는 알칼리법에 따른다. 일반적으로 정량범위는 0 mg/L ~ 200 mg/L이다.

1.3 간섭물질

화학적 산소요구량 측정에 영향을 주는 물질로는 시료 중에 녹아 있는 염화물로서 분석조건에서 산화를 일으키게 되고 분석결과가 실제보다 높은 값을 나타낸다. 이 염화물들은 질산은 (AgNO_3) 용액을 첨가하여 제거할 수 있으며 기타 간섭물질은 연속적으로 측정하는 측정기의 원리 및 특성을 고려하여 제거할 수 있다.

2.0 용어정의

2.1 검출한계

제로드리프트의 2배에 해당하는 출력농도를 말한다.

2.2 교정오차

교정용액을 측정기에 주입하여 측정한 값이 보정값과 얼마나 잘 일치하는가 하는 정도로서, 그 값이 작을수록 잘 일치하는 것이다.

2.3 내전압

측정기에 전압을 가해서, 그 전압을 서서히 높여 갈 때 측정기가 그 전압을 견디지 못하고 파괴가 되거나 소손이 되기 시작하는 시점의 전압을 말한다.

2.4 스펀 교정용액

측정기 최대눈금값의 약 50 %, 90 %에 해당하는 농도를 말한다. 90 % 교정용액을 스펀 교정용액이라고 한다.

2.5 스펀드리프트

측정기가 정상적으로 가동되는 조건하에서 스펀 교정용액을 이용하여 일정 시간 또는 일정 횟수 이상 반복 측정 후 발생한 편차를 말한다.

2.6 시험가동시간

측정기를 정상적인 조건에 따라 운전할 때 예기치 않는 수리, 조정 및 부품교환 없이 연속 가동할 수 있는 최소시간을 말한다.

2.7 영점 교정용액

측정기 최대눈금값의 약 5 % 이하에 해당하는 농도를 말한다.

2.8 절연저항

측정기의 전기회로를 닫은 상태에서 전원 차단자와 외부단자 사이의 절연정도를 나타내는 척도로서 절연저항계를 이용하여 측정한다.

2.9 제로드리프트

측정기가 정상적으로 가동되는 조건하에서 측정하고자 하는 성분을 포함하지 않는 교정용액(영점 교정용액)을 일정시간 또는 일정 횟수이상 반복 측정 후 발생한 편차를 말한다.

3.0 분석기기 및 기구

“내용 없음”

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

4.1.1 산성 과망간산포타슘법

4.1.1.1 정제수

이 시험기준에서 사용하는 모든 정제수는 미국재료시험학회 (ASTM, American society for testing and materials) Type I 물 수준의 정제수(탈이온수)를 사용하고 하루 이상 경과된 정제수는 표준용액 제조에 사용하지 않는다.

4.1.1.2 과망간산포타슘용액(0.02 M)

4.1.1.2.1 과망간산포타슘 (potassium permanganate, KMnO_4 , 분자량: 158.03) 3.2 g을 약 1.1 L의 정제수에 녹여 1시간 ~ 2시간 동안 조용히 끓인 다음 어두운 곳에서 하루 동안 방치하고 유리여과장치로 여과하여 깨끗한 갈색병에 넣어 어두운 곳에 보

관한다.

4.1.1.2.2 과망간산포타슘용액의 표정은 150 °C ~ 200 °C에서 1시간 건조하여 황산 건조용기에서 식힌 옥산살소듐(표준시약) 0.3 g을 달아 500 mL 삼각플라스크에 넣고 정제수 200 mL를 넣어 녹인 다음 황산(1 + 1) 10 mL를 넣고 가열판에서 액온을 60 °C ~ 80 °C로 유지하면서 조제한 과망간산포타슘용액으로 적정한다. 처음 약 40 mL는 신속하게 넣어 반응시키고 다음에는 서서히 적정하여 과망간산포타슘의 엷은 홍색이 약 30초간 지속되면 종말점으로 한다. 따로 정제수 200 mL를 취하여 같은 방법으로 시험하고 보정한다. 과망간산포타슘용액(0.02 M) 1 mL는 6.700 mg $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 에 해당된다.

