

HIOKI

사용설명서

RM3548

저항계



KR

May 2015 Revised edition 1
RM3548K000-00 15-05H

사용설명서(본지) 보는법

이럴 때는

여기를 참조해 주십시오.

반드시 읽어 주십시오.

- ▶ “안전에 대해서” (p.4)
- ▶ “사용 시 주의사항” (p.7)

바로 사용하고 싶을 때

- ▶ “개요” (p.15)

각 기능을 상세하게 알고 싶을 때

- ▶ “목차” (p.i) 에서 해당 기능을 찾아 주십시오.

제품 사양을 알고 싶을 때

- ▶ “사양” (p.91)

예상과 다르게 동작할 때

- ▶ “문제 해결” (p.106)

저항측정에 관해 자세히 알고 싶을 때

- ▶ “부록” (p.부 1)

목 차

1

2

3

머리말	1
포장내용물 확인.....	2
안전에 대해서.....	4
사용시주의사항.....	7

1 개요 15

1.1 개요와특장점.....	15
1.2 각 부의 명칭과 조작 개요.....	16
■ 전원을 켤 때의 설정 일람.....	20
1.3 측정 순서.....	21
1.4 화면구성.....	22
1.5 측정대상을 확인하기.....	25

2 측정 전 준비 27

2.1 스트랩을 장착하기	28
2.2 배터리를 장착하기 · 교체하기.....	29
2.3 측정 리드를 연결하기.....	30
2.4 Z2002 온도 세서를 연결하기 (TC, ΔT를 사용하는 경우)	31
2.5 전원을 켜기 · 끄기.....	32
■ 전원을 ON 하기	32
■ 전원을 OFF 하기.....	32
■ 자동 절전 기능 (APS) 에 의한 자동 전원 OFF.....	33
■ 자동 절전 기능 (APS) 을 해제하기.....	33
2.6 측정 전 점검	34

3 기본 측정 35

3.1 측정 레인지를 설정하기	36
------------------------	----

3.2 측정대상에 측정 리드를 연결하기.....38

3.3 측정값을 확인하기.....39

- 표시를 전환하기.....39
- 측정 이상을 확인하기.....40
- 측정값을 홀드하기.....42
- 측정값을 메모리하기42

4 측정조건의 커스터마이징 43

4.1 영점 조정하기.....44

4.2 측정값을 안정시키기 (에버리지 기능)48

4.3 온도의 영향을 보정하기 (온도 보정 기능 (TC)).....49

4.4 열기전력에 의한 오프셋을 보정하기
(오프셋 전압 보정 기능 : OVC 기능).....50

4.5 측정이 안정되기까지의 시간을 설정하기
(딜레이 기능)52

4.6 측정전류를 전환하기 (300mΩ 레인지)54

5 판정 · 환산 기능 57

5.1 판정하기 (컴퍼레이터 기능)58

- 상/하한값으로 판정하기(ABS모드).....61
- 기준값과 허용범위로 판정하기 (REF% 모드).....62
- 판정을 소리로 확인하기 (판정음 설정 기능).....63
- 판정을 손안에서 확인하기
(L2105 전면 컴퍼레이터 램프 : 옵션).....64

5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))65

5.3 도체의 길이를 측정하기 (길이 환산 기능).....67

6 패널 세이브 · 로드 (측정조건의 저장 · 불러오기) 69

6.1 측정조건을 저장하기 (패널 세이브 기능).....70

6.2 측정조건을 불러오기 (패널 로드 기능).....71

6.3 패널 내용을 삭제하기72

7 메모리 기능 (측정 데이터의 저장 · 컴퓨터에 내보내기) 73

7.1 임의의 타이밍에 저장하기
(수동 메모리).....75

7.2 측정값이 안정되면 자동으로 저장하기
(자동 메모리).....76

7.3 일정한 간격으로 저장하기
(인터벌 메모리 기능).....77

7.4 저장한 측정 데이터를 표시하기
(메모리 표시 기능).....79

7.5 저장한 측정 데이터를 삭제하기
(메모리 삭제).....80

7.6 저장한 측정 데이터를 컴퓨터에 내보내기
(USB Mass Storage).....84

8 시스템 설정 87

8.1 날짜와 시각 확인화면을 표시하기87

8.2 시계 맞추기.....88

8.3 초기화하기 (리셋).....89

 ■ 초기설정 일람.....90

9 사양 91

일반 사양91

 ■ 측정범위.....91

 ■ 측정방식.....91

 ■ 측정 사양.....91

 ■ 정확도에대해서.....94

 ■ 기능.....95

 ■ 인터페이스.....102



- 환경 · 안전사양103
- 부속품103
- 옵션103

10 유지보수 · 서비스 105

- 10.1 문제해결106
 - Q&A (자주하는 질문).....106
 - 에러 표시와 대처방법.....110
- 10.2 수리 · 점검.....111
- 10.3 측정회로 보호용 퓨즈 교체112
- 10.4 본 기기의 폐기.....113

부록 부1

- 부록1 블록도부1
- 부록2 4단자법 (전압강하법).....부2
- 부록3 직류방법과 교류방법에 대해서부3
- 부록4 온도 보정 기능 (TC) 에 대해서부4
- 부록5 온도 환산 기능 (ΔT) 에 대해서부7
- 부록6 열기전력의 영향에 대해서.....부8
- 부록7 영점 조정에 대해서.....부10
- 부록8 측정값이 불안정할 때.....부16
- 부록9 프린트 기판의 단락위치검출.....부26
- 부록10 측정 리드 (옵션) 에 대해서.....부27
- 부록11 교정에 대해서부28
- 부록12 조정에 대해서.....부32

머리말

저희 HIOKI RM3548 저항계를 구매해 주셔서 대단히 감사합니다. 이 제품을 충분히 활용하고 오랫동안 사용하기 위해서 사용설명서는 소중히 보관하시고 항상 가까운 곳에 두고 사용해 주십시오.

RM3548 을 이후 “본 기기”라 기재합니다.

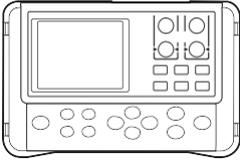
등록상표에 대해서

Windows, Excel 은 미국 마이크로소프트사의 등록상표입니다.

포장내용물 확인

- 본 기기를 수령하시면 수송 중 이상 또는 파손이 없었는지 점검 후 사용해 주십시오.
특히 부속품 및 패널면의 스위치, 단자류를 주의깊게 살펴봐 주십시오. 만일 파손 또는 사양대로 동작하지 않을 경우는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
 - 본 기기를 수송할 경우는 수령하셨을 당시의 포장재료를 사용해 주십시오.
- 포장내용물이 전부 들어 있는지 확인해 주십시오.

- RM3548 저항계



- 사용설명서



- L2107 클립형 리드 (p.30)



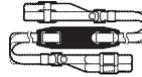
- USB 케이블 (A-miniB 타입)



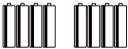
- Z2002 온도 센서 (p.31)



- 스트랩



- 단 3형 알카라인 건전지 (LR6) ×8



- 예비 퓨즈 (F2AH/250 V)



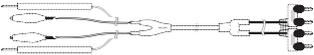
옵션

상세한 내용은 당사 또는 대리점에 문의해 주십시오. (p.부 27)

- L2107 클립형 리드



- 9453 4 단자 리드



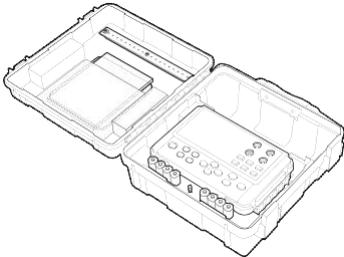
- 9465-10 핀형 리드



- Z2002 온도 센서



- C1006 휴대용 케이스



- 9467 대형 클립형 리드



- 9772 핀형 리드



- 9454 영점 조정 보드



- L2105 전면 콤퍼레이터 램프



안전에 대해서

본 기기는 IEC 61010 안전 규격에 따라 설계되어 시험을 거쳐 안전한 상태로 출하되고 있습니다. 단, 이 사용설명서의 기재사항을 준수하지 않을 경우 본 기기가 갖추고 있는 안전 확보를 위한 기능이 손상될 수 있습니다.

본 기기를 사용하기 전에 다음 안전에 관한 사항을 잘 읽어 주십시오.

위험



잘못된 방법으로 사용하면 인신사고나 기기의 고장으로 이어질 수 있습니다. 이 사용설명서를 숙독하여 충분히 내용을 이해한 후 조작해 주십시오.

경고



전기는 감전, 발열, 화재, 단락에 의한 아크 방전 등의 위험이 있습니다. 전기계측기를 처음 사용하시는 분은 전기계측의 경험이 있는 분의 감독 하에 사용해 주십시오.

이 사용설명서에는 본 기기를 안전하게 조작하고 안전한 상태를 유지하기 위해 필요한 정보 및 주의사항이 기재되어 있습니다. 본 기기를 사용하기 전에 다음 안전에 관한 사항을 잘 읽어 주십시오.

표기에 대해서

본 설명서에서는 리스크의 중대성 및 위험성의 레벨을 다음과 같이 구분해 표기합니다.

 위험	작업자가 사망 또는 중상에 이르는 절박한 위험성이 있는 경우에 관해 기술하고 있습니다.
 경고	작업자가 사망 또는 중상을 입을 가능성이 있는 경우에 관해 기술하고 있습니다.
 주의	작업자가 경상을 입을 가능성이 있거나 혹은 기기 등이 손상 및 고장을 일으킬 것이 예상되는 경우에 대해 기술하고 있습니다.
중요	조작 및 유지보수 작업상, 특별히 알아 두어야 할 정보나 내용이 있는 경우에 기술합니다.
	해서는 안 되는 행위를 나타냅니다.
	반드시 수행해야 하는 “강제” 사항을 나타냅니다.
*	설명을 아래에 기재합니다.
p.	참조처를 나타냅니다.
[]	키의 명칭은 [] 로 묶어 표기합니다.
특별한 단서가 없는 경우, Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 을 “Windows”라 표기합니다.	

기기상의 기호

	주의 및 위험을 나타냅니다. 기기상에 이 기호가 표시된 경우는 사용설명서의 해당 부분을 참조해 주십시오.
	퓨즈를 나타냅니다.
	직류 (DC) 를 나타냅니다.

규격에 관한 기호

	EU 가맹국의 전자, 전기기기의 폐기에 관한 법 규제 (WEEE 지령) 마크입니다.
	유럽 공동체 각료 이사회 지령 (EC 지령)이 제시하는 규제에 적합하다는 것을 나타냅니다.

화면 표시에 대해서

본 기기에서는 화면 표시를 다음과 같이 표기합니다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	b	C	d	E	F	G	H	ı	ı	ı	L	ñ	no	P	q	r	S	t	U	u	y	ı	ı	ı	ı
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0																

정확도에 대해서

당사에서는 측정값의 한계오차를 다음에 나타내는 f.s. (full scale) , rdg. (reading) , dgt. (digit) 에 대한 값으로써 정의합니다.

f.s.	(최대 표시값) 일반적으로는 최대 표시값을 나타냅니다. 본 기기에서는 현재 사용 중인 레인지를 나타냅니다.
rdg.	(판독값, 표시값, 지시값) 현재 측정 중인 값, 측정기가 현재 지시하고 있는 값을 나타냅니다.
dgt.	(분해능) 디지털 측정기의 최소 표시 단위, 즉 최소 자릿수인 “1”을 나타냅니다.

참조 : “정확도의 계산 예” (p.94)

사용 시 주의사항

본 기기를 안전하게 사용하고 기능을 충분히 활용하시기 위해서 다음 주의사항을 지켜 주십시오.

사용 전 확인

사용 전에는 보관 및 수송에 의한 고장이 없는지 점검과 동작확인을 한 후 사용해 주십시오. 고장이 확인된 경우는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

위험



리드선, 케이블의 피복이 벗겨지거나 금속이 노출되지 않았는지 사용하기 전에 확인해 주십시오. 손상이 있는 경우는 감전사고로 이어질 수 있으므로 당사 지정 제품으로 교체해 주십시오.

본 기기의 설치에 대해서

설치환경

사용 온습도 범위 0°C ~ 40°C 80% RH 이하 (결로 없을 것)

보관 온습도 범위 -10°C ~ 50°C 80% RH 이하 (결로 없을 것)

본 기기의 고장, 사고의 원인이 되므로 다음과 같은 장소에는 설치하지 마십시오.

주의



- 직사광선에 노출되는 장소, 고온이 되는 장소
- 부식성 가스나 폭발성 가스가 발생하는 장소
- 물, 기름, 약품, 용제 등에 노출되는 장소
- 습도가 높거나 결로 현상이 일어나는 장소
- 강력한 전자파가 발생하는 장소, 전기를 띤 물체 근처
- 먼지가 많은 장소
- 유도가열장치 근처 (고주파 유도가열장치, IH 조리기구 등)
- 기계적 진동이 많은 장소

중요

트랜스나 대전류로 등 강한 자계가 발생하는 근처, 또는 무선기기 등 강한 전계가 발생하는 근처에서는 정확하게 측정할 수 없는 경우가 있습니다.

본 기기의 취급에 대해서

⚠ 경고



- 본 기기를 적시거나 젖은 손으로 측정하지 마십시오. 감전사고의 원인이 됩니다.
- 개조, 분해, 수리하지 마십시오. 화재나 감전사고, 부상의 원인이 됩니다.

⚠ 주의



- 불안정한 받침대 위나 기울어진 장소에 두지 마십시오. 떨어지거나 쓰러지면 부상 및 본체 고장의 원인이 됩니다.
- 본 기기의 손상을 막기 위해 운반 및 취급 시에는 진동, 충격을 피해 주십시오. 특히 낙하 등에 의한 충격에 주의해 주십시오.
- 본 기기의 손상을 피하기 위해 측정단자, TEMP.SENSOR 단자, COMP.OUT 단자에 전압이나 전류를 입력하지 마십시오.

수송 시 주의

본 기기를 수송할 때는 다음 사항에 주의해 주십시오.

또한 수송 중 발생한 파손에 대해 당사는 보증할 수 없으므로 양해 부탁드립니다.

⚠ 주의



- 본 기기를 수송할 때는 진동이나 충격으로 인해 파손되지 않도록 취급해 주십시오.
- 본 기기의 손상을 피하기 위해 수송할 때는 부속품 및 옵션류를 본 기기에서 분리해 주십시오.

장시간 사용하지 않을 경우

중요

배터리 액 누설로 인한 부식과 본 기기의 손상을 막기 위해 장시간 사용하지 않을 때는 배터리를 빼고 보관하십시오.

리드선 종류의 취급에 대해서

⚠ 위험



감전사고를 막기 위해 측정 리드의 선단으로 전압이 걸린 라인을 단락하지 마십시오.

⚠ 주의



- 리드선 종류의 피복이 손상될 수 있으니 밟거나 끼우지 마십시오.
- 단선에 의한 고장을 막기 위해 케이블 및 리드선의 접합부를 구부리거나 잡아 당기지 마십시오.
- 단선 방지를 위해 커넥터를 뺄 때는 플러그 부분(케이블 이외)을 잡고 뽑아 주십시오.
- 편형 리드의 선단은 날카로워 위험합니다. 다치지 않도록 취급 시 충분히 주의해 주십시오.
- 리드선이 녹으면 금속부가 노출되어 위험합니다. 발열부 등에 닿지 않도록 하십시오.
- Z2002 온도 센서는 정밀하게 가공되어 있습니다. 과도하게 높은 전압 펄스나 정전기가 가해지면 파손될 수 있습니다.
- Z2002 온도 센서 선단에 과도한 충격을 가하거나 리드선을 무리하게 구부리지 마십시오. 고장 및 단선의 원인이 됩니다.

중요

- 본 기기를 사용할 때는 반드시 당사 지정 측정 리드, 온도 센서를 사용해 주십시오. 지정 이외의 것을 사용하면 접촉 불량 등으로 인해 정확하게 측정할 수 없는 경우가 있습니다.
- 측정 리드, 온도 센서의 잭이 오염된 경우는 접촉저항 증가로 인해 온도 측정값에 영향을 주므로 오염을 제거해 주십시오.
- 온도 센서의 커넥터가 빠지지 않도록 주의해 주십시오. (빠지면 온도 보정 및 온도 환산 기능을 사용할 수 없습니다)

스트랩을 장착하기 전에

⚠ 주의



스트랩은 본 기기 장착부 4 곳에 확실하게 장착해 주십시오. 제대로 장착하지 않으면 운반 시 본 기기가 떨어져 파손될 수 있습니다.

배터리에 대해서

⚠ 경고



• 배터리를 쇼트, 충전, 분해 또는 불 속에 넣지 마십시오. 파열될 수 있어 위험합니다.



• 감전사고를 피하기 위해 측정 리드를 분리한 후 배터리를 교체해 주십시오.
• 교체 후에는 반드시 커버를 장착한 후 사용해 주십시오.

⚠ 주의

성능 열화 및 배터리 액 누설의 원인이 되므로 다음을 준수해 주십시오.



• 새 것과 현 것, 종류가 다른 배터리를 혼재해 사용하지 마십시오.
• 극성 + -에 주의해 반대방향으로 삽입하지 마십시오. 성능 열화 및 액 누설의 원인이 됩니다.
• 사용 권장 기한이 지난 배터리는 사용하지 마십시오.
• 다 쓴 배터리를 본 기기에 넣어 두지 마십시오.



• 배터리 액 누설에 의한 부식과 본 기기의 손상을 막기 위해 오랫동안 사용하지 않을 때는 배터리를 빼고 보관해 주십시오.

중요

- 점등 시는 배터리가 소모되었으므로 빨리 교체해 주십시오. 점멸 시는 배터리가 소모되어 측정할 수 없으므로 새 배터리로 교체해 주십시오.
- 사용 후에는 반드시 전원을 꺼 주십시오.
- 본 서에서의 “배터리”는 본 기기의 구동용 배터리를 말합니다.
- 지정 배터리(단 3 형 알카라인 건전지) 이외의 배터리는 사용하지 마십시오.
Ni-MH 전지는 충전상태나 열화상태에 따라 액이 누설될 가능성이 있습니다.
- 배터리는 지역에 정해진 규칙에 따라 처분해 주십시오.

배터리 잔량 표시

표시	
	배터리 잔량 있음.
	잔량이 줄면 왼쪽부터 눈금이 사라집니다.
	배터리가 소모되었으므로 빨리 교체해 주십시오.
	(점멸) 배터리 잔량 없음. 새 배터리로 교체해 주십시오.

측정 리드를 연결하기 전에

⚠ 위험



감전 · 단락사고를 피하기 위해 측정 리드를 연결하기 전에 측정대상의 전원을 꺼 주십시오.

L2105 전면 콤포레이터 램프를 연결하기 전에

⚠ 주의



- 기기 및 L2105 전면 콤포레이터 램프의 고장을 막기 위해 본 기기의 전원을 끈 후 연결해 주십시오.
- COMP.OUT 단자는 L2105 전용 단자입니다. L2105 이외는 연결하지 마십시오.
- 커넥터를 확실하게 연결하지 않으면 사양을 만족하지 못하는 경우가 있습니다.
- 결속 밴드를 사용할 때는 측정 리드를 너무 강하게 조이지 마십시오. 측정 리드가 파손될 수 있습니다.
- 케이블의 심선이나 피복이 손상될 수 있으므로 다음에 주의해 주십시오.
케이블을 비틀거나 잡아 당기지 말 것.
램프 부근의 케이블을 작게 구부려 연결하지 말 것.

Z2002 온도 센서를 연결하기 전에

⚠ 경고



커넥터를 확실하게 연결하지 않으면 사양을 만족하지 못하거나 고장의 원인이 됩니다.

⚠ 주의



- 기기 및 Z2002 온도 센서의 고장을 막기 위해 본 기기의 전원을 끈 후 연결해 주십시오.
- Z2002 온도 센서는 TEMP.SENSOR 단자 안쪽까지 깊숙이 삽입해 주십시오. 확실하게 연결하지 않으면 측정값에 큰 오차가 생길 수 있습니다.

중요

Z2002 온도 센서의 잭이 오염된 경우는 온도 측정값에 오차가 생기므로 오염을 제거해 주십시오.

측정하기 전에

⚠ 위험

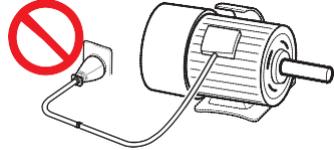


감전사고를 막기 위해 측정 리드의 선단으로 전압이 걸린 라인을 단락시키지 마십시오.

⚠ 경고



- 감전사고 및 본 기기의 손상을 막기 위해 측정 단자부에 전압을 입력하지 마십시오. 또한, 전기사고를 막기 위해 측정대상의 전원을 끈 후 측정해 주십시오.



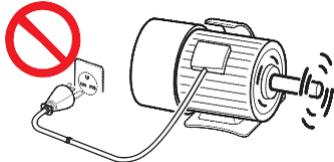
측정대상이 전원에 연결되어 있음

- 측정대상에 연결하는 순간, 혹은 분리하는 순간에 스파크가 발생하는 경우가 있습니다. 폭발성 가스가 발생하는 장소에서는 사용하지 마십시오.

⚠ 주의



- 전압이 가해지고 있는 부분은 측정하지 마십시오. 모터의 전원을 꺼도 모터가 타성회전하고 있는 상태에서는 단자에 큰 기전력이 발생합니다. 트랜스나 모터의 내압시험 직후에 측정하면 유기전압 및 잔류전하에 의해 본 기기에 손상을 줍니다.



타성회전 중

- 인덕턴스가 5H 이상이고 저항이 1Ω 이하인 트랜스나 코일을 측정하는 경우는 측정전류가 1 A 가 되는 $3m\Omega$ 레인지 및 $30m\Omega$ 레인지를 사용하지 마십시오. 본 기기가 파손될 수 있습니다.
- 배터리의 내부저항은 측정할 수 없습니다. 본 기기가 파손됩니다. 배터리의 내부저항을 측정하는 경우는 HIOKI 3554, 3555, BT3562, BT3563, 3561 배터리 하이테스터 등을 사용해 주십시오.

중요

- SOURCE 단자는 퓨즈에 의해 보호되고 있습니다. 퓨즈가 단선된 경우에는 “FUSE”라 표시되고 저항값을 측정할 수 없습니다. 퓨즈가 단선된 경우에는 퓨즈를 교체해 주십시오. (p.112)
- 본 기기는 직류전류로 측정을 하기 때문에 열기전력의 영향을 받아 측정오차가 생기는 경우가 있습니다. 이러한 경우는 오프셋 전압 보정 기능을 이용해 주십시오.
“4.4 열기전력에 의한 오프셋을 보정하기 (오프셋 전압 보정 기능 : OVC 기능)” (p.50)
“부록 6 열기전력의 영향에 대해서” (p.부 8)
- 인덕턴스가 큰 전원 트랜스나 개방형 솔레노이드 코일 등을 측정하는 경우에는 측정값이 불안정한 경우가 있습니다. 그러한 경우는 SOURCE A-B 사이에 1 μ F 정도되는 필름 콘덴서를 연결해 주십시오.
- SOURCE-A, SENSE-A, SENSE-B, SOURCE-B 배선은 각각 확실하게 절연시켜 주십시오. 심선이나 실드가 서로 닿으면 정확한 4 단자 측정을 유지할 수 없게 되어 오차가 발생합니다.

Z2002 온도 센서를 사용하는 경우

⚠ 주의



Z2002 온도 센서는 방수구조로 되어 있지 않습니다. 물 등에 넣지 마십시오.

중요

- 온도 보정할 측정대상과 Z2002 온도 센서가 주위 온도에 충분히 익숙해진 후 측정해 주십시오. 그렇지 않으면 큰 오차가 생깁니다.
- Z2002 온도 센서를 맨손으로 잡으면 유도 노이즈가 타 측정값이 안정되지 않을 수 있습니다.
- Z2002 온도 센서는 주위 온도 측정용입니다. Z2002 온도 센서를 측정대상의 표면 등에 장착해도 측정대상 자체의 온도는 정확하게 측정할 수 없습니다.
- Z2002 온도 센서는 TEMP.SENSOR 단자에 안쪽까지 깊숙이 삽입해 주십시오. 확실하게 연결하지 않으면 측정값에 큰 오차가 생기는 경우가 있습니다.

1 개요

1.1 개요와 특징점

HIOKI RM3548은 4 단자법으로 모터 · 트랜스 등의 권선 저항, 용접 저항, 프린트 기판의 패턴 저항, 퓨즈 및 저항기, 전도성 고무 등 소재의 저항 등 다양한 직류저항을 고정밀도로 측정할 수 있습니다. 본 기기에는 온도 보정 기능이 탑재되어 있어 특히 온도에 따라 저항값이 변하는 측정대상측정에 적합합니다.

소형 경량이면서 뛰어난 스펙

- 35,000 dgt. 의 고분해능
- 측정전류 1 A에 의해 0.1 $\mu\Omega$ 분해능

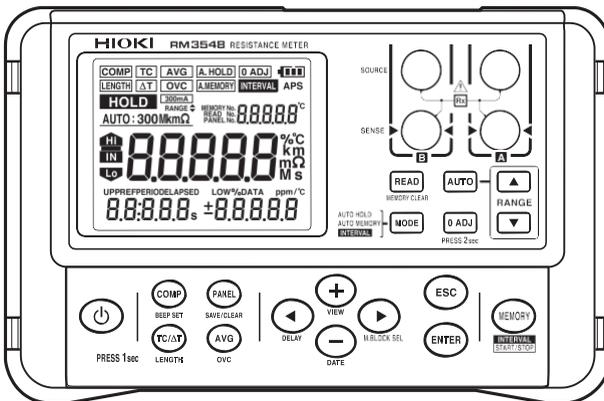
측정 전 워밍업 · 영점 조정이 필요없음

온도 상승 시험 (통전 정지 시의 온도 추정) 이 간단

- 온도 환산 기능 · 인터벌 기능
- 메모리한 측정 데이터는 컴퓨터에 파일 복사

유지보수 · 대형 제품 검사에 최적인 형태로 측정대상으로부터 눈과 손을 떼지 않고 측정 가능

- 스트랩이 장착 가능한 휴대형 타입
- 자동 메모리 기능, 자동 홀드 기능, L2105 전면 콤포레이터 램프 (옵션)



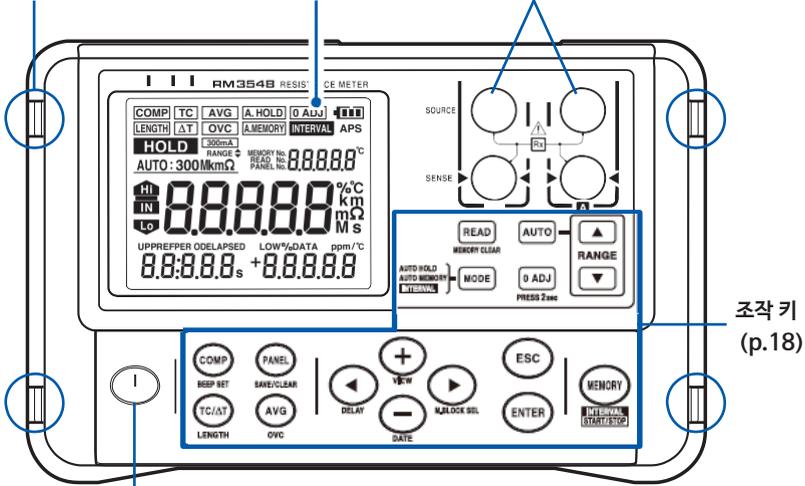
1.2 각 부의 명칭과 조작 개요

정면

스트랩 장착 구멍
(4군데) (p.28)

표시부 (p.22)

측정단자 (p.30)



[POWER] 키

전원을 ON/OFF 합니다. (p.32)

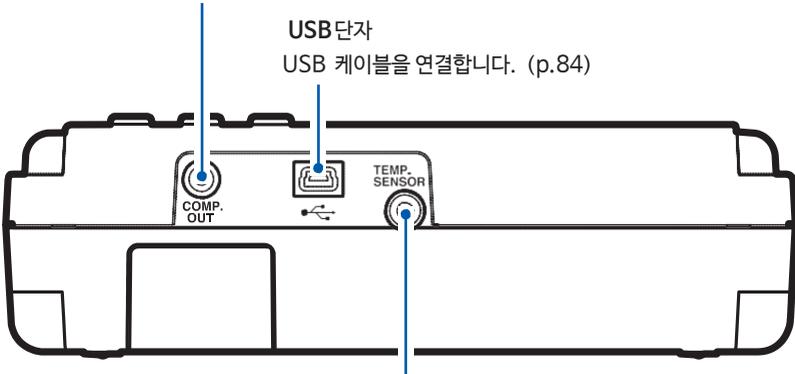
윗면도

COMP. OUT 단자

옵션의 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결합니다. (p.64)

USB 단자

USB 케이블을 연결합니다. (p.84)



TEMP.SENSOR 단자

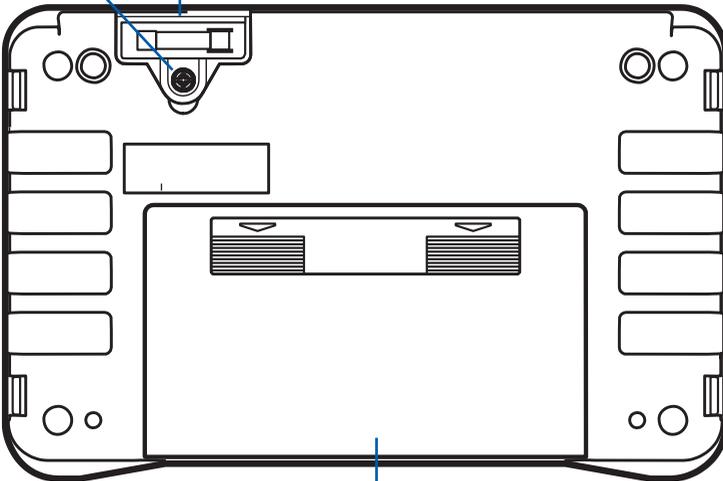
부속 Z2002 온도 센서를 연결합니다. (p.31)

뒷면도

퓨즈 커버

안에 측정회로 보호용 퓨즈가 들어 있습니다. (p.112)

고정 나사



배터리 커버

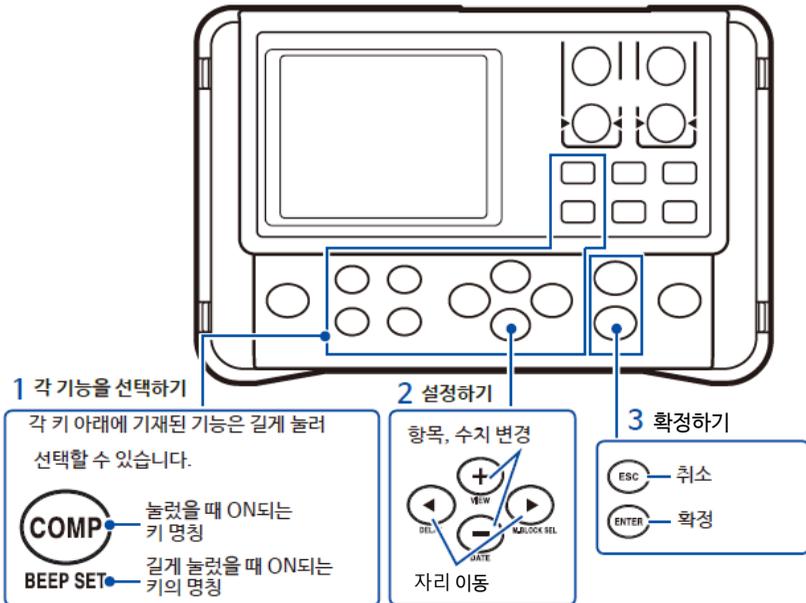
안에 단 3 형 알카라인 건전지가 8 개 들어 있습니다. (p.29)

조작 키

키	설명
 <p>COMP BEEP SET</p>	<p>[COMP] 키 (p.60)</p> <ul style="list-style-type: none"> •컴퍼레이터 기능 : oFF→ ON (ABS 모드) → ON (REF%모드) <p>[BEEPSET] 키 (길게 누름) (p.63)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 판정음 : oFF→ Hi→ in→ Lo→ Hi-Lo→ ALL1 → ALL2
 <p>TC/ΔT LENGTH</p>	<p>[TC/ ΔT] 키 (p.49) (p.65)</p> <ul style="list-style-type: none"> •온도 보정, 온도 환산 기능 : oFF→ TC→ΔT <p>[LENGTH] 키 (길게 누름) (p.67)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 길이 환산 기능 : oFF→ ON
 <p>PANEL SAVE/CLEAR</p>	<p>[PANEL] 키 (p.71)</p> <ul style="list-style-type: none"> •패널 로드 : 패널 번호 변경, PrSEt 은 측정 조건 초기화 <p>[SAVE/CLEAR] 키 (길게 누름) (p.70, p.72)</p> <ul style="list-style-type: none"> •패널 세이브, 삭제 : SAvE→ CLr
 <p>AVG OVC</p>	<p>[AVG] 키 (p.48)</p> <ul style="list-style-type: none"> •에버리지 기능 : oFF→ 2 회→ 5 회→ 10 회→ 20 회 <p>[OVC] 키 (길게 누름) (p.50)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 오프셋 보정 기능 (OVC) : oFF → oN
 <p>DELAY</p>	<p>[←] 키</p> <ul style="list-style-type: none"> • 설정 자리 이동 <p>[DELAY] 키 (길게 누름) (p.52)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 딜레이 기능 : PrSEt (내부 고정값) → 10 ms→ 30 ms→ 50 ms→ 100 ms → 300 ms→ 500 ms→ 1000 ms
 <p>M.BLOCK SEL</p>	<p>[▶] 키</p> <ul style="list-style-type: none"> • 설정 자리 이동 <p>[M.BLOCK SEL] 키 (길게 누름) (p.74)</p> <ul style="list-style-type: none"> •메모리 블록 변경 : A→ b→ C→ d→ E→ F→ G→ H→ J→ L
 <p>VIEW</p>	<p>[+] 키</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수치, 항목 변경 <p>[VIEW] 키 (길게 누름) (p.39)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 표시 전환 : 온도 → 표시 없음→메모리 번호 (MEMORY No)
 <p>DATE</p>	<p>[-] 키</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수치, 항목 변경 <p>[DATE] 키 (길게 누름) (p.87)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 날짜 · 시각 확인 화면 표시
 <p>ESC</p>	<p>[ESC] 키</p> <ul style="list-style-type: none"> • 설정 취소 (설정화면인 경우) • HOLD 상태를 해제 (HOLD 중인 경우)
 <p>ENTER</p>	<p>[ENTER] 키</p> <p>설정의 확정</p>

키	설명
 	[MEMORY] 키 (p.75) • 측정값 저장 (수동 메모리) [START/STOP] 키 (길게 누름) (p.78) • 인터벌 측정 개시/정지 (인터벌 모드 중일 때만)
	[READ] 키 (p.79) • 저장 측정 데이터 표시 [MEMORY CLEAR] 키 (길게 누름) (p.80) • 메모리 삭제 : LAsT (선택한 블록의 최신 데이터) → bLoC (선택한 블록) → ALL (모든 데이터)
	[MODE] 키 (p.42, p.76, p.77) 홀드 메모리 모드 전환 : oFF → A.HOLD (자동 홀드) → A.HOLD, A.MEMORY (자동 메모리) → INTERVAL (인터벌 기능)
	[AUTO] 키 (p.37) 자동 레인지 전환 : AUTO 점등 → 소등
	[0 ADJ] 키 (길게 누름) (p.44) 영점 조정
	[RANGE] 키 (p.36) 측정 레인지 : 3mΩ ↔ 30mΩ ↔ 300mΩ ↔ 3Ω ↔ 30Ω ↔ 300Ω ↔ 3kΩ ↔ 30kΩ ↔ 300kΩ ↔ 3MΩ

조작개요



전원을 켤 때의 설정 일람

다음 설정을 하기 위해서는 본 기기의 전원이 OFF 인 상태에서 특정 키를 누르면서 전원을 ON 할 필요가 있습니다.

