

RM3548-50

사용설명서

저항계

RESISTANCE METER



사용설명서 최신판



**사용 전에 읽어 주십시오.
잘 보관해 주십시오.**

안전에 대해서 ▶ p.4
각부의 명칭과 조작 개요 ▶ p.16
기본 측정 ▶ p.39

문제가 발생했을 경우 ▶ p.120
에러 표시와 대처 방법 ▶ p.124

KO

Jan. 2025 Revised edition 1
RM3548B983-01 (B980-01)



사용설명서 보는 방법

이럴 때는

이쪽을 참조해 주십시오

반드시 읽어 주십시오	▶ “안전에 대해서” (p.4) ▶ “사용 시 주의사항” (p.7)
바로 사용하고 싶다	▶ “개요” (p.15)
각 기능에 대해 자세히 알고 싶다	▶ “목차” (p.i), “색인”에서 해당 기능을 찾아 주십시오
제품 사양을 알고 싶다	▶ “사양”
생각대로 동작하지 않는다	▶ “문제가 발생했을 경우”
저항 측정에 관해 자세히 알고 싶다	▶ “부록”

목 차

머리말	1
포장 내용물 확인	2
■ 옵션	3
안전에 대해서	4
사용 시 주의사항	7

1 개요 15

1.1 개요와 특징점	15
1.2 각부의 명칭과 조작 개요	16
■ 전원을 켤 때의 설정 일람	21
1.3 측정 순서	22
1.4 화면 구성	23
1.5 측정 대상 확인하기	26

2 측정 전 준비 27

2.1 전지의 장착과 교체	28
2.2 Z3210 무선 어댑터 (옵션) 장착하기	30
2.3 Z5041 프로텍터 장착하기	31
2.4 스트랩 달기	32
2.5 측정 리드 연결하기	33
2.6 Z2002 온도 센서 연결하기 (TC, ΔT를 사용하는 경우)	34
2.7 전원 켜기, 끄기	35
■ 전원 ON 하기	35
■ 전원 OFF 하기	35
■ 오토 파워 세이브(APS)에 의한 자동 전원 OFF	36
■ 오토 파워 세이브(APS) 해제하기	36
2.8 측정 전 점검	37

3	기본 측정	39
3.1	측정 레인지 설정하기	40
3.2	측정 대상에 측정 리드 연결하기	42
3.3	측정값 확인하기	43
■	표시 전환하기	43
■	측정 이상 확인하기	44
■	측정값 홀드하기	46
■	측정값 기억하기	46
4	측정 조건 커스터마이징	47
4.1	영점 조정하기	48
4.2	측정값 안정시키기 (애버리지 기능).....	52
4.3	온도의 영향 보정하기 (온도 보정 기능 (TC)).....	53
4.4	열기전력에 의한 오프셋 보정하기 (오프셋 전압 보정 기능: OVC 기능)	54
4.5	측정이 안정될 때까지의 시간 설정하기 (딜레이 기능).....	56
4.6	측정 전류 전환하기 (300mΩ 레인지).....	58
5	판정 및 환산 기능	61
5.1	측정값 판정하기 (컴퍼레이터 기능).....	62
■	상하한값으로 판정하기 (ABS 모드)	65
■	기준값과 허용 범위로 판정하기 (REF% 모드).....	66
■	판정을 빨간색 백라이트와 소리로 확인하기 (판정을 설정 기능).....	67
■	판정을 전면 콤퍼레이터 램프로 확인하기 (L2105 전면 콤퍼레이터 램프: 옵션).....	68
5.2	온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))	69
5.3	도체 길이 측정하기 (길이 환산 기능).....	71

6 패널 세이브, 로드 (측정 조건의 저장, 불러오기) 73

- 6.1 측정 조건 저장하기 (패널 세이브 기능).....74
- 6.2 측정 조건 불러오기 (패널 로드 기능).....75
- 6.3 패널 내용 삭제하기76

7 무선 통신 기능 77

- 7.1 휴대 단말과 통신하기78
 - 무선 통신 기능의 ON/OFF.....80
- 7.2 Excel 직접 입력 기능 (HID 기능).....81
 - HID 기능의 ON/OFF82

8 메모리 기능 (측정 데이터의 저장 및 PC로 가져오기) 85

- 8.1 임의의 타이밍에서 저장하기 (수동 메모리)87
- 8.2 측정값이 안정되면 자동으로 저장하기 (자동 메모리)88
- 8.3 일정한 간격별로 저장하기 (인터벌 메모리 기능)89
- 8.4 저장한 측정 데이터 표시하기 (메모리 표시 기능)91
- 8.5 저장한 측정 데이터 삭제하기 (메모리 클리어)92
- 8.6 저장한 측정 데이터를 PC로 가져오기
(USB 매스 스토리지 모드).....96

9 시스템 설정 99

9.1	날짜와 시각 확인 화면 표시하기	99
9.2	시계 맞추기	100
9.3	백라이트	101
■	백라이트 ON/OFF	101
■	백라이트의 자동 소등 ON/OFF	101
9.4	초기화하기 (리셋)	102
■	초기 설정 일람	103

10 사양 105

10.1	일반 사양	105
10.2	측정 사양	106
■	정확도에 대해서	109
10.3	기능 사양	110
10.4	인터페이스	118

11 유지보수 및 서비스 119

11.1	문제가 발생했을 경우	120
■	Q&A (자주하는 질문)	120
■	에러 표시와 대처 방법	124
11.2	수리, 점검	125
11.3	측정 회로 보호용 퓨즈의 교체	126
11.4	본 기기의 폐기	127

부록 부 1

부록 1	블록도	부 1
부록 2	4 단자법 (전압 강하법)	부 2
부록 3	직류 방식과 교류 방식에 대해서	부 3
부록 4	온도 보정 기능 (TC)에 대해서	부 5
부록 5	온도 환산 기능 (ΔT)에 대해서	부 8
부록 6	열기전력의 영향에 대해서	부 9

부록 7	영점 조정에 대해서.....	부 11
부록 8	측정값이 안정되지 않을 때.....	부 17
부록 9	프린트 기판의 단락 위치 검출.....	부 27
부록 10	측정 리드(옵션)에 대해서.....	부 28
부록 11	교정에 대해서.....	부 30

색인

색 1

머리말

저희 HIOKI RM3548-50 저항계를 구매해 주셔서 대단히 감사합니다. 이 제품을 충분히 활용하여 오래 사용할 수 있도록 사용설명서는 조심스럽게 다루고 항상 가까운 곳에 두고 사용해 주십시오.

RM3548-50을 이후 “본 기기”라고 기재합니다.

제품 사용자 등록 요청

제품에 관한 중요한 정보를 보내드리기 위해 제품 사용자 등록을 부탁드립니다.

<https://www.hiokikorea.com/mypage/registration.html>



상표

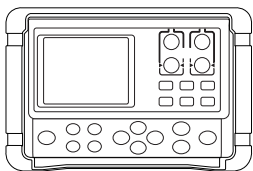
- Excel은 마이크로소프트 그룹 기업의 상표입니다.
- Bluetooth® 워드 마크 및 로고는 등록 상표이며, Bluetooth SIG, Inc.가 소유권을 보유합니다.
히오키전기 주식회사는 사용 허락하에 이들 마크와 로고를 사용하고 있습니다. 기타 상표 및 등록 상표는 각 소유자의 상표 및 등록 상표입니다.
- IOS는 Cisco Systems, Inc.의 미국 및 기타 국가에서의 등록상표 또는 상표입니다.
- Android는 Google, Inc.의 상표입니다.

포장 내용물 확인

- 본 기기를 받으시면 수송 중에 이상 또는 파손이 발생하지 않았는지 점검한 후 사용해 주십시오. 특히 부속품 및 패널 면의 스위치, 단자류를 주의해서 살펴봐 주십시오. 만일 파손되거나 사양대로 작동하지 않을 경우에는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- 본 기기를 수송할 경우에는 배송 시의 포장 재료를 사용해 주십시오.

포장 내용물이 맞는지 확인해 주십시오.

- ☐ **RM3548-50 저항계**



- ☐ **사용설명서**



- ☐ **L2107 클립형 리드 (p.33)**



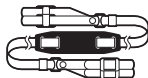
- ☐ **USB 케이블 (A-miniB 타입)**



- ☐ **Z2002 온도 센서 (p.34)**



- ☐ **스트랩**



- ☐ **AA 알카라인 건전지 (LR6) ×8**



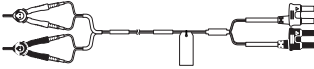
- ☐ **예비 퓨즈 (F2AH/250 V)**



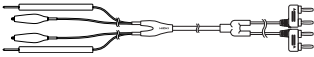
옵션

본 기기에는 다음과 같은 옵션이 있습니다. 구매하시려면 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오. 옵션은 변경될 수 있습니다. 당사 웹사이트에서 최신 정보를 확인해 주십시오. (p.부28)

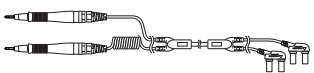
- ☐ L2107 클립형 리드



- ☐ 9453 4단자 리드



- ☐ 9465-10 핀형 리드

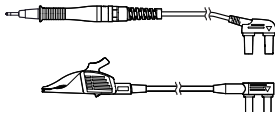


- ☐ 9465-90 선단 핀 (9465-10, 9465-11용)

- ☐ L2141, L2142 핀형 리드



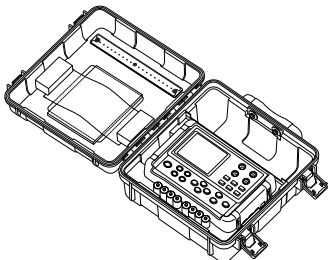
- ☐ L2140 테스트 리드



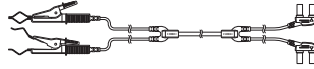
- ☐ Z2002 온도 센서



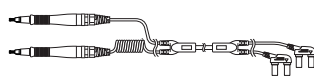
- ☐ C1015 휴대용 케이스



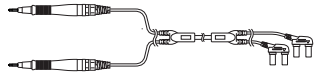
- ☐ 9467 대형 클립형 리드



- ☐ 9772 핀형 리드



- ☐ 9465-11 핀형 리드



- ☐ 9772-90 선단 핀 (9772용)

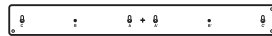
- ☐ Z3210 무선 어댑터



- ☐ 9454 영점조정보드



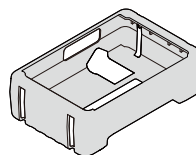
- ☐ Z5038 영점조정보드



- ☐ L2105 전면 콤퍼레이터 램프



- ☐ Z5041 프로텍터



안전에 대해서

본 기기는 IEC 61010 안전규격에 따라 설계되었으며 시험을 거쳐 안전한 상태에서 출하되었습니다. 단, 이 사용설명서의 기재 사항을 준수하지 않을 경우 본 기기가 갖추고 있는 안전 확보를 위한 기능이 제대로 동작하지 않을 수 있습니다.

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

위험



잘못 사용하면 인신사고나 기기의 고장으로 이어질 가능성이 있습니다. 이 사용 설명서를 잘 읽고 충분히 내용을 이해한 후 조작해 주십시오.

경고



전기는 감전, 발열, 화재, 단락에 의한 아크방전 등의 위험이 있습니다. 전기 계측기를 처음 사용하시는 분은 전기 계측 경험이 있는 분의 감독하에 사용해 주십시오.

이 사용설명서에는 본 기기를 안전하게 조작하고 안전한 상태로 유지하는 데 필요한 정보나 주의사항이 기재되어 있습니다. 본 기기를 사용하기 전에 다음의 안전에 관한 사항을 잘 읽어 주십시오.

표기에 대해서

본 설명서에서는 위험의 중대성 및 위험성 정도를 아래와 같이 구분하여 표기합니다.

 위험	작업자가 사망 또는 중상에 이르는 절박한 위험성이 있는 경우에 관해서 기술하고 있습니다.
 경고	작업자가 사망 또는 중상을 입을 가능성이 있는 경우에 관해서 기술하고 있습니다.
 주의	작업자가 경상을 입을 가능성이 있는 경우, 또는 기기 등에 파손이나 고장이 예상되는 경우에 관해서 기술하고 있습니다.
중요	조작 및 유지보수 작업상 특별히 알아 두어야 할 정보나 내용이 있는 경우에 기술합니다.
	고전압에 의한 위험이 있음을 나타냅니다. 안전 확인을 소홀히 하거나 잘못 취급하면 감전, 화상 또는 사망에 이를 우려가 있습니다.
	해서는 안 되는 행위를 나타냅니다.
	반드시 수행해야 하는 “강제” 사항을 나타냅니다.
*	설명을 밑에 기재하였습니다.
p.	참조처를 나타냅니다.
[]	키의 명칭은 [] 부호를 붙여 표기하였습니다.

기기상의 기호

	주의나 위험을 나타냅니다. 기기상에 이 기호가 표시된 경우에는 사용설명서의 해당 부분을 참조해 주십시오.
	퓨즈를 나타냅니다.
	직류 (DC)를 나타냅니다.

규격에 관한 기호

	EU 가맹국의 전기전자기기 폐기물 지령 (WEEE 지령)의 대상 제품임을 나타냅니다. 지역에서 정한 규칙에 따라 처분해 주십시오.
	EU 지령이 제시하는 규제에 적합하다는 것을 나타냅니다.

화면 표시에 대해서

본 기기에서는 화면 표시를 다음과 같이 표기하였습니다.

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	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0

정확도에 대해서

당사에서는 측정값의 한계 오차를 다음에 나타내는 f.s.(full scale), rdg.(reading), dgt.(digit)에 대한 값으로서 정의합니다.

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

참조: “정확도 계산 예” (p.109)

사용 시 주의사항

본 기기를 안전하게 사용하기 위해, 또한 기능을 충분히 활용하기 위해 다음 주의사항을 지켜 주십시오.

본 기기의 사양뿐 아니라 사용하는 부속품, 옵션, 전지 등의 사양 범위 내에서 본 기기를 사용하십시오.

사용 전 확인

- 사용 전에 보관이나 수송에 의한 고장이 없는지 점검하고 동작을 확인한 후 사용해 주십시오. 고장이 확인된 경우에는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

⚠ 위험



리드선, 케이블의 피복이 벗겨졌거나 금속이 노출되지 않았는지 사용하기 전에 확인해 주십시오. 손상이 있는 경우에는 감전 사고가 발생할 수 있으므로 당사 지정 제품으로 교체해 주십시오.

본 기기의 설치에 대해서

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 접촉할 수 있는 장소
- 다습하고 결로가 생기는 장소
- 강력한 전자파가 발생하는 장소, 전기를 띠는 물체 근처
- 먼지가 많은 장소
- 유도가열장치 근처 (고주파 유도가열장치, IH 조리기구 등)
- 기계적 진동이 많은 장소

중요

트랜스나 대전류로 등 강자계가 발생하고 있는 근처 또는 무선기 등 강전계가 발생하고 있는 근처에서는 정확하게 측정할 수 없는 경우가 있습니다.

본 기기의 취급에 대해서

⚠경 고



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

⚠주 의



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

수송 시의 주의

본 기기를 수송할 때는 다음 사항에 주의해 주십시오.

또한, 당사는 수송 중 발생한 파손에 대해서는 보증할 수 없으므로 양해바랍니다.

⚠주 의



- 본 기기를 수송할 때는 진동이나 충격으로 파손되지 않도록 조심히 다루어 주십시오.
- 본 기기의 손상을 방지하기 위해 수송할 때는 부속품이나 옵션류를 본 기기에서 분리해 주십시오.

장시간 사용하지 않는 경우

중요

전지의 누액에 의한 부식과 본 기기의 손상을 방지하기 위해 장기간 사용하지 않을 때는 전지를 빼서 보관해 주십시오.

리드선류의 취급에 대해서

⚠ 위험



감전사고 방지를 위해 측정 리드의 선단으로 전압이 걸린 라인을 단락하지 마십시오.

⚠ 주의



- 리드선류의 피복이 손상되지 않도록 밟거나 끼우거나 하지 마십시오.
- 단선에 의한 고장을 방지하기 위해 케이블이나 리드선의 연결부위를 구부리거나 잡아당기지 마십시오.
- 단선 방지를 위해 커넥터를 뽑을 때는 삽입 부분(케이블 이외)을 잡고 뽑아주십시오.
- 편형 리드의 선단은 뾰족하므로 위험합니다. 다치지 않도록 취급할 때는 충분히 주의해 주십시오.
- 리드선이 녹으면 금속부가 노출되어 위험합니다. 발열부 등에 접촉하지 않도록 해주십시오.
- Z2002 온도 센서에는 정밀 가공이 이루어져 있습니다. 과도하게 높은 전압 펄스나 정전기가 발생하면 파손될 가능성이 있습니다.
- Z2002 온도 센서 선단에 과도한 충격을 가하거나 리드선을無理하게 구부리지 마십시오. 고장이나 단선의 원인이 됩니다.

중요

- 본 기기를 사용할 때는 반드시 당사 지정의 측정 리드, 온도 센서를 사용해 주십시오. 지정 제품이 아닌 것을 사용하면 접촉 불량 등으로 정확한 측정을 할 수 없는 경우가 있습니다.
- 측정 리드, 온도 센서의 잭이 오염된 경우는 닦아내 주십시오. 오염된 경우 접촉 저항이 증가하여 온도 측정값에 영향을 미칩니다.
- 온도 센서의 커넥터가 빠지지 않도록 주의해 주십시오. (빠지면 온도 보정이나 온도 환산 기능을 사용할 수 없습니다)

스트랩을 장착하기 전에

⚠ 주의



스트랩은 본 기기의 네 군데 장착부에 확실하게 장착해 주십시오. 장착이 불완전하면 운반 시 본 기기가 낙하여 파손될 수 있습니다.

전지에 대해서

⚠경고



- 전지를 쇼트, 충전, 분해하거나 불 속에 투입하는 행위는 삼가십시오. 파열될 수 있어 위험합니다.



- 측정 리드를 분리한 후 전지를 교체해 주십시오.
- 교체 후에는 반드시 커버를 닫고 사용해 주십시오.

⚠주의

성능 열화나 전지의 액이 새는 원인이 되므로 다음 사항을 지켜 주십시오.



- 새 전지나 오래된 전지, 종류가 서로 다른 전지를 함께 사용하지 마십시오.
- 극성 + -에 주의하고, 반대 방향으로 넣지 마십시오. 성능 열화나 액이 새는 원인이 됩니다.
- 사용 권장 기한이 지난 전지는 사용하지 마십시오.
- 다 쓴 전지를 본 기기에 넣은 상태로 두지 마십시오.



- 전지의 누액에 의한 부식과 본 기기의 손상을 방지하기 위해 장기간 사용하지 않을 때는 전지를 빼서 보관해 주십시오.

중요

-  점등 시에는 전지가 소모된 상태이므로 신속히 교체해 주십시오.  점멸 시에는 전지가 소모되어 측정을 할 수 없으므로 새 전지로 교체해 주십시오.
- 사용 후에는 반드시 전원을 꺼 주십시오.
- 본서 중의 “전지”는 본 기기의 구동용 전지를 나타냅니다.
- 지정된 전지(AA 알카라인 건전지(LR6) 또는 니켈 수소 전지(HR6))를 사용해 주십시오.
- 전지는 지역에서 정한 규칙에 따라 처분하십시오.

전지 잔량 표시

표시	
	전지 잔량 있음.
	잔량이 줄면 왼쪽에서부터 눈금이 사라져 갑니다.
	전지가 소모된 상태이므로 서둘러 교체해 주십시오.
	(점멸) 전지 잔량 없음. 새 전지로 교체해 주십시오.

측정 리드를 연결하기 전에

⚠ 위험



감전 및 단락사고 방지를 위해 측정 리드를 연결하기 전에 측정 대상의 전원을 꺼 주십시오.

L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결하기 전에

⚠ 주의



- 기기나 L2105 전면 콤퍼레이터 램프의 고장을 방지하기 위해 본 기기의 전원을 끈 후 연결해 주십시오.
- COMP.OUT 단자는 L2105 전용 단자입니다. L2105 이외의 것은 연결하지 마십시오.
- 커넥터 연결을 확실히 하지 않으면 사양을 충족하지 못할 수 있습니다.
- 결속 밴드를 사용할 때는 측정 리드를 너무 세게 조이지 마십시오. 측정 리드가 파손될 수 있습니다.
- 케이블의 심선이나 피복을 손상시킬 가능성이 있으므로 다음과 같은 행동은 삼가하십시오.
케이블을 꼬거나 잡아당긴다.
램프 부근의 케이블을 작게 구부려서 연결한다.

Z2002 온도 센서를 연결하기 전에

⚠ 경고



커넥터 연결을 확실히 하지 않으면 사양을 충족하지 못하거나 고장의 원인이 됩니다.

⚠ 주의



- 기기나 Z2002 온도 센서의 고장을 방지하기 위해 본 기기의 전원을 끈 후 연결해 주십시오.
- Z2002 온도 센서는 TEMP.SENSOR 단자에 깊숙이 확실하게 꽂아 주십시오. 연결이 불충분한 경우 측정값에 큰 오차가 발생할 수 있습니다.

중요

Z2002 온도 센서의 잭이 오염된 경우는 닦아내 주십시오. 오염되어 있으면 온도 측정값에 오차가 발생합니다.

측정하기 전에

⚠ 위험

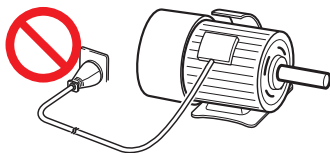


감전사고 방지를 위해 측정 리드의 선단으로 전압이 걸린 라인을 단락하지 마십시오.

⚠ 경고



- 감전 사고나 본 기기의 손상을 방지하기 위해 측정 단자부에 전압을 입력하지 마십시오. 또한, 전기사고를 방지하기 위해 측정 대상의 전원을 끈 후 측정해 주십시오.



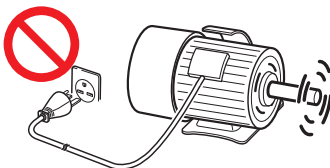
측정 대상이 전원에 연결되어 있다

- 측정 대상에 연결하는 순간, 또는 분리하는 순간에는 스파크가 발생할 수 있습니다. 폭발성 가스가 발생하는 장소에서는 사용하지 마십시오.

⚠ 주의



- 전압이 가해지는 부분의 측정은 하지 마십시오. 모터의 전원을 꺼도 모터가 관성 회전하는 상태에서는 단자에 큰 기전력이 발생합니다. 트랜스나 모터를 내압 시험 직후에 측정하면 유기 전압이나 잔류 전하로 인해 본 기기가 손상될 수 있습니다.



관성 회전 중

- 인덕턴스가 5 H 이상이면서 저항이 1 Ω 이하인 트랜스나 코일을 측정하는 경우에는 측정 전류가 1 A 가 되는 3 m Ω 레인지 및 30 m Ω 레인지를 사용하지 마십시오. 본 기기가 파손될 가능성이 있습니다.
- 전지의 내부 저항은 측정할 수 없습니다. 본 기기가 파손됩니다. 전지의 내부 저항을 측정할 경우는 당사의 BT3554, BT3562, BT3563, 3561 배터리 하이트스터 등을 이용해 주십시오.

중요

- SOURCE 단자는 퓨즈로 보호됩니다. 퓨즈가 단선된 경우에는 “FUSE”라고 표시되며, 저항값을 측정할 수 없습니다. 퓨즈가 단선된 경우에는 퓨즈를 교체해 주십시오. (p.126)
- 본 기기는 직류 전류로 측정하기 때문에 열기전력의 영향을 받아 측정 오차가 발생할 수 있습니다. 이러한 경우에는 오프셋 전압 보정 기능을 이용해 주십시오.
“4.4 열기전력에 의한 오프셋 보정하기
(오프셋 전압 보정 기능: OVC 기능)” (p.54)
“부록 6 열기전력의 영향에 대해서” (p.부 9)
- 인덕턴스가 큰 전원 트랜스나 개방형 솔레노이드 코일 등을 측정하는 경우에는 측정값이 안정되지 않을 수 있습니다. 그러한 경우는 SOURCE A-B 간에 1 μ F 정도의 필름 콘덴서를 연결해 주십시오.
- SOURCE-A, SENSE-A, SENSE-B, SOURCE-B 배선은 각각 확실하게 절연해 주십시오. 심선이나 실드가 접촉하면 정확한 4 단자 측정을 유지할 수 없어 오차가 발생합니다.

Z2002 온도 센서를 사용하는 경우

⚠ 주 의



Z2002 온도 센서는 방수 구조가 아닙니다. 물 등에 넣지 마십시오.

중요

- 온도를 보정할 측정 대상과 Z2002 온도 센서가 주위 온도에 충분히 익숙해진 후에 측정해 주십시오. 익숙해지지 않은 상태에서 측정하면 큰 오차가 발생합니다.
- Z2002 온도 센서를 맨손으로 잡으면 유도 노이즈를 포착하여 측정값이 안정되지 않을 수 있습니다.
- Z2002 온도 센서는 주위 온도를 측정하는 용도로 쓰입니다. Z2002 온도 센서를 측정 대상 표면 등에 장착해도 측정 대상 자체의 온도는 바르게 측정할 수 없습니다.
- Z2002 온도 센서는 TEMP.SENSOR 단자에 깊숙이 확실하게 꽂아 주십시오. 연결이 불충분한 경우 측정값에 큰 오차가 발생할 수 있습니다.

1 개요

1.1 개요와 특징점

HIOKI RM3548-50은 4단자법에 의해 모터, 트랜스 등의 권선 저항, 용접의 저항, 프린트 기판의 패턴 저항, 퓨즈 및 저항기, 전도성 고무 등 소재의 저항 등 다양한 직류 저항을 고정밀도로 측정할 수 있습니다. 본 기기에는 온도 보정 기능이 장착되어 있으므로 온도에 따라 저항값이 변화하는 측정 대상의 측정에 특히 적합합니다.

작고 가볍지만 확실한 사양

- 표시 범위 35,000 dgt., 최소 분해능 0.1 $\mu\Omega$
- 최대 측정 전류 1 A

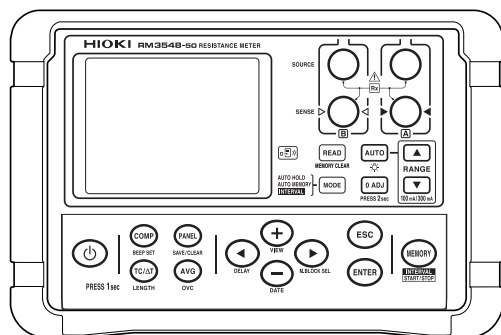
측정 전의 위밍업 및 영점 조정 불필요

온도 상승 시험(통전 정지 시의 온도 추정)이 간단

- 온도 환산 기능 및 인터벌 기능
- 메모리한 측정 데이터는 PC에 파일 복사

유지보수 및 대형 제품의 검사에 최적인 형상으로, 측정 대상에서 손과 눈을 떼지 않고 측정 가능

- 스트랩 장착 가능한 휴대용 타입
- 자동 메모리 기능, 자동 홀드 기능, L2105 전면 콤퍼레이터 램프 (옵션)
- Z3210 무선 어댑터(옵션)를 통해 PC, 스마트폰, 태블릿 등과 통신 가능
- 낙하, 충격에 강한 프로텍터 장착



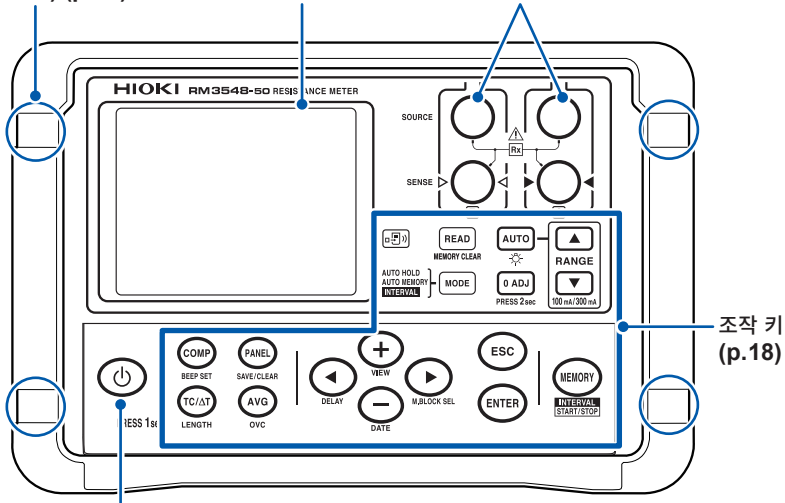
1.2 각부의 명칭과 조작 개요

정면

스트랩 장착 구멍
(4군데) (p.32)

표시부 (p.23)

측정 단자 (p.33)



[POWER] 키

전원을 ON/OFF 합니다. (p.35)

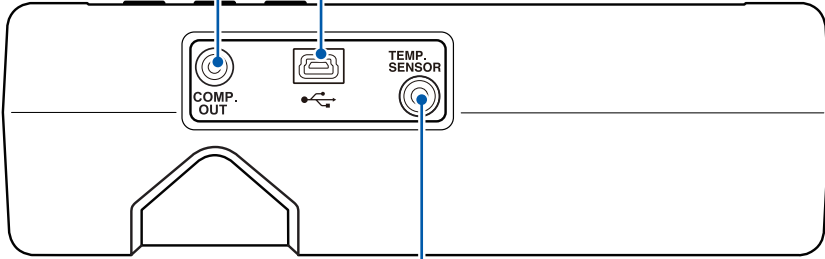
상면도

COMP. OUT 단자

옵션의 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결합니다. (p.68)

USB 단자

USB 케이블을 연결합니다. (p.96)



TEMP.SENSOR 단자

부속의 Z2002 온도 센서를 연결합니다. (p.34)

배면도

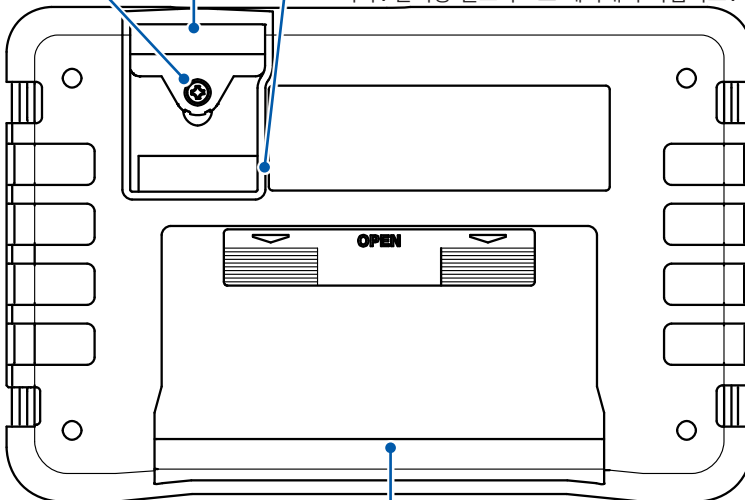
퓨즈 커버

안에 측정 회로 보호용 퓨즈가 들어 있습니다. (p.126)

제조번호

9자리의 숫자로 구성되어 있습니다. 이 중 왼쪽에서 2자리가 제조년도(서력의 뒤 2자리), 다음 2자리가 제조월을 나타냅니다. 관리상 필요하므로 떼어내지 마십시오.

고정 나사



전지 커버

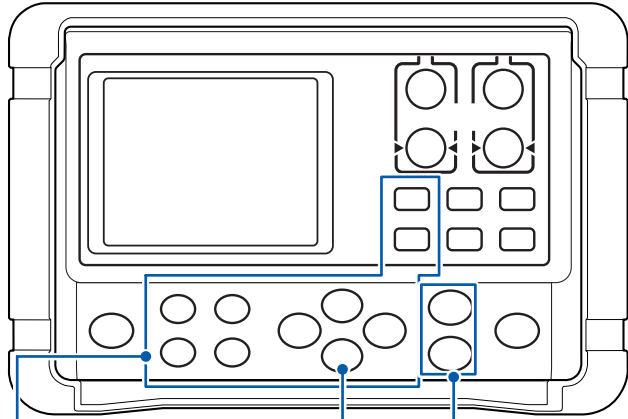
안에 AA 알카라인 건전지가 8개 들어 있습니다. (p.28)

조작키

키	설명
	[COMP] 키 (p.64) • 콤퍼레이터 기능: oFF → ON (ABS 모드) → ON (REF% 모드) [BEEPSET] 키 (길게 누름) (p.67) • 판정음: oFF → Hi → in → Lo → Hi-Lo → ALL1 → ALL2
	[TC/ΔT] 키 (p.53) (p.69) • 온도 보정, 온도 환산 기능: oFF → TC → ΔT [LENGTH] 키 (길게 누름) (p.71) • 길이 환산 기능: oFF → ON
	[PANEL] 키 (p.75) • 패널 로드: 패널 번호 변경, PrSEt은 측정 조건 초기화 [SAVE/CLEAR] 키 (길게 누름) (p.74, p.76) • 패널 세이브, 클리어: SAvE → CLr
	[AVG] 키 (p.52) • 애버리지 기능: oFF → 2 회 → 5 회 → 10 회 → 20 회 [OVC] 키 (길게 누름) (p.54) • 오프셋 보정 기능 (OVC): oFF → on
	[←] 키 • 설정의 자릿수 이동 [DELAY] 키 (길게 누름) (p.56) • 딜레이 기능: PrSEt (내부 고정값) → 10 ms → 30 ms → 50 ms → 100 ms → 300 ms → 500 ms → 1000 ms
	[→] 키 • 설정의 자릿수 이동 [M.BLOCK SEL] 키 (길게 누름) (p.86) • 메모리 블록 변경: A → b → C → d → E → F → G → H → J → L
	[+] 키 • 수치, 항목 변경 [VIEW] 키 (길게 누름) (p.43) • 표시 전환: 온도 → 표시 없음 → 메모리 번호 (MEMORY No.)
	[-] 키 • 수치, 항목 변경 [DATE] 키 (길게 누름) (p.99) • 날짜, 시각 확인 화면 표시
	[ESC] 키 • 설정의 취소 (설정 화면의 경우) • HOLD 상태를 해제 (HOLD 중인 경우)

키	설명
	[ENTER] 키 설정의 확정
 	[MEMORY] 키 (p.87) • 측정값 저장 (수동 메모리) [START/STOP] 키 (길게 누름) (p.90) • 인터벌 측정 시작/정지 (인터벌 모드 중에만)
 MEMORY CLEAR	[READ] 키 (p.91) • 저장 측정 데이터 표시 [MEMORY CLEAR] 키 (길게 누름) (p.92) • 메모리 클리어: LAST (선택한 블록의 최신 데이터) → bLoC (선택한 블록) → ALL (전체 데이터)
 AUTO HOLD AUTO MEMORY INTERVAL	[MODE] 키 (p.46, p.88, p.89) • 홀드 메모리 모드 전환: oFF → A.HOLD (자동 홀드) → A.HOLD, A.MEMORY (자동 메모리) → INTERVAL (인터벌 기능) [MODE] 키 (길게 누름) (p.78) • 무선 통신 기능 ON/OFF
	[AUTO] 키 (p.41) • 자동 레인지 전환: AUTO 점등 → 소등 [AUTO] 키 (길게 누름) (p.101) • 백라이트 ON/OFF
 PRESS 2 sec	[0 ADJ] 키 (길게 누름) (p.48) 영점 조정
 RANGE  100 mA/300 mA	[RANGE] 키 (▲▼) (p.40) • 측정 레인지: 3mΩ ↔ 30mΩ ↔ 300mΩ ↔ 3Ω ↔ 30Ω ↔ 300Ω ↔ 3kΩ ↔ 30kΩ ↔ 300kΩ ↔ 3MΩ [100mA/300mA] 키 (▼) (길게 누름) • 300 mΩ 레인지의 측정 전류 전환

조작 개요



1 각 기능을 선택한다

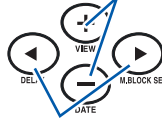
각 키의 아래에 기재되어 있는 기능은 길게 눌러서 선택할 수 있습니다.



눌렀을 때에 ON이 되는 키의 이름
길게 눌렀을 때에 ON이 되는 키의 이름

2 설정한다

항목, 수치 변경



자릿수 이동

3 확정한다

ESC 취소
ENTER 확정

전원을 켤 때의 설정 일람

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

상세는 각 기능의 페이지를 참조해 주십시오.

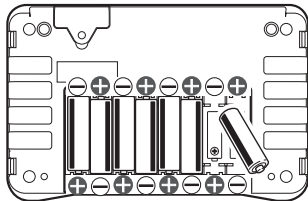
영점 조정 해제하기 (p.51)	 + 
측정 전류 전환하기 (p.58)	 + 
오토 파워 세이브 (APS) 해제하기 (p.36)	 + 
CSV 파일의 소수점 및 구분 위치의 문자열 변경하기 (p.98)	 + 
시각 설정하기 (p.100)	 + 
저장한 측정 데이터를 모두 삭제하기 (p.95)	 + 
현재의 측정 조건 리셋하기 (p.102)	 +  + 
시스템 리셋하기 (p.102)	 +  +  + 
백라이트 자동 소등 기능의 ON/OFF (p.101)	 + 
HID 기능의 ON/OFF (p.82)	 + 

1.3 측정 순서

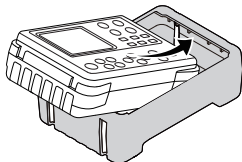
사용 전에는 반드시 “사용 시 주의사항” (p.7)을 참조해 주십시오.