4.1.1.3 과망간산포타슘용액(0.005 M)

과망간산포타슘용액(0.02 M) 250 mL를 정확히 취하여 정제수에 녹여 정확히 1 L로 한다.

4.1.1.4 옥산살소듐용액(0.0125 M)

150 °C에서 약 1시간 건조하고 황산 건조용기에서 식힌 옥산살소듐 (sodium oxalate, $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, 분자량: 134.00) 1.675 g을 정제수에 녹여 1 L로 한다.

4.1.1.5 황산(1 + 1)

황산 (sulfuric acid, H_2SO_4 , 비중: 1.84, 분자량: 98.08, 함량: 95 % 이상) 10 mL를 정제수 10 mL에 천천히 넣어 식힌다.

4.1.1.6 황산(1 + 2)

황산 10 mL를 정제수 20 mL에 천천히 넣어 식힌다.

4.1.1.7 황산은 (silver sulfate, Ag_2SO_4 , 분자량 : 311.80)

4.1.2 알칼리성 과망간산포타슘법

4.1.2.1 정제수

산성 과망간산포타슘법과 같다.

4.1.2.2 과망간산포타슘 용액(0.02 M)

산성 과망간산포타슘법과 같다.

4.1.2.3 과망간산포타슘 용액(0.005 M)

산성 과망간산포타슘법과 같다.

4.1.2.4 수산화소듐 용액(10 %)

수산화소듐 (sodium hydroxide, NaOH, 분자량: 40.00) 10 g을 정제수에 녹여 100 mL로 한다.

4.1.2.5 아자이드화소듐 용액(4 %)

아자이드화소듐 (sodium azide, NaN₃, 분자량: 65.001) 4 g을 정제수에 녹여 100 mL로 한다.

4.1.2.6 요오드화포타슘 용액(10 %)

요오드화포타슘 (potassium iodide, KI, 분자량: 166.00) 10 g을 정제수에 녹여 100 mL로 한다. 이 용액은 사용 시 조제한다.

4.1.2.7 전분 용액

용성전분 1 g에 정제수 10 mL를 넣어 혼화 후 뜨거운 물 100 mL 중에 넣고 1분간 끓이고 냉각하여 정치한 후 상층액을 사용한다. 이 용액은 사용 시 조제한다.

4.1.2.8 황산(2 + 1)

4.1.2.9 티오황산소듐 용액(0.1 M)

4.1.2.9.1 티오황산소듐 (sodium thiosulfate · pentahydrate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 분자량: 248.19) 26 g 및 무수탄산소듐 (sodium carbonate, Na_2CO_3 , 분자량: 105.99) 0.2 g에 정제수에 녹여 1 L로 하고 아이소아밀알코올 (isoamyl alcohol, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$, 분자량: 88.15) 약 10 mL를 넣고 2일간 방치한 후 표정한다.

4.1.2.9.2 티오황산소듐 용액의 표정은 요오드산포타슘 (potassium iodate, KIO_3 , 분자량: 214.00, 표준시약)을 120 °C ~ 140 °C에서 2시간 건조한 다음 건조용기 (실리카겔)에서 식혀 약 100 mg을 요오드병에 정확히 달아 정제수 25 mL를 넣어 녹이고 요오드화포타슘 2 g 및 염산용액(10 %) 10 mL를 넣어 마개를 닫고 어두운 곳에 약 10분간 방치한 다음 정제수 100 mL를 넣어 유리된 요오드를 조제된 티오황산소듐액으로 적정하여 규정도 계수를 계산한다. 다만, 적정의 종말점은 액의 종말점 부근에서 옅은 황색으로 되었을 때 전분용액 3 mL를 넣어 생긴 청색이 탈색될 때로 한다. 같은 방법으로 바탕시험을 하여 보정한다.

[주 1] 티오황산소듐액(0.1 M) 1 mL = 3.5667 mg 요오드산포타슘. 오랫동안 보관된 것은 표정하여 보정한다.

4.1.2.10 티오황산소듐 용액(0.025 M)

티오황산소듐용액(0.1 M) 250 mL를 정확히 취하여 새로 끓여 식힌 물을 넣어 정확히 1 L로 한다.