상세한 내용은 각 기능의 페이지를 참조해 주십시오.

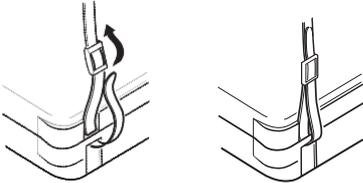
영점 조정을 해제하기 (p.47)	 + 
측정 전류를 전환하기 (p.54)	 + 
자동 절전 기능 (APS) 을 해제하기 (p.33)	 + 
CSV 파일의 소수점 및 단락 위치의 문자열을 변경하기 (p.86)	 + 
시각 설정하기 (p.88)	 + 
저장한 측정 데이터를 전부 삭제하기 (p.83)	 + 
현재의 측정조건을 리셋하기 (p.89)	 +  + 
시스템 리셋하기 (p.89)	 +  +  + 

1.3 측정 순서

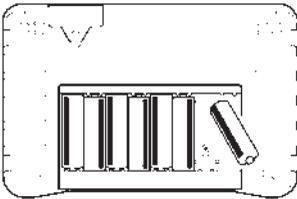
사용 전에는 반드시 “사용 시 주의사항” (p.7) 을 읽어 주십시오.

측정 전 준비

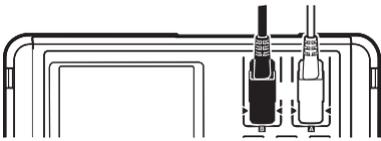
1 스트랩을 장착한다 (p.28)



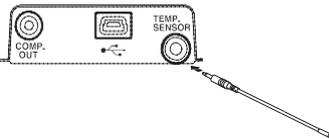
2 배터리를 장착 · 교체한다 (p.29)



3 측정 리드를 연결한다 (p.30)

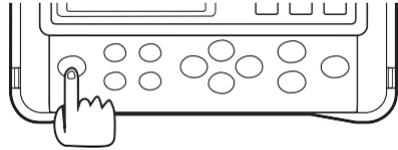


4 Z2002 온도 센서를 연결한다 (p.31)

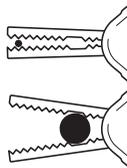
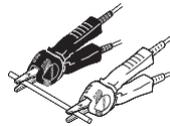


측정

1 전원을 ON 하고 본 기기를 설정한다* (p.32)



2 측정대상에 측정 리드를 연결한다 (p.38)



얇은 선을 클립하는 경우
(선단부에 클립해 주십시오)

두꺼운 선을 클립하는 경우
(이가 없는 안쪽 부분에 클립해 주십시오)

3 측정값을 확인한다 (p.39)

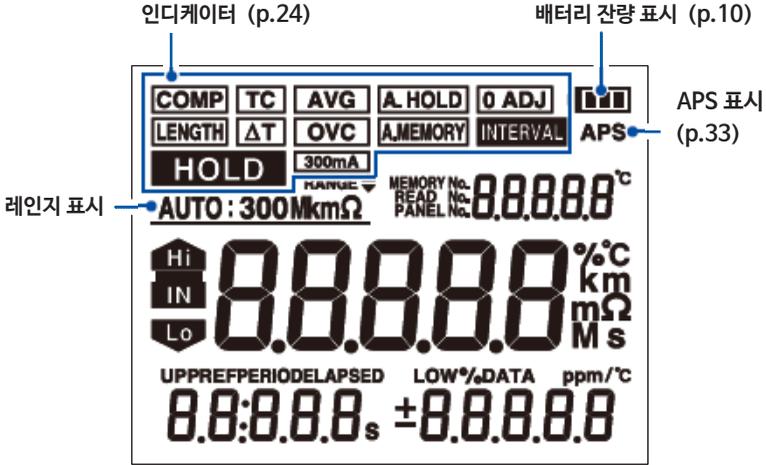
4 측정대상에서 측정 리드를 분리하고
전원을 OFF 한다 (p.32)

* 다음과 같은 경우에는 영점 조정을 실시해 주십시오.
열기전력 등의 영향으로 표시잔여가 신경 쓰일 경우 → 표시가 0 이 됩니다.
(영점 조정을 한 경우와 하지 않은 경우에 정확도는 변함없습니다)
열기전력은 OVC 로도 취소할 수 있습니다. (p.50)
4 단자에서의 배선 (켈빈 배선) 이 곤란한 경우
→ 2 단자 배선되어 있는 잉여저항을 취소합니다.
올바른 영점 조정 방법에 대해서는 (p.부 10) 를 참조해 주십시오.

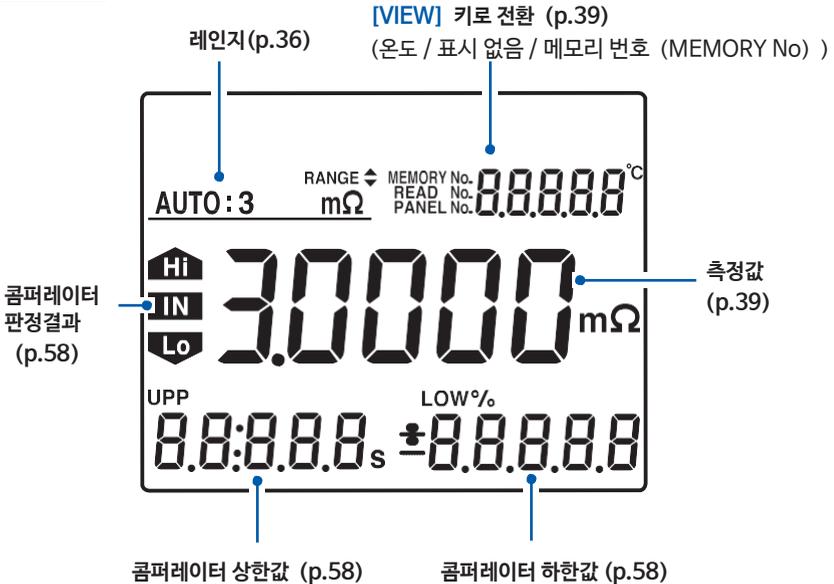
1.4 화면 구성

표시부 (전체 점등 시)

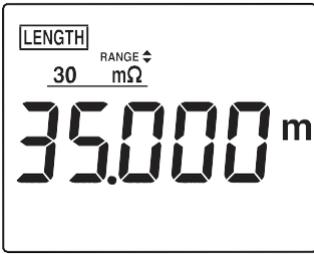
측정조건, 설정상태, 측정값, 메모리 번호 (MEMORY No) , 패널 번호, 콤퍼레이터 설정값, 판정결과 등을 표시합니다. 에러 표시에 대해서는 “에러 표시와 대처방법 (p.110)”을 참조해 주십시오.



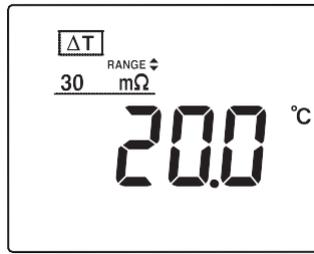
저항측정화면



길이 환산 측정화면 (p.67)

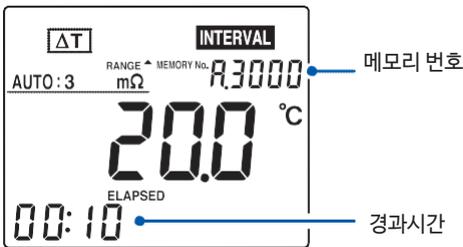


온도환산 (ΔT) 측정화면 (p.65)



1

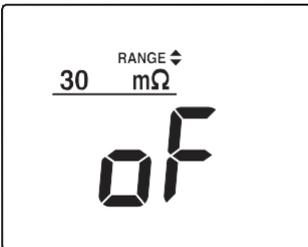
인터벌 측정화면 (p.77)



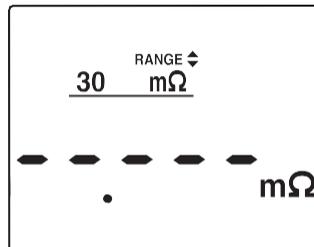
(화면은 ΔT가 ON 되어 있는 경우입니다)

측정값 이외의 표시 (상세한 내용은 “측정 이상을 확인하기” (p.40) 를 참조해 주십시오)

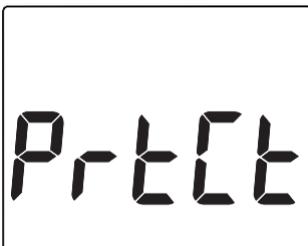
오버 레인지



전류이상



보호 기능이 작동 중



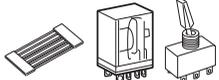
퓨즈 단선



인디케이터	설명	참조
COMP	점등 : 콤퍼레이터 기능이 유효 점멸 : 콤퍼레이터 기능이 유효해서 누른 키에 대한 처리를 실행할 수 없음	(p.60)
LENGTH	점등 : 길이 환산 기능이 유효 점멸 : 길이 환산 기능이 유효해서 누른 키에 대한 처리를 실행할 수 없음	(p.67)
TC	온도 보정 기능이 유효	(p.49)
ΔT	점등 : 온도 환산 기능이 유효 점멸 : 온도 환산 기능이 유효해서 누른 키에 대한 처리를 실행할 수 없음	(p.65)
AVG	측정값의 평균화 기능이 유효	(p.48)
OVC	OVC 기능이 유효	(p.50)
A. HOLD	자동 홀드 기능이 유효	(p.42)
A.MEMORY	자동 메모리 기능이 유효	(p.76)
0 ADJ	점등 : 영점 조정 기능이 유효 점멸 : 영점 조정 중	(p.44)
INTERVAL	점등 : 인터벌 측정 기능이 유효 점멸 : 인터벌 측정 중, 또는 인터벌 측정 기능이 유효해서 누른 키에 대한 처리를 실행할 수 없음	(p.77)
300mA	300mΩ 레인지에서 측정 전류를 Hi (300 mA) 설정	(p.54)
HOLD	측정값이 홀드되어 있음	(p.42)
Hi	콤퍼레이터 판정결과가 측정값 > 상한값	(p.58)
IN	콤퍼레이터 판정결과가 하한값 ≤ 측정값 ≤ 상한값	
Lo	콤퍼레이터 판정결과가 측정값 < 하한값	
RANGE ⇄	레인지 변경이 가능	(p.36)
AUTO	자동 레인지 기능이 유효	
UPP	콤퍼레이터 상한값	(p.58)
LOW	콤퍼레이터 하한값	
REF	콤퍼레이터 기준값	
%	콤퍼레이터 허용범위	
PERIOD	저장 가능 시간 (인터벌 모드 시)	(p.77)
ELAPSED	측정 경과 시간 (인터벌 모드 시)	
DATA	저장 가능 데이터 수	(p.74)
ppm/°C	온도 보정용 온도계수 (온도 보정 설정 시)	(p.49)

1.5 측정대상을 확인하기

정확한 저항측정을 위해 측정대상에 따라 측정조건을 적절하게 변경할 필요가 있습니다. 다음 표의 권장 예를 참고해 본 기기를 설정한 후 측정을 시작해 주십시오.

측정대상	권장 설정 (굵은글자는 초기설정에서 변경한 부분)		
	온도 보정 (p.49) / 온도 환산 (p.65)	OVC (p.50)	300mΩ 레인지의 측정 전류 (p.54)
모터, 솔레노이드, 초크코일, 트랜스, 와이어 하네스 	TC	OFF	Lo
전력용 접점, 와이어 하네스, 커넥터, 릴레이 접점, 스위치 	*1	ON	Lo
도전성 도료, 도전성 고무 	-	OFF	Lo
일반적인 저항측정 퓨즈, 저항기, 히터, 전선, 용접부 	*1	ON	Lo
온도 상승 시험 (모터, 초크코일, 트랜스) 	ΔT^{*2}	OFF	Lo
자동차의 어스 라인 	*1	ON	Hi (300mA)
신호용 접점, 와이어 하네스, 커넥터, 릴레이 접점, 스위치 	본 기기는 개방전압과 측정전류 둘 다 크기 때문에 신호용 접점저항을 측정하면 접점의 상태를 변화시키고 맵니다. 신호용 접점 측정에는 RM3545 를 사용해 주십시오.		

*1 측정대상의 온도 의존성이 클 경우에는 온도 보정을 사용해 주십시오.

*2 인터벌 측정기능을 사용함으로써 일정한 간격마다 측정값을 저장할 수 있습니다. (p.77)

중요
 딜레이 설정 PrSEt (프리셋) 에서 측정이 불가능한 경우는 딜레이를 충분히 길게 설정해 주십시오. (p.52)

측정대상을 확인하기

2

측정 전 준비

사용 전에 반드시 “사용 시 주의사항” (p.9) 을 참조해 주십시오.

스트랩을 장착하기 (p.28)



배터리를 장착 · 교체하기 (p.29)



측정 리드를 연결하기 (p.30)



Z2002 온도 센서를 연결하기 (p.31)



점검하기 (p.34)



전원 켜기 (p.32)



측정

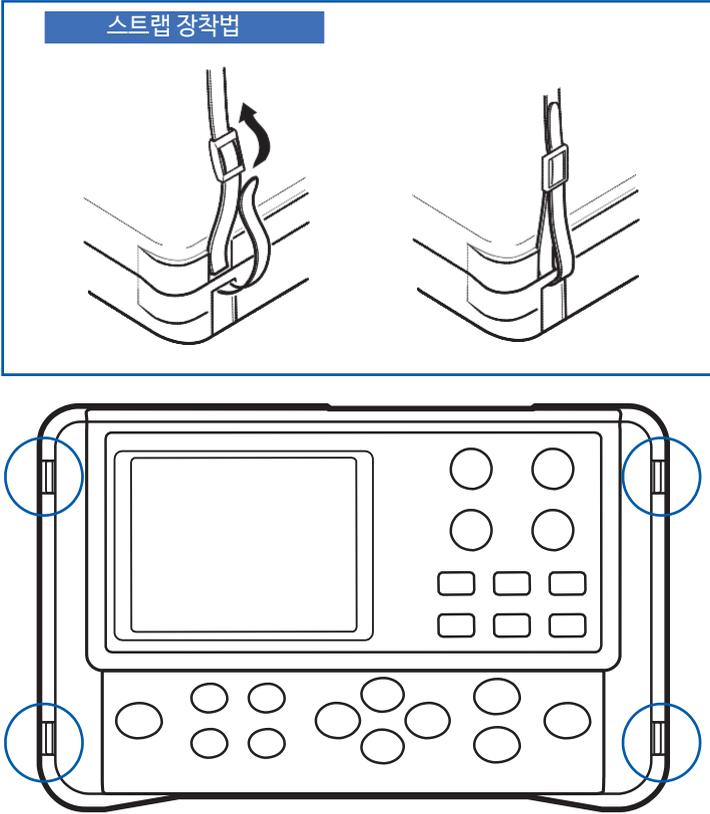


전원 끄기 (p.32)

* 한동안 조작을 하지 않으면 자동으로 전원이 꺼집니다 (APS 기능) (p.33)

2.1 스트랩을 장착하기

스트랩을 장착하면 본 기기를 목에 걸어 사용할 수 있습니다. 다음 방법으로 장착해 주십시오.

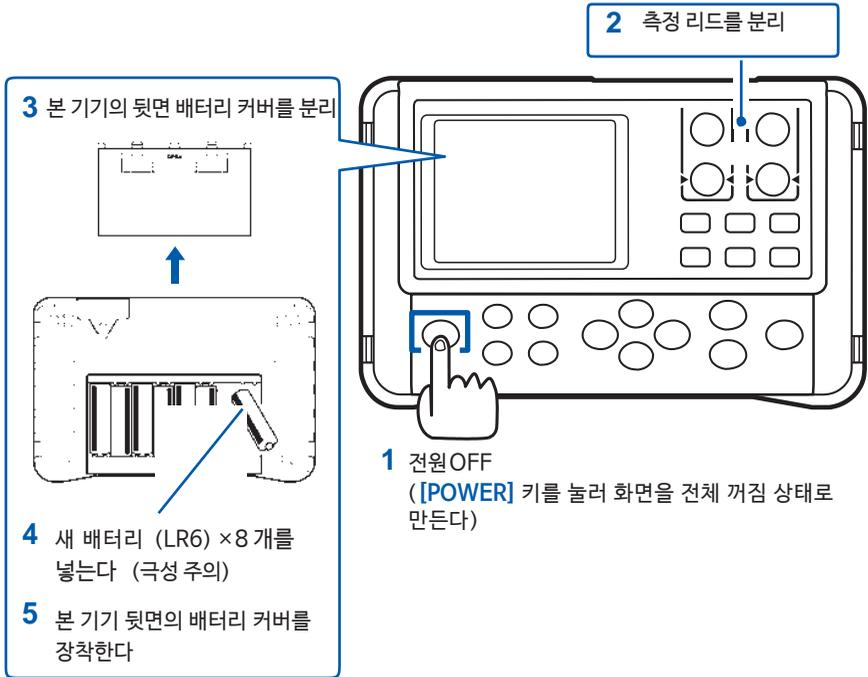


2.2 배터리를 장착 · 교체하기

본 기기를 처음 사용할 때는 단 3형 알카라인 건전지 (LR6) 8 개를 장착해 주십시오. 또한, 측정 전에 충분히 배터리 잔량이 있는지 확인해 주십시오. 배터리 잔량이 부족한 경우는 배터리를 교체해 주십시오. 배터리 잔량은 배터리 마크를 통해 확인할 수 있습니다. (p.10)

준비물

- 단 3형 알카라인 건전지 (LR6) × 8 개

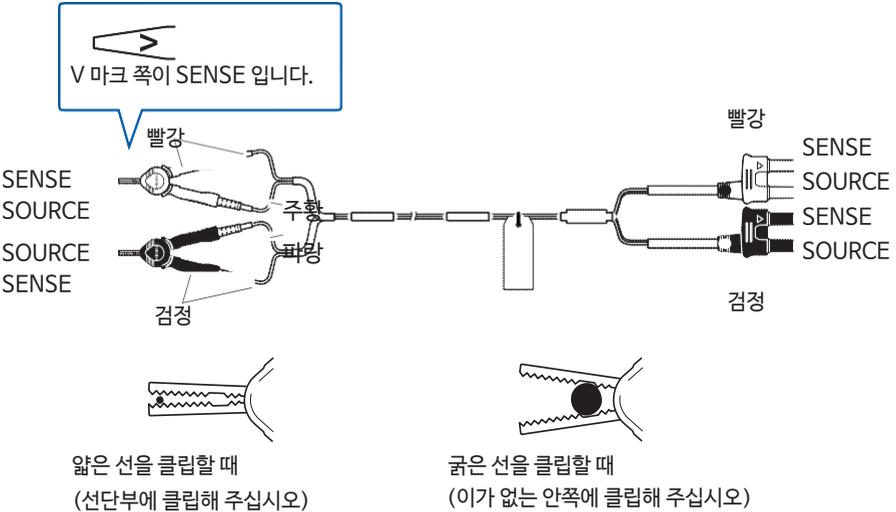


2.3 측정 리드를 연결하기

부속품인 L2107 클립형 리드 또는 다양한 당사 옵션 측정 리드류를 사용해 주십시오. 옵션에 대해서는 “옵션” (p.3) 을 참조해 주십시오.

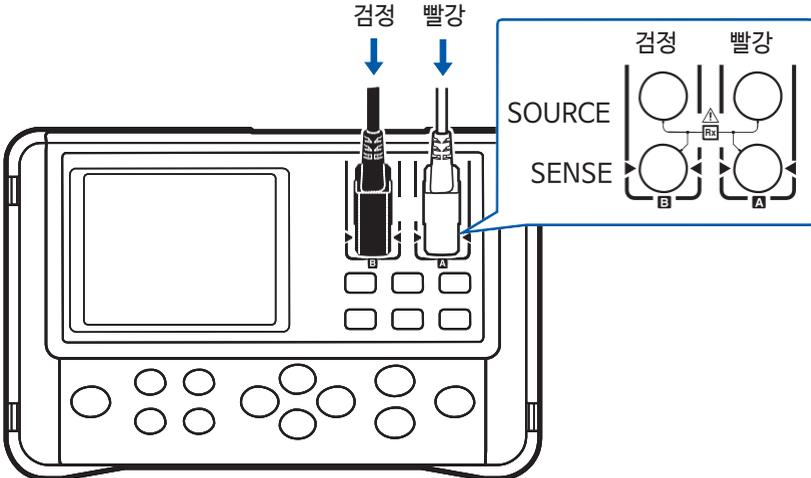
측정 리드에 대해서

(예 : L2107 클립형 리드의 경우)



측정 리드를 본 기기에 연결합니다.

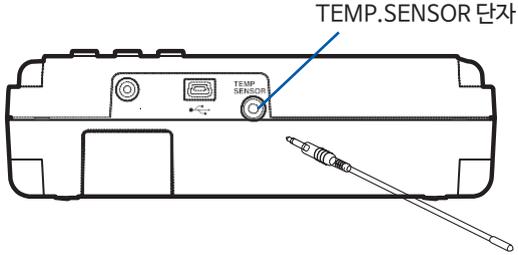
SOURCE (A, B) , SENSE (A, B) 의 4 개 단자를 모두 연결해 주십시오.



2.4 Z2002 온도 센서를 연결하기 (TC, ΔT 를 사용하는 경우)

TEMP.SENSOR 단자에 Z2002 온도 센서를 연결합니다.

연결방법



2

안쪽까지 깊숙이 삽입해 주십시오.

2.5 전원을 켜기 · 끄기

전원을 ON 하기

[POWER] 키로 전원을 ON 합니다. 화면이 전체 점등될 때까지 계속 눌러 주십시오.

전체 점등

셀프 테스트가 실행됩니다.
셀프 테스트 중에는 제품명과 버전 정보가 표시됩니다.

측정화면

SELF TEST ERROR

SELF TEST에서 에러가 난 경우

에러가 표시됩니다.
(p.110)

[POWER]키

전원을 OFF 하기

[POWER] 키로 전원을 OFF 합니다. 화면이 전부 꺼질 때까지 계속 눌러 주십시오.

전부 꺼짐

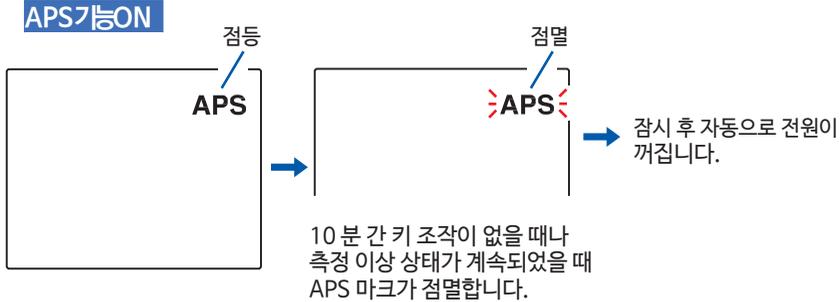
[POWER]키

중요

다시 전원을 ON 하면 전원을 OFF 하기 직전의 상태에서 기동합니다.

자동 절전 기능 (APS) 에 의한 자동 전원 OFF

APS 기능에 의해 사용하지 않을 때는 자동으로 전원이 꺼져 배터리 소모를 억제합니다.

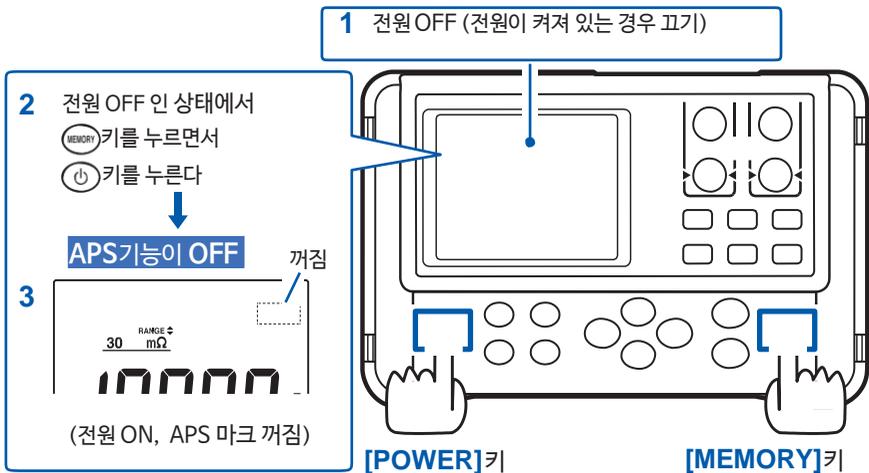


중요

- 인터벌 측정 중, APS 기능이 자동으로 OFF 되고, 인터벌 측정 종료 후에 APS 기능이 자동으로 ON 됩니다.
- USB 연결 시, APS 기능이 자동으로 OFF 되고, USB 연결 해제 후에 APS 기능이 자동으로 ON 됩니다.

자동 절전 기능 (APS) 을 해제하기

전원 OFF 인 상태에서 **[MEMORY]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누르면 APS 기능을 해제할 수 있습니다. APS 기능의 설정은 백업되지 않습니다. 전원을 다시 켜면 APS 기능이 ON 으로 돌아옵니다.



2.6 측정 전 점검

사용 전에는 보관 및 수송에 의한 고장이 없는지 점검과 동작확인을 한 후 사용해 주십시오. 고장이 확인된 경우는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

본 기기 · 주변기기의 확인

점검 항목	대처
본 기기에 파손된 부분이나 균열이 있습니까? 내부회로가 노출되었습니까?	손상이 있는 경우는 사용하지 말고 수리를 맡겨 주십시오.
단자에 금속편 등 이물질이 부착되어 있습니까?	이물질이 부착된 경우는 면봉 등을 이용해 제거해 주십시오.
측정 리드의 피복이 벗겨지거나 노출되었습니까?	손상이 있는 경우는 측정값이 불안정해지거나 오차가 생길 수 있습니다. 손상되지 않은 것으로 교체하실 것을 권장합니다.

전원 투입 시의 확인

점검 항목	대처
배터리 잔량은 충분합니까?	표시부 오른쪽 위에  로 현재의 상태를 나타냅니다.  가 표시된 경우는 배터리가 소모된 것이므로 빨리 교체해 주십시오.  표시가 점멸하는 경우는 배터리가 없어 측정할 수 없습니다. 배터리를 교체해 주십시오.
표시되지 않는 항목은 없습니까?	전원을 켜를 때 전체 점등 표시되는지 확인해 주십시오. (p.22) 표시되지 않는 항목이 있다면 수리를 맡겨 주십시오.
전원을 켜를 때 전체 점등→제품명→측정화면 의 순서대로 표시됩니까?	표시가 다를 경우는 본 기기 내부가 고장났을 가능성이 있습니다. 수리를 맡겨 주십시오. 참조: “10.1 문제 해결” (p.106) “에러 표시와 대처방법” (p.110)

3

기본 측정

측정하기 전에는 반드시 “측정하기 전에” (p.12) 를 참조해 주십시오.

본 장에서는 본 기기를 사용하는데 필요한 기본적인 조작방법에 대해 설명합니다.

- “3.1 측정 레인지를 설정하기” (p.36)
- “3.2 측정대상에 측정 리드를 연결하기” (p.38)
- “3.3 측정값을 확인하기” (p.39)

3

측정조건외의 커스터마이징에 대해서는 “측정조건외의 커스터마이징” (p.43) 를 참조해 주십시오.

3.1 측정 레인지를 설정하기

측정 레인지를 선택합니다. 자동 선택(자동 레인지) 도 가능합니다.

중요

자동 레인지의 경우나 30 mΩ 레인지 이하로 설정한 경우는 최대 1 A의 전류가 측정대상에 일정하게 흘러 최대 2 W 정도의 전력이 인가될 가능성이 있습니다*. 측정전류에 따라 다음과 같은 문제가 우려될 경우에는 측정전류가 더 작은 레인지를 선택하십시오.

- 측정대상이 용단된다 (퓨즈, 인플레이터)
- 측정대상이 발열해 저항값이 변화한다
- 측정대상이 자화(磁化)해 인덕턴스가 변화한다

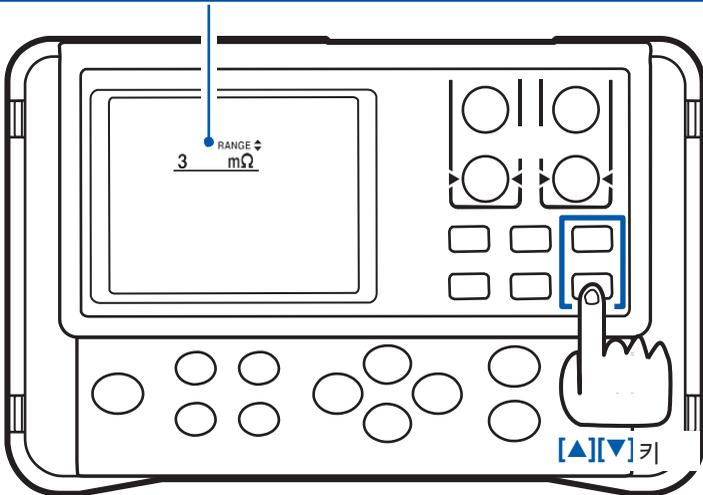
측정대상의 전력은 각 레인지의 측정범위 내라면 전력은 저항값 × (측정전류)²가 됩니다. 측정범위를 넘으면 최대 개방전압 × 측정전류가 되는 경우가 있습니다.

측정 레인지를 확인한 후 측정대상을 연결해 주십시오.

* 측정대상에 연결한 순간은 최대 5 A의 돌입전류가 흐릅니다.
(수속시간(収束時間) : 순저항의 경우 약 1 ms)

수동 레인지로 설정하기

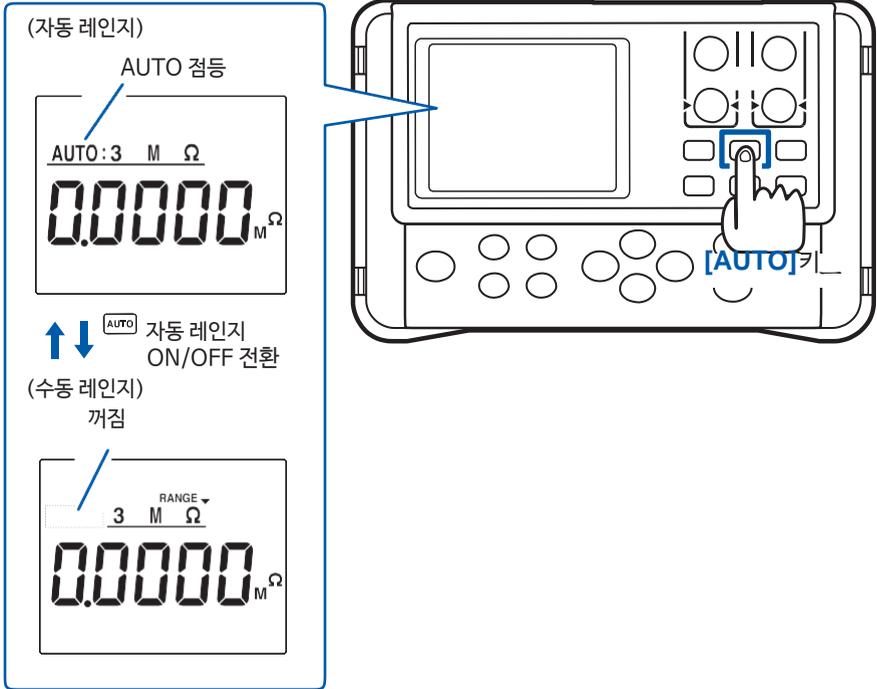
3mΩ ↔ 30mΩ ↔ 300mΩ ↔ 3Ω ↔ 30Ω ↔ 300Ω ↔ 3kΩ ↔ 30kΩ ↔ 300kΩ ↔ 3MΩ



자동 레인지로 설정하기

[AUTO] 키로 자동 레인지로 전환합니다. (초기설정은 AUTO)

자동 레인지로 설정한 경우는 AUTO 가 점등됩니다.