측정 전 준비

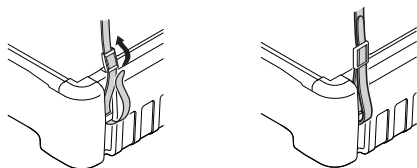
1 전지를 장착/교체한다 (p.28)



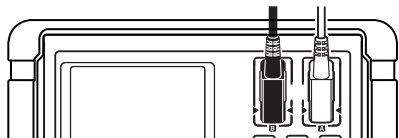
2 프로텍터를 장착한다 (p.31)



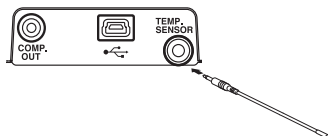
3 스트랩을 장착한다 (p.32)



4 측정 리드를 연결한다 (p.33)

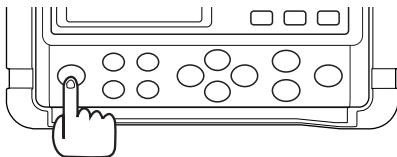


5 Z2002 온도 센서를 연결한다 (p.34)

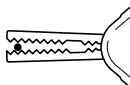
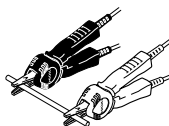


측정

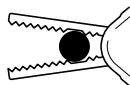
1 전원을 ON으로 하고 본 기기를 설정한다* (p.35)



2 측정 대상에 측정 리드를 연결한다 (p.42)



가는 선을 클립한다
(선단부로 클립해 주십시오)



굵은 선을 클립한다 (이빨이 없는 안쪽 부분으로 클립해 주십시오)

3 측정값을 확인한다 (p.43)

4 측정 대상에서 측정 리드를 분리하고 전원을 OFF로 한다 (p.35)

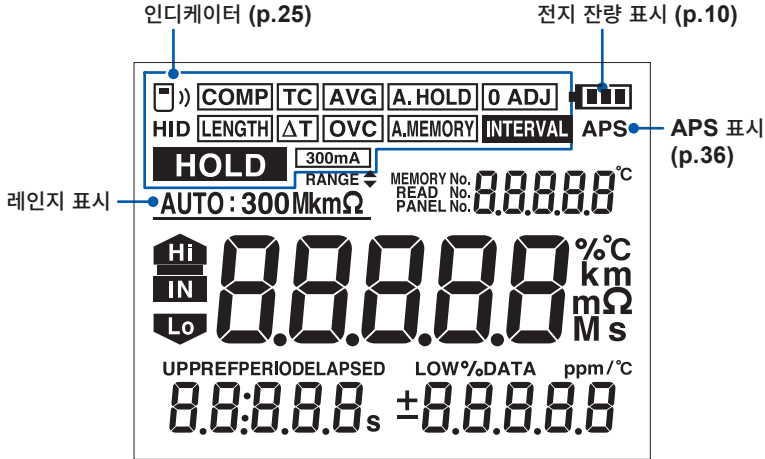
* 다음의 경우에는 영점 조정을 해주십시오.

- 열기전력 등의 영향으로 표시 잔재가 신경 쓰이는 경우 → 표시가 제로가 됩니다.
(영점 조정을 한 경우와 하지 않는 경우의 정확도는 변하지 않습니다)
열기전력은 OVC에서 취소할 수도 있습니다. (p.54)
- 4단자 배선 (켈빈 배선)이 어려운 경우
→ 2단자 배선된 잉여 저항을 취소합니다.
올바른 영점 조정 방법에 대해서는 (p.부11)을 참조해 주십시오.

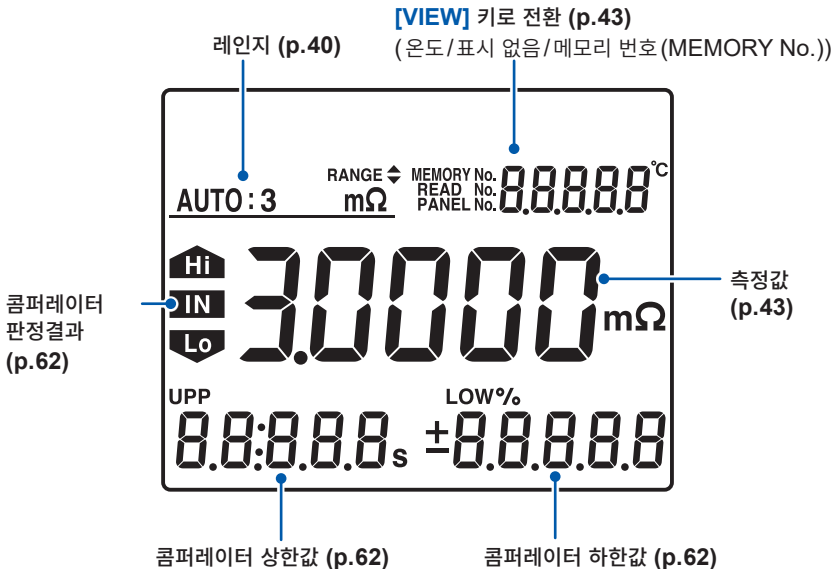
1.4 화면 구성

표시부 (전체 점등 시)

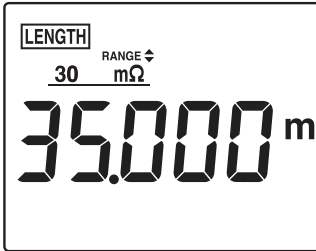
측정 조건, 설정 상태, 측정값, 메모리 번호(MEMORY No.), 패널 번호, 콤퍼레이터 설정값, 판정 결과 등을 표시합니다. 에러 표시에 대해서는 “에러 표시와 대처 방법(p.124)”을 참조해 주십시오.



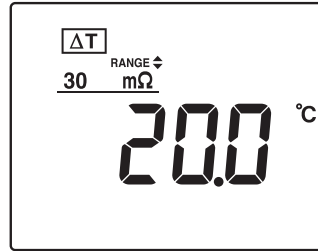
저항 측정 화면



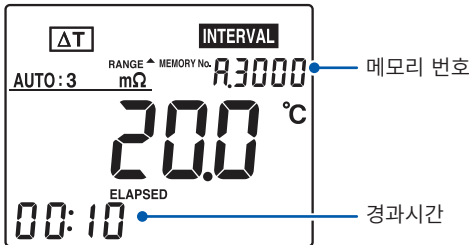
길이 환산 측정 화면 (p.71)



온도 환산(ΔT) 측정 화면 (p.69)



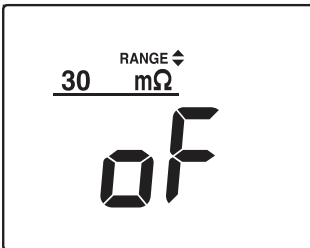
인터벌 측정 화면 (p.89)



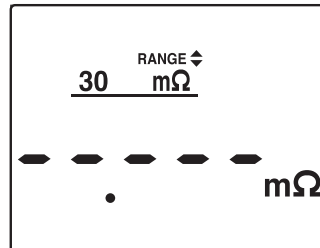
(화면은 ΔT 가 ON으로 되어 있는 경우입니다)

측정값 이외의 표시 (상세는 “측정 이상 확인하기” (p.44)를 참조하십시오)

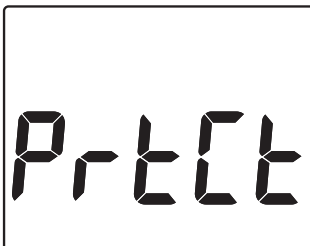
오버 레인지



전류 이상



보호 기능 작동 중



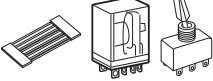
퓨즈 단선



COMP	점등: 콤퍼레이터 기능이 유효 점멸: 콤퍼레이터 기능이 유효하므로 눌러진 키에 대한 처리를 실행할 수 없다		(p.64)	
LENGTH	점등: 길이 환산 기능이 유효 점멸: 길이 환산 기능이 유효하므로 눌러진 키에 대한 처리를 실행할 수 없다		(p.71)	
TC	온도 보정 기능이 유효		(p.53)	
ΔT	점등: 온도 환산 기능이 유효 점멸: 온도 환산 기능이 유효하므로 눌러진 키에 대한 처리를 실행할 수 없다		(p.69)	
AVG	측정값의 평균화 기능이 유효		(p.52)	
OVC	OVC 기능이 유효		(p.54)	
A.HOLD	자동 홀드 기능이 유효		(p.46)	
A.MEMORY	자동 메모리 기능이 유효		(p.88)	
0 ADJ	점등: 영점 조정 기능이 유효 점멸: 영점 조정 중		(p.48)	
INTERVAL	점등: 인터벌 측정 기능이 유효 점멸: 인터벌 측정 중 또는 인터벌 측정 기능이 유효하므로 눌러진 키에 대한 처리를 실행할 수 없다		(p.89)	
300mA	300mΩ 레인지에서 측정 전류가 Hi (300 mA) 설정		(p.58)	
HOLD	측정값이 홀드되어 있다		(p.46)	
Hi	콤퍼레이터 판정 결과가 측정값 > 상한값		(p.62)	
IN	콤퍼레이터 판정 결과가 하한값 ≤ 측정값 ≤ 상한값			
Lo	콤퍼레이터 판정 결과가 측정값 < 하한값			
RANGE 	레인지 변경이 가능		(p.40)	
AUTO	자동 레인지 기능이 유효			
UPP	콤퍼레이터 상한값	REF	콤퍼레이터 기준값	(p.62)
LOW	콤퍼레이터 하한값	%	콤퍼레이터 허용 범위	
PERIOD	저장 가능 시간 (인터벌 모드 시)		(p.89)	
ELAPSED	측정 경과 시간 (인터벌 모드 시)			
DATA	저장 가능 데이터 수		(p.86)	
ppm/°C	온도 보정용 온도 계수 (온도 보정 설정 시)		(p.53)	
	무선 통신 기능이 유효		(p.80)	
HID	HID 기능이 유효		(p.82)	

1.5 측정 대상 확인하기

적절한 저항 측정을 위해 측정 대상에 따라 측정 조건을 적절히 변경해야 합니다. 아래 표의 권장 예를 참고하여 본 기기를 설정한 후 측정을 시작해 주십시오.

측정 대상	권장 설정 (굵은 글씨는 초기 설정에서 변경)		
	온도 보정 (p.53) / 온도 환산 (p.69)	OVC (p.54)	300mΩ 레인지의 측정 전류 (p.58)
모터, 솔레노이드, 초크 코일, 트랜스, 와이어 하네스 	TC	OFF	Lo
전력용 접점, 와이어 하네스, 커넥터, 릴레이 접점, 스위치 	*1	ON	Lo
도전성 도료, 도전성 고무 	—	OFF	Lo
일반적인 저항 측정 퓨즈, 저항기, 히터, 전선, 용접부 	*1	ON	Lo
온도 상승 시험 (모터, 초크 코일, 트랜스) 	ΔT^{*2}	OFF	Lo
자동차의 어스 라인	*1	ON	Hi (300mA)
신호용 접점, 와이어 하네스, 커넥터, 릴레이 접점, 스위치 	본 기기는 개방 전압과 측정 전류가 모두 크기 때문에 신호용 접점 저항을 측정하면 접점의 상태를 변화시키게 됩니다. 신호용 접점의 측정에는 RM3545를 사용해 주십시오.		

*1 측정 대상의 온도 의존성이 큰 경우에는 온도 보정을 사용해 주십시오.
 *2 인터벌 측정 기능을 사용하여 일정한 간격별로 측정값을 저장할 수 있습니다. (p.89)

중요

딜레이 설정 PrSEt(프리셋)으로 측정할 수 없는 경우는 딜레이를 충분히 길게 설정해 주십시오. (p.56)

2 측정 전 준비

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

2

전지의 장착과 교체 (p.28)

↓
Z3210 무선 어댑터 (옵션) 장착하기 (p.30)

↓
Z5041 프로텍터 장착하기 (p.31)

↓
스트랩을 장착한다 (p.32)

↓
측정 리드를 연결한다 (p.33)

↓
Z2002 온도 센서를 연결한다 (p.34)

↓
점검을 한다 (p.37)

↓
전원을 켜다 (p.35)

↓
측정

↓
전원을 끈다 (p.35)

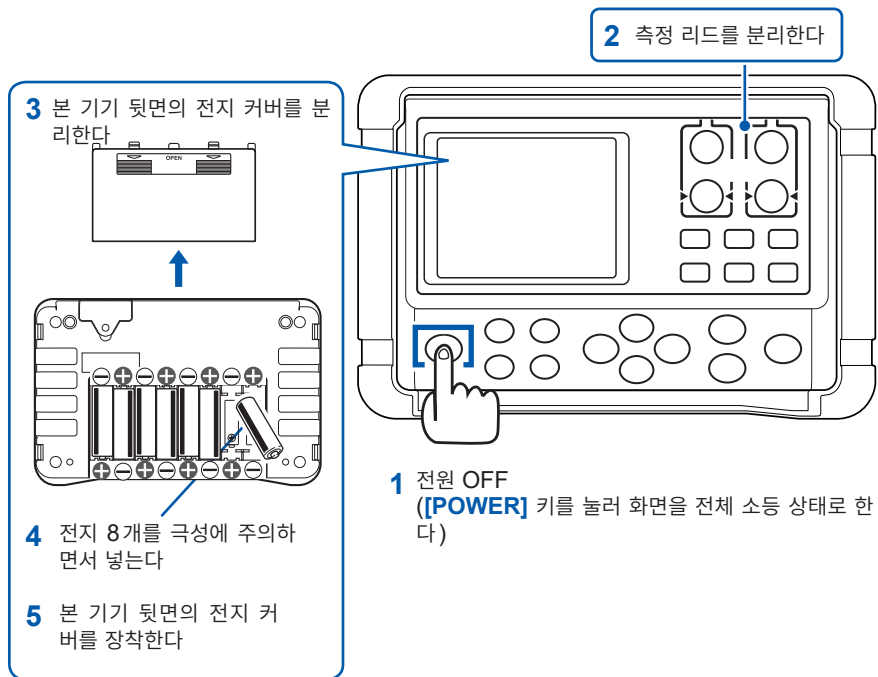
일정 시간 조작을 하지 않으면 자동으로 전원이 꺼집니다 (APS 기능) (p.36)

2.1 전지의 장착과 교체

본 기기를 처음 사용할 때는 AA 알칼리 건전지(LR6) 8개 또는 충전된 니켈 수소 전지(HR6) 8개를 장착해 주십시오. 또한, 측정 전에 전지 잔량이 충분한지 확인해 주십시오. 전지 잔량이 적은 경우에는 전지를 교체해 주십시오. 전지 잔량은 전지 마크로 확인할 수 있습니다. (p.10)

준비물

- AA 알칼리 건전지(LR6) 8개 (신품) 또는 충전된 니켈 수소 전지(HR6) 8개



니켈 수소 전지에 대해서

⚠ 주 의



본 기기를 사용할 때는 AA 알카라인 건전지(HR6) 8개 또는 충전된 니켈 수소 전지(HR6) 8개를 장착해 주십시오.

니켈 수소 전지를 사용한 경우 전지의 정격 전원 전압이 낮기 때문에 잔량이 정확하게 표시되지 않습니다. 하지만, 문제 없이 니켈 수소 전지로 제품을 사용할 수 있습니다. 연속 사용 시간은 다음과 같습니다 (참고).

AA 알칼리 건전지(LR6) ×8 (신품) 또는 충전된 니켈 수소 전지(HR6) ×8 사용시
약 10시간

3 mΩ 레인지로 10초동안에 1초간 측정, 백라이트 OFF

2.2 Z3210 무선 어댑터 (옵션) 장착하기

Z3210 무선 어댑터 (옵션)를 본 기기에 장착하면 무선 통신 기능을 사용할 수 있습니다.
참조: “7.1 휴대 단말과 통신하기” (p.78)

⚠ 경고



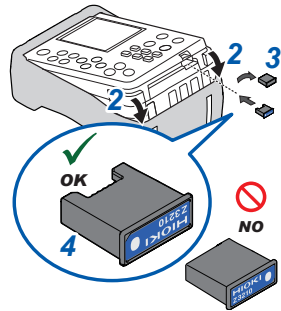
감전사고 방지를 위해 전원을 끄고 테스트 리드를 분리해 주십시오.

⚠ 주의



아무 금속 (문 손잡이 등)에 접촉해 신체의 정전기를 제거한 후 Z3210을 장착 또는 분리해 주십시오. 정전기로 인해 Z3210이 파손될 수 있습니다.

- 1 본 기기의 전원을 끄고 테스트 리드를 분리한다
- 2 그림의 위치를 눌러 **Z5041** 프로텍터를 분리한다
- 3 일자 드라이버로 보호 캡을 분리한다
- 4 **Z3210**을 방향에 주의하여 깊숙이삽입한다
- 5 프로텍터를 장착한다

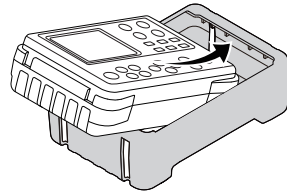


- 분리한 보호 캡은 보관해 주십시오.
- Z3210을 분리했을 때는 보호 캡을 장착해 주십시오.

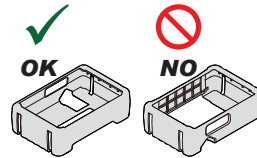
2.3 Z5041 프로텍터 장착하기

Z5041 프로텍터를 분리한 경우는 다음 순서에 따라 부착해 주십시오.

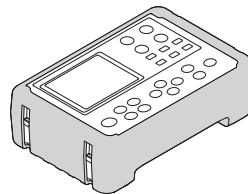
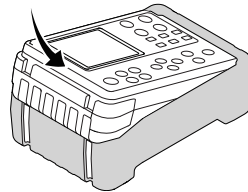
- 1** 본 기기의 전원을 끄고 테스트 리드를 분리한다



- 2** 본 기기를 Z5041 프로텍터에 넣는다
프로텍터의 방향에 주의해 주십시오.

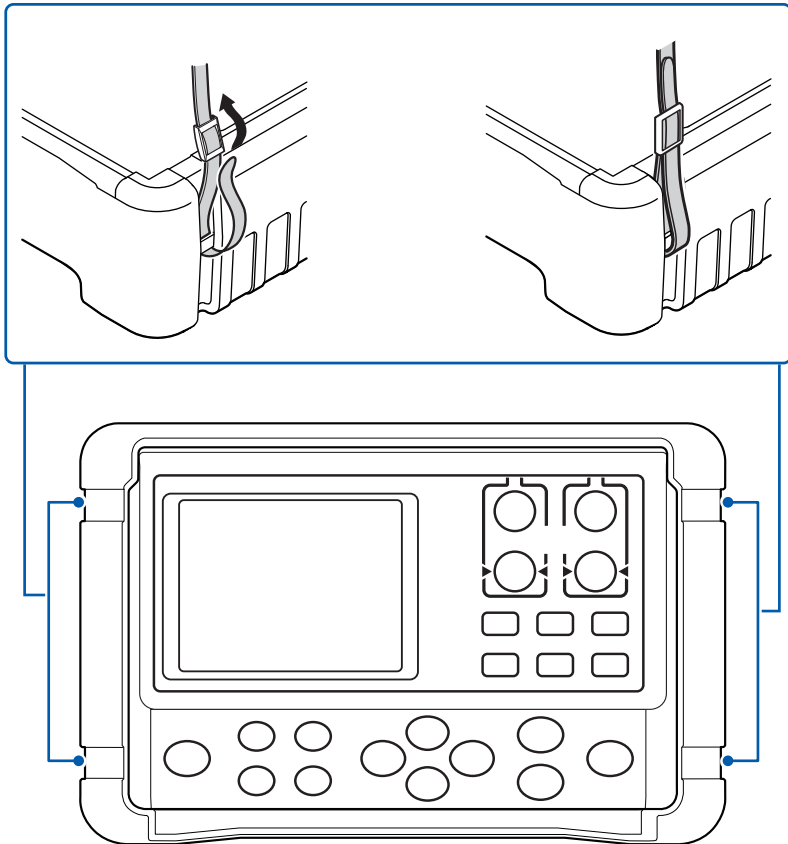


- 3** 본 기기를 화살표 방향으로 밀어 넣는다



2.4 스트랩 달기

스트랩을 달면 본 기기를 목에 걸어 사용할 수 있습니다. 다음과 같은 방법으로 달아 주십시오.

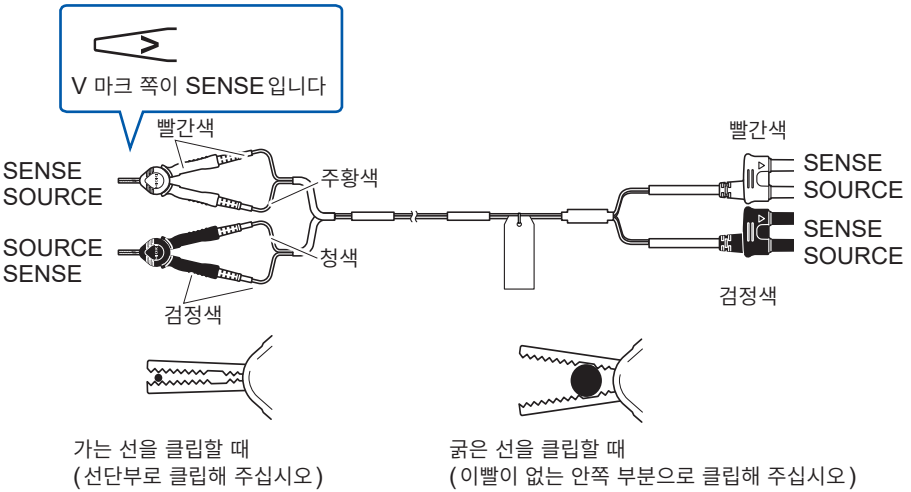


2.5 측정 리드 연결하기

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

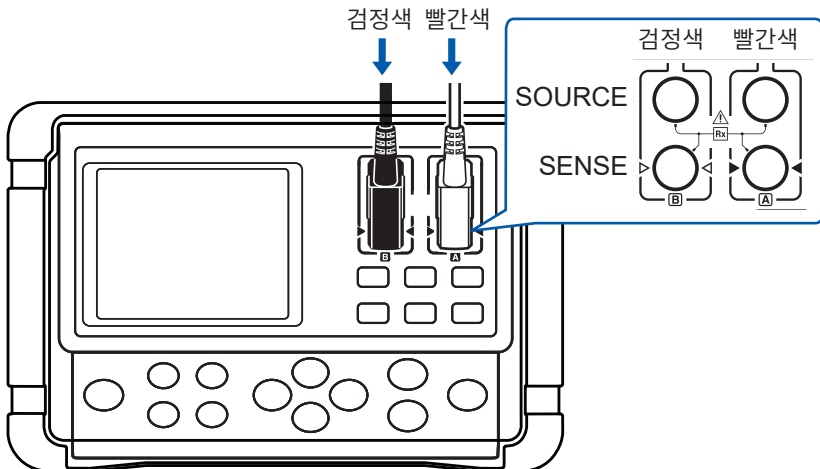
측정 리드에 대해서

(예: L2107 클립형 리드의 경우)



측정 리드를 본 기기에 연결합니다.

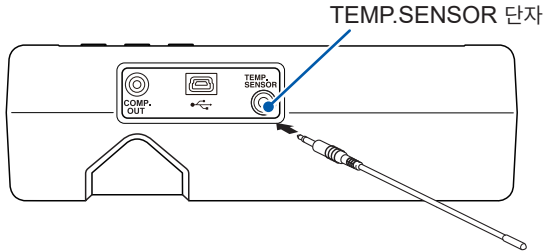
SOURCE(A, B), SENSE(A, B)의 4개 단자를 모두 연결해 주십시오.



2.6 Z2002 온도 센서 연결하기 (TC, ΔT 를 사용하는 경우)

TEMP.SENSOR 단자에 Z2002 온도 센서를 연결합니다.

연결 방법

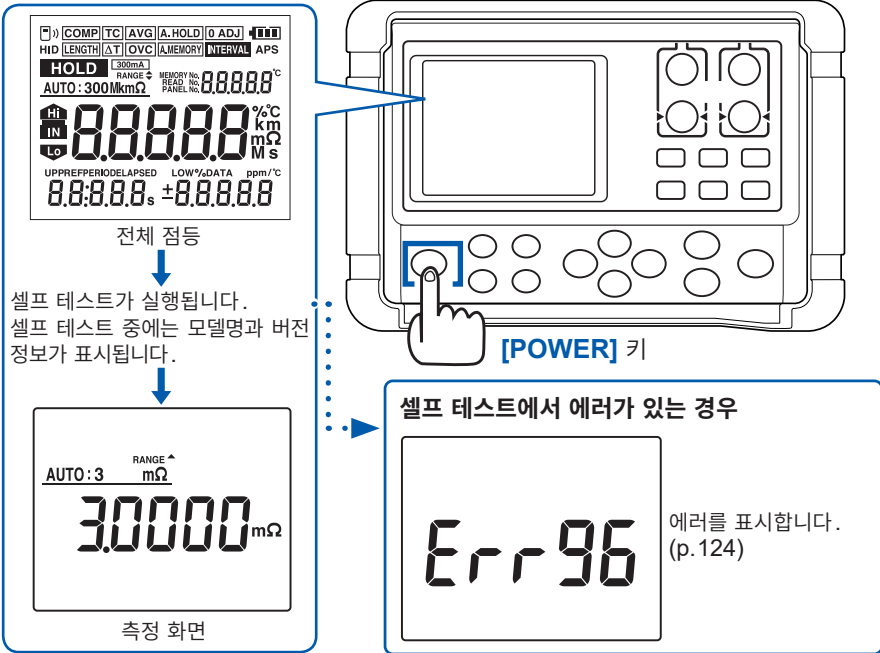


깊숙하게 확실히 삽입해 주십시오.

2.7 전원 켜기, 끄기

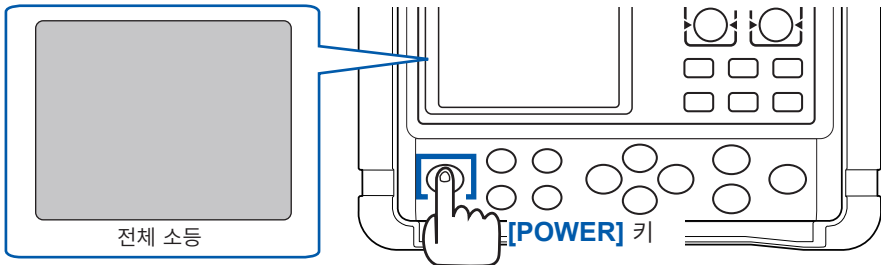
전원 ON 하기

[POWER] 키로 전원을 ON으로 합니다. 화면이 모두 점등할 때까지 계속 누르십시오.



전원 OFF 하기

[POWER] 키로 전원을 OFF로 합니다. 화면이 모두 꺼질 때까지 계속 누르십시오.



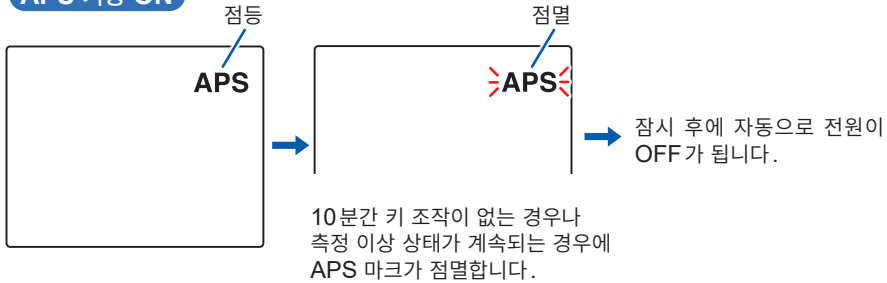
중요

다시 전원을 ON으로 하면 전원을 OFF로 하기 직전의 상태에서 기동합니다.

오토 파워 세이브 (APS)에 의한 자동 전원 OFF

APS 기능에 의해 사용하지 않을 때에는 자동으로 전원이 꺼져 전지 소모를 억제합니다.

APS 기능 ON

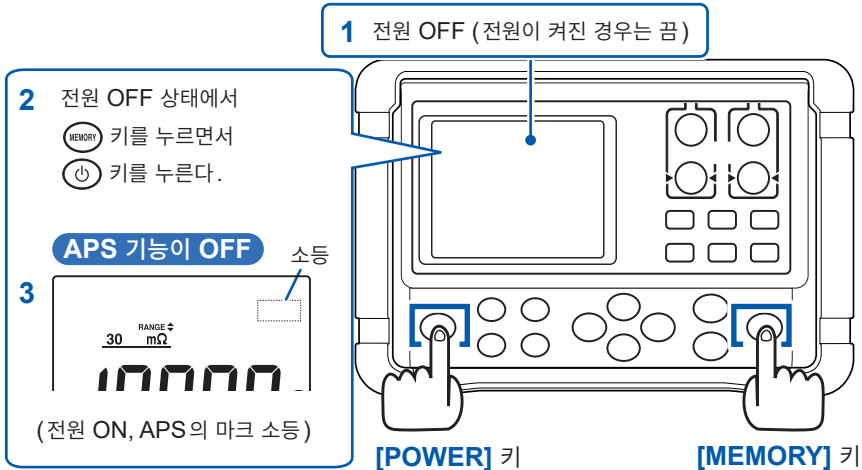


중요

- 인터벌 측정 중 APS 기능은 자동으로 OFF가 되며 인터벌 측정 종료 후에 APS 기능은 자동으로 ON이 됩니다.
- USB 연결 시 APS 기능은 자동으로 OFF가 되며 USB 연결 해제 후에 APS 기능은 자동으로 ON이 됩니다.

오토 파워 세이브 (APS) 해제하기

전원 OFF 상태에서 **[MEMORY]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누르면 APS 기능을 해제할 수 있습니다. APS 기능의 설정은 백업되지 않습니다. 전원을 다시 ON으로 하면 APS 기능은 ON으로 되돌아갑니다.



2.8 측정 전 점검

사용 전에 보관이나 수송에 의한 고장이 없는지 점검하고 동작을 확인한 후 사용해 주십시오. 고장이 확인된 경우에는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

본 기기, 주변기기의 확인

점검 항목	대처
본 기기에 파손된 곳이나 균열이 있나요? 내부 회로가 노출되어 있나요?	손상이 있는 경우에는 사용하지 말고 수리를 의뢰해 주십시오.
단자에 금속 조각 등의 이물질이 부착되어 있나요?	부착되어 있는 경우는 면봉 등으로 닦아내 주십시오.
측정 리드의 피복이 벗겨지거나 금속이 노출되어 있나요?	손상이 있는 경우는 측정값이 불안정해지거나 오차가 발생할 가능성이 있습니다. 손상되지 않은 것으로 교체할 것을 권장합니다.

전원 투입 시의 확인

점검 항목	대처
전지 잔량은 충분한가요?	표시부 오른쪽 위의  에 현재 상태가 표시되어 있습니다.  표시가 된 경우는 전지가 소모된 상태이므로 서둘러 교체해 주십시오.  표시가 점멸하고 있는 경우는 전지가 소모된 상태이므로 측정을 할 수 없습니다. 전지를 교체해 주십시오.
표시 항목에 빠진 부분은 없나요?	전원을 켜를 때의 전체 점등 표시로 확인해 주십시오 (p.23). 빠진 부분이 있는 경우는 수리를 의뢰해 주십시오.
전원을 켜를 때 전체 점등 → 모델명 → 측정 화면의 순서로 표시되나요?	표시가 다른 경우는 본 기기 내부가 고장 났을 가능성이 있습니다. 수리를 의뢰해 주십시오. 참조: “11.1 문제가 발생했을 경우” (p.120) “에러 표시와 대처 방법” (p.124)

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

이 장에서는 본 기기 사용 시의 기본적인 조작 방법에 관해 설명합니다.

- “3.1 측정 레인지 설정하기” (p.40)
- “3.2 측정 대상에 측정 리드 연결하기” (p.42)
- “3.3 측정값 확인하기” (p.43)

측정 조건의 커스터마이징에 대해서는 “측정 조건 커스터마이징” (p.47)를 참조해 주십시오.

3.1 측정 레인지 설정하기

측정 레인지를 선택합니다. 또한 자동 선택(자동 레인지)도 가능합니다.

중요

자동 레인지인 경우나 30 mΩ 레인지 이하로 설정한 경우는 최대 1 A의 전류가 측정 대상에 정상적으로 흘러 들어가 최대 2 W 정도의 전력이 인가될 가능성이 있습니다*. 측정 전류로 인해 다음과 같은 문제가 우려되는 경우에는 측정 전류보다 작은 레인지를 선택해 주십시오.

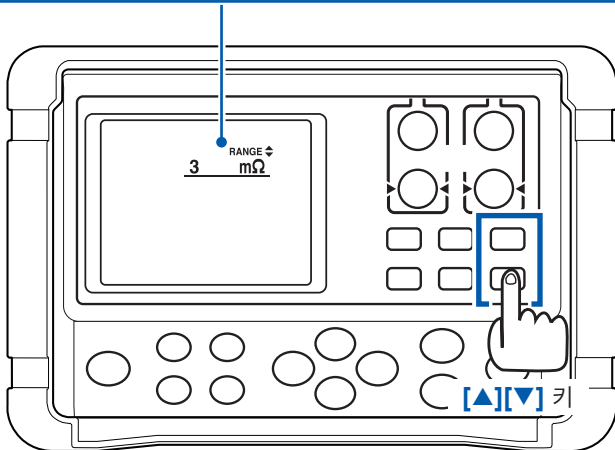
- 측정 대상이 용단된다 (퓨즈, 인플레이터)
- 측정 대상이 발열하여 저항값이 변화한다
- 측정 대상이 자화(magnetization)되어 인덕턴스가 변화한다

측정 대상의 전력은 각 레인지의 측정 범위 내인 경우 저항값 × (측정 전류)²가 됩니다. 측정 범위를 초과하면 최대로 개방전압 × 측정 전류가 될 수 있습니다. 측정 레인지를 확인한 후 측정 대상을 연결해 주십시오.

* 측정 대상에 연결한 순간에는 최대 5 A의 돌입전류가 흐릅니다.
(수렴 시간: 순저항의 경우 약 1 ms)

수동 레인지로 하기

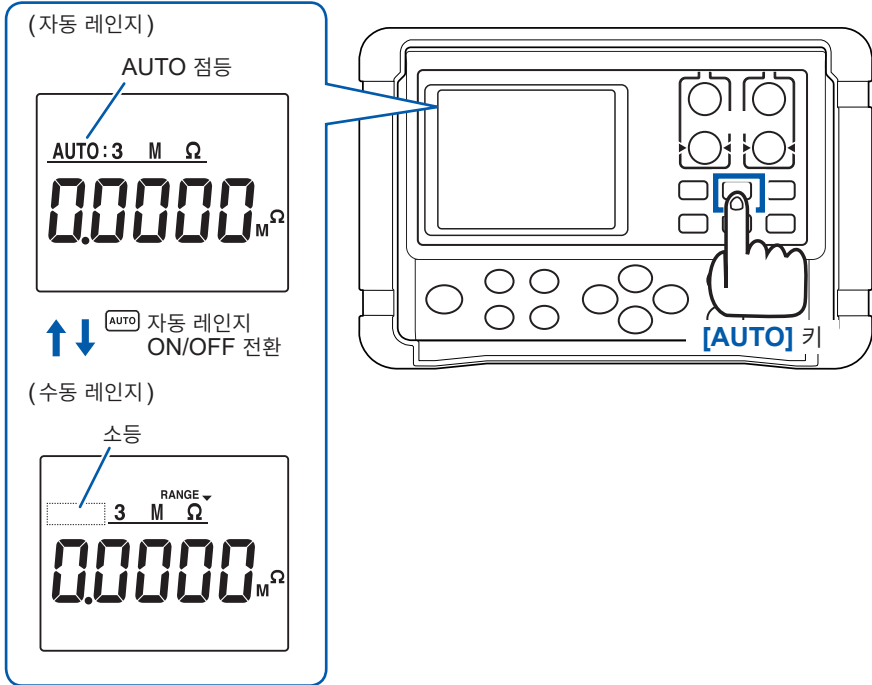
3mΩ ↔ 30mΩ ↔ 300mΩ ↔ 3Ω ↔ 30Ω ↔ 300Ω ↔ 3kΩ ↔ 30kΩ ↔ 300kΩ ↔ 3MΩ



자동 레인지로 하기

[AUTO] 키로 자동 레인지로 전환합니다. (초기 설정은 AUTO)

자동 레인지로 설정되어 있는 경우는 AUTO가 점등합니다.