4.2 표준용액

4.2.1 글루코스 표준용액

글루코스 (glucose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 분자량 : 180.16) 용액은 시판 시약을 구입하여 사용할 수도 있으며, 시약등급 이상의 글루코스를 건조기에서 103 °C로 1시간 건조하고 건조용기에서 1시간 방랭한다. 글루코스 1.676 g에 정제수를 넣어 녹여 1 L로 하고 이 용액 10 mL를 취하여 정제수를 넣어 1 L로 한다. 이 용액의 COD 농도는 10

mg/L가 된다.

$$10 \text{ mg } O_2 \times \frac{180.16}{191.99} \times \frac{1}{0.56} = 16.76 \text{ mg glucose} \quad (\text{식 1})$$

[주 2] 글루코스 표준용액의 평균산화율 56 %를 고려하여 10 mg O₂에 상당하는 글루코스의 양

4.2.1.1 상업적으로 시판하는 표준용액 구입 시 유효기간, 성적서, 소급성, 불확도를 확인한다.

4.2.1.2 유효기간이 지난 표준용액은 폐기한다.

4.2.1.3 마이크로 피펫을 사용하여 글루코스 표준용액을 희석하거나 첨가할 경우 저울을 이용하여 10회 이상 측정하여 마이크로 피펫의 반복성 및 정확성을 확인 후 사용한다.

4.2.2 프탈산수소포타슘 표준용액(0.50 mg/L)

프탈산수소포타슘 (potassium hydrogen phthalate, C₈H₅O₄K, 분자량: 204.22) 425 mg에 정제수를 넣어 녹여 1 L로 하고, 이 용액 10 mL를 취하여 정제수를 넣어 1 L로 한다.

5.0 시료채취 및 관리

“내용 없음”

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 예비운전

측정기는 전원을 켜 후 취급설명서에 표시된 예비 시간까지 가동하여 각 부분의 기능과 지시 기록부를 안정시킨다.

6.2 교정방법

측정기의 취급설명서의 교정방법에 따라서 영점교정(제로드리프트 최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이내) 및 스펀교정(스팬드리프트 최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이내)을 한다.

6.2.1 반복성

6.2.1.1 영점 교정용액을 주입하여 지시값이 안정한 것을 확인한 다음에 영점값을 읽는다.

6.2.1.2 같은 조건에서 스펀 교정용액도 넣어 지시값이 안정한 것을 확인한 후 스펀 값을 읽는다.

6.2.1.3 이 조작을 동일한 조건에서 3회 이상 반복하여 영점값과 스펀 값을 읽는다.

6.2.1.4 영점값 및 스펀값 각각의 평균값을 산출하여 각 측정값과 평균값의 차를 구하고 이들로부터 최대눈금값에 대한 백분율 (%)을 산출한다. 허용범위는 최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이내이다.

6.2.2 검출률

두 종류 이상의 검출시험액(표준용액)을 사용하여 화학적 산소요구량 농도를 측정하여 얻은 측정값과 검출시험액의 이론적 화학적 산소요구량 값에 대한 백분율 (%)를 구한다. 허용범위는 80 % 이상이다.

6.3 방해물질의 제거

시료 중에 녹아 있는 염화물은 측정조건에서 산화되어 측정결과가 실제보다 높은 값을 나타내므로 황산은 (silver sulfate) 또는 황산 이수은 (mercuric sulfate)을 첨가하여 염화물을 제거한다.

6.4 성능기준 및 성능시험 방법

6.4.1 성능기준

6.4.1.1 화학적 산소요구량 측정기(과망간산포타슘법 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법)는 환경기초시설, 사업장 등에서 배출되는 하·폐수 및 하천수, 호소수 등 공공용수역에서 물의 화학적 산소요구량 농도를 연속적으로 자동 측정할 수 있어야 한다.

6.4.1.2 측정기는 100 ℃ 과망간산포타슘법에 의한 산성 또는 알칼리성 및 이와 동등 이상의 성능을 가진 방식이어야 한다.