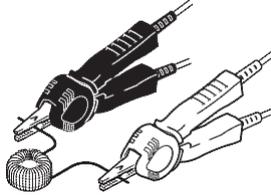


중요

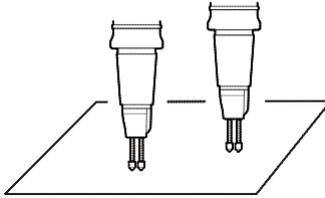
- 자동 레인지 ON 인 상태에서 레인지를 변경하면 자동으로 자동 레인지가 해제되고 수동 레인지가 됩니다.
- 콤퍼레이터 기능을 ON 하면 레인지가 고정되어 변경할 수 없게 됩니다. 레인지를 변경할 경우는 콤퍼레이터 기능을 OFF 로 하거나, 콤퍼레이터 설정 중에 레인지를 변경해 주십시오.
- 측정대상에 따라서는 자동 레인지가 안정되지 않는 경우가 있습니다. 이 때는 수동으로 레인지를 지정하거나, 딜레이 시간을 길게 설정해 주십시오. (p.52)
각 레인지의 측정 정확도는 “(1) 저항측정 정확도” (p.91) 를 참조해 주십시오.

3.2 측정대상에 측정 리드를 연결하기

예 : L2107 의 경우



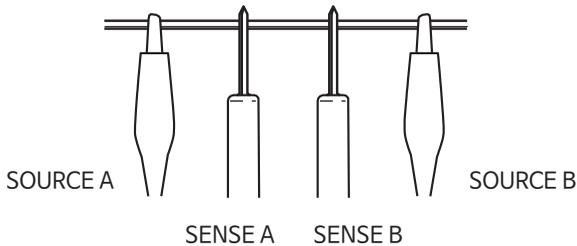
예 : 9772 의 경우



(갓다 댄다)

예 : 9453 의 경우

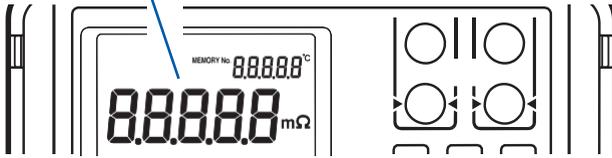
SENSE 단자는 SOURCE 단자보다 더 안쪽에 배치



3.3 측정값을 확인하기

저항값이 표시됩니다.

측정값 이외가 표시된 경우는 “측정 이상을 확인하기” (p.40)를 참조해 주십시오.



저항 이외의 측정값으로 환산하고 싶은 경우는 다음을 참조해 주십시오.

- “5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))” (p.65)
- “5.3 도체의 길이를 측정하기 (길이 환산 기능)” (p.67)

중요

측정값에 부호 (-) 가 붙는 경우는 다음을 확인해 주십시오.

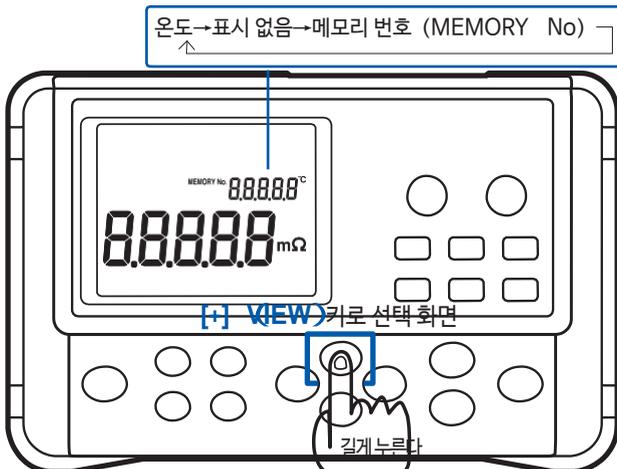
- SOURCE 선 또는 SENSE 선의 결선이 반대로 되어 있다
→올바르게 배선해 주십시오.
- 2 단자 측정에서 영점 조정을 해, 그 후 접촉 저항이 작아졌다
→영점 조정을 다시 실시해 주십시오.

표시를 전환하기

[+] (VIEW) 키를 길게 누르면 오른쪽 상단의 표시를 변경할 수 있습니다.

(온도 / 표시 없음 / 메모리 번호 (MEMORY No))

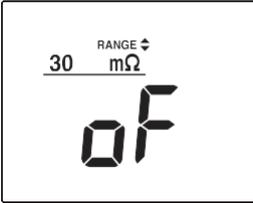
측정 중에 표시하고자 하는 항목을 선택할 수 있습니다.



측정 이상을 확인하기

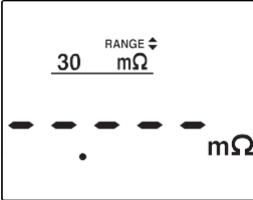
올바르게 측정하지 못한 경우, 화면에 측정 이상이 표시됩니다.

오버 레인지 *1



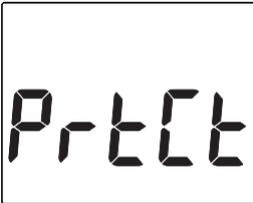
측정범위나 표시범위를 넘었을 때 표시됩니다.
 oF 표시일 때의 콤퍼레이터 판정은 "Hi",
 -oF 표시일 때의 콤퍼레이터 판정은 "Lo"입니다.
 온도 측정도 마찬가지로 측정범위를 넘으면 oF 표시가 됩니다.

전류 이상 또는 미측정



다음 두 가지 경우에 표시됩니다.
 "- - - - -" 표시된 경우는 콤퍼레이터 판정을 하지 않습니다.
 1. 전류 이상 *2
 SOURCE A, SOURCE B 단자에 전류를 흘려보낼 수 없는 상태입니다.
 2. 측정조건을 변경한 뒤로 한 번도 측정이 행해지지 않았습니다.

보호기능이 동작 중



본 기기에서는 측정단자에 과전압이 입력되면 내부회로의 보호기능이 동작합니다. 잘못해서 과전압을 입력해 버린 경우는 바로 측정 리드를 측정대상에서 분리해 주십시오. 보호기능이 동작 중일 때는 측정할 수 없습니다. 보호기능을 해제하려면 측정 리드의 A 측(빨강)과 B 측(검정)을 접촉시키거나, 전원을 다시 켜 주십시오.

퓨즈 단선



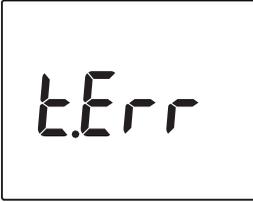
본 기기에서는 측정단자에 퓨즈가 달려 있어 과전압 입력 보호를 하고 있습니다. 잘못해서 전압을 입력해 퓨즈가 끊어진 경우는 퓨즈를 교체해 주십시오. (p.112)

Z2002 온도 센서 미연결



Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않아 온도 측정을 할 수 없습니다.
 TC 나 ΔT 를 사용하지 않는 경우는 Z2002 온도 센서를 연결할 필요가 없습니다. 온도를 표시하고 싶지 않은 경우는 [+](VIEW) 키로 표시를 전환해 주십시오.

온도 연산 에러



TC 나 ΔT 를 ON 했을 때 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나, 온도가 of 표시로 되어 있습니다. Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

중요

측정대상에 SOURCE 단자 측이 연결되어 있고 SENSE 단자 측이 접촉 불량인 경우에는 불안정한 측정값이 표시되는 경우가 있습니다.

***1 오버 검출 기능**

오버로 검출되는 예

오버 검출	측정 예
측정범위를 넘었을 때	30m Ω 레인지에서 40m Ω 을 측정
측정값의 상대 표시(% 표시) 가 표시범위 (999.99%) 를 넘었을 때	기준값 20 Ω 에서 500 Ω (+2400%) 을 측정
측정 중에 A/D 컨버터의 입력이 범위를 넘었을 때	외래 노이즈가 큰 환경에서 고저항 측정을 했을 경우 등
연산 결과를 표시할 수 없을 때	길이 환산 기능의 연산 결과가 999.99 km 를 초과

***2 전류 이상 검출 기능**

전류 이상으로 검출되는 예

- SOURCE A, SOURCE B 프로브가 개방상태
- 측정대상이 단선됨 (오픈 워크)
- SOURCE A, SOURCE B 배선의 단선, 연결 불량

중요

배선저항이 다음 값을 초과하면 전류 이상이 되어 측정할 수 없게 됩니다. 측정전류 1 A 의 레인지에서는 배선저항 및 측정대상과 측정 리드 사이의 접촉 저항을 낮게 억제해 주십시오.

레인지 [Ω]	3m	30m	300m	3	30	300	3k	30k~3M
배선저항 및 접촉저항 (SOURCE B-SOURCE A 의 저항값 : 측정대상 제외) [Ω]	0.5		10		100	2k	800	2k

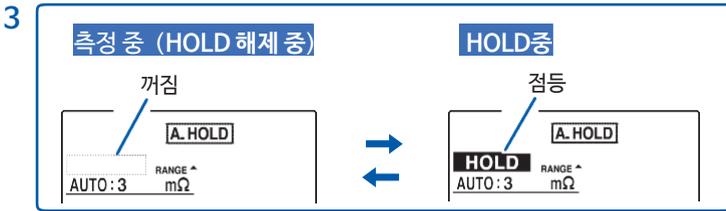
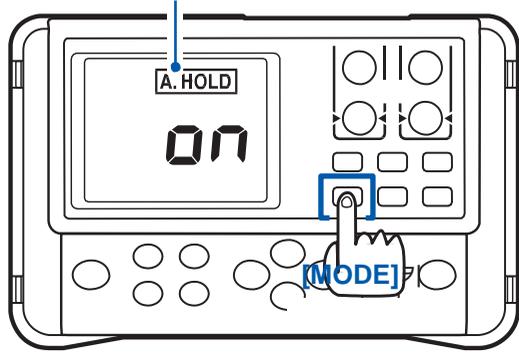
(참고값)

측정값을 홀드하기

측정값을 확인할 때는 자동 홀드 기능이 편리합니다. 측정값이 안정되면 자동으로 홀드합니다.

- 1 OFF→자동 홀드 (A.HOLD)→자동 메모리 (A.HOLD,A.MEMORY)
→인터벌 (INTERVAL)→OFF

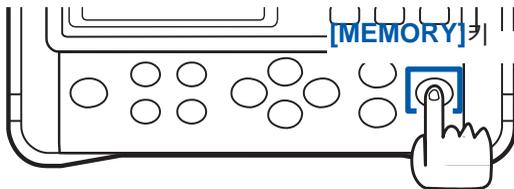
- 2
 - ESC 취소
 - ENTER 확정



한번 측정대상에서 측정 리드를 떼었다가 다시 측정대상에 측정 리드를 접촉시키면 HOLD 가 해제됩니다. 또한, 레인지를 전환하거나 [ESC] 키를 눌러도 해제됩니다.

측정값을 메모리하기

측정값을 나중에 확인하는 경우에는 메모리 기능이 편리합니다.
표시된 측정값을 저장합니다.



메모리 기능에 대한 상세한 내용은 “7.1 임의의 타이밍으로 저장하기 (수동 메모리)” (p.75) 를 참조해 주십시오.

측정하기 전에는 반드시 “측정하기 전에” (p.12) 를 참조해 주십시오.

본 장에서는 보다 고급 측정, 정확한 측정을 하기 위한 기능이 대해 설명합니다.

- “4.1 영점 조정하기” (p.44)
- “4.2 측정값을 안정시키기 (에버리지 기능)” (p.48)
- “4.3 온도의 영향을 보정하기 (온도 보정 기능 (TC))” (p.49)
- “4.4 열기전력에 의한 오프셋을 보정하기
(오프셋 전압 보정 기능 : OVC 기능)” (p.50)
- “4.5 측정이 안정될 때까지의 시간을 설정하기 (딜레이 기능)” (p.52)
- “4.6 측정전류를 전환하기 (300mΩ 레인지)” (p.54)

4.1 영점 조정하기

다음과 같은 경우에는 영점 조정을 실시해 주십시오.

(각 레인지 $\pm 3\%f.s.$ 까지 저항을 취소할 수가 있습니다)

- 열기전력 등의 영향으로 표시 잔여가 신경 쓰일 때
→ 표시가 0 이 됩니다.

영점 조정을 한 경우와 하지 않은 경우에 정확도 사양은 변함없습니다.

열기전력은 OVC 로도 취소할 수 있습니다. (p.50)

- 4 단자에서의 배선 (켈빈 배선) 이 곤란한 경우
→ 2 단자 배선되어 있는 잉여저항을 취소합니다. (p.부 22)

올바른 영점 조정 방법에 대해서는 “부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 10) 를 참조해 주십시오.

영점 조정 전에

중요

- 영점 조정 후 환경온도에 변화가 있었거나 측정 리드를 변경했을 때에도 다시 영점 조정을 실시해 주십시오. 단, 편형 리드 9465-10, 9772 등 영점 조정이 곤란한 경우에는 표준 부속품인 클립형 리드 L2107 등으로 영점 조정을 한 후 편형 리드로 바뀌서 측정하십시오.
- 사용할 모든 레인지에서 영점 조정을 실행해 주십시오. 수동 레인지일 때는 현재의 레인지만 영점 조정되고, 자동 레인지인 경우는 모든 레인지에서 영점 조정됩니다.
- 영점 조정값은 전원을 꺼도 내부에 보관되지만 패널에는 저장되지 않습니다.
- 오프셋 전압 보정 기능 (OVC) 을 ON 에서 OFF, 또는 OFF 에서 ON 으로 전환한 경우는 영점 조정이 해제됩니다. 다시 영점 조정을 실시해 주십시오.
- 측정전류를 Lo 에서 Hi, 또는 Hi 에서 Lo 로 전환한 경우는 영점 조정이 해제됩니다. 다시 영점 조정을 실행해 주십시오.
- 영점 조정했을 때의 저항값보다 작은 저항을 측정하면 측정값이 마이너스가 됩니다.
예 : 300m Ω 레인지에서 2m Ω 을 연결해 영점 조정
→ 1m Ω 을 측정하면 -1m Ω 이 표시됨

영점 조정을 실행하기

1 측정 리드를 단락시킵니다.

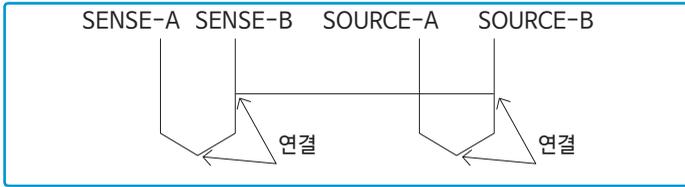
L2107

올바름

클립의 V 마크를 맞춥니다.

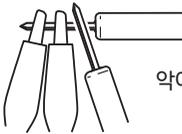


잘못됨



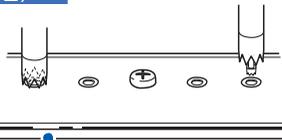
4

9453 (옵션)



악어 클립을 바깥쪽, 리드봉을 안쪽에 오도록 하여 영점 조정해 주십시오.

9465 (옵션)



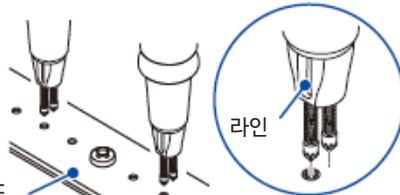
9454 영점 조정 보드 (옵션)



9772 (옵션)



9454 영점 조정 보드 (옵션)

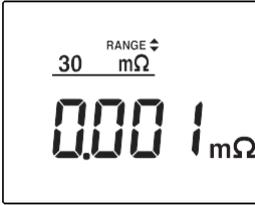


SENSE 쪽 핀에는 베이스 부분에 라인이 붙어 있습니다. 영점 조정을 할 때는 이 라인을 같은 방향으로 맞추고 실행해 주십시오.

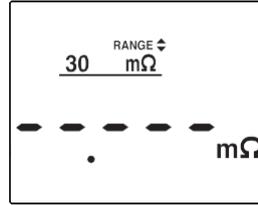
2 측정값이 ±3%f.s. 이내인 것을 확인합니다.

측정값이 표시되지 않을 때는 측정 리드의 결선방법이 올바른지 확인해 주십시오.

결선이 올바른 경우

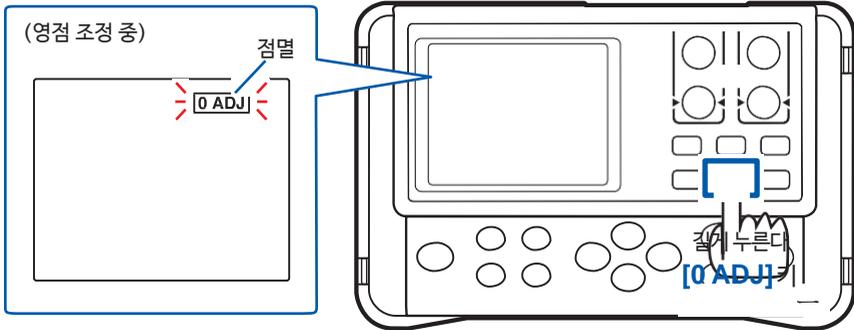


결선이 잘못된 경우



3 [0ADJ] 키를 길게 눌러 영점 조정을 실행합니다.

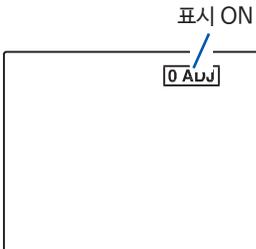
영점 조정 보드를 사용하는 경우 등 키를 누르기가 어려운 경우는 측정 리드를 단락하기 전에 [0ADJ] 키를 눌러 주십시오. 측정값이 안정된 후 영점 조정을 자동으로 실행합니다.



4 영점 조정 실행 후

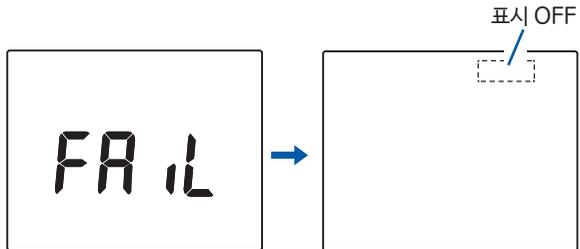
영점 조정 성공

부저가 울리고 측정화면이 표시됩니다.



영점 조정 실패

부저가 울리고 "FAiL"이라 표시됩니다.
그 후 측정화면이 표시됩니다.



영점 조정에 실패한 경우

영점 조정을 할 수 없는 경우는, 영점 조정하기 전 측정값이 각 레인지 풀 스케일의 $\pm 3\%$ 를 넘었거나, 측정 이상 상태입니다. 올바르게 결선한 후 다시 한 번 영점 조정을 실시해 주십시오. 자체제작 케이블 등으로 저항값이 높은 경우는 영점 조정이 불가능하므로 배선저항을 낮게 억제해 주십시오.

(p.41)

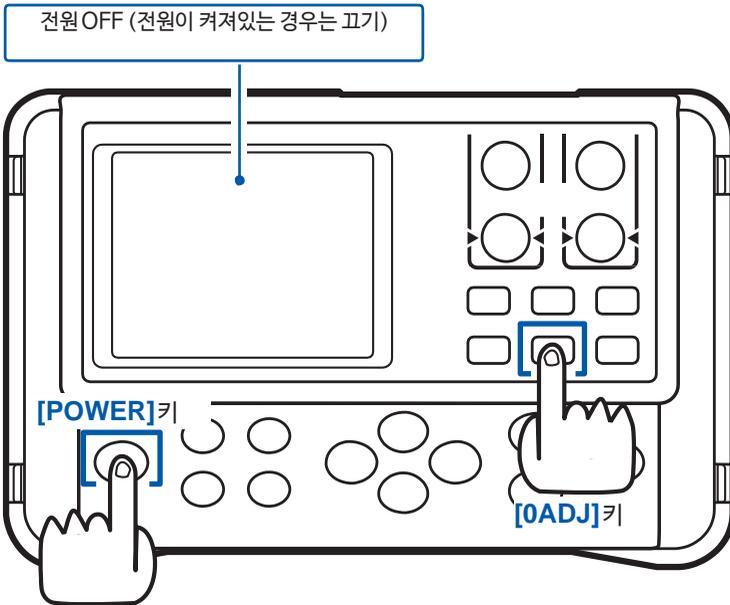
중요

- 자동 레인지에서 영점 조정에 실패한 경우, 모든 레인지의 영점 조정이 해제됩니다.
- 수동 레인지에서 영점 조정에 실패한 경우, 현재의 레인지의 영점 조정이 해제됩니다.

4

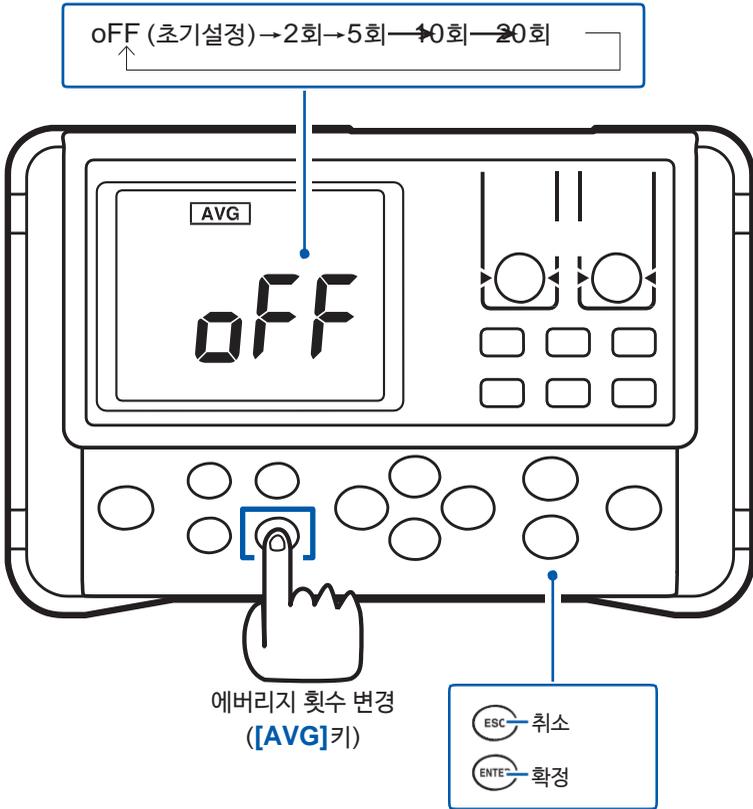
영점 조정을 해제하기

전원 OFF 인 상태에서 [OAJ] 키를 누르면서 [POWER] 키를 누르면 모든 레인지의 영점 조정이 해제됩니다.



4.2 측정값을 안정시키기 (에버리지 기능)

여러 측정값을 이동 평균해 표시합니다. 이 기능을 통해 측정값의 편차를 줄일 수 있습니다.

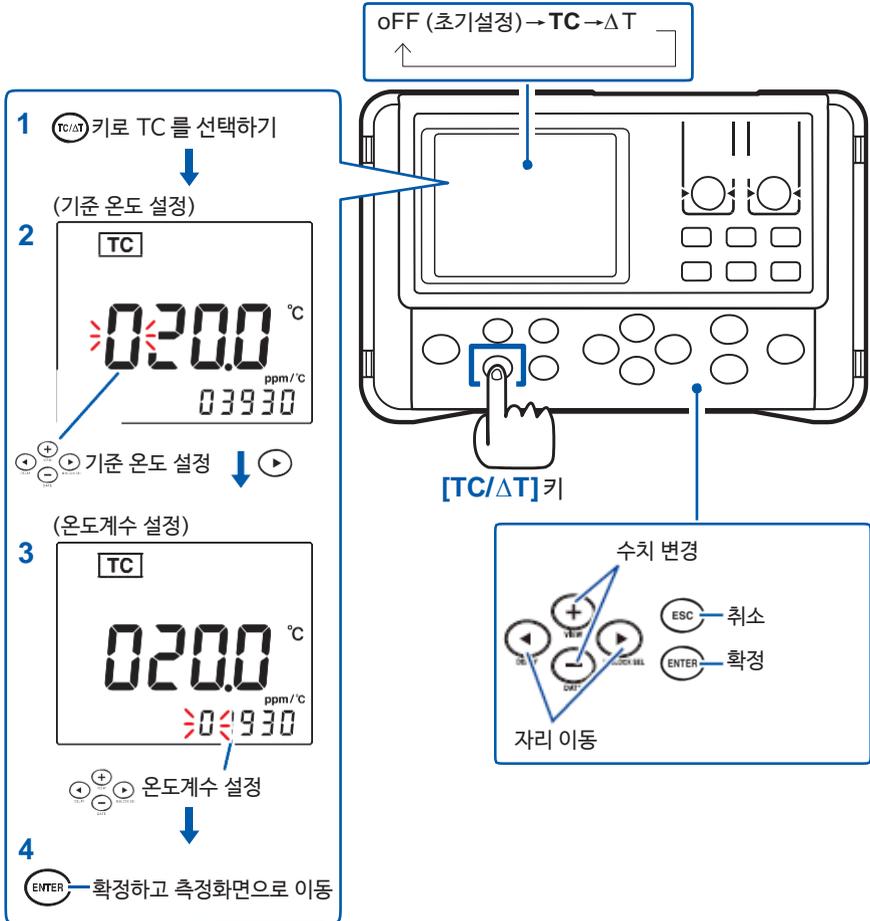


에버리지 횟수는 \oplus \ominus 로도 변경할 수 있습니다.

4.3 온도의 영향을 보정하기 (온도 보정 기능 (TC))

저항값을 기준온도로 환산해 표시합니다. 온도 보정의 원리에 대해서는 “부록 4 온도 보정 기능 (TC) 에 대해서” (p.부 4) 를 참조해 주십시오.

온도 보정을 할 경우에는 Z2002 온도 센서를 본체 측면의 TEMP.SENSOR 단자에 연결해 주십시오. 또한, 연결할 때는 반드시 “2.4 Z2002 온도 센서를 연결하기 (TC, ΔT 를 사용하는 경우)” (p.31) 를 읽어 주십시오.



중요

“t.Err”라 표시된 경우는 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나, 온도가 0F 표시되어 있습니다. Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

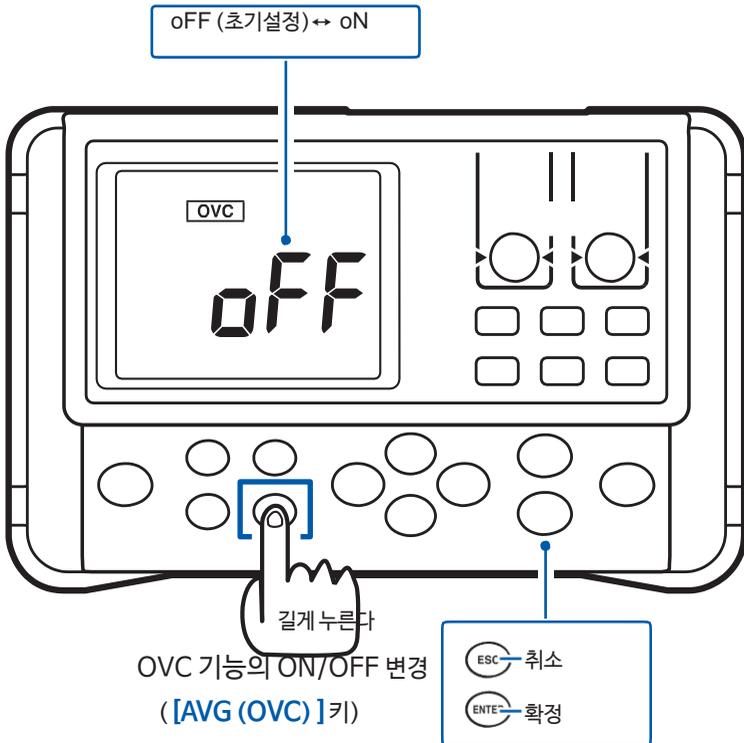
4.4 열기전력에 의한 오프셋 보정을 하기 (오프셋 전압 보정 기능 : OVC 기능)

열기전력 및 본 기기 내부의 오프셋 전압 등을 자동으로 보정합니다.

(OVC:Offset Voltage Compensation)

참조 : “부록 6 열기전력의 영향에 대해서 “ (p.부 8)

측정전류를 흘려보냈을 때의 측정값 R_p 과 측정전류를 흘려보내지 않았을 때의 R_z 로부터 $R_p - R_z$ 을 참 저항값으로 표시합니다.



OVC 기능의 ON/OFF 는 ⊕ ⊖로도 변경할 수 있습니다.

중요

- 오프셋 전압 보정 기능이 ON 인 경우 (OVC 인디케이터 점등) , 측정값의 표시 갱신이 느려집니다.
- 3k Ω 레인지 이상은 OVC 기능을 사용할 수 없습니다. 자동으로 OFF 가 됩니다.
- 오프셋 전압 보정 기능을 변경했을 경우는 영점 조정 기능이 해제됩니다.
- 측정대상의 인덕턴스가 클 경우, 지연시간(딜레이 시간)의 조정이 필요합니다. (p.52) 처음에는 지연시간을 길게 설정해 측정값을 보면서 조금씩 줄여 주십시오.
- 측정대상의 열용량이 작을 경우, 오프셋 전압 보정 기능이 효과를 보지 못하는 경우가 있습니다.

4.5 측정이 안정될 때까지의 시간을 설정하기 (딜레이 기능)

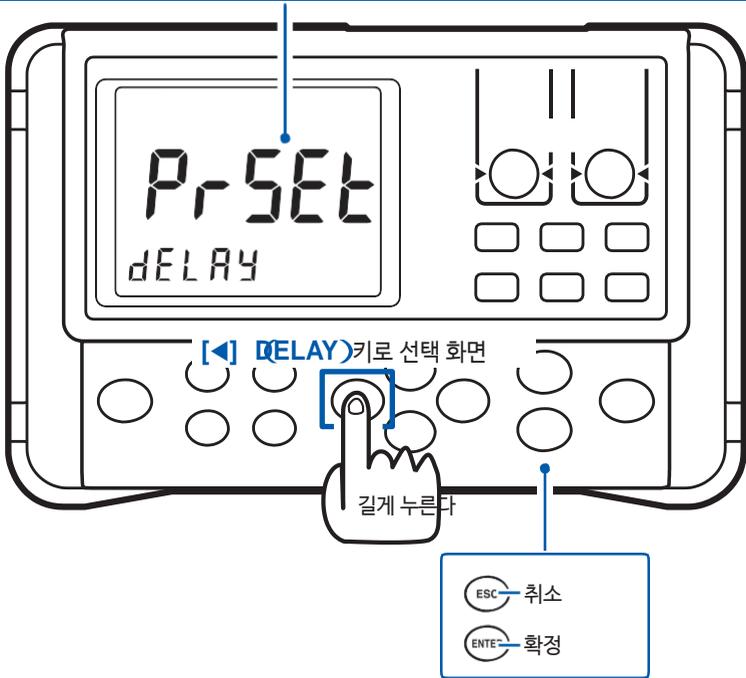
OVC 및 자동 레인지에서 측정전류를 변화시킨 후에 대기를 두어 측정이 안정되는 시간을 조정합니다. 이 기능을 사용함으로써 측정대상의 리액턴스 성분이 클 경우에도 내부회로가 안정된 후 측정을 시작할 수 있습니다.

PrSEt (프리셋 설정) 은 레인지 및 오프셋 전압 보정 기능에 따라 값이 다릅니다.

Preset 설정의 OVC 딜레이 값(내부 고정) (단위 : ms)

측정전류	레인지	딜레이 시간
Lo	3m Ω ~ 30m Ω	200
	300m Ω ~ 3 Ω	50
	30 Ω ~ 300 Ω	30
Hi	300m Ω	200

PrSEt (프리셋) → 10 ms → 30 ms → 50 ms → 100 ms → 300 ms → 500 ms → 1000 ms
 ↑



딜레이 시간은 \oplus \ominus 로도 선택할 수 있습니다.

지연시간의 대략적인 기준

- 인덕터 등 측정전류를 인가한 후 안정될 때까지 시간이 걸려 초기상태(프리셋)에서 측정할 수 없는 경우에는 딜레이를 조정해 주십시오. 딜레이 시간은 다음 계산값의 10 배를 기준으로 하며, 리액턴스 성분(인덕턴스, 캐패시턴스)이 측정값에 영향을 주지 않도록 설정해 주십시오.

$$t = -\frac{L}{R} \ln \left(1 - \frac{IR}{V_0} \right)$$

L : 측정대상의 인덕턴스
 R : 측정대상의 저항 + 리드선 저항 + 접촉저항
 I : 측정전류 (참조: "정확도" (p.92))
 V_0 : 개방전압 (참조: "정확도" (p.92))

- 처음에는 지연시간을 길게 설정해 측정값을 보면서 점점 지연시간을 줄여 주십시오.
- 딜레이를 길게 설정하면 측정값의 표시 갱신이 느려집니다.

4.6 측정전류를 전환하기 (300mΩ 레인지)

본 기기에서는 300mΩ 레인지의 측정전류를 300 mA (공장 출하 시 100 mA) 로 변경할 수 있습니다. 대전류 배선을 실제 사용 상태에 가까운 조건에서 측정할 수 있으며 외래 노이즈가 큰 환경에서 측정 시에도 유리합니다. *1

중요

- 측정전류를 300mA 로 한 경우, 측정대상의 소비전력이 커집니다.
- 고 정확도 측정이 필요한 경우에는 측정전류 100 mA 에서 사용해 주십시오.
- 측정전류를 변경하면 영점 조정이 초기화됩니다.