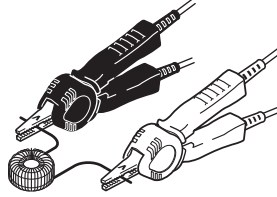


중요

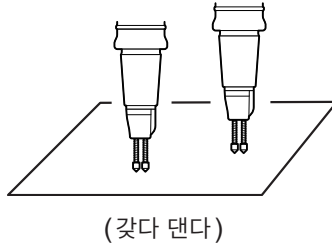
- 자동 레인지 ON인 상태에서 레인지를 변경하면 자동으로 자동 레인지가 해제되고 수동 레인지가 됩니다.
 - 콤퍼레이터 기능을 ON으로 하면 레인지가 고정되어 변경할 수 없게 됩니다. 레인지를 변경할 경우는 콤퍼레이터 기능을 OFF로 하거나 콤퍼레이터 설정 중에 레인지를 변경해 주십시오.
 - 측정 대상에 따라서는 자동 레인지가 안정되지 못할 수 있습니다. 이때는 수동으로 레인지를 지정하거나 딜레이 시간을 길게 해주십시오. (p.56)
- 각 레인지의 측정 정확도는 “(2) 저항 측정 사양” (p.106)를 참조해 주십시오.

3.2 측정 대상에 측정 리드 연결하기

예: L2107의 경우

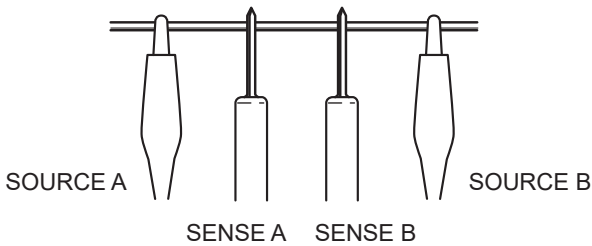


예: 9772의 경우



예: 9453의 경우

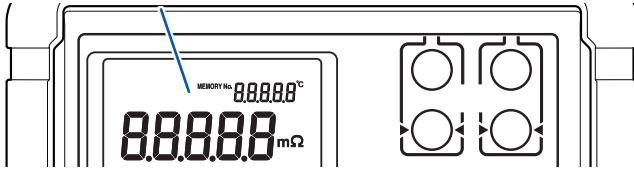
SENSE 단자는 SOURCE 단자보다도 안쪽에 배치



3.3 측정값 확인하기

저항값이 표시됩니다.

측정값 이외의 것이 표시되는 경우는 “측정 이상 확인하기” (p.44)를 참조해 주십시오.



저항 이외의 측정값으로 환산하고자 하는 경우는 다음을 참조하십시오.

- “5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))” (p.69)
- “5.3 도체 길이 측정하기 (길이 환산 기능)” (p.71)

중요

측정값에 부호 (-)가 붙는 경우는 아래 사항을 확인해 주십시오.

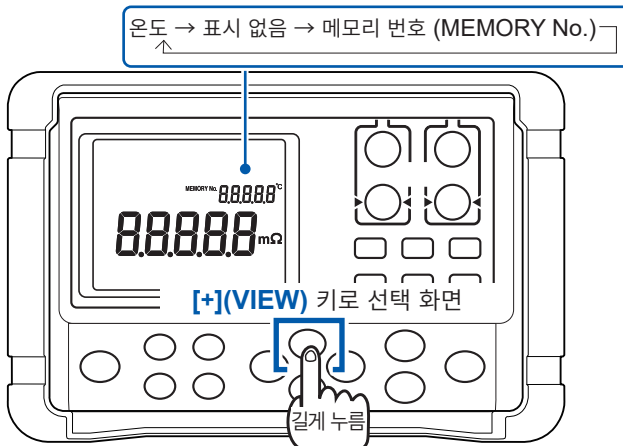
- SOURCE 선 또는 SENSE 선의 결선이 반대로 되어 있다.
→ 바르게 배선해 주십시오.
- 2단계 측정에서 영점 조정을 한 후 접촉 저항이 작아졌다.
→ 영점 조정을 다시 해주십시오.

표시 전환하기

[+](VIEW) 키를 길게 눌러서 우측 상단의 표시를 변경할 수 있습니다.

(온도/표시 없음/메모리 번호 (MEMORY No.))

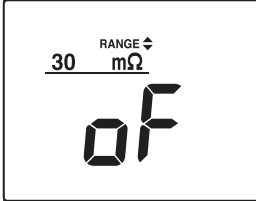
측정 중에 표시하고자 하는 항목을 선택할 수 있습니다.



측정 이상 확인하기

측정이 올바르게 이루어지지 않은 경우 화면에 측정 이상을 표시합니다.

오버 레인지 *1

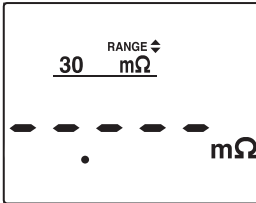


측정 범위 및 표시 범위를 초과했을 때에 표시합니다.

oF 표시 시의 콤퍼레이터 판정은 “Hi”, -oF 표시 시의 콤퍼레이터 판정은 “Lo”가 됩니다.

온도 측정도 마찬가지로 측정 범위를 초과하면 oF 표시가 됩니다.

전류 이상 또는 미측정



다음 2 가지 경우에 표시합니다.

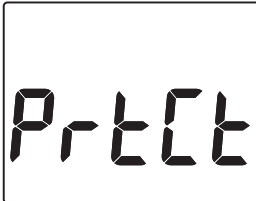
“---” 표시인 경우는 콤퍼레이터 판정을 하지 않습니다.

1. 전류 이상 *2

SOURCE A, SOURCE B 단자에 전류를 흘려보내지 못하는 상태입니다.

2. 측정 조건을 변경한 후 한 번도 측정이 이루어지지 않았습니다.

보호 기능 작동 중



본 기기에서는 측정 단자에 과전압이 입력되면 내부 회로의 보호 기능이 작동해 적색 백라이트가 점등합니다.

실수로 과전압을 입력한 경우는 신속히 측정 리드를 측정 대상에서 분리해 주십시오. 보호 기능이 작동 중일 때는 측정할 수 없습니다. 보호 기능을 해제하려면 측정 리드의 A 측(빨간색)과 B 측(검정색)을 접촉시키거나 전원을 다시 켜주십시오. 보호 기능이 해제되면 적색 백라이트는 꺼집니다.

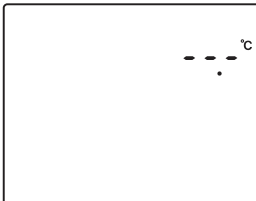
퓨즈 단선



본 기기에서는 측정 단자에 퓨즈가 달려 있어 과전압 입력을 보호하고 있습니다.

실수로 전압을 입력하여 퓨즈가 끊긴 경우는 퓨즈를 교체해 주십시오. (p.126)

Z2002 온도 센서 미연결



Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않아 온도를 측정할 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

Err

TC나 ΔT 를 ON으로 했을 때에 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나 온도가 oF 표시가 되어 있습니다.
Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

3

중요

측정 대상에 SOURCE 단자 측이 연결되어 있고, SENSE 단자 측이 접촉 불량인 경우에는 일정하지 않은 측정값을 표시할 수 있습니다.

*1 오버 검출 기능

오버로 검출되는 예

오버 검출	측정 예
측정 범위를 초과했을 때	30m Ω 레인지에서 40m Ω 을 측정
측정값의 상대 표시(% 표시)가 표시 범위(999.99%)를 초과했을 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 한 경우 등
연산 결과를 표시할 수 없을 때	길이 환산 기능의 연산 결과가 999.99 km를 초과

*2 전류 이상 검출 기능

전류 이상이 되는 예

- SOURCE A, SOURCE B 프로브가 개방되어 있다
- 측정 대상이 단선되어 있다 (오픈 워크)
- SOURCE A, SOURCE B 배선의 단선, 연결 불량

중요

배선 저항이 아래의 값을 초과하면 전류 이상이 되어 측정할 수 없게 됩니다. 측정 전류 1 A의 레인지에서는 배선 저항 및 측정 대상과 측정 리드와의 접촉 저항을 낮게 억제해 주십시오.

레인지 [Ω]	3m	30m	300m (300mA)	300m (100mA)	3	30	300	3k	30k ~ 3M
배선 저항 및 접촉 저항 (SOURCE B-SOURCE A의 저항값: 측정 대상 제외) [Ω]	0.5		3	10		100	2k	800	2k

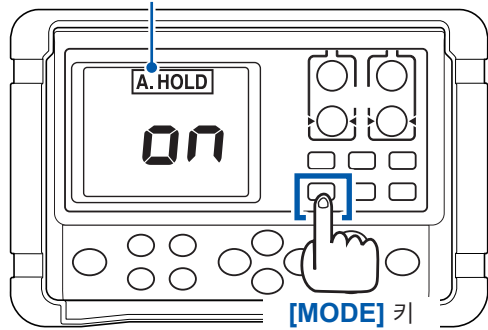
(참고값)

측정값 홀드하기

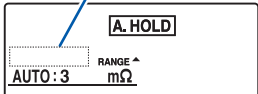
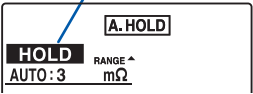
측정값을 확인할 경우에는 자동 홀드 기능이 편리합니다. 측정값이 안정되면 자동으로 홀드합니다.

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

- 2  취소
 확정



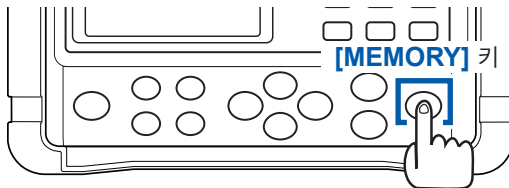
- 3

측정 중 (HOLD 해제 중)	HOLD 중
	

일단 측정 대상에서 측정 리드를 떼었다가 다시 측정 대상에 측정 리드를 접촉시키면 HOLD 해제됩니다. 또한, 레인지 전환이나 [ESC] 키를 눌러 해제할 수도 있습니다.

측정값 기억하기

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



메모리 기능에 대한 상세는 “8.1 임의의 타이밍에서 저장하기 (수동 메모리)” (p.87)를 참조해 주십시오.

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

이 장에서는 보다 고도의 측정, 정확한 측정을 하는 기능에 대해서 설명합니다.

- “4.1 영점 조정하기” (p.48)
- “4.2 측정값 안정시키기 (애버리지 기능)” (p.52)
- “4.3 온도의 영향 보정하기 (온도 보정 기능(TC))” (p.53)
- “4.4 열기전력에 의한 오프셋 보정하기
(오프셋 전압 보정 기능: OVC 기능)” (p.54)
- “4.5 측정이 안정될 때까지의 시간 설정하기
(딜레이 기능)” (p.56)
- “4.6 측정 전류 전환하기 (300mΩ 레인지)” (p.58)

4.1 영점 조정하기

다음의 경우에는 영점 조정을 해주십시오.

(각 레인지 $\pm 3\%f.s.$ 까지의 저항을 취소할 수 있습니다)

- 열기전력 등의 영향으로 표시 잔재가 신경 쓰이는 경우

→ 표시가 제로가 됩니다.

영점 조정을 한 경우와 하지 않는 경우의 정확도 사양은 변하지 않습니다.

열기전력은 OVC에서 취소할 수도 있습니다. (p.54)

- 4 단자 배선(켈빈 배선)이 어려운 경우

→ 2 단자 배선된 잉여 저항을 취소합니다. (p.부 23)

올바른 영점 조정 방법에 대해서는 “부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 11)를 참조해 주십시오.

영점 조정 전에

중요

- 영점 조정한 후, 환경 온도에 변화가 있거나 측정 리드를 바꾼 경우에도 다시 영점 조정을 해주십시오. 단, L2140, L2141 및 L2142는 전용의 영점조정보드가 없습니다. 표준 부속의 클립형 리드 L2107 등으로 영점 조정을 하고 사용할 리드로 교체한 후 측정해 주십시오.
- 사용할 모든 레인지에서 영점 조정을 실행해 주십시오. 수동 레인지일 때는 현재 레인지만, 자동 레인지일 때는 모든 레인지에서 영점 조정됩니다.
- 영점 조정의 값은 전원을 꺼도 내부에서 유지되지만, 패널에는 저장되지 않습니다.
- 오프셋 전압 보정 기능(OVC)을 ON에서 OFF, 또는 OFF에서 ON으로 전환한 경우는 영점 조정이 해제됩니다. 다시 영점 조정을 실시해 주십시오.
- 측정 전류를 Lo에서 Hi, 또는 Hi에서 Lo로 전환한 경우는 영점 조정이 해제됩니다. 다시 영점 조정을 실행해 주십시오.
- 영점 조정했을 때의 저항값보다 작은 저항을 측정하면 측정값이 마이너스가 됩니다.
예: 300mΩ 레인지에서 2mΩ을 연결하여 영점 조정
→ 1mΩ을 측정하면 -1mΩ이 표시된다

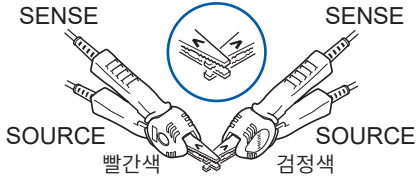
영점 조정 실행하기

1 측정 리드를 단락한다.

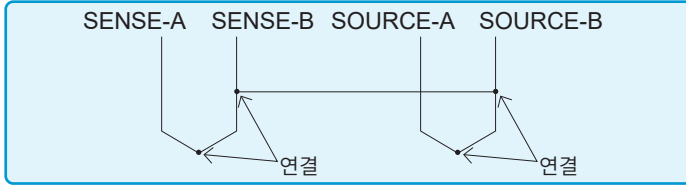
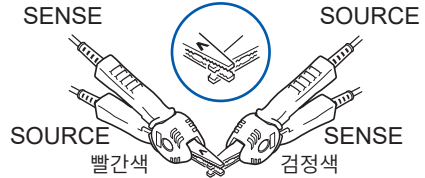
L2107

올바름

클립의 V 마크를 맞춥니다.

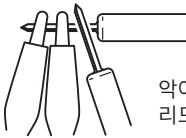


틀림



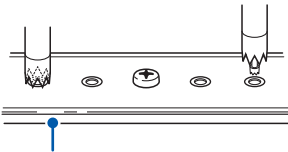
4

9453 (옵션)



악어클립을 바깥쪽,
리드 봉을 안쪽으로 하여 영점 조정을 실행해 주십시오.

9465 (옵션)



9454 영점조정보드 (옵션)

SENSE 단자와 접촉



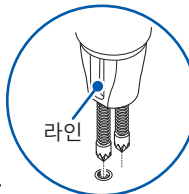
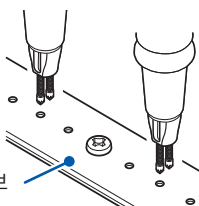
SOURCE 단자와 접촉

9772 (옵션)

SENSE 단자와 접촉



SOURCE 단자와 접촉



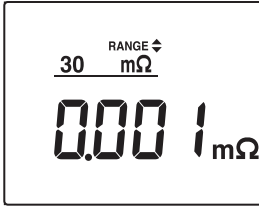
SENSE 측의 핀은 베이스 부분에 라인이 달려 있습니다.
영점 조정을 할 때는 이 라인을 같은 방향으로 맞춰 실행해 주십시오.

9454 또는 Z5038 영점조정보드 (옵션)

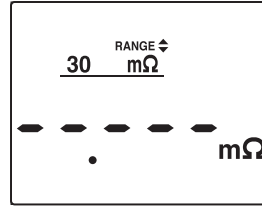
2 측정값이 $\pm 3\% \text{f.s.}$ 이내인지 확인한다.

측정값이 표시되지 않는 경우는 측정 리드의 결선 방법이 올바른지 확인해 주십시오.

결선이 올바른 경우

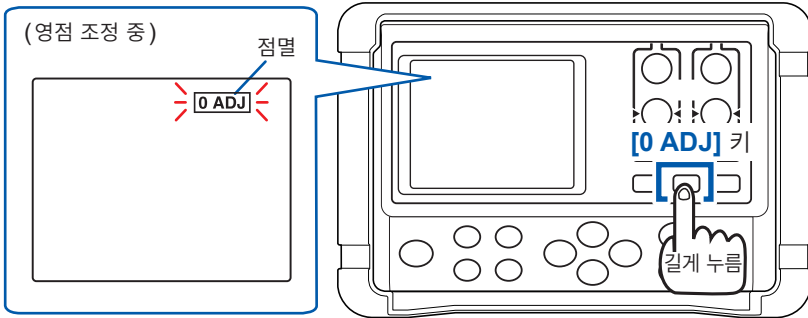


결선이 잘못된 경우



3 [0ADJ] 키를 길게 눌러서 영점 조정을 실행한다.

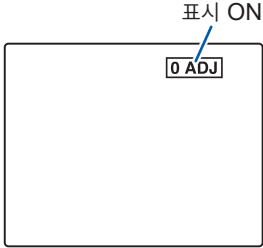
영점조정보드를 사용하는 경우 등, 키를 누르는 것이 어려운 경우는 측정 리드를 단락하기 전에 [0ADJ] 키를 눌러 주십시오. 측정값이 안정된 후에 영점 조정을 자동 실행합니다.



4 영점 조정 실행 후

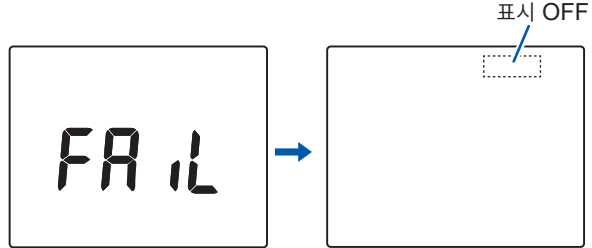
영점 조정 성공

버저가 울리고 측정 화면이 표시됩니다.



영점 조정 실패

버저가 울리고 “FaiL” 이라고 표시됩니다.
그 후 측정 화면이 표시됩니다.



영점 조정에 실패함

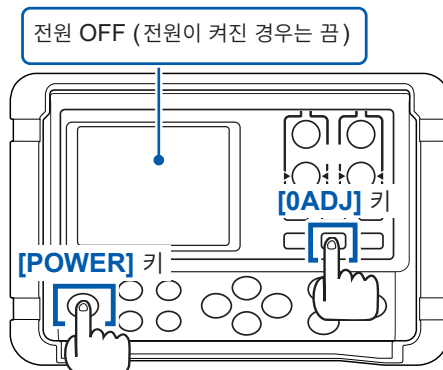
영점 조정할 수 없는 경우, 영점 조정하기 전의 측정값이 각 레인지 풀 스케일의 $\pm 3\%$ 를 초과하거나 측정 이상 상태입니다. 다시 한 번 올바르게 결선한 후 영점 조정을 다시 해주십시오. 자체 제작 케이블 등으로 저항값이 높은 경우는 영점 조정이 불가능하므로 배선 저항을 낮게 억제해 주십시오. (p.45)

중요

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

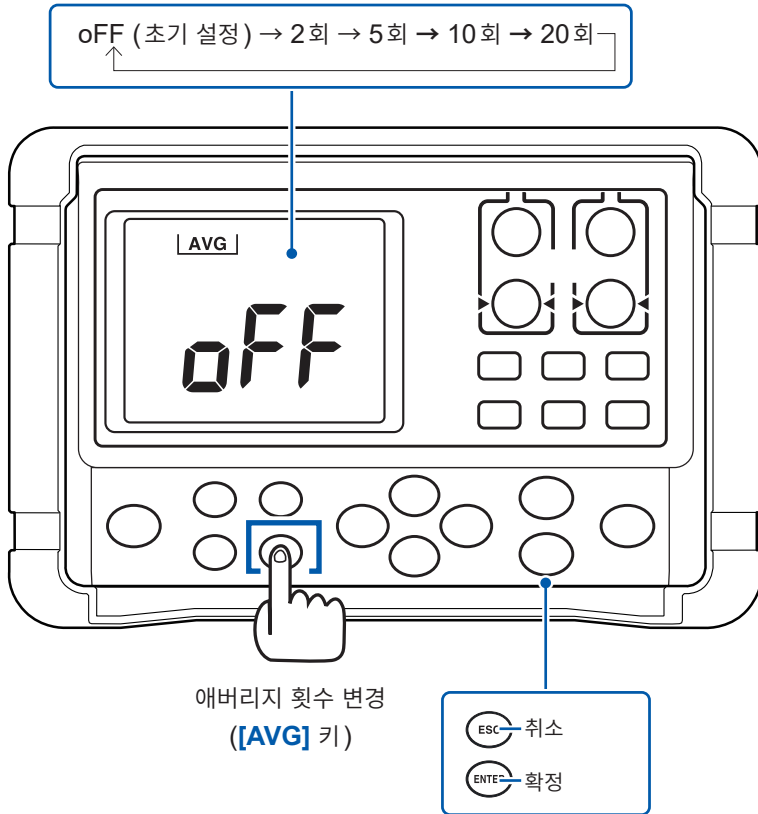
영점 조정 해제하기

전원 OFF 상태에서 **[0ADJ]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누르면 모든 레인지의 영점 조정을 해제합니다.



4.2 측정값 안정시키기 (애버리지 기능)

여러 개의 측정값을 이동 평균해서 표시합니다. 이 기능에 의해 측정값의 편차를 줄일 수 있습니다.

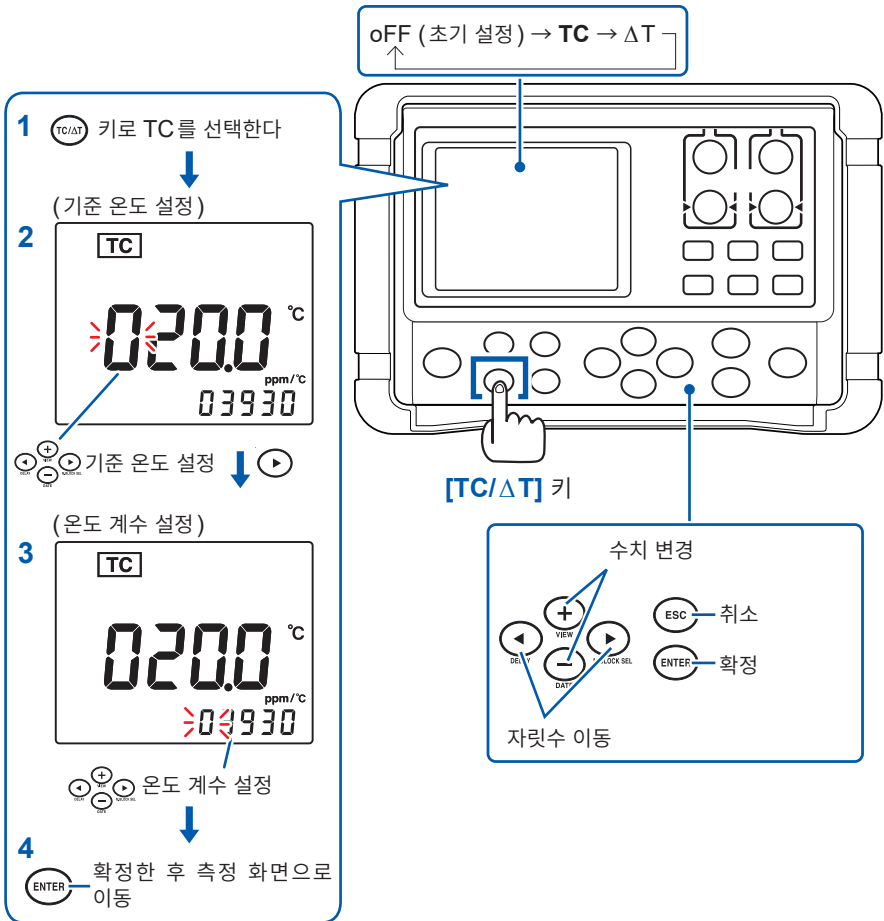


애버리지 횟수는 (+) (-) 로도 변경할 수 있습니다.

4.3 온도의 영향 보정하기 (온도 보정 기능(TC))

저항값을 기준 온도로 환산하여 표시합니다. 온도 보정의 원리에 대해서는 “부록4 온도 보정 기능(TC)에 대해서”(p.부5)를 참조해 주십시오.

온도 보정을 하는 경우는 Z2002 온도 센서를 본체 측면의 TEMP.SENSOR 단자에 연결해 주십시오. 또한 연결할 때는 반드시 “2.6 Z2002 온도 센서 연결하기(TC, ΔT를 사용하는 경우)”(p.34)를 읽어 주십시오.



중요

“t.Err”라고 표시되는 경우는 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나 온도가 oF 표시로 되어 있습니다. Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

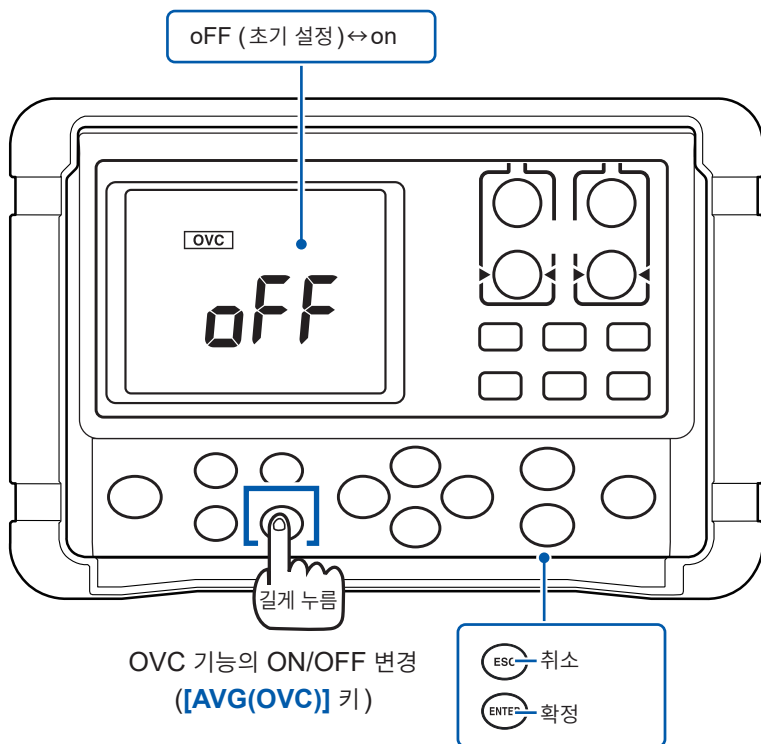
4.4 열기전력에 의한 오프셋 보정하기 (오프셋 전압 보정 기능: OVC 기능)

열기전력 및 본 기기 내부의 오프셋 전압 등을 자동으로 보정합니다.

(OVC: Offset Voltage Compensation)

참조: “부록 6 열기전력의 영향에 대해서” (p.부 9)

측정 전류를 흘렸을 때의 측정값 R_p 와 측정 전류를 흘리지 않았을 때의 측정값 R_z 로부터 $R_p - R_z$ 를 계산하여 실제 저항값으로 표시합니다.



OVC 기능의 ON/OFF는 $\oplus$ $\ominus$ 로도 변경할 수 있습니다.

중요

- 오프셋 전압 보정 기능이 ON인 경우(OVC 인디케이터 점등) 측정값의 표시 갱신이 늦어집니다.
- $3\text{k}\Omega$ 레인지 이상은 OVC 기능을 사용할 수 없습니다. 자동으로 OFF가 됩니다.
- 오프셋 전압 보정 기능을 변경한 경우는 영점 조정 기능이 해제됩니다.
- 측정 대상의 인덕턴스가 큰 경우 지연 시간(딜레이 시간)의 조정이 필요합니다. (p.56)
처음에는 지연 시간을 길게 설정하고 측정값을 보면서 서서히 줄여 주십시오.
- 측정 대상의 열용량이 작은 경우 오프셋 전압 보정 기능이 효과를 나타내지 못하는 경우가 있습니다.

4.5 측정이 안정될 때까지의 시간 설정하기 (딜레이 기능)

OVC 및 자동 레인지에서 측정 전류를 변화시킨 후 대기 시간을 두어 측정이 안정되는 시간을 조정합니다. 이 기능을 사용하면 측정 대상의 리액턴스 성분이 큰 경우에도 내부 회로가 안정된 후에 측정을 시작할 수 있습니다.

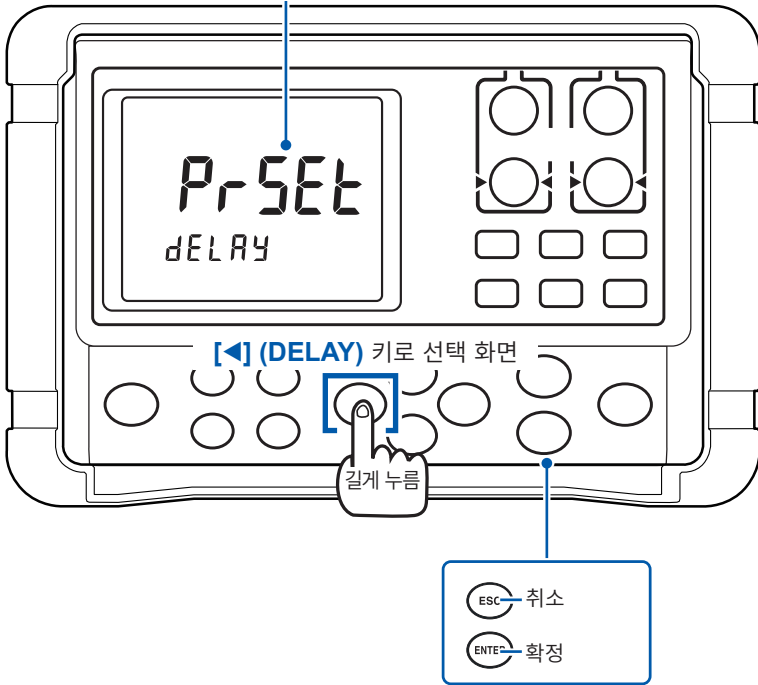
PrSEt(프리셋 설정)은 레인지 및 오프셋 전압 보정 기능에 따라 값이 달라집니다.

Preset 설정의 OVC 딜레이 값 (내부 고정) (단위: ms)

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

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

↑



딜레이 시간은 (+) (-) 로도 선택할 수 있습니다.

지연 시간의 기준

- 인덕터 등 측정 전류를 인가한 후 안정될 때까지 시간이 걸려 초기 상태 (프리셋)로 측정할 수 없는 경우에는 딜레이를 조정해 주십시오. 딜레이 시간은 다음 계산값의 10배를 기준으로 리액턴스 성분 (인덕턴스, 커패시턴스)이 측정값에 영향을 미치지 않도록 설정해 주십시오.

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

L : 측정 대상의 인덕턴스

R : 측정 대상의 저항 + 리드선 저항 + 접촉 저항

I : 측정 전류 (참조: “정확도” (p.107))

V_0 : 개방전압 (참조: “정확도” (p.107))

- 처음에는 지연 시간을 길게 설정하고 측정값을 보면서 지연 시간을 서서히 줄여 주십시오.
- 딜레이를 길게 하면 측정값의 표시 갱신이 늦어집니다.

4.6 측정 전류 전환하기 (300mA 레인지)

본 기기에서는 300mA 레인지의 측정 전류를 300mA(공장 출하 시 100mA)로 변경할 수 있습니다. 대전류 배선을 실사용 상태에 가까운 조건으로 측정할 수 있을 뿐 아니라, 외래 노이즈가 큰 환경에서의 측정에도 유리합니다. *1

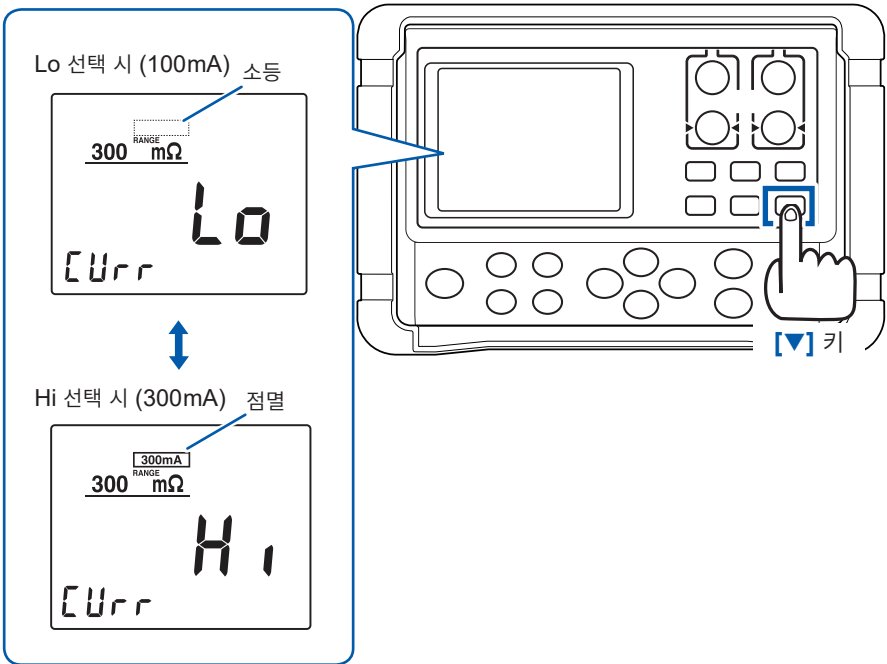
중요

- 측정 전류를 300mA로 한 경우 측정 대상의 소비전력이 커집니다.
- 높은 정확도의 측정이 필요한 경우에는 측정 전류 100mA로 사용해 주십시오.
- 측정 전류를 변경하면 영점 조정은 클리어됩니다.

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

[▼] 키를 길게 눌러 100mA와 300mA를 전환

[▼] 키를 길게 누르면 Lo/Hi [C_{urr}]이 표시된 후 통상의 표시로 되 돌아옵니다.



측정 전류 300mA로 측정하고 있는 경우는 300mA 인디케이터가 점등합니다.

*1 전원 배선이나 접지 배선 등 대전류가 흐르는 연결 부분(커넥터 접점, 용접부, 접합부, 나사 고정부 등)의 저항을 측정하는 경우에는 가능한 한 흐를 수 있는 최대 전류에 가까운 조건으로 측정하는 것이 바람직합니다. 이유는 다음과 같습니다.

- 이상이 없는 연결 부분이라도 작은 측정 전류에서는 높은 저항값을 나타내는 경우가 있다. 이는 미사용 시 접점에 발생하는 산화피막이 원인입니다.
- 작은 전류에서 이상 없음이라고 판단해도 대전류가 흘렀을 때에 연결 부분이 용융해 버리는 경우가 있다.

이는 국소적으로 저항이 높은 부위가 존재한 경우에 발생하는 현상으로, 대전류에 의한 줄(Joule) 발열이 원인입니다.

측정 전류 전환하기 (300mA 레인지)

5 판정 및 환산 기능

이 장에서는 측정값의 판정과 환산 기능에 관해 설명합니다.

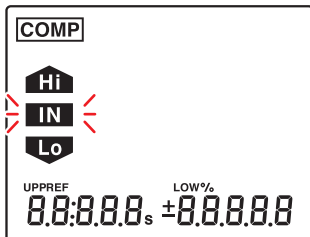
- “5.1 측정값 판정하기 (컴퍼레이터 기능)” (p.62)
- “5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능 (ΔT))” (p.69)
- “5.3 도체 길이 측정하기 (길이 환산 기능)” (p.71)

5.1 측정값 판정하기 (컴퍼레이터 기능)

미리 설정한 기준값과 상하한값에 대해 측정값이 Hi(측정값 > 상한값), IN(상한값 $\geq$ 측정값 $\geq$ 하한값), Lo(하한값 > 측정값)인지를 판정합니다.

판정 결과는 다음을 통해 확인할 수 있습니다.

- 화면
- 적색 백라이트 (초기 설정은 OFF)
- 버저 (초기 설정은 OFF)
- L2105 전면 컴퍼레이터 램프 (옵션)



- 판정 방법은 ABS 모드와 REF% 모드의 2종류가 있습니다.

중요

- ΔT 또는 길이 환산 기능을 ON으로 하면 컴퍼레이터 기능은 자동으로 OFF가 됩니다.
- 컴퍼레이터 기능을 ON으로 설정하면 레인지 전환 (자동 레인지를 포함)은 조작할 수 없습니다. 자동 레인지를 사용하고자 하는 경우 또는 레인지를 변경하고자 하는 경우는 컴퍼레이터 기능을 OFF로 설정한 후 [AUTO] 키 또는 [▲][▼] 키로 변경해 주십시오.
- 컴퍼레이터 기능을 ON으로 설정하면 인터벌 메모리 기능은 사용할 수 없습니다.

컴퍼레이터 기능을 사용하기 전에

- 측정값이 표시되지 않는 경우 컴퍼레이터의 판정 표시는 다음과 같이 됩니다.
측정 이상 시는 판정하지 않습니다. (p.44)

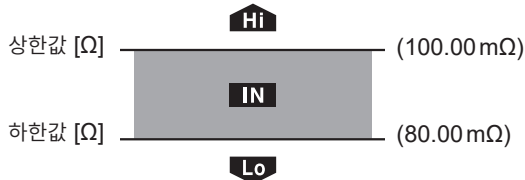
표시	컴퍼레이터 판정 표시 (COMP 램프)
oF	Hi
-oF	Lo
-----	판정 없음

- 설정 도중에 전원을 끄면 설정 중인 값은 무효가 되고 이전의 설정값으로 돌아갑니다. 설정을 확정하고자 할 때는 **[ENTER]** 키를 눌러 주십시오.

ABS(절대값 판정) 모드란

상하한값을 설정하여 판정합니다.