6.4.1.3 측정결과를 지시 또는 기록할 수 있어야 하며, TMS 등으로 송출할 수 있어야 한다.

6.4.1.4 측정기에 따라 시료희석장치, 측정값 환산장치, 교정장치를 설치할 수 있다.

6.4.1.5 계량부는 시료주입관, 시약주입관, 시료계량기, 시약계량기 등으로 구성되며, 시료 및 시약과 흡착, 부식 등 반응이 없어야 하며, 시료계량기는 시료를 정확히 100 mL 또는 200 mL까지 계량할 수 있거나 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 측정원리에 적합하도록 시료량을 정확히 계량할 수 있는 구조이어야 한다.

6.4.1.6 반응조는 내열성, 내약품성이 우수하고 교반 및 세정이 쉽게 이루어져야 한다.

6.4.1.7 가열기는 주위온도 25 ℃에서 반응조내 온도상승이 시약첨가 10분 후 85 ℃ 이상, 시약첨가 15분 후 95 ℃의 가열특성을 지속하고 물중탕 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 측정원리에 적합한 구조이어야 한다.

6.4.1.8 교반기는 내열성 및 내약품성으로 반응조 내를 효과적으로 교반할 수 있거나 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 측정원리에 적합한 구조이어야 한다.

6.4.1.9 적정기는 과망간산포타슘 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 측정원

리에 적합하도록 사용되는 시약이 흡착되지 않는 재질로 안정적인 정량주입이 가능하여야 한다.

6.4.1.10 검출기는 적정에 의해서 나타나는 반응의 종말점 또는 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 측정원리에 적합하여 반복성이 양호하게 검출할 수 있어야 한다.

6.4.1.11 변환기는 적정 또는 측정분석에 필요한 시약의 양을 측정값에 비례한 전기적인 신호로 변환하여 정확히 출력하는 기능이 있어야 하며, 측정값을 조정할 수 있어야 한다.

6.4.1.12 시약저장부는 황산저장조, 과망간산포타슘 저장조, 옥살산소듐 저장조, 질산은 저장조로 구성되거나, 이와 동등 이상의 성능을 갖는 방법은 시약의 저장 또는 발생에 적합한 구조로 이루어져야 하고, 1주간 이상 연속운전이 가능한 양을 저장 또는 발생시킬 수 있어야 한다.

6.4.1.13 측정기는 정상신호, 교정중신호, 동작불량신호 등 측정기의 상태를 지시 및 출력할 수 있어야 한다.

6.4.1.14 측정기의 성능은 부록 표 1의 검사항목에 대하여 그 기준을 만족하여야 한다.

6.4.2 성능시험 방법

6.4.2.1 반복성

정상 조건하에서 제로 용액과 스펜 용액을 번갈아 주입하면서 각각 3 회 이상 측정값을 얻는다. 반복성은 각각의 측정값에 대한 평균값을 구하고, 평균값과 측정값의 최대편차를 구하여 최대눈금값에 대한 백분율로 다음 식에 따라 구한다.

$$\text{반복성 (\%)} = \frac{|d| + C.I_{95}}{\text{최대눈금값}} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

여기서, $|d|$: |평균값 - 측정값|의 최대편차

C.I.95 : 95 % 신뢰구간

$$C.I._{95} = \frac{t_{.975}}{n\sqrt{n-1}} \sqrt{n(\sum di^2) - (\sum di)^2} \quad (\text{식 3})$$

여기서, di : 각 측정값의 오차(연속자동측정값-보정값)

n : 측정회수

$t_{.975}$: 측정값이 참값의 95 % 이내에 존재할 확률에 대한 t값

(부록 표 2를 참조한다.)