레인지 [Ω]	3m	30m	300m	3	30	300	3k	30k	300k	3M
측정전류 [A]	1	300 m	100 m	10 m	1 m	100 μ	5 μ	500 n		

1 전원 OFF (전원이 켜져 있는 경우는 끈다)

2 전원 OFF 인 상태에서
 키를 누르면서
 키를 누른다

3 Lo 선택 시 (100mA) 꺼짐

300 RANGE mΩ

Lo

[Curr]

↑↓ 또는 키로 변경

Hi 선택 시 (300 mA) 점멸

300mA RANGE mΩ

Hi

[Curr]

4 확정하고 측정화면으로 이동

[POWER] 키

취소하고 측정화면으로 이동

확정하고 측정화면으로 이동

측정전류 300 mA 에서 측정하고 있는 경우는 300 mA 인디케이터가 점등합니다.

*¹ 전원 배선이나 어스 배선 등 대전류가 흐르는 연결부분(커넥터 접점, 용접부, 접합부, 나사 고정부 등)의 저항을 측정하는 경우에는 가급적 흐를 수 있는 최대전류에 가까운 조건에서 측정하는 것이 바람직합니다. 이유는 다음과 같습니다.

- 정상적인 연결부분에서도 작은 측정전류에서는 높은 저항값이 나타나는 경우가 있으며, 이는 미사용 시 점점에 생기는 산화피막이 원인입니다.
- 작은 전류에서 이상 없음이라 판단하더라도 대전류가 흘렀을 때 연결부분이 용해되어 버리는 경우가 있습니다.

이는 국소적으로 저항이 높은 부위가 존재할 경우에 발생하는 현상으로 대전류에 의한 줄(joule) 발열이 원인입니다.

(참고)

도로운송차량의 안전기준의 세목을 규정하는 고지 ([2009.10.24] 별첨 110 (전자자동차 및 전기식 하이브리드 자동차의 고전압으로부터 승차인원을 보호하는 것에 관한 기술 기준)) 에는 “모든 노출 도선부와 전기적 새시(chassis) 간 저항값은 0.2 A 이상의 전류가 흐르는 상태에서 0.1Ω 미만이어야 한다”고 기재되어 있습니다. 이러한 시험을 실시하는 경우에는 300mΩ레인지에서의 측정전류를 300 mA 로 해서 측정해 주십시오.

측정전류를 전환하기(300mA 레인지)

5 판정 · 환산 기능

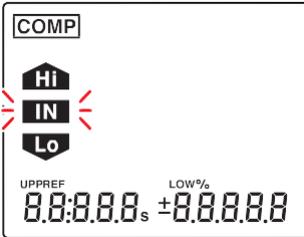
이 장에서는 측정값의 판정 및 환산 기능에 대해서 설명합니다.

- “5.1 측정값을 판정하기 (컴퍼레이터 기능)” (p.58)
- “5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))” (p.65)
- “5.3 도체 길이를 측정하기 (길이 환산 기능)” (p.67)

5.1 측정값을 판정하기 (컴퍼레이터 기능)

미리 설정한 기준값 및 상/하한값에 대해 측정값이 Hi (측정값)상한값), IN (상한값 \geq 측정값 \geq 하한값) , Lo (하한값) 측정값) 어느 쪽인지 판정합니다.

- 판정결과는 화면, 부저 (초기설정은 부저 OFF) , L2105 전면 컴퍼레이터 램프 (옵션) 를 통해 확인할 수 있습니다.



- 판정방법은 ABS 모드와 REF%모드의 2 종류가 있습니다.

중요

- ΔT 또는 길이 환산 기능을 ON 으로 하면 컴퍼레이터 기능은 자동으로 OFF 가 됩니다.
- 컴퍼레이터 기능을 ON 으로 설정하면 레인지 전환(자동 레인지를 포함)을 조작할 수 없습니다. 자동 레인지를 사용하거나 레인지를 변경하고 싶은 경우는 컴퍼레이터 기능을 OFF 로 설정한 후 [AUTO] 키 또는 [▲][▼] 키로 변경해 주십시오.
- 컴퍼레이터 기능을 ON 으로 설정하면 인터벌 메모리 기능은 사용할 수 없습니다.

컴퍼레이터 기능을 사용하기 전에

- 측정값이 표시되지 않을 경우, 컴퍼레이터의 판정 표시는 다음과 같습니다.
측정 이상 시는 판정하지 않습니다. (p.40)

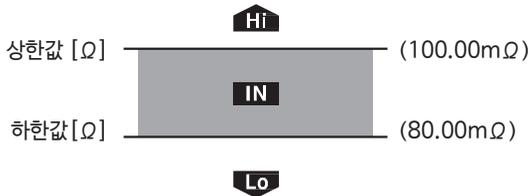
표시	컴퍼레이터 판정 표시 (COMP 램프)
oF	Hi
-oF	Lo
-----	판정 없음

- 설정 도중에 전원을 끄면 설정 중인 값은 무효가 되고 이전 설정값이 됩니다.
설정을 확정할 때는 **[ENTER]** 키를 눌러 주십시오.

ABS (절대값 판정) 모드란?

상/하한값을 설정해 판정합니다.

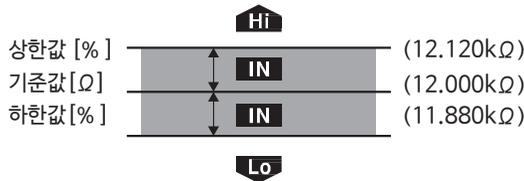
예 : 상한값 100.00mΩ
하한값.... 80.00mΩ



REF% (상대값 판정) 모드란?

기준값에 대한 허용%로부터 상/하한값을 설정해 판정합니다. REF% 모드에서는 상한값과 하한값을 각각 설정할 수 없습니다.

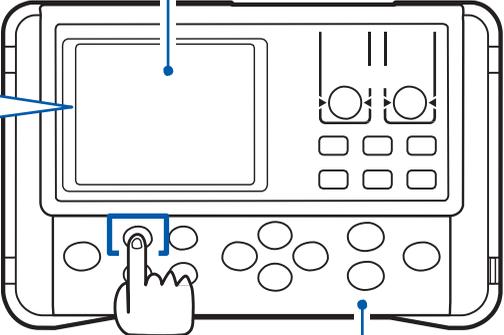
예 : 기준값..... 12.000kΩ
상/하한값..... ±1.00%



컴퍼레이터 기능의 ON/OFF

oFF (초기설정) → ON (ABS 모드) → ON (REF% 모드)

↑



[COMP]키

ESC 취소

ENTER 확정 (이어서 기준값 및 상/하한값을 설정하는 경우에는 누르지 마십시오)

oFF

COMP

oFF

ABS 모드 (p.61)

COMP

RANGE 3 M Ω

UPP 0.0000 LOW 0.0000 M Ω

상한값 하한값

REF% 모드 (p.62)

COMP

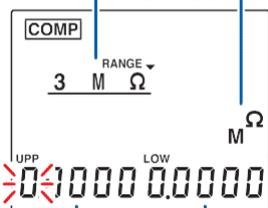
RANGE 3 M Ω

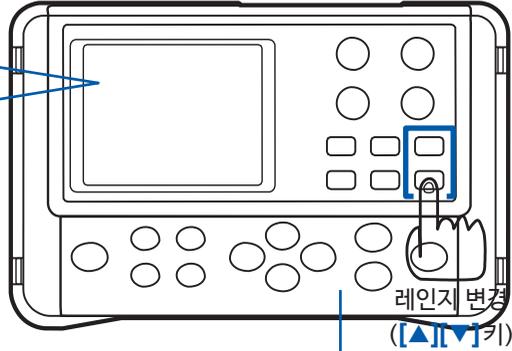
REF 0.0000 ± 0.000 %

기준값 허용%

상/하한값으로 판정하기 (ABS 모드)

상/하한값 설정

- 1 **COMP** 키로 콤퍼레이터를 ABS 모드로 하기 (p.60)
- 2 **RANGE** 레인지 변경 상/하한값의 단위

- 3 **UP** / **DOWN** 상/하한값 설정
- 4 **ENTER** 확정하고 측정화면으로 이동



수치 변경



ESC — 취소
ENTER — 확정

설정 항목, 자리 변경

5

중요

상한값 < 하한값인 설정상태에서는 설정을 확정할 수 없습니다.

기준값과 허용범위로 판정하기 (REF% 모드)

REF% 모드로 하면 측정값은 상대값 표시가 됩니다. 상한값과 하한값을 각각 설정할 수는 없습니다.

$$\text{상대값} = \left(\frac{\text{측정값}}{\text{기준값}} - 1 \right) \times 100 [\%]$$

기준값, 허용% 설정

- 1 **COMP** 키로 컴퍼레이터를 REF% 모드로 한다 (p.60)
- 2 **RANGE** 키로 레인지 변경 기준값의 단위
- 3 **←** **+** **→** **-** 키로 수치설정
- 4 **ENTER** 키로 확정하고 측정화면으로 이동

수치 변경

ESC — 취소
ENTER — 확정

설정 항목, 자리 변경

레인지 변경 ([▲][▼] 키)

중요

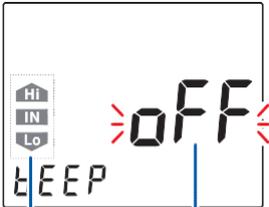
기준값 0 인 설정상태에서는 설정을 확정할 수 없습니다.

판정을 소리로 확인하기 (판정음 설정 기능)

컴퍼레이터 판정결과에 따라 부저가 울립니다.

oFF (초기설정) → Hi → In → Lo → Hi-Lo → ALL1 → ALL2
 ↑

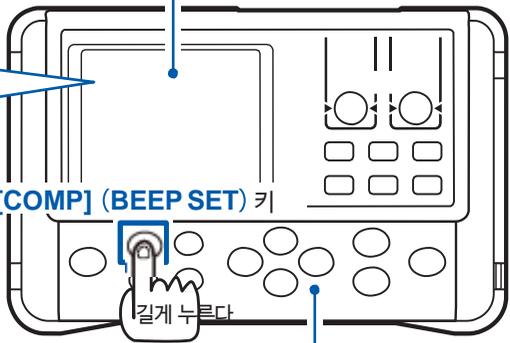
(비프음 설정)



COMP 비프음 변경
(OFF 이외를 선택하면 해당하는
컴퍼레이터가 표시되고 실제로
소리가 울립니다)

ESC 취소

ENTER 확정하고 측정화면으로 이동



[COMP] (BEEP SET) 키
길게 누른다

ESC 취소

ENTER 확정

5

판정음은 (+) (-) 로도 선택할 수 있습니다.

판정을 손안에서 확인하기

(L2105 전면 콤퍼레이터 램프 : 옵션)

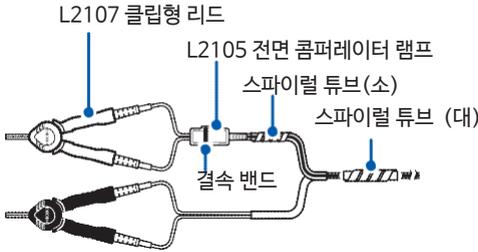
COMP.OUT 단자에 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결하면 손안에서 판정 결과를 알 수 있습니다. IN 판정의 경우는 녹색, Hi 또는 Lo 판정의 경우는 적색 불이 들어옵니다.

L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결하기 전에 반드시 “사용 시 주의사항” (p.7) 을 읽어 주십시오.

L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 장착하기

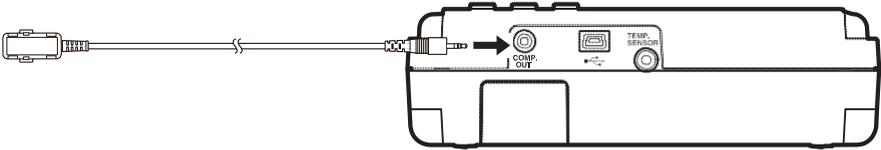
L2105 전면 콤퍼레이터 램프는 원하는 곳에 설치하십시오.

예 : L2105 전면 콤퍼레이터 램프에 부착된 결속 밴드나 스파이럴 튜브를 사용해 측정 리드에 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 장착한다.



L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 본 기기와 연결하기

L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 COMP.OUT 단자에 연결합니다. 안쪽까지 깊숙이 꽂아 주십시오.



5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))

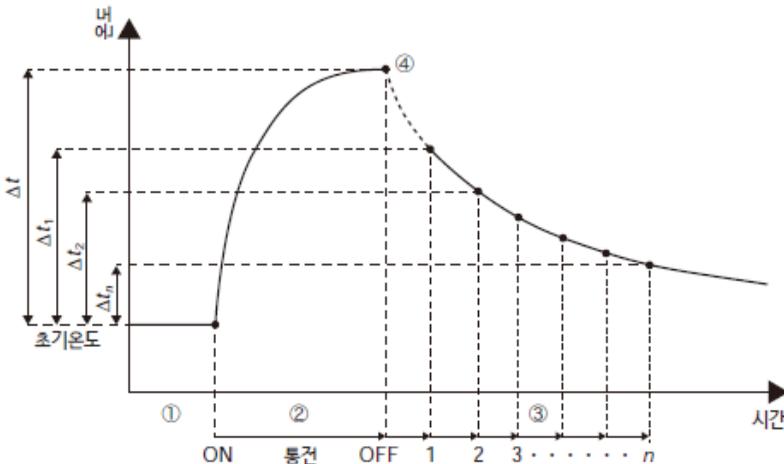
온도 환산의 원리 (p.부 7) 에 따라 권선저항의 변화를 온도 상승값으로 환산합니다. 이 기능을 사용하면 권선 저항값의 변화로부터 통전 정지 시의 모터나 코일 내부의 온도 등을 추정할 수 있습니다.

중요

- 온도 환산을 하는 경우, Z2002 온도 센서를 본체 측면의 TEMP.SENSOR 단자에 연결해 주십시오. 또한, 연결할 때는 반드시 다음을 읽어 주십시오.
참조: “2.4 온도 센서를 연결하기 (TC, ΔT 를 사용하는 경우)” (p.31)
- ΔT 가 ON 인 경우는 콤퍼레이터 기능, TC 를 ON 할 수 없습니다. 길이 환산 기능을 ON 으로 하면 ΔT 는 자동으로 OFF 가 됩니다.
- “t.Err”라 표시된 경우에는 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나, 온도가 oF 표시로 되어 있습니다. Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

5

- ① 모터, 코일을 실온에 충분히 익숙해지도록 한 뒤 통전 전의 저항값 (R_1) 과 주위온도 (t_1) 를 측정해 그 값을 본 기기에 입력합니다. (p.66)
- ② 측정 리드를 측정대상에서 분리합니다.
- ③ 통전 OFF 후 재차 측정대상에 측정 리드를 연결해 일정시간마다 온도 상승값 ($\Delta t_1 \sim \Delta t_n$) 을 측정합니다.
(인터벌 메모리 기능을 사용하면 간단히 측정할 수 있습니다. (p.77))
- ④ 수집한 온도 데이터 ($\Delta t_1 \sim \Delta t_n$) 를 연결해 최대 온도 상승값 (Δt) 을 추측하십시오.



1 키로 ΔT를 선택하기

2 (초기온도 t_1 설정)
온도의 정수 설정
○○○○+ (0으로 표시) / -

점등 ΔT 00.30°C
초기온도설정

3 (초기저항값 R_1 설정)
소수점 위치, 단위 변경

ΔT 10000 Ω 23.0°C
초기저항값의 수치를 설정

4 (온도계수의 역수 k 설정)

○○○○ 온도 계수의 역수 (k) 를 설정

5 확정하고 측정화면으로 이동

측정화면 (ΔT가 ON)

ΔT 23.0°C
°C 표시

OFF (초기설정) → TC → ΔT

[TC/ΔT] 키

수치변경

ESC 취소
ENTER 확정

설정 항목, 자리 이동

k 의 참고값

JIS C4034-1에서는 다음과 같이 권장하고 있습니다.

- 구리: $k=235$
- 알루미늄: $k=225$

참고: "부록5 온도 환산기능(ΔT)에 대해서" (p.부7)

설정 중에 [MEMORY] 키를 누르면 t_1 및 R_1 이 설정 직전에 측정한 값이 됩니다.

5.3 도체의 길이를 측정하기 (길이 환산 기능)

저항값을 길이로 환산해 피측정물(도선 등)의 길이를 표시합니다.

[TC/ ΔT] (LENGTH) 키를 길게 누르면 길이 환산 기능의 ON/OFF 설정화면이 표시됩니다.

$$\text{길이 [m]} = \frac{\text{저항 측정값 } [\Omega]}{\text{1m 당 저항값 } [\Omega/\text{m}]}$$

예 저항 측정값 15Ω, 1m 당 저항값 200mΩ/m의 경우,

$$\text{길이 [m]} = \frac{15[\Omega]}{0.2[\Omega/\text{m}]} = 75[\text{m}]$$

중요

길이 환산 기능이 ON 인 경우는 콤퍼레이터를 ON 할 수 없습니다. · ΔT 를 ON 으로 하면 길이 환산 기능은 자동으로 OFF 됩니다.

oFF ↔ ON (1 m 당 저항값 설정)

1 **TC/ΔT** (LENGTH) 키를 길게 눌러 LENGTH 를 선택한다

2 (1m 당 저항값 설정)

LENGTH

200000 Ω

+
- 소수점 위치, 단위변경

← → 수치설정으로 이동

3

LENGTH

20000 Ω

+ → 수치설정
← -

4 **ENTER** → 확정하고 측정화면으로 이동

측정화면 (길이 환산 기능이 ON)

LENGTH

RANGE ↕
300 k Ω

2 100 km

미터 표시

• 소수점 위치, 단위변경
• 수치변경

자리 이동

중요

표시형식 (소수점 위치, 단위) 은 레인지와 설정값에 따라 자동으로 변합니다. 자세한 내용은 제품 사양 (p.99) 을 참조해 주십시오.

설정에 따라서는 표시범위를 초과하기 때문에 항상 oF 라 표시되는 레인지가 있습니다.

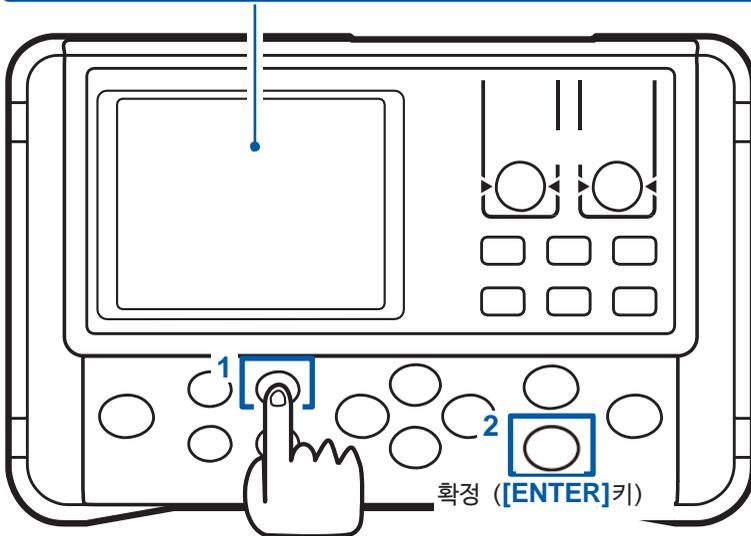
6

패널 세이브 · 로드 (측정조건외 저장 · 불러오기)

패널 세이브를 실행하는 시점에서 측정조건을 최대 9 가지 저장하고 패널 로드를 통해 언제든지 불러올 수 있습니다. 패널 데이터는 전원을 꺼도 유지됩니다.

- **[PANEL]** 키를 누르면 패널 로드 화면이 표시됩니다. (p.71)
- **[PANEL] (SAVE/CLEAR)** 키를 길게 누르면 패널 저장/삭제 기능의 설정화면이 표시됩니다. (p.70, p.72)

패널 세이브로 저장 가능한 항목 : 저항 측정 레인지, 에버리지, 딜레이, 콤퍼레이터, 판정음, 온도 환산(ΔT) , 측정전류 전환, 같이 환산, 온도 보정(TC) , OVC, 메모리 모드



패널 로드 설정 ([PANEL] 키)

패널 세이브 설정 ([PANEL] (SAVE/CLEAR) 키 길게 누르기)

6.1 측정조건을 저장하기 (패널 세이브 기능)

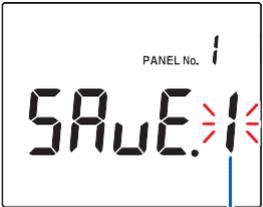
현재 설정되어 있는 측정조건을 저장합니다.

1 [PANEL] (SAVE/CLEAR)키를 길게 누릅니다.

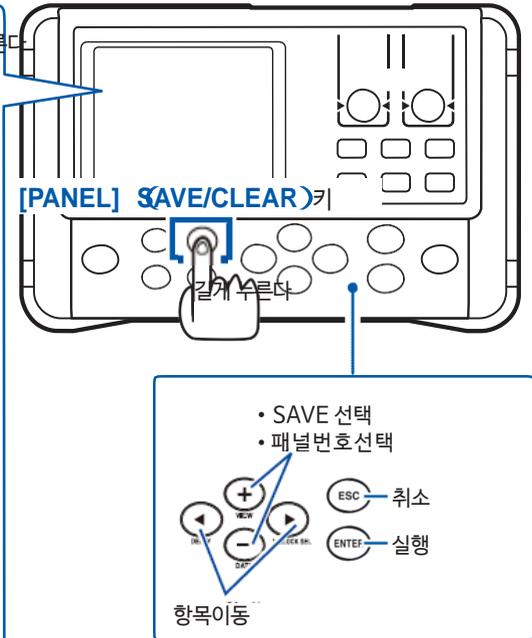
2 SAVE 선택



3 패널번호 선택



4 [ENTER] 저장하고 측정화면으로 이동



[PANEL] SAVE/CLEAR 키
길게 누른다

항목이동

- SAVE 선택
- 패널번호선택

+ SAVE ↔ CLEAR 변경

ESC 취소

ENTER 실행

항목이동

중요

- 이미 저장된 패널번호를 선택하고 [ENTER] 키를 누르면 저장내용은 덮어쓰기됩니다.
- 영점 조정값은 저장되지 않습니다.

6.2 측정조건을 불러오기 (패널 로드 기능)

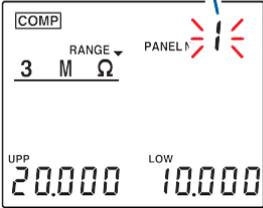
현재 측정상태를 저장되어 있는 측정상태로 변경합니다.

1 [PANEL] 키를 누른다

↓

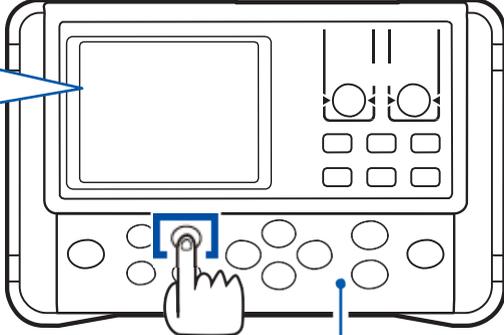
2 패널 번호 선택

[PANEL] 또는 \oplus 패널 번호 변경
 \ominus (1 ~ 9)



↓

3 [ENTER] 측정조건이 로딩되고 측정화면으로 이동



[PANEL]키

[ESC] 취소

[ENTER] 확정하고 측정화면으로 이동

중요

- 저장되지 않은 패널 번호를 선택해 [ENTER] 키를 누르면 경고음이 울립니다.
- 영점 조정값은 로딩되지 않습니다. 패널 로드의 전후 언제 영점 조정을 해도 영점 조정은 유효합니다.
- PANEL No.PrSet 을 선택하면 측정조건이 초기화됩니다. (프리셋 로드)
초기화에 대해서는 “8.3 초기화하기 (리셋)” (p.89)도 참조해 주십시오.
- 패널 번호는 측정화면에 표시되지 않습니다.

6.3 패널 내용을 삭제하기

- 1 [PANEL] (SAVE/CLEAR) 키를 길게 누른다
- 2 CLEAR 선택
- 3 패널 번호 선택
- 4 [ENTER] — 패널을 삭제하고 확정해 측정화면으로 이동

[PANEL] (SAVE/CLEAR) 키
길게 누른다

○ CLEAR 선택
○ 패널번호선택

ESC — 취소
ENTER — 실행

항목이동

SAVE ↔ CLEAR 변경
항목이동

패널 번호 변경 (1 ~ 9)

중요

한번 삭제한 패널 내용은 원래대로 되돌릴 수 없습니다.

메모리 기능 (측정 데이터의 저장 · 컴퓨터에 내보내기)

메모리 기능이란?

현재 측정 중인 측정값을 저장할 수 있습니다. 저장한 데이터는 전원을 꺼도 유지됩니다. 저장방법에는 3 가지가 있습니다.

- 수동 메모리 (저장 수는 최대 1000 개) (p.75)
- 자동 메모리 (저장 수는 최대 1000 개) (p.76)
- 인터벌 메모리 (저장 수는 최대 6000 개) (p.77)
- 메모리에 저장되는 내용 (본 기기만으로는 표시 불가능한 항목도 있습니다)

수동 메모리 자동 메모리	일시, 측정값, 온도, 저항측정레인지, 에버리지, 콤퍼레이터, 측정전류 전환, 온도보정 (TC), OVC
인터벌 메모리	개시일시, 측정값, 온도, 저항측정레인지, 에버리지 온도보정 (TC), 온도환산 (ΔT), 인터벌

저장한 데이터는 다음 2 가지 방법으로 확인할 수 있습니다.

- 본 기기에 표시하기 (메모리 표시 기능) (p.79)
- 컴퓨터에 내보내기 (USB Mass Storage 모드) (p.84)

메모리의 구성

메모리 블록 (10 블록)									
A.	b.	C.	d.	E.	F.	G.	H.	I.	L.
(최대 저장 수) 수동, 자동 메모리의 경우 : 각 블록 100 개, 전체 블록 합계 1000 개 인터벌 메모리의 경우 : 전체 블록 합계 6000 개 (각 블록의 메모리 수는 고정입니다)									

- * 메모리의 최대 수는 전체 블록을, 수동/자동 메모리 기능에서 사용한 경우 또는 전체 블록을 인터벌 메모리 기능에서 사용한 경우입니다. 수동/자동 메모리 기능과 인터벌 메모리 기능의 블록이 혼재한 경우, 최대 수만큼 저장할 수 없습니다.

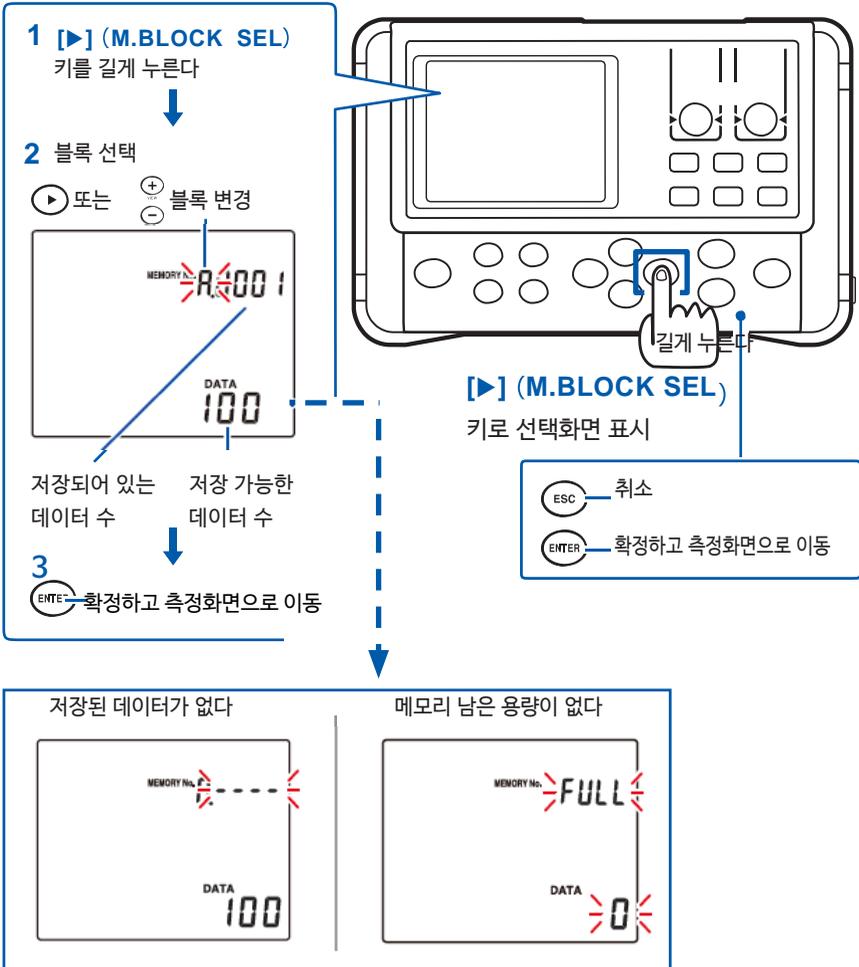
메모리 블록

수동 메모리, 자동 메모리 모드외의 경우, 저장할 블록을 선택할 수 있습니다.

인터벌 모드의 경우, 인터벌을 개시하면 자동으로 비어 있는 블록에 저장됩니다.

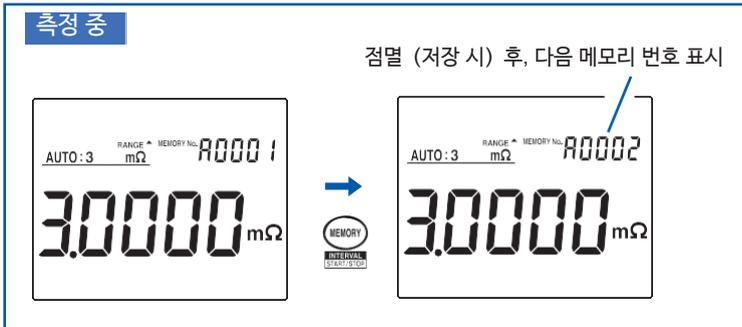
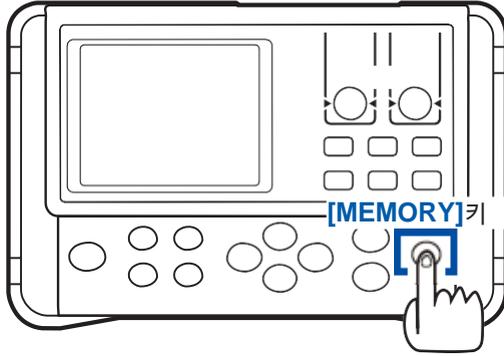
인터벌 모드에서는 메모리 블록을 지정해 저장할 수 없습니다.

메모리 블록을 변경하려면



7.1 임의의 타이밍에 저장하기 (수동 메모리)

[MEMORY] 키를 눌러 표시되고 있는 측정값을 저장합니다.



중요

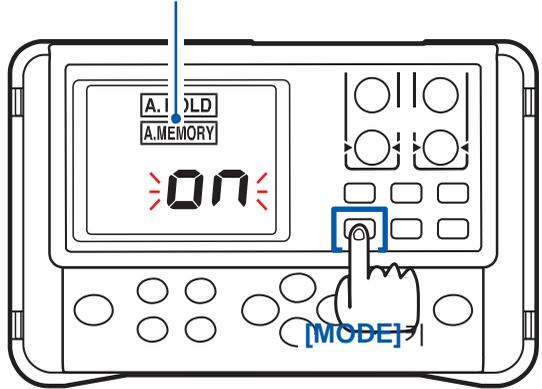
- 홀드 중에 측정값을 저장하면 저장위치의 메모리번호가 표시됩니다. 홀드를 해제하면 다음 메모리 번호로 바뀝니다.
- 메모리 번호는 저장할 때마다 1 씩 증가합니다. 임의의 번호로 저장할 수 없습니다. 잘못 데이터를 저장해버린 경우는 마지막에 저장한 데이터(최신 데이터)를 삭제해 주십시오. 참조 : “7.5 저장한 측정 데이터를 삭제하기 (메모리 삭제)” (p.80)

7.2 측정값이 안정되면 자동으로 저장하기 (자동 메모리)

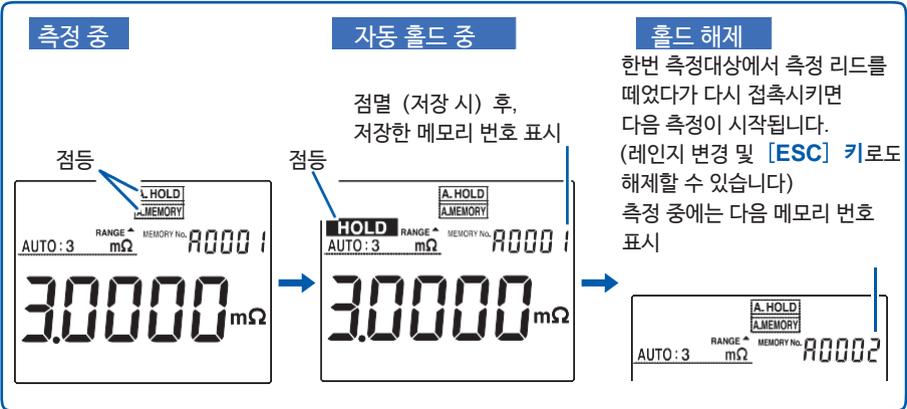
측정값이 안정되면 자동으로 값을 고정해 측정값을 저장합니다.

- 1 OFF→자동 홀드 (A.HOLD)→자동 메모리 (A.HOLD,A.MEMORY)→
인터벌 (INTERVAL)→ OFF

- 2
 - ESC 취소
 - ENTER 확정



3



중요

메모리 번호는 저장할 때마다 1 씩 증가합니다. 임의의 번호로 저장할 수 없습니다.
 잘못 데이터를 저장해버린 경우는 마지막에 저장한 데이터(최신 데이터)를 삭제해 주십시오.
 참조 : “7.5 저장한 측정 데이터를 삭제하기 (메모리 삭제)” (p.80)

7.3 일정한 간격으로 저장하기 (인터벌 메모리 기능)

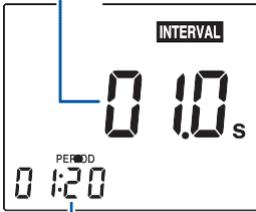
임의의 시간을 설정해 일정한 간격으로 측정값을 저장합니다. ΔT와 함께 사용함으로써 온도 상승 시험(통전 정지 시의 온도추정)을 간단히 실시할 수 있습니다.