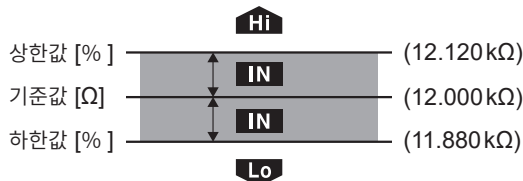
예: 상한값 100.00 mΩ
하한값 80.00 mΩ



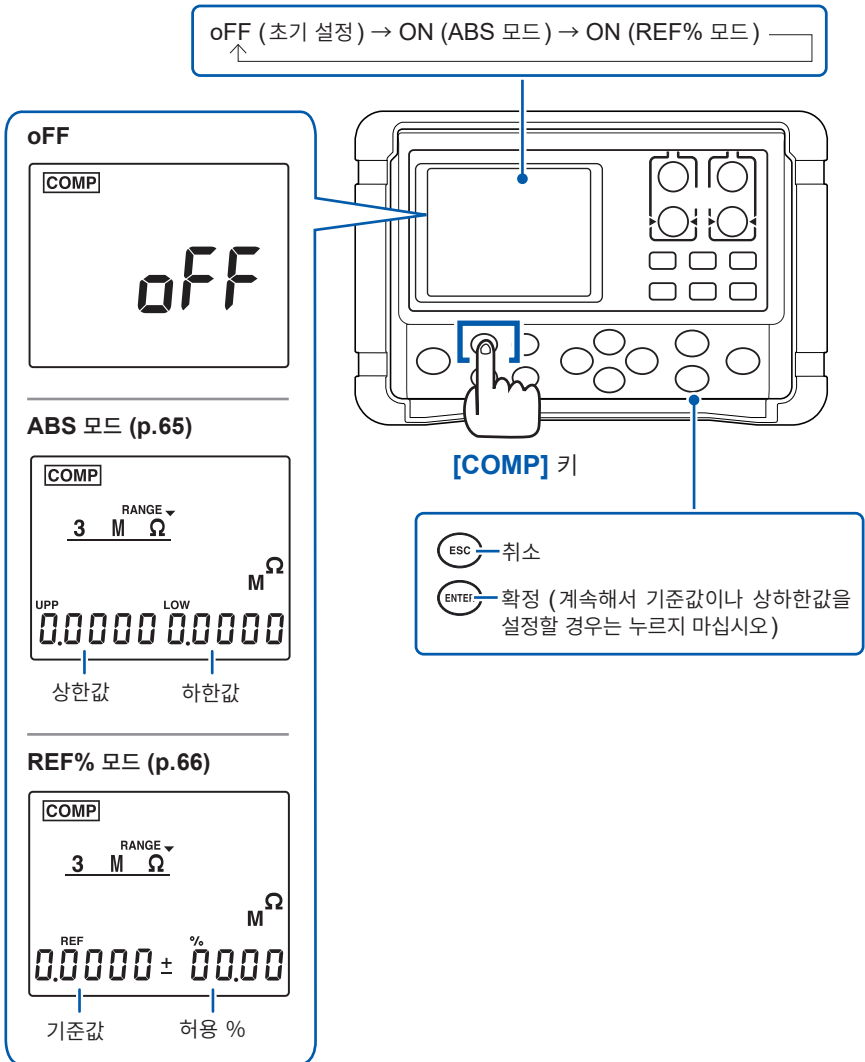
REF%(상대값 판정) 모드란

기준값에 대한 허용 %로 상하한값을 설정하여 판정합니다. REF% 모드에서는 상한값과 하한값을 따로 설정할 수 없습니다.

예: 기준값 12.000 kΩ
상하한값 ±1.00%

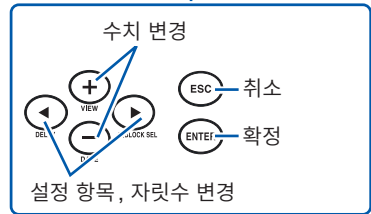
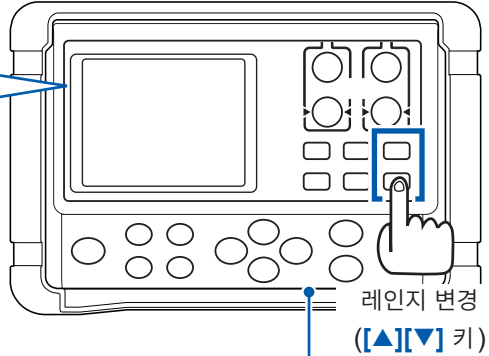
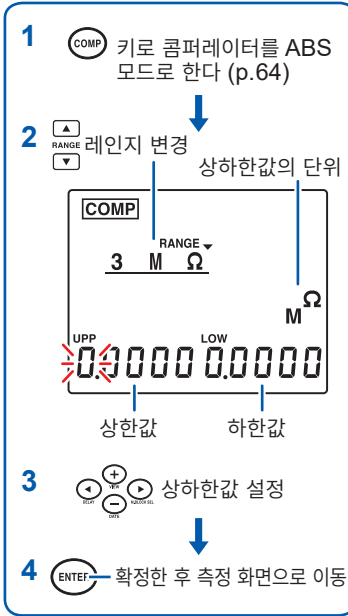


컴퍼레이터 기능의 ON/OFF



상하한값으로 판정하기 (ABS 모드)

상하한값 설정



중요

상한값 < 하한값의 설정 상태에서 설정을 확정할 수는 없습니다.

기준값과 허용 범위로 판정하기 (REF% 모드)

REF% 모드로 하면 측정값은 상대값 표시가 됩니다. 상한값과 하한값을 따로 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.64)

2 **RANGE** 레인지 변경 기준값의 단위

3 수치 설정

4 **ENTER** 확정 후 측정 화면으로 이동

레인지 변경 ([▲][▼] 키)

수치 변경

ESC 취소

ENTER 확정

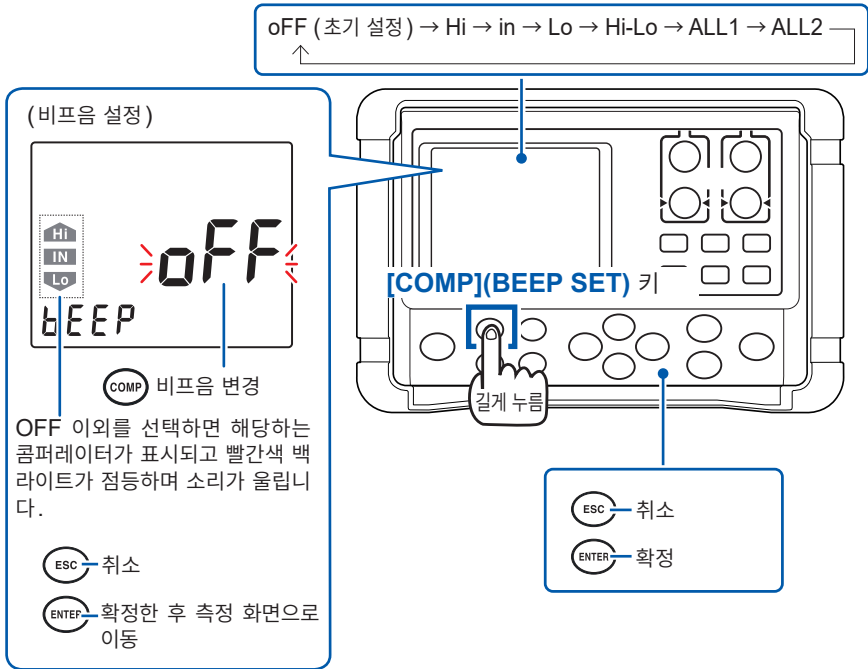
설정 항목, 자릿수 변경

중요

기준값 0의 설정 상태에서 설정을 확정할 수는 없습니다.

판정을 적색 백라이트와 소리로 확인하기 (판정을 설정 기능)

컴퍼레이터 판정 결과에 따라 버저가 울리며 적색 백라이트가 점등합니다.



5

판정음은 (+) (-) 로도 선택할 수 있습니다.

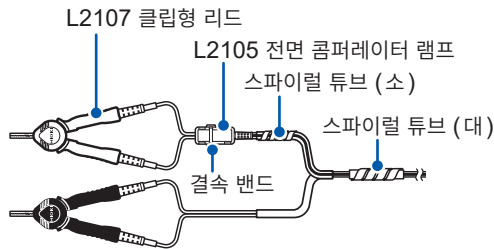
판정을 전면 콤퍼레이터 램프로 확인하기 (L2105 전면 콤퍼레이터 램프: 옵션)

COMP.OUT 단자에 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결하면 이 램프로 판정 결과를 알 수 있습니다. IN 판정일 경우는 녹색, Hi 또는 Lo 판정일 경우는 적색으로 반짝거립니다. L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 연결하기 전에 반드시 “사용 시 주의사항” (p.7)을 읽어 주십시오.

L2105 전면 콤퍼레이터 램프 장착하기

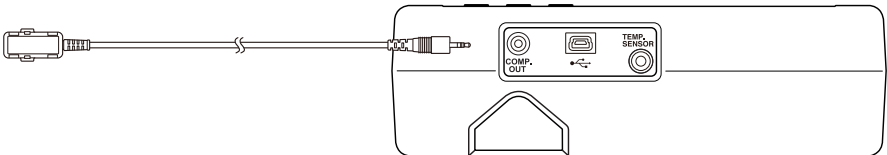
L2105 전면 콤퍼레이터 램프는 원하는 곳에 설치해 주십시오.

예: L2105 전면 콤퍼레이터 램프 부속의 결속 밴드 또는 스파이럴 튜브를 사용하여 측정 리드에 L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 장착한다



L2105 전면 콤퍼레이터 램프와 본 기기 연결하기

L2105 전면 콤퍼레이터 램프를 COMP.OUT 단자에 연결합니다. 깊숙하게 확실히 삽입해 주십시오.



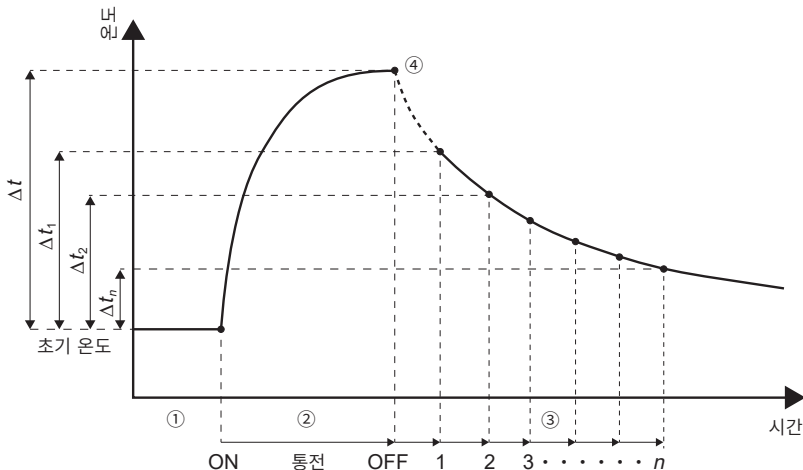
5.2 온도 상승 시험하기 (온도 환산 기능(ΔT))

온도 환산 원리(p.부8)에 따라 권선 저항의 변화를 온도 상승값으로 환산합니다. 이 기능을 사용하면 권선 저항값의 변화를 통해 통전 정지 시의 모터 및 코일 내부 온도 등을 추정할 수 있습니다.

중요

- 온도 환산을 하는 경우는 Z2002 온도 센서를 본체 측면의 TEMP.SENSOR 단자에 연결해 주십시오. 또한 연결할 때는 반드시 다음 내용을 읽어 주십시오.
참조: 2.6 “Z2002 온도 센서 연결하기(TC, ΔT 를 사용하는 경우)” (p.34)
- ΔT 가 ON인 경우는 콤퍼레이터 기능을 ON으로 할 수 없습니다. 길이 환산 기능을 ON으로 하면 ΔT 는 자동으로 OFF가 됩니다.
- “t.Err”라고 표시되는 경우는 Z2002 온도 센서가 연결되어 있지 않거나 온도가 oF 표시로 되어 있습니다. Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

- 1 모터, 코일을 실온에 충분히 적응시킨 후, 통전 전의 저항값(R_t) 및 주위 온도(t_1)를 측정하고 그 값을 본 기기에 입력한다. (p.70)
- 2 측정 리드를 측정 대상에서 분리한다.
- 3 통전 OFF 후, 다시 측정 대상에 측정 리드를 연결하고, 일정 시간마다 온도 상승값($\Delta t_1 \sim \Delta t_n$)을 측정한다.
(인터벌 메모리 기능을 사용하면 간단히 측정할 수 있습니다. (p.89))
- 4 수집한 온도 데이터($\Delta t_1 \sim \Delta t_n$)를 결합하여 최대 온도 상승값(Δt)을 추측한다.



1 $\odot$ TC/AT 키로 ΔT 를 선택한다

2 (초기 온도 t_1 설정)

온도의 부호 설정
 $\odot$ $\ominus$ $\oplus$ (0으로 표시)/-

점등 ΔT 23.0°C

$\odot$ $\ominus$ $\oplus$ 초기 온도 설정

3 (초기 저항값 R_1 설정)

$\oplus$ $\ominus$ 소수점 위치, 단위 변경

ΔT 23.0°C
 $10000\ \Omega$

$\odot$ $\ominus$ $\oplus$ 초기 저항값의 수치를 설정

4 (온도 계수의 역수 k 설정).....

$10000\ \Omega$
 0235.0

$\odot$ $\ominus$ $\oplus$ 온도 계수의 역수(k)를 설정

5 ENTER - 확정 후 측정 화면으로 이동

측정 화면 (ΔT 가 ON)

ΔT RANGE $3\ M\ \Omega$
 23.0°C

$^\circ\text{C}$ 표시

oFF (초기 설정) $\rightarrow$ TC $\rightarrow$ ΔT

[TC/ ΔT] 키

수치 변경

$\odot$ $\oplus$ $\ominus$ $\odot$
VIEW DATA LOCK SEL

ESC $\rightarrow$ 취소
ENTER $\rightarrow$ 확정

설정 항목, 자릿수 이동

k 의 참고값

JIS C4034-1에서는 아래와 같이 권장하고 있습니다.

- 구리: $k=235$
- 알루미늄: $k=225$

참고: “부록 5 온도 환산 기능(ΔT)에 대해서”
(p.부8)

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

5.3 도체 길이 측정하기 (길이 환산 기능)

저항값을 길이로 환산하여 피측정물(도선 등)의 길이를 표시합니다.

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

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

예 저항 측정값 15Ω, 1m 당 저항값 200mΩ/m의 경우,

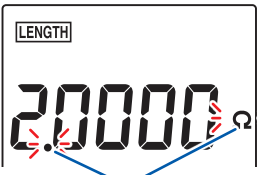
$$\text{길이 [m]} = \frac{15 [\Omega]}{0.2 [\Omega/\text{m}]} = 75[\text{m}]$$

중요

길이 환산 기능이 ON인 경우는 콤퍼레이터를 ON으로 할 수 없습니다. ΔT를 ON으로 하면 길이 환산 기능은 자동으로 OFF가 됩니다.

1 $\odot$ (LENGTH) 키를 길게 눌러
LENGTH를 선택한다

2 (1m당 저항값 설정)



소수점 위치, 단위 변경

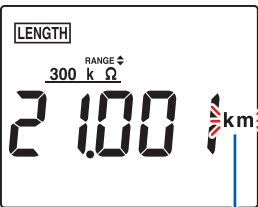
3



수치 설정

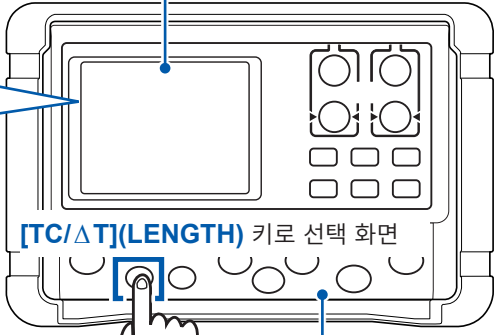
4 $\odot$ ENTER 확정 후 측정 화면으로 이동

측정 화면 (길이 환산 기능이 ON)



미터 표시

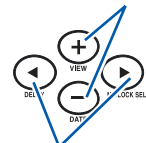
oFF $\leftrightarrow$ ON (1m당 저항값 설정)



[TC/ Δ T](LENGTH) 키로 선택 화면

길게 누름

• 소수점 위치, 단위 변경
• 수치 변경



자릿수 이동

ESC 취소
ENTER 확정

중요

표시 형식 (소수점 위치, 단위)은 레인지와 설정값에 따라 자동으로 바뀝니다. 상세는 제품 사양(p.114)을 참조해 주십시오.

설정에 따라서는 표시 범위를 초과하여 항상 oF로 표시되는 레인지가 있습니다.

6

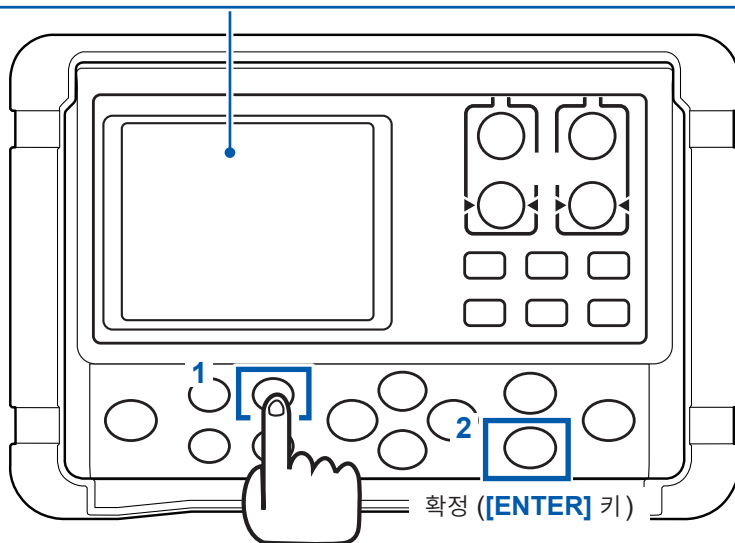
패널 세이브, 로드 (측정 조건의 저장, 불러오기)

패널 세이브를 실행하는 시점에서의 측정 조건을 최대 9가지 저장하고, 패널 로드로 언제든지 읽어낼 수 있습니다. 패널 데이터는 전원을 꺼도 유지됩니다.

- **[PANEL]** 키를 누르면 패널 로드 화면이 표시됩니다. (p.75)
- **[PANEL](SAVE/CLEAR)** 키를 길게 누르면 패널 세이브/클리어 기능의 설정 화면이 표시됩니다. (p.74, p.76)

패널 세이브로 저장할 수 있는 항목:

저항 측정 레인지, 애버리지, 딜레이, 콤퍼레이터, 판정음, 온도 환산 (ΔT), 측정 전류 전환, 길이 환산, 온도 보정 (TC), OVC, 메모리 모드



패널 로드 설정 (**[PANEL]** 키)

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

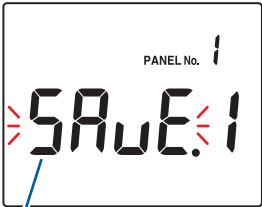
6.1 측정 조건 저장하기 (패널 세이브 기능)

현재 설정된 측정 조건을 저장합니다.

1 **[PANEL]** (SAVE/CLEAR) 키 길게 누름

↓

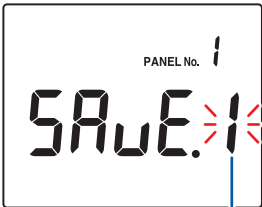
2 SAVE 선택



[PANEL] 또는 $\begin{matrix} + \\ \text{PANEL} \\ - \end{matrix}$ **SAVE** ↔ **CLEAR** 변경

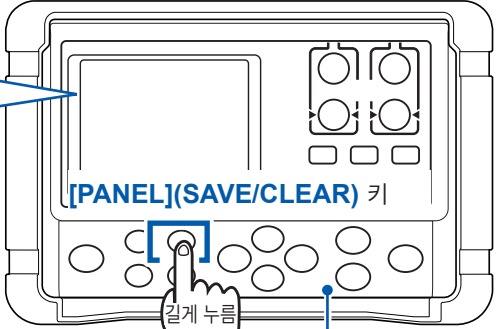
↓ $\begin{matrix} \leftarrow \\ \text{VIEW} \\ \rightarrow \end{matrix}$ 항목 이동

3 패널 번호 선택



[PANEL] 또는 $\begin{matrix} + \\ \text{PANEL} \\ - \end{matrix}$ 패널 번호 변경 (1 ~ 9)

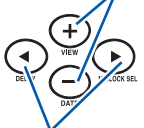
↓ **[ENTER]** 저장한 후 측정 화면으로 이동



[PANEL](SAVE/CLEAR) 키

길게 누름

- **SAVE** 선택
- 패널 번호 선택



ESC 취소
ENTER 실행

항목 이동

중요

- 이미 저장한 패널 번호를 선택하여 **[ENTER]** 키를 누르면 저장 내용이 덮어쓰기 됩니다.
- 영점 조정값은 저장되지 않습니다.

6.2 측정 조건 불러오기 (패널 로드 기능)

현재의 측정 상태를 저장되어 있는 측정 상태로 변경합니다.

- 1 키를 누른다
- ↓
- 2 패널 번호 선택
 또는 패널 번호 변경 (1~9)

COMP
PANEL No.

RANGE

3
M
 Ω

UPP
LOW

20.000
10.000

↓

- 3 측정 조건을 불러온 후 측정 화면으로 이동

[PANEL] 키

취소

확정 후 측정 화면으로 이동

중요

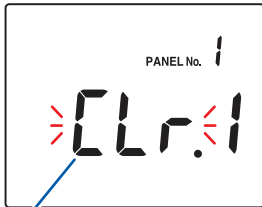
- 저장되지 않은 패널 번호를 선택하여 **[ENTER]** 키를 누르면 경고음이 울립니다.
- 영점 조정값은 로딩되지 않습니다. 패널 로드 시 앞뒤 어느 쪽에서 영점 조정을 해도 영점 조정은 유효합니다.
- PANEL No.PrSEt을 선택하면 측정 조건을 초기화합니다. (프리셋 로드) 초기화에 대해서는 “9.4 초기화하기 (리셋)” (p.102)도 참조해 주십시오.
- 패널 번호는 측정 화면에 표시되지 않습니다.

6.3 패널 내용 삭제하기

1 [PANEL] (SAVE/CLEAR) 키 길게 누름



2 CLEAR 선택



SAVE ↔ CLEAR 변경



← → 항목 이동

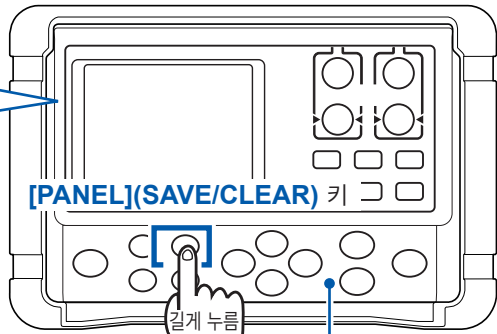
3 패널 번호 선택



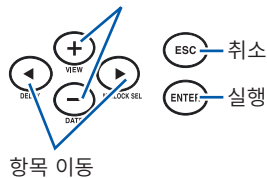
패널 번호 변경 (1 ~ 9)



4 [ENTER] 패널을 삭제하고
확정한 후 측정 화면으로 이동



- CLEAR 선택
- 패널 번호 선택



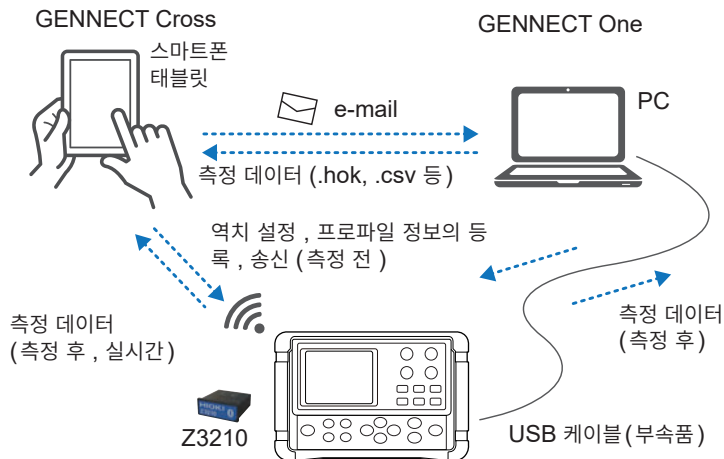
중요

한 번 삭제한 패널의 내용은 원래대로 되돌릴 수 없습니다.

7 무선 통신 기능

본 기기와 PC로 통신할 때는 USB 케이블을 사용합니다.

본 기기와 스마트폰, 태블릿으로 통신할 때는 Z3210 무선 어댑터 (옵션)를 본 기기에 장착해 주십시오.



휴대 단말, PC 각각에 애플리케이션 소프트웨어를 준비합니다.

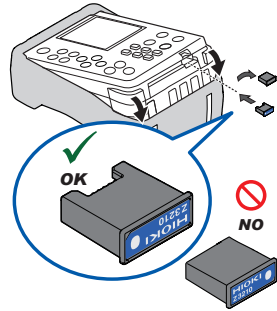
상세는 GENNECT의 웹사이트를 참조해 주십시오.

7.1 휴대 단말과 통신하기

무선 통신 기능을 ON으로 하면 휴대 단말에서 본 기기의 측정 데이터 확인, 리포트 작성 등을 할 수 있습니다.

상세는 GENNECT Cross(무료 애플리케이션 소프트웨어)의 사용방법 가이드를 참조해 주십시오.

- 1 **Z3210 무선 어댑터 (옵션)** 를 본 기기에 장착한다. (p.30)

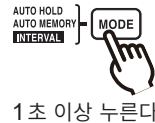


- 2 휴대 단말에 **GENNECT Cross** 를 설치한다.

- 3 본 기기의 전원을 켜다.

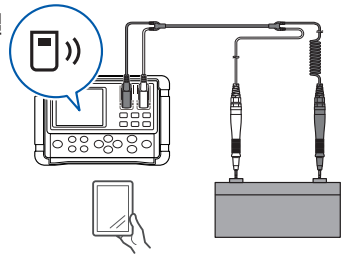


- 4 무선 통신 기능을 **ON**으로 한다.
Z3210을 본 기기에 장착하여 처음 기동했을 때는 무선 통신 기능이 ON인 상태가 됩니다.



- 5 **GENNECT Cross**를 기동하여 본 기기를 연결 등록한다.

- 6 각종 기능을 선택하여 측정한다.



- 통신 거리는 일직선상 약 10 m입니다. 통신 가능 거리는 장애물 (벽, 금속의 차폐물 등) 유무 및 바닥 (지면) 과 본 기기와의 거리에 따라 크게 달라집니다. 안정적인 통신을 위해서 전파 강도가 충분한지 확인해 주십시오.
- GENNECT Cross는 무료입니다만, 애플리케이션 소프트웨어를 다운로드하거나 사용 시의 인터넷 접속 비용은 고객 부담이 됩니다.
- GENNECT Cross는 휴대 단말에 따라 정상적으로 동작하지 않는 경우가 있습니다.
- 처음 기동 시 (등록 기기가 없는 경우)에는 연결 설정 화면에서 기동합니다.
- GENNECT Cross의 연결 설정 화면에서는 본 기기가 가까이 있으면 자동으로 연결 등록됩니다 (최대 8대).
- 본 기기의 전원을 켜 후 본 기기가 연결 등록되기까지 5초~30초 정도 기다려 주십시오. 1분 이상 기다려도 등록되지 않을 때는 GENNECT Cross와 본 기기를 재기동해 주십시오.
- Z3210은 2.4 GHz 대역의 무선기술을 사용합니다. 무선 LAN (IEEE802.11.b/g/n) 등 같은 주파수대역을 사용하는 기기가 근처에 있는 경우는 통신이 확립되지 않는 경우가 있습니다.

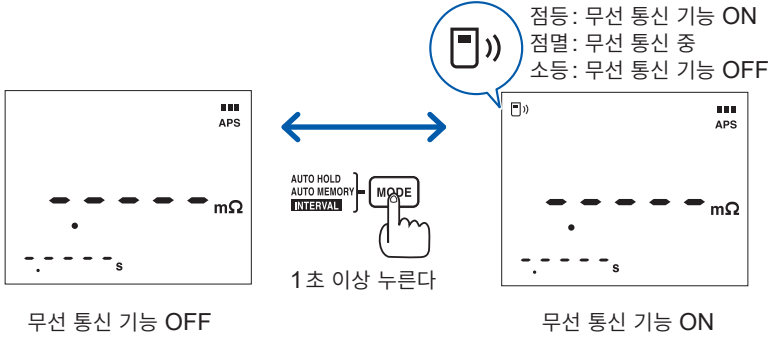
중요

측정기를 바닥이나 지면에 두면 통신 거리가 짧아집니다. 측정기를 바닥이나 지면에서 멀리 떼어 책상이나 받침대 등에 두거나 목걸이 스트랩을 사용하는 것이 좋습니다.

무선 통신 기능의 ON/OFF

[MODE] 키를 1초 이상 누르면 무선 통신 기능의 ON/OFF가 전환됩니다.

Z3210 무선 어댑터를 본 기기에 장착하여 처음 기동했을 때는 무선 통신 기능이 ON인 상태가 됩니다.



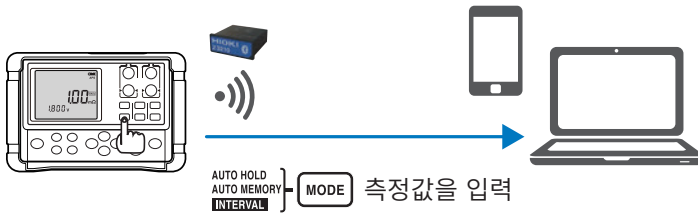
7.2 Excel 직접 입력 기능 (HID 기능)

HID(Human Interface Device Profile)는 Z3210 무선 어댑터에 탑재된 기능으로, 무선 키보드와 같은 방식의 프로파일입니다.

휴대 단말 또는 PC의 Excel 파일을 열어 셀을 선택한 상태에서 대기합니다. 본 기기의 표시를 홀드하면 선택한 셀에 측정값을 입력할 수 있습니다.

자동 홀드 기능과 함께 사용하면 편리합니다.

참조: “측정값 홀드하기” (p.46)



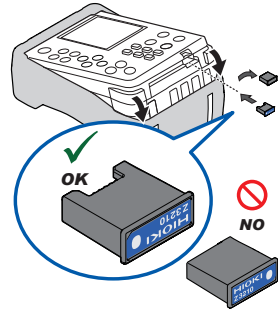
HID ON	Excel 파일, 텍스트 파일 등에 측정값을 입력할 수 있습니다. GENNECT Cross와는 통신할 수 없습니다.
HID OFF	GENNECT Cross 사용 시에는 OFF를 선택합니다.

HID의 ON/OFF 설정은 Z3210에 저장됩니다. 본 기기에는 저장되지 않습니다.

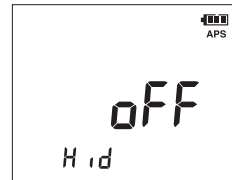
HID 기능의 ON/OFF

1 본 기기의 전원을 끈다.

2 Z3210 무선 어댑터(옵션)를 본 기기에 장착한다. (p.30)



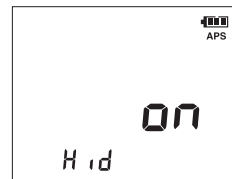
3 [COMP] 키를 누르면서 [POWER] 키를 눌러 HID 설정 확인 화면을 표시한다.
Z3210에 저장된 설정이 표시됩니다.



[---]가 표시되는 경우는 Z3210의 버전이 오래 되었으므로 최신판으로 버전업해 주십시오.
GENNECT Cross(버전 1.8 이후) 를 통해 버전업할 수 있습니다 .

4 [oFF] 또는 [on]을 선택한다.

5 확정한다.
측정 화면으로 되돌아갑니다.



(ON 선택 시)

중요**HID 기능에서 GENNECT Cross로 전환하는 경우**

휴대단말과 본 기기의 페어링을 해제하지 않은채 GENNECT Cross를 기동하면, 연결 기기로서 인식하지 않는 경우가 있습니다. 다음의 순서로 본 기기를 GENNECT Cross에 재연결하십시오.

1. 사용하는 단말기의 **Bluetooth®** 설정에서 본 기기를 삭제한다
2. Z3210의 HID 기능을 OFF로 한다 (p.82)
3. GENNECT Cross의 접속 기기 설정에서 본 기기를 다시 연결한다

상세는 Z3210의 웹사이트를 참조해 주십시오.

<https://z3210.gennect.net>



Learn more here !

메모리 기능 (측정 데이터의 저장 및 PC로 가져오기)

중요

Z3210 통신 기능이 **ON**일 때는 메모리 기능이 동작하지 않습니다.

메모리 기능이란

현재 측정 중인 측정값을 저장할 수 있습니다. 저장된 데이터는 전원을 꺼도 유지됩니다. 저장 방법은 3가지가 있습니다.

- 수동 메모리 (저장 수는 최대 1000개) (p.87)
- 자동 메모리 (저장 수는 최대 1000개) (p.88)
- 인터벌 메모리 (저장 수는 최대 6000개) (p.89)
- 메모리에 저장되는 내용 (본 기기만으로는 표시되지 않는 항목도 있습니다)

수동 메모리 자동 메모리	일시, 측정값, 온도, 저항 측정 레인지, 애버리지, 콤퍼레이터, 측정 전류 전환, 온도 보정(TC), OVC
인터벌 메모리	시작 일시, 측정값, 온도, 저항 측정 레인지, 애버리지, 온도 보정(TC), 온도 환산(ΔT), 인터벌

저장한 데이터는 다음의 2가지 방법으로 확인할 수 있습니다.

- 본 기기에 표시한다 (메모리 표시 기능) (p.91)
- PC로 가져온다 (USB 매스 스토리지 모드) (p.96)

메모리의 구성

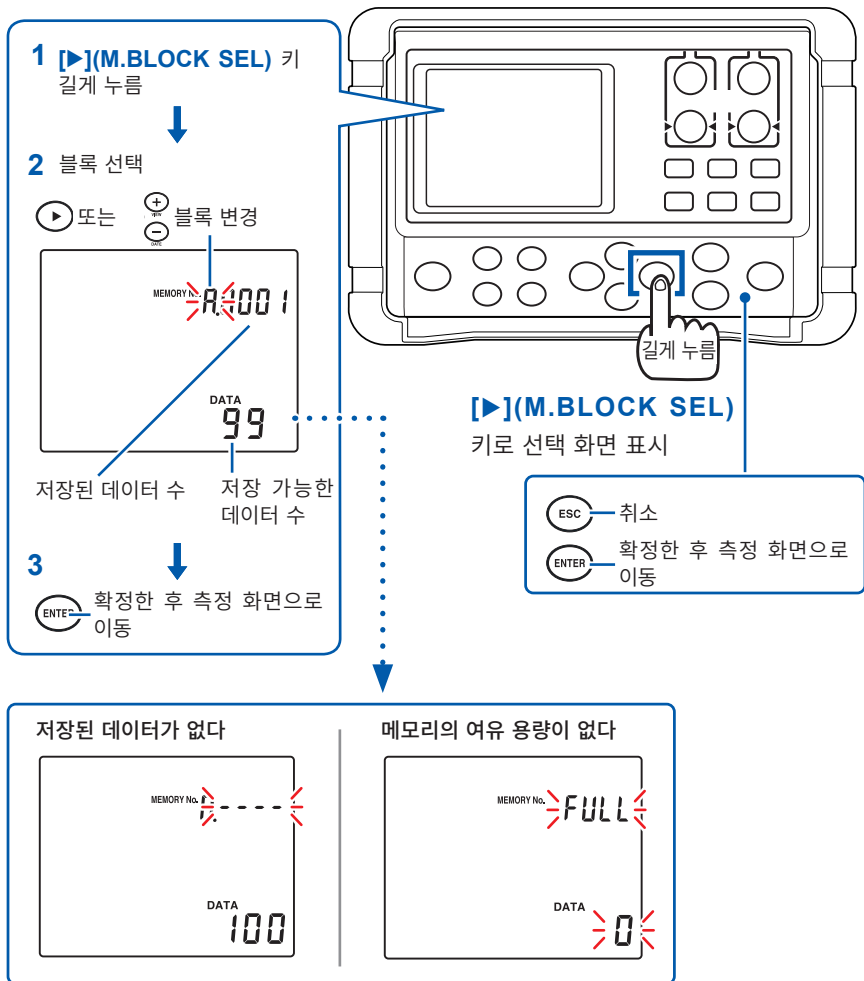
메모리 블록 (10블록)									
A.	b.	c.	d.	e.	f.	g.	h.	i.	L.
(최대 저장 수) 수동, 자동 메모리의 경우: 각 블록 100개, 전체 블록 합계 1000개 인터벌 메모리의 경우: 전체 블록 합계 6000개 (각 블록의 메모리 수는 고정입니다)									

메모리의 최대 수는 전체 블록을 수동/자동 메모리 기능으로 사용한 경우 또는 전체 블록을 인터벌 메모리 기능으로 사용한 경우가 됩니다. 수동/자동 메모리 기능과 인터벌 메모리 기능의 블록이 혼재하면 최대 수까지 저장할 수 없습니다.