6.4.2.2 제로드리프트

측정기 제조회사의 취급설명서에 따라서 측정기를 영점기준값으로 교정한 다음 제로 용액으로 30분 이상의 간격을 두고 3회 이상 측정하여 각 측정값의 기준값에 대한 최대편차를 취하여 최대눈금값에 대한 백분율을 구한다.

$$\text{제로드리프트 (\%)} = \frac{|d|}{\text{최대눈금값}} \times 100 \quad (\text{식 4})$$

여기서, $|d|$: | 기준값 - 측정값 | 의 최대편차

6.4.2.3 스펠드리프트

측정기 제조회사의 취급설명서에 따라서 측정기를 교정한 다음 스펠 용액으로 30분 이상의 간격을 두고 3회 이상 측정하고, 제로 용액으로 30분 이상의 간격을 두고 3회 이상 측정과정을 둔다 (단, 제로드리프트 시험방법에 따른 과정을 수행한 경우 제로드리프트 결과로 활용할 수 있다). 그 후 스펠 용액을 30분 이상의 간격을 두고 3회 이상 측정하여 초기의 3회 측정값의 평균값을 구하고, 최후의 3회 측정값의 평균값을 구하여, 최초 평균값과 최후의 평균값과의 편차를 구한 다음 제로드리프트 시험에서의 최대영점편차값을 빼고 최대눈금값에 대한 백분율을 구한다.

$$\text{스펠드리프트 (\%)} = \frac{|d| - \text{영점편차}}{\text{최대눈금값}} \times 100 \quad (\text{식 5})$$

여기서, $|d|$: 최초 평균값 - 최후 평균값의 편차

6.4.2.4 직선성 시험

측정기의 취급설명서에 따라서 측정기의 교정을 실시한 다음 예비시험을 하고, 안정된 다음에 본 시험으로서 시험용액을 최대눈금값의 30 %, 50 %, 80 %의 표준 시료로 각각 3회 이상 측정한다. 측정한 평균값과 기준값과의 편차를 구하여 다음 식에 따라 백분율을 산출한다.

$$\text{직선성 (\%)} = \frac{|d|}{\text{기준값}} \times 100 \quad (\text{식 } 6)$$

여기서, $|d|$: 측정오차(기준값-측정값의 평균값)

6.4.2.5 전압변동에 대한 안정성

정상가동 조건하에서 스펜용액을 주입하고 지시값이 안정되면 그 값을 A로 한다. 다음 전원전압을 정격전압의 + 10 %의 전압으로 서서히 변화시키고, 지시값이 안정되면 그 값을 B라 한다. 다음에 전원전압을 정격전압의 - 10 %의 정격전압으로 서서히 변화시키고, 지시값이 안정된 때의 값을 C라 한다. 전압변동률은 $B - A$ 또는 $C - A$ 의 최대값을 최대눈금값에 대한 백분율로 다음 식에 따라 구한다.

$$\text{전압변동에대한안정성 (\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{최대눈금값}} \times 100 \quad (\text{식 } 7)$$

여기서, $|\bar{d}|$: ($|B-A|$)의 값과 ($|C-A|$)의 값 중의 최대값

6.4.2.6 절연저항

측정기의 전기회로를 닫은 상태에서 전원단자와 외부단자와의 사이에 절연저항은 KS C 1301[절연저항계(발전기식)] 또는 KS C 1302[절연저항계(전지식)]에 규정한 500 V 절연저항계로 측정한다. 이 시험은 측정기의 동작정지 상태에서 한다.

6.4.2.7 내전압

측정기의 전기회로를 닫은 상태에서 전원단자와 외부상자와의 사이에 정격주파수의 교류전압 1 000 V, 100 mA를 1분간 가하여 이상 유무를 조사한다. 단, 전지내장형인 경우에는 적용하지 않는다.

6.4.2.8 상대정확도 시험

6.4.2.8.1 주시험방법에 의한 방법

채수한 시료의 연속자동측정기기 측정값 (C_i) 1개와 동일한 시료를 주시험방법으로 2개 이상 구한 측정 평균값 ($\bar{A}_i$)과의 오차에 대한 절대값을 구한다. 상대정확도 시험 결과는 2개 이상의 채수한 시료에 대하여 다음 식에 따라 평균값으로 구한다.

$$\text{상대정확도 (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\bar{A}_i - C_i|}{\bar{A}_i}}{n} \times 100 \quad (\text{식 8})$$