인터벌 메모리의 설정

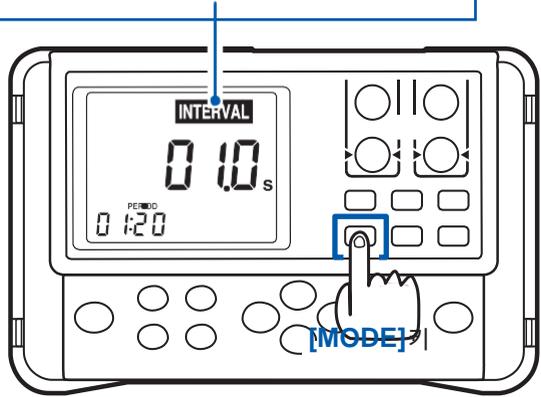
- 1 OFF → 자동 홀드 (A.HOLD) → 자동 메모리 (A.HOLD, A.MEMORY) → 인터벌 (INTERVAL) → OFF

- 2 (인터벌 시간 설정)

인터벌 시간 설정



저장 가능한 시간을 표시
(예 01 : 20은 1시간20분)

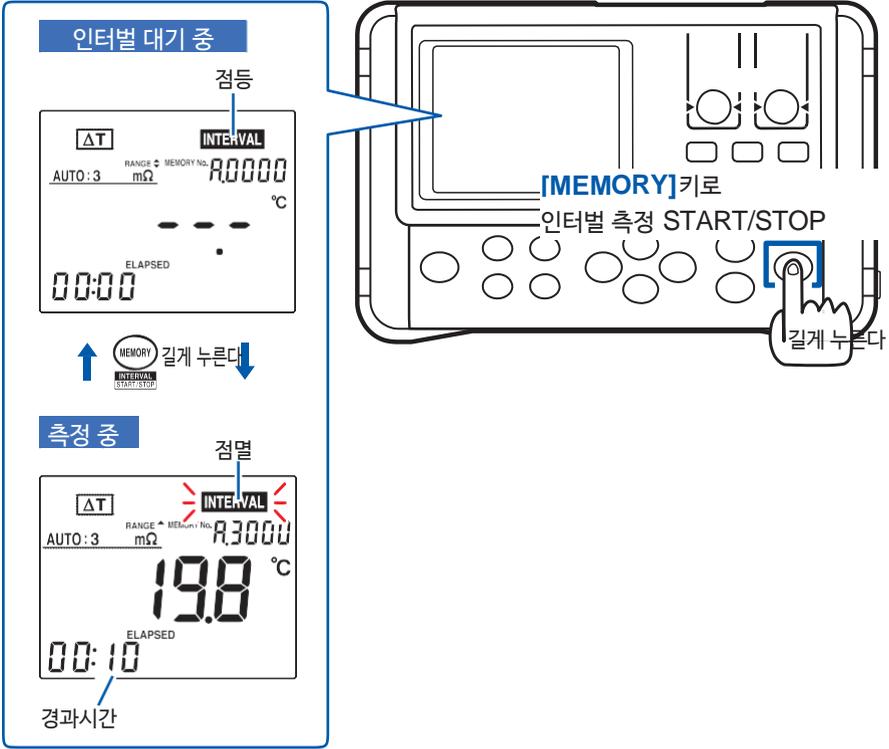


중요

저장 가능 시간은 이미 저장된 메모리 수나 인터벌 설정시간에 따라 달라집니다.

일정한 간격으로 저장하기 (인터벌 메모리 기능)

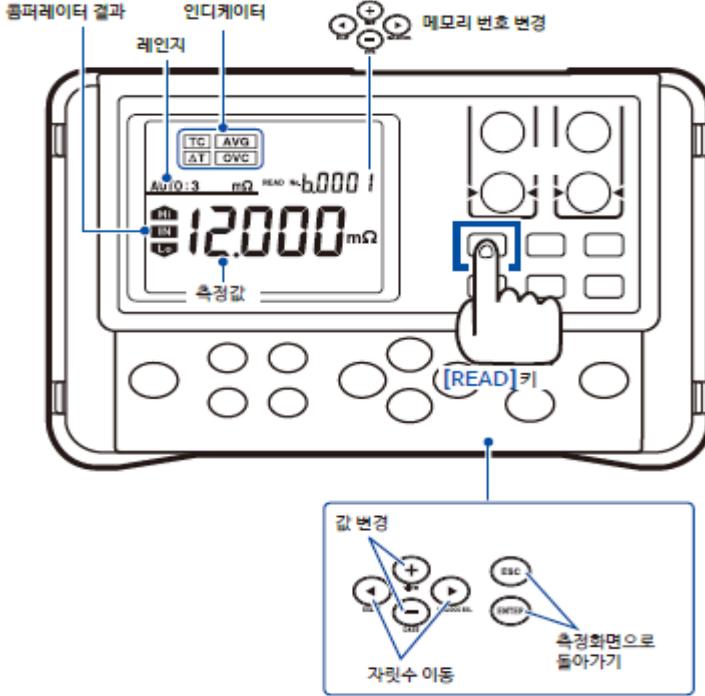
인터벌 메모리 측정



중요

- 메모리가 가득 차면 자동으로 인터벌 측정이 정지합니다. 다시 인터벌 측정을 개시하는 경우는 메모리를 삭제해 주십시오.
- 인터벌 측정을 시작하면 자동으로 비어 있는 블록에 저장됩니다. 메모리 블록을 변경할 수 없습니다. 인터벌 측정을 정지하면 사용한 블록은 FULL 표시가 됩니다.
- 인터벌 메모리 기능이 ON 일 때는 콤퍼레이터 기능을 사용할 수 없습니다. 또한, 콤퍼레이터 기능이 ON 일 때는 인터벌 기능을 사용할 수 없습니다.
- [START] 키를 누른 후 “-----” 등이 표시되었을 때(측정값 이상)는 저장이 시작되지 않습니다. 측정값이 표시된 후 저장이 시작됩니다.

7.4 저장한 측정 데이터를 표시하기 (메모리 표시 기능)



7.5 저장한 측정 데이터를 삭제하기 (메모리 삭제)

저장한 측정 데이터는 다음 3 가지 방법으로 삭제할 수 있습니다.

- 각 블록의 마지막에 저장한 데이터(최신 데이터)만 삭제하기
- 블록별로 삭제하기
- 전부 삭제하기

각 블록의 최신 데이터를 1 개
삭제하기 (블록 선택 가능)
참조 : (p.81)



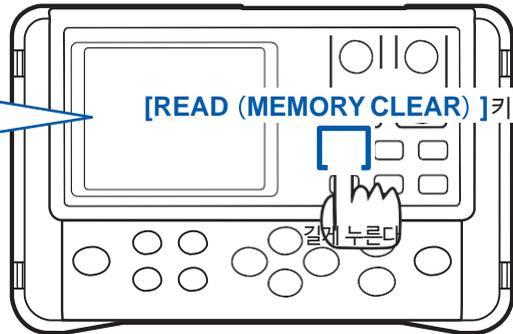
저장한 데이터를 블록별로
삭제하기. 참조 : (p.82)



저장한 모든 메모리를
삭제하기. 참조 : (p.83)

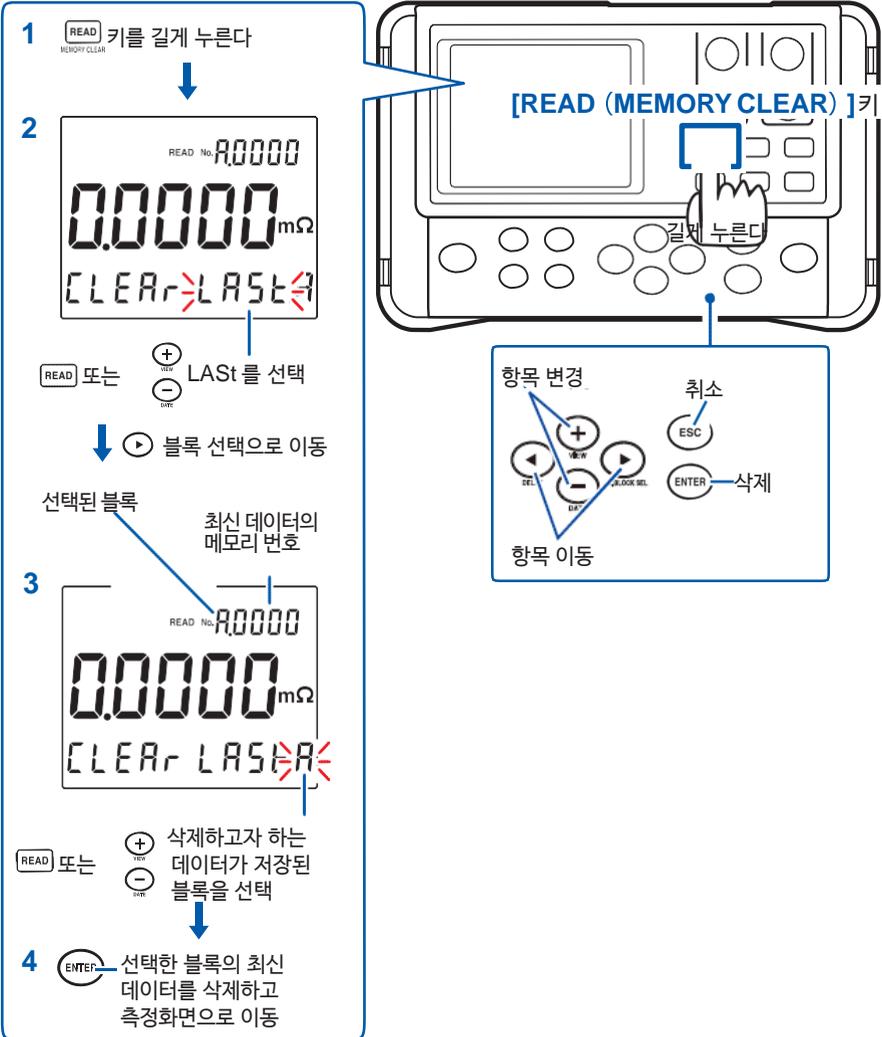


(전원 OFF 상태에서 [READ]
키를 누르면서 전원을 켜면
마찬가지로 모든 데이터가
삭제됩니다)



각 블록의 최신 데이터를 삭제하기 (블록 선택 가능)

각 블록에 저장된 데이터를 최신 데이터부터 1 개씩 삭제합니다. 수동 메모리나 자동 메모리에서 잘못 저장한 데이터를 삭제할 때 사용해 주십시오.

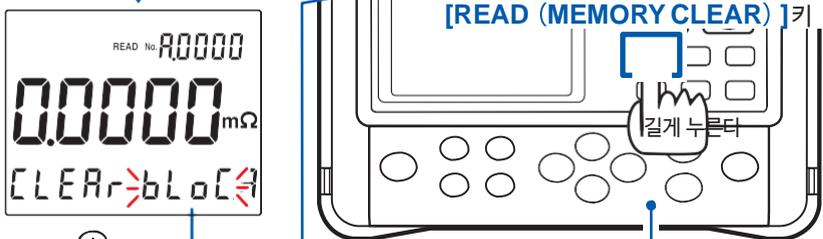


저장한 측정 데이터를 삭제하기 (메모리 삭제)

저장한 데이터를 블록별로 삭제하기

각 블록에 저장된 데이터를 블록별로 삭제합니다.

1 [READ] MEMORY CLEAR 키를 길게 누른다



[READ (MEMORY CLEAR)] 키를 길게 누른다

READ 또는 (+) bLoC 를 선택

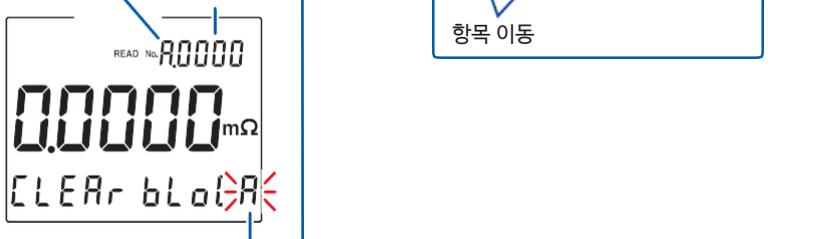
↓

블록 선택으로 이동

선택된 블록

저장되어 있는 데이터 총 수

2



READ 또는 (+) 삭제할 블록을 선택

↓

3 [ENTER] 선택한 블록을 삭제하고 측정화면으로 이동

항목 변경

취소

항목 이동

ESC

ENTEF

삭제

DEL

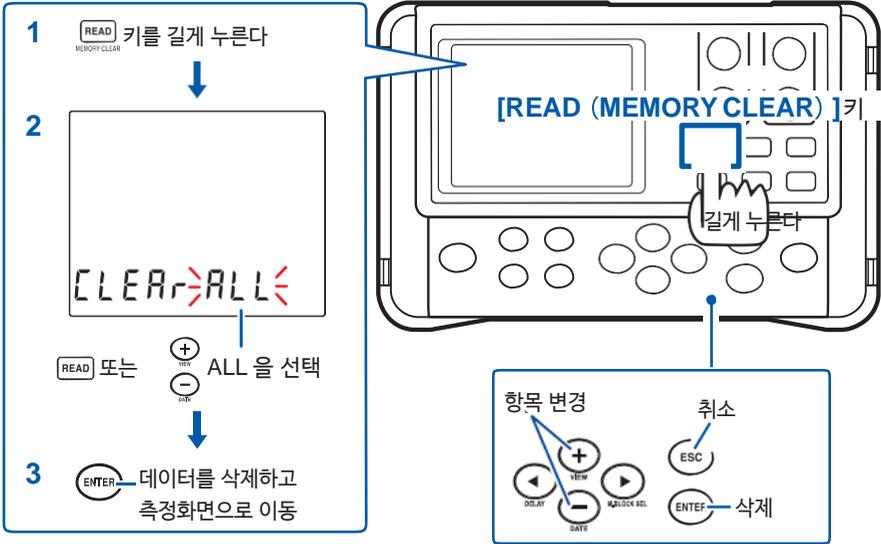
NEW

DATA

BLOCK DEL

저장한 모든 데이터를 삭제하기

본 기기에 저장된 모든 데이터를 삭제합니다.



전원OFF 인 상태에서 **[READ]**키를 누르면서 **[POWER]**키를 누르면 위의 방법과 마찬가지로 모든 데이터가 삭제됩니다.

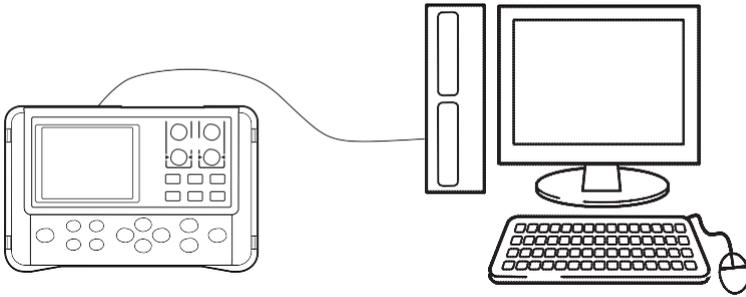
7.6 저장한 측정 데이터를 컴퓨터에 내보내기 (USB Mass Storage 모드)

측정값 메모리는 CSV 형식 파일로 되어 있습니다.

본 기기 내부에 메모리된 데이터를 USB Mass Storage 모드를 이용해 컴퓨터로 내보낼 수 있습니다.

USB 케이블을 연결하기

USB 케이블의 플러그를 단자 방향에 주의해 본 기기 및 컴퓨터에 꽂습니다.



USB 제거 방법

본 기기에 연결된 USB 케이블을 기동 중인 컴퓨터에서 제거할 때는 컴퓨터의 “하드웨어 안전 제거” 아이콘을 통해 제거해 주십시오.

컴퓨터에 파일을 복사하기

1 [시작] → [내컴퓨터] → “RM3548”을 열어 주십시오.

메모리 블록명이 파일명칭입니다.

(예) RM3548 (F:) 로 인식된 경우



2 파일을 컴퓨터에 복사하고 텍스트 편집기(메모장 등) 나 표계산 소프트웨어 (Excel) 등을 이용해 열어 주십시오.

인터벌 측정이 도중에 중단된 경우에는 파일 끝부분에 다음과 같은 종료상태가 기재됩니다.

- 메모리에 남은 공간이 없어 더 이상 저장 불가능한 경우 : MemoryFull
- 배터리 잔량이 없어 전원 OFF 된 경우 : BatteryLow

(예) Excel 에서 파일을 열었을 경우

	A	B	C	D
1	Model	HEOKI RM3548	RESISTANCE METER	
2	Serial No.	988999999		
3	DATE(Y-M-D)	2013/1/1		
4	TIME	10:00:00		
5	RANGE[Ohm]	AUTO		
6	AVG	OFF		
7	DELTA T	ON		
8	Rt [Ohm]	69.92		
9	T1 [C]	25.4		
10	k	235		
11	INTERVAL[sec]	0.2		
12				
13	DATA[C]			
14		3.07E+01		
15		3.07E+01		
16		3.07E+01		
17		3.07E+01		
18		3.07E+01		
19		3.07E+01		
20		3.07E+01		
21		3.07E+01		
22		3.07E+01		
23		3.07E+01		

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Model	HEOKI RM3548	RESISTANCE METER											
2	Serial No.	1E+09												
3	DATE(Y-M-D)	TIME	DATA	UNIT	TEMP[C]	C DMP	UPPR/REF	LOW%	JUDGE	RANGE[Ohm]	ITC	OVG	AVE	300mA
4	2013/1/1	9:50:41	7.51 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
5	2013/1/1	9:50:42	7.51 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
6	2013/1/1	9:50:43	7.51 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
7	2013/1/1	9:50:44	7.51 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
8	2013/1/1	9:50:47	3.49 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
9	2013/1/1	9:50:51	9.40 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	300	ON	OFF	2-
10	2013/1/1	9:50:59	1.72 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	30	ON	OFF	2-
11	2013/1/1	9:51:01	1.72 E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	30	ON	OFF	2-
12	2013/1/1	9:51:32	4.89 E+00	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	30	ON	OFF	2-
13	2013/1/1	9:51:54	4.89 E+00	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	-	30	ON	OFF	2-
14	2013/1/1	9:52:13	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
15	2013/1/1	9:52:14	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
16	2013/1/1	9:52:15	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
17	2013/1/1	9:52:16	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
18	2013/1/1	9:52:17	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
19	2013/1/1	9:52:18	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
20	2013/1/1	9:52:19	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	-	30	ON	OFF	2-
21	2013/1/1	9:52:25	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	8.00E+00	8.00E+00	HL	-	30	ON	OFF	2-
22	2013/1/1	9:52:26	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	8.00E+00	8.00E+00	HL	-	30	ON	OFF	2-
23	2013/1/1	9:52:29	9.61 E+00	Ohm	25.4	UPPLOW	8.00E+00	8.00E+00	HL	-	30	ON	OFF	2-

인터벌 메모리 모드의 경우

자동 메모리, 수동 메모리 모드의 경우

중요

- USB 연결 중에는 측정 및 설정이 불가능합니다. 컴퓨터에서도 설정할 수 없습니다.
- 메모리 데이터는 읽기전용입니다. 컴퓨터에서 파일을 변경하거나 삭제할 수 없습니다. 파일을 삭제하려면 USB 케이블을 분리하고 본 기기에서 메모리 삭제를 해 주십시오. (p.80)

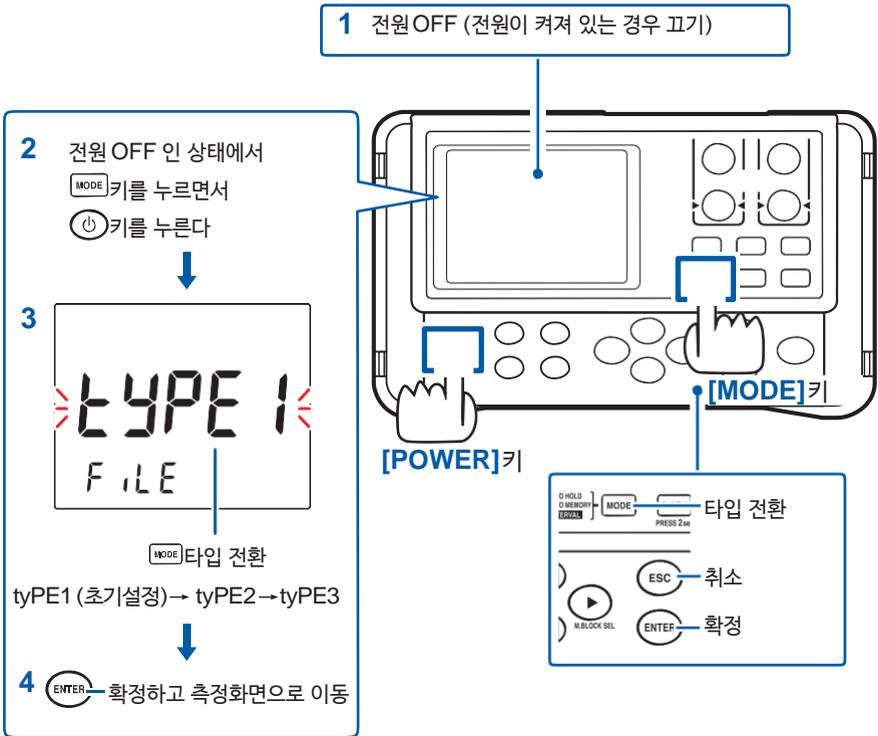
CSV 파일의 소수점이나 단락위치의 문자열을 변경하려면

CSV 파일의 소수점과 단락문자는 3 종류 중에서 선택할 수 있습니다.

전원이 OFF 인 상태에서 **[MODE]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누릅니다.

CSV 파일의 소수점과 단락문자의 종류

Type	소수점	단락	확장자
Type1	. (마침표)	, (콤마)	.csv
Type2	, (콤마)	(탭)	.txt
Type3	. (마침표)	(스페이스)	.txt

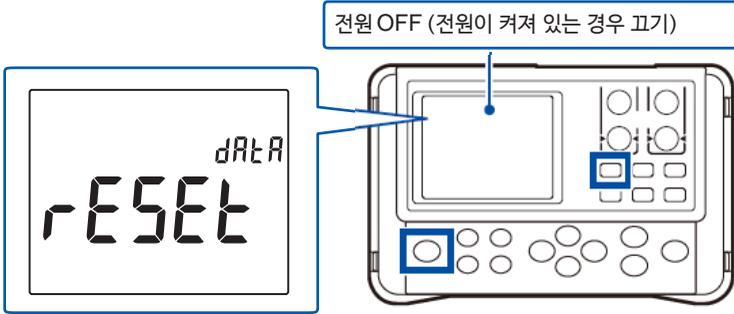


타입 전환은 (+) (-) 로도 변경 가능합니다.

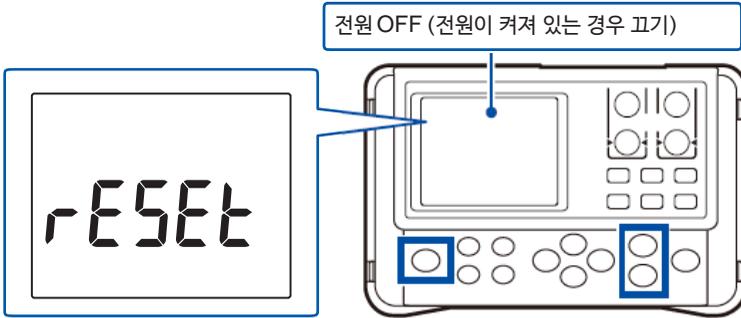
8.3 초기화하기 (리셋)

리셋 기능에는 다음 3 가지 종류가 있습니다.

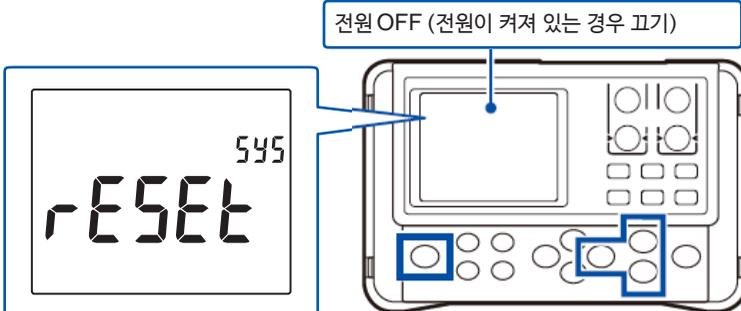
- **메모리 삭제** : 저장한 측정 데이터를 초기화합니다.
(전원이 켜진 상태에서도 초기화 할 수 있습니다. (p.80))



- **리셋 (현재의 측정조건을 리셋)** : 패널 데이터, 저장한 측정 데이터, 시계를 제외한 설정을 공장출하상태로 되돌립니다.
(전원이 켜진 상태에서도 초기화 할 수 있습니다. (p.71))



- **시스템 리셋** : 시계를 제외한 패널 데이터, 저장한 측정 데이터를 포함한 모든 설정을 공장출하상태로 되돌립니다.



초기설정 일람

기능	설정값	초기설정	참조
측정 레인지 전환 기능	AUTO/MANUAL	AUTO	(p.36)
측정 레인지	3mΩ/30mΩ/300mΩ/3Ω/30Ω/300Ω/3kΩ/ 30kΩ/300kΩ/3MΩ	3MΩ	(p.36)
표시 전환	없음 /MEMORY No/ 온도	온도	(p.39)
영점 조정	OFF/ON	OFF	(p.44)
에버리지 기능	oFF/2 회 /5 회 /10 회 /20 회	oFF	(p.48)
온도보정, 온도환산기능 (ΔT)	oFF/TC/ΔT	oFF	(p.49) (p.65)
오프셋 보정 기능 (OVC)	oFF/oN	oFF	(p.50)
딜레이 기능	PrSEt (내부 고정값) /10ms/30ms/50ms/ 100ms/300ms/500ms/1000ms	PrSEt	(p.52)
300mΩ 레인지 측정전류 전환 기능	Hi (300mA) / Lo (100mA)	Lo	(p.54)
컴퍼레이터 기능	oFF/ON (ABS 모드) /ON (REF% 모드)	oFF	(p.60)
판정음 설정 기능	oFF/Hi/In/Lo/Hi-Lo/ALL1/ALL2	oFF	(p.63)
길이 환산 기능	oFF/ON	oFF	(p.67)
홀드 메모리 모드	oFF/A.HOLD (자동 홀드) / A.HOLD,A.MEMORY (자동 메모리) / INTERVAL (인터벌 기능)	oFF	(p.42) (p.73)
메모리 블록	A/b/C/d/E/F/G/H/J/L	A	(p.74)

일반 사양

측정범위

0.000 0mΩ (3mΩ 레인지) ~ 3.500 0MΩ (3MΩ 레인지) (10 레인지 구성)

측정방식

측정신호	정전류
측정방식	직류 4 단자법
측정단자	바나나 단자
	SOURCE A 단자 전류검출단자
	SOURCE B 단자 전류발생단자
	SENSE A 단자 전압검출단자
	SENSE B 단자 전압검출단자

측정 사양

(1) 저항측정 정확도

정확도 보증조건	
정확도 보증 온습도 범위	23°C ± 5°C, 80% RH 이하
정확도 보증기간	1 년간
온도계수	0 ~ 18°C, 28 ~ 40°C에서는 ± (측정 정확도의 1/10) /°C를 가산

정확도 %rdg.+%f.s. (f.s.=30,000dgt. 로 계산 0.010%f.s.=3dgt.)

레인지	최대 측정범위*1*2	측정 정확도*3	측정전류*4	개방전압
3mΩ	3.5000mΩ	0.100 + 0.200 (0.100 + 0.020)	1 A	5.5 V _{MAX}
30mΩ	35.000mΩ	0.100 + 0.020 (0.100 + 0.010)		
300mΩ	350.00mΩ	0.100 + 0.010 (0.100 + 0.010)	300 mA	
		0.020 + 0.020 (0.020 + 0.010)	100 mA	
3Ω	3.5000Ω	0.020 + 0.007 (0.020 + 0.007)	10 mA	
30Ω	35.000Ω	0.020 + 0.007 (0.020 + 0.007)		
300Ω	350.00Ω	0.020 + 0.007 (0.020 + 0.007)	1 mA	
30kΩ	35.000kΩ	0.020 + 0.007	100 μA	
300kΩ	350.00kΩ	0.040 + 0.007	5 μA	
3MΩ	3.5000MΩ	0.200 + 0.007	500 nA	

*1 마이너스 측은 -10%f.s. 까지

*2 최대표시범위는 최대측정범위와 동일

*3 하단의 () 는 오프셋 전압 보정 ON 의 경우

*4 측정전류 정밀도는 ±5%

(온도 보정 시는 저항측정 정확도에 다음 값을 rdg. 오차에 가산)

$$\frac{-\alpha_{t_0} \Delta t}{1 + \alpha_{t_0} \times (t + \Delta t - t_0)} \times 100 [\%] \quad \%$$

t_0 : 기준온도 [°C]

t : 현재의 측정온도 [°C]

Δt : 온도측정 정확도

α_{t_0} : t_0 일 때의 온도계수 [1/°C]

(2) 온도측정 정확도 (서미스터 센서)

정확도 보증범위	-10.0 ~ 99.9℃
표시범위	-10.0 ~ 99.9℃
측정주기 (속도)	200ms±20 ms
표시 갱신 레이트	약 2 s
정확도 보증기간	1 년간

Z2002 온도 센서와의 조합 정확도

정확도	온도범위
$\pm (0.55+0.009 \times t-10) \text{ } ^\circ\text{C}$	-10.0℃ ~ 9.9℃
$\pm 0.50 \text{ } ^\circ\text{C}$	10.0℃ ~ 30.0℃
$\pm (0.55+0.012 \times t-30) \text{ } ^\circ\text{C}$	30.1℃ ~ 59.9℃
$\pm (0.92+0.021 \times t-60) \text{ } ^\circ\text{C}$	60.0℃ ~ 99.9℃

t : 측정온도 (℃)

본체 단품 정확도는 $\pm 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$

(3) 연산 순서

1. 영점 조정
2. 온도 보정
3. 길이 한산

정확도에 대해서

당사에서는 측정값의 한계오차를 다음에 나타내는 f.s. (full scale) , rdg. (reading) , dgt. (digit) 에 대한 값으로써 정의하고 있습니다.

f.s.	(최대 표시값) 일반적으로는 최대 표시값을 나타냅니다. 본 기기에서는 현재 사용 중인 레인지를 나타냅니다.
rdg.	(판독값, 표시값, 지시값) 현재 측정 중인 값, 측정기가 현재 지시하고 있는 값을 나타냅니다.
dgt.	(분해능) 디지털 측정기의 최소 표시 단위, 즉 최소 자릿수인 “1”을 나타냅니다.