메모리 블록

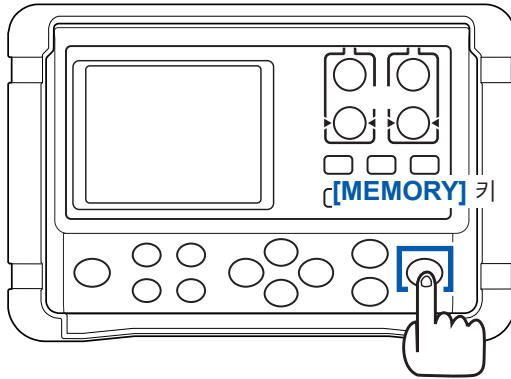
수동 메모리, 자동 메모리 모드의 경우 저장할 블록을 선택할 수 있습니다. 인터벌 모드의 경우, 인터벌을 시작하면 자동으로 비어 있는 블록에 저장됩니다. 인터벌 모드에서는 메모리 블록을 지정해서 저장할 수 없습니다.

메모리 블록을 변경하려면



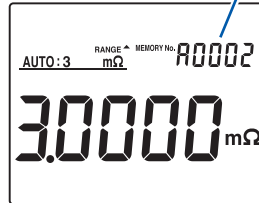
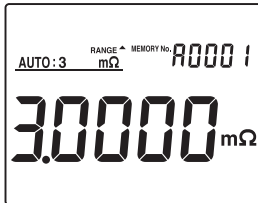
8.1 임의의 타이밍에서 저장하기(수동 메모리)

[MEMORY] 키를 눌러 표시하고 있는 측정값을 저장합니다.



측정 중

점멸(저장 시) 후 다음 메모리 번호 표시



중요

- 홀드 중에 측정값을 저장하면 저장위치의 메모리 번호가 표시됩니다. 홀드를 해제하면 다음 메모리 번호로 바뀝니다.
- 메모리 번호는 저장할 때마다 1 개씩 늘어납니다. 임의의 번호로 저장할 수는 없습니다. 의도하지 않은 데이터를 저장해 버린 경우에는 마지막에 저장한 데이터(최신 데이터)를 삭제해 주십시오.

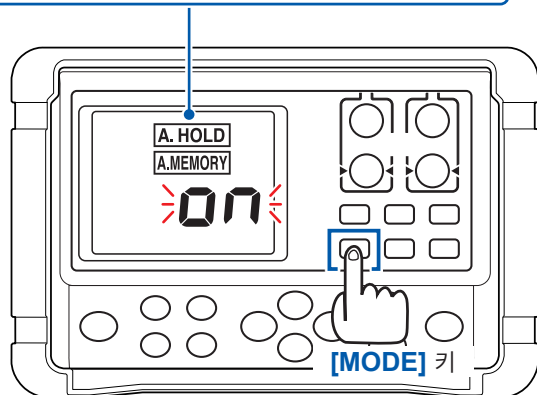
참조: “8.5 저장한 측정 데이터 삭제하기(메모리 클리어)” (p.92)

8.2 측정값이 안정되면 자동으로 저장하기 (자동 메모리)

측정값이 안정되면 자동으로 값을 홀드하여 측정값을 저장합니다.

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

- 2
- ESC 취소
 - ENTER 확정

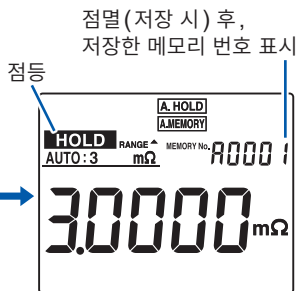


3

측정 중



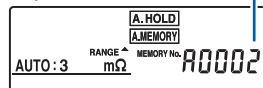
자동 홀드 중



홀드 해제

일단 측정 대상에서 측정 리드를 떼었다가 다시 측정 대상에 측정 리드를 접촉시키면 다음 측정을 시작합니다.
(레인지 변경이나 [ESC] 키로도 해제할 수 있습니다)

측정 중에는 다음 메모리 번호 표시



중요

메모리 번호는 저장할 때마다 1 개씩 늘어납니다. 임의의 번호로 저장할 수는 없습니다. 의도하지 않은 데이터를 저장해 버린 경우에는 마지막에 저장한 데이터 (최신 데이터)를 삭제해 주십시오.

참조: “8.5 저장한 측정 데이터 삭제하기 (메모리 클리어)” (p.92)

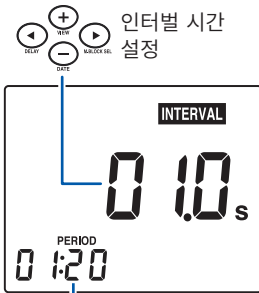
8.3 일정한 간격별로 저장하기 (인터벌 메모리 기능)

임의의 시간을 설정하여 일정한 간격별로 측정값을 저장합니다. ΔT 와 동시에 사용하여 온도 상승 시험 (통전 정지 시의 온도 추정)을 간단하게 실시할 수 있습니다.

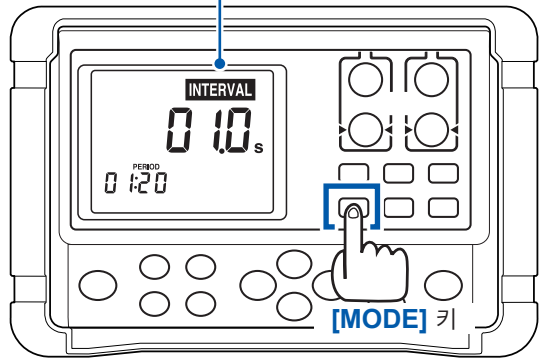
인터벌 메모리 설정

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

2 (인터벌 시간 설정)



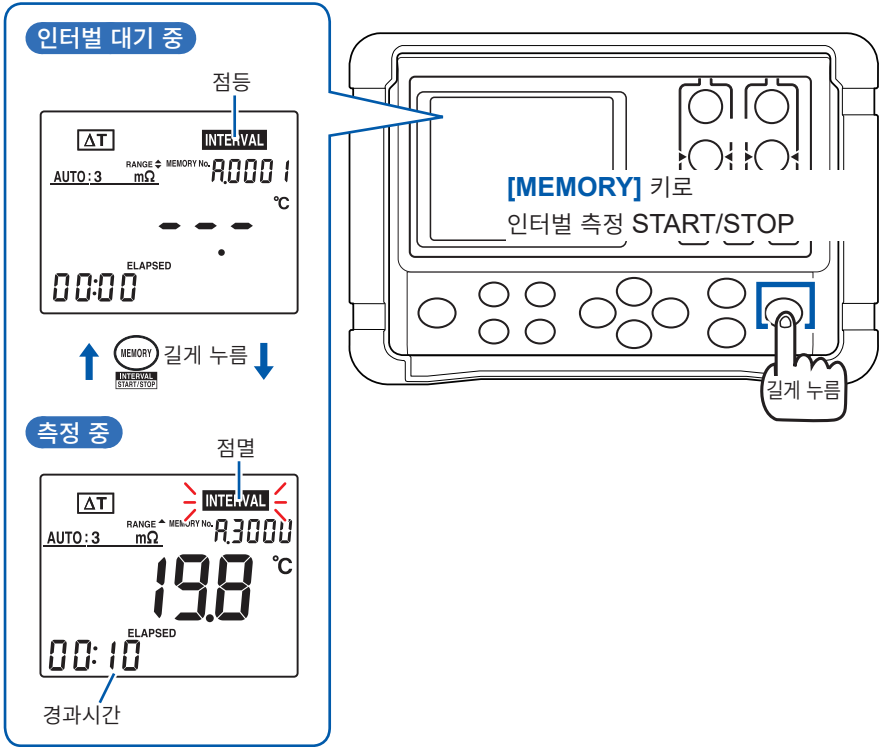
저장 가능한 시간을 표시
(예 01:20은 1시간 20분)



중요

저장 가능한 시간은 이미 저장된 메모리 수나 인터벌 설정 시간에 따라 달라집니다.

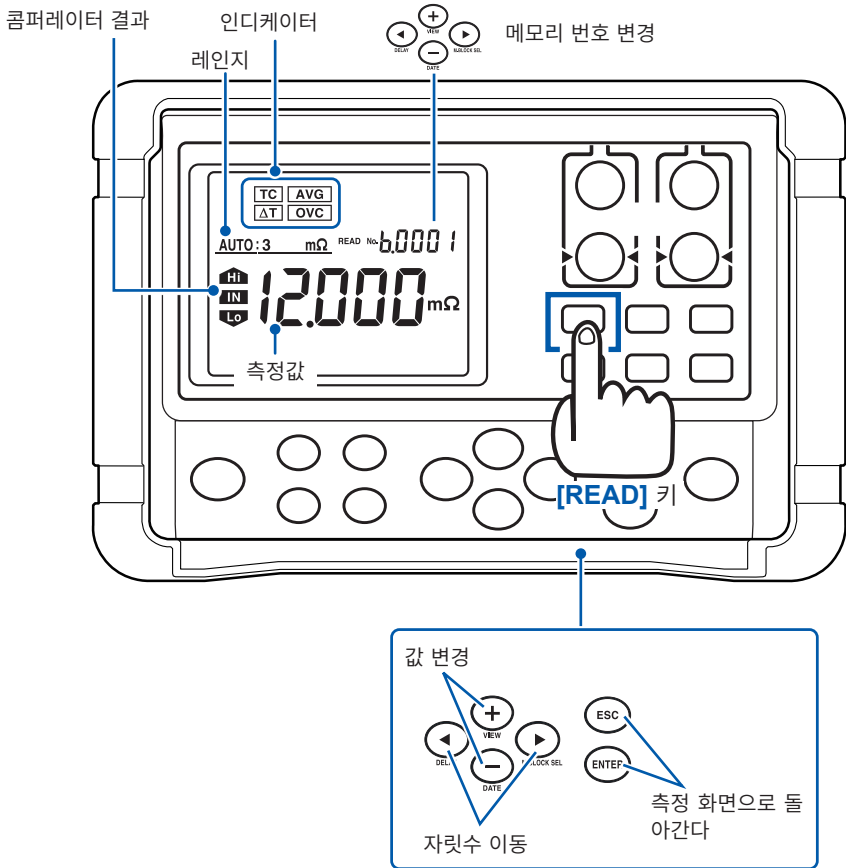
인터벌 메모리 측정



중요

- 메모리가 가득 차면 자동으로 인터벌 측정이 정지됩니다. 다시 인터벌 측정을 시작할 경우는 메모리를 삭제해 주십시오.
- 인터벌 측정을 시작하면 자동으로 비어 있는 블록에 저장됩니다. 메모리 블록을 변경할 수는 없습니다. 인터벌 측정을 정지하면 사용한 블록은 **FULL** 표시가 됩니다.
- 인터벌 메모리 기능이 **ON** 일 때는 콤퍼레이터 기능은 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 표시되고 나서 저장이 시작됩니다.

8.4 저장한 측정 데이터 표시하기(메모리 표시 기능)



8.5 저장한 측정 데이터 삭제하기(메모리 클리어)

저장한 측정 데이터는 다음의 3가지 방법으로 삭제할 수 있습니다.

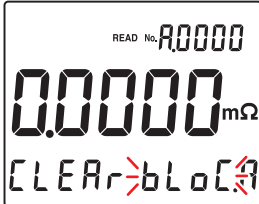
- 각 블록의 마지막에 저장한 데이터(최신 데이터)만을 삭제한다
- 블록별로 삭제한다
- 모두 삭제한다

각 블록의 최신 데이터를 1개 삭제한다(블록 선택 가능).

참조: (p.93)



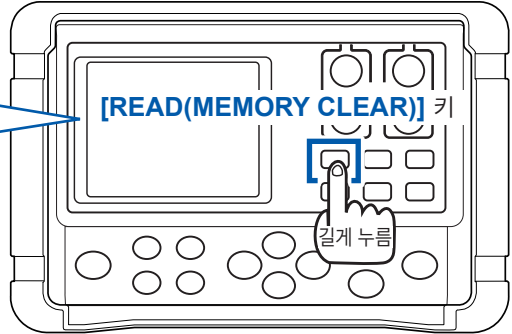
저장한 데이터를 블록별로 삭제한다. 참조: (p.94)



저장한 모든 메모리를 삭제한다. 참조: (p.95)



전원 OFF인 상태에서 [READ] 키를 누르면서 전원을 켜면 마찬가지로 모든 데이터를 삭제합니다.



각 블록의 최신 데이터 삭제하기 (블록 선택 가능)

각 블록에 저장된 데이터를 최신 데이터부터 1 개씩 삭제합니다. 수동 메모리나 자동 메모리에서 실수로 저장해버린 데이터를 삭제하고자 하는 경우 등에 사용해 주십시오.

1 READ 키를 길게 누른다
MEMORY CLEAR

↓

2

READ No. R0000
0.0000 mΩ
CLEAR LAST

READ 또는 +
MEM
-
DATE LAST를 선택

↓

▶ 블록 선택으로 이동

선택된 블록

최신 데이터의
메모리 번호

3

READ No. R0000
0.0000 mΩ
CLEAR LAST

READ 또는 +
MEM
-
DATE 삭제하고자 하는
데이터가 저장된
블록을 선택

↓

4 ENTER 선택한 블록의 최신 데이
터를 삭제한 후 측정 화면
으로 이동

[READ(MEMORY CLEAR)] 키

길게 누름

항목 변경

← VIEW →

DEL DATA BLOCK SEL

항목 이동

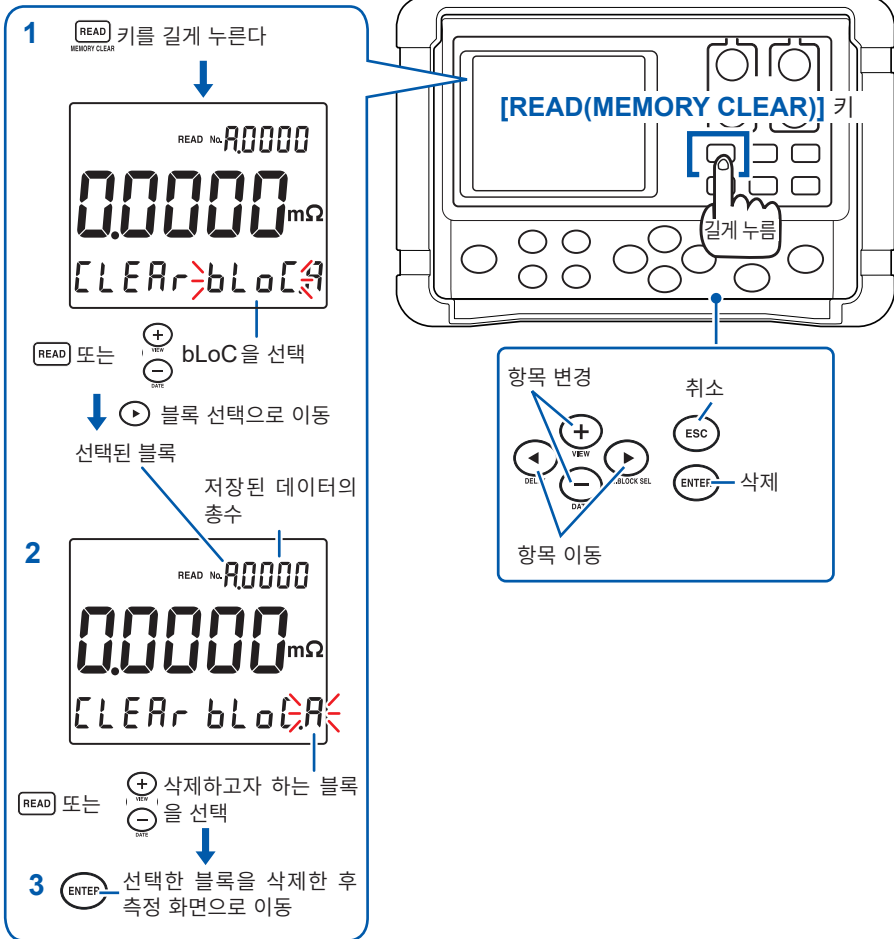
취소

ESC

ENTER — 삭제

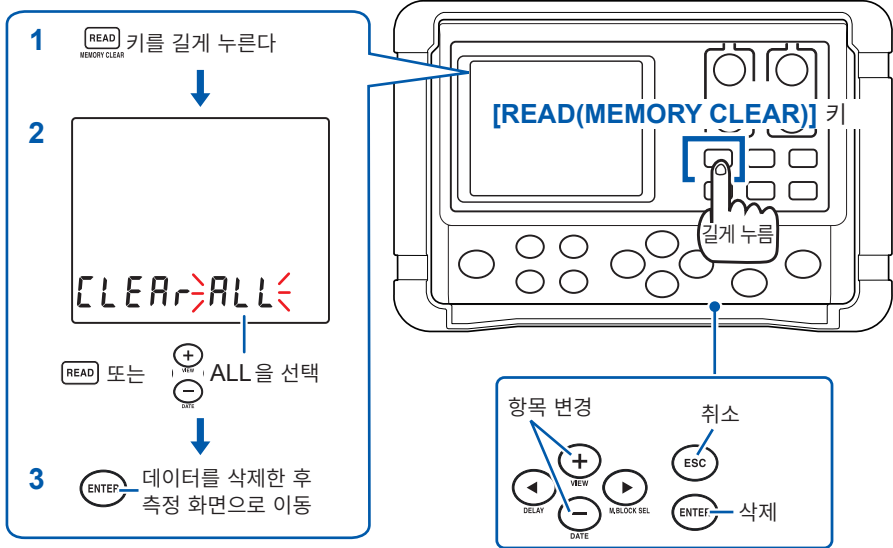
저장한 데이터를 블록별로 삭제하기

각 블록에 저장된 데이터를 블록별로 삭제합니다.



저장한 모든 데이터 삭제하기

본 기기에 저장된 모든 데이터를 삭제합니다.



전원 OFF인 상태에서 **[READ]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누르면 상기의 방법과 마찬가지로 모든 데이터를 삭제합니다.

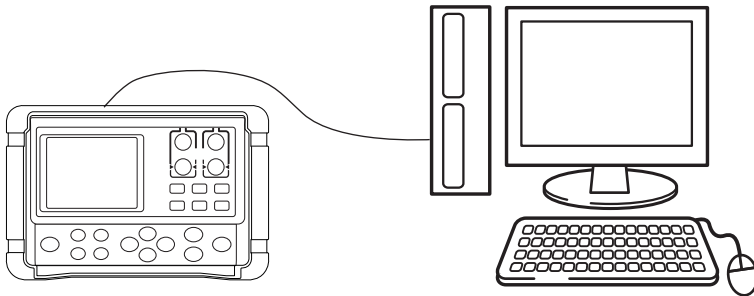
8.6 저장한 측정 데이터를 PC로 가져오기 (USB 매스 스토리지 모드)

측정값 메모리는 CSV 형식의 파일로 되어 있습니다.

본 기기 내부에 기억된 데이터를 USB 매스 스토리지 모드를 통해 PC로 가져올 수 있습니다.

USB 케이블 연결하기

USB 케이블의 플러그를 단자 방향에 주의해서 본 기기 및 PC에 삽입합니다.



USB 분리 방법

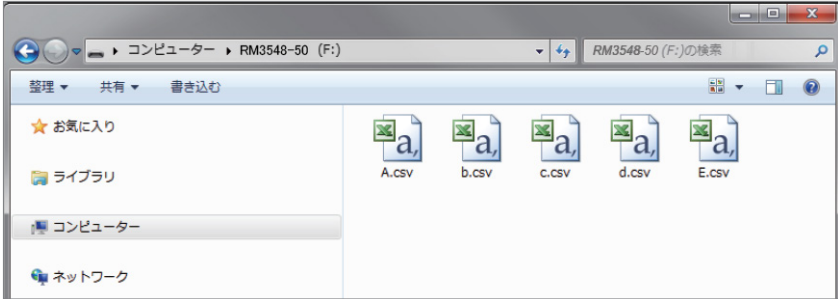
본 기기에 연결된 USB 케이블을 기동하고 있는 PC에서 뽑을 경우는 PC의 “하드웨어 안전 제거” 아이콘에서 분리 조작을 해주십시오.

PC로 파일 복사하기

1 [시작] → [내 컴퓨터] → “RM3548-50”을 열어 주십시오.

메모리 블록명이 파일 명칭이 됩니다.

(예) RM3548-50(F:)으로 인식된 경우



2 파일을 PC로 복사하여 텍스트 편집기(메모장 등)나 표 계산 소프트웨어(Excel) 등으로 열어 주십시오.

인터벌 측정이 도중에 중단된 경우에는 파일 말미에 다음의 종료 상태가 기재됩니다.

- 메모리의 여유 용량이 없어 이 이상 저장할 수 없는 경우: MemoryFull
- 전지 잔량이 없어 전원이 OFF된 경우: BatteryLow

(예) Excel로 파일을 연 경우

	A	B	C	D
1	Model	HIOKI RM3548	RESISTANCE METER	
2	Serial No.	999999999		
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	RI [Ohm]		66.62	
9	T1 [C]		25.4	
10			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	HIOKI RM3548	RESISTANCE METER											
2	Serial No.	1E+09												
3	DATE[Y-M-D]	TIME	DATA	UNIT	TEMP[°C]	COMP	UPP/REF	LOW/%	JUDGE	RANGE[Ohm]	TC	OVD	AVE	300mA
4	2013/1/1	9:50:41	7.51E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
5	2013/1/1	9:50:42	7.51E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
6	2013/1/1	9:50:43	7.51E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
7	2013/1/1	9:50:44	7.51E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
8	2013/1/1	9:50:47	3.48E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
9	2013/1/1	9:50:51	8.40E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	300	ON	OFF	2	-
10	2013/1/1	9:50:59	1.72E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	30	ON	OFF	2	-
11	2013/1/1	9:51:01	1.72E+01	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	30	ON	OFF	2	-
12	2013/1/1	9:51:32	4.88E+00	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	30	ON	OFF	2	-
13	2013/1/1	9:51:54	4.88E+00	Ohm	25.4	OFF	-	-	-	30	ON	OFF	2	-
14	2013/1/1	9:52:13	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
15	2013/1/1	9:52:14	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
16	2013/1/1	9:52:15	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
17	2013/1/1	9:52:16	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
18	2013/1/1	9:52:17	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
19	2013/1/1	9:52:18	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
20	2013/1/1	9:52:19	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	1.00E+01	8.00E+00	IN	30	ON	OFF	2	-
21	2013/1/1	9:52:25	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	9.00E+00	8.00E+00	HI	30	ON	OFF	2	-
22	2013/1/1	9:52:26	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	9.00E+00	8.00E+00	HI	30	ON	OFF	2	-
23	2013/1/1	9:52:29	9.61E+00	Ohm	25.4	UPFLOW	9.00E+00	8.00E+00	HI	30	ON	OFF	2	-

인터벌 메모리 모드의 경우

자동 메모리, 수동 메모리 모드의 경우

중요

- USB 연결 중에는 측정이나 설정을 할 수 없습니다. PC에서 설정을 하는 것도 불가능합니다.
- 메모리 데이터는 읽기 전용이 됩니다. PC에서 파일을 변경하거나 삭제하는 것은 불가능합니다. 파일을 삭제하려면 USB 케이블을 분리한 후 본 기기에서 메모리 클리어를 실행해 주십시오. (p.92)

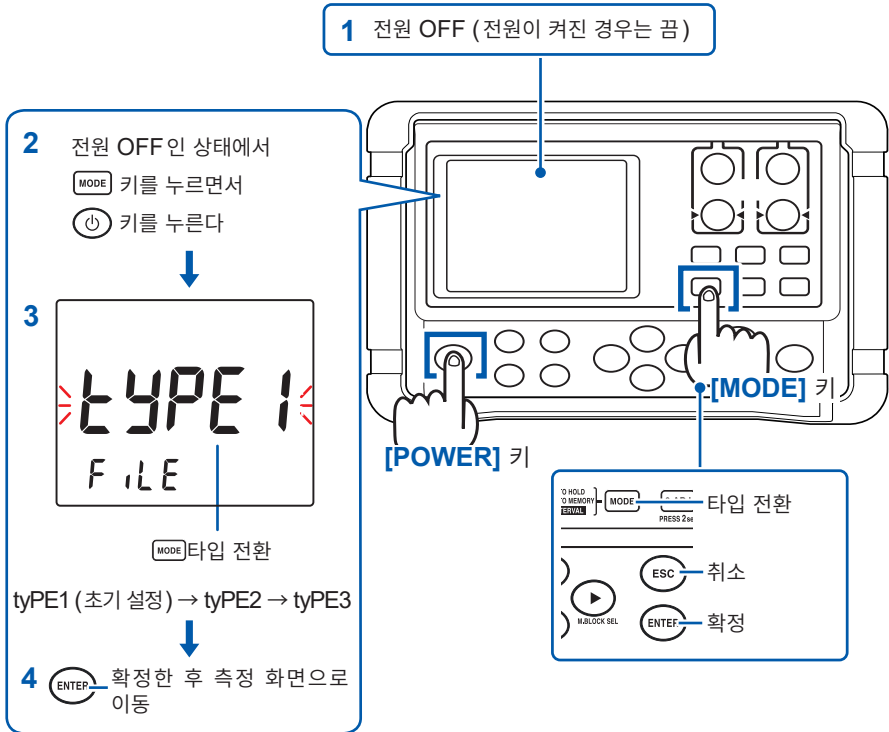
CSV 파일의 소수점 및 구분 위치의 문자열을 변경하려면

CSV 파일의 소수점과 구분 문자는 3종류 중에서 선택할 수 있습니다.

전원이 OFF인 상태에서 **[MODE]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누릅니다.

CSV 파일의 소수점과 구분 문자의 종류

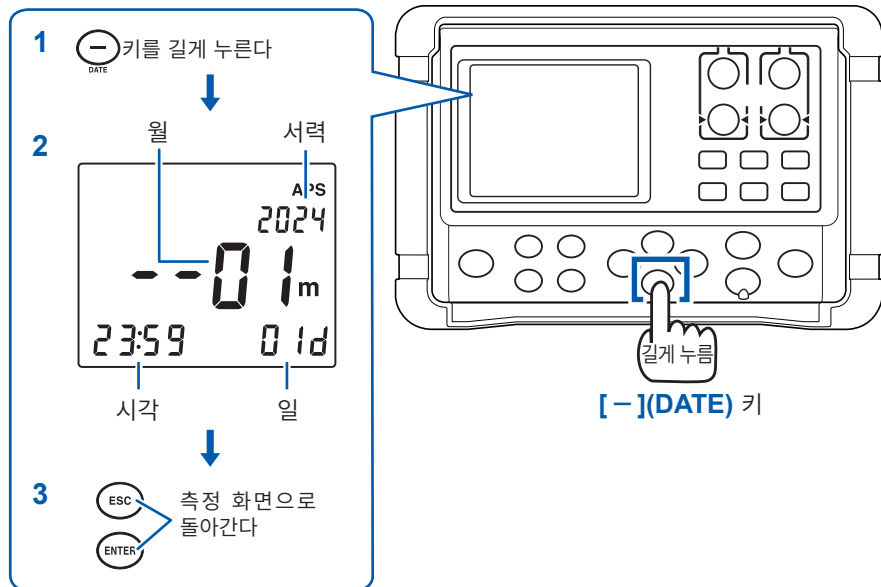
Type	소수점	구분	확장자
Type1	.(피리어드)	,(콤마)	.csv
Type2	.(콤마)	(탭)	.txt
Type3	.(피리어드)	(스페이스)	.txt



타입 전환은 (+) (-) 로도 변경할 수 있습니다.

9.1 날짜와 시각 확인 화면 표시하기

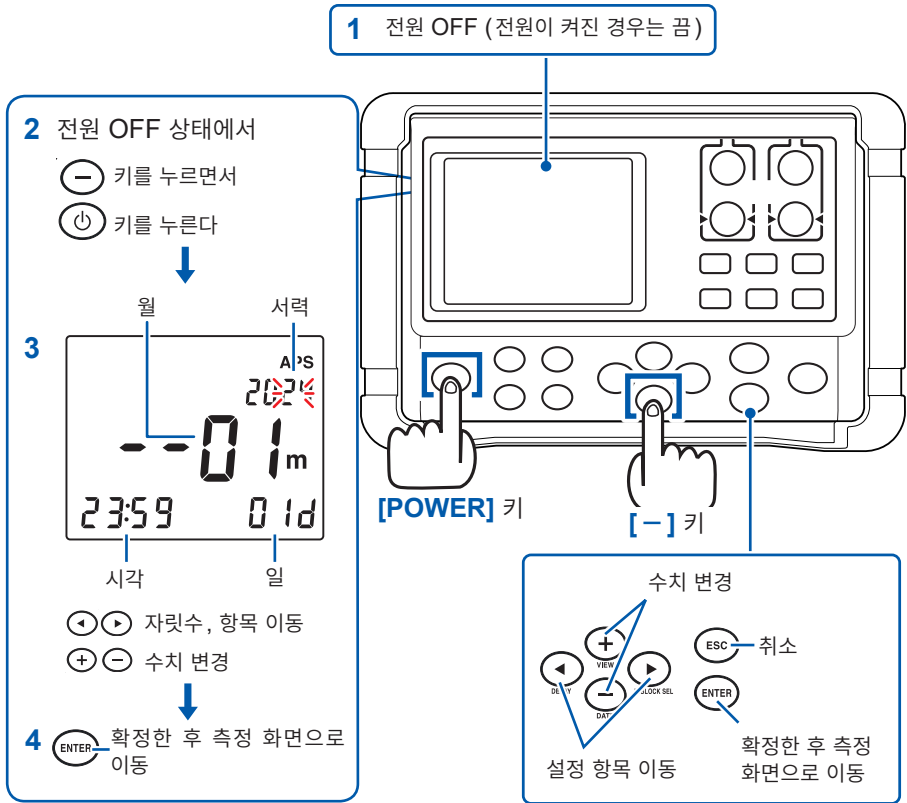
[-](DATE) 키를 길게 눌러 날짜와 시각을 확인할 수 있습니다.



9.2 시계 맞추기

날짜와 시계를 맞춥니다.

전원 OFF 상태에서 **[-]** 키를 누르면서 **[POWER]** 키를 누르면 시계 설정 화면이 표시됩니다.



9.3 백라이트

백라이트 ON/OFF

[AUTO] 키를 길게 누르면 백라이트를 켜거나 끌 수 있습니다.

무조작 및 측정 전류 이상 검출이 40초 이상 계속되면 자동으로 백라이트가 꺼집니다.

백라이트의 자동 소등 ON/OFF

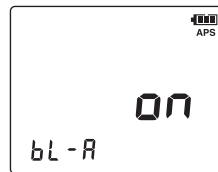
자동 소등 ON/OFF 를 설정할 수 있습니다 .

ON: 자동 소등함

OFF: 자동 소등하지 않음

1 본 기기의 전원을 끈다.

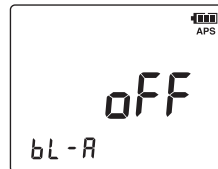
2 [AUTO] 키를 누르면서 [POWER] 키를 누른다.
백라이트 자동 소등 설정 화면이 표시됩니다.



(ON 선택 시)

3 [▲][▼] 키로 [oFF] 또는 [on] 을 선택한다.

4 확정한다.
측정 화면으로 되돌아갑니다.

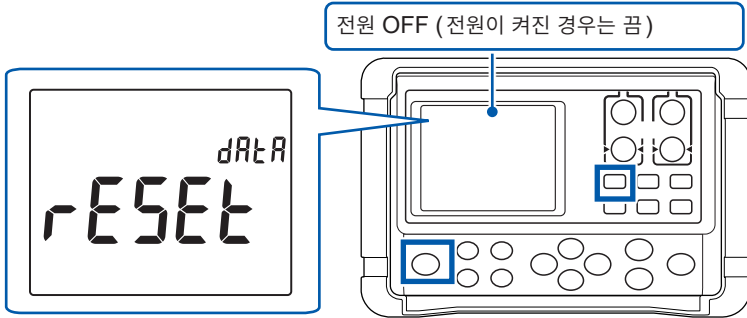


(OFF 선택 시)

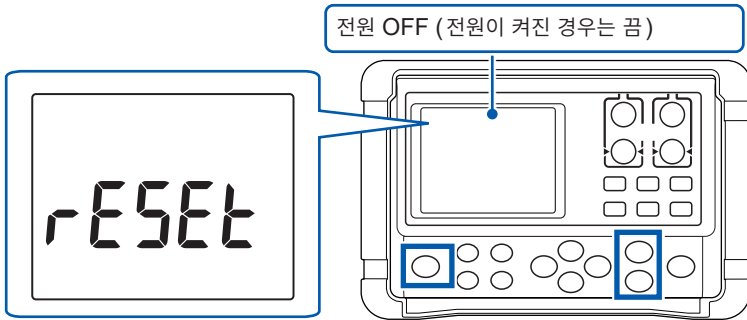
9.4 초기화하기 (리셋)

리셋 기능에는 다음 3 가지의 리셋이 있습니다.

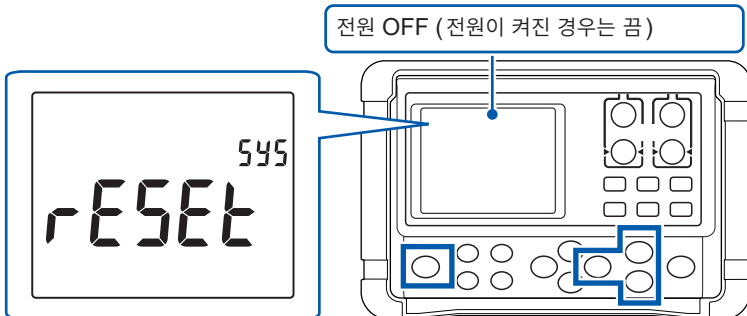
- 메모리 클리어: 저장한 측정 데이터를 초기화합니다.
(전원이 켜져 있는 상태에서도 초기화할 수 있습니다. (p.92))



- 리셋 (현재의 측정 조건을 리셋):
패널 데이터, 저장한 측정 데이터, 시계 이외의 설정을 공장 출하 상태로 되돌립니다.
(전원이 켜져 있는 상태에서도 초기화할 수 있습니다. (p.75))



- 시스템 리셋:
시계 이외의 패널 데이터, 저장한 측정 데이터를 포함한 모든 설정을 공장 출하 상태로 되돌립니다.