여기서, C_i : i 번째 연속자동측정기기 측정값

$\bar{A}_i$: i 번째 주시험방법 (또는 기준측정기)에 의한 측정값의 평균

n: 현장별 시료의 수

6.4.2.8.2 배출기준에 의한 방법

주시험방법에 의한 측정값이 배출허용기준 및 방류수 수질기준, 허가배출기준 (이하 “배출기준”이라 한다)의 50 % 미만일 경우에는 아래와 같이 배출기준에 의한 다음의 식으로 상대정확도를 구한다.

$$\text{상대정확도 (\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|\bar{A}_i - C_i|}{\text{배출기준}}}{n} \times 100 \quad (\text{식 9})$$

여기서, C_i : i 번째 연속자동측정기기 측정값

$\bar{A}_i$: i 번째 주시험방법 (또는 기준측정기)에 의한 측정값의 평균

n: 현장별 시료의 수

[주 3] 배출기준을 적용받는 사업장에 설치된 측정기에 한함

6.4.2.9 시험가동시간 시험

측정기를 정상 조건하에서 168시간(7일간) 이상 연속적으로 운영한다. 이 시험기간 중 부득이하게 측정기를 조정 또는 부품교환을 할 경우 성능시험을 다시 168시간

이상 수행한다.

7.0 분석절차

해당 기기의 매뉴얼에 따른다.

8.0 결과보고

8.1 결과분석 및 계산

8.1.1 시료의 분석결과를 계산하기 위해 분석항목 계산식을 작성하고 결과는 mg/L로 표시한다.

8.1.2 분석값이 10 mg/L 미만이면 세 자릿수로 농도를 표시하며, 10 mg/L 이상이면 두 자릿수로 농도를 표시한다.

8.1.3 시료를 전처리 또는 회석하였다면 회석계수를 곱하여 농도를 계산한다.

8.2 보고서 작성

8.2.1 측정된 자료는 시료번호와 시료채취일로 조합된 고유번호를 부여할 수 있다. 컴퓨터 하드디스크에 저장하는 경우, 폴더를 정한 후 연월일-항목이 포함된 파일번호로 보관할 수 있다.

예) 041230-100-COD: 2004년 12월 30일 시료채취, 시료번호 100의 화학적 산소요구량 시험결과

8.2.2 종이에 인쇄하여 동일한 파일이름으로 서류철에 보관한다.

9.0 참고자료

9.1 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed, Part 5220, "CHEMICAL OXYGEN DEMAND", APHA, AWWA, WEF, (2017)

9.2 한국산업표준 (KS), KS I 3001, “수질관련용어”, 산업표준심의회.

9.3 한국산업표준 (KS), KS I ISO 6060, “수질-화학적 산소요구량 측정방법”, 산업표준심의회.

9.4 ASTM D 1193-06, “Standard Specification for Reagent Water”, American Society for Testing and Materials, (2018)

10.0 부록

표 1. 측정기 검사항목 기준

검 사 항 목	기 준
측정범위	0 mg/L ~ 200 mg/L, 최소눈금간격은 0.1 mg/L 이하
반복성	최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이하
제로드리프트	최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이하
스팬드리프트	최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이하
직선성 시험	최대눈금값의 30 %의 $\pm 5\%$ 이하
	최대눈금값의 50 %의 $\pm 5\%$ 이하
	최대눈금값의 80 %의 $\pm 5\%$ 이하
전압변동에 대한 안정성	최대눈금값의 $\pm 5\%$ 이내
내전압	교류전압 1 000 V를 1분간 가해도 이상이 없을 것
절연저항	2 M Ω 이상
상대정확도	주시험방법에 의한 방법의 20 % 이하. 단, 측정값이 해당 배출기준 ¹ 의 50 % 미만인 경우에는 배출기준에 의한 방법의 15 % 이하
시험가동시간	168시간 이상

¹ 배출기준 : 배출허용기준 및 방류수 수질기준, 허가배출기준

표 2. t.₉₇₅ 값

n	t. ₉₇₅	n	t. ₉₇₅	n	t. ₉₇₅
2	12.706	7	2.447	12	2.201
3	4.303	8	2.365	13	2.179
4	3.182	9	2.306	14	2.160
5	2.776	10	2.262	15	2.145
6	2.571	11	2.228	16	2.131