정확도의 계산 예

(표시 자릿수 이하는 버림)

1 저항측정 정확도

측정조건 300mΩ레인지, 전류 Lo (100mA) , OVC OFF, 측정대상 100mΩ

저항측정 정확도 : ± (0.020%rdg. + 0.020%f.s.)

$$\pm (0.020\% \times 100m\Omega + 0.020\% \times 300m\Omega) = \pm 0.08m\Omega$$

2 온도측정 정확도

측정조건 서미스터 온도 센서, 측정온도 35℃

온도측정 정확도 : ± (0.55 + 0.012 × |t-30|)

$$\pm (0.55 + 0.012 \times |35-30|) = \pm 0.61\text{℃}$$

3 온도보정 추가 정확도

측정조건 온도계수 3930ppm/℃, 기준온도 20℃, 측정온도 35℃

추가오차 $\frac{-\alpha_{t0}\Delta t}{1+\alpha_{t0}\times(t+\Delta t-t_0)}\times 100[\%]$

$$\frac{-0.393\% \times (\pm 0.6)}{1+0.393\% \times (35 \pm 0.6 - 20)} = +0.222\%rdg. , -0.223\%rdg.$$

기능

(1) 측정 레인지 전환 기능

모드	AUTO/MANUAL (컴퍼레이터 기능이 ON 일 때는 MANUAL 고정)
초기설정	AUTO

(2) 측정 전류 전환 기능

동작내용	300mΩ 레인지의 측정전류를 전환한다
측정전류	Hi : 300 mA/ Lo : 100 mA
초기설정	Lo

(3) 표시 갱신 레이트

OVC	측정값 표시 갱신 레이트
OFF	약 100 ms
ON	약 230 ms

(OVC: ON 일 때는 딜레이×2 를 가산)

적분시간 (검출전압의 데이터 취득시간) 의 참고값 : 100 ms

(4) 영점 조정 기능

동작내용	측정 전에 내부 오프셋 전압과 잉여저항을 취소한다
설정	ON/OFF (삭제) : 레인지별
영점 조정 범위	각 레인지 ± 3%f.s. 이내 (f.s.=30,000dgt.)
초기설정	OFF

(5) 에버리지 기능

동작내용	이동평균
설정	OFF/2 회/5 회/10 회/20 회
초기설정	OFF

(6) 딜레이 설정 기능

동작내용	OVC 및 자동 레인지에서 측정전류를 변화시킨 후에 대기시간을 두어 측정이 안정되는 시간을 조정한다. Preset : 내부고정시간 후부터 적분 개시 (각 레인지별로 다른 값) Preset 이외의 설정값 : 설정한 시간 후부터 적분 개시 (모든 레인지 공통)
설정	Preset (내부고정값) /10 ms/30 ms/50 ms/100 ms/300 ms/500 ms/1000 ms 3mΩ, 30mΩ, 300mΩ (측정전류 Hi) 레인지에서 OVC 딜레이 100 ms 이하 설정 시에는 200 ms 고정
초기설정	Preset

Preset 시 OVC 딜레이값 (내부고정) (단위 : ms)

측정전류	레인지	딜레이 시간
Lo	3mΩ ~ 30mΩ	200
	300mΩ ~ 3Ω	50
	30Ω ~ 300Ω	30
Hi	300mΩ	200

(7) 온도 보정 기능 (TC)

동작내용	임의의 온도계수의 저항값을 임의의 온도의 저항값으로 환산해 표시한다	
연산식	$R_{t0} = \frac{R_t}{1 + \alpha_{t0}(t - t_0)}$	
	R_t :	실제 측정된 저항값 (Ω)
	R_{t0} :	보정 저항값 (Ω)
	t_0 :	기준온도 (°C) 설정범위 : -10.0 ~ 99.9°C
	t :	현재의 측정온도 (°C)
	α_{t0} :	t_0 일 때의 온도계수 (1/°C) 설정범위 : -9,999 ~ 9,999 ppm/°C

온도보정기능 ON/OFF (TC ON 일 때는 ΔT OFF 고정)

초기설정 OFF, t_0 : 20°C, α_{t0} : 3,930 ppm/°C

(8) 오프셋 전압 기능 (OVC : Offset Voltage Compensation)

동작내용	오프셋 전압의 영향을 제거한다 OVC=ON 일 때는 전류를 변화시켜 2 회 측정
유효 레인지	3mΩ 레인지 ~ 300Ω 레인지
설정	ON/OFF
초기설정	OFF

(9) 측정 이상 검출 기능

오버 레인지 검출 기능

동작내용	다음 조건에서 오버 레인지를 표시한다
	<ul style="list-style-type: none"> • 측정범위를 초과 • 측정 중에 A/D 컨버터의 입력이 범위를 초과 • 연산결과가 표시 자릿수를 초과

전류 이상 검출 기능

동작내용	규정된 측정전류를 인가할 수 없는 이상을 검출한다. 해제기능 없음
------	---

회로 보호 검출 기능

동작내용	과전압 인가를 검출해 전원을 끌 때까지 측정을 정지한다. 해제기능 없음 AC 46.7Vpeak, DC 70V 까지 보호
------	---

(10) 콤퍼레이터 기능

동작내용	설정값과 측정값을 비교 판정
설정	ON/OFF (콤퍼레이터 기능 ON 일 때는 레인지 고정, ΔT 및 길이 환산 기능 ON 에서 콤퍼레이터 기능 자동 OFF)
판정방법	REF% 모드 / ABS 모드
초기상태	OFF, ABS 모드
판정	Hi 측정값 > 상한값 IN 상한값 ≥ 측정값 ≥ 하한값 Lo 하한값 < 측정값

ABS모드

상/하한값 범위	0.0000mΩ ~ 9.9999MΩ
초기설정	0.0000mΩ

REF%모드

표시	상대값 표시
	$\text{상대값} = \left(\frac{\text{측정값}}{\text{기준값}} - 1 \right) \times 100[\%]$
상대값 표시 범위	-999.99% ~ 999.99%
기준값 범위	0.0001mΩ ~ 9.9999MΩ
상/하한값 범위	0.00% ~ ± 99.99%
초기설정	기준값 : 0.0001mΩ, 상/하한값 범위 : 0.00%

(11) 판정음 설정 기능

동작내용	컴퍼레이터 판정결과에 따라 부저를 울린다
설정	OFF / Hi / IN / Lo / Hi 또는 Lo / ALL1 / ALL2 (ALL1, ALL2 는 Hi, Lo 와 IN 에서 다른 소리)
초기설정	OFF

(12) 온도 환산 기능 (ΔT)

동작내용	저항값이 온도에 의존하는 것을 이용해 측정된 저항값을 온도로 환산해 온도 상승값을 표시한다
연산식	$\Delta t = \frac{R_2}{R_1} (k + t_1) - (k + t_2)$
Δt :	온도 상승 ($^{\circ}\text{C}$)
t_1 :	초기저항 R_1 을 측정했을 때의 권선 (냉 상태) 온도 ($^{\circ}\text{C}$)
설정범위:	-10.0 ~ 99.9 $^{\circ}\text{C}$
t_2 :	온도 상승 시험 종료 시 냉매온도 ($^{\circ}\text{C}$)
R_1 :	온도 t_1 (냉 상태) 의 권선저항 (Ω)
설정범위:	0.0001m Ω ~ 3.5000M Ω
R_2 :	온도 상승 시험 종료 시의 권선저항 (Ω)
k :	도선재료의 0 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 온도계수의 역수 ($^{\circ}\text{C}$)
설정범위:	-999.9 ~ 999.9 $^{\circ}\text{C}$
ΔT 표시범위	-999.9 ~ 999.9 $^{\circ}\text{C}$
온도 환산 기능	ON/OFF (ΔT ON 일 때는 TC 및 컴퍼레이터 기능 OFF 고정, 길이 환산 기능 ON 에서 ΔT 자동 OFF)
초기설정	OFF, t_1 : 23.0 $^{\circ}\text{C}$, R_1 : 1.0000 Ω , k : 235.0

(13) 길이 환산 기능

동작내용	측정값을 길이로 환산해 표시한다
길이 표시범위	0.0000 mm ~ 999.99 km (저항값이 마이너스인 경우는 마이너스도 표시)
설정	ON/OFF (길이 환산 기능 ON 일 때는 콤퍼레이터 기능 OFF 고정, ΔT ON 에서 길이 환산 기능 자동 OFF)
1m 당 저항값	0.0001mΩ ~ 350.00Ω
초기설정	OFF, 1Ω
표시 포맷	아래 표와 같음

레인지	1m 당 저항값			
	0.0001 ~ 0.0034mΩ	0.0035 ~ 0.0350mΩ	0.0351 ~ 0.3500mΩ	0.3501 ~ 3.5000mΩ
3mΩ	0.0000 km	000.00 m	00.000 m	0.0000 m
30mΩ	00.000 km	0.0000 km	000.00 m	00.000 m
300mΩ	000.00 km	00.000 km	0.0000 km	000.00 m
3Ω	* ₁	000.00 km	00.000 km	0.0000 km
30Ω	* ₁	* ₁	000.00 km	00.000 km
300Ω	* ₁	* ₁	* ₁	000.00 km
3kΩ	* ₁	* ₁	* ₁	* ₁
30kΩ	* ₁	* ₁	* ₁	* ₁
300kΩ	* ₁	* ₁	* ₁	* ₁
3MΩ	* ₁	* ₁	* ₁	* ₁

*₁ 오버 레인지 표시

레인지	1m 당 저항값				
	3.5001 ~ 35.000mΩ	35.001 ~ 350.00mΩ	350.01mΩ ~ 3.5000Ω	3.5001 ~ 35.000Ω	35.001 ~ 350.00Ω
3mΩ	000.00 mm	00.000 mm	0.0000 mm	* ₁	* ₁
30mΩ	0.0000 m	000.00 mm	00.000 mm	0.0000 mm	* ₁
300mΩ	00.000 m	0.0000 m	000.00 mm	00.000 mm	0.0000 mm
3Ω	000.00 m	00.000 m	0.0000 m	000.00 mm	00.000 mm
30Ω	0.0000 km	000.00 m	00.000 m	0.0000 m	000.00 mm
300Ω	00.000 km	0.0000 km	000.00 m	00.000 m	0.0000 m
3kΩ	000.00 km	00.000 km	0.0000 km	000.00 m	00.000 m
30kΩ	* ₁	000.00 km	00.000 km	0.0000 km	000.00 m
300kΩ	* ₁	* ₁	000.00 km	00.000 km	0.0000 km
3MΩ	* ₁	* ₁	* ₁	000.00 km	00.000 km

*₁ 오버 레인지 표시

(14) 자동 홀드(고정) 기능

동작내용	측정값을 자동 홀드한다. 다음 조건에서 해제된다. 한번 측정 리드를 개방하고 이어서 측정했을 때, 레인지를 변경했을 때, 또는 [ESC] 키를 눌렀을 때
설정	ON/OFF
초기설정	OFF

(15) 메모리 기능

수동 메모리	동작내용 : MEMORY 키를 통해 측정값을 기억 저장내용 : 일시, 측정값, 온도, 저항측정 레인지, 에버리지, 콤퍼레이터, 측정전류 전환, 온도보정 (TC) , OVC
자동 메모리	동작내용 : 자동 홀드 후 측정값을 기억 저장내용 : 일시, 측정값, 온도, 저항측정 레인지, 에버리지, 콤퍼레이터, 측정전류 전환, 온도보정 (TC) , OVC 설정 : ON/OFF
인터벌 메모리	동작내용 : 인터벌 시간마다 측정값을 기록 저장내용 : 개시 일시, 측정값, 온도, 저항측정 레인지, 에버리지, 온도보정 (TC) , 온도 환산 (ΔT) , 인터벌 설정 : ON/OFF 인터벌 : 0.2 ~ 10.0s (0.2s 스텝)
메모리 갯수	블록 수 : 10 수동, 자동 : 최대 1,000 개 인터벌 : 최대 6,000 개
메모리 데이터	
취득	표시, USB Mass Storage (CSV, TXT 파일)
초기설정	자동 메모리 : OFF 인터벌 메모리 : OFF 인터벌 : 0.2 s
메모리 삭제	블록 끝 / 1 블록 / 모든 메모리

(16) 패널 세이브 · 패널 로드(저장 · 불러오기)

동작내용	측정조건을 패널 번호를 지정해 저장 · 불러오기
패널 수	9
저장내용	저항측정 레인지, 에버리지, 딜레이, 콤퍼레이터, 판정음, 온도환산 (ΔT) , 측정전류 전환, 길이 환산, 온도보정 (TC) , OVC, 메모리 모드
패널 삭제	각 패널 삭제

(17) 시계 기능

날짜 표시	자동 달력, 윤년자동판별
시각 표시	24 시간
시계 정밀도	± 4 분/월

초기상태 2013년 1월 1일, 0시 0분 0초

백업 전지 수명 약 10년 (23°C 참고값)

(18) 리셋 기능

리셋

동작내용 패널 데이터, 저장한 측정 데이터, 시계를 제외한 설정을 공장출하상태로 되돌린다

시스템 리셋

동작내용 시계를 제외한 패널 데이터, 저장한 측정 데이터를 포함한 모든 설정을
공장출하상태로 되돌린다

(19) 자동 절전 기능 (APS)

동작내용 키 조작이 없는 상태, 측정 이상 상태가 10분간 계속되었을 때 자동으로 전원이 꺼진다
인터벌 측정 중, USB 연결 중에는 자동으로 기능이 무효가 됨
수동 해제 가능

(20) 배터리 잔량 검출 기능

동작내용 배터리 잔량을 3단계로 표시한다

	10.0V ± 0.2V 이상
	8.5V ± 0.2V 이상 10.0V ± 0.2V 미만
	8.0V ± 0.2V 이상 8.5V ± 0.2V 미만
	8.0V ± 0.2V 미만 (전원이 꺼진다)

(21) 셀프 테스트(자가 진단) 기능

전원 투입 시 ROM/RAM 체크, 측정회로 보호용 퓨즈 단선 체크

인터페이스

(1) 표시

LCD 타입	LCD (흑백, 212 세그먼트)
--------	--------------------

(2) 키

COMP, PANEL, TC/ ΔT, AVG, +, -, ◀, ▶, ESC, ENTER, MEMORY, READ, MODE, 0ADJ, AUTO, ▼, ▲(레인지) Ⓞ (전원)

(3) USB 인터페이스

커넥터	시리즈 미니 B 리셉터클
전기적사양	USB2.0 (Full Speed)
클래스	USB Mass Storage 클래스 (읽기전용)

(4) L2105 전면 콤파레이터 램프용 출력

출력내용	콤파레이터 결과 출력 (Hi, Lo/ IN 의 2 출력)
출력단자	3 극 이어폰 잭 (φ2.5 mm)
출력전압	DC5 V ± 0.2 V 20 mA

환경 · 안전 사양

사용장소	실내사용, 오염도 2, 고도 2,000 m 까지	
보관 온습도 범위	-10℃ ~ 50℃, 80% RH 이하 (결로 없을 것)	
사용 온습도 범위	0℃ ~ 40℃, 80% RH 이하 (결로 없을 것)	
적합규격	안전성	EN61010
	EMC	EN61326
전원	단 3 형 알카라인 건전지 (LR6) × 8 개	
정격전원전압	DC1.5 V × 8	
최대정격전압	5 VA	
연속사용시간	약 10 시간 (신품 알카라인 배터리 사용 시) 다음 사용조건에 따름 : 3mΩ 레인지에서 10 초 간 1 초 간 측정	
외형 치수	약 192W × 121H × 55D mm	
질량	약 770 g	
제품보증기간	3 년간	

부속품

L2107	클립형 리드	1
Z2002	온도 센서	1
	단 3 형 알카라인 건전지 (LR6)	8
	사용설명서	1
	USB 케이블 (A - miniB 타입)	1
	스트랩	1
	예비 퓨즈 (F2AH/250V)	1

옵션

L2107	클립형 리드
9453	4 단자 리드
9454	영점 조정 보드
9465-10	핀형 리드
9467	대형 클립형 리드
9772	핀형 리드
L2105	전면 콤팩터 램프
Z2002	온도 센서
C1006	휴대용 케이스

10 유지보수 · 서비스

교정에 대해서

중요

측정기가 규정된 정확도 내에서 올바른 측정결과를 얻기 위해서는 정기적인 교정이 필요합니다.

교정주기는 사용자의 사용상황이나 환경 등에 따라 다릅니다. 사용자의 사용상황이나 환경에 맞춰 교정주기를 정해 주시고 당사에 정기적으로 교정을 의뢰하실 것을 권장합니다.

클리닝

본 기기 및 옵션류의 더러워진 부분을 제거할 때는 부드러운 천에 물이나 중성세제를 소량 묻혀 가볍게 닦아 주십시오.

표시부는 마른 부드러운 천으로 가볍게 닦아 주십시오.

중요

벤진, 알코올, 아세톤, 에테르, 케톤, 시너, 가솔린계기가 포함된 세제는 절대로 사용하지 마십시오. 변형, 변색될 수 있습니다.

10.1 문제해결

고장이라 생각될 때는 다음의 “Q&A (자주하는 질문)”을 확인한 후 당사 또는 대리점에 문의해 주십시오.

Q&A(자주하는 질문)

해당하는 항목이 없을 경우는 당사 또는 대리점에 문의해 주십시오.

일반적인 항목

No	문제	확인사항	예상되는 원인→대책	참조	
1-1	전원이 켜지지 않는다 (아무 것도 표시되지 않는다)		배터리 잔량이 없다 → 배터리를 교체해 주십시오.	(p.29)	
1-2	전원이 금방 꺼진다	사용 전지는	알카라인 배터리 이외	알카라인 배터리 이외의 사용 금지 → 알카라인 배터리를 사용해 주십시오.	-
		표시는	배터리 잔량 마크가 줄었다	배터리 잔량이 없다 → 배터리를 교체해 주십시오.	(p.29)
			APS 가 점등되었다	APS (자동 절전 기능) 이 동작 중이다 → 한동안 조작하지 않으면 자동으로 전원이 꺼집니다. 기능을 해제 할 수 있습니다.	(p.33)
1-3	키 조작이 안 된다	표시는	설정화면	확정 또는 취소 대기→ ESC 키 또는 ENTER 키를 눌러 주십시오.	(p.19)
			USB	USB 연결 중, 키는 사용 불가 → USB 케이블을 빼 주십시오.	(p.84)
			INTERVAL 표시 점멸	인터벌 측정 중, STOP 키 이외는 사용 불가 → STOP 키 (MEMORY 키) 를 길게 눌러 인터벌 측정을 정지해 주십시오.	(p.78)
			기타 표시	동시에 사용할 수 없는 기능이 있다 → 기능 제한 일람을 참조해 주십시오	(p.107)
1-4	컴퍼레이터 판정결과가 점등되지 않는다	측정값은	표시되어 있다	컴퍼레이터 기능이 OFF 로 되어 있다 → 기능을 ON 해 주십시오.	(p.58)
			표시되어 있지 않다 (수치 또는 oF 이외 표시)	측정값이 표시되지 않은 경우는 판정을 하지 않고, 램프도 점등되지 않습니다	
1-5	L2105 전면 컴퍼레이터 램프가 점등되지 않는다	본 기기의 컴퍼레이터 판정 결과는	점등	연결이 올바르지 않다 → L2105 전면 컴퍼레이터 램프를 COMP. OUT 에 올바르게 연결해 주십시오	(p.64)
				단선되었다 → L2105 전면 컴퍼레이터 램프를 교체해 주십시오.	-
			소등	→ Q&A “No.1-4 컴퍼레이터 판정결과가 점등되지 않는다”를 참조해 주십시오	(p.106)

No	문제	확인사항		예상되는 원인→대책	참조
1-6	부저가 울리지 않는다	판경을 설정은	OFF	기능이 OFF 로 되어 있다 →기능을 ON 해 주십시오	(p.63)

기능 제한 일람 (○ : 동시 사용 가능, - : 동시 사용 불가)

	COMP	TC	ΔT	LENGTH	RANGE 변경
COMP		○	-	-	-
TC	○		-	○	○
ΔT	-	-		-	○
LENGTH	-	○	-		○
RANGE 변경	-	○	○	○	

컴퓨터 연결에 관한 항목

No	문제	확인사항		예상되는 원인→대책	참조
2-1	컴퓨터에 RM3548 이 표시되지 않는다	본 기기의 표시는	"USB" 라 표시되어 있지 않다	연결이 올바르게 않다 →커넥터의 삽입을 확인해 주십시오. →컴퓨터에 다른 USB 메모리를 삽입해 인식되는지 확인해 주십시오.	(p.84)
			아무것도 표시되지 않는다	→RM3548 의 전원을 켜 주십시오.	
2-2	저장 데이터가 보이지 않는다			다른 드라이브를 보고 있다 → RM3548 의 드라이브를 참조해 주십시오	(p.84)
				하나도 저장되지 않았다 → USB 케이블을 분리하고 본 기기에서 저장 데이터를 확인해 주십시오. 데이터가 없다면 데이터가 저장되지 않았습니다. 다시 데이터를 저장해 주십시오.	(p.73)
2-3	파일을 조작할 수 없다 · 파일명을 변경할 수 없다 · 파일 내용을 변경할 수 없다 · 파일을 쓸 수 없다 · 데이터를 삭제할 수 없다 · 데이터를 칼라내기 할 수 없다			저장 데이터 파일은 읽기전용 →파일을 일단 컴퓨터에 복사한 후 편집해 주십시오. →저장 데이터 삭제는 USB 케이블을 빼고 본 기기에서 실행해 주십시오.	(p.84)

측정에 관한 항목

No	문제	확인사항	예상되는 원인→대책	참조		
3-1	측정값이 불안정하다	노이즈의 영향을	받고 있을 가능성이 있다	→부록 8 (1) 을 참고해 주십시오 (p.부 16)		
		측정 리드는	클립형 리드		→부록 8 (2) 을 참고해 주십시오 (p.부 19)	
			중간부터 2 단자배선		→부록 8 (8) 을 참고해 주십시오 (p.부 22)	
		측정 대상은	폭과 두께가 있다		→부록 8 (3) 을 참고해 주십시오 (p.부 20)	
			온도가 불안정하다 (막 만든 것, 막 개봉한 것, 손에 든 것 등)		→부록 8 (4) 을 참고해 주십시오 (p.부 22)	
			열용량이 작다		→부록 8 (5) 을 참고해 주십시오 (p.부 22)	
			트랜스	측정전류가 안정되기 전에 측정하고 있다	→딜레이를 길게 하거나, OVC 를 OFF 로 해 주십시오	(p.50) (p.52)
			모터, 초크코일, 솔레노이드	측정전류가 안정되기 전에 측정하고 있다	→딜레이를 길게 설정해 주십시오	(p.52)
		TC 는	ON	Z2002 온도 센서의 배치가 적절하지 않다	→Z2002 온도 센서를 측정대상 가까이에 두십시오 → Z2002 온도 센서가 바람에 노출되지 않도록 해 주십시오	(p.13)
			OFF	실온이 안정되지 않는 등 온도로 인해 측정대상의 저항값이 변하고 있다	→온도보정 (TC) 을 ON 해 주십시오	(p.49)
OVC 는	OFF	열기전력의 영향을 받고 있다	→ OVC 를 ON 해 주십시오	(p.50)		
기타		측정 리드가 연결되지 않았다	→측정 리드를 안쪽까지 삽입해 주십시오. →측정 리드를 교체해 주십시오.	(p.30)		
		(자체제작 측정 리드의 경우) 접촉저항이 너무 크다	→접촉압을 올려 주십시오 →프로브 선단을 청소 · 교체해 주십시오	-		
		(자체제작 측정 리드의 경우) 배선저항이 너무 크다	→배선을 두껍고 짧게 해 주십시오	-		
3-2	측정값이 예상값에서 벗어난다	영점 조정은	ON	영점 조정이 올바르지 않다	→다시 한 번 영점 조정을 실시해 주십시오 (p.44)	
			OFF	• 2 단자측정에서의 배선저항의 영향을 받고 있다 →영점 조정해 주십시오 • 열기전력의 영향을 받고 있다 → OVC 기능을 사용해 주십시오	(p.44) (p.50)	
Q&A “No.3-1 측정값이 불안정하다” (p.108) 도 확인해 주십시오						

No	문제	확인사항		예상되는 원인→대책	참조
3-3	측정값이 표시되지 않는다 (측정값 이상 표시에 대해서는 p.40도 참조해 주십시오)	측정값은	-----	측정 리드가 단선되었다 →측정 리드를 교체해 주십시오 (자체제작 측정 리드의 경우) 접촉저항이 너무 크다 →접촉압을 올려 주십시오 →프로브 선단을 청소·교체해 주십시오 (자체제작 측정 리드의 경우) 배선저항이 너무 크다 →배선을 두껍고 짧게 해 주십시오	(p.30) - -
			OF	측정 레인지가 낮다 →고저항 레인지로 하거나, 자동 레인지로 설정해 주십시오	(p.36)
			아무것도 표시되지 않는다	자동 레인지가 확정되지 않는다 → Q&A의 “No.3-4 자동 레인지가 확정되지 않는다”를 참고해 주십시오	(p.109)
			측정 리드를 쇼트해도 표시되지 않는다	퓨즈 단선의 가능성이 있습니다→전원을 다시 커 셸프테스트를 실시해 퓨즈가 단선되지 않았는지 확인해 주십시오.	(p.32)
3-4	자동 레인지가 확정되지 않는다	측정대상은	트랜스, 모터 →레イン지를 고정하고 측정해 주십시오 →딜레이를 길게 설정해 주십시오 →OVC를 OFF해 주십시오	(p.36) (p.50) (p.52)	
		노이즈의 영향을	받고 있을 가능성이 있다 →부록 8 (1)을 참고해 주십시오 (p.부 16)		
3-5	영점 조정 되지 않는다	영점조정하기 전 측정값이	각 레인지 풀 스케일의 ±3%를 초과했다, 또는 측정 이상이다	결선에 문제가 있다 →다시 한 번 올바른 결선에서 영점 조정을 실시해 주십시오. 자체제작 케이블 등으로 저항값이 높은 경우는 영점 조정 불가능하므로 배선저항을 낮게 억제해 주십시오.	(p.44)
3-6	자동 홀드 되지 않는다(홀드가 해제되지 않는다)	측정값이	불안정하다	Q&A “No.3-1 측정값이 불안정하다”를 확인해 주십시오	(p.108)
			변하지 않는다	레인지가 맞지 않다 →적절한 레인지 또는 자동 레인지로 설정해 주십시오.	(p.36)

에러 표시와 대처방법

본 기기 및 측정상태가 비정상적일 때는 다음의 메시지가 화면에 표시됩니다. 수리가 필요한 경우는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

- 고장이라 생각될 때는 “Q&A (자주하는 질문) ” (p.106) 을 확인한 후 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- LCD 표시부에 에러가 표시되었을 때는 수리가 필요합니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

표시	의미	대처방법
FAiL	실행 에러	실행 중인 내용에 따라 다릅니다. (예) 영점 조정 실행 시 표시된 경우는 영점 조정 범위 외입니다.
Err90	프로그램 ROM 체크섬 에러	기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err91	CPU RAM 에러	기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err92	SRAM 의 Read/Write 테스트 에러	기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err93	FRAM 의 Read/Write 테스트 에러	기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err95	조정 데이터 에러	기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err96	설정 백업 에러	시스템 리셋을 실행해 주십시오. (p.89) 그래도 복구되지 않을 경우는 기기 고장입니다. 수리를 맡겨 주십시오.
Err99	시계 미설정으로 인해 [ENTER] 키를 누르면 12-01-01 00:00:00 로 초기화됩니다.	백업 전지 교체 시기입니다. 당사로 연락 주십시오.
FUSE	퓨즈가 끊어졌습니다.	퓨즈를 교체해 주십시오.
PrtCt	보호기능이 작동 중입니다.	잘못 과전압을 입력해 버린 경우는 즉시 측정 리드를 측정대상에서 분리해 주십시오. 보호기능이 동작 중일 때는 측정할 수 없습니다. 보호 기능을 해제하려면 측정 리드의 A 측 (빨강) 과 B 측 (검정) 을 접촉시키거나, 전원을 다시 켜 주십시오.
t.Err	TC 및 ΔT가 ON 일 때, Z2002 온도 센서가 연결되지 않았거나, 온도가 oF 표시로 되어 있다	Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

10.2 수리 · 점검

교체부품과 수명에 대해서

- 사용환경이나 사용빈도에 따라 수명은 달라집니다. 하기 기간을 동작 보증하는 것이 아닙니다.
교체 시에는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- 수송 시에는 “수송 시 주의사항” (p.8) 도 확인해 주십시오.

부품	수명
전해 콘덴서	약 10 년
리튬 전지	약 10 년 본 기기는 시계 백업용으로 리튬 전지가 내장되어 있습니다. 전원을 켜고 꺼낼 때 날짜, 시계가 크게 차이날 때는 전지를 교체할 시기가 된 것입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

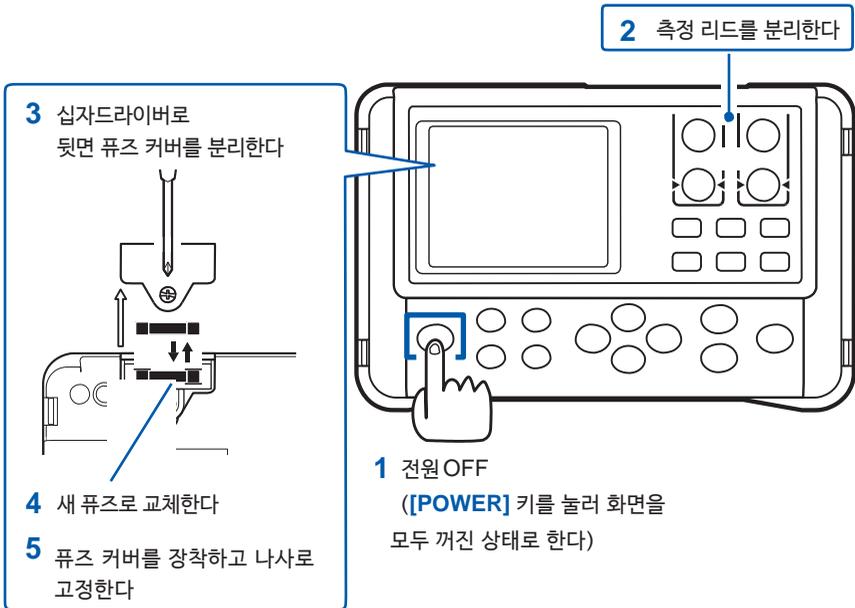
10.3 측정회로 보호용 퓨즈 교체

측정회로 보호용 퓨즈가 단선되었을 때는 다음과 같은 순서로 교체합니다.

⚠ 경고

감전사고를 피하기 위해 전원을 끄고 측정 리드를 분리한 후 퓨즈를 교체해 주십시오. 퓨즈는 지정된 형상과 특성, 정격전류, 전압인 것을 사용해 주십시오. 지정 이외의 퓨즈(특히 정격전류가 큰 것)를 사용하거나 퓨즈 홀더를 단락한 채 사용하지 마십시오. 본 기기가 파손되어 인명사고로 이어질 수 있습니다.

지정 퓨즈 : F2AH/250 V (소호제 포함) $\phi 5 \times 20\text{mm}$



10.4 본 기기의 폐기

- 본 기기에는 백업용으로 리튬 전지가 내장되어 있습니다. 백업 전지의 수명은 약 10 년입니다. 전원을 켜고 꺼낼 때 날짜, 시간이 크게 차이날 때는 전지를 교체할 시기가 된 것입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- 본 기기를 폐기할 때는 리튬 전지를 꺼낸 후 지역에 정해진 규칙에 따라 처분해 주십시오.

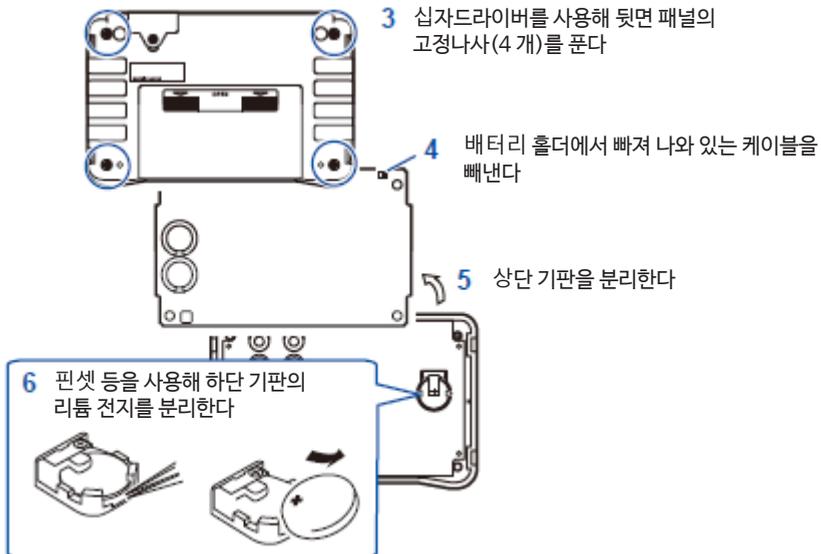
백업 전지 분리방법

⚠ 경고



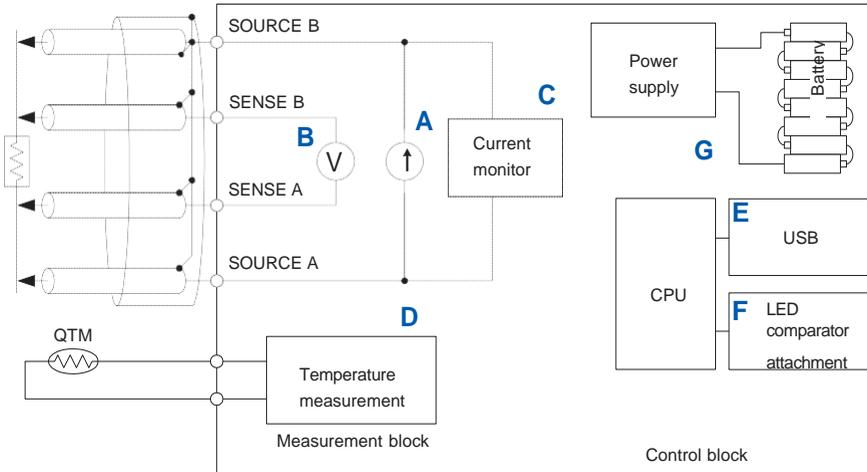
감전사고를 피하기 위해 배터리와 측정 리드를 분리한 후 리튬 전지를 꺼내 주십시오.

- 1 전원 OFF
([POWER] 키를 눌러 화면이 모두 꺼진 상태가 되도록 한다)
- 2 측정 리드를 분리한다



부록

부록 1 블록도



- 측정 레인지에 따른 정전류를 SOURCE B 단자에서 SOURCE A 단자로 흘려보내, SENSE B 단자와 SENSE A 단자 간 전압을 측정합니다. 이렇게 얻어진 전압값 (V) 를 흘려보내는 정전류값 (I) 으로 나눠 저항값 ($R=V/I$) 을 구합니다. (A, B)
- 정전류원과 전압계는 접촉저항의 영향을 잘 받지 않는 회로구성으로 되어 있습니다.
- 측정 중에는 정상적으로 정전류를 측정대상에 흘려 보내고 있는지 감시합니다. (C)
- 저항측정과 동시에 서미스터 온도 센서 (Z2002 온도 센서) 를 통해 온도를 측정합니다. 본 기기에서는 측정한 온도를 이용해 저항값을 보정할 수 있습니다. (D)
- USB 는 Mass Storage device 로써 동작합니다. 간단한 조작으로 컴퓨터에 데이터를 내보낼 수 있습니다. (E)
- L2105 전면 콤파레이터 램프를 장착하면 본체 표시를 보지 않아도 판정결과를 알 수 있습니다.
- 본 기기의 전원은 단 3형 알카라인 배터리 8 개입니다. 소형이면서 1A 의 대전류로 측정할 수 있어 $0.1\mu\Omega$ 분해능을 실현합니다. (A, G)

부록 2 4 단자법 (전압강하법)

저-저항을 고정밀도로 측정함에 있어서 측정기와 프로브를 연결하는 배선의 저항, 프로브와 측정대상 사이에 생기는 접촉저항이 큰 저해요인이 됩니다.

배선저항은 두께나 길이에 따라 크게 달라집니다. 저항측정에 사용되는 케이블은 예를 들면 AWG24 (0.2sq) 에서 약 90mΩ/m, AWG18 (0.75sq) 에서 약 24mΩ/m 입니다.