초기 설정 일람

기능	설정값	초기 설정	참조
측정 레인지 전환 기능	AUTO/MANUAL	AUTO	(p.40)
측정 레인지	3mΩ/30mΩ/300mΩ/3Ω/30Ω/300Ω/3kΩ/ 30kΩ/300kΩ/3MΩ	3MΩ	(p.40)
표시 전환	없음/MEMORY No./온도	온도	(p.43)
영점 조정	OFF/ON	OFF	(p.48)
애버리지 기능	oFF/2 회/5 회/10 회/20 회	oFF	(p.52)
온도 보정, 온도 환산 기능 (ΔT)	oFF/TC/ΔT	oFF	(p.53) (p.69)
오프셋 보정 기능 (OVC)	oFF/on	oFF	(p.54)
딜레이 기능	PrSEt (내부 고정값)/10 ms/30 ms/50 ms/ 100 ms/300 ms/500 ms/1000 ms	PrSEt	(p.56)
300mΩ 레인지 측정 전류 전환 기능	Hi (300mA)/Lo (100mA)	Lo	(p.58)
컴퍼레이터 기능	oFF/ON (ABS 모드)/ON (REF% 모드)	oFF	(p.64)
판정음 설정 기능	oFF/Hi/in/Lo/Hi-Lo/ALL1/ALL2	oFF	(p.67)
길이 환산 기능	oFF/ON	oFF	(p.71)
홀드 메모리 모드	oFF/A.HOLD (자동 홀드)/ A.HOLD,A.MEMORY (자동 메모리)/ INTERVAL (인터벌 기능)	oFF	(p.46) (p.85)
메모리 블록	A/b/C/d/E/F/G/H/J/L	A	(p.86)

10.1 일반 사양

사용 장소	실내 사용, 오염도 2, 고도 2000 m까지
사용 온도 범위	0°C ~ 40°C, 80% RH 이하 (결로 없을 것)
보관 온도 범위	-10°C ~ 50°C, 80% RH 이하 (결로 없을 것)
적합 규격	안전성 EN61010
	EMC EN61326
전원	AA 알카라인 건전지 (LR6) ×8 개 니켈 수소 전지 (HR6) ×8 개
정격 전원 전압	DC 1.5 V ×8 (AA 알카라인 건전지 (LR6) ×8) DC 1.2 V ×8 (니켈 수소 전지 (HR6) ×8)
최대 정격 전력	5 VA
연속 사용 시간	신제품인 AA 알카라인 건전지 (LR6) 또는 완전 충전된 니켈 수소 전지 (HR6) ×8을 사용 시 (23°C 참고값) 약 10 시간 (3 mΩ 레인지에서 10 초간에 1 초간 측정, 백라이트 OFF)
외형 치수	약 199W × 132H × 60.6D mm (프로텍터 포함)
질량	약 890 g (프로텍터 포함)
제품 보증기간	3년간
퓨즈	F2AH/250 V (본체 내장)
부속품	참조: p.2
옵션	참조: p.3

10.2 측정 사양

(1) 기본 사양

측정 범위	0.0000 mΩ (3 mΩ 레인지) ~ 3.5000 MΩ (3 MΩ 레인지) (10 레인지 구성)		
측정 신호	정전류		
측정 방식	직류 4 단자법		
측정 단자	바나나 단자		
	SOURCE A 단자	전류 검출 단자	
	SOURCE B 단자	전류 발생 단자	
	SENSE A 단자	전압 검출 단자	
	SENSE B 단자	전압 검출 단자	

(2) 저항 측정 사양

정확도 보증 조건	
정확도 보증 온	23°C ±5°C, 80% RH 이하
습도 범위	
정확도 보증 기 간	1 년간
온도 계수	0°C ~ 18°C, 28°C ~ 40°C에서는 ±(측정 정확도의 1/10) /°C를 가산

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

오프셋 전압 보정: OFF

레인지	최대 측정 범위 *1,*2	측정 정확도	측정 전류 *3	개방 전압
3mΩ	3.500 0 mΩ	0.100 + 0.200	1 A	5.5 V _{MAX}
30mΩ	35.000 mΩ	0.100 + 0.020		
300mΩ	350.00 mΩ	0.100 + 0.010	300 mA	
		0.020 + 0.020	100 mA	
3Ω	3.500 0 Ω	0.020 + 0.007		
30Ω	35.000 Ω	0.020 + 0.007	10 mA	
300Ω	350.00 Ω	0.020 + 0.007	1 mA	
3kΩ	3.500 0 kΩ	0.020 + 0.007		
30kΩ	35.000 kΩ	0.020 + 0.007	100 μA	
300kΩ	350.00 kΩ	0.040 + 0.007	5 μA	
3MΩ	3.500 0 MΩ	0.200 + 0.007	500 nA	

오프셋 전압 보정: ON

레인지	최대 측정 범위 *1, *2	측정 정확도	측정 전류 *3	개방 전압
3mΩ	3.500 0 mΩ	0.100 + 0.020	1 A	5.5 V _{MAX}
30mΩ	35.000 mΩ	0.100 + 0.010		
300mΩ	350.00 mΩ	0.100 + 0.010	300 mA	
		0.020 + 0.010	100 mA	
3Ω	3.500 0 Ω	0.020 + 0.007		
30Ω	35.000 Ω	0.020 + 0.007	10 mA	
300Ω	350.00 Ω	0.020 + 0.007	1 mA	

*1 마이너스 측은 -10%f.s.까지

*2 최대 표시 범위는 최대 측정 범위와 동일

*3 측정 전류 정밀도는 ±5%

(온도 보정 시에는 저항 측정 정확도에 다음의 값을 rdg. 오차에 가산)

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

t_0 : 기준 온도 [°C]

t : 현재의 측정 온도 [°C]

Δt : 온도 측정 정확도

α_{t_0} : t_0 일 때의 온도 계수 [1/°C]

(3) 온도 측정 정확도 (서미스터 센서)

정확도 보증 범위	-10.0°C ~ 99.9°C
표시 범위	-10.0°C ~ 99.9°C
측정 주기 (속도)	200 ms $\pm$ 20 ms
표시 갱신율	약 2 s
정확도 보증 기간	1년간

Z2002 온도 센서와의 조합 정확도

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

t : 측정 온도 (°C)

본체만의 정확도는 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

(4) 연산 순서

1. 영점 조정
2. 온도 보정
3. 길이 환산

정확도에 대해서

당사에서는 측정값의 한계 오차를 다음에 나타내는 f.s.(full scale), rdg.(reading), dgt.(digit)에 대한 값으로서 정의합니다.

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

정확도 계산 예

(표시 자릿수 이하는 절사)

1 저항 측정 정확도

측정 조건 300mΩ 레인지, 전류 Lo (100mA), OVC OFF, 측정 대상 100mΩ
저항 측정 정확도: $\pm (0.020\% \text{rdg.} + 0.020\% \text{f.s.})$

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

2 온도 측정 정확도

측정 조건 서미스터 온도 센서, 측정 온도 35°C
온도 측정 정확도: $\pm (0.55 + 0.012 \times |t-30|)$

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

3 온도 보정 추가 정확도

측정 조건 온도 계수 3930 ppm/°C, 기준 온도 20°C, 측정 온도 35°C

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

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

10.3 기능 사양

(1) 측정 레인지 전환 기능

모드	AUTO/MANUAL (컴퍼레이터 기능이 ON일 때는 MANUAL 고정)
초기 설정	AUTO

(2) 측정 전류 전환 기능

동작 내용	300mΩ 레인지의 측정 전류를 전환한다
측정 전류	Hi: 300 mA/Lo: 100 mA
초기 설정	Lo

(3) 표시 갱신을

OVC	측정값 표시 갱신을
OFF	약 100 ms
ON	약 230 ms

(OVC: ON일 때는 딜레이 × 2를 가산)

적분 시간 (검출 전압의 데이터 가져오기 시간)의 참고값: 100 ms

(4) 영점 조정 기능

동작 내용	측정 전에 내부의 오프셋 전압과 잉여 저항을 취소한다
설정	ON/OFF (클리어): 레인지별
영점 조정 범위	각 레인지 $\pm 3\%$ f.s. 이내 (f.s.=30,000 dgt.)
초기 설정	OFF

(5) 애버리지 기능

동작 내용	이동 평균
설정	OFF/2 회/5 회/10 회/20 회
초기 설정	OFF

(6) 딜레이 설정 기능

동작 내용	OVC 및 자동 레인지에서 측정 전류를 변화시킨 후 대기 시간을 두어 측정이 안정되는 시간을 조정한다 Preset: 내부 고정 시간 후부터 적분 시작 (각 레인지마다 다른 값) Preset 이외의: 설정한 시간 후부터 적분 시작 (모든 레인지 공통)
설정	Preset (내부 고정값)/10 ms/30 ms/50 ms/100 ms/300 ms/500 ms/1000 ms 3mΩ, 30mΩ, 300mΩ (측정 전류 Hi) 레인지에서 OVC 딜레이 100 ms 이하 설정 시는 200 ms 고정
초기 설정	Preset

Preset 시의 OVC 딜레이 값 (내부 고정) (단위: ms)

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

(7) 온도 보정 기능 (TC)

동작 내용	임의의 온도 계수 저항값을 임의의 온도 저항값으로 환산하여 표시한다	
연산식	$R_{t_0} = \frac{R_t}{1 + \alpha_{t_0}(t - t_0)}$	
	R_t :	실측한 저항값 (Ω)
	R_{t_0} :	보정 저항값 (Ω)
	t_0 :	기준 온도 (°C) 설정 범위: -10.0 ~ 99.9°C
	t :	현재의 측정 온도 (°C)
	α_{t_0} :	t_0 일 때의 온도 계수 (1/°C) 설정 범위: -9,999 ~ 9,999 ppm/°C
온도 보정 기능	ON/OFF (TC ON일 때는 ΔT OFF 고정)	
초기 설정	OFF, t_0 : 20°C, α_{t_0} : 3,930 ppm/°C	

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

동작 내용	오프셋 전압의 영향을 제거한다 OVC=ON일 때는 전류를 변화시켜 2회 측정
유효 레인지	3mΩ 레인지 ~ 300Ω 레인지
설정	ON/OFF
초기 설정	OFF

(9) 측정 이상 검출 기능**오버 레인지 검출 기능**

동작 내용	다음 조건에서 오버 레인지를 표시한다
	• 측정 범위를 넘음 • 측정 중에 A/D 컨버터의 입력이 범위를 넘음 • 연산 결과가 표시 자릿수를 초과함

전류 이상 검출 기능

동작 내용	규정된 측정 전류를 인가할 수 없는 이상을 검출한다. 해제 기능 없음
-------	---

회로 보호 검출 기능

동작 내용	과전압 인가를 검출하여 전원을 끌 때까지 측정 정지, 적색 백라이트가 점등한다. 해제 기능 없음 AC 42.4 V peak, DC 60 V 까지 보호
-------	---

(10) 콤퍼레이터 기능

공통 동작	Hi 또는 Lo 판정 시, 적색 백라이트 점등
동작 내용	설정값과 측정값의 비교 판정
설정	ON/OFF (콤퍼레이터 기능 ON일 때는 레인지 고정, ΔT 및 길이 환산 기능 ON에서 콤퍼레이터 기능 자동 OFF)
판정 방법	REF% 모드/ABS 모드
초기 상태	OFF, ABS 모드
판정	Hi 측정값 > 상한값
	IN 상한값 $\geq$ 측정값 $\geq$ 하한값
	Lo 하한값 > 측정값

ABS 모드

상하한값 범위	0.000 0 m Ω ~ 9.999 9 M Ω
초기 설정	0.000 0 m Ω

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	0.000 1 mΩ ~ 9.999 9 MΩ
상하한값 범위	0.00% ~ ±99.99%
초기 설정	기준값: 0.000 1 mΩ, 상하한값 범위: 0.00%

(11) 콤퍼레이터 판정 설정

동작 내용	콤퍼레이터 판정 결과에 따라 버저를 울린다 Hi/Lo 판정 시에 적색 백라이트를 점등한다
설정	OFF/Hi/IN/Lo/Hi 또는 Lo/ALL1/ALL2 (ALL1, ALL2는 Hi, Lo와 IN에서 다른 음)
초기 설정	OFF

(12) 온도 환산 기능 (ΔT)

동작 내용	저항값이 온도에 따라 달라진다는 점을 이용하여 측정한 저항값을 온도로 환산하여 온도 상승값을 표시한다
연산식	$\Delta t = \frac{R_2}{R_1} (k + t_1) - (k + t_2)$
Δt:	온도 상승 (°C)
t ₁ :	초기 저항 R ₁ 을 측정했을 때의 권선 (초기 상태) 온도 (°C)
설정 범위:	-10.0°C ~ 99.9°C
t ₂ :	온도 상승 시험 종료 시의 냉매 온도 (°C)
R ₁ :	온도 t ₁ (초기 상태)에서의 권선 저항 (Ω)
설정 범위:	0.000 1 mΩ ~ 3.500 0 MΩ
R ₂ :	온도 상승 시험 종료 시의 권선 저항 (Ω)
k:	도선 재료의 0°C에서 온도 계수의 역수 (°C)
설정 범위:	-999.9 ~ 999.9°C
ΔT 표시 범위	-999.9 ~ 999.9°C
온도 환산 기능	ON/OFF (ΔT ON일 때는 TC 및 콤퍼레이터 기능 OFF 고정, 길이 환산 기능 ON으로 ΔT 자동 OFF)
초기 설정	OFF, t ₁ : 23.0°C, R ₁ : 1.000 0 Ω, k: 235.0

(13) 길이 환산 기능

동작 내용	측정값을 길이로 변환하여 표시한다
길이 표시 범위	0.0000 mm ~ 999.99 km (저항값이 마이너스인 경우는 마이너스도 표시)
설정	ON/OFF (길이 환산 기능 ON일 때는 콤퍼레이터 기능 OFF 고정, ΔT ON으로 길이 환산 기능 자동 OFF)
1m당 저항값	0.0001 mΩ ~ 350.00 Ω
초기 설정	OFF, 1 Ω
표시 형식	다음 표에 따름

레인지	1 m당 저항값			
	0.000 1 ~ 0.003 4 mΩ	0.003 5 ~ 0.035 0 mΩ	0.035 1 ~ 0.350 0 mΩ	0.350 1 ~ 3.500 0 mΩ
3mΩ	0.000 0 km	000.00 m	00.000 m	0.000 0 m
30 mΩ	00.000 km	0.000 0 km	000.00 m	00.000 m
300 mΩ	000.00 km	00.000 km	0.000 0 km	000.00 m
3Ω	*1	000.00 km	00.000 km	0.000 0 km
30 Ω	*1	*1	000.00 km	00.000 km
300 Ω	*1	*1	*1	000.00 km
3kΩ	*1	*1	*1	*1
30 kΩ	*1	*1	*1	*1
300 kΩ	*1	*1	*1	*1
3MΩ	*1	*1	*1	*1

*1 오버 레인지 표시

레인지	1 m당 저항값				
	3.500 1 mΩ ~ 35.000 mΩ	35.001 mΩ ~ 350.00 mΩ	350.01 mΩ ~ 3.500 0 Ω	3.500 1 Ω ~ 35.000 Ω	35.001 Ω ~ 350.00 Ω
3mΩ	000.00 mm	00.000 mm	0.000 0 mm	*1	*1
30 mΩ	0.000 0 m	000.00 mm	00.000 mm	0.000 0 mm	*1
300 mΩ	00.000 m	0.000 0 m	000.00 mm	00.000 mm	0.000 0 mm
3Ω	000.00 m	00.000 m	0.000 0 m	000.00 mm	00.000 mm
30 Ω	0.000 0 km	000.00 m	00.000 m	0.000 0 m	000.00 mm
300 Ω	00.000 km	0.000 0 km	000.00 m	00.000 m	0.000 0 m
3 kΩ	000.00 km	00.000 km	0.000 0 km	000.00 m	00.000 m
30 kΩ	*1	000.00 km	00.000 km	0.000 0 km	000.00 m
300 kΩ	*1	*1	000.00 km	00.000 km	0.000 0 km
3MΩ	*1	*1	*1	000.00 km	00.000 km

*1 오버 레인지 표시

(14) 자동 홀드 기능

동작 내용	측정값을 자동 홀드한다. 다음 조건에서 해제된다 측정 리드를 한 번 개방하고 다음에 측정했을 때, 레인지 변경했을 때, 또는 [ESC] 키를 눌렀을 때
설정	ON/OFF
초기 설정	OFF

(15) 메모리 기능

공통 동작	Z3210 통신 ON 시는 무효
수동 메모리	동작 내용: MEMORY 키로 측정값을 기록 저장 내용: 일시, 측정값, 온도, 저항 측정 레인지, 애버리지, 콤퍼레이터, 측정 전 류 전환, 온도 보정 (TC), OVC
자동 메모리	동작 내용: 자동 홀드 후 측정값을 기록 저장 내용: 일시, 측정값, 온도, 저항 측정 레인지, 애버리지, 콤퍼레이터, 측정 전 류 전환, 온도 보정 (TC), OVC 설정: ON/OFF
인터벌 메모리	동작 내용: 인터벌 시간별로 측정값을 기록 저장 내용: 시작 일시, 측정값, 온도, 저항 측정 레인지, 애버리지, 온도 보정 (TC), 온도 환산 (ΔT), 인터벌 설정: ON/OFF 인터벌: 0.2 s ~ 10.0 s (0.2s 스텝)
메모리 개수	블록 수: 10 수동, 자동: 최대 1,000 개 인터벌: 최대 6,000 개
메모리 데이터 취득	표시, USB 매스 스토리지 (CSV, TXT 파일)
초기 설정	자동 메모리: OFF 인터벌 메모리: OFF 인터벌: 0.2 s
메모리 클리어	블록 말미/1 블록/모든 메모리

(16) 패널 세이브, 패널 로드

동작 내용	측정 조건을 패널 번호를 지정하여 저장 및 불러오기
패널 수	9
저장 내용	저항 측정 레인지, 애버리지, 딜레이, 콤퍼레이터, 판정음, 온도 환산 (ΔT), 측정 전류 전 환, 길이 환산, 온도 보정 (TC), OVC, 메모리 모드
패널 클리어	각 패널의 클리어

(17) 시계 기능

날짜 표시	자동 달력, 윤년 자동 판별
시계 표시	24 시간계
시계 정밀도	±약 4분/월
초기 상태	2024년 1월 1일, 0시 0분 0초
백업 전지 수명	약 10년 (23°C 참고값)

(18) 리셋 기능

리셋

동작 내용	패널 데이터, 저장한 측정 데이터, 시계 이외의 설정을 공장 출하 상태로 되돌린다
-------	---

시스템 리셋

동작 내용	시계 이외의 패널 데이터, 저장한 측정 데이터를 포함한 모든 설정을 공장 출하 상태로 되돌린다
-------	--

(19) 오토 파워 세이브 기능 (APS)

동작 내용	키 조작이 없는 상태, 측정 이상 상태가 10분간 계속되면 자동으로 전원이 꺼진다 인터벌 측정 중, USB 연결 중에는 자동으로 기능 무효 수동 해제 가능
-------	--

(20) 전지 잔량 검출 기능

동작 내용	전지 잔량을 4단계로 표시한다 (전지 전압은 참고값)  10.0 V ±0.2 V 이상  8.5 V ±0.2 V 이상 10.0 V ±0.2 V 미만  8.0 V ±0.2 V 이상 8.5 V ±0.2 V 미만  8.0 V ±0.2 V 미만 (전원이 꺼진다)
-------	--

(21) 셀프 테스트 기능

LCD	전체 점등 참조: “1.4 화면 구성” (p.23)
기타	ROM/RAM 체크, 측정 회로 보호용 퓨즈 단선 체크

(22) 백라이트

동작 내용	흰색 백라이트의 점등, 소등
초기 설정	자동 소등 ON 무조작 및 측정 전류 이상 검출이 40초 계속된 경우에 자동 소등
설정 방법	(자동 소등 ON/OFF) 참조: “9.3 백라이트” (p.101)

(23) 무선 통신 (Z3210 장착 시에만)

동작 내용	스마트폰이나 태블릿에 측정값 표시, 데이터 전송
표시	 세그먼트 소등: 무선 통신 OFF  세그먼트 점등: 무선 통신 ON  세그먼트 점멸: 무선 통신 중
통신 거리	일직선상 약 10 m
대응 애플리케이션	GENNECT Cross for iOS GENNECT Cross for Android™
버전업	GENNECT Cross에 따름
방법	참조: “7.1 휴대 단말과 통신하기” (p.78)

(24) Z3210 HID 설정 (Z3210 장착 시에만)

동작 내용	Z3210의 HID 기능 ON/OFF 설정 (설정은 Z3210에 저장) OFF: GENNECT Cross와 통신 ON: 표 계산 소프트 등에 측정값 전송
설정 전환	참조: “7.2 Excel 직접 입력 기능 (HID 기능)” (p.81)

10.4 인터페이스

(1) 표시

LCD (흑백)

[AUTO] 키를 길게 누르면 백라이트 점등/소등 (p.23)

(2) 키

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

(3) USB

커넥터	시리즈 미니 B 리셉터클
전기적 사양	USB2.0 (Full Speed)
클래스	USB 매스 스토리지 클래스 (읽기 전용)

(4) L2105 전면 콤퍼레이터 램프용 출력

출력 내용	콤퍼레이터 결과 출력 (Hi, Lo/ IN의 2출력)
출력 단자	3극 이어폰 잭 (φ2.5 mm)
출력 전압	DC 5 V ±0.2 V 20 mA

교정에 대해서

중요

측정기가 규정된 정확도 내에서 올바른 측정 결과를 얻으려면 정기적인 교정이 필요합니다.

교정 주기는 사용자의 사용 상황이나 환경 등에 따라 다릅니다. 사용자의 사용 상황이나 환경에 맞게 교정 주기를 정해주시고 당사에 정기적으로 교정을 의뢰하실 것을 권장합니다.

클리닝

본 기기 및 옵션류의 오염을 제거할 때는 부드러운 천에 물이나 중성세제를 소량 묻혀서 가볍게 닦아 주십시오.

표시부는 마른 부드러운 천으로 가볍게 닦아 주십시오.

중요

벤진, 알코올, 아세톤, 에테르, 케톤, 시너, 가솔린계를 포함한 세제는 절대로 사용하지 마십시오. 변형, 변색을 일으킬 수 있습니다.

11.1 문제가 발생했을 경우

고장이라 생각되는 경우에는 아래의 “Q&A (자주하는 질문)”를 확인한 후 당사 또는 대리점으로 문의해 주십시오.

Q&A (자주하는 질문)

해당 항목이 없는 경우는 당사 또는 대리점으로 문의해 주십시오.

일반적인 항목

No	발생한 문제	확인이 필요한 항목		생각할 수 있는 원인 → 대책	참조
1-1	전원이 켜지지 않는다 (아무 것도 표시되지 않음)			전지 잔량이 없다 → 전지를 교체해 주십시오 → 버전업이 실패했을 수 있습니다. 수리가 필요합니다.	(p.28) —
1-2	전원이 바로 꺼진다	사용 전지는	알카라인 전지 이외	→ 알카라인 전지 또는 니켈 수소 전지를 사용하십시오	—
		표시는	전지 잔량 마크가 줄어 있다	전지 잔량이 없다 → 전지를 교체해 주십시오	(p.28)
			APS가 점등하고 있다	APS(오토 파워 세이프 기능)가 동작하고 있다 → 일정 시간 조작이 없으면 자동으로 전원이 꺼 집니다. 기능을 해제할 수도 있습니다.	(p.36)
1-3	키 조작을 할 수 없다	표시는	설정 화면	확정 또는 취소 대기 → ESC 키 또는 ENTER 키를 누르십시오	(p.20)
			USB	USB 연결 중, 키는 사용 불가 → USB 케이블을 빼 주십시오	(p.96)
			INTERVAL 표시 점멸	인터벌 측정 중, STOP 키 이외는 사용 불가 → STOP 키(MEMORY 키)를 길게 눌러 인터벌 측정을 정지하십시오	(p.90)
			기타 표시	동시에 사용할 수 없는 기능이 있다 → 기능을 ON으로 해주십시오	(p.121)
1-4	컴퓨터 판정 결과가 점등하지 않는다	측정값은	표시됨	컴퓨터 기능 OFF로 되어 있음 → 기능을 ON으로 해주십시오	(p.62)
			표시되지 않음 (수치 또는 oF 이외의 표시)	측정값이 표시되지 않는 경우 판정을 하지 않고 램프도 켜지지 않습니다	
1-5	L2105 전면 컴퓨터 램프가 켜지지 않는다	본 기기의 컴퓨터 판정 결과는	점등	연결이 올바르지 않다 → L2105 전면 컴퓨터 램프를 COMP. OUT에 올바르게 연결해 주십시오 단선되어 있다 → L2105 전면 컴퓨터 램프를 교체해 주십시오	(p.68) —
			소등	→ Q&A “No.1-4 컴퓨터 판정 결과가 점등하지 않는다”를 참조해 주십시오	(p.120)

No	발생한 문제	확인이 필요한 항목	생각할 수 있는 원인 → 대책	참조
1-6	버저가 들리지 않는다	판정음 설정은 OFF	기능이 OFF로 되어 있다 → 기능을 ON으로 해주십시오	(p.67)

기능 제한 일람 (○: 동시 사용 가능, - : 동시 사용 불가)

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

PC와의 연결에 관한 항목

No	발생한 문제	확인이 필요한 항목	생각할 수 있는 원인 → 대책	참조
2-1	PC에 RM3548-50이 표시되지 않는다	본 기기의 표시 “USB”라고 표시되어 있지 않다 아무것도 표시되지 않음	연결이 올바르게 → 커넥터의 삽입 상태를 확인해 주십시오 → PC에 다른 USB 메모리를 삽입해 인식하는지 확인해 주십시오 → RM3548-50의 전원을 켜 주십시오	(p.96) (p.35)
2-2	저장 데이터가 보이지 않는다		다른 드라이브를 보고 있다 → RM3548-50의 드라이브를 참조해 주십시오 1개도 저장되어 있지 않다 → USB 케이블을 분리하고, 본 기기에서 저장 데이터를 확인해 주십시오. 데이터가 없으면 데이터가 저장되어 있지 않은 것입니다. 다시 데이터를 저장해 주십시오	(p.96) (p.85)
2-3	파일을 조작할 수 없다 • 파일명을 변경할 수 없다 • 파일 내용을 변경할 수 없다 • 파일을 기록할 수 없다 • 데이터를 삭제할 수 없다 • 데이터를 잘라낼 수 없다		저장 데이터의 파일은 읽기 전용 → 파일은 한 번 PC에 복사하고 나서 편집해 주십시오 → 저장 데이터의 삭제는 USB 케이블을 빼고 본 기기에서 실행해 주십시오	(p.96)

측정 관련 항목

No	발생한 문제	확인이 필요한 항목		생각할 수 있는 원인 → 대책	참조
3-1	측정값이 안정되지 않는다	노이즈의 영향을	받고 있을 가능성이 있다	→ 부록 8(1)을 참조해 주십시오 (p.부 17)	
		측정 리드는	클립형 리드	→ 부록 8(2)를 참조해 주십시오 (p.부 20)	
			중간부터 2단자 배선	→ 부록 8(8)을 참조해 주십시오 (p.부 23)	
		측정 대상은	폭이나 두께가 있다	→ 부록 8(3)을 참조해 주십시오 (p.부 21)	
			온도가 안정적이지 못하다 (막 만든 것이거나 막 개봉한 것이거나 손으로 잡는 등)	→ 부록 8(4)를 참조해 주십시오 (p.부 23)	
			열용량이 작다	→ 부록 8(5)를 참조해 주십시오 (p.부 23)	
			트랜스	측정 전류가 안정되기 전에 측정을 하였다 → 딜레이를 길게 하거나, OVC를 OFF로 해주십시오	(p.54) (p.56)
			모터, 초크 코일, 솔레노이드	측정 전류가 안정되기 전에 측정을 하였다 → 딜레이를 길게 해주십시오	(p.56)
		TC는	ON	Z2002 온도 센서의 배치가 적절하지 않다 → Z2002 온도 센서를 측정 대상에 가까이 가져가 주십시오 → Z2002 온도 센서에 바람이 닿지 않도록 해주십시오	(p.13)
			OFF	실온이 안정되지 않는 등 온도에 따라 측정 대상의 저항값이 변하고 있다 → 온도 보정 (TC)을 ON으로 해주십시오	(p.53)
		OVC는	OFF	열기전력의 영향을 받고 있다 → OVC를 ON으로 해주십시오	(p.54)
		기타		측정 리드가 연결되어 있지 않다 → 측정 리드를 깊숙이 삽입해 주십시오 → 측정 리드를 교체해 주십시오	(p.33)
				(자체 제작 측정 리드의 경우) 접촉 저항이 너무 크다 → 접촉압을 올려 주십시오 → 프로브 선단을 청소/교체해 주십시오	—
				(자체 제작 측정 리드의 경우) 배선 저항이 너무 크다 → 배선을 굵고 짧게 해주십시오	—
3-2	측정값이 예상되는 값에서 벗어나 있다	영점 조정은	ON	영점 조정이 바르지 않다 → 다시 한번 영점 조정을 해주십시오	(p.48)
			OFF	• 2단자 측정에서 배선 저항의 영향을 받고 있다 → 영점 조정을 해주십시오 • 열기전력의 영향을 받고 있다 → OVC 기능을 사용해 주십시오	(p.48) (p.54)
		Q&A “No.3-1 측정값이 안정되지 않는다” (p.122)도 확인해 주십시오			

No	발생한 문제	확인이 필요한 항목	생각할 수 있는 원인 → 대책	참조
3-3	측정값이 표시되지 않는다 (측정값의 이상 표시에 대해서는 p.44도 참조해 주십시오)	측정값은	측정 리드가 단선되어 있다 → 측정 리드를 교체해 주십시오	(p.33)
			(자체 제작 측정 리드의 경우) 접촉 저항이 너무 크다 → 접촉압을 올려 주십시오 → 프로브 선단을 청소/교체해 주십시오	—
			(자체 제작 측정 리드의 경우) 배선 저항이 너무 크다 → 배선을 굵고 짧게 해주십시오	—
		oF	측정 레인지가 낮다 → 고저항 레인지로 하거나 자동 레인지로 해주십시오	(p.40)
		아무것도 표시되지 않음	자동 레인지가 확정되지 않는다 → Q&A의 “No.3-4 자동 레인지가 확정되지 않는다”를 참조해 주십시오	(p.123)
		측정 리드를 쇼트해도 표시되지 않는다	퓨즈가 단선되었을 가능성이 있습니다 → 전원을 다시 켜고 셀프 테스트를 실행하여 퓨즈가 단선되지 않았는지 확인해 주십시오	(p.35)
3-4	자동 레인지가 확정되지 않음	측정 대상은	트랜스, 모터	(p.40) (p.54) (p.56)
		노이즈의 영향을	받고 있을 가능성이 있다 → 부록 8(1)을 참조해 주십시오 (p.부 17)	
3-5	영점 조정을 할 수 없다	영점 조정을 하기 전의 측정값이	각 레인지 풀 스케일의 $\pm 3\%$ 를 초과하거나 측정 이상이 발생한다	(p.48)
3-6	자동 홀드 되지 않는다 (홀드가 해제되지 않음)	측정값이	안정되지 않음	(p.122)
			변화하지 않음	(p.40)
3-7	저저항 레인지에서 측정할 수 없다		전지 잔량이 적다 → 저저항 레인지에서는 최대 1 A가 흐르기 때문에 소비전력이 커집니다. 전지 잔량 표시가 전지 잔량 없음 (점멸)으로 나오기 전( , )이라도 전류를 공급하지 못하는 경우가 있습니다. 전지를 교체해 주십시오.	—

에러 표시와 대처 방법

본 기기나 측정 상태가 정상이 아닌 경우 등에 아래의 메시지가 화면에 표시됩니다. 수리가 필요한 경우에는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

- 고장이라 생각되는 경우는 “Q&A (자주하는 질문)” (p.120)를 확인한 후 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- LCD 표시부에 에러가 표시된 경우는 수리가 필요합니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

표시	의미	대처 방법
FAiL	실행 에러	실행하고 있는 내용에 따라 다릅니다. (예) 영점 조정 실행 시에 표시되는 경우, 영점 조정 범위 외입니다.
Err08	Z3210 통신 에러 (연결 불량, Z3210 또는 하드웨어의 고장)	- Z3210의 장착 상태를 확인하십시오. - Z3210을 교체해 주십시오. 교체 후 통신할 수 없는 경우는 본 기기가 고장입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
Err90	프로그램 ROM 체크섬 에러	GENNECT Cross에서 버전업에 실패했을 수 있습니다. 다시 한 번 버전업을 시도해서 그래도 개선되지 않는다면 수리를 의뢰해 주십시오.
Err91	CPU RAM 에러	기기 고장입니다. 수리를 의뢰해 주십시오.
Err92	SRAM의 읽기/쓰기 테스트 에러	기기 고장입니다. 수리를 의뢰해 주십시오.
Err93	FRAM의 읽기/쓰기 테스트 에러	기기 고장입니다. 수리를 의뢰해 주십시오.
Err95	조정 데이터 에러	기기 고장입니다. 수리를 의뢰해 주십시오.
Err96	설정 백업 에러	시스템 리셋을 실행해 주십시오. (p.102) 그래도 복귀하지 않는 경우는 기기 고장입니다. 수리를 의뢰해 주십시오.
Err99	시계 미설정 상태이므로 [ENTER] 키를 누르면 24-01-01 00:00:00으로 초기화됩니다	백업 전지 교체 시기입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
FUSE	퓨즈가 단선되었습니다	퓨즈를 교체해 주십시오.
PrtCt	보호 기능이 작동 중입니다	실수로 과전압을 입력한 경우는 신속히 측정 리드를 측정 대상에서 분리해 주십시오. 보호 기능이 작동 중일 때는 측정할 수 없습니다. 보호 기능을 해제하려면 측정 리드의 A 측(빨간색)과 B 측(검정색)을 접촉시키거나 전원을 다시 켜주십시오.
t.Err	TC나 ΔT가 ON일 때, Z2002 온도 센서가 연결 되어 있지 않거나 온도가 oF 표시가 되어 있다.	Z2002 온도 센서의 연결을 확인해 주십시오.

11.2 수리, 점검

교체부품과 수명에 대해서

- 사용 환경이나 사용 빈도에 따라 수명은 달라집니다. 다음과 같은 기간의 동작을 보증하는 것은 아닙니다.
교체할 때는 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- 수송할 경우는 “수송 시의 주의” (p.8)도 확인해 주십시오

부품	수명
전해 콘덴서	약 10년
리튬 전지	약 10년 본 기기는 시계의 백업용으로 리튬 전지를 내장하고 있습니다. 전원을 켜올 때 날짜, 시간이 크게 어긋나 있으면 전지 교체 시기입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.

11.3 측정 회로 보호용 퓨즈의 교체

측정 회로 보호용 퓨즈의 단선 시에는 다음 순서로 교체합니다.

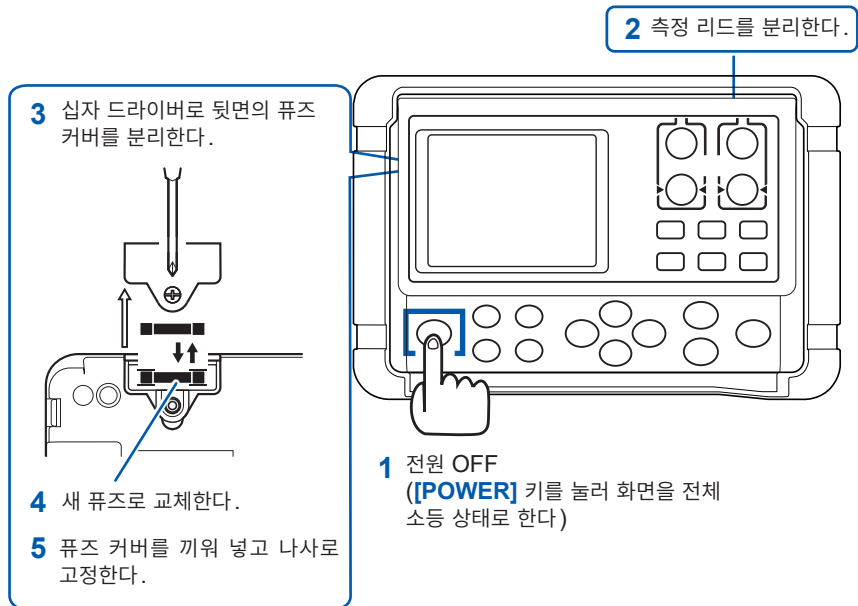
⚠ 경고

위해 전원을 끄고 측정 리드를 분리한 후 퓨즈를 교체해 주십시오.



퓨즈는 지정된 형상과 특성, 정격 전류, 전압인 것을 사용해 주십시오. 지정 이외의 퓨즈(특히 정격 전류가 큰 것)를 사용하거나 퓨즈 홀더를 단락한 상태로 사용하지 마십시오. 본 기기가 파손되고 인신사고로 이어질 수 있습니다.

지정 퓨즈: **F2AH/250 V**(속단형, 소호제(arc-extinguishing material)가 들어가 있음) $\phi 5 \times 20$ mm



11.4 본 기기의 폐기

- 본 기기는 백업용으로 리튬 전지를 내장하고 있습니다. 백업 전지의 수명은 약 10 년입니다. 전원을 켜를 때 날짜, 시간이 크게 어긋나 있으면 전지 교체 시기입니다. 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오.
- 본 기기를 폐기할 때는 리튬 전지를 빼낸 후 지역에서 정한 규칙에 따라 처분해 주십시오.

백업 전지의 분리 방법

⚠ 경고



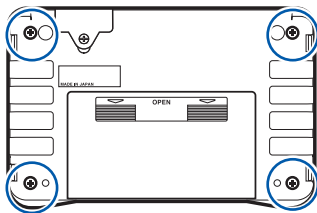
감전사고 방지를 위해 전지와 측정 리드를 분리한 후 리튬 전지를 분리해 주십시오.

CALIFORNIA, USA ONLY

Perchlorate Material - special handling may apply.

See <https://dtsc.ca.gov/perchlorate/>

- 1 전원 OFF
(**[POWER]** 키를 눌러 화면을 전체 소등 상태로 한다)
- 2 프로텍터를 분리한다.
- 3 측정 리드를 분리한다.



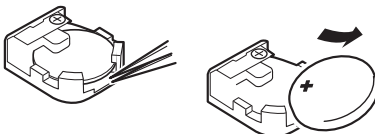
- 4 십자 드라이버를 사용해 뒷면 패널의 고정 나사(4개)를 푼다.

- 5 전지 홀더에서 빠져나와 있는 케이블을 빼낸다.

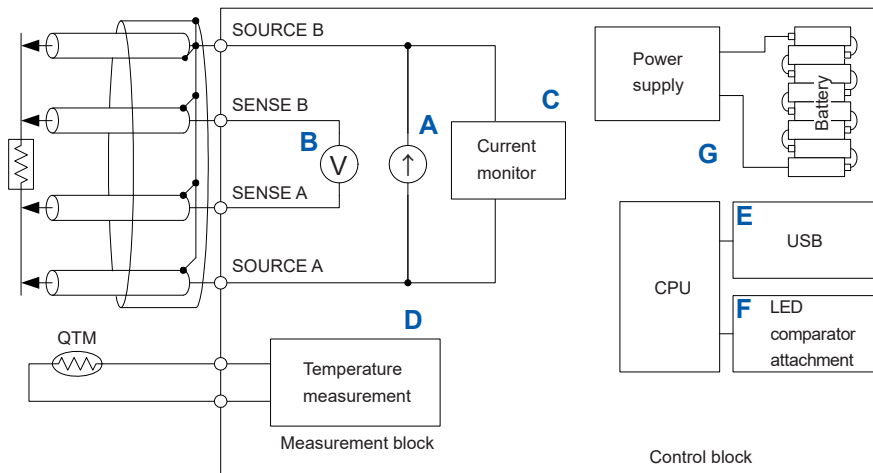


- 6 상단의 기판을 분리한다.

- 7 핀셋 등을 사용해 하단 기판의 리튬 전지를 분리한다.