접촉저항은 프로브의 마모상태나 접촉압, 측정전류에 좌우됩니다. 접촉이 좋은 상태에서도 수 mΩ 정도로, 때로는 수 Ω에 달하는 경우도 흔히 있습니다.

따라서 작은 저항을 확실하게 측정하기 위해서는 4 단자법이 이용됩니다.

2 단자 측정의 경우(그림 1)는 측정 리드 자체의 도체저항이 측정대상의 저항에 가산되어 오차의 원인이 됩니다.

4 단자 측정 (그림 2) 은 정전류를 공급하는 전류원단자 (SOURCE A, SOURCE B) 와 전압강하를 검출하는 전압검출단자 (SENSE A, SENSE B) 로 구성됩니다.

측정대상에 연결된 전압검출단자 측 리드선에는 전압계의 입력 임피던스가 높기 때문에 거의 전류가 흐르지 않으므로 측정 리드의 저항 및 접촉저항의 영향을 받지 않고 정확하게 측정할 수 있습니다.

2 단자법에 의한 측정

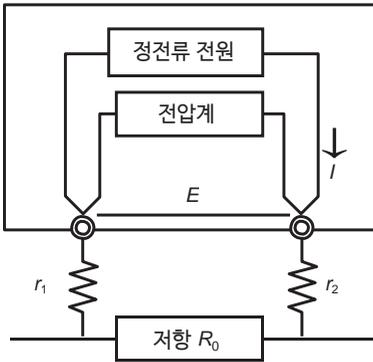


그림 1

전류 I 는 피측정저항 R_0 , 배선저항 r_1, r_2 에 흐릅니다. 따라서 측정하는 전압은

$E = I(r_1 + R_0 + r_2)$ 로 구해져, 배선저항 r_1, r_2 를 포함한 값이 됩니다.

4 단자법에 의한 측정

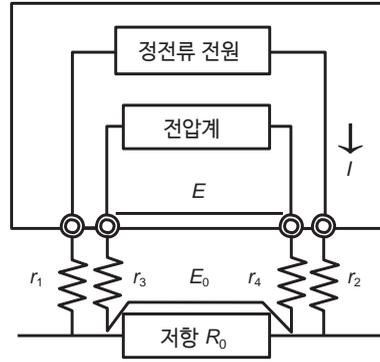


그림 2

전류 I 는 r_2 에서 피측정저항 R_0 을 통해 r_1 로 흐릅니다. 전압계는 입력저항이 크기 때문에 r_3, r_4 로는 전류가 흐르지 않습니다. 따라서 r_3, r_4 의 전압강하는 0이 되어 측정하는 전압 E 와 피측정저항 R_0 의 양 끝의 전압강하 E_0 는 같아지게되어 $r_1 \sim r_4$ 의 영향을 받지 않고 저항 측정을 할 수 있습니다.

부록 3 직류방식과 교류방식에 대해서

저항측정 (임피던스 측정) 에는 직류방식과 교류방식이 있습니다.

- 직류방식

저항계 RM3542, RM3543, RM3544, RM3545, RM3548

일반적인 디지털 멀티미터

일반적인 절연저항계

- 교류방식

배터리 하이테스터 3561, BT3562, BT3563, 3554

일반적인 LCR 미터

직류방식 저항계는 범용 저항기나 권선저항, 접촉저항, 절연저항 등의 측정에 폭 넓게

이용됩니다. 직류방식은 직류전원과 직류전압계로 구성되며, 회로구성이 간소하기 때문에

정밀도를 올리기 쉬운 반면, 측정하는 경로에 기전력이 있는 경우에 오차가 발생합니다.

교류방식은 인덕터나 캐패시터, 배터리의 임피던스 측정 등 '직류로는 측정할 수 없는' 장면에서 사용됩니다. 교류방식 저항계는 교류전원과 교류전압계로 구성되므로 본질적으로 직류기전력의 영향을 받지 않습니다. 그 반면, 코일의 직렬등가저항에서는 철손 등이 포함되는 등 직류에서의 측정값과 다른 경우가 있어 주의가 필요합니다.

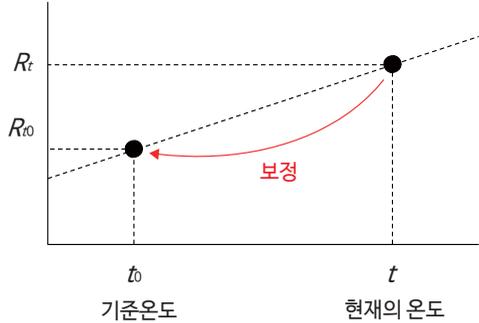
	직류 저항계	교류 저항계
측정신호 검출전압	<p>직류</p>	<p>교류</p>
장점	고정밀도 측정 가능	기전력의 영향을 받지 않는 리액턴스 측정 가능
단점	직류 충첩 측정이 불가능하기 때문에 기전력의 영향을 받는다 (OVC 기능을 통해 열기전력 정도라면 보정 가능)	정밀도를 올리기 어렵다
용도	트랜스, 모터 등 권선의 직류저항, 접촉저항, 절연저항, PCB의 배선저항	배터리의 임피던스, 인덕터, 전기화학측정 캐패시터 전기화학측정
측정범위	$10^{-8} \sim 10^{16}$	$10^{-3} \sim 10^8$
당사 측정기	저항계 : RM3542 ~ RM3548 DMM : 3237 ~ 3238 절연저항계 : IR4000 시리즈, DSM 시리즈(한국미발매)	배터리 하이테스터 : 3561, BT3562, BT3563 LCR 미터 : IM3570, IM3533, IM3523 등

부록 4 온도 보정 기능 (TC) 에 대해서

온도 보정은 구리선과 같이, 온도의존성이 있는 저항값을 특정 온도의 저항값으로 환산해 표시합니다.

저항값 R_t , R_{t_0} 를 $t^\circ\text{C}$ 및 $t_0^\circ\text{C}$ 의 측정대상 ($t_0^\circ\text{C}$ 의 저항온도계수 : α_{t_0}) 의 저항값으로써 다음과 같이 나타냅니다.

$R_t = R_{t_0} \times \{1 + \alpha_{t_0} \times (t - t_0)\}$	
R_t	실제 측정된 저항값 [Ω]
R_{t_0}	보정 저항값 [Ω]
t_0	기준온도 [$^\circ\text{C}$]
t	현재의 주위온도 [$^\circ\text{C}$]
α_{t_0}	t_0 일 때의 온도계수 [$1/^\circ\text{C}$]



예

현재의 온도 = 30°C , 그 때의 저항값 = 100Ω 인 구리선 (20°C 에서의 저항온도계수 = 3930 ppm) 의 경우, 20°C 일 때의 저항값은 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$\begin{aligned}
 R_{t_0} &= \frac{R_t}{1 + \alpha_{t_0} \times (t - t_0)} \\
 &= \frac{100}{1 + (3930 \times 10^{-6}) \times (30 - 20)} \\
 &= 96.22
 \end{aligned}$$

온도 보정의 설정, 실행방법은 “4.3 온도의 영향을 보정하기 (온도 보정 기능 (TC)) ” (p.49) 을 참조해 주십시오.

중요

- 온도 센서는 실외기온을 검출하는 것으로, 표면온도를 측정하는 것은 불가능합니다.
- 측정하기 전에 온도 센서를 측정대상 가까이 배치하고, 온도 센서와 측정대상을 그 주위온도에 충분히 익숙해지도록 한 뒤 사용해 주십시오.

참고

금속 및 합금도전재료의 성질

종류	성분 [%]	밀도 ($\times 10^3$) [kg/m ³]	도전율	온도계수 (20℃) [ppm]
연동선	Cu > 99.9	8.89	1.00 ~ 1.02	3810 ~ 3970
경동선	Cu > 99.9	8.89	0.96 ~ 0.98	3770 ~ 3850
카드뮴 동선	Cd 0.7 ~ 1.2	8.94	0.85 ~ 0.88	3340 ~ 460
은동	Ag 0.03 ~ 0.1	8.89	0.96 ~ 0.98	3930
크로뮴 구리	Cr 0.4 ~ 0.8	8.89	0.40 ~ 0.50 0.80 ~ 0.85	2000 3000
코르손 합금선	Ni 2.5 ~ 4.0 Si 0.5 ~ 1.0		0.25 ~ 0.45	980 ~ 1770
연 알루미늄선	Al > 99.5	2.7	0.63 ~ 0.64	4200
경 알루미늄선	Al > 99.5	2.7	0.60 ~ 0.62	4000
알드레이션	Si 0.4 ~ 0.6 Mg 0.4 ~ 0.5 Al 남은 부분		0.50 ~ 0.55	3600

참고문헌 “전자정보통신 핸드북” 전자정보통신학회편

동선(구리선)의 도전율

직경 [mm]	연동선	주석도금 연동선	경동선
0.01 ~ 0.26 미만	0.98	0.93	-
0.26 ~ 0.29 미만	0.98	0.94	-
0.29 ~ 0.50 미만	0.993	0.94	-
0.50 ~ 2.00 미만	1.00	0.96	0.96
2.00 ~ 8.00 미만	1.00	0.97	0.97

온도계수는 온도 및 도전율에 따라 변합니다. 20°C일 때의 온도계수를 α_{20} , 도전율 C 의 $t^{\circ}\text{C}$ 에서의 온도계수를 α_t 라 하면, α_t 는 상온 부근에서 다음과 같이 나타낼 수 있습니다.

$$\alpha_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{20} \times C} + (t - 20)}$$

예를 들면, 국제표준 연동의 온도계수는 20°C에서 3930 ppm/°C입니다. 주석도금 연동선 (직경 0.10 ~ 0.26 미만) 에서 20°C 의 온도계수 α_{20} 는 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$\alpha_{20} = \frac{1}{\frac{1}{0.00393 \times 0.93} + (20 - 20)} = 3650 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$$

부록 5 온도 환산 기능 (ΔT) 에 대해서

온도 환산 기능은 저항값이 온도에 의존하는 것을 이용해 측정된 저항값을 온도로 환산해 표시합니다. 여기서는 온도 환산 기능의 방법에 대해서 설명합니다.

JIS C 4034 에 따르면 온도 상승값은 저항법에 의해 다음과 같이 나타냅니다.

$$\Delta t = \frac{R_2}{R_1} (k + t_1) - (k + t_2)$$

Δt	온도 상승 [°C]
t_1	초기저항 R_1 을 측정했을 때의 권선 (냉 상태) 온도 [°C]
t_2	온도 상승 시험 종료 시의 냉매온도 [°C]
R_1	온도 t_1 (냉 상태) 의 권선저항 [Ω]
R_2	온도 상승 시험 종료 시의 권선저항 [Ω]
k	도선재료의 0°C에서의 온도계수의 역수 [°C]

예

초기온도 t_1 가 20°C 일 때 저항값 R_1 이 200m Ω 인 구리선의 경우, 현재의 주위온도 t_2 가 25°C, 저항 측정값 R_2 이 210m Ω 일 때, 온도 상승값은 다음과 같습니다.

$$\begin{aligned} \Delta t &= \frac{R_2}{R_1} (k + t_1) - (k + t_2) \\ &= \frac{210 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-3}} (235 + 20) - (235 + 25) \\ &= 7.75 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

따라서 현재 저항체의 온도 t_R 는 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$t_R = t_2 + \Delta t = 25 + 7.75 = 32.75$$

여기서 측정대상이 구리 또는 알루미늄이 아닌 경우, 정수 k 는 온도 보정 기능에서 나타난 식과 상기의 식에 따라 온도계수 α_{t0} 라 하면 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$k = \frac{1}{\alpha_{t0}} - t_0$$

예를 들면, 구리의 20°C 일 때의 온도계수는 3930 ppm/°C 이므로 이 때의 정수 k 는 다음과 같아 JIS 에서 규정한 구리의 정수 235 과 거의 동일한 값을 나타냅니다.

$$k = \frac{1}{3930 \times 10^{-6}} - 20 = 234.5$$

부록 6 열기전력의 영향에 대해서

열기전력이란 프로브와 측정대상의 리드선 사이 등 이종금속(異種金屬)의 연결부분에 생기는 전위차를 말하며, 이 열기전력이 크면 측정에 오차가 생기고 맵니다(그림 1).

또한, 열기전력의 크기는 측정환경의 온도에 따라서도 다르며, 일반적으로 온도차가 높을수록 열기전력은 커지게 됩니다.

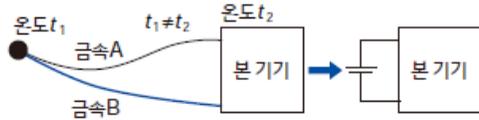


그림 1. 열기전력의 발생

열기전력이 커지는 예

- 측정대상이 퓨즈, 온도 퓨즈, 서미스터, 바이메탈, 서모스탯이다
- 전압검출라인에 싱글 스테이블형 릴레이의 접점을 사용하고 있다
- 전압검출단자에 악어클립을 사용하고 있다
- 전압검출단자를 손에 들고 있다
- 측정대상과 본 기기의 온도가 크게 차이난다
- A 단자 쪽 배선재와 B 단자 쪽 배선재가 다르다

저항측정에서는 측정대상 R_x 에 측정전류 I_M 를 흘려보내 측정대상의 전압강하 $R_x I_M$ 를 검출합니다.

저-저항측정에서는 R_x 가 작기 때문에 검출전압 $R_x I_M$ 가 필연적으로 작아집니다. 검출전압이 작을 경우에는 측정대상과 프로브 간이나 케이블과 측정기 간에 생기는 열기전력 및 전압계의 오프셋 전압 V_{EMF} 가 측정에 영향을 미치게 됩니다(그림 2).

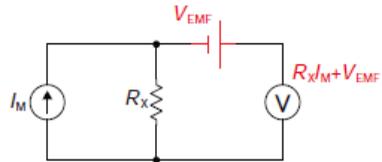


그림 2. 열기전력의 발생

측정대상을 손에 들게 되면 측정대상이 열을 받거나 프로브가 손에서 뜨거워지는 경우도 있습니다. 이러한 영향으로 인해 주의를 기울여도 열기전력을 $1 \mu V$ 이하로 컨트롤 하기란 어렵습니다.

예로써, 열기전력이 $10 \mu V$ 있는 상황에서 참 저항값이 $1m\Omega$ 인 측정대상을 측정전류 $100mA$ 로 측정했을 경우, 측정기는

$$\frac{1m\Omega \times 100mA + 10 \mu V}{100mA} = 1.1m\Omega$$

라 표시해 참 측정값에 대해 10%나 되는 오차를 포함하게 됩니다. 또한, 전압계의 오프셋 전압도 $1 \mu V \sim 10 mV$ 로 매우 커 저-저항측정에서의 큰 오차요인이 됩니다.

열기전력의 영향을 줄이는 방법으로써

1. 큰 측정전류로 검출전압을 올린다
2. 열기전력을 영점 조정한다
3. 검출신호를 교류로 한다

가 있습니다.

1 큰 측정전류로 검출전압을 올린다

조금 전 열기전력의 예에서 측정전류를 100 mA 에서 1 A 로 하면 오차는 1% 로 줄일 수 있습니다.

$$= \frac{1\text{m}\Omega \times 1\text{A} + 10 \mu\text{V}}{1\text{A}} = 1.01\text{m}\Omega$$

단, 측정대상에는 R^2 의 전력이 걸리므로 주의가 필요합니다.

2 열기전력을 영점 조정한다

측정대상 R_x 에 전류가 흐르지 않는 상태를 만듦으로써 전압계에는 열기전력 V_{EMF} 만 입력되게 됩니다. 단, SOURCE 단자를 개방해 버리면 본 기기는 전류 이상을 검출해 측정값을 표시하지 않게 됩니다.

따라서 R_x 에 전류가 흐르지 않도록 SOURCE 선을 단락하고 영점 조정을 실행함으로써 열기전력을 취소할 수 있습니다(그림 3).

“3.3 측정값을 확인하기” (p.39)

“부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 10)

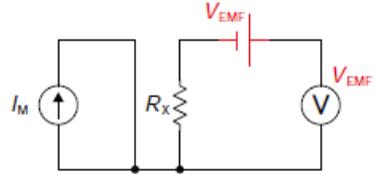


그림 3 R_x 에 전류를 흘려보내지 않고 영점 조정

3 검출신호를 교류로 한다

검출신호를 교류로 하는 것은 근본적인 해결방법입니다. 열기전력, 전압계의 오프셋 전압 둘 다 초 단위의 짧은 시간에서는 안정된 직류로 여겨져 검출신호를 교류로 함으로써 주파수영역에서의 분리가 가능해집니다. 본 기기의 OVC 기능 (OVC:Offset Voltage Compensation) 에서는 측정전류를 펄스 파형으로써 열기전력을 배제하고 있습니다(그림 4). 구체적으로는 측정전류를 흘려보냈을 때의 검출전압에서 전류를 정지했을 때의 검출전압을 빼, 열기전력의 영향을 받지 않는 저항값을 얻고 있습니다.

$$\frac{(R_x I_M + V_{EMF}) - (R_x I_0 + V_{EMF})}{I_M} = R_x \quad (I_0 = 0 : \text{전류정지})$$

측정대상이 유도성인 경우는 전류를 흘려보낸 뒤 측정을 개시할 때까지 지연시간 (DELAY) 을 설정 (p.52) 할 필요가 있습니다.

지연시간은 인덕턴스가 측정값에 영향을 주지 않도록 설정해 주십시오. 처음에는 지연시간을 길게 설정하고 측정값을 확인하면서 점점 지연시간을 짧게 설정하십시오.

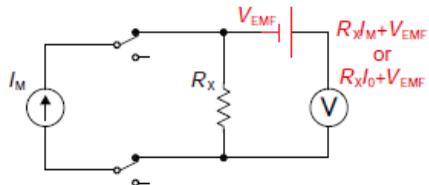


그림 4. 전류반전법에 의한 기전력 취소

부록 7 영점 조정에 대해서

영점 조정은 0Ω을 측정했을 때 남게 되는 값을 제거해 영점을 조절하는 기능입니다. 그러므로 영점 조정은 0Ω을 연결한 상태에서 실시할 필요가 있습니다. 그러나 저항값이 전혀 없는 측정대상을 연결하기란 현실적으로 어렵습니다. 따라서 실제 영점 조정 시에는 유사하게 0Ω을 연결한 상태를 만들어 영점을 조절합니다.

0Ω을 연결한 상태를 만들려면

이상적인 0Ω을 연결한 경우, 옴 법칙 $E=I \times R$ 관계식으로부터 SENSE A와 SENSE B 간 전압은 0V가 됩니다. 즉, SENSE A와 SENSE B 간 전압을 0V로 만들면 0Ω을 연결한 상태와 동일한 상태를 만들 수 있습니다.

본 기기에서 영점 조정을 실시할 경우에는

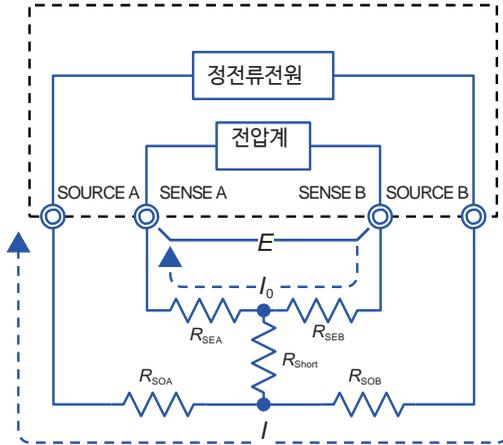
본 기기에서는 측정 이상 검출 기능을 통해 각 측정단자 간 연결상태를 감시하고 있습니다. 그러므로 영점 조정을 실시할 경우에는 각 단자 간을 적절하게 연결해 둘 필요가 있습니다. (그림 1)

먼저, SENSE A와 SENSE B 간 전압을 0V로 만들기 위해 SENSE A와 SENSE B 간을 단락합니다. 사용하는 케이블의 배선저항 $R_{SEA} + R_{SEB}$ 은 수 Ω 이하라면 문제 없습니다. 이는 SENSE 단자가 전압측정단자이며 전류 I 가 거의 흐르지 않기 때문에 $E=I \times (R_{SEA} + R_{SEB})$ 의 관계식에서 $I \approx 0$ 가 되어 배선저항 $R_{SEA} + R_{SEB}$ 가 수 Ω이라면 SENSE A와 SENSE B 간 전압은 거의 제로가 되기 때문입니다.

다음으로, SOURCE A와 SOURCE B 간을 연결합니다. 이는 측정전류를 흘려보내지 못할 경우에 표시되는 에러를 회피하기 위해서입니다. 사용하는 케이블의 배선저항 $R_{SOA} + R_{SOB}$ 은 측정전류가 흐를 수 있는 저항 이하일 필요가 있습니다.

또한, SENSE와 SOURCE 간 연결상태도 감시하고 있는 경우에는 SENSE와 SOURCE 간도 연결할 필요가 있습니다. 사용하는 케이블의 배선저항 R_{short} 은 수 Ω 정도면 문제 없습니다.

이와 같이 배선함으로써 SOURCE B에서 흘러 나온 측정전류 I 는 SOURCE A에 흘러들어가 SENSE A나 SENSE B의 배선에 흘러 들어가지 않게 됩니다. SENSE A와 SENSE B 간 전압을 정확하게 0V로 유지할 수 있게 되어 적절하게 영점 조정할 수 있게 됩니다.



$$\begin{aligned}
 E &= (h \times R_{SEB}) + (h \times R_{SEA}) \\
 &= (0 \times R_{SEB}) + (0 \times R_{SEA}) \\
 &= 0[V]
 \end{aligned}$$

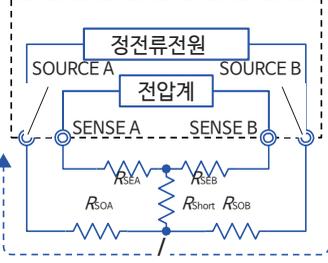
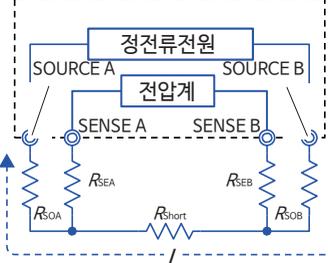
그림 1. 유사하게 0Ω을 연결한 상태

적절하게 영점 조정하기 위해서는

아래 표 1 에 나타난 것은 올바른 연결방법과 잘못된 연결방법입니다. 그림 속 저항은 배선저항을 나타내는 것으로 각각 수Ω이하라면 문제없습니다.

- (a) 와 같이 SENSE A 와 SENSE B 및 SOURCE A 와 SOURCE B 를 각각 연결해 SENSE 와 SOURCE 간을 1 개의 경로로 연결한 경우, SENSE A 와 SENSE B 사이에 전위차가 발생하지 않고 0 V 가 입력됩니다. 이를 통해 영점 조정이 올바르게 행해집니다.
- 한편, (b) 와 같이 SENSE A 와 SOURCE A 및 SENSE B 와 SOURCE B 를 각각 연결하고 A 와 B 간을 1 개의 경로로 연결한 경우, SENSE A 와 SENSE B 사이에는 $I \times R_{short}$ 의 전압이 생깁니다. 따라서 유사하게 0Ω 을 연결한 상태가 되지 않아 영점 조정이 올바르게 행해지지 않습니다.

표 1 : 연결방법

연결방법	 <p>(a) SENSE-SOURCE 간을 각각 1 점으로 연결</p>	 <p>(b) A-B 간을 각각 1 점으로 연결</p>
SENSE A 와 SENSE B 간 저항	$R_{SEA} + R_{SEB}$	$R_{SEA} + R_{Short} + R_{SEB}$
측정전류 /가 흐르는 경로	$R_{SOB} \rightarrow R_{SOA}$	$R_{SOB} \rightarrow R_{Short} \rightarrow R_{SOA}$
SENSE A 와 SENSE B 간에 생기는 전압	0	$I \times R_{Short}$
영점 조정 시 연결방법으로써	올바름	잘못됨

측정 리드를 사용해 영점 조정을 실시할 경우에는

실제로 측정 리드를 사용한 상태에서 영점 조정을 실시할 때, 뜻하지 않게 표 1 (b) 처럼 연결해 버리는 경우가 있습니다. 영점 조정을 실시할 때는 각 단자의 연결상태에 충분히 주의할 필요가 있습니다.

L2107 클립형 리드의 연결방법을 예로 설명하겠습니다. 올바른 방법과 잘못된 방법에서의 리드 선단부의 연결상태와 그 등가회로는 표 2 와 같습니다.

이처럼, 올바른 연결방법은 표 1 (a) 와 같은 연결이 되어 SENSE A 와 SENSE B 사이는 0 V 가 되지만, 잘못된 연결방법은 표 1 (b) 와 같은 연결이 되어 SENSE A 와 SENSE B 사이가 0 V 가 되지 않습니다.

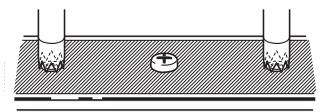
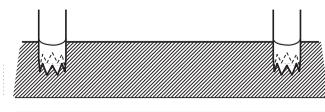
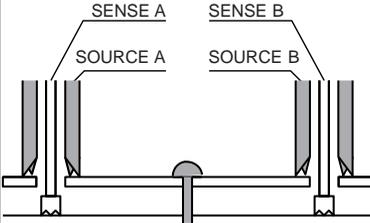
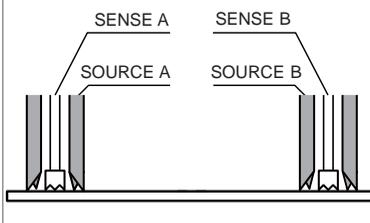
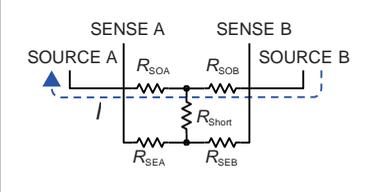
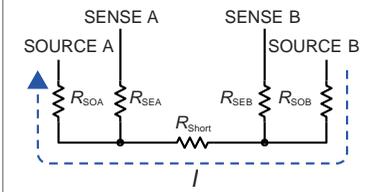
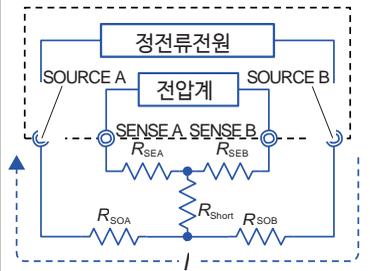
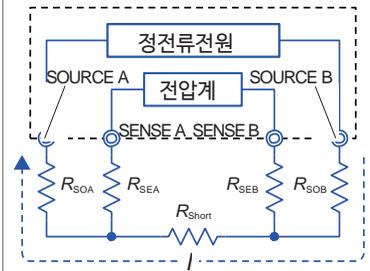
표 2 : 영점 조정 시 클립형 리드 연결방법

연결방법	올바름	잘못됨
리드 선단부		
등가회로		
변형된 등가회로		
영점 조정 시 연결방법으로써	올바름	잘못됨

9454 영점 조정 보드를 사용해 영점 조정을 실시할 경우에는

영점 조정을 실시할 때 9454 영점 조정 보드 대신에 금속판 등을 이용할 수 없습니다. 9454 영점 조정 보드는 단순한 금속판이 아닌, 2 층의 금속판을 1 점으로 나사로 고정된 구조로 되어 있습니다. 영점 조정 보드는 9465-10 핀형 리드의 영점 조정을 하는 경우에 사용합니다. 핀형 리드를 영점 조정 보드에 연결한 경우와 금속판 등에 연결한 경우의 단면도 및 등가회로는 표 3 과 같습니다. 이와 같이, 영점 조정 보드에 연결한 경우, 표 1 (a) (p.부 12) 와 같은 연결이 되어 SENSE A 와 SENSE B 사이는 0 V 가 됩니다. 하지만 금속판 등에 연결한 경우, 표 1 (b) (p.부 12) 와 같은 연결이 되어 SENSE A 와 SENSE B 사이가 0 V 가 되지 않습니다.

표 3 : 영점 조정 시 핀형 리드 연결방법

<p>연결방법</p>	 <p>9454 영점 조정 보드에 연결한 경우</p>	 <p>금속판 등에 연결한 경우</p>
<p>리드 선단부</p>		
<p>등가회로</p>		
<p>변형된 등가회로</p>		
<p>영점 조정 시 연결방법으로써</p>	<p>올바름</p>	<p>잘못됨</p>

자체제작 측정 리드를 사용한 측정에서 영점 조정이 어려울 경우에는

자체제작한 측정 리드를 사용하는 측정에서 영점 조정을 실시하려면 자체제작 측정 리드의 선단을 표 1 (a) (p.부 12) 과 같이 연결합니다. 단, 표 1 (a) (p.부 12) 과 같이 연결하기 어려운 경우에는 다음과 같은 방법을 있습니다.

직류저항 측정기의 경우

영점 조정을 하는 주 목적은 측정기 본체의 오프셋을 제거하는 것입니다.

그러므로 영점 조정에 의해 제거되는 값은 거의 측정 리드에 의존하지 않습니다. 따라서 표준 측정 리드를 사용해 표 1 (a) (p.부 12) 과 같이 연결해 영점 조정을 한 후, 자체제작 측정 리드로 바꿔 끼면 측정기 본체의 오프셋을 제거한 상태에서 측정할 수가 있습니다.

교류저항 측정기의 경우 (HIOKI 3561, BT3562, BT3563 등의 경우)

영점 조정을 하는 주 목적으로써 측정기 본체의 오프셋을 제거하는 것과 더불어, 측정 리드 형상의 영향을 제거 하는 것을 들 수 있습니다. 그러므로 영점 조정을 할 경우에는 자체제작 측정 리드를 가능한 한 측정상태에 가까운 형태로 배치한 후, 표 1 (a) (p.부 12) 과 같이 연결해 영점 조정을 할 필요가 있습니다.

단, 당사 제품의 경우, 교류저항측정에 있어서도 필요한 분해능이 $100\mu\Omega$ 이상이라면, 직류저항 측정기와 동일한 영점 조정 방법으로 충분한 경우가 있습니다.

부록 8 측정값이 불안정할 때

측정값이 안정되지 않을 경우에는 다음 사항을 확인해 주십시오.

1 유도 노이즈의 영향

전원 코드나 형광등, 전자밸브, 컴퓨터 디스플레이 등에서는 큰 노이즈가 발생합니다.

저항측정에 영향을 미치는 노이즈원으로써는

1. 고전압선로로부터의 정전결합
2. 대전류선로로부터의 전자결합

을 생각할 수 있으며, 각각의 노이즈에 대해 실드 혹은 케이블을 트위스트 하는(꼬는) 것이 효과적입니다.

고전압선로로부터의 정전결합

고전압선로를 통해 유입되는 전류는 결합하는 정전용량에 지배됩니다. 예로써, 100 V 상용전원라인과 저항측정용 배선이 1pF 로 정전결합된 경우, 약 38 nA 의 전류가 유기됩니다.

$$I = \frac{V}{Z} = 2\pi \cdot 60 \cdot 1\text{pF} \cdot 100V_{\text{RMS}} = 38\text{nA}_{\text{RMS}}$$

1 Ω 저항기를 100 mA 에서 측정할 경우, 그 영향은 단 0.4ppm 이므로 무시해도 괜찮을 것입니다.

한편, 1MΩ 을 0.5 μA 에서 측정할 경우, 8% 의 영향이 있습니다. 이처럼 고전압선로로부터의 정전결합은 고저항측정에서 주의해야 하며, 배선 및 측정대상을 정전 실드 하는 것이 효과적입니다. (그림 1)

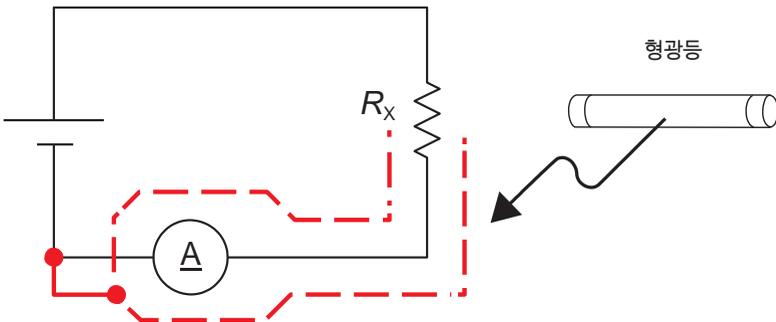


그림 1. 고전압 배선 근처에서는 정전 실드

대전류선로부터의 전자결합

대전류선에서는 자계가 발생합니다. 턴 수가 큰 트랜스나 초코일에서는 더욱 큰 자계가 방출됩니다. 자계에 의해 유기되는 전압은 거리나 면적에 영향을 받습니다. 1 A 의 상용전원선으로부터 10cm 떨어진 10cm²의 루프에는 약 0.75 μV 의 전압이 발생합니다.

$$v = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d\left(\frac{\mu_0 IS}{2\pi r}\right)}{dt} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} f I}{r}$$

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 60\text{Hz} \cdot 0.001\text{m}^2 \cdot 1\text{A}_{\text{RMS}}}{0.1\text{m}} = 0.75 \mu\text{V}_{\text{RMS}}$$

1mΩ 저항기를 1 A 에서 측정할 경우, 그 영향은 0.07%입니다. 더군다나 고저항측정에서는 검출전압이 커지도록 하기 쉽기 때문에 그다지 문제가 되지 않습니다.

전자결합의 영향은 노이즈를 발생시키는 라인과 저항측정의 전압검출배선을 떼어 놓고, 각각을 트위스트 하는 것이 효과적입니다. (그림 2)

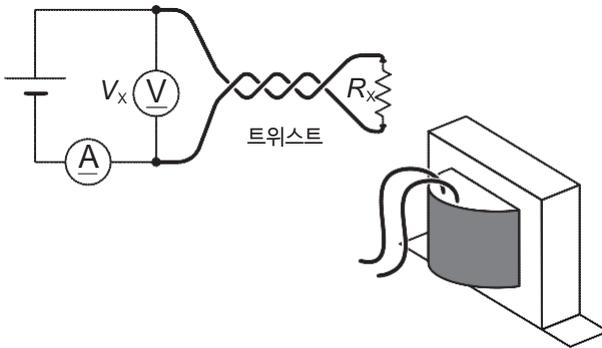


그림 2. 대전류 배선 근처에서는 트위스트

본 기기에서의 유도 노이즈 대책

일반적으로는 그림 3 과 같이 실드된 4 개 배선을 트위스트 해 측정대상 및 실드를 Source B 단자에 연결해 주십시오. 그림 3 의 배선은 본 기기 부속품인 L2107 클립형 리드와 구조는 다르지만, 측정에는 영향을 주지 않습니다.

또한, 본 기기의 대책뿐만 아니라 노이즈원에 대해서도 마찬가지로 대책을 세우는 것이 중요합니다. 노이즈원이 될 수 있는 주위의 대전류배선은 트위스트하고 고전압배선은 실드를 하면 더 효과적입니다.

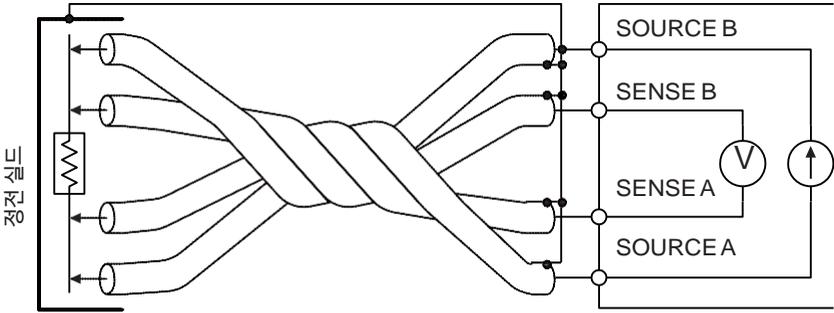


그림 3. 본 기기에서의 노이즈 대책

유도 노이즈가 상용전원에 기인하는 경우

상용전원에 기인하는 유도 노이즈는 상용전원라인 및 전원 콘센트에서뿐만 아니라, 형광등이나 가전제품에서도 발생합니다. 상용전원에 기인하는 노이즈는 사용하는 상용전원의 주파수에 의존하며, 50 Hz 혹은 60 Hz 주파수에서 발생합니다.

본 기기의 적분시간은 50 Hz (20 ms) / 60 Hz (16.6 ms) 의 정수배이기 때문에 노이즈의 영향을 잘 받지 않도록 되어 있습니다(그림 4). 그 이외 주파수성분의 노이즈가 중첩되는 상황에서는 충분한 노이즈 대책을 세우고, 에버리지 기능을 이용해 주십시오.

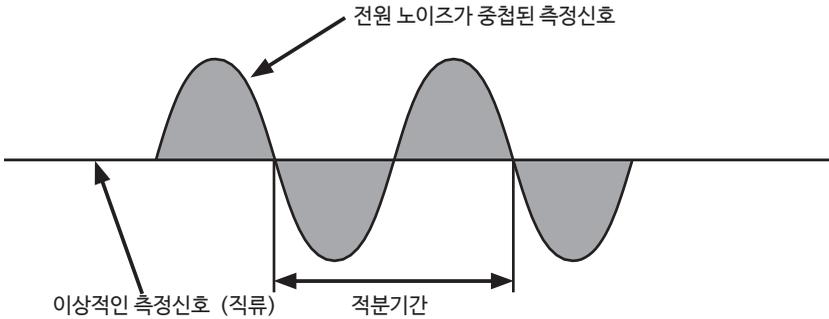


그림 4 상용전원에 기인하는 노이즈

2 클립형 리드에 의한 여러 부분의 접촉

4 단자법에서는 그림 5 와 같이 원단(遠端)에서 측정전류를 흘려보내 전류분포가 균일해진 안쪽에서 전압을 검출하는 것이 바람직하다고 여겨집니다.

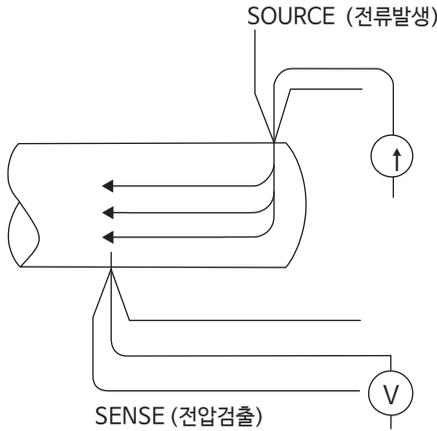


그림 5 이상적인 4 단자법

측정의 편의성을 위해 HIOKI L2107 4 단자 프로브의 선단은 톱니모양으로 가공되어 있습니다. 클립 부분을 확대하면 그림 6 처럼 측정전류가 여러 부분에서 흘러 나와 전압도 여러 부분에서 검출되게 됩니다. 이 때 측정값은 접촉한 폭의 불확실성을 가지게 됩니다.

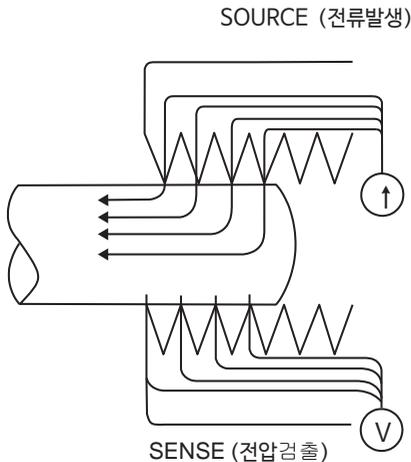


그림 6 L2107 4 단자 프로브를 사용한 측정

측정값이 불안정할 때

또한, 그림 7 과 같이 약 100 mm 의 리드선 저항을 측정할 경우, 클립 안쪽은 100mm, 한편 클립 바깥쪽은 110 mm 라서, 측정값은 10 mm (10%) 의 불확실성을 가지게 됩니다. 이로 인해 측정값이 안정되지 않을 경우는 가급적 점 접촉으로 측정하면 안정성이 향상됩니다.

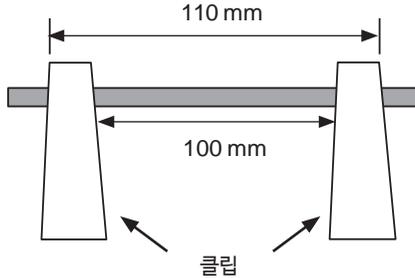


그림 7 약 100 mm 의 리드선 저항을 측정하는 경우

3 측정대상에 폭이나 두께가 있는 경우

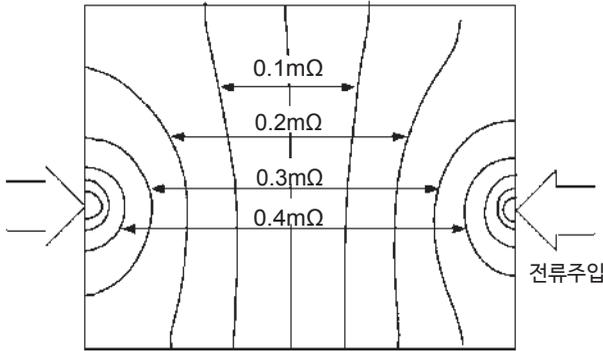
측정대상이 판자나 블록처럼 폭이나 두께가 있는 경우는 클립형 리드나 핀형 리드로는 정확하게 측정하기 어렵습니다. 이들을 사용한 경우, 접촉압 및 접촉각도에 따라 측정값은 수 % ~ 수십 % 나 변동할 수 있습니다.

예를 들면, W300 × L370 × t0.4 인 금속판을 측정할 경우, 같은 부분을 측정해도

핀 간격 0.2 mm 인 핀형 리드	1.1mΩ
핀 간격 0.5 mm 인 핀형 리드	0.92 ~ 0.97mΩ
L2107 클립형 리드	0.85 ~ 0.95mΩ

로 측정값이 크게 차이납니다.

그 원인은 프로브와 측정대상의 접촉저항 등이 아니라, 측정대상의 전류분포에 있습니다.



(W300 mm × L370 mm × t0.4 mm)

* 끝점에 1 A의 전류를 주입해 50 μV 마다 등전위선을 플롯

그림 8 금속판의 등전위선

그림 8은 금속판의 등전위선을 플롯한 예입니다. 마치 일기예보의 기압배치도와 바람의 관계처럼, 등전위면의 간격이 조밀한 부분은 전류밀도가 높고, 간격이 넓은 부분은 전류밀도가 낮습니다. 이 그림으로부터 전류의 주입점 부근은 전위경사가 커져 있는 것을 확인할 수 있습니다. 이는 전류가 금속판에 퍼지고 있는 도중이라 전류밀도가 높아져 있기 때문입니다. 그러므로 전압검출단자를 전류주입점 부근에 배치하면 근소한 접촉위치의 차이로 측정값이 크게 달라지고 맙니다.

이러한 영향을 피하기 위해서는 전류주입점 안쪽에서 전압을 검출하는 것이 바람직합니다. 일반적으로 측정대상의 폭 (W) 또는 두께 (t) 이상 안쪽이라면 전류분포가 균일하다고 여겨집니다. 그림 9와 같이 SENSE 단자와 SOURCE 단자로부터 $3W$ 혹은 $3t$ 정도 안쪽에 배치하는 것이 좋을 것입니다.

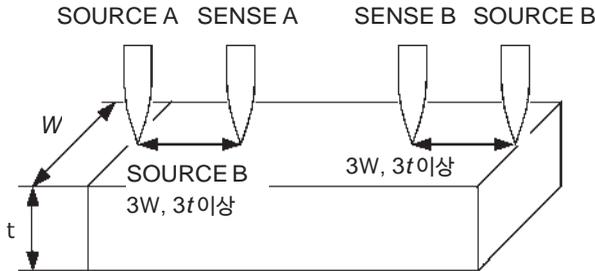


그림 9 측정대상에 폭이나 두께가 있는 경우의 프로빙 위치

4 측정대상의 온도가 안정되지 않는다

구리선의 저항은 약 0.4%/°C의 온도계수를 가집니다. 구리선을 손에 드는 것만으로 측정대상의 온도가 상승하고 저항값도 상승합니다. 또한, 손을 떼면 온도가 내려가고 저항값도 떨어집니다. 권선의 절연 니스 처리 후는 권선온도가 현저하게 상승한 상태라 이 경우도 저항값이 다소 높습니다. 측정대상의 온도가 프로브와 다르면 열기전력도 발생해 오차의 원인이 됩니다. 가급적 측정대상의 온도가 실온에 익숙해지도록 한 뒤 측정해 주십시오.

5 측정대상이 뜨거워진다

본 기기의 측정대상에 대한 최대인가전력은 다음과 같습니다. 열용량이 작은 측정대상은 발열해 저항값이 변하는 경우가 있습니다.

레인지 [Ω]	3m	30m	300m		3	30	300	3k	30k	300k	3M
측정전류 [A]	1	300 m	100 m	10 m	1 m	100 μ	5 μ	500 n			
최대전력 [W]	3.5 m	35 m	31.5m	3.5 m	35 m	3.5 m	0.35 m	3.5 m	350 μ	8.75 μ	875 n

6 트랜스나 모터를 측정하고 있다

트랜스의 빈 단자에 노이즈가 들어가거나 모터의 축이 움직이면 측정 중인 권선에 전압이 유도되어 측정값이 흔들리는 경우가 있습니다. 트랜스의 빈 단자 처리나 모터의 진동에 주의해 주십시오.

7 대형 트랜스나 모터를 측정하고 있다

대형 트랜스나 모터 등 큰 인덕턴스 성분을 가지는 (Q가 높은) 측정대상을 측정하면 측정값이 흔들리는 경우가 있습니다. 본 기기는 측정대상에 정전류를 흘려보내 측정합니다만, 일반적으로 무한대인 인덕턴스에 대해 안정적인 정전류원을 만드는 것은 불가능합니다. 큰 인덕턴스에 대해서도 안정적인 정전류원은 응답시간이 희생됩니다. 큰 트랜스나 모터를 측정해 저항값이 흔들리는 경우에는 당사에 별도로 상담해 주십시오.

8 4 단자측정으로 되어 있지 않다

4 단자법에 의한 측정은 측정대상에 접촉하는 부분까지 4 개의 프로브로 접촉할 필요가 있습니다. 그림 11 처럼 측정하면 프로브와 측정대상 사이의 접촉저항도 포함해 측정해 버립니다.

접촉저항은 금도금끼리도 수 mΩ, Ni 도금끼리는 수십 mΩ입니다.

수 $k\Omega$ 저항측정이라면 문제가 없겠지만, 프로브의 선단이 타거나(산화)더러워지면 접촉저항이 $k\Omega$ 오더나 되는 경우도 종종 있습니다. 정확한 측정을 위해서는 측정대상에 접촉하는 부분까지 확실하게 그림 12 의 4 단자법으로 해 주십시오.

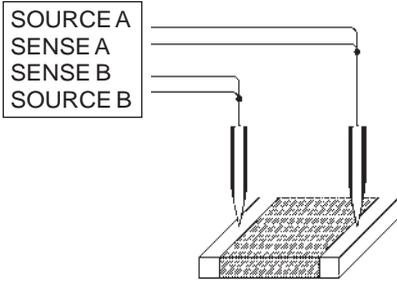


그림 11 2 단자측정

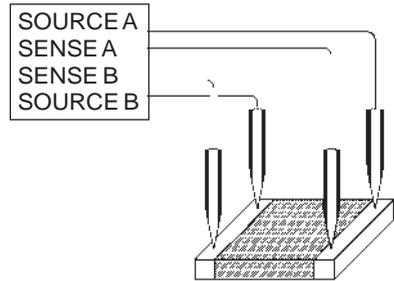


그림 12 4 단자측정

9 전류검출저항기 (센트저항기) 의 측정

2 단자 구조인 전류검출저항기를 프린트 배선판에 실장해 사용할 때는 배선저항의 영향을 피하기 위해 그림 13 처럼 전류배선과 전압검출배선을 분리합니다. 전류가 검출저항기에 균일하게 흐르도록 하기 위해 전류배선은 전극과 동일한 폭만큼 확보하고 나아가 전극의 근방에서는 배선이 구부러지지 않도록 고안할 필요가 있습니다(그림 14).

한편, 전류검출저항기 검사에는 일반적으로 와이어 프로브가 이용됩니다(그림 15). 이 경우, 측정전류는 주입점 (SOURCE B) 에서부터 점차적으로 전류검출저항기 내로 퍼져, 다시 프로브의 한 점 (SOURCE A) 으로 돌아옵니다 (그림 16) . 전류주입점 (SOURCE A, SOURCE B) 은 전류밀도가 높아 그 근처에 전압단자 (SENSE A, SENSE B) 를 배치하면 실장상태의 저항값에 비해 높아지는 경향이 있습니다 (그림 17) .

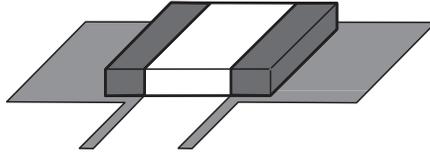


그림 13 프린트 배선판에 실장된 전류검출저항기

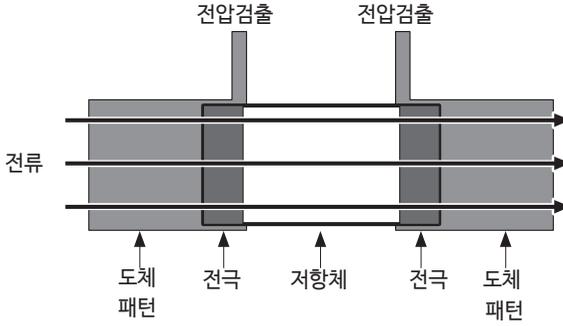


그림 14 실장상태에서의 전류의 흐름

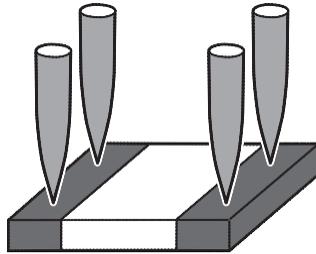


그림 15 검사상태의 프로빙

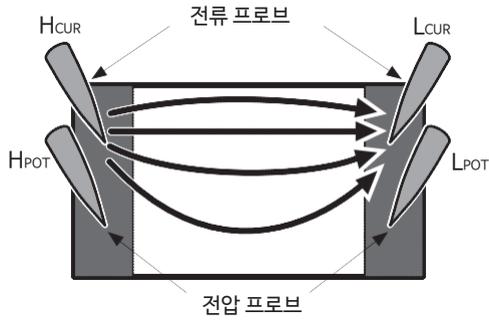


그림 16 검사상태의 전류의 흐름

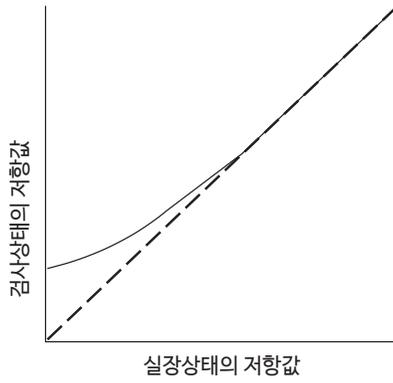


그림 17 실장상태와 검사상태의 차이

부록 9 프린트 기판의 단락위치검출

여러 부분의 저항값을 비교함으로써 프린트 기판의 단락위치를 추측할 수 있습니다.

(부품이 실장되지 않은 것)

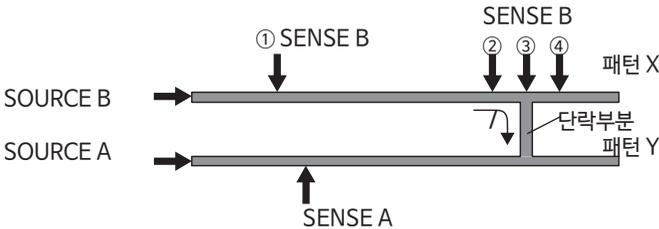
다음에 나타낸 바와 같이 패턴 X와 패턴 Y가 단락되었다고 가정합니다.

- 1 SOURCE A와 SOURCE B를 각각 패턴에 연결합니다.
- 2 SENSE A를 SOURCE A 근처에, SENSE B를 ①의 장소에 연결합니다.
- 3 SENSE B를 ①, ②, ③, ④로 이동하면서 측정값을 확인합니다.
저항값이 높은 부분은 단락 위치에서 멀다는 것을 의미합니다.
SOURCE B 단자, SENSE B 단자를 이동시키면서 단락부분을 유추하십시오.

예

- ① 20mΩ
- ② 11mΩ
- ③ 10mΩ
- ④ 10mΩ

이상의 측정값을 통해 ③ 부분에서 단락되었음을 추측할 수 있습니다.



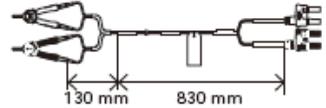
부록 10 측정 리드(옵선)에 대해서

옵선

RM3548 에는 다음과 같은 옵선이 있습니다. 구입을 원하시면 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

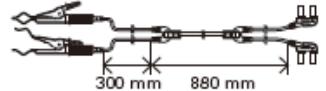
□ **L2107 클립형 리드**

선단이 클립형인 리드입니다.
클립하면 4 단자측정이 가능합니다.
두 갈래 - 프로브 간: 약 130 mm
커넥터 - 두 갈래: 약 830 mm
클립 가능 지름: 약 ϕ 0.3 ~ 5.0 mm



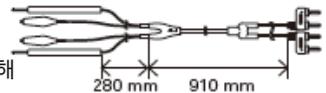
□ **9467 대형 클립형 리드**

비교적 두꺼운 막대형태의 접촉부를 가진 측정대상을 클립할 수 있습니다. 클립하면 4 단자 측정이 가능합니다.
두 갈래 - 프로브 간: 약 300 mm
커넥터 - 두 갈래: 약 880 mm
최대 클립 지름: 약 ϕ 28 mm



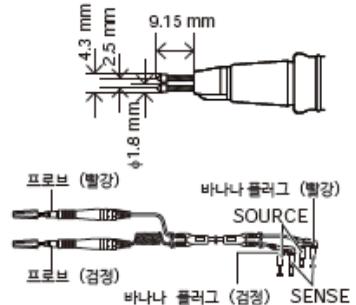
□ **9453 4 단자 리드**

SOURCE 단자가 집게형 클립, SENSE 단자가 테스트 리드봉인 4 단자 리드입니다. 프린트 기판의 패턴저항 및 SOURCE 단자와 SENSE 단자를 떼어 놓고 측정할 경우에 사용해 주십시오.
두 갈래 - 프로브 간: 약 280 mm
커넥터 - 두 갈래 간: 약 910 mm



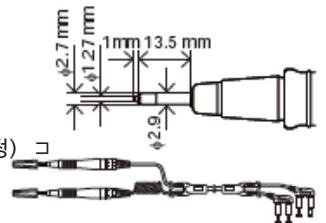
□ **9772 핀형 리드**

측정대상에 대고 측정할 수 있습니다. 핀을 평행으로 나열한 모양입니다. 9465-10 에 비해 핀 간격이 넓기 때문에 전류분포의 영향을 잘 받지 않습니다.
“3 측정대상에 폭이나 두께가 있는 경우” (p.부 20) 를 참조해 주십시오.
두 갈래 - 프로브 간: 약 100 mm (빨강), 최대 550 mm (검정)
커넥터 - 두 갈래 간: 약 1660 mm
첫 접촉압: 약 60 g
전체 압축압: 약 230 g (스트로크 3 mm)



□ **9465-10 핀형 리드**

측정대상에 대고 측정할 수 있습니다.
동축구조로, 중심이 SENSE 단자, 외주가 SOURCE 단자로 되어 있습니다.
두 갈래-프로브 간: 약 100 mm (빨강), 최대 550 mm (검정) □
커넥터-두 갈래 간: 약 1660 mm
첫 접촉압: 약 190 g
전체 압축압: 약 250 g (스트로크 1 mm)



부록 11 교정에 대해서

교정조건

- 환경온습도 : 23°C ± 5°C, 80% RH 이하
- 외부자계 : 지자기에 가까운 환경
- 리셋에서 설정 초기화

교정설비

교정설비로써 다음을 준비해 주십시오.

저항측정

설비	교정점	제조사	규격형명
표준저항기	1mΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-1N0 상당품
표준저항기	10mΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-10N 상당품
표준저항기	100mΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-R10 상당품
멀티프로덕트 교정기	3Ω	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	30Ω	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	300Ω	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	3kΩ	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	30kΩ	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	300kΩ	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
멀티프로덕트 교정기	3MΩ	FLUKE 사 제품	5520A 상당품
저항측정 리드		HIOKI	9453 4 단자 리드

FLUKE 사 제품 5520A 을 준비하실 수 없는 경우는 다음 설비를 이용하십시오.

설비	교정점	제조사	규격형명
표준저항기	1Ω	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-1R0 상당품
표준저항기	10Ω	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-100 상당품
표준저항기	100Ω	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-101 상당품
표준저항기	1kΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-102 상당품
표준저항기	10kΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-103 상당품
표준저항기	100kΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-104 상당품
표준저항기	1MΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	CSR-105 상당품

설비	교정점	제조사	규격형명
다이얼식 저항기	30Ω ~ 300kΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	ADR-6105M 상당품
다이얼식 저항기	3MΩ	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	ADR-6106M 상당품

온도측정 (서미스터)

설비	교정점	제조사	규격형명
멀티프로덕트 교정기	25°C, 2186.0Ω	FLUKE 사 제품	5520A 상당품

FLUKE 사 제품 5520A 을 준비하실 수 없는 경우는 다음 설비를 이용하십시오.

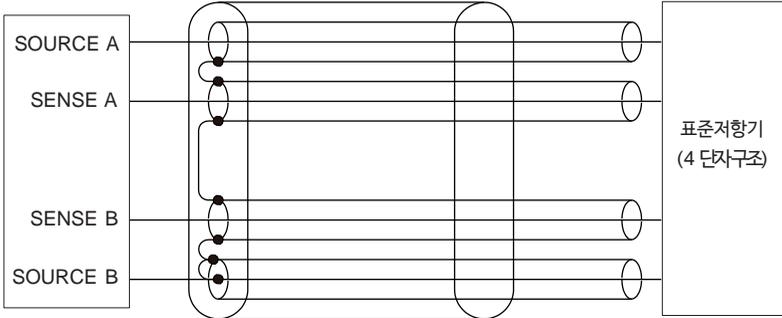
설비	교정점	제조사	규격형명
다이얼식 저항기	25°C, 2186.0Ω	ALPHA ELECTRONICS 사 제품	ADR-6105M 상당품

교정점

	레인지	교정점	OVC
저항측정	3mΩ	0Ω, 1mΩ	ON, OFF
	30mΩ	0Ω, 10mΩ	ON, OFF
	300mΩ (300mA)	0Ω, 100mΩ	ON, OFF
	300mΩ (100mA)	0Ω, 100mΩ	ON, OFF
	3Ω	0Ω, 1Ω 또는 3Ω	ON, OFF
	30Ω	0Ω, 10Ω 또는 30Ω	ON, OFF
	300Ω	0Ω, 100Ω 또는 300Ω	ON, OFF
	3kΩ	0Ω, 1kΩ 또는 3kΩ	OFF
	30kΩ	0Ω, 10kΩ 또는 30kΩ	OFF
	300kΩ	0Ω, 100kΩ 또는 300kΩ	OFF
	3MΩ	0Ω, 1MΩ 또는 3MΩ	OFF
온도측정 (서미스터)		25°C, 2186.0Ω입력	

연결방법

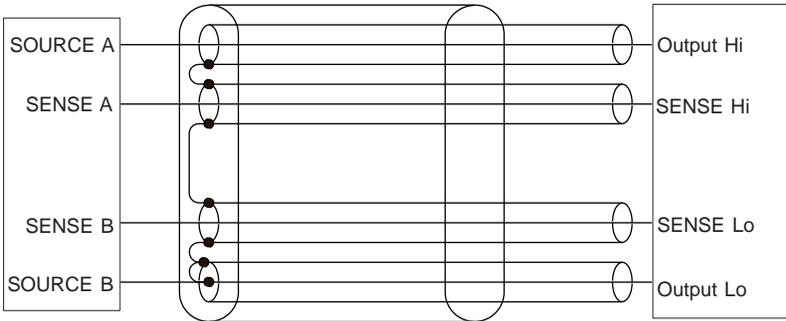
HIOKI RM3548
(3 mΩ ~ 300 mΩ 레인지)



HIOKI 9453 4 단자 리드

HIOKI RM3548
(3Ω ~ 3MΩ 레인지)

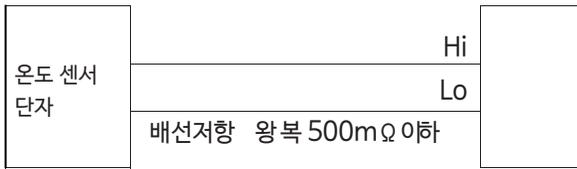
FLUKE 사 제품
5520A



HIOKI 9453 4 단자 리드

HIOKI
RM3548

FLUKE 사 제품
5520A



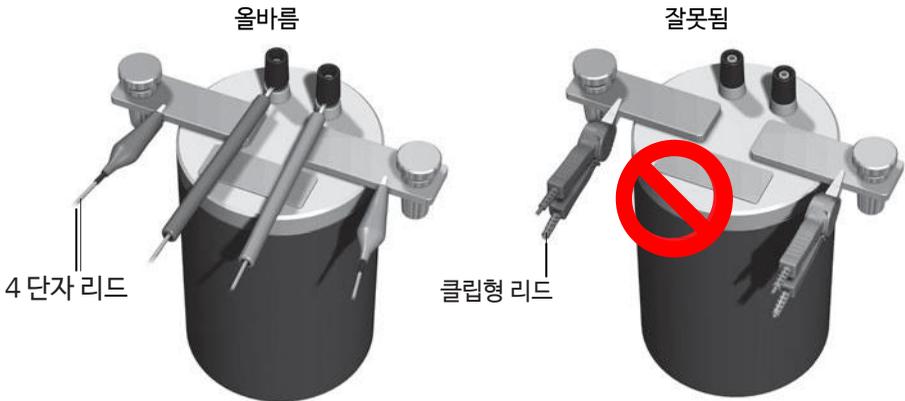
(극성은 없습니다)

중요

- 0Ω 교정의 결선에 대해서는 “부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 10) 를 참조해 주십시오.
- 교정 시에는 충분한 노이즈 대책에 필요합니다.
노이즈가 큰 상황에서는 측정값이 불안정하거나 틀어져, 측정 이상 검출 기능이 반응해 측정값을 표시하지 않을 수 있습니다.
참조 : “측정값이 불안정할 때” (p.부 16)
- 전압 검출 단자에 악어클립을 사용하지 마십시오. 열기전력의 영향으로 측정값이 어긋나는 경우가 있습니다.

YOKOGAWA 사 제품 2792 를 이용해 교정하는 경우

당사 별도 판매품 9453 4 단자 리드 등을 이용해 주십시오.
L2107 클립형 리드로는 연결할 수 없으므로 주의하십시오.



부록 12 조정에 대해서

조정을 하려면 본 기기의 측정 정확도를 웃도는 안정적인 표준저항기를 준비하시고, 충분한 지식과 훈련이 필요합니다. 조정 전에 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

모델	시리얼 번호	보증 기간 구매일(____ / ____)로부터 3년
----	--------	----------------------------------

본 제품은 당사의 엄격한 검사에 합격하여 출하된 제품입니다.

만일, 사용 중에 문제가 발생할 경우, 제품을 구매한 대리점에 문의하시면 본 보증서의 조항에 따라 무상 수리가 제공됩니다. 본 보증은 구매일로부터 3년 간 유효합니다. 구매일이 불확실한 경우, 본 보증은 제품 제조일로부터 3년 간 유효한 것으로 간주합니다. 대리점에 문의 시, 본 보증서를 제시하여 주십시오. 정확도는 별도로 표시된 정확도 보증기간 동안 보증됩니다.

1. 사용 설명서, 본체 주의 라벨 (각인 표시 등 포함) 및 기타 주의 정보에 따른 정상 사용조건내에서 보증 기간 동안 발생하는 고장은 구매한 가격 한도까지 무상으로 수리 받을 수 있습니다. 또한, 당사는 제품 제조일로부터의 일정 기간 경과, 부품 생산 중단 또는 불가피한 상황 등을 이유로 수리가 불가능할 경우, 수리, 교정 및 기타 서비스 제공을 거부할 수 있습니다.
2. 하기 사항에 해당하는 경우는 보증 기간 내 발생한 고장이라 하더라도 당사의 판단하에 보증 범위를 벗어나는 것으로 간주합니다.
 - a. 측정중인 대상물의 손상 또는 제품 사용 및 그 측정 결과로 인한 다른 2차 또는 3차 손상
 - b. 부적절한 취급 또는 사용 설명서의 조항을 따르지 않아 생긴 고장
 - c. 당사가 승인하지 않은 회사, 조직 또는 개인의 제품 수리, 조정 및 개조로 인한 고장 또는 손상
 - d. 소모품 (예: 잉크, 배터리, 기록지 등)
 - e. 구매 후 운반, 낙하 등으로 인한 고장 또는 손상
 - f. 제품 외관의 변형(외함의 스크래치 등)
 - g. 화재, 강풍 또는 홍수 피해, 지진, 낙뢰, 전원 공급 이상(전압, 주파수 등 포함), 전쟁 또는 내전, 방사능 오염 및 기타 천재지변 등 불가항력으로 인한 고장 또는 손상
 - h. 제품을 네트워크로 연결하여 발생한 손상
 - i. 본 보증서를 제시하지 못하는 경우
 - j. 특수한 용도(우주용 장비, 항공 장비, 원자력 장비, 생명 관련 의료 장비 또는 차량 제어 장비 등)로 사용된 경우, 이를 사전에 당사에 알리지 않았을 때
 - k. 그 외 당사 책임이라 볼 수 없는 기타 고장

***요청사항**

- 당사는 본 보증서를 재발급할 수 없으므로, 주의하여 보관하십시오.
- 본 양식에 모델명, 시리얼 번호 그리고 구매일을 기입하십시오.

16-01 KO

HIOKI E.E. CORPORATION

81 Koizumi, Ueda, Nagano 386-1192, Japan
TEL: +81-268-28-0555
FAX: +81-268-28-0559

- 사용설명서는 히오키 홈페이지에서 다운로드 가능합니다.
www.hiokikorea.com
- 본 매뉴얼의 내용에 관해서는 만전을 기하였으나, 의문사항이나 틀린 부분 등이 있을 경우에는 당사로 연락 주시기 바랍니다.
- 본서는 내용 개선을 위하여 예고 없이 기재 내용이 변경될 수 있습니다.
- 본서에는 저작권법에 의하여 보호받는 내용이 포함되어 있습니다.
본서의 내용을 당사의 허락없이 전재·복제·개변함을 금합니다.

HIOKI

히오키코리아 주식회사

서울 본사

서울시 강남구 테헤란로 322 (역삼동 707-34)

한신인터밸리24빌딩 동관 1705호

TEL 02-2183-8847 FAX 02-2183-3360

Info-kr@hioki.co.jp www.hiokikorea.com

대전사무소(수리센터)

대전 유성구 테크노2로 187, 314호(용산동, 미건테크노월드2차)

TEL 042-936-1281 FAX 042-936-1284

수리접수번호 042-936-1283 (업무시간 : 08:00~17:00, 토/일/공휴일 휴무)

부산사무소

부산시 동구 중앙대로 240 현대해상 부산사옥 5층

TEL 051-464-8847 FAX 051-462-3360

1601 KO