부록 1 블록도



- 측정 레인지에 따른 정전류를 SOURCE B 단자에서 SOURCE A 단자로 흐르게 하고, SENSE B 단자와 SENSE A 단자 사이의 전압을 측정합니다. 얻어진 전압값(V)을 흐르는 정전류값(I)으로 나누어 저항값($R=V/I$)을 구합니다. (A, B)
- 정전류원과 전압계는 접촉 저항의 영향을 받기 힘든 회로 구성으로 되어 있습니다.
- 측정 중에는 정상적으로 정전류를 측정 대상에 흘려 보내는지 감시하고 있습니다. (C)
- 저항 측정과 동시에 서미스터 온도 센서(Z2002 온도 센서)로 온도를 측정하고 있습니다. 본 기기에서는 측정한 온도를 이용하여 저항값을 보정할 수 있습니다. (D)
- USB는 Mass storage device로서 동작합니다. 간단한 조작으로 PC로 데이터를 가져오기 할 수 있습니다. (E)
- L2105 전면 콤파레이터 램프를 장착하면 본체의 표시를 눈으로 확인하지 않아도 판정 결과를 알 수 있습니다.
- 본 기기의 전원은 AA 알카라인 전지 8개 또는 니켈 수소 전지 8개입니다. 소형이면서도 1 A의 대전류로 측정할 수 있으며, 0.1 $\mu\Omega$ 의 분해능을 실현합니다. (A, G)

부록 2 4단자법 (전압 강하법)

저저항을 높은 정밀도로 측정하는 데 있어 측정기와 프로브를 연결하는 배선의 저항, 프로브와 측정 대상 사이에 발생하는 접촉 저항이 큰 저해요인이 됩니다.

배선 저항은 두께와 길이에 따라 크게 달라집니다. 저항 측정에 사용되는 케이블은 예를 들어 AWG24(0.2sq)의 경우 약 90 mΩ/m, AWG18(0.75sq)의 경우 약 24 mΩ/m입니다.

접촉 저항은 프로브의 마모 상태, 접촉 압력 및 측정 전류에 따라 달라집니다. 좋은 접촉 상태에서도 수 mΩ 정도로, 때로는 수 Ω에 도달하는 것도 드문 일이 아닙니다.

그래서 작은 저항을 확실하게 측정하기 위해서는 4단자법을 사용합니다.

2단자 측정의 경우 (그림 1), 측정 리드 자체의 도체 저항이 측정 대상의 저항에 더해져 오차의 원인이 됩니다.

4단자 측정 (그림 2)은 정전류를 공급하는 전류원 단자(SOURCE A, SOURCE B)와 전압 강하를 검출하는 전압 검출 단자(SENSE A, SENSE B)로 구성되어 있습니다.

측정 대상에 연결된 전압 검출 단자 측 리드선에는 전압계의 입력 임피던스가 높기 때문에 전류가 거의 흐르지 않으므로 측정 리드의 저항이나 접촉 저항의 영향을 받지 않고 정확하게 측정할 수 있습니다.

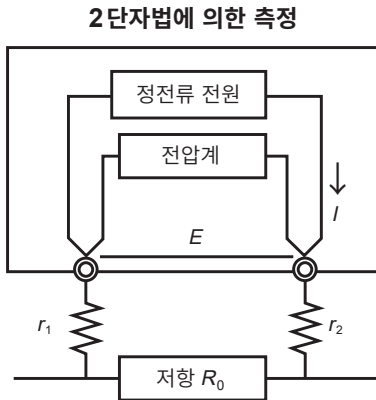


그림 1

전류 I 는 피측정 저항 R_0 , 배선 저항 r_1, r_2 로 흐릅니다. 따라서, 측정하는 전압은 $E=I(r_1+R_0+r_2)$ 로 구할 수 있으며 배선 저항 r_1, r_2 를 포함한 값이 됩니다.

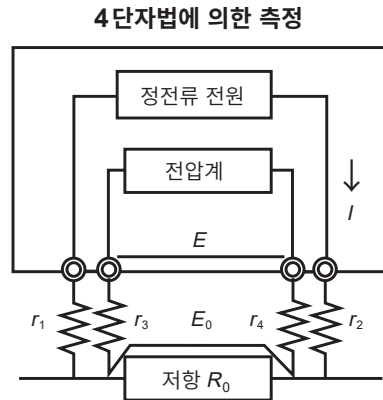


그림 2

전류 I 는 r_2 부터 피측정 저항 R_0 을 거쳐 r_1 로 흐릅니다. 전압계는 입력 저항이 크기 때문에 r_3, r_4 로는 전류가 흐르지 않습니다. 따라서 r_3, r_4 의 전압 강하는 0이 되고, 측정하는 전압 E 와 피측정 저항 R_0 양단의 전압 강하 E_0 이 같아져 $r_1 \sim r_4$ 의 영향을 받지 않고 저항 측정을 할 수 있습니다.

부록 3 직류 방식과 교류 방식에 대해서

저항 측정(임피던스 측정)에는 직류 방식과 교류 방식이 있습니다.

- 직류 방식

저항계 RM3542, RM3543, RM3544, RM3545, RM3545A, RM3548,
RM3548-50

일반적인 디지털 멀티미터

일반적인 절연저항계

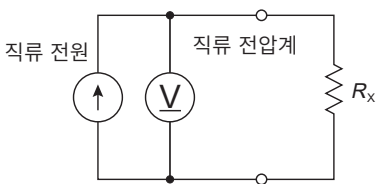
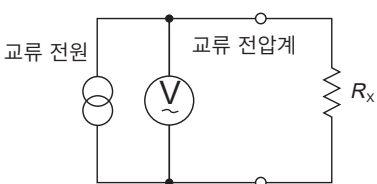
- 교류 방식

배터리 하이테스터 3561, BT3562, BT3563, BT3554

일반적인 LCR 미터

직류 방식의 저항계는 범용 저항기, 권선 저항, 접촉 저항, 절연저항 측정 등에 광범위하게 이용됩니다. 직류 방식은 직류 전원과 직류 전압계로 구성되며, 회로 구성이 간단해 정밀도를 높이기 쉬운 반면, 측정하는 경로에 기전력이 있는 경우 오차가 발생합니다.

교류 방식은 인덕터, 커패시터, 전지의 임피던스 측정 등 '직류로는 측정할 수 없는' 상황에서 사용됩니다. 교류 방식의 저항계는 교류 전원과 교류 전압계로 구성되어 있기 때문에 본질적으로 직류 기전력의 영향을 받지 않습니다. 반면, 코일의 직렬 등가 저항에는 철손 등이 포함되는 등 직류에서의 측정값과 다를 수 있으므로 주의가 필요합니다.

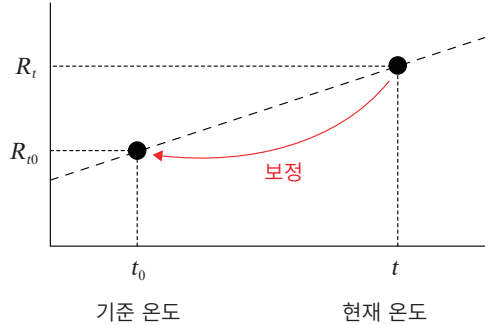
	직류 저항계	교류 저항계
측정 신호 검출 전압	직류 	교류 
장점	고정밀도 측정 가능	기전력의 영향을 받지 않는 리액턴스 측정 가능
단점	직류 중첩 측정이 불가능하여 기전력의 영향을 받는다 (OVC 기능을 통해 열기전력 정도라면 보정 가능)	정밀도를 높이기 어렵다
용도	트랜스, 모터 등 권선의 직류 저항, 접촉 저항, 절연 저항, PCB의 배선 저항	전지의 임피던스, 인덕터, 커패시터 전기화학 측정
측정 범위	$10^{-8} \sim 10^{16}$	$10^{-3} \sim 10^8$
당사 측정기	저항계: RM3542 ~ RM3548-50 DMM: 3237 ~ 3238 절연저항계: IR4000 시리즈, DSM 시리즈	배터리 하이테스터: 3561, BT3562, BT3563, BT3554 LCR 미터: IM3570, IM3533, IM3523 등

부록 4 온도 보정 기능(TC)에 대해서

온도 보정은 구리선과 같이 온도 의존성이 있는 저항값을 특정 온도의 저항값으로 환산하여 표시합니다.

저항값 R_t , R_{t0} 을 $t^{\circ}\text{C}$ 및 $t_0^{\circ}\text{C}$ 에서 측정 대상($t_0^{\circ}\text{C}$ 에서의 저항 온도 계수: α_{t0})의 저항값으로서 다음과 같이 표시됩니다.

$R_t = R_{t0} \times \{1 + \alpha_{t0} \times (t - t_0)\}$	
R_t	실측한 저항값 [Ω]
R_{t0}	보정 저항값 [Ω]
t_0	기준 온도 [$^{\circ}\text{C}$]
t	현재의 주위 온도 [$^{\circ}\text{C}$]
α_{t0}	t_0 일 때의 온도 계수 [$1/^{\circ}\text{C}$]



예

현재의 온도 = 30°C , 그 때의 저항값 = $100\ \Omega$ 인 구리선(20°C 에서의 저항 온도 계수 = $3930\ \text{ppm}$)의 경우 20°C 일 때의 저항값은 다음과 같이 구할 수 있습니다.

$$\begin{aligned}
 R_{t0} &= \frac{R_t}{1 + \alpha_{t0} \times (t - t_0)} \\
 &= \frac{100}{1 + (3930 \times 10^{-6}) \times (30 - 20)} \\
 &= 96.22
 \end{aligned}$$

온도 보정의 설정, 실행 방법은 “4.3 온도의 영향 보정하기 (온도 보정 기능(TC))” (p.53)를 참조해 주십시오.

중요

- 온도 센서는 실외 온도를 검출하는 것으로, 표면 온도는 측정할 수 없습니다.
- 측정하기 전에 온도 센서를 측정 대상 가까이 배치하여 온도 센서와 측정 대상이 그 주위 온도에 충분히 익숙해진 상태에서 사용해 주십시오.

참고

금속 및 합금 도전 재료의 성질

종류	성분 [%]	밀도 ($\times 10^3$) [kg/m ³]	도전율	온도 계수 (20°C) [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 구리선	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
크롬동	Cr 0.4 ~ 0.8	8.89	0.40 ~ 0.50	2000
			0.80 ~ 0.85	3000
콜슨합금선	Ni 2.5 ~ 4.0 Si 0.5 ~ 1.0		0.25 ~ 0.45	980 ~ 1770
연알루미늄선	Al>99.5	2.7	0.63 ~ 0.64	4200
경알루미늄선	Al>99.5	2.7	0.60 ~ 0.62	4000
알드레이션	Si 0.4 ~ 0.6 Mg 0.4 ~ 0.5 Al 잔부		0.50 ~ 0.55	3600

참고 문헌 “전자정보통신핸드북” 전자정보통신학회편

구리선의 도전율

지름 [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

온도 계수는 온도와 도전율에 따라 달라집니다. 20°C 일 때의 온도 계수를 α_{20} , 도전율 C 의 $t^{\circ}\text{C}$ 에서의 온도 계수를 α_{Ct} 라고 하면 α_{Ct} 는 상온 부근에서 다음과 같이 나타낼 수 있습니다.

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

예를 들어, 국제 표준 연동의 온도 계수는 20°C에서 3930 ppm/°C입니다. 주석도금 연동선(직경 0.10 ~ 0.26 미만)의 경우, 20°C의 온도 계수 α_{20} 은 다음과 같이 구할 수 있습니다.

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

부록 5 온도 환산 기능(ΔT)에 대해서

온도 환산 기능은 저항값이 온도에 따라 달라진다는 점을 이용하여 측정한 저항값을 온도로 환산하여 표시합니다. 여기서는 온도 환산 기능의 방법에 대해 설명합니다.

JIS C 4034에 따르면, 온도 상승값은 저항법으로 다음과 같이 표현됩니다.

$\Delta t = \frac{R_2}{R_1}(k + t_1) - (k + t_2)$	
Δt	온도 상승 [$^{\circ}\text{C}$]
t_1	초기 저항 R_1 을 측정했을 때의 권선(초기 상태) 온도 [$^{\circ}\text{C}$]
t_2	온도 상승 시험 종료 시의 냉매 온도 [$^{\circ}\text{C}$]
R_1	온도 t_1 (초기 상태)에서의 권선 저항 [Ω]
R_2	온도 상승 시험 종료 시의 권선 저항 [Ω]
k	도선 재료의 0°C 에서 온도 계수의 역수 [$^{\circ}\text{C}$]

예

초기 온도 t_1 이 20°C 일 때의 저항값 R_1 이 $200\text{ m}\Omega$ 인 구리선에서, 현재 주위 온도 t_2 가 25°C , 저항 측정값 R_2 가 $210\text{ m}\Omega$ 일 때, 온도 상승값은 다음과 같아집니다.

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

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

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

여기서 측정 대상이 구리 또는 알루미늄이 아닌 경우의 정수 k 는 온도 보정 기능에서 나타난 식과 위의 식에 의거 온도 계수 α_{t_0} 로 하면 다음과 같이 구할 수 있습니다.

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

예를 들어, 구리가 20°C 일 때의 온도 계수는 $3930\text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$ 이므로, 이 때의 정수 k 는 다음과 같아지며, JIS에서 정한 구리의 정수 235와 거의 동일한 값을 나타냅니다.

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

부록 6 열기전력의 영향에 대해서

열기전력이란 프로브와 측정 대상의 리드선 간 등 이종 금속의 연결 부분에 생기는 전위차를 말하는 것으로, 이 열기전력이 크면 측정에 오차가 발생합니다 (그림 1). 또한, 열기전력의 크기는 측정 환경의 온도에 따라 서로 달라지며 일반적으로 온도차가 클수록 열기전력이 커집니다.

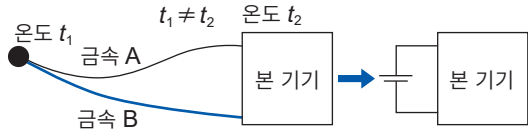


그림 1. 열기전력의 발생

열기전력이 커지는 예

- 측정 대상이 퓨즈, 온도 퓨즈, 서미스터, 바이메탈, 서모스텝
- 전압 검출 라인에 싱글 스테이블 릴레이의 접점을 사용하고 있는 경우
- 전압 검출 단자에 악어클립을 사용하고 있는 경우
- 전압 검출 단자를 손으로 잡고 있는 경우
- 측정 대상과 본 기기의 온도가 크게 다른 경우
- A 단자 측의 배선재와 B 단자 측의 배선재가 다른 경우

저항 측정에서는 측정 대상 R_x 에 측정 전류 I_M 을 흘려 측정 대상의 전압 강하 $R_x I_M$ 을 검출합니다. 저저항 측정에서는 R_x 가 작기 때문에 검출 전압 $R_x I_M$ 이 필연적으로 작아집니다. 검출 전압이 작은 경우에는 측정 대상과 프로브 간 또는 케이블과 측정기 간에 발생하는 열기전력이나 전압계의 오프셋 전압 V_{EMF} 가 측정에 영향을 미치게 됩니다 (그림 2).

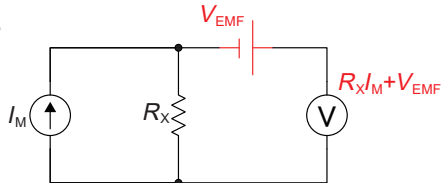


그림 2. 열기전력의 발생

측정 대상을 손으로 잡으면 측정 대상이 따뜻해지고, 프로브가 손에 의해 따뜻해지기도 합니다. 이런 영향으로, 주의를 기울여도 열기전력을 $1\mu V$ 이하로 제어하기 어렵습니다.

예를 들어, 열기전력이 $10\mu V$ 인 상황에서 실제 저항값이 $1m\Omega$ 인 측정 대상을 측정 전류 $100mA$ 로 측정할 경우, 측정기는

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

이라고 표시하며 실제 측정값에 대해 10%의 오차를 포함하게 됩니다. 또한, 전압계의 오프셋 전압도 $1\mu V \sim 10mV$ 로 매우 커서 저저항 측정의 큰 오차 요인이 됩니다.

열기전력의 영향을 줄이는 방법으로

1. 큰 측정 전류로 검출 전압을 높인다
 2. 열기전력을 영점 조정한다
 3. 검출 신호를 교류로 한다
- 를 생각할 수 있습니다.

1 큰 측정 전류로 검출 전압을 높인다

앞서 열기전력의 예에서 측정 전류를 100 mA에서 1 A로 하면 오차를 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, 측정 대상에는 $R I^2$ 의 전력이 걸리므로 주의가 필요합니다.

2 열기전력을 영점 조정한다

측정 대상 R_X 에 전류가 흐르지 않는 상태를 만들면 전압계에는 열기전력 V_{EMF} 만 입력되게 됩니다. 단, SOURCE 단자를 개방하면 I_M 본 기기는 전류 이상을 검출하여 측정값을 표시하지 않습니다.

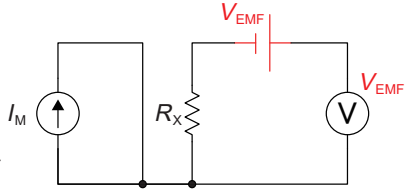


그림 3. R_X 에 전류를 흘리지 않고 영점 조정

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

“3.3 측정값 확인하기” (p.43)

“부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 11)

3 검출 신호를 교류로 한다

검출 신호를 교류로 하는 것은 근본적인 해결 방법입니다. 열기전력, 전압계의 오프셋 전압 모두 초 단위의 짧은 시간에서는 안정된 직류로 간주되며, 검출 신호를 교류로 하면 주 파수 영역에서의 분리가 가능해집니다. 본 기기의 OVC 기능(OVC: Offset Voltage Compensation)에서는 측정 전류를 펄스 파형으로 하여 열기전력을 배제하고 있습니다(그림 4). 구체적으로는, 측정 전류를 흘렸을 때의 검출 전압에서 전류를 정지했을 때의 검출 전압을 빼서 열기전력의 영향을 받지 않는 저항값을 얻습니다.

$$\frac{(R_X I_M + V_{EMF}) - (R_X I_0 + V_{EMF})}{I_M} = R_X \quad (I_0 = 0: \text{전류 정지})$$

측정 대상이 유도성인 경우는 전류를 흘려 보낸 후 측정을 시작하기까지 지연 시간(DELAY) 설정(p.56)이 필요합니다.

지연 시간은 인덕턴스가 측정값에 영향을 미치지 않도록 설정해 주십시오. 처음에는 지연 시간을 길게 설정하고 측정값을 보면서 지연 시간을 서서히 줄여 주십시오.

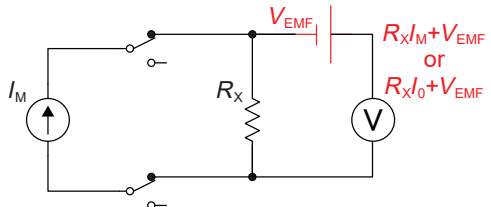


그림 4. 전류반전법에 의한 기전력 취소

부록 7 영점 조정에 대해서

영점 조정은 0 Ω 을 측정했을 때 남게 되는 값을 빼고 영점을 조절하는 기능입니다. 따라서 영점 조정은 0 Ω 을 연결한 상태에서 실행할 필요가 있습니다. 하지만, 저항값이 전혀 없는 측정 대상을 연결하는 일은 어렵고 현실적이지 않습니다. 그래서 실제 영점 조정 시에는 유사적으로 0 Ω 을 연결한 상태를 만듦으로써 영점을 조절합니다.

0 Ω 을 연결한 상태를 만들려면

이상적인 0 Ω 을 연결한 경우, 옴의 법칙 $E=I \times R$ 의 관계에 의해 SENSE A와 SENSE B 간의 전압은 0 V가 됩니다. 즉, SENSE A와 SENSE B 간의 전압을 0 V로 하면 0 Ω 을 연결한 상태와 동일한 상태로 만들 수 있습니다.

본 기기에서 영점 조정을 실행하는 경우에는

본 기기에서는 측정 이상 검출 기능으로 각 측정 단자 간 연결 상태를 감시하고 있습니다. 따라서 영점 조정을 하는 경우에는 각 단자 간을 적절하게 연결해 둘 필요가 있습니다(그림 1).

먼저 SENSE A와 SENSE B 간의 전압을 0 V로 하기 위해 SENSE A와 SENSE B 간을 단락합니다. 사용하는 케이블의 배선 저항 $R_{SEA}+R_{SEB}$ 는 몇 Ω 이하이면 문제 없습니다. 이것은 SENSE 단자가 전압 측정 단자이고, 전류 I_0 이 거의 흐르지 않아서 $E=I_0 \times (R_{SEA}+R_{SEB})$ 의 관계식에서 $I_0 \approx 0$ 이 되고, 배선 저항 $R_{SEA}+R_{SEB}$ 가 몇 Ω 이면 SENSE A와 SENSE B 간의 전압은 거의 제로가 되기 때문입니다.

다음으로 SOURCE A와 SOURCE B 간을 연결합니다. 이것은 측정 전류를 흘려보내지 못하는 경우에 표시되는 에러를 회피하기 위함입니다. 사용하는 케이블의 배선 저항 $R_{SOA}+R_{SOB}$ 는 측정 전류가 흐를 수 있는 저항 이하일 필요가 있습니다.

게다가 SENSE와 SOURCE 간의 연결 상태도 감시하고 있는 경우에는 SENSE와 SOURCE 간도 연결할 필요가 있습니다. 사용하는 케이블의 배선 저항 R_{Short} 는 몇 Ω 정도면 문제 없습니다.

이상과 같이 배선함으로써 SOURCE B에서 흘러나온 측정 전류 I 는 SOURCE A로 흘러들어가고, SENSE A나 SENSE B의 배선에 흘러 들어가는 일은 없게 됩니다. SENSE A와 SENSE B 간의 전압을 정확하게 0 V로 유지할 수 있게 되어 적절하게 영점 조정을 할 수 있습니다.

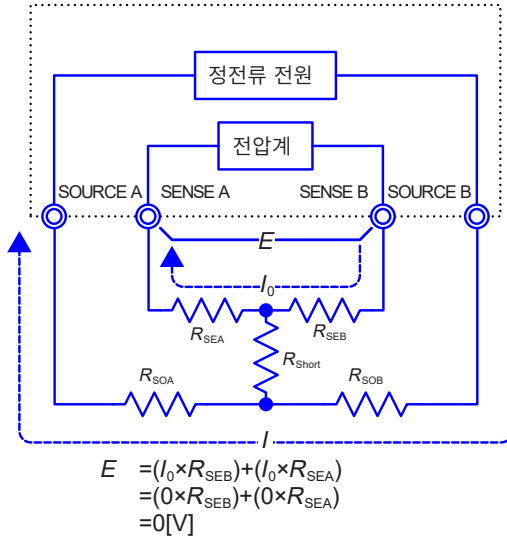


그림 1. 유사적으로 0Ω을 연결한 상태

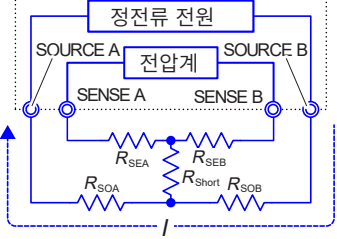
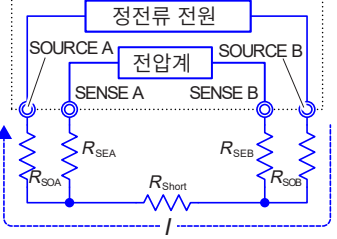
적절하게 영점 조정을 하려면

표 1에 나타난 것은 올바른 연결 방법과 잘못된 연결 방법입니다. 그림 안의 저항은 배선 저항을 나타내는 것으로 각각 몇 Ω 이하이면 문제 없습니다.

(a)와 같이 SENSE A와 SENSE B 및 SOURCE A와 SOURCE B를 각각 연결하고 SENSE와 SOURCE 간을 1개의 경로로 연결한 경우, SENSE A와 SENSE B 간에 전위차는 발생하지 않고 0 V가 입력됩니다. 이로 인해 영점 조정은 올바르게 이루어집니다.

한편 (b)와 같이 SENSE A와 SOURCE A 및 SENSE B와 SOURCE B를 각각 연결하고 A와 B 간을 1개의 경로로 연결한 경우, SENSE A와 SENSE B 간에는 $I \times R_{Short}$ 의 전압이 발생합니다. 이 때문에 유사적으로 0 Ω을 연결한 상태가 되지 않아 영점 조정이 올바르게 이루어지지 않습니다.

표 1: 연결 방법

연결 방법	 (a) SENSE-SOURCE 간을 각각 1 점으로 연결	 (b) A-B 간을 각각 1 점으로 연결
SENSE A 와 SENSE B 간의 저항	$R_{SEA} + R_{SEB}$	$R_{SEA} + R_{Short} + R_{SEB}$
측정 전류 I 가 흐르는 경로	$R_{SOB} \rightarrow R_{SOA}$	$R_{SOB} \rightarrow R_{Short} \rightarrow R_{SOA}$
SENSE A 와 SENSE B 간에 발생하는 전압	0	$I \times R_{Short}$
영점 조정 시의 연결 방법으로	올바름	틀림

측정 리드를 사용해서 영점 조정을 하는 경우에는

실제로 측정 리드를 사용한 상태에서 영점 조정을 할 때 무심코 표 1(b)와 같이 연결해버리는 경우가 있습니다. 영점 조정을 할 때는 각 단자의 연결 상태에 충분히 주의할 필요가 있습니다.

L2107 클립형 리드의 연결 방법을 예로 설명합니다. 옳고 그른 각각의 연결 방법에서 리드 선단부의 연결 상태와 그 등가 회로는 표 2와 같습니다. 이처럼 올바른 연결 방법은 표 1(a)와 같은 연결이 되고, SENSE A와 SENSE B 간은 0 V가 되지만, 틀린 연결 방법은 표 1(b)와 같은 연결이 되고 SENSE A와 SENSE B 간에 0 V가 되지 않습니다.

표 2: 영점 조정 시의 클립형 리드 연결 방법

연결 방법	올바름	틀림
리드 선단부		
등가 회로		
변형한 등가 회로		
영점 조정 시의 연결 방법으로	올바름	틀림

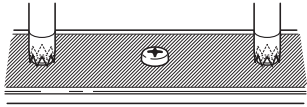
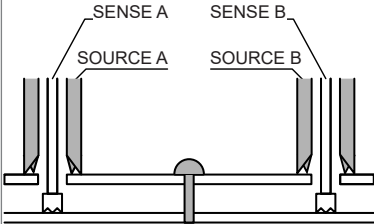
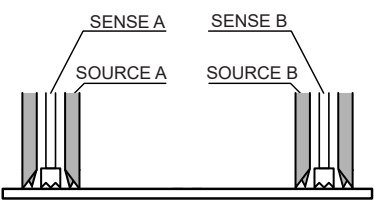
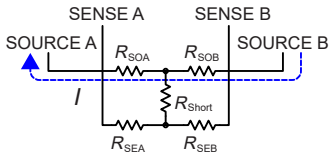
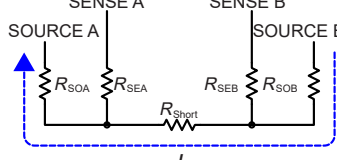
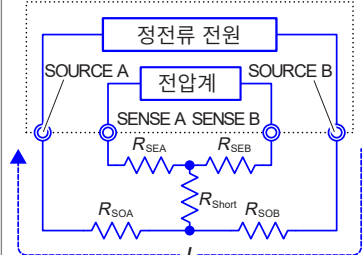
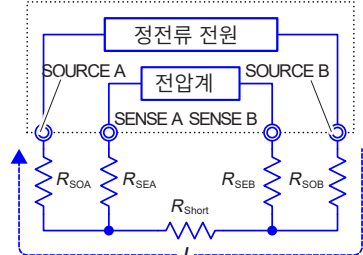
9454 또는 Z5038 영점 조정 보드를 사용해서 영점 조정을 하는 경우에는

영점 조정을 할 때 영점 조정 보드 대신에 금속판 등을 사용할 수는 없습니다.

영점 조정 보드는 단순한 금속판이 아니라, 2층의 금속판을 1점으로 나사 고정된 구조로 되어 있습니다. 영점 조정 보드는 9465-10 핀형 리드 등의 영점 조정을 하는 경우에 사용합니다.

핀형 리드를 영점 조정 보드에 연결한 경우와 금속판 등에 연결한 경우의 단면도 및 등가 회로는 표 3과 같습니다. 이처럼 영점 조정 보드로 연결한 경우 표 1(a) (p.부 13)와 같은 연결이 되고 SENSE A와 SENSE B 간은 0 V가 됩니다. 그러나 금속판 등으로 연결한 경우 표 1(b) (p.부 13)와 같은 연결이 되어, SENSE A와 SENSE B 간이 0 V가 되지 않습니다.

표 3: 영점 조정 시의 핀형 리드 연결 방법

연결 방법	 9454 영점 조정 보드로 연결한 경우	 금속판 등으로 연결한 경우
리드 선단부		
등가 회로		
변형한 등가 회로		
영점 조정 시의 연결 방법으로	올바름	틀림

자체 제작한 측정 리드를 사용하는 측정에서 영점 조정이 어려운 경우에는

자체 제작한 측정 리드를 사용하는 측정계에서 영점 조정을 하려면 자체 제작한 측정 리드의 선단을 표 1(a) (p.부 13)와 같이 연결합니다. 단, 표 1(a) (p.부 13)와 같이 연결하는 것이 곤란한 경우 아래와 같은 방법을 들 수 있습니다.

직류 저항 측정기의 경우

영점 조정을 하는 주요 목적은 측정기 본체의 오프셋을 제거하는 것입니다. 그러므로 영점 조정에 의해 제거되는 값은 거의 측정 리드에 의존하지 않습니다. 따라서 표준 측정 리드를 사용해서 표 1(a) (p.부 13)와 같이 연결하고, 영점 조정을 한 후 자체 제작한 측정 리드로 바꿔 끼움으로써 측정기 본체의 오프셋을 제거한 상태로 측정할 수 있습니다.

교류 저항 측정기의 경우 (HIOKI 3561, BT3562, BT3563 등의 경우)

영점 조정을 하는 주요 목적으로, 측정기 본체의 오프셋을 제거하는 것과 더불어 측정 리드 형상의 영향을 제거하는 것을 들 수 있습니다. 따라서 영점 조정을 하는 경우에는 자체 제작한 측정 리드를 가능한 한 측정 상태에 가까운 형상으로 배치한 후 표 1(a) (p.부 13)와 같이 연결하여 영점 조정을 할 필요가 있습니다.

단, 당사 제품의 경우 교류 저항 측정에서도 필요한 분해능이 $100\ \mu\Omega$ 이상이라면 직류 저항 측정기와 같은 영점 조정 방법으로 충분한 경우가 있습니다.

부록 8 측정값이 안정되지 않을 때

측정값이 안정되지 않을 경우는 다음 사항을 확인해 주십시오.

1 유도 노이즈의 영향

전원 코드, 형광등, 전자밸브, PC 디스플레이 등에서는 큰 노이즈가 발생합니다. 저항 측정에 영향을 미치는 노이즈원으로는

1. 고전압 선로에서의 정전 결합
2. 대전류 선로에서의 전자 결합

을 생각할 수 있으며, 각각의 노이즈에 대해서 실드 또는 케이블을 끄는 것이 효과적입니다.

고전압 선로에서의 정전 결합

고전압 선로에서 유입되는 전류는 결합하고 있는 정전 용량에 지배됩니다. 예로서 100 V의 상용 전원 라인과 저항 측정용 배선이 1 pF로 정전 결합하고 있는 경우 약 38 nA의 전류가 유발됩니다.

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

1 Ω의 저항기를 100 mA로 측정하는 경우, 이 영향은 0.4 ppm에 불과하므로 무시해도 무방합니다.

한편, 1 MΩ을 0.5 μA로 측정하는 경우 8%의 영향이 미칩니다. 이처럼 고전압 선로에서의 정전 결합은 고저항 측정 시 주의해야 하며, 배선 및 측정 대상을 정전 실드하는 것이 효과적입니다(그림 1).

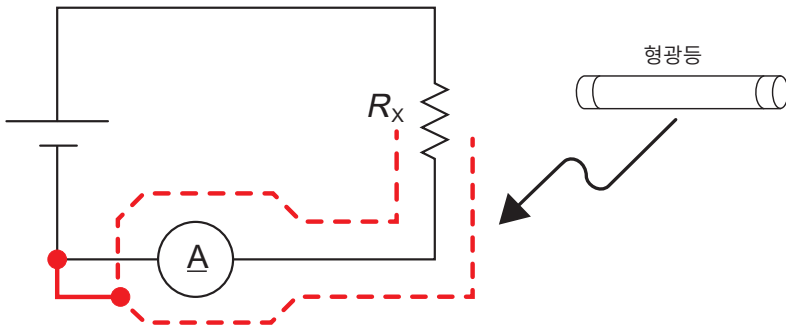


그림 1. 고전압 배선 근처에서는 정전 실드

대전류 선로에서의 전자 결합

대전류 선로에서는 자계가 발생하고 있습니다. 턴 수가 큰 트랜스나 초크 코일에서는 한층 큰 자계가 방출됩니다. 자계에 의해 유발되는 전압은 거리나 면적의 영향을 받습니다. 1 A의 상용 전원 선에서 10 cm 떨어진 10 cm²의 루프에는 대략 0.75 μV의 전압이 발생합니다.

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

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

1mΩ의 저항기를 1 A로 측정할 경우, 그 영향은 0.07%입니다. 반면, 고저항 측정에서는 검출 전압을 크게 하기 쉽기 때문에 큰 문제가 되지 않습니다.

전자 결합의 영향은 노이즈가 발생하는 라인과 저항 측정의 전압 검출 배선을 분리하여 각각을 끄는 것이 효과적입니다(그림 2).

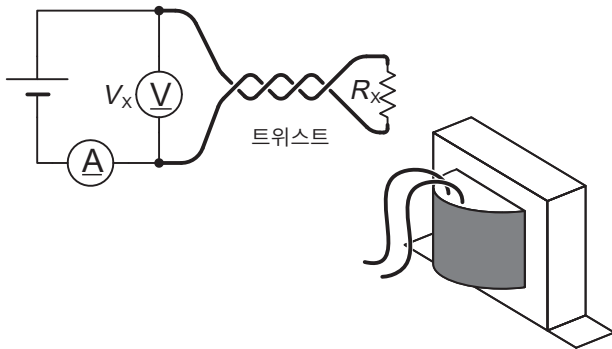


그림 2. 대전류 배선 근처에서는 트위스트

본 기기에서의 유도 노이즈 대책

일반적인 경우에는 그림 3과 같이 실드 처리된 4개의 배선을 꼬아 측정 대상 및 실드를 Source B 단자에 연결해 주십시오. 그림 3의 배선은 본 기기 부속의 L2107 클립형 리드와 구조는 다르지만, 측정에는 영향이 없습니다.

또한, 본 기기의 대책뿐만 아니라 노이즈원에 대해서도 동일하게 대처하는 것이 중요합니다. 노이즈원이 될 수 있는 주위의 대전류 배선은 꼬아주고, 고전압 배선은 실드하는 것이 더 효과적입니다.

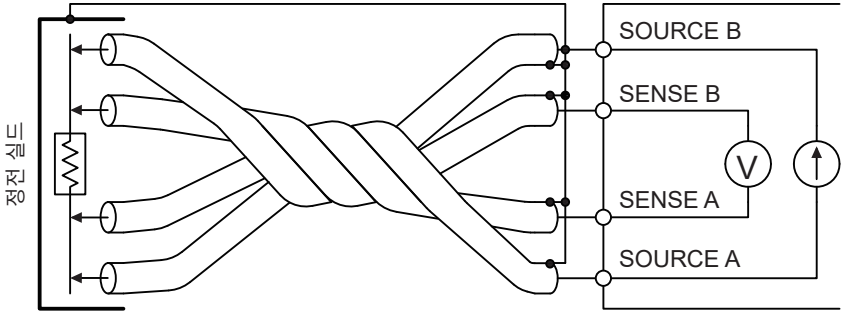


그림 3. 본 기기에서 노이즈 대책

유도 노이즈가 상용 전원에 기인하는 경우

상용 전원에 기인하는 유도 노이즈는 상용 전원 라인이나 전원 콘센트에서뿐 아니라 형광등이나 가전제품에서도 발생합니다. 상용 전원에 기인하는 노이즈는 사용 중인 상용 전원의 주파수에 의존하며, 50 Hz 또는 60 Hz의 주파수에서 발생합니다.

본 기기의 적분 시간은 50 Hz(20 ms)/60 Hz(16.6 ms)의 정수배이므로 노이즈의 영향을 잘 받지 않습니다(그림 4). 그 이외의 주파수 성분 노이즈가 중첩되는 상황에서는 충분한 노이즈 대책을 세우고 애버리지 기능을 이용해 주십시오.

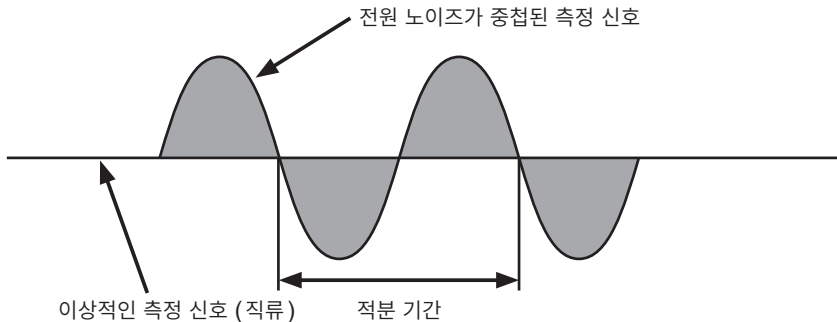


그림 4. 상용 전원에 기인하는 노이즈

측정값이 안정되지 않을 때

2 클립형 리드에 의한 복수 위치의 접촉

4 단자법에서는 그림 5와 같이 원단에서 측정 전류를 흘려 전류 분포가 같아진 내측에서 전압을 검출하는 것이 바람직합니다.

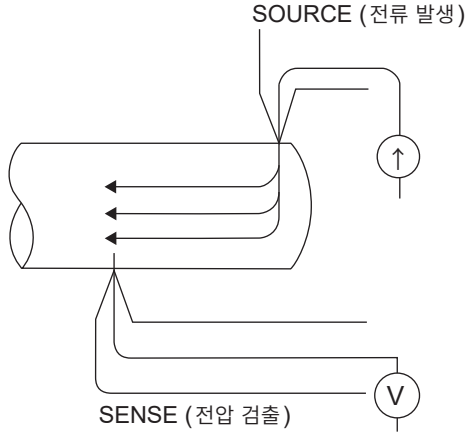


그림 5. 이상적인 4 단자법

측정의 편리성을 위해 HIOKI L2107 클립형 리드의 선단은 톱날처럼 가공되어 있습니다. 클립 부분을 확대하면 그림 6과 같이 측정 전류는 여러 곳에서 흘러나오고, 전압도 여러 곳에서 검출하도록 되어 있습니다. 이 때 측정값은 접촉한 쪽의 불확실성을 가지게 됩니다.

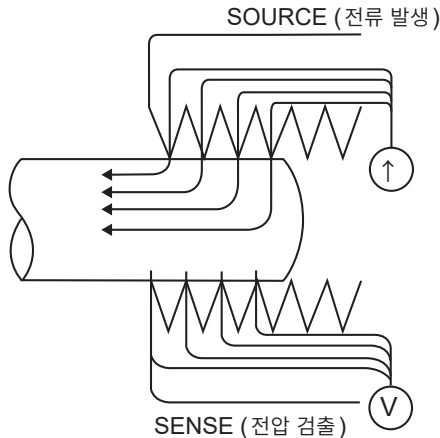


그림 6. L2107 클립형 리드를 사용한 측정

또한, 그림 7과 같이 약 100 mm의 리드선 저항을 측정하는 경우, 클립 안쪽은 100 mm, 클립 바깥쪽은 110 mm이며, 측정값은 10 mm(10%)의 불확실성을 가지게 됩니다. 이로 인해 측정값이 안정되지 않는 경우, 가급적 점접촉으로 측정하면 안정성이 높아집니다.

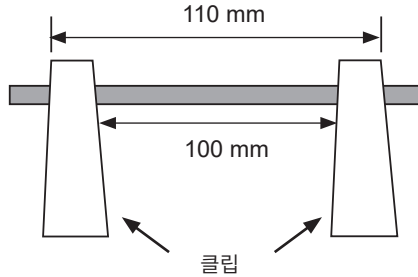


그림 7. 약 100 mm의 리드선 저항을 측정하는 경우

3 측정 대상에 폭이나 두께가 있는 경우

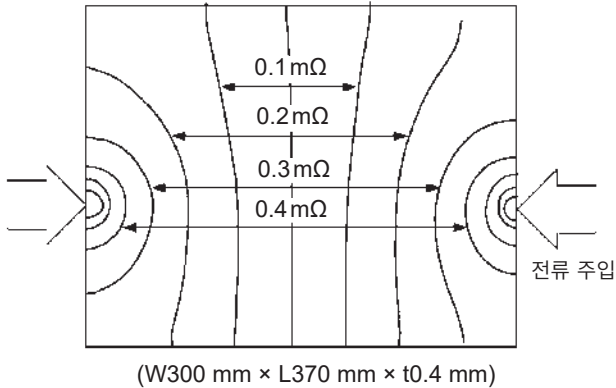
측정 대상이 판자나 블록 등과 같이 폭이나 두께를 가지는 경우는 클립형 리드나 핀형 리드로는 정확한 측정이 어려워집니다. 이들을 사용한 경우, 접촉압이나 접촉 각도에 따라 측정값이 몇 % ~ 몇십 %나 변동하는 경우가 있습니다.

예를 들어 W300 × L370 × t0.4의 금속판을 측정할 경우 같은 부분을 측정해도

0.2 mm 피치의 핀형 리드	1.1 mΩ
0.5 mm 피치의 핀형 리드	0.92 mΩ ~ 0.97 mΩ
L2107 클립형 리드	0.85 mΩ ~ 0.95 mΩ

으로 측정값이 크게 달라집니다.

그 원인은 프로브와 측정 대상의 접촉 저항 등이 아니라 측정 대상의 전류 분포에 있습니다.



끝점에 1 A의 전류를 주입하고, 50 μ V마다 등전위선을 플롯

그림 8. 금속판의 등전위선

그림 8은 금속판의 등전위선을 플롯한 예입니다. 마치 일기예보의 기압배치도와 바람의 관계처럼 등전위면 간격이 좁은 부분은 전류 밀도가 높고, 넓은 부분은 전류 밀도가 낮아져 있습니다. 이 그림을 통해 전류 주입점 부근은 전위 경사도가 커져 있음을 확인할 수 있습니다. 이는 전류가 금속판으로 퍼져 나가는 중으로, 전류 밀도가 높아졌기 때문입니다. 따라서, 전압 검출 단자를 전류 주입점 부근에 배치하면 약간의 접촉 위치 차이로 측정값이 크게 바뀌어 버립니다.

이러한 영향을 피하려면 전류 주입점 내측에서 전압을 검출하는 것이 바람직합니다. 대체로 측정 대상의 폭(W) 혹은 두께(t) 이상 내측이라면 전류 분포는 같아진다고 생각할 수 있습니다. 그림 9와 같이 SENSE 단자는 SOURCE 단자에서 $3W$ 혹은 $3t$ 만큼 내측에 배치하는 것이 바람직합니다.

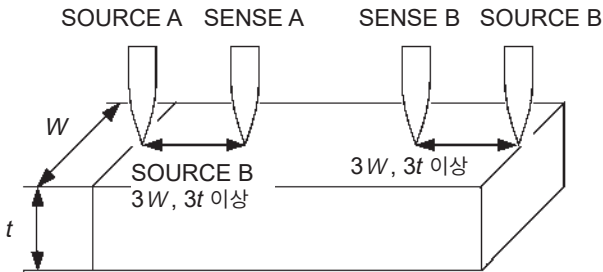


그림 9. 측정 대상에 폭이나 두께가 있는 경우의 프로빙 위치

4 측정 대상의 온도가 안정되지 않는다

구리선의 저항은 약 $0.4\%/^{\circ}\text{C}$ 의 온도 계수를 가지고 있습니다. 구리선을 손으로 잡는 것만으로도 측정 대상의 온도가 상승하고 저항값도 상승합니다. 또한 손을 떼면 온도가 내려가고 저항값도 내려갑니다. 권선의 절연 바니시 처리 후에는 권선 온도가 현저하게 상승하고, 이 경우에도 저항값은 높아집니다. 측정 대상의 온도가 프로브와 다르면 열기전력도 발생하여 오차의 원인이 됩니다. 가급적 측정 대상의 온도가 실온에 익숙해진 후에 측정해 주십시오.

5 측정 대상이 따뜻해진다

본 기기의 측정 대상에 대한 최대 인가 전력은 다음과 같습니다.
열용량이 작은 측정 대상은 발열로 인해 저항값이 변할 수 있습니다.

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

6 트랜스와 모터를 측정하고 있다

트랜스의 빈 단자에 노이즈가 입력되거나 모터의 축이 움직이면 측정 중인 권선에 전압이 유도되어 측정값이 흔들릴 수 있습니다. 트랜스의 빈 단자 처리나 모터의 진동에 주의해 주십시오.

7 큰 트랜스와 모터를 측정하고 있다

대형 트랜스나 모터 등 큰 인덕턴스 성분을 가진(Q가 높은) 측정 대상을 측정하면 측정값이 흔들릴 수 있습니다. 본 기기는 측정 대상에 정전류를 흐르게 하여 측정합니다만, 일반적으로 무한대의 인덕턴스에 대해서 안정적인 정전류원을 만들 수는 없습니다. 큰 인덕턴스에 대해서도 안정적인 정전류원은 응답 시간이 희생하게 됩니다. 큰 트랜스나 모터를 측정하여 저항값이 흔들리는 경우에는 당사에 문의해 주십시오.

8 4단자 측정이 되지 않는다

4단자법에 의한 측정은 측정 대상과 접촉하는 부분까지 4개의 프로브로 접촉해야 합니다. 그림 10과 같이 측정하면 프로브와 측정 대상의 접촉 저항도 함께 측정하게 됩니다. 접촉 저항은 금도금끼리도 수 $\text{m}\Omega$, Ni 도금끼리도 수십 $\text{m}\Omega$ 존재합니다.

측정값이 안정되지 않을 때

몇 $k\Omega$ 의 저항 측정이라면 문제가 없을 것 같지만, 프로브의 선단이 타거나(산화), 더러워지면 접촉 저항이 $k\Omega$ 의 오더가 되는 경우도 드물지 않습니다.

정확한 측정을 위해서는 측정 대상과 접촉하는 부분까지 확실하게 그림 11의 4단자법으로 해주십시오.

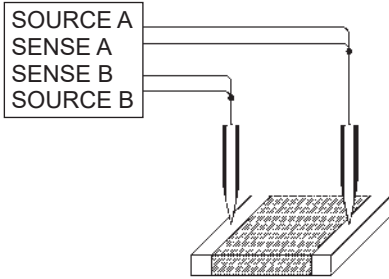


그림 10. 2단자 측정

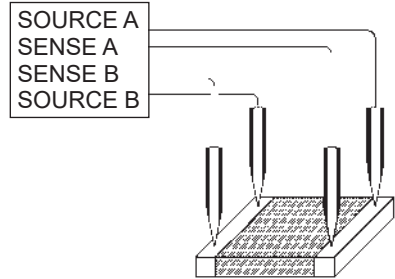


그림 11. 4단자 측정

9 전류검출저항기(센트 저항기)의 측정

2단자 구조의 전류검출저항기를 프린트 배선판에 실장하여 사용할 때는 배선 저항의 영향을 피하기 위해 그림 12와 같이 전류 배선과 전압 검출 배선을 분리합니다. 전류가 검출 저항기에 균일하게 흐르도록 하기 위해 전류 배선은 전극과 같은 폭만큼 확보하고, 전극 부근에서는 배선이 구부러지지 않도록 주의해야 합니다(그림 13).

한편, 전류검출저항기의 검사에는 일반적으로 와이어 프로브가 이용됩니다(그림 14). 이 경우, 측정 전류는 주입점(SOURCE B)에서 점차 전류검출저항기 내부로 확산되어 다시 프로브의 한 지점(SOURCE A)으로 되돌아옵니다(그림 15). 전류 주입점(SOURCE A, SOURCE B)은 전류 밀도가 높고, 그 근처에 전압 단자(SENSE A, SENSE B)를 배치하면 실장 상태의 저항값에 비해 높아지는 경향이 있습니다(그림 16).

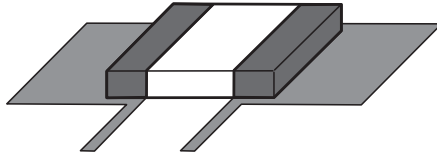


그림 12. 프린트 배선판에 실장된 전류검출저항기

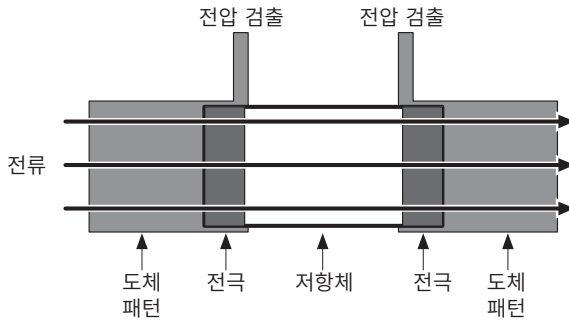


그림 13. 실장 상태에서의 전류 흐름

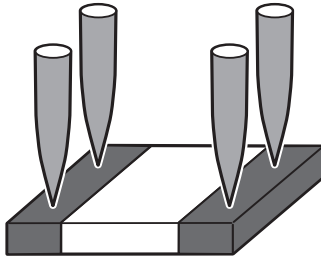


그림 14. 검사 상태의 프로빙

측정값이 안정되지 않을 때

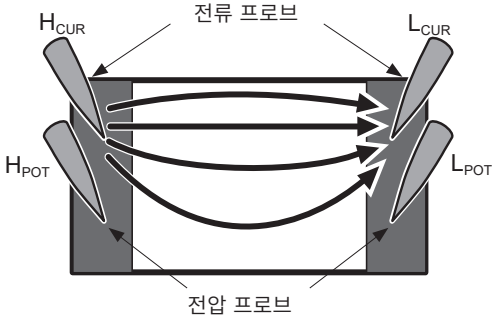


그림 15. 검사 상태의 전류 흐름

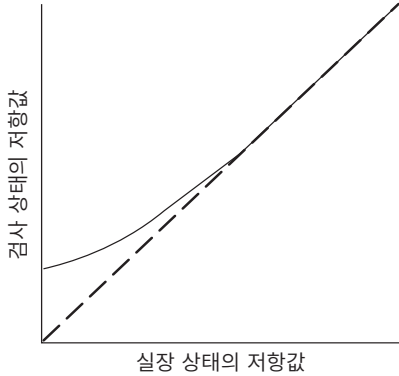


그림 16. 실장 상태와 검사 상태의 차이

부록9 프린트 기판의 단락 위치 검출

여러 위치의 저항값을 비교하면 프린트 기판의 단락 위치를 추측하는 데 도움이 됩니다. (부품이 실장되지 않은 경우)

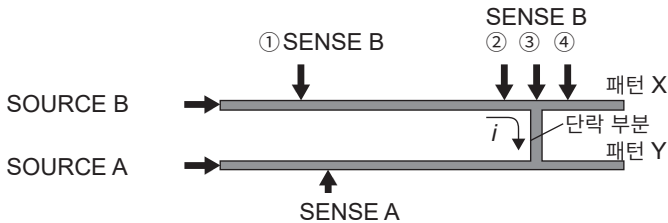
다음에 나타난 것과 같이 패턴 X와 패턴 Y가 단락되어 있다고 가정합니다.

- 1** SOURCE A와 SOURCE B를 각각의 패턴에 연결합니다.
- 2** SENSE A를 SOURCE A의 근처에, SENSE B를 ①의 위치에 연결합니다.
- 3** SENSE B를 ①, ②, ③, ④로 이동하면서 측정값을 읽습니다. 저항값이 높은 부분은 단락 위치에서 멀리 떨어져 있음을 의미합니다. SOURCE B 단자, SENSE B 단자를 이동시키면서 단락 위치를 유추해 주십시오.

예

- ① 20 mΩ
- ② 11 mΩ
- ③ 10 mΩ
- ④ 10 mΩ

이상의 측정값에서 ③ 부근이 단락되어 있음을 추측할 수 있습니다.



부록 10 측정 리드(옵션)에 대해서

본 기기에는 다음과 같은 옵션이 있습니다. 구매하시려면 당사 또는 대리점으로 연락 주십시오. 옵션은 변경될 수 있습니다. 당사 웹사이트에서 최신 정보를 확인해 주십시오.

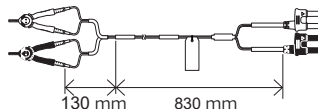
□ L2107 클립형 리드

선단이 클립형인 리드입니다. 클립하기만 해도 4단자 측정을 할 수 있습니다.

2갈래와 프로브 간: 약 130 mm

커넥터와 2갈래: 약 830 mm

클립 가능 지름: 약 $\phi 0.3 \sim 5.0$ mm



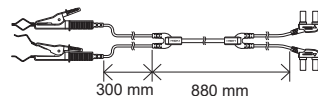
□ 9467 대형 클립형 리드

비교적 굵은 막대기 모양의 접촉부를 지닌 측정 대상을 클립할 수 있습니다. 클립하기만 해도 4단자 측정을 할 수 있습니다.

2갈래와 프로브 간: 약 300 mm

커넥터와 2갈래: 약 880 mm

최대 클립 지름: 약 $\phi 28$ mm

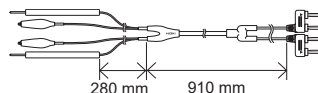


□ 9453 4단자 리드

SOURCE 단자가 집게형 클립, SENSE 단자가 테스트 리드봉인 4단자 리드입니다. 프린트 기판의 패턴 저항이나 SOURCE 단자와 SENSE 단자를 분리하여 측정하는 경우에 사용해 주십시오.

2갈래와 프로브 간: 약 280 mm

커넥터와 2갈래 간: 약 910 mm



□ 9772 핀형 리드

측정 대상에 갖다 대어 측정할 수 있습니다. 핀을 평행하게 나열한 형상을 하고 있습니다. 9465-10에 비해 핀 간격이 넓기 때문에 전류 분포의 영향을 덜 받게 됩니다.

“3 측정 대상에 폭이나 두께가 있는 경우”(p.부21)를 참조해 주십시오.

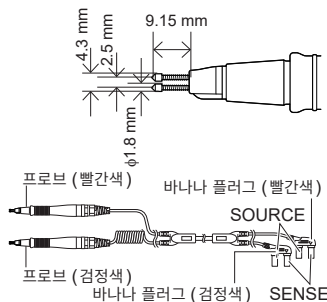
2갈래와 프로브 간:

약 100 mm (빨간색), 최대 550 mm (검정색)

커넥터와 2갈래 간: 약 1660 mm

첫 접촉압: 약 60 g

전체 압축압: 약 230 g (스트로크 3 mm)



□ 9465-10 핀형 리드

측정 대상에 갖다 대어 측정할 수 있습니다.

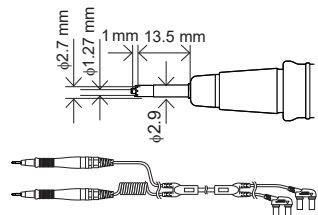
동축 구조로, 중심이 SENSE 단자, 외주가 SOURCE 단자로 되어 있습니다.

2갈래와 프로브 간: 약 100 mm (빨간색), 최대 550 mm (검정색)

커넥터와 2갈래 간: 약 1660 mm

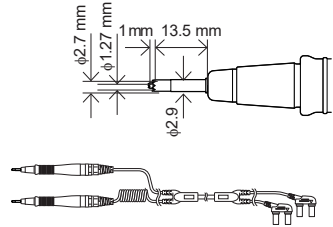
첫 접촉압: 약 190 g

전체 압축압: 약 250 g (스트로크 1 mm)



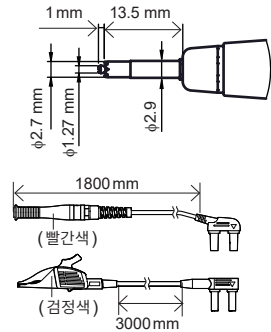
□ **9465-11** 핀형 리드

검정색 측 리드가 길며, 떨어져 있는 2지점(최대 약 2 m)에 갖다 대어 측정할 수 있습니다.
 동축 구조로, 중심이 **SENSE** 단자, 외주가 **SOURCE** 단자로 되어 있습니다.
 2갈래와 프로브 간: 약 45 mm (빨간색), 약 2000 mm (검정색)
 커넥터와 2갈래 간: 약 1660 mm
 첫 접촉압: 약 190 g
 전체 압축압: 약 250 g (스트로크 1 mm)



□ **L2140** 테스트 리드

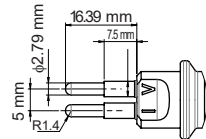
검정색 측이 클립, 빨간색 측이 핀형 측정 리드입니다.
 클립으로 단자, 판금 등을 물린 후 떨어진 곳(최대 약 3 m)에 핀을 갖다 대어 4단자 측정할 수 있습니다.
 커넥터와 핀 선단 간 (빨간색): 약 1800 mm
 커넥터와 클립 간 (검정색): 약 3000 mm
 측정 가능 도체 지름: 최대 약 ϕ 30 mm
 첫 접촉압: 약 190 g
 전체 압축압: 약 250 g (스트로크 1 mm)



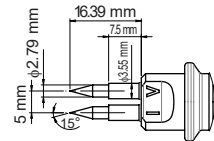
□ **L2141, L2142** 핀형 리드

측정 대상에 갖다 대어 사용합니다. L2141은 핀의 내구성이 있습니다.
 L2142는 선단이 뾰족하므로 도장 피막을 뚫고 측정할 수 있습니다.
 9465-10, 9772에 비해 핀 간격이 더욱 넓어 전류 분포의 영향을 덜 받게 됩니다.
 “3 측정 대상에 폭이나 두께가 있는 경우” (p.부21)를 참조해 주십시오.
 2갈래와 프로브 간: 약 2000 mm
 커넥터와 2갈래 간: 약 1000 mm
 전체 압축압: 약 1.2 kg (스트로크 4 mm)

L2141의 선단



L2142의 선단



부록 11 교정에 대해서

교정 조건

- 환경 온도도: $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, 80% RH 이하
- 외부 자계: 지자기에 가까운 환경
- 리셋으로 설정 초기화

교정 설비

교정 설비로 다음 사항을 준비해 주십시오.

저항 측정

설비	교정점	제조사	규격 모델명
표준 저항기	1m Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-1N0 상당품
표준 저항기	10m Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-10N 상당품
표준 저항기	100m Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-R10 상당품
멀티제품 교정기	3 Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	30 Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	300 Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	3k Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	30k Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	300k Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
멀티제품 교정기	3M Ω	FLUKE사 제품	5520A 상당품
저항 측정 리드		HIOKI	9453 4 단자 리드

FLUKE 사 제품 5520A를 준비할 수 없는 경우는 다음 설비를 사용해 주십시오.

설비	교정점	제조사	규격 모델명
표준 저항기	1 Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-1R0 상당품
표준 저항기	10 Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-100 상당품
표준 저항기	100 Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-101 상당품
표준 저항기	1k Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-102 상당품
표준 저항기	10k Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-103 상당품
표준 저항기	100k Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-104 상당품
표준 저항기	1M Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	CSR-105 상당품

설비	교정점	제조사	규격 모델명
다이얼식 저항기	30 Ω ~ 300k Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	ADR-6105M 상당품
다이얼식 저항기	3M Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	ADR-6106M 상당품

온도 측정 (서미스터)

설비	교정점	제조사	규격 모델명
멀티제품 교정기	25°C, 2186.0Ω	FLUKE 사 제품	5520A 상당품

FLUKE 사 제품 5520A를 준비할 수 없는 경우는 다음 설비를 이용해 주십시오.

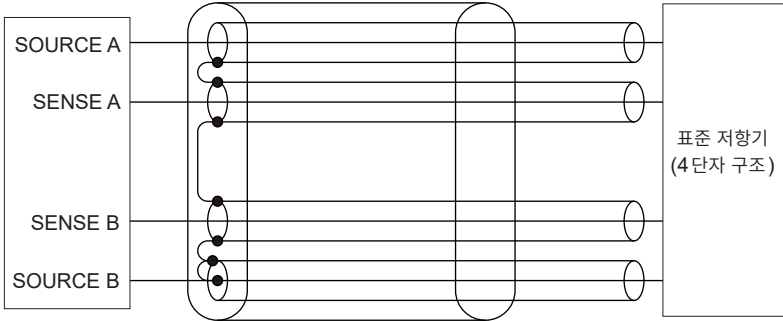
설비	교정점	제조사	규격 모델명
다이얼식 저항기	25°C, 2186.0Ω	알파 일렉트로닉스사 제품	ADR-6105M 상당품

교정점

	레인지	교정점	OVC
저항 측정	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
온도 측정 (서미스터)		25°C, 2186.0Ω 입력	

연결 방법

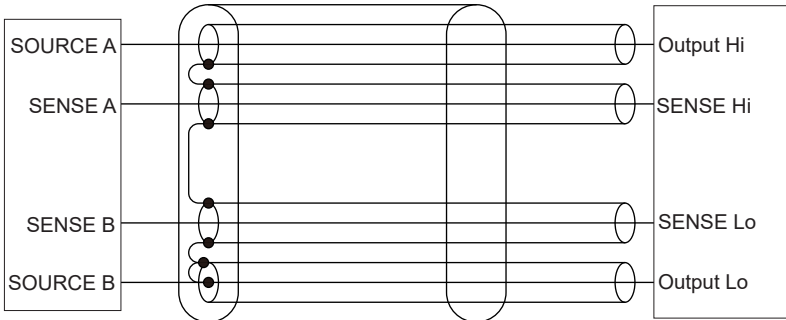
HIOKI RM3548-50
(3mΩ ~ 300mΩ 레인지)



HIOKI 9453 4 단자 리드

HIOKI RM3548-50
(3Ω ~ 3MΩ 레인지)

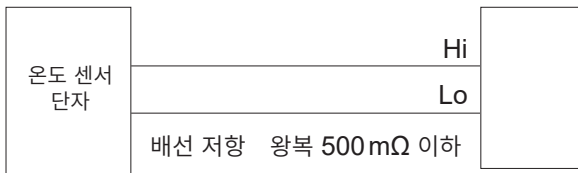
FLUKE 사 제품
5520A



HIOKI 9453 4 단자 리드

HIOKI
RM3548-50

FLUKE 사 제품
5520A



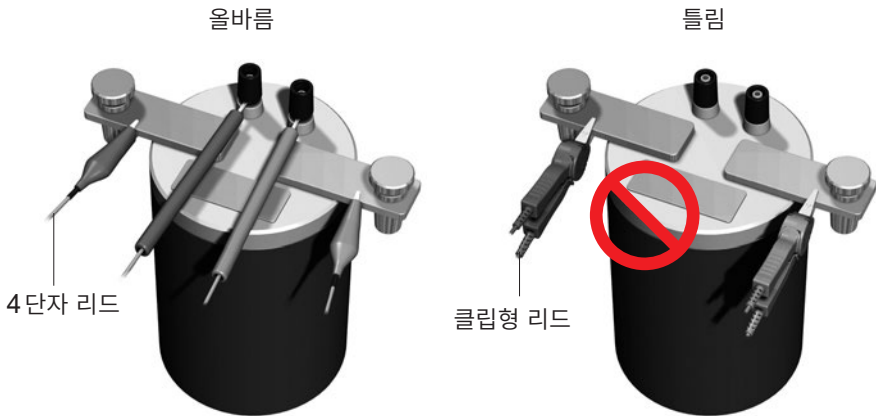
(극성은 없습니다)

중요

- 0Ω 교정의 결선에 대해서는 “부록 7 영점 조정에 대해서” (p.부 11)를 참조해 주십시오.
- 교정 시에는 충분한 노이즈 대책이 필요합니다.
노이즈가 큰 상황에서는 측정값의 편차나 어긋남이 발생하거나 측정 이상 검출 기능이 반응하여 측정값이 표시되지 않을 수 있습니다.
참조: “측정값이 안정되지 않을 때” (p.부 17)
- 전압 검출 단자에 악어클립을 사용하지 마십시오. 열기전력의 영향으로 측정값이 어긋나는 경우가 있습니다.

YOKOGAWA 사 제품 2792를 이용하여 교정하는 경우

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



기호

ΔT.....	25, 69
ΔT	부 7
+	18
-	18

숫자

0ADJ.....	19, 25, 50
300 mA.....	25
4 단자 측정	부 22
4 단자법	부 2

A

A.HOLD	25
A.MEMORY	25
ABS 모드	63, 65
APS	23
AUTO.....	19, 25
AVG	18, 25

B

BEEPSET	18
---------------	----

C

COMP	18, 25
COMP. OUT 단자.....	17
CSV	77
CSV 파일	98

D

DATA.....	25
DATE	18
DELAY	18

E

ELAPSED	25
ENTER	19
ESC	18
Excel 직접 입력 기능.....	81

G

GENNECT Cross.....	77, 78
--------------------	--------

H

Hi	25, 58, 62
HID 기능	81
hok.....	77
HOLD.....	25

I

IN	25, 62
INTERVAL	25

L

L2107 클립형 리드	2, 3, 33, 42, 48, 부 12, 부 19, 부 27
LENGTH	18, 25
Lo.....	25, 58, 62

M

M.BLOCK SEL.....	18
MEMORY	19
MEMORY CLEAR	19
MODE.....	19

O

OVC.....	18, 25, 26, 54
----------	----------------

P

PANEL	18
PC.....	96
PERIOD.....	25

Q

Q&A	120
-----------	-----

R

RANGE.....	19, 25
READ.....	19
REF	25
REF% 모드	63, 66

S

SAVE/CLEAR	18
START/STOP	19

T

TC.....	25, 부 4
TC/ΔT.....	18
TEMP.SENSOR 단자.....	17

U

UPP.....	25
USB 단자.....	17
USB 매스 스토리지.....	96

V

VIEW.....	18, 23
-----------	--------

ㄱ

교류 방식.....	부 3
교정.....	119, 부 29
길이 환산.....	24, 71
기준값.....	66

L

날짜와 시각.....	99
노이즈.....	부 16, 부 18

C

단선.....	44
도로운송차량의 보안 기준.....	59
도전성 고무.....	26
도전성 도료.....	26
도체 길이.....	71
딜레이.....	56

ㄴ

레인지.....	40
릴레이 접점.....	26
리셋.....	102

ㅁ

메모리.....	85
메모리 블록.....	86
메모리 클리어.....	92, 102
메모리 표시.....	91
모터.....	26, 부 22
문의.....	120

B

백라이트.....	101
백업 전지.....	127
보호 기능.....	24
블록도.....	부 1

ㅅ

상대값 판정.....	63
상한값.....	23
상하한값.....	65
셀프 테스트.....	35
선택 저항.....	부 23
솔레노이드.....	26
수동 레인지.....	40
수동 메모리.....	87
스위치.....	26
스트랩.....	30, 31, 32
시계.....	
맞추기.....	100, 101
신호용 접점.....	26
시스템.....	99

O

애버리지.....	52
열기전력.....	54, 부 8
영점 조정.....	48, 부 10
실행하기.....	49
해제하기.....	51
온도 보정.....	26, 53, 부 4
온도 보정용 온도 계수.....	25
온도 상승 시험.....	26, 69
온도 환산.....	24, 26, 69, 부 7
오버 검출 기능.....	45, 112
오버 레인지.....	24, 44
오토 파워 세이브(APS).....	36
오프셋 전압 보정 기능.....	54
와이어 하네스.....	26
용접부.....	26
인터벌.....	
인터벌 메모리.....	89
인터벌 측정.....	24, 26
일반적인 저항 측정.....	26

ㅈ

자동 레인지.....	41
자동 메모리.....	88

자동차의 어스 라인	26
전력용 접점	26
전류검출 저항	부 23
전류 이상	24
전류 이상 검출 기능	45, 112
전선	26
전압 강하	부 2
전원	35
전자 결합	부 17
전지	17, 28
전지 잔량	23
절대값 판정	63
점검	37
정전 결합	부 16
정확도	109
온도 측정	108
저항기	26
저항 레인지	40
조작 키	18
직류 방식	부 3
자연 시간의 기준	57

大

초기 설정	103
초기화	102
초크 코일	26
측정값	
기억하기	46
안정되지 않는다	122, 부 16
안정시키기	52
저장하기	88
판정하기	62
표시되지 않는다	123
홀드하기	46
확인하기	43
측정 대상	26, 부 20
따뜻해진다	부 22
온도가 안정되지 않는다	부 22
측정 데이터	
삭제	92
측정 레인지	40
측정 리드	9, 11, 33, 42, 부 27
연결하기	33, 42
측정 이상	44
측정 전류	26, 58
측정 조건	47, 73
읽어오기	75
저장하기	74

측정 화면	23
-------------	----

ㅋ

커넥터	26
컴퓨터	62
켜지지 않는다	120
클리닝	119
클립형 리드	부 19
키 조작을 할 수 없다	120

E

트랜스	26, 부 22
-----------	----------

ㅍ

판정	62
판정 방법	62
판정음	67
패널	
내용 삭제하기	76
패널 로드	75
패널 세이브	74
폐기	127
퓨즈	17, 24, 26, 126
프린트 기판	부 26

ㅎ

하한값	23
허용 범위	66
홀드	46
화면 구성	23
회로 보호 검출 기능	112
히터	26

보증서

HIOKI

모델명	제조번호	보증 기간 구매일 년 월로부터 3년간
-----	------	-------------------------------

고객 주소: _____

이름: _____

요청 사항

- 보증서는 재발급할 수 없으므로 주의하여 보관하십시오.
- “모델명, 제조번호, 구매일” 및 “주소, 이름”을 기입하십시오.
- ※ 기입하신 개인정보는 수리 서비스 제공 및 제품 소개 시에만 사용됩니다.

본 제품은 당사 규격에 따른 검사에 합격했음을 증명합니다. 본 제품이 고장 난 경우는 구매처에 연락 주십시오. 아래 보증 내용에 따라 본 제품을 수리 또는 신품으로 교환해 드립니다. 연락하실 때는 본 보증서를 제시해 주십시오.

보증 내용

1. 보증 기간 중에는 본 제품이 정상으로 동작하는 것을 보증합니다. 보증 기간은 구매일로부터 3년간입니다. 구매일이 불확실한 경우는 본 제품의 제조연월(제조번호의 왼쪽 4자리)로부터 3년간을 보증 기간으로 합니다.
2. 본 제품에 AC 어댑터가 부착된 경우 그 AC 어댑터의 보증 기간은 구매일로부터 1년간입니다.
3. 측정치 등의 정확도 보증 기간은 제품 사양에 별도로 규정되어 있습니다.
4. 각각의 보증 기간 내에 본 제품 또는 AC 어댑터가 고장 난 경우 그 고장 책임이 당사에 있다고 당사가 판단했을 때 본 제품 또는 AC 어댑터를 무상으로 수리 또는 신품으로 교환해 드립니다.
5. 이하의 고장, 손상 등은 무상 수리 또는 신품 교환의 보증 대상이 아닙니다.
 - 1. 소모품, 수명이 있는 부품 등의 고장과 손상
 - 2. 커넥터, 케이블 등의 고장과 손상
 - 3. 구매 후 수송, 낙하, 이전설치 등에 의한 고장과 손상
 - 4. 사용 설명서, 본체 주의 라벨, 각인 등에 기재된 내용에 반하는 부적절한 취급으로 인한 고장과 손상
 - 5. 법령, 사용 설명서 등에서 요구된 유지보수 및 점검을 소홀히 해서 발생한 고장과 손상
 - 6. 화재, 풍수해, 지진, 낙뢰, 전원 이상(전압, 주파수 등), 전쟁 및 폭동, 방사능 오염, 기타 불가항력으로 인한 고장과 손상
 - 7. 외관 손상(외함의 스크래치, 변형, 퇴색 등)
 - 8. 그 외 당사 책임이라 볼 수 없는 고장과 손상
6. 이하의 경우는 본 제품 보증 대상에서 제외됩니다. 수리, 교정 등도 거부할 수 있습니다.
 - 1. 당사 이외의 기업, 기관 또는 개인이 본 제품을 수리한 경우 또는 개조한 경우
 - 2. 특수한 용도(우주용, 항공용, 원자력용, 의료용, 차량 제어용 등)의 기기에 본 제품을 조립하여 사용한 것을 사전에 당사에 알리지 않은 경우
7. 제품 사용으로 인해 발생한 손실에 대해서는 그 손실의 책임이 당사에 있다고 당사가 판단한 경우, 본 제품의 구매 금액만큼을 보상해 드립니다. 단, 아래와 같은 손실에 대해서는 보상하지 않습니다.
 - 1. 본 제품 사용으로 인해 발생한 측정 대상물의 손해에 기인하는 2차적 손해
 - 2. 본 제품에 의한 측정 결과에 기인하는 손해
 - 3. 본 제품과 연결된(네트워크 경우 연결을 포함) 본 제품 이외의 기기에 발생한 손해
8. 제조 후 일정 기간이 지난 제품 및 부품의 생산 중지, 예측할 수 없는 사태의 발생 등으로 인해 수리할 수 없는 제품은 수리, 교정 등을 거부할 수 있습니다.

HIOKI E.E. CORPORATION

<http://www.hioki.com>

18-08 KO-3

HIOKI

www.hiokikorea.com/

Headquarters

81 Koizumi
Ueda, Nagano 386-1192 Japan

히오키코리아주식회사

서울특별시 강남구 테헤란로 322 (역삼동 707-34)
한신인터밸리24빌딩 동관 1705호

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

info-kr@hioki.co.jp

2103 KO

문의처



편집 및 발행 히오키전기주식회사

Printed in Japan

- CE 적합 선언은 당사 홈페이지에서 다운로드할 수 있습니다.
- 본서의 기재 내용은 예고없이 변경될 수 있습니다.
- 본서에는 저작권에 의해 보호되는 내용이 포함되어 있습니다.
- 본서의 내용을 무단으로 복사·복제·수정함을 금합니다.
- 본서에 기재되어 있는 회사명·상품명은 각 사의 상표 또는 등록상표입니다.